



# Super-Kamiokande (LowE) グループ



宇宙線研究所 宇宙ニュートリノ研究部門  
関谷洋之

# 宇宙ニュートリノ部門の受入教員と主な研究内容

神岡6名・柏2名の教授/准教授

- 神岡宇宙素粒子研究施設

中畑 SK LowE

塩澤 SK atm/pd T2K HK

森山 SK atm/pd 暗黒物質 HK

早戸 SK atm/pd T2K HK

関谷 SK LowE 暗黒物質 HK

中山 SK atm/pd T2K HK

- 柏宇宙ニュートリノ観測情報融合センター

梶田 SK atm/pd T2K HK

奥村 SK atm/pd T2K HK



中畑



塩澤



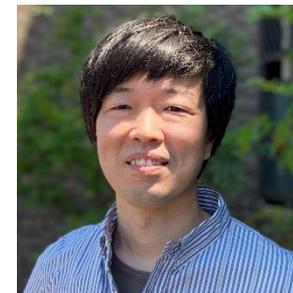
森山



早戸



関谷



中山



梶田

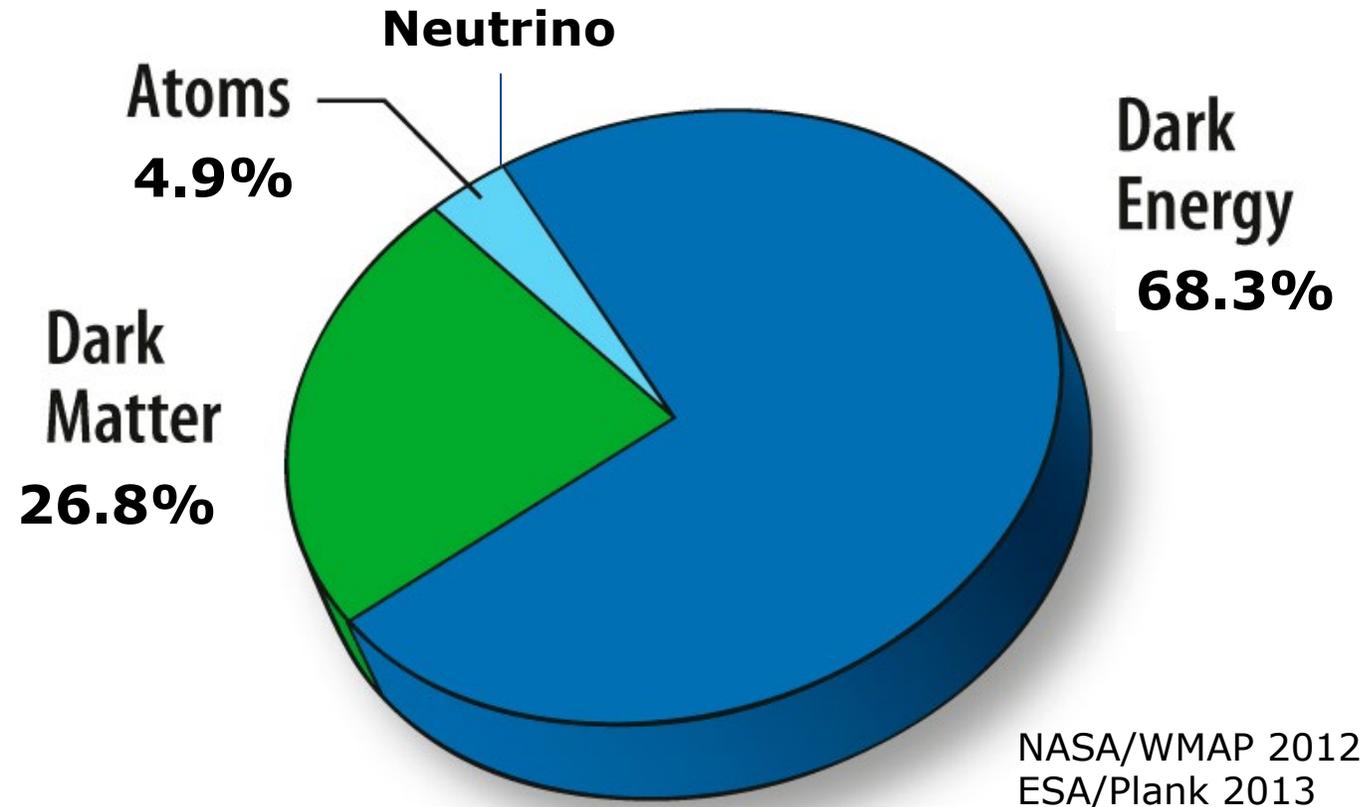
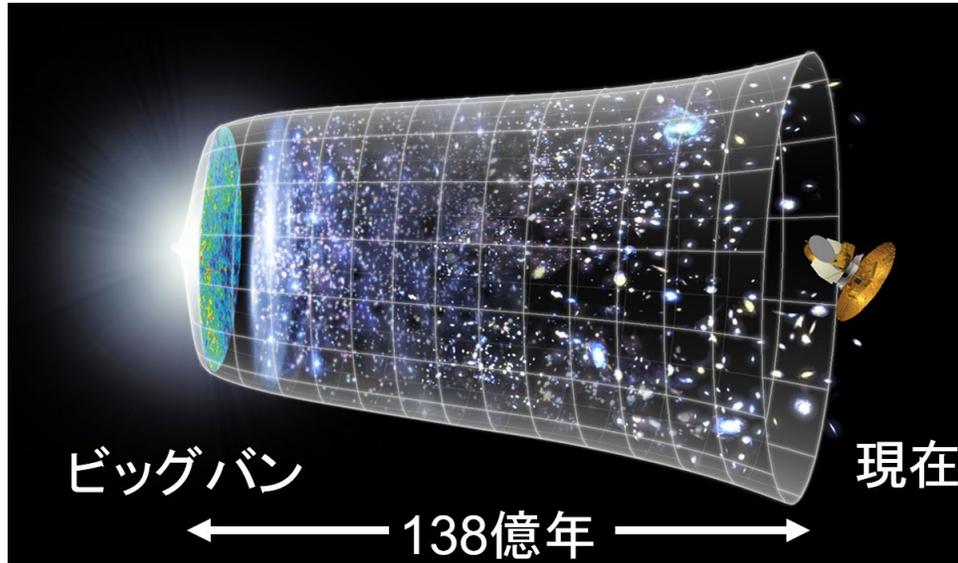


奥村

# 宇宙ニュートリノ研究部門

目的 ニュートリノや他の素粒子を通して宇宙・素粒子物理学の謎を解明する

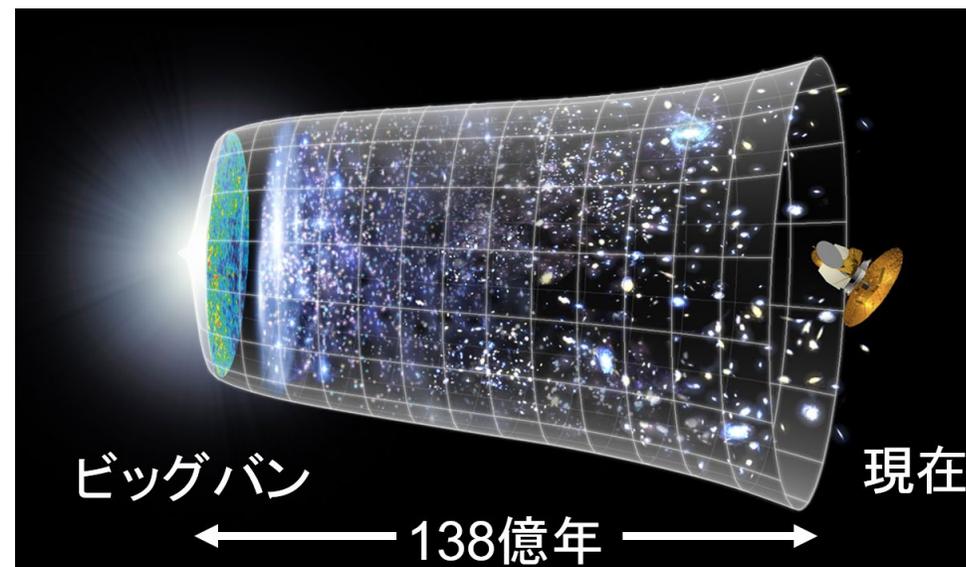
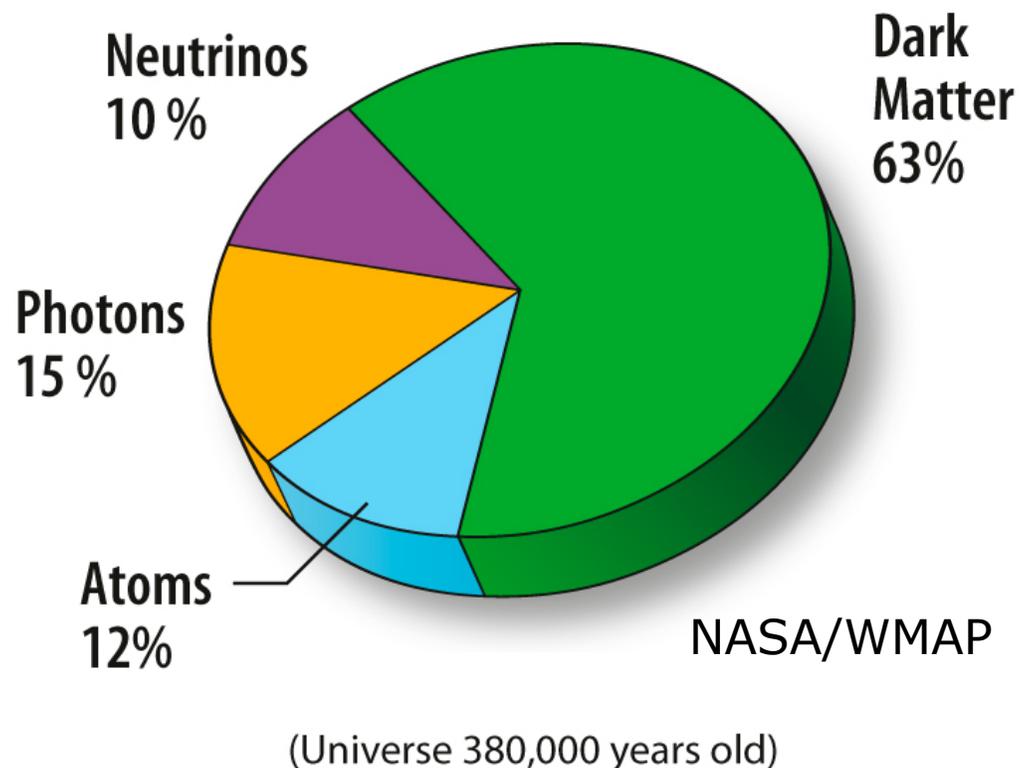
- 宇宙は何でできているのか



