

CONTENTS

- P. 1.
「SK 観測開始二十周年記念
と、将来に向けた計画」
・・・塩澤 真人
- P. 4.
CTA プロジェクト近況報告
・・・手嶋 政廣
- P. 7.
人事異動
- P. 7.
ICRR Seminar

MASATO SHIOZAWA, ICRR - Super-Kamiokande Group

研究紹介



神岡宇宙素粒子研究施設
塩澤 真人

「SK 観測開始二十周年記念と、 将来に向けた計画」

スーパーカミオカンデの観測開始二十周年を記念し、去る6月17日に実験装置見学会と記念シンポジウム、及び記念祝賀会が開催された。多大な御支援を賜った大勢の関係各位に感謝すると共に、二十年間のニュートリノ研究の飛躍的進展を振り返り、今後挑戦する多くの研究課題を議論する機会となった。

スーパーカミオカンデ (SK) 実験は、日本と米国を中心とし、ポーランド、韓国、中国、スペイン、カナダ、英国の8つの国、147名の研究者からなる国際共同実験である。1996年4月1日の深夜0時ちょうどに観測を開始してから、今年で二十周年を迎えた。この間、ニュートリノの質量の発見を始めとする数々の成果を出し、素粒子物理学と宇宙の理解に大きなインパクトを与えてきた。今やニュートリノは、ゼロでなくなった質量と世代間混合により決められる三世代の枠組みと、CP対称性、CPT対称性、質量階層構造、マヨナラ性、宇宙の反粒子が消えた謎など、豊富な理論的・実験的研究課題を

持つ素粒子となった。スーパーカミオカンデ実験開始当時に標準的だった、質量も混合もない三種類のニュートリノの描像を思い出すと、隔世の感がある。さらに、極微の質量（電子の100万分の1以下）とクォークに比べて大きな世代間混合は、素粒子の標準理論を超える物理が存在する実験的証拠と考えられている。ニュートリノ研究の重要性がますます高まった二十年だったとも言える。

去る6月17日（金）に、スーパーカミオカンデの観測二十周年を記念したSK見学会とシンポジウム、祝賀会が開催された。見学会に午前、午後と合わせて104名、午後のシンポジ



写真1：SK見学会の様子



写真2：祝賀会での乾杯の様子

ウムに240名、祝賀会に313名という非常に多くの参加者に集まっていた。SK十周年記念祝賀会の171名の参加者数よりずっと多く、大勢の方が関心を持ち続けてきてきた実験であること、また多くの方々のご支援のおかげで二十周年を迎える事ができたということに改めて感じさせた。

SK見学会では、スーパーカミオカンデのドーム部とコントロール室を主に見学していただいた(写真1)。見学者には水チェレンコフ実験装置の原理とともに、新しいデータ収集電子回路や改良された水純化システムなど、進化し続ける実験装置の説明がされた。

富山の会場に移動して2時間のシンポジウム(詳細は後述する)を行い、その後祝賀会が開かれた。五神真総長の開会の辞で始まり、都竹淳也飛騨市長、岡田安弘高エネルギー加速器研究機構理事からお祝いの言葉と共に、今後のさらなる研究活動へのあたたかい激励の言葉をいただいた。その後、荒船次郎東京大学名誉教授の発声により乾杯をおこなった。乾杯の壇上には、長年にわたりご理解とご協力をいただいた地元の行政、スーパーカミオカンデの歴代リーダー、スーパーカミオカンデに参加する各国の研究者が揃った(写真2)。スーパーカミオカンデの予算措置のために多大な努力をされた荒船次郎元所長の乾杯だったことが感慨深かった一方で、最初の実験リーダーである故戸塚洋二氏がこの場にいなかったことが残念であった。前回、SK十周年記念シンポジウムの際に、病床で書いた手紙で「Work Hard」とグループを叱咤激

励された事を思い出していた。その後歓談の合間に神岡町大津神社に伝わる神楽、佐藤勝彦日本学術振興会学術システム研究センター所長からのお祝いのお言葉、飛び込みの研究者の挨拶などが入り、祝賀会は大変盛況であった。

