



A24

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

代表：塩澤 真人

発表：竹本 康浩

東大宇宙線研共同利用研究成果発表会

2021.Feb.08-09

採択額：150千円
用途：旅費

ハイパーカミオカンデ計画正式開始

- 20年2月 : ハイパーカミオカンデ計画の初年度予算を含む補正予算が成立
- 20年5月 : 「ハイパーカミオカンデ計画の推進に関する覚書」 KEK-東大

KEK

J-PARCの
ニュートリノビームの
2.5倍への大強度化
および運用
前置検出器の整備

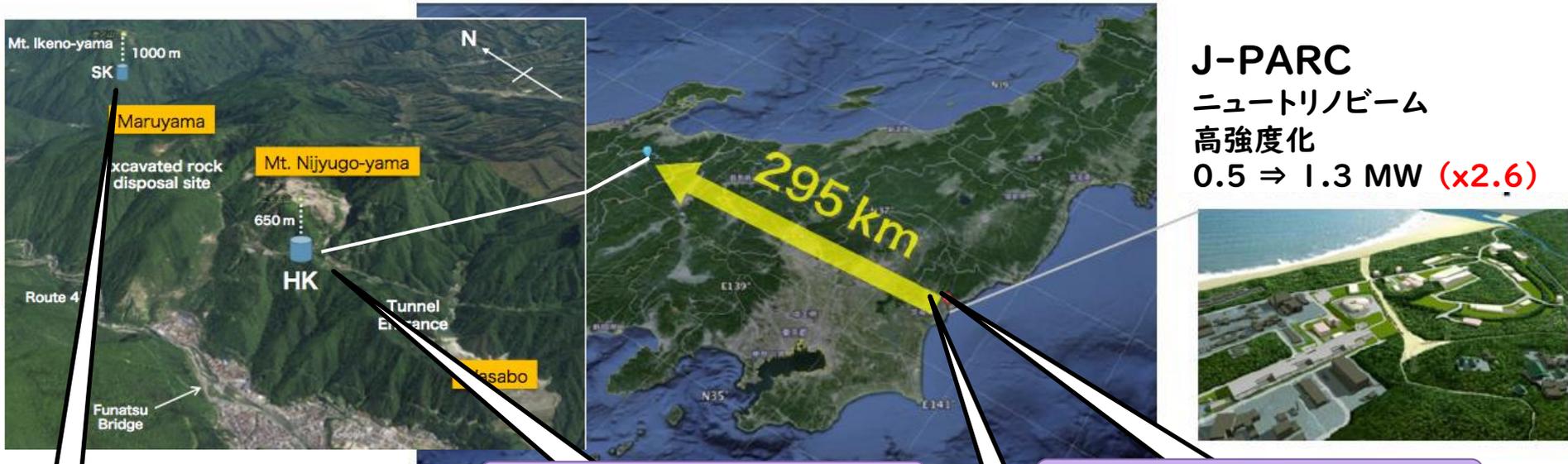


東大

ハイパーカミオカンデ
検出器の建設と運用

HK 計画は2027年の実験開始に向けて正式に開始しました。

実験構成



後置検出器

前置検出器群

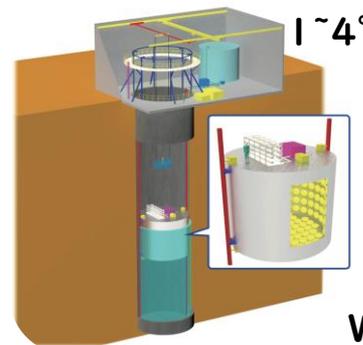
SK

HK

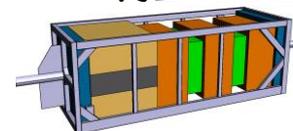
	SK	HK
深さ	1000m	650m
PMT数	11k	20~40k
光電面積	40%	20~40% 感度 2倍
ID 体積	32.5 kt	217 kt
有効体積	22.5 kt	188 kt

