

日本物理学会2009年秋季大会

講演番号: 12pSG-4

**フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡で見た
銀河面に広がったガンマ線放射**

(Galactic diffuse gamma-ray emission observed
by Fermi Gamma-ray Space Telescope)

SLAC 国立加速器研究所 Stanford大学KIPAC研究所

(SLAC and KIPAC, Stanford University)

釜江常好

(KAMAE, Tsuneyoshi)

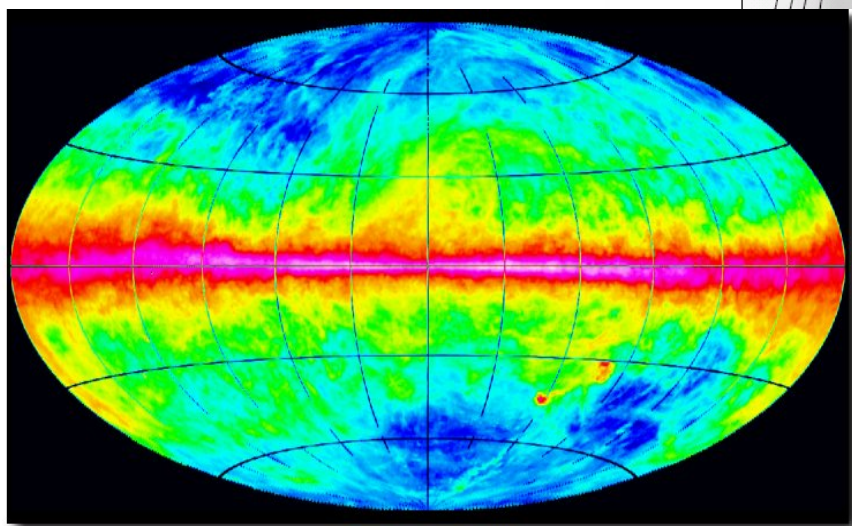
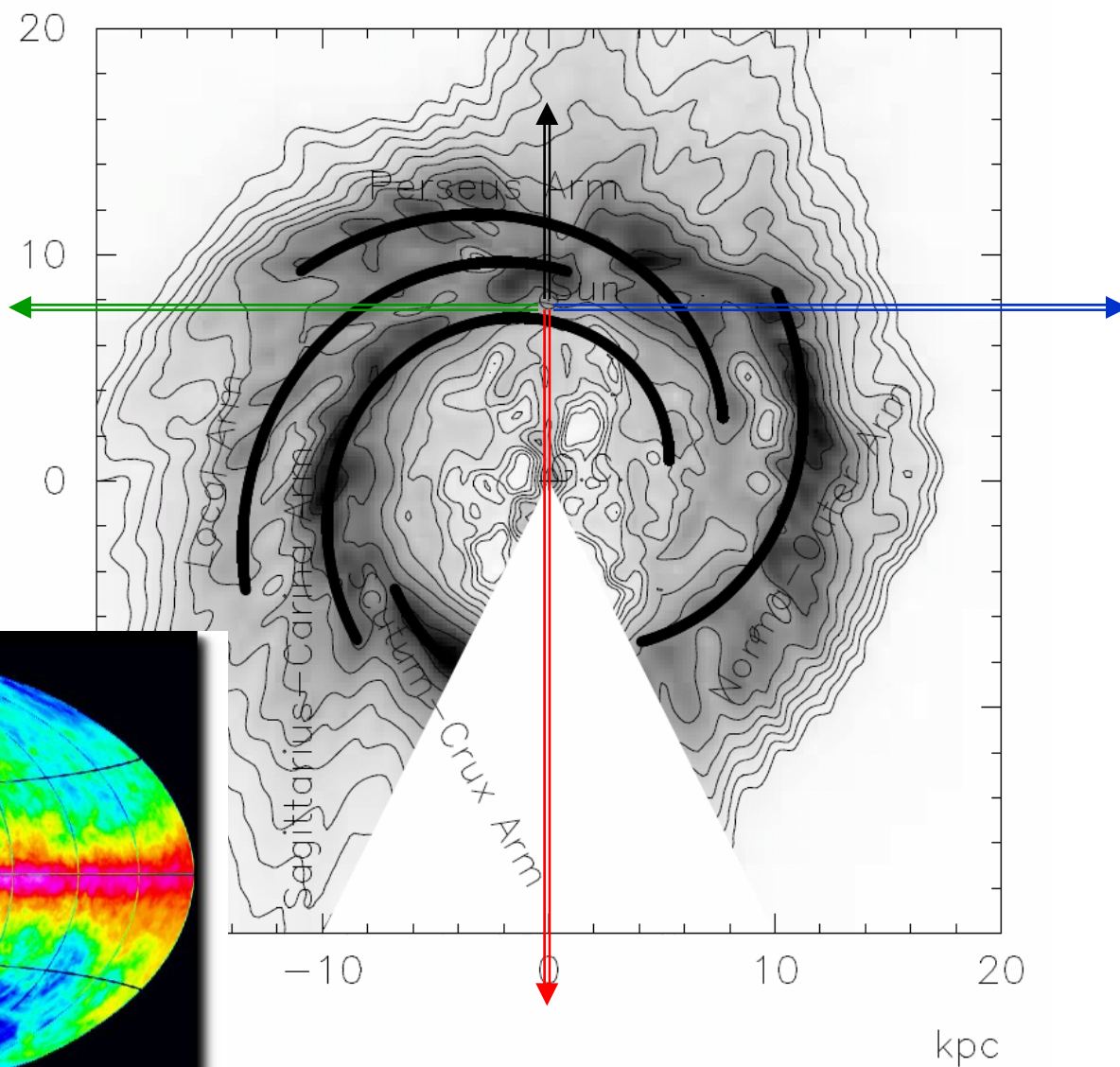
Introduction 1/3

宇宙線と星間ガスとの相互作用で発生するパイ中間子経由のガンマ線
(早川幸男が早くから予測していたガンマ線放射メカニズム)

1. 銀河の星間ガス: 水素原子からなるHI領域、水素分子からなるH2領域、水素イオンを主とするHII領域に分類される。
 - a. HI領域は波長21cmの電波で、
 - b. H2領域は、主として、CO回転準位間遷移で出るミリ波で観測されてきた。

銀河系内 水素分子(HI)の 分布

中西D論
Kalberla et al 2003 より



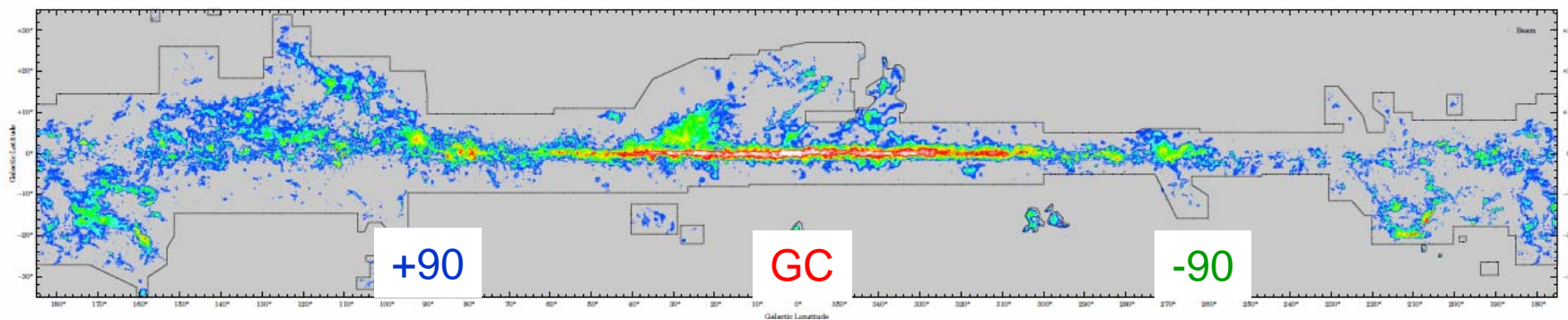
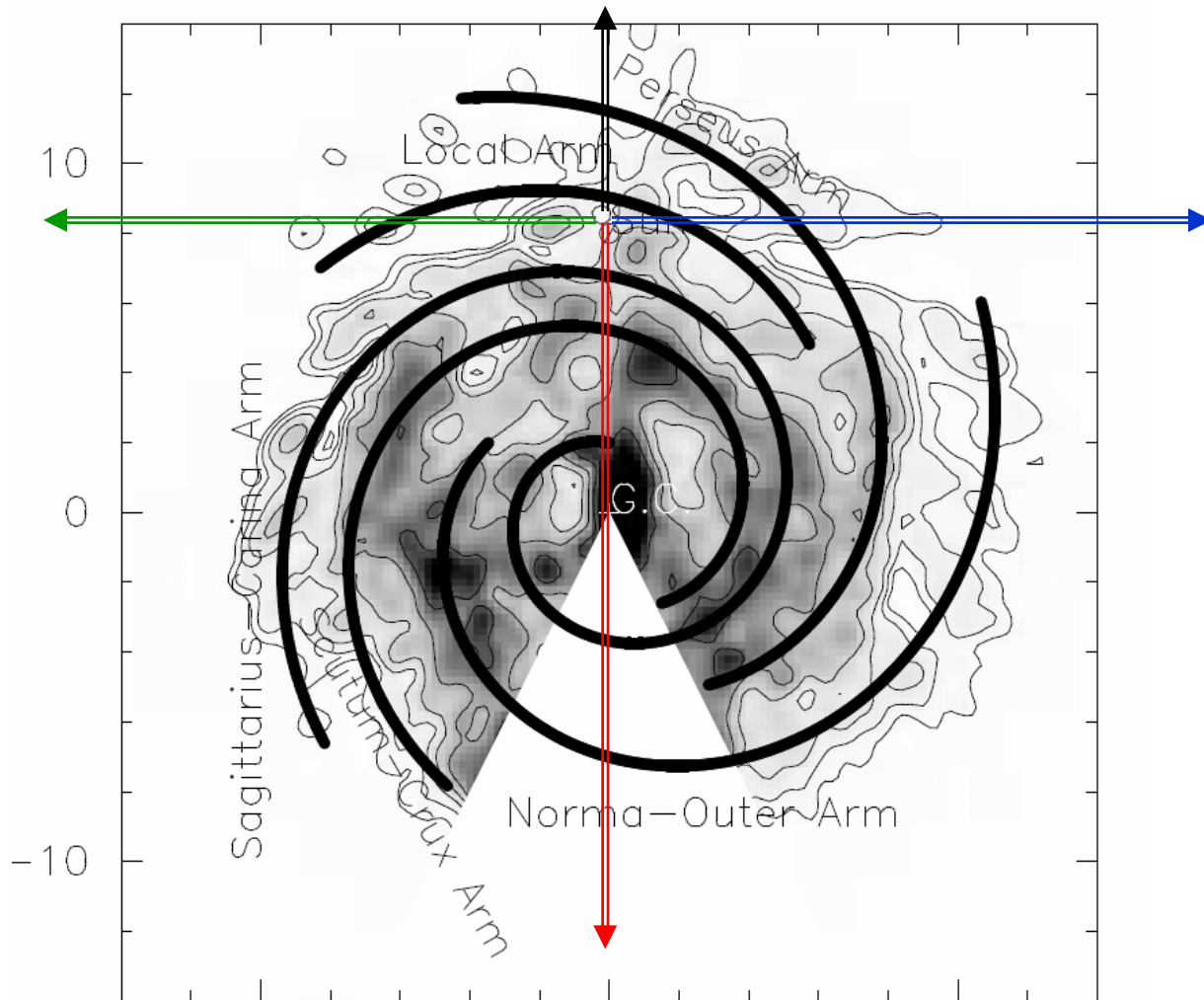
+90

