

宇宙線観測の現状と将来

我が国の

東大宇宙線研究所 梶田隆章

話の内容

- 宇宙線研究の現状
- 今後の宇宙線研究の展望
- まとめ

宇宙線研究の現状

(宇宙線研究所を例にということでご勘弁を)

宇宙線研究所紹介で使うスライド

宇宙線研究所でおこなっている研究

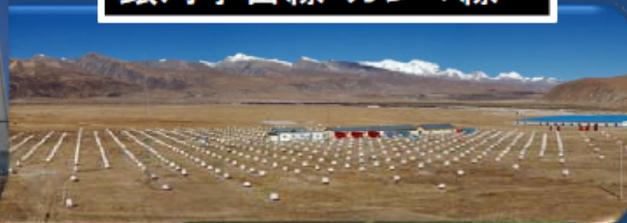
ガンマ線



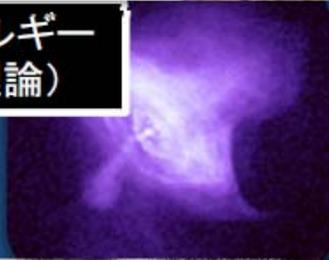
最高エネルギー宇宙線



銀河宇宙線・ガンマ線



高エネルギー天体(理論)



宇宙線・ガンマ線・ニュートリノ・重力波・ダークマター等を観測して;
1)ブラックホールなどが関係した宇宙の高エネルギー現象を研究しています。
2)宇宙を支配する基本法則を研究しています。

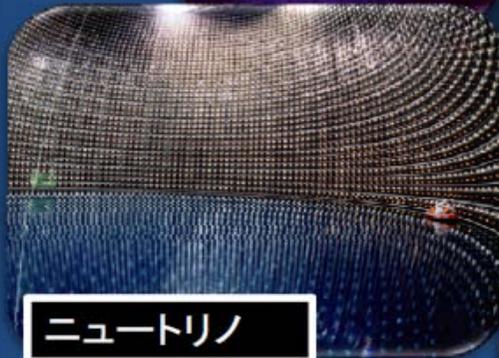
重力波



素粒子論、宇宙論



ニュートリノ



ダークマター



観測的宇宙論



高エネルギー宇宙線・ガンマ線

ガンマ線

最高エネルギー宇宙線

銀河宇宙線・ガンマ線

高エネルギー天体(理論)

宇宙線・ガンマ線・ニュートリノ・重力波・ダークマター等を観測して;
1) ブラックホールなどが関係した宇宙の高エネルギー現象を研究しています。
2) 宇宙を支配する基本法則を研究しています。

重力波

ニュートリノ

ダークマター

素粒子論、宇宙論

観測的宇宙論

2

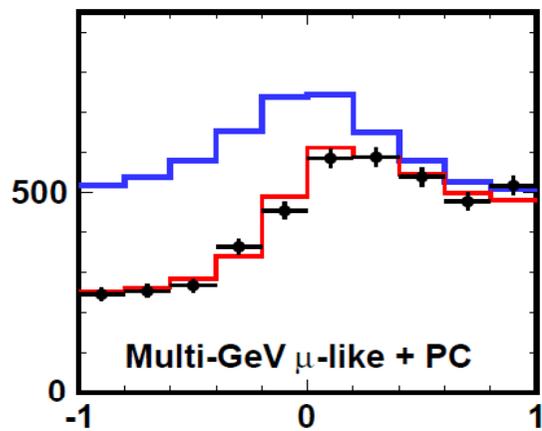
重力波

天体素粒子物理
(ニュートリノ、ダークマター)

宇宙線研究の現状(1):ニュートリノ

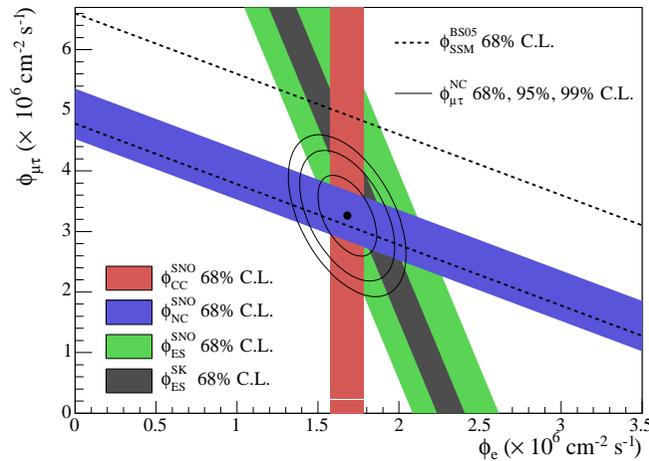


Super-Kamiokande (1996 -) (共同研究者約120人)

