

2021 年度（第 67 回）仁科記念賞

仁科記念財団^{＊)}は、2021 年 10 月 22 日に開催された第 37 回理事会において、本年度の仁科記念賞^{＊＊)}を以下の 3 件、4 氏に授与することを決定いたしました。

受賞者には、賞状、賞牌と 1 件につき 60 万円の賞金が贈呈されます。

本年度の授賞式は、12 月 6 日（仁科芳雄博士の誕生日）16:00~17:30 に Zoom によるオンラインで行われ、その模様は、YouTube で限定公開されます。

＊) <https://www.nishina-mf.or.jp/jp>

＊＊) 仁科記念賞受賞者の中からこれまでに、江崎玲於奈博士、小林誠博士、益川敏英博士、小柴昌俊博士、中村修二博士、梶田隆章博士が「ノーベル物理学賞」を受賞されています。これまでの受賞者と業績は <https://www.nishina-mf.or.jp/project/kinen/>

1) 受賞者（共同）

有馬 孝尚 ARIMA, Takahisa (1963 年 10 月 10 日生 58 歳 兵庫県出身)

東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授

(兼) 理化学研究所 創発物性科学研究センター・強相関量子構造研究チームリーダー



写真 jpg : URL <https://www.nishina-mf.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/10/arima.jpg>

木村 剛 KIMURA, Tsuyoshi (1968 年 7 月 31 日生 53歳 神奈川県出身)

東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授



写真 jpg : URL <https://www.nishina-mf.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/10/Kimura.jpg>

「スピン誘起マルチフェロイクスの発見と開拓」

Discovery and exploration of spin-induced multiferroics

磁性と誘電性は物質の諸性質の中でも特に重要なものである。木村・有馬両氏は 2003 年に、 TbMnO_3 という反強磁性体において長周期磁気秩序と強誘電状態が共存し、更に磁場を印加して磁気構造を変化させると電気分極の方向がスイッチするという現象を見出した。フェロイクスとは、固体中の原子やイオンのミクロな磁気双極子や電気双極子がマクロなスケールでそろった強磁性状態や強誘電状態などを指す総称であるが、両氏の発見は二つの異なるフェロイクスの間の未知の結合機構を示唆するものであり、これを契機としてマルチフェロイクスという物性物理学の新しい分野が急速に発展した。その後、有馬氏は放射光 X 線や中性子を用いた精密な結晶構造およびスピン（磁気）構造の解析によって、螺旋磁気構造の一種であるスピンスクロイド構造が電気分極発生の起源であるという理論提案（スピン流機構）を実証し、また別のマルチフェロイクス物質（ CuFeO_2 ）においては、これと異なるメカニズム（配位子混成とスピン軌道相互作用の相乗効果）を提案するなど、マルチフェロイクスの基礎学理に大きく貢献した。木村氏は、マルチフェロ状態を室温で実現し弱磁場で電気分極の制御が可能な物質を始めとする様々な新奇物質を開拓し、マルチフェロイクスの普遍性と応用への可能性を開拓した。

2) 受賞者

瀧田 正人 TAKITA, Masato (1960 年 2 月 10 日 大阪府豊中市生 61 歳 千葉県出身)
東京大学宇宙線研究所・教授



写真 jpg : URL <https://www.nishina-mf.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/10/Takita.png>

「サブ PeV ガンマ線天文学の創始と銀河宇宙線の起源の解明」

Establishment of the sub-PeV gamma ray astronomy and elucidation of the origin of galactic cosmic rays

瀧田正人氏は、中国チベット（標高 4,300m）に設置された宇宙線の空気シャワー観測装置を改造し高エネルギー宇宙ガンマ線観測を行い、世界で初めて sub-PeV (10^{14} eV = 100 TeV 以上)のガンマ線を検出するとともに、PeV 領域宇宙線の起源が銀河系内にあることを解明した。宇宙線は電荷を持っており銀河磁場で曲げられてしまうため、その起源解明の手段として加速された宇宙線が星間物質と衝突した際に放出される高エネルギーガンマ線が注目されてきた。瀧田氏は 65,700 平方メートルの空気シャワー観測装置である「Tibet AS γ 実験」に大面積の水槽からなる水チェレンコフ型のミュオン検出器を設置し、宇宙線起源とガンマ線起源の事象を分離する手法を提案・適用した。そして 2019 年、カニ星雲から史上初めて 100 TeV を超えるガンマ線を 5.6 シグマの有意度で検出したことを皮切りに、他の天体からも 100 TeV を超えるガンマ線を観測した。更に 2021 年、銀河面に沿って、既知の TeV ガンマ線源と離れた場所から 400 TeV 以上のガンマ線が飛来していることを 5.9 シグマの有意度で発見した。これは銀河系内の宇宙線源から放出された宇宙線が銀河面にある星間物質と衝突して生成されるガンマ線と考えられ、また理論的な予言とも矛盾なく、1958 年頃から信じられてきた数 PeV 以下の宇宙線が銀河系内起源であることを世界で初めて実証したものである。これらの研究成果は、日中国際共同の Tibet AS γ 実験グループとしての成果ではあるが、グループを指揮する瀧田氏はこれらの発見に本質的な役割をしており、その貢献は十分に大きいと判断される。

3) 受賞者

宮崎 聡 MIYAZAKI, Satoshi (1965 年 9 月 22 日 長野県生 56 歳 愛知県出身)

自然科学研究機構 国立天文台 先端技術センター・教授



写真 jpg : URL <https://www.nishina-mf.or.jp/wp/wp-content/uploads/2021/10/Miyazaki.jpg>

「すばる望遠鏡広視野カメラの開発による観測的宇宙論の展開」

Observational Cosmology through the Development of Wide Field Cameras for Subaru Telescope

銀河分布に見られる大規模構造の形成と進化の観測は、ダークマターとダークエネルギーの解明につながる観測的宇宙論の重要なテーマである。宮崎聡氏は、多くの観測成果を産み出したすばる望遠鏡広視野カメラ Suprime-Cam 開発の中核メンバーとしてその完成に貢献した。この実績に基づき、7 倍の超広視野をもつ Hyper Suprime-Cam (HSC) の製作に取り組み、2013 年に完成させた。これは世界に類を見ない広域天体探査機能を備えたカメラである。

宮崎氏は、2014 年から国際共同研究チームによるレガシープロジェクトの代表者として、いくつかの天域を多色フィルターで 330 夜かけて HSC で撮像し、測光学的赤方偏移推定を併用して、銀河分布の 3 次元地図データベースをつくり、観測的宇宙論のさまざまな研究に提供した。2018 年には多岐にわたる研究成果を 40 編の初期成果論文として発表した。

さらに宮崎氏らは、背景の遠方銀河の形状に見られる「弱い重力レンズ効果」の系統的ゆがみの測定から、ダークマター分布のピークが実際に暗い銀河団に対応することを確認し、ダークマターの探査法を確立した。また、その 3 次元空間分布の数十億年間の時間進化からダークマターの合体集合の様子も明らかにした。さらに、赤方偏移 1 程度までの多数の銀河の分布から求めた膨張宇宙モデルの定数が、赤方偏移 1000 の時代の宇宙背景放射の分析から得られた値とずれている可能性があることも指摘した。

これらはいずれも共同研究としての成果であるが、宮崎氏が一連の技術開発を主導し完成させた HSC によって得られた大規模データの賜物である。HSC を用いた研究は国際的にも高い評価を受けており、宮崎氏の観測的宇宙論研究の発展への貢献は極めて大きい。

スピン誘起マルチフェロイクスの発見と開拓

Discovery and Exploration of Spin-Induced Multiferroics



有馬 孝尚

東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授



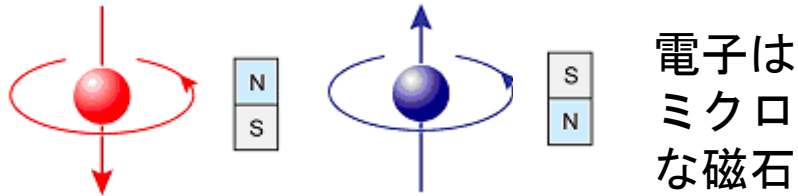
木村 剛

東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授

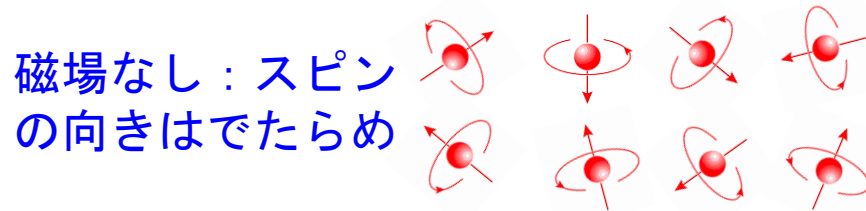
物質の磁性と誘電性

磁性

- 物質の磁性のもとには電子のスピンの

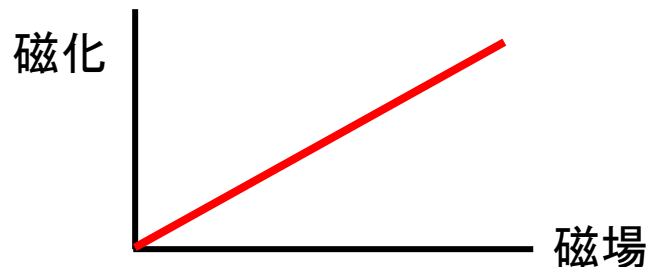
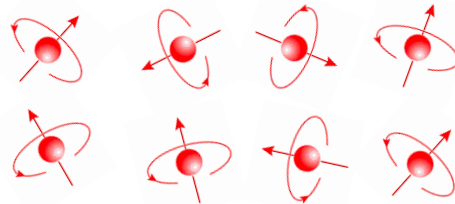


