

素核宇宙融合レクチャーシリーズ 第13回

“ガンマ線バーストで宇宙を測る？”



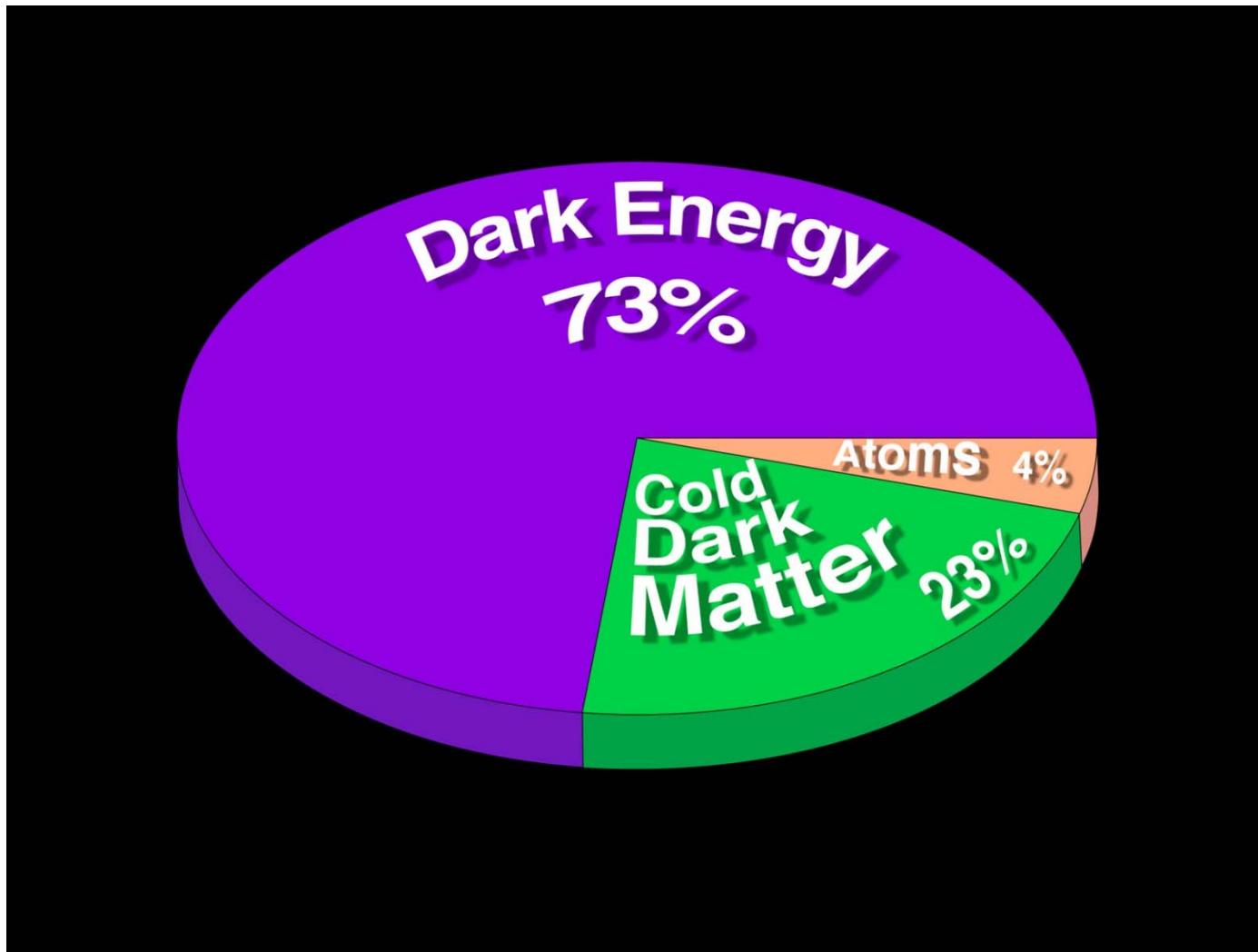
長瀧天体ビッグバン研究室

理化学研究所
准主任研究員

長瀧 重博

主催：計算基礎科学連携拠点（JICFuS）HPCI戦略プログラム分野5「物質と宇宙の起源と構造」
共催：理化学研究所 iTHEsプロジェクト 2014年11月27日-28日、理研和光キャンパス