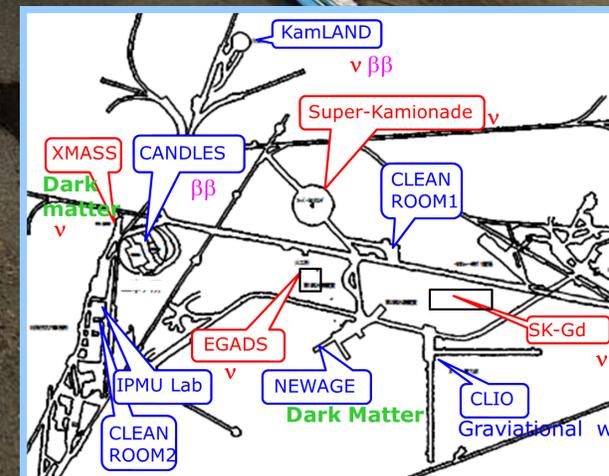
# 宇宙ニュートリノ研究部門

目的 ニュートリノや他の素粒子を通して宇宙・素粒子物理学の謎を解明する

- ニュートリノや暗黒物質が決定的な役割を果たしているはず



具体的な実験  
Super-Kamiokande、T2K、暗黒物質直接探索  
Hyper-Kamiokande



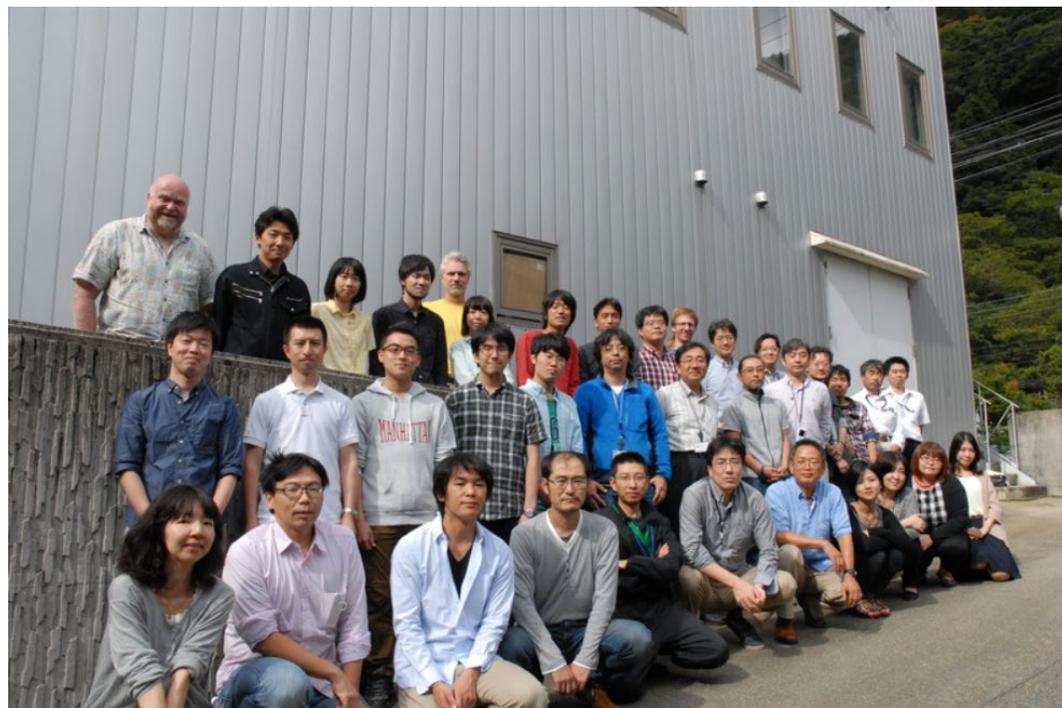
VR

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/panorama/SKXMASS/>

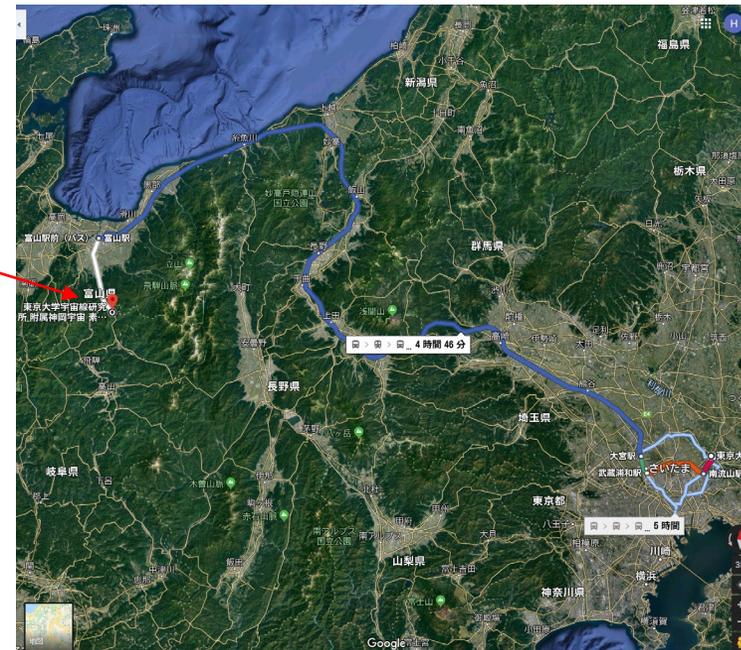
# 大学院生の状況

- 現在12名の大学院生
  - 修士課程8人、博士課程4人
- 共同利用の国内外大学の大学院生も多数

神岡研究棟にいる人たち(例)



神岡宇宙素粒子研究施設



- 修士は柏が本拠地で神岡に「通う」
- コロナ対策をしつつ対面での研究活動
- 修士で就活する人は半数位
- 博士に進学すると
  - 中畑、塩澤、森山、早戸、関谷、中山研
    - 神岡に常駐して研究を進める
  - 梶田、奥村研
    - 柏を本拠に研究を進める

# 神岡宇宙素粒子研究施設の地上設備

国道41号



シングル 17室  
和室大部屋 1室  
食堂



今日はオムライス

【2021(令和3)年6月 献立表】

※都合により予定無く変更する場合があります。

日	曜日	朝食	昼食	夕食
1	火	○ マーボーナス 切干大根の煮物 春雨サラダ	肉じゃが ふんわり卵 青菜のおひたし	
2	水	○ 魚のフライ 厚揚げのうま辛煮 コーンとツナのサラダ	豚肉とゴボウの味噌炒め じゃがいもとさつま揚げの煮物 わかめときゅうりの酢の物	
3	木	○ 鶏肉のクリーム煮 青菜とわかめの和え物 三色キンピラ	トンカツ こも豆腐の含め煮 小松菜とちくわの卵炒め	
4	金	○ ます寿司 ポテトサラダ 厚揚げときのこの七味煮	だし巻き卵 鶏肉の南蛮酢 カニ風味の酢の物	
5	土	○ オムライス インゲンとじゃがいもの煮物 スパゲッティサラダ	ししゃもフライ もやしとハムの中華風 大根と揚げのけんちん煮	