- スピンを含む磁性体では：



磁場をかけると：
磁場の方向に偏る

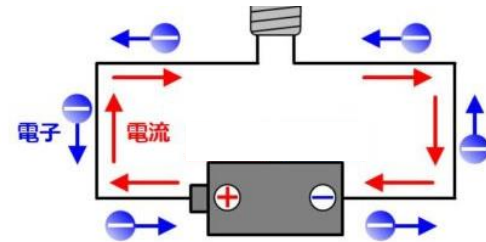
磁場 ↑ 磁化 ↑



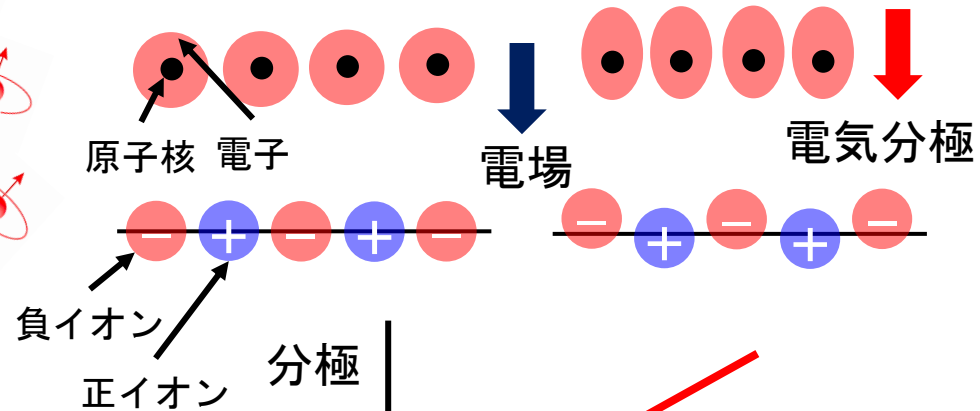
誘電性

- 物質に電場をかけると：

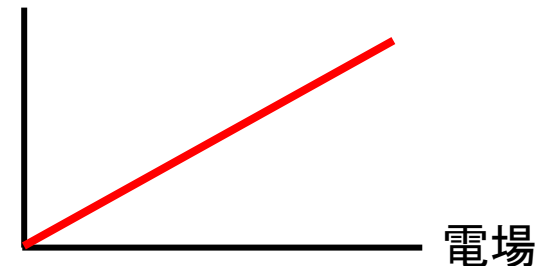
金属では電子（電流）が流れる



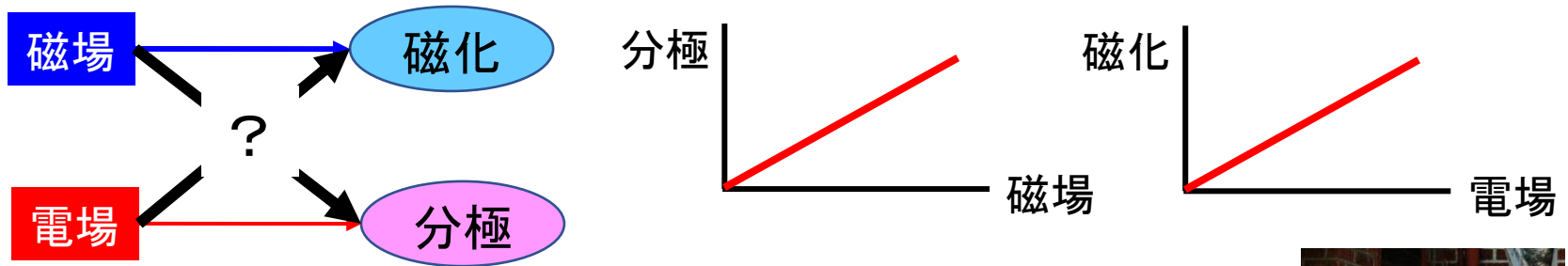
絶縁体では正負の電荷分布に偏りが生じる



分極

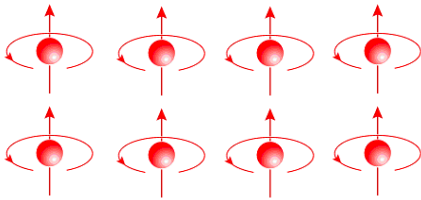


電気磁気効果とマルチフェロイクス

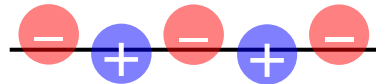


線型電気磁気効果：1959年にジャロシンスキーが Cr_2O_3 に対して予言、1960年に実験で確認される。しかし非常に弱い効果。

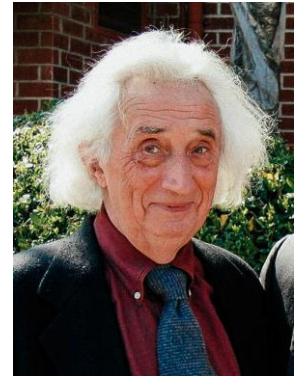
強磁性体や強誘電体では磁場や電場が無くても、自発的に磁化や分極が発現する。



Ferromagnet

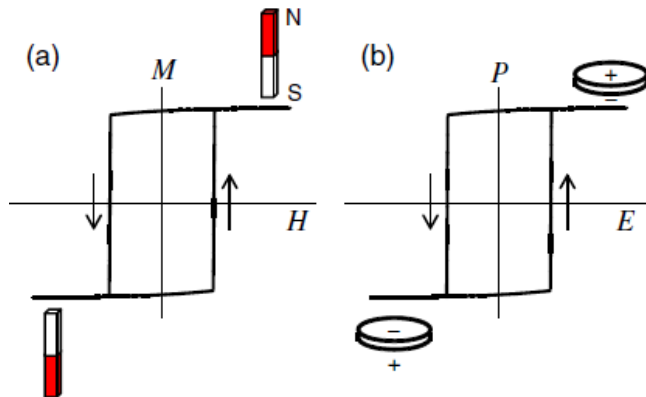


Ferroelectrics



Igor Dzyaloshinskii
1931 - 2021

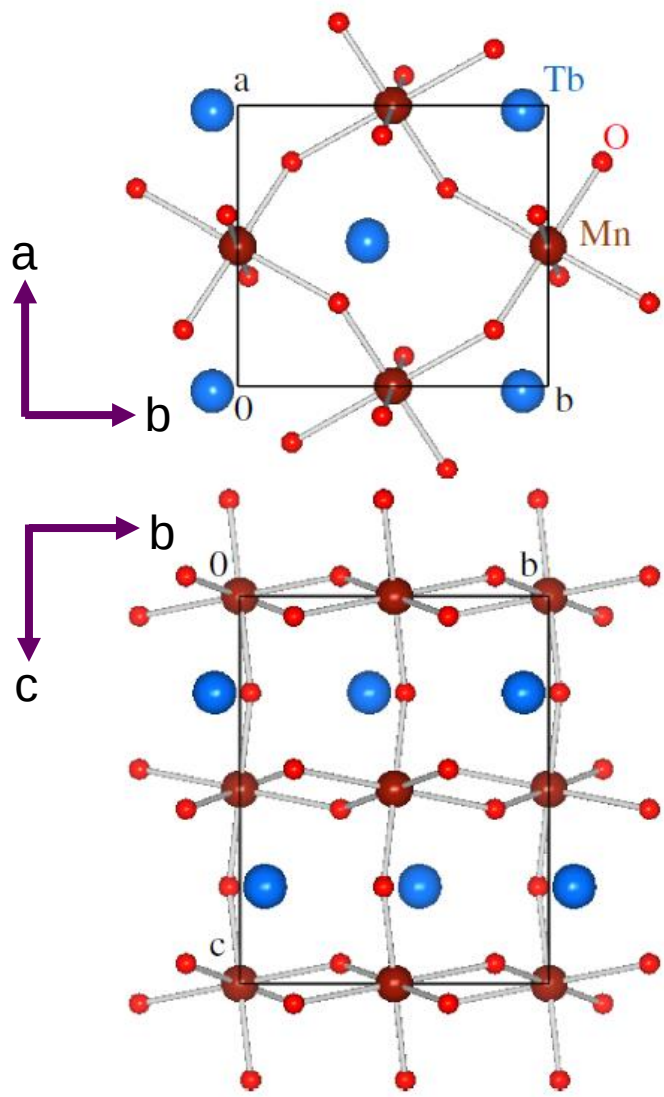
マルチフェロイクス



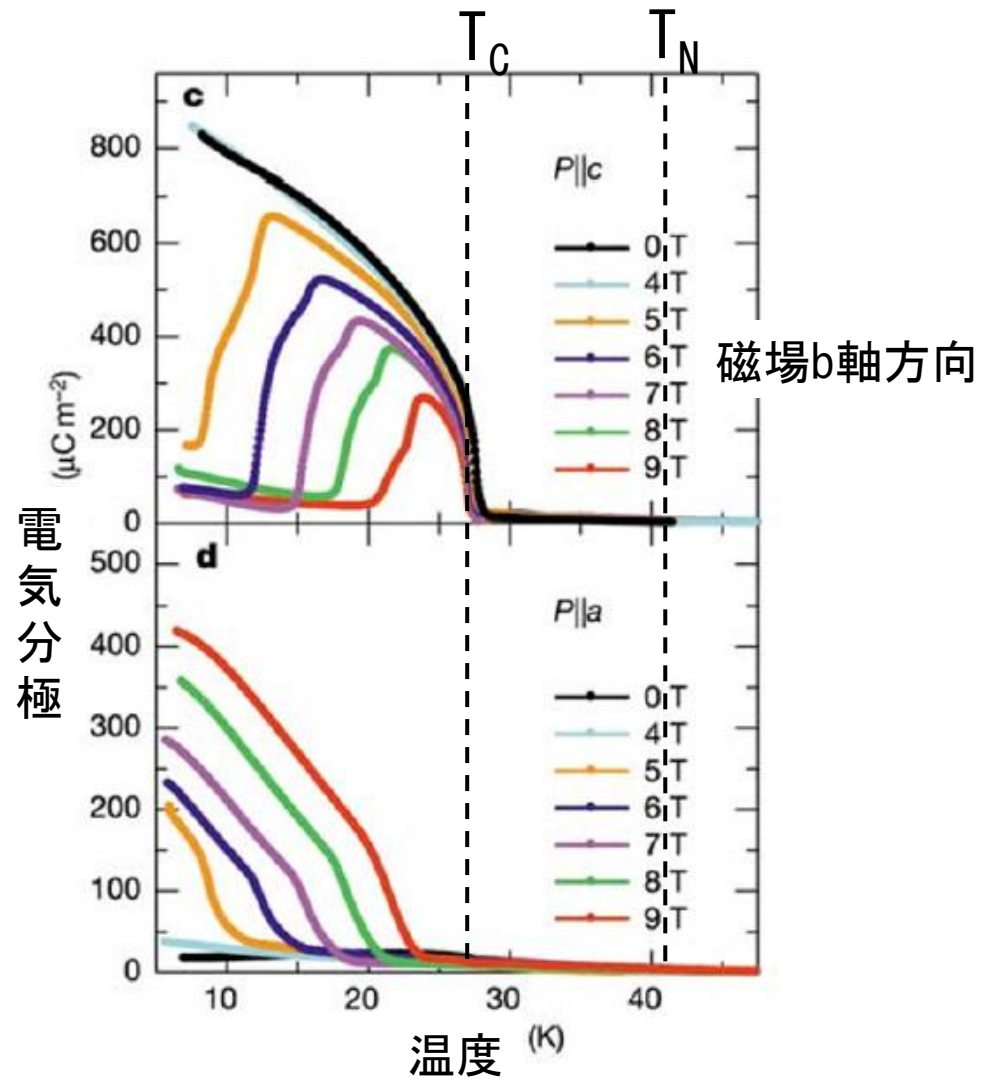
自発的な磁化と分極が共存し、強く結合する物質では、巨大な電気磁気効果が期待できる。

強誘電：空間反転対称性の破れ
強磁性：時間反転対称性の破れ

TbMnO₃におけるスピン誘起電気分極



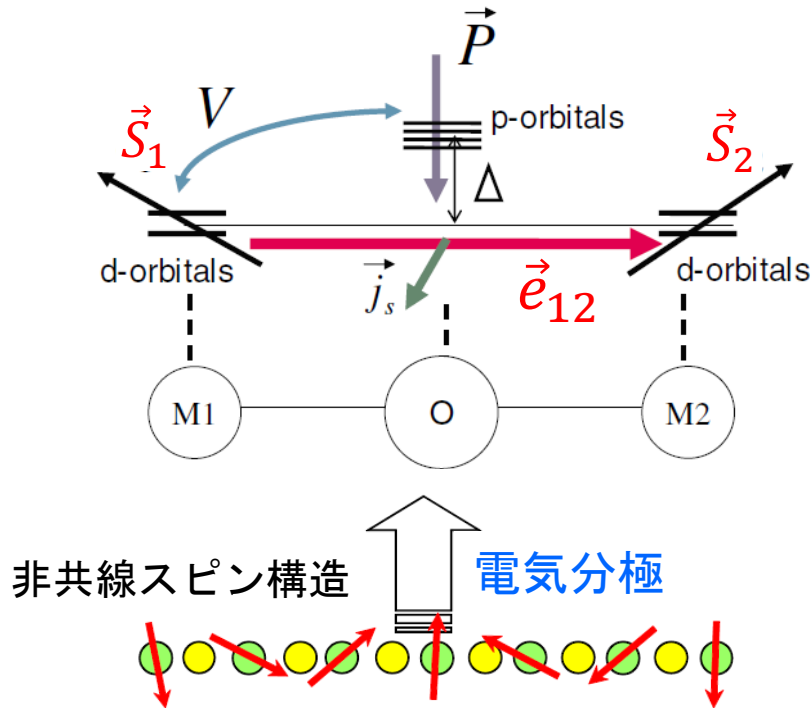
TbMnO₃の結晶構造



T. Kimura, T. Arima, et al. Nature 426, 55 (2003).

マルチフェロイクスのスピン流機構

桂—永長—Balatsky, *Phys. Rev. Lett.* 95, 057205 (2005)



Mn³⁺イオンに働くスピン軌道相互作用のために、 $\vec{S}_1 - \vec{S}_2$ 間の交換相互作用に寄与する電子軌道の形状はスピンの方向に依存する。

二つのスピンの平行でなく、スピン面が $\vec{e}_{12}$ に垂直でなければ、電気分極が発生する。

$$\vec{P} = A \vec{e}_{12} \times (\vec{S}_1 \times \vec{S}_2)$$

電気分極はスピン面に平行かつ $\vec{e}_{12}$ に垂直。

これは、非共線スピン構造を作るDM相互作用と逆の効果

二つのスピンの中点が反転対称性を持たない場合のスピン結合エネルギー

$$J \vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2 + \vec{D} \cdot (\vec{S}_1 \times \vec{S}_2)$$

