



ARAニュートリノ望遠鏡で探る 超高エネルギー深宇宙

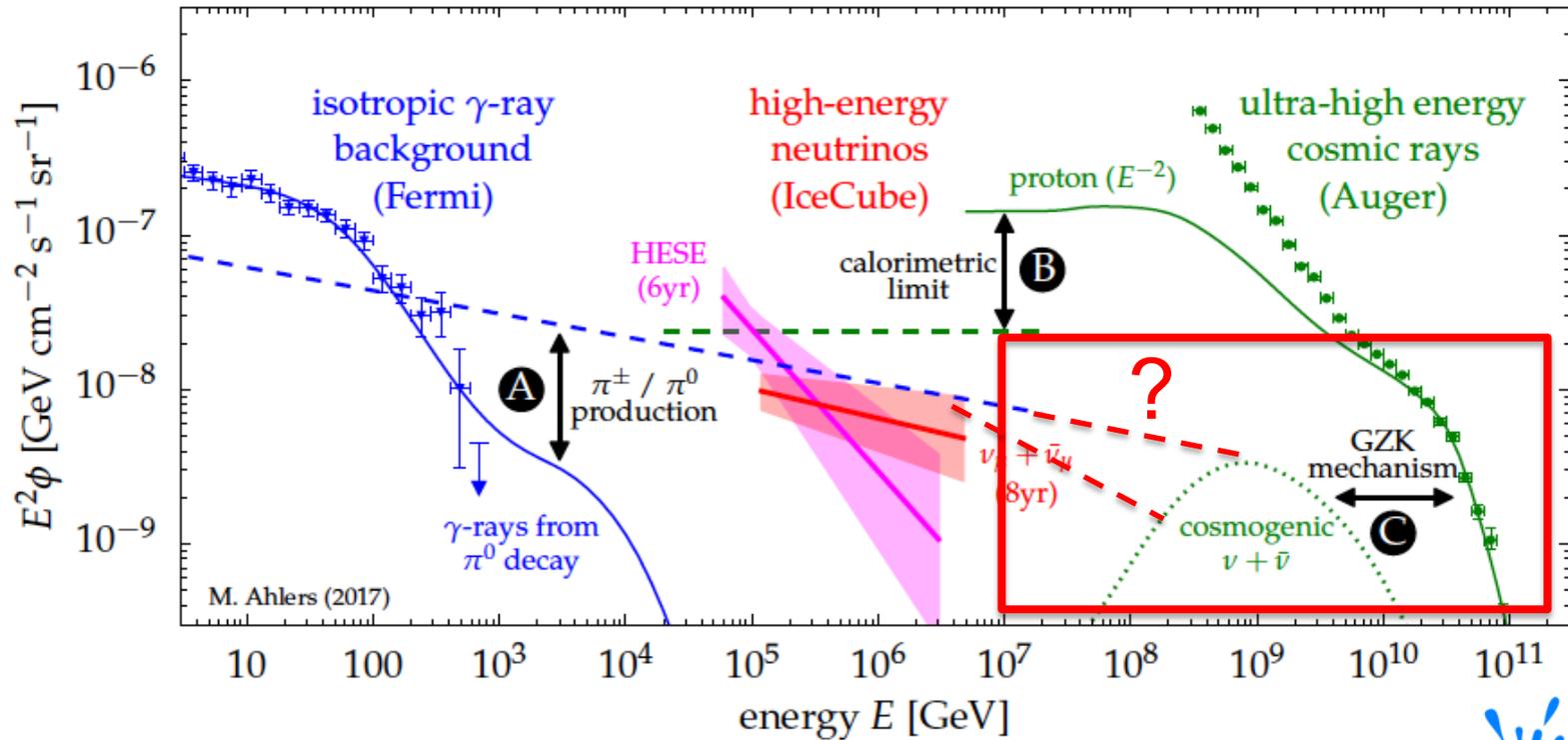


千葉大学 間瀬圭一

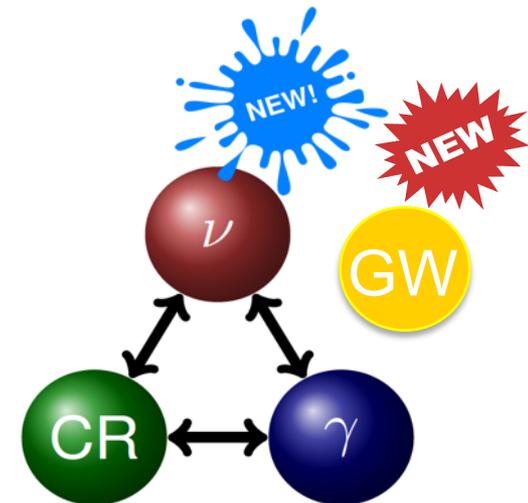


マルチメッセンジャー

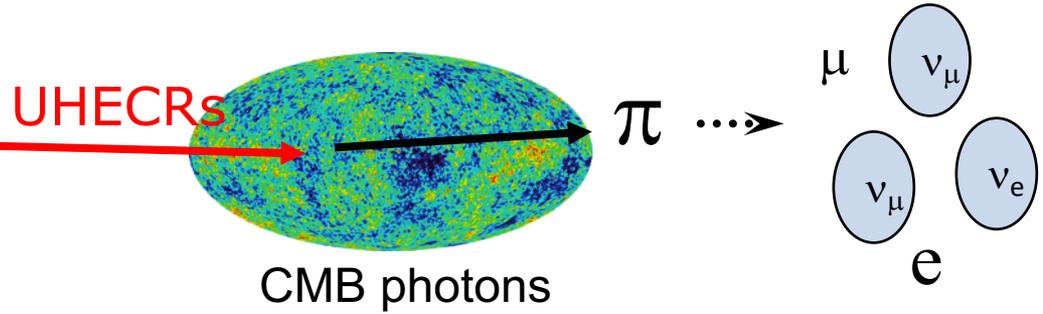
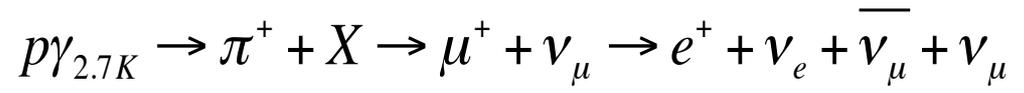
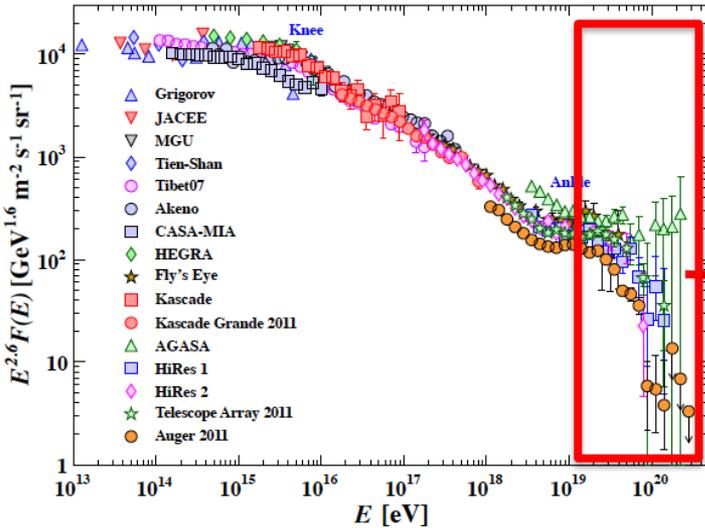
M. Ahlers and F. Halzen, arXiv: 1805.11112



- ✓ マルチメッセンジャーにより、より良く宇宙を理解