宇宙の組成



宇宙の歴史

暗黒エネルギーによる
宇宙加速膨張。

光で見える限界。
宇宙年齢:38万年。 宇宙暗黒時代

インフレーション

宇宙創成

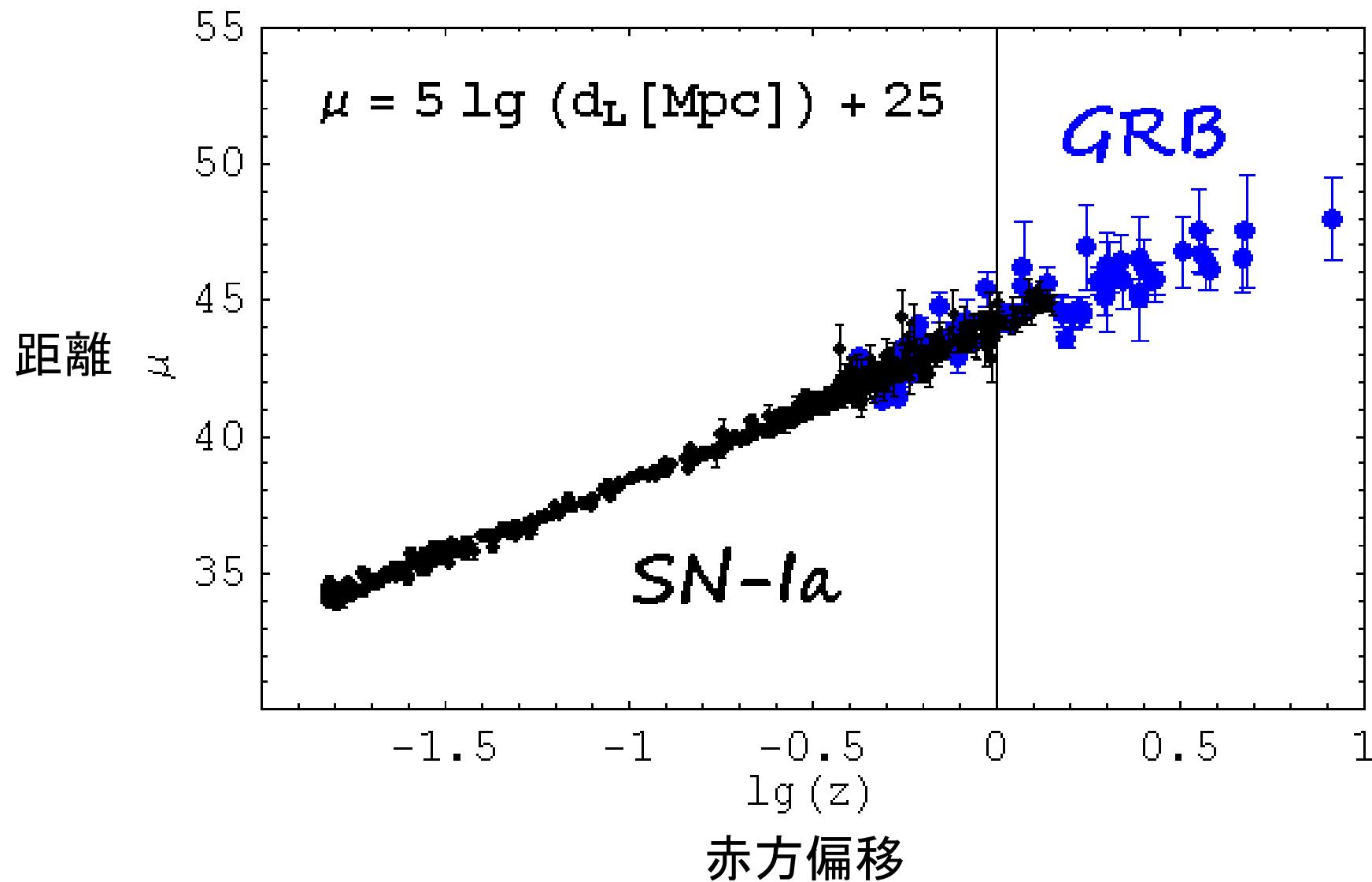
最初の星の誕生。
宇宙年齢:4億年。

WMAP

宇宙の年齢:137億年

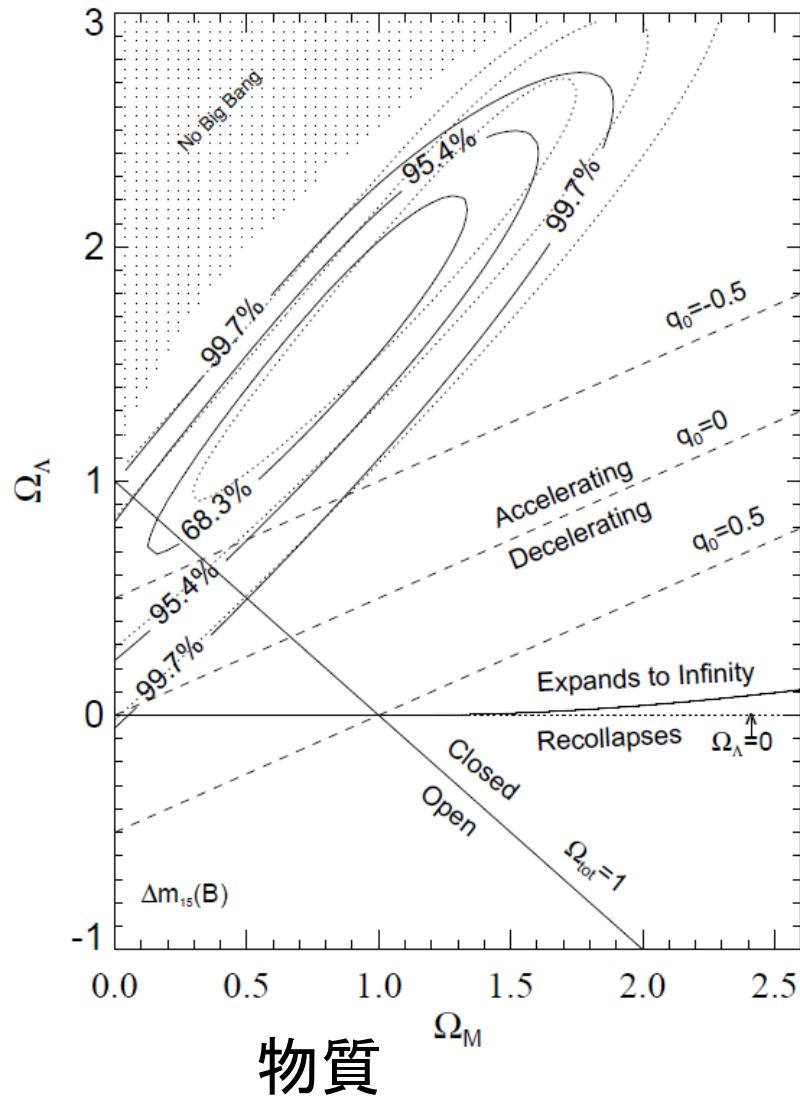
WMAP衛星のホームページより(日本語は加筆・修正)。

距離と赤方偏移から宇宙組成推定



超新星で決まった宇宙論パラメータ

ダーク
エネルギー



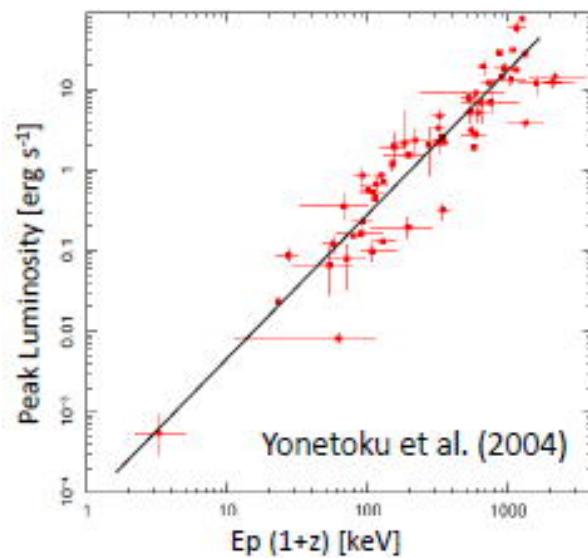
Riess et al. 1998



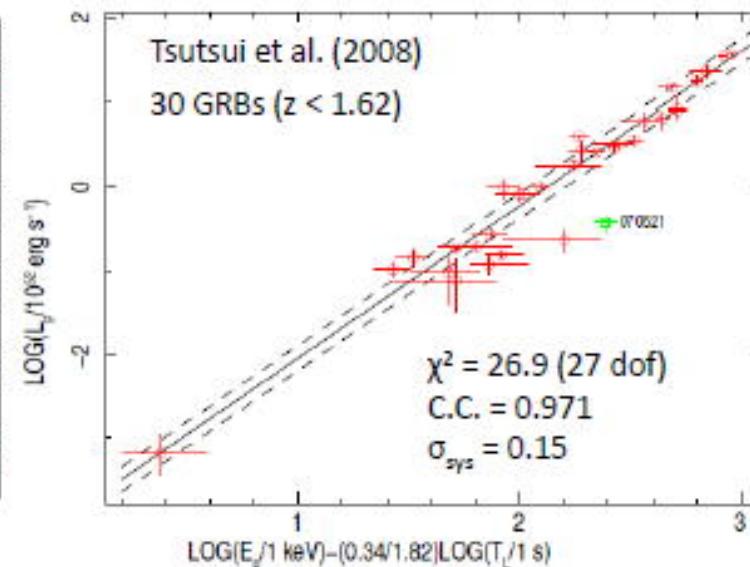
Perlmutter氏、Schmidt氏、Riess氏
2011年ノーベル物理学賞