順序が逆転するが、最後に記念シンポジウムでの議論を報告する。記念シンポジウムは、梶田隆章所長による、これまでの建設や運転および、事故からの早期復帰を支えていただいた方々へのお礼により始まり、続いて小松弥生文部科学省研究振興局長、アメリカ合衆国エネルギー省 Alan Stone 氏 (James Stone 教授の代理発表) から二十周年に対するお祝いのお言葉をいただいた。シンポジウムのプログラムを以下に載せる。発表スライドはホームページ^[1]に掲載されているので、そちらも参照されたい。

○ Opening Addresses

- 梶田隆章
東京大学宇宙線研究所長
- 小松弥生
文部科学省研究振興局長
- James Stone on behalf of Alan Stone
米国エネルギー省

○ Scientific Presentations

- はじめに
中畑雅行 (SK 代表者、東大宇宙線研)
- 大気ニュートリノ振動の発見と進展
Edward Kearns (ボストン大学)
- 太陽ニュートリノ振動の発見と進展

鈴木洋一郎 (Kavli IPMU)

- K2K 実験と T2K 実験
中家剛 (京都大学)
- 国際共同実験の成功
Christopher Walter (デューク大学)
- 理論から見たスーパーカミオカンデ実験の意義
Alexei Smirnov (マックスプランク研究所)
- ハイパーカミオカンデ
塩澤真人 (東大宇宙線研)
- スーパーカミオカンデ実験の将来
中畑雅行 (東大宇宙線研)

中畑雅行施設長の検出器とプログラムの紹介の後、Edward Kearns 氏が大気ニュートリノ振動研究を振り返り、残された測定対象である CP 対称性の破れや質量階層構造、さらに未発見の陽子崩壊や暗黒物質探索をまとめた。ニュートリノ振動の証拠を発表した論文である Physical Review Letter 81 (1998) 1562-1567 の被引用数は 4832 回となっていると発表された。ちなみに著名な論文と呼ばれる被引用数 500 回以上の論文が、スーパーカミオカンデ単独で 11 本、K2K と T2K を加えると 16 本にのぼる。その後鈴木洋一郎氏が、太陽ニュートリノ振動の解の絞り込みと振動の決定的な証拠を探求した、二番目の振動の発見の歴史を、中家剛氏が K2K/T2K 実験における加速器ニュートリノによる精密実験の開拓と、電子ニュートリノ発見という三番目の振動の発見の成果をまとめた。Christopher Walter 氏は国際協力による研究体制の成功の歴史と今後のさらなる協力

体制の発展への期待を述べた。この分野の理論的研究を牽引してきた Alexei Smirnov 氏には、理論的観点からスーパーカミオカンデの研究成果を議論していただいた(写真3)。スーパーカミオカンデにより現代の三代ニュートリノの枠組みが作られたこと、またそのために、混合を決める対称性やその起源、質量の起源、および関係する物理のエネルギースケールなどにおいて、多すぎる程の理論の可能性が生まれたとのことであった。また未発見の陽子崩壊の発見と暗黒物質の正体をつかむことが、これらの問題の解決の手がかりになると、今後のスーパーカミオカンデの研究成果に対する期待を述べられた。

その後塩澤が、スーパーカミオカンデの10倍スケールの次世代検出器ハイパーカミオカンデ計画を説明した。ハイパーカミオカンデ装置は、J-PARC ニュートリノビームと組み合わせることにより、ニュートリノのCP対称性の破れの発見と破れの大きさの測定を世界で最も早く、最も高精度で行う能力を持つ。さらにスーパーカミオカンデを大きく超える陽子崩壊の発見能

力や天体ニュートリノ観測感度を合わせ持つ。早期の予算措置と装置実現が必要になっている。

最後に中畑雅行施設長により、スーパーカミオカンデ実験の将来計画の総括がなされた。

○ 素粒子研究

- 大気ニュートリノによる質量階層性の研究
- 太陽ニュートリノによる振動の物質効果
- T2K 実験によるニュートリノと反ニュートリノとの振動の違い
- 陽子崩壊の探索
- 暗黒物質の対消滅からのニュートリノ探索