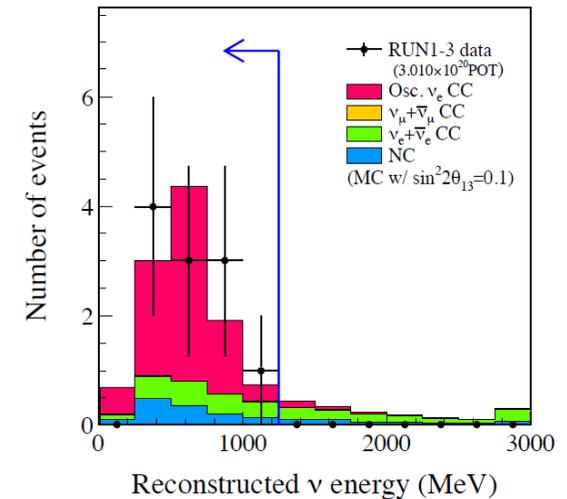


cos zenith

$\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ 振動。大気 ν ,
K2K, T2K



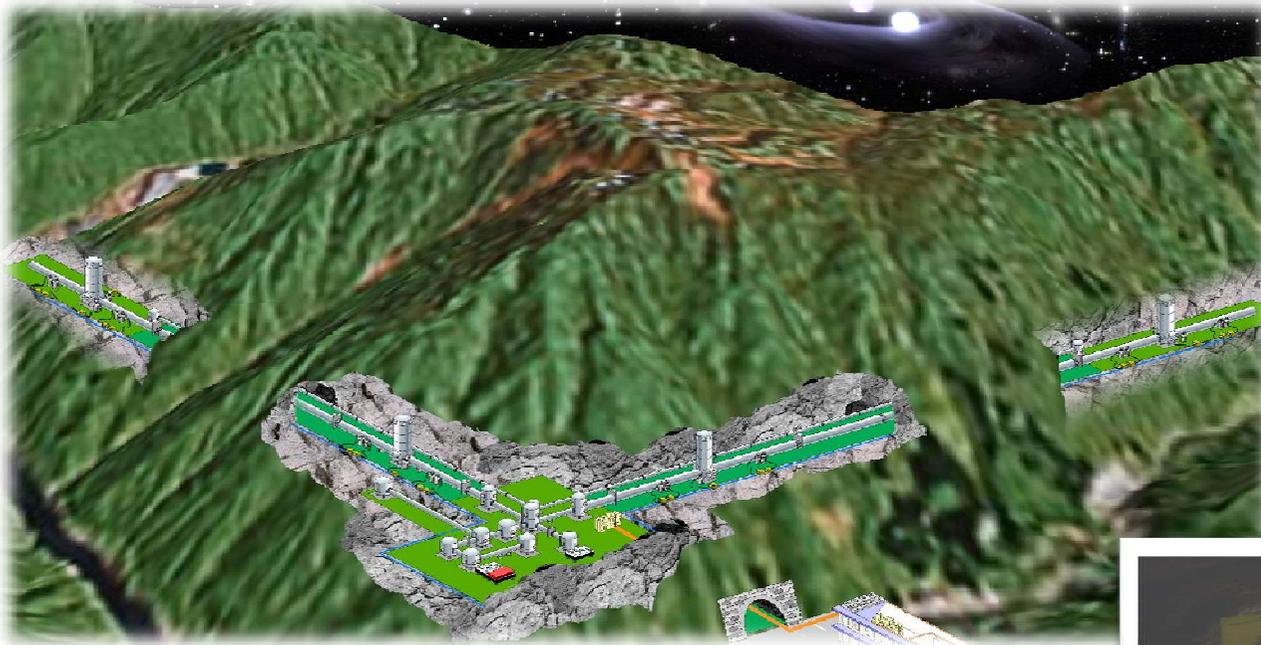
$\nu_e \rightarrow \nu_x$ 振動。太陽 ν ,
(KamLAND原子炉 ν)



$\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ 振動。T2K

3個の混合角が測定された。

宇宙線研究の現状(3): 重力波



特徴:

- ◆3km
- ◆低温鏡
- ◆地下設置

(共同研究者約190人)

- ✓現在空洞掘削中 (2014.3完了予定) →
- ✓常温、シンプルな干渉計で初期観測(2015末)
- ✓2017年に低温観測開始。世界初観測を目指す
- ✓世界の他の干渉計との共同観測で重力波天文学の創成。



現状の(とりとめのない)まとめ

- 日本の宇宙線研究は一定の貢献。
- 宇宙線研究分野の拡大。
- 宇宙線研究プロジェクトの大型化・精密化。
- 長期的に考えて、きちんと練り上げた研究計画の必要性。
- 国際競争と国際協調と国際協力のバランス。

