チベット設置口径 50cmHinOTORI 望遠鏡の観測性能評価

広島大学大学院理学研究科物理科学専攻
高エネルギー宇宙・可視赤外天文学研究室
M171554 長嶋 大樹
主査：川端 弘治　副査：両角 卓也

2019 年 2 月 8 日

概要

HinOTORI 望遠鏡は、中国のチベット自治区にある阿里観測所 (標高 5100m) に 2017 年秋に設置された後、整備が進み、2018 年秋に観測可能となった口径 50cm の望遠鏡である。HinOTORI では、高地であることを活かした近紫外線 u’バンドのほか、可視 Rc, Ic の計 3 バンドでの同時撮像観測が可能であり、日本の重力波電磁波対応天体探査チーム (J-GEM) の一翼を担い、中央アジア地域の貴重な観測拠点として、様々な突発天体への時間的に途切れない観測への貢献が期待される。

我々、広島大学宇宙科学センターと中国科学院国家天文台、及び中国科学院紫金山天文台からなるグループは、2018 年 5 月, 10 月にそれぞれ現地入りして、HinOTORI 望遠鏡やドーム設備の不具合を把握して改修するなどの整備を進め、10 月にはサイト外（阿里市街地にあるホテル）からのリモート観測に成功した。本研究では、10 月に HinOTORI で得た各種試験観測のデータを解析して、検出器のダークやフラットフィールド、スループット、限界等級、結像性能（ハルトマンテスト）のほか、天文台現地での大気透過率やスカイ輝度などの基本的な観測性能を評価するとともに、望遠鏡や装置に異常が発生していないかを確認した。この結果、以下のようなことがわかった。

ダークでは、u’バンドにおいて 17.48count/s と他バンドに比べて高い値を示した。フォーカス位置では、R バンドのフォーカスが他のバンドと比べて 0.01mm 主鏡方向にずれていた。そこで CCD と装置間にシムを挿入することでバンド間のオフセットを補正する。ハルトマンテスト (図 1,2) では、I バンドにおいてハルトマン定数が 0.60 ± 0.07[arcsec] と求まり、これはドーム移設前の値と誤差の範囲内で一致している。このため、移設前後に I バンドの光学系に大きな問題は生じなかったと言える。

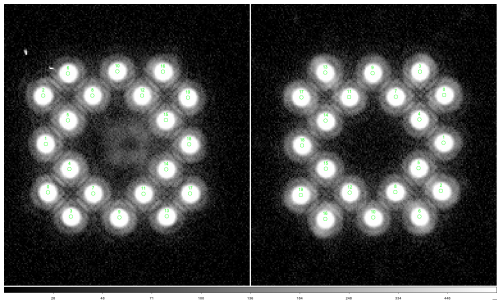

図 1: ハルトマン孔の画像 (左:焦点内側の画像、右:焦点外側の画像)

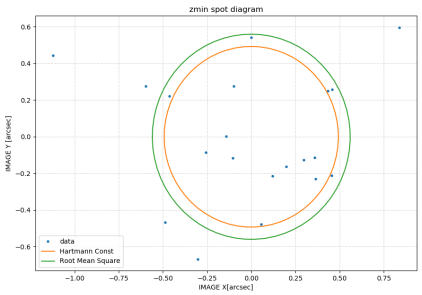

図 2: 最小錯乱面でのスポットダイアグラム (横:画像 x 座標, 縦:画像 y 座標, 実線は光軸からの各点の距離の平均)

目次

第 1 章　研究背景　9

1.1　時間軸天文学　9

1.2　広島大学宇宙科学センター　9

1.2.1　かなた望遠鏡　10

1.2.2　主なサイエンスターゲット　12

1.3　マルチメッセンジャー天文学　15

1.3.1　重力波　16

1.3.2　重力波電磁波対応天体　19

1.3.3　J-GEM　21

1.3.4　GW170817　21

1.4　HinOTORI プロジェクト　28

1.5　研究目的　29

第 2 章　HinOTORI 望遠鏡と観測　30

2.1　望遠鏡の特徴　30

2.1.1　広視野　30

2.1.2　3 色同時撮像　33

2.1.3　紫外線 (u' バンド) 観測　35

2.1.4　高い解像度　36

2.2　システム構成　36

2.2.1　制御 PC　37

2.2.2　制御コマンド　38

2.3　観測の流れ　39

2.3.1　性能評価の項目　40

2.3.2　観測・測定について　40

第 3 章　結果と考察　41

3.1　焦点合わせ　41

3.2　CCD の温度安定性の調査　47

3.3　CCD データの 1 次処理　50

3.3.1 バイアス 51
3.3.2 ダーク 53
3.3.3 フラット 58
3.3.4 1 次処理画像 65
3.4 結像性能 1:ハルトマンテスト 66
3.5 結像性能 2: 視野内の星像の位置依存性 70
3.6 限界等級の見積もり 73

第 4 章 本論の総括 85
4.1 まとめ 85

図目次

1 ハルトマン孔の画像 (左:焦点内側の画像、右:焦点外側の画像) 1
2 最小錯乱面でのスポットダイアグラム (横:画像 x 座標, 縦:画像 y 座標, 実線は光軸からの各点の距離の平均) 1

1.1 上空からみた東広島天文台 [3] 10
1.2 ガンマ線衛星 Fermi[4] 10
1.3 かなた望遠鏡 [3] 10
1.4 GRB の銀河座標分布 [16] 13
1.5 GRB の距離分布 [17] 13
1.6 GRB181110A にて GCN に流したかなた望遠鏡観測のレポート [18] 13
1.7 超新星の種類判別ツリー [12] 14
1.8 様々なタイプの超新星のスペクトル [13] 14
1.9 かなたで観測された PSN2016bau(H バンド) の画像 (左からかなた、2MASS、差分した画像) 14
1.10 活動銀河の統一モデル [20] 15
1.11 かなたで観測された TXS0506+056(J バンド) の画像 (左からかなた、2MASS、差分した画像) 15
1.12 SN1987A 発生後の画像 (左:爆発後、右:爆発前 (矢印は親星))[21] 16
1.13 コンパクト連星の公転での時空の歪みのイメージ [24] 17
1.14 PSR B1913+16 公転周期の時間変化 17
1.15 GW150914 の振幅のひずみの時間変化。上から Hanford,Livingston LIGO のデータで一番下が 2 つのデータを重ねた図で、2 地点で検出された波が一致することがわかる。 18
1.16 今までに起こった重力波イベントの位置誤差領域の等分布確率線 [25] 19
1.17 kilonova によって生じる電磁波のスペクトル。比較として、典型的な超新星のスペクトルを与えている。[27] 20
1.18 世界中にある J-GEM の望遠鏡 [28] 21

1.19 GW170817 で観測された様々なメッセンジャーの観測時期と対応天体画像。中央の表について、実践はメッセンジャーの観測継続時間、点はその波長領域での天体の明るさ (大きさに比例))、短冊は GCN に観測レポートを流した時間を表している。重力波検出直後にガンマ線、その半日後に可視光、紫外線、赤外線、さらに 1 週間後以降に X 線、電波で対応天体が検出されていることがわかる。次に図について。左上は重力波検出前後の重力波の周波数とガンマ線ソースの明るさの時間変化を表しており、特にガンマ線では異なる 2 つの検出器でピークが一致している。右上は紫外線 ∼ 赤外線までの各時間毎のスペクトルを表している。初期は可視光領域にピークを持ち、時間経過とともに赤くなっていることがわかる。左下は可視赤外線ソースの画像。右下は X 線、電波ソースの画像。[28] 23
1.20 kilonova 放射伝達シミュレーションで合成される元素の質量比。黒線は太陽に存在する元素の質量比を表す。黒矢印の範囲はそれぞれ Lanthanide、Actinide の原子番号範囲に一致する。[29] 25
1.21 kilonova 放射伝達シミュレーションで得られる光度関数 (実線) と SSS17a の観測データ (点) の比較 [29] 25
1.22 理論シミュレーションで得られるカラー変化と SSS17a の z-H,J-H カラーの観測値の比較。Med-Ye は Ye=0.25,high-Ye は Ye=0.30[6] 26
1.23 kilonova 放射伝達シミュレーションで得られる予想スペクトル [29] 27
1.24 kilonova 予想スペクトルと SSS17a の観測結果の比較から推定される衝突後天体周辺の放出物質の Ye 分布の概略図 [29] 27
1.25 HinOTORI 望遠鏡 [33] 28

2.1 Ritchey-Chretien 光学系。点線は光路を表す。[35] 31
2.2 球面収差 [34] 32
2.3 球面収差を除く原理 32
2.4 コマ収差 [34] 33
2.5 コマ収差を除く原理 [34] 33
2.6 HinOTORI 望遠鏡に入射する光の光路 [9] 34
2.7 DM1 の透過率・反射率 [34] 34
2.8 DM2 の透過率・反射率 [34] 34
2.9 標高 0m,5100m での各波長の大気散乱による透過率のモデル [9][38] 35
2.10 VMware Workstation による仮想化イメージ [45] 37
2.11 各機器の制御ソフト構成 [9] 38
2.12 観測の流れ 39

3.1 焦点位置がベストフォーカスより小さい場合の光路 [35] 41
3.2 焦点位置がベストフォーカスより大きい場合の光路 [35] 42
3.3 2018/10/16 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係 43

3.4 2018/10/17 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係 44
3.5 2018/10/18 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係 44
3.6 2018/10/19 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係 45
3.7 2018/10/20 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係 45
3.8 副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係のまとめ 46
3.9 日毎の CCD 温度の時間変化 (左上→右上→... →右上の順で時系列になっている。) 48
3.10 CCD の温度の日付変化 (左上はすべてのバンドをプロットしたものである。) 49
3.11 CCD 温度のヒストグラム※ bin 幅は Freedman - Diaconis の選択により、決めている。(以後のヒストグラムも同様) 50
3.12 生データ中のある 1 行のピクセル列のカウントを取り出した時の各成分の模式図 51
3.13 バイアスの温度、時間依存性 (誤差棒は標準偏差、ラベルはデータを取得した日 (MJD)) . . . 52
3.14 バイアス画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) 53
3.15 ダークの露出時間依存性。各直線は測定データにフィットしたものを示す。(左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) 54
3.16 露出時間 120s でカウントが跳ねているイメージ 55
3.17 異常なデータを除いたダークと露出時間の関係 55
3.18 Rc バンドの hot pixel 56
3.19 Ic バンドの hot pixel 56
3.20 hot pixel とその周辺のイメージ 56
3.21 hot pixel のカウントの時間依存性 57
3.22 2 枚の画像を引いて、バイアスを除いたダーク画像の時間依存性 57
3.23 1s 露出のマスターダーク画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) 58
3.24 トワイライトフラット画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) 60
3.25 中心行 (1 列目)、中心列 (2 列目) フラットのカウント分布 (上の行から順に u', Rc, Ic である。) 61
3.26 大局的なフラット画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) 62
3.27 ドームフラット画像 (左:Rc, 右:Ic) 63
3.28 Running mean をかけたドームフラット画像 (左:Rc, 右:Ic) 63
3.29 Running mean をかけた画像で割ったドームフラット画像 (左:Rc, 右:Ic) 64
3.30 マスターフラット画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) ※ 64
3.31 1 次処理済み画像 (ra=85.235,dec=30.673 の領域) ※ Rc バンドは鏡像。 65
3.32 ハルトマンテストのイメージ図 66
3.33 ハルトマン孔の画像 (左:焦点内側の画像、右:焦点外側の画像) 67
3.34 スポットダイアグラム (上段:2018/10/15、中下段:2018/10/18 の u', Rc, Ic) 69
3.35 Z And((ra,dec)=(340.560,48.615)) の領域画像 (左上:u', 右上:Rc, 右下:Ic) ※黄緑のマーカーは検出した明るい星を表す。 71
3.36 画像内の FWHM と ELLIPTICITY の 2 次元ヒストグラム (上段:u', 中段:Rc, 下段:Ic) . . . 72

3.37 画像内の FWHM と ELLIPTICITY の 2 次元ヒストグラム (左右ともに同じデータで bin 幅が違う。) 73
3.38 左:gaussian を仮定したフラックスロスの見積もり、右:aperture 直径と flux の関係 74
3.39 左:SDSS filter システム [49]、右:Johnson-Cousins filter システム [48] 75
3.40 Vega 等級と AB 等級が 0 等の時の Flux と波長の関係 [52] 76
3.41 SA98 の 1 次処理画像 (左列) と重ね合わせ画像 (右列)(上段から、u', Rc, Ic) 80
3.42 SA98 の wcs 貼り付け後画像 (緑マーカーがリファレンス画像の星) 81
3.43 SA98 のリファレンス画像と HinOTORI 画像に写る星の距離のヒストグラム (左) と器械等級とカタログ等級の関係 (右) 82
3.44 マスク画像とランダムアパーチャー (左) と星の大きさ分のスカイカウントの分布 (右)(上段から順に u', Rc, Ic) 83
3.45 露出時間と限界等級の関係 84

4.1 MARK-A における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 116
4.2 PG0220 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 116
4.3 PG0231 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 117
4.4 PG2331 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 117
4.5 Rubin149 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 118
4.6 SA26-SF3 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 118
4.7 SA92-245 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 119
4.8 SA92E における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 119
4.9 SA95-105 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 120
4.10 SA97S における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 120
4.11 SA98 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 121
4.12 SDSS85 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 121
4.13 Z_And における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic) 122

表目次

1.1 東広島天文台の立地 [3] 10
1.2 かなた望遠鏡の諸元 [3] 11
1.3 HowPol の諸元 [7] 11
1.4 HONIR の諸元 [8] 12
1.5 チベット阿里地区の立地 [8] 28

2.1 HinOTORI で撮像できるバンドのデータ。波長領域は透過率 10% 以上の波長を表している。[9] 35
2.2 様々な観測所のシーイング [39][40][41][42][44] 36
2.3 HinOTORI の観測機器制御コマンド一覧※*py,*bat はいずれも実行権限を持ち、path が通っているものとする。また、サーバーは現行では Ctrl+C でプロセスを終了する。[46] . . . 39
2.4 観測スタッツ (TIME の単位は秒) 40

3.1 日ごとの各バンドのベスト副鏡位置の残差。単位は mm。 46
3.2 Apogee の試験の各 CCD の諸元 [9][34] 47
3.3 ハルトマンテストの結果 69
3.4 先行研究におけるハルトマンテストの結果 [34][35] ※瀧本卒論のデータにおいて、Ic,Rc の値が入れ替わっているのは、今回の滞在で双方の CCD を入れ替えたためである。以後、HinOTORI の過去のデータと比較する際は互換しているものとする。 70
3.5 Z And 画像のスタッツ 71
3.6 filter と A の対応表 [53] 77
3.7 限界等級関連のデータ 79
3.8 SA98 の限界等級 84

4.1 2018 年 10 月 HinOTORI の観測ログ (数が多く、重くなるため最後に残りを追加。) 90

第 1 章

研究背景

この章では HinOTORI プロジェクトに関する天文学や施設を含む背景について記すとともに、本研究のも目的を示す。

1.1　時間軸天文学

時間的に明るさが変動する天体や、突発的に現れる天体を対象にする天文学のことを時間軸天文学、またはタイムドメイン天文学 (time-domain astronomy) とよぶ。対象天体は定常的に変動を示す変光星、ブレーザーなどのほか、突発的に発現する超新星、ガンマ線バーストなどの突発天体が挙げられ、人間生活のタイムスケールより短い変動をもつ天体全てが対象となりうる。これらはより広く、より深くサーベイを行い、発現からなるべく早い段階で発見し、追観測する必要がある。そのような観測を満たすべく ASAS-SN や、Tomo-e Gozen、LSST など世界中で様々なサーベイプロジェクトが進行中または計画中で、近年の天文学業界での大きなすう勢になっている。

1.2　広島大学宇宙科学センター

広島大学宇宙科学センターは、東広島市近郊にある東広島天文台 (図 1.1) を拠点として活動している研究教育機関である。所有する「かなた望遠鏡」や、本論で詳しく述べる現在開発中のチベット所在の「HinOTORI 望遠鏡」を用いて、観測天文学的視点から高エネルギー現象の物理的描像の解明を目指している。各望遠鏡の口径は 1.5m、50cm と最新の大型望遠鏡であるすばる望遠鏡 (8.2m) や TAO 望遠鏡 (6.5m) とやや見劣りするが、豊富な観測時間や駆動性能、特異な立地 (後述)、視野の大きさを生かして、より速くより広く観測し、変動天体や突発天体を観測・解析することで、時間軸天文学、マルチメッセンジャー天文学 (1.3 節参照) の発展に貢献している。

また、広島大学が開発に大きく貢献していたガンマ線天文衛星「Fermi」、X 線天文衛星「すざく」・「ひとみ (2016 年運用終了)」や、望遠鏡を所有する他大学、研究機関と連携する (OISTER (付録 A 参照)、J-GEM(1.3.3 節参照)、IceCube など) ことで、より多波長、多モード、長時間な観測を行っており、世界でも稀有な幅広い観測体制を敷いている。。

次にかなた望遠鏡について紹介する。



図 1.1: 上空からみた東広島天文台 [3]



図 1.2: ガンマ線衛星 Fermi[4]

1.2.1 かなた望遠鏡

かなた望遠鏡は東広島天文台のドーム棟内に設置されている。東広島天文台 (表 1.1) へは、広島大学から車で約 20 分、最寄りの東広島駅から約 5 分と交通アクセスがよい。望遠鏡の口径は 1.5m と現在国内で運用されている望遠鏡の中ではは 4 番目に大きく (2019 年 1 月現在)、駆動速度は方位角方向 5°/s、高度方向 2°/s であり、天文観測に用いられる 1.5m 級の望遠鏡としては世界最速レベルである。この特徴を生かして、ガンマ線バースト (GRB)、超新星爆発、活動銀河核、キロノバなどの突発現象を観測する。近年では、重力波やニュートリノ望遠鏡と連携し、(候補領域) アラートを受け取ることで対応天体のサーベイやフォローアップ観測 [5][6] を行なっており、マルチメッセンジャー天文学の発展に貢献している。

また、かなた望遠鏡は 2017 年末にリモート観測の環境が整い、広島大学理学部研究棟からの望遠鏡操作が可能になり、観測者への負担が軽くなった。以下、かなた望遠鏡の諸元について表 1.2 にまとめた。

緯度	北緯 34 度 22 分 39 秒
経度	東経 132 度 42 分 54 秒
標高	503m

表 1.1: 東広島天文台の立地 [3]

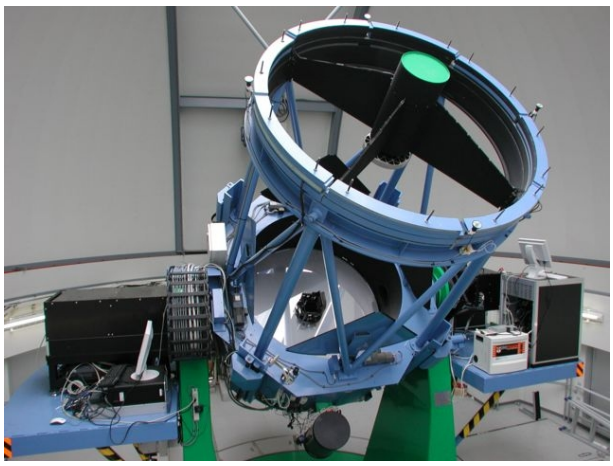

図 1.3: かなた望遠鏡 [3]

光学系	リッチークレチアン系
主鏡の口径	1500mm
駆動速度	(方位角方向)5˚/s(高度方向)2˚/s
主鏡材	ULE ガラス
合成 F 値と焦点距離 f	F 値:12.2, f=18,300mm
視野	直径 15'(=0.25˚)
総重量	約 17t
搭載可能重量	カセグレン焦点 500kg ナスミス焦点 1000kg

表 1.2: かなた望遠鏡の諸元 [3]

主鏡、副鏡で集光される光は、ナスミス焦点かカセグレン焦点のどちらか一方に結像される。今在、ナスミス焦点、カセグレン焦点に (順に)HOWPol(**H**iroshima **O**ne-shot **W**ide-field**Pol**arimeter)、HONIR(**H**iroshima **O**ptical and **N**ear-**i**nfra**r**edCamera) が搭載されている。

HowPol

HowPol は一露出型広視野偏光撮像装置のことで、可視光の波長領域で一度の露出で直線偏光パラメタを取得することができる広視野カメラである。イメージング、偏光 (狭視野型、広視野型)、分光の 3 種類の撮像モードがある。諸元を表 1.3 に示す。

撮像モード	視野
イメージング	15ϕ'
偏光 (広視野)	7'×7'
〃 (狭視野)	15'×1'
偏光分光	2.3"×15'
フィルター	B,V,R,I,z'
pixel スケール	0.294"/pix

表 1.3: HowPol の諸元 [7]

HONIR

HONIR とは可視赤外線同時カメラのことで、ダイクロイックミラーを配置することで、一度に最大 3 色 (可視光赤外線) 撮像することを可能にしている。2019 年 1 月現在、3 つあるスロットのうちの 2 つに検出器 (完全空乏層型 CCD(可視光)、Virgo-2k(赤外線)) が搭載されており、2 バンドの同時撮像および分光、変更撮像、偏光分光が可能である。残りの 1 スロットには将来、現在国立天文台などと共同開発中の浜松ホトニクス社製 InGaAs 検出器が搭載され、3 色同時撮像が可能になる予定である。諸元を表 1.4 に示す。

視野	10'×10'
フィルター	バンド
可視光	B,V,R,I,Y
赤外線	J,H,Ks
pixel スケール (可視、赤外)	0.294 秒/pix

表 1.4: HONIR の諸元 [8]

これらに加えて、後述の HinOTORI 望遠鏡も組み合わせて高エネルギー突発天体を観測する。次にこれらの観測装置を用いて観測する主な天体について記述する。

1.2.2 主なサイエンスターゲット

この節ではかなた望遠鏡および HinOTORI 望遠鏡の主なターゲット天体について紹介する。

ガンマ線バースト

数秒から数 10 秒の短時間にわたって、約 10^{45}J のエネルギーをガンマ線として放出する現象をガンマ線バースト (**G**amma-**r**ay **B**urst) と呼ぶ。これは宇宙最大規模の爆発現象である。GRB は全天から等方的に発生しており、近いものは数億光年から、遠いものでは約 130 億光年先からのものも発見されている。1.41.5 宇宙年齢は 138 億年であることから、GRB は宇宙初期の情報を得る有力な手段の 1 つともなりうる。GRB は観測的には放射継続時間の長さによって、2 種類に大別される。1 つは、放射継続時間が 2 秒以下の SGRB(**S**hort **GRB**) である。SGRB は中性子星連星または、中性子星ブラックホール連星の合体に付随する放射と考えられており、重力波対応天体の有力な候補として注目されている。もう 1 つは、放射継続時間が 2 秒以上の LGRB(**L**ong **GRB**)。LGRB は数 10 太陽質量を持つ星が重力崩壊によって Ic 型超新星として爆発する際、それに付随して起こる放射と考えられており、より遠くの銀河に分布し宇宙初期の情報を得るプローブになりうると期待されている。

また、いずれもガンマ線放射後に可視赤外線領域で明るく光る場合があることがわかっている。これを GRB 残光 (GRB afterglow) と呼び、小口径のかなた、HinOTORI 望遠鏡でも観測を行うことができる。最近では、LGRB181110A にてガンマ線トリガーから 77 秒後に撮像開始することができ、GRB の増光から減光を捉えることができた。その時に GCN(付録 A 参照) 流したレポートを図 1.6 に示す。

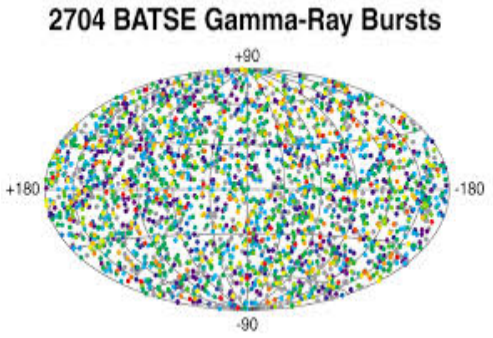

図 1.4: GRB の銀河座標分布 [16]

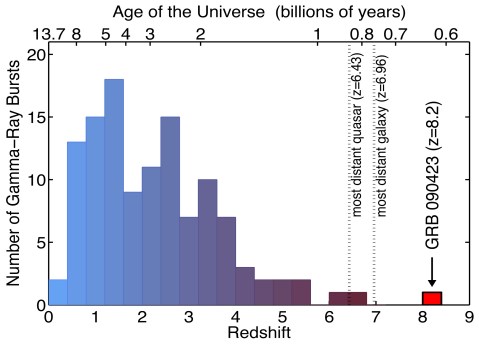

図 1.5: GRB の距離分布 [17]

TITLE: GCN CIRCULAR
NUMBER: 23414
SUBJECT: GRB 181110A: Kanata 1.5m optical observation
DATE: 18/11/10 10:26:30 GMT
FROM: Koji Kawabata at HASC,Hiroshima U <kawabtkj@hiroshima-u.ac.jp>

M. Yamanaka, M. Kawabata, K. S. Kawabata (Hiroshima Univ.)
report on behalf of Kanata team:

We performed optical imaging polarimetry to the field of the
GRB 181110A (Evans et al. GCN 23413) from 2018-11-10 08:44:48 UT
(77 seconds after the trigger) with HOWPol attached to the 1.5-m
Kanata telescope at Higashi-Hiroshima Observatory, Japan. Although
the first frames were severely affected by bright twilight sky,
in later frames a possible bright optical counterpart of the GRB
appeared at the position consistent with the Swift-UVOT observation
(Evans et al. GCN 23413). The magnitude of the counterpart was
R~14 mag (USNO B1.0) at 940 seconds after the trigger, suggesting
it brightened by ~4 mag within ~15 minutes. It further brightened
slightly (by a few 0.1 mag) and then declined smoothly.
Further analysis is ongoing.

図 1.6: GRB181110A にて GCN に流したかなた望遠鏡観測のレポート [18]

超新星爆発

超新星爆発 (超新星) とは、恒星の進化の最終段階に起こす大規模な爆発現象である。爆発によって放出されるエネルギーは約 10^{51}erg と宇宙最大級で、天文学的関心も高い。また、超新星は 1 つの銀河で 100 年に約 1 回起こり、現在の観測では年間 1000 個を超える超新星が発見されている。超新星は分光観測で得られるスペクトルが持つ吸収線や輝線の有無によって、4 つの種類に大別することができる。(図 1.7、1.8)

まず、水素の吸収線 (Hα、Hβ、Hγ) があるものをⅡ型、水素の吸収線がないものをⅠ型と呼ぶ。水素の吸収線がないものの中で、ケイ素 (Si) の吸収線があるものを Ia 型、ケイ素はないがヘリウム (He) の吸収線があるものを Ib 型、ケイ素もヘリウムもないものを Ic 型と分類する。Ⅱ型は光度曲線の形などから再分類 (platau,linear,narrow 型など) されているが、それらについてここでは言及しないことにする。

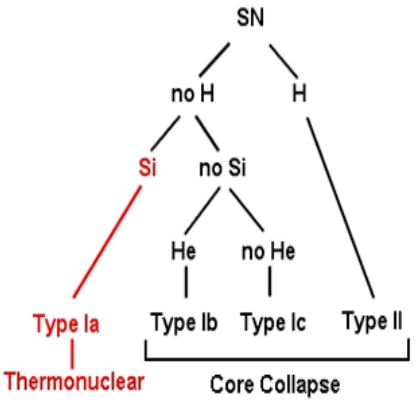

図 1.7: 超新星の種類判別ツリー [12]

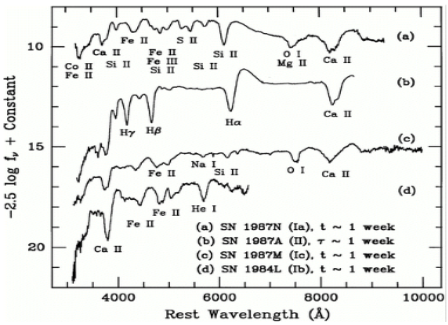

図 1.8: 様々なタイプの超新星のスペクトル [13]

爆発メカニズムは Ia 型とそれ以外の型で異なる。Ia 型超新星の親星は、白色矮星とそれに伴う星で成る連星系だと考えられている。伴星から白色矮星に物質が降り積もり、チャンドラセカール限界質量に達することで星の中心付近で熱核暴走が起こり瞬時に爆発、電磁放射に至る。一方、Ib/Ic/Ⅱ型超新星の祖先は大質量星 ($8\mathrm{M}M_\odot$ 以上) だと考えられている。恒星の中心では核融合が起こっておりそのエネルギーによって、自己重力と平衡を保っている。大質量星では、この核融合が進行し、次第にシリコンなどの重い元素が生成されるようになる。そこで最も安定な元素である鉄で中心部分が占められるようになると、核融合が止まり、収縮して高温となり、鉄の分解反応 (吸熱反応) が発生して、圧力が減少し、自己重力によって一気に物質が落ち込む。この重力崩壊に伴う原子中性子星表面での反動によって外向きの衝撃波が恒星大気を伝搬し、爆発、電磁放射に至る。ただ、これらの親星の進化過程や爆発メカニズムの詳細は解明されていない。近傍銀河でおこるⅡ型超新星は有力な重力波、ニュートリノ対応天体の候補として今後の研究に期待される。分光撮像できる装置を搭載されているかなた望遠鏡でも、超新星の観測が行われている。(図 1.9)

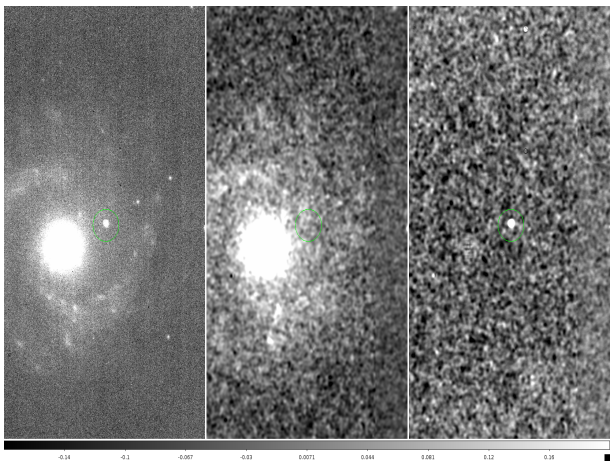

図 1.9: かなたで観測された PSN2016bau(H バンド) の画像 (左からかなた、2MASS、差分した画像)

活動銀河核

中心領域より全体の輝度が銀河全体の数倍 ~ 数 100 倍程度明るい銀河のことを活動銀河その中心領域を活動銀河核 (**A**ctive **G**alactic **N**uclei) とよぶ。銀河全体の約 10% が AGN を有すると考えられている。また、AGN は約 $10^6 \sim 10^9$ の質量を持つ大質量ブラックホールがその中心に存在すると考えられている。。AGN の周りには降着円盤が形成されており、主にそこからの降着物質の重力エネルギーの解放や、降着円盤の回転軸方向に放出されるのジェット (シンクロトロン放射、逆コンプトン散乱) で光ると考えられているが、詳しい放射メカニズムは解明されていない。

活動銀河は 4 種類に大別される。ジェット成分の放射を持たないものをセイファート銀河と呼び、中でもスペクトル輝線が狭い領域 (narrow line region) を見ているものを I 型セイファート銀河、スペクトル輝線が広い領域 (broad line region) を見ているものをⅡ型セイファート銀河と呼ぶ。ジェット成分を持つもので、正面からジェットを見ているものをブレーザー、斜め方向からジェットを見ているものを電波銀河と呼ぶ。中でも、ブレーザーは可視赤外線領域で明るくよく観測することができ、かなた望遠鏡でも観測を行なっている。中でも、2017 年 9 月 22 日にかなた望遠鏡で変動を確認したブレーザー TXS0506+056 は高エネルギーニュートリノ対応天体 IceCube-170922A として、世界で初めて受かった。[5] 図 1.10 に AGN の統一モデル、図 1.11 にニュートリノ対応天体を示している。

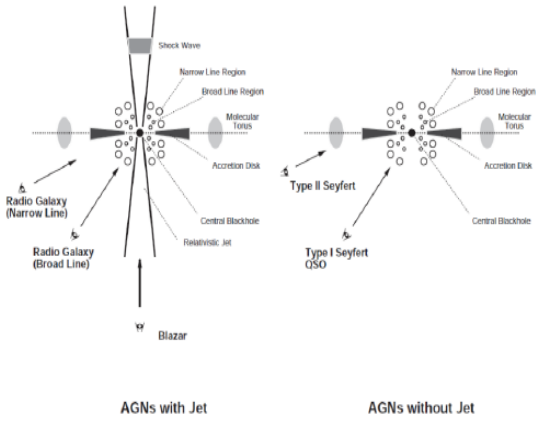

図 1.10: 活動銀河の統一モデル [20]

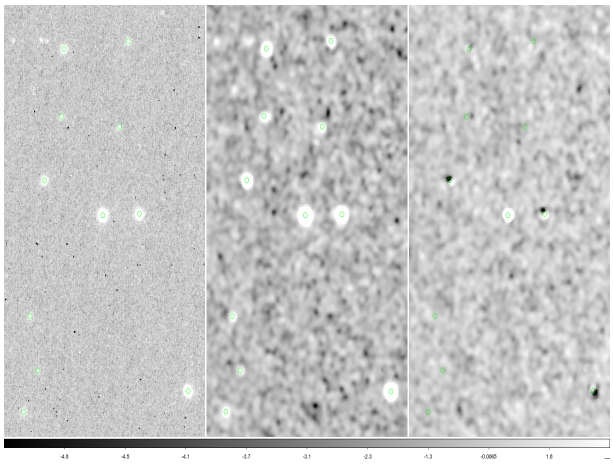

図 1.11: かなたで観測された TXS0506+056(J バンド) の画像 (左からかなた、2MASS、差分した画像)

1.3 マルチメッセンジャー天文学

マルチメッセンジャー天文学とは、天体現象によって発生する電磁波、宇宙線、重力波やニュートリノなど様々なメッセンジャーを観測することによって天体現象の解明、宇宙の謎に迫る天文学である。マルチメッセンジャー天文学の研究対象になるのは、ブラックホールや中性子星などのコンパクト天体同士の連星、超新星、GRB、活動銀河核などの高エネルギー現象である。

マルチメッセンジャー天文学は学問としてはまだ新しい。1970 年代前半まで、宇宙で起こる現象を観測する

手段は主にガンマ線、可視光、電波などの電磁波であった。しかし、近年の目覚ましい技術の発展により、1900年代後半に IMB、Baksan などのニュートリノ検出器 (付録 A 参照)、2000 年代前半に TAMA300、GEO などの重力波検出器 (1.3.1 節参照) が開発された。1987 年 2 月 23 日に日本のカミオカンデ (岐阜県神岡鉱山地下) によって、大マゼラン雲で発生した超新星爆発 (SN1987A) から飛来したニュートリノを観測することに成功した。このとき地上の電磁波望遠鏡 (第一発見はチリの Las Campanas 天文台) でも観測がなされ、天体現象をニュートリノ + 電磁波、2 つのメッセンジャーで観測することに世界で初めて成功した。マルチメッセンジャー天文学の幕開けである。

2015 年 9 月 14 日にアメリカのワシントン州ハンフォードとルイジアナ州リビングストンに設置されているレーザー干渉計 LIGO によって、ブラックホール連星合体による重力波が世界で初めて検出された。2017 年 8 月 17 日、GW170817 と呼ばれる中性子連星合体による重力波イベントでは、世界で初めて重力波対応天体の同定がなされ、世界中の望遠鏡で観測が行われた。(1.3.2 節参照)2017 年 9 月 22 日の IceCube170922A イベントでは、高エネルギーニュートリノ対応天体が TXS0506+056(ブレーザー) であることがかなた望遠鏡の観測で見出され、Fermi 衛星のガンマ線増光の発見へとつながった。このようにマルチメッセンジャー天文学は近年発展が目覚ましく、現在天文学業界のトピックである。



図 1.12: SN1987A 発生後の画像 (左:爆発後、右:爆発前 (矢印は親星))[21]

1.3.1 重力波

質量を持つ物質が存在するときその周りの時空は歪む。軸対称ではない物質が加速度運動をする時、この歪みは波のように光速で伝播していく。この波を重力波と呼ぶ。重力相互作用は電磁相互作用の 10^{-39} と非常に弱く、重力相互作用によって生じる重力波は大変小さい。より大きな振幅を持つ重力波を発生させるには高密度かつ高質量の物質が加速度運動する必要がある。そこで、観測できるほどの重力波を出す現象は以下候補として挙げられる。

- コンパクト連星 (中性子星、ブラックホール) の公転
- コンパクト連星の衝突合体

- 大質量星の重力崩壊による超新星爆発
- 大質量連星パルサー (白色矮星/中性子星 + 伴星の連星系)

そもそも重力波とは 1916 年にアインシュタインが一般相対性理論に基づいて、予言した波である。相対性理論によると、コンパクト連星において公転 (加速度運動) の際に重力波を放出することで連星は回転エネルギーを失い、公転周期が短くなることが予想されていた。1974 年、Hulse と Taylor は連星パルサー PSR B1913+16(中性子星 + 中性子星 (パルサー)) を発見し、数年にわたって公転周期を観測した。その結果、公転周期が小さくなっており、その減少率は重力波放出モデルの理論値と誤差 1% 程度で一致することが 1979 年に示された。同天体の観測は現在も継続的になされており、2004 年には観測値と予測値との差が 0.2% であることを示した。(図 1.14) これらは間接的に重力波が存在するという証明になる。

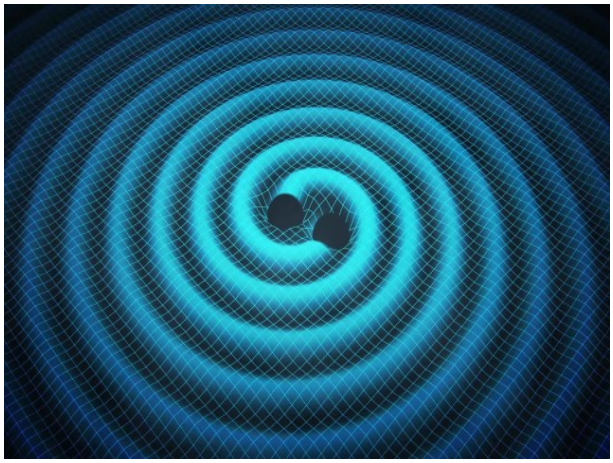

図 1.13: コンパクト連星の公転での時空の歪みのイメージ [24]

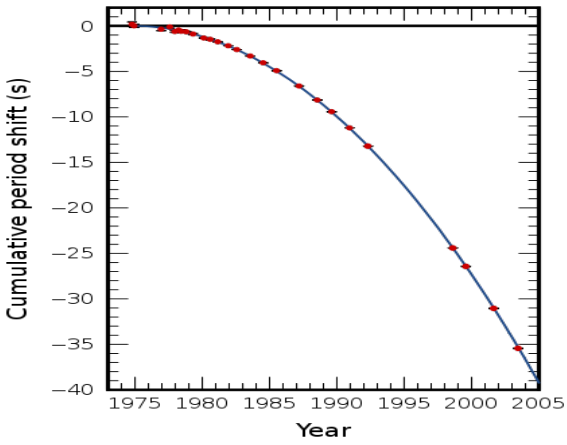

図 1.14: PSR B1913+16 公転周期の時間変化

そのような中で、重力波の直接的な観測が期待されてきた。しかし、重力波は前述の通り大変小さく、重力波による歪み量は距離 1.5×10^{11}m に対して 1.5×10^{-10}m で、これはおおよそ太陽と地球の距離において水素原子一つ分の距離を変化させるものである。このような微小な変化を捉えるべく GEO600 や TAMA300 などの重力波望遠鏡が開発され、検出を試みたが、検出には至らなかった。2000 年代以降アメリカの LIGO、ヨーロッパの Virgo、日本の KAGRA などの世界中の重力波望遠鏡で検出感度の向上が試みられた。中でも、LIGO プロジェクトは数度のアップグレードを含む長期的な計画である。

この LIGO プロジェクトは Initial LIGO に始まり、2002 年から数度の感度向上アップグレードが実施され、観測が行われた。そして、Enhanced LIGO とよばれる中規模アップグレードを経て 2010 年に運転を終えた。その後、大規模なアップグレードがなされ、Initial LIGO の 4 倍ほどの検出感度をもつ Advanced LIGO が誕生した。そして、2015 年 9 月 12 月運転開始から 2 日後に重力波検出された。アインシュタインの重力波の存在の予言から約 100 年、ようやく人類は重力波を検出することに成功した。このイベントは GW150914 と呼ばれる。GW150914 の正体は波形から約 $36M_{\odot}$、$29M_{\odot}$ の質量をもつブラックホールの連星合体であることがわかり、今まで存在が明らかになっていなかった大質量ブラックホール (数 $10M_{\odot}$) と、そのブラック

ホール連星を実証したことも科学的大きな成果である。

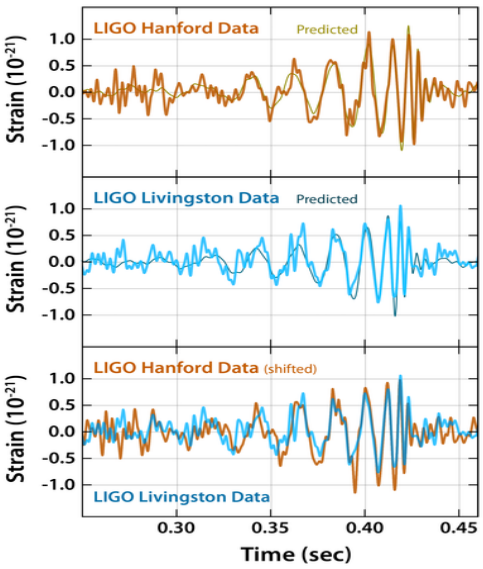

図 1.15: GW150914 の振幅のひずみの時間変化。上から Hanford,Livingston LIGO のデータで一番下が 2 つのデータを重ねた図で、2 地点で検出された波が一致することがわかる。

また、LIGO/Virgo と世界の多数の電磁波観測グループは MoU 協定を結び、追観測の情報を共有する仕組みを整えた。そこで GW150914 において、MoU を結んだグループは LIGO から受け取った対応天体の位置誤差領域 (図 1.16) の情報を便りに探査したが、有意な電磁波対応天体は見つからなかった。その原因の 1 つは位置誤差領域の大きさだった。GW150914 での位置誤差領域は約 $600deg^2$ と大変大きく、これよりもはるかに視野の小さい $(1 \sim 10^{-2}deg^2)$ 電磁波望遠鏡で全領域をカバーするのは困難であった。そのためカバーできなかった領域にいた。

重力波の位置誤差領域は現在稼働中の Virgo と開発中の KAGRA が組み合わされば、数 deg^2 にまで大きく改善される。実際に LIGO/Virgo で検出された GW170817 イベントでは 30 平方度と大きく改善されていた。しかし、数平方度にしても重力波電磁波対応天体を同定することは容易とは言えない。世界中の望遠鏡を連携させて幅広い重力波位置誤差領域を探査、対応天体を同定するプロジェクトがある。日本の J-GEM(1.3.3 参照) もそれに参画しているグループの 1 つである。また GW170817 イベントでは、世界で初めて重力波対応天体を電磁波で同定したイベントであることを強調しておく。(1.3.4 節参照)



図 1.16: 今までに起こった重力波イベントの位置誤差領域の等分布確率線 [25]

1.3.2 重力波電磁波対応天体

電磁波を放出すると期待されている有力な重力波対応現象は以下が挙げられる。

- 中性子星連星の衝突合体
- ブラックホールを伴星にもつコンパクト連星の衝突合体
- 大質量星の重力崩壊による超新星爆発

中でも中性子星連星の衝突合体で生じる重力波は 1 年に約数 10 回検出されることが期待されており、最も有望な重力波電磁対応天体である。(対する、超新星爆発は数年に 1 度程度。) この検出頻度はその現象の規模の大きさ、すなわち非対称な物質の加速度運動の大きさに起因する。そのため前者は規模が大きく約数 100Mpc まで検出できるが、後者は前者に比べると小さく、約 10 数 Mpc までしか検出できない。次に各現象について記述する。

中性子連星の衝突合体

2 つの中性子星で構成される中性子星連星は公転時に重力波を放出することで、公転半径が小さくなっていく。やがて 2 つの中性子星は合体し、検出可能な重力波を放出する。合体直後には多くの物質 (中性子) が放出され、r-process(速い元素合成)) が進行する。r-process によって生じる重元素 (鉄より重い元素) は不安定である。不安定である r-process 元素は放射性崩壊を起こしエネルギーを放出することで周辺物質を温める。そこで可視赤外線領域をピークに 1 日で急増光し、その後紫外線/可視光では早く、赤外線では緩やかに減光し、1 週間程度明るく光ると理論シミュレーションによって考えられている。(1.17) この r-process によって、生

じる電磁波放射現象を kilonova または macronova と呼ぶ。また中性子星連星合体では相対論的ジェットから短かい時間で強くガンマ線を放射するショートガンマ線バーストが起こることも予想されており、ガンマ線や X 線観測など可視赤外線以外の多波長での電磁波観測が重要である。そのような中 GW170817 イベントでは電磁波対応天体が発見され、様々な波長帯で観測された。GW170817 のについては後ほど 1.3.4 にて述べる。

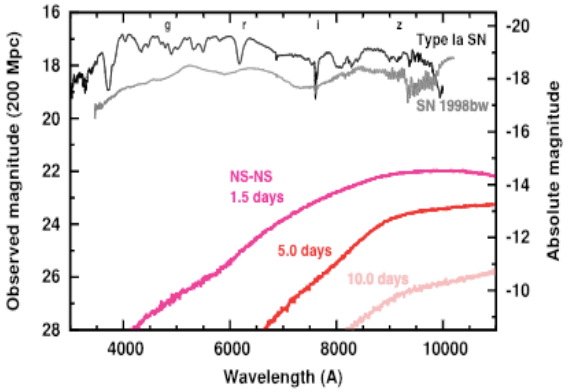

図 1.17: kilonova によって生じる電磁波のスペクトル。比較として、典型的な超新星のスペクトルを与えている。[27]

ブラックホールを伴星にもつコンパクト連星の衝突合体

ブラックホール同士の連星について。ブラックホール連星は重力波源として、2015 年 9 月 14 日の世界初の重力波検出イベントから数回検出されている。2 つのブラックホールがともに降着円盤や周囲のガスを持っていれば、合体時にそれらが光る可能性があるが、あまり期待できない。

次に中性子星-ブラックホール連星について。こちらも今までに数回重力波を検出している。一方がブラックホールである分、中性子星連星より大きな重力波を放出する。そのため、より遠くのものまで検出することが可能である。他の連星と比べて、特徴的なのは主星と伴星の質量比であり、数倍 10 数倍である。そのため、合体時に中性子星は潮汐力によって破壊され、ブラックホールに吸い込まれながらも、中性子を多く含む物質が放出される。そうすると、中性子星連星の衝突合体同様に r-prcess が進行し、kilonova(macronova) として電磁波放射することが予想される。

大質量星の重力崩壊による超新星爆発

重力崩壊型の超新星 (特に Ic 型) も重力波の放射源候補として、挙げられている。爆発の際に非軸対称な質量放出や、高速で核が回転していれば、重力波が放射される予想されている。これは前述のコンパクト連星からの重力波に比べると大変小さく、現状検出可能と予想される距離は数 100kpc(コンパクト連星からの重力波はおおよそ数 100Mpc) である。しかし、もしこのような近傍で起こった場合、SN1987A のように電磁波、重力波観測に加え、ニュートリノ観測でき、まだ未解明のコアや対流、停滞衝撃はの不安定さなどの超新星のダイナミクスについて迫ることができると期待される。

1.3.3 J-GEM

J-GEM とは **J**apanese collaboration for **G**ravitatiolnal wave **E**lectron-**M**agnetic follow-up の略称で、日本の重力波対応天体探査チームである。1.3.1 節より、重力波望遠鏡の重力波対応天体の位置決定精度は電磁波望遠鏡の視野を考慮すると大変大きい。そこで重力波発生の際に日本の研究機関が連携して、所有する世界中の望遠鏡 (図 1.18) を用いて位置誤差領域を観測することで重力波対応天体の特定を行う。その上で対応天体の多波長・多モードでフォローアップし、重力波天体の電磁波放射メカニズムの解明を目指す。それが J-GEM プロジェクトである。広島大学も J-GEM に所属しており、かなた望遠鏡や (将来的に)HinOTORI 望遠鏡を用いて探査を行う。