ガンマ線バースト標準光源化を目指して

GRB 宇宙論



ガンマ線スペクトルの Epeak と光度の間の関係
GRB の距離指標として利用



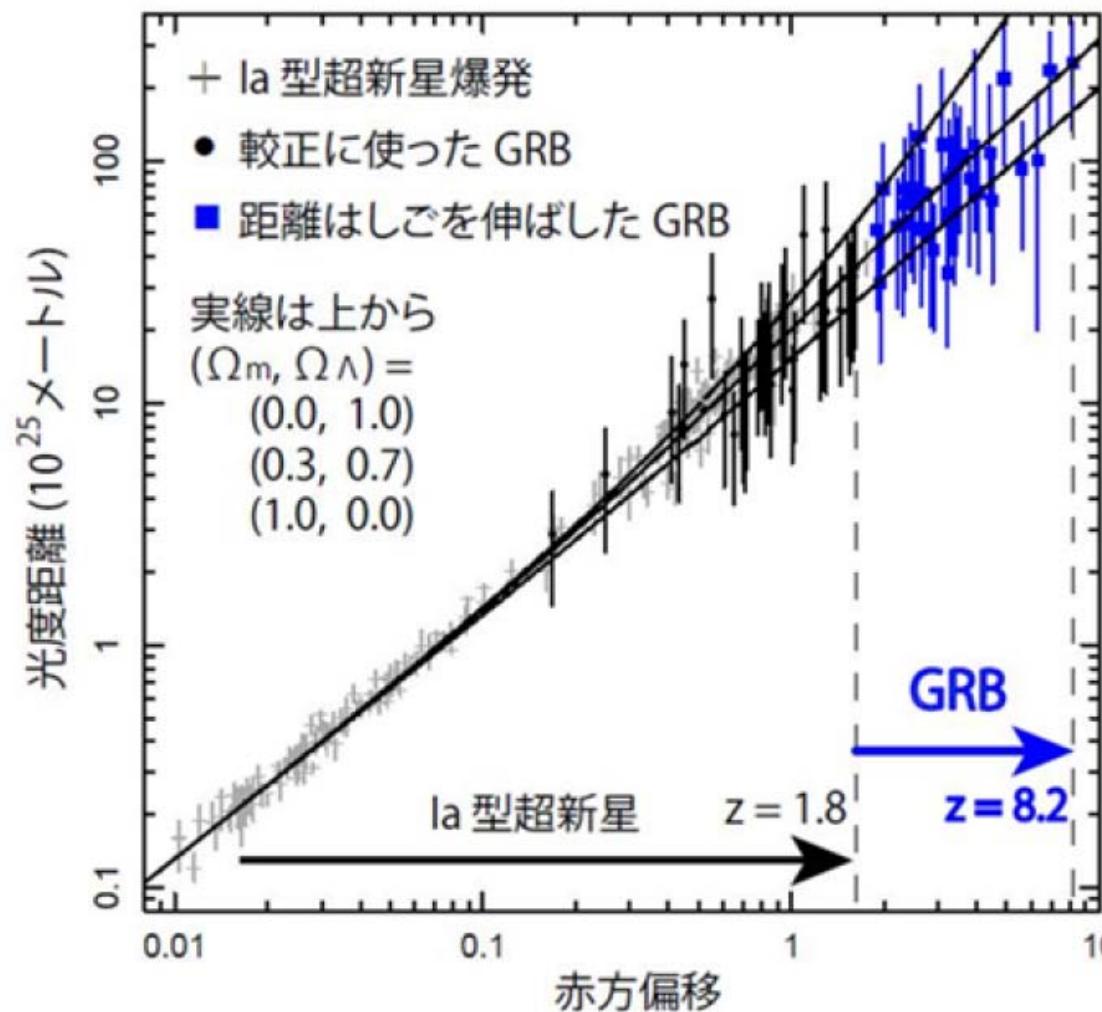
第 3 のパラメータ luminosity time : $T_L \equiv E_{iso}/L_p$ の導入

$$\frac{L_p}{10^{52} \text{ erg s}^{-1}} = 10^{-3.87 \pm 0.19} \left(\frac{E_p}{1 \text{ keV}} \right)^{1.82 \pm 0.08} \left(\frac{T_L}{1 \text{ s}} \right)^{-0.34 \pm 0.00}$$

