

2023年度学変A申請
「高エネ原子核宇宙」勉強会
概要説明

さこ 隆志 (東大ICRR)

学術変革Aとは

- R2年度から始まった科研費・新学術領域の後継種目
 - 学術変革Bは若手のみの小型版でAの方が新学術に近い
 - 総括班と複数の計画研究、公募研究からなり、互いに連携しながら大きな目標を達成する
 - 期間は5年間（のみ）、3億円/年（ただし、真に必要な場合は増額可）
 - 充足率90%、公募研究に20%配分とすると、 $15億 \times 0.9 \times 0.8 = 10.8億$ 。
 - 中間評価・事後評価がある（書面＋ヒアリング）
 - 複数の計画研究代表者が45才以下
 - 重複制限が厳しいので注意（学変A同士の「分担一分担」も不可）
 - 最初に提出するのは「領域計画書」、ヒアリングに通ったら「研究計画調書」
 - R3年度は不採択。所見が出てない。
- 6月に領域計画書提出。10月下旬にヒアリング通知。すぐに計画研究の研究計画調書の提出が必要。
- ここまで一部の参加者で議論してきたが、今日は参加者全てと自由にサイエンスの話をした。科研費と関係なく共同研究が進むとよい。

20%以上 or 15件以上

(1) 学術変革領域研究 (A) **古い書類だけど大きな違いはないはず**

ア) 目的

多様な研究者の共創と融合により提案された研究領域において、これまでの学術の体系や方向を大きく変革・転換させることを先導するとともに、我が国の学術水準の向上・強化や若手研究者の育成につながる研究領域の創成を目指し、共同研究や設備の共用化等の取組を通じて提案研究領域を発展させる研究。

イ) 対象

学問分野に新たな変革や転換をもたらし、既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指す研究領域、又は当該学問分野の強い先端的な部分の発展・飛躍的な展開を目指す研究領域であって、多様な研究グループによる有機的な連携の下に、新たな視点や手法による共同研究等の推進により、革新的・独創的な学術研究の発展が期待されるもので、次の1)~3)の全ての要件及び該当する場合は4)の要件を満たすもの。

- 1) 基礎的研究（基礎から応用への展開を目指すものを含む。）であって、複数の分野にまたがる研究領域の創成や革新的な学術研究の発展が期待されるもの。
- 2) 「(i)国際的な優位性を有する（期待される）もの」、又は「(ii)我が国固有の分野若しくは国内外に例を見ない独創性・新規性を有する（期待される）もの」。
- 3) 研究期間終了後に、個々の研究課題について十分な成果が期待されるとともに、**これまでの学術分野の概念や方法論を変革することなどが研究領域の成果として十分に期待されるもの。**
- 4) 過去に「新学術領域研究（研究領域提案型）」又は他の研究費制度において採択された研究領域を更に発展させる提案については、当該研究費で期待された成果が十分に得られており、それまでの成果を踏まえ、更に強い先端的な部分の発展・飛躍的な展開を図る内容となっているもの。

ウ) 応募金額

1 研究領域の応募金額は、単年度当たり 5,000 万円以上 3 億円までとします。
 なお、真に必要な場合には、1 研究領域の応募金額の上限を超える応募も可能です。

※ 1 研究領域の単年度当たりの応募金額の総額が 3 億円を超える研究計画の取扱い
 必要とする理由を領域計画書の該当欄に詳細に記入を求め、その必要性について審査を行います。

エ) 研究期間（領域設定期間）

5 年間（左記以外の研究期間の応募は審査に付しません。）

オ) 採択予定領域数

令和元(2019)年度新学術領域研究（研究領域提案型）の採択数（18 研究領域）と同数程度の採択を予定

カ) 審査区分

応募に際しては、研究計画の内容に照らし、審査を希望する区分を以下のうちから必ず一つ選択してください。

- 「学術変革領域研究区分（Ⅰ）」 主に大区分「A」の内容を中心とする研究課題。
 - 「学術変革領域研究区分（Ⅱ）」 主に大区分「B」「C」「D」「E」の内容を中心とする研究課題。
 - 「学術変革領域研究区分（Ⅲ）」 主に大区分「F」「G」「H」「I」の内容を中心とする研究課題。
 - 「学術変革領域研究区分（Ⅳ）」 主に大区分「J」「K」の内容を中心とする研究課題。
- （各大区分の内容については、別表2「科学研究費助成事業 審査区分表」（64 頁）を参照してください。）