○ 宇宙観測

- 過去の超新星爆発からのニュートリノ観測
- 銀河系で超新星爆発が起きれば高統計観測

スーパーカミオカンデには、まだまだたくさん興味深い研究テーマが存在することがわかる。特に装置の改造による高感度化を行い、過去の(宇宙初期から現在までに起こった)超新星爆発から放出されたニュートリノの初検出をねらう将来計画が詳しく説明された。これまでの素粒子物理学の成果と異なる、宇宙観測での大きな成果となることが期待される。また、この装置の改造は、大気や加速器ニュートリノ振動研究および、陽子崩壊探索の感度向上も見込まれる。今後も大きな成果成果が出し続けられる様に努力していきたい。引き続き、文部科学省、地元行政、関連企業、分野を超えた研究者の皆様に、ご指導とご協力をお願いしたい。

参考文献

- [1] スーパーカミオカンデ観測 20 周年記念シンポジウムと祝賀会ホームページ : <http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/news/2016/06/sk20th-0617.html>



写真 3 : Smirnov 氏による発表の様子



東京大学宇宙線研究所
手嶋 政廣

CTA プロジェクト 近況報告



CTA は、高エネルギーガンマ線による宇宙の研究を飛躍的に進める大型国際研究計画であり、現在稼働中の H.E.S.S., MAGIC, VERTIAS と比較し 10 倍の感度 (1/1000 Crab フラックス感度) を達成し、10 倍広いエネルギー領域 (20GeV から 100TeV 以上) をカバーする。観測される天体数は数 1000 を超えると期待される。また、銀河中心領域、銀河面のディープスキャン、高銀緯領域のスキャンも予定されており、未

知の高エネルギーガンマ線天体の発見も期待される。

日本グループは CTA Japan を結成し、2008 年より CTA コンソーシアムに正式参加した。限られた予算、マンパワーで、日本のビジビリティ、独自性を出していくために、戦略的に目標を絞り込み、CTA サイエンス検討、大口径望遠鏡の開発研究を科研費等により集中的に進めてきた。

2008 年より 4 年間をかけて、デザイン

スタディーを進め、図 2 に示される南北サイトの望遠鏡配置をベースラインデザインとして決定した。北半球は大口径望遠鏡 4 基、中口径望遠鏡 15 基、南半球は大口径望遠鏡 4 基、中口径望遠鏡 25 基、小口径望遠鏡 70 基からなる今までにない大規模なチェレンコフ望遠鏡アレイである。