GC

-90

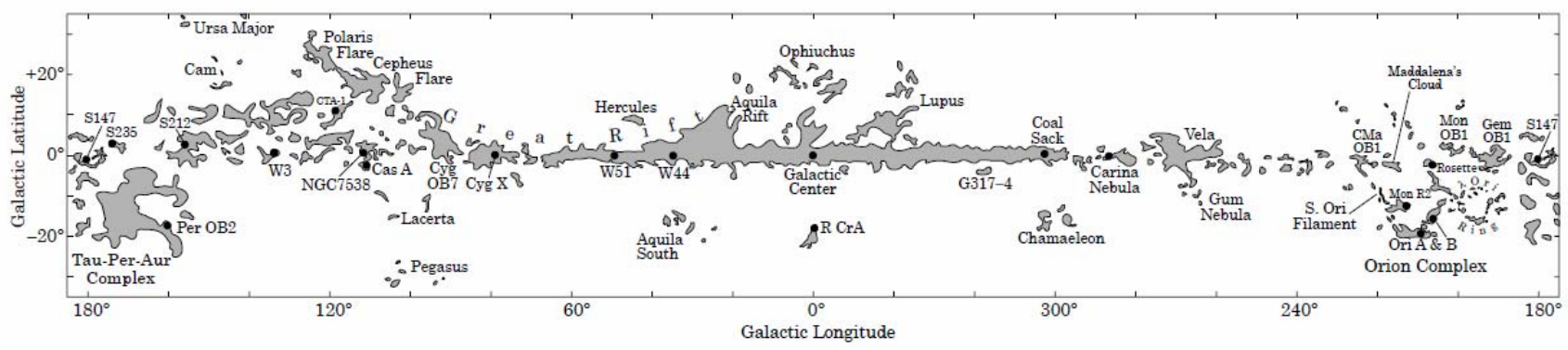
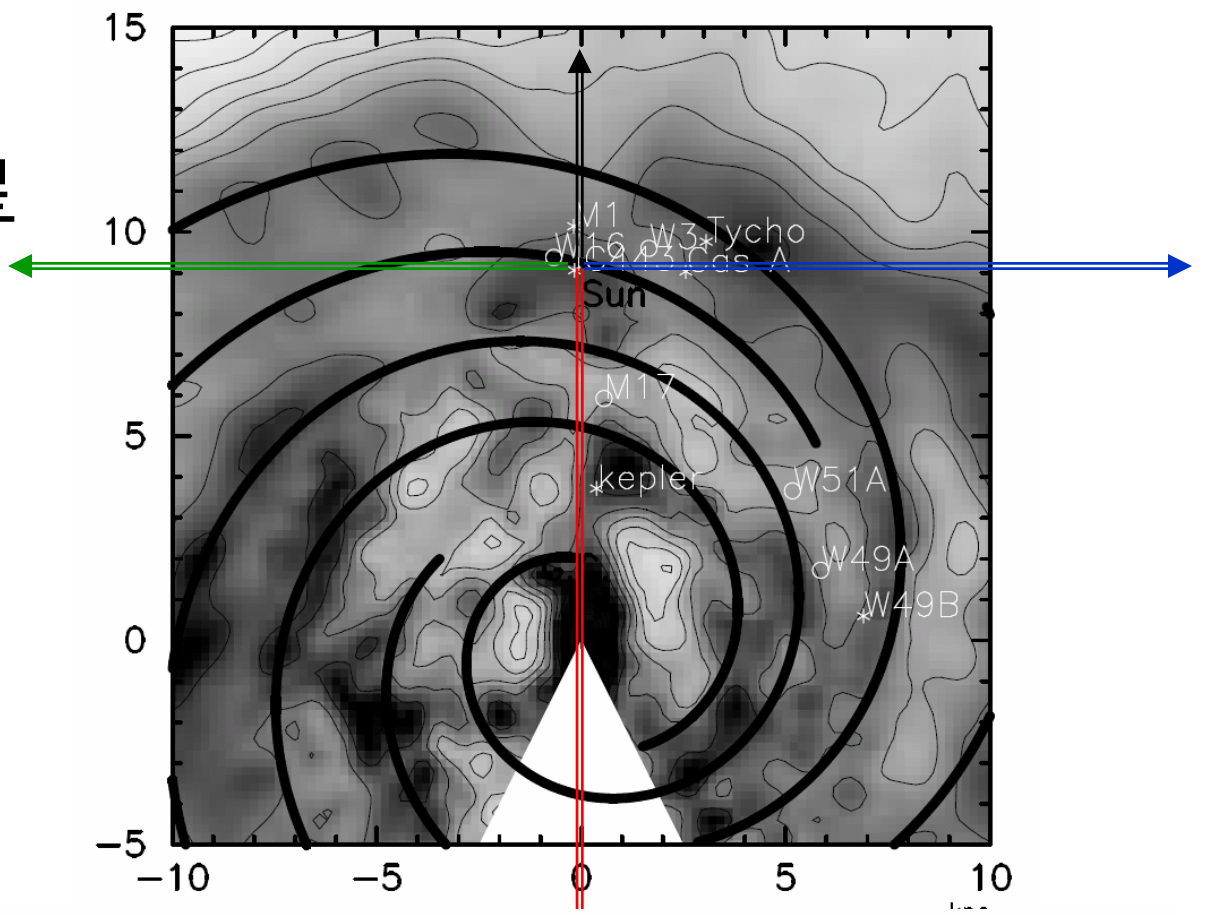
銀河系内 水素分子(H₂)の 分布

中西D論
Dame et al 2001 より



銀河系内の分子雲と超新星残骸の分布

中西D論
Dame et al 2001 より



+90 GC -90

Introduction 2/3

2. 電波強度からガス密度を求めるには、上位準位を励起する確率や自己吸収、COとH₂の比などを仮定しなければならない。
3. 宇宙線陽子(アルファ粒子も含める)はガス原子核と衝突し、既知の断面積で中性パイ中間子を生成し、原子分子レベルの環境に支配されず、ガンマ線を生む。

Introduction (3/3)

1. ダークマターと言え、粗悪な実験でも、不注意なデータ解析でも、理論的にとても無理な仮定でも許されてしまっている。>> 何とか正常に戻したい。
e+e-だけに崩壊する、 $\langle\sigma v\rangle$ のブースト、DMの崩壊
2. Natureなどは、間違っている可能性が高くても、citationを高めるために、ダークマターと絡めさせる。>> 多波長を含め慎重な解析をするとApJやPRDになる。
PAMELA(324)、ATIC(229)、Fermi(128)
Exception :Arkani-Hamed 他 in PRD(202), Nomura 他 in PRD(73)
3. ここでは、ダークマター解析に制限を与える、広がった放射の解析を中心に話す。
 - EGRETの「GeV Excess」
 - 銀河系外バックグラウンド
 - 大マゼラン雲からの放射
 - 暗黒 Dwarf Spheroidal galaxies 銀河からの放射