大学院生室(個人のブース)は柏と神岡の両方にあります。

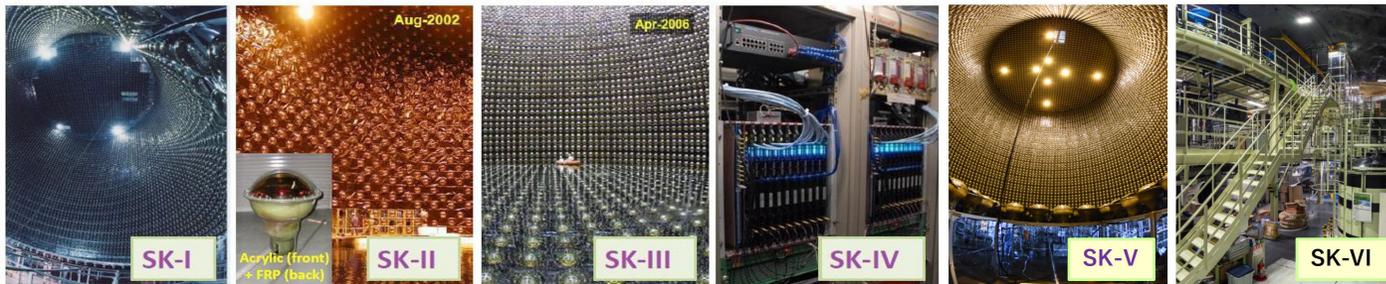


# Super-Kamiokande

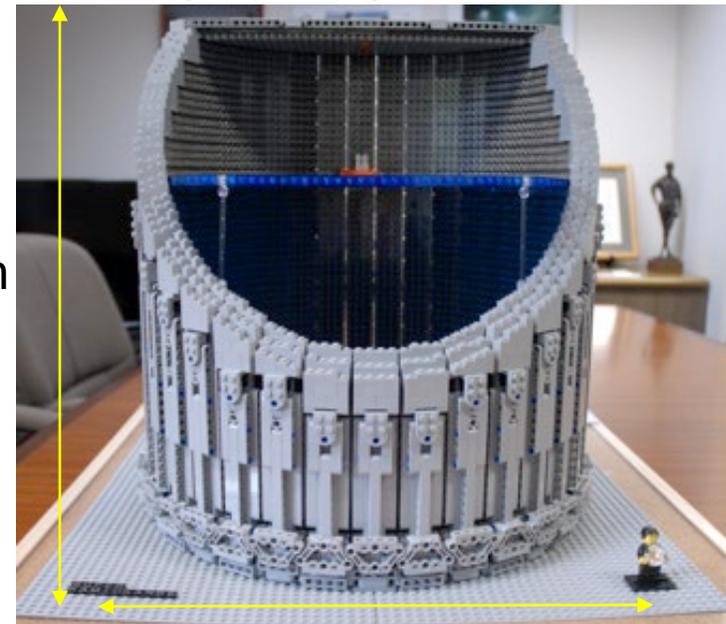
- 基幹プロジェクト

- 水をためて、光センサーで見ているだけなのに信じられないほど、重要で、数多くの物理を研究できる奇跡の検出器、しかも25年以上たった今でも常に進化している。

41.4m



東大レゴ部の作品



40m

2020年7月からSK-VI  
大幅アップグレードされた  
2022年5月さらなるアップグレード予定

## スーパーカミオカンデの研究対象



# SKの論文について

- 実験開始から25年経過してなお、年間約5編の一線級論文がpublishされている!
- 解析を主導した学生が博士論文と合わせて書くことが多い。ちゃんと1stになれる!

PHYSICAL REVIEW D 101, 052011 (2020)

## Search for proton decay into three charged leptons in 0.37 megaton-years exposure of the Super-Kamiokande

M. Tanaka<sup>1,43</sup>, K. Abe,<sup>1,42</sup> C. Bronner,<sup>1</sup> Y. Hayato,<sup>1,42</sup> M. Ikeda,<sup>1</sup> S. Imaizumi,<sup>1</sup> H. Ito,<sup>1</sup> J. Kameda,<sup>1,42</sup> Y. Kataoka,<sup>1</sup> Y. Kato,<sup>1</sup> Y. Kishimoto,<sup>1,42</sup> Ll. Marti,<sup>1,42</sup> M. Miura,<sup>1,42</sup> S. Moriyama,<sup>1,42</sup> T. Mochizuki,<sup>1</sup> M. Nakahata,<sup>1,42</sup> Y. Nakajima,<sup>1,42</sup> S. Nakayama,<sup>1,42</sup> T. Okada,<sup>1</sup> K. Okamoto,<sup>1</sup> A. Orii,<sup>1</sup> G. Pronost,<sup>1</sup> H. Sekiya,<sup>1,42</sup> M. Shiozawa,<sup>1,42</sup> Y. Sonoda,<sup>1</sup> A. Takeda,<sup>1,42</sup> A. Takenaka,<sup>1</sup> H. Tanaka,<sup>1</sup> T. Yano,<sup>1</sup> R. Akutsu,<sup>1</sup> T. Kajita,<sup>2,42</sup> K. Okumura,<sup>2,42</sup> R. Wang,<sup>2</sup> J. Xia,<sup>2</sup> D. Bravo-Berguño,<sup>3</sup> L. Labarga,<sup>3</sup> P. Fernandez,<sup>3</sup> F. d. M. M. Blaszczyk,<sup>6</sup> E. Kearns,<sup>6</sup> N. J. Griskevich,<sup>5</sup> W. R. Kropp,<sup>5</sup> S. N. J. Kim,<sup>7</sup> I. T. Lim,<sup>7</sup> R. G. Park,<sup>7</sup> M. Gonin,<sup>9</sup> Th. A. Mueller,<sup>9</sup> P. R. P. Litchfield,<sup>14</sup> A. A. Sztuc,<sup>14</sup> Y. G. Collazuol,<sup>17</sup> F. Jacob,<sup>17</sup> L. Ludovico,<sup>17</sup> T. Nakadaira,<sup>21</sup> K. Nakamura,<sup>21,42</sup> H. Miyabe,<sup>22</sup> Y. Nakano,<sup>22</sup> T. Shiohara,<sup>23</sup> M. Jiang,<sup>23</sup> T. Kikawa,<sup>23</sup> M. N. McCauley,<sup>24</sup> P. Mehta,<sup>24</sup> A. P. P. Mijakowski,<sup>24</sup> K. Frankiewicz,<sup>24</sup> K. Hagiwara,<sup>24</sup> T. Horai,<sup>24</sup> H. Ishino,<sup>24</sup> L. Cook,<sup>32,42</sup> C. Simpson,<sup>32,42</sup> S. Zsoldos,<sup>19</sup> S. B. Kim,<sup>34</sup> J. Y. Kuno,<sup>34</sup> M. Koshihara,<sup>40</sup> M. Yokoyama,<sup>41,42</sup> T. Yoshida,<sup>43</sup> M. Ishitsuka,<sup>44</sup> R. N. M. Hartz,<sup>46</sup> A. Konaka,<sup>46</sup> P. de Perio

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 887:L6 (7pp), 2019 December 10  
© 2019. The American Astronomical Society. All rights reserved.

<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab5863>



## Search for Astronomical Neutrinos from Blazar TXS 0506+056 in Super-Kamiokande

K. Hagiwara,<sup>1</sup> K. Abe,<sup>2,3</sup> C. Bronner,<sup>2</sup> Y. Hayato,<sup>2,3</sup> M. Ikeda,<sup>2</sup> H. Ito,<sup>2</sup> J. Kameda,<sup>2,3</sup> Y. Kataoka,<sup>2</sup> Y. Kato,<sup>2</sup> Y. Kishimoto,<sup>2,3</sup> Ll. Marti,<sup>2</sup> M. Miura,<sup>2,3</sup> S. Moriyama,<sup>2,3</sup> T. Mochizuki,<sup>2</sup> M. Nakahata,<sup>2,3</sup> Y. Nakajima,<sup>2,3</sup> S. Nakayama,<sup>2,3</sup> T. Okada,<sup>2</sup> K. Okamoto,<sup>2</sup> A. Orii,<sup>2</sup> G. Pronost,<sup>2</sup> H. Sekiya,<sup>2,3</sup> M. Shiozawa,<sup>2,3</sup> Y. Sonoda,<sup>2</sup> A. Takeda,<sup>2,3</sup> A. Takenaka,<sup>2</sup> H. Tanaka,<sup>2</sup> T. Yano,<sup>2</sup> R. Akutsu,<sup>2</sup> T. Kajita,<sup>3,4</sup> K. Okumura,<sup>3,4</sup> R. Wang,<sup>3</sup> J. Xia,<sup>3</sup> D. Bravo-Berguño,<sup>5</sup> L. Labarga,<sup>5</sup> P. Fernandez,<sup>5</sup> F. D. M. Blaszczyk,<sup>6</sup> E. Kearns,<sup>6</sup> J. L. Raaf,<sup>6</sup> J. L. Stone,<sup>6</sup> L. Wan,<sup>6</sup> P. Wester,<sup>6</sup> J. Bian,<sup>6</sup> N. J. Griskevich,<sup>5</sup> W. R. Kropp,<sup>5</sup> S. Locke,<sup>5</sup> S. Mine,<sup>5</sup> M. B. Smy,<sup>5,7</sup> H. W. Sobel,<sup>8,7</sup> V. Takhistov,<sup>8,7</sup> P. Weatherly,<sup>8</sup> K. S. Ganezer,<sup>8,50</sup> J. Hill,<sup>8</sup> J. Y. Kim,<sup>8</sup> I. T. Lim,<sup>8</sup> R. G. Park,<sup>8</sup> B. Bodur,<sup>10</sup> K. Scholberg,<sup>9,10</sup> C. W. Walter,<sup>9,10</sup> A. Coffani,<sup>11</sup> O. Drapier,<sup>11</sup> M. Gonin,<sup>11</sup> Th. A. Mueller,<sup>11</sup> P. Paganini,<sup>11</sup> T. Ishizuka,<sup>12</sup> T. Nakamura,<sup>13</sup> J. S. Jang,<sup>14</sup> J. G. Learned,<sup>15</sup> S. Matsuno,<sup>16</sup> R. P. Litchfield,<sup>16</sup> A. A. Sztuc,<sup>16</sup> Y. Uchida,<sup>16</sup> V. Berardi,<sup>17</sup> N. F. Calabria,<sup>17</sup> M. G. Catanesi,<sup>17</sup> E. Radicioni,<sup>17</sup> G. De Rosa,<sup>18</sup> G. Collazuol,<sup>19</sup> F. Jacob,<sup>19</sup> L. Ludovico,<sup>19</sup> Y. Nishimura,<sup>21</sup> S. Cao,<sup>22</sup> M. Friend,<sup>22</sup> T. Hasegawa,<sup>22</sup> T. Ishida,<sup>22</sup> T. Kobayashi,<sup>22</sup> T. Nakadaira,<sup>22</sup> K. Nakamura,<sup>22</sup> Y. Oyama,<sup>22</sup> K. Sakashita,<sup>22</sup> T. Sekiguchi,<sup>22</sup> T. Tsukamoto,<sup>22</sup> M. Hasegawa,<sup>22</sup> Y. Isobe,<sup>24</sup> H. Miyabe,<sup>24</sup> Y. Nakano,<sup>24</sup> T. Shiozawa,<sup>24</sup> T. Sugimoto,<sup>24</sup> A. T. Suzuki,<sup>23</sup> Y. Takeuchi,<sup>23</sup> A. Ali,<sup>24</sup> Y. Ashida,<sup>24</sup> S. Hirota,<sup>24</sup> M. Jiang,<sup>24</sup> T. Kikawa,<sup>24</sup> M. Mori,<sup>24</sup> KE. Nakamura,<sup>24</sup> T. Nakaya,<sup>24</sup> R. A. Wendell,<sup>24</sup> L. H. V. Anthony,<sup>25</sup> N. McCauley,<sup>25</sup> A. Pritchard,<sup>25</sup> K. M. Tsui,<sup>25</sup> Y. Fukuda,<sup>27,28</sup> T. Niwa,<sup>27</sup> M. Taani,<sup>27</sup> M. Tsukada,<sup>27</sup> P. Mijakowski,<sup>27</sup> K. Frankiewicz,<sup>27</sup> C. K. Jung,<sup>30</sup> C. Vilela,<sup>30</sup> M. J. Wilking,<sup>30</sup> C. Yanagisawa,<sup>30,51</sup> D. Fukuda,<sup>1</sup> M. Harada,<sup>1</sup> T. Horai,<sup>1</sup> H. Ishino,<sup>1</sup> S. Ito,<sup>1</sup> Y. Koshio,<sup>1</sup> M. Sakuda,<sup>1</sup> Y. Takahira,<sup>1</sup> C. Xu,<sup>1</sup> Y. Kuno,<sup>1</sup> L. Cook,<sup>3,32</sup> C. Simpson,<sup>3,32</sup> D. Wark,<sup>32,33</sup> F. Di Lodovico,<sup>34</sup> S. Molina Sedgwick,<sup>34,52</sup> S. Zsoldos,<sup>35</sup> S. B. Kim,<sup>35</sup> M. Thiesse,<sup>36</sup> L. Thompson,<sup>36</sup> H. Okazawa,<sup>37</sup> Y. Choi,<sup>38</sup> K. Nishijima,<sup>39</sup> M. Koshihara,<sup>40</sup> M. Yokoyama,<sup>41,41</sup> A. Goldsack,<sup>42</sup> K. Martens,<sup>43</sup> B. Quilain,<sup>43</sup> Y. Suzuki,<sup>43</sup> M. R. Vagins,<sup>43,43</sup> M. Kuze,<sup>42</sup> M. Tanaka,<sup>42</sup> T. Yoshida,<sup>42</sup> M. Ishitsuka,<sup>43</sup> R. Matsumoto,<sup>43</sup> K. Ohta,<sup>43</sup> J. F. Martin,<sup>44</sup> C. M. Nantais,<sup>44</sup> H. A. Tanaka,<sup>44</sup> T. Towstego,<sup>44</sup> M. Hartz,<sup>46</sup> A. Konaka,<sup>46</sup> P. de Perio,<sup>46</sup> S. Hata,<sup>46</sup> B. Jamieson,<sup>47</sup> J. Walker,<sup>47</sup> A. Minamino,<sup>48</sup> K. Okamoto,<sup>48</sup> and G. Pintaudi<sup>48</sup>