x8.3

新 : IWCD
Inter Mediate
Cherenkov
Detector



Off Axis
向上 ND280



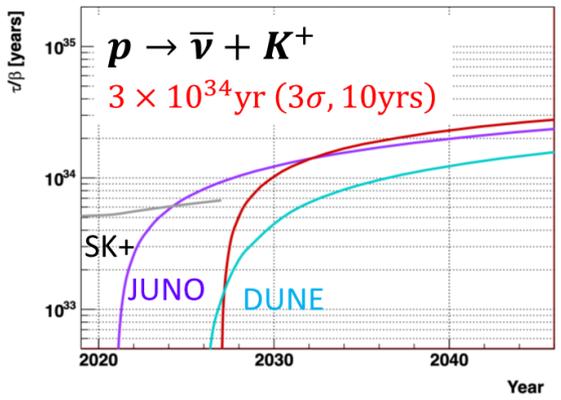
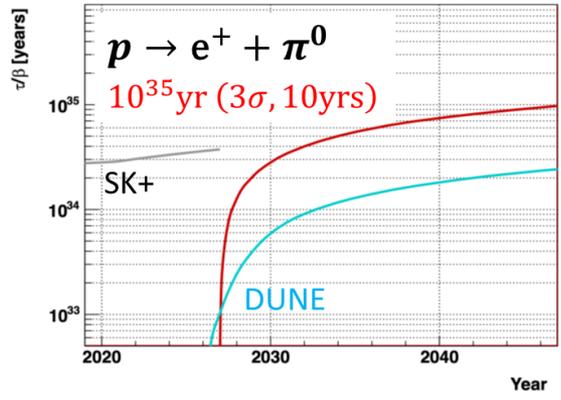
WAGASI/Baby-MIND

陽子崩壊探索, ニュートリノ振動, 階層構造

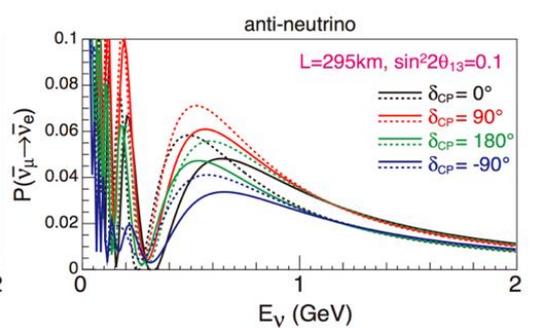
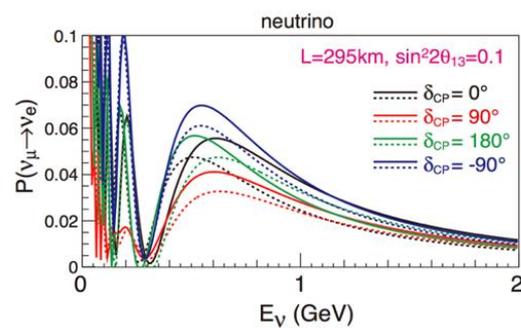
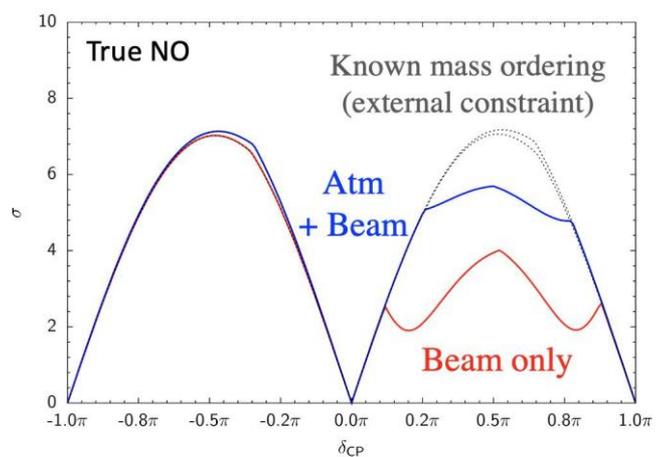
陽子崩壊

- 加速器能力を超えてGUTへ
- 他実験を数年で超える感度

JUNO: J. Phys. G 43 (2016) 030401 (arXiv:1507.05613)
 DUNE: FERMILAB-PUB-20-025-ND (arXiv:2002.03005)



CP対称性破れの測定



ビーム $\sim 0.6\text{GeV}$ の $p(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) / p(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)$ で測定
 * ν 階層が既知でないとき, 一部 δ_{CP} CPV感度が低い

大気 ν (GeV-TeV) は長基線MSWで ν 階層に感度.