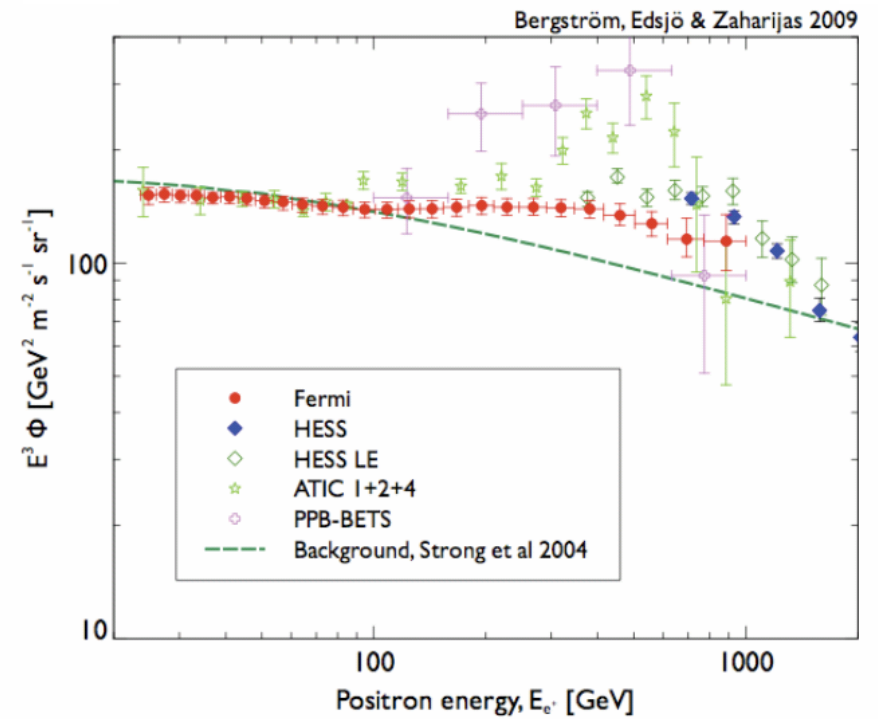
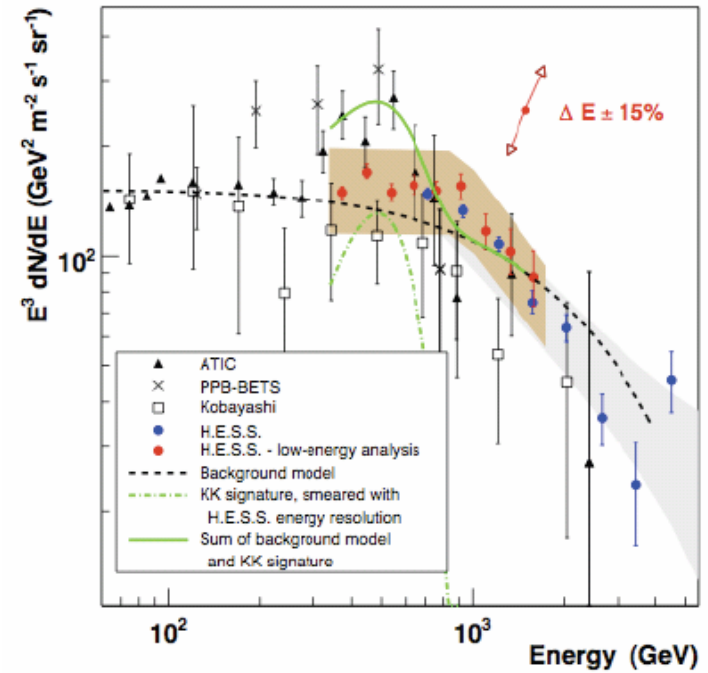
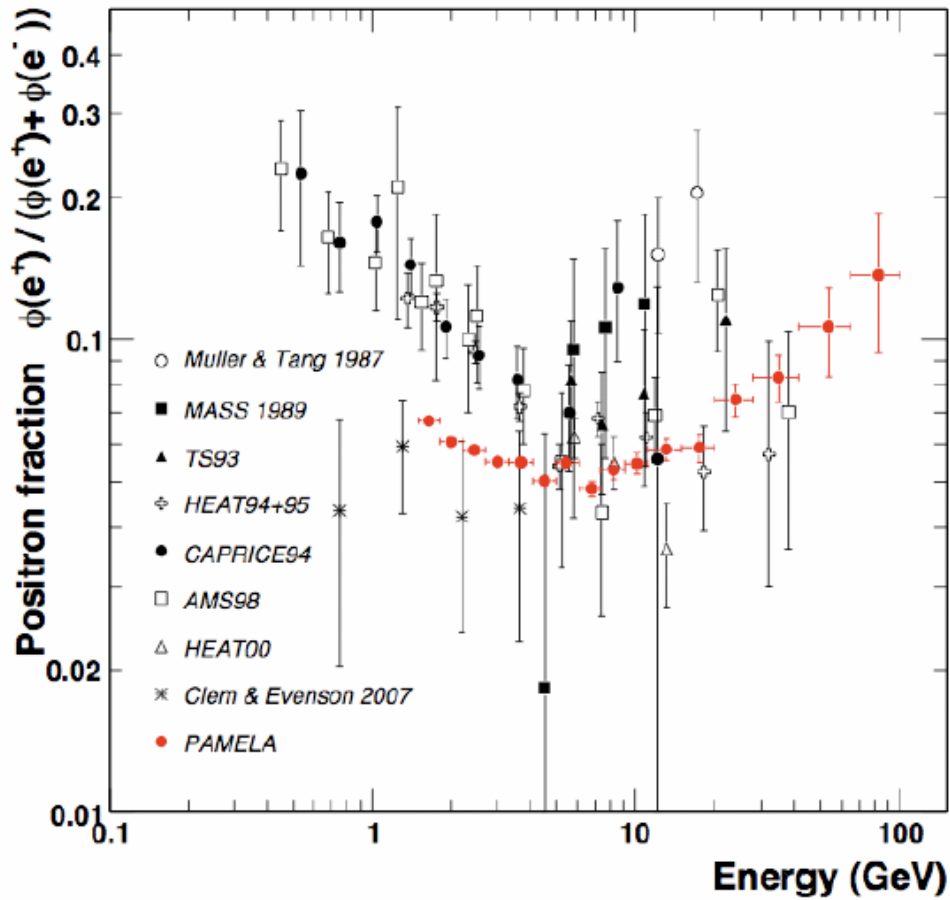
寄り道:陽電子・電子比の異常

From Nei Weiner Lecture at SLAC Summer Inst 2009

Candidate	What is it	Motivation
SIDM	make DM strongly interacting (candidate?)	galaxy structure issues (cusps)
WDM	warm - keV sterile neutrino	substructure
Light DM	light (GeV) WIMP	DAMA
Spin-dependent DM	?	DAMA
iDM	Mixed sneutrino, split SU(2) doublet, new force	DAMA
MeVDM	DM with MeV mass	INTEGRAL
XDM	DM that upscatters with \sim GeV mass force	INTEGRAL, more recently PAMELA/Fermi...
Decaying DM	DM decays with long lifetime	PAMELA/Fermi

寄り道

From Nei Weiner
Lecture at SLAC
Summer Inst 2009



寄り道

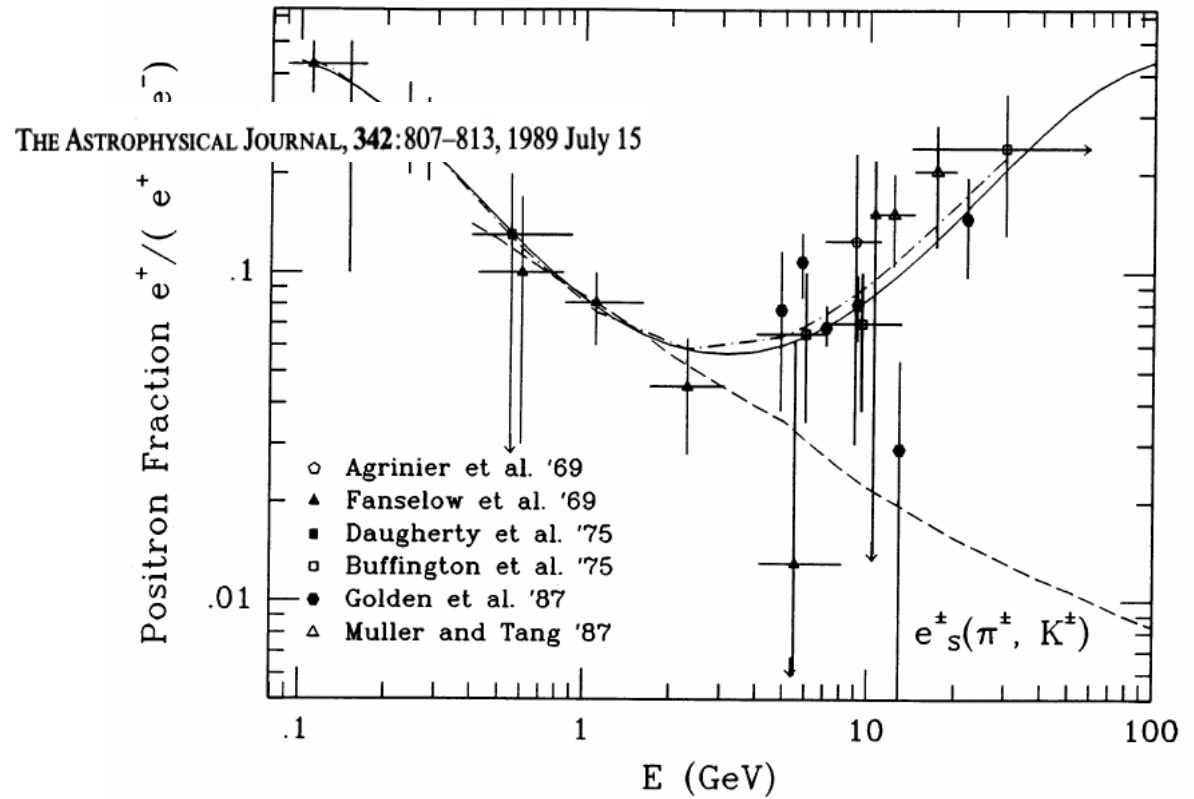
THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 342:807-813, 1989 July 15

