

Introduction of B02: Development of Superconducting Infrared Photon Detector for COsmic BAcground Neutrino Decay Search (COBAND experiment)

B02班: 宇宙背景ニュートリノ崩壊探索に用いる
超伝導赤外線検出器の開発

Shinhong Kim (University of Tsukuba, TCHoU)

金 信弘 (筑波大学 数理物質系 宇宙史研究センター)



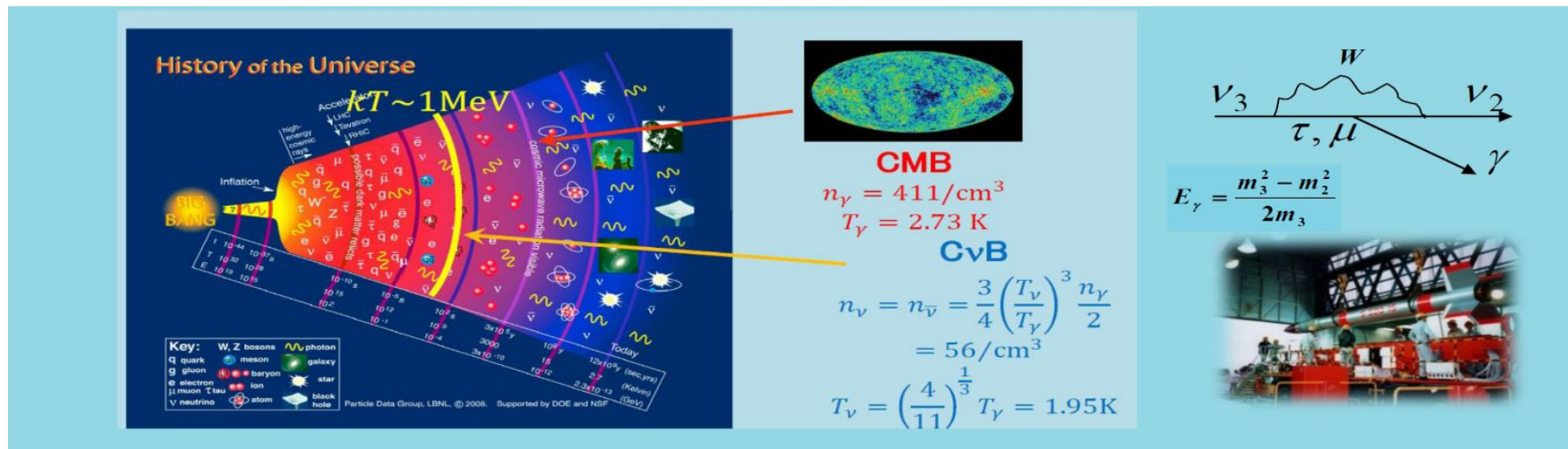
筑波大学

宇宙史研究センター

Tomonaga Center for the History of the Universe



COBAND (COsmic Background Neutrino Decay) Collaboration



S.H. Kim, Y. Takeuchi, K. Takemasa, K. Nagata, K. Kasahara, S. Yagi, R. Wakasa, R. Senzaki,
 K. Moriuchi, C. Asano, T. Iida (University of Tsukuba),
 S. Matsuura (Kwansei Gakuin University),
 H. Ikeda, T. Wada, K. Nagase, S. Baba (JAXA),
 Y. Arai, I. Kurachi, M. Hazumi (KEK),
 T. Yoshida, M. Sakai, T. Nakamura (University of Fukui),
 Y. Kato (Kindai University),
 K. Kiuchi, S. Mima (RIKEN),
 H. Ishino, H. Kibayashi (Okayama University),
 S. Shiki, G. Fujii, M. Ukibe, M. Ohkubo (AIST),
 S. Kawahito (Shizuoka University),
 E. Ramberg, P. Ruvinov, D. Sergatskov (Fermilab),
 S.B. Kim (Seoul National University)