高統計 (>1000)

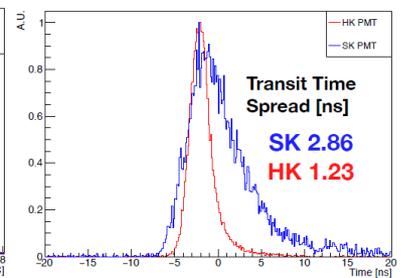
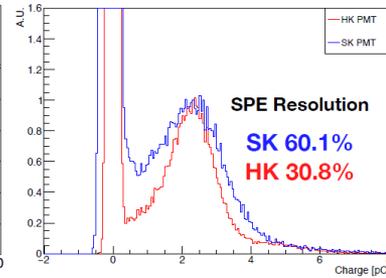
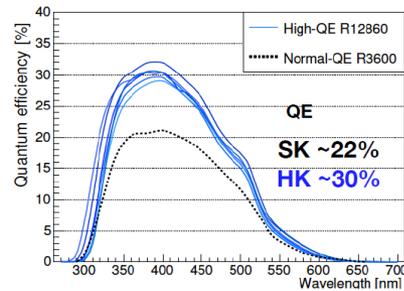
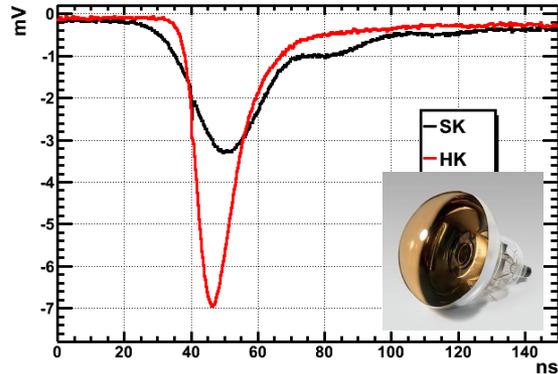
➔ 前置検出器による系統誤差低減がカギ
 ν 反応, 符号, 断面積, BG

➔ ビーム + 大気 $\nu \Rightarrow$ CPV 感度 $> 5\sigma$.

➔ Exclude wrong MO & wrong θ_{23}
 Octant by 4-6 σ , depends on $\sin^2 \theta_{23}$