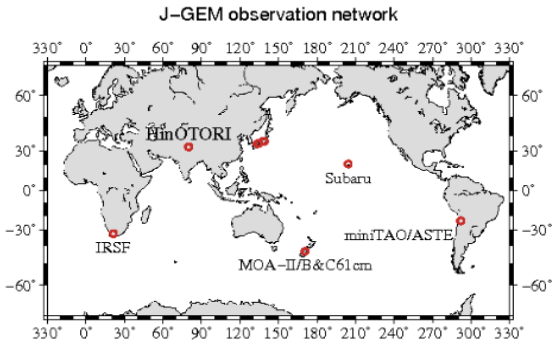

図 1.18: 世界中にある J-GEM の望遠鏡 [28]

1.3.4 GW170817

GW170817 とは、2017 年 8 月 17 日に LIGO(Hanford,Livingston)/Virgo の 2 つの重力波望遠鏡で検出された重力波イベントである。この重力波のソースは波形から中性子星連星の衝突合体であることがわかり、世界で初めての当現象での重力波検出となった。1.3.2 節より、中性子星連星の衝突合体からは電磁波の放射が期待される。そのため、MoU(Memorandum of Understanding) を結んだ多くの電磁波観測機関で位置誤差範囲の電磁波対応天体の探査が行われた。

まず、重力波検出直後約 2 秒後に Fermi GBM と INTEGRAL SPI-ACS の 2 つのガンマ線が GRB170817A なる通常より小さいショートガ線バーストを検出した。この時点で重力ソースとショートガンマ線バーストが一致していることは断定できなかった。というのも検出された GBM も SPI-ACS も空間分解能が悪く、大まかな領域しかわからないためである。しかしこの GRB 誤差領域は重力波誤差領域を含んでおり、他の波長帯での特定が期待された。そのような中、重力波検出後 11 時間後に位置誤差領域を探査していた 1M2H(One Meter, Two Hemisphere) チームが可視光で増光天体 SSS17a を発見、その 1 時間以内に複数のチームでも確認された。SSS17a は約 40Mpc ほどの距離にある NGC4993 近傍の (RA,DEC)=(197.45035,-23.38148) に位置していた。その直後、赤外線、紫外線でも検出されたが、その時点で検出されなかった X 線、電波はそれ

ぞれ 8.9 日、16 日後に Chandora、VLA/JAGWAR によって検出された。J-GEM のすばる (ハワイ)、IRSF 望遠鏡 (南アフリカ) でも SSS17a の観測が行われ、観測データから今回の重力波発生に付随する電磁波現象が kilonova であることを強く結論づけることができた。私たち広島大学かなた望遠鏡でも観測を試みたが、同天体が南天に位置していたため十分な SN(**S**ignal to **N**oise) を得られず、検出には至らなかった。

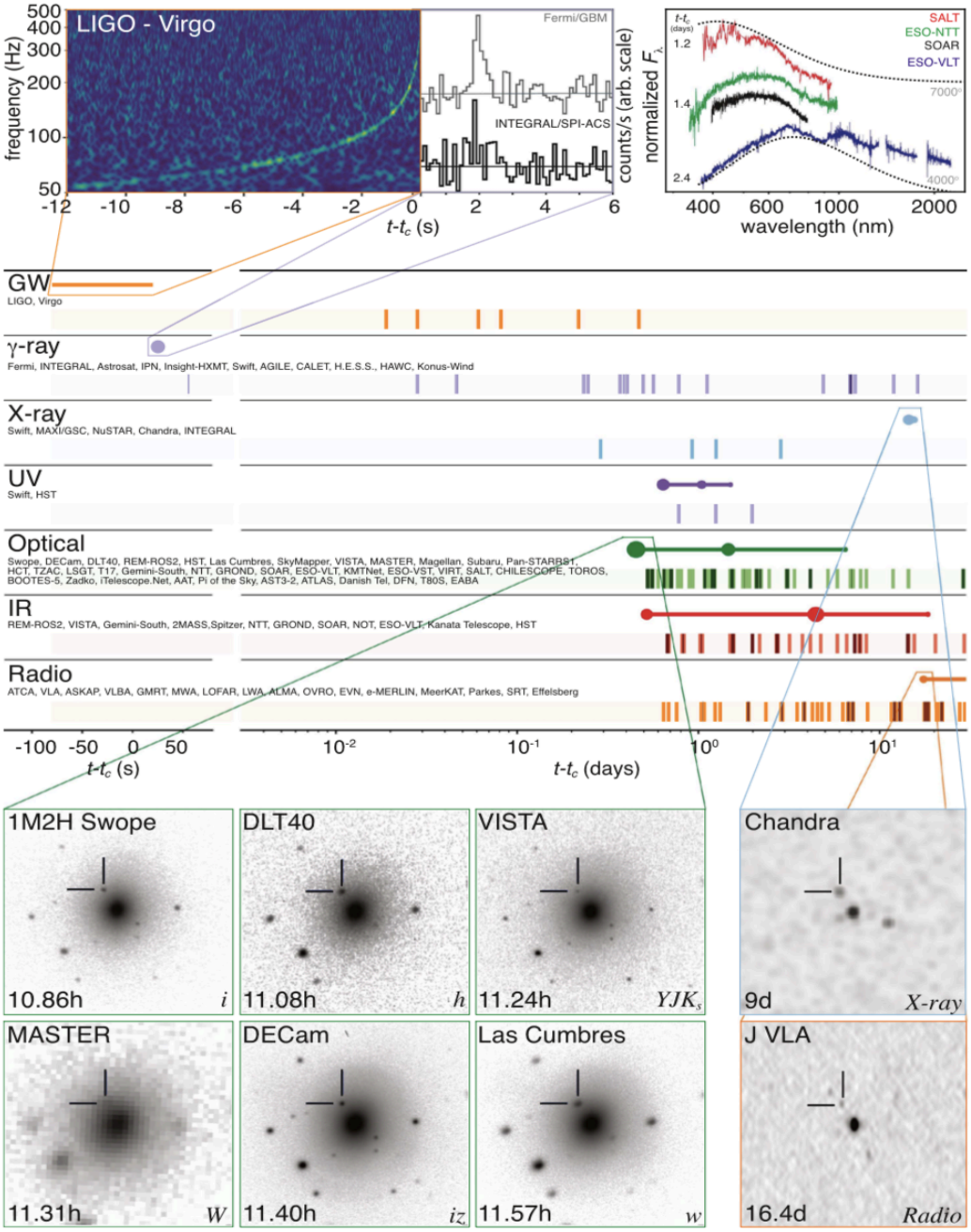

図 1.19: GW170817 で観測された様々なメッセンジャーの観測時期と対応天体画像。中央の表について、実践はメッセンジャーの観測継続時間、点はその波長領域での天体の明るさ (大きさに比例))、短冊は GCN に観測レポートを流した時間を表している。重力波検出直後にガンマ線、その半日後に可視光、紫外線、赤外線、さらに 1 週間後以降に X 線、電波で対応天体が検出されていることがわかる。次に図について。左上は重力波検出前後の重力波の周波数とガンマ線ソースの明るさの時間変化を表しており、特にガンマ線では異なる 2 つの検出器でピークが一致している。右上は紫外線 ～ 赤外線までの各時間毎のスペクトルを表している。初期は可視光領域にピークを持ち、時間経過とともに赤くなっていることがわかる。左下は可視赤外線ソースの画像。右下は X 線、電波ソースの画像。[28]

次に現在までに各波長領域でわかったことを記す。

ガンマ線/X 線/電波観測

GW170817 におけるショートガンマ線バースト GRB170817A では初期にガンマ線のみ、後期に X 線、電波が観測された。

ショートガンマ線バーストは初期において、ガンマ線で prompt emission と呼ばれるものが放射される。その後、相対論的ビーミング効果でおおよそ 5° ~10°の開き角で軸方向にガンマ線が放射される。これをコリメートされたジェットと呼ぶ。コリメートされたジェットはその後速度が遅くなり、相対論的ビーミング効果が小さくなってくる。そしてジェットの開き角は大きくなる。このプロセスを off-axis ジェットモデルと呼ぶ。今回、重力波の観測結果から中性子星連星の回転軸から 11~30°の方向から同天体を観測したことがわかっている。このことからジェットから軸方向から少しずれた私たちは初期に小さい prompt emission をガンマ線で観測し、後期に開き角が大きくなったジェットを X 線と電波で観測したと考えられ、この SGRB を off-axis ジェットモデルで説明することができる。しかしこれは観測結果を説明するモデルの一つであり、さらなる観測によって検証していくべきである。

紫外線/可視光/赤外線観測

GW170817 における J-GEM での SSS17a の可視赤外線観測では、中性子星連星衝突合体において kilonova が付随したことがわかった。これについて本節で述べる。

kilonova の電磁放射プロセスとその特徴 (可視赤外線が強い、可視では早く赤外では緩やかに減光、1 週間程度明るい) については 1.3.2 節で記している。それを踏まえて、kilonova 放射伝達シミュレーションについて詳細に言及する。このシミュレーションと SSS17a の観測値との比較は GW170817 イベントの中性子星連星によって放出された物質を知ることに繋がる。

kilonova 放射伝達シミュレーションでは中性子星連星合体に付随する kilonova で合成される元素や、明るさは放出物質の質量と Ye(electron fraction) と呼ばれる物理量に大きく依存すると考えられている。Ye は以下の式で表される。

$$Ye = \frac{n_e}{n_b} = \frac{n_p}{n_n + n_p} \tag{1.1}$$

$$\left(n_e : \text{電子の数}, n_b : \text{核子の数}, n_n : \text{中性子の数}, n_p : \text{陽子の数} \right)$$

式 1.1 から分かるように Ye は陽子と核子の比を表す。陽子の数を一定としたとき、中性子の数が大きい時は Ye は小さくなる。逆に中性子の数が小さい時、Ye は大きくなる。そこでいくつかの Ye におけるシミュレーションで生じる (鉄以上) の原子番号の質量比 (Mass fraction) を図 1.20 に示している。図より Ye が小さくなればなるほど、原子番号のより大きい元素が kilonova によって合成されていることがわかる。Ye=0.15,0.10-0.40 は Lanthanide(原子番号 57-71 の元素) と Actinide(原子番号 89-103 の元素)、Ye=0.25 は Lanthanide が合成されるが、Ye=0.30 では Lantanide,Actinide は合成されない。

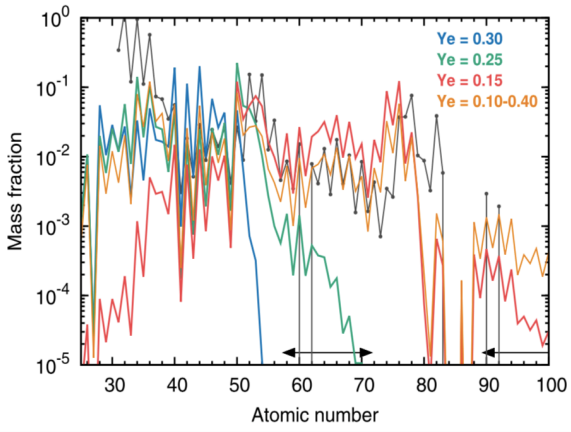

図 1.20: kilonova 放射伝達シミュレーションで合成される元素の質量比。黒線は太陽に存在する元素の質量比を表す。黒矢印の範囲はそれぞれ Lanthanide、Actinide の原子番号範囲に一致する。[29]

最初に SSS17a の光度変化について。図 1.21 に kilonova 放射伝達シミュレーションで予想される光度関数と観測された SSS17a のデータの比較を示す。観測では初期で見られる増光フェーズを捉えることはできなかったが、後期の減光フェーズは観測することができている。可視光では早く、赤外線では緩やかに減光していることがわかる。Ye=0.25,0.10-40 のモデルのシミュレーションと比べるとおおよそ説明することができる。しかし、Ye=0.10-0.40 にて初期で観測値よりも 1.0-1.5mag 程度暗く再現できない。これは SSS17a が Lanthanide を含み、光学的不透明がより高く可視光を通していないためである。Ye の単一モデルを考慮する限りは、Lanthanide を多く含まない Ye=0.25 のモデルは可視光と赤外線の光度をよく再現することができることがわかった。

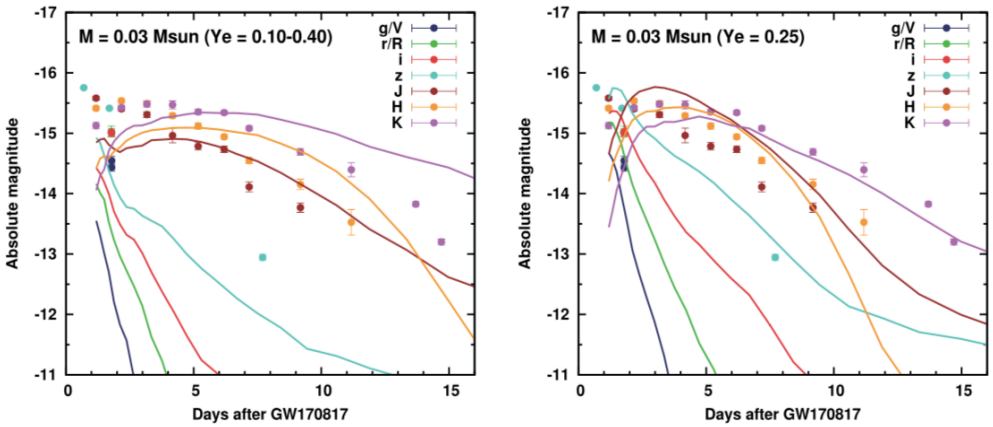

図 1.21: kilonova 放射伝達シミュレーションで得られる光度関数 (実線) と SSS17a の観測データ (点) の比較 [29]

次に SSS17a のカラー変化について。図 1.22 に kilonova 放射伝達シミュレーションで予想されるカラーと

観測された SSS17a のデータの比較を示す。上段の z(可視光)-H(赤外線) の観測では 1-8 日の 7 日間でおおよそ 2mag 大きくなり、また下段の J(赤外線)-H(赤外線) の観測では 1-7 日の 6 日間で 0.5mag ほど大きくなり、徐々に赤くなっていることがわかる。Dynamical(Ye=0.10-0.40),Med-Ye(Ye=0.25) のモデルと J-H のデータを比較するとおおよそ一致する。さらに Lantanide を含まない High-Ye(Ye=0.30) のモデルと z-H のデータを比較すると、双方は一致しない。これは前述 (光度変化について) と同様に、SSS17a が Lanthanide を含むためであると考えられる。

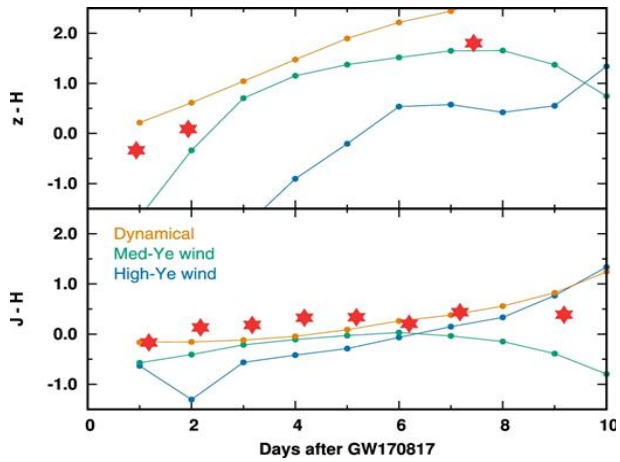

図 1.22: 理論シミュレーションで得られるカラー変化と SSS17a の z-H,J-H カラーの観測値の比較。Med-Ye は Ye=0.25,high-Ye は Ye=0.30[6]

最後に kilonova で起きる元素合成とそのスペクトルについて。図 1.23 に 1.20 のような元素質量比で予想される kilonova 放射伝達シミュレーションのスペクトルと観測された SSS17a のデータの比較を示す。Ye=0.25 の場合の予想スペクトルと観測データはおおよそ一致している。しかし 1.7 日-2.2 日のデータでは 5000Å-7000Å で予想スペクトルより明るかったり、7.2-7.7d のデータでは 10000Å-15000Å で予想スペクトルより暗かったりなど説明できない部分もいくつかある。これは単一の Ye を考えているからかもしれない。Ye が回転軸に対しての角度に依存して複数の Ye 領域が混在していると考えるとうまく説明することができる。その Ye 分布を表すのが図 1.24 であり、回転軸に対しての角度が大きければ大きいほど、Ye が小さくなるというモデルである。[30]Ye=0.25 の予想スペクトルから外れている点は Ye=0.3 と Ye=0.25 の間にあり、両方を観測しているとも言うことができ、このモデルで考えると high Ye と medium Ye 領域間から観測していることになる。前述 (紫外線/可視光/赤外線観測の小節) の通り、私たちは回転軸から 11-30°ずれた位置から観測していることに一致する。

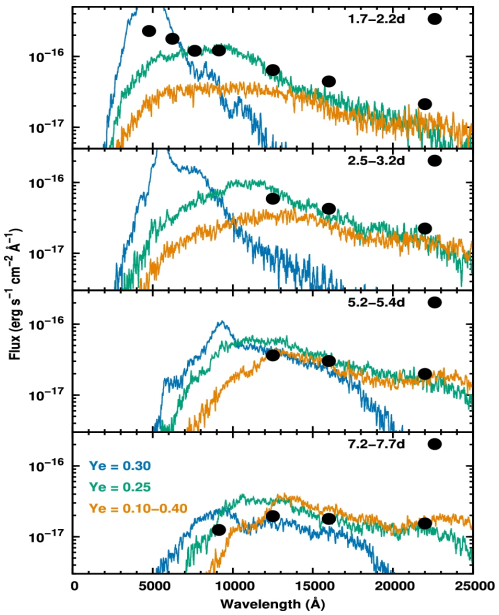

図 1.23: kilonova 放射伝達シミュレーションで得られる予想スペクトル [29]

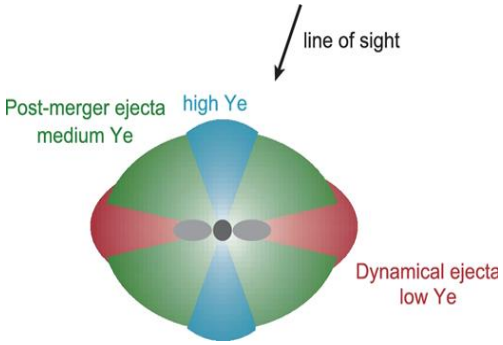

図 1.24: kilonova 予想スペクトルと SSS17a の観測結果の比較から推定される衝突後天体周辺の放出物質の Ye 分布の概略図 [29]

これらより GW170817 電磁対応天体 SSS17a は kilonova によって Lanthanide を少量含む Ye=0.25 の物質が放出され、電磁放射されたとおおよそ結論づけることができる。しかし、観測された天体の明るさは kilonova によって放出される質量は $0.03M_{\odot}$ 以上に匹敵し、これはシミュレーション (dynamical ejecta) で得られる放出質量 $0.01M_{\odot}$ より大きい。そのため他の物質放出メカニズムまたは、エネルギー放出源を考える必要がある。前者では、合体後に大質量中性子星が残り、降着円盤を形成し、形成された降着円盤では粘性加熱が起こり、質量が放出されるプロセスが候補として挙げられる。[31] 後者では、cocoon emission と呼ばれるエネルギー源で付随する sGRB のジェットが kilonova による放出物質を通るときにエネルギーを散出し、それを覆う繭 (cocoon) が生じ、その際に電磁放射するプロセスが候補として挙げられる。[32]

今回の J-GEM の観測から SSS17a についてまとめると、

- 可視光で急減光、赤外線で緩やかに減光
- 時間とともに赤化

で、kilonova シミュレーションとの比較から

- kilonova による電磁放射現象である。
- kilonova によって少量の Lantanide を含む質量放出された。
- 見積もられる明るさより明るかった。

がわかった。以上が GW170817 における J-GEM による成果である。

1.4　HinOTORI プロジェクト

HinOTORI とは (**Hi**roshima U**n**iversity **O**perated **T**ibet**O**ptical **R**obotic **I**mager) の略称で、2018/05 に本設置を完了したチベット (阿里地区) にある 50cm 望遠鏡 (図 1.25) である。J-GEM の重力波可視赤外線対応天体の観測網 (1.18) において、極東地域 (西アジアから東アジア) には観測できない空白領域であった。そこでその空白領域を埋めるべく、中国国家天文台と連携してチベットに望遠鏡を設置するプロジェクトを立ち上げた。これが HinOTORI プロジェクトである。望遠鏡設置にチベット阿里サイトを選んだ理由は中国科学院国家天文台を中心とする東アジアグループによる長年の調査結果にも基づくものである。以下が調査結果の概要になる。

- 良好なシーイング
- 高い透明度 (特に紫外線)
- 小さい光害
- 高い晴天率

これらは電磁波観測において好条件であり、経度も東経 80.030°と　J-GEM の空白領域と一致し、プロジェクトの要件を満たす。そのため、チベット阿里サイトを選んでいる。表 1.5 に立地を示す。

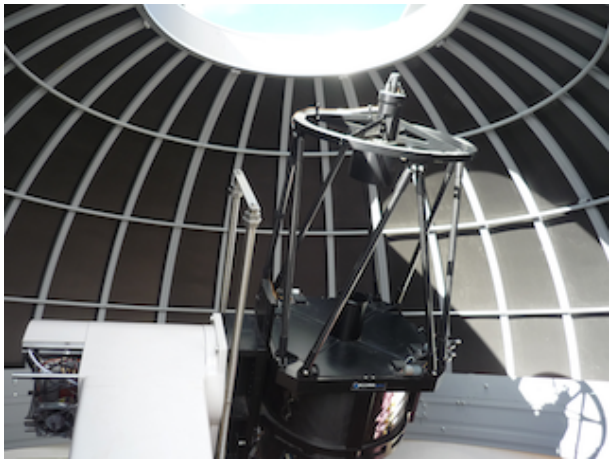

図 1.25: HinOTORI 望遠鏡 [33]

緯度		経度	高度
北緯 32.3137°	東経	80.0300°	5130m

表 1.5: チベット阿里地区の立地 [8]

次に HinOTORI プロジェクトの近年の活動経歴の概要を以下に示した。

2014/05　広島にて HinOTORI 望遠鏡のエンジニアリングファーストライト

2015/10-2016/04　チベットに HinOTORI 一式を輸送

2016/06　阿里天文台 (仮ドームに) に HinOTORI 望遠鏡 +3 色カメラを設置、エンジニアリングファーストライト

2017/09-10　本ドームの組み立て、設置。HinOTORI 望遠鏡 +3 色カメラを本ドームに移送。

2018/05-06　HinOTORI 一式のセットアップ

2018/09-10　セットアップ続き、システムの動作確認、サイエンスファーストライト

1.5　研究目的

本研究では 2018/10 に実施した HinOTORI 望遠鏡のサイエンスファーストライトの際に取得したデータに基づいた性能評価全般を目的とする。評価内容としては現地での検出器の基礎的特性や、結像性能を定量評価するためのハルトマンテストおよび視野全面にわたる星像の像質の評価、ハルトマンテスト、限界等級の見積もり等がある。先行研究 ([34][35]) との比較を行うことで、本設置に伴う輸送や衝撃などで HinOTORI の性能や、異常がないかを確認する。さらに、今後 HinOTORI で取得されるデータを解析するための観測・キャリブレーション手法を確立する。

第 2 章

HinOTORI 望遠鏡と観測

この章では HinOTORI の諸元、構成について述べる。

2.1　望遠鏡の特徴

HinOTORI 望遠鏡は以下の特徴を持っている。

- 広視野
- 3 色同時撮像
- 紫外線 (u' バンド) 観測
- 高い解像度

これらについてこの節で述べる。

2.1.1　広視野

重力波望遠鏡による位置誤差領域は大変広く、また重力波対応天体は早く進化が進む。そのため重力波天体を追う望遠鏡の視野の大きさは重要になる。視野の大きさを制限する要因の 1 つはザイデル五収差である。収差とはレンズや鏡などを介して、結像する際に像にボケや歪みが生じることである。ザイデル五収差には球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差がある。望遠鏡の視野はこの中でも球面収差、コマ収差に大きく依存しており、視野を大きく制限する。そこでこの 2 つの収差を除くべく、光学系に Ritchey-Chretien 系を採用することで広視野を実現している。以下に Ritchey-Chretien 系、除去される球面収差、コマ収差について記す。

Ritchey-Chretien 系

HinOTORI は主鏡副鏡からなる反射望遠鏡である。中でもカセグレン型と呼ばれる種類の反射望遠鏡で、空からの光を主鏡副鏡で反射し、主鏡の背後に入射させる望遠鏡である。古典的なカセグレン型望遠鏡は主鏡に放物面、副鏡に双曲面をもつが、HinOTORI では主鏡副鏡両方とも放物面に近い双曲面 (高次非球面) をもっており、このような光学系を持つ望遠鏡を Ritchey-Chretien 望遠鏡と呼ぶ。Ritchey-Chretien 光学系は

現在多くの望遠鏡が採用しており、日本が所有する最大口径のすばる望遠鏡 (国立天文台ハワイ観測所) や、広島大学かなた望遠鏡も Ritchey-Chretien 光学系である。

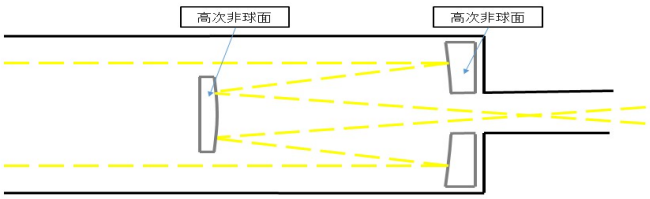

図 2.1: Ritchey-Chretien 光学系。点線は光路を表す。[35]

球面収差

鏡によって反射される外側と内側の光の焦点距離の差によって、光が一点 (焦点) に交わらず像が広がる。このことを球面収差とよぶ。(図 2.2 これを除去するためには反射される光の光路長を一定にする必要がある。

図 2.3 を見て欲しい。横軸は光軸に平行な軸、縦軸は光軸に垂直な面 (面 O)、主鏡 (とその延長面) を面 A、副鏡 (とその延長面) を面 B としている。そして左から平行光が入射し主鏡、副鏡を介して最終的に焦点で交わる。Ritchey-Chretien 光学系の場合、主鏡副鏡はそれぞれ双曲面に近い面になっており、これらは面 O を通る任意の光 (空からの平行光) の焦点までの距離を一定にする。そのため、球面収差を取り除くことができる。

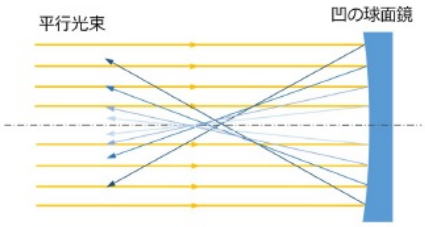

図 2.2: 球面収差 [34]

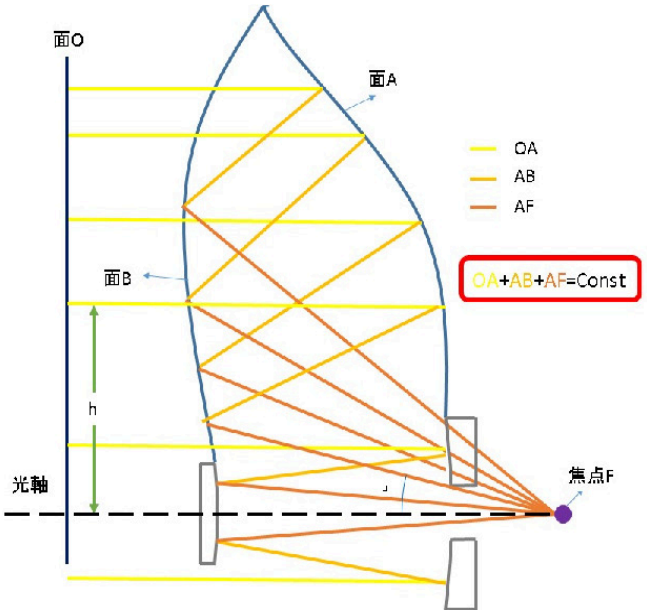

図 2.3: 球面収差を除く原理

コマ収差

光軸に対して傾きを持った光は光が一点 (焦点) に交わらず一方向に尾を引いた像となる。これをコマ収差とよぶ。(2.4) もしコマ収差がなければ、物体と像の大きさの比は一定である。そこで以下の式 2.1 が条件式として与えられる。

$$\frac{h}{sinu} - f = 0 \tag{2.1}$$

$$\left(h : \text{光軸に対しての距離}, f : \text{焦点距離}, u : \text{光軸と光がなす角} \right)$$

この条件を Abbe の正弦条件とよぶ。Ritchey-Chretien 光学系はこれらの条件を満たすような高次非球面を持つ。そのため、コマ収差を除くことができる。

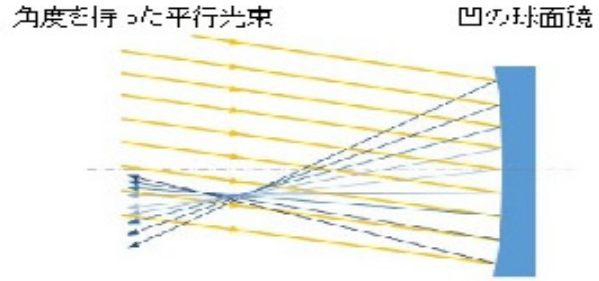

図 2.4: コマ収差 [34]

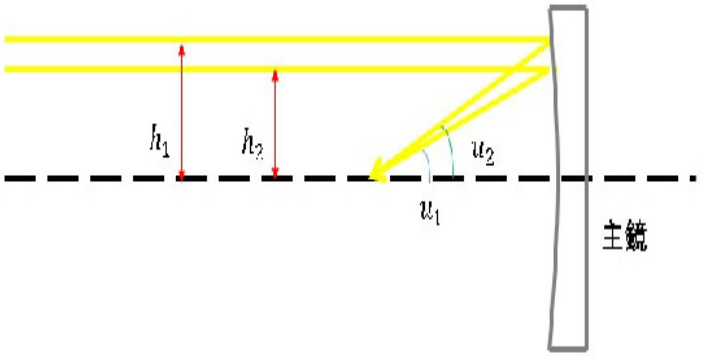

図 2.5: コマ収差を除く原理 [34]

2.1.2　3 色同時撮像

HinOTORI 望遠鏡は u',Rc,Ic の計 3 バンドで同時に撮像することができる。図 2.6 に HinOTORI 望遠鏡に入射する光の CCD までの光路を示す。

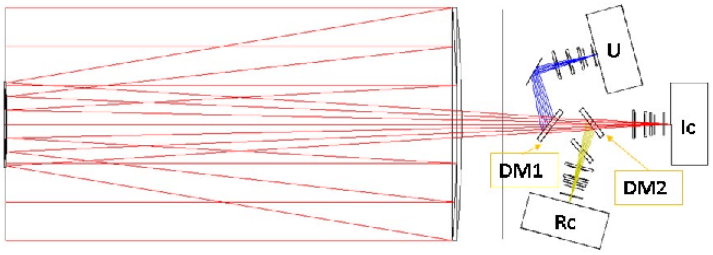

図 2.6: HinOTORI 望遠鏡に入射する光の光路 [9]

入射した光は主鏡副鏡を介して、観測装置に入る。観測装置に入射した光は 2 つの Dichroic mirror(図中の DM1、DM2) によって反射・透過され補正光学系、フィルターを介して CCD カメラに入射する。

Dichroic mirror とは、ある特定の波長の光を反射、その他の波長の光を透過する光学素子のことで多層光学機能反射鏡や二色鏡ともよばれる。DM1 では u' バンドの光を DM2 では Rc バンドの光を反射している。図 2.7、図 2.8 に各 mirror の透過・反射率のグラフを示す。

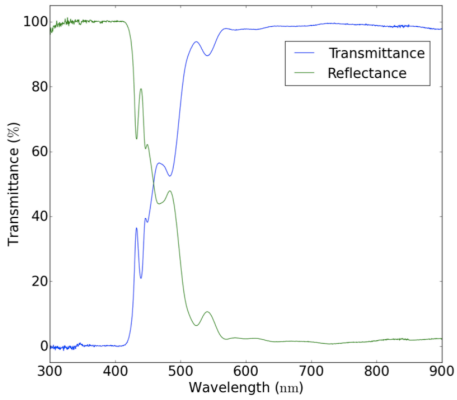

図 2.7: DM1 の透過率・反射率 [34]

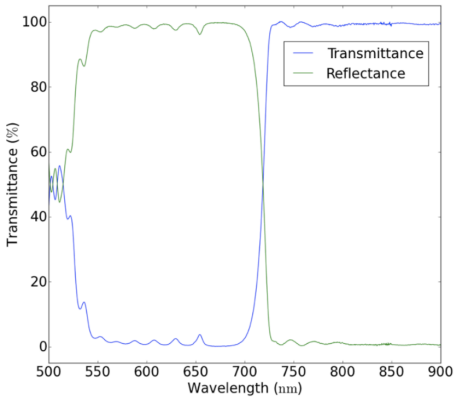

図 2.8: DM2 の透過率・反射率 [34]

また HinOTORI 望遠鏡が採用している Ritchey-Chretien 光学系では球面収差、コマ収差は除去されているが、その他の収差である非点収差、像面湾曲、歪面収差は除去されていない。そこで補正レンズなどを用いて、これらの収差を除去する。これを補正光学系とよぶ。補正光学系には様々な種類の光学系が存在するが、中でも HinOTORI では Wynne の 2 レンズ補正系を用いている。

フィルターは u',Rc,Ic を用いており、広い波長で観測できるようになっている。この 3 フィルターを選んだ理由の 1 つは、観測する天体の赤方偏移を決定するためで、特に Rc,Ic バンドといった波長の長いバンドで観測することが有効であるためである。表 2.1 に各フィルターの波長領域などのデータを示す。

バンド	中心波長 [nm]	波長領域 [nm]	材質
u'	348.7	301.3 - 391.7	KG3(2mm) + UG11(1mm) + Fused Silica(2mm)
Rc	656.4	580.3 - 729.9	OG590(3mm) + Fused silica(2mm)
Ic	798.0	709.3 - 887.7	R-60(5mm) HOYA colored glass

表 2.1: HinOTORI で撮像できるバンドのデータ。波長領域は透過率 10% 以上の波長を表している。[9]

2.1.3 紫外線 (u' バンド) 観測

紫外線などの波長の短い光は、大気 (空気分子や微粒子) によって散乱されやすく、地上への透過率が低い。そのため、地上からの紫外線観測は難しく、紫外線を観測する地上の電磁波望遠鏡は少ない。

しかし、チベットのような立地の高い (=大気が薄く、不純物が少ない) 場所は紫外線観測に適しているといえる。図 2.9 に標高 0m,5100m(HinOTORI が設置されている土地の標高) の各波長での大気散乱による透過率のモデルを示す。図より、標高 0m に比べると標高 5100m の方が透過率が大きい。特に紫外線領域 (300-400nm) にて顕著に確認することができる。u' バンドの中心波長である 348.7nm の透過率を見てみると標高 0m に比べて標高 5100m のほうが約 30% 大きく、70% である。

紫外線観測は主に超新星やブレーザーなどの高エネルギー天体の観測において特に有用である。当然、HinOTORI のメインターゲットである重力波対応天体に対しても有用になる。

これよりチベットの高地おいて u' バンドでより深く、よりユニークな観測が期待できると考え、HinOTORI 望遠鏡に導入している。

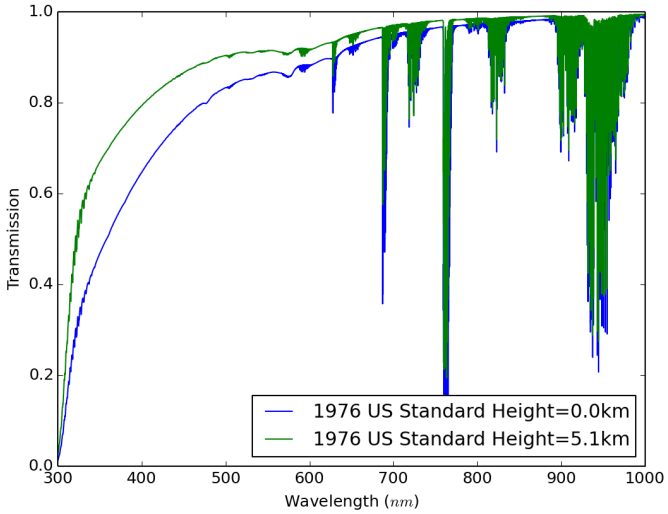

図 2.9: 標高 0m,5100m での各波長の大気散乱による透過率のモデル [9][38]

2.1.4 高い解像度

チベット阿里地区のシーイングは大変良い。ここでいうシーイング (seeing) とは、大気の揺らぎや収差などによって生じる点光源 (天体) の像の広がりのことをいう。シーイングは一般的に像のフォトンカウント分布の FWHM(**F**ull **W**idth at **H**alf **M**aximum) で表す。シーイングが小さいと、星像がシャープになり、良いと言える。逆にシーングが大きいと、星像が粗くなり悪いと言える。

中国科学院国家天文台 Yao 氏の報告によると 0.6”[44] であった。表 2.2 に様々な日本が持つ観測所のシーイングを示す。表から分かるように日本にあるどの観測所よりもシーイングが良い。また、国立天文台ハワイ観測所やラスカンパナス天文台 (チリ) に匹敵する値で、大変シーイングが良いことが言える。

観測所	シーイング [arcsec]
東広島天文台	1.27±0.12
岡山天体物理観測所	1.2±0.2
東京大学木曽観測所	2.3∼3.2
国立天文台ハワイ観測所	0.6
南極	0.27
ラスカンパナス天文台	0.63
阿里	0.6

表 2.2: 様々な観測所のシーイング [39][40][41][42][44]

また、シーイングが良いと S/N(**S**ignal to **N**oise) も良くなる。ここでいう S/N の S は天体からのカウント、N は空からの光などバックグラウンド起因のノイズを表す。式 2.2 に S/N の式を示す。

$$S/N = \frac{N_{obj}}{\sqrt{N_{obj} + N_{bg} + {\sigma_{rd}}^2}} \tag{2.2}$$

$$\left(N_{obj} : \text{天体からの光子数}, N_{bg} : \text{背景 (空など) 光からの光子数}, \sigma_{rd} : \text{読み出しノイズ} \right)$$

露出時間を一定にした時、天体からの光子数 N_{obj} はシーイングによらず一定である。また、一般的な CCD であれば読み出しノイズ σ_{rd} も一定である。そこでシーイングが良い場合、星像はシャープであり、小さい領域を測光することになる。そのため、背景光からくるノイズを低減することができる。そのため S/N が良くなり、より暗い天体やより遠い天体を観測することができるようになる。

2.2 システム構成

この節では観測の際に制御する機器のシステム基本構成について述べる。

2.2.1　制御 PC

HinOTORI のドーム、赤道儀、望遠鏡、CCD(以後、観測機器とよぶ) はドーム (兼観測室) 内にある制御 PC からコマンドを送ることによって、制御できるようになっている。この PC には VMware Workstation という仮想化ソフト (物理的な 1 台のサーバー上で複数のサーバーの運用を実現するソフト、詳細は付録 A 参照) をインストールしており、Windows7(ホスト) と CentOS6(ゲスト) の 2 つの OS の実行を可能としている。Windows,CentOS2 つの OS を導入しているのはベンダーから提供される各観測機器の制御ソフトウェアがそれぞれどちらかに対応しているためである。図 2.10 に PC の仮想化イメージを示す。

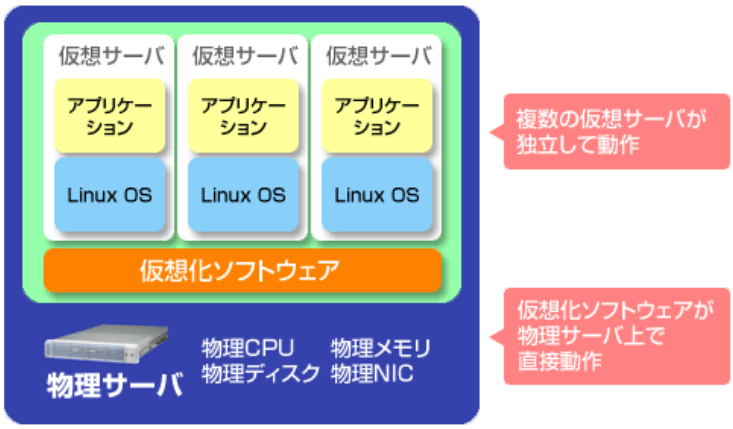

図 2.10: VMware Workstation による仮想化イメージ [45]

まず、仮想化を導入した理由を以下に示す。

1. 省エネ (電力など)・省リソース (CPU、メモリなど)
2. 設置スペースの削減
3. 保守の負担軽減

まず 1 について。仮想化によって集約されるサーバーは、効率的にその PC リソースを有効活用することができ、また電力も削減される。特に後者は重要であり、チベット阿里地区の電力供給は不安定であるため、余計なエネルギーの消費を避けておくべきである。次に 2 について。複数の PC を 1 つの PC に集約するため、当然ながら設置スペースも削減することができる。HinOTORI は観測室を独立に持たず、 ドームと兼ねて観測室がある。ドームは比較的小さいため、スペースの節約は重要である。最後に 3 について。PC は定期的に保守が必要である。仮想化によって PC を減らすことで、保守の負担は軽減される。

次に観測機器のソフト構成について図 2.11 に示す。

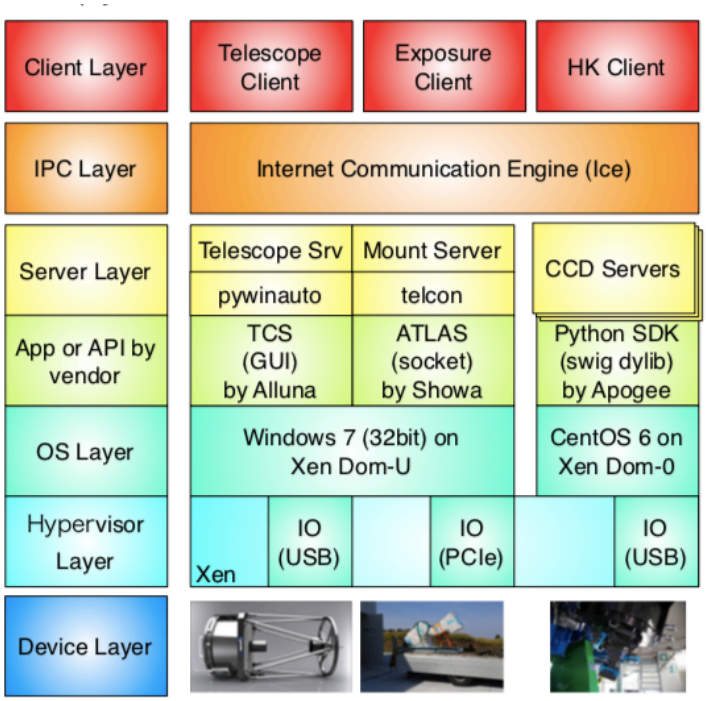

図 2.11: 各機器の制御ソフト構成 [9]

HinOTORI は将来、日本からのリモート操作によって観測が行われ、またロボット的に一晩通して自動観測が求められる望遠鏡である。そのため、CUI(**C**haracter **U**ser **I**nterface、詳細は付録 A 参照) 環境での操作が必須になる。そこで GUI(**G**raphic **U**ser **I**nterface、詳細は付録 A 参照) チックな Windows ではなく、CUI チックな CentOS で一元的に操作する方がよい。また同大学のかなた望遠鏡の操作も CentOS で行われている。そのため、HinOTORI はゲスト OS の CentOS の CUI 環境 (ターミナル) からコマンドを入力することで、観測可能である。

望遠鏡、赤道儀、ドームの制御ソフトは Windows にあり、それぞれソケット接続することで、CentOS からコマンドを送り機器を制御することができる。また、CCD の制御ソフトは CentOS にあり、直接コマンドを送ることができる。

2.2.2 制御コマンド

どの機器も基本的にサーバー (*Srv.py) を立ちあげ、サーバーを読み込むクライアントスクリプト (*Client.py) から命令を送る。図 2.3 にコマンドの一覧を示す。これらのコマンドを用いて、HinOTORI 望遠鏡で観測を行う。

機器	制御内容	入力例	備考
ドーム	サーバー (DomeSrv.py) の立ち上げ ドームの開閉	$ LaunchDome.bat $ DomeClient.py [open/close]	Windows にて
望遠鏡	サーバー (TelescopeSrv.py) の立ち上げ ミラーカバーの開閉 副鏡の位置 (焦点位置) を動かす	$ LaunchAlluna.bat $ TelescopeClient.py [open/close] $ TelescopeClient.py focus [focus value[mm]]	Windows にて
赤道儀	サーバー (MountSrv.py) の立ち上げ 望遠鏡を天体に向ける	$ MountSrv.py $ MountClient.py [RA[deg]] [DEC[deg]]	リアルタイム分点の赤道座標で入力
CCD カメラ	サーバー (CameraSrv.py) の立ち上げ	$ CameraSrv.py	
	撮像	$ CameraClient.py -z [focus value[mm]] -t [u' time[s]],[Rc time[s]],[Ic time[s]] -o [object name] -u [observer name] -p [output directory path] -d	デフォルトは 3.80 入力が 1 つの場合、全バンドに適用 ダーク撮像時に必要
	CCD 温度の確認 CCD 温度の設定	$ CcdTemp.py $ CcdTemp.py -t [u' temp[℃]],[Rc temp[℃]],[Ic temp[℃]]	入力が 1 つの場合、全バンドに適用

表 2.3: HinOTORI の観測機器制御コマンド一覧※*py,*bat はいずれも実行権限を持ち、path が通っているものとする。また、サーバーは現行では Ctrl+C でプロセスを終了する。[46]

2.3 観測の流れ

HinOTORI での観測の流れを図 2.12 に示す。

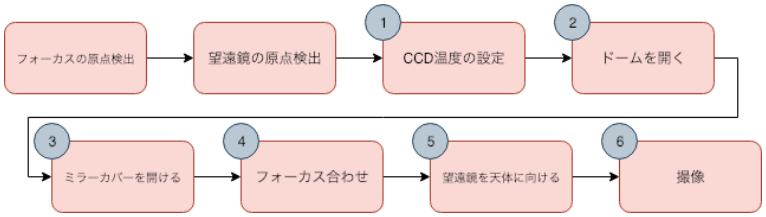

図 2.12: 観測の流れ

例を挙げる。A 氏が現地時間 2019 年 2 月 28 日に、ベストフォーカス位置が 3.29[mm] で Maffei2((RAJ2019.161,DECJ2019.161)=(40.8438,59.6851) を-30.4 ℃で各バンド (t_u, t_{Rc}, t_{Ic})=30s,10s,10s 撮像する時、ターミナル上では以下のように入力する。(各*py は実行権限を持ち、path が通っているものとし、サーバー立ち上げ済みとする。)

1. $ CcdTemp.py -t -30.4
2. $ DomeClient.py open
3. $ TelescopeClient.py open
4. $ TelescopeClient.py focus 3.29

5. $ MountClient.py 40.8438 59.6851
6. $ CameraClient.py -t 30,10,10 -o Maffei2 -u A

2.3.1 性能評価の項目

本研究では以下の評価項目について調査した。いずれも本ドームへ設置後の現地初の測定観測となる。

1. 検出器の基礎特性 (CCD 温度の安定性、バイアス、ダーク、フラット)
2. 結像性能 (焦点合わせ、ハルトマンテスト、視野内星像の位置依存性)
3. 観測性能 (限界等級の見積もり)

2.3.2 観測・測定について

本観測・測定は 2018/10/12 とんで、2018/10/15~10/20 にかけて行なった。参加したメンバーは私のほか、川端弘治氏、笹田真人氏 (広島大学宇宙科学センター教授、特任助教授)、Liu Wei 氏 (当時広島大学宇宙科学センター研究生、現南京天文台研究員) である。私は本データの取得とデータの 1 次処理を担当し、特に 1 次処理以降の解析はほぼすべてを担当した。観測スタッツを 2.4 に示し、その詳細のログについて、付録 B に載せている。

DATE-OBS	u' NUM	u' TIME	Rc NUM	Rc TIME	Ic NUM	Ic TIME	TOTAL NUM	TOTAL TIME
2018/10/12	29	628.5	34	631.0	0	0.0	63	1259.5
2018/10/15	80	560.1	82	600.1	80	589.1	242	1749.3
2018/10/16	164	4330.0	187	3678.0	182	3472.0	533	11480.0
2018/10/17	123	3154.4	130	1894.2	123	1735.2	376	6783.8
2018/10/18	225	996.5	226	797.6	226	816.2	677	2610.3
2018/10/19	103	1300.0	101	822.0	103	1026.0	307	3148.0
2018/10/20	499	11584.0	499	10539.0	499	10723.5	1497	32846.5
2018/10/21	9	480.0	9	480.0	9	480.0	27	1440.0
(TOTAL)	1232	23033.5	1268	19441.9	1222	18842.	3722	61317.4

表 2.4: 観測スタッツ (TIME の単位は秒)