- ✓ ニュートリノのフラックスは最高エネルギー宇宙線とガンマ線バックグラウンドと無矛盾
- ✓ ハドロンが非熱的宇宙に重要な役割を果たしている事を示唆
- ✓ ソースはまだ分かっていない (AGNs?)
- ✓ 10 PeV以上の超高エネルギーニュートリノを観測する事が高エネルギー宇宙をより良く理解するのに重要



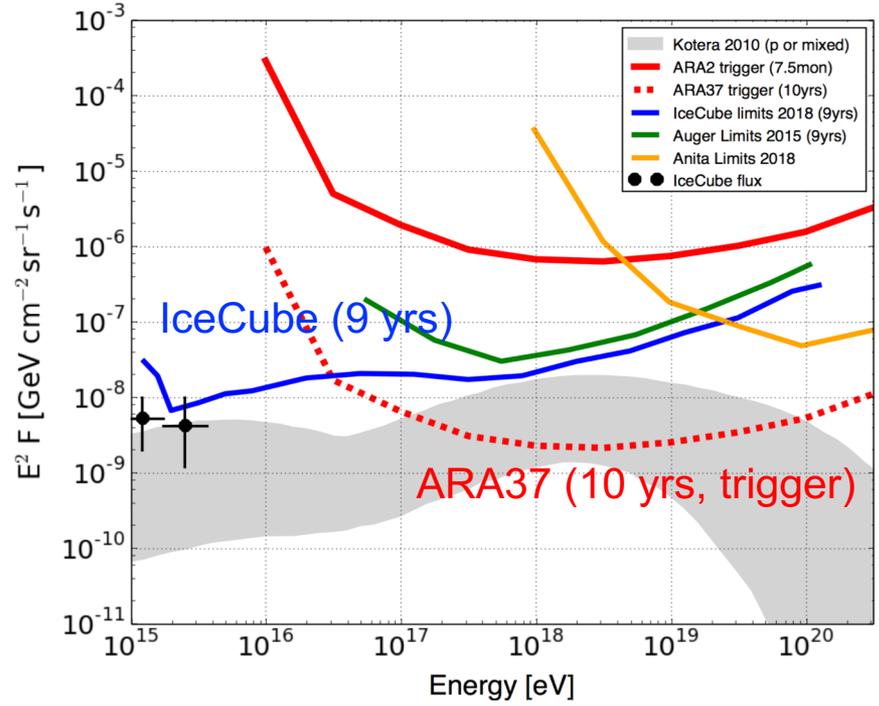
超高エネルギーニュートリノ (> 100 PeV)



- ✓ 最高エネルギー宇宙線から超高エネルギーニュートリノ (> 100 PeV)が生成される
- ✓ ニュートリノにより最高エネルギー宇宙線の起源を明らかにする
 - ◇ 組成 (陽子/鉄)?
 - ◇ ソースの進化
 - ◇ ソースの位置