Heisenberg 相互作用

二つのスピンの方向を揃えようとする

Dzyaloshinskii—Moriya 相互作用

二つのスピンを傾けようとする

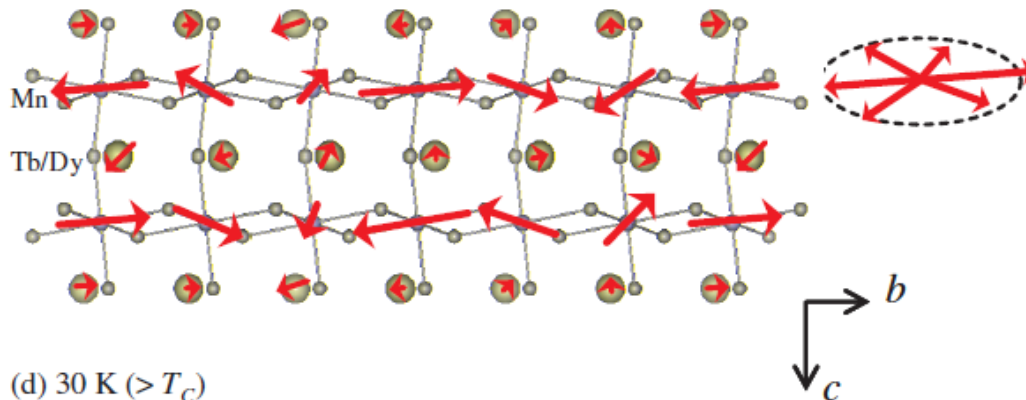


守谷 亨

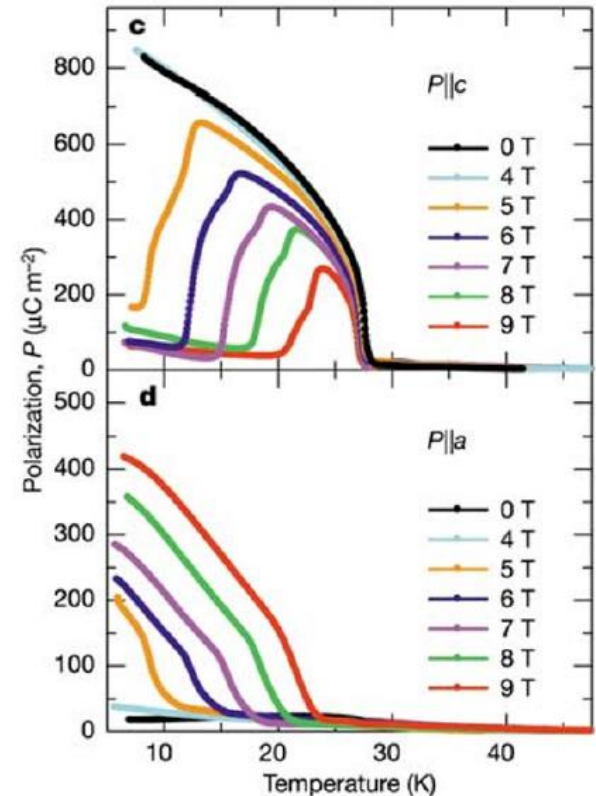
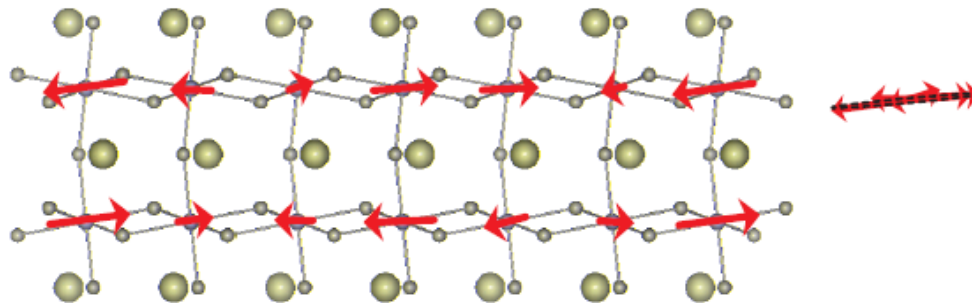
$\text{Tb}_{0.41}\text{Dy}_{0.59}\text{MnO}_3$ のスピンの構造

中性子回折実験によってスピン構造を決定 (T. Arima et al., Phys. Rev. Lett. 96, 097202 (2006))

(c) 15 K ($< T_C$)



(d) 30 K ($> T_C$)

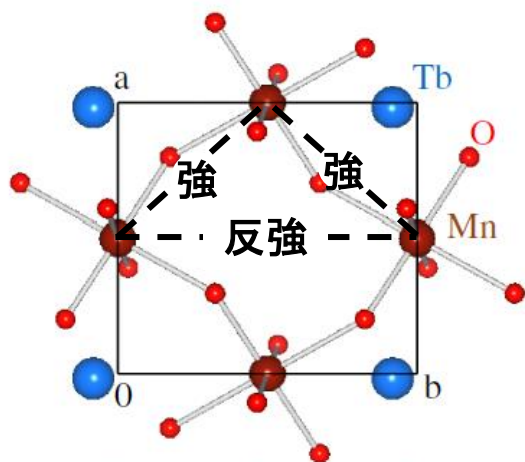


電気分極が現れない高温 (30K) では、スピンは同一方向。
電気分極が出現する低温 (150K) では、非共線サイクロイド構造。

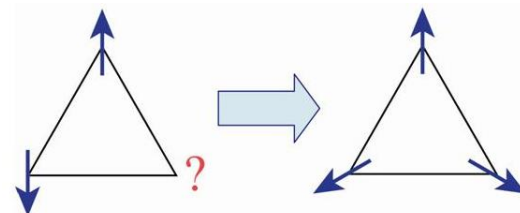
理論予測と一致

スピン・フラストレーションと螺旋スピン構造

TbMnO₃はなぜ非共線スピン構造を示すのか？



スピン・フラストレーション

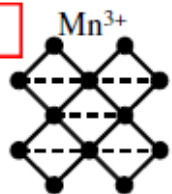


螺旋スピン構造は、
フラストレートした
磁性体を示す普遍的
な性質。



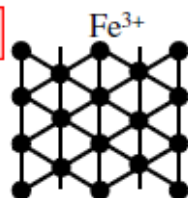
J. Phys. Soc. Jpn. **14**, 807 (1959) 吉森昭夫
第6回 (1960年) 仁科記念賞 1927 - 2013

RMnO₃

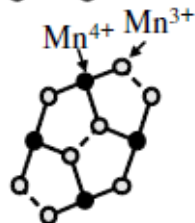


CuFeO₂

木村



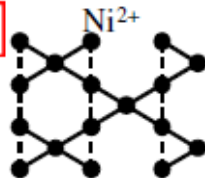
RMn₂O₅



CoCr₂O₄

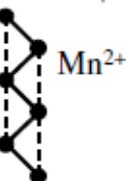


Ni₃V₂O₈



MnWO₄

有馬



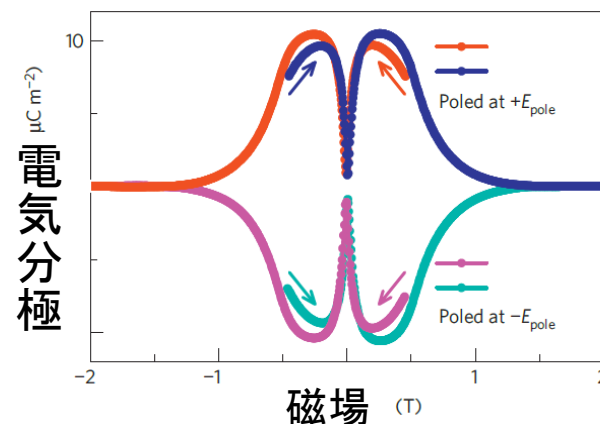
2005年以降、フラストレーションによって非共線
スピン構造を示す多くの磁性体に対して、次々と
強誘電性が確認された。

マルチフェロイクスが物性物理の一大研究分野に！

Sr₃Co₂Fe₂₄O₄₁

常温低磁場でも
磁場による分極
制御が可能

T. Kimura et al., Nat.
Mat. **9**, 797 (2010)

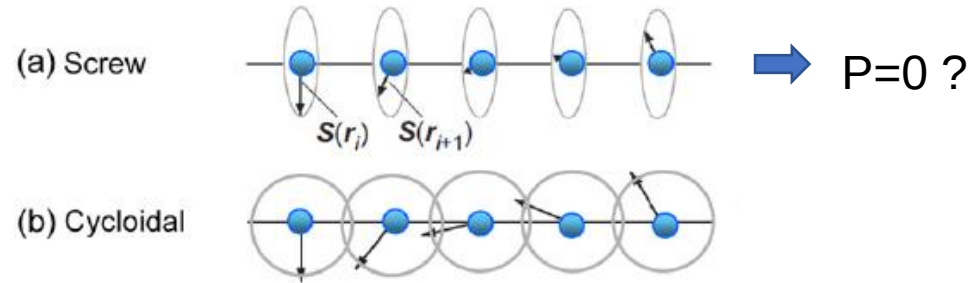
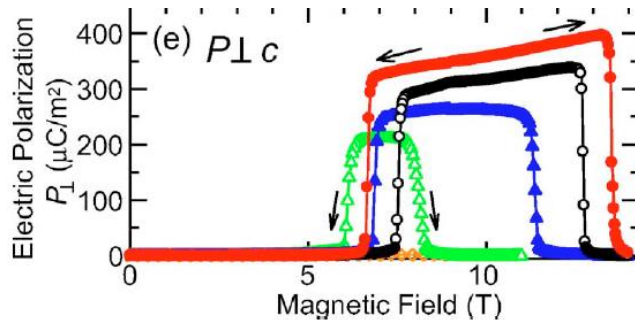
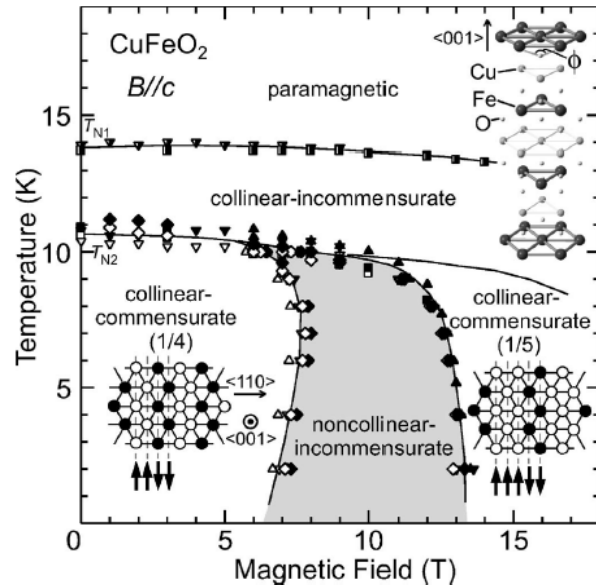


CuFeO₂におけるマルチフェロイクス

T. Kimura et al., Phys. Rev. B 73, 220401(R) (2006)

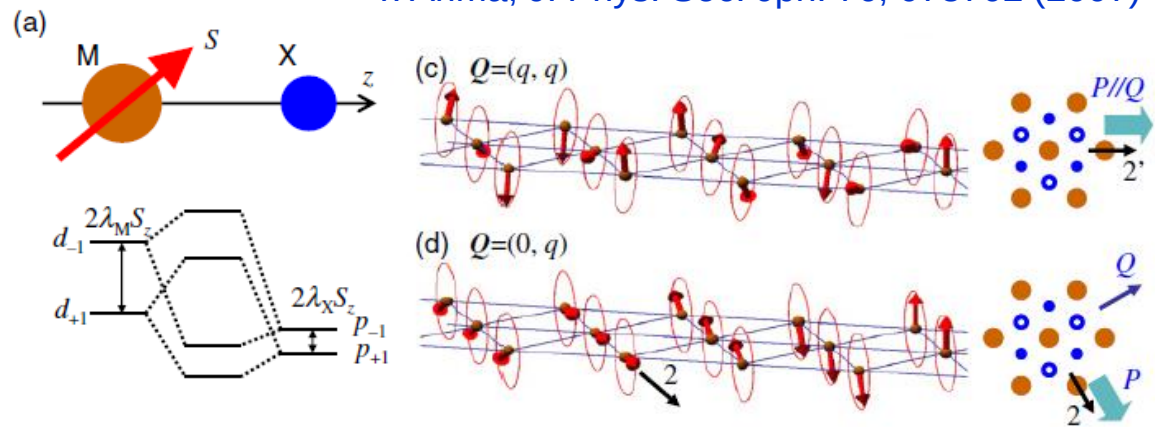
中性子回折実験で決定された構造はサイクロイドではなくスクリー型。

T. Nakajima et al., J. Phys. Soc. Jpn. 76, 043709 (2007)



スクリー型スピン構造が分極を誘起する機構

T. Arima, J. Phys. Soc. Jpn. 76, 073702 (2007)



d-p混成 + スピン軌道相互作用

業績のまとめ

1. TbMnO_3 において、磁場によって電気分極が制御できることを示し、マルチフェロイクス研究のさきがけとなった。
2. 中性子回折などの実験によって、非共線スピン構造が強誘電性の起源であることを実証した。
3. 多数のマルチフェロイクス物質を発見し、新しい機構を解明した。
4. その後マルチフェロイクス分野では、高周波や光に対する非相反性効果（光の進行方向を逆転すると吸収率が変わる物質）や電気マグノン（光電場によって駆動されるスピンの集団運動）などの研究が進み、応用の可能性も広がっている。