キ) 研究領域の構成（基準を満たしていない応募研究領域は審査に付しません。）

- ・ 研究領域は、「計画研究」及び「公募研究」により構成してください。
- ・ 「計画研究」は、「総括班」と「総括班以外の計画研究」により構成されます。
- ・ 「総括班」を必ず一つ設けてください。また、「総括班以外の計画研究」及び「公募研究」をそれぞれ相当数設けてください。
- ・ 「総括班」は、主に研究領域全体のマネジメントを実施するための組織です。研究の実施を目的とする計画は認めません。
- ・ **次代の学術の担い手となる研究者（令和2(2020)年4月1日現在で45歳以下の研究者）を研究代表者とする「総括班以外の計画研究」が複数含まれる領域構成としてください。**
- ・ 研究期間の途中から計画研究を追加することを想定した計画は認めません。
- ・ 「公募研究」は、研究期間は2年間（領域設定期間の2～3年目及び4～5年目）とし、領域設定期間の1年目に令和3(2021)～令和4(2022)年度分、3年目に令和5(2023)～令和6(2024)年度分の公募を行い、次の最低基準のいずれかを上回るよう設定してください。その際、最低基準を上回るとどまらず、学術変革領域研究(A)の目的及び当該研究領域の特性を踏まえ、当該研究領域の研究の幅広い発展を目指す上で必要な件数及び必要な金額とするよう努めてください。
 ○1年目と3年目それぞれの採択目安件数が15件を上回ること
 ○公募研究に係る経費の総額（令和3(2021)～令和6(2024)年度の合計）が研究領域全体の研究経費（5年総額）の15%を上回ること

乙欄				(新学術領域領域提案研究型)	学術変革領域研究 (A)			
					甲欄と同一の研究領域		甲欄以外の研究領域	
甲欄				計画研究※	総括班	計画研究	総括班	計画研究
				新規	新規	新規	新規	新規
				分担者	分担者	分担者	分担者	分担者
学術変革領域研究 (A)	計画研究	新規	分担者	×		—	×	×
学術変革領域研究 (B)	計画研究	新規	分担者	×			×	×

※ 乙欄の新学術領域研究 (研究)