宇宙背景ニュートリノ崩壊探索

- 素粒子の質量がなぜ11桁以上違うのか？
- 同じ性質の(質量のみ異なる)粒子の繰り返し：なぜ？

ニュートリノ質量の理解が先決

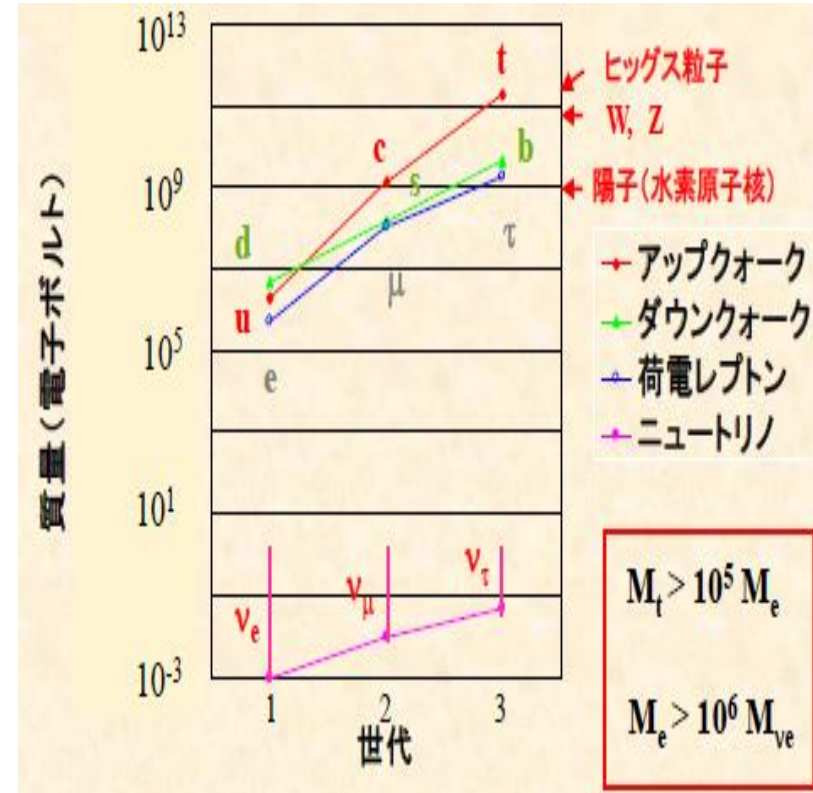
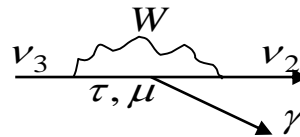
- まだ測定されていない
- 質量二乗差 Δm^2 はニュートリノ振動実験により既知

