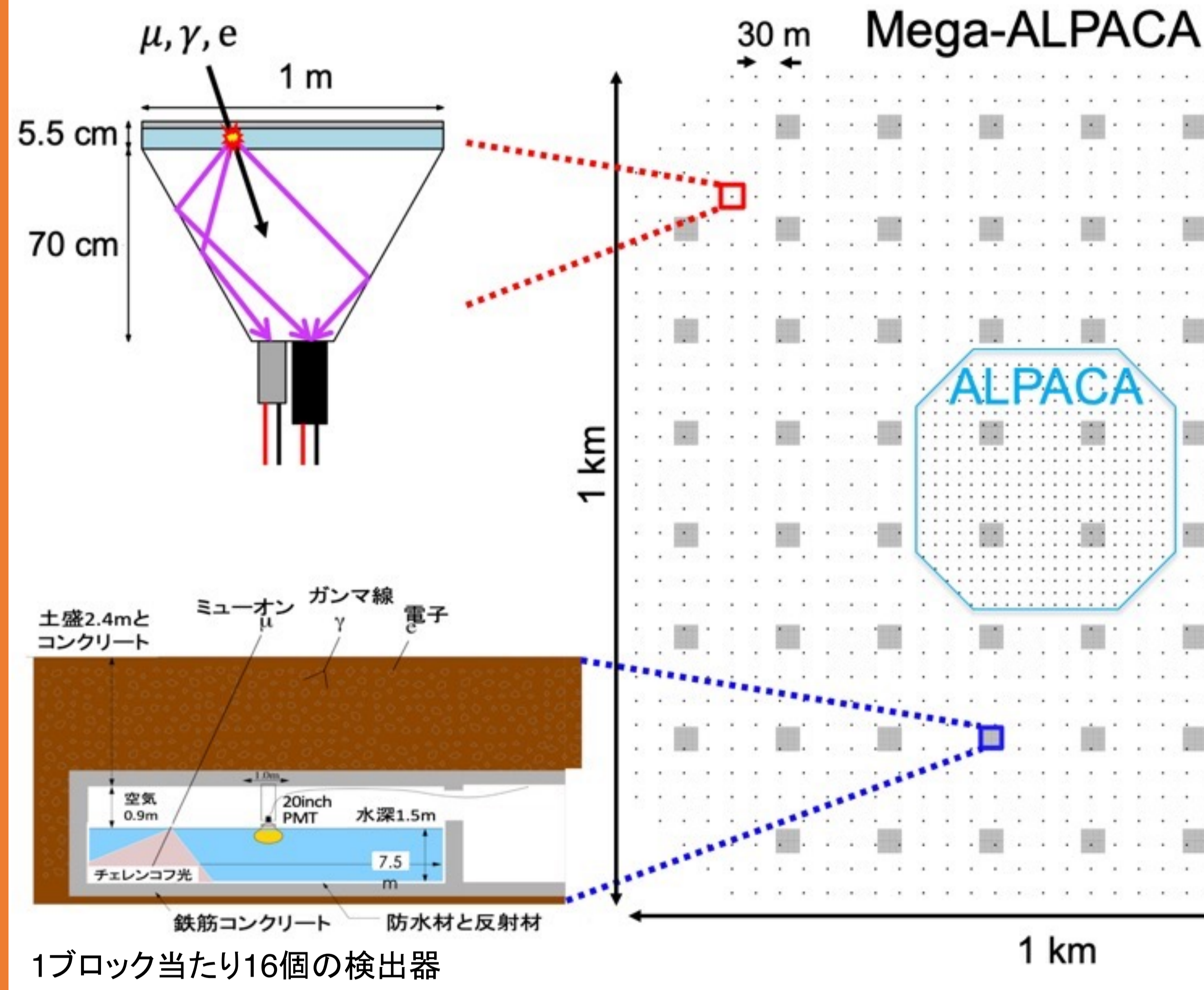


ALPACA・Mega-ALPACA実験: 次世代の地上sub-PeVガンマ線天文学

加藤 勢 (東大宇宙線研) for The ALPACA collaboration

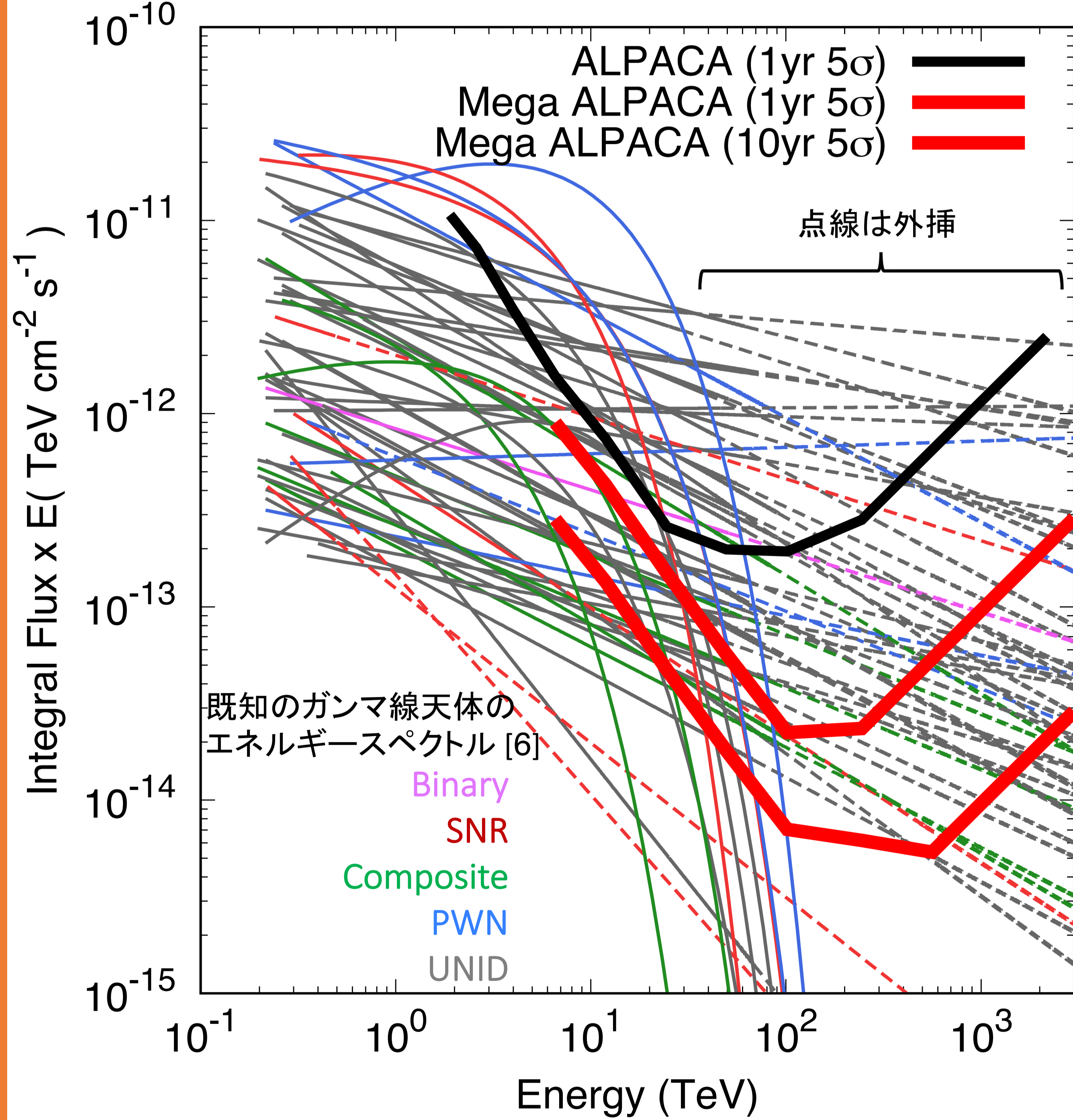
宇宙線の幕型エネルギースペクトルの4PeV(=4×10¹⁵eV)に見られる折れ曲がり(kneeと呼ばれる)は、その発見から半世紀以上、起源が解明されていない[1]。knee領域の宇宙線は銀河系内で生じていると考えられ、PeVatronと呼ばれる加速天体の探索がなされている。宇宙線は星間磁場の影響でもとの到来方向を失うため、PeV宇宙線と天体周辺の物質との相互作用で生じるsub-PeV(>100TeV)ガンマ線の観測がPeVatron探索の強力な手段となる。この戦略のもとこれまでに北半球で活発に探索が行われ、有力な候補天体の発見や、銀河系内にPeVatronが存在する証拠も得られている[2,3,4]。しかし北天はもともと天体数が少なく、現在の候補天体数ではPeV宇宙線のエネルギー密度の説明に不十分なうえ、銀河系中心や多数の高エネルギー天体を臨む南天へアクセスできない[5]。我々は南半球での世界初のPeVatron同定を目指し、**2024年、南半球ボリビアにて地上sub-PeVガンマ線観測実験ALPACAを開始する予定**である。また**2030年代には検出面積を1km²に拡張するMega-ALPACA実験を計画**しており、銀河系内外のPeVatronカタログ作成をはじめ、南天sub-PeVガンマ線天文学において先駆的な役割を担うと期待される。