起源の謎

？
極限環境の物理現象
高エネルギー天体現象
最大加速エネルギー
注入・加速・逃走機構
暗黒物質、未知の重粒子
原始ブラックホール蒸発

宇宙線

星間物質反応

星間物質分布
宇宙線の拡散
ガンマ線生成
光光反応

宇宙線

ガンマ線

磁場

宇宙磁場中の伝播

銀河間磁場構造
銀河磁場構造
宇宙進化史

軽い

重い



起源の謎

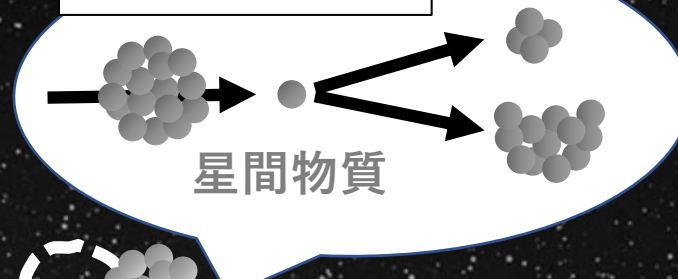


極限環境の物理現象
 高エネルギー天体現象
 最大加速エネルギー
 注入・加速・逃走機構
 暗黒物質、未知の重粒子
 原始ブラックホール蒸発

星間物質反応

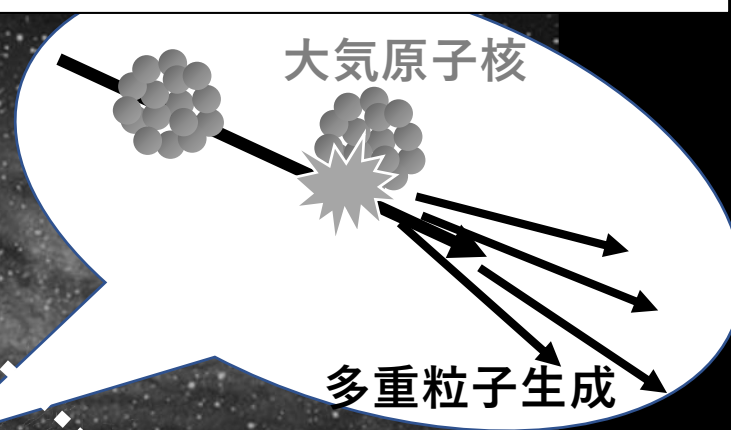
星間物質分布
 宇宙線の拡散
 ガンマ線生成
 光光反応

核破砕反応



星間物質

高エネルギー原子核衝突



大気原子核

多重粒子生成

宇宙線

宇宙線

ガンマ線

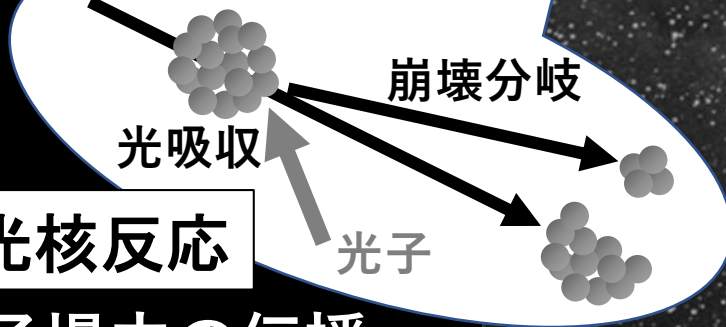
磁場

宇宙磁場中の伝播

銀河間磁場構造
 銀河磁場構造
 宇宙進化史

軽い
重い

光核反応



光吸収

光子

光子場中の伝播

光核反応断面積
 宇宙空間の光子密度 (背景放射・星)
 星形成史
 ローレンツ変換の検証

空気シャワー観測

低頻度の事象を観測可能
 高エネルギー原子核反応
 ・多重粒子生成
 大気中の伝播



宇宙線の伝播方程式

$$\begin{aligned} & \frac{\partial N_i(E, \vec{x})}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla N_i(E, \vec{x}) - \nabla \cdot [\mathbf{D}(\mathbf{r}) \nabla N_i(E, \vec{x})] \\ & = \mathbf{Q}_i(E, \vec{x}, t) - \left(\frac{v\rho\sigma_i}{m_p} + \frac{1}{\gamma\tau_i} \right) N_i(E, \vec{x}) + \frac{v\rho}{m_p} \sum_{k \geq i} \int \frac{d\sigma_{i,k}(E, E')}{dE} N_k(E', \vec{x}) dE' \end{aligned}$$

これら（青字部分）を知りたい

そのためにこれを観測 @ $\vec{x} = \vec{x}_{earth}$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial N_i(E, \vec{x})}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla N_i(E, \vec{x}) - \nabla \cdot [\mathbf{D}(\mathbf{r}) \nabla N_i(E, \vec{x})] \\ &= Q_i(E, \vec{x}, t) - \left(\frac{v \rho \sigma_i}{m_p} + \frac{1}{\gamma \tau_i} \right) N_i(E, \vec{x}) + \frac{v \rho}{m_p} \sum_{k \geq i} \int \frac{d\sigma_{i,k}(E, E')}{dE} N_k(E', \vec{x}) dE' \end{aligned}$$

これら（青字部分）を知りたい

そのためにこれを観測 @ $\vec{x} = \vec{x}_{earth}$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial N_i(E, \vec{x})}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla N_i(E, \vec{x}) - \nabla \cdot [\mathbf{D}(r) \nabla N_i(E, \vec{x})] \\ &= Q_i(E, \vec{x}, t) - \left(\frac{v\rho\sigma_i}{m_p} + \frac{1}{\gamma\tau_i} \right) N_i(E, \vec{x}) + \frac{v\rho}{m_p} \sum_{k \geq i} \int \frac{d\sigma_{i,k}(E, E')}{dE} N_k(E', \vec{x}) dE' \end{aligned}$$