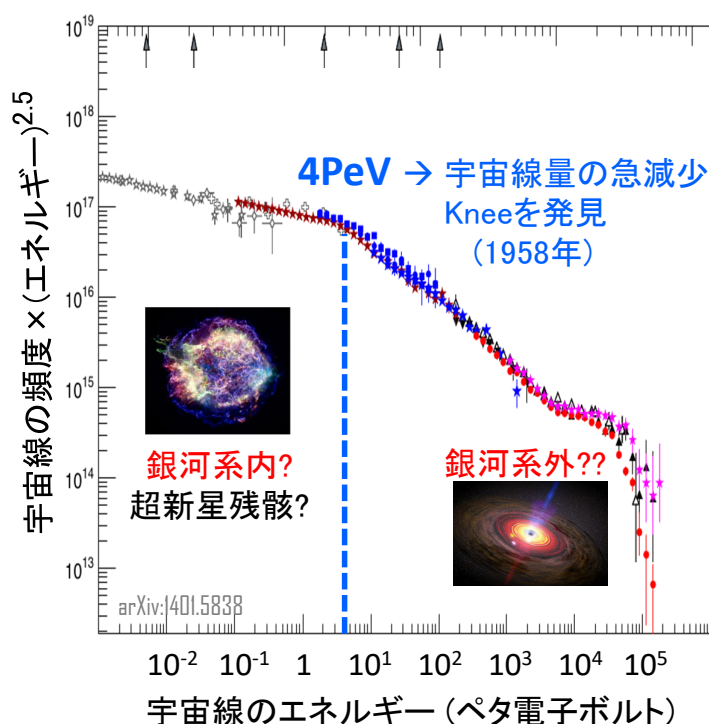
受賞対象となった論文

1. T. Kimura, T. Goto, H. Shintani, K. Ishizaka, T. Arima, and Y. Tokura, “*Magnetic control of ferroelectric polarization*”, Nature **426**, 55 (2003).
2. T. Arima, A. Tokunaga, T. Goto, H. Kimura, Y. Noda, and Y. Tokura, “*Collinear to Spiral Spin Transformation without Changing the Modulation Wavelength upon Ferroelectric Transition in $Tb_{1-x}Dy_xMnO_3$* ”, Phys. Rev. Lett. **96**, 097202 (2006).
3. K. Taniguchi, N. Abe, T. Takenobu, Y. Iwasa, and T. Arima, “*Ferroelectric Polarization Flop in a Frustrated Magnet $MnWO_4$ Induced by a Magnetic Field*”, Phys. Rev. Lett. **97**, 097203 (2006).
4. T. Arima, “*Ferroelectricity Induced by Proper-Screw Type Magnetic Order*”, J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 073702 (2007).
5. T. Goto, T. Kimura, G. Lawes, A. P. Ramirez, and Y. Tokura, “*Ferroelectricity and Giant Magnetocapacitance in Perovskite Rare-Earth Manganites*”, Phys. Rev. Lett. **92**, 257201 (2004).
6. T. Kimura, J. C. Lashley, and A. P. Ramirez; “*Inversion-symmetry breaking in the noncollinear magnetic phase of the triangular-lattice antiferromagnet $CuFeO_2$* ”, Phys. Rev. B **73**, 220401(R) (2006).
7. Y. Kitagawa, Y. Hiraoka, T. Honda, T. Ishikura, H. Nakamura, and T. Kimura, “*Low-field magnetoelectric effect at room temperature*”, Nat. Mater. **9**, 797 (2010).

サブPeV ガンマ線天文学の創始と 銀河宇宙線の起源の解明

瀧田 正人 Masato Takita (61歳)
(大阪府豊中市 出生、千葉県 出身)
東京大学宇宙線研究所教授

宇宙線とは？

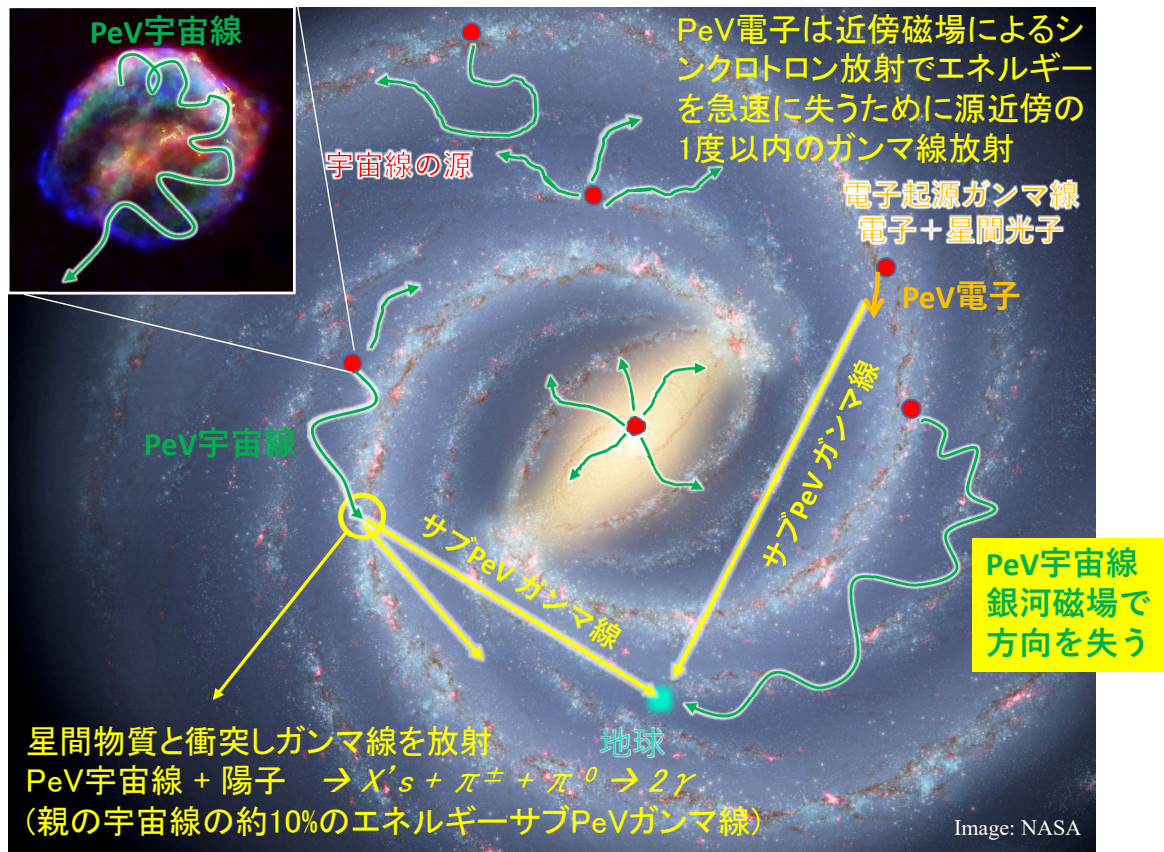


- ❖ 宇宙線とは、宇宙から飛来する高エネルギー粒子
- ❖ 1912年に発見
- ❖ 主成分は陽子だが、他の原子核もある
- ❖ 1桁エネルギーが上がると頻度は1/1000

1958年以来、60年の謎：
宇宙線は本当に銀河系内でペタ電子ボルト (PeV) まで加速されているのか？

* ペタ電子ボルト = 10^{15} 電子ボルト
LHCで人類の達成したエネルギー
7 TeV の約100倍

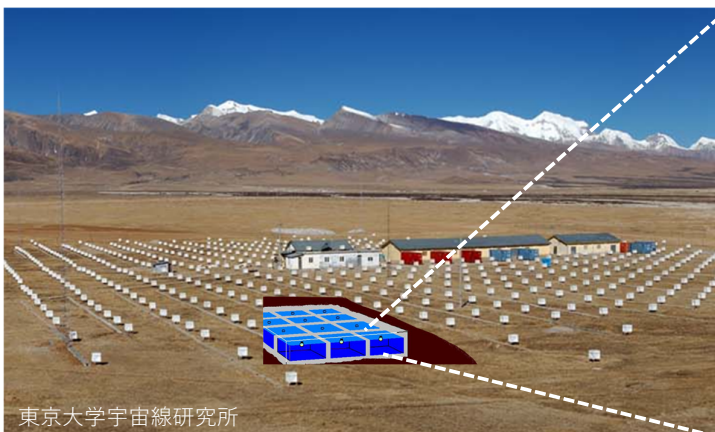
サブPeVガンマ線(10^{14} – 10^{15} 電子ボルト: 100 TeV – 1 PeV) ³



日中共同 チベットAS γ 実験

中国チベット自治区 標高4,300mに設置

本業績の鍵となる技術



地表空気シャワー観測装置 65,700m²
597台の0.5m²シンチレーション検出器

地下水チェレンコフ型ミュー粒子
観測装置(注水前) ひとつ当たり約50 m²

30年間の実績あり！

古くからある技術、劣化することがほとんどなく安定して動作する
広い視野で、昼夜問わず観測可能

宇宙ガンマ線観測の雑音の宇宙線をサブPeVで1000分の1以上に激減！

大面積(全面積3400m²)のミューオン観測装置を達成。ミュー粒子が水中で放射するチェレンコフ光を利用

ガンマ線/宇宙線の観測原理

5

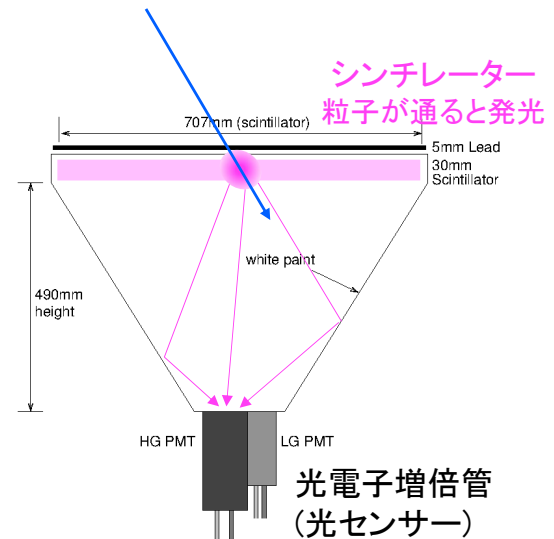
ガンマ線/宇宙線

大気(窒素など)と衝突

多数の二次的な粒子
が発生= **空気シャワー**

地上の粒子検出器
で二次粒子を観測

Air Shower Array



光電子増倍管
(光センサー)