検出器とFEE

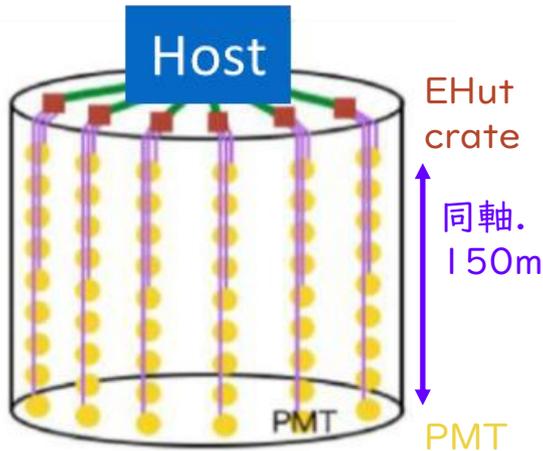
PMT 性能向上



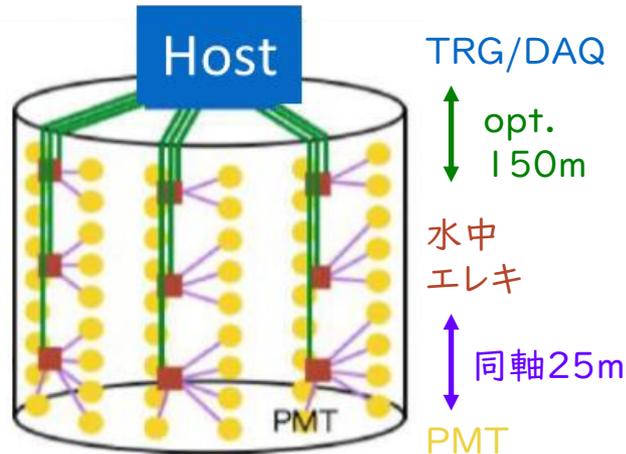
- x2 感度 Q.E. & C.E.
- x2 1光電子分解能 x2 P/V ratio
- x2 時間分解能

詳細, 次発表

SK-like HK



Distributed HK

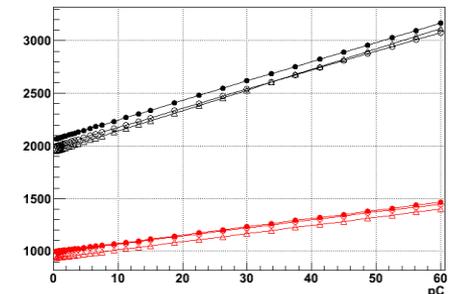
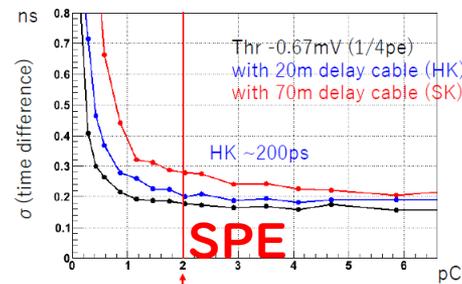
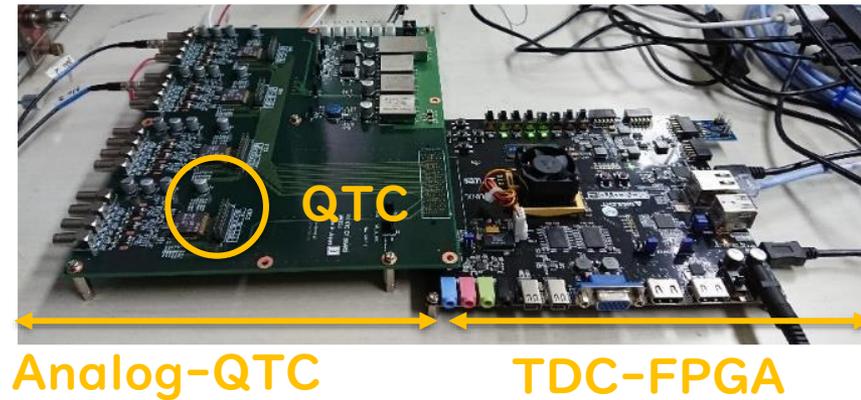
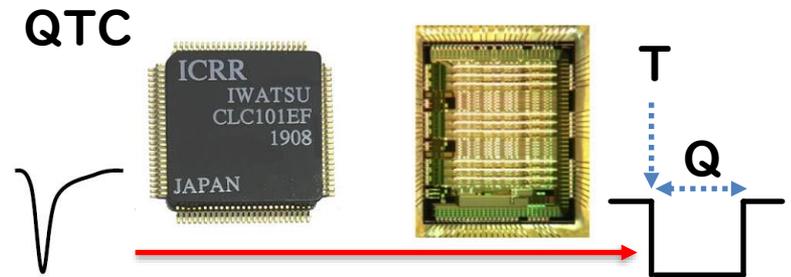