これら（青字部分）を知りたい

$$N_\gamma(E_\gamma, \theta) = \sum_i \int^\Omega \int^{E_{CR}} \frac{\sigma_{CR \rightarrow \gamma}(E_\gamma, E) \rho N_i(E, \vec{x})}{4\pi r^2} dE ds$$

(注： N_γ はさがそれっぽく書いただけ。正しくない可能性大。)

そのためにこれを観測 @ $\vec{x} = \vec{x}_{earth}$

$$\frac{\partial N_i(E, \vec{x})}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla N_i(E, \vec{x}) - \nabla \cdot [D(r) \nabla N_i(E, \vec{x})]$$

$$= Q_i(E, \vec{x}, t) - \left(\frac{v\rho\sigma_i}{m_p} + \frac{1}{\gamma\tau_i} \right) N_i(E, \vec{x}) + \frac{v\rho}{m_p} \sum_{k \geq i} \int \frac{d\sigma_{i,k}(E, E')}{dE} N_k(E', \vec{x}) dE'$$

これら（青字部分）を知りたい

これは原子核物理
実験室で測定可能

$$N_\gamma(E_\gamma, \theta) = \sum_i \int^\Omega \int^{E_{CR}} \frac{\sigma_{CR \rightarrow \gamma}(E_\gamma, E) \rho N_i(E, \vec{x})}{4\pi r^2} dE ds$$

そのためにこれを観測 @ $\vec{x} = \vec{x}_{earth}$

$$\frac{\partial N_i(E, \vec{x})}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla N_i(E, \vec{x}) - \nabla \cdot [D(r) \nabla N_i(E, \vec{x})]$$

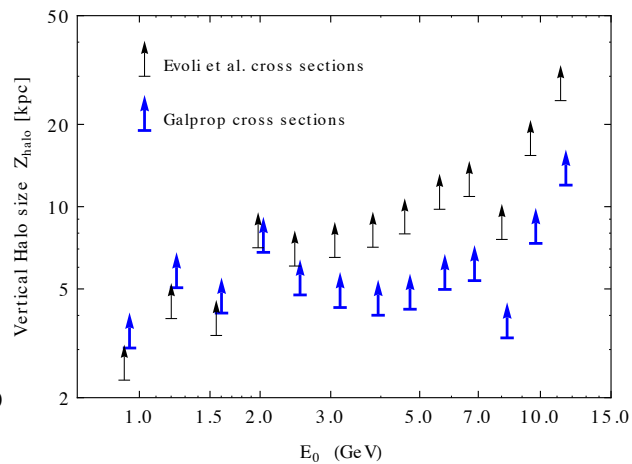
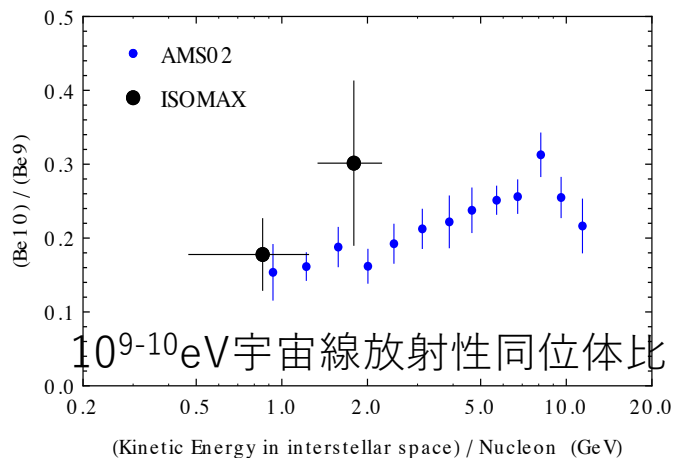
$$= Q_i(E, \vec{x}, t) - \left(\frac{v\rho\sigma_i}{m_p} + \frac{1}{\gamma\tau_i} \right) N_i(E, \vec{x}) + \frac{v\rho}{m_p} \sum_{k \geq i} \int \frac{d\sigma_{i,k}(E, E')}{dE} N_k(E', \vec{x}) dE'$$

これら（青字部分）を知りたい

これは原子核物理
実験室で測定可能

$$N_\gamma(E_\gamma, \theta) = \sum_i \int^\Omega \int^{E_{CR}} \frac{\sigma_{CR \rightarrow \gamma}(E_\gamma, E) \rho N_i(E, \vec{x})}{4\pi r^2} dE ds$$