THE NATURE OF THE COSMIC-RAY ELECTRON SPECTRUM, AND
SUPERNOVA REMNANT CONTRIBUTIONS

AHMED BOULARES

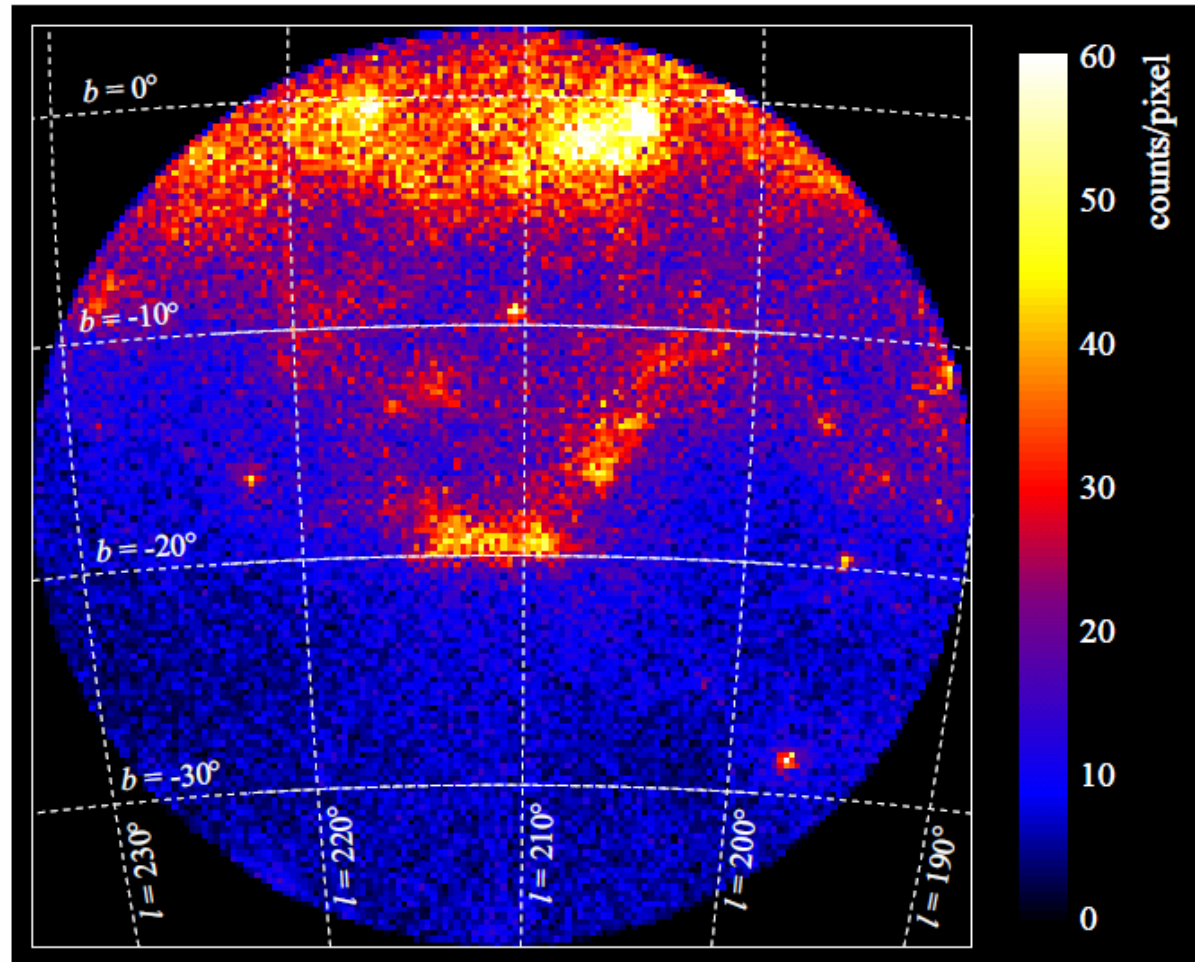
Physics Department, Space Physics Laboratory, University of Wisconsin-Madison

BOULARES



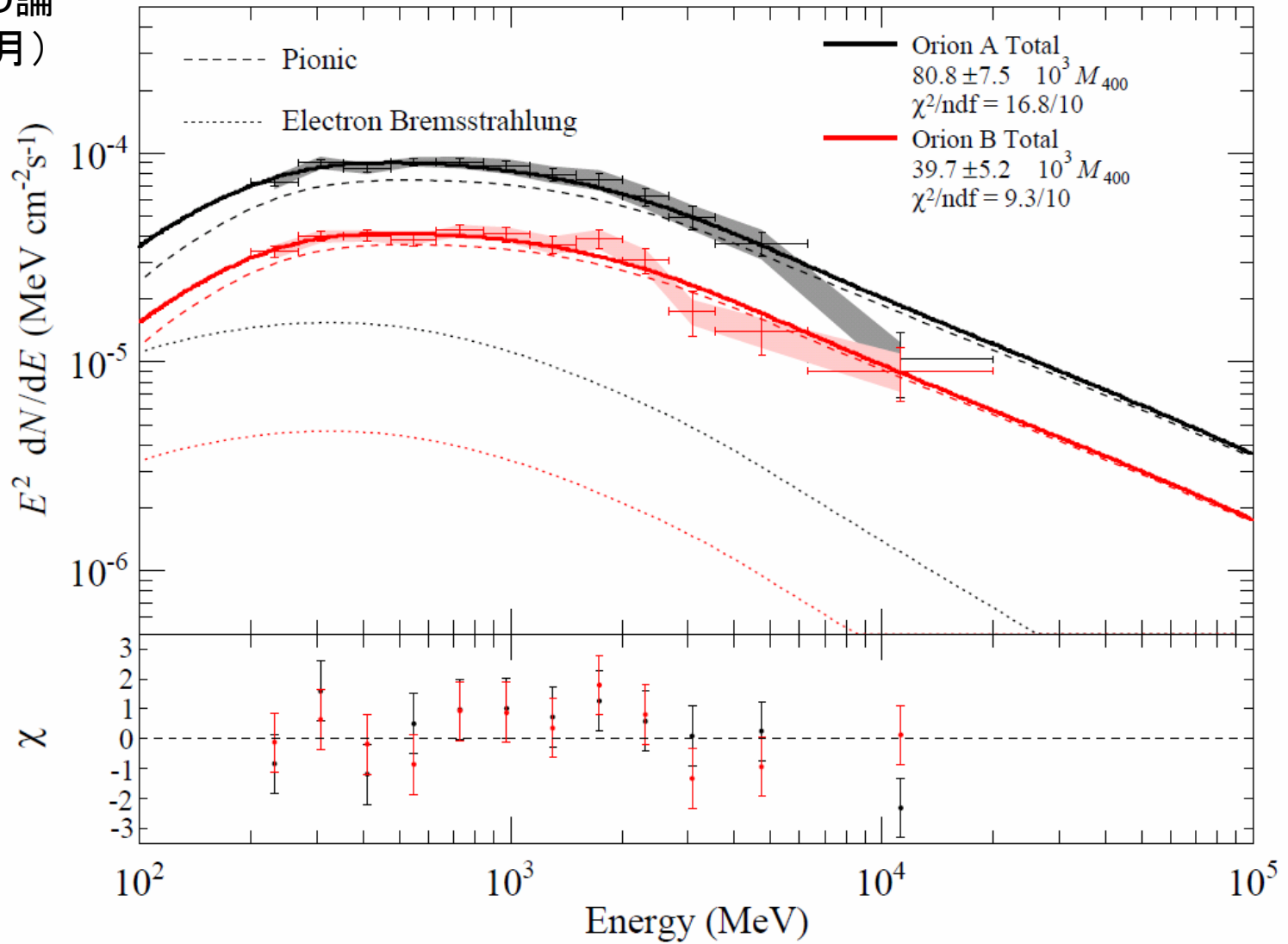
オリオン星雲

東大奥村D論(2009年9月)

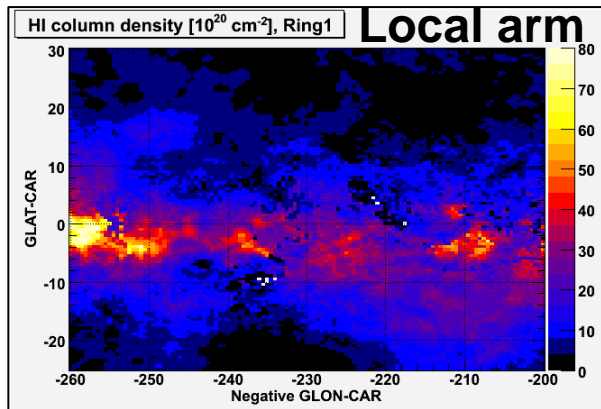


オリオン星雲

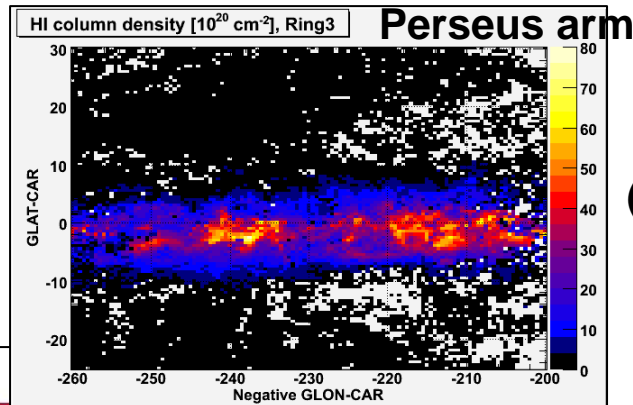
東大奥村D論
(2009年9月)