IceCubeの上限値: ~0.3 事象/年

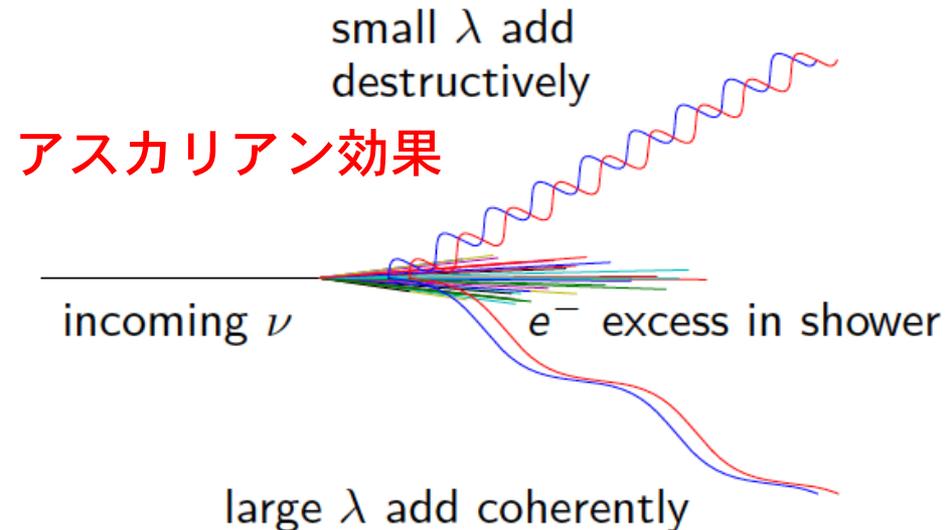
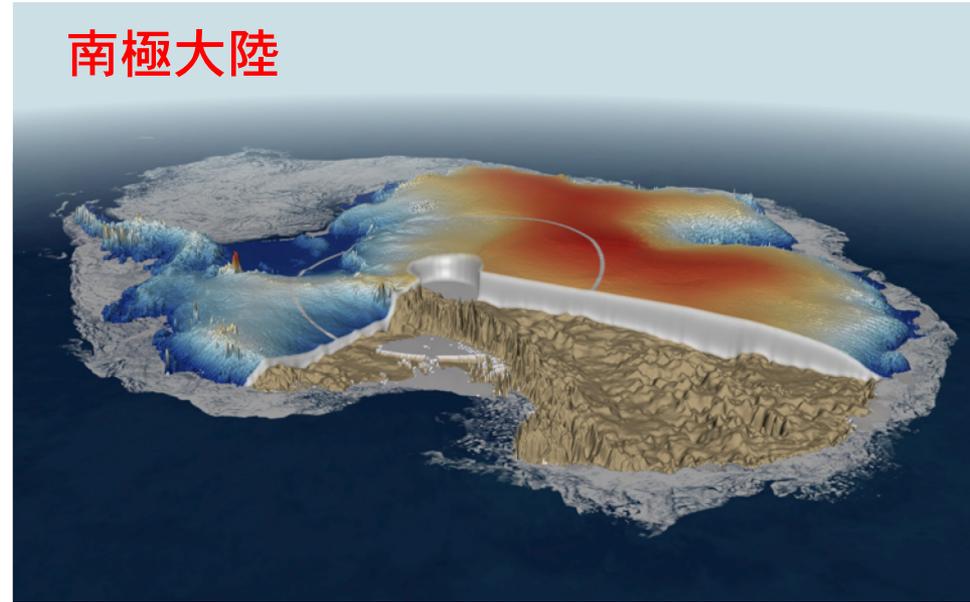
→ より大きな検出器が必要