目的:ニュートリノ崩壊を観測し、質量を決定

重いニュートリノ → 軽いニュートリノ + 光子
 光子(赤外線領域)のエネルギーを測定
 → ニュートリノ質量の決定

$$\nu_3 \rightarrow \nu_2 + \gamma$$

$$E_\gamma = \frac{m_3^2 - m_2^2}{2m_3} = \frac{\Delta m_{23}^2}{2m_3}$$

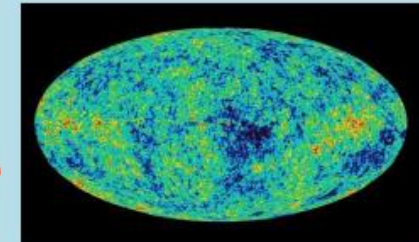
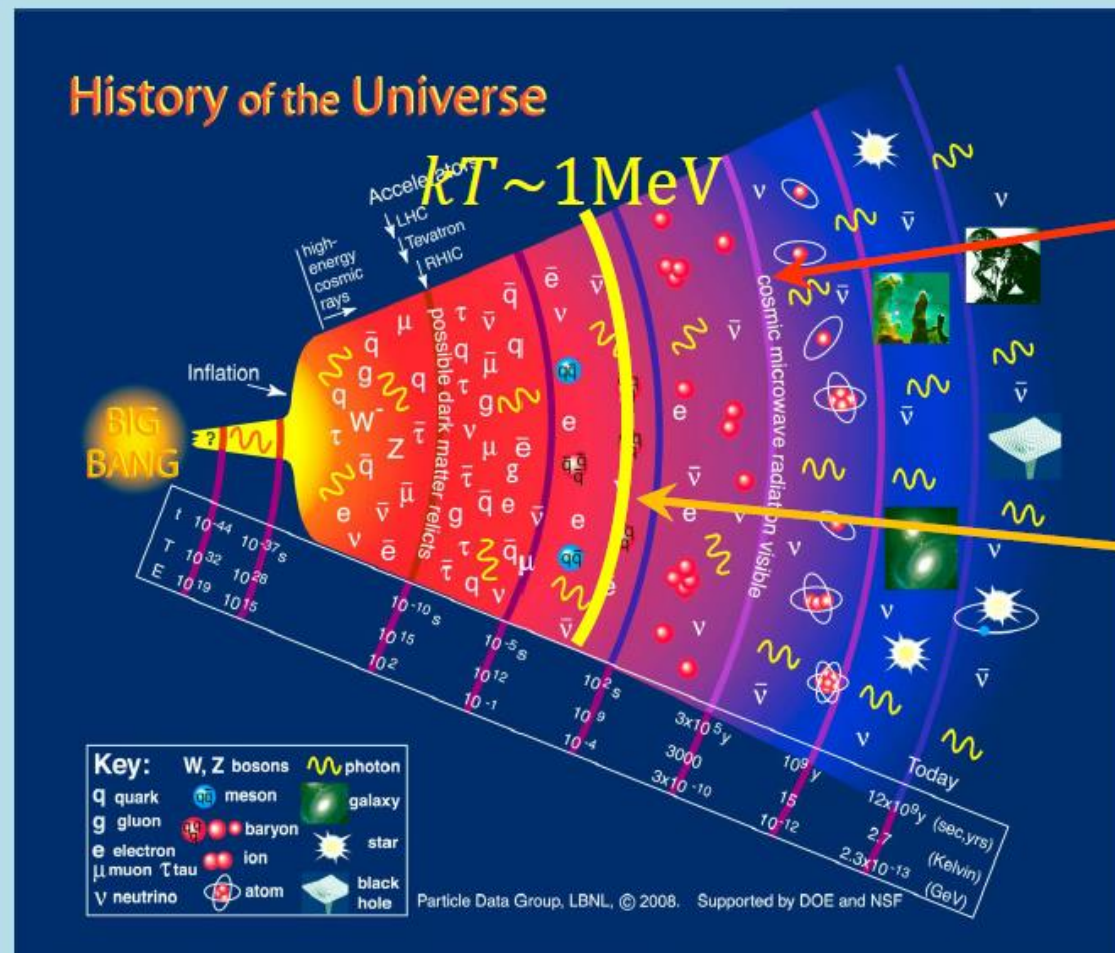


- ニュートリノ: 寿命が長く、まれにしか崩壊しない。現在の寿命の下限 = 3×10^{12} 年
 探索には大量のニュートリノが必要
 加速器で作るのは不十分
 宇宙に大量に存在するはずの **宇宙背景ニュートリノ** が唯一の探索方法

ニュートリノ崩壊発見によるニュートリノ質量の測定
宇宙背景ニュートリノ の発見

それぞれが
 極めて重要な発見

ビッグバン宇宙論と宇宙背景ニュートリノ (CνB)