The Super-Kamiokande Collaboration

PHYSICAL REVIEW D 99, 032005 (2019)

## Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos at Super-Kamiokande

L. Wan,<sup>47</sup> K. Abe,<sup>1,42</sup> C. Bronner,<sup>1</sup> Y. Hayato,<sup>1,42</sup> M. Ikeda,<sup>1</sup> K. Iyogi,<sup>1</sup> J. Kameda,<sup>1,42</sup> Y. Kato,<sup>1</sup> Y. Kishimoto,<sup>1,42</sup> Ll. Marti,<sup>1,42</sup> M. Miura,<sup>1,42</sup> S. Moriyama,<sup>1,42</sup> T. Mochizuki,<sup>1</sup> M. Nakahata,<sup>1,42</sup> Y. Nakajima,<sup>1,42</sup> Y. Nakano,<sup>1</sup> S. Nakayama,<sup>1,42</sup> T. Okada,<sup>1</sup> K. Okamoto,<sup>1</sup> A. Orii,<sup>1</sup> C. Bronner,<sup>1</sup> H. Sekiya,<sup>1,42</sup> M. Shiozawa,<sup>1,42</sup> Y. Sonoda,<sup>1</sup> A. Takeda,<sup>1,42</sup> A. Takenaka,<sup>1</sup> H. Tanaka,<sup>1</sup> R. Wang,<sup>2</sup> J. Xia,<sup>2</sup> L. Labarga,<sup>3</sup> P. Fernandez,<sup>3</sup> F. D. M. Blaszczyk,<sup>6</sup> E. Kearns,<sup>6</sup> N. J. Griskevich,<sup>5</sup> W. R. Kropp,<sup>5</sup> S. Locke,<sup>5</sup> S. Mine,<sup>5</sup> M. B. Smy,<sup>5,8</sup> H. W. Sobel,<sup>8,8</sup> V. Takhistov,<sup>8,8</sup> P. Weatherly,<sup>8</sup> K. S. Ganezer,<sup>8,51</sup> J. Hill,<sup>8</sup> J. Y. Kim,<sup>8</sup> I. T. Lim,<sup>8</sup> R. G. Park,<sup>8</sup> B. Bodur,<sup>10</sup> K. Scholberg,<sup>9,10</sup> C. W. Walter,<sup>9,10</sup> A. Coffani,<sup>11</sup> O. Drapier,<sup>11</sup> M. Gonin,<sup>11</sup> Th. A. Mueller,<sup>11</sup> P. Paganini,<sup>11</sup> T. Ishizuka,<sup>12</sup> T. Nakamura,<sup>13</sup> J. S. Jang,<sup>14</sup> J. G. Learned,<sup>15</sup> S. Matsuno,<sup>16</sup> R. P. Litchfield,<sup>16</sup> A. A. Sztuc,<sup>16</sup> Y. Uchida,<sup>16</sup> V. Berardi,<sup>17</sup> N. F. Calabria,<sup>17</sup> M. G. Catanesi,<sup>17</sup> E. Radicioni,<sup>17</sup> G. De Rosa,<sup>18</sup> G. Collazuol,<sup>19</sup> F. Jacob,<sup>19</sup> L. Ludovico,<sup>19</sup> Y. Nishimura,<sup>21</sup> S. Cao,<sup>22</sup> M. Friend,<sup>22</sup> T. Hasegawa,<sup>22</sup> T. Ishida,<sup>22</sup> T. Kobayashi,<sup>22</sup> T. Nakadaira,<sup>22</sup> K. Nakamura,<sup>22</sup> Y. Oyama,<sup>22</sup> K. Sakashita,<sup>22</sup> T. Sekiguchi,<sup>22</sup> T. Tsukamoto,<sup>22</sup> KE. Abe,<sup>24</sup> M. Hasegawa,<sup>24</sup> Y. Isobe,<sup>24</sup> H. Miyabe,<sup>24</sup> Y. Nakano,<sup>24</sup> T. Shiozawa,<sup>24</sup> T. Sugimoto,<sup>24</sup> A. T. Suzuki,<sup>23</sup> Y. Takeuchi,<sup>23</sup> A. Ali,<sup>24</sup> Y. Ashida,<sup>24</sup> T. Hayashino,<sup>24</sup> S. Hirota,<sup>24</sup> M. Jiang,<sup>24</sup> T. Kikawa,<sup>24</sup> M. Mori,<sup>24</sup> KE. Nakamura,<sup>24</sup> T. Nakaya,<sup>24</sup> R. A. Wendell,<sup>24</sup> L. H. V. Anthony,<sup>25</sup> N. McCauley,<sup>25</sup> A. Pritchard,<sup>25</sup> K. M. Tsui,<sup>25</sup> Y. Fukuda,<sup>27,28</sup> Y. Ito,<sup>28,29</sup> M. Murase,<sup>28</sup> T. Niwa,<sup>28</sup> M. Taani,<sup>28</sup> M. Tsukada,<sup>28</sup> P. Mijakowski,<sup>28</sup> K. Frankiewicz,<sup>28</sup> C. K. Jung,<sup>30</sup> X. Li,<sup>31</sup> J. L. Palomino,<sup>31</sup> G. Santucci,<sup>31</sup> C. Vilela,<sup>31</sup> M. J. Wilking,<sup>31</sup> C. Yanagisawa,<sup>31,54</sup> D. Fukuda,<sup>1</sup> M. Harada,<sup>1</sup> K. Hagiwara,<sup>1</sup> T. Horai,<sup>1</sup> H. Ishino,<sup>1</sup> S. Ito,<sup>1</sup> Y. Koshio,<sup>1</sup> M. Sakuda,<sup>1</sup> Y. Takahira,<sup>1</sup> C. Xu,<sup>1</sup> Y. Kuno,<sup>1</sup> L. Cook,<sup>3,32</sup> C. Simpson,<sup>3,32</sup> D. Wark,<sup>32,33</sup> F. Di Lodovico,<sup>34</sup> S. Molina Sedgwick,<sup>34,52</sup> S. Zsoldos,<sup>35</sup> S. B. Kim,<sup>35</sup> M. Thiesse,<sup>36</sup> L. Thompson,<sup>36</sup> H. Okazawa,<sup>37</sup> Y. Choi,<sup>38</sup> K. Nishijima,<sup>39</sup> M. Koshihara,<sup>40</sup> M. Yokoyama,<sup>41,41</sup> A. Goldsack,<sup>42</sup> K. Martens,<sup>43</sup> B. Quilain,<sup>43</sup> Y. Suzuki,<sup>43</sup> M. R. Vagins,<sup>43,43</sup> M. Kuze,<sup>42</sup> Y. Okajima,<sup>45</sup> M. Tanaka,<sup>45</sup> T. Yoshida,<sup>45</sup> M. Ishitsuka,<sup>46</sup> R. Matsumoto,<sup>46</sup> K. Ohta,<sup>46</sup> J. F. Martin,<sup>47</sup> C. M. Nantais,<sup>47</sup> H. A. Tanaka,<sup>47</sup> T. Towstego,<sup>47</sup> M. Hartz,<sup>46</sup> A. Konaka,<sup>46</sup> P. de Perio,<sup>46</sup> S. Chen,<sup>48</sup> B. Jamieson,<sup>49</sup> J. Walker,<sup>49</sup> A. Minamino,<sup>50</sup> K. Okamoto,<sup>50</sup> and G. Pintaudi<sup>50</sup>

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 885:133 (14pp), 2019 November 10  
© 2019. The American Astronomical Society. All rights reserved.