今後の宇宙線研究の展望

CRC における将来計画の検討

- 2010年9月16,17日CRC将来計画検討シンポジウム@宇宙線研

CRC シンポジウム総括：

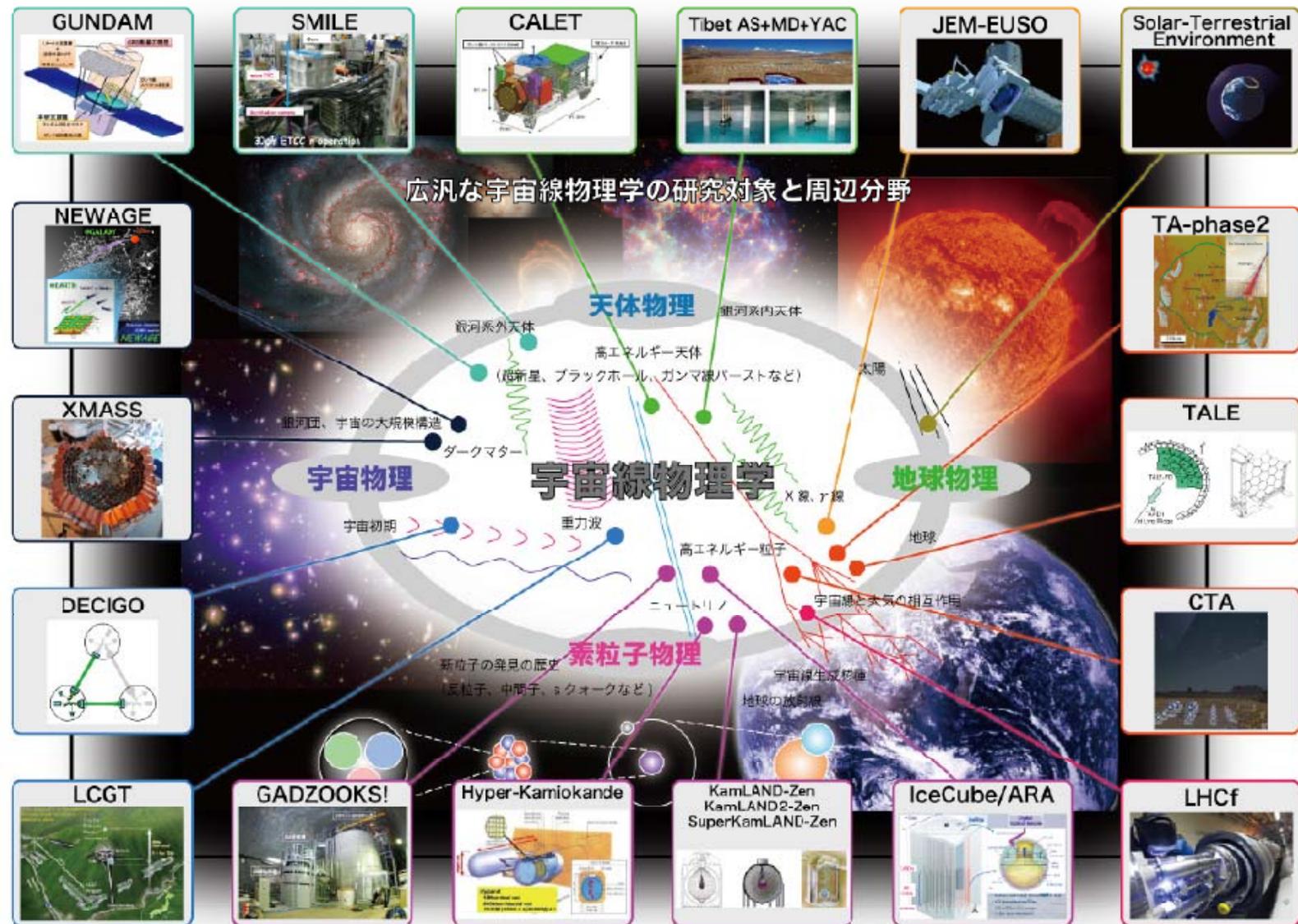
宇宙線分野の現状と将来計画

平成 22 年度宇宙線研究者会議実行委員会

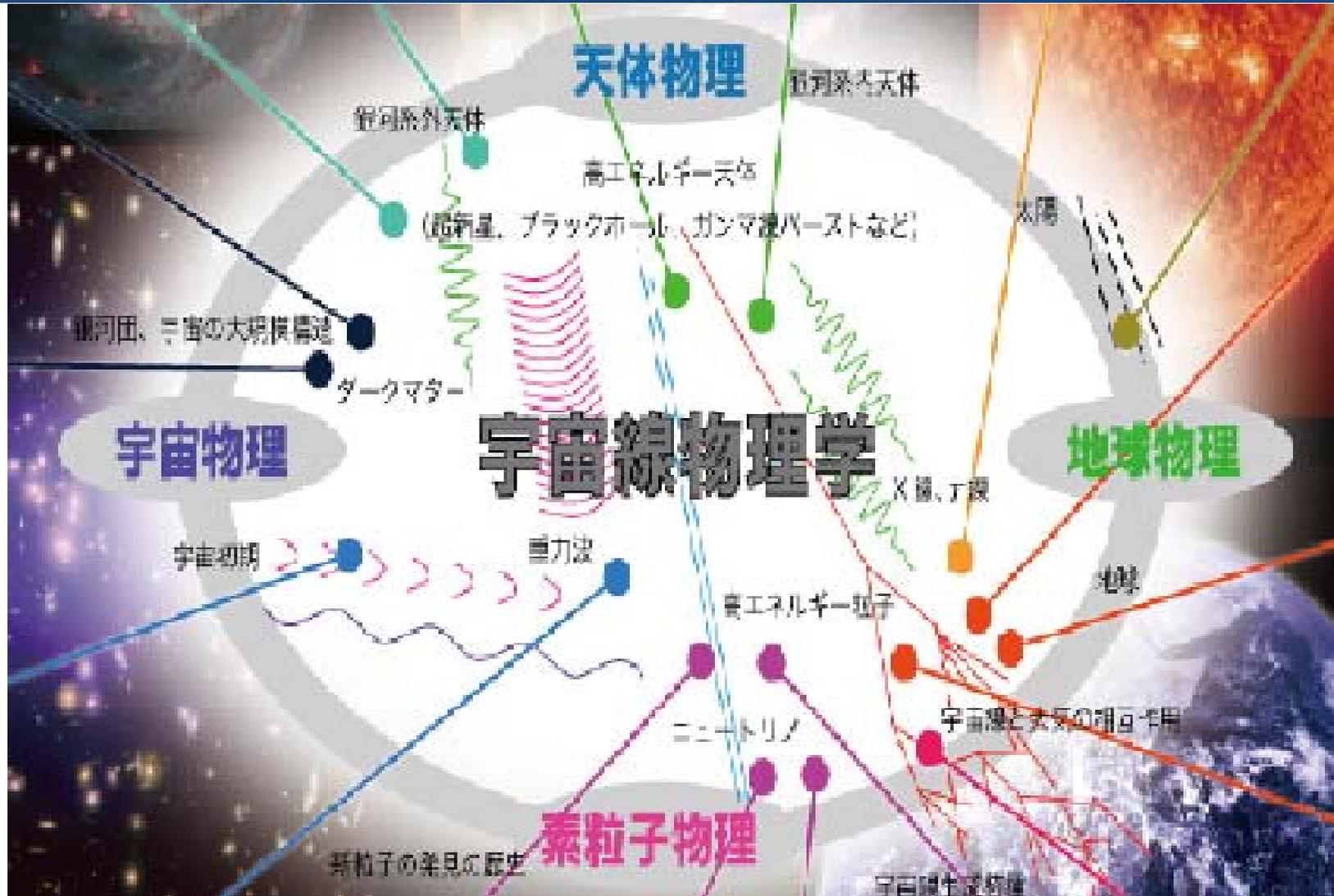
将来計画冊子編集ワーキンググループ

平成 23 年 6 月 30 日

まとめの冊子より



まとめの冊子から見えてくること： 宇宙線分野の拡大、近隣分野との連携



将来計画の検討(CRC及び宇宙線研)