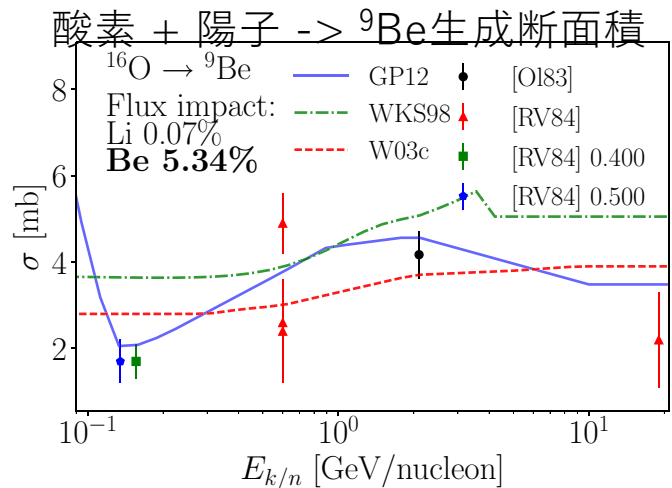
実験室実験で原子核反応断面積を精密測定して伝播方程式を完成する
宇宙線・ガンマ線の観測を進めることで宇宙物理・基礎物理の研究を進める（土台を築く）



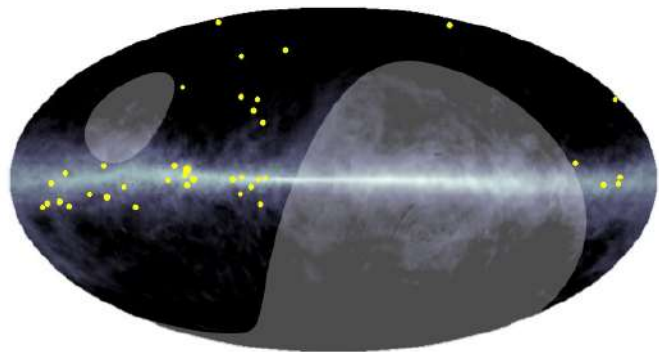
低エネルギー宇宙線
原子核種・同位体の精密測定が実現

同位体生成に必要な時間から伝播範囲
(銀河ハローサイズ) を推定

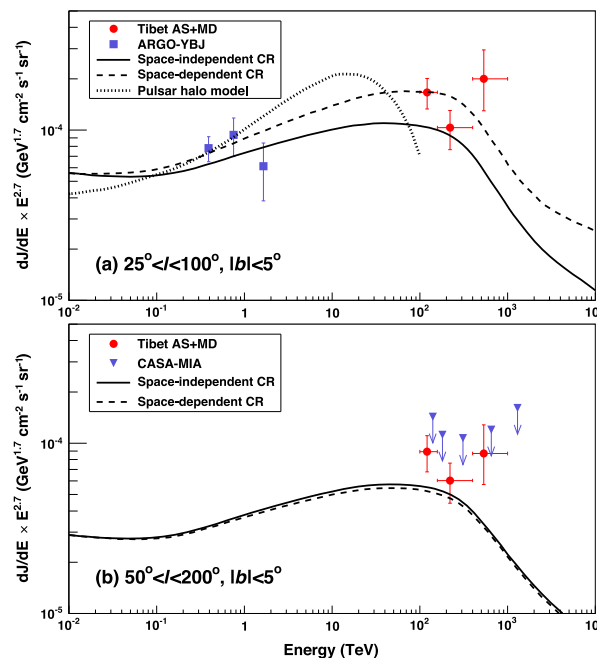
断面積モデルによって factor2の違い



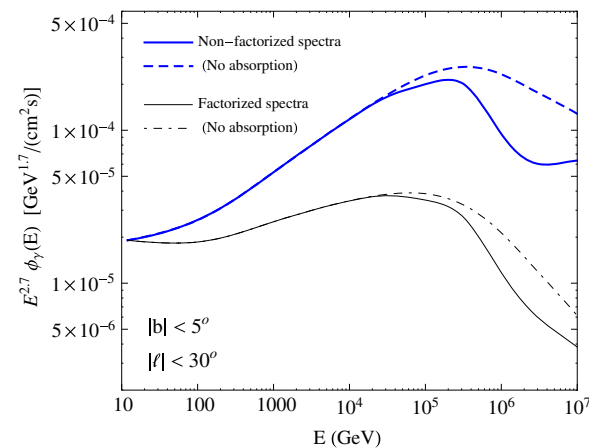
高エネルギー宇宙線
銀河系内に広がった (閉じ込められた) 宇宙線からの
拡散ガンマ線観測が実現