2015 年 7 月には、CTA 北は、スペイン・ラパルマに、CTA 南は、チリ・パラナルにサイトを決定した。これに伴い、2015 年

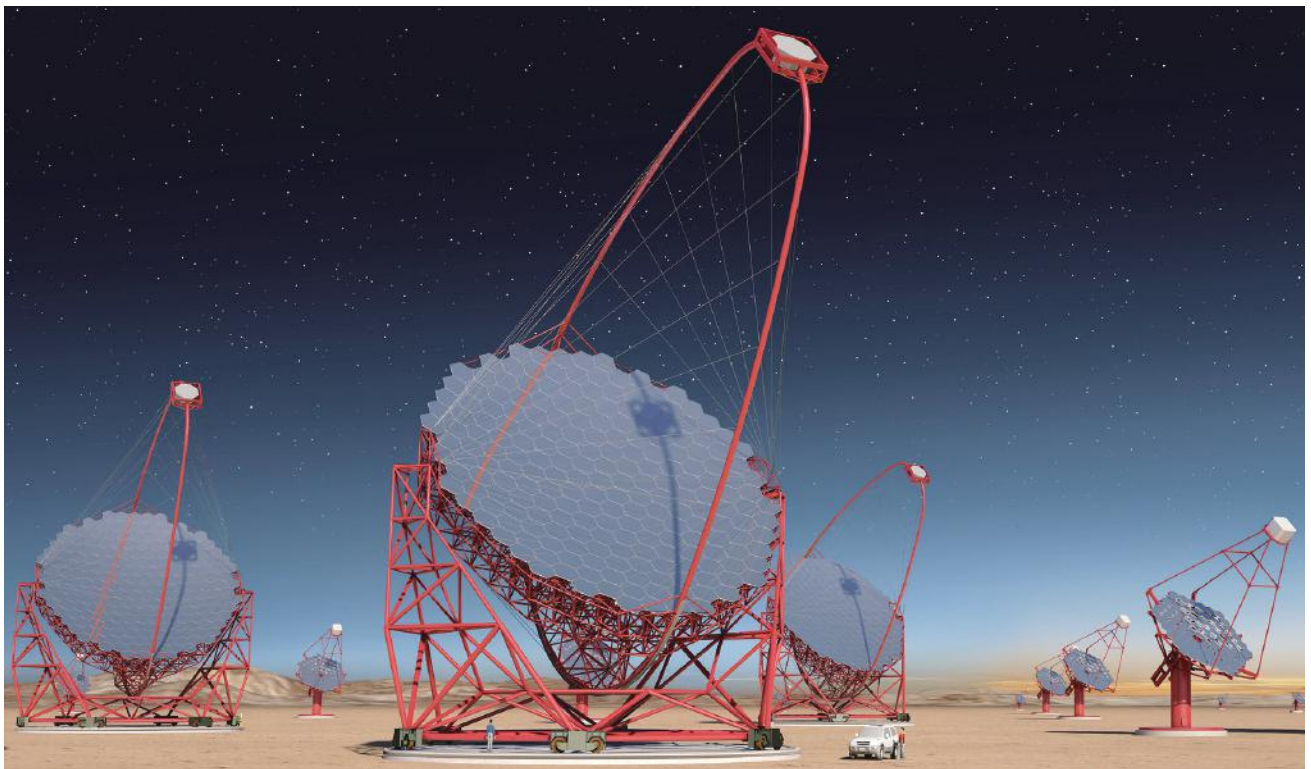


図 1：CTA 想像図。中央：23m 口径大口径望遠鏡、右横：12m 口径中口径望遠鏡。

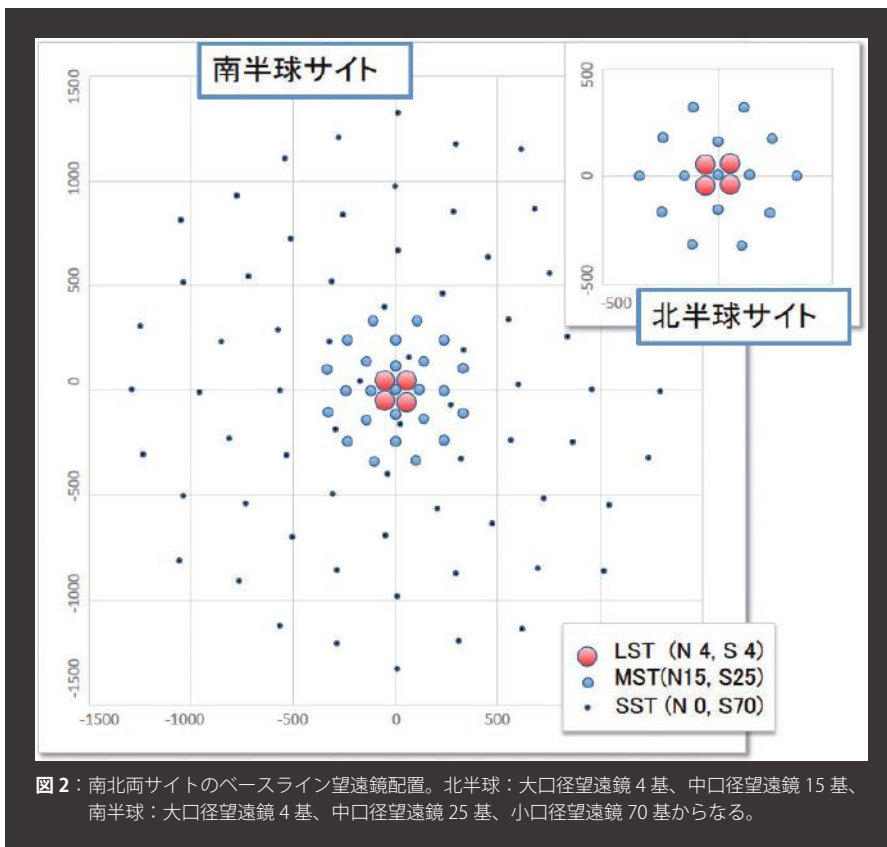


図2：南北両サイトのベースライン望遠鏡配置。北半球：大口径望遠鏡4基、中口径望遠鏡15基、南半球：大口径望遠鏡4基、中口径望遠鏡25基、小口径望遠鏡70基からなる。

10月には、これまで科研費で開発研究を進めてきたCTA大口径望遠鏡1号基の着工式をスペイン・ラパルマで開催した。

さらに、今年度、2016年度よりCTA北半球の大口径望遠鏡4基の建設が概算要求の施設整備として認められた。CTA大口径望遠鏡は、日本、ドイツ・マックスプランク物理学研究所、スペイン、イタリアINFN、フランスの国際協力で建設される

予定である。このスペイン・ラパルマでの大口径望遠鏡4基の建設を進めるにあたり、協定書として国際協力のフレームワークを文章化した。東京大学宇宙線研究所がCTA大口径望遠鏡 collaboration を代表して、現地サイトを管理するIACスペイン・カナリー宇宙物理学研究所との間で調印をおこなった。図3は、その調印式の記念写真で、富岡勉 文部科学省副大臣、カル

メン・ペラ スペイン科学長官、羽田正 東京大学副学長らの来賓を受け、梶田隆章 宇宙線研究所長、ラファエル・レボロ カナリー宇宙物理学研究所長、手嶋政廣 研究代表、ファン・コルティナ 研究副代表により調印をおこなった。