CRC

- 学術会議 天文・宇宙物理学分科会:「中規模計画の検討」
- 学術会議の大型計画のマスタープランに載らない規模(100億円以下)でかつ科研費では実施できない規模の研究計画をとりまとめ、可能な支援を実施していく。
- CRCを含む各コミュニティに検討の依頼 → CRC将来計画検討小委員会での検討。

宇宙線研

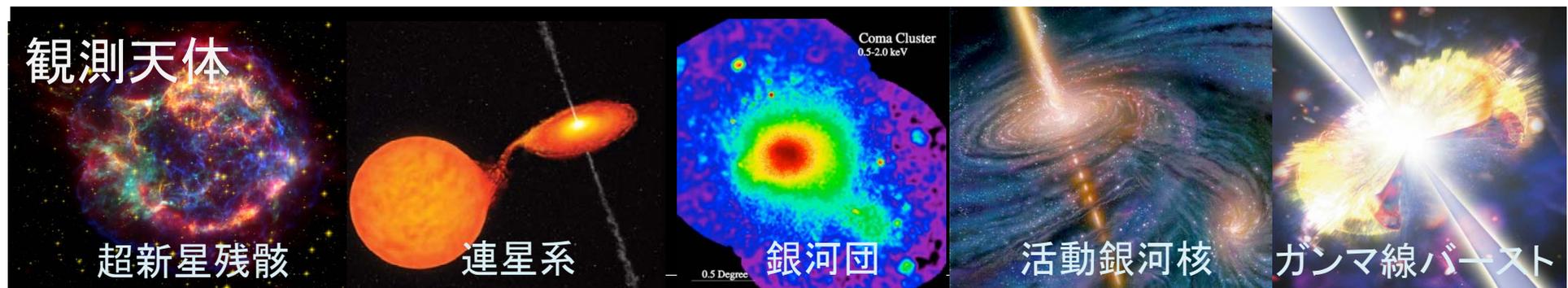
- 宇宙線研究所では長く将来計画として推薦されてきた重力波の計画が2010年に動き出した。
- 新たな将来計画検討の時期 → 宇宙線研究所(第4回)将来計画検討委員会を組織して検討。