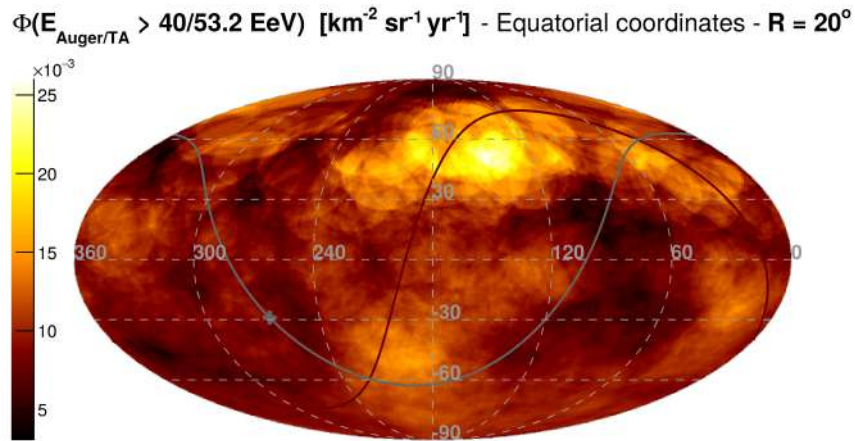


>4x10¹⁴eV拡散銀河ガンマ線 (黄色点)