第 3 章

結果と考察

本設置を終えた HinOTORI 望遠鏡の各性能について現地で取得したデータ (2.3.2 節) に基づき、述べる。

3.1　焦点合わせ

2.2.2 節より HinOTORI の副鏡の位置は TelescopeClient.py によって制御することができ、副鏡を動かすことによって焦点を合わせることができる。焦点と副鏡の位置は 1 対 1 対応している。光が光学系を介して、CCD カメラに入射した時の星像が最も小さくなるときの焦点をベストフォーカスとよび、その時の副鏡の位置のことをベスト副鏡位置とよぶことにする。図 3.1,3.2 にベスト副鏡位置より小さい副鏡位置、大きい副鏡位置での光の光路を示す。(副鏡を境に主鏡とは対となる方向に原点があることを想定している。)

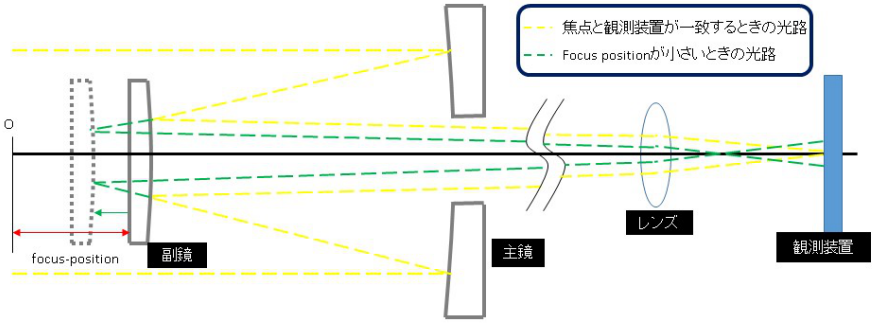

図 3.1: 焦点位置がベストフォーカスより小さい場合の光路 [35]

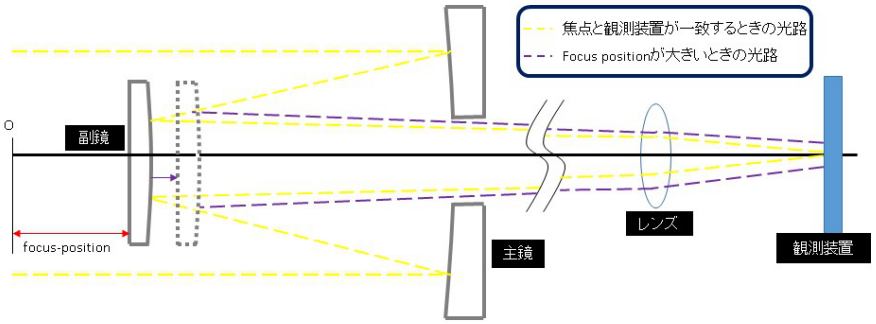

図 3.2: 焦点位置がベストフォーカスより大きい場合の光路 [35]

これらより、副鏡位置はベスト副鏡位置から離れれば離れるほど像が大きくなることがわかる。また、HinOTORI の光学系はいずれのバンドもベストフォーカスが同じになるように作られているため、求められるベスト副鏡位置は一致するように設計されている。

本節では各バンドのベスト副鏡位置 (BEST FOC-VAL) を求め、それらの残差をとることで設計通りの光学系になっているか確認する。

観測/解析方法

1. 適当により小さい副鏡位置から大きい副鏡位置までを往復して、適当な領域を 3 枚ずつ撮像し、データを取得。(往路:1a, 復路:1b と ID づける。)
2. 粗くベストフォーカスを見積もり、範囲を狭めてもう 1 度往復して 3 枚ずつ撮像し、データを取得。(往路:2a, 復路:2b と ID づける。)
3. 狭い範囲の 2a,2b プロセスにおいて Sextractor(付録 A 参照、以後測光には SExtractor を用いていることにする) を用いて、画像に写っている星を測光し、FOC-VAL ごとに FWHM を求める。
4. FOC-VAL と FWHM の関係を二次関数 ($y = p0(x - p1)^2 + p2$) でフィッティングして、極値を求める。(この極値が実際のベスト副鏡位置になる。)
5. 日毎にバンド間でのベスト副鏡位置の残差を求める。

結果

日ごとの FOC-VAL と FWHM の関係を図 3.3,3.4,3.5,3.6,3.7 に、そのまとめを図 3.8 に示す。また、表 3.1 日ごとのバンド間でのベスト副鏡位置の残差を示す。

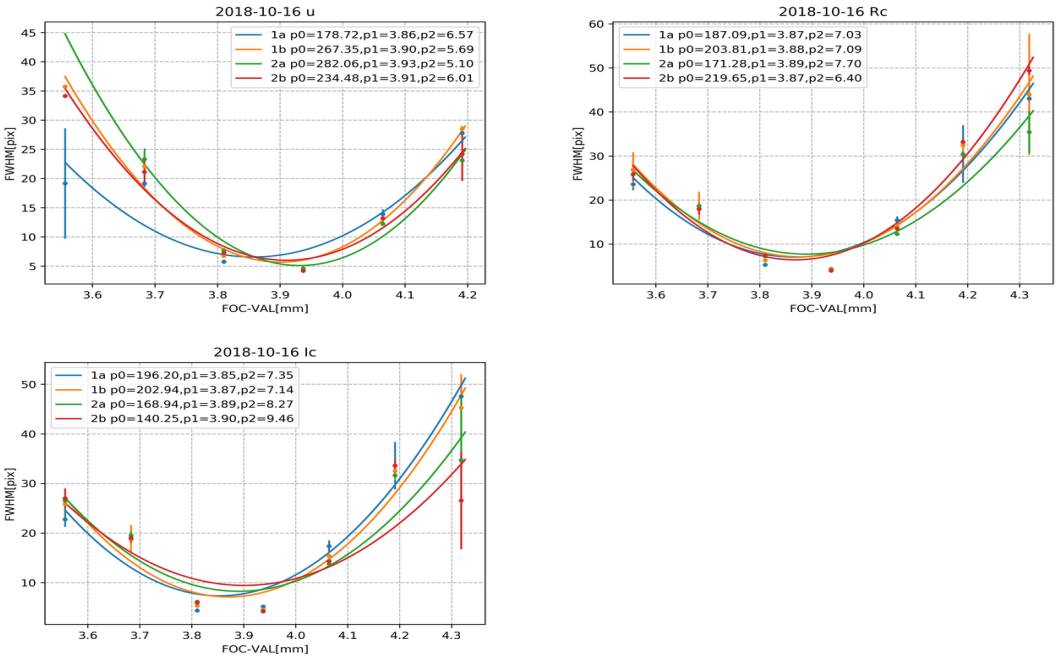

図 3.3: 2018/10/16 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係

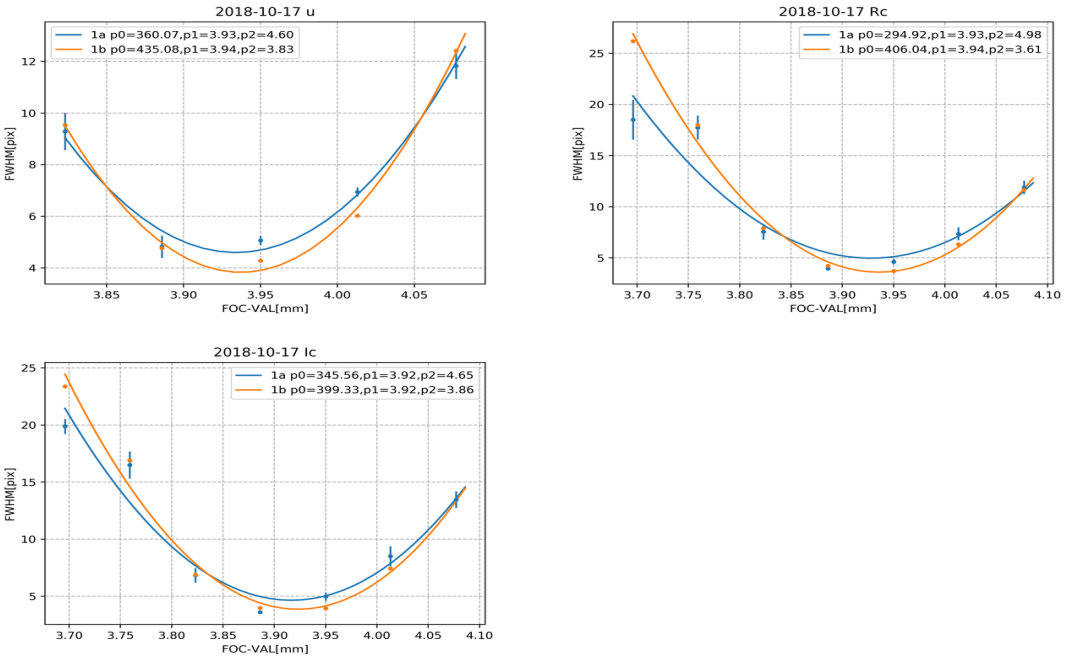

図 3.4: 2018/10/17 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係

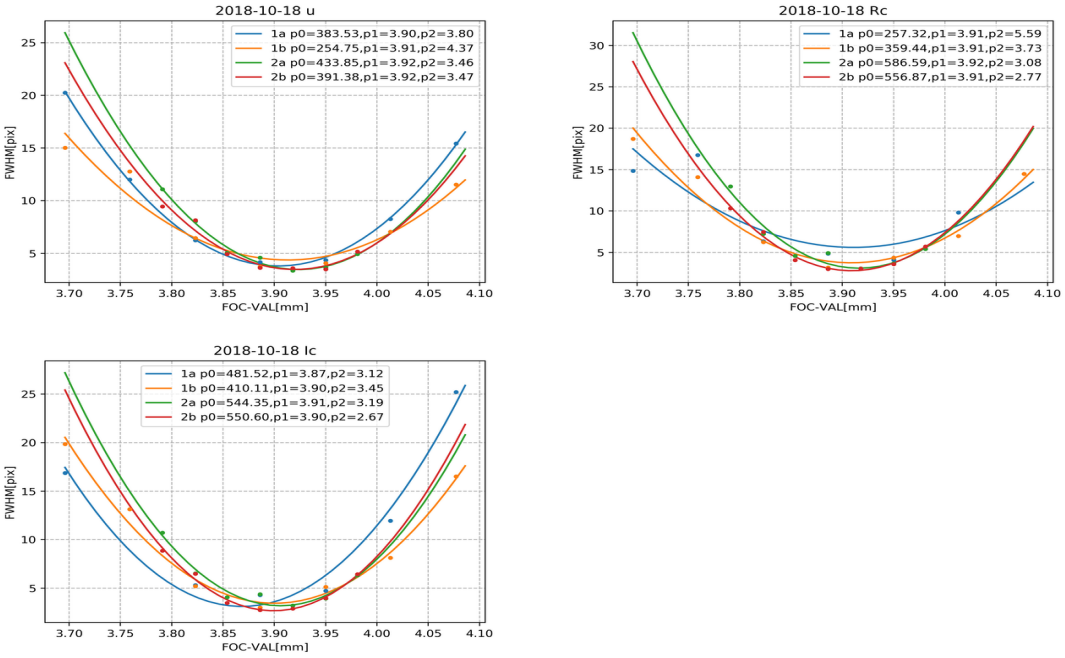

図 3.5: 2018/10/18 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係

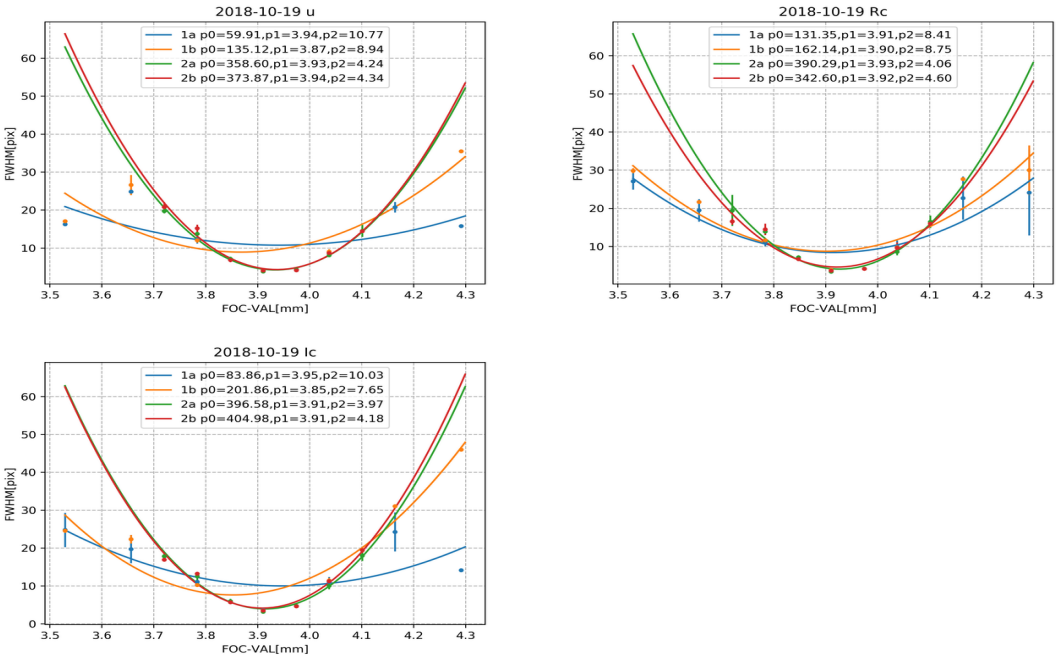

図 3.6: 2018/10/19 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係

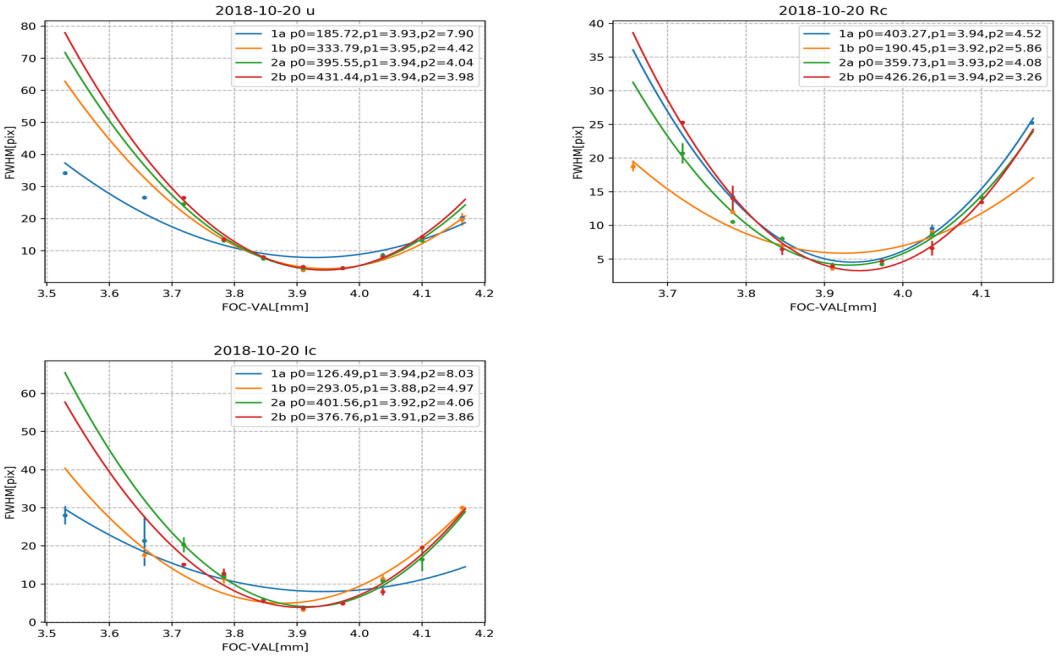

図 3.7: 2018/10/20 における副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係

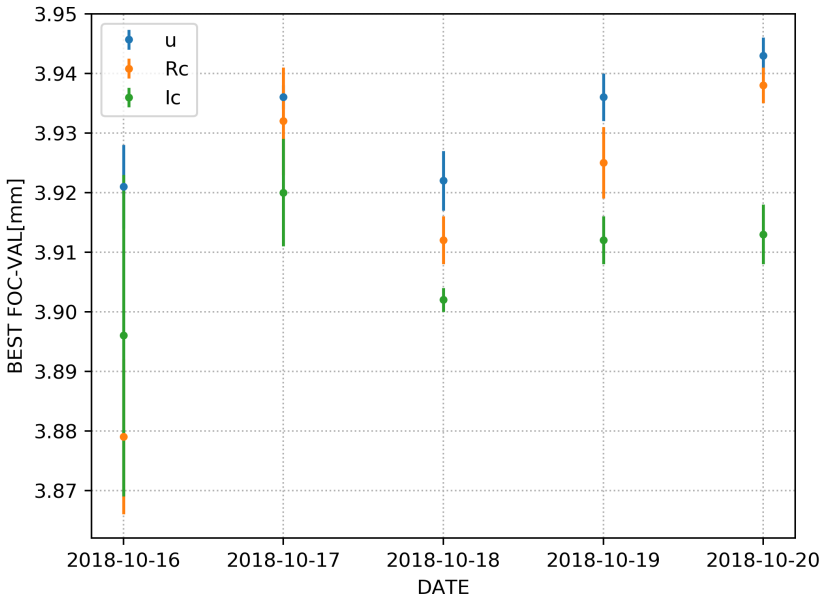

図 3.8: 副鏡位置 (FOC-VAL) と FWHM の関係のまとめ

図 3.8 より、ベスト副鏡位置は u' バンドにおいて 3.92-3.95[mm]、Rc バンドにおいて 3.88-3.94[mm]、Ic バンドにおいて 3.89-3.92[mm] でベストフォーカスを取っていることがわかる。日ごとのベスト副鏡位置の変化は高度 (望遠鏡のたわみ) やドーム内温度 (望遠鏡材質の熱膨張) による影響だと考えられる。そこで次に、バンド間のベスト副鏡位置の残差を表 3.1 にまとめている。

DATE	$\|u-Rc\|$	$\Delta\|u-Rc\|$	$\|Rc-Ic\|$	$\Delta\|Rc-Ic\|$	$\|Ic-u\|$	$\Delta\|Ic-u\|$
20181016	0.042	0.015	0.017	0.03	0.025	0.015
20181017	0.004	0.009	0.012	0.012	0.016	0.009
20181018	0.01	0.006	0.01	0.004	0.019	0.006
20181019	0.011	0.007	0.013	0.007	0.024	0.007
20181020	0.006	0.004	0.024	0.006	0.03	0.004
(TOTAL)	0.0146	0.008	0.015	0.012	0.023	0.008

表 3.1: 日ごとの各バンドのベスト副鏡位置の残差。単位は mm。

誤差の大きい 2018/10/16 以外の日のデータを見てみると、u', Rc は違いに近い値を取っているのに対し、Ic はそれらと比べると値が離れている。Ic バンドの CCD は以前故障していたため、アドサイエンス社に修理を依頼し、今回の滞在で改めて持ち寄った。しかし、修理された CCD はパッケージ (外装) が改変されており、取り付け用のアタッチメントが合わなくなっていた。そこで、チベットで即時アタッチメントを作成し、取り付けた。そのため、Ic バンドにて焦点が合わなかったと考えられる。

ただ、u', Rc においても値が Ic に比べて近しいだけであり、誤差の範囲で一致しているわけでもないので、各バンドでの光学系の調整が必要とも言えなくもない。また、ベストフォーカスからずれればずれるほど、像はぼやけ、測光精度が悪くなる。そのため、FWHM の誤差も大きくなる。そのため、副鏡をずらす範囲をもっと狭めて焦点合わせをするべきだったかもしれないが、これ以上のデータを持っていないため、これ以上は追求しないこととする。

3.2 CCD の温度安定性の調査

CCD は Apogee 社製のものを採用している。以下に、Apogee のテストレポートによる各バンドの CCD の諸元を図 3.2 に示す。

	u'	Rc	Ic
pixel size[um]	13.5	13.5	13.5
pixel scale[arcsec/pixel]	0.68	0.68	0.68
pixel area[pix^2]	2048*2048	2048*2048	2048*2048
ゲイン [electron/count]	1.7	1.3	1.2
読み出しノイズ [count]	6.33	7.03	6.76
ダーク [count/s]	67.7	0.12	0.07
暗電流 [electron/pixel/s]	114.086	0.15	0.08
試験温度 [℃]	-24	-34	-36
外気温との差 [℃]	47	57	59

表 3.2: Apogee の試験の各 CCD の諸元 [9][34]

この表より、少なくとも u' バンド CCD は (外気温) から-47,-57,-59[℃](順に u', Rc, Ic) の冷却性能が保証されている。そこでチベットの 10 月の夜の気温はおおよそ数℃程度 [47] であるため、CCD は最低-40,-50 ℃程度まで冷却することがで可能であった。また 2.2.2 節より、これらの CCD の温度は CcdTemp.py によって設定することができる。そこで今回安定性を考慮して、-35.003 ℃に設定し、観測を行なった。

本節では撮像した時の実際の CCD 温度 (TEMPCCD) を元に設定した CCD 温度 (SETTEMP) に対する振れ幅や、差異がないかを確認する。また、その振れ幅が Dark image を作る際に許容できるものかを確認する。

解析方法

1. 温度が-35 ℃におおよそ安定しているものを抽出する。
2. CCD 温度の平均値と標準偏差を求め、T 安定性を確認する。

結果

2018/10/17-21 の期間における各日での 3 つ CCD の温度の時間変化を図 3.9 に示す。

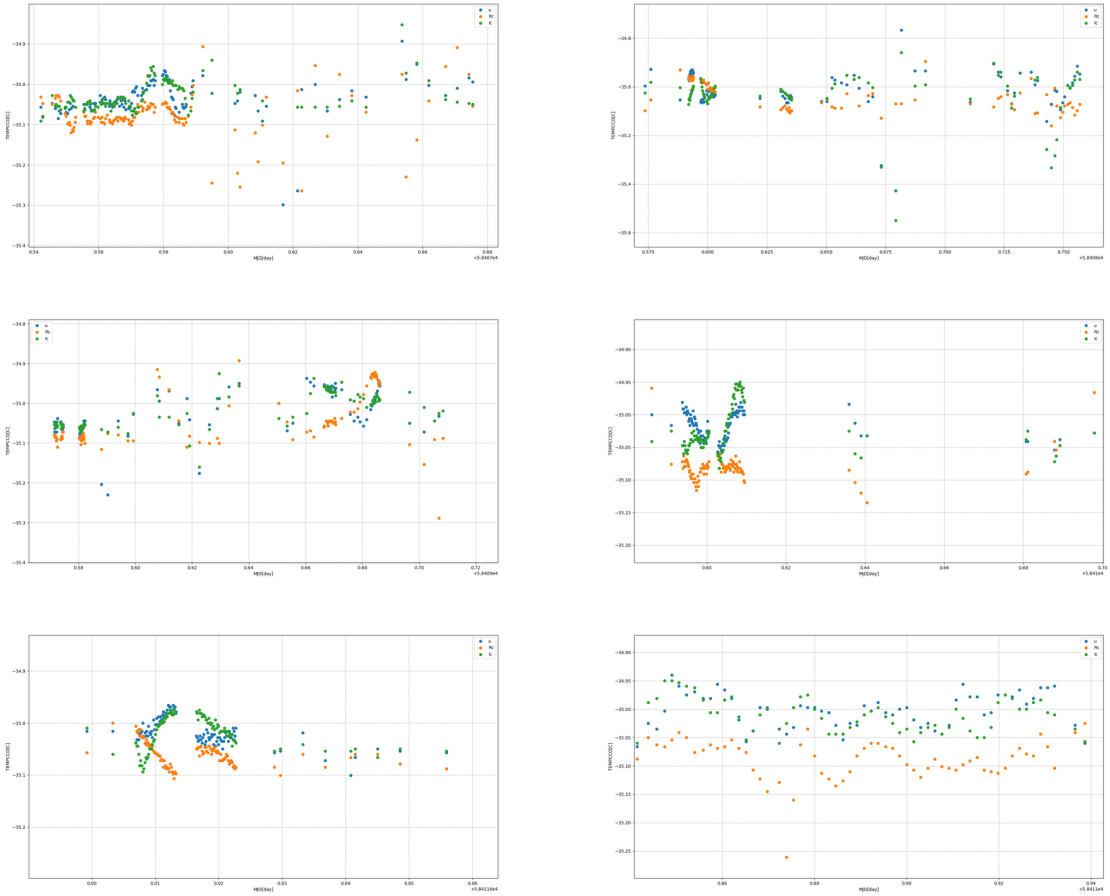

図 3.9: 日毎の CCD 温度の時間変化 (左上→右上→... →右上の順で時系列になっている。)

図 3.9 より、大局的に CCD 温度が設定温度-35.003 周りで触れていることがわかる。それらを各 CCD ごとにまとめたのが図 3.10 である。

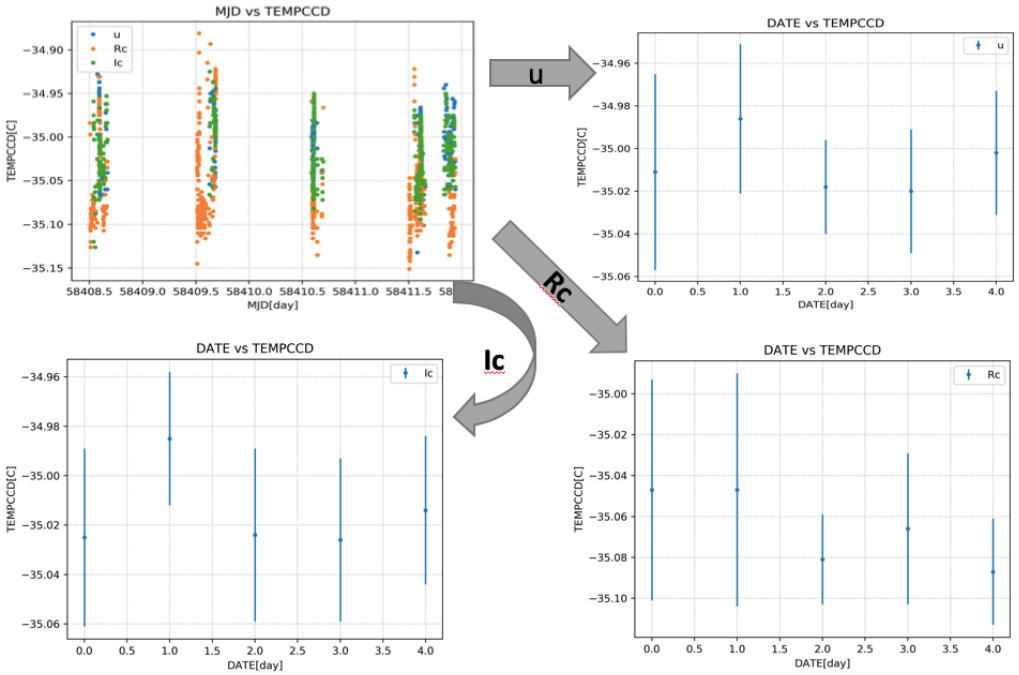

図 3.10: CCD の温度の日付変化 (左上はすべてのバンドをプロットしたものである。)

図 3.10 より日付変化はほとんどなく、いずれのデータも同等に取り扱うことができる。図 3.11 に 2018/10/17-21 の期間すべての CCD 温度のヒストグラムを示す。

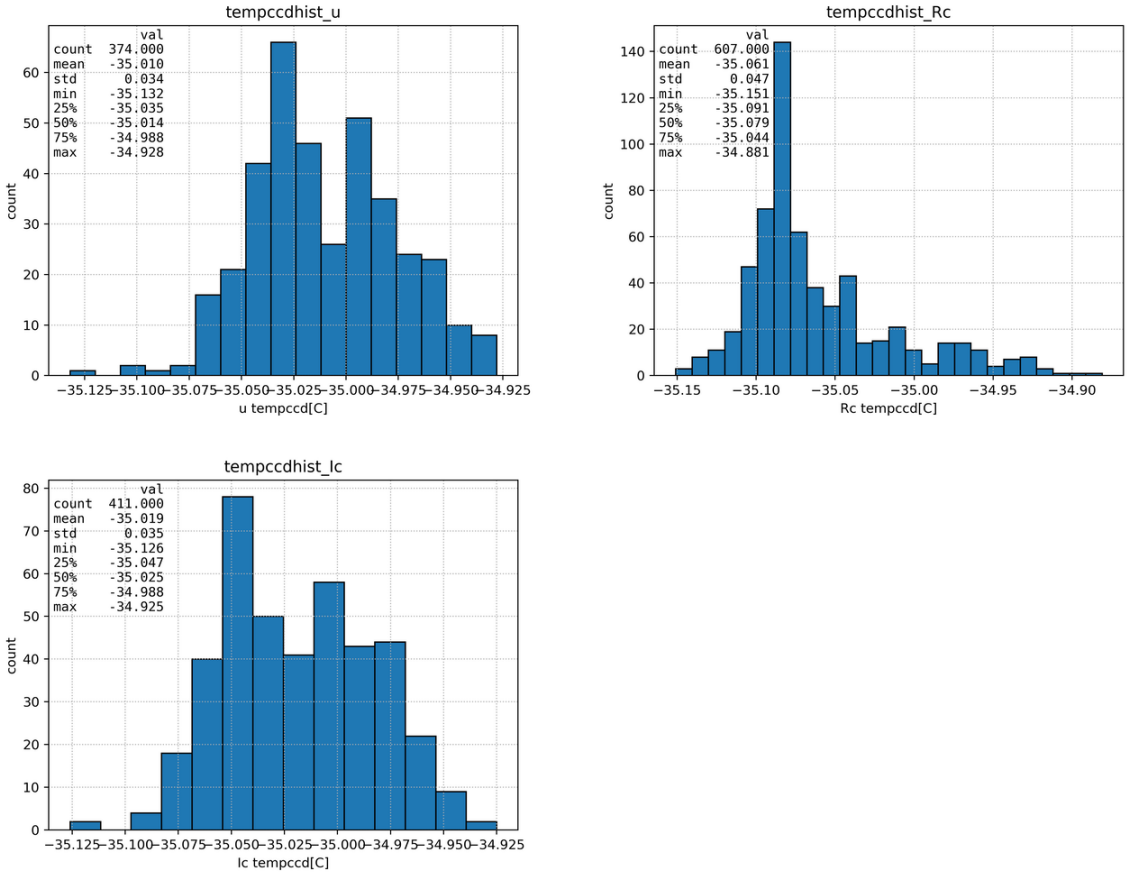

図 3.11: CCD 温度のヒストグラム※ bin 幅は Freedman - Diaconis の選択により、決めている。(以後のヒストグラムも同様)

図 3.11 より、CCD の温度は設定した温度に対して平均で 0.0~0.1 ℃冷えているることがわかり、またその温度は標準偏差で 0.03~0.05 ℃振れていることがわかる。低温下のダークが抑制された状態で、10^{-2} ℃スケールの温度変化に対するダークカウントの変化は微小であため、設定温度に対する実際の温度の差異、振れ幅によって生じるリダクションへの悪影響はないと言える。本来ならば、ダークの温度依存性と併せて判定する必要があるが、今回は十分なデータが得られていないため、これ以上の考察はなしとする。

3.3 CCD データの 1 次処理

取得される画像 (生画像) には天体以外の検出器由来のノイズや、ピクセルの感度ムラの影響が載っている。そのため、解析の際にはそれらを取り除く必要がある。この処理を 1 次処理またはデータリダクションとよぶ。

観測装置内の熱の格子振動によって生じる熱電子 (暗電流) によって生じるカウントをダークとよぶ。また、CCD に入射する光子を読み出す際に掛けるバイアス電圧によって生じるカウントのことをバイアスとよび、感度ムラとは検出器の各ピクセル間の感度のムラのことを指し、感度ムラがあると一定光を照射した時にピク

セルによってカウントが変わってくる。以下、図 3.12 に生データ中のある 1 行のピクセル列のカウントを取り出した時の各カウント成分の模式図を示すとともに、式 3.1 にそのカウントの表式を示す。

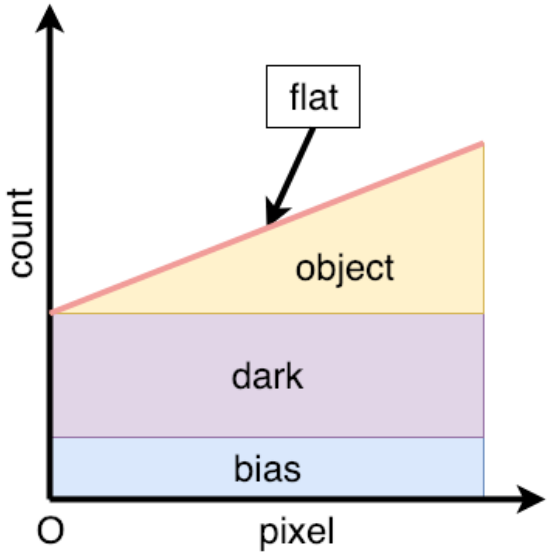

図 3.12: 生データ中のある 1 行のピクセル列のカウントを取り出した時の各成分の模式図

$$(\text{生データ}) = (\text{感度ムラ}) * (\text{オブジェクト}) + (\text{バイアス}) + (\text{ダーク}) \tag{3.1}$$

式 3.1 を変形すると、

$$(\text{オブジェクト}) = \frac{(\text{生データ}) - (\text{バイアス}) - (\text{ダーク})}{(\text{感度ムラ})} \tag{3.2}$$

となり、生データからバイアスとダークを引き (バイアス、ダーク処理)、感度ムラで割ること (フラット処理) で欲しいデータであるオブジェクトの真のカウントを取得することができる。

これより 1 次処理は天体を解析する上で基礎的かつ重要な処理であり、1 次処理に使用されるバイアス、ダーク、フラット画像の評価は不可欠であるといえる。本節ではこれらのそれぞれの基礎性質について述べる。

3.3.1 バイアス

バイアスは温度と時間に依存せず、画像全体でほぼ一定である。これは、バイアスが読み出しの際に付加されるものであり、任意の露出時間の観測において読み出しは 1 回であるためである。

本節ではバイアスの温度、時間依存性を確認した上でバイアス画像を作成する。

観測/解析方法

1. シャッターを閉じた状態で露出時間 0 秒で複数枚撮像し、データを取得。(CameraClient.py -t 0 -d)

2. 画像中心の 200*200pix^2 のカウントの算術平均と標準偏差を求め、その画像のバイアスの代表値とする。
3. 温度と時間の依存性を確認する。
4. 今回の観測期を通じで、用いるマスターバイアス画像を作成する。

結果

図 3.13 にバイアスの時間と温度の関係を示す。

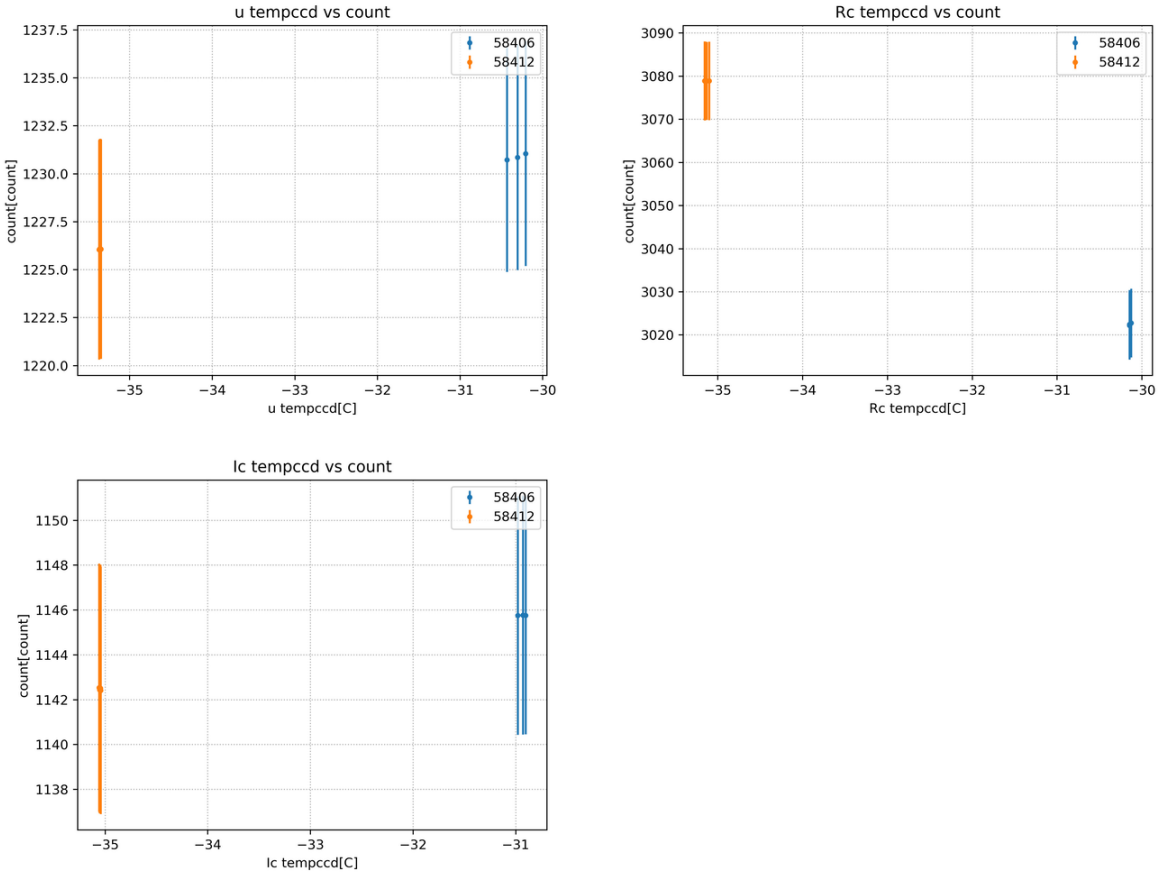

図 3.13: バイアスの温度、時間依存性 (誤差棒は標準偏差、ラベルはデータを取得した日 (MJD))

u',Ic バンドにおいて、温度、時間に依らずバイアスのカウントは誤差の範囲内で一致している。しかし、日によって変化している可能性もある。また、Rc バンドではバイアスのカウントは 2 回の測定での差が大きく、その差は約 60count となっている。

ところで、今回の滞在で取得したオブジェクトはすべて-35 ℃で撮像した。そのため、安全も兼ねて-35 ℃ (2018/10/21) のすべての画像の median を取ることで、バイアス画像を作成した。

図 3.14 に作成したバイアス画像を示す。

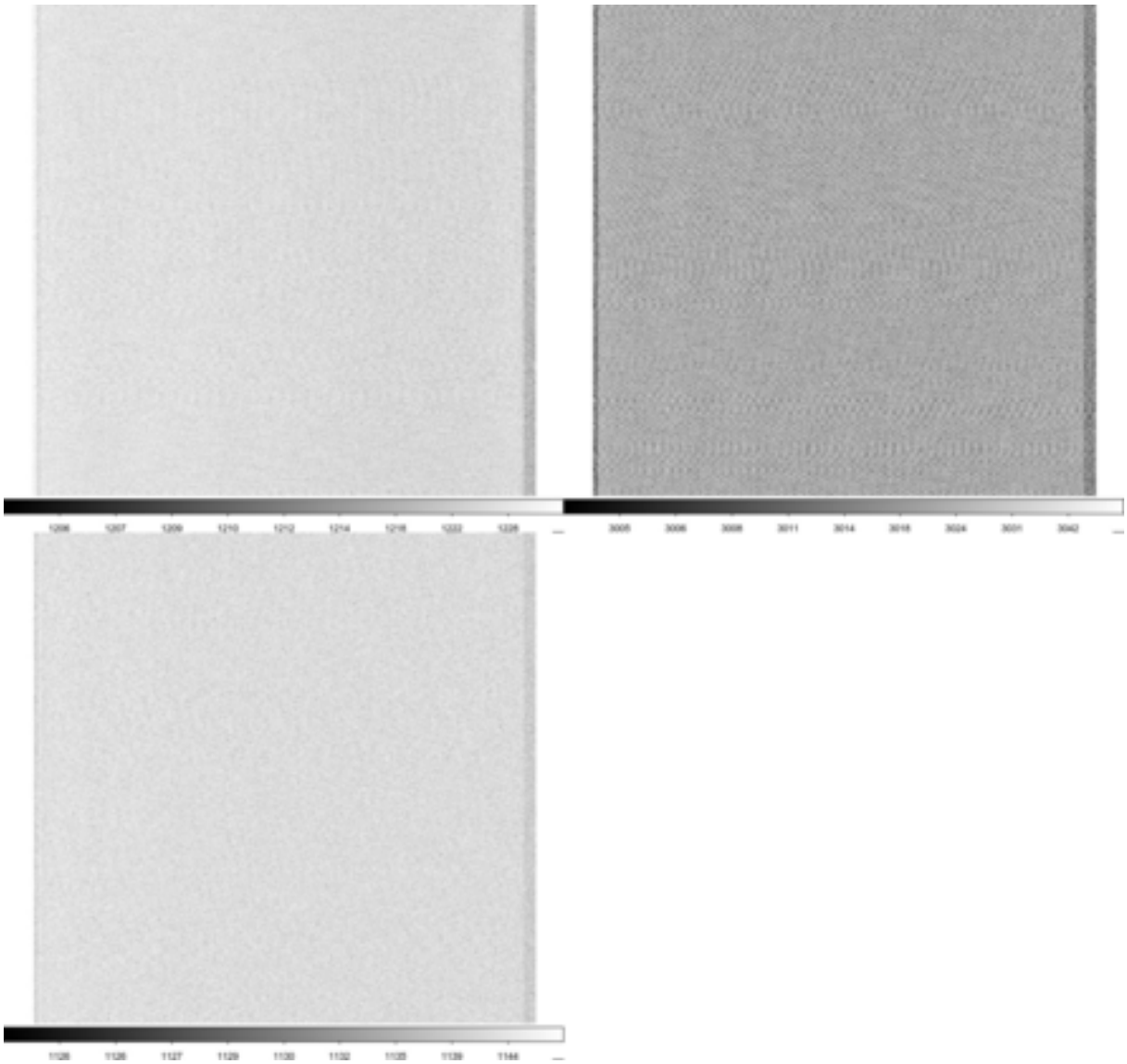

図 3.14: バイアス画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic)

これらの画像をマスターバイアスとして使用し、他の画像のバイアス処理を行なった。

3.3.2 ダーク

ダークは一定の温度下において、露出時間にほぼ直線的に依存することが知られている。本観測装置においても、CCD 温度はほぼ一定に保たれるため (3.2 節参照)、露出時間に直線的に依存すると期待される。

本節では設定 CCD 温度-35 ℃の時のダークの露出時間時間依存性の調査結果を報告する。

観測/解析方法

1. シャッターを閉じた状態で、各露出時間でダーク撮像を行う。(コマンドは CameraClient.py -t [time] -d)
2. 取得したダーク画像からバイアスを引く。
3. 画像中心の 200*200pix^2 のカウントの算術平均と標準偏差を求め、その画像のダークの代表値とする。
4. 時間依存性を確認する。
5. 今期の観測で用いるマスターダーク画像を作成する。

結果

図 3.15 に得られた露出時間とダークの関係性を示す。

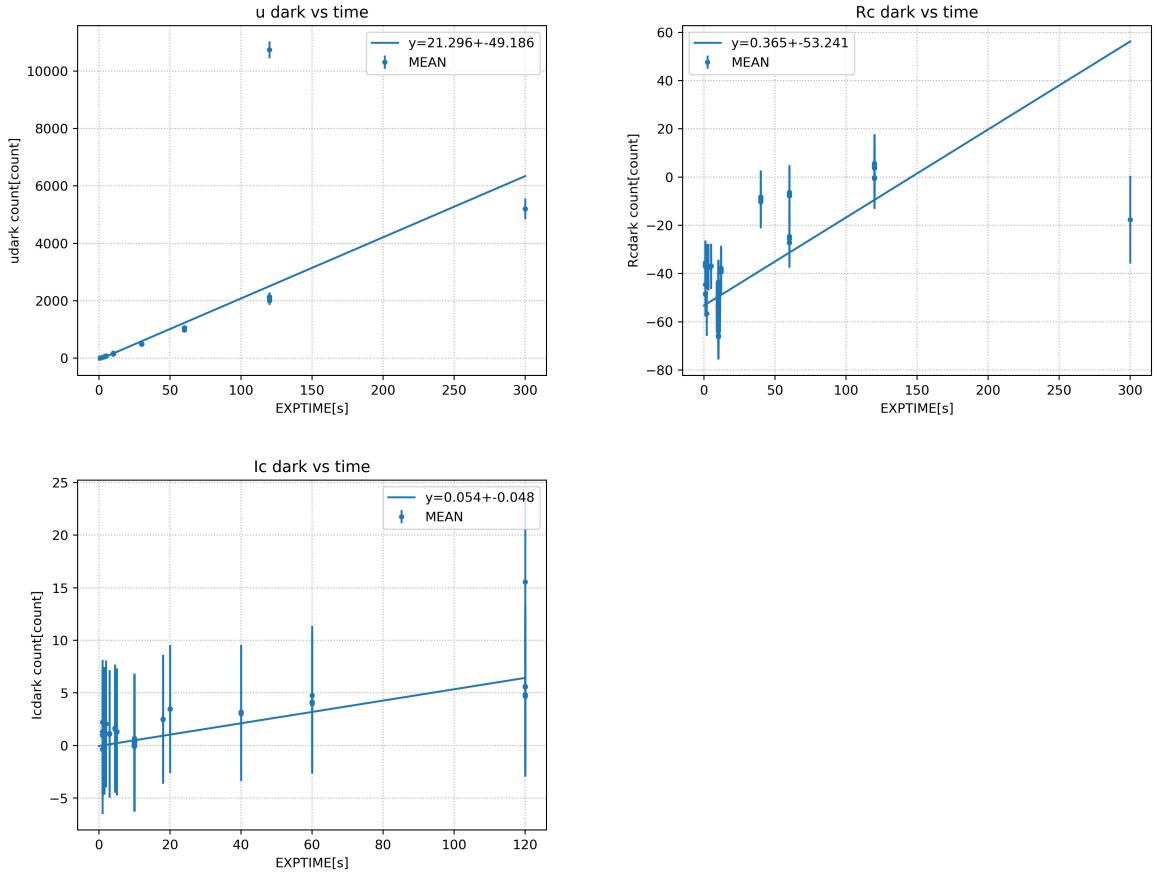

図 3.15: ダークの露出時間依存性。各直線は測定データにフィットしたものを示す。(左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic)

各バンドごとにみてみる。まず u バンドにおいて、露出時間 120[s] における 1 つの画像カウントが大きくなってしまっている。そこで画像を確認してみる。図 3.16 に示す。

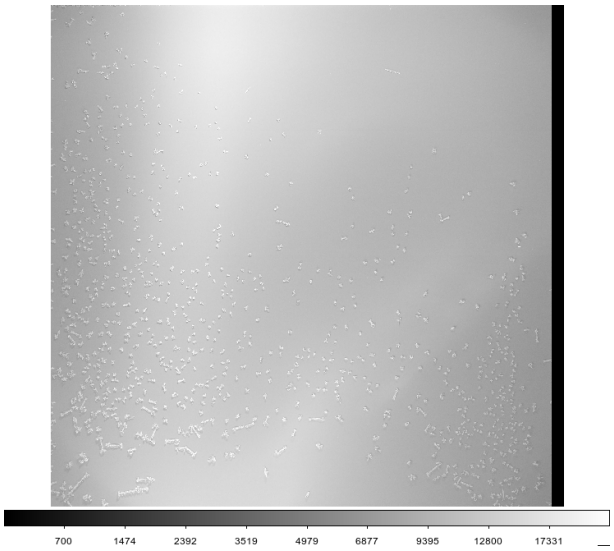

図 3.16: 露出時間 120s でカウントが跳ねているイメージ

画像よりわかるように画像全体に背景光を受けているように見える。撮像時にドーム内の明かりを誤って点灯してしまった可能性がある。そのため画像全体で count が大きくなってしまった可能性がある。また、多数の小さな模様が写っている。これは過剰に入射した光によって、検出器面上のコーティングの非一様性による散乱ではないかと考えている。いずれにせよ、このような異常な画像データは、ダークの測定点から外す必要があり、省いてプロットした結果を図 3.17 に示す。