系統誤差が大きく改善。統計誤差のみで記述が可能かもしれない。

HiZ-Gundam HPより

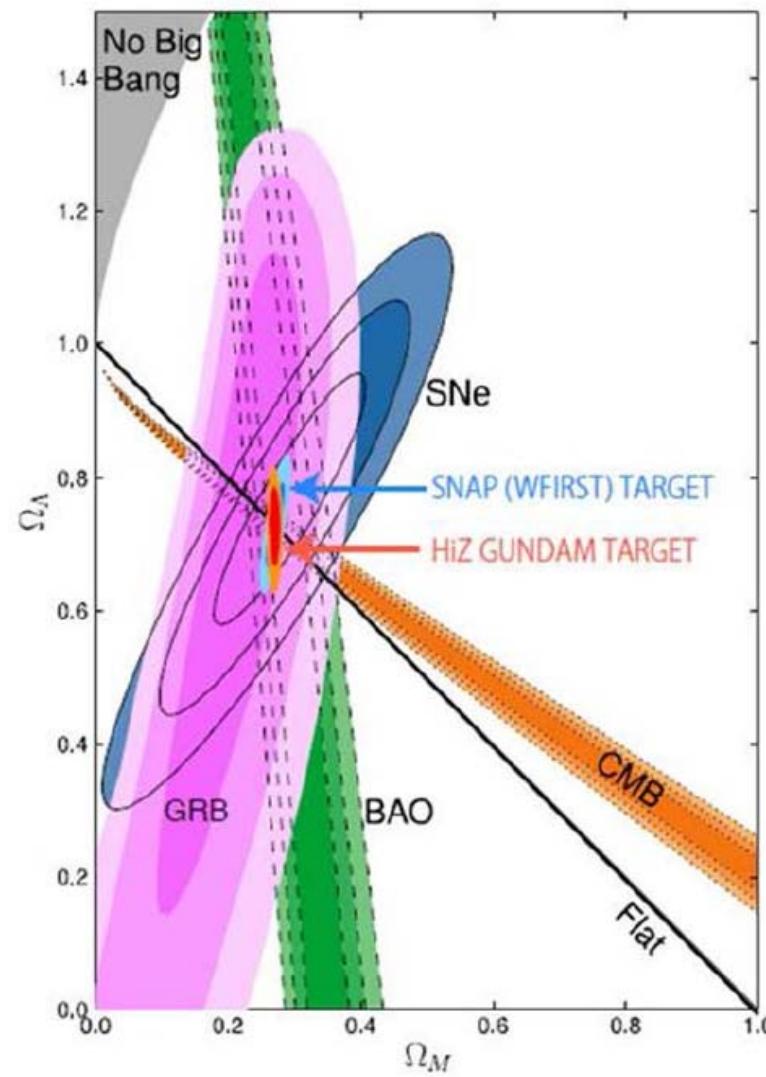
ガンマ線バーストの持つポテンシャル



ガンマ線
バーストは
明るい！

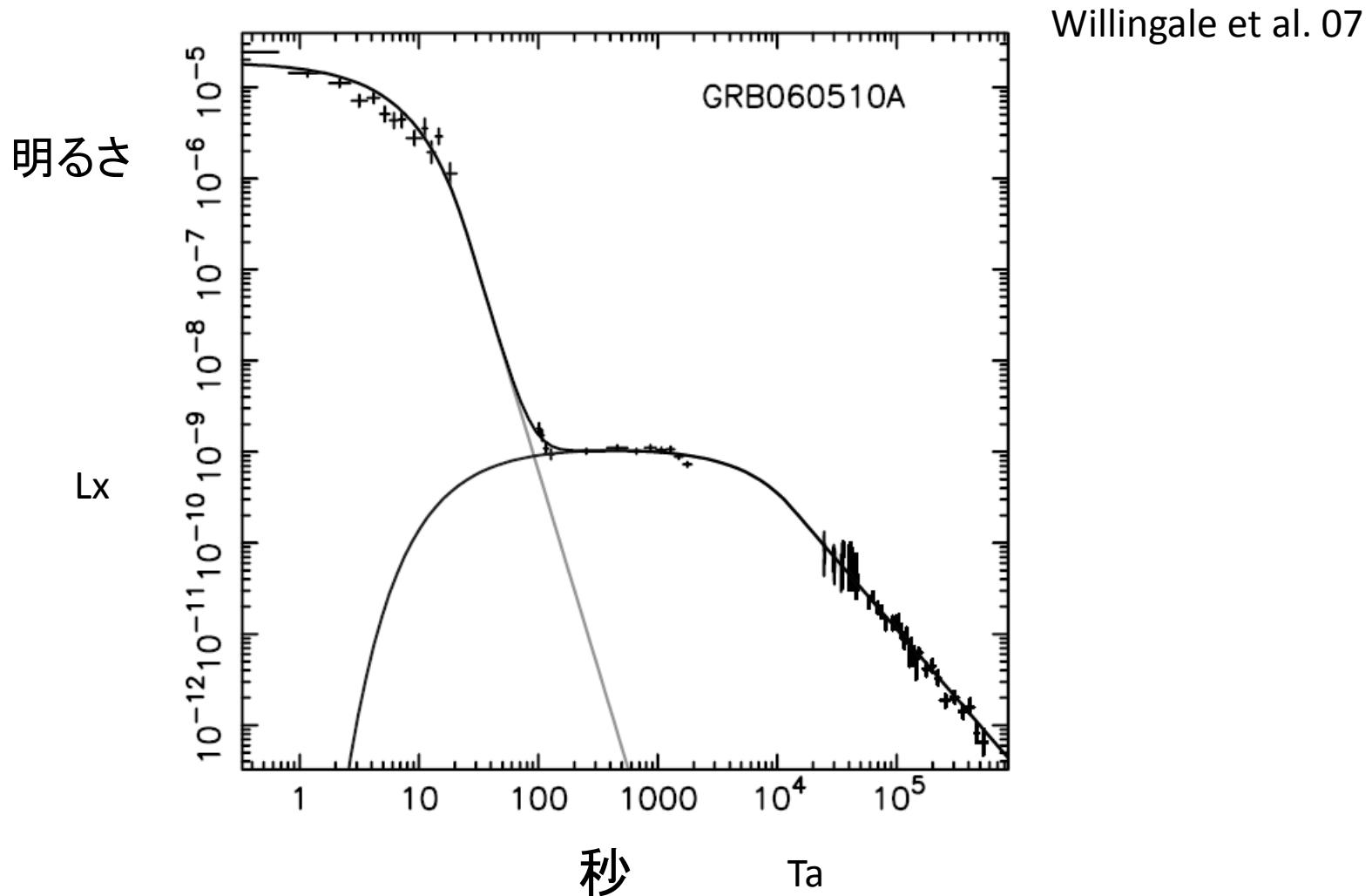
HiZ-Gundam HPより

将来のガンマ線バースト宇宙論



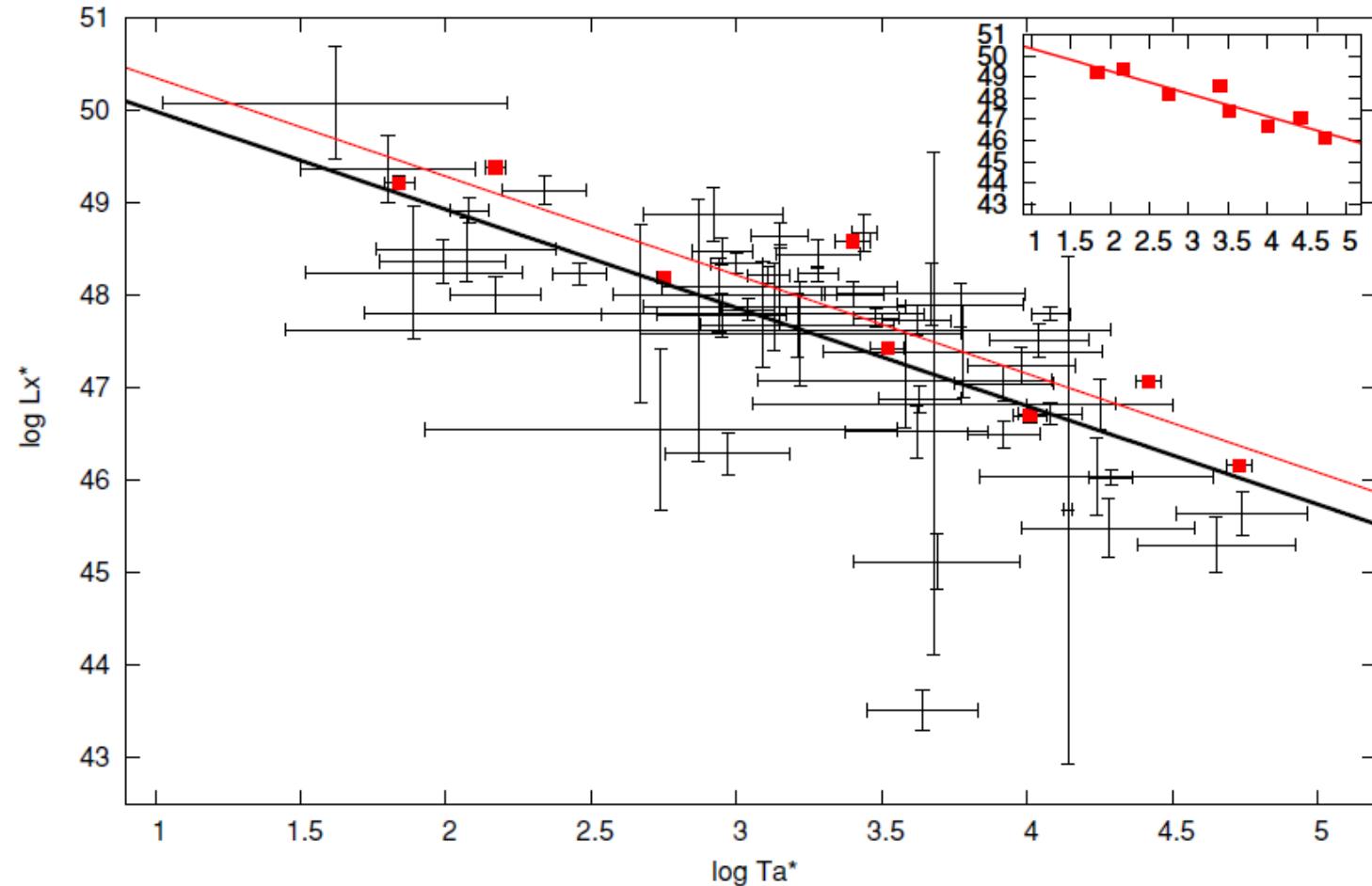
HiZ-Gundam HPより

典型的なGRB-Afterglow光度曲線



The Dainotti's Relation

Dainotti et al. 2010



M.Dainotti
(RIKEN)

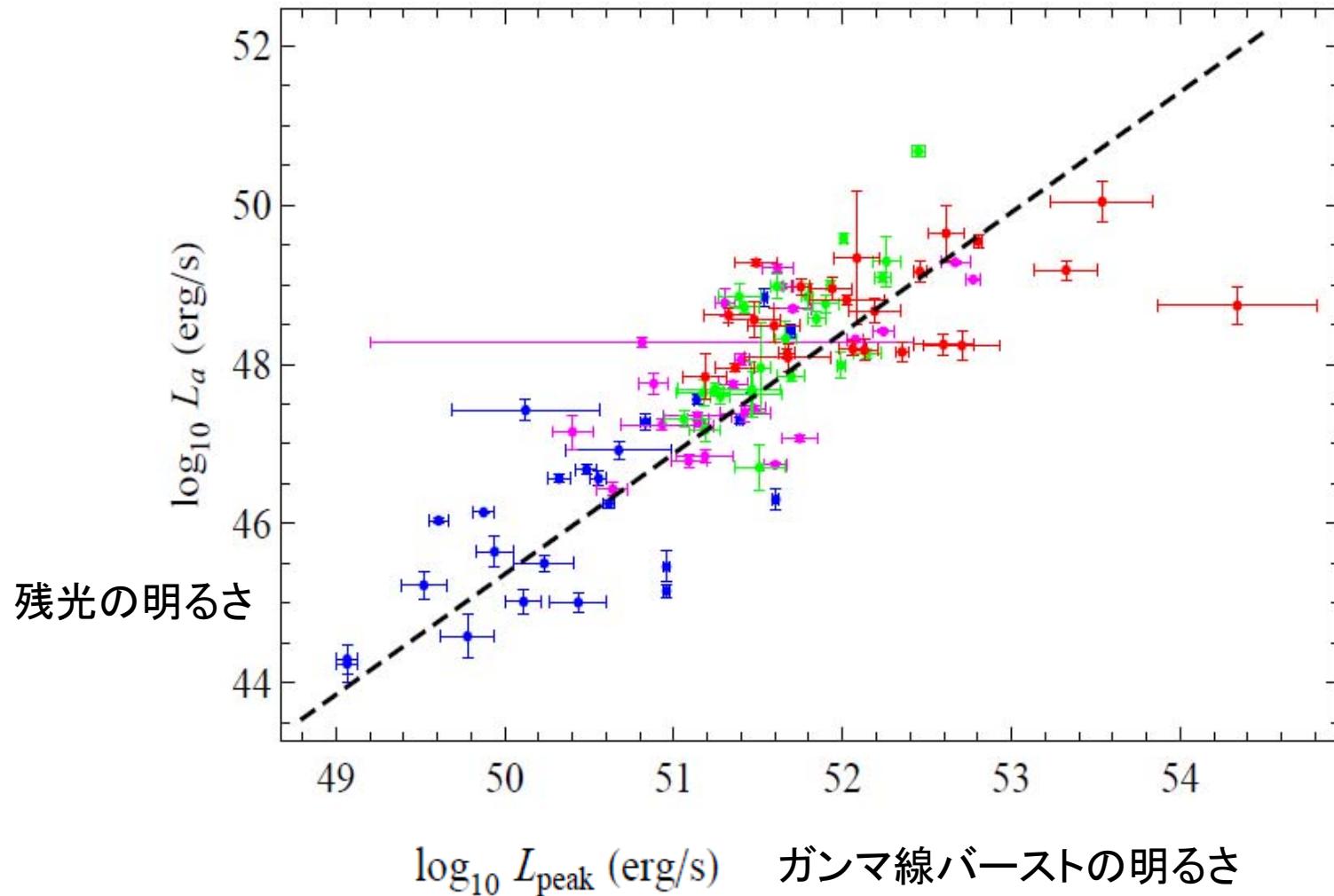
The Dainotti's Relationで イタリア共和国メリット勲章受賞！



2013年国際女性デー（2013年3月8日）

The Neo Dainotti's Relation

Dainotti et al. 2014, submitted.