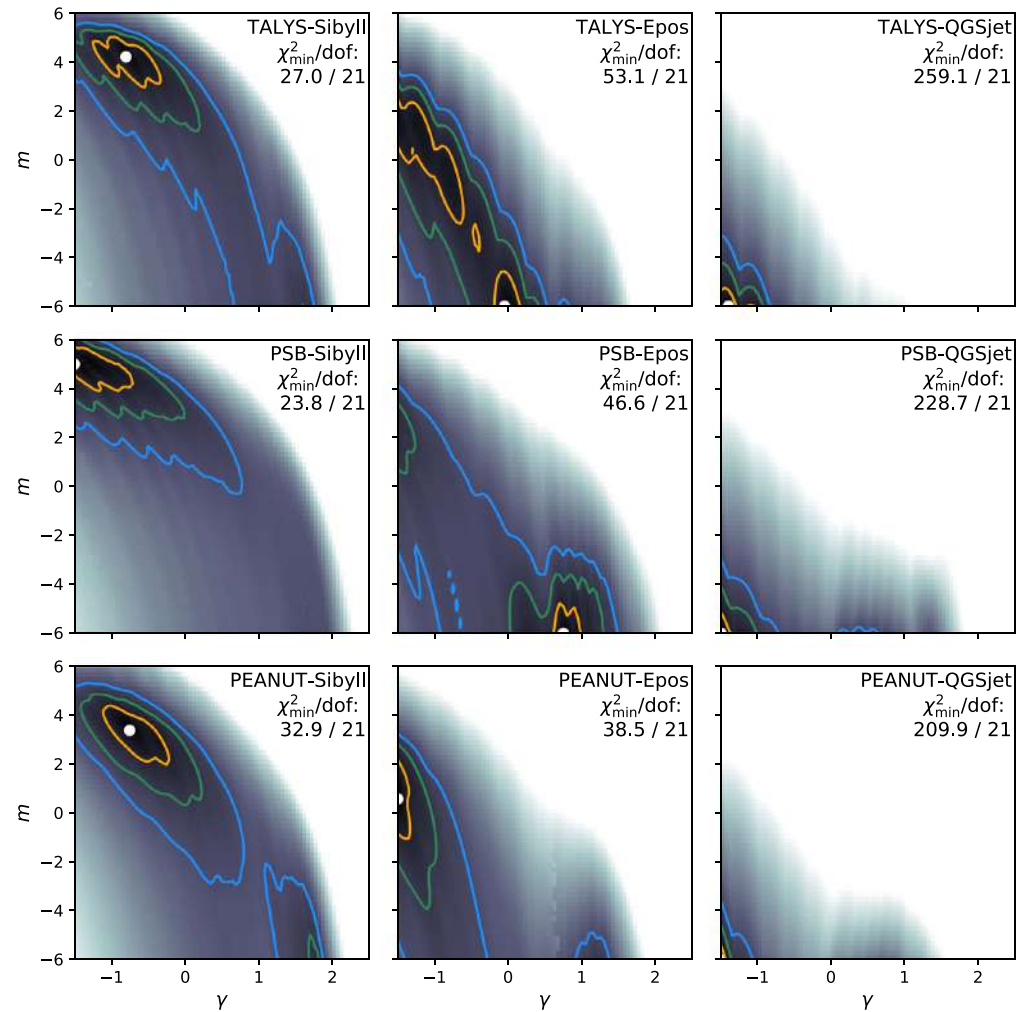
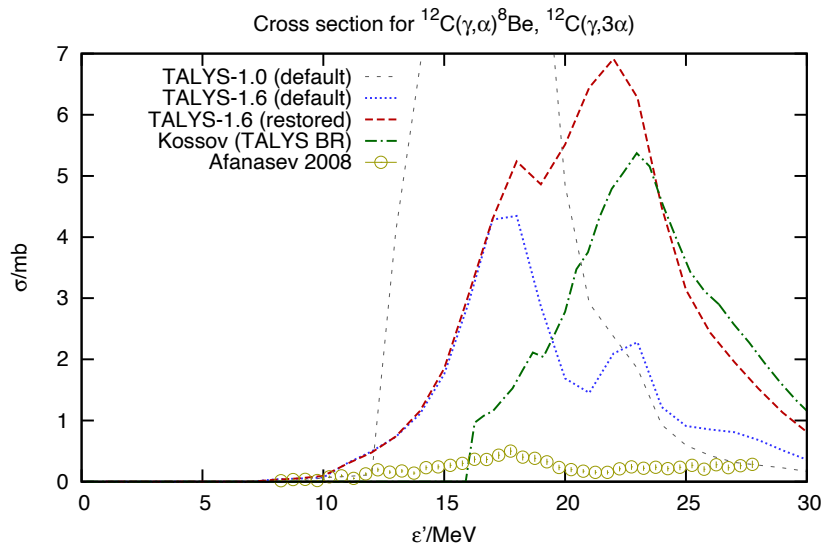


高エネルギー宇宙線の伝播モデルで説明可
南半球では大きなモデル依存





>4x10¹⁹eV宇宙線の到来方向異方性

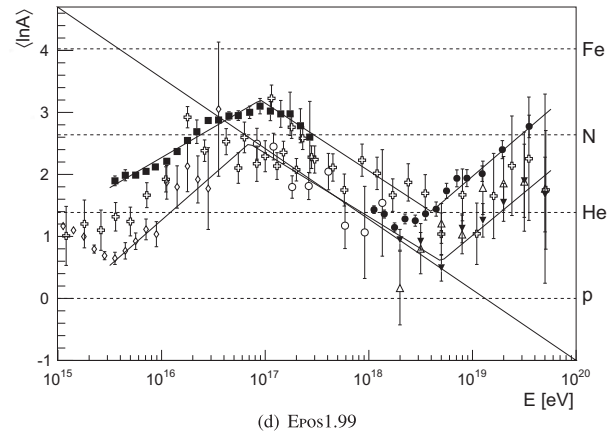
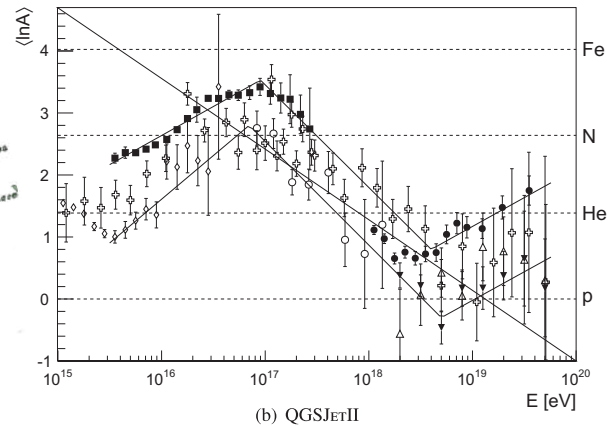
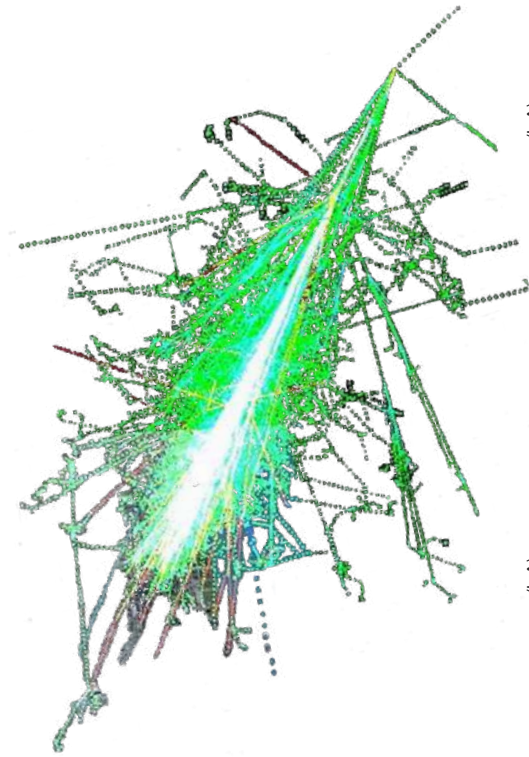