## Sensitivity of Super-Kamiokande with Gadolinium to Low Energy Antineutrinos from Pre-supernova Emission

C. Simpson,<sup>1,2</sup> K. Abe,<sup>2,3</sup> C. Bronner,<sup>3</sup> Y. Hayato,<sup>2,3</sup> M. Ikeda,<sup>3</sup> H. Ito,<sup>3</sup> K. Iyogi,<sup>3</sup> J. Kameda,<sup>2,3</sup> Y. Kataoka,<sup>3</sup> Y. Kato,<sup>3</sup> Y. Kishimoto,<sup>2,3</sup> Ll. Marti,<sup>3</sup> M. Miura,<sup>2,3</sup> S. Moriyama,<sup>2,3</sup> T. Mochizuki,<sup>2,3</sup> M. Nakahata,<sup>2,3</sup> Y. Nakajima,<sup>2,3</sup> S. Nakayama,<sup>2,3</sup> T. Okada,<sup>2</sup> K. Okamoto,<sup>2</sup> A. Orii,<sup>2</sup> G. Pronost,<sup>2</sup> H. Sekiya,<sup>2,3</sup> M. Shiozawa,<sup>2,3</sup> Y. Sonoda,<sup>2</sup> A. Takeda,<sup>2,3</sup> A. Takenaka,<sup>2</sup> H. Tanaka,<sup>2</sup> T. Yano,<sup>2</sup> R. Akutsu,<sup>2</sup> T. Kajita,<sup>2,4</sup> K. Okumura,<sup>2,4</sup> R. Wang,<sup>2</sup> J. Xia,<sup>2</sup> D. Bravo-Berguño,<sup>5</sup> L. Labarga,<sup>5</sup> P. Fernandez,<sup>5</sup> F. D. M. Blaszczyk,<sup>6</sup> C. Kachulis,<sup>6</sup> E. Kearns,<sup>6</sup> J. L. Raaf,<sup>6</sup> J. L. Stone,<sup>6</sup> L. Wan,<sup>6</sup> P. Wester,<sup>6</sup> S. Sussman,<sup>6</sup> S. Berkman,<sup>6</sup> J. Bian,<sup>6</sup> N. J. Griskevich,<sup>5</sup> W. R. Kropp,<sup>5</sup> S. Locke,<sup>5</sup> S. Mine,<sup>5</sup> M. B. Smy,<sup>5,8</sup> H. W. Sobel,<sup>8,8</sup> V. Takhistov,<sup>8,8</sup> P. Weatherly,<sup>8</sup> K. S. Ganezer,<sup>8,51</sup> J. Hill,<sup>8</sup> J. Y. Kim,<sup>8</sup> I. T. Lim,<sup>8</sup> R. G. Park,<sup>8</sup> B. Bodur,<sup>10</sup> K. Scholberg,<sup>9,10</sup> C. W. Walter,<sup>9,10</sup> A. Coffani,<sup>11</sup> O. Drapier,<sup>11</sup> M. Gonin,<sup>11</sup> J. Imber,<sup>12</sup> Th. A. Mueller,<sup>12</sup> P. Paganini,<sup>12</sup> T. Ishizuka,<sup>12</sup> T. Nakamura,<sup>13</sup> J. S. Jang,<sup>14</sup> J. G. Learned,<sup>15</sup> S. Matsuno,<sup>16</sup> R. P. Litchfield,<sup>16</sup> A. A. Sztuc,<sup>16</sup> Y. Uchida,<sup>16</sup> M. O. Wascko,<sup>17</sup> V. Berardi,<sup>18</sup> N. F. Calabria,<sup>18</sup> M. G. Catanesi,<sup>18</sup> R. A. Intonti,<sup>18</sup> E. Radicioni,<sup>18</sup> G. De Rosa,<sup>19</sup> G. Collazuol,<sup>19</sup> F. Jacob,<sup>19</sup> L. Ludovico,<sup>19</sup> Y. Nishimura,<sup>21</sup> S. Cao,<sup>22</sup> M. Friend,<sup>22</sup> T. Hasegawa,<sup>22</sup> T. Ishida,<sup>22</sup> T. Kobayashi,<sup>22</sup> T. Nakadaira,<sup>22</sup> K. Nakamura,<sup>22</sup> Y. Oyama,<sup>22</sup> K. Sakashita,<sup>22</sup> T. Sekiguchi,<sup>22</sup> T. Tsukamoto,<sup>22</sup> KE. Abe,<sup>24</sup> M. Hasegawa,<sup>24</sup> Y. Isobe,<sup>24</sup> H. Miyabe,<sup>24</sup> Y. Nakano,<sup>24</sup> T. Shiozawa,<sup>24</sup> T. Sugimoto,<sup>24</sup> A. T. Suzuki,<sup>23</sup> Y. Takeuchi,<sup>23</sup> A. Ali,<sup>24</sup> Y. Ashida,<sup>24</sup> T. Hayashino,<sup>24</sup> S. Hirota,<sup>24</sup> M. Jiang,<sup>24</sup> T. Kikawa,<sup>24</sup> M. Mori,<sup>24</sup> KE. Nakamura,<sup>24</sup> T. Nakaya,<sup>24</sup> R. A. Wendell,<sup>24</sup> L. H. V. Anthony,<sup>25</sup> N. McCauley,<sup>25</sup> A. Pritchard,<sup>25</sup> K. M. Tsui,<sup>25</sup> Y. Fukuda,<sup>27,28</sup> Y. Ito,<sup>28,29</sup> M. Murase,<sup>28</sup> T. Niwa,<sup>28</sup> M. Taani,<sup>28</sup> M. Tsukada,<sup>28</sup> P. Mijakowski,<sup>28</sup> K. Frankiewicz,<sup>28</sup> C. K. Jung,<sup>30</sup> X. Li,<sup>31</sup> J. L. Palomino,<sup>31</sup> G. Santucci,<sup>31</sup> C. Vilela,<sup>31</sup> M. J. Wilking,<sup>31</sup> C. Yanagisawa,<sup>31,54</sup> D. Fukuda,<sup>1</sup> M. Harada,<sup>1</sup> K. Hagiwara,<sup>1</sup> T. Horai,<sup>1</sup> H. Ishino,<sup>1</sup> S. Ito,<sup>1</sup> Y. Koshio,<sup>1</sup> M. Sakuda,<sup>1</sup> Y. Takahira,<sup>1</sup> C. Xu,<sup>1</sup> Y. Kuno,<sup>1</sup> L. Cook,<sup>3,32</sup> C. Simpson,<sup>3,32</sup> D. Wark,<sup>32,33</sup> F. Di Lodovico,<sup>34</sup> S. Molina Sedgwick,<sup>34,52</sup> S. Zsoldos,<sup>35</sup> S. B. Kim,<sup>35</sup> M. Thiesse,<sup>36</sup> L. Thompson,<sup>36</sup> H. Okazawa,<sup>37</sup> Y. Choi,<sup>38</sup> K. Nishijima,<sup>39</sup> M. Koshihara,<sup>40</sup> M. Yokoyama,<sup>41,41</sup> A. Goldsack,<sup>42</sup> K. Martens,<sup>43</sup> B. Quilain,<sup>43</sup> Y. Suzuki,<sup>43</sup> M. R. Vagins,<sup>43,43</sup> M. Kuze,<sup>42</sup> Y. Okajima,<sup>45</sup> M. Tanaka,<sup>45</sup> T. Yoshida,<sup>45</sup> M. Ishitsuka,<sup>46</sup> R. Matsumoto,<sup>46</sup> K. Ohta,<sup>46</sup> J. F. Martin,<sup>47</sup> C. M. Nantais,<sup>47</sup> H. A. Tanaka,<sup>47</sup> T. Towstego,<sup>47</sup> M. Hartz,<sup>46</sup> A. Konaka,<sup>46</sup> P. de Perio,<sup>46</sup> S. Chen,<sup>48</sup> B. Jamieson,<sup>49</sup> J. Walker,<sup>49</sup> A. Minamino,<sup>50</sup> K. Okamoto,<sup>50</sup> and G. Pintaudi<sup>50</sup>

The Super-Kamiokande Collaboration

# 最近の学生主導の論文

数年後、ここに皆さんの名前も

## 修士論文

スーパーカミオカンデにおける反荷電レプトンと $\eta$ 中間子に崩壊する陽子崩壊の探索  
Search for proton decay into charged antilepton and  $\eta$  meson in Super-Kamiokande  
Natsumi Ogawa, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jan. 2021 ([PDF](#))

SK-Gdに於ける中性子検出アルゴリズムの研究  
Study of Neutron-Tagging Algorithm for SK-Gd  
Seungho Han, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jan. 2021 ([PDF](#))