CMB

$$n_\gamma = 411/\text{cm}^3$$

$$T_\gamma = 2.73 \text{ K}$$

CνB

$$n_\nu = n_{\bar{\nu}} = \frac{3}{4} \left(\frac{T_\nu}{T_\gamma} \right)^3 \frac{n_\gamma}{2} = 56/\text{cm}^3$$

$$T_\nu = \left(\frac{4}{11} \right)^{\frac{1}{3}} T_\gamma = 1.95 \text{ K}$$

- ビッグバン宇宙誕生の数秒後 → 宇宙背景ニュートリノ CνB
- ビッグバン宇宙誕生の30万年後 → 宇宙背景マイクロ波放射 CMB

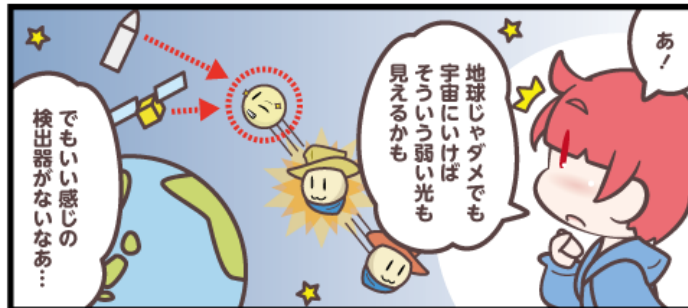
ニュートリノのためなら



宇宙背景ニュートリノ
宇宙が生まれて数秒後に作られたニュートリノが
宇宙には満ちあふれていると考えられています。



COBANDさん
ニュートリノが壊れるところを観測することで、
ニュートリノの質量を決めようとしています。



Higgs Tan

2017年11月22日掲載

<http://higgstan.com/4koma-coband/>



COBAND

宇宙背景ニュートリノ崩壊探索
COsmic BAcground Neutrino Decay search

宇宙背景ニュートリノ崩壊探索ロケット実験・衛星実験

ロケット実験計画: 2019年に高度200 kmで5分間データ収集

ニュートリノ寿命が 10^{14} 年以下なら観測可能。(現在の寿命下限は 3×10^{12} 年).

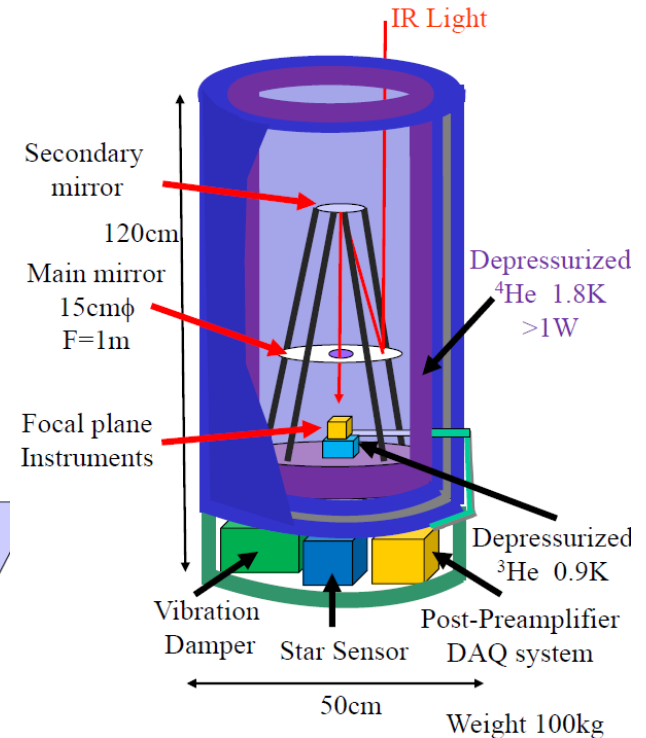
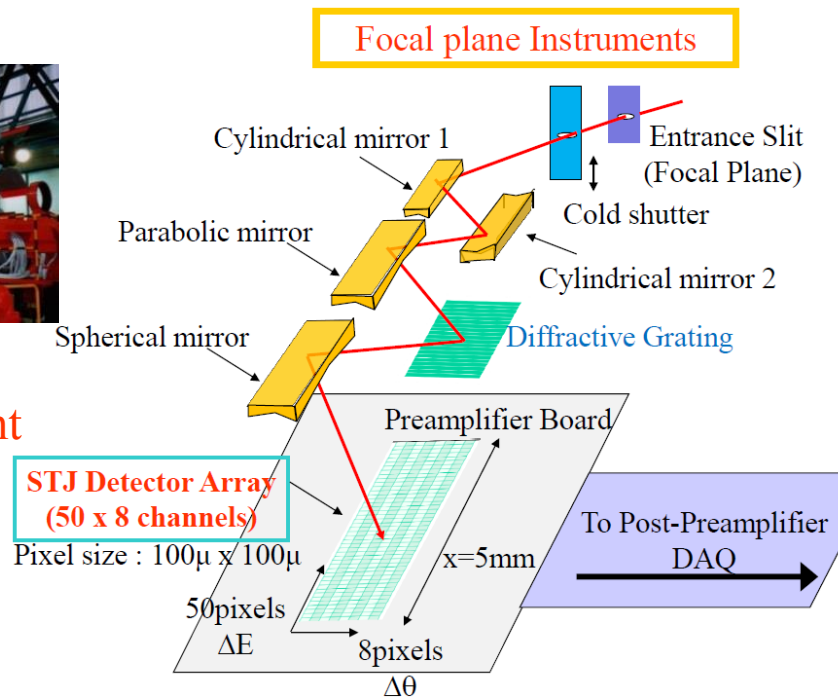
»超伝導トンネル接合素子 (STJ) 赤外線検出器を開発