方向とエネルギーを測定

- 角度分解能 0.2度 @ 0.1 PeV
- エネルギー分解能 20% @ 0.1 PeV

ガンマ線と宇宙線の区別はできない！

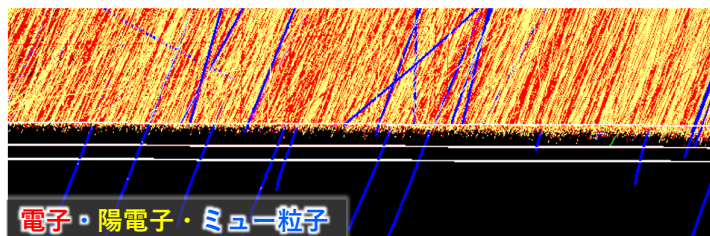
ガンマ線/宇宙線の識別方法

6

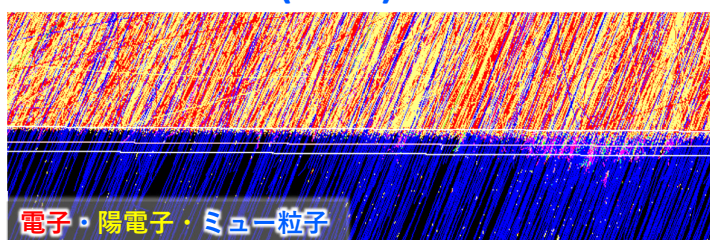
ガンマ線→少ない**ミュオン**粒子

高い透過力→地下に侵入

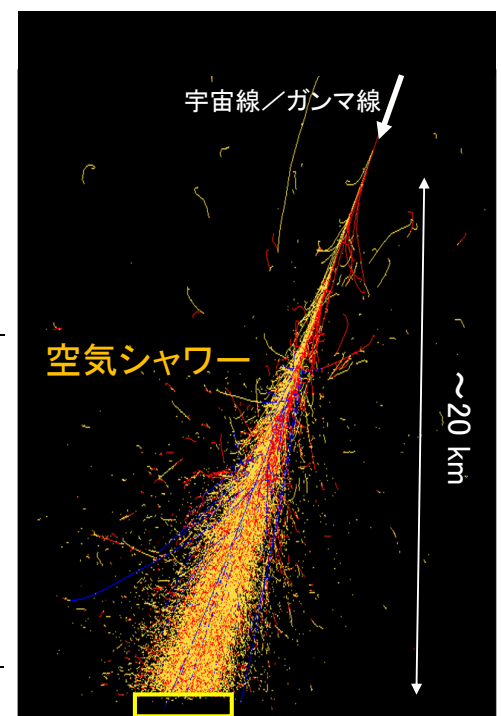
0.2PeVガンマ線起源の場合



0.2PeV宇宙線(雑音)起源の場合



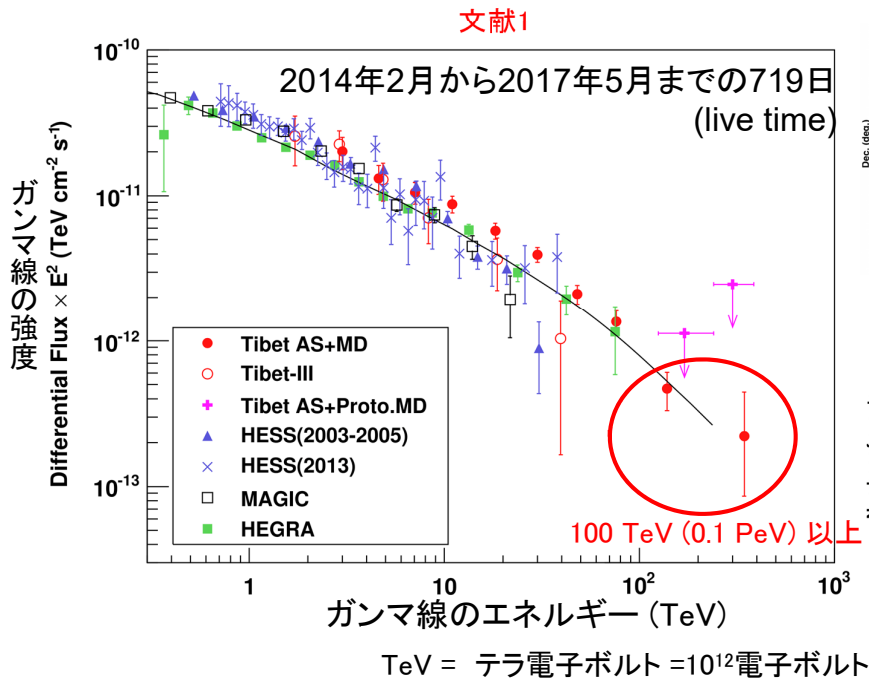
→ 地下ミュオン粒子観測装置



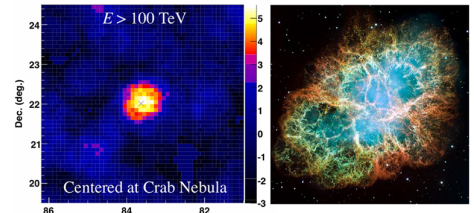
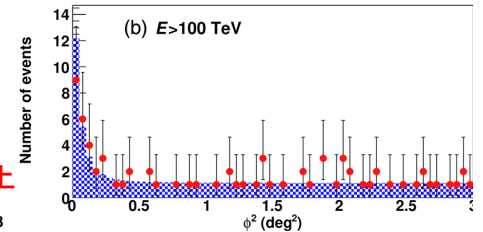
シミュレーション
(Cosmos)

地面付近を拡大

かに星雲からのサブPeVガンマ線



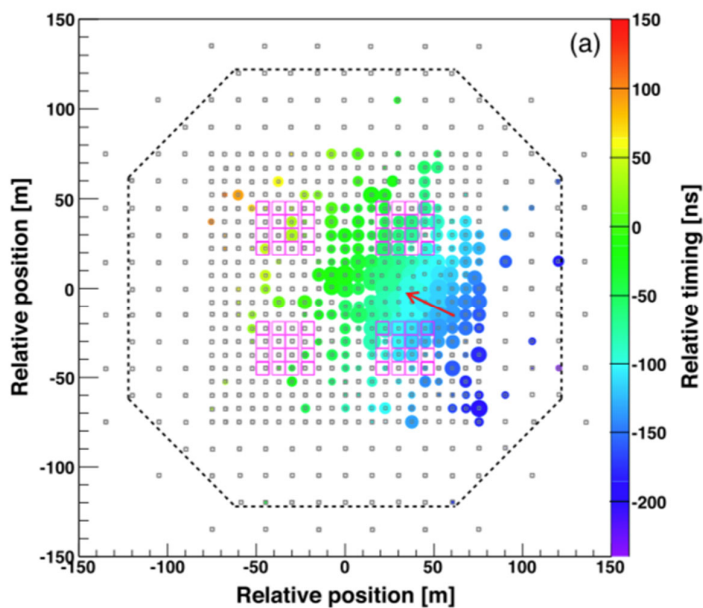
文献1

かに星雲
(チベット)かに星雲
(NASA)かに星雲を基準としたガンマ線の
飛来方向角度(0はかに星雲方向)

文献1

- 2019年に世界で初めて100 TeV (0.1 PeV)以上のガンマ線を約20事例検出(5.6 σ)
- サブPeVガンマ線天文学が始まった。
- 電子起源の逆コンプトンモデルで期待されるガンマ線強度(曲線)と無矛盾

かに星雲からのサブPeVガンマ線の例



- 総粒子数 ($\sum \rho$) = 3256
- 総ミュー粒子数 ($\sum N_\mu$) = 2.3
- 天頂角 (θ) = 29.8°
- エネルギー = (251^{+46}_{-43}) TeV

小さい黒点は地表シンチレーション検出器
円サイズ $\propto \log(\text{粒子数})$: ガンマ線エネルギー
円カラー: 相対到着時間[ns]
青は早く、緑は遅い
→ ガンマ線方向

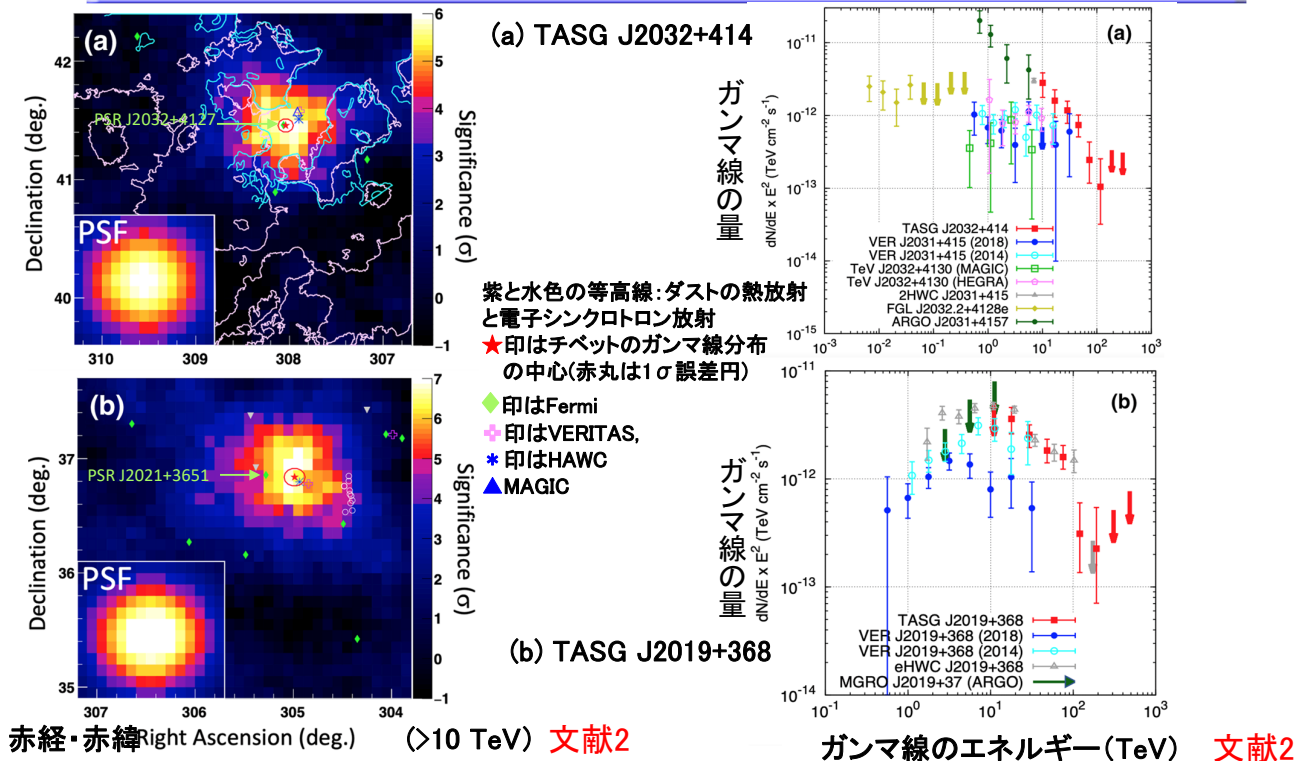
観測装置の各検出器の設置位置と
検出されたガンマ線事例

大きな紫□は地下ミュー粒子検出器
ほとんど信号がない: ガンマ線の証拠

文献1

その他の天体から1（白鳥座方向からの2方向）

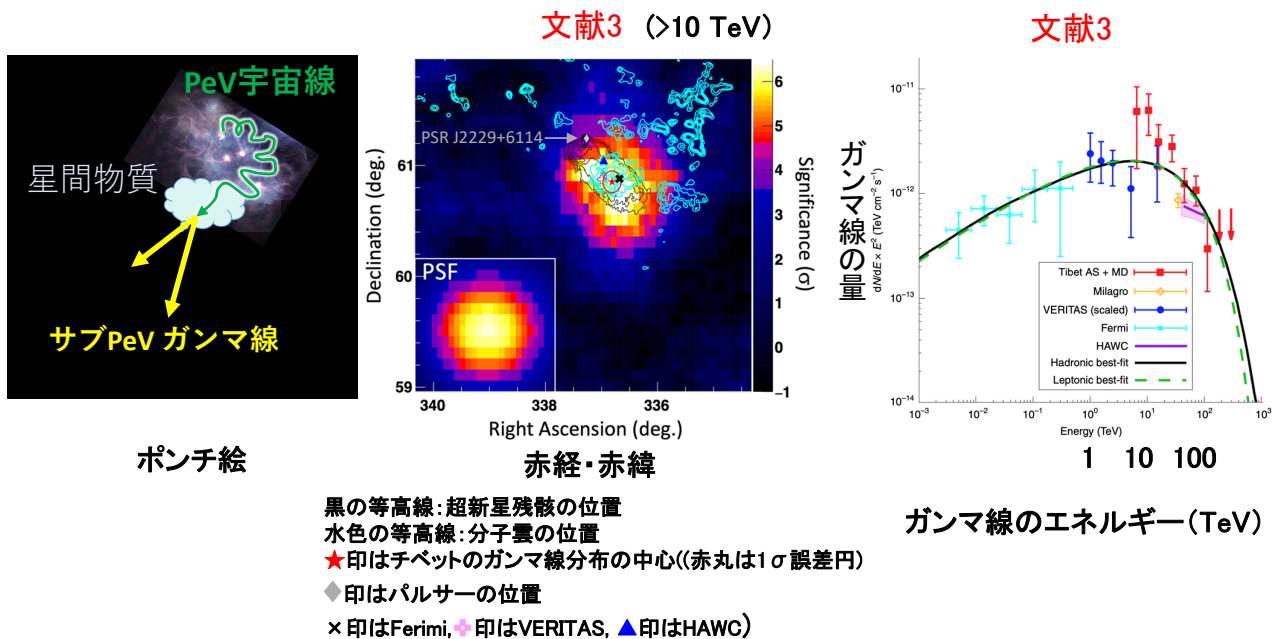
9



- ✓ 白鳥座方向の2天体からの100 TeV (0.1 PeV)超のガンマ線を観測
- ✓ パルサーやパルサー雲方向から来ており、電子起源の可能性が高い

その他の天体から2（超新星残骸G106.3+2.7）

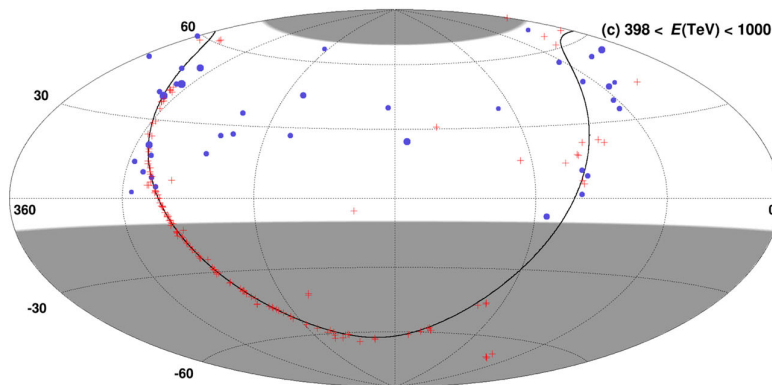
10



- ✓ ケフェウス座方向の超新星残骸G106.3+2.7からの100 TeV (0.1 PeV)超のガンマ線を観測
 - ✓ ガンマ線の放射位置が、パルサーから離れた、超新星残骸と星間物質の重なる場所からは世界初
- 宇宙線起源のガンマ線の可能性が高い → 「PeV宇宙線加速源」の有力候補