→ サイエンスのインプットは共通化しつつ、独立に検討

目指すサイエンス:ガンマ線

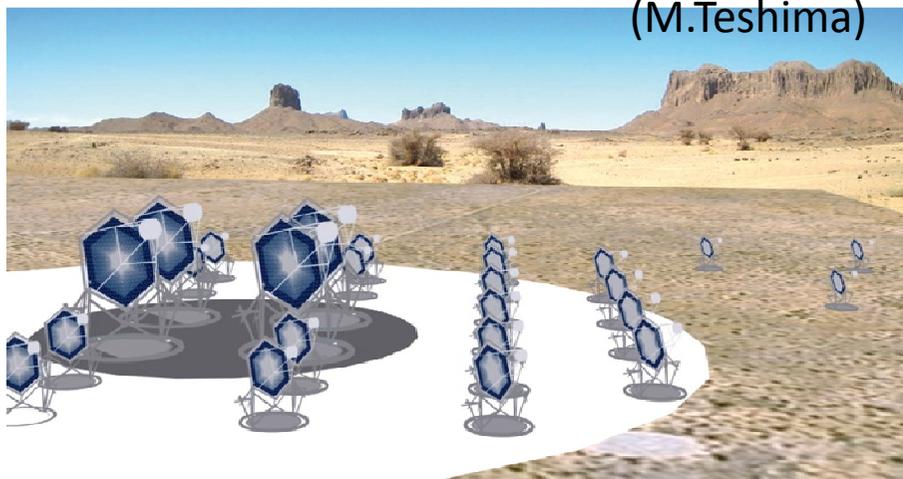
- 宇宙線の起源の解明
- 銀河系内、系外の高エネルギー天体の研究
- 赤外・可視背景放射(宇宙の星形成史)の研究
- 暗黒物質対消滅からのガンマ線の探索
- 相対論(量子重力理論)の高精度検証

(M.Teshima)



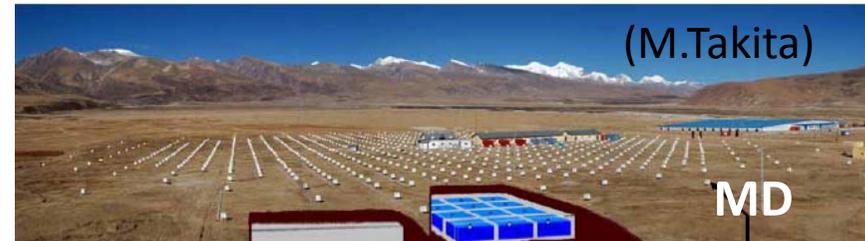
ガンマ線関連の計画 (2012.1.22 タウンミーティング)

CTA (Cherenkov Telescope Array) (M.Teshima)



- ◆現在の超高エネルギーガンマ線天文学の成功をさらに飛躍的に拡大
- ◆世界で唯一の次期計画
- ◆日本は主にCTA-LST大口径望遠鏡に貢献
- ◆日本は最終的には全体の20%の貢献をめざす

Tibet AS γ 拡張計画(MD+YAC) (M.Takita)