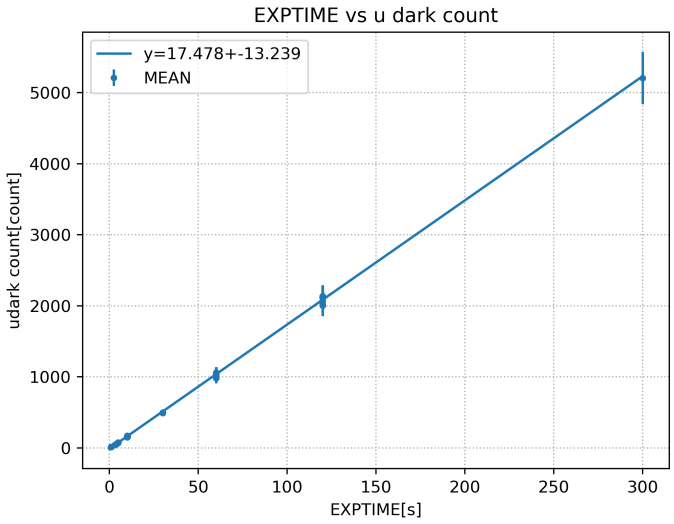

図 3.17: 異常なデータを除いたダークと露出時間の関係

この図から u' バンドのダークの直線性は良く、1s あたりに 17.48count 生じていることがわかる。

次に Ic, Rc バンドにおいては一見、ダークの直線性は良くない。データ点ごとにみてみると、数 count~10

数 count で振れており、引いたマスターバイアスのノイズ成分が乗っている。そこで、ダークが乗っているのかどうかを確認する目的で、ダーク成分のみを抽出すべく通常の pixel より高いダーク値を示す hot pixel に注目してみる。

適当な画像でそれぞれの CCD の hot pixel を 6pix ずつ剪定した。その中でカウントが比較的安定しているものを抽出した。その hot pixel の画像を Rc, Ic それぞれ図 3.18,3.18 に示す。

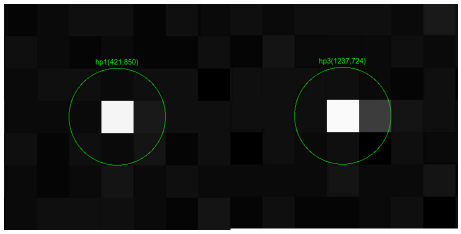

図 3.18: Rc バンドの hot pixel

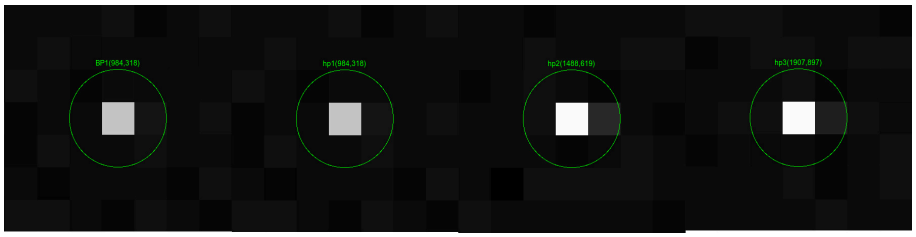

図 3.19: Ic バンドの hot pixel

これらの hot pixel の時間の直線性を確認する。

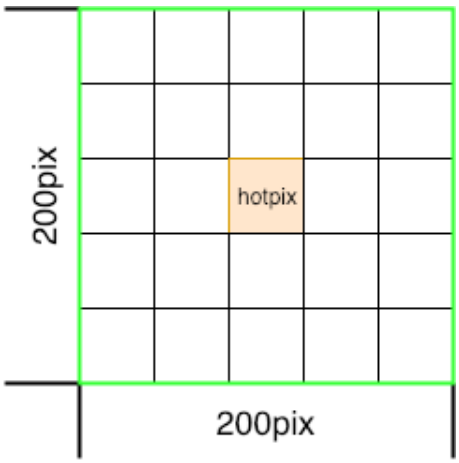

図 3.20: hot pixel とその周辺のイメージ

hot pixel のダーク成分を得るためにバイアスを引く必要がある。そこで、周辺領域 200*200pix^2(図 3.20) のカウントの算術平均をバイアス値として採用し、引く。その結果を図 3.21 に示す。

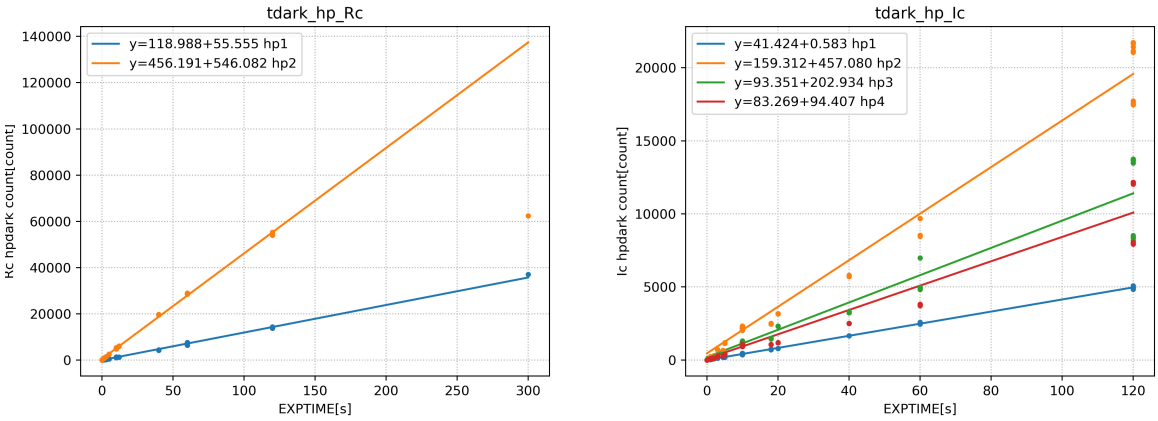

図 3.21: hot pixel のカウントの時間依存性

Rc バンドでは、hp2 で良い直線性が得られた。一方、hp1 では 300s の時に大きく直線からずれているが、先行研究 [34] より CCD 自身のダイナミックレンジ (測定可能なカウント範囲) が約 50000~60000count までであることがわかっており、ダークのカウントがその域に達したため、本来の値から大きくずれていると考えられる。Ic バンドではどの hot pixel も直線性がよい。

以上より、Rc, Ic バンドの CCD においてもダークが期待通りにのっていることが確認された。全体として少ないダークカウントを精度よく抽出するために、30 分以内で撮像された 2 枚の露出時間の異なる画像の差分を取ることを考えた。これにより、精度の高いバイアスを引いたダーク画像を作成し、時間依存しを見てみる。次に、露出時間の異なる、その間 30 分以内で撮像された 2 枚の画像の差分を取ることで、より精度の高いバイアスを引いたダーク画像を作成し、時間依存性をみてみる。(Rc は 4 枚、Ic は 5 枚) その結果を図 3.22 に示す。

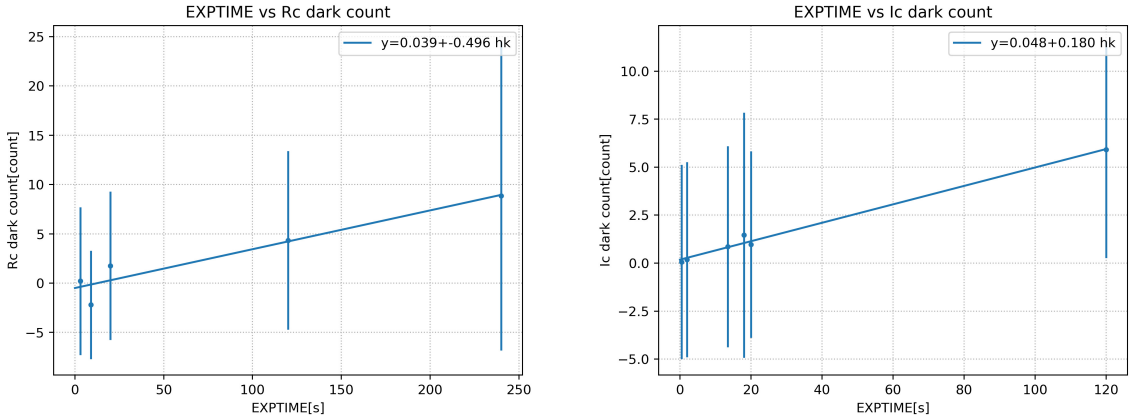

図 3.22: 2 枚の画像を引いて、バイアスを除いたダーク画像の時間依存性

いずれのバンドも誤差は大きいものの、平均値 (算術平均) においては、直線性は良い。よって、各ピクセル

のダークの直線性は良いとみなせる。これらの画像を規格化することで

そのため。マスターダークは各バンド 120s のダーク画像の median をとり、その画像を露出時間で割り、規格化することで、1s のマスターダークを作成した。図 3.23 にマスターダークの画像を示す。

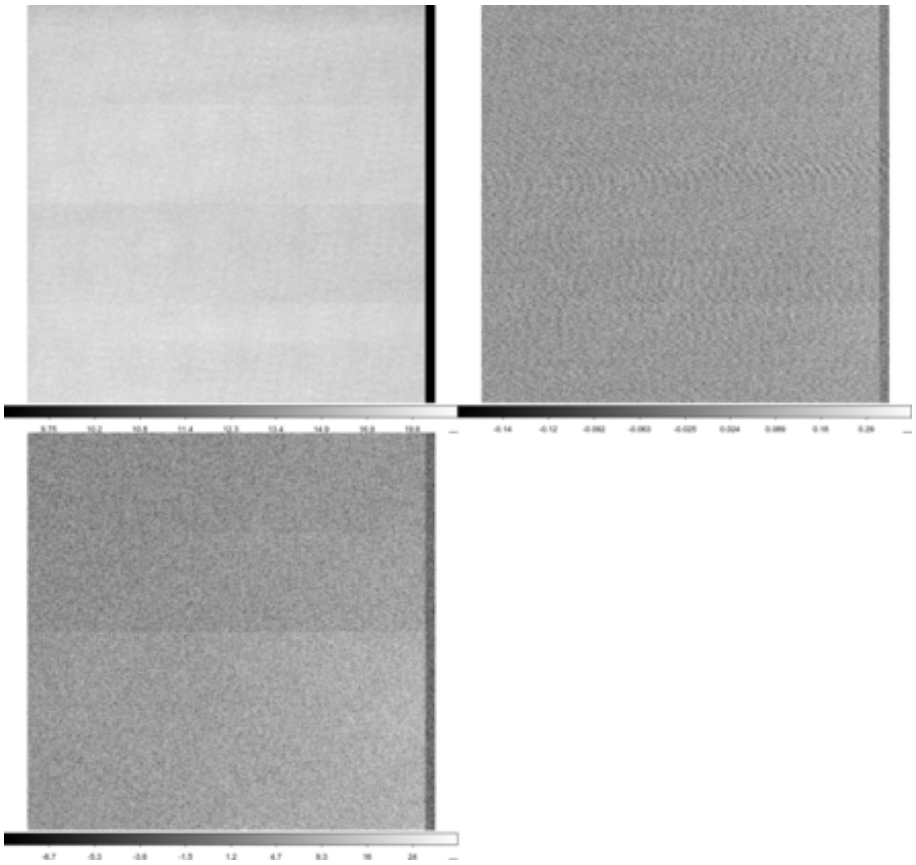

図 3.23: 1s 露出のマスターダーク画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic)

これらのマスターダークを用いて、他の画像のダーク処理を行なった。

3.3.3 フラット

フラットとは、感度ムラを補正するための画像のことである。フラットは画像全体で一様とみなせる光源を観測することで、取得することができる。かなた望遠鏡の場合、ドーム内にあるフラット板に人工的な明かり当て、その光を観測することでフラット画像を取得する。これをドームフラットとよぶ。一方、HinOTORI ではトワイライトフラットとよばれるフラットを取得する。トワイライトとは薄明のことで、薄明時の空の明るさを一定光とみなして、東の空を観測し (西空は太陽に近く、とても明るくなっている。) 取得するフラットをそうよぶ。薄明における空の明るさの変化は大きく、十分なカウントを得るために露出時間を変えながら、観測する必要がある。今回の観測期ではトワイライトフラットに加えて、念のために Rc, Ic のみ即時的ドームフラットを取得した。u' のドームフラットを取得できなかったのは、用意した光源が u' バンドでは十分な光

量がなかったためである。

本節では取得したフラットの調査結果を報告する。

観測/解析方法

(トワイライトフラット)

1. 薄明時に各バンド 10000 30000count(直線性が良い count 範囲) になるような露出時間で西の空を観測する。
2. 取得したフラット画像からダーク、バイアスを引く。
3. 画像中心の 200*200pix^2 のカウントの平均値を求め、その平均値で画像全体を割り、規格化する。
4. すべての規格化画像の median を取ることで、トワイライトフラットを取得する。

(ドームフラット)

1. 人工光をドームに当て、各バンド 10000~30000count(直線性が安定して良い count) になるような露出時間で光を当てた場所を観測する。
2. 取得したフラット画像からダーク、バイアスを引く。
3. 画像中心の 200*200pix^2 のカウントの平均値を求め、その平均値で画像全体を割り、規格化する。
4. すべての規格化画像の median を取ることで、ドームフラットを取得する。

結果

(トワイライトフラット) 作成したトワイライトフラットの画像を図 3.24 に示す。

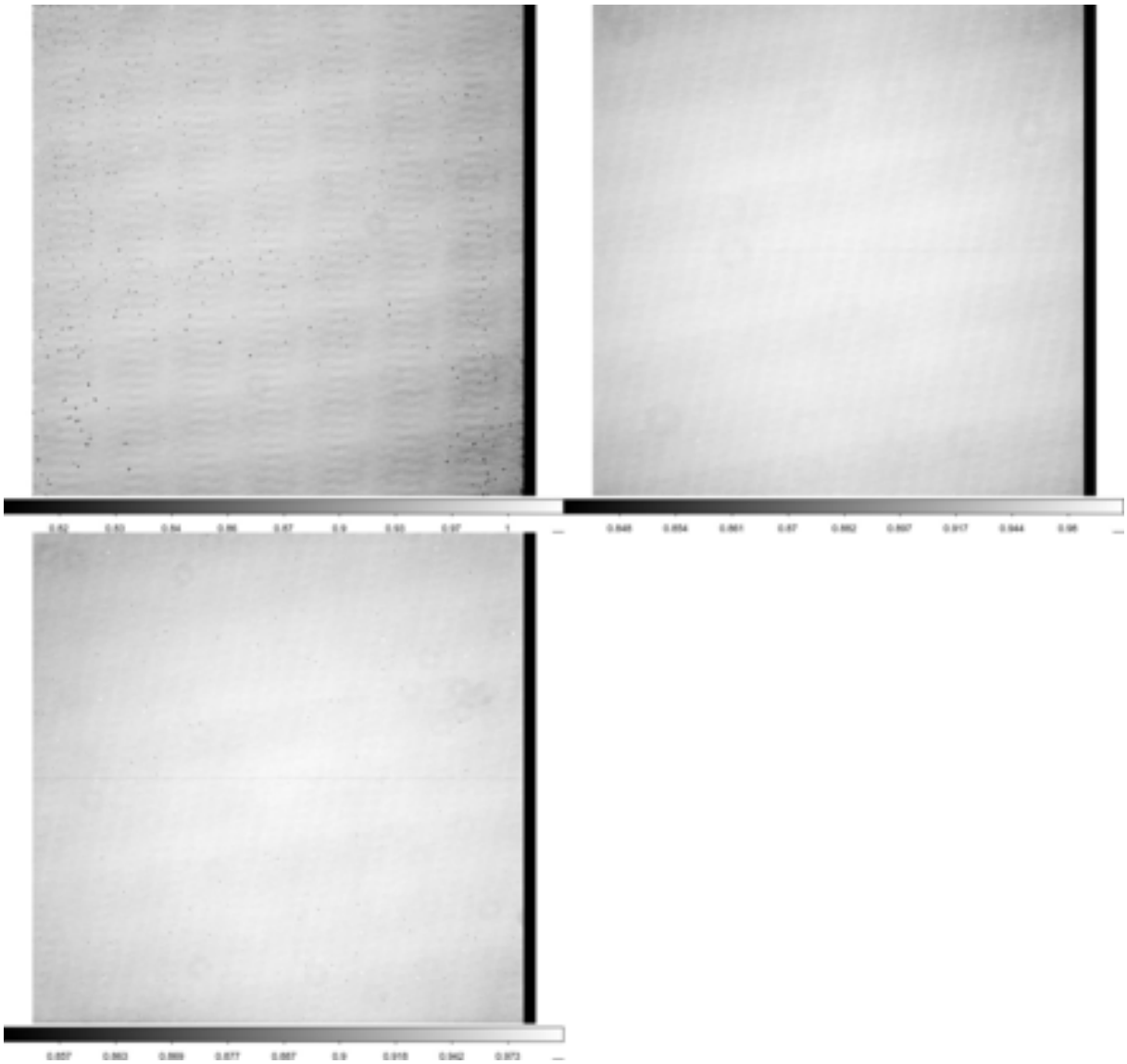

図 3.24: トワイライトフラット画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic)

画像からわかるように、格子状のパターンが写っている。特に u' バンドが顕著に表れている。実際に IRAF タスクで中心行、中心列のカウント分布を確認した。そのプロファイルを図 3.25 に示す。

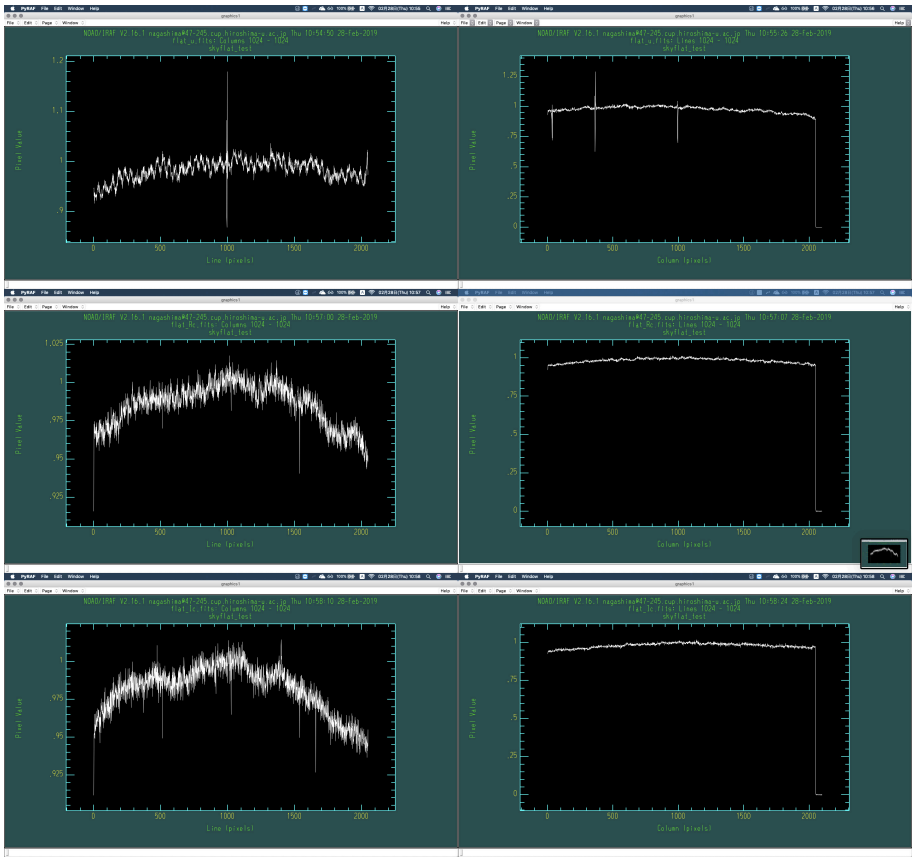

図 3.25: 中心行 (1 列目)、中心列 (2 列目) フラットのカウント分布 (上の行から順に u', Rc, Ic である。)

どのバンドでもパターンが見えており、これは検出器由来のものではないことがわかる。おそらく光学系 (ダイクロイックミラーなど) に起因したパターンと推定される。これが広がった光源にのみ効く効果である場合には、感度ムラを反映していないことになり、そのままフラット画像として使用することはできない。

そこで、これらの画像に格子状パターンのスケール程度で 2 次元の Running mean をかけて、格子状パターンを平滑化してそれよりもスケールの大きな大局的な感度ムラのパターンを残した画像を用いることにする。Running mean とは、各 pixel においてその周りの指定した大きさのメッシュ内の pixel のカウントの median をとって、その大きさよりも小さいスケールの模様を平滑化することである。

また、作成したトワイライトフラットの画像には一部明るい星が写ってしまっている。そのため、星より小さいメッシュで running mean を行うと、星が残ってしまう。そこで、メッシュの一辺はは星の大きさ (FWHM) の 6 倍より大きく、格子の太さより小さい値に設定する。このようにして Running mean をかけ、作成した大局的なフラット画像を図 3.26 に示す。

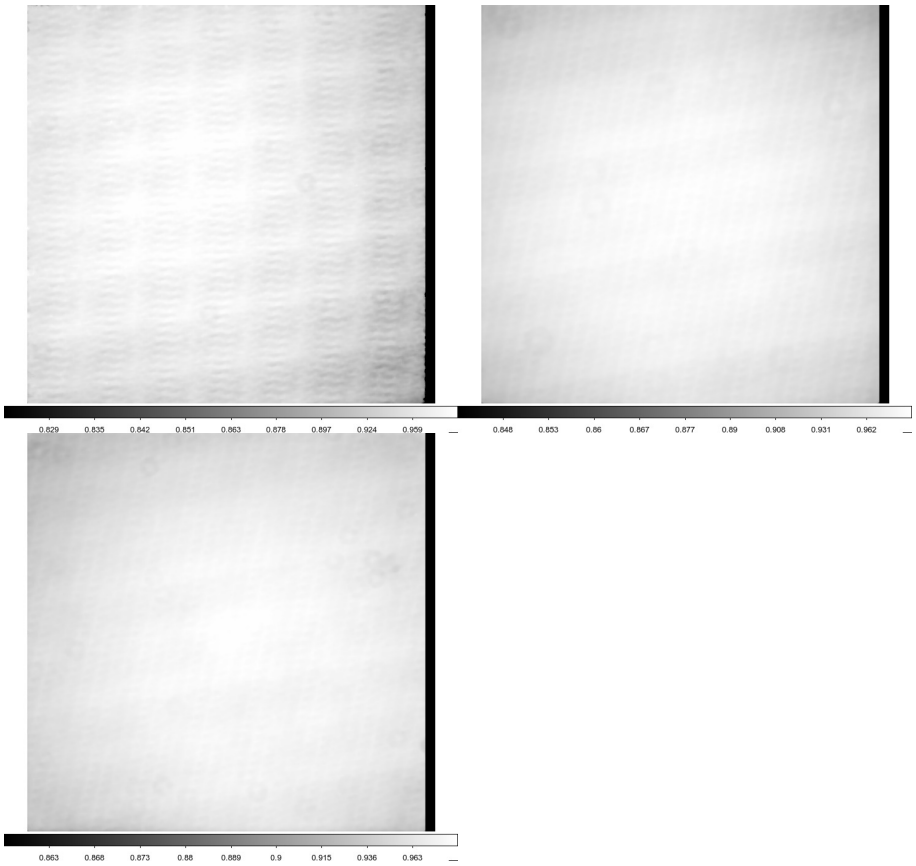

図 3.26: 大局的なフラット画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic)

Rc, Ic バンドはパターンが気にならないほどになまされていることがわかる。また、u' バンドはパターンがまだ残っているが、更にメッシュを小さくすると星の大きさより小さくなるため、これ以上なますことは不可能である。u' バンドではこの画像をマスターフラットとして用い、フラット処理を行なった。

(ドームフラット)
作成したドームフラットの画像を図 3.27 に示す。

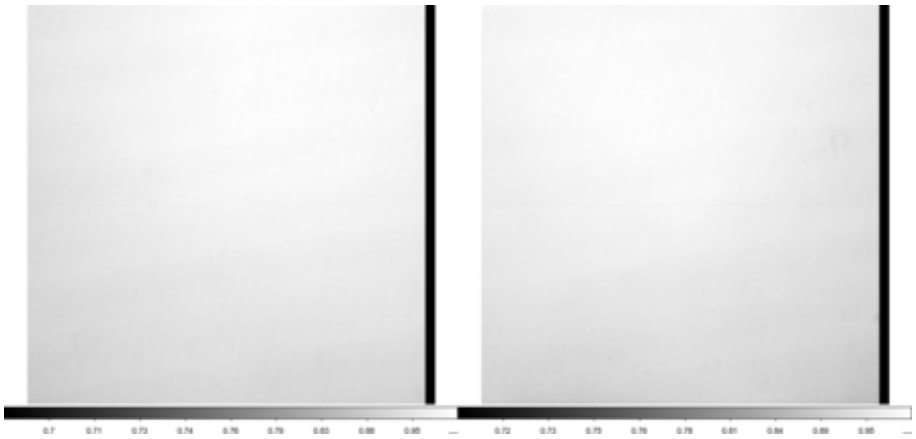

図 3.27: ドームフラット画像 (左:Rc, 右:Ic)

ドームフラットは望遠鏡を空に向けておらず、ドームの壁に向けているのでトワイライトの様には星は写らない。そのため、pixel ごとの局所的な感度ムラの調査にはうってつけである。そこで、running mean をかけた画像で割ることによって、ドームフラット画像を作成した。

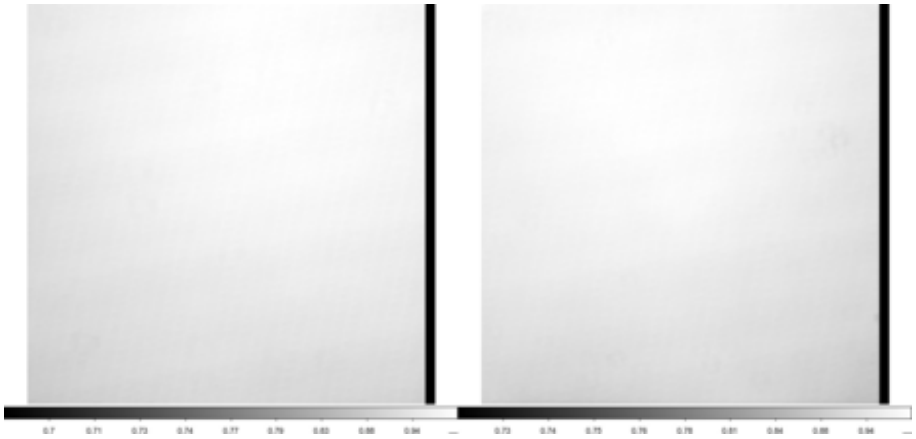

図 3.28: Running mean をかけたドームフラット画像 (左:Rc, 右:Ic)

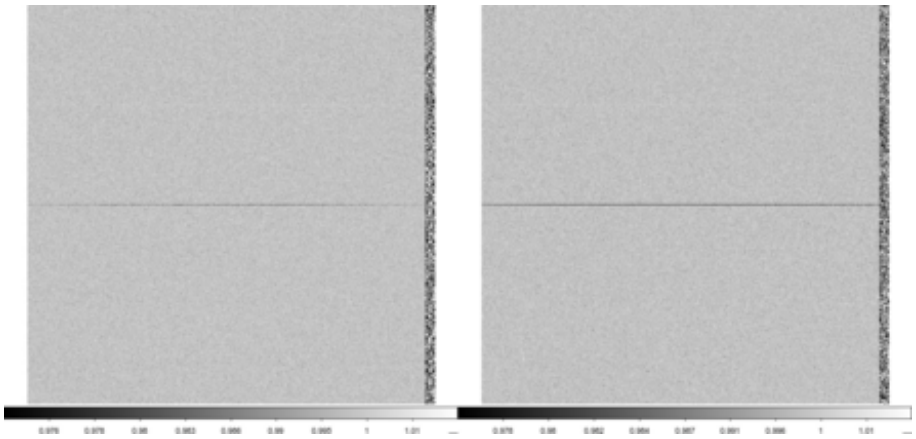

図 3.29: Running mean をかけた画像で割ったドームフラット画像 (左:Rc, 右:Ic)

Rc, Ic ではこれらの大局的な感度ムラとスカイパターンを反映したトワイライトフラットと詳細なピクセルの感度ムラを反映したドームフラットをかけたものをマスターフラットとして用い、フラット処理を行なった。図 3.30 に、マスターフラット画像を示す。(※ u' はスカイフラットのみを用いたもの。)

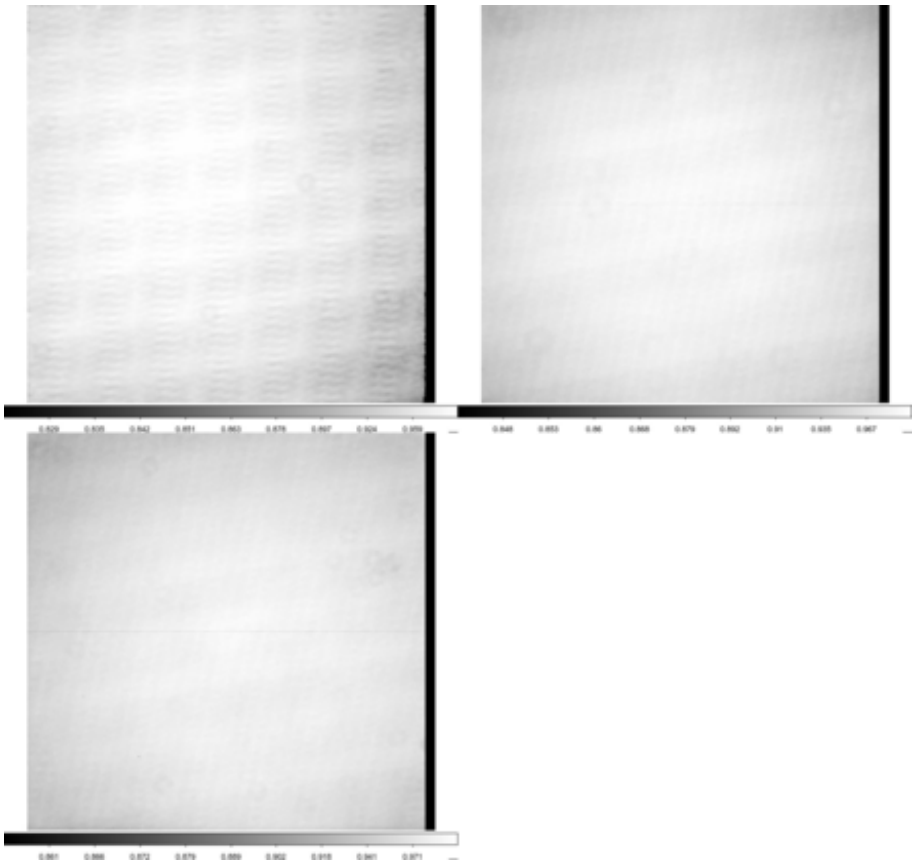

図 3.30: マスターフラット画像 (左上:u', 右上:Rc, 左下:Ic) ※

3.3.4　1 次処理画像

図 3.31 にバイアス処理、ダーク処理、フラット処理を終えた 1 次処理済み画像を示す。

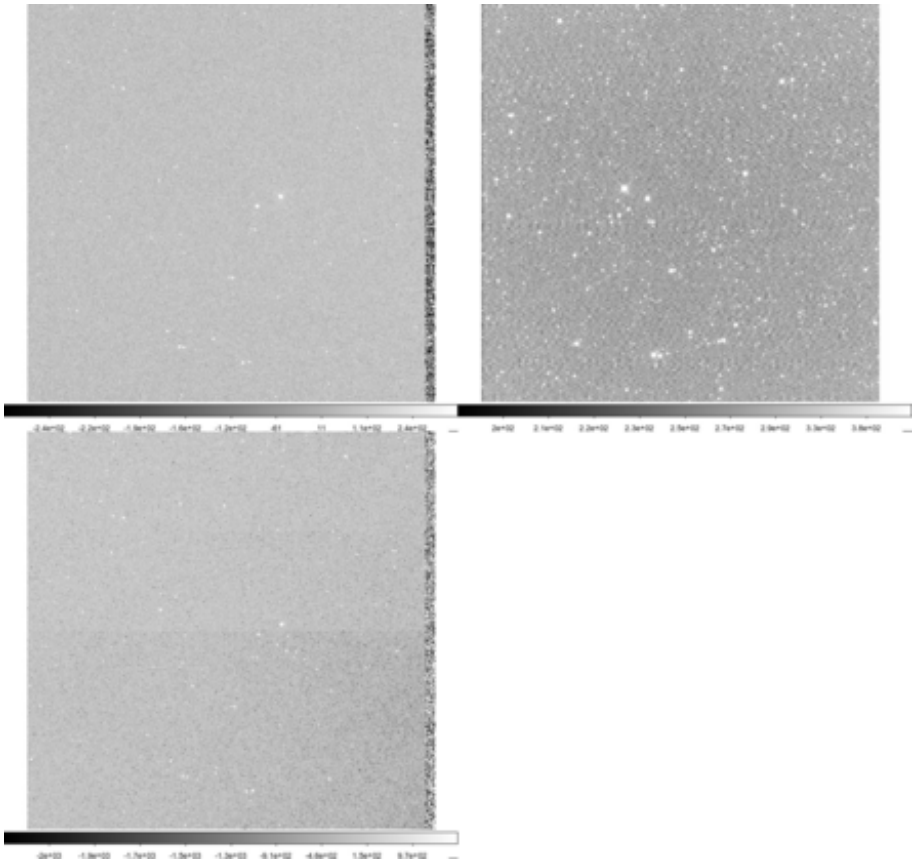

図 3.31: 1 次処理済み画像 (ra=85.235,dec=30.673 の領域) ※ Rc バンドは鏡像。

画像を見る限り、異常は見当たらなかったため、1 次処理が完了したといえる。

3.4　結像性能 1:ハルトマンテスト

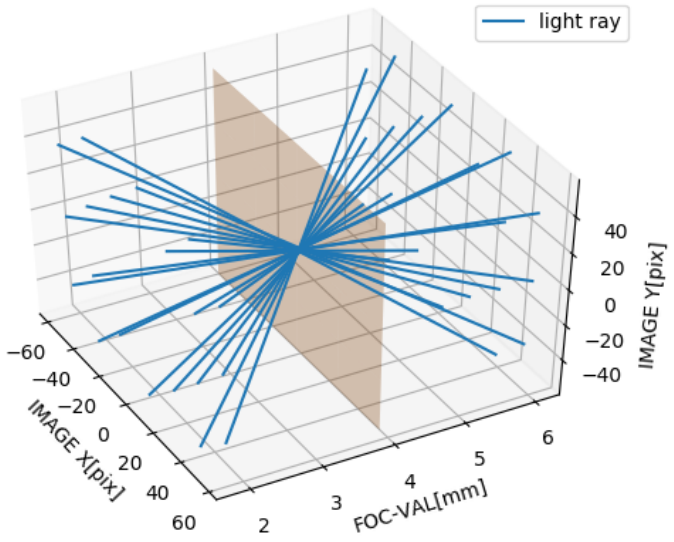

図 3.32: ハルトマンテストのイメージ図

ハルトマンテストとは、望遠鏡の結像性能の評価方法の 1 つである。図 3.32 にハルトマンテストにおける光路追跡のイメージ図を示した。

具体的に、多数の孔 (ハルトマン孔) を並べた (ハルトマン板) を主鏡前の入射部に装着し、焦点を結ぶ位置を基準に内側から外側まで副鏡位置を変えながら、撮像する。焦点内側、外側の画像をそれぞれ内像、外像とよぶ。そして、内像と外像に写ったハルトマン孔像をそれぞれ対応づけることによって、光路追跡を行う。(図 3.33) これにより、ベストフォーカスでの像質を求めることができる。この像の大きさ (半径) をハルトマン定数とよぶ。このハルトマン定数を評価することによって、結像性能を評価する。

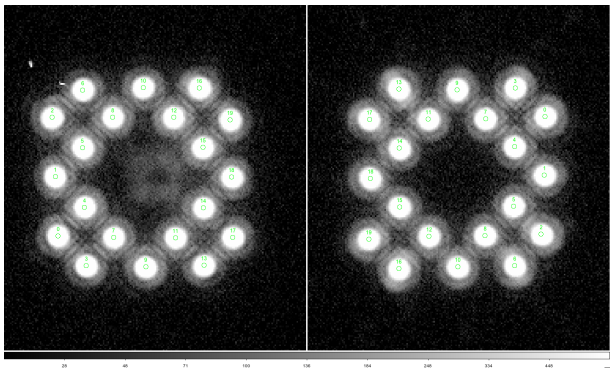

図 3.33: ハルトマン孔の画像 (左:焦点内側の画像、右:焦点外側の画像)

ハルトマン定数 HC は以下のようにして求める。

内像に写った n 個のハルトマン孔の pixel 座標をそれぞれ x_{in_i}, y_{in_i}(i=1∼n) とするとハルトマン孔の重心 (x_{G_in}, y_{G_in}) は式 3.3 となる。

$$(x_{G_in}, y_{G_in}) = \left(\frac{1}{N} \sum x_{in_i}, \frac{1}{N} \sum y_{in_i} \right) \tag{3.3}$$

次に式 3.3 を原点とした重心系におけるにハルトマン孔の座標を変換すると、式 3.4 になる。

$$(x'_{in_i}, y'_{in_i}) = (x_in_j - x_{G_in}, y_{in_j} - y_{G_in}) \tag{3.4}$$

同様にして、外像のハルトマン孔の重心座標を求めることができる。式 3.5 に示す。

$$(x'_{out_i}, y'_{out_i}) = (x_{out_i} - x_{G_out}, y_{out_i} - y_{G_out}) \tag{3.5}$$

ここで内像と外像の重心を結んだ直線を光軸 (z 軸) とし、内像 z=0, 外像 z=1 と表す。すると、内像と外像の孔を対応づけた光の光路を式 3.6 に示す。

$$\begin{aligned} x_i &= (x'_{out_i} - x'_{in_i})z + x'_{in_i} \\ y_i &= (y'_{out_i} - y'_{in_i})z + y'_{in_i} \end{aligned} \tag{3.6}$$

これはある焦点位置 z における孔を通った光のスポット位置である。光路追跡において、スポット位置をプロットしたものをスポットダイアグラムと一般的によぶ。z における光軸から i 番目の孔の光までの距離は式 3.7 で表される。

$$r_i = \sqrt{{x_i}^2 + {y_i}^2} \tag{3.7}$$

$\frac{d\sum r_i}{dz} = 0$ の時、すなわちスポット位置のばらつきが最も小さくなる時の像を最小錯乱像とよぶ。このときの $z = z_{min}$ がベストフォーカス位置となる。式 3.8 に示す。

$$z_{min} = -\frac{\sum\{(x'_{out_i} - x'_{in_i})x'_{in_i} + (y'_{out_i} - y'_{in_i})y'_{in_i}\}}{\sum\{(x'_{out_i} - x'_{in_i})^2 + (y'_{out_i} - y'_{in_i})^2\}} \tag{3.8}$$

ベストフォーカス位置における各スポットの光軸からの x,y 成分のズレを $\Delta x_i, \Delta y_i$ とすると、式 3.9 のように表される。

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= (x'_{out_i} - x'_{in_i}) z_{min} + x'_{in_i} \\ \Delta y_i &= (y'_{out_i} - y'_{in_i}) z_{min} + y'_{in_i} \end{aligned} \tag{3.9}$$

この大きさの平均値をハルトマン定数 (Hartmann **C**onst) とよぶ。式 3.10 に示す。

$$HC = \frac{1}{N} \sum \left(\sqrt{{\Delta x_i}^2 + {\Delta y_i}^2} \right) \tag{3.10}$$

本節ではハルトマンテストで光学系の結像性能を評価し、先行研究の結果などと比較することで本ドーム移設の際に光学系に問題がなかったかを確認する。

観測/解析方法

1. ハルトマン盤を主鏡に装着した状態で副鏡位置を動かしながら、焦点内像、外像で明るい星を観測する。(特に u' バンドでも十分な光量で写るような星を選ぶ。)
2. 明らかに不具合のある画像を省く。
3. 副鏡位置毎に (1 次処理済み) 画像を足し合わせ、S/N 比の良い画像を作成する。
4. 画像に写るハルトマン孔の重心を検出し、座標を取得する。
5. 内像と外像での同じ孔ペアを求め、ハルトマン孔の座標を対応づける。
6. 式 3.8,3.10 ベストフォーカス位置を求め、その時のスポットダイアグラムを作成し、ハルトマン定数 HC を求める。

結果

2018/10/15 と 2018/10/18 にハルトマンテストのデータを取得した。前者は Rc, Ic において 1 ペアずつ (u' バンドは暗く使用できなかった。)、後者は u', Rc, Ic において 1 ペアずつデータを取得した。図 3.34 にスポットダイアグラムを、表 3.3 にハルトマンテストの結果を示す。※ハルトマン定数は pix から arcsec に変換した。[34]

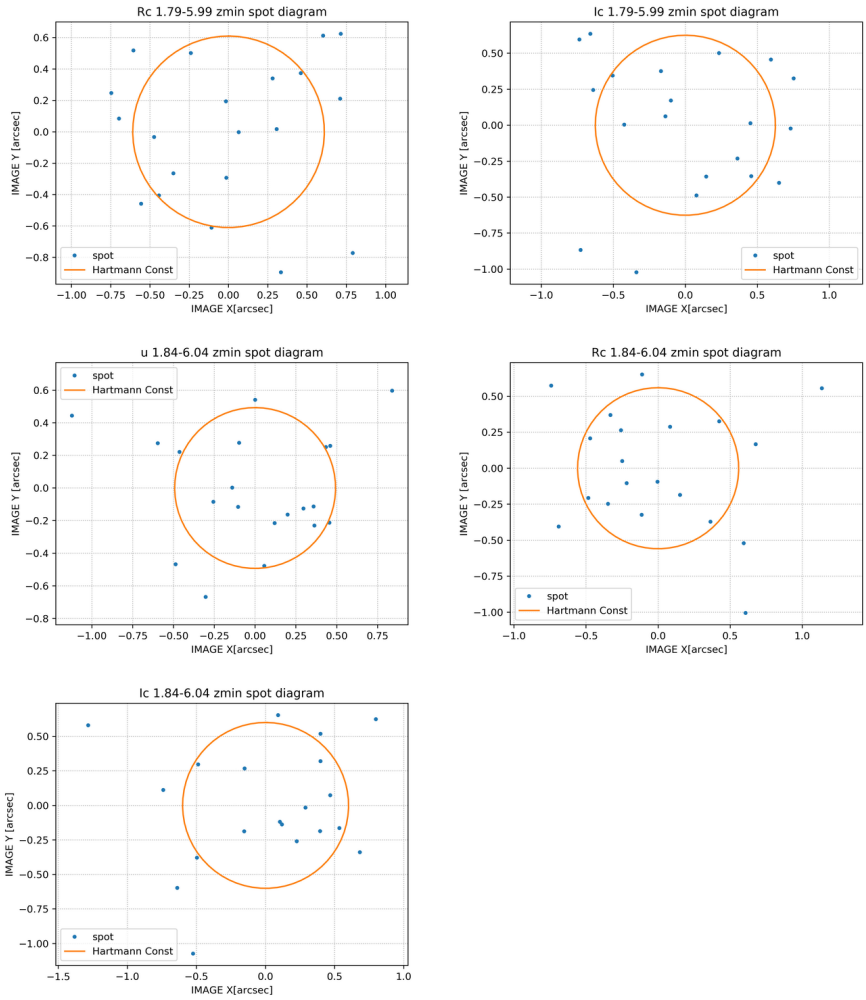

図 3.34: スポットダイアグラム (上段:2018/10/15、中下段:2018/10/18 の u', Rc, Ic)

FILTER	DATE	FVI[mm]	FVO[mm]	Best Focus[mm]	HC[arcsec]
Rc	2018/10/15	1.79	5.99	3.90	0.61±0.06
Ic	2018/10/15	1.79	5.99	3.89	0.63±0.06
u	2018/10/18	1.84	6.04	3.95	0.49±0.06
Rc	2018/10/18	1.84	6.04	3.96	0.56±0.07
Ic	2018/10/18	1.84	6.04	3.95	0.60±0.07

表 3.3: ハルトマンテストの結果

まず、ベストフォーカス位置について。ハルトマンテストで求められるベストフォーカス位置は焦点合わせ (3.1 節) で求められるベストフォーカス位置より大気や望遠鏡の変化の影響を受けにくく、精度が高いと期待される。後者は星像の半値幅 FWHM と副鏡位置 FOC-VAL の関係を内挿することで求めており、大気によ

るシーイングの変化をまともに受けるが、前者は光路追跡によって直接ベストフォーカスを求めているためである。そこで、バンド間のベストフォーカスの残差をみる。

2018/10/18 のデータにおいて u' バンド、Ic バンドについては一致しており、Rc バンドに対して残差が +0.01[mm] となっている。また、2018/10/15 のデータにおいては Rc バンドに対する Ic バンドの残差は +0.01[mm] となり、両日同じ結果となっている。これは Ic バンドのパッケージが改変され、光学系が 0.01[mm] 合わなくなったことを裏付ける。そこで、次回の滞在では観測装置との間に 0.01[mm] のシムを挟むことで補正を試みる。

次にハルトマン定数についてチベット本設置前の測定結果と比較する。以下、表 3.4 に過去のハルトマンテストの結果と比較して示す。

観測地	観測時期	Rc HC[arcsec]	Ic HC[arcsec]
広島	2015/01/09	0.60±0.05	0.59±0.05
チベット (仮ドーム)	2016/09/08	N/A	0.67±0.05
チベット (本ドーム)	2018/10/15	0.61±0.06	0.63±0.06
〃	2018/10/18	0.56±0.07	0.60±0.07

表 3.4: 先行研究におけるハルトマンテストの結果 [34][35] ※瀧本卒論のデータにおいて、Ic,Rc の値が入れ替わっているのは、今回の滞在で双方の CCD を入れ替えたためである。以後、HinOTORI の過去のデータと比較する際は互換しているものとする。

Rc, Ic バンドのいずれも、長嶋卒論や瀧本卒論の結果と比較するといずれも誤差の範囲内で一致している。このことから、広島→チベット (仮ドーム) →チベット (本ドーム) への輸送過程において望遠鏡や装置光学系のズレなどの光学系の問題は生じなかった。

最後に最小錯乱像におけるスポットダイアグラムをみる。2018/10/18 のデータより、各バンドで概形が同じである。(Rc は鏡像) これは副鏡を観測装置内 (2.6) の 1 つ目のダイクロイックミラー以降の光学系に異常がなかったことを意味する。

3.5 結像性能 2: 視野内の星像の位置依存性

一般的に望遠鏡で観測されるカウントは式 3.11 で表すことができる。

$$i(x,y) = o(x,y) * h(x,y) + n(x,y) \tag{3.11}$$

※ $*$ は畳み込み積分を表す。$o(x,y)$ は物体の本来の強度分布、n(x,y) はノイズの強度分布を表しており、h(x,y) のことを PSF(Point Spread Function; 点拡がり関数) とよぶ。地上からの観測の場合、光学系の収差などの影響を表す。CCD に写る星像は中心から離れれば離れるほど収差の影響を受けやすく (特にコマ収差)、視野端にて星像が伸びる傾向がある。

本節では本ドーム移設後の PSF を星のカウント分布の FWHM(星像の大きさ)、ELLIPTICITY(扁平率) で特徴づけることで、画像に写る星像の位置依存性をみた。

観測/解析方法

1. 星が多く、よく調べられている Z And の領域を観測する。
2. 画像内の明るい星 (15 等より明るい) を測光する。
3. 画像の FWHM と ELLIPTICITY の二次元ヒストグラムを作成する。

結果

図 3.35 に撮像した Z And の画像とそのスタッツを示す。

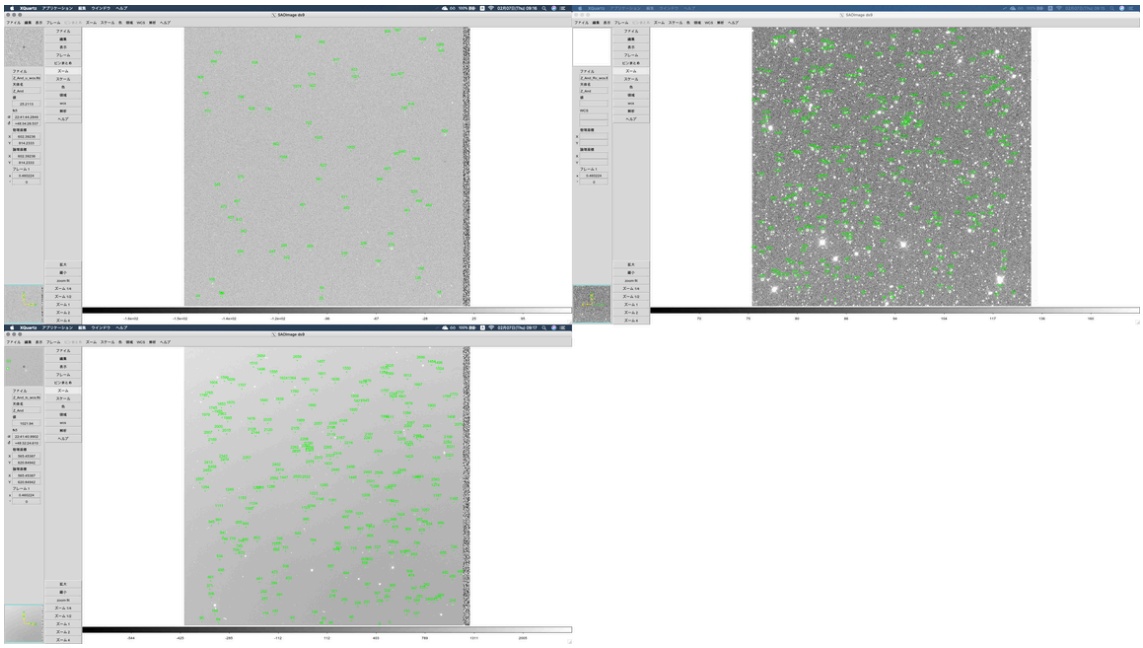

図 3.35: Z And((ra,dec)=(340.560,48.615)) の領域画像 (左上:u', 右上:Rc, 右下:Ic) ※黄緑のマーカーは検出した明るい星を表す。