50 Nb/Al-STJ ピクセルアレイと回折素子で遠赤外線エネルギー測定



JAXA Rocket
CIB Experiment

(Feb 2, 1992)

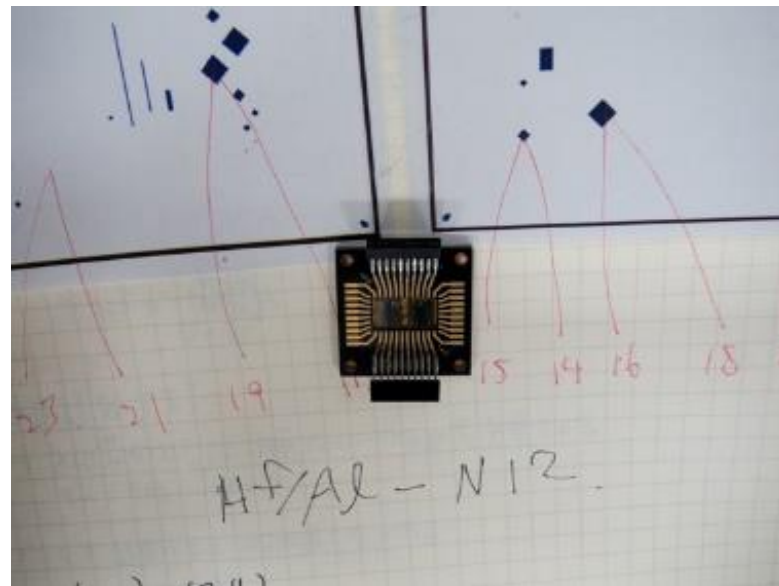