近傍のガスからの γ 線放射

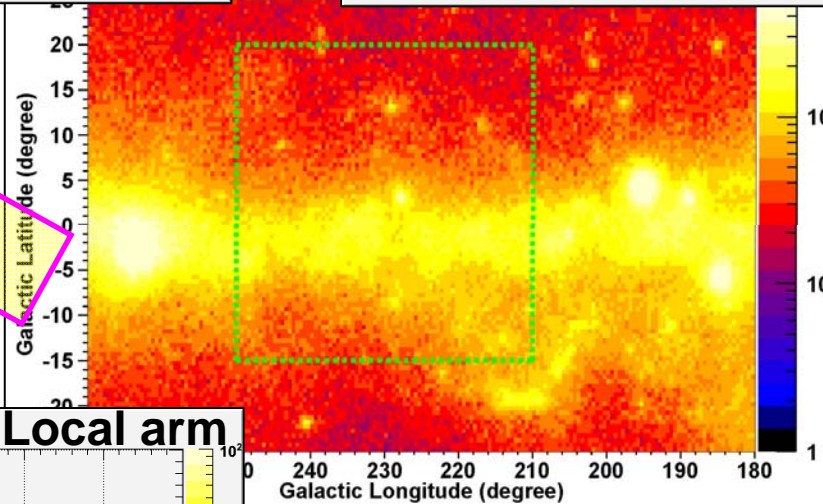


+

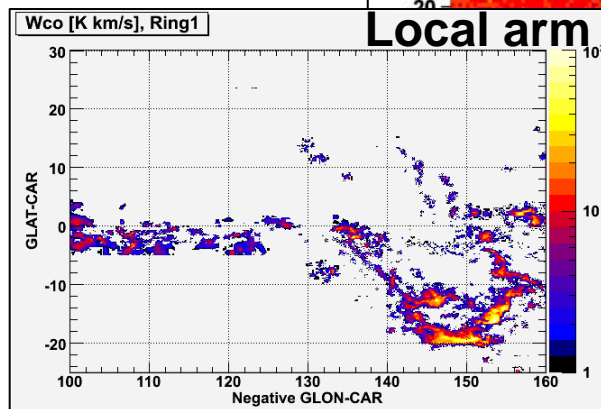


+2 HI maps
(profile fitting technique;
arXiv:0907.0312)

Preliminary



- Fit γ -ray data with 8 maps + 15 point sources (11 month source list)
- CR spectrum (γ -ray emissivity) is assumed to be uniform in each Galactocentric ring

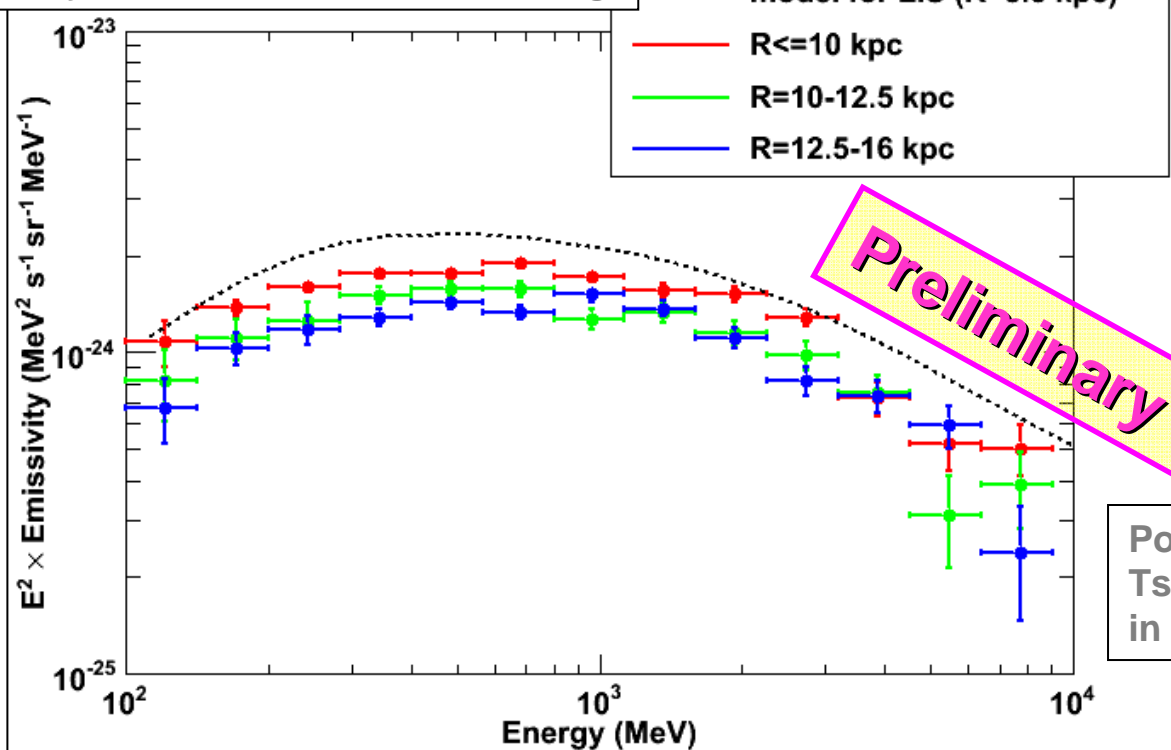


+ 1 CO map + excess E(B-V) map (Grenier et al. 2005)
+ IC map (galprop model) + point sources (11 month list)