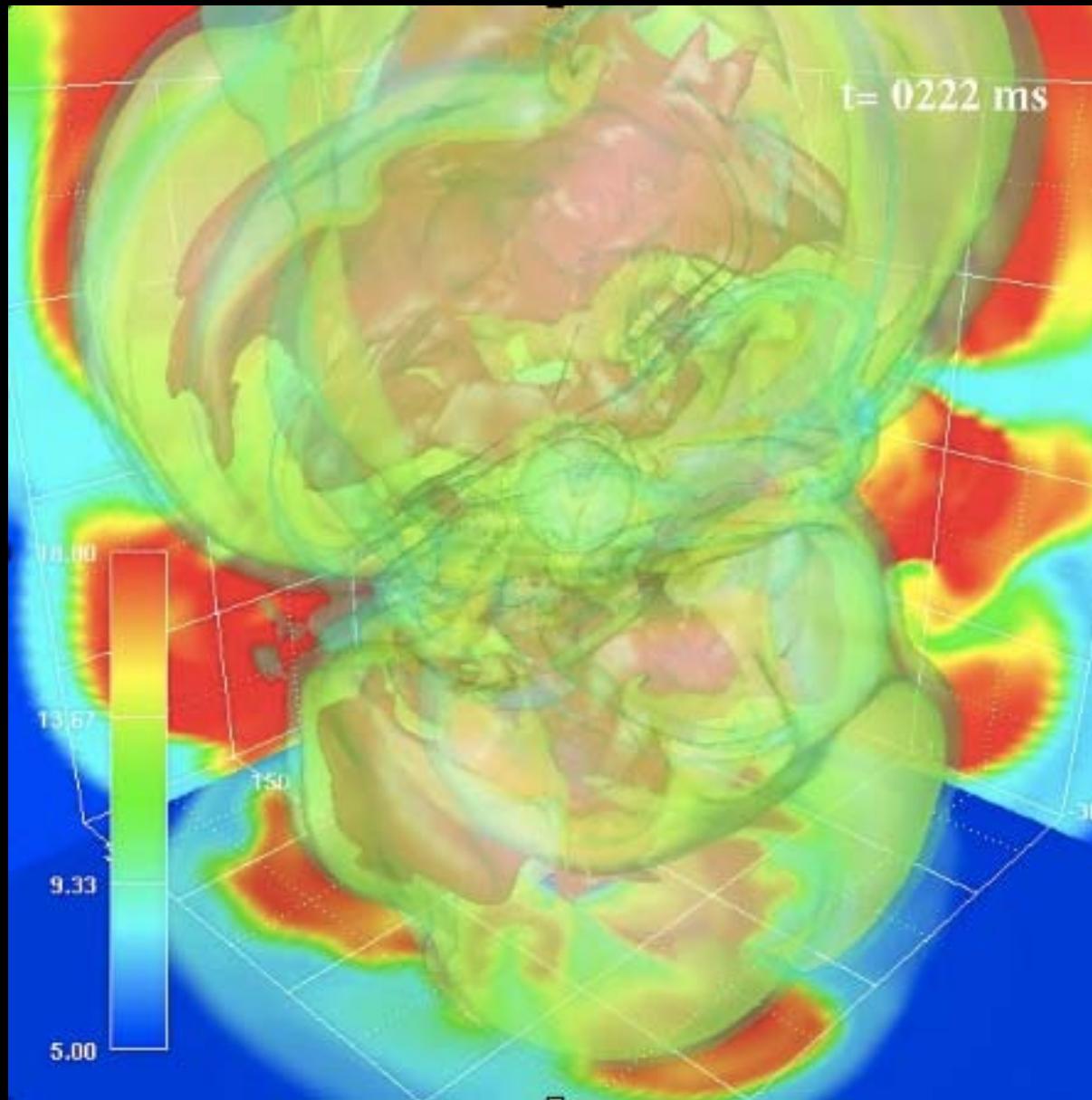
マリアの挑戦は
続く。。

完

終章

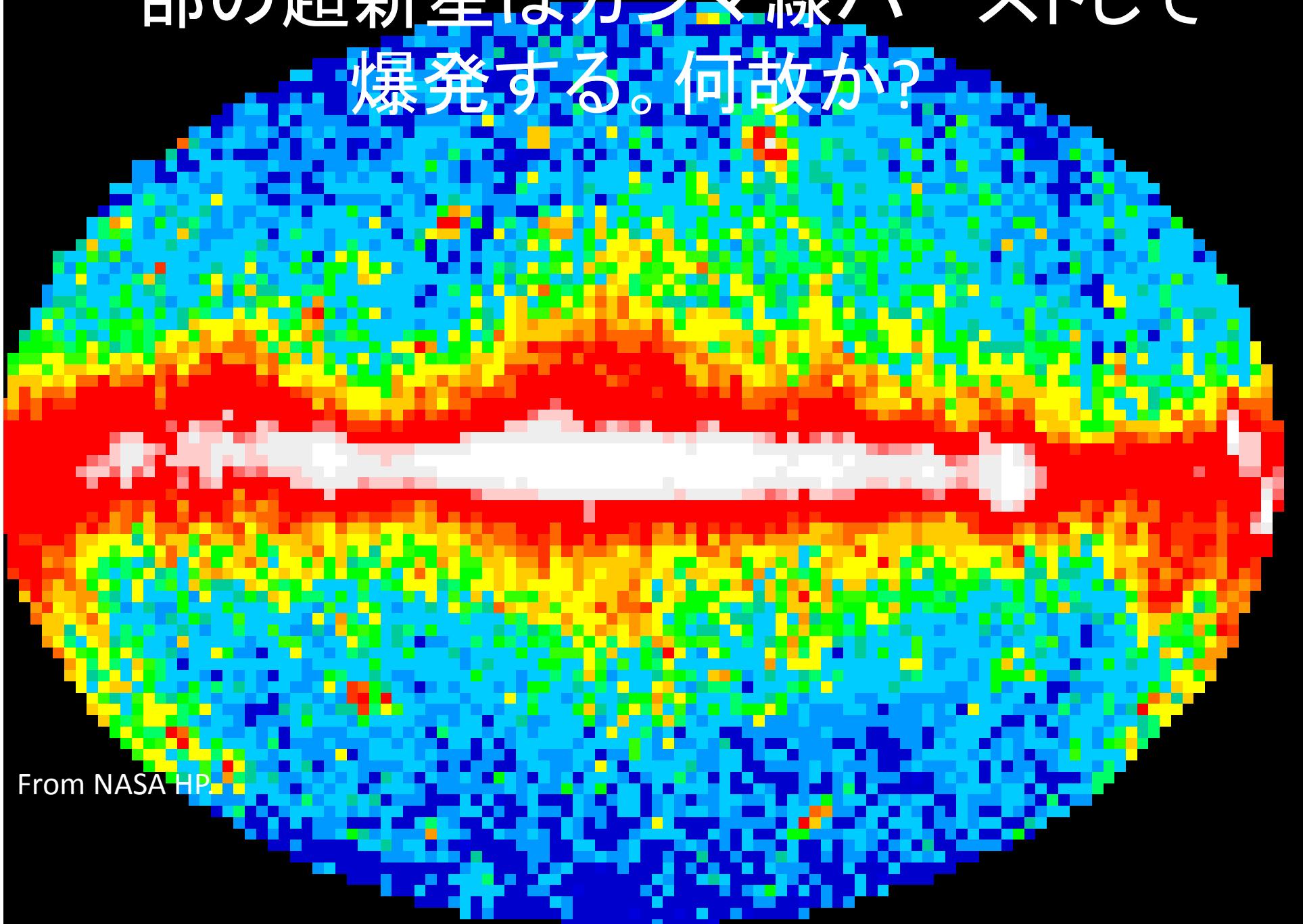
長瀧天体ビッグバン研の挑戦

何故巨大星は爆発するのか?