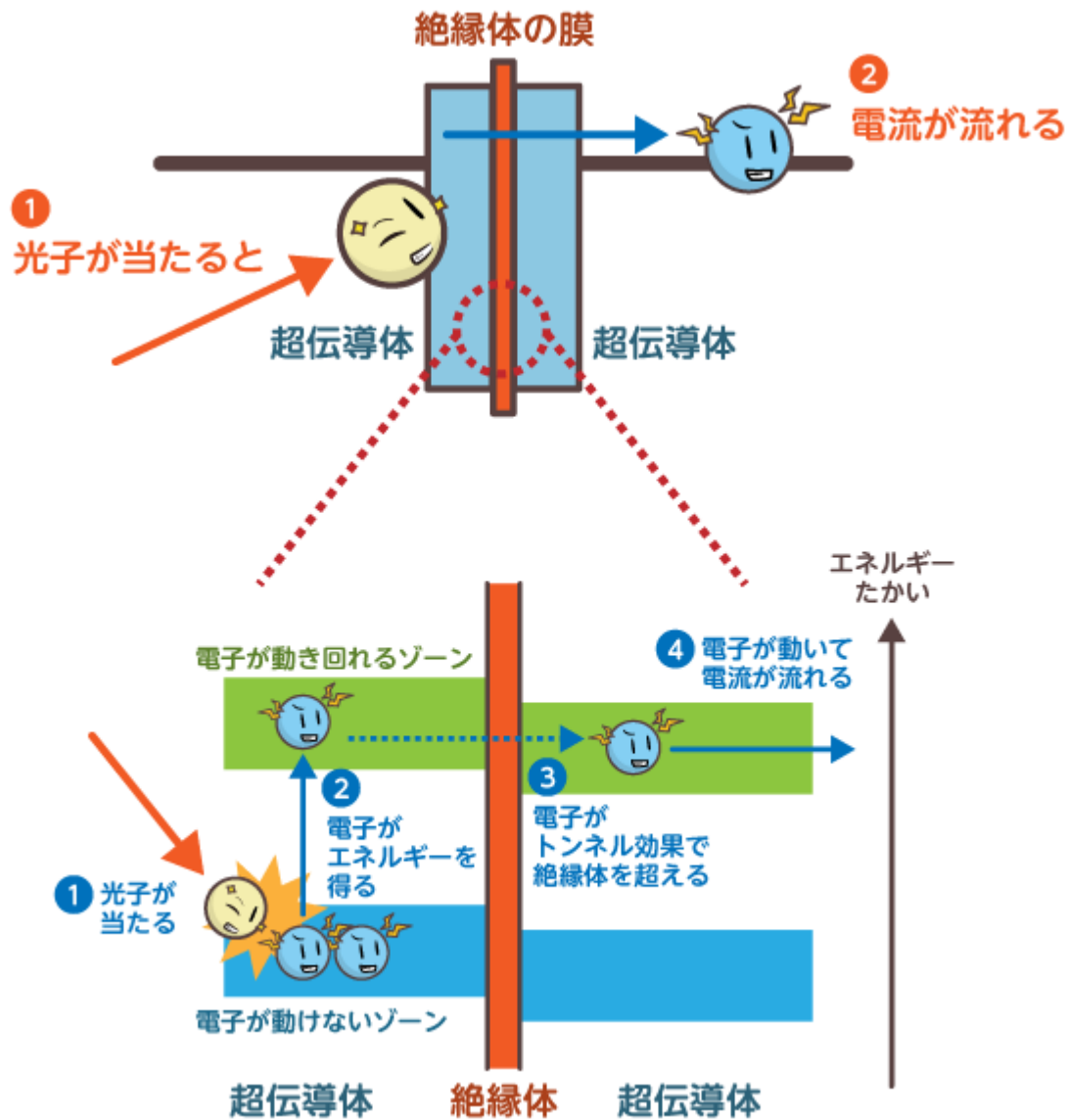


2020以降に衛星実験 → 寿命 $\tau(\nu_3) \sim 10^{17}$ 年なら観測可能

> Hf-STJ 赤外線検出器で衛星実験 (S. H. Kim et al. JPSJ 81,024101 (2012))