銀河面からのサブPeV拡散ガンマ線(> 0.4 PeV) ¹¹

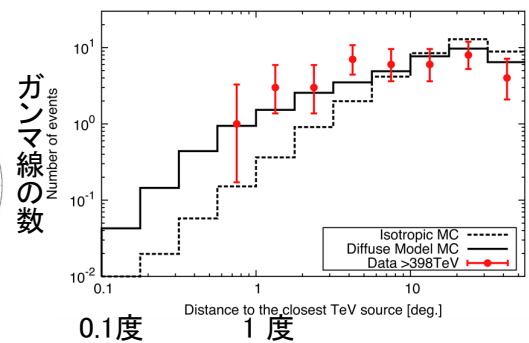
文献4



赤経・赤緯

黒い曲線は銀河面、灰色の部分は観測視野外、
青丸は観測データ、赤×は既知の高エネルギーガン
マ線源、銀河面に沿って青丸のガンマ線信号が集中

文献4



ガンマ線方向と最も近い高エネ
ルギーガンマ線源とのなす角度。
赤丸は観測データ、黒実線は銀河面
から来ている場合の予想値、黒破線
は全天球から一様に来ている予想値、
もしも電子起源の場合は1度以内に
集中するはず！

- ✓ 銀河面に沿って、既知の高エネルギーガンマ線天体から離れた場所で、拡散サブPeVガンマ線(>0.4 PeV)を5.9σで検出→PeV宇宙線起源の銀河系内サブPeV拡散ガンマ線を発見
- ✓ ガンマ線量が地球で観測される宇宙線量を用いた理論モデルの予想値と無矛盾
- ✓ → PeV宇宙線が銀河系内起源であることの初めての実験的証拠

授賞対象となった論文

12

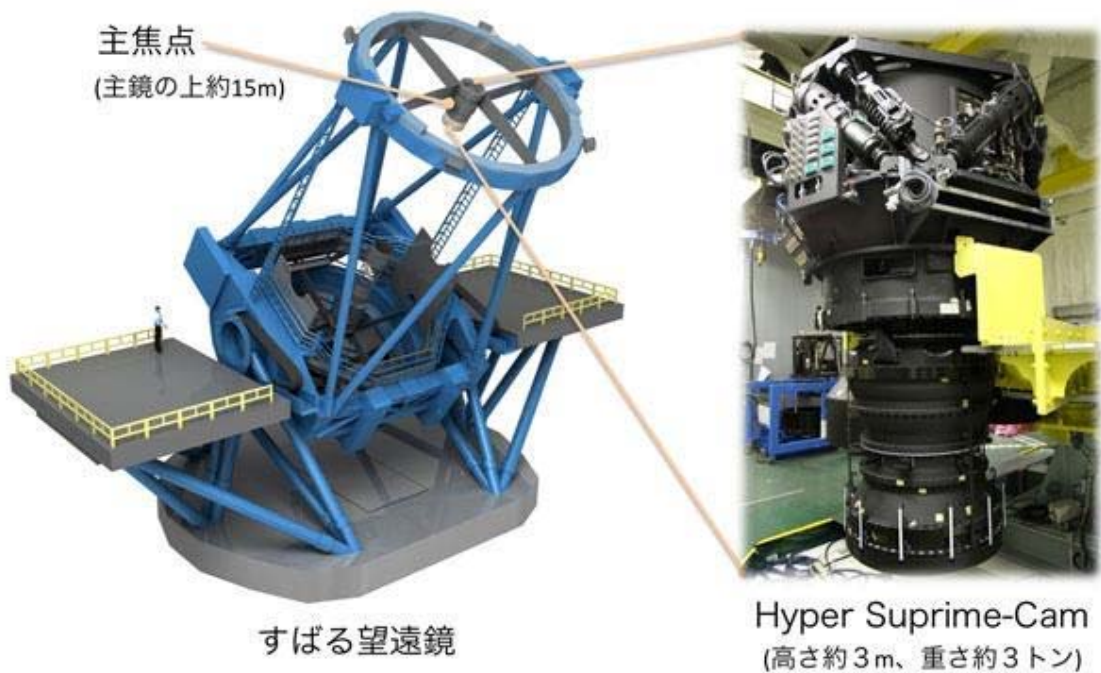
1. M. Amenomori et al. (Tibet ASy collaboration), "First Detection of Photons with Energy beyond 100 TeV from an Astrophysical Source", Phys. Rev. Lett. 123, 051101 (2019).
2. M. Amenomori et al. (Tibet ASy collaboration), "Gamma-Ray Observation of the Cygnus Region in the 100-TeV Energy Region", Phys. Rev. Lett. 127, 031102 (2021).
3. Tibet ASy collaboration, "Potential PeVatron supernova remnant G106.3+2.7 seen in the highest-energy gamma rays", Nature Astronomy 5, 460 (2021).
4. M. Amenomori et al. (Tibet ASy collaboration), "First Detection of sub-PeV Diffuse Gamma Rays from the Galactic Disk: Evidence for Ubiquitous Galactic Cosmic Rays beyond PeV Energies", Phys. Rev. Lett. 126, 141101 (2021).

2021年度仁科記念賞

「すばる望遠鏡広視野カメラの開発による 観測的宇宙論の展開」

“Observational Cosmology through
the Development of Wide Field Cameras for Subaru Telescope”

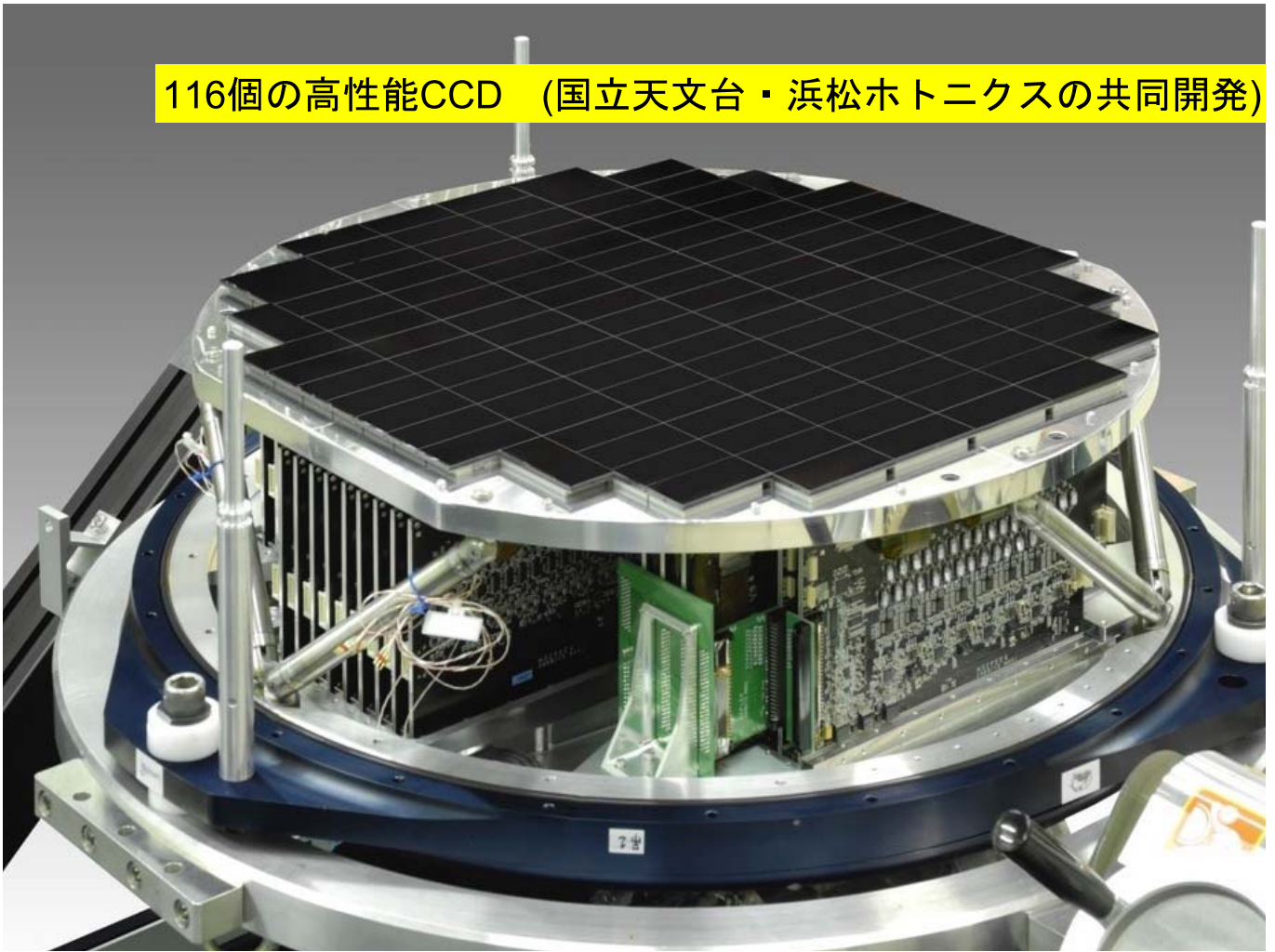
宮崎 聡、56歳（愛知県）
自然科学研究機構 国立天文台
先端技術センター 教授



世界で唯一の超広視野カメラ：ハイパースープライムカム（HSC）

画素数：9億画素、 視野直径：90分角

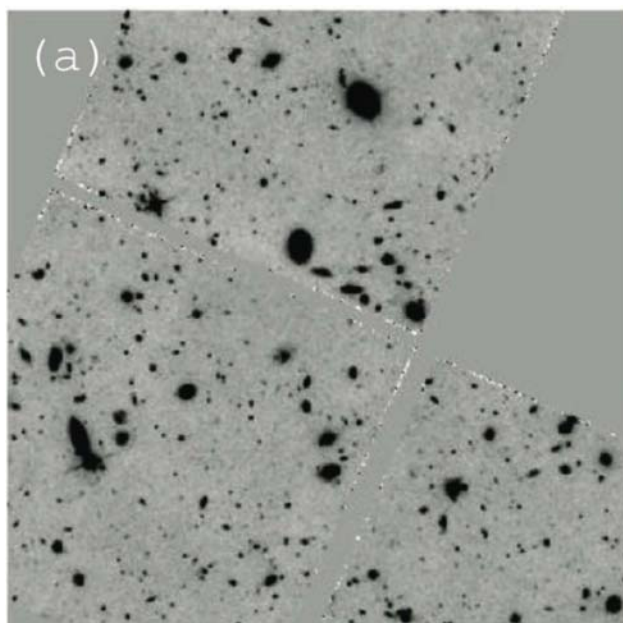
116個の高性能CCD (国立天文台・浜松ホトニクス共同開発)



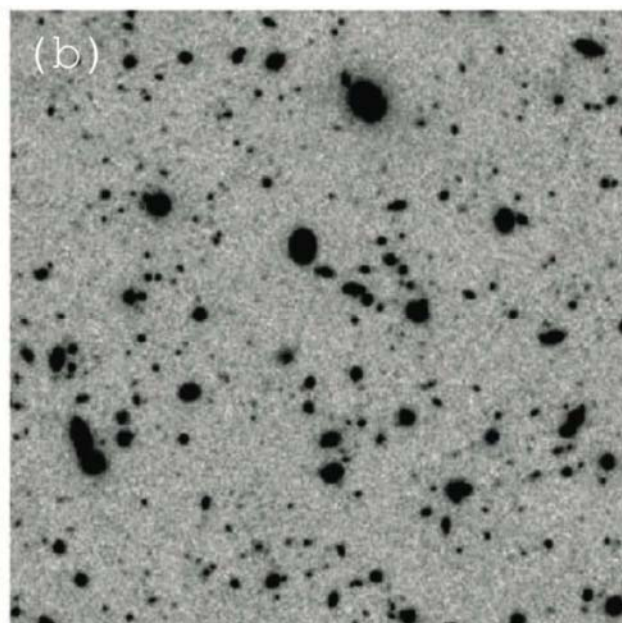
第一レンズ直径が82 cmの大型光学系(キヤノン)