検出器: 地表空気シャワーアレイ+地下ミュオン検出器



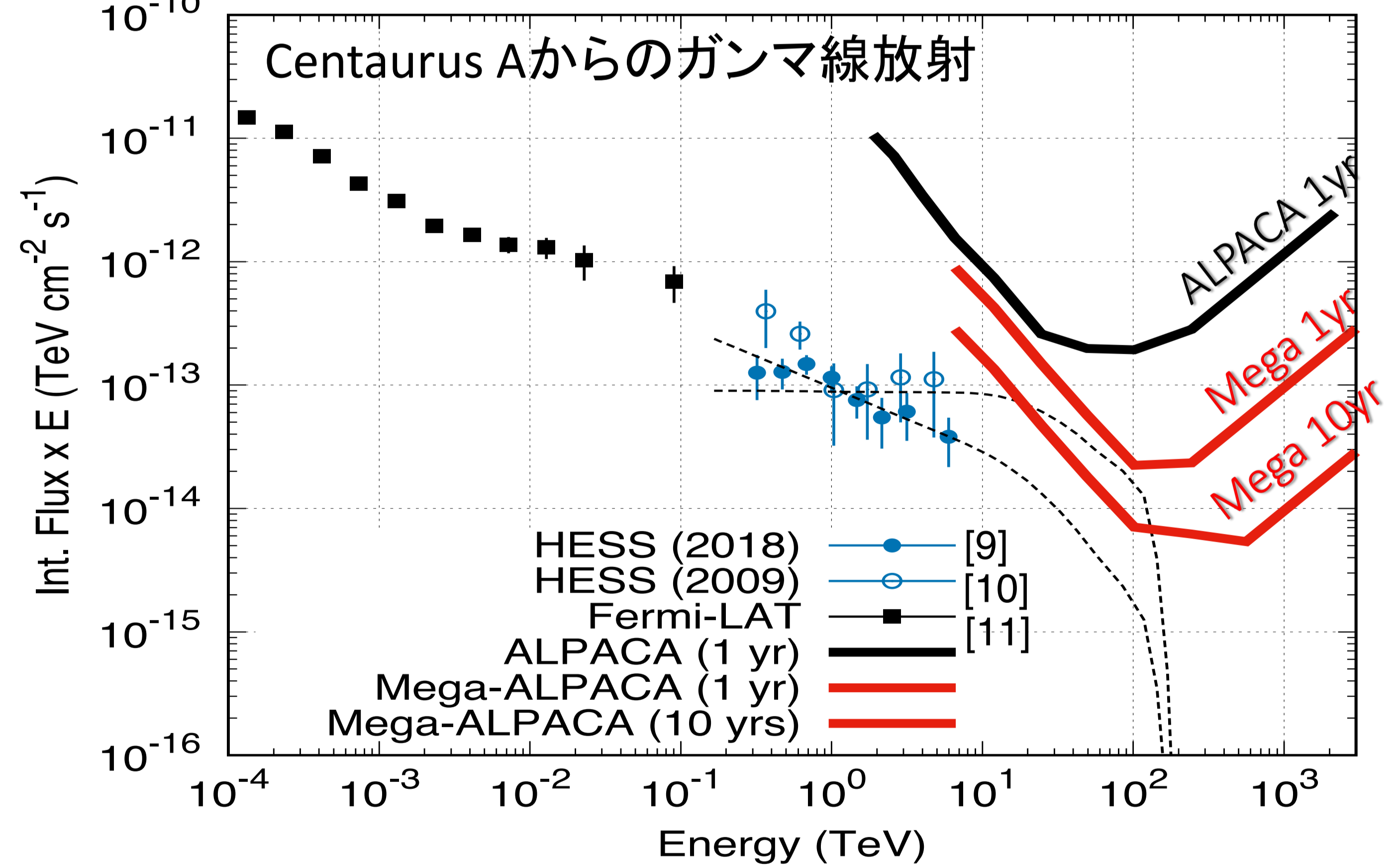
- ✓ボリビア・チャカルタヤ山(標高4,740 m)での広視野・連続観測
- ✓ALPACA(83,000 m²)は2024年に開始予定
プロトタイプ実験が2022年9月にデータ取得を開始
- ✓Mega-ALPACA(1 km²)は2030年代開始を計画
- 検出原理
- ✓シンチレーション検出器を地表に展開
- ✓宇宙ガンマ線と大気との相互作用で生じる空気シャワーを観測
エネルギーと到来方向を決定
- ✓地下の水チェレンコフ検出器でシャワーミュオンを検出
高いノイズ除去力(>99.9% @ 100 TeV)をTibet実験で実証 [5]
- 科学目標
- ✓南天のPeVatronの特定・カタログ作成
- ✓銀河系外スターバースト銀河での宇宙線加速現場の特定
- ✓太陽系内および近傍の宇宙線の流れの解明
- ✓宇宙線を利用した太陽磁場・惑星間磁場構造の解明
- ✓宇宙線を用いた宇宙天気予報の実用化