2016年5月16日から20日にかけて、柏の葉コンフェレンスホールでCTAコンソーシアム全体会議を開催した。CTAコンソーシアム全体会議をヨーロッパ意外の国で開催するのは、2013年に米国シカゴで開いて以来であり、10年にわたりCTAを推進してきた歴史の中で2回目である。

会議での議題は、各サブプロジェクトの状況、予算獲得状況、そして2017年から本格的に開始される建設を、限られた予算で、どのようなビジネスプラン（どの望遠鏡をどのような手順で設置していくか）で展開するかという議論をおこなった。現在、CTAの望遠鏡建設費は250 MEuroと試算されているが、150 MEuroが現在調達

可能な予算である。また、コンソーシアムボードの議長を選出が行われ、こちらはフランスのJuergen Knoedlseder氏が再選した。

また、2016年7月の時点でCTAO (CTA天文台) は、スペイン・ラパルマについてはIACと契約を結び、チリ・パラナルとはESOとの間で交渉が進行中であり、2016年末には契約を交わす予定である。また、

CTAO 天文台の組織として、2016年7月の評議会（各国予算機関の代表からなる会議）において、Head Quarter をイタリア・ボローニャ、Science Data Management Center が、ドイツ・DESY に決定した。

5月の柏の葉で開かれたCTA全体会議では、150 MEuro を望遠鏡建設にあて、100MEuro をインフラ、人件費にあてることを想定したビジネスプランの策定を行った。最終的にはベースラインデザインに基

づき望遠鏡を建設することを前提として、当面は、北半球 LST 4 基、MST 5 基、南半球 LST 0 基、MST 15 基、SST 50 基を第一段階の望遠鏡の建設プランとして決定した。