Utilize new techniques, understanding
of the ISM and power of the LAT

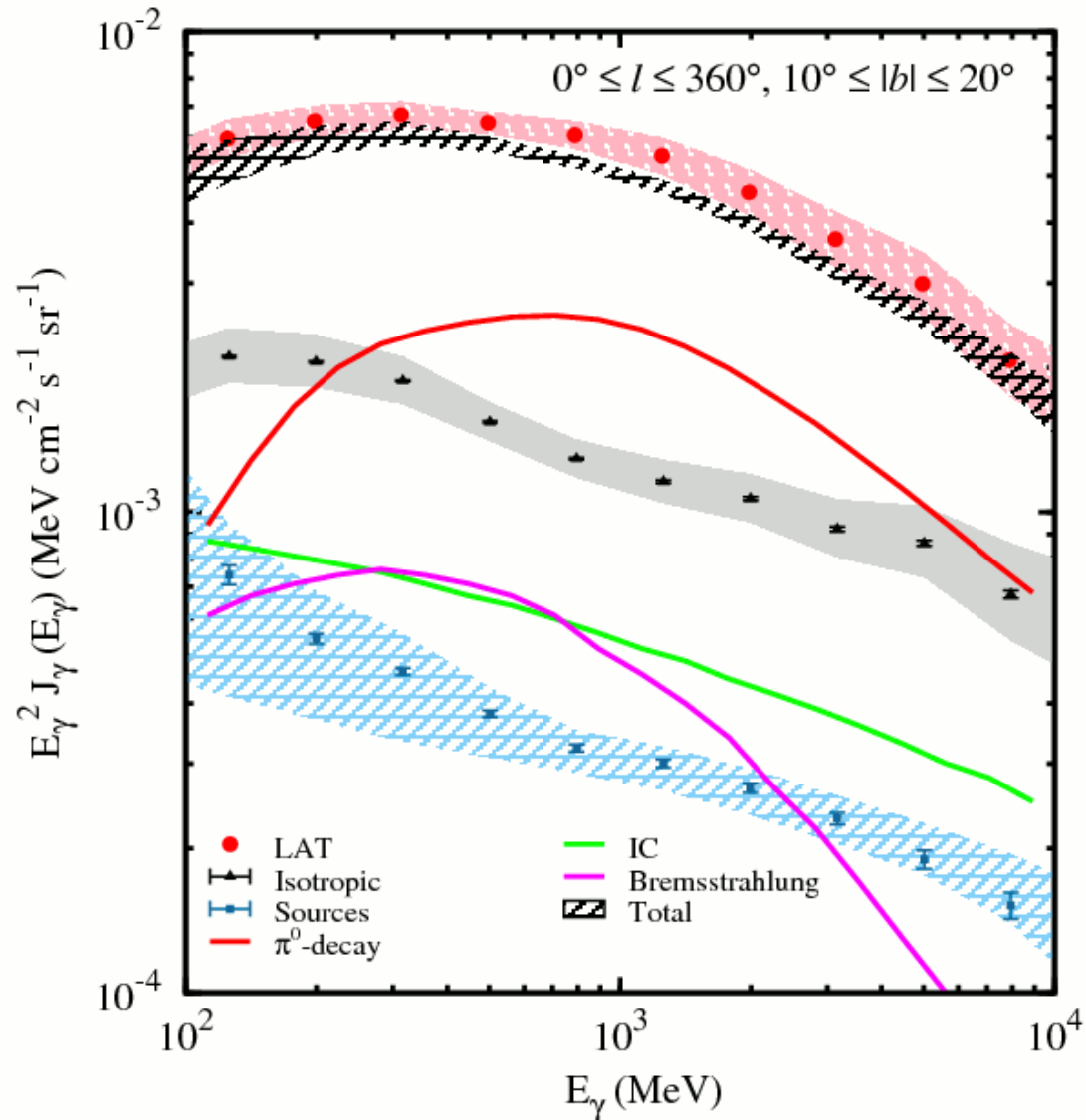
近傍のガスからの γ 線放射

HI Emissivity Spectrum of each ring

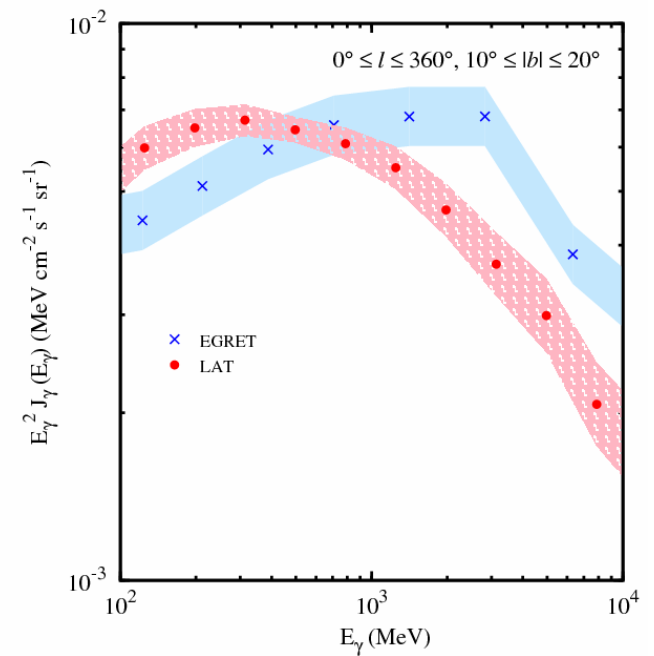


- Emissivity (CR) spectrum of **local arm (R=8.5-10 kpc)** is slightly smaller than that of LIS
- Decreasing emissivity (**local arm** => **interarm** => **Perseus arm**) are consistent with decreasing CR density across the Galaxy
- Similar CR spectral shape up to R=16 kpc

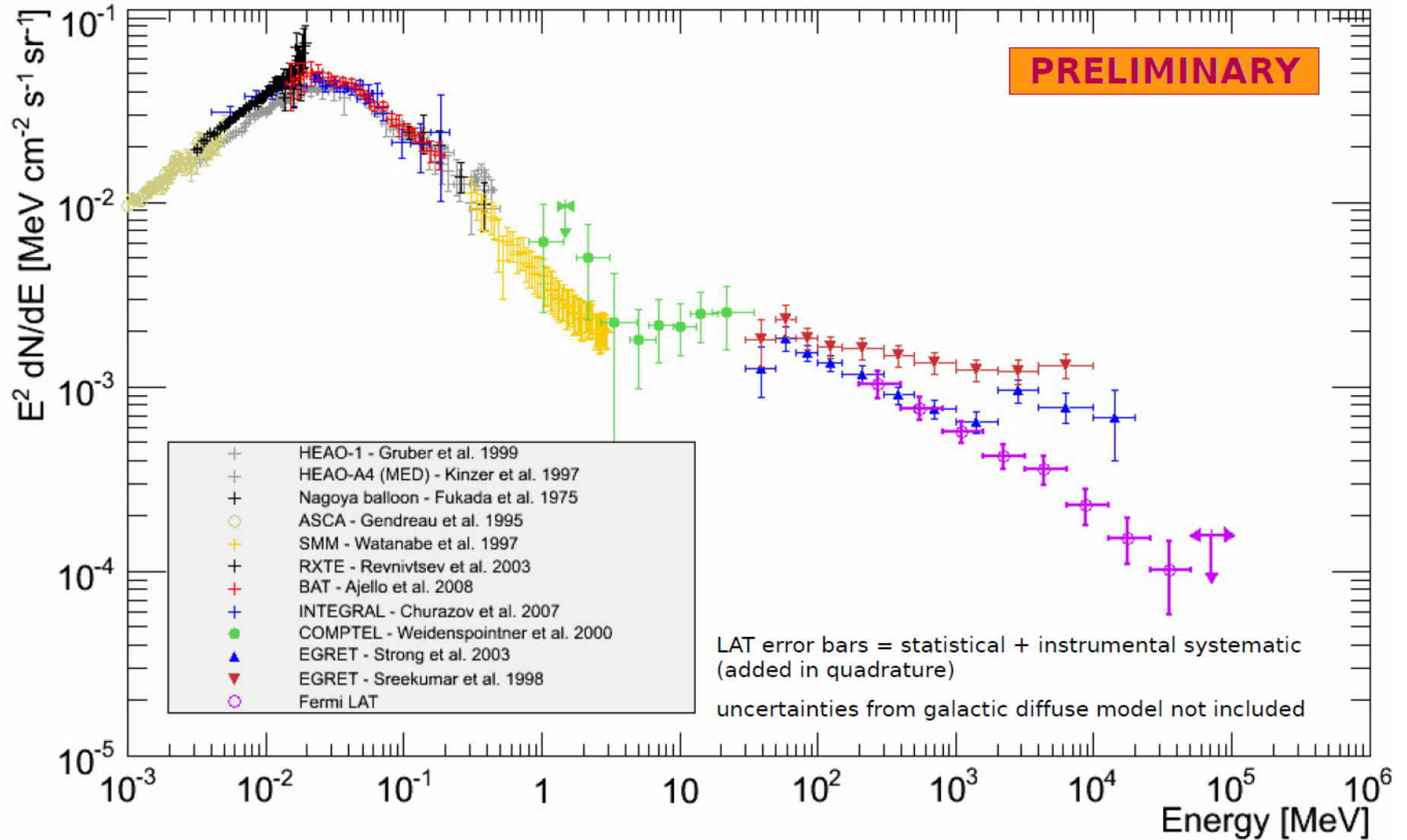
No EGRET 'GeV Excess'



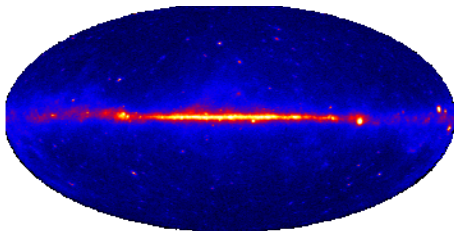
10deg<|b|<20 deg



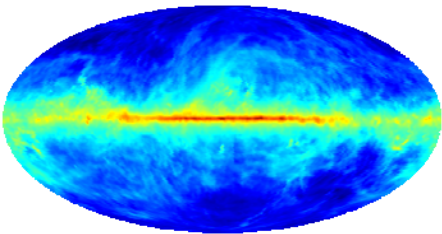
Isotropic diffuse emission (100MeV – 100 GeV)



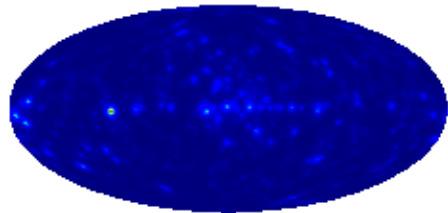
Analysis A



LAT sky



Gal. diffuse



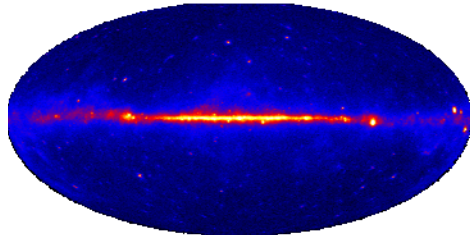
Point sources

extragalactic γ -ray
CR induced bkgd

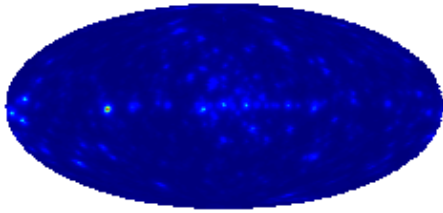
Isotropic component

- **Pixel-by-pixel max. likelihood fit** of $|b| > 10^\circ$ sky
 - equal-area pixels with $\sim 0.8 \text{ deg}^2$ (HEALPIX grid)
 - sky-model compared to LAT data
 - point source and diffuse intensities determined simultaneously
 - Energy range: 200 MeV - 100 GeV
- **Sky model:**
 - Maps of Galactic foreground γ -rays split into 3 Galactocentric annuli and into contributions from HI, H2 & radiation field
 - Individual spectra of $TS > 200$ ($\sim > 14\sigma$) point sources from LAT catalog
 - Map of weak sources from LAT catalog
 - Spectrum of isotropic component
- **Subtraction of residual background** (derived from Monte Carlo simulation) from isotropic component