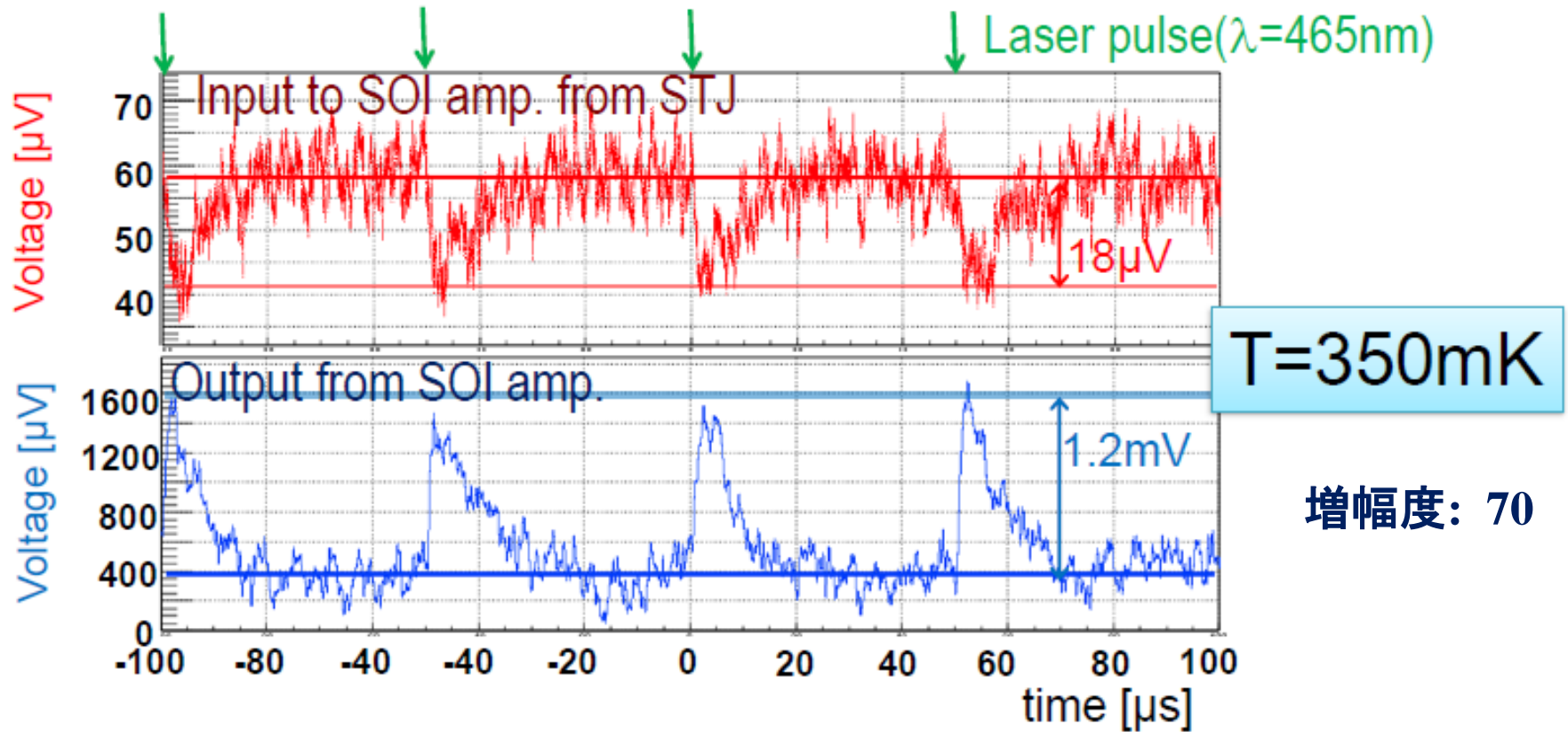
- $\Delta = 20\mu\text{eV}$: ハフニウムの超伝導エネルギーギャップが小さいので、回折格子なしでエネルギー測定。

超伝導トンネル接合素子STJ検出器 (Higgs Tanより)



Nb/Al-STJ 開発の現状

- Nb/Al-STJ はリーク電流要求値(100pA以下)を満たした。
- 信号ノイズ比を大きく改善するために、極低温SOI増幅器をSTJの直近に置き、STJ信号を70倍増幅することに成功。