■ ニュートリノに対する感度を上げるために

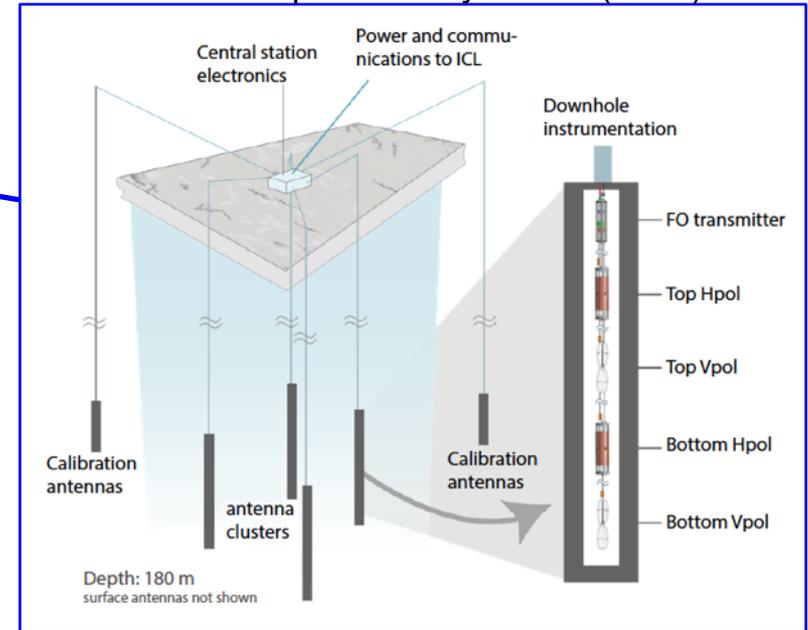
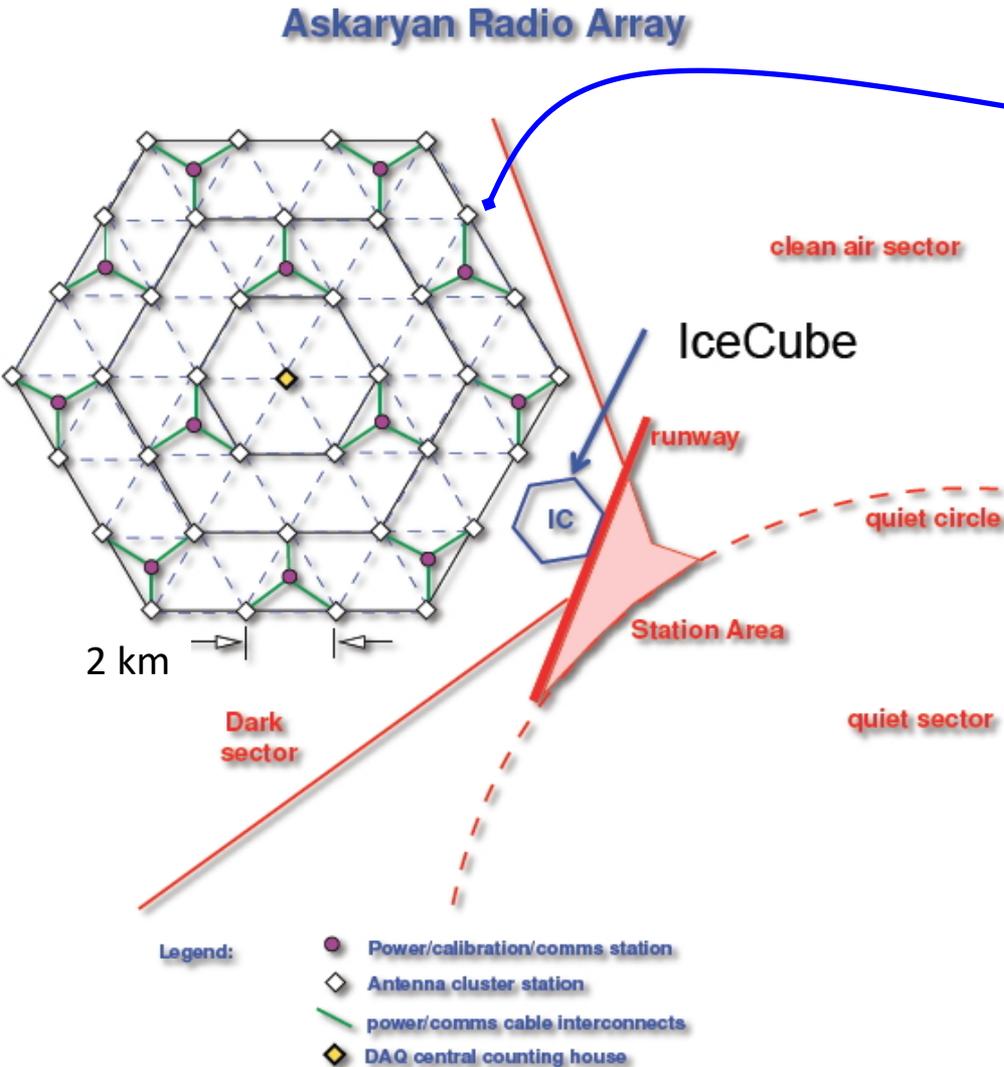
- ✓ ニュートリノは殆ど反応しない
- ✓ 大きな検出器が必要
- ✓ 氷は良いターゲット: **大きくて透明**
- ✓ 減衰長: 100 m (可視光) Vs. 1000 m (電波)
- ✓ **アスカリアン効果**: 干渉効果による信号の増大 ($E > \sim 100$ PeV)
- ✓ 100 PeV以上の超高エネルギーニュートリノを観測するには電波が最適

南極大陸



Askaryan Radio Array (ARA)