視野内の銀河系内天体への感度



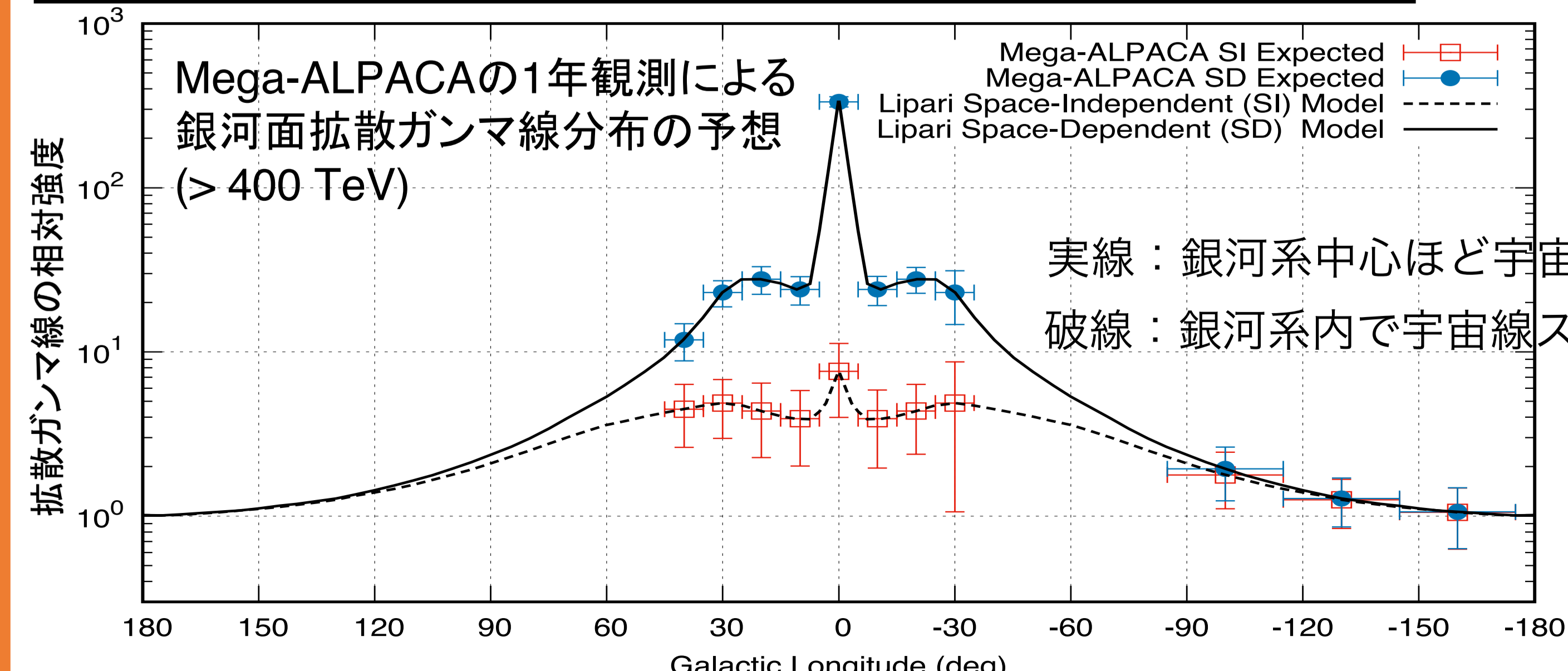
- ✓ALPACAによる1年観測で約20天体からsub-PeVガンマ線検出を期待
- ✓Mega-ALPACAでは検出の期待できる天体数が倍増。銀河系中心やWesterlund 1 など有力なPeVatron候補からのPeVガンマ線検出が見込める [7,8]

スターバースト銀河からのsub-PeVガンマ線観測



- ✓数Mpc以内の天体はsub-PeVガンマ線検出の可能性はある
- ✓スターバースト銀河は極高エネルギー宇宙線(>10¹⁹eV)・ニュートリノ源の候補 [12,13]
- ✓NGC253、大マゼラン星雲なども観測対象 [14,15]

銀河面sub-PeV拡散ガンマ線の観測



- ✓拡散ガンマ線は銀河系内宇宙線と物質の分布、および宇宙線の伝播を反映した分布をとる
- ✓銀河系内におけるPeVatronの分布を大域的に研究可能 [16]

引用文献

- [1] Kulikov & Kristiansen, Zh. Eksp. Teor. Fis. 35, 635 (1958)
- [2] Fang +, PRL 129, 071101 (2022)
- [3] Cao + (LHAASO), Nature 594, 33 (2021a)
- [4] Amenomori + (Tibet ASy), PRL 126, 141101 (2021)
- [5] Amenomori + (Tibet ASy), PRL 123, 051101 (2019)
- [6] The H.E.S.S. Collaboration, A&A 612, A1 (2018)
- [7] The H.E.S.S. Collaboration, Nature 531, 476 (2016)
- [8] Mohrmann + (H.S.S.S.), PoS(ICRC2021)789 (2021)
- [9] Abdalla + (H.E.S.S.), A&A 619, A71 (2018)
- [10] Aharonian + (H.E.S.S.), ApJ 695, L40 (2009)
- [11] Sahakyan + (Fermi-LAT), ApL 770, L6 (2013)
- [12] A. Aab + (Pierre Auger), ApJL 853, L29 (2018)
- [13] The IceCube Collaboration, Science 378, 538 (2022)
- [14] Abdalla + (H.E.S.S.), A&A 617, A73 (2018)
- [15] Abramowski + (H.E.S.S.), Science 347, 406 (2015)
- [16] Lipari & Vernetto, PRD 98, 043003 (2018)