Simulation by
T. Takiwaki
(RIKEN)

一部の超新星はガンマ線バーストして
爆発する。何故か？



From NASA HP

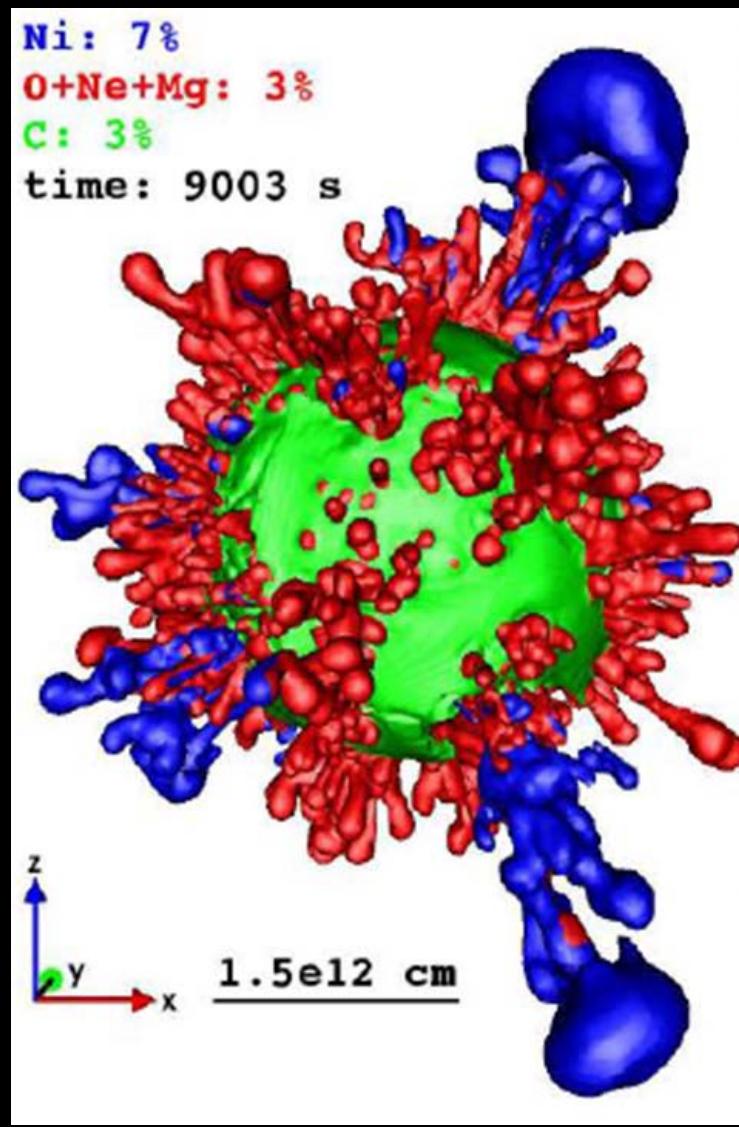
超新星は重元素の起源。 しかしどの元素がどれだけ出来ているのか?



Simulation by
A. Wongwathanarat
(MPA → RIKEN)



S. Wanajo
(RIKEN)



Origin of Gold?



Origin of Uran?

超新星やガンマ線バーストの放射機構は?



A. Tolstov (RIKEN→IPMU)



Y. Teraki(RIKEN)



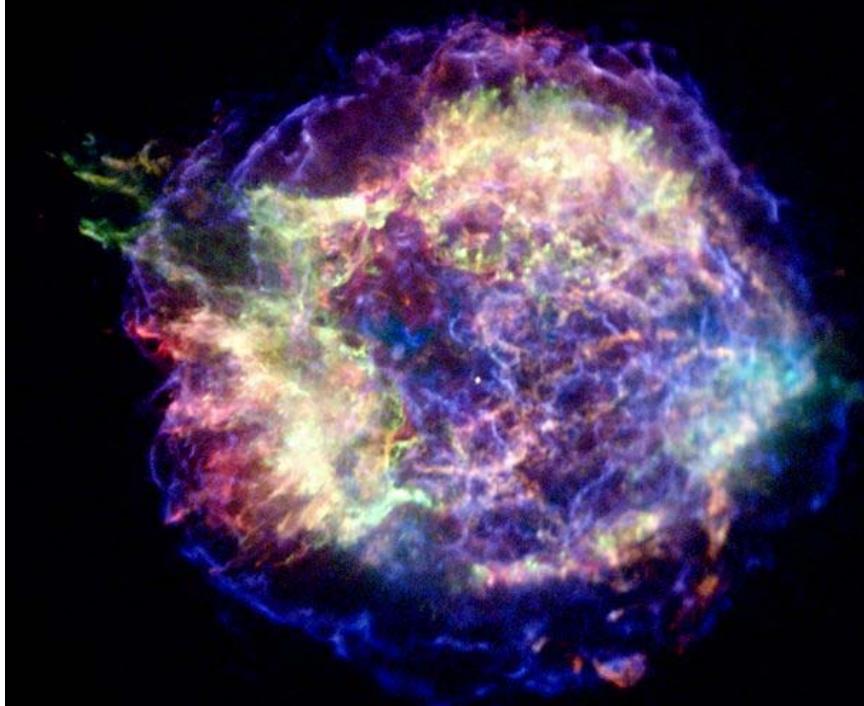
H. Ito (RIKEN)



J. Matsumoto (RIKEN)

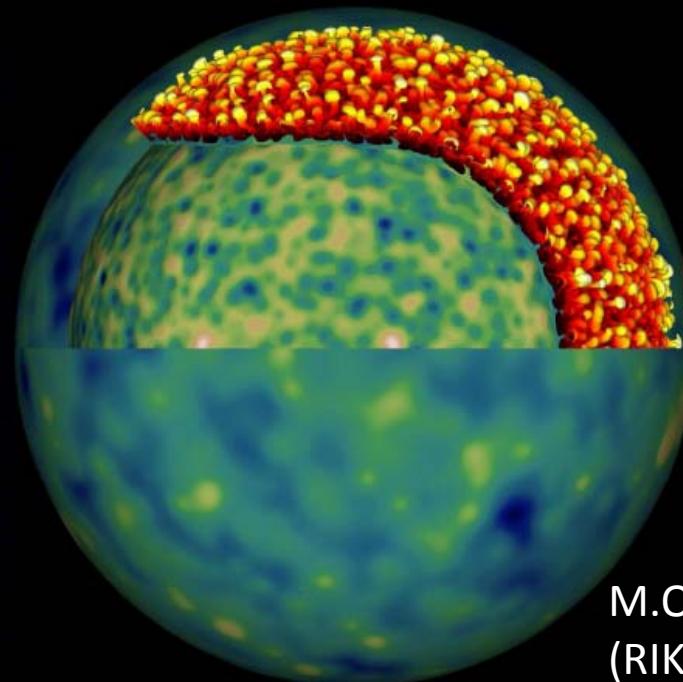


超新星残骸には謎・物理が一杯！



X-ray Image of Cassiopeia A by
Chandra

Morphology? Composition? Cosmic-Ray Production?