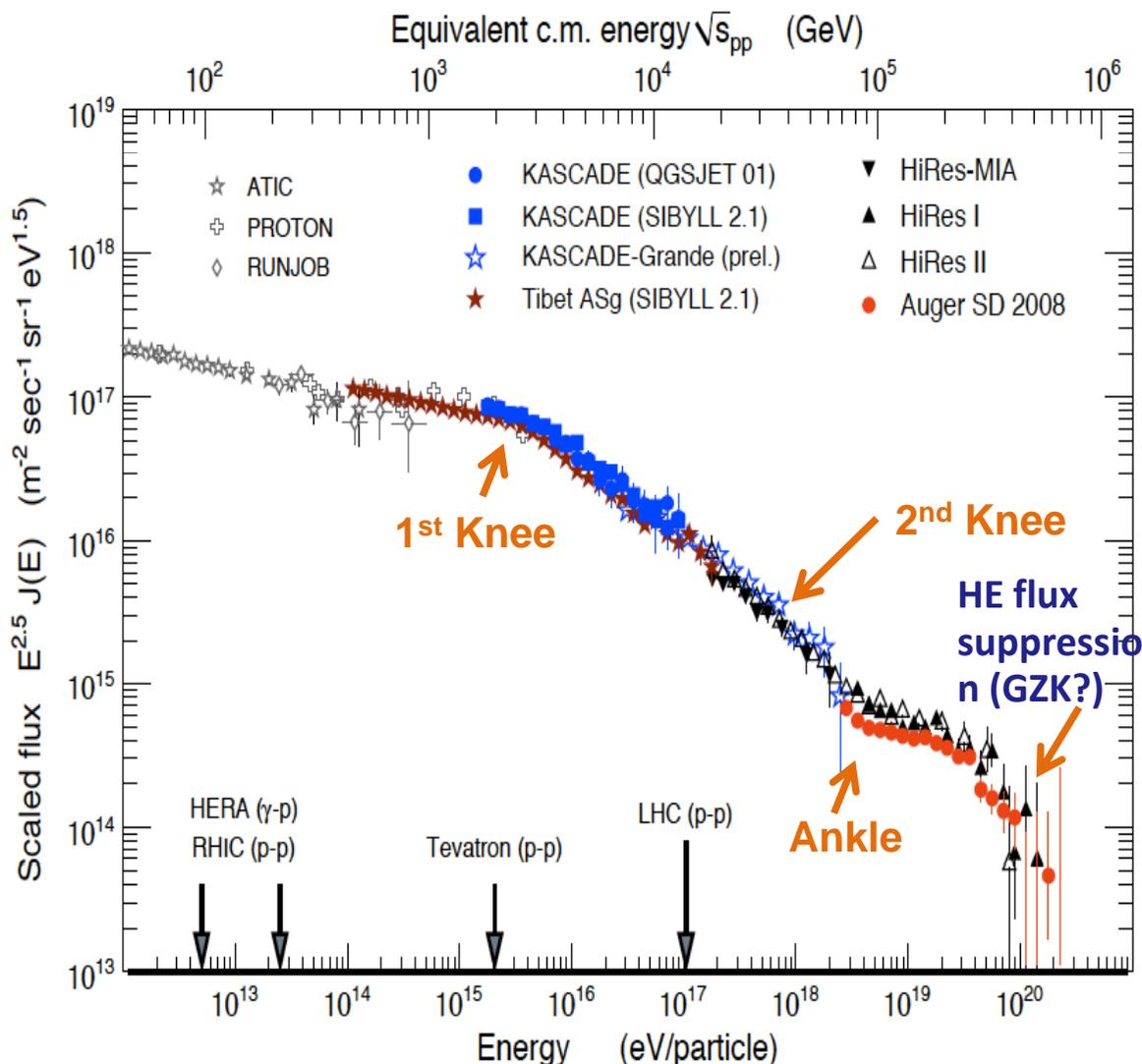
- ◆ MD: 100TeV 領域ガンマ線
→ 宇宙線起源

YAC-II under construction



- ◆ YAC: p, He, Fe の Knee
→ 加速限界のZ依存生
→ SNR 加速の証拠

目指すサイエンス：超高エネルギー宇宙線



✓ GZK構造の研究

- 陽子か? 鉄か?
- 宇宙線源の同定
- GZK ν の検出

✓ 古典的な問題の解明

- Kneeで銀河系内宇宙線から系外宇宙線に変化か?
- 宇宙線核種はKneeの前後でどう変わる? (最高エネルギー領域まで核種はどう変化?)

UHECR関連の計画 (2012.6.30 タウンミーティング)

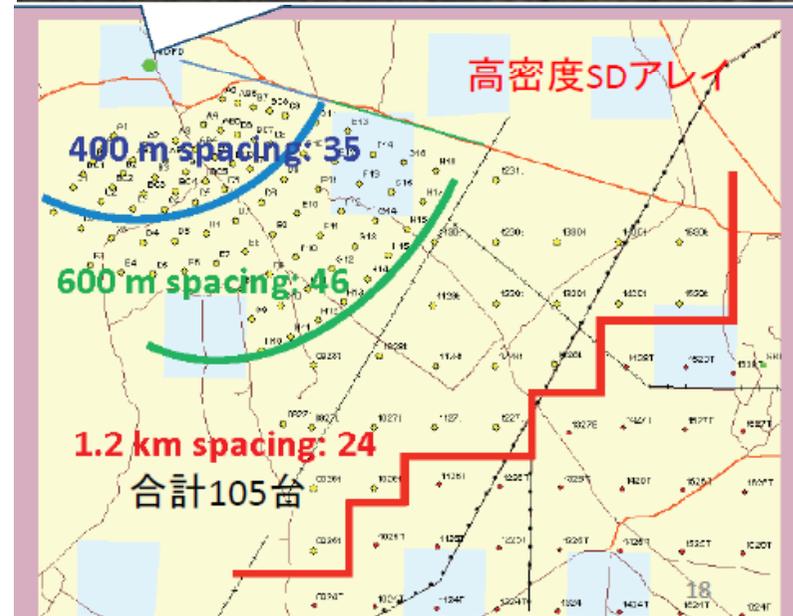
●JEM-EUSO (T.Ebisuzaki)



●TA2 (= × 60TA, 10,000 SD) (H.Sagawa)

- ✓GZK 領域の解明
 - 宇宙線源の同定
- ✓国際協力

TALE(TA Low-energy Extension)