FILTER	NUM	BRIGHTSTAR_MAG[mag]	FWHM[pix]	SKY[count]
u	76	9.99	4.66±0.38	6.94±1.94
Rc	274	11.25	4.00±0.13	103.27±1.93
Ic	437	10.38	3.69±0.12	1164.60±273.43

表 3.5: Z And 画像のスタッツ

図 3.35、表 3.5 より、画像内に満遍なく写っており、最も明るい星は u', Rc, Ic それぞれで 9.99,11.25,10.38 等である。そのため、画像全体での星像の位置依存性の調査に適している領域である。

各フレームで明るい星を測光し、取得した FWHM、ELLIPTICITY のヒストグラムを図 3.36 を示す。

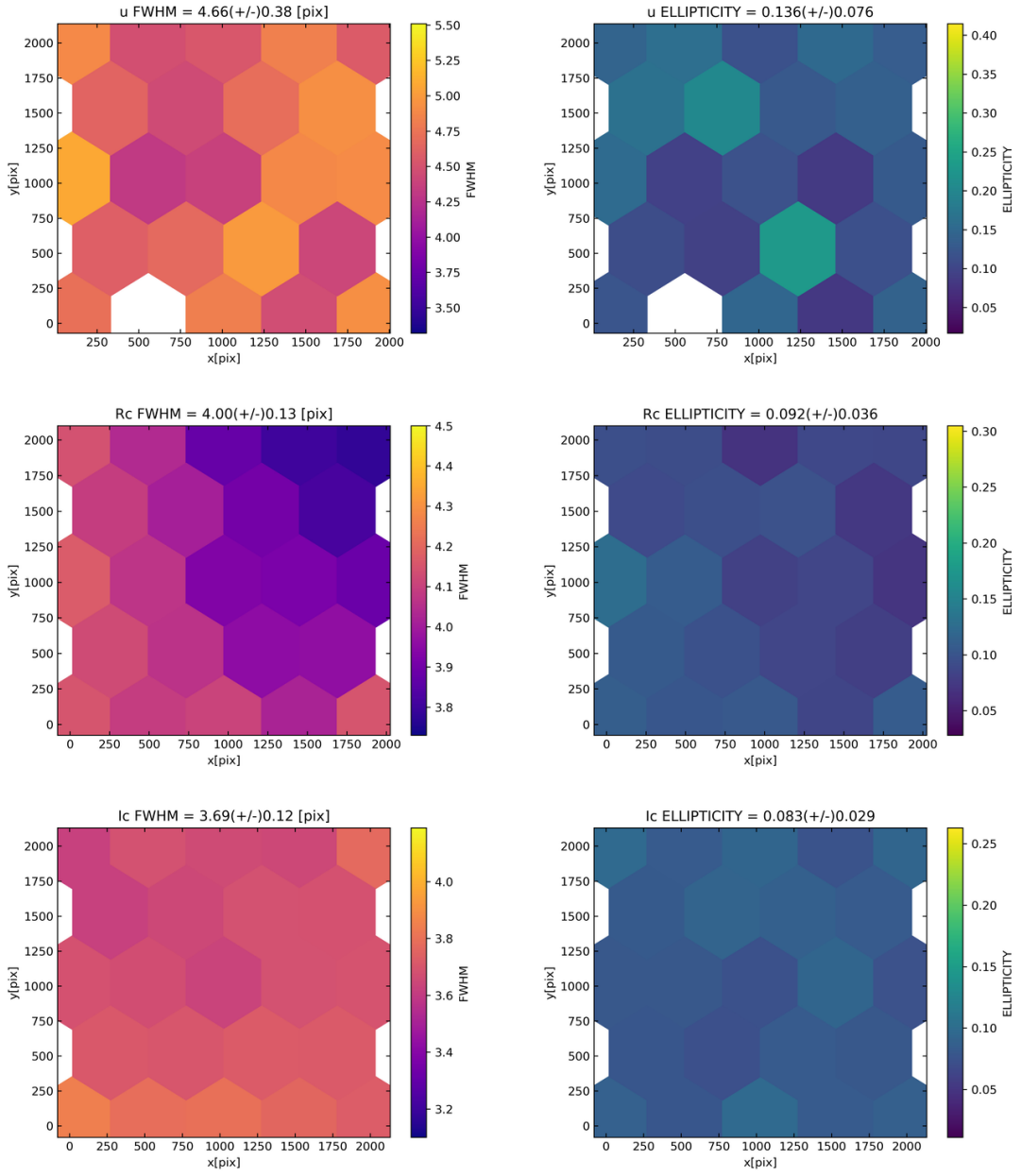

図 3.36: 画像内の FWHM と ELLIPTICITY の 2 次元ヒストグラム (上段:u', 中段:Rc, 下段:Ic)

まず、u, Ic, バンドについて、いずれも、画像全体で一様に円であることを示しており、収差の影響をほとんど受けていない。これは HinOTORI 望遠鏡で設計されている Ritchey-Chretien 光学系、(レンズによる) 補正光学系より、収差を補正していることを示しており、十分なものだといえる。また、FWHM についても同様に一様に分布していることがわかる。

次に Rc バンドについては、ELLIPTICITY,FWHM のどちらも右上から x,y が小さくなるにつれて各値が大きくなっている傾向がある。この傾向は長嶋卒論の結果と類似している。図 3.36 に、同じ CCD の過去の

データ [35] を示す。

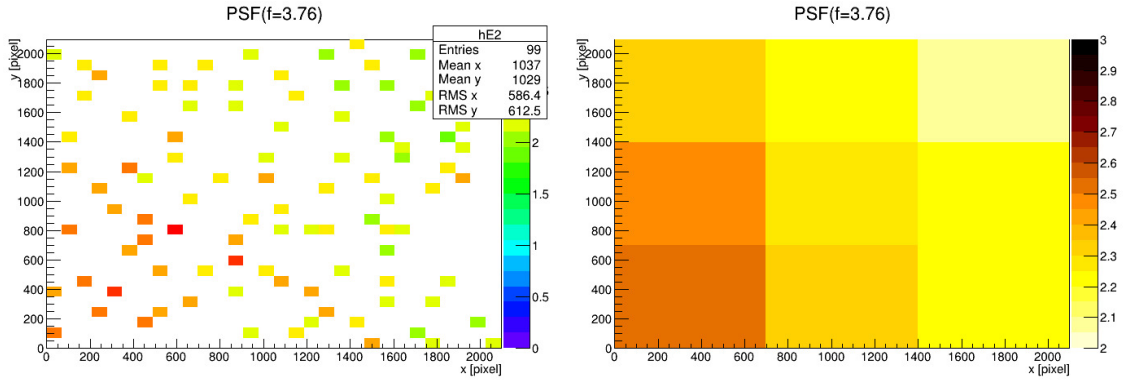

図 3.37: 画像内の FWHM と ELLIPTICITY の 2 次元ヒストグラム (左右ともに同じデータで bin 幅が違う。)

改めて、今回の滞在において Rc と Ic の CCD の入れ替えを行った。そのため、この CCD は前回とは異なる Rc の光学系で光が入射している。その上で結果が一致するということは、光学系起因によるものではなく、検出器起因であることがわかる。考えられる要因は CCD 面の傾いている状態、または光学系との接続部のシムに傾斜があることが考えられる。いずれも、光が正しく入射していないことを意味する。中心に入射するべき光が右上に当たり、その点を中心に収差の影響で星像が大きくなっていると考えることができる。次回滞在時に、シムまたは検出器の傾きを確かめる必要がある。

3.6 限界等級の見積もり

限界等級とは撮像した画像の質を表す 1 つの指標で、画像に写っている最も暗い星の等級のことである。また、これより暗い等級の像は星と判断しないという閾値でもある。2.1.3 節、2.1.4 節より HinOTORI はより暗い天体を観測することができる。まず、予備知識について述べる。

wcs 貼り付け

wcs とは世界天文標準座標のことで、地球からの天体観測での多くは赤道座標と呼ばれる座標系が適用されている。赤道座標とは、地球の赤道座標を延長した面を赤緯 0°とし、北極側を　＋南極側を-とし、赤経赤緯で表される座標である。HinOTORI 望遠鏡ではこの赤経赤緯を入力して、オブジェクトの観測を行うが、CCD に映る画像には中心の赤経赤緯しかわからず、他の領域は CCD 固有の解を見つける必要がある。

そこで、本解析では Astrometry.net 提供する solve-field とよばれるソフトウェアと API サービスを利用して、wcs 貼り付けを行なった。両方ともに、2MASS カタログ画像などのリファレンス画像を元に、撮像した画像の座標解をもとめて、適用するというものである。前者はリファレンス画像をすでにダウンロードしており、かつローカルで行うため早い。しかし、ストレージ容量のために最低限のリファレンス画像しか、有していない。そのため、解けないことが稀にある。その時は Astrometry.net の API を叩くことによって、座標解を求めた。しかし、この方法は web を通してかつ、ほとんどの作業が API に委ねられ、こちらではいじるこ

とができないため、時間がかかってしまう。

Aperture 測光

aperture 測光 (開口測光ともよぶ) とは、天体の重心から指定した適当な半径 (aperture 半径) のカウントを足し合わせものを天体のカウントとして測定する方法であり、天体のカウントの測定方法の 1 つである。他には PSF 測光、Kron 法などがある。

図 3.38 左は aperture と (理想的な gaussian の星像) フラックスロス、右に aperture と天体やノイズのフラックスの関係を示す。左の図より、aperture=2.5FWHM のときフラックスロス 1% で、これ最低これ以上の aperture を取る必要がある。また、右図より、ノイズであるスカイのばらつきが 3.5FWHM 以降に見える。そのため、最低これ以下の aperture を取る必要がある。また、S/N 比が良い (FWHM が小さい) 場合、ノイズが少ないので、より大きく aperture を取る、一方 S/N 比が悪い (FWHM が大きい) 場合、より小さく aperture をとることが望ましいことがわかる。

このようなことから一般的に aperture 径はその画像の星の FWHM(seeing) の 2.5~3.5 倍をとる。そこで本論の aperture 測光では S/N 比がよいときは seeing*2.8、S/N 比が悪い時は seeing*3.2 としている。

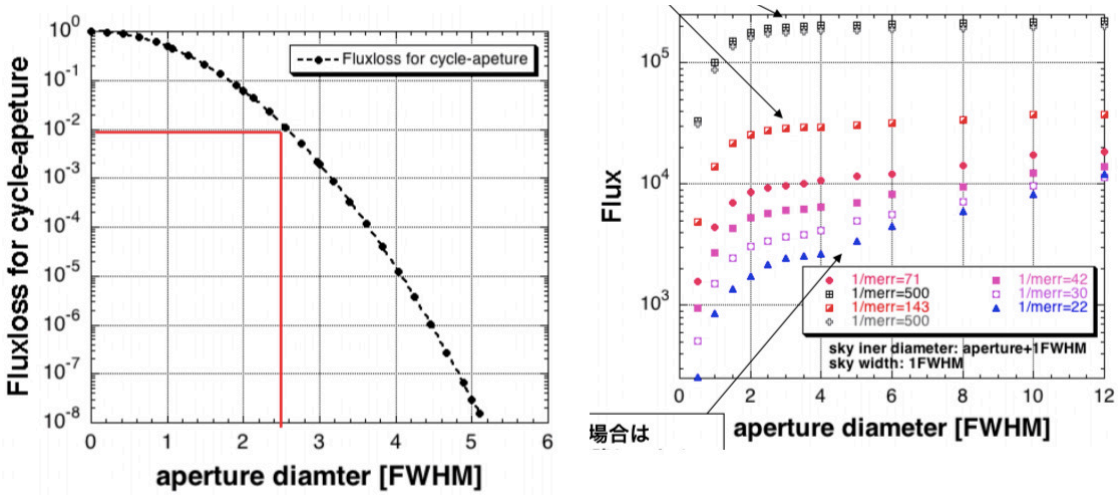

図 3.38: 左:gaussian を仮定したフラックスロスの見積もり、右:aperture 直径と flux の関係

ポグソンの式

m 等級の星のフラックスを F_m、n 等級の星のフラックスを F_n とすると、

$$m - n = -2.5\log_{10}(\frac{\mathrm{F_m}}{\mathrm{F_n}}) \tag{3.12}$$

と表すことができる。この式をポグソンの式とよぶ。これは 1 等級の差で明るさが $100^{-0.2}$ 倍異なることを示す。

等級原点

見かけの明るさが M 等級の星を検出器で N[count] 取得したときの関係式を以下に示す。

$$\mathrm{M} = -2.5\log_{10}\mathrm{N} + \mathrm{Z_{mag}} \tag{3.13}$$

右辺 1 項目は取得した天体のカウントの log をとったものであり、器械等級とよばれる。この等級は実際の星の等級と異なり、他のシステムで得られた結果と比較することができない。この等級における他のシステムとの等を補正するためのファクターを等級原点とよび、右辺 2 項目である。Z_{mag} は変光せずに正確に等級が定まっている星 (標準星) を観測し、求まっているカタログ (可視:PanSTARRS,SDSS, 赤外線:2MASS など) の等級と比較することで等級原点を求めることができる。式 3.14 に示す。

$$\mathrm{Z_{mag}} = \mathrm{M_{std}} - \mathrm{M_{inst}} \tag{3.14}$$

$$\left(\mathrm{Z_{mag}}：等級原点、\mathrm{M_{std}}：標準星の見かけの等級、\mathrm{M_{inst}}：器械等級\right)$$

フィルターの等級変換

(近紫外) 可視光フィルターは、SDSS filter と Johnson-Cousins filter という 2 つの filter システムがある。それぞれ、u'g'r'i'z' と UBVRc, Ic のフィルターがある。図 3.39 に各 filter システムの透過率の波長依存性の図を示す。

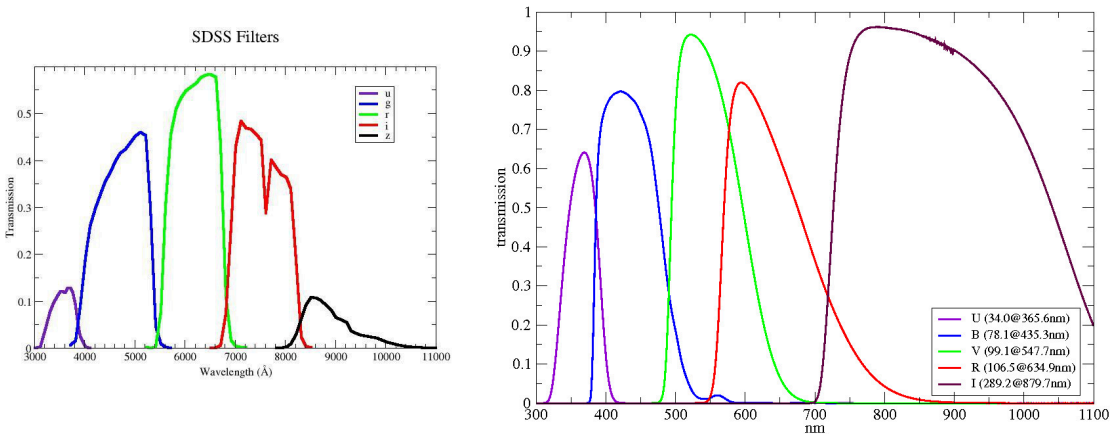

図 3.39: 左:SDSS filter システム [49]、右:Johnson-Cousins filter システム [48]

これらフィルターはおおよそ類似しているものの、中心波長や波長幅が多少異なる。そのため、双方のフィルター (例えば、r' と Rc) で取得した星を同等に扱うためには変換式が必要である。

今回、等級原点を求めるために SDSS、PanSTARRS カタログを利用した。これらのカタログは u'g'r'i'z'y' のフィルターを使用している。HinOTORI のフィルターは u', Rc,I c なので Rc, Ic については変換式が必要になってくる。

変換式は Jetster et al.(2005),Jordi et al.(2006),Rodgers et al.(2006) などが存在するが、今回は Lupton(2005) の変換式を用いた。この変換式は u'g'r'i'z' から BVRcIc を求めることができ、要件を満たす。また、他の変換式より誤差が小さく、J-GEM の GQ170817 の電磁波観測論文である Utumi et al.(2017) でも使用されている実績があるため、採用した。以下に式を示す。[51]

$$
\begin{aligned}
B &= u' - 0.8116 * (u' - g') + 0.1313; \sigma = 0.0095 \\
B &= g' + 0.3130 * (g' - r') + 0.2271; \sigma = 0.0107 \\
V &= g' - 0.2906 * (u' - g') + 0.0885; \sigma = 0.0129 \\
V &= g' - 0.5784 * (g' - r') - 0.0038; \sigma = 0.0054 \\
Rc &= r' - 0.1837 * (g' - r') - 0.0971; \sigma = 0.0106 \\
Rc &= r' - 0.2936 * (r' - i') - 0.1439; \sigma = 0.0072 \\
Ic &= r' - 1.2444 * (r' - i') - 0.3820; \sigma = 0.0078 \\
Ic &= i' - 0.3780 * (i' - z') - 0.3974; \sigma = 0.0063
\end{aligned}
\tag{3.15}
$$

等級システム変換

等級システムとは星の明るさを表す等級の種類のことで、Vega 等級と AB 等級がある。Vega 等級とは Vega(αLyr) のすべての波長領域で 0 等とし、これを基準する等級システムである。また、AB 等級とはすべての波長領域で Flux が 3631[Jy] を 0 等とし、これを基準とするシステムである。図 3.40 に Vega 等級と AB 等級が 0 等の時の Flux と波長の関係を示す。

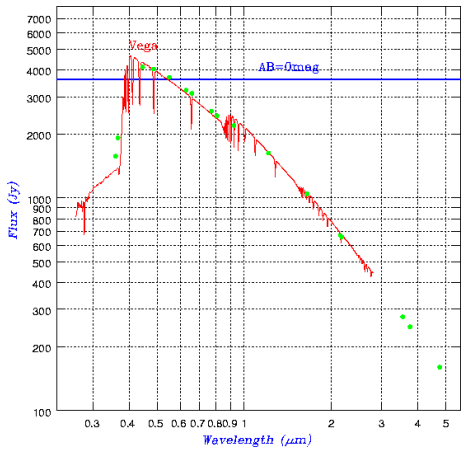

図 3.40: Vega 等級と AB 等級が 0 等の時の Flux と波長の関係 [52]

可視光領域において、10^{-1} スケールで等級差があるのに対し、赤外線領域や紫外線領域において 10^{2} と等級差がある。そのため、もし同じ天体で AB 等級と Vega 等級で比較する場合、どちらかを変換する必要がある。その変換式が、以下になる。

$$
M_{AB} = M_{Vega} + A(filter) \tag{3.16}
$$

(※ A は filter に依存する定数。)

表 3.6 に filter と A の対応表を示す。

filter	U	B	V	Rc	Ic	J	H	Ks	u'	g'	r'	i'	z'	Y
A[mag]	0.79	-0.09	0.02	0.21	0.45	0.91	1.39	1.85	0.91	-0.08	0.16	0.37	0.540	.63

表 3.6: filter と A の対応表 [53]

本解析における等級はすべて AB 等級システムで求めており、等級原点等で Vega 等級と比較する場合は上記を用いて、AB 等級に変換した。

random aperture 法

random aperture 法とは限界等級を求める手法の 1 つであり、星の面積分 (∼ *aperture* を径とした円) のバックグラウンド (スカイ、バイアス、ダークなどを含む) の振れ幅の n 倍のカウントの等級を限界等級とするものである。バックグラウンドの振れ幅を σ、等級原点を $\mathrm{Z_{mag}}$ としたときの限界等級 Upperlimit の式を以下に示す。

$$\mathrm{upperlimit} = -2.5\log_{10}(\mathrm{n}\sigma) + \mathrm{Z_{mag}} \tag{3.17}$$

n は許容する星の S/N 比値である。本解析では n=3 として、限界等級を求めた。また、限界等級の誤差の導出が少々複雑であるため、以下式 3.19 に示しておく。

n=3 として、式 3.17 を式変形すると以下のようになる。

$$\mathrm{upperlimit} = -2.5\log_{10}3 - 2.5\frac{\log_{\mathrm{e}}\sigma}{\log_{\mathrm{e}}10} + \mathrm{Z_{mag}} \tag{3.18}$$

右辺 2 項目の誤差を Δa、3 項目を ΔZ_{mag} とする。すると、限界等級の誤差 $\Delta upperlimit$ は以下のように表される。

$$\begin{aligned} \Delta upperlimit &= \Delta a^2 + {\Delta Z_{mag}}^2 \\ &= \frac{-2.5}{log_e 10} \times \frac{1}{\sigma}\Delta\sigma + {\Delta Z_{mag}}^2 \\ &= \frac{-2.5}{log_e 10} \times \frac{1}{\sigma}\Delta\sigma + {\Delta Z_{mag}}^2 \end{aligned} \tag{3.19}$$

本節では random aperture 法で限界等級を求め、どこまで暗い星を観測できるか推測する。また、他の望遠鏡の限界等級と比較を行う。

観測/解析方法

1. 標準星が写っている領域を観測する。
2. 領域ごとに複数枚の画像を足し合わせ、画像に wcs を貼り付ける。
   (以後、領域ごとに)
3. 画像内に写っている星を測光し、画像の FWHM を求める。
4. 2.8*FWHM を直径として aperture 測光し、器械等級を取得する。
5. 標準星カタログのデータを取得し、標準星の器械等級とカタログ等級の差分をとることで等級原点を求める。

6. Sextractor で検出した星のみの画像をマスク画像とし、星をマスクする。
7. マスクされた部分以外の部分、すなわちバックグラウンド部分を 10000 点を 10 回測光し、揺らぎを求める。(ブートストラップ)
8. 限界等級を計算する。

結果

限界等級とその過程で取得した値を値のテーブルを表 3.7 に示す。

表 3.7: 限界等級関連のデータ

OBJECT	RA	DEC	FILTER	STAR_NUM	EXPTIME	FWHM	ZMAG	ZMAG_ERR	SKY	SKY_ERR	SIGMA_SKY	SIGMA_SKY_ERR	SKY1	MAG_SKY	MAG_LIMIT	MAG_L
MARK-A	310.961	-10.753	u	1481.0	60.0	3.4	23.349	0.384	5027.01	1095.150	1092.568	2.472	38.07	19.4	14.561	0
PG0220	35.998	13.447	u	1521.0	180.0	2.12	24.342	0.0	302.17	320.293	320.345	0.562	5.88	22.42	16.885	0
PG0220	35.998	13.447	Rc	1068.0	120.0	4.2	26.756	0.007	24581.15	1023.344	1027.905	1.547	122.35	21.54	18.033	0
PG0220	35.998	13.447	Ic	739.0	120.0	8.71	26.018	0.005	140707.11	1805.153	1792.827	7.048	162.85	20.49	16.691	0
PG0231	38.557	5.253	u	1704.0	180.0	3.4	25.007	0.019	2983.7	560.277	567.31	1.865	22.66	21.62	16.93	0
PG0231	38.557	5.253	Rc	1002.0	120.0	3.64	26.688	0.016	20628.14	722.543	721.983	1.085	137.08	21.35	18.349	0
PG0231	38.557	5.253	Ic	733.0	80.0	6.7	25.552	0.006	64326.69	780.980	787.904	2.569	126.01	20.3	17.118	0
PG2331	353.508	5.736	u	1675.0	210.0	3.38	24.927	0.027	431.58	602.073	605.383	1.248	3.32	23.63	16.78	0
PG2331	353.508	5.736	Rc	828.0	130.0	4.15	26.284	0.016	25211.17	384.733	394.368	1.179	128.53	21.01	18.602	0
PG2331	353.508	5.736	Ic	750.0	120.0	4.82	25.273	0.012	27732.04	734.447	737.802	1.362	105.03	20.22	16.91	0
Rubin149	111.181	-0.513	u	1777.0	180.0	4.75	24.869	0.016	-18995.54	1339.239	1349.589	4.598	-73.92	nan	15.85	0
Rubin149	111.181	-0.513	Rc	2817.0	180.0	6.25	27.301	0.002	247849.94	1743.811	1738.041	4.167	557.12	20.44	18.008	0
Rubin149	111.181	-0.513	Ic	2775.0	180.0	5.88	26.366	0.003	230912.41	2607.533	2577.987	5.949	587.42	19.44	16.645	0
SA26-SF3	101.185	44.822	u	1672.0	240.0	3.4	24.958	0.047	3745.33	722.369	730.174	1.792	28.45	21.32	16.607	0
SA26-SF3	101.185	44.822	Rc	2133.0	160.0	6.5	27.189	0.002	137576.97	2480.008	2472.108	5.5	285.91	21.05	17.513	0
SA92-245	13.644	0.672	u	1723.0	180.0	2.75	24.912	0.014	-102.31	444.712	441.097	1.279	-1.19	nan	17.108	0
SA92-245	13.644	0.672	Rc	1676.0	120.0	3.42	26.637	0.015	14937.17	404.087	404.641	1.692	112.13	21.51	18.926	0
SA92-245	13.644	0.672	Ic	818.0	120.0	5.6	25.981	0.007	26735.4	545.616	546.022	1.384	74.86	21.3	17.945	0
SA92E	14.226	0.656	u	1874.0	180.0	2.86	26.084	0.965	-11120.77	618.293	624.966	1.511	-119.38	nan	17.902	0
SA92E	14.226	0.656	Rc	724.0	90.0	6.64	26.627	0.013	130204.12	784.475	785.614	1.452	259.3	20.59	18.196	0
SA92E	14.226	0.656	Ic	1142.0	180.0	6.56	26.431	0.004	225036.02	1869.084	1872.306	3.15	459.16	19.78	17.057	0
SA95-105	58.486	-0.064	u	1819.0	180.0	2.21	24.371	0.124	1374.31	353.170	354.439	0.764	24.71	20.89	16.804	0
SA95-105	58.486	-0.064	Rc	1879.0	120.0	4.22	26.74	0.007	32019.5	1020/676	1015.847	2.209	157.87	21.24	18.03	0
SA95-105	58.486	-0.064	Ic	837.0	120.0	6.66	25.974	0.004	104210.02	1214.962	1226.086	3.462	206.29	20.19	17.06	0
SA97S	89.423	-0.066	u	1791.0	180.0	2.91	25.191	0.048	1473.91	433.735	433.947	0.851	15.28	22.23	17.405	0
SA97S	89.423	-0.066	Rc	1536.0	60.0	5.0	26.151	0.003	25875.11	333.527	328.205	1.703	90.88	21.26	18.668	0
SA97S	89.423	-0.066	Ic	1914.0	45.0	4.43	24.861	0.002	19262.5	283.752	281.415	0.794	86.18	20.02	17.545	0
SA98	102.925	-0.275	u	1897.0	180.0	5.12	25.246	0.008	11831.6	889.176	882.752	2.46	39.63	21.25	16.689	0
SA98	102.925	-0.275	Rc	2299.0	30.0	4.81	25.38	0.002	15550.01	307.381	303.204	1.177	59.01	20.95	17.983	0
SA98	102.925	-0.275	Ic	3337.0	60.0	4.71	25.184	0.002	39474.75	543.123	538.903	1.269	156.24	19.7	17.163	0
SDSS85	85.158	30.537	u	1714.0	60.0	5.51	24.438	0.022	-2713.95	503.787	503.511	0.943	-7.85	nan	16.49	0
SDSS85	85.158	30.537	Rc	4370.0	40.0	7.8	25.81	0.004	22532.75	344.345	349.154	1.102	32.52	22.03	18.259	0
SDSS85	85.158	30.537	Ic	2634.0	40.0	6.51	24.808	0.003	23867.9	347.854	343.503	0.897	49.45	20.57	17.275	0
Z_And	340.69	48.493	u	1581.0	180.0	5.28	24.988	0.039	3864.85	1297.034	1300.223	2.777	12.17	22.27	16.01	0
Z_And	340.69	48.493	Rc	3209.0	120.0	6.0	26.754	0.003	59116.41	1072.349	1072.367	1.798	144.19	21.36	17.986	0
Z_And	340.69	48.493	Ic	2312.0	180.0	4.81	26.193	0.002	-109.54	1099.154	1127.392	5.756	-0.42	nan	17.37	0

end

13 天体、39 フレームで限界等級を求めた。まず、SA98 にのみ注目してみる。まず、1 次処理と重ね合わせた画像を図 3.41 に示す。

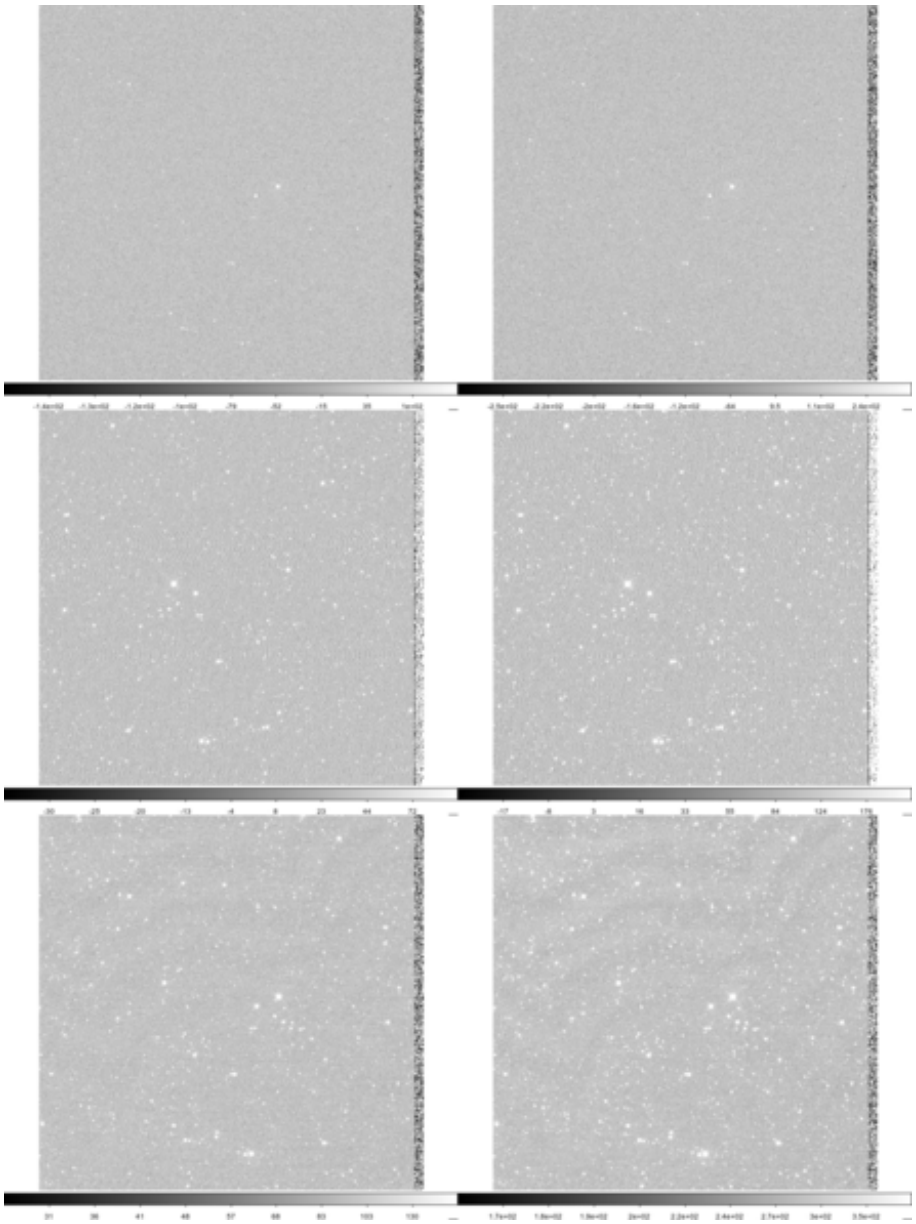

図 3.41: SA98 の 1 次処理画像 (左列) と重ね合わせ画像 (右列)(上段から、u', Rc, Ic)

見える星が深くなり、視認できる星の数が増えていることがわかる。次に wcs を貼り付けた画像を図 3.42 に示す。

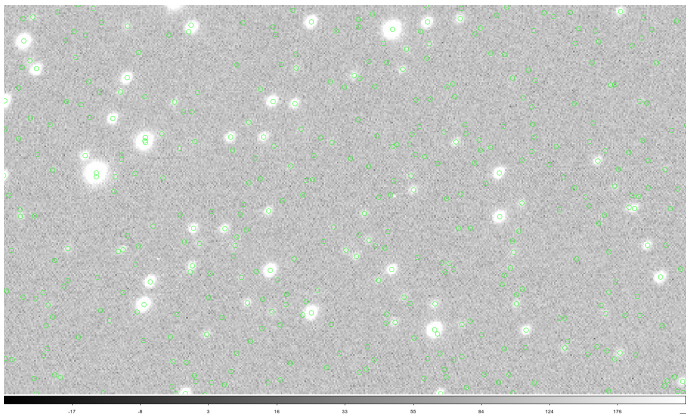

図 3.42: SA98 の wcs 貼り付け後画像 (緑マーカーがリファレンス画像の星)

リファレンスの天体と画像において、ra,dec が一致した。次に、SA98 における u' バンドは SDSS で、Rc, Ic は PanSTARRS のデータをアーカイブから取得し、等級原点を求めた図 3.43 に示す。

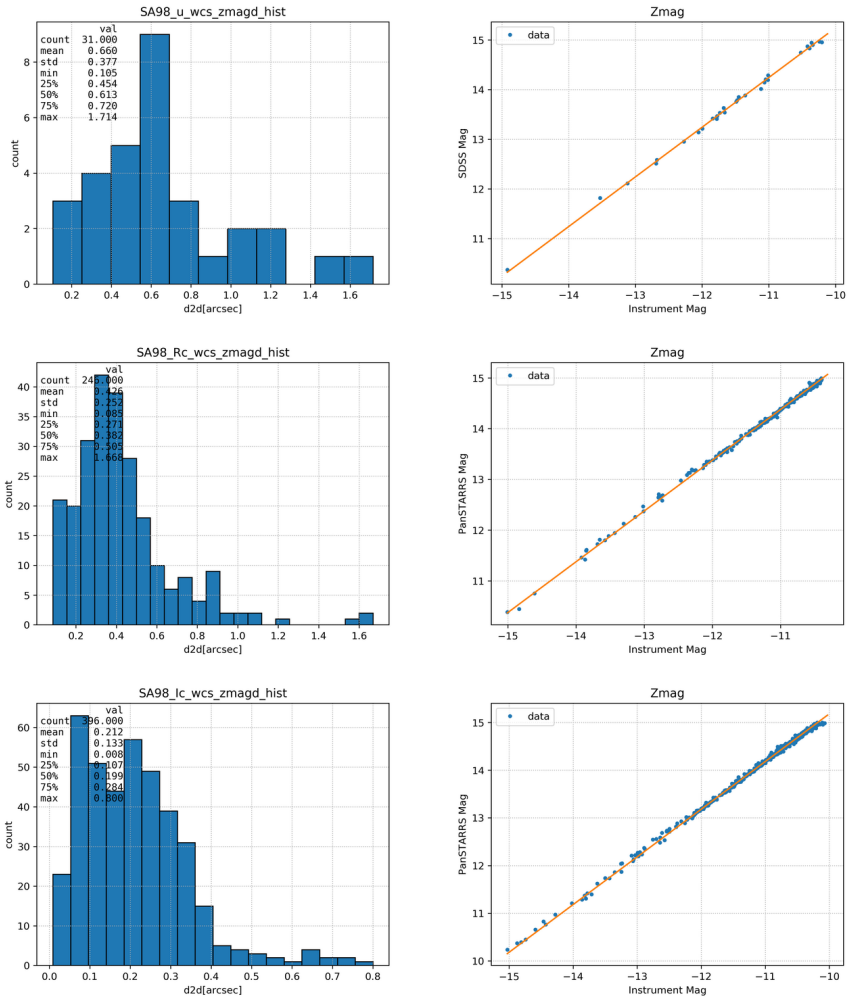

図 3.43: SA98 のリファレンス画像と HinOTORI 画像に写る星の距離のヒストグラム (左) と器械等級とカタログ等級の関係 (右)

どのバンドもリファレンス星からのずれは小さく、pix に直すと 1∼2pix であり、これは星の大きさより小さいため、違う星をみているということはないことが確認できる。また、器械等級とカタログ等級の関係性は直線性がよく、Zmag がうまく求まっていることが確認できる。最後に、マスク画像にアパーチャーをオーバーレイしたものとそこから得た、星の大きさ分のスカイカウントの分布を図 3.44 に示す。

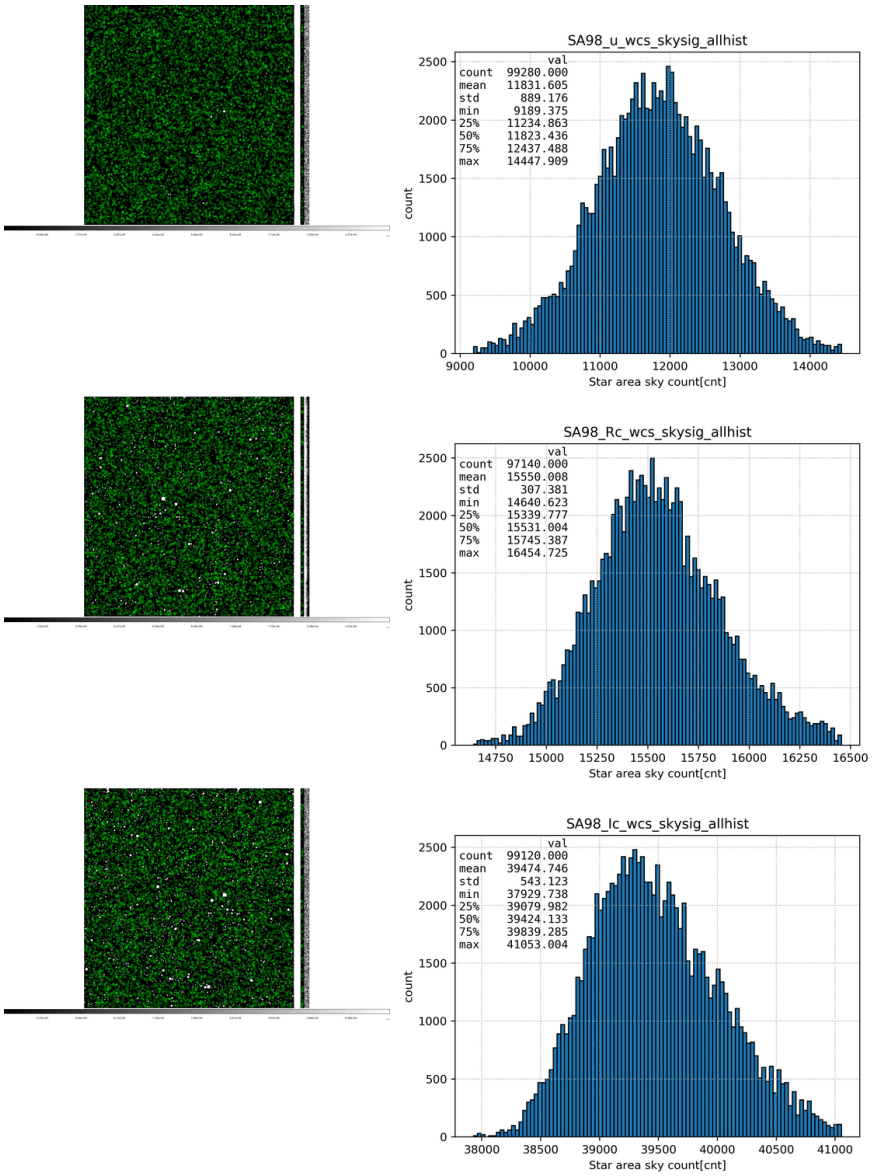

図 3.44: マスク画像とランダムアパーチャー (左) と星の大きさ分のスカイカウントの分布 (右)(上段から順に u', Rc, Ic)

星の部分はマスクされており、バックグラウンドの部分の測光を行なっている。また、その分布はガウシアンの形である。これよりスカイの揺らぎは標準偏差でより高い精度で求められる。それぞれ、スカイ揺らぎの値は u', Rc, Ic の順で 889.2,307.4,543.1 となっており、限界等級は以下のように求められた。

filter	u'	Rc	Ic
EXPTIME[s]	180.	30.	60.
upperlimit	16.69±0.009	17.98±0.005	17.16±0.003

表 3.8: SA98 の限界等級

同様にして、残りの 12 天体も限界等級を求めた。以下に、露出時間と限界等級の関係を示す。

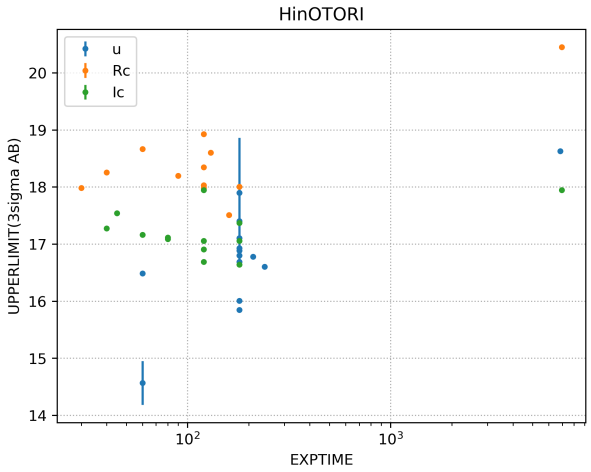

図 3.45: 露出時間と限界等級の関係

どのバンドも大局的に露出時間が増えれば増えるど、限界等級が深くなり、より暗い星を観測できることを示している。また、同じ露出時間で限界等級が振れるのは大気の揺らぎなどの影響が考えられる。

また、今回星が多い領域で限界等級が浅く見積もられていた。これはバックグラウンドにおける星が多く密接した星からのカウントや、設定したアパーチャー径が影響していることが考えられる。

星が多い領域ではバックグラウンド領域が狭く、サンプル数が少なくなってしまい、また、バックグラウンド領域としても星が密接した領域では星のカウントを拾ってしまう。星の多い領域でのランダムアパーチャー法は不適で、他の方法を模索する必要があるかもしれない。

また、アパーチャー径によって限界等級は大きく変化することが西中卒論 (2019 年 2 月現在執筆中) からわかっている。そのため、アパーチャー径の最適化が必要であるかもしれない。

第 4 章

本論の総括

4.1　まとめ

CCD の基礎的特性については以下の通りである。、CCD 温度の安定性は、 3 つの CCD カメラとも設定した温度 (-35 ℃) に対して、平均値では 0.0∼0.1 ℃以内、その振れ幅は 0.03 0.05 ℃以内であった。低温下における、10^{-2} スケールの温度変化に対するダークの変化は微小であるため、温度によって生じるリダクションへの悪影響はないことがわかった。

データの 1 次処理ではバイアス、ダーク、フラットの基礎特性を調査した上で、マスターバイアス、マスターダーク、マスターフラットを作成し、キャリブレーション手法を確立した。特にフラットでは、大局的なフラット (トワイライトフラット) と、ピクセル毎に変化する高周波成分のフラット (ドームフラット) を用いることで、pixel 感度ムラをうまく除去することに成功した。

次に、結像性能についてまとめる。ハルトマンテストにて、2018/10/18 における　u' バンドでは HC=0.49±0.06[″], Rc バンドでは HC=0.56±0.07[″], Ic バンドでは HC=0.60±0.07[″] という結果になった。これらは過去の結果と比べると誤差の範囲内で一致している。そのため、広島→チベット (仮ドーム) →チベット (本ドーム) の輸送過程で望遠鏡や装置光学系のズレなどの光学系の問題は生じなかった。

視野内の星像の位置依存性では、Z And の視野内の星像の大きさ (FWHM) と扁平率 (ELLIPTICITY) をそれぞれ調査した。その結果、u', Ic では視野内で一様な星像になっていることが確認でき、収差の影響が小さいことがわかった。一方、Rc バンドではある視野端領域の方向で、星像が大きめになる傾向が確認された。今後の滞在で光学系との接続部にあたるシムの調整や、検出器を確かめる必要がある。

最後に、限界等級の見積もりによる観測性能評価についてまとめる。今回、限界等級をランダムアパーチャー法で求めたが、星が多い領域で浅く見積もられており、現行の方法より改善が必要であることがわかった。

参考文献

[1] http://th.nao.ac.jp/MEMBER/tanaka/hiroshima2017/index.html

[2] https://www.astr.tohoku.ac.jp/ masaomi.tanaka/sokendai2018/

[3] https://www.hiroshima-u.ac.jp/hasc

[4] http://www-heaf.astro.hiroshima-u.ac.jp

[5] IceCube Collaboration et al.2018

[6] Utsumi et al.2017

[7] http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/instruments/howpol/

[8] http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/instruments/honir/

[9] http://hinotori.hiroshima-u.ac.jp/

[10] 高木勝俊, 修士論文 (広島大学,2013)

[11] 門田三星, 卒業論文 (広島大学,2017)

[12] http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/s/supernova+classification

[13] https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.astro.35.1.309

[14] http://www.lizard-tail.com/isana/lab/redshift/redshift-distance.php

[15] 内田和海, 修士論文 (広島大学,2017)

[16] R. Klebesadel, I. Strong & R. Olson (LANL), Vela Project

[17] https://www.cfa.harvard.edu/news/2009-11

[18] https://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/23414.gcn3

[19] 森裕樹, 修士論文 (広島大学,2017)

[20] 山田悠梨香, 卒業論文 (広島大学,2016)

[21] 公益社団日本天文学会天文学辞典

[22] https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp

[23] 2016, 天文月報,6 月

[24] https://www.extremetech.com/extreme/222852-what-are-gravitational-waves-and-where-does-physics-go-from-here-now-that-weve-found-them

[25] https://www.ligo.org/detections/GW170817.php

[26] 2018, 天文月報,2 月

[27] Tanaka et al.2016

[28] Abbott et al.2017

[29] Tanaka et al.2017
[30] Fujibayashi et al.2017
[31] Shibata et al.2017
[32] Gottlieb et al.2018
[33] 笹田真人氏より提供
[34] 瀧本絵里香, 卒業論文 (広島大学,2014)
[35] 長嶋大樹, 卒業論文 (広島大学,2016)
[36] 家正則　他編, シリーズ現代の天文学 15, 日本評論社
[37] Wynee.1968
[38] 安田直樹氏より提供
[39] 東広島天文台 1.5m かなた望遠鏡サイト調査書 2004
[40] 岡山天体物理観測所 50 周年記念誌, 自然科学研究機構 国立天文台 岡山天体物理観測所
[41] 千代延真吾, 卒業論文 (広島大学,2005)
[42] 沖田博文, 修士論文 (東北大学大学院,2009)
[43] http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/TAO/pjbook/201203/chap5.pdf
[44] Yao et al. private communication
[45] https://jpn.nec.com/linux/linux-os/ss/VM-all.html
[46] https://github.com/youtsumi/HinOTORI
[47] https://www.accuweather.com/en/world-weather
[48] http://www.aip.de/en
[49] http://cosmos.astro.caltech.edu/page/filterset
[50] http://www.toybox.rgr.jp/mp366/lightcurve/workshop/workshop2004/miasaka.pdf
[51] Lupton et al. 2005
[52] http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/ iwamuro/LECTURE/OBS/atmos.html
[53] Blanton et al.(2007)
[54] http://oister.kwasan.kyoto-u.ac.jp/
[55] https://gcn.gsfc.nasa.gov/

付録 A キーワード

OISTER

OISTER とは光赤外線天文学大学間連携のことであり、望遠鏡を持つ日本の大学 (北海道大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、鹿児島大学、兵庫県立大学、埼玉大学) と国立天文台から構成される。時間軸天文学の領域で共同観測を行うことにより、大学教育と研究の促進を目指している。また、連携による各機関間のコミュニケーションの活性化を図り、光赤外線天文学のより一層の発展や広い視野を兼ね備えた研究者の育成も目標の 1 つである。[54]

