

可視赤外線同時カメラHONIRと 近赤外線読みだしボードの開発

広島大学 博士課程前期2年

宇井崇紘、川端弘治 (広島大学)、酒向重行 (東京大学)、山下卓也 (国立天文台)、秋田谷洋、先本清志、伊藤亮介、上野一誠、浦野剛志、高木勝俊、宮本久嗣、森谷友由希、吉田道利、大杉節 (広島大学)、中島亜紗美 (東京大学/国立天文台)、中屋秀彦 (国立天文台)

もくじ

- Introduction

かなた望遠鏡

観測装置

- 読み出しシステムの開発

設計思想

定電流機構

実験

- まとめ

- 今後

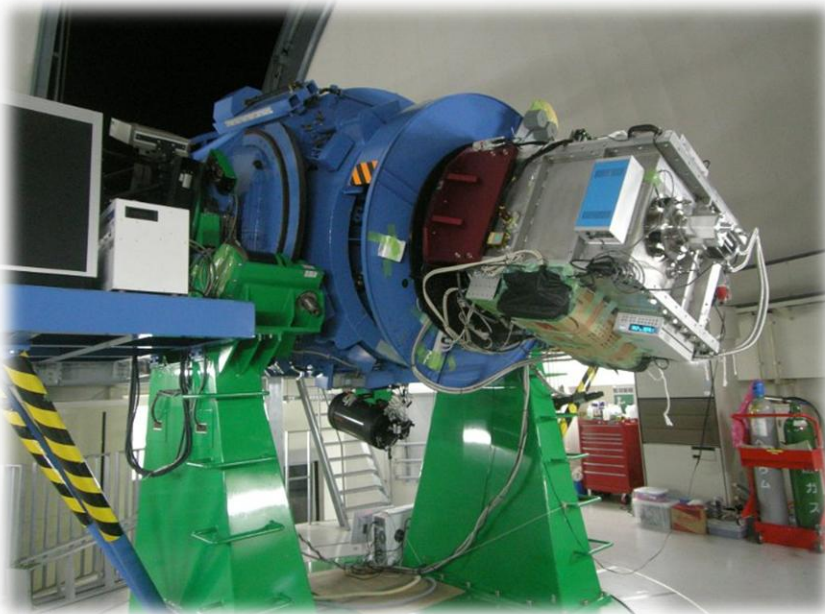
introduction

東広島天文台



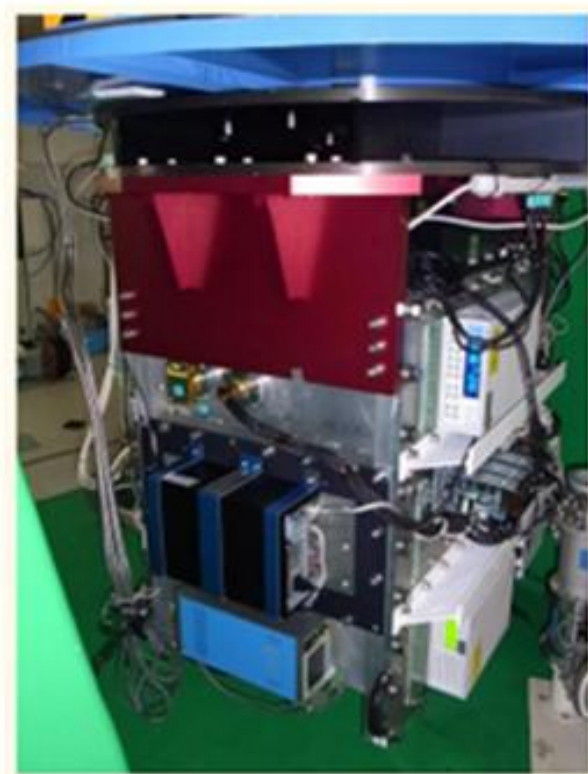
- ・広島大学から車で20分の距離に立地
- ・平均seeing 1.2" (Rバンド)

かなた望遠鏡



- ・リッチークレチアン望遠鏡
3つの観測装置
- ・HOWPol (Hiroshima One-shot Wide-field Polarimeter)
- ・高速カメラ
- ・HONIR (Hiroshima Optical and Near InfraRed Camera)