Simulation by
D. Warren

D. Warren
(NCSU→RIKEN)



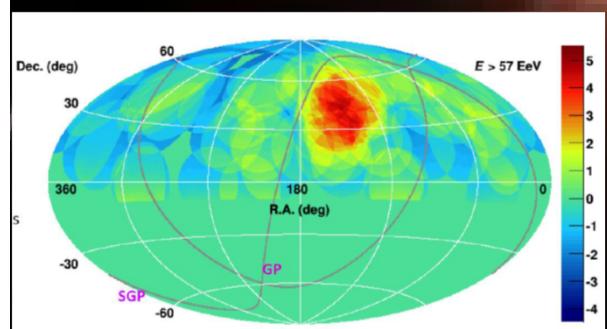
S.H. Lee
(RIKEN→
JAXA)



M.Ono
(RIKEN→Kyushu U.)



ガンマ線バースト・極超新星は 最高エネルギー宇宙線加速器か？

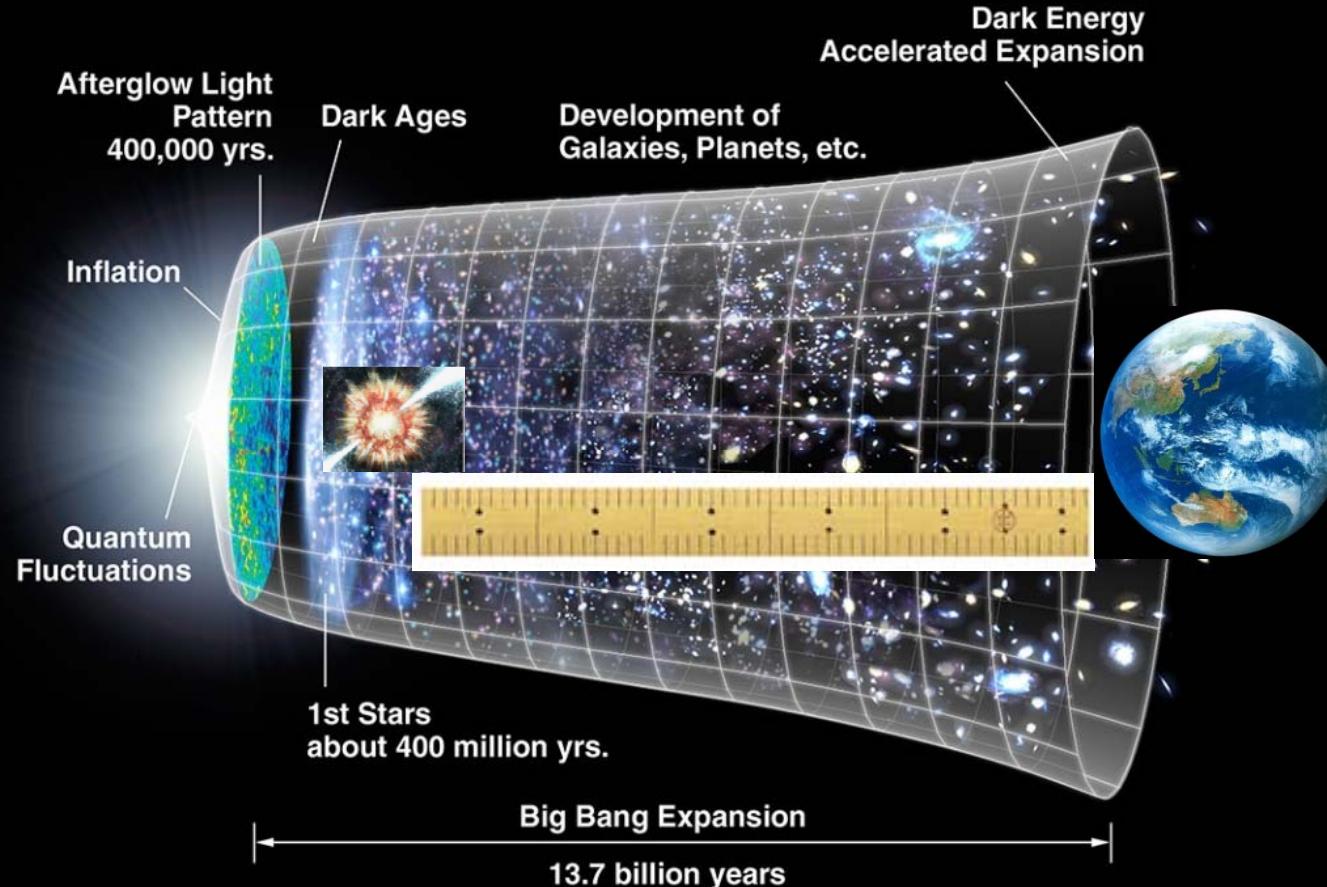


Telescope Array実験(日本ーアメリカ)
が見つけた最高エネルギー
宇宙線ホットスポット 2014

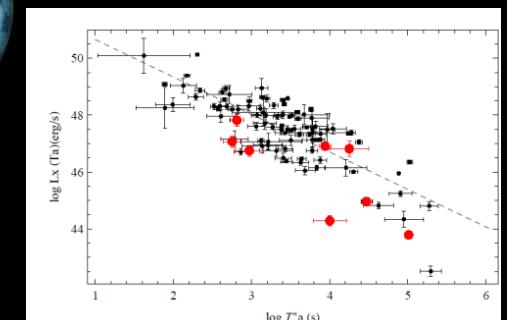
© A. Roquette (ESO)

ガンマ線バーストは宇宙最長のものさしになれるか？

WMAP HPより。一部改編。



M. Dainotti (RIKEN)



The Dainotti's 関係式

Maria Dainotti、2013年、The Dainotti's Relationでイタリア共和国メリット勲章受賞！

長瀧天体ビッグバン研メンバーと共同研究者

From 1st April 2013

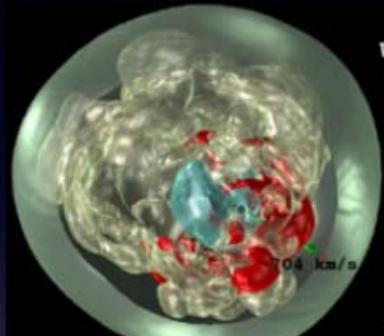
Small
Radi



~Toward Full-Understanding of Supernovae and GRBs~

- Central Engine: **Nagataki (PI), Takiwaki , Barkov**
- Explosive Nucleosynthesis:**Wongwathanarat, Wanajo, Mao**
- Shock Breakout/Light Curve/Spectrum: **Tolstov**, Blinnikov (ITEP), Tominaga (Konan), Tanaka (NAOJ), Maeda(Kyoto)
- Propagation of Relativistic Jet: **Matsumoto, Mizuta**
- Prompt Emission: **Ito, Teraki, Pe'er (UCC)**
- Afterglow: **Warren**, Ellison (NCSU), MacFadyen(NYU).
- Remnants: **Lee, Ono, Warren**, Slane (CfA), Patnaude (CfA)
- UHECRs, VHE-neutrinos/gamma-rays: Allard (APC), Kusenko (UCLA), He (PAO)
- GRB Cosmology: **Dainotti** ... and More!

Roadmap

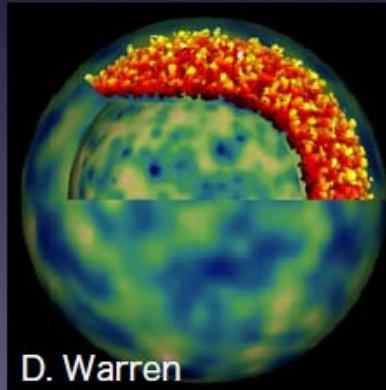


A. Wongwathanarat

Towards true picture of SNe

- Progenitor star properties
- Explosion mechanism
- Nucleosynthesis, matter mixing
- Shock breakout to early SNR phase

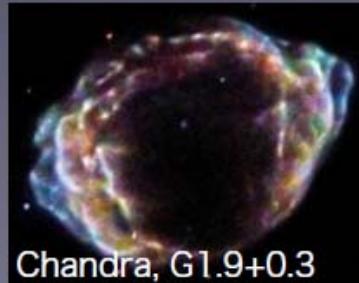
T. Takiwaki, A. Wongwathanarat, M. Ono, T. Tolstov
K. Maeda (Type Ia's), and more friends



D. Warren

Deeper understanding of SNRs and collisionless shocks

- Diffusive shock acceleration (DSA) of CR e^- and ions
 - CR-driven magnetic turbulence
 - Hydro/MHD instabilities
 - Ejecta and CSM structure
- H. Lee, M. Ono, M. Barkov
D. Ellison, P. Slane, D. Patnaude, C. Badenes, D. Warren, A. Bykov, ...