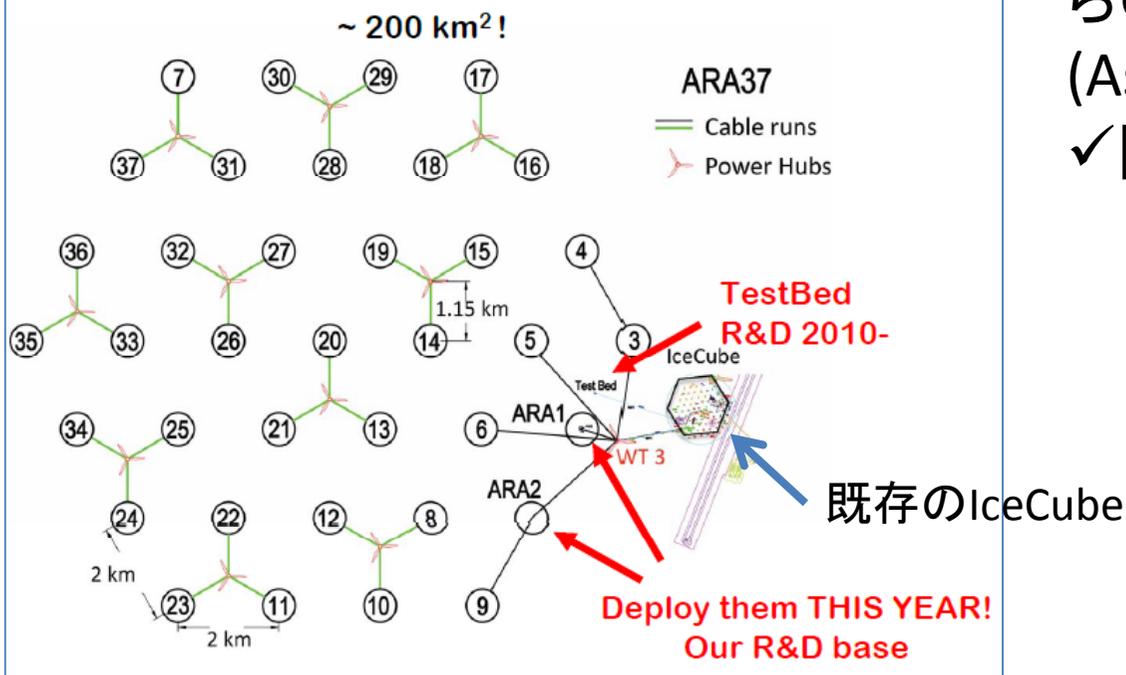
- ✓エネルギー範囲 $> 10^{16.5}$ eV
- ✓核種の遷移? 重い原子核から陽子? (銀河系内から系外?)

UHECR関連の計画(2) (2012.6.30 タウンミーティング)

ARA

(S.Yoshida)

ARA 37 geometry



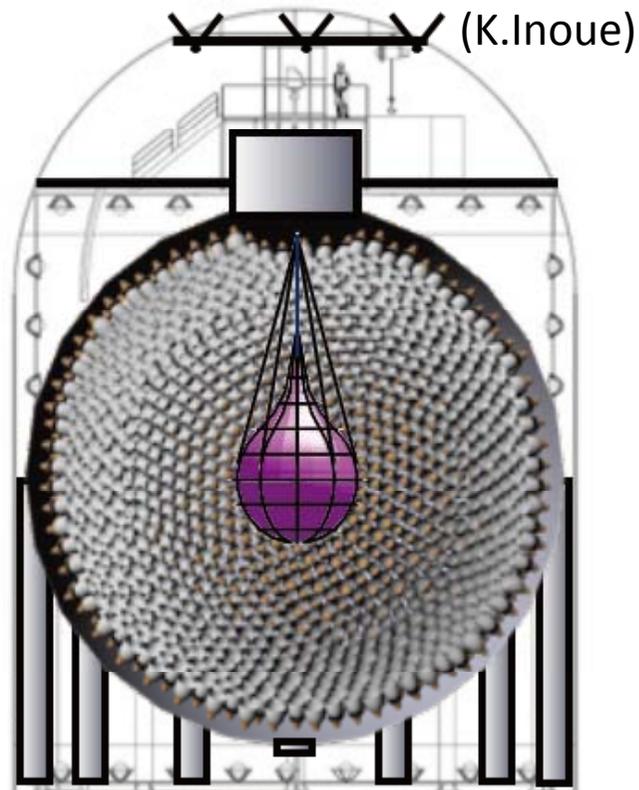
- ✓ UHE ν (GZK ν) イベントからのRadio detection (Askaryan effect)
- ✓ 国際協力実験

目指すサイエンス：地下実験

- ニュートリノ振動全体像の解明
- ニュートリノはマヨラナ粒子か？
- ダークマターの直接検出
- 超新星爆発史の研究
- 陽子崩壊
- 重力波
- 太陽、地球、宇宙線由来のニュートリノの研究
- ...

地下実験関連の計画 (2012.7.22 タウンミーティング)

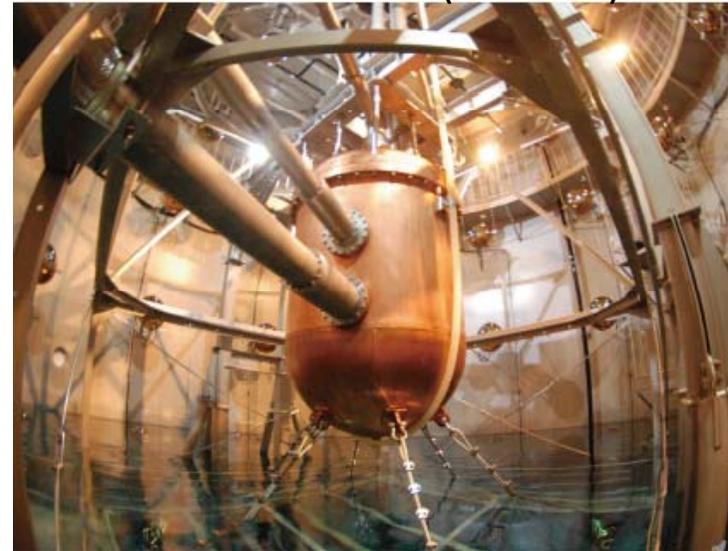
KamLAND2-Zen



- ✓2重ベータ崩壊
- ✓地球ニュートリノ
- ✓ダークマター
- ✓ニュートリノ

XMASS 1.5

(Y.Suzuki)