HONIR(Hiroshima Optical and Near InfraRed Camera)



| 仕様 | 可視光 チャンネル | 近赤外線 チャンネル |
|---------------------|-----------------------------|-----------------|
| タイプ | CCD | HgCdTe(VIRGO) |
| 検出器 | 浜松ホトニクス | Raytheon |
| 波長(μm) | 0.4~1.0 | 1.0~2.40 |
| ピクセル数 | 2048 × 4096 (2k × 2kを使用) | 2048 × 2048 |
| ピクセル スケール | 0.29 arcsec/pix | 0.29 arcsec/pix |
| 視野 | 10' × 10' | 10' × 10' |
| Filters | B,V,Rc,lc,z',Y | Y,J,H,Ks |

・可視近赤外同時撮像

・大フォーマットな近赤外線検出器

→広い視野で観測

近赤外線検出器読み出しシステム開発の目的

2011年10月～2012年1月に HONIRによる試験観測

近赤外線読み出しシステムは改善の余地あり

- ・開発後10年経過→代替部品の廃番(安定運用の課題)
- ・高速読み出しに非対応(4ch読み出し)→読み出しに時間がかかる
Dead time が一回の読み出しで約5秒(時間効率の課題)



新しく読み出しシステムを開発を行う

- ・検出器の持つ16ch高速読み出しに対応→観測の時間効率を向上
- ・読み出しノイズの低減→高精度な観測を可能にする
- ・定電流機構の導入で線形性の向上→長時間積分を可能とする
- ・設計から開発を行う事により今後の不具合の対処、他システム(近赤外第二チャンネル)への拡張も可能