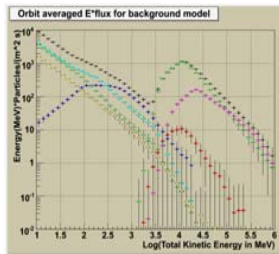
Analysis B



LAT sky

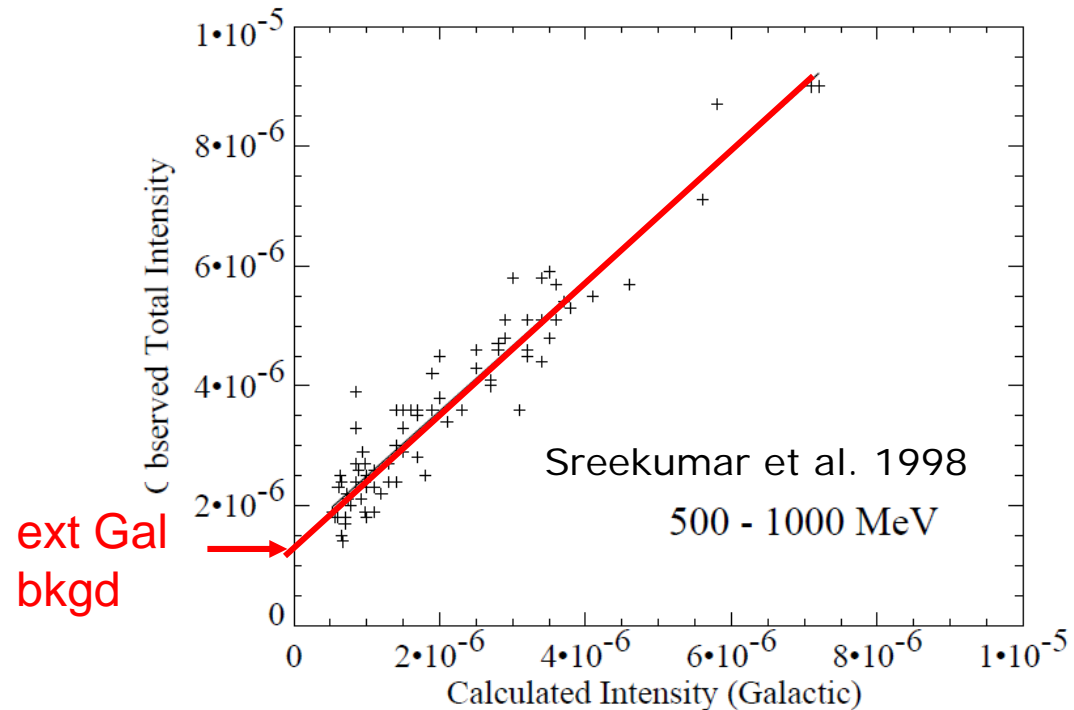


point sources



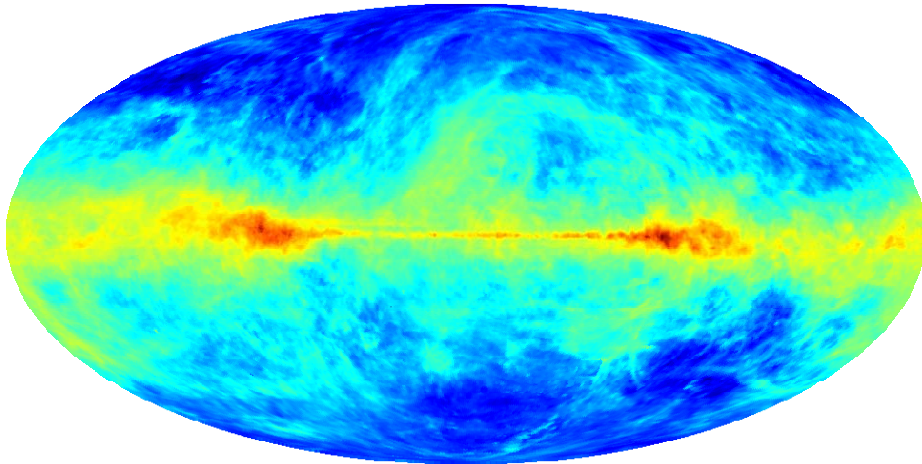
CR contamination

- Analysis technique used for **EGRET** (Sreekumar et al, 1998)
- **Source flux and residual background** subtracted from the data
- Isotropic spectrum derived from the **offset of the measured flux** to the galactic diffuse foreground

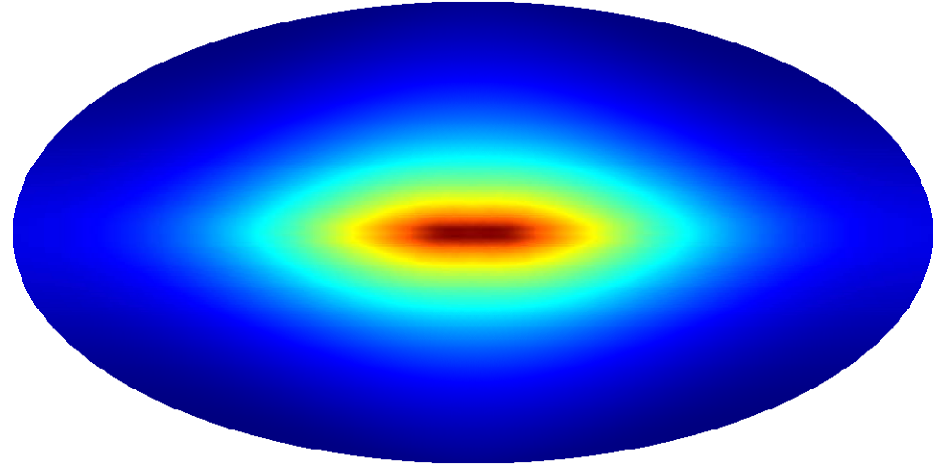


Galactic foreground

HI ($7.5\text{kpc} < r < 9.5\text{kpc}$)



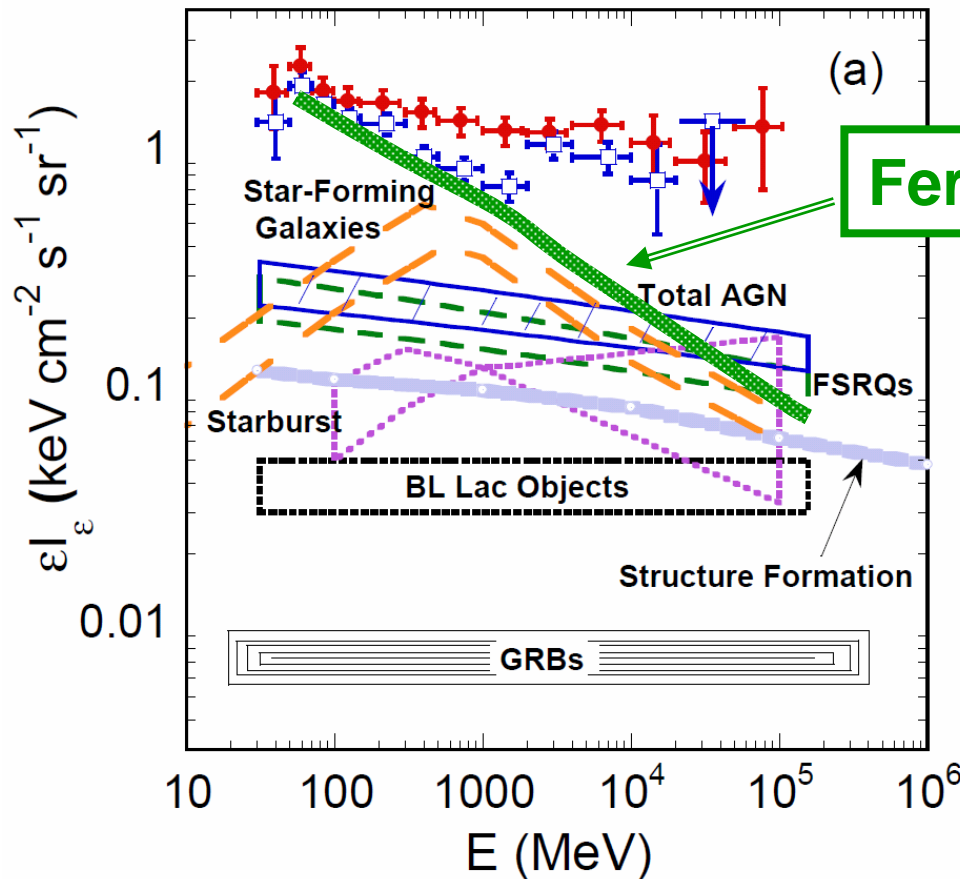
Inverse Compton scattering



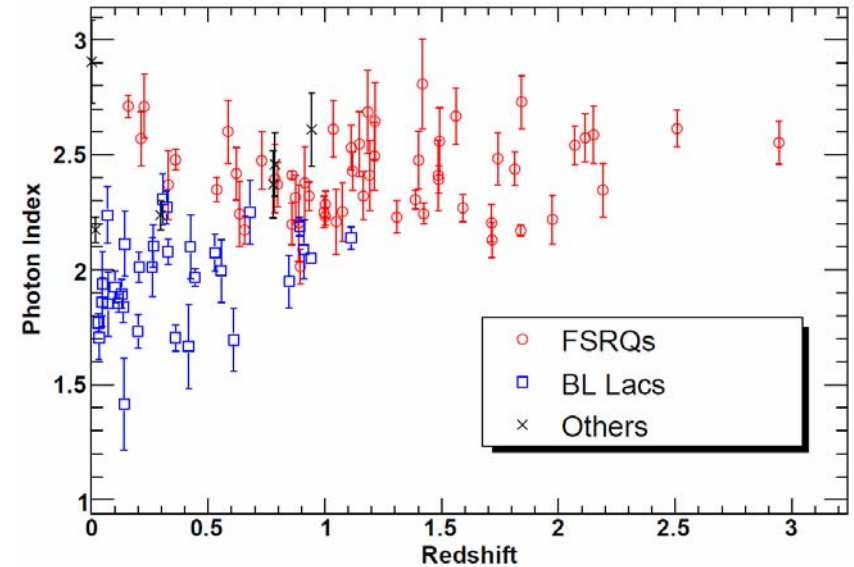
- Diffuse gamma-ray emission of **Galaxy** modeled using **GALPROP**
- Spectra of **dominant high-latitude components** fit to LAT data:
 - Inverse Compton emission (isotropic ISRF approximation)
 - Bremsstrahlung and π^0 -decay from CR interactions with local ($7.5\text{kpc} < r < 9.5\text{kpc}$) atomic hydrogen (HI)
- **HI column density** estimated from 21-cm observations and E(B-V) magnitudes of reddening
- 4 kpc electron halo size for Inverse Compton component