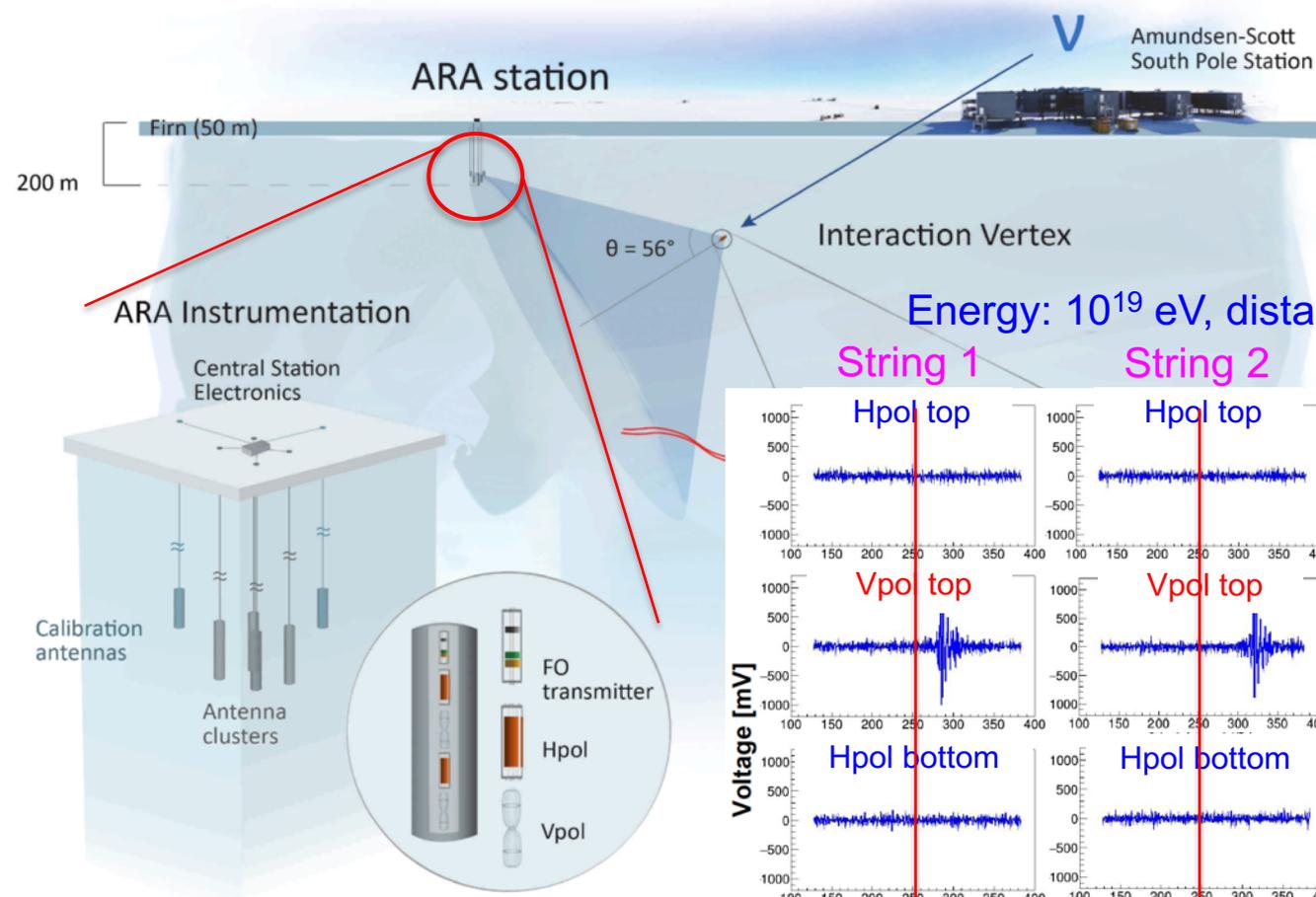
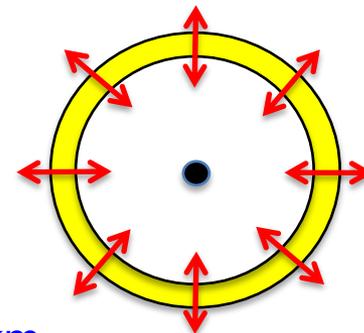
Astroparticle Physics **35** (2012) 457–477



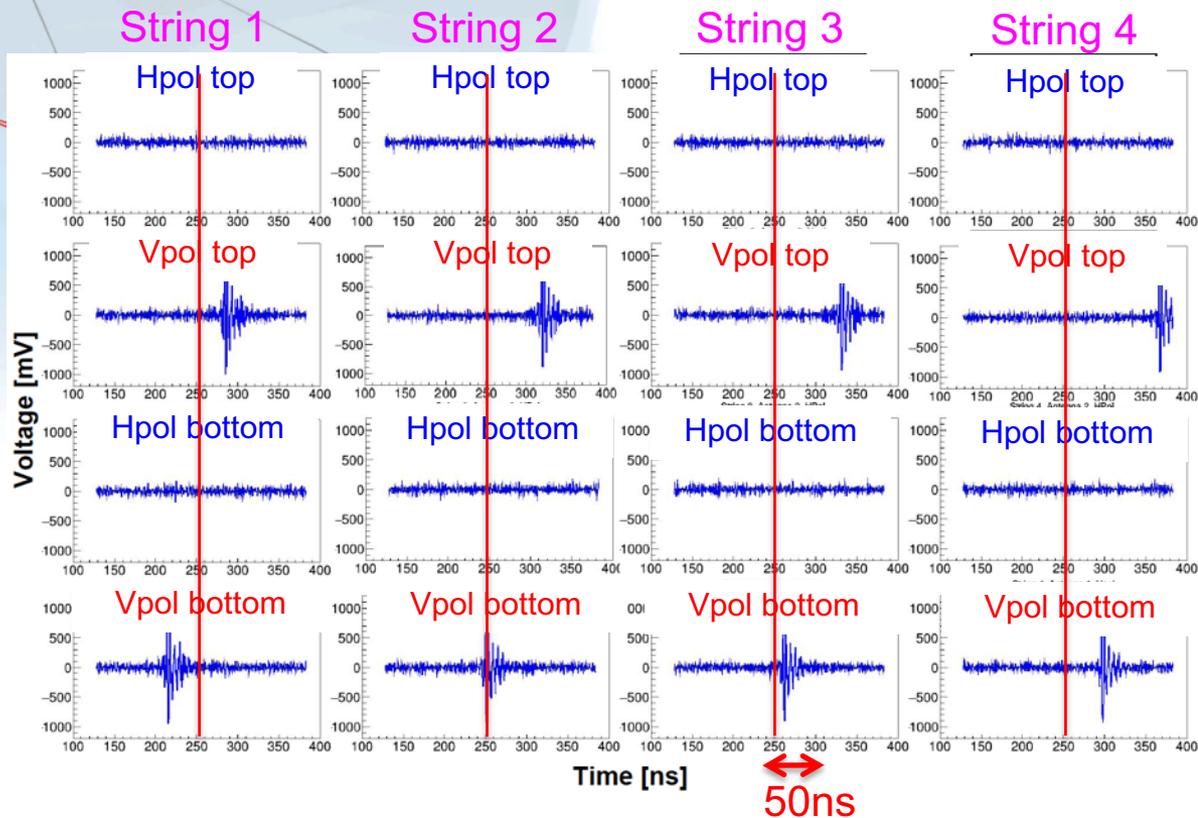
- ✧ 200 mの深さに16個のアンテナ(200–800 MHz)を埋没 (Vpol + Hpol)
- ✧ 総表面積 ~100 km²
- ✧ ~x10 IceCube @ トリガー
- ✧ ~x5 IceCube @ 解析
- ✧ 安価 (~10億円)