近赤外線読み出しシステムの開発

開発から実装までの流れ

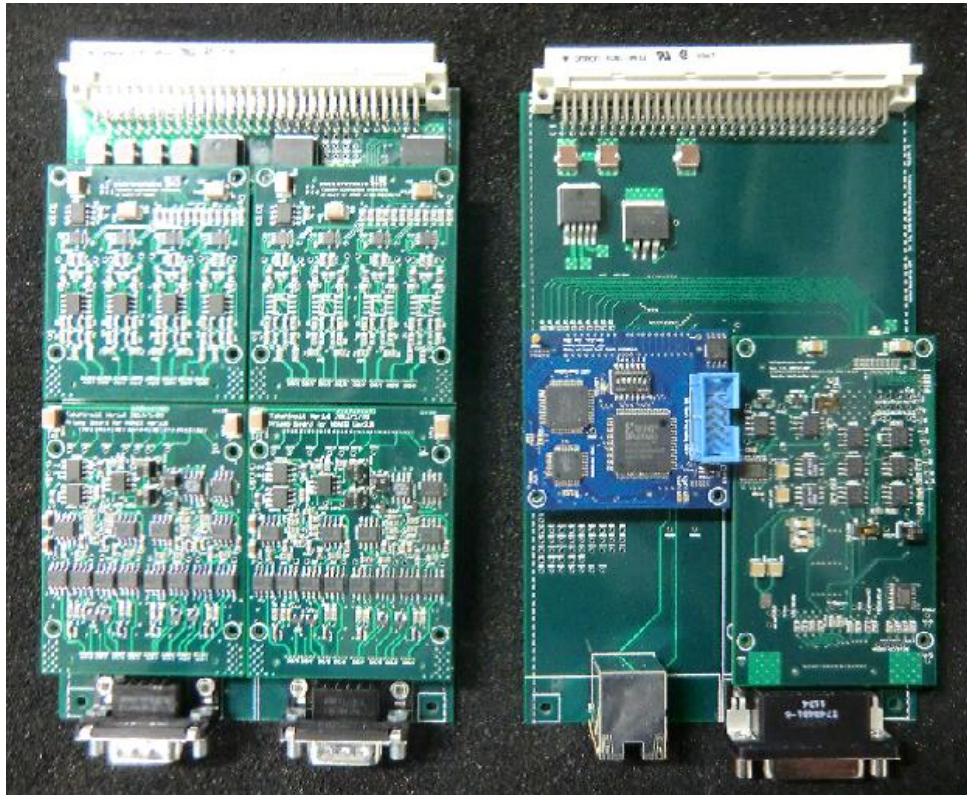
実装

概念設計
設計・製作

読み出しシステム
単体の試験

システムを用いた
模擬検出器の
駆動試験

システムを用いた
本番検出器
の駆動試験

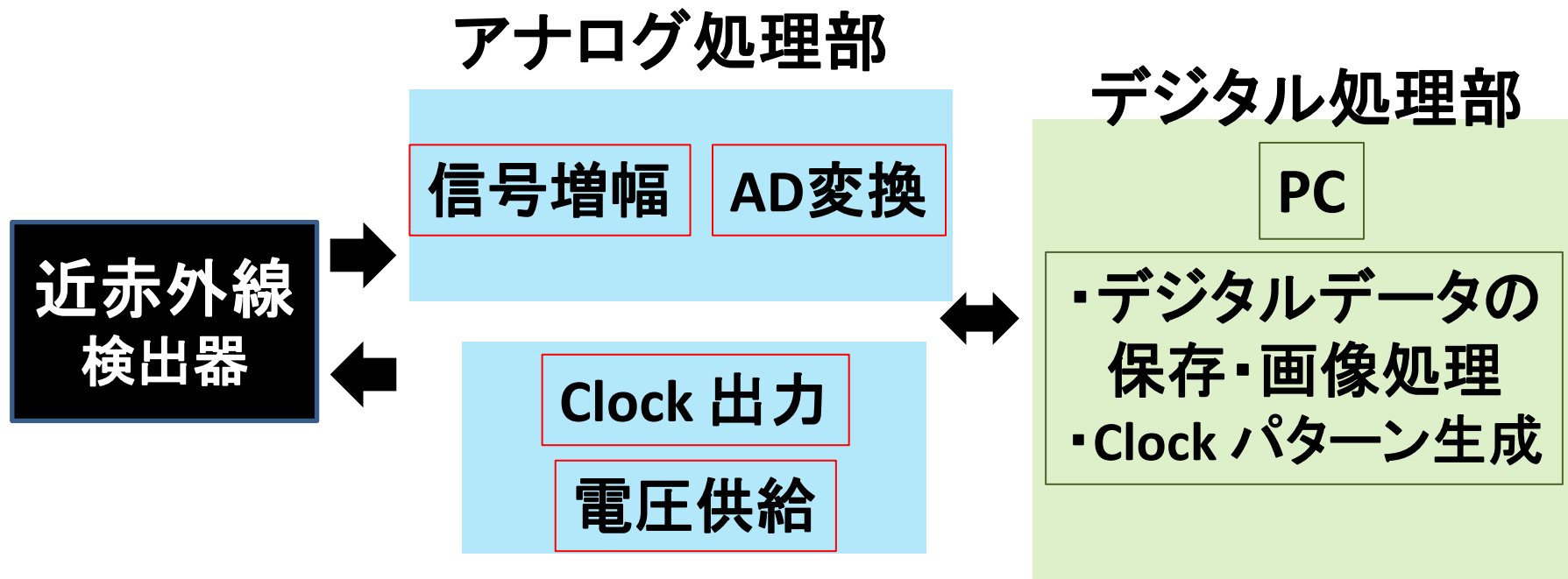


設計目標

- (1) 16ch読み出し
- (2) 読み出しノイズの低減
- (3) 検出器出力の線形性の確保

作製した読み出しシステムの写真

新しい読み出しシステムの構造