- 接続方法を変えて PMT性能向上の最大化

- 短ケーブル
 - 信号劣化の防止
 - 軽量
- 水中エレキ
 - 10年+の稼働
 - エレキ & 格納容器

デジタイザ R&D

- コラボレーション内で複数の開発
ASIC+FADC, Discrete+TDC 等
- 日本グループの提案
 - QTC ASIC
 - ✓ SKで10年以上, <0.1%の故障率
 - ◆ 保護回路調整中
 - Kintex-7 TDC (0.5⇒4GHz 8位相)
 - ✓ < 50ps 非線形誤差, ✓ 100ps 分解能
- 試作基板
 - T分解能
 - ✓ 1.12ns ~ PMT分解能
 - PMT+保護回路+ QTC+TDC
 - Q線形性
 - ✓ ±1% 0-2500pC
 - デッドタイム低減
 - ✓ 1⇒0.5us by TDC

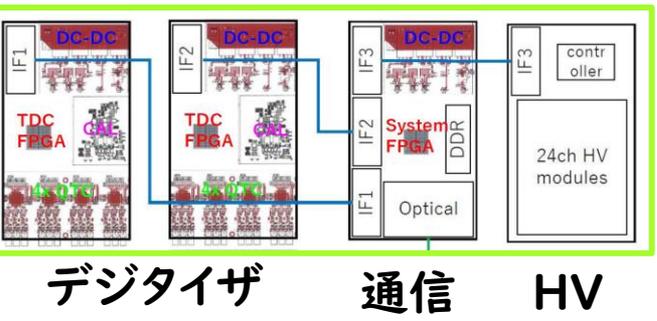
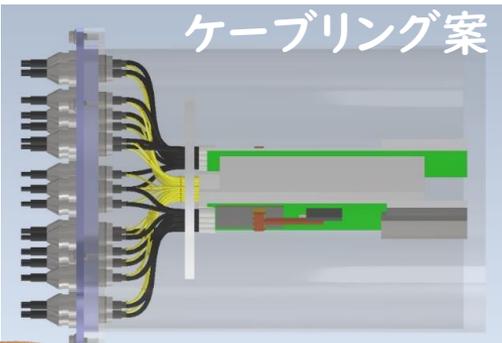
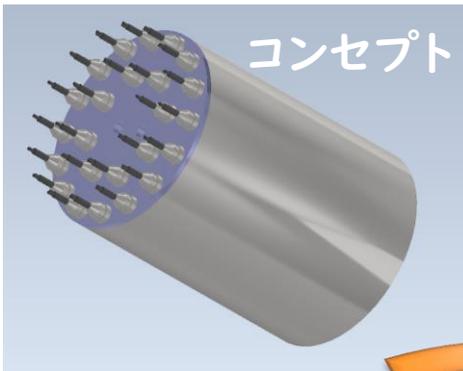
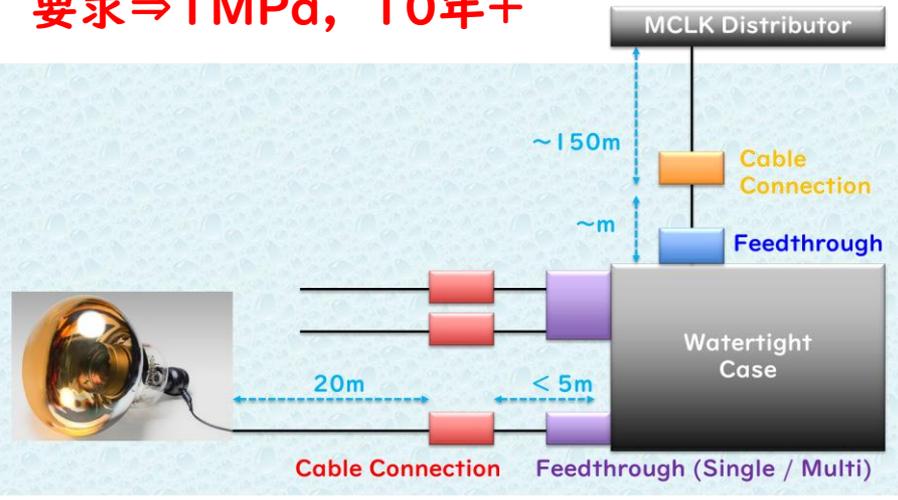