アスカリアン信号と事象再構築

Cherenkov light polarization



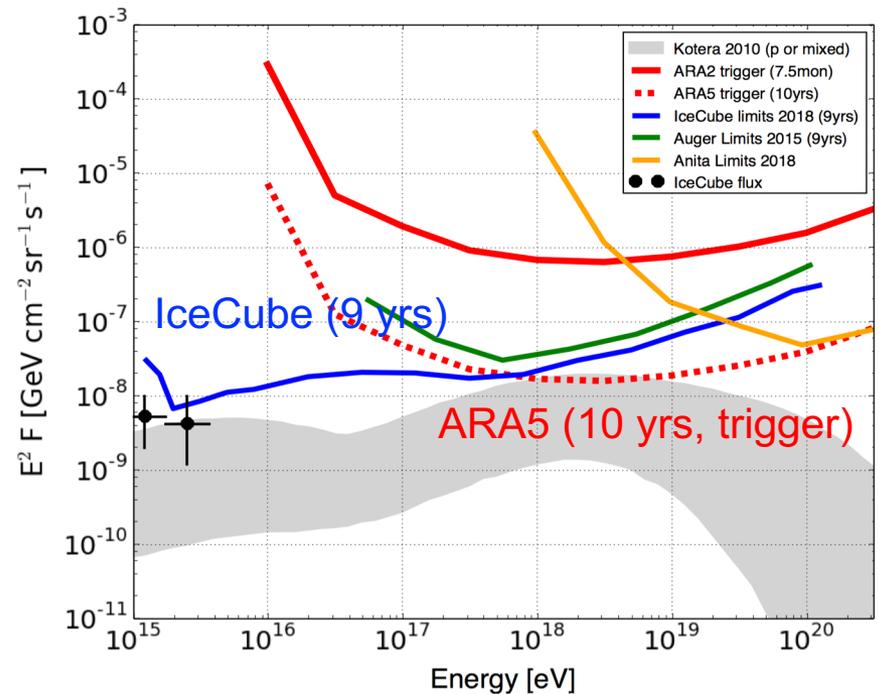
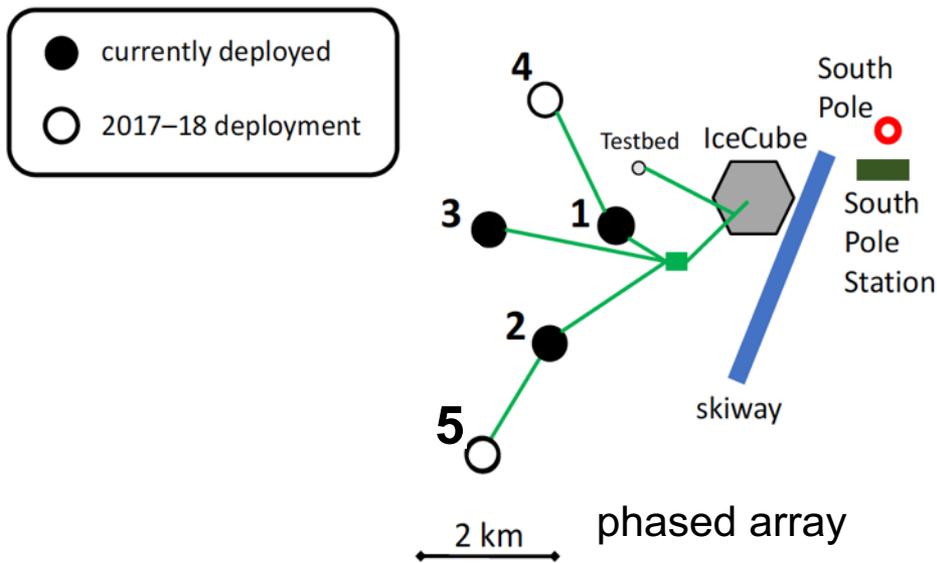
Energy: 10^{19} eV, distance: 2 km