読み出しシステムの設計は東京大学天文センターで設計・開発が行われた読み出しシステムKAC(Kiso Array Controller)を参考に行った

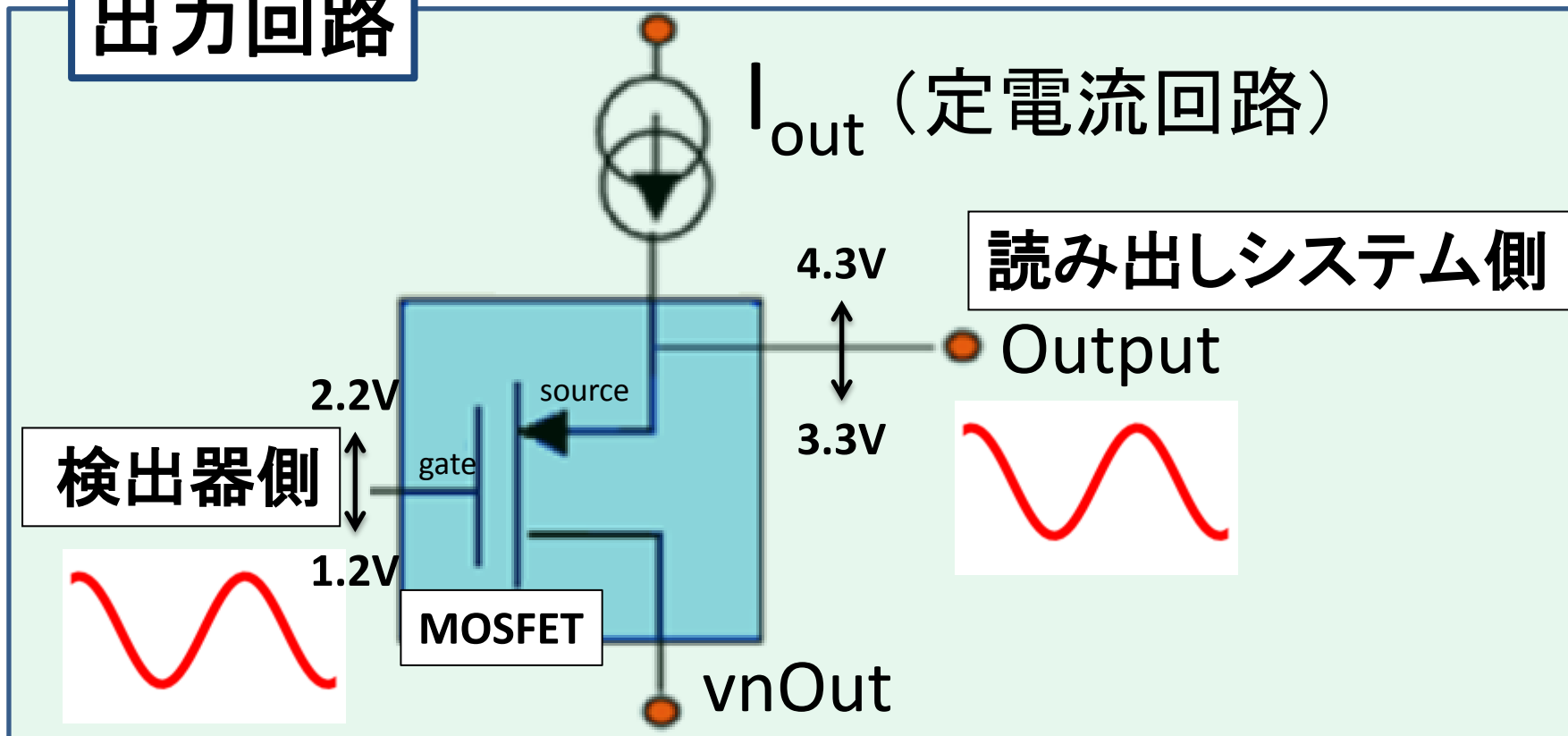
デジタル処理部に関してはKACと同等の物を使用

アナログ処理部を近赤外線検出器用に再設計

→ 定電流回路とカレントミラー回路を導入し線形性の向上

検出器の出力

出力回路



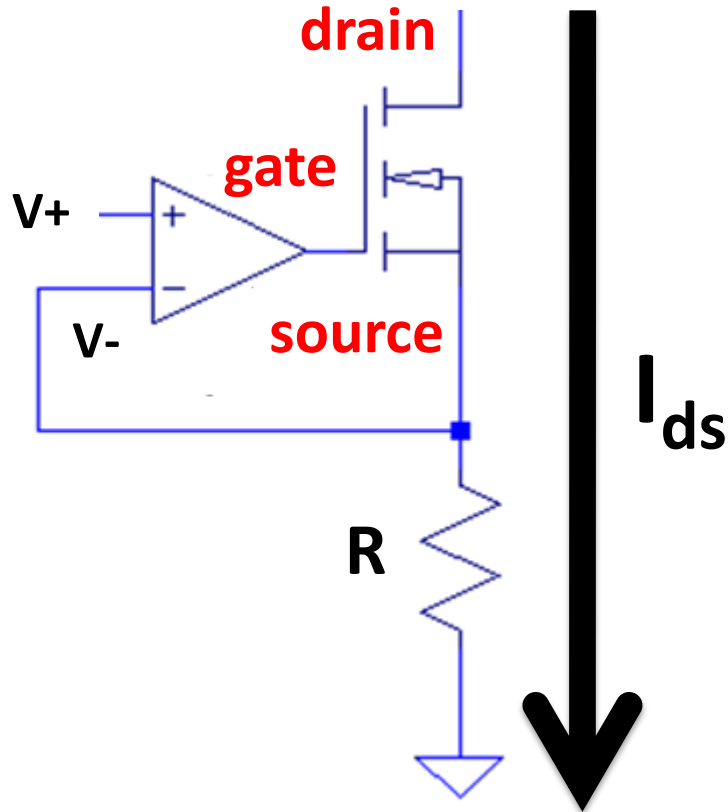
- ・検出器側の電荷を保持したまま電圧出力する
- ・出力側の電流が流れ込まない