GCN

GCN とは **G**amma-ray Burst **C**oordinates **N**etwork の略称で、人工衛星によってガンマ線バースト (GRB) が検出された際に位置などの情報を提供するネットワーク (サービス) のことである。しかし近年は整備が進み、重力波・ニュートリノイベント用にも整備されている。また GCN circular と呼ばれるコミュニティサービスもあり、そこではの追跡観測のレポートを公開している。これらで提供される情報には天体の位置、イメージ、スペクトル、光度曲線などがあり、HinOTORI 望遠鏡などの地上望遠鏡での追観測において有益な情報源になりうる。[55]

非点収差・像面湾曲・歪曲収差

非点収差とは、軸外物点の像が 1 点に集まらずに同心円方向にある線分の像と放射状方向にある線分の像に分離することによって生じる収差のことをいう。
像面湾曲とは、光軸に垂直ではない焦点面 (像面) で生じる収差のことをいう。
歪曲収差とは、実際の像と結像後の像が相似形にならないことで生じる収差のことをいう。

VMware Workstation

VMware Workstation(通称 VMware) とは、VMware 社開発の 1 台の PC 上で複数の OS の実行を可能とするホスト型 (他にはハイパーバイザー型) の仮想化ソフトウェアである。1 台の PC で Linux や Mac,Windows などの複数の OS を実行するには仮想化以外にマルチブートがある。しかし、この方法では 1 度に起動できる OS は 1 つのみであり、各 OS が排反関係になっている。VMware ではメイン OS(ホ

スト OS) 下でアプリケーションとして別の OS(ゲスト OS) を起動することを可能にするため、1 つの PC で複数の OS を同時起動することができる。

MJD

MJD とは、修正ユリウス日のことでユリウス日とは、紀元前 4713 年 1 月 1 日正午 (西暦に直すと-4712 年 1 月 1 日正午) からの日数を表す。UT2019/01/01 0:00:00 現在のユリウス日は 2458484.5 となっているが、桁が大きく不便である。そこで、スミソニアン天体物理観測所 (SAO) によって考案されたのが修正ユリウス日である。修正ユリウス日ではユリウス日から 2400000.5 日引いたものであり、1858 年 11 月 17 日正午が元期 (MJD=0.0) になる。2019/01/01 0:00:00 現在のユリウス日は 58484.0 である。

SExtractor

SExtrator(Source-Extractor) とは画像に写る星を検出して、測光するソフトである。SExtractor は設定ファイルである default.sex(検出パラメタ、測光パラメタなど) を読み込んで実行する。

IRAF

IRAF(Image Reduction and Analysis Facility) は SExtractor 同様測光用ソフトである。

付録 B 観測ログ

表 4.1: 2018 年 10 月 HinOTORI の観測ログ (数が多く、重くなるため最後に残りを追加。)

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
ID	DATE	UT	RA[deg]	DEC[deg]	FILTER	TIME[s]	FOC-VAL[mm]	TEMP[C]
object20181012082022	2018-10-12	08:20:22	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-30.005,-29.971
object20181012082228	2018-10-12	08:22:28	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.971,-30.156
object20181012082858	2018-10-12	08:28:58	0.0	0.0	u,Rc	5.0,5.0	0.0	-17.524,-26.677
object20181012083022	2018-10-12	08:30:22	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-12.554,-24.253
object20181012083206	2018-10-12	08:32:06	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-8.76,-19.84
object20181012083257	2018-10-12	08:32:58	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-7.644,-17.621
object20181012091817	2018-10-12	09:18:17	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.933,-29.974
object20181012092024	2018-10-12	09:20:24	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.943,-29.955
object20181012092535	2018-10-12	09:25:35	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.974,-29.927
object20181012093045	2018-10-12	09:30:45	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-30.015,-29.952
object20181012093555	2018-10-12	09:35:56	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-30.097,-30.09
object20181012094106	2018-10-12	09:41:06	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.983,-30.09
object20181012095754	2018-10-12	09:57:54	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.98,-30.012
object20181012101358	2018-10-12	10:13:58	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-30.216,-30.119
object20181012101810	2018-10-12	10:18:10	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-30.188,-30.09
object20181012124252	2018-10-12	12:42:52	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-29.147,-32.083
object20181012124525	2018-10-12	12:45:25	0.0	0.0	u,Rc	3.0,3.0	0.0	-30.512,-30.235
object20181012124651	2018-10-12	12:46:51	0.0	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-30.904,-29.493
object20181012124841	2018-10-12	12:48:41	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-31.181,-29.242
object20181012125051	2018-10-12	12:50:51	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-31.285,-29.619
object20181012125303	2018-10-12	12:53:03	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-31.278,-30.298
object20181012125707	2018-10-12	12:57:07	0.0	0.0	u,Rc	300.0,300.0	0.0	-30.697,-30.295
object20181012130331	2018-10-12	13:03:31	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-30.565,-30.081
object20181012130609	2018-10-12	13:06:09	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-30.386,-29.899
object20181012131052	2018-10-12	13:10:52	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-30.093,-30.04
object20181012131519	2018-10-12	13:15:19	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-30.106,-30.002
object20181012132055	2018-10-12	13:20:55	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-30.087,-30.09
object20181012132543	2018-10-12	13:25:43	0.0	0.0	u,Rc	0.5,0.5	0.0	-30.09,-30.09
object20181012134543	2018-10-12	13:45:43	0.0	0.0	u,Rc	300.0,300.0	0.0	-24.514,-29.861
object20181012135147	2018-10-12	13:51:47	0.0	0.0	Rc	0.5	0.0	-30.307
object20181012135641	2018-10-12	13:56:41	0.0	0.0	Rc	0.5	0.0	-29.936
object20181012140208	2018-10-12	14:02:08	0.0	0.0	Rc	0.5	0.0	-30.172
object20181012140717	2018-10-12	14:07:17	0.0	0.0	Rc	0.5	0.0	-29.974
object20181012141227	2018-10-12	14:12:27	0.0	0.0	Rc	0.5	0.0	-30.128
object20181015091251	2018-10-15	09:12:51	242.096	0.0	u,Rc	1.0,1.0	0.0	-28.424,-34.249
object20181015092225	2018-10-15	09:22:25	244.496	0.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.034,-29.044,-6.18
object20181015092537	2018-10-15	09:25:37	245.3	0.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.031,-29.66,-6.098
object20181015123130	2018-10-15	12:31:30	315.179	30.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.342,-30.097,-30.417
object20181015123220	2018-10-15	12:32:20	315.179	30.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	0.0	-30.345,-30.097,-30.433
object20181015123238	2018-10-15	12:32:38	315.179	30.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	0.0	-30.339,-30.097,-30.436
object20181015123256	2018-10-15	12:32:56	315.179	30.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	0.0	-30.354,-30.106,-30.43
object20181015123318	2018-10-15	12:33:18	315.179	30.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	0.0	-30.361,-30.122,-30.417
object20181015123339	2018-10-15	12:33:39	315.179	30.0	u,Rc	10.0,10.0	0.0	-30.364,-30.128
object20181015123529	2018-10-15	12:35:29	315.179	30.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	0.0	-30.461,-30.109,-23.053
object20181015123556	2018-10-15	12:35:56	315.179	30.0	Rc,Ic	10.0,10.0	0.0	-30.1,-20.711
object20181015123844	2018-10-15	12:38:44	315.179	30.0	u,Rc,Ic	20.0,20.0,20.0	0.0	-17.168,-30.125,-16.147
object20181015123928	2018-10-15	12:39:28	315.179	30.0	u,Rc,Ic	20.0,20.0,20.0	0.0	-15.763,-30.137,-16.6
object20181015124007	2018-10-15	12:40:07	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-15.132,-30.159,-17.502

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181015124059	2018-10-15	12:40:59	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-15.204,-30.156,-18.737
object20181015124141	2018-10-15	12:41:41	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-15.713,-30.156,-19.872
object20181015124223	2018-10-15	12:42:23	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-16.445,-30.134,-21.066
object20181015124308	2018-10-15	12:43:08	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-17.476,-30.134,-22.449
object20181015124353	2018-10-15	12:43:53	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-18.649,-30.137,-23.845
object20181015124436	2018-10-15	12:44:36	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-19.912,-30.147,-25.168
object20181015124519	2018-10-15	12:45:19	315.179	30.0	Rc,Ic	30.0,30.0	0.0	-30.137,-26.353
object20181015124712	2018-10-15	12:47:12	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-24.75,-30.1,-28.534
object20181015124753	2018-10-15	12:47:54	315.179	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-25.963,-30.103,-29.084
object20181015124834	2018-10-15	12:48:34	315.175	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-26.925,-30.115,-29.528
object20181015125023	2018-10-15	12:50:23	315.175	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-28.921,-30.128,-30.446
object20181015125109	2018-10-15	12:51:09	315.175	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-29.518,-30.137,-30.681
object20181015125149	2018-10-15	12:51:49	315.175	30.0	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	0.0	-29.987,-30.137,-30.832
object20181015125241	2018-10-15	12:52:41	315.175	30.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	0.0	-30.207,-30.147,-30.904
object20181015125253	2018-10-15	12:52:53	315.175	30.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	0.0	-30.307,-30.147,-30.93
object20181015125309	2018-10-15	12:53:09	315.175	30.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	0.0	-30.433,-30.128,-30.98
object20181015125754	2018-10-15	12:57:54	310.083	0.548	u,Rc,Ic	0.5,0.5,0.5	0.0	-31.162,-30.084,-30.97
object20181015125813	2018-10-15	12:58:13	310.083	0.548	u,Rc,Ic	0.5,0.5,0.5	0.0	-31.19,-30.1,-30.955
object20181015130047	2018-10-15	13:00:47	310.083	0.548	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	0.0	-31.291,-30.128,-30.816
object20181015130356	2018-10-15	13:03:57	297.913	8.915	u,Rc,Ic	0.3,0.3,0.3	0.0	-31.181,-30.1,-30.568
object20181015130520	2018-10-15	13:05:20	297.913	8.915	u,Rc,Ic	0.3,0.3,0.3	0.0	-31.121,-30.115,-30.436
object20181015130659	2018-10-15	13:06:59	310.083	0.548	u,Rc,Ic	0.5,0.5,0.5	0.0	-31.04,-30.125,-30.307
object20181015130833	2018-10-15	13:08:33	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.948,-30.1,-30.159
object20181015131114	2018-10-15	13:11:14	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.741,-30.112,-29.98
object20181015131319	2018-10-15	13:13:19	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.615,-30.131,-30.021
object20181015131510	2018-10-15	13:15:10	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.493,-30.106,-30.093
object20181015131548	2018-10-15	13:15:48	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.446,-30.1,-30.097
object20181015131637	2018-10-15	13:16:37	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.386,-30.119,-30.103
object20181015131720	2018-10-15	13:17:20	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.336,-30.119,-30.084
object20181015131757	2018-10-15	13:17:58	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.295,-30.119,-30.068
object20181015132003	2018-10-15	13:20:03	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.112,-30.134,-30.075
object20181015132044	2018-10-15	13:20:44	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.053,-30.122,-30.081
object20181015132116	2018-10-15	13:21:16	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.027,-30.119,-30.093
object20181015132217	2018-10-15	13:22:17	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.002,-30.09,-30.084
object20181015132233	2018-10-15	13:22:33	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-29.987,-30.1,-30.078
object20181015132328	2018-10-15	13:23:29	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.002,-30.097,-30.075
object20181015132343	2018-10-15	13:23:43	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.018,-30.09,-30.093
object20181015132355	2018-10-15	13:23:55	310.308	0.749	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.012,-30.109,-30.078
object20181015134105	2018-10-15	13:41:05	310.079	0.548	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.298,-30.181,-30.279
object20181015134120	2018-10-15	13:41:20	310.079	0.548	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	0.0	-30.307,-30.178,-30.288
object20181015134214	2018-10-15	13:42:14	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.332,-30.112,-30.314
object20181015134540	2018-10-15	13:45:40	310.075	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.376,-30.04,-30.326
object20181015134624	2018-10-15	13:46:24	310.075	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.358,-30.068,-30.304
object20181015134637	2018-10-15	13:46:37	310.075	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.383,-30.075,-30.307
object20181015134650	2018-10-15	13:46:50	310.075	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.348,-30.078,-30.301
object20181015134703	2018-10-15	13:47:03	310.075	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.364,-30.093,-30.295
object20181015134715	2018-10-15	13:47:15	310.075	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.336,-30.097,-30.282
object20181015134851	2018-10-15	13:48:51	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.32,-30.128,-30.219
object20181015134929	2018-10-15	13:49:29	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.279,-30.112,-30.188
object20181015134943	2018-10-15	13:49:43	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.266,-30.1,-30.172
object20181015134956	2018-10-15	13:49:56	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.251,-30.097,-30.153

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181015135009	2018-10-15	13:50:09	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.251,-30.087,-30.128
object20181015135055	2018-10-15	13:50:55	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.203,-30.084,-30.078
object20181015135125	2018-10-15	13:51:25	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.166,-30.1,-30.049
object20181015135139	2018-10-15	13:51:39	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.159,-30.1,-30.053
object20181015135151	2018-10-15	13:51:51	310.079	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.125,-30.109,-30.043
object20181015135204	2018-10-15	13:52:04	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.122,-30.115,-30.031
object20181015135246	2018-10-15	13:52:46	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.056,-30.119,-30.024
object20181015135324	2018-10-15	13:53:24	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.018,-30.134,-30.024
object20181015135337	2018-10-15	13:53:37	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.021,-30.131,-30.04
object20181015135350	2018-10-15	13:53:50	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.002,-30.119,-30.043
object20181015135403	2018-10-15	13:54:03	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.012,-30.125,-30.043
object20181015135453	2018-10-15	13:54:53	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.015,-30.122,-30.071
object20181015135530	2018-10-15	13:55:30	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-29.996,-30.093,-30.084
object20181015135543	2018-10-15	13:55:43	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.002,-30.1,-30.087
object20181015135557	2018-10-15	13:55:57	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-29.987,-30.112,-30.09
object20181015135610	2018-10-15	13:56:10	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.009,-30.093,-30.09
object20181015135651	2018-10-15	13:56:51	310.083	0.548	u,Rc,Ic	2.0,2.0,2.0	0.0	-30.04,-30.1,-30.1
object20181016120433	2018-10-16	12:04:33	284.188	9.617	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.8	-29.176,-36.726,-28.767
object20181016120757	2018-10-16	12:07:57	284.188	9.617	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.8	-32.662,-38.876,-32.539
object20181016120920	2018-10-16	12:09:21	284.188	9.617	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.8	-33.309,-37.992,-33.227
object20181016121049	2018-10-16	12:10:49	284.188	9.617	u,Rc,Ic	5.0,3.0,1.0	3.8	-33.743,-36.908,-33.658
object20181016122312	2018-10-16	12:23:12	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.148,-35.399,-35.123
object20181016122541	2018-10-16	12:25:41	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.453,-35.079,-35.478
object20181016122731	2018-10-16	12:27:31	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.582,-34.859,-35.638
object20181016122821	2018-10-16	12:28:21	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.651,-34.909,-35.729
object20181016122937	2018-10-16	12:29:37	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.723,-35.041,-35.792
object20181016123008	2018-10-16	12:30:08	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.704,-35.094,-35.808
object20181016123107	2018-10-16	12:31:07	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.71,-35.167,-35.839
object20181016123201	2018-10-16	12:32:01	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.701,-35.126,-35.811
object20181016123224	2018-10-16	12:32:24	349.904	41.129	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.886	-35.698,-35.101,-35.811
object20181016123309	2018-10-16	12:33:09	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.66,-35.038,-35.795
object20181016123426	2018-10-16	12:34:26	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.648,-35.025,-35.776
object20181016123507	2018-10-16	12:35:07	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.622,-35.025,-35.761
object20181016123549	2018-10-16	12:35:49	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.613,-35.041,-35.751
object20181016123657	2018-10-16	12:36:57	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.613,-35.088,-35.742
object20181016123743	2018-10-16	12:37:43	349.904	41.129	Rc,Ic	10.0,20.0	3.886	-35.12,-35.723
object20181016123834	2018-10-16	12:38:34	349.904	41.129	Rc,Ic	10.0,20.0	3.886	-35.126,-35.704
object20181016124033	2018-10-16	12:40:33	349.904	41.129	Rc,Ic	10.0,20.0	3.886	-35.057,-35.666
object20181016124152	2018-10-16	12:41:52	349.904	41.129	Rc,Ic	10.0,20.0	3.886	-35.069,-35.651
object20181016124610	2018-10-16	12:46:10	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.434,-35.06,-35.434
object20181016124753	2018-10-16	12:47:53	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.34,-35.066,-35.371
object20181016124847	2018-10-16	12:48:47	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.308,-35.076,-35.336
object20181016124928	2018-10-16	12:49:28	349.904	41.129	u,Rc,Ic	30.0,10.0,20.0	3.886	-35.28,-35.088,-35.299
object20181016130040	2018-10-16	13:00:40	357.121	46.936	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.886	-35.057,-35.032,-35.091
object20181016130136	2018-10-16	13:01:36	357.121	46.936	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.937	-35.082,-35.047,-35.079
object20181016130545	2018-10-16	13:05:45	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.047,-35.05,-35.028
object20181016130707	2018-10-16	13:07:07	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.06,-35.035,-35.054
object20181016130731	2018-10-16	13:07:31	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.054,-35.028,-35.05
object20181016130823	2018-10-16	13:08:23	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.085,-35.028,-35.054
object20181016130848	2018-10-16	13:08:48	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.066,-35.032,-35.054
object20181016130937	2018-10-16	13:09:37	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.072,-35.041,-35.063

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181016131132	2018-10-16	13:11:32	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.057,-35.072,-35.06
object20181016131158	2018-10-16	13:11:58	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.069,-35.079,-35.057
object20181016131237	2018-10-16	13:12:37	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.072,-35.098,-35.044
object20181016131323	2018-10-16	13:13:23	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.063,-35.094,-35.044
object20181016131345	2018-10-16	13:13:45	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.047,-35.101,-35.028
object20181016131412	2018-10-16	13:14:12	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.06,-35.12,-35.032
object20181016131450	2018-10-16	13:14:50	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.054,-35.113,-35.038
object20181016131512	2018-10-16	13:15:12	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.064	-35.116,-35.041
object20181016131527	2018-10-16	13:15:27	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.064	-35.107,-35.041
object20181016131558	2018-10-16	13:15:58	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.191	-35.094,-35.057
object20181016131607	2018-10-16	13:16:09	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.191	-35.082,-35.057
object20181016131946	2018-10-16	13:19:47	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.05,-35.069,-35.066
object20181016132013	2018-10-16	13:20:13	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.063,-35.079,-35.06
object20181016132037	2018-10-16	13:20:37	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.064	-35.079,-35.05
object20181016132118	2018-10-16	13:21:18	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.191	-35.091,-35.05
object20181016132128	2018-10-16	13:21:29	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.191	-35.098,-35.044
object20181016132224	2018-10-16	13:22:24	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.057,-35.091,-35.041
object20181016132247	2018-10-16	13:22:47	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.05,-35.098,-35.047
object20181016132312	2018-10-16	13:23:12	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.066,-35.094,-35.063
object20181016132409	2018-10-16	13:24:09	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.047,-35.085,-35.066
object20181016132436	2018-10-16	13:24:36	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.063,-35.082,-35.063
object20181016132502	2018-10-16	13:25:02	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.047,-35.069,-35.054
object20181016132610	2018-10-16	13:26:10	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.318	-35.082,-35.057
object20181016132709	2018-10-16	13:27:09	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.028,-35.085,-35.044
object20181016132733	2018-10-16	13:27:33	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.047,-35.094,-35.05
object20181016132756	2018-10-16	13:27:56	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.038,-35.082,-35.044
object20181016132830	2018-10-16	13:28:30	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.047,-35.094,-35.035
object20181016132906	2018-10-16	13:29:06	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.032,-35.098,-35.047
object20181016132932	2018-10-16	13:29:32	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.038,-35.085,-35.054
object20181016133012	2018-10-16	13:30:12	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.064	-35.076,-35.047
object20181016133106	2018-10-16	13:31:06	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.054,-35.088,-35.047
object20181016133128	2018-10-16	13:31:28	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.041,-35.094,-35.047
object20181016133152	2018-10-16	13:31:52	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.05,-35.094,-35.066
object20181016133233	2018-10-16	13:32:33	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.057,-35.098,-35.054
object20181016133259	2018-10-16	13:32:59	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.047,-35.091,-35.047
object20181016133328	2018-10-16	13:33:28	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.044,-35.088,-35.054
object20181016133406	2018-10-16	13:34:06	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.047,-35.085,-35.041
object20181016133432	2018-10-16	13:34:32	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.038,-35.082,-35.047
object20181016133454	2018-10-16	13:34:54	357.121	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	3.81	-35.091,-35.032
object20181016133542	2018-10-16	13:35:42	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.054,-35.082,-35.035
object20181016133621	2018-10-16	13:36:21	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.041,-35.085,-35.032
object20181016133646	2018-10-16	13:36:46	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.05,-35.088,-35.032
object20181016133708	2018-10-16	13:37:08	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.038,-35.085,-35.032
object20181016133739	2018-10-16	13:37:40	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.057,-35.091,-35.038
object20181016133806	2018-10-16	13:38:06	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.041,-35.082,-35.035
object20181016133829	2018-10-16	13:38:29	357.121	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.063,-35.085,-35.047
object20181016133939	2018-10-16	13:39:39	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.06,-35.088,-35.041
object20181016134003	2018-10-16	13:40:03	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.06,-35.098,-35.054
object20181016134026	2018-10-16	13:40:26	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.057,-35.094,-35.054
object20181016134103	2018-10-16	13:41:03	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.047,-35.101,-35.066
object20181016134126	2018-10-16	13:41:26	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.019,-35.091,-35.076

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181016134150	2018-10-16	13:41:50	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.016,-35.082,-35.066
object20181016134224	2018-10-16	13:42:24	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.019,-35.082,-35.06
object20181016134248	2018-10-16	13:42:48	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.01,-35.072,-35.069
object20181016134312	2018-10-16	13:43:12	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.006,-35.069,-35.072
object20181016134350	2018-10-16	13:43:50	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.028,-35.05,-35.057
object20181016134413	2018-10-16	13:44:13	357.117	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	3.937	-35.069,-35.057
object20181016134531	2018-10-16	13:45:31	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.028,-35.054,-35.041
object20181016134553	2018-10-16	13:45:53	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.01,-35.066,-35.038
object20181016134614	2018-10-16	13:46:14	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.019,-35.06,-35.022
object20181016134650	2018-10-16	13:46:50	357.117	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	4.064	-35.044,-35.016
object20181016134746	2018-10-16	13:47:46	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.013,-35.063,-34.997
object20181016134813	2018-10-16	13:48:13	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.003,-35.054,-34.978
object20181016134836	2018-10-16	13:48:36	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.003,-35.06,-34.981
object20181016134908	2018-10-16	13:49:08	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-35.003,-35.057,-34.978
object20181016134935	2018-10-16	13:49:35	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-34.991,-35.047,-34.959
object20181016134958	2018-10-16	13:49:58	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-34.991,-35.05,-34.966
object20181016135037	2018-10-16	13:50:37	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-34.988,-35.05,-34.956
object20181016135104	2018-10-16	13:51:04	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-35.003,-35.069,-34.972
object20181016135131	2018-10-16	13:51:31	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-34.991,-35.057,-34.978
object20181016135441	2018-10-16	13:54:41	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-34.978,-35.05,-35.0
object20181016135507	2018-10-16	13:55:07	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-34.975,-35.047,-34.988
object20181016135538	2018-10-16	13:55:38	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.318	-34.966,-35.047,-34.991
object20181016135611	2018-10-16	13:56:11	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-34.969,-35.044,-34.984
object20181016135631	2018-10-16	13:56:31	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-34.978,-35.047,-34.988
object20181016135653	2018-10-16	13:56:53	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.191	-34.981,-35.057,-34.991
object20181016135725	2018-10-16	13:57:25	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-34.994,-35.06,-34.997
object20181016135746	2018-10-16	13:57:46	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-34.988,-35.057,-34.991
object20181016135814	2018-10-16	13:58:14	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	4.064	-35.016,-35.063,-34.997
object20181016135849	2018-10-16	13:58:49	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.032,-35.072,-34.997
object20181016135910	2018-10-16	13:59:10	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.035,-35.069,-34.991
object20181016135931	2018-10-16	13:59:31	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.937	-35.038,-35.072,-35.003
object20181016140004	2018-10-16	14:00:04	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.076,-35.088,-35.003
object20181016140028	2018-10-16	14:00:28	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.057,-35.079,-35.003
object20181016140049	2018-10-16	14:00:49	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.81	-35.06,-35.094,-35.003
object20181016140134	2018-10-16	14:01:35	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.082,-35.082,-35.013
object20181016140206	2018-10-16	14:02:06	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.069,-35.094,-35.006
object20181016140227	2018-10-16	14:02:27	357.117	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	3.683	-35.085,-35.01
object20181016140332	2018-10-16	14:03:32	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.05,-35.085,-35.01
object20181016140354	2018-10-16	14:03:54	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.057,-35.098,-35.013
object20181016140419	2018-10-16	14:04:19	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.683	-35.06,-35.101,-35.016
object20181016140454	2018-10-16	14:04:54	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.057,-35.085,-35.035
object20181016140519	2018-10-16	14:05:19	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.054,-35.094,-35.05
object20181016140618	2018-10-16	14:06:18	357.117	46.936	Rc,Ic	2.0,4.0	3.556	-35.079,-35.076
object20181016140724	2018-10-16	14:07:24	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.022,-35.057,-35.066
object20181016140753	2018-10-16	14:07:53	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-35.006,-35.025,-35.035
object20181016140817	2018-10-16	14:08:17	357.117	46.936	u,Rc,Ic	10.0,2.0,4.0	3.556	-34.991,-35.003,-35.019
object20181016141245	2018-10-16	14:12:45	353.646	48.923	u,Rc,Ic	30.0,10.0,10.0	3.886	-34.978,-34.906,-34.966
object20181016141642	2018-10-16	14:16:42	353.646	48.923	u,Rc,Ic	300.0,300.0,300.0	3.886	-35.022,-35.245,-34.94
object20181016142657	2018-10-16	14:26:57	353.646	48.923	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.047,-35.113,-35.003
object20181016142807	2018-10-16	14:28:07	353.642	48.923	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.041,-35.22,-35.022
object20181016142916	2018-10-16	14:29:16	353.642	48.923	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.019,-35.255,-35.013

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181016143602	2018-10-16	14:36:02	353.642	48.923	u,Rc	60.0,60.0	3.886	-35.028,-35.12
object20181016143716	2018-10-16	14:37:16	353.642	48.923	u,Rc	60.0,60.0	3.886	-35.066,-35.192
object20181016143915	2018-10-16	14:39:15	353.646	48.923	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.091,-35.101,-35.041
object20181016144052	2018-10-16	14:40:52	353.646	48.923	u,Rc	60.0,60.0	3.886	-35.054,-35.032
object20181016144818	2018-10-16	14:48:18	331.454	-0.821	u,Rc	300.0,300.0	3.886	-35.299,-35.195
object20181016145450	2018-10-16	14:54:50	331.429	-0.821	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.264,-35.016,-35.057
object20181016145632	2018-10-16	14:56:32	331.45	-0.821	u,Rc,Ic	180.0,180.0,180.0	3.886	-35.013,-35.264,-35.057
object20181016150239	2018-10-16	15:02:39	331.429	-0.821	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.0,-34.953,-35.057
object20181016150801	2018-10-16	15:08:01	331.433	-0.821	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.066,-35.129,-35.057
object20181016151323	2018-10-16	15:13:23	331.429	-0.821	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.038,-34.975,-35.054
object20181016151852	2018-10-16	15:18:52	331.429	-0.821	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.016,-35.028,-35.041
object20181016152510	2018-10-16	15:25:10	331.433	-0.821	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.032,-35.069,-35.057
object20181016154111	2018-10-16	15:41:11	48.25	0.177	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-34.893,-34.975,-34.852
object20181016154304	2018-10-16	15:43:04	48.263	0.177	u,Rc,Ic	180.0,180.0,180.0	3.886	-34.988,-35.23,-34.972
object20181016154749	2018-10-16	15:47:49	48.25	0.177	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-34.95,-35.138,-34.947
object20181016155306	2018-10-16	15:53:06	48.25	0.177	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.003,-35.041,-34.991
object20181016160031	2018-10-16	16:00:31	48.25	0.177	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.028,-34.956,-35.038
object20181016160543	2018-10-16	16:05:43	48.25	0.177	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-35.01,-34.909,-35.044
object20181016161058	2018-10-16	16:10:58	48.25	0.177	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.886	-34.984,-34.975,-35.047
object20181016161239	2018-10-16	16:12:39	24.429	15.879	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.994,-35.054,-35.05
object20181016173431	2018-10-16	17:34:31	95.263	78.358	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.956,-35.104,-34.972
object20181016173950	2018-10-16	17:39:50	95.263	78.358	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.054,-35.032,-35.066
object20181016174619	2018-10-16	17:46:19	95.417	78.335	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.16,-35.047,-35.277
object20181016181734	2018-10-16	18:17:34	95.417	78.335	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.094,-35.054,-35.063
object20181016182309	2018-10-16	18:23:10	95.417	78.335	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.066,-34.984,-35.069
object20181016182636	2018-10-16	18:26:36	95.417	78.502	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.003,-35.05,-34.978
object20181016182848	2018-10-16	18:28:48	95.417	78.502	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.966,-35.025,-34.931
object20181016183106	2018-10-16	18:31:06	95.417	78.502	Rc,Ic	60.0,60.0	3.886	-35.182,-34.984
object20181016183249	2018-10-16	18:32:49	95.417	78.502	Rc,Ic	60.0,60.0	3.886	-35.132,-35.013
object20181016183427	2018-10-16	18:34:27	95.417	78.502	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.032,-35.032,-35.019
object20181016183549	2018-10-16	18:35:49	95.417	78.502	Rc,Ic	60.0,60.0	3.886	-35.041,-35.019
object20181016183644	2018-10-16	18:36:52	95.417	78.502	Ic	60.0	3.886	-35.0
object20181016183827	2018-10-16	18:38:27	95.417	78.502	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.01,-35.135,-34.997
object20181016184030	2018-10-16	18:40:30	95.417	78.502	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.019,-35.019,-35.006
object20181016184147	2018-10-16	18:41:47	95.417	78.502	u,Rc	60.0,60.0	3.886	-35.028,-35.032
object20181016184447	2018-10-16	18:44:47	95.417	78.502	Rc,Ic	60.0,60.0	3.886	-35.142,-35.025
object20181016184636	2018-10-16	18:46:36	95.417	78.502	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.016,-35.066,-35.038
object20181016185029	2018-10-16	18:50:29	84.05	-5.385	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.003,-35.003,-35.032
object20181016185258	2018-10-16	18:52:58	84.05	-5.219	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.991,-35.17,-35.038
object20181016185540	2018-10-16	18:55:40	84.05	-5.219	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.057,-34.994,-35.047
object20181016185733	2018-10-16	18:57:33	84.05	-5.219	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.06,-35.06,-35.057
object20181016190011	2018-10-16	19:00:11	97.821	5.203	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.032,-35.126,-35.041
object20181016190428	2018-10-16	19:04:28	85.713	-1.674	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.994,-35.013,-34.978
object20181016190723	2018-10-16	19:07:24	85.713	-1.841	u,Rc	60.0,60.0	3.886	-35.057,-35.157
object20181016190950	2018-10-16	19:09:50	85.713	-1.991	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.057,-35.019,-35.066
object20181016191254	2018-10-16	19:12:55	85.713	-2.174	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.041,-35.069,-35.054
object20181016191552	2018-10-16	19:15:52	85.713	-2.174	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.066,-35.113,-35.06
object20181016192040	2018-10-16	19:20:40	85.7	-2.174	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.057,-35.054,-35.05
object20181016192505	2018-10-16	19:25:06	85.4	-2.203	Rc,Ic	60.0,60.0	3.886	-35.044,-35.035
object20181016192722	2018-10-16	19:27:22	85.4	-2.203	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.044,-35.047,-35.019
object20181016192901	2018-10-16	19:29:01	85.4	-2.203	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.028,-35.082,-35.022

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181016193016	2018-10-16	19:30:16	85.4	-2.203	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.022,-35.101,-35.0
object20181017120818	2018-10-17	12:08:18	339.333	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.886	-35.148,-35.116,-35.412
object20181017121014	2018-10-17	12:10:14	339.333	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.886	-35.478,-34.984,-35.61
object20181017121234	2018-10-17	12:12:34	339.333	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.886	-35.795,-34.997,-35.849
object20181017121437	2018-10-17	12:14:37	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-35.984,-35.104,-36.006
object20181017121538	2018-10-17	12:15:38	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.063,-35.126,-36.091
object20181017121612	2018-10-17	12:16:12	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.107,-35.12,-36.138
object20181017121631	2018-10-17	12:16:31	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.116,-35.107,-36.154
object20181017121647	2018-10-17	12:16:47	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.135,-35.101,-36.173
object20181017121702	2018-10-17	12:17:02	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.147,-35.088,-36.191
object20181017121808	2018-10-17	12:18:08	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.198,-35.101,-36.295
object20181017122237	2018-10-17	12:22:37	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.311,-35.101,-36.471
object20181017122326	2018-10-17	12:23:26	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.5,0.5	3.886	-36.314,-35.101,-36.481
object20181017122412	2018-10-17	12:24:12	339.333	40.0	u,Rc,Ic	10.0,0.5,0.5	3.886	-36.32,-35.082,-36.474
object20181017122449	2018-10-17	12:24:49	339.333	40.0	u,Rc,Ic	10.0,0.5,0.5	3.886	-36.33,-35.091,-36.49
object20181017122541	2018-10-17	12:25:41	339.333	40.0	Rc,Ic	1.0,1.5	3.886	-35.091,-36.484
object20181017122717	2018-10-17	12:27:17	339.333	40.0	Rc,Ic	1.0,1.5	3.886	-35.098,-36.49
object20181017122828	2018-10-17	12:28:28	339.333	40.0	u,Rc,Ic	10.0,1.0,1.5	3.886	-36.273,-35.094,-36.484
object20181017122937	2018-10-17	12:29:37	339.333	40.0	u,Rc,Ic	30.0,3.0,4.5	3.886	-36.261,-35.098,-36.459
object20181017123038	2018-10-17	12:30:38	339.333	40.0	Rc,Ic	3.0,4.5	3.886	-35.088,-36.433
object20181017123125	2018-10-17	12:31:25	339.333	40.0	Rc,Ic	3.0,4.5	3.886	-35.101,-36.408
object20181017123249	2018-10-17	12:32:49	339.333	40.0	u,Rc,Ic	30.0,3.0,4.5	3.886	-36.169,-35.085,-36.333
object20181017123336	2018-10-17	12:33:36	339.333	40.0	u,Rc,Ic	30.0,3.0,4.5	3.886	-36.113,-35.098,-36.292
object20181017123444	2018-10-17	12:34:44	339.333	40.0	u,Rc,Ic	60.0,12.0,18.0	3.886	-36.069,-35.085,-36.232
object20181017123615	2018-10-17	12:36:15	339.333	40.0	u,Rc	60.0,12.0	3.886	-36.044,-35.085
object20181017124001	2018-10-17	12:40:02	339.333	40.0	u,Rc,Ic	60.0,12.0,18.0	3.886	-35.886,-35.072,-36.239
object20181017124241	2018-10-17	12:42:41	339.333	40.0	Rc,Ic	12.0,18.0	3.886	-35.066,-36.097
object20181017125001	2018-10-17	12:50:01	339.333	40.0	Rc,Ic	12.0,18.0	3.886	-35.088,-35.613
object20181017125021	2018-10-17	12:50:23	339.333	40.0	Rc,Ic	12.0,18.0	3.886	-35.079,-35.572
object20181017125140	2018-10-17	12:51:40	339.333	40.0	u,Rc,Ic	60.0,12.0,18.0	3.886	-35.478,-35.101,-35.468
object20181017125247	2018-10-17	12:52:47	339.333	40.0	u,Rc,Ic	60.0,12.0,18.0	3.886	-35.428,-35.094,-35.393
object20181017125355	2018-10-17	12:53:55	339.333	40.0	u,Rc,Ic	60.0,12.0,18.0	3.886	-35.374,-35.082,-35.302
object20181017125531	2018-10-17	12:55:31	339.333	40.0	u,Rc,Ic	30.0,3.0,4.5	3.886	-35.33,-35.076,-35.157
object20181017125608	2018-10-17	12:56:08	339.333	40.0	u,Rc,Ic	30.0,3.0,4.5	3.886	-35.302,-35.082,-35.12
object20181017125646	2018-10-17	12:56:46	339.333	40.0	u,Rc,Ic	30.0,3.0,4.5	3.886	-35.264,-35.085,-35.069
object20181017125821	2018-10-17	12:58:21	339.333	40.0	u,Rc,Ic	10.0,1.0,1.5	3.886	-35.179,-35.091,-34.988
object20181017125839	2018-10-17	12:58:39	339.333	40.0	u,Rc,Ic	10.0,1.0,1.5	3.886	-35.16,-35.088,-34.975
object20181017125856	2018-10-17	12:58:56	339.333	40.0	u,Rc,Ic	10.0,1.0,1.5	3.886	-35.151,-35.088,-34.959
object20181017130234	2018-10-17	13:02:34	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,1.0,1.0	3.886	-34.988,-35.076,-35.003
object20181017130245	2018-10-17	13:02:45	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,1.0,1.0	3.886	-34.988,-35.072,-34.991
object20181017130256	2018-10-17	13:02:56	339.333	40.0	u,Rc,Ic	4.0,1.0,1.0	3.886	-34.984,-35.069,-34.984
object20181017131838	2018-10-17	13:18:38	297.929	8.919	u,Rc,Ic	0.1,0.1,0.1	3.886	-35.362,-35.085,-35.126
object20181017132010	2018-10-17	13:20:10	297.929	8.932	u,Rc,Ic	0.1,0.1,0.1	3.886	-35.343,-35.094,-35.063
object20181017132140	2018-10-17	13:21:40	297.908	9.14	u,Rc,Ic	0.1,0.1,0.1	3.886	-35.333,-35.094,-35.057
object20181017132226	2018-10-17	13:22:27	297.908	9.103	u,Rc,Ic	0.1,0.1,0.1	3.886	-35.308,-35.104,-35.088
object20181017132651	2018-10-17	13:26:51	250.6	36.436	u,Rc,Ic	30.0,30.0,30.0	3.886	-35.085,-35.072,-35.072
object20181017134607	2018-10-17	13:46:07	9.6	35.504	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.997,-35.098,-35.025
object20181017134938	2018-10-17	13:49:38	10.017	34.428	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.928,-35.054,-34.981
object20181017140725	2018-10-17	14:07:25	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.054,-34.931,-35.003
object20181017141233	2018-10-17	14:12:33	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.966,-34.969,-35.072
object20181017141245	2018-10-17	14:12:45	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.966,-34.956,-35.05

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181017141257	2018-10-17	14:12:57	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.975,-34.962,-35.05
object20181017141310	2018-10-17	14:13:10	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.956,-34.962,-35.057
object20181017141322	2018-10-17	14:13:22	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.947,-34.972,-35.054
object20181017141334	2018-10-17	14:13:34	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.95,-34.972,-35.041
object20181017141347	2018-10-17	14:13:47	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.937,-34.969,-35.032
object20181017141410	2018-10-17	14:14:10	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.937,-34.969,-35.028
object20181017141422	2018-10-17	14:14:22	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.931,-34.969,-35.013
object20181017141434	2018-10-17	14:14:34	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.953,-34.962,-35.019
object20181017141447	2018-10-17	14:14:47	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.931,-34.975,-35.01
object20181017141459	2018-10-17	14:14:59	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.937,-34.956,-35.01
object20181017141512	2018-10-17	14:15:12	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.944,-34.969,-35.0
object20181017141524	2018-10-17	14:15:24	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.8	-34.944,-34.959,-34.997
object20181017141955	2018-10-17	14:19:55	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.696	-35.063,-34.969,-34.966
object20181017142014	2018-10-17	14:20:14	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.696	-35.054,-34.975,-34.981
object20181017142034	2018-10-17	14:20:34	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.696	-35.066,-34.984,-35.0
object20181017142100	2018-10-17	14:21:00	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.696	-35.06,-34.975,-35.016
object20181017142132	2018-10-17	14:21:32	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.759	-35.05,-34.972,-35.028
object20181017142150	2018-10-17	14:21:50	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.759	-35.063,-34.984,-35.035
object20181017142219	2018-10-17	14:22:19	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.759	-35.044,-34.984,-35.044
object20181017142328	2018-10-17	14:23:28	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.823	-35.016,-34.991,-35.06
object20181017142344	2018-10-17	14:23:44	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.823	-35.032,-34.991,-35.057
object20181017142408	2018-10-17	14:24:08	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.823	-35.013,-35.01,-35.069
object20181017142442	2018-10-17	14:24:42	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.019,-34.984,-35.044
object20181017142506	2018-10-17	14:25:06	10.012	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.041,-35.01,-35.05
object20181017142531	2018-10-17	14:25:31	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.013,-35.003,-35.044
object20181017142625	2018-10-17	14:26:25	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.95	-35.032,-35.016,-35.028
object20181017142641	2018-10-17	14:26:41	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.95	-35.041,-35.006,-35.038
object20181017142713	2018-10-17	14:27:13	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.95	-35.019,-35.01,-35.028
object20181017142758	2018-10-17	14:27:58	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.013	-35.041,-35.016,-35.006
object20181017142824	2018-10-17	14:28:24	10.012	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.013	-35.035,-35.022,-35.003
object20181017142843	2018-10-17	14:28:43	10.012	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.013	-35.032,-35.022,-34.997
object20181017145552	2018-10-17	14:55:53	10.017	34.428	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.077	-35.047,-35.082,-35.038
object20181017150828	2018-10-17	15:08:28	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.077	-35.019,-35.094,-35.01
object20181017150934	2018-10-17	15:09:34	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.077	-35.038,-35.085,-35.019
object20181017151056	2018-10-17	15:10:56	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.077	-35.047,-35.079,-35.025
object20181017151152	2018-10-17	15:11:52	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	4.013	-35.066,-35.091,-35.032
object20181017151251	2018-10-17	15:12:51	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.95	-35.066,-35.101,-35.035
object20181017151333	2018-10-17	15:13:33	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.047,-35.085,-35.044
object20181017151402	2018-10-17	15:14:02	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.823	-35.05,-35.107,-35.041
object20181017151431	2018-10-17	15:14:31	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.759	-35.035,-35.098,-35.044
object20181017151500	2018-10-17	15:15:00	0.0	0.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.696	-35.044,-35.098,-35.054
object20181017153310	2018-10-17	15:33:10	0.0	0.0	u,Rc	30.0,10.0	3.886	-35.06,-35.066
object20181017153626	2018-10-17	15:36:26	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.06,-35.05,-35.047
object20181017153936	2018-10-17	15:39:36	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.962,-35.082,-35.006
object20181017154116	2018-10-17	15:41:16	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.972,-35.088,-34.988
object20181017154519	2018-10-17	15:45:19	0.0	0.0	u,Rc	60.0,40.0	3.886	-34.984,-35.088
object20181017154835	2018-10-17	15:48:35	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.991,-35.028,-34.953
object20181017155253	2018-10-17	15:52:53	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.953,-34.969,-34.969
object20181017155554	2018-10-17	15:55:54	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.006,-35.079,-34.962
object20181017160132	2018-10-17	16:01:32	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.06,-35.035,-34.984
object20181017160414	2018-10-17	16:04:14	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.041,-35.028,-35.003

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181017160926	2018-10-17	16:09:26	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.324,-35.129,-35.33
object20181017161814	2018-10-17	16:18:14	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.428,-35.069,-35.55
object20181017162134	2018-10-17	16:21:34	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.767,-35.069,-34.859
object20181017162956	2018-10-17	16:29:56	0.0	0.0	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.934,-35.054,-34.997
object20181017163609	2018-10-17	16:36:10	0.0	0.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.934,-34.896,-34.991
object20181017170321	2018-10-17	17:03:21	311.25	-10.709	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.063,-35.069,-35.05
object20181017171734	2018-10-17	17:17:34	58.621	0.052	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.906,-35.082,-34.903
object20181017172025	2018-10-17	17:20:25	58.621	0.052	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.94,-35.047,-34.953
object20181017172200	2018-10-17	17:22:00	58.621	0.052	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.959,-35.041,-34.94
object20181017172606	2018-10-17	17:26:06	13.85	0.769	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.016,-35.032,-34.997
object20181017172828	2018-10-17	17:28:28	13.85	0.769	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.069,-35.072,-35.088
object20181017173010	2018-10-17	17:30:10	13.85	0.769	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.025,-35.094,-35.038
object20181017173342	2018-10-17	17:33:42	101.442	44.768	u,Rc	60.0,40.0	3.886	-34.944,-35.025
object20181017174026	2018-10-17	17:40:26	101.442	44.768	u,Rc	60.0,40.0	3.886	-34.94,-34.966
object20181017174241	2018-10-17	17:42:41	101.442	44.768	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.991,-35.11,-34.972
object20181017174410	2018-10-17	17:44:10	101.442	44.768	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.975,-35.107,-34.962
object20181017174946	2018-10-17	17:49:47	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.142,-35.032,-35.258
object20181017175234	2018-10-17	17:52:34	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.072,-35.16,-35.333
object20181017175441	2018-10-17	17:54:41	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.013,-35.006,-35.283
object20181017175558	2018-10-17	17:55:58	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-35.019,-35.079,-35.217
object20181017175813	2018-10-17	17:58:13	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.094,-35.126,-35.085
object20181017175928	2018-10-17	17:59:28	0.771	-2.813	u,Rc	60.0,40.0	3.886	-35.066,-35.104
object20181017180044	2018-10-17	18:00:44	0.771	-2.813	u,Rc	60.0,40.0	3.886	-35.041,-35.079
object20181017180226	2018-10-17	18:02:31	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-34.994,-35.072,-34.994
object20181017180351	2018-10-17	18:03:51	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.886	-35.003,-35.066,-35.006
object20181017180532	2018-10-17	18:05:32	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.984,-35.085,-34.994
object20181017180653	2018-10-17	18:06:53	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.956,-35.116,-34.972
object20181017180819	2018-10-17	18:08:19	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.915,-35.098,-34.94
object20181017180948	2018-10-17	18:09:48	0.771	-2.813	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.886	-34.947,-35.072,-34.969
object20181018120211	2018-10-18	12:02:11	330.0	40.0	u,Rc,Ic	4.0,0.1,0.1	3.886	-35.069,-34.205,-35.038
object20181018120319	2018-10-18	12:03:19	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.142,-34.5,-35.201
object20181018120347	2018-10-18	12:03:47	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.154,-34.651,-35.245
object20181018120406	2018-10-18	12:04:06	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.16,-34.764,-35.277
object20181018120422	2018-10-18	12:04:22	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.138,-34.859,-35.321
object20181018120437	2018-10-18	12:04:37	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.164,-34.981,-35.327
object20181018120457	2018-10-18	12:04:57	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.151,-35.094,-35.346
object20181018120509	2018-10-18	12:05:09	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.148,-35.17,-35.377
object20181018120531	2018-10-18	12:05:31	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.176,-35.283,-35.39
object20181018120553	2018-10-18	12:05:53	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.173,-35.349,-35.412
object20181018120611	2018-10-18	12:06:11	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.189,-35.409,-35.428
object20181018120626	2018-10-18	12:06:26	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.189,-35.446,-35.44
object20181018120640	2018-10-18	12:06:40	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.176,-35.462,-35.465
object20181018120654	2018-10-18	12:06:54	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.17,-35.481,-35.462
object20181018120711	2018-10-18	12:07:11	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.198,-35.494,-35.494
object20181018120724	2018-10-18	12:07:24	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.189,-35.5,-35.512
object20181018120756	2018-10-18	12:07:56	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.204,-35.49,-35.55
object20181018120811	2018-10-18	12:08:11	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.226,-35.487,-35.572
object20181018120823	2018-10-18	12:08:23	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.223,-35.462,-35.594
object20181018120846	2018-10-18	12:08:46	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.223,-35.437,-35.613
object20181018120859	2018-10-18	12:08:59	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.242,-35.412,-35.632
object20181018120914	2018-10-18	12:09:14	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.242,-35.368,-35.638