Chandra, G1.9+0.3

Confront multi- λ data with state-of-the-art model

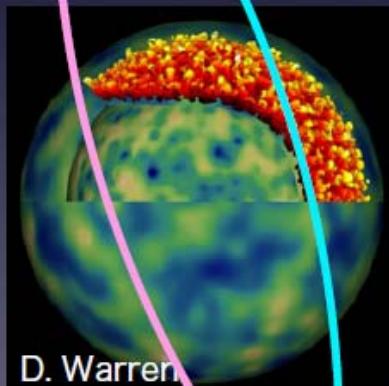
- Future and current observations of SNe and SNRs young to old
 - Astro-H, NuStar, Suzaku, Chandra, LAT, IACTs, VLA, Nanten-II, etc
 - In close future: CTA, SKA, and more
- ALIGO/AVIRGO/KAGRA/SK

Roadmap



Towards true picture of SNe

- Progenitor star properties
 - Explosion mechanism
 - Nucleosynthesis, matter mixing
 - Shock breakout to early SNR phase
- T. Takiwaki, A. Wongwathanarat, M. Ono, T. Tolstov
K. Maeda (Type Ia's), and more friends



Deeper understanding of SNRs and collisionless shocks

- Diffusive shock acceleration (DSA) of CR e^- and ions
 - CR-driven magnetic turbulence
 - Hydro/MHD instabilities
 - Ejecta and CSM structure
- H. Lee, M. Ono, M. Barkov
D. Ellison, P. Slane, D. Patnaude, C. Badenes, D. Warren, A. Bykov, ...

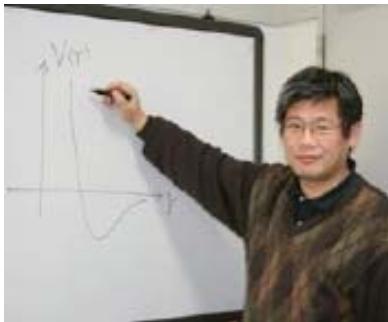


Confront multi- λ data with state-of-the-art model

- Future and current observations of SNe and SNRs young to old
- Astro-H, NuStar, Suzaku, Chandra, LAT, IACTs, VLA, Nanten-II, etc
- In close future: CTA, SKA, and more

ALIGO/AVIRGO/KAGRA/SK

理研の原子核理論グループとの連携



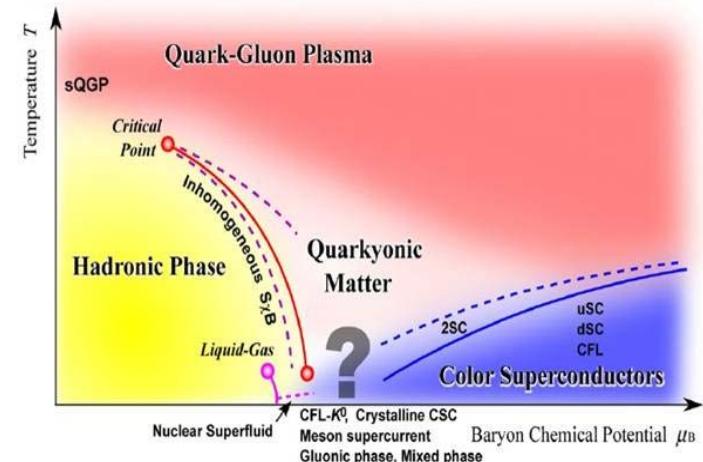
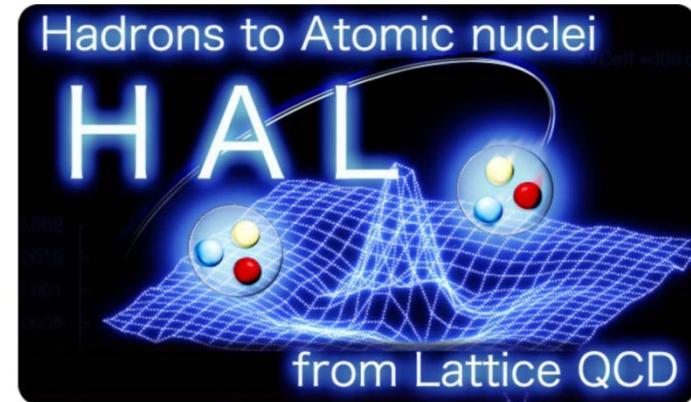
Dr. T. Hatsuda



Dr. E. Hiyama



Dr. T. Nakatsukasa



中性子星はどれ位固いの？
→ 超新星爆発にとって(最)重要。

RIBF (Radioactive Isotope Beam Factory) in RIKEN



**New Nuclei: Z=113 & A=278 has been found by RIBF.
The State-of-the-Art Nuclear Reaction Data can be Provided.**



Y. Nishina



H. Yukawa



S. Tomonaga



H. Sakurai



T. Uesaka



H. Ueno



K. Morita

理論科学連携研究推進グループ (iTHERS)

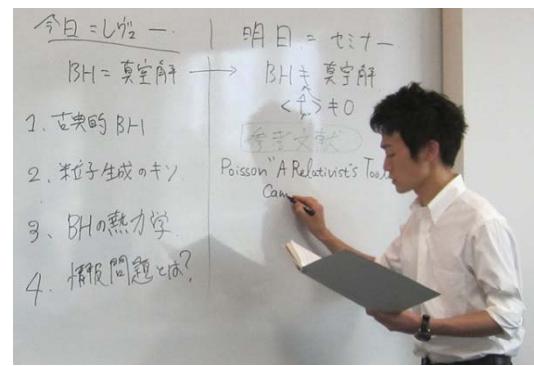
(FY2013-FY2018)



Tetsuo Hatsuda
Group Director



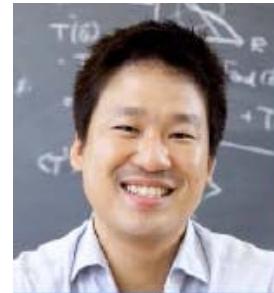
S. Nagataki
A Team Leader



Y. Yokokura & A. Tanaka
New iTHERS Postdocs
(FY2015-)



iTHERS-Kavli IPMU 04/Dec/2013



6th Nov. 2014 iTHERS-IPMU-Osaka Joint Meeting @ Kavli IPMU or RIKEN



京 & ポスト京プロジェクト HPCI & ポストHPCI

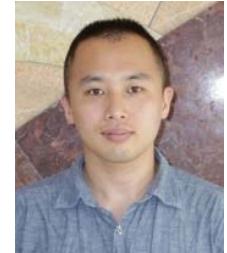
京(KEI) = 10 Peta=10¹⁶.



K-Computer's Speed is 10 Peta Flops (Fastest in the World in Jun. –Nov. 2011. Now 4th ranked).
The Post-K-Project (Exa-Flops, 2020-) has already started in RIKEN.

長瀧天体ビッグバン研究室

- 研究室主催者: 長瀧
- 現在の研究員: 伊藤, 松本, Dainotti, Barkov, 寺木,
Wongwathanarat, 滝脇
- 以前の研究員: 小野 (九大), Lee(JAXA), Tolstov(IPMU),
Mao(九大)
- 2015年度着任予定の研究員: Warren, 横倉, 田中, and More!



完

ありがとうございました。