スーパーカミオカンデにおける大気ニュートリノ事象分類手法の開発  
R. Matsumoto, Master Thesis, Tokyo University of Science, Mar. 2020 ([PDF](#))

SK-Gd プロジェクトに向けた放射性不純物の測定と検出器較正  
Radioassay and detector calibration for the SK-Gd project  
T. Okada, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jan. 2020 ([PDF](#))

スーパーカミオカンデにおける拡散光源を用いた新しい吸収長測定手法の研究  
Development of a new method to determine the absorption length of pure water with a diffuser ball in Super-K  
S. Imaizumi, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jan. 2020 ([PDF](#))

Upgrade and Calibration of Super-Kamiokande's Inner Photodetectors  
J. Xia, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jul. 2019 ([PDF](#))

スーパーカミオカンデにおける太陽フレア由来のニュートリノ探索  
Search for Neutrinos associated with Solar Flares in Super-Kamiokande  
K. Okamoto, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jan. 2019 ([PDF](#))

ハイパーカミオカンデにむけた 50 cm 口径光電子増倍管及び中性子信号検出アルゴリズムの開発  
T. Mochizuki, Master Thesis, Univ. of Tokyo, Jan. 2019 ([PDF](#))

# The Super-Kamiokande Collaboration



~180名の研究者  
日本人：~80人、外国人：~100人  
45研究機関 10ヶ国  
現在は、24時間世界からデータ収集を監視する  
神岡グループは現場！

毎週の各グループ打ち合わせもオンライン  
コラボレーションミーティングは  
21:00-24:00

Hide TANAKA Tatsuya Kikawa Akira Takenaka Soo-Bong Kim Ryosuke AKUTSU 35206114\_wata...

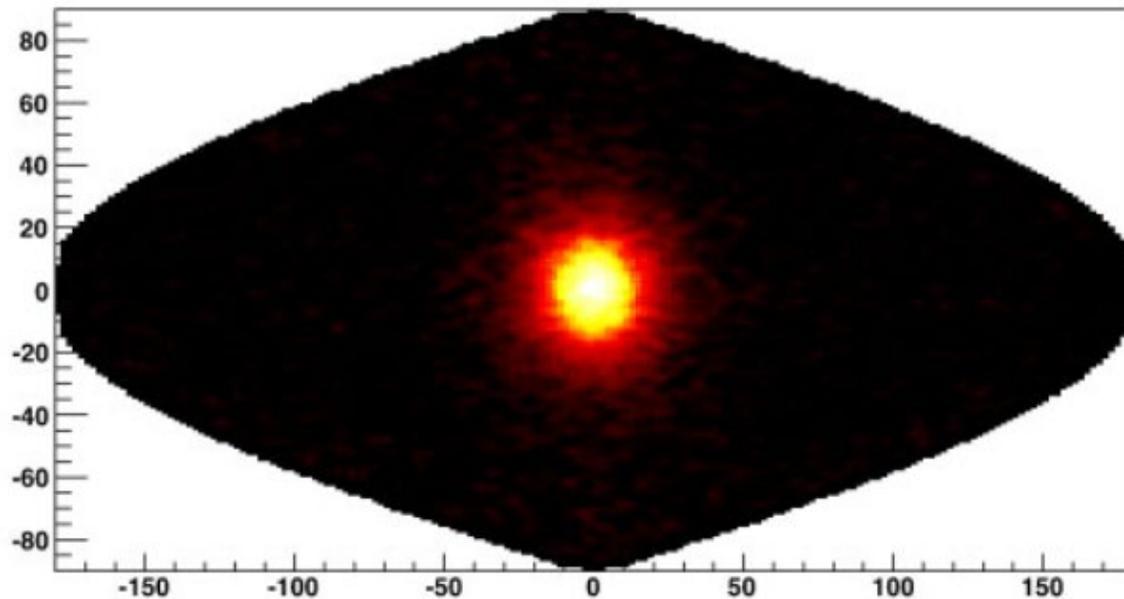
sito  
Dan M  
Hussain Kitagawa  
Yurii Kotsar  
Masahiro Kuze  
Kobayashi  
Anthony  
Xubin Wang  
Mine  
feng jiahui

# SK LowE ニュートリノ(素粒子)+天文学(宇宙)

## ● 太陽ニュートリノ

- 我々が使える最も強度の強いニュートリノ源
  - 地球の位置でも約660億個/cm<sup>2</sup>/s
- ニュートリノ振動研究のきっかけ

SKでとらえた<sup>8</sup>Bニュートリノによる太陽内部写真



- 依然として数多くの謎(研究対象)がある

## ● 超新星ニュートリノ

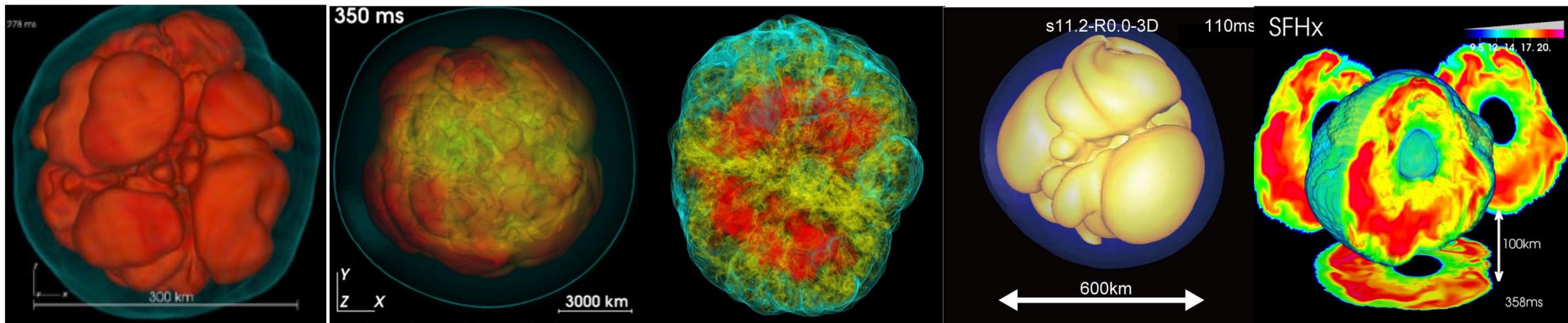
- 1987年に13秒間でKamiokandeが11現象、IMBが8現象捉えたのみ。
- 19現象では爆発の詳細なメカニズムがわからなかった。
- 我々を構成する元素の起源を探る
  - 「私たちは星のかけらだった」



1987a

# 爆発はニュートリノが引き起こす

- 爆発のシミュレーション→ニュートリノによるエネルギー輸送



Hanke+'13

Melson+'15

Roberts+'16

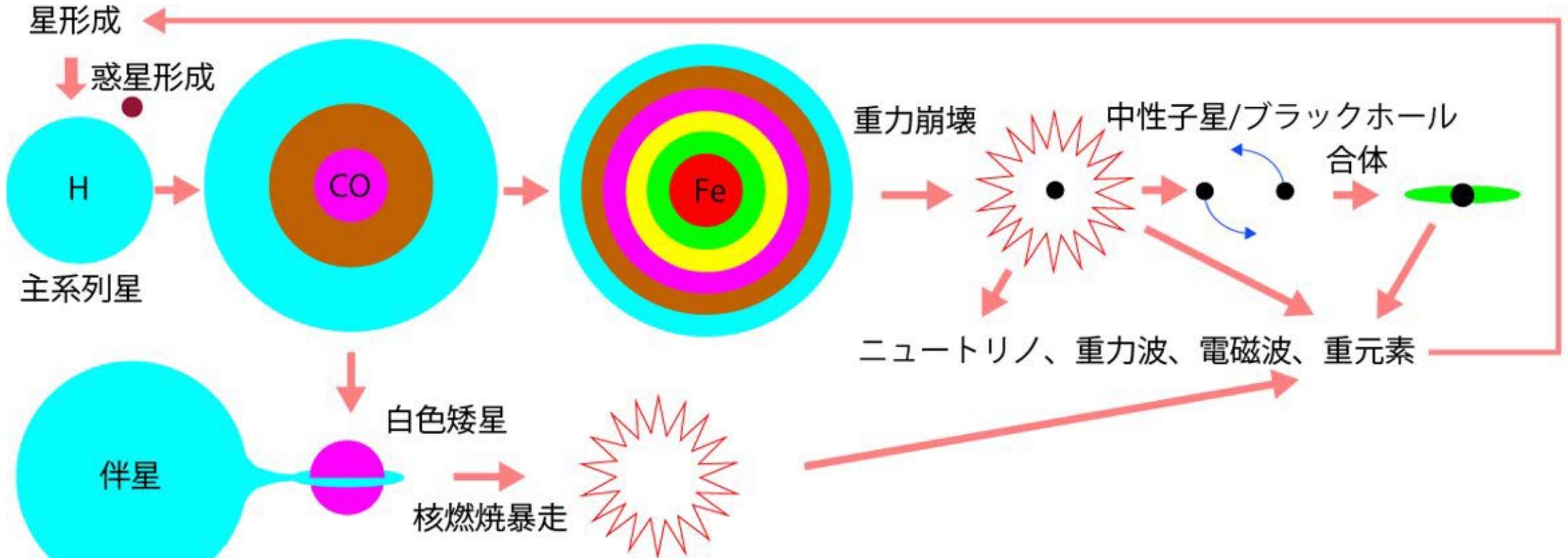
Takiwaki+'16

Kuroda+'16

- モデルを作るには1987Aのデータはものすごく重要。最近ようやく爆発できるようになった。ニュートリノによる衝撃波の再加熱が爆発を引き起こす！
- とにかくデータが必要 エネルギーや時間の情報が要る。