$$\text{Output} = R(\infty V_{\text{検出器}}) \times I_{\text{out}} + vnOut$$

定電流機構を導入し線形性の向上する

定電流回路

定電流回路の原理



ドレイン電流の方程式(飽和状態)

$$I_{ds} = \frac{W}{2L} \mu C_{ox} (V_{gs} - V_{th})^2$$

(W, L :チャンネル幅,チャンネル長、 μ :電子の移動度、 C_{ox} :絶縁膜容量、 V_{th} :スレッショルド電圧)

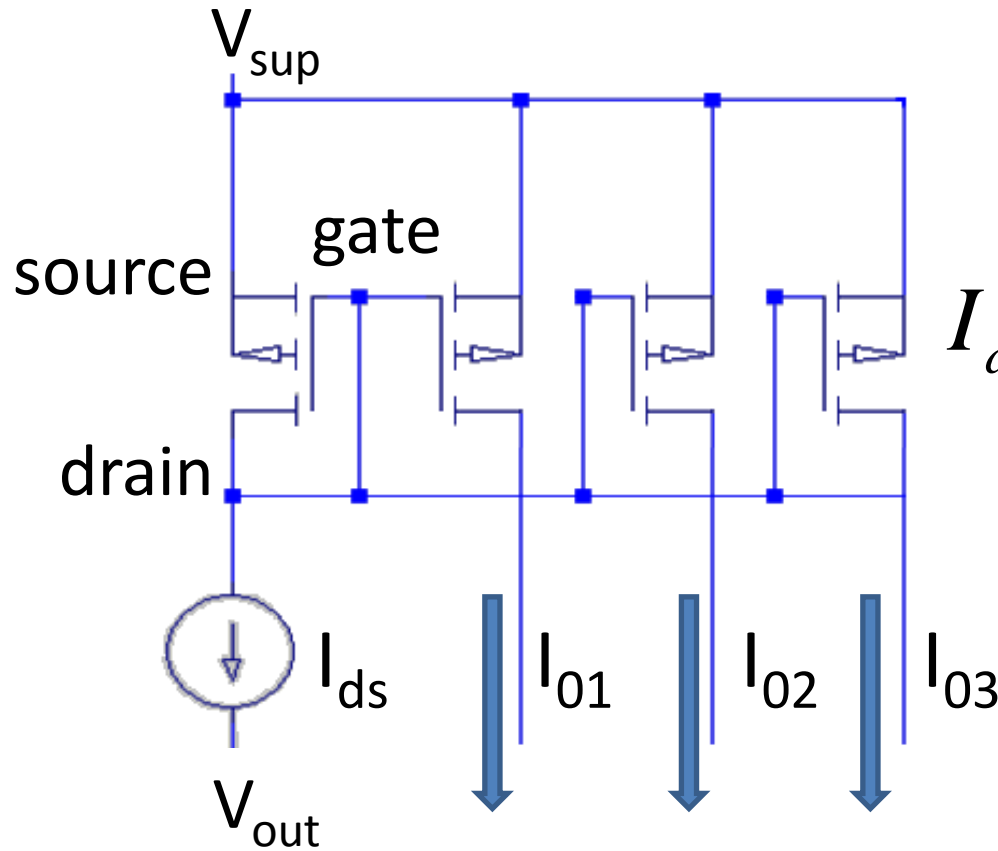
オペアンプの式

$$V_{out} = A(V_+ - V_-)$$

(A :内部増幅率 $A \sim 10^6$)