超高エネルギー宇宙線の到来方向異方性が見えてきた

起源天体の解釈は伝播（光核反応）モデルと空気シャワーの反応モデルに強く依存

軽い原子核の光核反応は理論的にも実験的にも未解明

宇宙線核種の反応モデル依存



高エネルギー宇宙線の原子核種決定は、重要かつ難しい課題

電磁相互作用（加速・伝播）はrigidity $pc/Z \sim E/Z$ で決まる
原子核・ハドロン反応は E/A で決まる。

なのに、空気シャワーは基本的にEしか測れない。

空気シャワーからA依存観測量を抜き出し核種推定するが、ハドロン反応モデル依存性が大きい

LHCなら $\sqrt{s} = 14TeV$ ($E_{lab} = 10^{17}eV$) で陽子陽子反応を検証
2024年には陽子酸素、酸素酸素衝突を予定

番号	研究区分	研究課題名	研究期間	代表者氏名 (年齢)	所属研究機関 部局 職
001	総括班	先端原子核物理学と高エネルギー宇宙線観測でひらく新しい宇宙の窓	令和5年度～令和9年度	90324368 (52) さこ 隆志	東京大学 宇宙線研究所 准教授
002	研究項目A01 計画研究	スパコン「富岳」で解き明かす宇宙線原子核の加速と伝搬過程	令和5年度～令和9年度	40589347 (40) 大平 豊	東京大学 大学院理学系研究科(理学部) 助教
003	研究項目A02 計画研究	多様なスケールの理論で探る宇宙線の光核反応と核破砕反応	令和5年度～令和9年度	50402813 (49) 木村 真明	国立研究開発法人理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 室長
004	研究項目B01 計画研究	高エネルギー核破砕反応の解明	令和5年度～令和9年度	50750874 (52) 齋藤 武彦	国立研究開発法人理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員
005	研究項目B02 計画研究	新実験手法による光核反応の定量化	令和5年度～令和9年度	20302804 (54) 民井 淳	大阪大学 核物理研究センター 教授
006	研究項目B03 計画研究	LHC陽子酸素衝突測定で解き明かす宇宙線相互作用	令和5年度～令和9年度	10447849 (42) 毛受 弘彰	名古屋大学 宇宙地球環境研究所 助教
007	研究項目C01 計画研究	最先端空気シャワー観測による銀河系内宇宙線起源と分布の解明	令和5年度～令和9年度	90324368 (52) さこ 隆志	東京大学 宇宙線研究所 准教授
008	研究項目C02 計画研究	高精度観測で探求する最高エネルギー銀河系外宇宙線起源	令和5年度～令和9年度	50506714 (48) 有働 慈治	神奈川大学 工学部 准教授