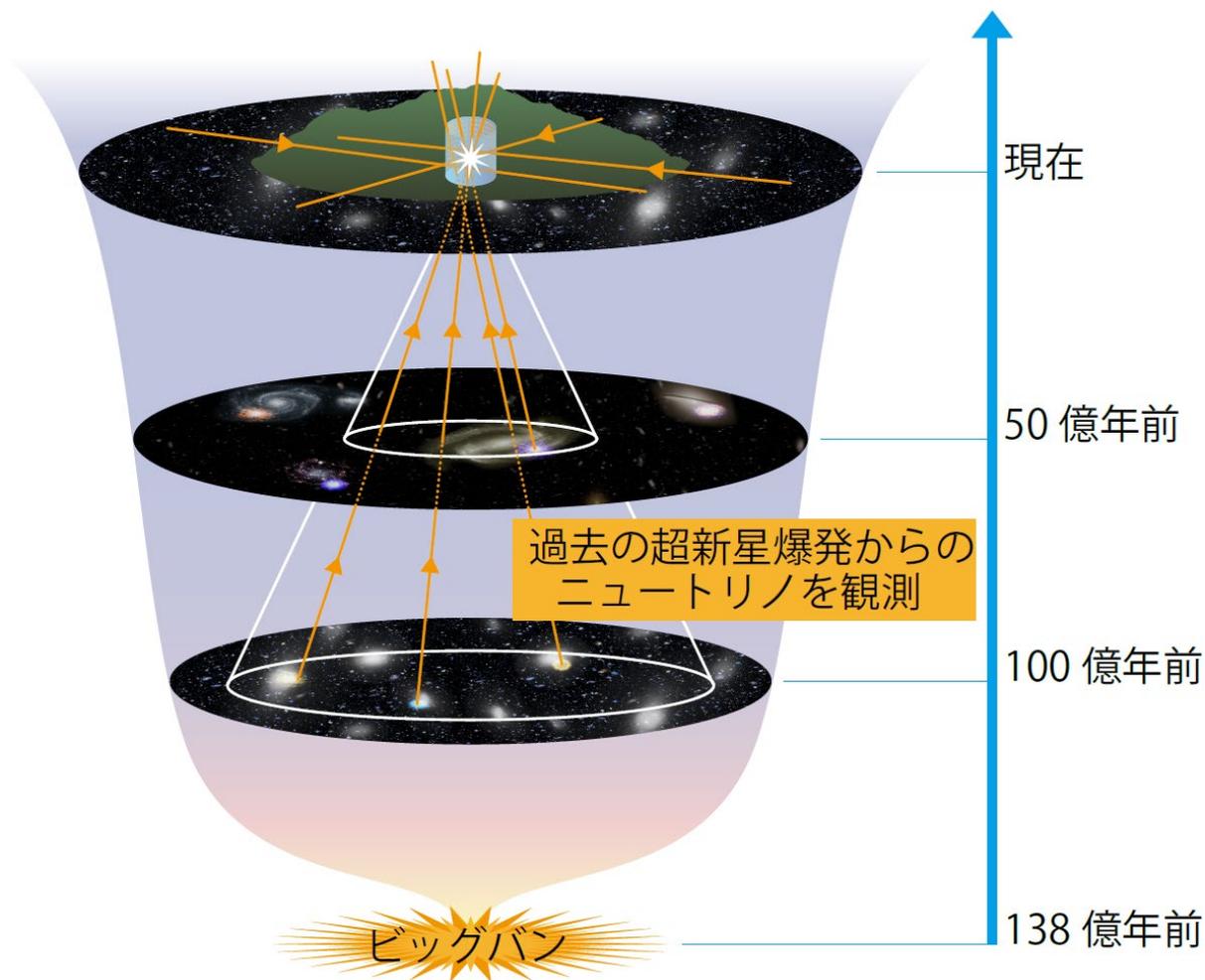
# ブラックホールや中性子星連星だってもとは超新星

- とにかく超新星爆発が先に起きないと始まらない！
  - 超新星爆発の歴史を調べる重要性



宇宙は重力だけでなくニュートリノも支配している！

# 待つだけでなく、超新星背景ニュートリノを捕まえにいく



- 宇宙には $10^{22-23}$ 個の恒星 ( $\sim 10^{11}$ 個の銀河  $\sim 10^{11-12}$ 恒星/銀河)
- 現時点では宇宙の開闢からの $10^{17}$ 個の超新星爆発からのニュートリノを受けていることになる。
- それにともなって放出されたニュートリノが宇宙に満ちている。
- 確実に「ここ」にある。
- 超新星背景ニュートリノを観測すれば宇宙の初めからの重元素合成の歴史を探ることが出来る！

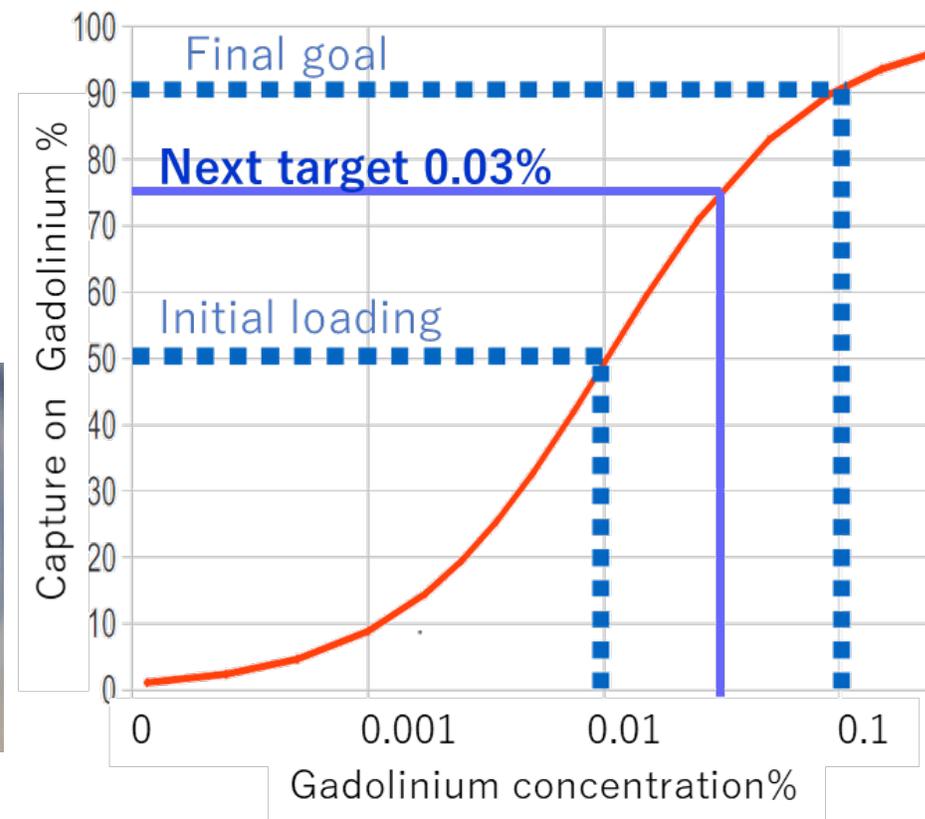
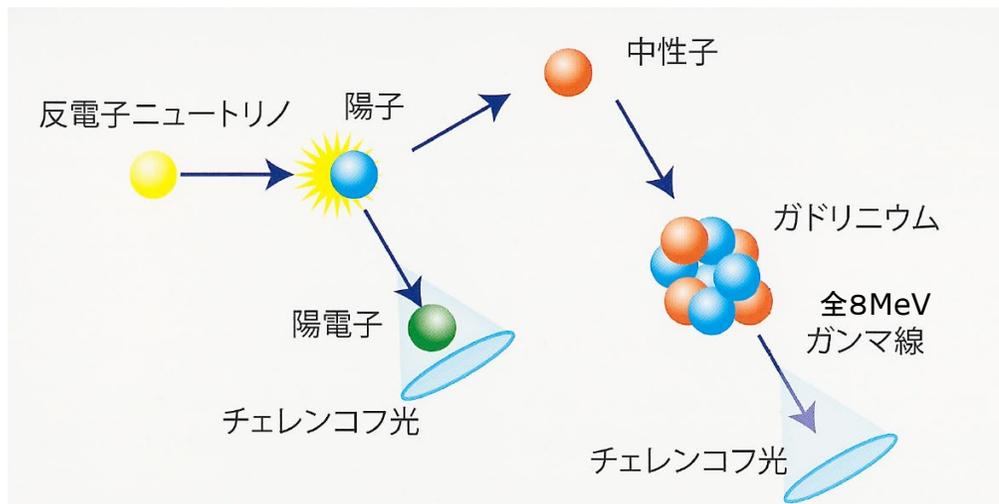
# スーパーカミオカンデガドリニウムプロジェクト

2020年に実施したスーパーカミオカンデの大幅アップグレード

電子ニュートリノと反電子ニュートリノを区別可能に!  
超新星ニュートリノ発見を目指す

# どうしたかという

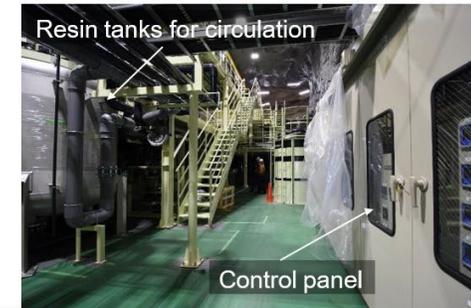
- $\bar{\nu}_e$  の判別するため、ガドリニウムを加えた。
- Gdの熱中性子に対する断面積は48.89kb
- 中性子吸収後、全8MeVのガンマ線をだす。
- 種々の研究により硫酸ガドリニウムを溶かす
- 超新星背景ニュートリノだけでなく、そのほかの物理にも！

