100万トン水チェレンコフ検出器 (ハイパーカミオカンデ) の開発研究



12th Dec. 2014 平成26年度 宇宙線研究所共同利用研究成果発表会

Hyper-Kamiokandeとは



Hyper-Kamiokandeは次世代の大型水チェレンコフ実験である。 Super-Kで確立した検出器の技術に新技術を加え、その先を目指す。

Hyper-Kの物理

ニュートリノ振動

- 加速器ニュートリノ
- 大気ニュートリノ
- 太陽ニュートリノ

陽子崩壊 ~大統一理論検証~SKの制限の~10倍の感度!
p -> e⁺ + π^o: 5.7×10³⁴ years (3σ)
: 1.3×10³⁵ years (90%CL)
p -> K⁺ + ν : 1.2×10³⁴ years (3σ)
: 3.2×10³⁴ years (90%CL)

ニュートリノ天文学

- 超新星爆発ニュートリノ
- 超新星背景ニュートリノ





 $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{e} \ge \overline{\nu_{\mu}} \rightarrow \overline{\nu_{e}}$ の振動確率を比較 ($\delta = 0$ に対し最大±25%の差)

• Hyper-K + J-PARCニュートリノビーム 7.5×10⁷MW・sec (ν : $\overline{\nu}$ = 1:3)





Hyper-K Open Meetings

- 2012年より年2回のOpen Meetingを開催。
- 4th HK オープンミーティング
 @IPMU 柏 (2014/1/27-28)
- 5th HK オープンミーティング
 - @UBC Vancouver (2014/7/19-22)
- Next: 6th HK オープンミーティング
 - @IPMT 柏 (2015/1/28-31)

参加者:~100名 海外から50~70名の参加者

各Working Groupによって 物理感度、空洞・タンク構造、 純水システム、光センサー開発、 ソフトウェア、キャリブレーション、 J-PARCビームライン、等など について進展の発表・議論





Hyper-Kサイト・Cavern

栃洞サイト掘削の場合のベースラインデザイ ンが作業予定の詳細を含めて完了。

- 坑道掘削 2年 + 空洞掘削 3年

茂住サイトの詳細な地質調査を行った。

- 栃洞と茂住の岩石の質はほぼ同じ

茂住においても既存の技術でタンクの建造が可能であることを確認。

詳細な標高Mapを元に茂住・栃洞の宇宙線μ をMCににて推定。

太陽・超新星等のLow Energy Neutrino研究に対す
 る影響をStudy済み。今後の一判断材料とする。







× 10⁻⁷



ソフトウェア開発

HKに向けた検出器Monte-Carlo Simulation WCsimが開発済み。

- Super-K、Hyper-K w/, w/o Compartment 等様々な条件でシミュレーション可能
- WCsimと組み合わせ、事象再構成アルゴリズムが実装済み。
 - T2K用の新開発フィットアルゴリズム fiTQun (O(10) MeV ~ 10 GeV)
 - SK用低エネルギーν再構成アルゴリズム Bonsai(数 MeV ~ O(10) MeV)



WCsim Super-K mode Hyper-K mode w/ Compartment

- WCsimを使用し、physics sampleを生成
 - 900kのビームニュートリノ/反ニュートリノ事象、fiTQunで再構成
- タンク設計、光検出器の評価に向けて引き続きWCsimを改良・整備中 🤋

HK用 光検出器開発 Hyper-Kに向け、より高性能・低価格の光検出器を開発中。 ノーマル(SK) PMT Box&Line PMT (new!) HPD



光検出器試験 Test (Lab-B)

様々な面から光検出器を試験・評価

検出効率の一様性 SK PMT < Box&Line PMT

 \rightarrow Better !

時間分解能・1p.e. 電荷分布 HQE SK PMT < Box&Line < 8" HPD \rightarrow Better !

- 光検出時のアフターパルス Box&Line > HQE SK PMT > 20" HPD* → Better !
 - *: Prototype

 ダークレート Box&Line > HQE SK PMT > 8" HPD \rightarrow Better !

- 検出レート耐性
- 磁場の影響
- 温度の影響

Box&Lineのアフターパルス等さらに改善予定。

等…



Magnet Field Test (Lab-B)



u-metal shield prototype



8" HPD thermal effect (Kyoto-U)

+



長期間試験 in EGADS

Long run test at EGADS 200t Detector

20cmΦ HPD





海外のアクティビティ

USA :

– New PMT R&D

Europe & Canada :

New T2HK near detectors

Canada :

- Photo sensor test facility
- New DAQ system

UK :

LED Pulse Light Source (UK)

- DAQ system
- New 5" HPD
- Calibration system



等など。HKにおける物理感度研究 においても多方面からの協力。

DAQ system & Trigger Scheme (UK)



Photosensor test facility (TRIUMF)



Hyper-K Prototype 検出器

Hyper-Kの実現に向け、新規技術R&Dの為Prototypeを建造

Prototype検出器で検証すべき要素

- Hype-K ID (OD) 光検出器
 ~100個単位での長期試験
 光検出器量産の試験
- Hype-K DAQ, Electronics 各Electronicsの動作試験 DAQソフトウェアの試作、実証
- 自動較正装置・磁気補償等 他、HKに向けR&Dを進める。

基本方針

- EGADS 200t 検出器の改造・改良
- 2017年度9月建造完了を目指す。



USA、UK、カナダ、スペイン、日本

ワーキンググループの結成を予定

Hyper-K 実現に向けたタイムライン



- 2015年7月までにCritical Design Reviewを行う。
 - 設計の最適化、建造コスト見積り、国際的な分担の決定、
 前置検出器のコンセプトデザイン作成、J-PARCへの要求
 ¹⁶

まとめ

- Hyper-Kは次世代の物理を牽引するニュー トリノ実験計画である。
- 2014年1月(4th)、2014年7月(5th)と国内
 外でOpen meetingを開催。
 - -世界各地から100名~の参加者。
 - Hyper-K実現に向けた各検出器要素・物理 テーマ、感度の議論
- 2017年のHyper-Kプロトタイプ建造、
 2025年のHyper-K運転開始に向け各ワーキンググループが精力的に活動中。



Large improvements & good chance to identify non-maximal mixing.