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181018120937	2018-10-18	12:09:37	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.245,-35.333,-35.651
object20181018120955	2018-10-18	12:09:55	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.248,-35.264,-35.666
object20181018121013	2018-10-18	12:10:13	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.0,0.0	3.886	-35.252,-35.201,-35.688
object20181018121030	2018-10-18	12:10:30	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.248,-35.132,-35.71
object20181018121117	2018-10-18	12:11:17	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.27,-34.981,-35.767
object20181018121217	2018-10-18	12:12:17	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.274,-34.846,-35.808
object20181018121255	2018-10-18	12:12:55	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.28,-34.852,-35.842
object20181018121310	2018-10-18	12:13:10	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.27,-34.865,-35.842
object20181018121335	2018-10-18	12:13:35	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.261,-34.925,-35.839
object20181018121358	2018-10-18	12:13:58	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.267,-34.962,-35.864
object20181018121432	2018-10-18	12:14:32	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.264,-35.035,-35.874
object20181018121446	2018-10-18	12:14:46	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.255,-35.066,-35.874
object20181018121508	2018-10-18	12:15:08	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.252,-35.107,-35.877
object20181018121521	2018-10-18	12:15:21	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,0.3,0.3	3.886	-35.252,-35.116,-35.886
object20181018121555	2018-10-18	12:15:55	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,0.3	3.886	-35.236,-35.16,-35.88
object20181018121625	2018-10-18	12:16:25	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,0.3	3.886	-35.223,-35.17,-35.88
object20181018121642	2018-10-18	12:16:42	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,0.3	3.886	-35.22,-35.145,-35.864
object20181018121656	2018-10-18	12:16:56	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,0.3	3.886	-35.204,-35.12,-35.864
object20181018121723	2018-10-18	12:17:23	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.201,-35.085,-35.852
object20181018121741	2018-10-18	12:17:41	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.179,-35.06,-35.833
object20181018121808	2018-10-18	12:18:08	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.154,-35.035,-35.836
object20181018121822	2018-10-18	12:18:22	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.148,-35.038,-35.824
object20181018121840	2018-10-18	12:18:40	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.126,-35.022,-35.817
object20181018121909	2018-10-18	12:19:09	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.088,-35.016,-35.798
object20181018121923	2018-10-18	12:19:23	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.072,-35.016,-35.805
object20181018121943	2018-10-18	12:19:43	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,0.3,1.0	3.886	-35.063,-35.006,-35.776
object20181018122003	2018-10-18	12:20:03	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.044,-35.003,-35.754
object20181018122030	2018-10-18	12:20:30	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.05,-34.997,-35.739
object20181018122115	2018-10-18	12:21:15	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.038,-35.006,-35.714
object20181018122151	2018-10-18	12:21:51	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.041,-35.016,-35.657
object20181018122208	2018-10-18	12:22:08	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,1.0	3.886	-35.025,-35.019,-35.648
object20181018122239	2018-10-18	12:22:39	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,3.0	3.886	-35.044,-35.028,-35.629
object20181018122255	2018-10-18	12:22:55	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,1.0,3.0	3.886	-35.057,-35.025,-35.613
object20181018122327	2018-10-18	12:23:27	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.063,-35.041,-35.591
object20181018122341	2018-10-18	12:23:41	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.063,-35.044,-35.572
object20181018122406	2018-10-18	12:24:06	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.072,-35.06,-35.547
object20181018122423	2018-10-18	12:24:23	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.076,-35.06,-35.534
object20181018122442	2018-10-18	12:24:42	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.076,-35.082,-35.519
object20181018122517	2018-10-18	12:25:17	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.057,-35.091,-35.465
object20181018122617	2018-10-18	12:26:17	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.069,-35.098,-35.355
object20181018122636	2018-10-18	12:26:36	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.079,-35.098,-35.327
object20181018122653	2018-10-18	12:26:53	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.072,-35.094,-35.286
object20181018122710	2018-10-18	12:27:10	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.069,-35.098,-35.27
object20181018122729	2018-10-18	12:27:29	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.082,-35.098,-35.248
object20181018122747	2018-10-18	12:27:47	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.079,-35.101,-35.223
object20181018122818	2018-10-18	12:28:18	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.094,-35.11,-35.189
object20181018122848	2018-10-18	12:28:48	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.101,-35.104,-35.145
object20181018122914	2018-10-18	12:29:14	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.11,-35.104,-35.11
object20181018123006	2018-10-18	12:30:06	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.091,-35.088,-35.044
object20181018123020	2018-10-18	12:30:20	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.063,-35.085,-35.032
object20181018123036	2018-10-18	12:30:36	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,5.0,5.0	3.886	-35.069,-35.079,-35.022

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181018123057	2018-10-18	12:30:57	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.082,-35.085,-35.019
object20181018123110	2018-10-18	12:31:10	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.066,-35.085,-35.019
object20181018123122	2018-10-18	12:31:22	330.0	40.0	u,Rc,Ic	5.0,2.0,3.0	3.886	-35.06,-35.072,-35.025
object20181018123148	2018-10-18	12:31:48	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.057,-35.088,-35.038
object20181018123159	2018-10-18	12:31:59	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.05,-35.088,-35.038
object20181018123209	2018-10-18	12:32:09	330.0	40.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.05,-35.094,-35.057
object20181018123535	2018-10-18	12:35:35	297.592	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.035,-35.066,-35.013
object20181018123617	2018-10-18	12:36:17	297.767	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.028,-35.05,-34.969
object20181018123718	2018-10-18	12:37:19	298.025	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.988,-35.05,-34.884
object20181018123731	2018-10-18	12:37:31	298.079	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-35.0,-35.032,-34.881
object20181018123743	2018-10-18	12:37:43	298.129	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.975,-35.025,-34.849
object20181018123755	2018-10-18	12:37:55	298.175	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.975,-35.022,-34.84
object20181018123807	2018-10-18	12:38:07	298.225	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.959,-35.028,-34.824
object20181018123818	2018-10-18	12:38:18	298.275	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.95,-35.022,-34.815
object20181018123833	2018-10-18	12:38:33	298.342	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.944,-35.01,-34.805
object20181018123845	2018-10-18	12:38:45	298.387	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.937,-35.013,-34.796
object20181018123858	2018-10-18	12:38:58	298.438	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.956,-35.013,-34.786
object20181018123910	2018-10-18	12:39:10	298.492	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.944,-35.013,-34.764
object20181018124250	2018-10-18	12:42:50	299.413	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.915,-34.881,-34.701
object20181018124335	2018-10-18	12:43:35	299.6	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.918,-34.903,-34.692
object20181018124423	2018-10-18	12:44:23	299.796	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.918,-34.944,-34.698
object20181018124436	2018-10-18	12:44:36	299.85	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.94,-34.95,-34.708
object20181018124449	2018-10-18	12:44:49	299.904	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.922,-34.959,-34.705
object20181018124502	2018-10-18	12:45:02	299.958	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.94,-34.972,-34.711
object20181018124516	2018-10-18	12:45:16	300.021	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.937,-34.975,-34.714
object20181018124530	2018-10-18	12:45:30	300.075	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.931,-34.975,-34.72
object20181018124549	2018-10-18	12:45:49	300.15	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.944,-34.984,-34.708
object20181018124602	2018-10-18	12:46:02	300.208	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.944,-34.978,-34.723
object20181018124614	2018-10-18	12:46:14	300.258	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.925,-34.994,-34.711
object20181018124626	2018-10-18	12:46:26	300.312	32.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.934,-34.997,-34.73
object20181018125731	2018-10-18	12:57:31	342.95	18.102	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.886	-34.988,-35.082,-35.582
object20181018130302	2018-10-18	13:03:02	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.138,-35.098,-35.456
object20181018130312	2018-10-18	13:03:12	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.148,-35.085,-35.443
object20181018130324	2018-10-18	13:03:24	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.16,-35.091,-35.421
object20181018130335	2018-10-18	13:03:35	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.151,-35.094,-35.418
object20181018130345	2018-10-18	13:03:45	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.157,-35.088,-35.409
object20181018130355	2018-10-18	13:03:55	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.145,-35.098,-35.402
object20181018130405	2018-10-18	13:04:05	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.154,-35.113,-35.39
object20181018130427	2018-10-18	13:04:27	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.148,-35.11,-35.358
object20181018130437	2018-10-18	13:04:37	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.132,-35.091,-35.34
object20181018130447	2018-10-18	13:04:47	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.123,-35.101,-35.33
object20181018130458	2018-10-18	13:04:58	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.123,-35.113,-35.308
object20181018130509	2018-10-18	13:05:09	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.107,-35.104,-35.305
object20181018130520	2018-10-18	13:05:20	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.104,-35.098,-35.286
object20181018130530	2018-10-18	13:05:31	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.082,-35.104,-35.274
object20181018131456	2018-10-18	13:14:56	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.076,-35.098,-35.076
object20181018131511	2018-10-18	13:15:11	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.063,-35.098,-35.085
object20181018131526	2018-10-18	13:15:26	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.072,-35.076,-35.091
object20181018131541	2018-10-18	13:15:41	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.088,-35.088,-35.094
object20181018131557	2018-10-18	13:15:57	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.082,-35.088,-35.088
object20181018131614	2018-10-18	13:16:14	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.069,-35.082,-35.072

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181018131632	2018-10-18	13:16:32	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.057,-35.072,-35.079
object20181018131649	2018-10-18	13:16:49	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.044,-35.076,-35.057
object20181018131701	2018-10-18	13:17:01	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.054,-35.069,-35.041
object20181018131718	2018-10-18	13:17:18	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.057,-35.063,-35.032
object20181018131733	2018-10-18	13:17:33	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.054,-35.079,-35.025
object20181018131750	2018-10-18	13:17:50	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.057,-35.063,-35.016
object20181018131806	2018-10-18	13:18:06	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.047,-35.076,-35.006
object20181018131821	2018-10-18	13:18:21	342.95	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.8	-35.041,-35.069,-34.997
object20181018134250	2018-10-18	13:42:50	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.696	-35.047,-35.079,-35.054
object20181018134303	2018-10-18	13:43:03	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.759	-35.072,-35.085,-35.063
object20181018134336	2018-10-18	13:43:36	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.823	-35.06,-35.082,-35.05
object20181018134349	2018-10-18	13:43:49	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.886	-35.06,-35.094,-35.057
object20181018134402	2018-10-18	13:44:02	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.95	-35.072,-35.088,-35.054
object20181018134414	2018-10-18	13:44:14	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	4.013	-35.06,-35.091,-35.047
object20181018134427	2018-10-18	13:44:27	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	4.077	-35.038,-35.11,-35.057
object20181018134603	2018-10-18	13:46:03	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	4.077	-35.047,-35.091,-35.05
object20181018134615	2018-10-18	13:46:15	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	4.013	-35.063,-35.091,-35.054
object20181018134628	2018-10-18	13:46:28	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.95	-35.05,-35.085,-35.063
object20181018134641	2018-10-18	13:46:41	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.886	-35.066,-35.082,-35.063
object20181018134654	2018-10-18	13:46:54	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.823	-35.066,-35.088,-35.06
object20181018134706	2018-10-18	13:47:06	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.759	-35.063,-35.072,-35.06
object20181018134719	2018-10-18	13:47:19	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.696	-35.06,-35.072,-35.054
object20181018135534	2018-10-18	13:55:34	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.791	-35.088,-35.085,-35.06
object20181018135547	2018-10-18	13:55:47	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.823	-35.076,-35.088,-35.066
object20181018135559	2018-10-18	13:55:59	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.854	-35.079,-35.091,-35.06
object20181018135612	2018-10-18	13:56:12	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.886	-35.082,-35.085,-35.072
object20181018135625	2018-10-18	13:56:25	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.918	-35.072,-35.104,-35.057
object20181018135637	2018-10-18	13:56:37	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.95	-35.069,-35.094,-35.069
object20181018135650	2018-10-18	13:56:50	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.981	-35.072,-35.082,-35.066
object20181018135711	2018-10-18	13:57:11	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.981	-35.063,-35.088,-35.063
object20181018135724	2018-10-18	13:57:24	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.95	-35.063,-35.082,-35.063
object20181018135737	2018-10-18	13:57:37	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.918	-35.054,-35.076,-35.06
object20181018135750	2018-10-18	13:57:50	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.886	-35.044,-35.085,-35.054
object20181018135802	2018-10-18	13:58:02	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.854	-35.057,-35.091,-35.05
object20181018135815	2018-10-18	13:58:15	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.823	-35.044,-35.101,-35.054
object20181018135829	2018-10-18	13:58:29	342.946	18.102	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.791	-35.044,-35.101,-35.054
object20181018140647	2018-10-18	14:06:47	305.208	-0.583	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.204,-35.116,-35.066
object20181018140957	2018-10-18	14:09:57	305.208	-0.583	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.23,-35.076,-35.072
object20181018141512	2018-10-18	14:15:12	305.208	-0.583	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.044,-35.079,-35.06
object20181018142012	2018-10-18	14:20:12	305.208	-0.583	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.082,-35.094,-35.076
object20181018142302	2018-10-18	14:23:02	33.896	1.764	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.025,-35.094,-35.028
object20181018143504	2018-10-18	14:35:04	330.496	62.069	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.966,-34.915,-34.981
object20181018143602	2018-10-18	14:36:02	330.496	62.069	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.994,-34.934,-35.035
object20181018144102	2018-10-18	14:41:02	330.496	62.069	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.969,-34.966,-35.035
object20181018144602	2018-10-18	14:46:02	330.496	62.069	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-35.05,-35.044,-35.054
object20181018145013	2018-10-18	14:50:13	251.604	0.991	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.988,-35.11,-35.025
object20181018145131	2018-10-18	14:51:31	251.604	0.991	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-35.041,-35.082,-35.107
object20181018145631	2018-10-18	14:56:31	251.604	0.991	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-35.176,-35.098,-35.16
object20181018150131	2018-10-18	15:01:31	251.604	0.991	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-35.054,-35.101,-35.066
object20181018150531	2018-10-18	15:05:31	45.6	1.229	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-35.013,-35.088,-34.988
object20181018150635	2018-10-18	15:06:35	45.596	1.229	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.988,-35.101,-34.925

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181018151135	2018-10-18	15:11:35	45.6	1.229	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.959,-35.006,-34.984
object20181018151635	2018-10-18	15:16:35	45.6	1.229	u,Rc,Ic	3.0,0.5,0.5	3.94	-34.95,-34.893,-34.956
object20181018153647	2018-10-18	15:36:47	279.387	38.806	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.94	-35.0,-35.0,-35.038
object20181018154102	2018-10-18	15:41:02	279.387	38.806	u,Rc,Ic	0.5,0.0,0.0	3.94	-35.069,-35.047,-35.057
object20181018154356	2018-10-18	15:43:56	310.517	45.353	u,Rc,Ic	0.5,0.0,0.0	3.94	-35.05,-35.091,-35.035
object20181018155057	2018-10-18	15:50:57	310.562	45.306	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.94	-34.937,-35.072,-35.025
object20181018155249	2018-10-18	15:52:49	310.671	45.306	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.94	-34.947,-35.069,-34.975
object20181018155440	2018-10-18	15:54:40	310.454	45.306	u,Rc,Ic	1.0,0.1,0.1	3.94	-34.956,-35.085,-34.937
object20181018155942	2018-10-18	15:59:42	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	1.84	-34.956,-35.06,-34.956
object20181018155957	2018-10-18	15:59:57	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	1.84	-34.953,-35.057,-34.959
object20181018160050	2018-10-18	16:00:51	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	1.84	-34.959,-35.044,-34.966
object20181018160132	2018-10-18	16:01:32	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	2.89	-34.956,-35.05,-34.959
object20181018160148	2018-10-18	16:01:48	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	2.89	-34.969,-35.057,-34.959
object20181018160207	2018-10-18	16:02:07	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	2.89	-34.962,-35.044,-34.969
object20181018160244	2018-10-18	16:02:44	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	3.94	-34.959,-35.047,-34.969
object20181018160256	2018-10-18	16:02:56	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	3.94	-34.966,-35.044,-34.972
object20181018160316	2018-10-18	16:03:16	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	3.94	-34.962,-35.044,-34.966
object20181018160342	2018-10-18	16:03:42	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	4.99	-34.956,-35.044,-34.959
object20181018160355	2018-10-18	16:03:55	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	4.99	-34.984,-35.044,-34.972
object20181018160428	2018-10-18	16:04:28	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	4.99	-34.959,-35.05,-34.972
object20181018160515	2018-10-18	16:05:15	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	6.04	-34.966,-35.038,-34.972
object20181018160528	2018-10-18	16:05:28	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	6.04	-34.95,-35.047,-34.972
object20181018160541	2018-10-18	16:05:41	310.454	45.306	u,Rc,Ic	0.7,0.0,0.0	6.04	-34.962,-35.054,-34.981
object20181018160846	2018-10-18	16:08:46	312.683	44.135	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-34.966,-35.038,-34.947
object20181018161307	2018-10-18	16:13:07	316.35	44.089	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.028,-35.022,-34.991
object20181018161501	2018-10-18	16:15:01	316.35	44.175	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.044,-35.022,-34.994
object20181018161650	2018-10-18	16:16:50	316.35	44.175	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.035,-35.013,-34.978
object20181018161803	2018-10-18	16:18:03	316.35	44.135	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.047,-34.997,-34.984
object20181018161948	2018-10-18	16:19:48	316.35	43.935	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.057,-34.978,-34.988
object20181018162125	2018-10-18	16:21:25	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.041,-34.956,-35.01
object20181018162329	2018-10-18	16:23:29	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	1.84	-35.016,-34.934,-35.003
object20181018162346	2018-10-18	16:23:46	316.354	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	1.84	-35.006,-34.937,-35.003
object20181018162403	2018-10-18	16:24:03	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	1.84	-35.006,-34.928,-35.003
object20181018162429	2018-10-18	16:24:29	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	2.89	-34.994,-34.925,-34.994
object20181018162444	2018-10-18	16:24:44	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	2.89	-34.991,-34.925,-34.997
object20181018162459	2018-10-18	16:24:59	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	2.89	-35.0,-34.931,-34.991
object20181018162525	2018-10-18	16:25:25	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-34.984,-34.934,-34.984
object20181018162538	2018-10-18	16:25:38	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-34.991,-34.922,-34.997
object20181018162550	2018-10-18	16:25:51	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-34.984,-34.925,-34.997
object20181018162617	2018-10-18	16:26:17	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	4.99	-34.975,-34.934,-34.984
object20181018162632	2018-10-18	16:26:32	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	4.99	-34.981,-34.931,-34.975
object20181018162654	2018-10-18	16:26:54	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	4.99	-34.969,-34.94,-34.984
object20181018162728	2018-10-18	16:27:28	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	6.04	-34.95,-34.947,-34.994
object20181018162742	2018-10-18	16:27:42	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	6.04	-34.944,-34.956,-34.988
object20181018162803	2018-10-18	16:28:03	316.35	43.972	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	6.04	-34.956,-34.95,-34.991
object20181018164309	2018-10-18	16:43:09	95.263	78.358	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.94	-35.05,-35.104,-34.972
object20181018165033	2018-10-18	16:50:33	95.263	78.358	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.94	-35.072,-35.154,-35.01
object20181018165552	2018-10-18	16:55:53	95.263	78.358	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.94	-35.044,-35.091,-35.044
object20181018165801	2018-10-18	16:58:01	95.263	78.358	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.94	-35.032,-35.289,-35.025
object20181018170011	2018-10-18	17:00:11	95.263	78.358	Rc,Ic	120.0,120.0	3.94	-35.088,-35.019
object20181018183743	2018-10-18	18:37:43	26.575	0.0	u,Rc,Ic	3.0,1.0,1.0	3.94	-34.972,-35.01,-34.962

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181019104916	2018-10-19	10:49:17	270.208	0.0	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.94	-11.529,-11.913,-11.045
object20181019105231	2018-10-19	10:52:31	271.025	0.0	u,Ic	60.0,60.0	3.94	-10.385,-9.823
object20181019105643	2018-10-19	10:56:43	272.079	0.0	u,Ic	60.0,60.0	3.94	-9.936,-9.628
object20181019110200	2018-10-19	11:02:00	273.4	0.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.94	-10.37,-11.375,-10.194
object20181019110443	2018-10-19	11:04:43	274.087	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.94	-13.959,-14.273,-13.984
object20181019110531	2018-10-19	11:05:31	274.283	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.94	-15.455,-15.924,-15.515
object20181019133347	2018-10-19	13:33:47	353.754	40.0	u,Rc,Ic	30.0,10.0,10.0	3.94	-35.428,-36.521,-35.255
object20181019140359	2018-10-19	14:03:59	16.258	35.57	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.91	-35.0,-34.959,-35.041
object20181019141105	2018-10-19	14:11:06	5.542	38.508	u,Rc,Ic	2.0,1.0,1.0	3.91	-35.016,-35.076,-35.025
object20181019141503	2018-10-19	14:15:03	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.529	-34.981,-35.072,-35.047
object20181019141517	2018-10-19	14:15:17	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.529	-34.991,-35.082,-35.047
object20181019141530	2018-10-19	14:15:30	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.529	-34.991,-35.063,-35.06
object20181019141545	2018-10-19	14:15:45	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.656	-34.997,-35.079,-35.041
object20181019141559	2018-10-19	14:15:59	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.656	-34.997,-35.072,-35.047
object20181019141612	2018-10-19	14:16:12	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.656	-34.997,-35.079,-35.054
object20181019141627	2018-10-19	14:16:27	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-34.988,-35.069,-35.057
object20181019141641	2018-10-19	14:16:41	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.0,-35.069,-35.054
object20181019141654	2018-10-19	14:16:54	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-34.994,-35.072,-35.06
object20181019141709	2018-10-19	14:17:09	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-34.997,-35.076,-35.054
object20181019141723	2018-10-19	14:17:23	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.01,-35.079,-35.047
object20181019141736	2018-10-19	14:17:36	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.006,-35.088,-35.047
object20181019141752	2018-10-19	14:17:52	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.016,-35.085,-35.044
object20181019141805	2018-10-19	14:18:05	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.0,-35.094,-35.038
object20181019141818	2018-10-19	14:18:18	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.006,-35.098,-35.038
object20181019141834	2018-10-19	14:18:34	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.164	-35.01,-35.091,-35.028
object20181019141847	2018-10-19	14:18:47	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.164	-35.013,-35.098,-35.041
object20181019141900	2018-10-19	14:19:00	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.164	-34.994,-35.091,-35.041
object20181019141916	2018-10-19	14:19:16	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.291	-35.016,-35.104,-35.025
object20181019141929	2018-10-19	14:19:29	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.291	-35.003,-35.104,-35.032
object20181019141942	2018-10-19	14:19:42	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.291	-35.006,-35.098,-35.038
object20181019142004	2018-10-19	14:20:04	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.291	-35.013,-35.11,-35.038
object20181019142018	2018-10-19	14:20:18	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.291	-35.016,-35.116,-35.032
object20181019142031	2018-10-19	14:20:31	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.291	-35.022,-35.104,-35.035
object20181019142046	2018-10-19	14:20:46	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.164	-35.038,-35.094,-35.035
object20181019142100	2018-10-19	14:21:00	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.164	-35.028,-35.11,-35.041
object20181019142113	2018-10-19	14:21:13	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.164	-35.025,-35.101,-35.041
object20181019142128	2018-10-19	14:21:28	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.044,-35.088,-35.035
object20181019142142	2018-10-19	14:21:42	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.025,-35.088,-35.038
object20181019142155	2018-10-19	14:21:55	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.032,-35.082,-35.05
object20181019142209	2018-10-19	14:22:09	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.038,-35.082,-35.05
object20181019142224	2018-10-19	14:22:24	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.032,-35.076,-35.041
object20181019142237	2018-10-19	14:22:37	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.041,-35.082,-35.05
object20181019142253	2018-10-19	14:22:53	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.044,-35.091,-35.044
object20181019142306	2018-10-19	14:23:06	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.038,-35.079,-35.044
object20181019142318	2018-10-19	14:23:18	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.035,-35.082,-35.044
object20181019142335	2018-10-19	14:23:35	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.656	-35.041,-35.079,-35.038
object20181019142348	2018-10-19	14:23:48	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.656	-35.044,-35.091,-35.044
object20181019142402	2018-10-19	14:24:02	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.656	-35.025,-35.076,-35.028
object20181019142416	2018-10-19	14:24:16	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.529	-35.01,-35.082,-35.035
object20181019142430	2018-10-19	14:24:30	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.529	-35.025,-35.079,-35.032
object20181019142444	2018-10-19	14:24:44	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.529	-35.028,-35.072,-35.025

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181019142800	2018-10-19	14:28:00	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.72	-35.057,-35.063,-35.06
object20181019142818	2018-10-19	14:28:18	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.72	-35.047,-35.069,-35.063
object20181019142831	2018-10-19	14:28:31	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.72	-35.041,-35.082,-35.082
object20181019142846	2018-10-19	14:28:46	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.05,-35.06,-35.069
object20181019142900	2018-10-19	14:29:00	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.06,-35.072,-35.066
object20181019142913	2018-10-19	14:29:13	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-35.054,-35.088,-35.072
object20181019142928	2018-10-19	14:29:28	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.847	-35.047,-35.076,-35.057
object20181019142942	2018-10-19	14:29:42	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.847	-35.057,-35.076,-35.054
object20181019142955	2018-10-19	14:29:55	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.847	-35.054,-35.082,-35.044
object20181019143011	2018-10-19	14:30:11	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.038,-35.079,-35.044
object20181019143024	2018-10-19	14:30:24	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.047,-35.082,-35.035
object20181019143037	2018-10-19	14:30:37	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.032,-35.088,-35.025
object20181019143053	2018-10-19	14:30:53	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.974	-35.041,-35.085,-35.025
object20181019143107	2018-10-19	14:31:07	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.974	-35.038,-35.079,-35.016
object20181019143120	2018-10-19	14:31:20	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.974	-35.038,-35.082,-35.013
object20181019143136	2018-10-19	14:31:36	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.035,-35.079,-35.019
object20181019143149	2018-10-19	14:31:49	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.028,-35.079,-35.006
object20181019143203	2018-10-19	14:32:03	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.016,-35.076,-35.0
object20181019143218	2018-10-19	14:32:18	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.101	-35.013,-35.082,-35.0
object20181019143231	2018-10-19	14:32:31	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.101	-35.013,-35.085,-35.0
object20181019143245	2018-10-19	14:32:45	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.101	-35.003,-35.069,-35.0
object20181019143307	2018-10-19	14:33:07	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.101	-35.003,-35.076,-34.984
object20181019143320	2018-10-19	14:33:20	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.101	-34.997,-35.079,-34.991
object20181019143333	2018-10-19	14:33:33	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.101	-35.0,-35.072,-34.972
object20181019143349	2018-10-19	14:33:49	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-34.997,-35.088,-34.969
object20181019143402	2018-10-19	14:34:02	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-34.997,-35.076,-34.975
object20181019143415	2018-10-19	14:34:15	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	4.037	-35.0,-35.082,-34.959
object20181019143430	2018-10-19	14:34:30	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.974	-34.984,-35.063,-34.953
object20181019143442	2018-10-19	14:34:42	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.974	-34.997,-35.076,-34.962
object20181019143454	2018-10-19	14:34:54	5.537	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.974	-34.994,-35.085,-34.962
object20181019143508	2018-10-19	14:35:08	5.537	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-35.003,-35.079,-34.953
object20181019143520	2018-10-19	14:35:20	5.537	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-34.997,-35.088,-34.962
object20181019143539	2018-10-19	14:35:39	5.537	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.91	-34.988,-35.082,-34.956
object20181019143555	2018-10-19	14:35:55	5.537	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.847	-34.994,-35.072,-34.953
object20181019143608	2018-10-19	14:36:08	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.847	-34.988,-35.082,-34.95
object20181019143622	2018-10-19	14:36:22	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.847	-34.981,-35.088,-34.956
object20181019143637	2018-10-19	14:36:37	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-34.988,-35.085,-34.962
object20181019143650	2018-10-19	14:36:50	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-34.988,-35.088,-34.966
object20181019143702	2018-10-19	14:37:02	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.783	-34.994,-35.088,-34.972
object20181019143715	2018-10-19	14:37:15	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.72	-35.0,-35.091,-34.959
object20181019143727	2018-10-19	14:37:27	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.72	-34.994,-35.101,-34.978
object20181019143746	2018-10-19	14:37:46	5.542	38.508	u,Rc,Ic	6.0,2.0,3.0	3.72	-35.0,-35.104,-34.981
object20181019151546	2018-10-19	15:15:46	5.537	38.508	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.886	-34.984,-35.085,-35.025
object20181019151757	2018-10-19	15:17:57	5.537	38.508	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.886	-35.013,-35.104,-35.06
object20181019152006	2018-10-19	15:20:06	5.537	38.508	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.886	-35.032,-35.12,-35.066
object20181019152215	2018-10-19	15:22:15	5.537	38.508	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.886	-35.032,-35.135,-35.032
object20181019162009	2018-10-19	16:20:09	345.163	10.828	u,Rc,Ic	20.0,20.0,20.0	3.94	-35.041,-35.091,-35.038
object20181019162049	2018-10-19	16:20:49	345.154	10.828	u,Rc,Ic	20.0,20.0,20.0	3.94	-35.041,-35.088,-35.025
object20181019163029	2018-10-19	16:30:29	345.071	10.828	u,Rc,Ic	20.0,20.0,20.0	3.94	-35.054,-35.041,-35.072
object20181019163108	2018-10-19	16:31:08	345.071	10.828	u,Rc,Ic	20.0,20.0,20.0	3.94	-35.063,-35.054,-35.063
object20181019163226	2018-10-19	16:32:26	345.071	10.828	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.94	-35.038,-35.047,-35.047

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181019164501	2018-10-19	16:45:01	0.067	6.961	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.94	-35.028,-34.966,-35.028
object20181020101724	2018-10-20	10:17:24	259.163	0.0	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.91	-31.882,-39.049,-32.093
object20181020101936	2018-10-20	10:19:36	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.762,-37.747,-32.885
object20181020101955	2018-10-20	10:19:55	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.812,-37.499,-32.954
object20181020102013	2018-10-20	10:20:13	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.869,-37.254,-32.985
object20181020102035	2018-10-20	10:20:35	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.919,-37.018,-33.017
object20181020102054	2018-10-20	10:20:54	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.948,-36.779,-33.045
object20181020102112	2018-10-20	10:21:12	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.976,-36.559,-33.064
object20181020102133	2018-10-20	10:21:33	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.998,-36.336,-33.086
object20181020102153	2018-10-20	10:21:53	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.017,-36.119,-33.08
object20181020102212	2018-10-20	10:22:12	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.02,-35.908,-33.105
object20181020102232	2018-10-20	10:22:32	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.032,-35.682,-33.095
object20181020102251	2018-10-20	10:22:51	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.02,-35.481,-33.105
object20181020102311	2018-10-20	10:23:11	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.017,-35.274,-33.102
object20181020102328	2018-10-20	10:23:28	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.001,-35.076,-33.098
object20181020102350	2018-10-20	10:23:50	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.998,-34.874,-33.095
object20181020102409	2018-10-20	10:24:09	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.001,-34.701,-33.089
object20181020102428	2018-10-20	10:24:28	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.985,-34.573,-33.102
object20181020102449	2018-10-20	10:24:49	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.985,-34.481,-33.105
object20181020102508	2018-10-20	10:25:08	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.982,-34.375,-33.108
object20181020102527	2018-10-20	10:25:27	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.966,-34.299,-33.105
object20181020102547	2018-10-20	10:25:47	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.97,-34.239,-33.117
object20181020102607	2018-10-20	10:26:07	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.951,-34.205,-33.111
object20181020102626	2018-10-20	10:26:26	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.941,-34.189,-33.111
object20181020102646	2018-10-20	10:26:46	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.935,-34.173,-33.114
object20181020102705	2018-10-20	10:27:05	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.926,-34.177,-33.12
object20181020102725	2018-10-20	10:27:25	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.904,-34.18,-33.124
object20181020102744	2018-10-20	10:27:44	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.907,-34.211,-33.136
object20181020102804	2018-10-20	10:28:04	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.91,-34.252,-33.136
object20181020102824	2018-10-20	10:28:24	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.919,-34.29,-33.152
object20181020102843	2018-10-20	10:28:43	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.919,-34.346,-33.193
object20181020102903	2018-10-20	10:29:03	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.916,-34.415,-33.215
object20181020102922	2018-10-20	10:29:22	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.941,-34.491,-33.259
object20181020102942	2018-10-20	10:29:42	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.966,-34.566,-33.296
object20181020103001	2018-10-20	10:30:01	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-32.976,-34.664,-33.337
object20181020103021	2018-10-20	10:30:21	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.017,-34.764,-33.391
object20181020103040	2018-10-20	10:30:40	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.026,-34.871,-33.432
object20181020103100	2018-10-20	10:31:00	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.07,-34.978,-33.472
object20181020103119	2018-10-20	10:31:19	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.108,-35.076,-33.535
object20181020103139	2018-10-20	10:31:39	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.146,-35.186,-33.579
object20181020103158	2018-10-20	10:31:58	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.183,-35.27,-33.617
object20181020103215	2018-10-20	10:32:15	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.196,-35.333,-33.67
object20181020103233	2018-10-20	10:32:33	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.234,-35.399,-33.708
object20181020103257	2018-10-20	10:32:57	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.262,-35.424,-33.755
object20181020103315	2018-10-20	10:33:15	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.293,-35.459,-33.79
object20181020103333	2018-10-20	10:33:33	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.312,-35.475,-33.831
object20181020103356	2018-10-20	10:33:56	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.347,-35.478,-33.881
object20181020103415	2018-10-20	10:34:15	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.372,-35.475,-33.916
object20181020103433	2018-10-20	10:34:33	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.406,-35.446,-33.941
object20181020103454	2018-10-20	10:34:54	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.419,-35.412,-33.966
object20181020103514	2018-10-20	10:35:14	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.432,-35.368,-34.013

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020103531	2018-10-20	10:35:32	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.454,-35.327,-34.026
object20181020103549	2018-10-20	10:35:49	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.46,-35.267,-34.051
object20181020103613	2018-10-20	10:36:13	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.479,-35.204,-34.085
object20181020103632	2018-10-20	10:36:32	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.507,-35.142,-34.117
object20181020103652	2018-10-20	10:36:52	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.516,-35.072,-34.142
object20181020103711	2018-10-20	10:37:11	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.529,-35.022,-34.161
object20181020103731	2018-10-20	10:37:31	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.529,-34.972,-34.18
object20181020103750	2018-10-20	10:37:50	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.529,-34.931,-34.183
object20181020103810	2018-10-20	10:38:10	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.548,-34.903,-34.211
object20181020103829	2018-10-20	10:38:29	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.545,-34.89,-34.236
object20181020103849	2018-10-20	10:38:49	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.548,-34.874,-34.246
object20181020103908	2018-10-20	10:39:08	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.567,-34.878,-34.268
object20181020103928	2018-10-20	10:39:28	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.576,-34.918,-34.283
object20181020103946	2018-10-20	10:39:46	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.598,-34.953,-34.318
object20181020104007	2018-10-20	10:40:07	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.614,-34.984,-34.346
object20181020104027	2018-10-20	10:40:27	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.658,-35.028,-34.378
object20181020104046	2018-10-20	10:40:46	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.677,-35.063,-34.412
object20181020104106	2018-10-20	10:41:06	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.696,-35.088,-34.431
object20181020104125	2018-10-20	10:41:25	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.711,-35.126,-34.459
object20181020104144	2018-10-20	10:41:44	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.737,-35.16,-34.469
object20181020104204	2018-10-20	10:42:04	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.737,-35.192,-34.488
object20181020104224	2018-10-20	10:42:24	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.768,-35.192,-34.51
object20181020104243	2018-10-20	10:42:43	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.784,-35.189,-34.522
object20181020104303	2018-10-20	10:43:03	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.781,-35.182,-34.554
object20181020104322	2018-10-20	10:43:22	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.828,-35.179,-34.598
object20181020104342	2018-10-20	10:43:42	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.859,-35.176,-34.607
object20181020104400	2018-10-20	10:44:00	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.872,-35.157,-34.651
object20181020104421	2018-10-20	10:44:21	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.9,-35.138,-34.667
object20181020104440	2018-10-20	10:44:40	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.913,-35.12,-34.705
object20181020104500	2018-10-20	10:45:00	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.922,-35.107,-34.717
object20181020104519	2018-10-20	10:45:19	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.957,-35.091,-34.739
object20181020104539	2018-10-20	10:45:39	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.941,-35.066,-34.771
object20181020104558	2018-10-20	10:45:58	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.979,-35.063,-34.774
object20181020104618	2018-10-20	10:46:18	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.972,-35.063,-34.78
object20181020104637	2018-10-20	10:46:37	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.972,-35.035,-34.774
object20181020104657	2018-10-20	10:46:57	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.985,-35.028,-34.767
object20181020104716	2018-10-20	10:47:16	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.991,-35.006,-34.764
object20181020104736	2018-10-20	10:47:36	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.963,-35.0,-34.761
object20181020104755	2018-10-20	10:47:55	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.96,-35.0,-34.736
object20181020104814	2018-10-20	10:48:14	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.938,-34.988,-34.739
object20181020104832	2018-10-20	10:48:32	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.944,-34.994,-34.72
object20181020104850	2018-10-20	10:48:50	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.938,-34.997,-34.714
object20181020104914	2018-10-20	10:49:14	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.931,-35.006,-34.717
object20181020104932	2018-10-20	10:49:32	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.922,-35.025,-34.72
object20181020104950	2018-10-20	10:49:50	259.171	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.032,-34.723
object20181020105007	2018-10-20	10:50:07	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.944,-35.035,-34.708
object20181020105032	2018-10-20	10:50:32	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.925,-35.05,-34.714
object20181020105050	2018-10-20	10:50:50	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.931,-35.057,-34.701
object20181020105108	2018-10-20	10:51:08	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.922,-35.066,-34.695
object20181020105131	2018-10-20	10:51:31	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.925,-35.06,-34.679
object20181020105150	2018-10-20	10:51:50	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.913,-35.066,-34.676

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020105210	2018-10-20	10:52:10	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.903,-35.069,-34.67
object20181020105229	2018-10-20	10:52:29	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.891,-35.076,-34.654
object20181020105249	2018-10-20	10:52:49	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.894,-35.054,-34.648
object20181020105308	2018-10-20	10:53:08	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.875,-35.06,-34.623
object20181020105328	2018-10-20	10:53:28	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.853,-35.06,-34.613
object20181020105347	2018-10-20	10:53:47	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.862,-35.057,-34.601
object20181020105407	2018-10-20	10:54:07	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.856,-35.063,-34.579
object20181020105426	2018-10-20	10:54:26	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.856,-35.054,-34.56
object20181020105445	2018-10-20	10:54:45	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.853,-35.044,-34.557
object20181020105503	2018-10-20	10:55:03	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.85,-35.041,-34.544
object20181020105525	2018-10-20	10:55:25	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.865,-35.054,-34.544
object20181020105545	2018-10-20	10:55:45	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.853,-35.044,-34.544
object20181020105604	2018-10-20	10:56:04	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.869,-35.044,-34.535
object20181020105624	2018-10-20	10:56:24	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.881,-35.028,-34.525
object20181020105643	2018-10-20	10:56:43	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.881,-35.028,-34.516
object20181020105701	2018-10-20	10:57:01	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.869,-35.025,-34.488
object20181020105719	2018-10-20	10:57:19	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.859,-35.013,-34.488
object20181020105742	2018-10-20	10:57:42	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.847,-35.003,-34.469
object20181020105801	2018-10-20	10:58:01	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.85,-35.006,-34.463
object20181020105821	2018-10-20	10:58:21	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.837,-35.0,-34.459
object20181020105840	2018-10-20	10:58:40	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.831,-35.013,-34.456
object20181020105900	2018-10-20	10:59:00	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.847,-35.022,-34.456
object20181020105920	2018-10-20	10:59:20	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.847,-35.028,-34.466
object20181020105939	2018-10-20	10:59:39	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.856,-35.047,-34.453
object20181020105959	2018-10-20	10:59:59	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.84,-35.05,-34.469
object20181020110018	2018-10-20	11:00:18	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.875,-35.05,-34.466
object20181020110038	2018-10-20	11:00:38	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.859,-35.05,-34.469
object20181020110057	2018-10-20	11:00:57	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.872,-35.05,-34.488
object20181020110116	2018-10-20	11:01:16	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.875,-35.066,-34.494
object20181020110136	2018-10-20	11:01:36	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.897,-35.076,-34.519
object20181020110156	2018-10-20	11:01:56	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.903,-35.072,-34.522
object20181020110215	2018-10-20	11:02:15	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.913,-35.082,-34.532
object20181020110235	2018-10-20	11:02:35	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.922,-35.104,-34.541
object20181020110254	2018-10-20	11:02:54	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.931,-35.094,-34.569
object20181020110314	2018-10-20	11:03:14	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.091,-34.585
object20181020110333	2018-10-20	11:03:33	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.12,-34.604
object20181020110353	2018-10-20	11:03:53	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.953,-35.113,-34.623
object20181020110412	2018-10-20	11:04:12	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.982,-35.129,-34.626
object20181020110432	2018-10-20	11:04:32	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.985,-35.135,-34.645
object20181020110451	2018-10-20	11:04:51	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.001,-35.129,-34.654
object20181020110511	2018-10-20	11:05:11	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.004,-35.132,-34.661
object20181020110530	2018-10-20	11:05:30	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.001,-35.126,-34.686
object20181020110550	2018-10-20	11:05:50	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.007,-35.126,-34.692
object20181020110609	2018-10-20	11:06:09	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.013,-35.12,-34.698
object20181020110629	2018-10-20	11:06:29	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.026,-35.113,-34.705
object20181020110649	2018-10-20	11:06:49	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.023,-35.098,-34.72
object20181020110708	2018-10-20	11:07:08	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.016,-35.094,-34.72
object20181020110728	2018-10-20	11:07:28	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.007,-35.085,-34.736
object20181020110747	2018-10-20	11:07:47	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.01,-35.076,-34.742
object20181020110807	2018-10-20	11:08:07	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.004,-35.066,-34.764
object20181020110826	2018-10-20	11:08:26	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.004,-35.06,-34.758

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020110846	2018-10-20	11:08:46	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.997,-35.066,-34.786
object20181020110905	2018-10-20	11:09:05	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.004,-35.06,-34.789
object20181020110925	2018-10-20	11:09:25	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.997,-35.063,-34.805
object20181020110944	2018-10-20	11:09:44	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.994,-35.057,-34.808
object20181020111002	2018-10-20	11:10:02	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.994,-35.066,-34.821
object20181020111020	2018-10-20	11:10:20	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.985,-35.069,-34.837
object20181020111043	2018-10-20	11:10:43	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.979,-35.066,-34.855
object20181020111103	2018-10-20	11:11:03	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.985,-35.063,-34.868
object20181020111122	2018-10-20	11:11:22	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.972,-35.079,-34.893
object20181020111142	2018-10-20	11:11:42	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.975,-35.079,-34.893
object20181020111201	2018-10-20	11:12:01	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.985,-35.076,-34.909
object20181020111218	2018-10-20	11:12:19	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.975,-35.076,-34.918
object20181020111241	2018-10-20	11:12:41	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.96,-35.101,-34.925
object20181020111300	2018-10-20	11:13:00	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.966,-35.101,-34.934
object20181020111320	2018-10-20	11:13:20	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.966,-35.104,-34.95
object20181020111339	2018-10-20	11:13:39	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.957,-35.11,-34.953
object20181020111359	2018-10-20	11:13:59	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.969,-35.123,-34.981
object20181020111417	2018-10-20	11:14:17	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.116,-34.984
object20181020111435	2018-10-20	11:14:35	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.963,-35.116,-35.003
object20181020111457	2018-10-20	11:14:57	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.129,-35.003
object20181020111517	2018-10-20	11:15:17	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.963,-35.129,-35.013
object20181020111536	2018-10-20	11:15:36	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.957,-35.129,-35.01
object20181020111556	2018-10-20	11:15:56	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.953,-35.123,-35.019
object20181020111616	2018-10-20	11:16:16	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.963,-35.113,-35.01
object20181020111633	2018-10-20	11:16:33	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.941,-35.101,-35.013
object20181020111655	2018-10-20	11:16:55	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.953,-35.091,-35.006
object20181020111714	2018-10-20	11:17:14	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.947,-35.094,-35.006
object20181020111734	2018-10-20	11:17:34	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.082,-35.019
object20181020111753	2018-10-20	11:17:53	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.953,-35.072,-35.022
object20181020111813	2018-10-20	11:18:13	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.95,-35.076,-35.016
object20181020111832	2018-10-20	11:18:32	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.953,-35.066,-35.016
object20181020111852	2018-10-20	11:18:52	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.957,-35.066,-35.035
object20181020111912	2018-10-20	11:19:12	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.966,-35.066,-35.032
object20181020111931	2018-10-20	11:19:31	259.167	0.0	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-33.982,-35.06,-35.054
object20181020112614	2018-10-20	11:26:14	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.057,-35.047,-35.349
object20181020112647	2018-10-20	11:26:47	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.073,-35.044,-35.374
object20181020112852	2018-10-20	11:28:52	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.136,-35.047,-35.484
object20181020113027	2018-10-20	11:30:27	259.217	0.047	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.8	-34.189,-35.098,-35.594
object20181020113116	2018-10-20	11:31:16	259.133	-0.119	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.217,-35.113,-35.635
object20181020113150	2018-10-20	11:31:50	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.246,-35.12,-35.654
object20181020115255	2018-10-20	11:52:55	259.217	0.047	u,Rc,Ic	1.0,1.0,1.0	3.91	-34.541,-35.088,-35.223
object20181020115351	2018-10-20	11:53:51	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.598,-35.091,-35.186
object20181020115410	2018-10-20	11:54:10	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.642,-35.091,-35.186
object20181020115430	2018-10-20	11:54:30	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.648,-35.101,-35.182
object20181020115449	2018-10-20	11:54:49	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.661,-35.104,-35.173
object20181020115509	2018-10-20	11:55:09	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.692,-35.101,-35.17
object20181020115528	2018-10-20	11:55:28	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.701,-35.107,-35.17
object20181020115548	2018-10-20	11:55:48	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.717,-35.116,-35.182
object20181020115607	2018-10-20	11:56:07	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.727,-35.116,-35.179
object20181020115627	2018-10-20	11:56:27	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.758,-35.12,-35.195
object20181020115647	2018-10-20	11:56:47	259.217	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.758,-35.126,-35.198

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020115706	2018-10-20	11:57:06	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.783,-35.12,-35.204
object20181020115726	2018-10-20	11:57:26	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.799,-35.123,-35.214
object20181020115745	2018-10-20	11:57:45	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.805,-35.123,-35.214
object20181020115805	2018-10-20	11:58:05	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.833,-35.123,-35.217
object20181020115824	2018-10-20	11:58:24	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.837,-35.12,-35.226
object20181020115844	2018-10-20	11:58:44	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.855,-35.107,-35.23
object20181020115903	2018-10-20	11:59:03	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.846,-35.101,-35.217
object20181020115923	2018-10-20	11:59:23	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.859,-35.101,-35.223
object20181020115942	2018-10-20	11:59:42	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.878,-35.11,-35.226
object20181020115959	2018-10-20	11:59:59	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.874,-35.104,-35.239
object20181020120017	2018-10-20	12:00:17	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.896,-35.101,-35.242
object20181020120041	2018-10-20	12:00:41	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.915,-35.101,-35.248
object20181020120101	2018-10-20	12:01:01	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.912,-35.104,-35.248
object20181020120120	2018-10-20	12:01:20	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.944,-35.104,-35.267
object20181020120140	2018-10-20	12:01:40	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-34.972,-35.12,-35.299
object20181020120159	2018-10-20	12:01:59	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.041,-35.123,-35.318
object20181020120219	2018-10-20	12:02:19	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.098,-35.12,-35.355
object20181020120238	2018-10-20	12:02:38	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.164,-35.138,-35.396
object20181020120258	2018-10-20	12:02:58	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.248,-35.145,-35.44
object20181020120318	2018-10-20	12:03:18	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.314,-35.167,-35.5
object20181020120337	2018-10-20	12:03:37	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.412,-35.176,-35.541
object20181020120356	2018-10-20	12:03:56	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.5,-35.189,-35.6
object20181020120414	2018-10-20	12:04:14	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.591,-35.208,-35.654
object20181020120436	2018-10-20	12:04:36	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.67,-35.198,-35.71
object20181020120455	2018-10-20	12:04:55	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.758,-35.189,-35.776
object20181020120515	2018-10-20	12:05:15	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.824,-35.182,-35.836
object20181020120534	2018-10-20	12:05:34	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.893,-35.179,-35.871
object20181020120554	2018-10-20	12:05:54	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.94,-35.179,-35.912
object20181020120614	2018-10-20	12:06:14	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.003,-35.151,-35.94
object20181020120633	2018-10-20	12:06:33	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.034,-35.138,-35.971
object20181020120653	2018-10-20	12:06:53	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.056,-35.12,-35.984
object20181020120712	2018-10-20	12:07:12	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.078,-35.11,-36.003
object20181020120732	2018-10-20	12:07:32	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.097,-35.088,-36.009
object20181020120751	2018-10-20	12:07:51	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.113,-35.085,-36.003
object20181020120811	2018-10-20	12:08:11	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.116,-35.069,-36.015
object20181020120830	2018-10-20	12:08:30	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.141,-35.072,-36.015
object20181020120850	2018-10-20	12:08:50	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.06,-36.0
object20181020120910	2018-10-20	12:09:10	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.151,-35.066,-35.996
object20181020120929	2018-10-20	12:09:29	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.144,-35.057,-35.99
object20181020120949	2018-10-20	12:09:49	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.054,-35.984
object20181020121008	2018-10-20	12:10:08	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.047,-35.974
object20181020121028	2018-10-20	12:10:28	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.057,-35.962
object20181020121047	2018-10-20	12:10:47	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.154,-35.066,-35.952
object20181020121107	2018-10-20	12:11:07	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.151,-35.06,-35.94
object20181020121126	2018-10-20	12:11:26	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.141,-35.06,-35.921
object20181020121146	2018-10-20	12:11:46	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.135,-35.069,-35.912
object20181020121206	2018-10-20	12:12:06	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.151,-35.085,-35.896
object20181020121225	2018-10-20	12:12:25	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.135,-35.082,-35.886
object20181020121244	2018-10-20	12:12:44	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.141,-35.072,-35.868
object20181020121301	2018-10-20	12:13:01	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.141,-35.082,-35.861
object20181020121319	2018-10-20	12:13:19	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.144,-35.094,-35.842