$$I_{ds} \approx \frac{V_+}{R}$$

カレントミラー回路



ドレイン電流の方程式

$$I_{ds} = \frac{W}{2L} \mu C_{ox} (V_{gs} - V_{th})^2$$

$$I_{ds} = I_{01} = I_{02} = I_{03}$$

16ch全ての出力回路に定電流を供給し
線形性を向上させる

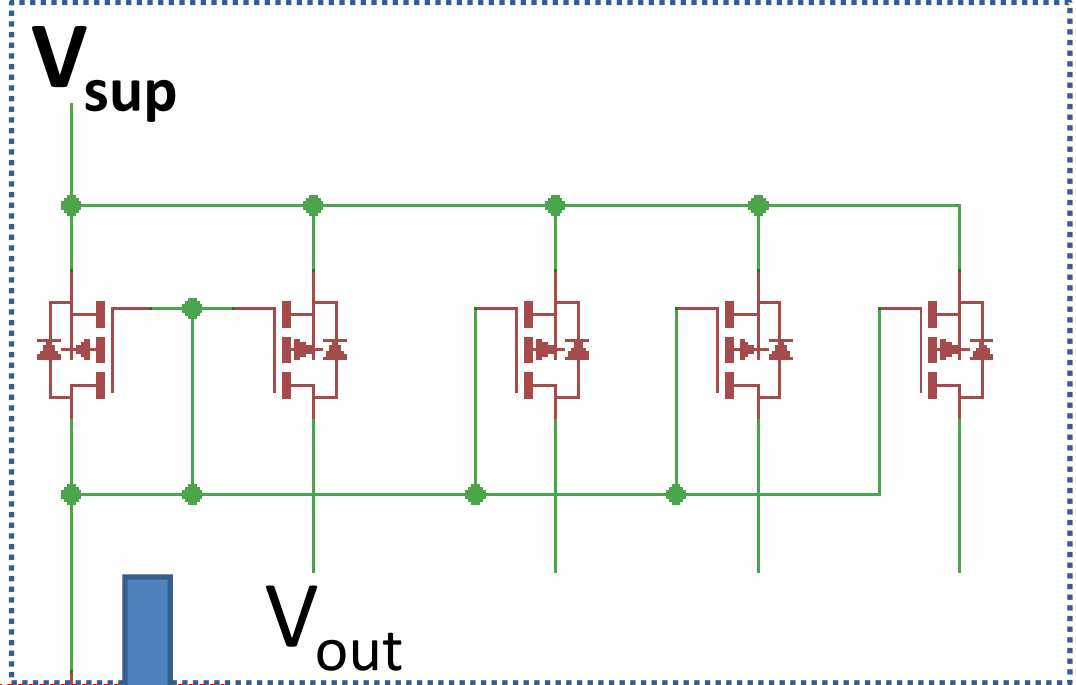
製作品の評価試験

- 読み出しシステムの増幅率の試験
- ローパスフィルタ特性の試験
- 定電流機構の試験
- ノイズ試験

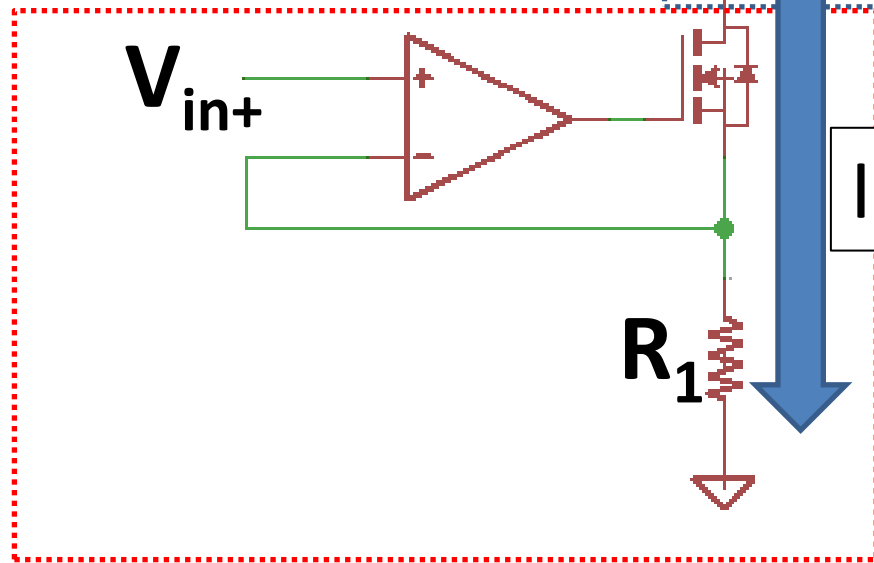
定電流機構の試験

カレントミラー回路

実験のセットアップ



定電流回路