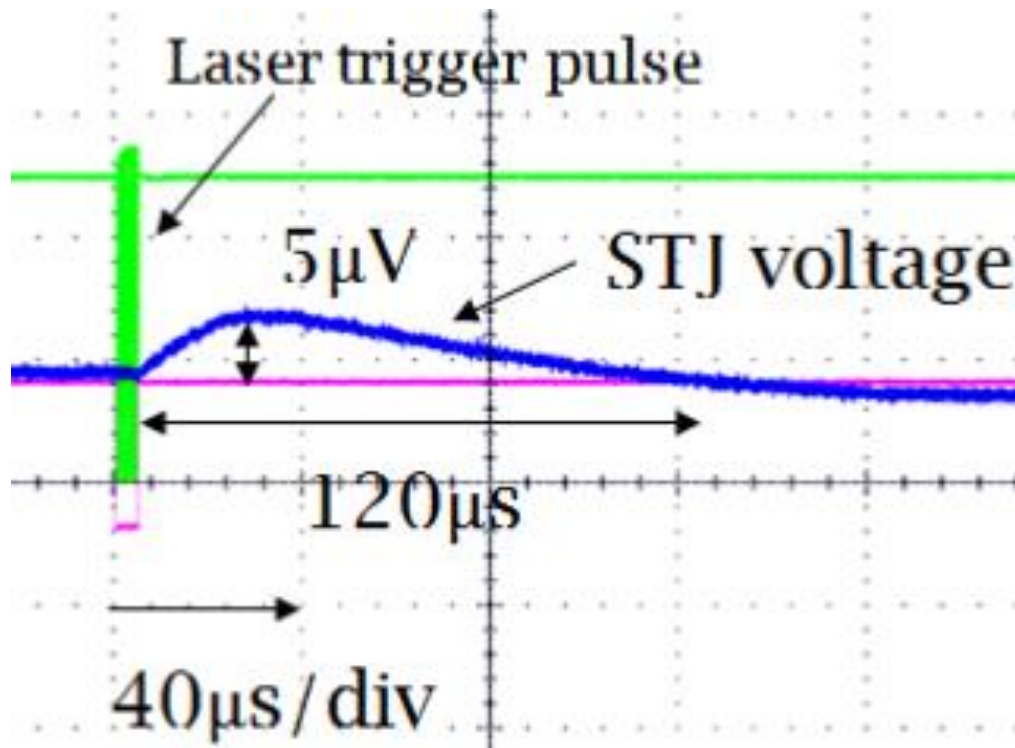
COBAND実験用極低温SOI増幅器は、最終設計の段階に達した。
→ 極低温SOI電荷積分型増幅器を開発中 (Talk by R. Wakasa)

衛星実験用Hf-STJ 開発の現状 (Talk by K. Takemasa)

- Hf-STJ の可視光パルスレーザーに対する応答信号を観測することに成功。

Visible light laser ($\lambda = 465\text{nm}$) 10Hz duration

Hf/Al/HfO_x/Hf-STJ



Response speed ($120\ \mu\text{s}$) is slower than Nb/Al-STJ response speed (around a few μs).

B02班の講演とポスター発表

講演

- Y. Takeuchi Development of far-infrared Spectrophotometers based on Superconducting Tunnel Junction (STJ) for COBAND experiment **検出器開発全体**
- K. Takemasa R&D status of Hf-STJ **衛星実験用Hf-STJ**
- R. Wakasa Development of cryogenic SOI amplifier for COBAND experiment
 極低温SOI増幅器開発

ポスター発表

- C. Asano Single Photon Detection by Nb/Al-STJ with Cryogenic SOI Amplifier for COBAND experiment **一光子検出の現状**
- Y. Takeuchi Feasibility of sub-GeV mass dark matter search using STJ detector for COBAND experiment **STJの暗黒物質探索への応用**
- W. Nishimura A Far-Infrared Pulsed Light Source to Calibrate STJ Detectors for COBAND Experiment **遠赤外線パルス光源**