- ✓ 時間情報 → 相互作用点の方向 ($\sim 0.1^\circ$)
- ✓ 偏光度 → ニュートリノの方向 ($< \sim 6^\circ$)
- ✓ アンテナの理解が重要

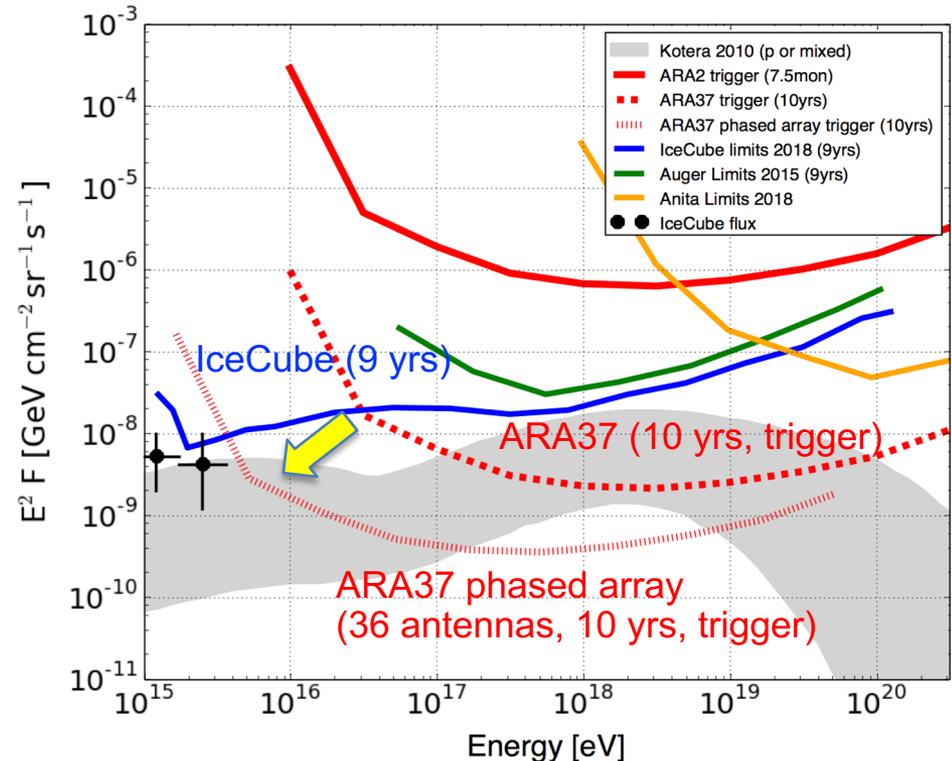
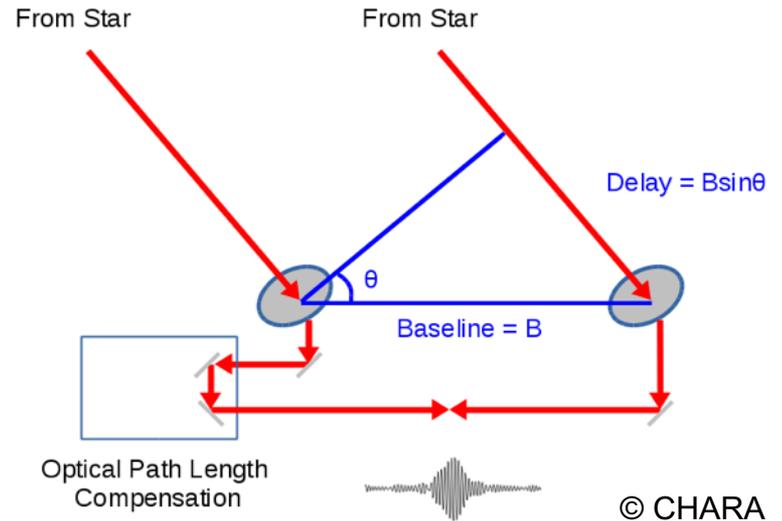
ARAの現況