ハッブル宇宙望遠鏡に匹敵する高感度高画質



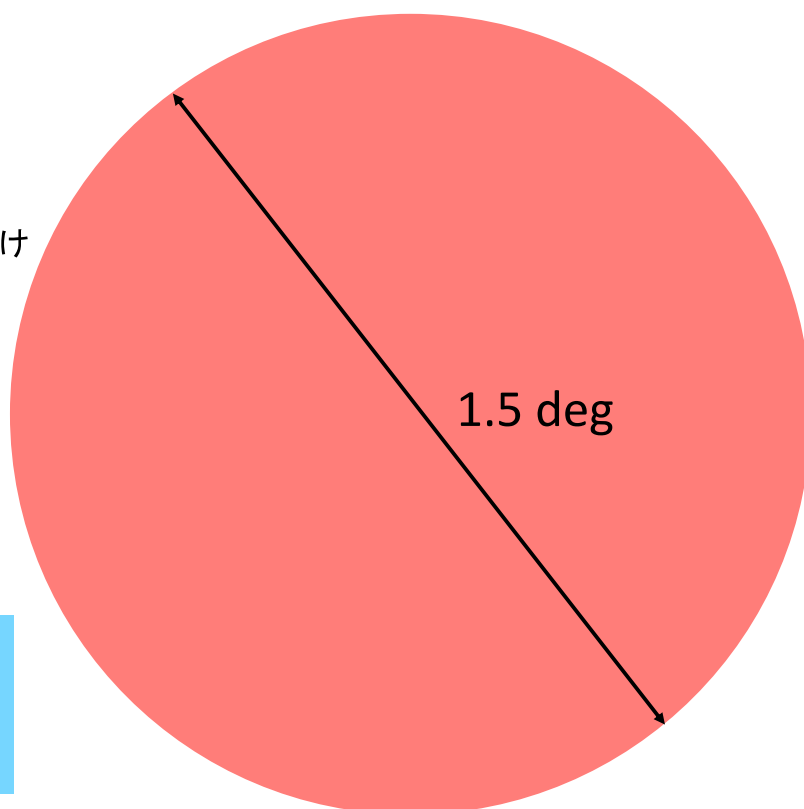
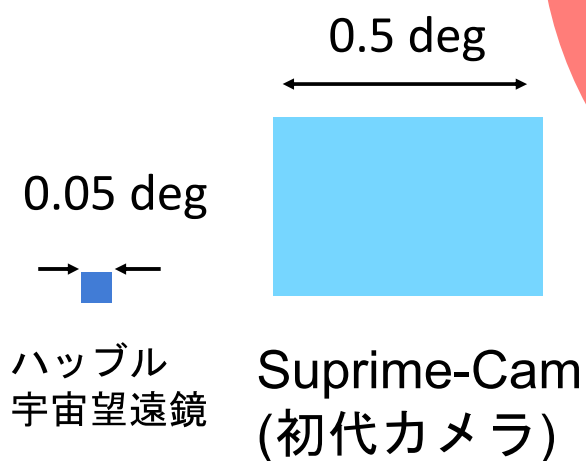
ハッブル宇宙望遠鏡



すばる望遠鏡

広い視野

数千平方度に渡る天域を
観測するためには、できるだけ
広い視野を持つカメラが必須

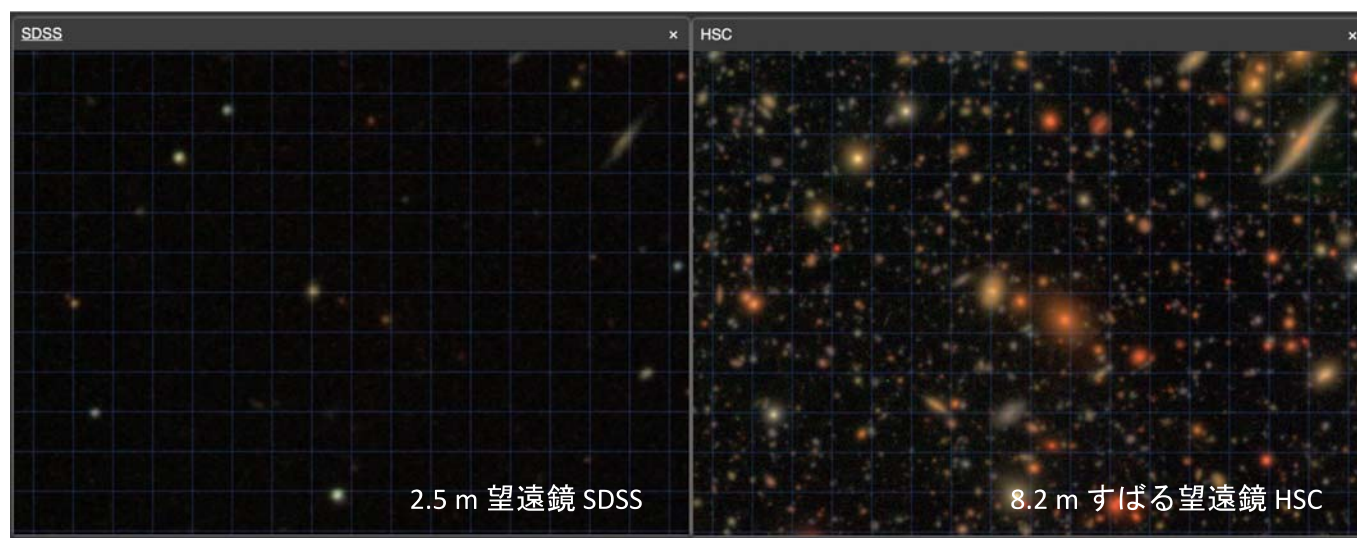


Hyper Suprime-Cam

傑出した性能を実現

大口径 8.2 m
広視野 直径 1.5度
高解像度 ~ 0.6 秒角
高感度 限界28等級

他の追従を許さない
広域・深宇宙探査が
可能となった



観測計画

- 2014年2月開始 (2021年末完了予定)
- 330晩
- 200人以上の共同研究者

Wide-field imaging with Hyper Suprime-Cam:
Cosmology and Galaxy Evolution
A Strategic Survey Proposal for the Subaru Telescope

PI: Satoshi Miyazaki (NAOJ)

Co-PI: Ikuru Iwata (NAOJ)

The HSC collaboration team¹: S. Abe⁽¹⁾, H. Aihara^{(2),(3)}, M. Akiyama⁽⁴⁾, K. Aoki⁽⁵⁾, N. Arimoto⁽⁶⁾, N. A. Bahcall⁽⁶⁾, S. J. Bickerton⁽³⁾, J. Bosch⁽⁶⁾, K. Bundy⁽¹⁾⁽³⁾, C. W. Chen⁽⁷⁾, M. Chiba⁽⁸⁾, T. Chiba⁽⁸⁾, N. E. Chisari⁽⁶⁾, J. Coupon⁽⁷⁾, M. Doi⁽²⁾, M. Enoki⁽⁹⁾, S. Foucaud⁽¹⁰⁾, M. Fukugita⁽³⁾, H. Furusawa⁽¹⁾⁽⁵⁾, T. Futamase⁽⁴⁾, R. Goto⁽²⁾, T. Goto⁽¹¹⁾, J. E. Greene⁽⁶⁾, J. E. Gunn⁽¹⁾⁽⁶⁾, T. Hamana⁽¹⁾⁽⁵⁾, T. Hashimoto⁽²⁾, M. Hayashi⁽⁵⁾, Y. Higuchi^{(2),(5)}, C. Hikage⁽¹²⁾, J. C. Hill⁽⁶⁾, P. T. P. Ho⁽⁷⁾, B. C. Hsieh⁽⁷⁾, K. Y. Huang⁽¹⁾⁽⁷⁾, H. Ikeda⁽¹³⁾, M. Imanishi⁽⁵⁾, N. Inada⁽¹⁴⁾, A. K. Inoue⁽¹⁵⁾, W.-H. Ip⁽¹⁾, T. Ito⁽⁵⁾, K. Iwasawa⁽¹⁶⁾, M. Iye⁽⁵⁾, H. Y. Jian⁽¹⁷⁾, Y. Kakazu⁽¹⁸⁾, H. Karoji⁽³⁾, N. Kashikawa⁽⁵⁾, N. Katayama⁽³⁾, T. Kawaguchi⁽¹⁹⁾, S. Kawanomoto⁽⁵⁾, I. Kayo⁽²⁰⁾, T. Kitayama⁽²⁰⁾, G. R. Knapp⁽⁶⁾, T. Kodama⁽⁵⁾, K. Kohn⁽²⁾, M. Koike⁽⁵⁾, E. Kokubo⁽⁵⁾, M. Kokubo⁽²⁾, Y. Komiyama⁽⁵⁾, A. Konno⁽²⁾, Y. Koyama⁽⁵⁾, C. N. Lackner⁽³⁾, D. Lang⁽⁶⁾, A. Leauthaud⁽¹⁾⁽³⁾, M. J. Lehner⁽⁷⁾, K.-Y. Lin⁽⁷⁾, L. Lin⁽⁷⁾, Y.-T. Lin⁽¹⁾⁽⁷⁾, C. P. Loomis⁽⁶⁾, R. H. Lupton⁽¹⁾⁽⁶⁾, P. S. Lykawka⁽²¹⁾, K. Maeda⁽³⁾, R. Mandelbaum⁽¹⁾⁽²²⁾, Y. Matsuda⁽⁵⁾, K. Matsuoka^{(13),(23)}, Y. Matsuoka⁽¹²⁾, S. Mineo⁽²⁾, T. Minezaki⁽²⁾, H. Miyatake⁽⁶⁾, R. Momose⁽²⁾, A. More⁽³⁾, S. More⁽³⁾, T. J. Moriya⁽³⁾, T. Morokuma⁽¹⁾⁽²⁾, H. Murayama⁽⁵⁾, K. Nagamine⁽²⁴⁾, T. Nagao⁽¹⁾⁽²³⁾, S. Nagataki⁽²³⁾, Y. Naito⁽²⁾, K. Nakajima⁽²⁾, F. Nakata⁽⁵⁾, H. Nakaya⁽⁵⁾, T. Namikawa⁽²⁾, C.-C. Ngeow⁽¹⁾, T. Nishimichi⁽³⁾, H. Nishioka⁽⁷⁾, A. J. Nishizawa⁽¹⁾⁽³⁾, K. Nomoto⁽³⁾, M. Oguri⁽¹⁾⁽³⁾, A. Oka⁽²⁾, N. Okabe⁽⁷⁾, S. Okamoto⁽²⁵⁾, S. Okamura⁽²⁶⁾, J. Okumura⁽²⁷⁾, S. Okumura⁽²⁷⁾, Y. Okura⁽⁵⁾, Y. Ono⁽²⁾, M. Onodera⁽²⁸⁾, K. Ota⁽²³⁾, M. Ouchi⁽¹⁾⁽²⁾, S. Oyabu⁽¹²⁾, P. A. Price⁽⁶⁾, R. Quimby⁽³⁾, C. E. Rusu^{(2),(5)}, S. Saito⁽²⁹⁾, T. Saito⁽³⁾, Y. Saitou⁽³⁰⁾, M. Sato⁽¹²⁾, T. Shibuya⁽⁵⁾, K. Shimasaku⁽¹⁾⁽²⁾, A. Shimono⁽³⁾, S. Shinogi⁽²⁾, M. Shirasaka⁽²⁾, J. D. Silverman⁽³⁾, D. N. Spergel^{(1)(6),(3)}, M. A. Strauss⁽¹⁾⁽⁶⁾, H. Sugai⁽³⁾, N. Sugiyama^{(12),(3)}, D. Suto⁽²⁾, Y. Suto⁽²⁾, K. Tadaki⁽²⁾, M. Takada⁽³⁾, R. Takahashi⁽³¹⁾, S. Takahashi⁽⁵⁾, T. Takata⁽⁵⁾, T. T. Takeuchi⁽¹²⁾, N. Tamura⁽³⁾, M. Tanaka⁽⁵⁾, M. Tanaka⁽¹⁾⁽³⁾, M. Tanaka⁽⁴⁾, Y. Taniguchi⁽¹³⁾, A. Taruya⁽²⁾, T. Terai⁽⁵⁾, Y. Terashima⁽¹³⁾, N. Tominaga⁽³²⁾, J. Toshikawa⁽³⁰⁾, T. Totani⁽²³⁾, M. Tsai⁽¹⁾, E. L. Turner⁽⁶⁾, Y. Ueda⁽²³⁾, K. Umetsu⁽⁷⁾, Y. Urata⁽¹⁾⁽¹⁾, Y. Utsumi⁽⁵⁾, B. Vulcani⁽³⁾, K. Wada⁽³³⁾, S.-Y. Wang⁽⁷⁾, W.-H. Wang⁽⁷⁾, T. Yamada⁽⁴⁾, Y. Yamada⁽⁵⁾, K. Yamamoto⁽³⁴⁾, H. Yamanoi⁽⁵⁾, C.-H. Yan⁽⁷⁾, N. Yasuda⁽¹⁾⁽³⁾, A. Yonehara⁽³⁵⁾, F. Yoshida⁽²⁾, N. Yoshida⁽²⁾, M. Yoshikawa⁽³⁶⁾, S. Yuma⁽²⁾ (1) NCU, Taiwan (2) Tokyo (3) Kavli IPMU (4) Tohoku (5) NAOJ (6) Princeton (7) ASIAA (8) Nihon (9) Tokyo Keizai (10) NTNU, Taiwan (11) DARK, Copenhagen (12) Nagoya (13) Ehime (14) NNCT (15) Osaka Sangyo (16) Barcelona (17) NTU, Taiwan (18) Chicago (19) Tsukuba (20) Toho (21) Kinki (22) CMU (23) Kyoto (24) Las Vegas (25) KIAA, China (26) Hosei (27) JSGA (28) ETH (29) Berkeley (30) GUAS (31) Hirotsuki (32) Konan (33) Kagoshima (34) Hiroshima (35) Kyoto Sangyo (36) JAXA