$I_{ds} = 200\mu\text{A}$

$V_{in+} = 3\text{V}$
 $R_1 = 15\text{k}\Omega$

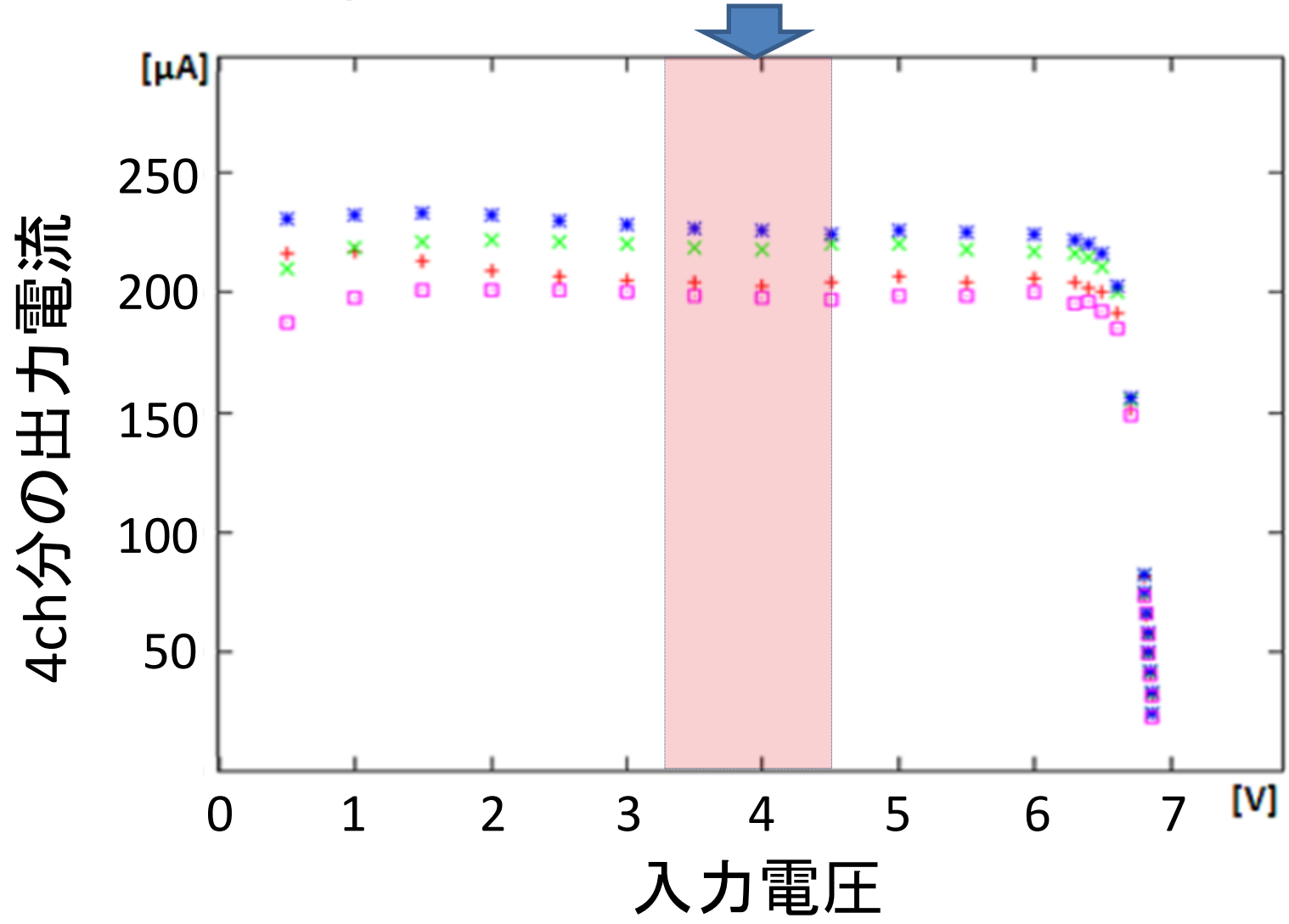
$V_{sup} = 7\text{V}$

V_{out}
ジェネレータから
電圧を印加

0 ~ 7V

定電流機構の試験

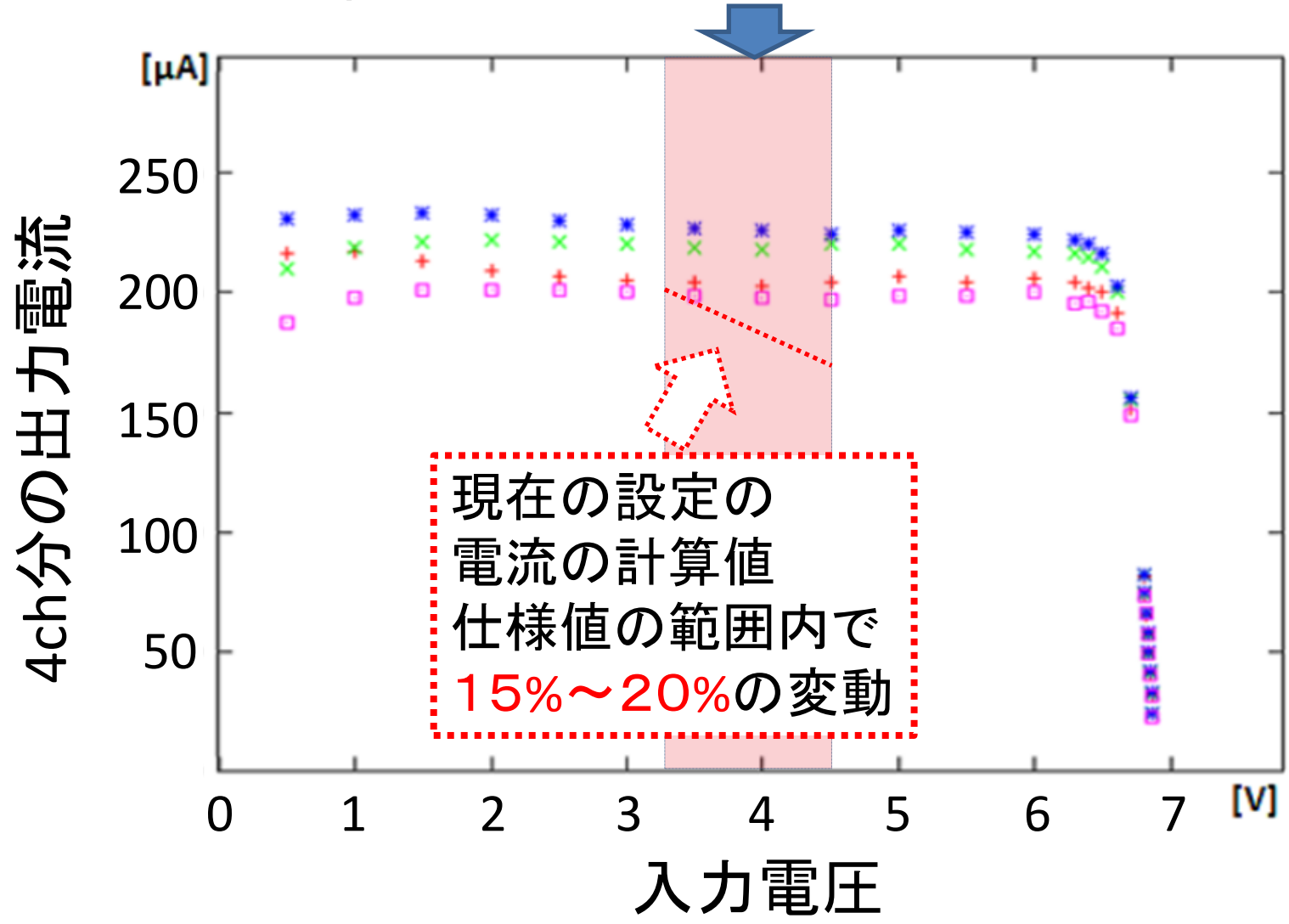
検出器出力の電圧範囲(仕様値)



全ての電流値が0.5%~1%以下の変動

定電流機構の試験

検出器出力の電圧範囲(仕様値)



全ての電流値が0.5%~1%以下の変動

まとめ

- ・安定駆動、時間効率の向上を実現させるため新たな近赤外線読み出しシステムの設計、開発を行った。
- ・作製したシステムは低ノイズ仕様、高速読み出し、線形性の確保を目標に開発を行った
- ・実験から検出器駆動を満たす仕様になっている事が確認された

| | 現読み出しシステム | 新読み出しシステム | 目標値 |
|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| 読み出し速度 (Dead time) | 4.7s | 1.2s | |
| 読み出しノイズ | 約25electron (検出器装着時) | 7～8electron | 5electron以下 |
| 線形性 | 最大20%変動 | 0.5～1.0%以下 | |

今後

今後の目標開発スケジュール

開発システムを用いた本番
検出器での模倣品の試験

2013年6～9月まで

本番検出器
での試験

2013年9～10月まで

定常運用

2013年11月～