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020121343	2018-10-20	12:13:43	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.138,-35.101,-35.83
object20181020121403	2018-10-20	12:14:03	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.157,-35.101,-35.814
object20181020121422	2018-10-20	12:14:22	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.107,-35.805
object20181020121442	2018-10-20	12:14:42	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.16,-35.12,-35.795
object20181020121502	2018-10-20	12:15:02	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.154,-35.142,-35.78
object20181020121521	2018-10-20	12:15:21	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.169,-35.132,-35.77
object20181020121541	2018-10-20	12:15:41	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.138,-35.135,-35.758
object20181020121600	2018-10-20	12:16:00	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.163,-35.138,-35.736
object20181020121620	2018-10-20	12:16:20	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.16,-35.135,-35.72
object20181020121640	2018-10-20	12:16:40	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.154,-35.132,-35.698
object20181020121659	2018-10-20	12:16:59	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.154,-35.129,-35.692
object20181020121719	2018-10-20	12:17:19	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.16,-35.116,-35.66
object20181020121739	2018-10-20	12:17:39	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.166,-35.12,-35.635
object20181020121758	2018-10-20	12:17:58	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.151,-35.11,-35.61
object20181020121818	2018-10-20	12:18:18	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.104,-35.597
object20181020121837	2018-10-20	12:18:37	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.151,-35.11,-35.578
object20181020121857	2018-10-20	12:18:57	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.147,-35.091,-35.566
object20181020121917	2018-10-20	12:19:17	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.151,-35.079,-35.55
object20181020121936	2018-10-20	12:19:36	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.144,-35.091,-35.525
object20181020121956	2018-10-20	12:19:56	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.144,-35.085,-35.509
object20181020122015	2018-10-20	12:20:15	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.135,-35.082,-35.503
object20181020122035	2018-10-20	12:20:35	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.138,-35.079,-35.465
object20181020122055	2018-10-20	12:20:55	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.132,-35.085,-35.453
object20181020122114	2018-10-20	12:21:14	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.125,-35.072,-35.431
object20181020122132	2018-10-20	12:21:32	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.125,-35.079,-35.409
object20181020122153	2018-10-20	12:21:54	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.125,-35.085,-35.377
object20181020122213	2018-10-20	12:22:13	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.119,-35.079,-35.371
object20181020122235	2018-10-20	12:22:35	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.119,-35.088,-35.352
object20181020122255	2018-10-20	12:22:55	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.125,-35.079,-35.336
object20181020122315	2018-10-20	12:23:15	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.129,-35.094,-35.311
object20181020122335	2018-10-20	12:23:35	259.212	0.047	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-36.122,-35.101,-35.289
object20181020124459	2018-10-20	12:44:59	280.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.8	-36.792,-35.085,-35.182
object20181020124652	2018-10-20	12:46:52	300.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.8	-37.144,-35.101,-35.412
object20181020124922	2018-10-20	12:49:22	300.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.8	-37.697,-35.091,-35.629
object20181020131332	2018-10-20	13:13:32	330.004	10.003	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-38.822,-35.047,-34.994
object20181020131548	2018-10-20	13:15:48	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-38.609,-34.969,-34.984
object20181020131607	2018-10-20	13:16:07	330.004	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-38.58,-34.959,-34.978
object20181020131627	2018-10-20	13:16:27	330.0	10.003	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-38.521,-34.94,-34.975
object20181020131647	2018-10-20	13:16:47	329.996	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-38.48,-34.922,-34.978
object20181020131706	2018-10-20	13:17:06	330.0	9.997	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-38.429,-34.931,-34.969
object20181020132539	2018-10-20	13:25:39	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-37.405,-34.978,-35.022
object20181020132727	2018-10-20	13:27:27	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-37.238,-34.988,-35.069
object20181020132746	2018-10-20	13:27:46	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-37.222,-34.988,-35.069
object20181020132806	2018-10-20	13:28:06	330.0	10.017	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-37.166,-34.997,-35.085
object20181020132825	2018-10-20	13:28:25	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-37.15,-35.003,-35.072
object20181020132844	2018-10-20	13:28:44	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-37.119,-35.003,-35.072
object20181020133541	2018-10-20	13:35:41	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.675,-35.076,-35.057
object20181020133701	2018-10-20	13:37:01	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.559,-35.091,-35.06
object20181020133720	2018-10-20	13:37:20	330.008	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.528,-35.094,-35.057
object20181020133740	2018-10-20	13:37:40	330.0	10.017	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.496,-35.088,-35.06
object20181020133759	2018-10-20	13:37:59	329.992	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.471,-35.094,-35.06

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020133818	2018-10-20	13:38:18	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.44,-35.085,-35.063
object20181020134350	2018-10-20	13:43:50	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.119,-35.082,-35.069
object20181020134409	2018-10-20	13:44:09	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.081,-35.088,-35.066
object20181020134428	2018-10-20	13:44:28	330.0	10.017	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.059,-35.094,-35.06
object20181020134447	2018-10-20	13:44:47	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.037,-35.094,-35.057
object20181020134506	2018-10-20	13:45:06	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-36.015,-35.107,-35.05
object20181020135031	2018-10-20	13:50:31	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.638,-35.038,-35.047
object20181020135051	2018-10-20	13:50:51	330.017	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.61,-35.022,-35.044
object20181020135110	2018-10-20	13:51:10	330.0	10.017	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.572,-35.041,-35.047
object20181020135130	2018-10-20	13:51:30	329.983	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.553,-35.041,-35.047
object20181020135149	2018-10-20	13:51:49	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.528,-35.032,-35.047
object20181020135723	2018-10-20	13:57:23	330.0	10.017	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.132,-35.098,-35.05
object20181020135742	2018-10-20	13:57:42	330.017	10.033	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.107,-35.088,-35.044
object20181020135802	2018-10-20	13:58:02	330.017	10.067	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.072,-35.101,-35.05
object20181020135821	2018-10-20	13:58:21	330.0	10.083	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.063,-35.098,-35.047
object20181020135840	2018-10-20	13:58:40	330.0	10.083	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-35.035,-35.113,-35.057
object20181020140126	2018-10-20	14:01:26	330.0	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-34.997,-35.044,-35.05
object20181020140146	2018-10-20	14:01:46	330.008	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-34.997,-35.047,-35.05
object20181020140205	2018-10-20	14:02:05	330.0	10.008	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-34.997,-35.035,-35.05
object20181020140225	2018-10-20	14:02:25	329.992	10.0	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-34.984,-35.035,-35.057
object20181020140244	2018-10-20	14:02:45	330.0	9.992	u,Rc,Ic	10.0,2.0,2.0	3.91	-34.975,-35.038,-35.054
object20181020142254	2018-10-20	14:22:54	352.304	32.374	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.91	-35.016,-35.057,-35.01
object20181020142844	2018-10-20	14:28:44	352.542	32.77	u,Rc,Ic	1.0,0.5,0.5	3.91	-35.016,-35.0,-35.06
object20181020143401	2018-10-20	14:34:01	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.529	-35.038,-35.006,-35.038
object20181020143414	2018-10-20	14:34:14	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.529	-35.032,-35.016,-35.044
object20181020143426	2018-10-20	14:34:26	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.529	-35.032,-35.019,-35.044
object20181020143440	2018-10-20	14:34:40	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.656	-35.032,-35.013,-35.06
object20181020143453	2018-10-20	14:34:53	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.656	-35.022,-35.025,-35.082
object20181020143505	2018-10-20	14:35:05	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.656	-35.019,-35.013,-35.072
object20181020143519	2018-10-20	14:35:19	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.016,-35.028,-35.082
object20181020143535	2018-10-20	14:35:35	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.0,-35.025,-35.094
object20181020143548	2018-10-20	14:35:48	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.028,-35.028,-35.088
object20181020143602	2018-10-20	14:36:02	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.019,-35.038,-35.076
object20181020143615	2018-10-20	14:36:15	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.025,-35.041,-35.066
object20181020143627	2018-10-20	14:36:27	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.016,-35.032,-35.069
object20181020143641	2018-10-20	14:36:41	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.025,-35.038,-35.066
object20181020143653	2018-10-20	14:36:53	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.006,-35.044,-35.06
object20181020143707	2018-10-20	14:37:07	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.019,-35.041,-35.05
object20181020143721	2018-10-20	14:37:21	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.164	-35.022,-35.044,-35.05
object20181020143733	2018-10-20	14:37:33	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.164	-35.016,-35.044,-35.05
object20181020143745	2018-10-20	14:37:45	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.164	-35.028,-35.044,-35.041
object20181020143800	2018-10-20	14:38:00	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.291	-34.994,-35.054,-35.035
object20181020143812	2018-10-20	14:38:12	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.291	-35.013,-35.057,-35.032
object20181020143824	2018-10-20	14:38:24	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.291	-35.003,-35.057,-35.022
object20181020143845	2018-10-20	14:38:45	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.291	-34.991,-35.06,-35.013
object20181020143857	2018-10-20	14:38:57	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.291	-35.003,-35.06,-35.006
object20181020143910	2018-10-20	14:39:10	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.291	-34.988,-35.063,-35.006
object20181020143924	2018-10-20	14:39:24	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.164	-34.997,-35.063,-35.003
object20181020143936	2018-10-20	14:39:36	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.164	-34.988,-35.072,-35.0
object20181020143949	2018-10-20	14:39:49	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.164	-34.994,-35.069,-34.997
object20181020144003	2018-10-20	14:40:03	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-34.984,-35.072,-35.0

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020144015	2018-10-20	14:40:15	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-34.978,-35.085,-34.991
object20181020144027	2018-10-20	14:40:27	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-34.988,-35.072,-34.997
object20181020144042	2018-10-20	14:40:42	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-34.981,-35.082,-34.991
object20181020144054	2018-10-20	14:40:54	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-34.981,-35.088,-34.984
object20181020144106	2018-10-20	14:41:06	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-34.975,-35.085,-34.988
object20181020144121	2018-10-20	14:41:21	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-34.966,-35.088,-34.981
object20181020144133	2018-10-20	14:41:33	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-34.969,-35.094,-34.981
object20181020144146	2018-10-20	14:41:46	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-34.969,-35.079,-34.975
object20181020144200	2018-10-20	14:42:00	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.656	-34.978,-35.085,-34.975
object20181020144212	2018-10-20	14:42:12	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.656	-34.984,-35.094,-34.981
object20181020144225	2018-10-20	14:42:25	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.656	-34.966,-35.098,-34.984
object20181020144239	2018-10-20	14:42:39	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.529	-34.972,-35.107,-34.975
object20181020144251	2018-10-20	14:42:51	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.529	-34.969,-35.094,-34.981
object20181020144304	2018-10-20	14:43:04	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.529	-34.978,-35.098,-34.981
object20181020144743	2018-10-20	14:47:43	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.719	-35.025,-35.05,-34.978
object20181020144755	2018-10-20	14:47:55	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.719	-35.028,-35.05,-34.981
object20181020144808	2018-10-20	14:48:08	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.719	-35.035,-35.047,-34.994
object20181020144822	2018-10-20	14:48:22	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.032,-35.063,-34.975
object20181020144834	2018-10-20	14:48:34	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.025,-35.047,-34.981
object20181020144846	2018-10-20	14:48:46	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.032,-35.044,-34.981
object20181020144901	2018-10-20	14:49:01	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.846	-35.038,-35.054,-34.988
object20181020144913	2018-10-20	14:49:13	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.846	-35.028,-35.06,-34.984
object20181020144925	2018-10-20	14:49:25	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.846	-35.022,-35.057,-34.984
object20181020144940	2018-10-20	14:49:40	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.041,-35.047,-34.988
object20181020144952	2018-10-20	14:49:52	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.035,-35.047,-34.994
object20181020145004	2018-10-20	14:50:04	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.013,-35.054,-34.994
object20181020145019	2018-10-20	14:50:19	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.973	-35.019,-35.057,-35.0
object20181020145031	2018-10-20	14:50:31	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.973	-35.028,-35.044,-34.991
object20181020145043	2018-10-20	14:50:43	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.973	-35.032,-35.044,-35.0
object20181020145057	2018-10-20	14:50:57	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.028,-35.05,-35.003
object20181020145110	2018-10-20	14:51:10	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.022,-35.06,-35.0
object20181020145122	2018-10-20	14:51:22	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.025,-35.054,-35.01
object20181020145136	2018-10-20	14:51:36	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.1	-35.041,-35.05,-35.006
object20181020145148	2018-10-20	14:51:48	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.1	-35.022,-35.047,-35.013
object20181020145201	2018-10-20	14:52:01	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.1	-35.044,-35.054,-34.994
object20181020145221	2018-10-20	14:52:21	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.1	-35.035,-35.057,-35.01
object20181020145233	2018-10-20	14:52:34	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.1	-35.028,-35.054,-35.003
object20181020145246	2018-10-20	14:52:46	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.1	-35.041,-35.057,-35.006
object20181020145300	2018-10-20	14:53:00	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.028,-35.072,-35.019
object20181020145316	2018-10-20	14:53:16	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.032,-35.06,-35.016
object20181020145329	2018-10-20	14:53:29	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	4.037	-35.035,-35.072,-35.016
object20181020145343	2018-10-20	14:53:43	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.973	-35.05,-35.072,-35.016
object20181020145355	2018-10-20	14:53:55	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.973	-35.035,-35.069,-35.016
object20181020145408	2018-10-20	14:54:08	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.973	-35.028,-35.069,-35.01
object20181020145422	2018-10-20	14:54:22	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.019,-35.066,-35.016
object20181020145434	2018-10-20	14:54:34	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.025,-35.06,-35.025
object20181020145446	2018-10-20	14:54:46	352.542	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.91	-35.025,-35.063,-35.016
object20181020145501	2018-10-20	14:55:01	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.846	-35.035,-35.072,-35.025
object20181020145513	2018-10-20	14:55:13	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.846	-35.016,-35.079,-35.019
object20181020145525	2018-10-20	14:55:25	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.846	-35.028,-35.076,-35.022
object20181020145539	2018-10-20	14:55:39	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.028,-35.072,-35.022

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020145552	2018-10-20	14:55:52	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.022,-35.076,-35.044
object20181020145603	2018-10-20	14:56:03	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.783	-35.01,-35.085,-35.032
object20181020145618	2018-10-20	14:56:18	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.719	-35.016,-35.082,-35.032
object20181020145630	2018-10-20	14:56:30	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.719	-35.025,-35.088,-35.035
object20181020145643	2018-10-20	14:56:43	352.538	32.77	u,Rc,Ic	5.0,1.0,2.0	3.719	-35.01,-35.085,-35.038
object20181020150527	2018-10-20	15:05:27	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.057,-35.085,-35.054
object20181020150647	2018-10-20	15:06:47	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.054,-35.101,-35.05
object20181020151154	2018-10-20	15:11:54	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.019,-35.06,-35.041
object20181020151701	2018-10-20	15:17:01	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.072,-35.085,-35.054
object20181020152246	2018-10-20	15:22:46	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.101,-35.066,-35.054
object20181020152348	2018-10-20	15:23:48	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.066,-35.06,-35.05
object20181020152853	2018-10-20	15:28:53	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.05,-35.06,-35.066
object20181020153359	2018-10-20	15:33:59	344.721	13.713	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.054,-35.079,-35.05
object20181020154432	2018-10-20	15:44:32	344.483	13.611	u,Rc,Ic	1.0,1.0,0.5	3.91	-35.057,-35.088,-35.054
object20181020193658	2018-10-20	19:36:58	14.496	0.731	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.201,-35.091,-35.204
object20181020194052	2018-10-20	19:40:52	14.496	0.731	u,Rc,Ic	60.0,30.0,60.0	3.91	-35.698,-35.088,-35.679
object20181020194311	2018-10-20	19:43:11	14.496	0.731	u,Rc,Ic	60.0,30.0,60.0	3.91	-35.814,-35.101,-35.786
object20181020194433	2018-10-20	19:44:33	14.496	0.731	u,Rc,Ic	60.0,30.0,60.0	3.91	-35.88,-35.129,-35.839
object20181020194807	2018-10-20	19:48:07	111.3	-0.565	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.852,-35.025,-35.707
object20181020195034	2018-10-20	19:50:34	111.3	-0.565	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.91	-35.582,-35.057,-35.208
object20181020195153	2018-10-20	19:51:53	111.3	-0.565	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.91	-35.434,-35.098,-34.994
object20181020195307	2018-10-20	19:53:07	111.3	-0.565	u,Rc,Ic	60.0,60.0,60.0	3.91	-35.261,-35.12,-34.855
object20181020195545	2018-10-20	19:55:45	103.213	-0.337	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.016,-35.028,-34.833
object20181020195821	2018-10-20	19:58:21	103.213	-0.337	u,Rc,Ic	60.0,10.0,20.0	3.91	-34.944,-34.925,-35.01
object20181020195935	2018-10-20	19:59:35	103.213	-0.337	u,Rc,Ic	60.0,10.0,20.0	3.91	-35.0,-34.94,-35.06
object20181020200050	2018-10-20	20:00:50	103.213	-0.337	u,Rc,Ic	60.0,10.0,20.0	3.91	-34.994,-34.966,-35.066
object20181020200306	2018-10-20	20:03:06	89.633	-0.071	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.022,-35.054,-35.038
object20181020200549	2018-10-20	20:05:49	89.633	-0.071	u,Rc,Ic	60.0,20.0,15.0	3.91	-35.022,-35.107,-35.016
object20181020200701	2018-10-20	20:07:01	89.633	-0.071	u,Rc,Ic	60.0,20.0,15.0	3.91	-35.0,-35.091,-35.035
object20181020200819	2018-10-20	20:08:19	89.633	-0.071	u,Rc,Ic	60.0,20.0,15.0	3.91	-35.016,-35.088,-35.038
object20181020201147	2018-10-20	20:11:47	131.05	27.795	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.066,-35.088,-35.06
object20181020201515	2018-10-20	20:15:15	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.025,-35.05,-34.988
object20181020201757	2018-10-20	20:17:57	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.035,-35.063,-34.981
object20181020202025	2018-10-20	20:20:25	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.003,-35.066,-34.95
object20181020202238	2018-10-20	20:22:38	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.94,-35.054,-34.95
object20181020202452	2018-10-20	20:24:52	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.959,-35.041,-34.953
object20181020202712	2018-10-20	20:27:13	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.975,-35.05,-34.959
object20181020202947	2018-10-20	20:29:47	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.969,-35.076,-34.962
object20181020203227	2018-10-20	20:32:27	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.981,-35.072,-34.984
object20181020203444	2018-10-20	20:34:44	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.981,-35.063,-35.006
object20181020203654	2018-10-20	20:36:54	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.956,-35.069,-35.006
object20181020203907	2018-10-20	20:39:07	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.966,-35.066,-34.984
object20181020204119	2018-10-20	20:41:19	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.981,-35.054,-34.978
object20181020204337	2018-10-20	20:43:37	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.019,-35.069,-35.013
object20181020204549	2018-10-20	20:45:49	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.057,-35.076,-35.054
object20181020204759	2018-10-20	20:47:59	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.038,-35.107,-35.038
object20181020205014	2018-10-20	20:50:14	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.997,-35.123,-35.01
object20181020205225	2018-10-20	20:52:25	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.0,-35.145,-34.997
object20181020205614	2018-10-20	20:56:14	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.035,-35.129,-35.06
object20181020205826	2018-10-20	20:58:26	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.044,-35.261,-35.025
object20181020210038	2018-10-20	21:00:38	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.032,-35.16,-34.997

To be Continued

表 4.1:Continued

ID	DATE-OBS	UT	RA	DEC	FILTER	EXPTIME	FOC-VAL	TEMPCCD
object20181020210250	2018-10-20	21:02:50	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.994,-35.063,-34.978
object20181020210502	2018-10-20	21:05:02	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.997,-35.035,-34.975
object20181020210714	2018-10-20	21:07:14	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.997,-35.082,-35.0
object20181020210926	2018-10-20	21:09:26	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.003,-35.113,-35.016
object20181020211140	2018-10-20	21:11:40	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.006,-35.123,-35.044
object20181020211353	2018-10-20	21:13:53	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.028,-35.135,-35.044
object20181020211605	2018-10-20	21:16:05	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.054,-35.126,-35.044
object20181020211816	2018-10-20	21:18:16	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.025,-35.11,-35.032
object20181020212028	2018-10-20	21:20:28	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.028,-35.082,-35.022
object20181020212241	2018-10-20	21:22:41	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.994,-35.069,-35.01
object20181020212453	2018-10-20	21:24:53	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.003,-35.06,-35.003
object20181020212705	2018-10-20	21:27:05	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.988,-35.06,-34.997
object20181020212924	2018-10-20	21:29:24	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.006,-35.066,-35.013
object20181020213136	2018-10-20	21:31:36	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.01,-35.069,-35.025
object20181020213348	2018-10-20	21:33:48	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.0,-35.082,-35.041
object20181020213600	2018-10-20	21:36:01	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.997,-35.098,-35.035
object20181020213812	2018-10-20	21:38:12	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.019,-35.107,-35.057
object20181020214025	2018-10-20	21:40:25	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.032,-35.12,-35.041
object20181020214237	2018-10-20	21:42:37	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.025,-35.104,-35.032
object20181020214448	2018-10-20	21:44:48	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.038,-35.088,-35.028
object20181020214700	2018-10-20	21:47:00	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.044,-35.101,-35.044
object20181020214913	2018-10-20	21:49:13	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.028,-35.104,-35.032
object20181020215125	2018-10-20	21:51:25	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.984,-35.107,-35.0
object20181020215337	2018-10-20	21:53:37	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.956,-35.098,-35.016
object20181020215547	2018-10-20	21:55:47	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.978,-35.091,-35.038
object20181020215801	2018-10-20	21:58:01	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.978,-35.085,-35.05
object20181020220013	2018-10-20	22:00:13	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.01,-35.107,-35.05
object20181020220225	2018-10-20	22:02:25	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.006,-35.11,-35.032
object20181020220435	2018-10-20	22:04:35	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.975,-35.113,-34.988
object20181020220649	2018-10-20	22:06:49	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.975,-35.104,-34.975
object20181020220859	2018-10-20	22:08:59	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.978,-35.082,-34.981
object20181020221113	2018-10-20	22:11:13	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.966,-35.069,-35.0
object20181020221324	2018-10-20	22:13:24	131.05	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.991,-35.079,-35.0
object20181020221537	2018-10-20	22:15:37	131.058	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.981,-35.082,-34.988
object20181020221749	2018-10-20	22:17:49	131.05	27.803	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.962,-35.044,-34.984
object20181020222001	2018-10-20	22:20:01	131.042	27.795	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.962,-35.066,-35.006
object20181020222213	2018-10-20	22:22:13	131.05	27.787	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.959,-35.104,-35.01
object20181020222838	2018-10-20	22:28:38	85.5	30.646	u,Rc,Ic	10.0,10.0,10.0	3.91	-35.028,-35.041,-35.035
object20181020223142	2018-10-20	22:31:42	85.496	30.646	u,Rc,Ic	60.0,40.0,40.0	3.91	-35.06,-35.025,-35.057
object20181020235723	2018-10-20	23:57:23	106.733	0.0	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.991,-35.17,-35.047
object20181020235938	2018-10-20	23:59:38	106.733	0.0	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-34.944,-35.261,-35.019
object20181021000150	2018-10-21	00:01:51	106.733	0.0	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.006,-35.101,-35.013
object20181021000402	2018-10-21	00:04:02	106.729	0.0	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.236,-35.041,-35.12
object20181021000615	2018-10-21	00:06:15	106.729	0.0	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.358,-35.082,-35.094
object20181021000853	2018-10-21	00:08:53	106.725	0.0	u,Rc,Ic	120.0,120.0,120.0	3.91	-35.38,-35.157,-35.057
object20181021001110	2018-10-21	00:11:10	106.729	0.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	3.91	-35.371,-35.157,-35.044
object20181021001121	2018-10-21	00:11:21	106.729	0.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	3.91	-35.358,-35.154,-35.047
object20181021001131	2018-10-21	00:11:31	106.729	0.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	3.91	-35.355,-35.145,-35.054
object20181021001142	2018-10-21	00:11:42	106.729	0.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	3.91	-35.365,-35.132,-35.054
object20181021001152	2018-10-21	00:11:52	106.729	0.0	u,Rc,Ic	0.0,0.0,0.0	3.91	-35.349,-35.104,-35.06

end

付録 C 日付と MJD の対応表

日付	修正ユリウス日 [day]
2018-10-12	58403
2018-10-13	58404
2018-10-14	58405
2018-10-15	58406
2018-10-16	58407
2018-10-17	58408
2018-10-18	58409
2018-10-19	58410
2018-10-20	58411
2018-10-21	58412

付録 D 限界等級算出の際に作成した図

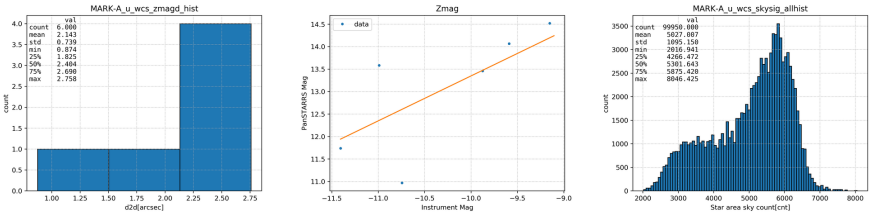

図 4.1: MARK-A における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

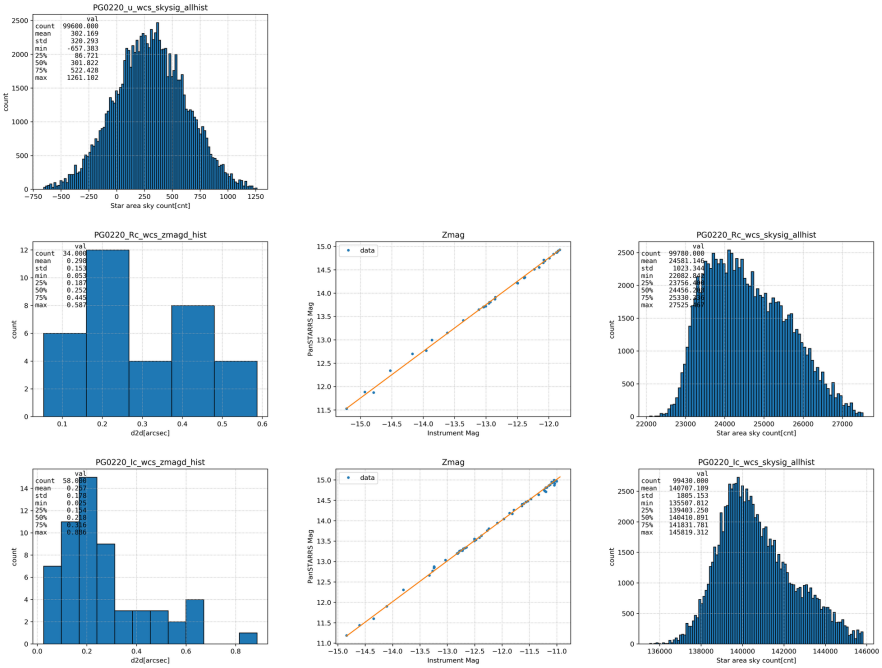

図 4.2: PG0220 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

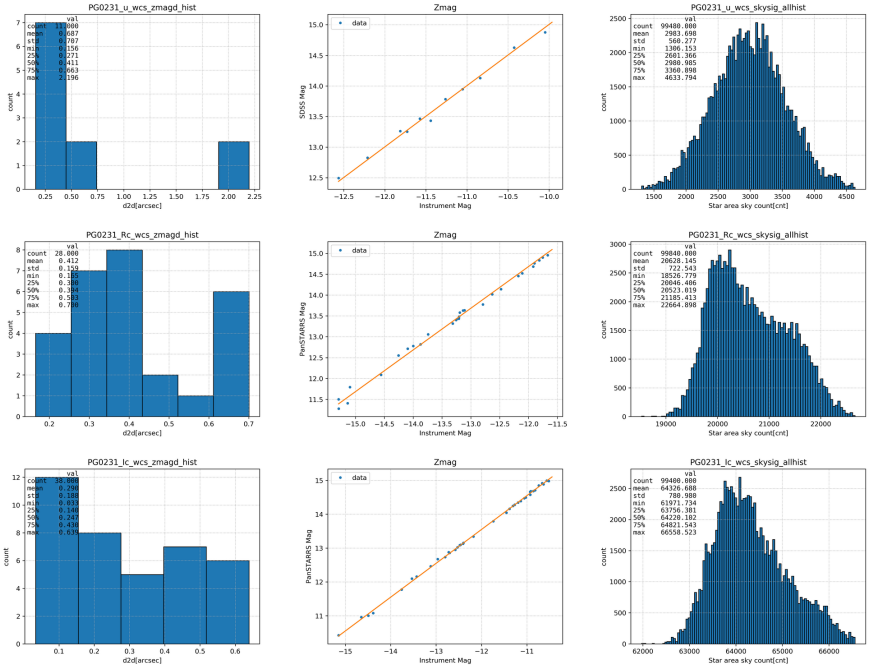

図 4.3: PG0231 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

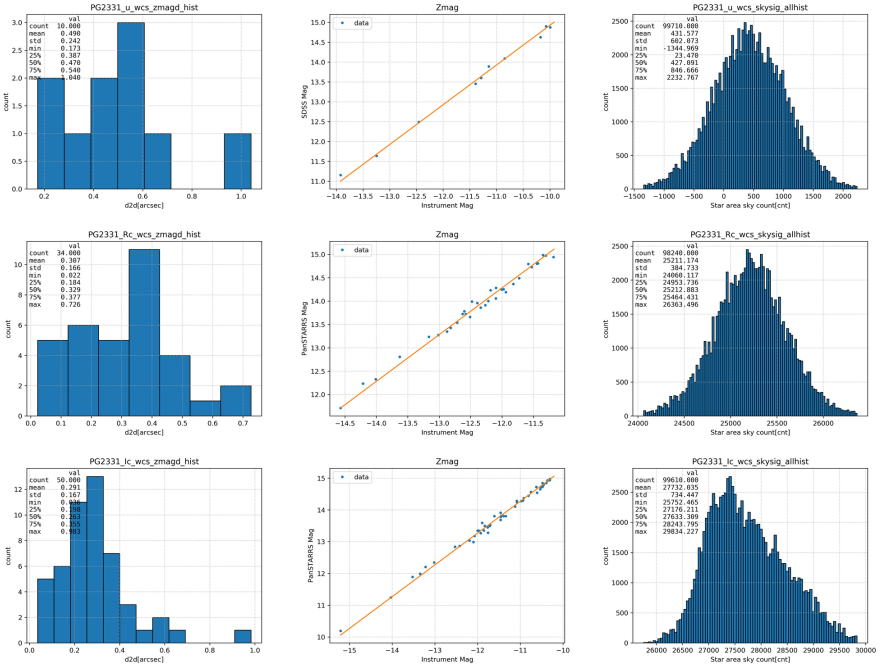

図 4.4: PG2331 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

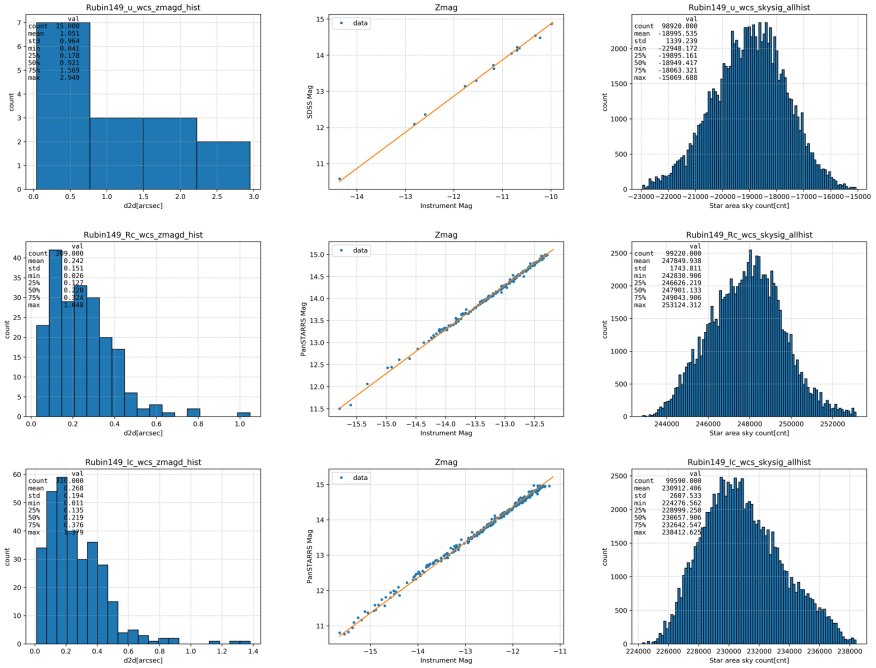

図 4.5: Rubin149 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

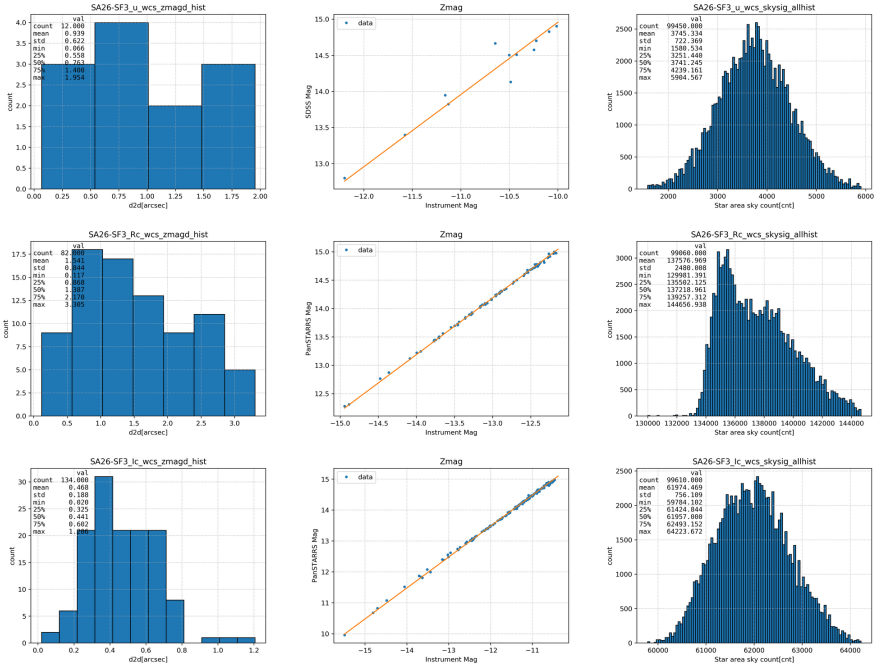

図 4.6: SA26-SF3 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

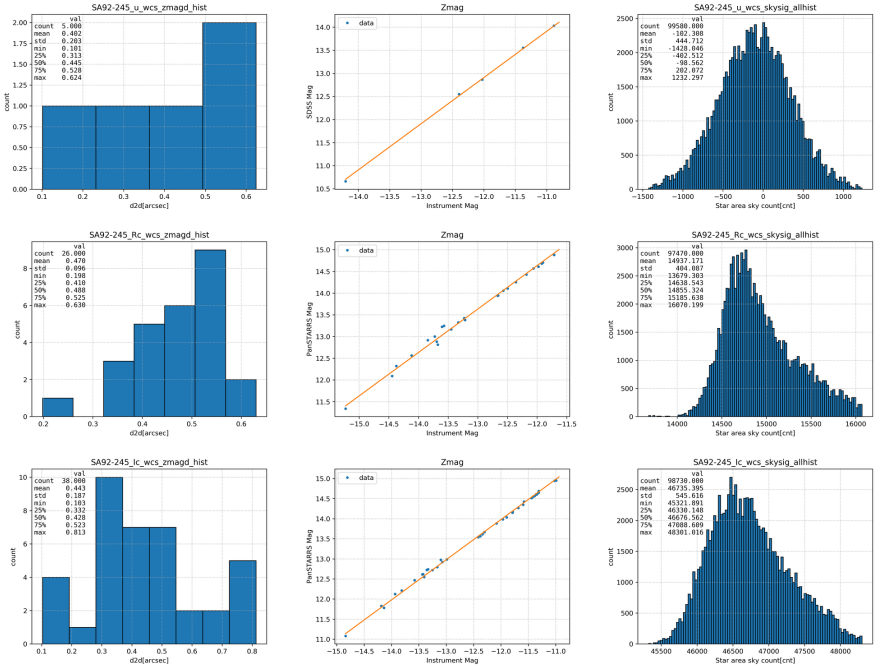

図 4.7: SA92-245 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

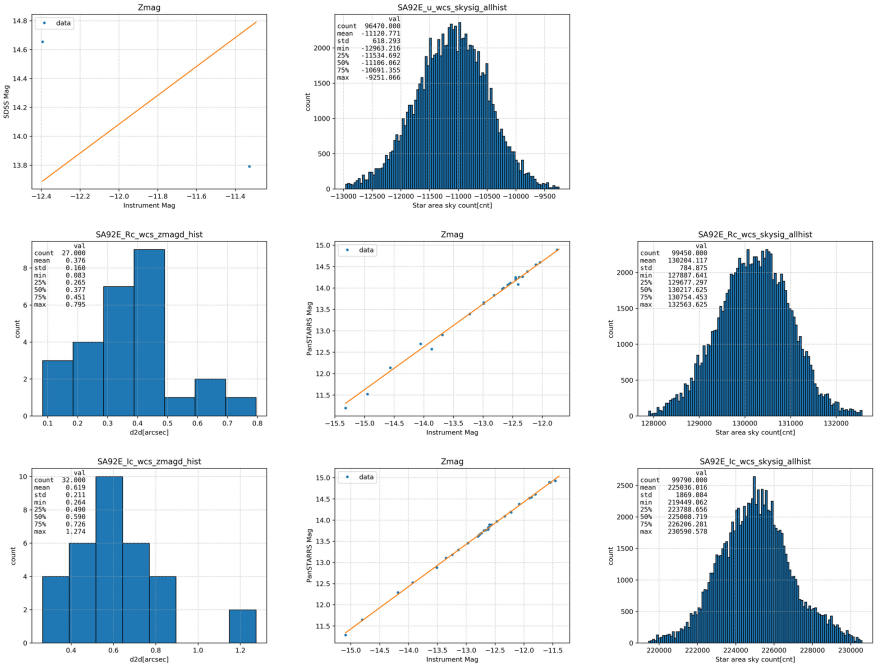

図 4.8: SA92E における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

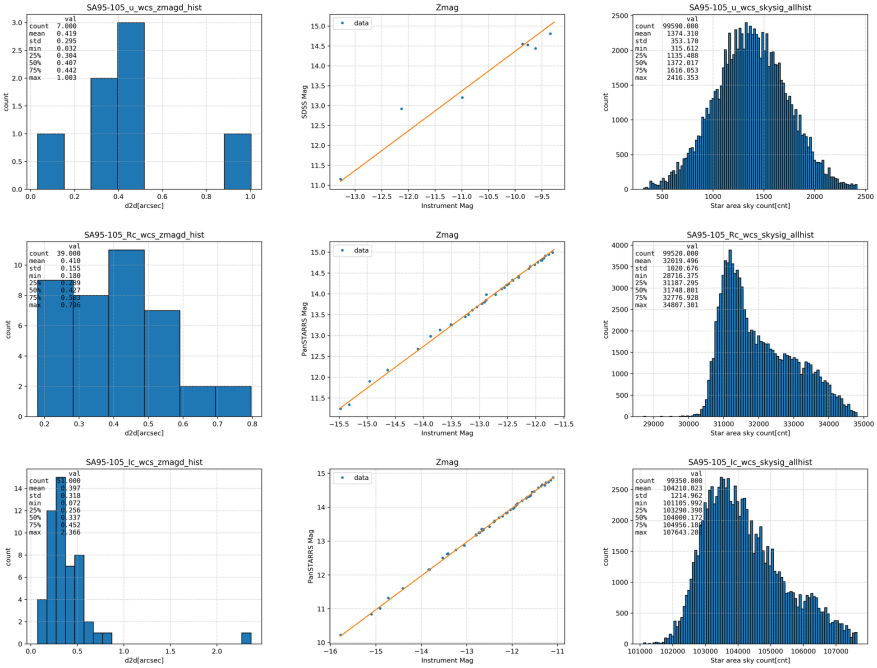

図 4.9: SA95-105 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

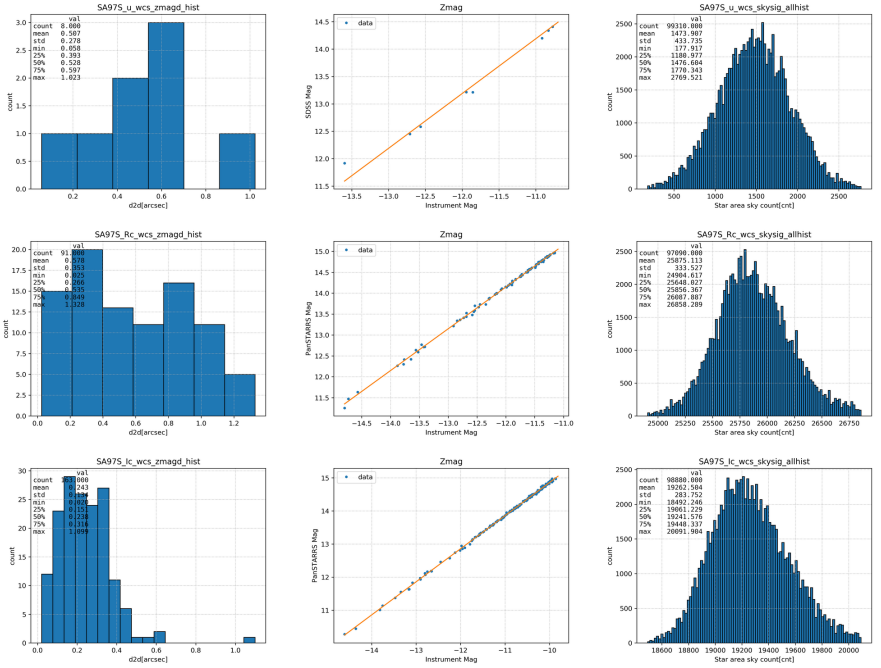

図 4.10: SA97S における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

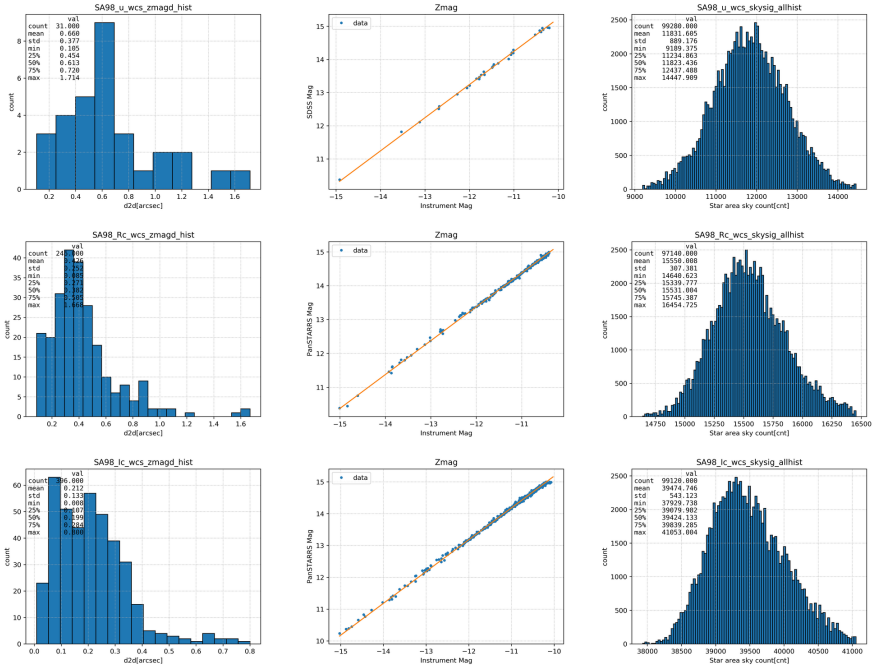

図 4.11: SA98 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

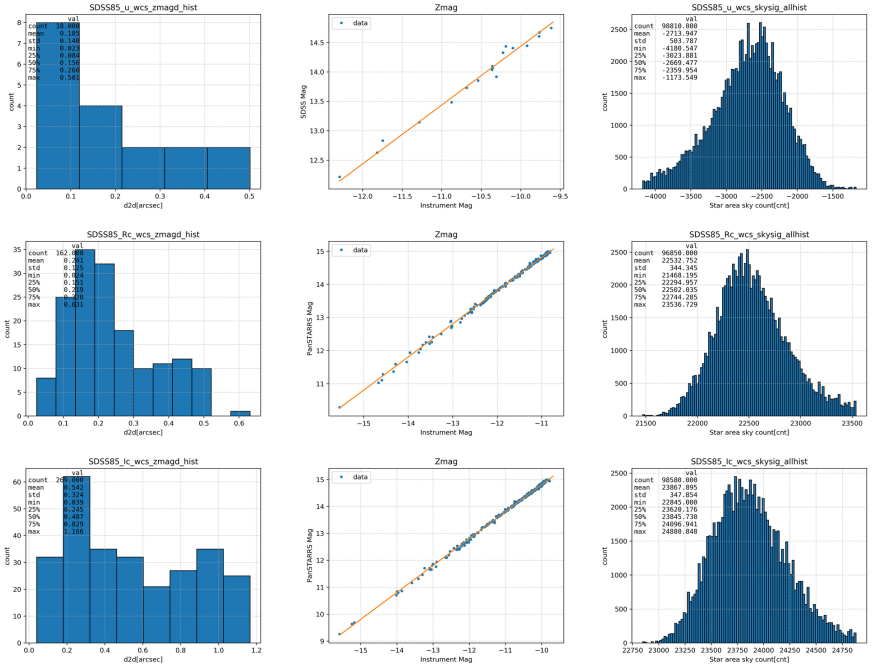

図 4.12: SDSS85 における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)

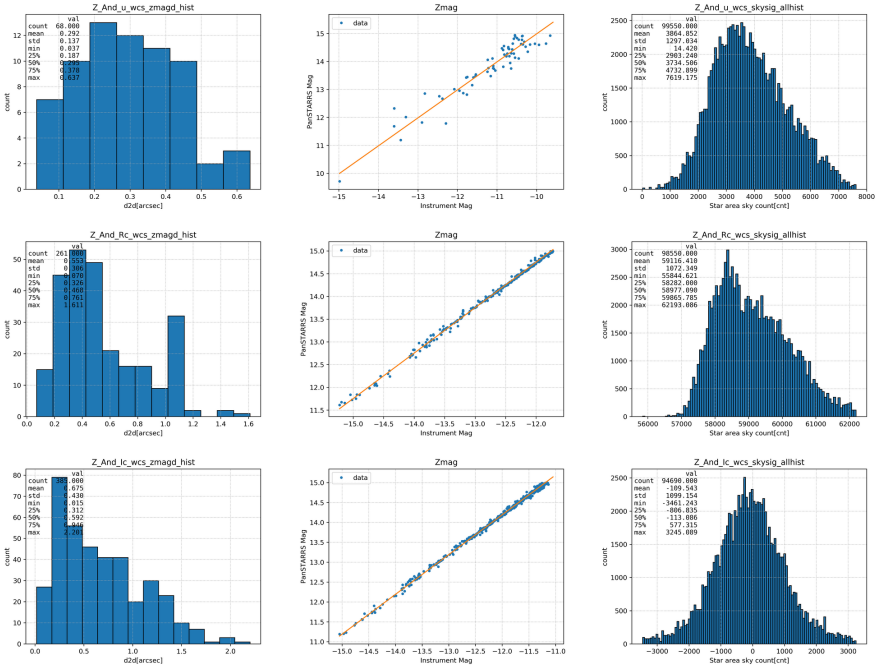

図 4.13: Z_And における限界等級を求める際に作成した図 (上段から順に u',Rc,Ic)