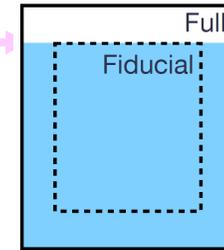
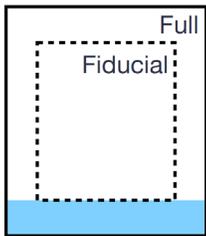
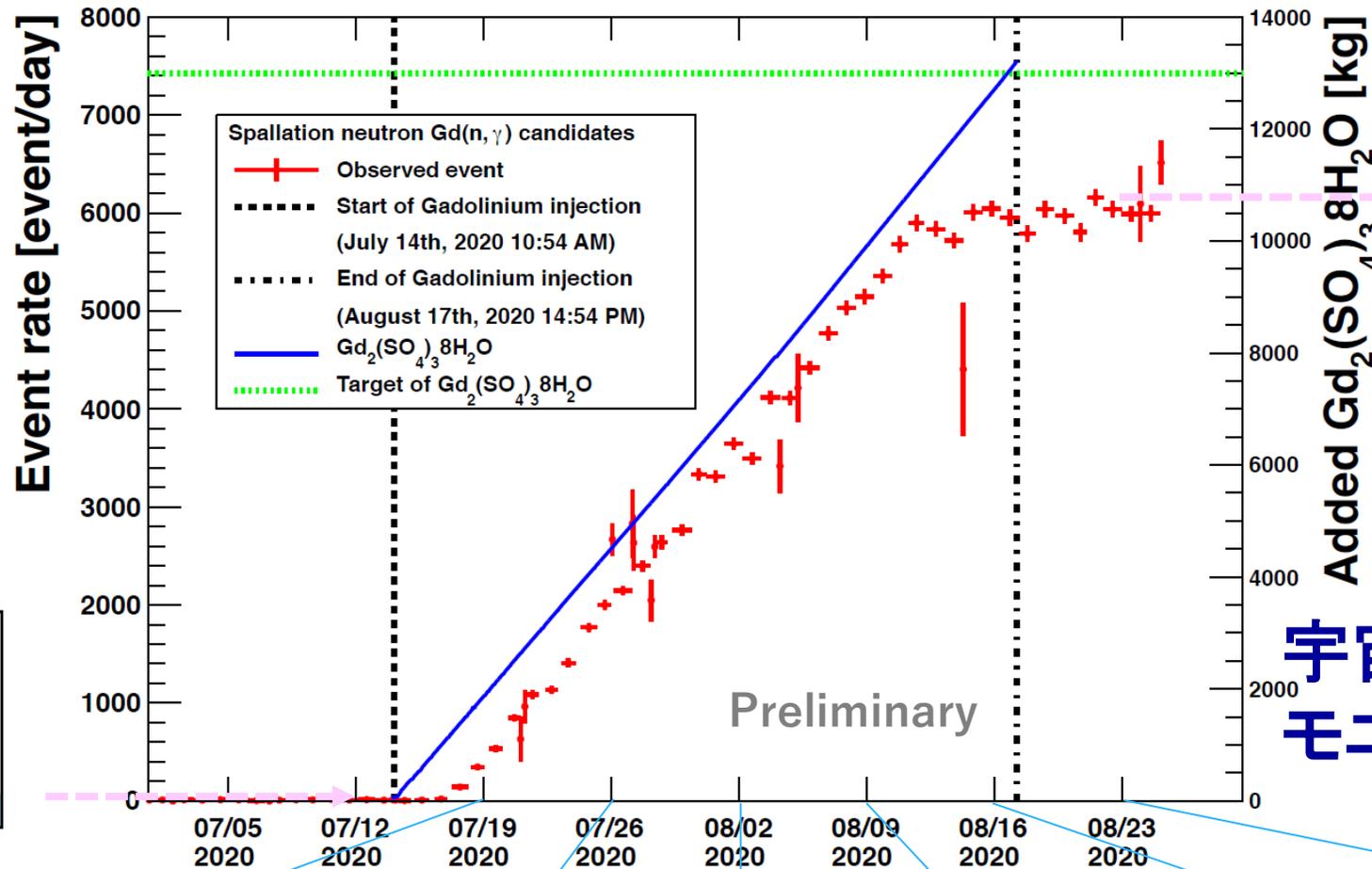


水チェレンコフ検出器の性能を飛躍的に高めることになる

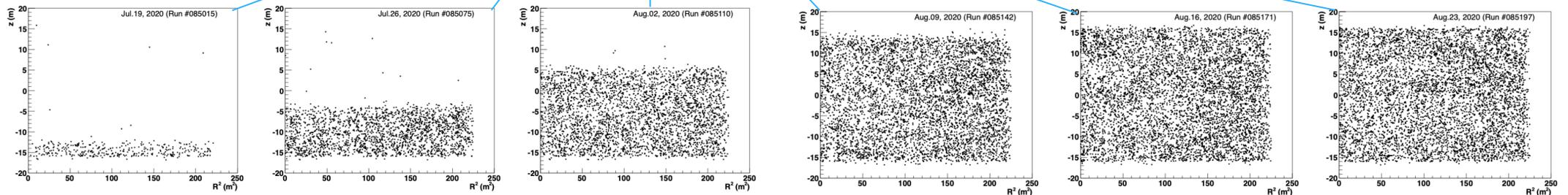
# 2020年7月～8月 13トンの硫酸ガドリニウム導入

さらに2022年5月に  
26トンを溶かす計画





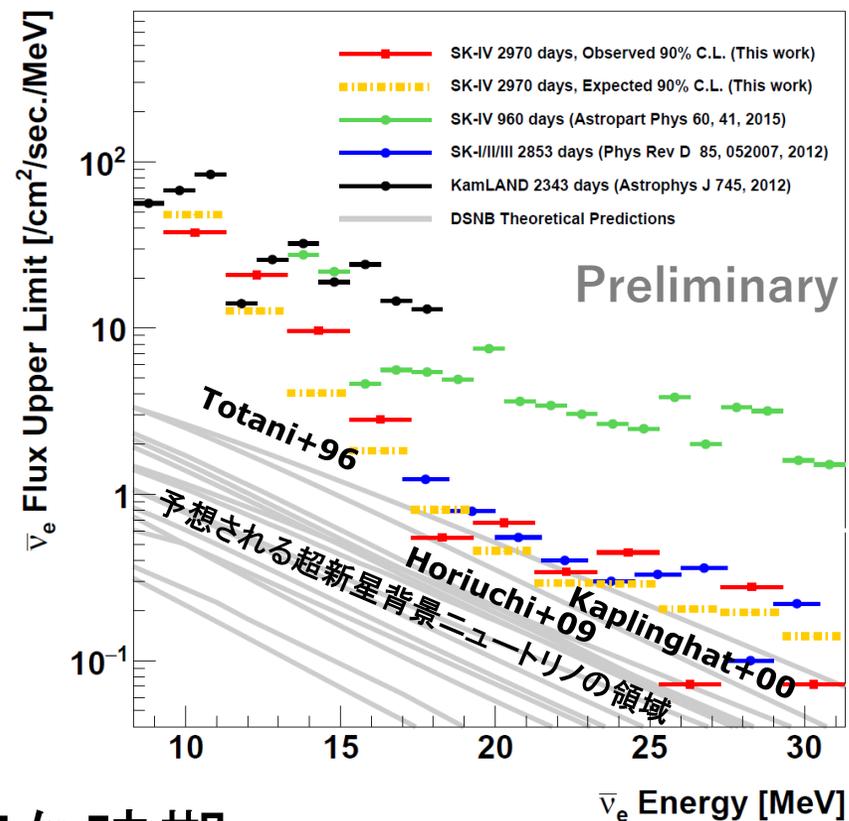
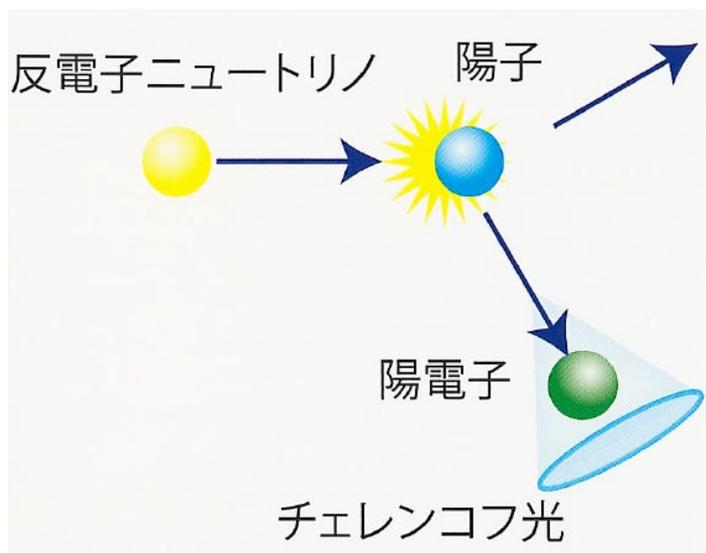
## 宇宙線核破砕中性子で モニタしたGd導入の様子



# 探索の現状(まだ純水) 超純水での限界

- もともとSKが一番得意なのは反電子ニュートリノなのだけど電子ニュートリノと区別がつかない

- 世界で一番感度があるのは確かだが、大気ニュートリノやほかの反応によるバックグラウンドに埋もれている



これからの5年間で発見を目指す大切な時期

# Super-Kamiokande LowE Group

ラボツアー ブレークアウトルーム#2

- ニュートリノを使って天文、宇宙物理をする
- 天体を素粒子研究のためのニュートリノ源と考え実験する

SK史上最大のアップグレードを果たし  
まさにこれから新しいデータが！  
2~5年で大発見を目指す仲間を募集中

大きい実験でも、小さい実験と同じ  
神岡:現場で装置を把握して、データをとって、論文を書く



中畑教授



関谷准教授