- ◇ 現在5ステーション
- ◇ 今年2ステーション追加された
- ◇ 南極にて問題なくデータ取得中
- ◇ IceCubeと同感度 @ 10^{18} eV



フェーズドアレイ

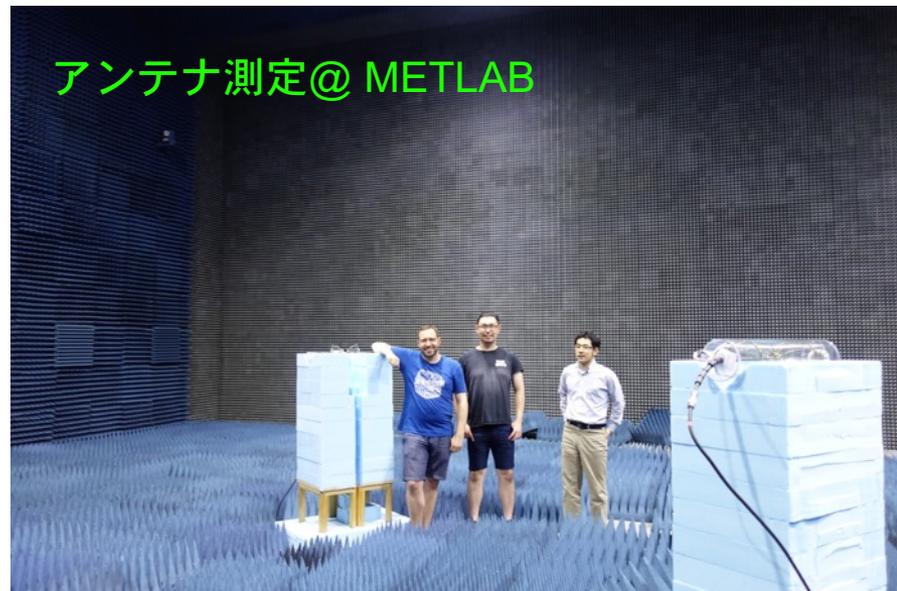
- ✓ 現況のARAのエネルギー閾値~100 PeV
→ エネルギー閾値を下げたい
- ✓ 電波干渉: トリガー前に多数のアンテナの情報を位相を合わせて重ね合わせる
- ✓ SN比は \sqrt{N} で良くなる
- ✓ 低エネルギー側で高感度
→ ~x10 IceCube @ 10 PeV (トリガーレベル、36アンテナ)
- ✓ 高エネルギーで高感度、氷による減衰が効いてくる
→ ~x20 IceCube @ 10^{18} eV (トリガーレベル、36アンテナ)
- ✓ アンテナの数は最適化しないとイケない
- ✓ シミュレーションで確認が必要



千葉大での研究活動

- ✓ 検出器の理解に重点をおいてきた
- ✓ 信頼できるエネルギー推定とニュートリノの到来方向の決定に重要
- ✓ 水中下における検出器較正: ~30%
→ ニュートリノエネルギーの決定精度
- ✓ 偏光度を用いたニュートリノ到来方向の再構築 / ノイズ除去法を開発中
- ✓ 5ステーションのデータを用いた超高エネルギーニュートリノ探索を行う予定

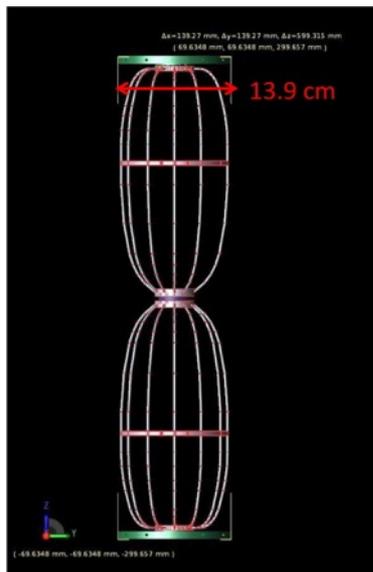
アンテナ測定@ METLAB



加速器を用いた放射の検証@Utah

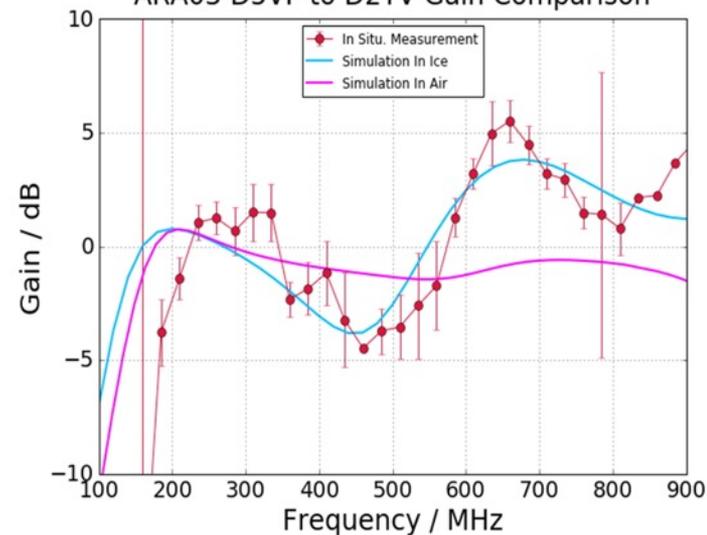


アンテナシミュレーション



水中下でのアンテナのゲイン測定

ARA03 D5VP to D2TV Gain Comparison



■ まとめと展望

- ✓ 100 PeV以上の超高エネルギー宇宙をニュートリノにより明らかにする
- ✓ 電波が最適な方法
- ✓ 安価 (~10億円)
- ✓ 5ステーション稼働中
- ✓ IceCubeと同等の感度@ 10^{18} eV
- ✓ フェーズドアレイによりエネルギー閾値を下げる (10 PeVまで) とともに 10^{18} eVでの感度も上げる
- ✓ 水中下の較正により検出器を30%レベルで理解
- ✓ エネルギー推定とニュートリノの到来方向の決定に重要
- ✓ 5ステーションのデータを用いて超高エネルギーニュートリノを探索予定

Thank you

Me