共同研究者の所属機関

~50機関



主研究テーマ

遠方銀河に見られる弱い重力レンズ効果を測り、
暗黒物質の3次元広域分布とその時間変化を調べ、
加速膨張宇宙のメカニズム解明を目指す。

弱い重力レンズ効果

歪みを
受けた
銀河像

背景銀河の形状

弱重力レンズ効果

ダークマターのかたまりの
場所とその重さを推定

ダークマターのかたまり

この観測を実現するには、遠くて暗い銀河の形状の精密な計測を広域にわたり行わなければならない -> 大口径・広視野・高画質：このためHSCを新たに開発する必要があった

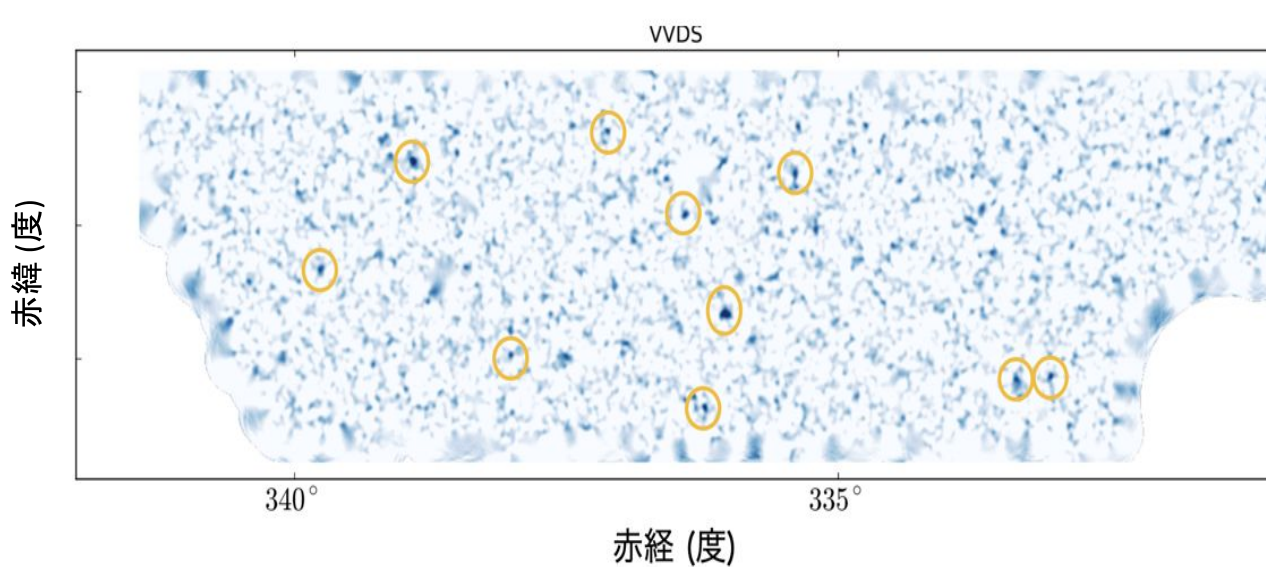


銀河団暗黒物質による重力レンズ効果の実例

弱い重力レンズ効果から求めた暗黒物質分布図

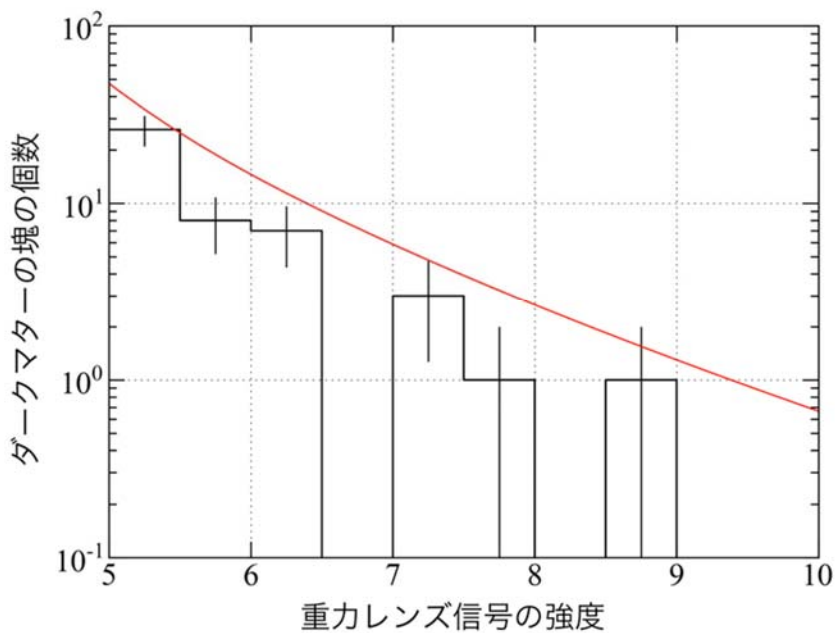


弱重力レンズ効果で求めた暗黒物質分布図（青色）
と同定された銀河団（○印）



Miyazaki et al. (2018)

暗黒物質の塊の数は理論予測より少ない



標準的な宇宙モデル
 Λ CDM(赤線)の予想
より、観測される銀
河団数は少ない。

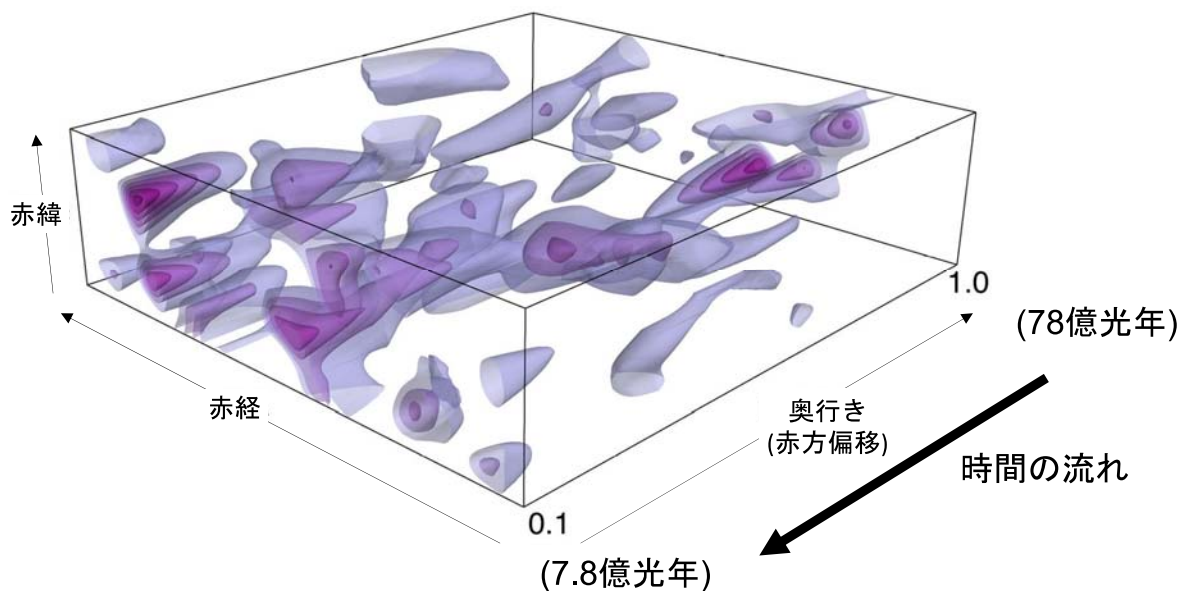
縦棒は誤差棒

ヒストグラムが観測結果を示す

Miyazaki et al. (2018)

暗黒物質3次元地図

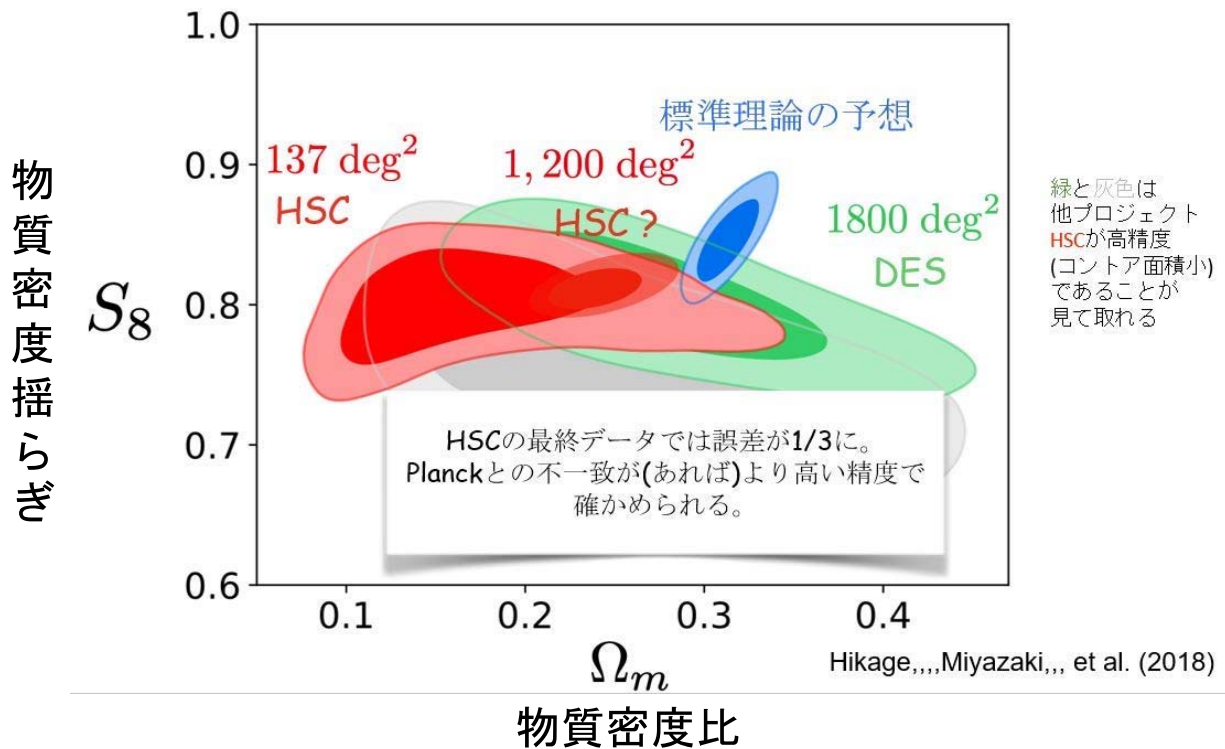
弱い重力レンズ効果の分析から求めた暗黒物質ハローの分布
暗黒物質が時代とともに合体してきた様子が伺える。



Oguri, Miyazaki et al. (2018)

銀河歪みの相関を用いた解析

宇宙論標準モデルからのズレが見え始めている（要追試）



宮崎氏の業績のまとめ

- 1) 世界最大最高感度の宇宙撮像CCDカメラ（HSC)の製作に成功した。
- 2) すばる望遠鏡にHSCを搭載し、330夜を費やして遠宇宙を徹底的に調べ尽くす探査計画を主導し、データを世界に公開し、多数の成果論文を産み出した。
- 3) 自らは、弱い重力レンズ効果の分析から暗黒物質分布を解明し、数十億年に渡る集合化効果を確認した。
- 4) 弱い重力レンズ効果の分析から宇宙進化モデルの定数を、宇宙背景放射の測定とは独立に測定することに成功した。

受賞対象となった論文

- [1] “Subaru Prime Focus Camera – Suprime-Cam”,
Miyazaki, S. et al. 2002a, PASJ, 54, 833
- [2] “Hyper Suprime-Cam: System design and verification of image quality”,
Miyazaki, S. et al. 2018a, PASJ, 70, 1
- [3] “A large sample of shear-selected clusters from the Hyper Suprime-Cam
Subaru Strategic Program S16A Wide field mass maps”,
Miyazaki, S. et al. 2018b, PASJ, 70, 27
- [4] “Two-and three-dimensional wide-field weak lensing mass maps from the
Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program S16A data”,
Oguri, M., Miyazaki, S., Hikage, C. et al., 2018, PASJ, 70, 26.
- [5] “Cosmology from cosmic shear power spectra with Subaru Hyper Suprime-Cam
first-year data”,
Hikage, C., Oguri, M., Hamana, T. et al. 2019, PASJ, 71, 43,