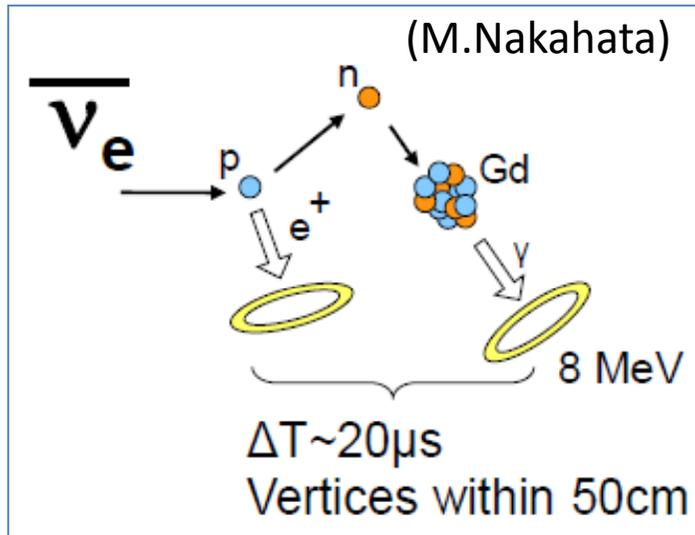


写真は現行XMASS
XMASS 1.5 : Fid. Mass = 1ton
(現行 = 100kg)

- ✓WIMP ダークマター
- ✓Axion like particles

地下実験関連の計画(2) (2012.7.22 タウンミーティング)

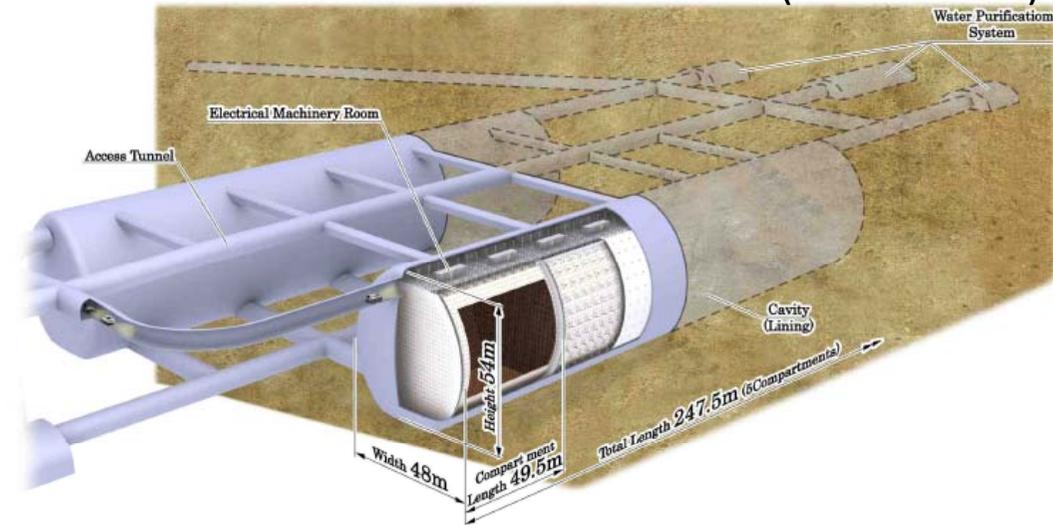
GADZOOKS!



- ✓ Super-Kにガドリニウムを溶かして、過去の超新星由来のニュートリノの検出。
- ✓ 超新星爆発の観測頻度とSFRからの予想値の約2倍のずれの解明など
- ✓ 現在はR&D

Hyper-Kamiokande

(M.Shiozawa)



- ✓ 100万トン水チェレンコフ測定器
- ✓ 国際協力(世界で唯一?)
- ν CP 非保存
- ニュートリノ物理
- 陽子崩壊

まとめ(1)

宇宙線発見から100年:

- 宇宙線の起源の問題が定量的に理解されつつある時代
- 「宇宙線」を使って宇宙や素粒子の研究に重要な貢献ができる時代

→ 宇宙線研究の黄金時代



- 「宇宙線」研究分野の拡大
- 「宇宙線」と近隣分野との共同研究の拡大

(例: Multi Messenger Astronomy)

まとめ(2)

- 日本の宇宙線研究は一定の貢献。
- 宇宙線観測の精密化。(→ 今まで以上に宇宙線理論の必要性。)
- 宇宙線観測装置の精密化・大型化。
- 長期的に考えて、きちんと練り上げた研究計画の必要性。
- 国際競争と国際協調と国際協力のバランス。
- 多くの重要な研究計画。
- (大型科研費を超える計画実現の不透明さ。)
- 今まで以上に外に向かって宇宙線研究の重要さのアピールの必要性。