水中容器R&D

水深最大71m
要求⇒1MPa, 10年+

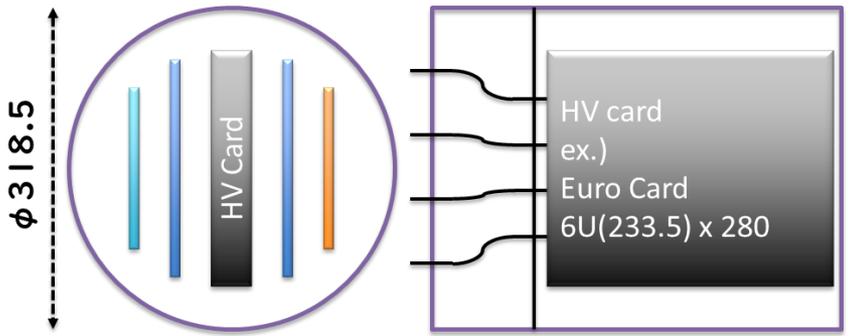
容器デザイン

JUNO,
Bikal等を参照



→ 基板分割により
300φx400に入る

サイズ確定

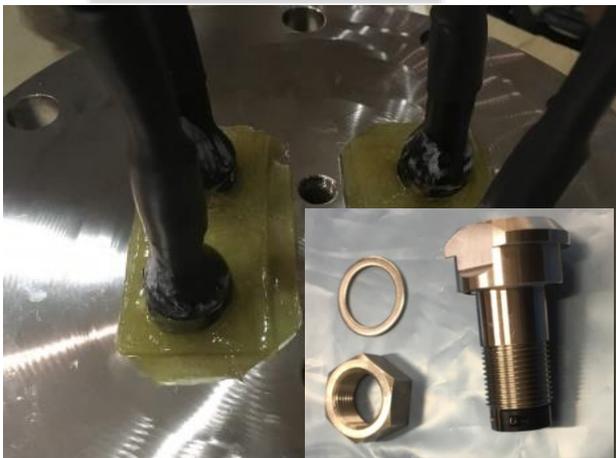


→ 試作品到着



水中容器R&D

PMT ケーブル
フィードスルー



1st Prototype
✓ 1.2MPa 水密
△ 施工, コスト

→ JUNO実験の
マルチフィードを改修中

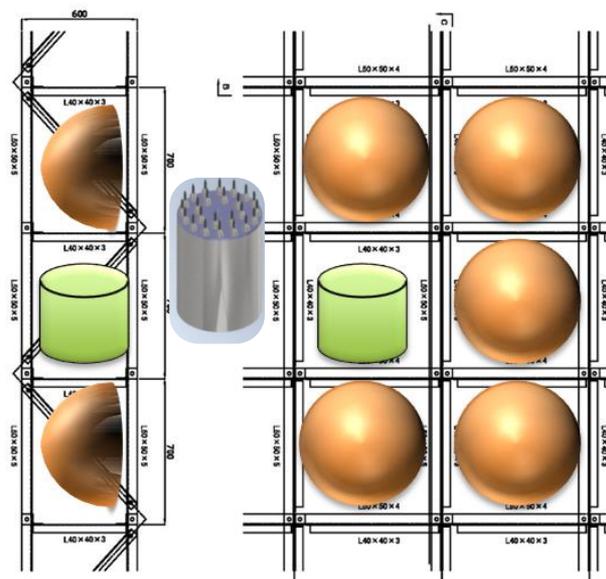


通信, 電力複合ケーブル
およびフィードスルー



1st Prototype
✓ 2dB 以下の入力損失
× 高反射
△ 1.1MPa で漏水
→ 2nd Prototyping

インストール関連



インストール方法,
ケーブリング方法,
熱輸送
等, 議論中

PMTフレームとも密接

まとめ

- ハイパーカミオカンデ実験は
2027年の観測開始に向けて正式にスタート
 - 建設開始, PMT納入開始
- PMTの性能向上を有効化する水中エレキ
 - 複数のデジタイザ R&D
 - 水密容器 R&D
 - 10年+の性能保証
 - 2021年度中にR&Dを完了予定