宇宙論的な意味

C. Dermer, Proc. of the 1st GLAST Symposium (Feb 5-8, 2007, Stanford)
AIP Conf.Proc.921:122-126, arXiv:0704.2888v2

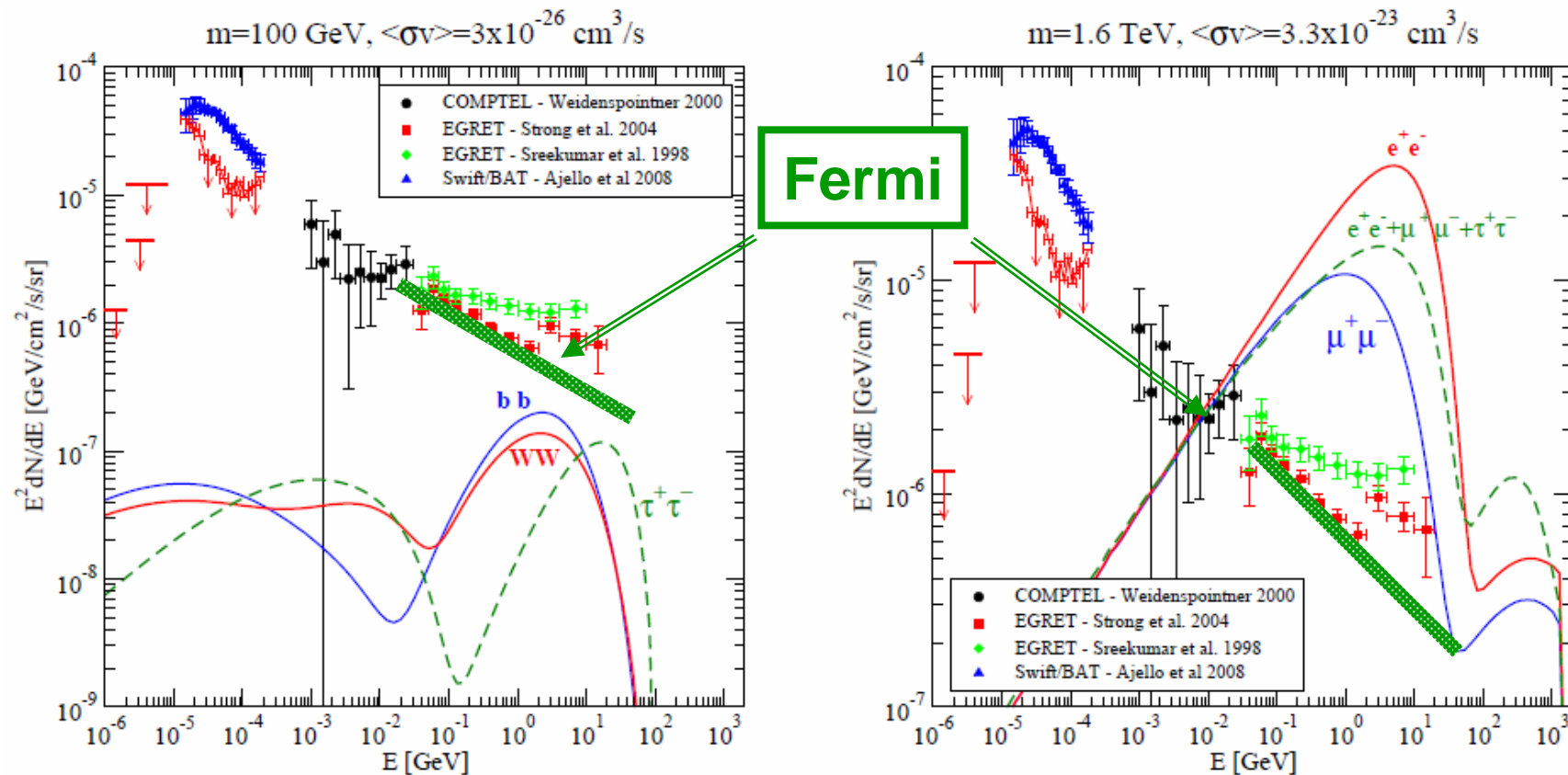


Fermi-detected AGNs



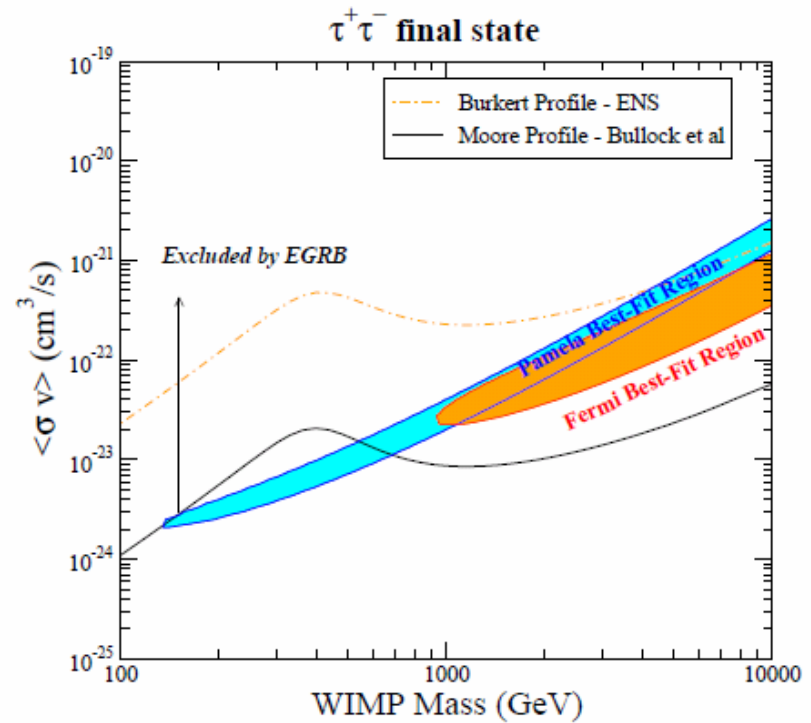
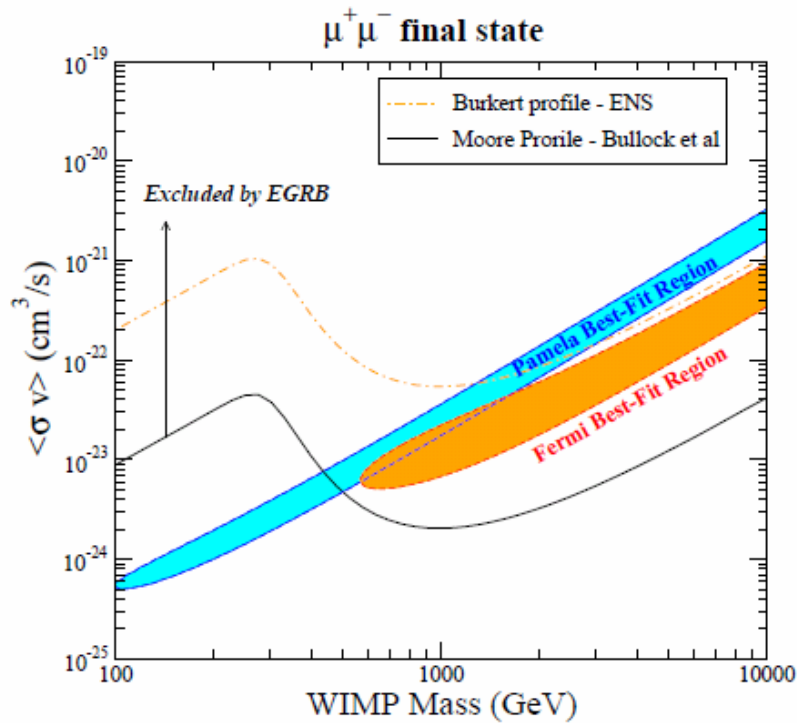
ExtraGal γ -ray Spectrum: DMに対する制限

S. Profumo & T. Jeltema, arXiv:0906.0001v2



ExtraGal γ -ray Spectrum: DMに対する制限

S. Profumo & T. Jeltema, arXiv:0906.0001v2



Summary

銀河系内の宇宙線とガスの相互作用で発生するガンマ線(パイ中間子経由あるいは制動放射)は、宇宙線強度やスペクトルの「異常」を検出する、実験室となる。

いわゆる「陽電子比の過剰」に絡んで提案された、暗黒物質モデルやパルサー風モデルは、その近傍の分子雲の観測で、厳しくチェックされる。

銀河系外の広がったガンマ線放射は、宇宙論的スケールでの暗黒物質の影響に大きな制限を与える。

超新星残骸やパルサー風からのガンマ線の解析を通して、銀河系内の宇宙線がどのように生まれ、どのように伝播し、銀河系外に漏れ出しているのか解明できると考えている。

これまで電波観測中心で進んできた「分子雲」や原子から分子が生まれる過程が、ガンマ線による「無バイアス」質量分布測定により、定量化されるだろう。