この決定により、日本、スペイン、マツクブランク物理学研究所を中心として、現在、進めている大口径望遠鏡 LST 4 基のスペイン・ラバルマでの建設が CTA コンソーシアムにて正式に承認されたことになる。しかし、同時にこの決定では、南半球に大口径望遠鏡 (LST) が当面ゼロであり、南半球での活動銀河核、トランジエント天体の観測に問題が生ずる、銀河中心の暗黒物質探査の感度が不十分である、南半球 LST の予算獲得に非常に不利に働く等の問題があげられ、3 日間にわたり長い議論がなされたが、最終日に CTA 執行部により、多数決で押し切られた格好となった。その後、手嶋は大口径望遠鏡プロジェクトの研究代表者として、より健全なプラン（南半球 LST を 2 基増やすプラン）を CTA コンソーシアムに提案し、8 月現在、ほぼその調整が完了し、第一段階で、南半球にも 2 基の大口径望遠鏡が設置されることになった。

まだ、CTA 全体の建設には、まだ予算的な問題が残っているが、2017 年より正式に建設を開始する方針でその準備作業を進めている。



図 3：CTA 大口径望遠鏡 4 基の建設へむけての調印式。上写真：左から、ラファエル・レボロ IAC 所長、カルメン・ベラ科学長官、富岡勉 文部科学省副大臣、梶田隆章 東京大学宇宙線研究所長。下写真 前席中央：羽田正 東京大学副学長。



図 4：2016 年 5 月、CTA 全体会議が、柏の葉コンフェレンスホールで開催された。

人事異動

発令日	氏名	異動内容	職
H28.4.30	山下 淑子	任期満了	臨時用務員
H28.5.1	MARTI MAGRO, Lluís	採用	特任助教
H28.5.1	中田 一雄	採用	技能補佐員
H28.5.1	霜出 克彦	採用	技術補佐員
H28.5.11	LINDFORS, Elina Johanna	採用	特任准教授
H28.5.15	江尻 碧	退職	事務補佐員
H28.5.22	菅原みどり	任期満了	事務補佐員
H28.5.23	Athar Mohammad Sajjad	採用	特任教授
H28.5.31	渡辺 圭子	退職	事務補佐員
H28.6.1	菅原みどり	採用	特任専門職員
H28.6.1	藤村 裕子	採用	事務補佐員
H28.6.1	眞島千恵子	採用	事務補佐員
H28.6.21	LINDFORS, Elina Johanna	任期満了	特任准教授
H28.7.1	山本 尚弘	採用	特任研究員
H28.7.7	Athar Mohammad Sajjad	任期満了	特任教授
H28.7.31	沖中美保子	退職	学術支援職員
H28.8.1	中島 康宏	採用	助教
H28.8.1	沖中美保子	採用	特任専門職員
H28.8.1	田屋 文子	採用	臨時用務員
H28.8.31	ONG, Rene Ashwin	採用	特任教授
H28.8.31	中山 祥栄	退職	特任助教
H28.8.31	西村 康宏	退職	特任助教
H28.8.31	加藤 陽	退職	特任研究員
H28.9.1	中山 祥栄	採用	助教
H28.9.1	西村 康宏	採用	助教
H28.9.1	加藤 陽	採用	特任助教
H28.9.1	戸村 友宣	採用	技術職員

(H28.4.2～H28.9.1)

ICRR Seminar

2016 年度

2016.5.25

藤井俊博 (ICRR)
“極高エネルギー宇宙線観測の今後の展望と FAST 計画”

2016.6.9

Elina Lindfors (Tuorla Observatory)
“Very High Energy gamma-rays from Flat Spectrum Radio Quasars”

2016.6.15

衣川智弥 (ICRR)
“初代星起源連星ブラックホールからの重力波”

ICRR Seminar

2016 年度

2016.7.1

Mohammad Sajjad Athar (Aligarh Muslim University)
“Neutrino-Nucleus Cross Sections At Atmospheric Neutrino Energies”

2016.8.10

田中秀和 (ICRR)
“Latest results of the T2K experiment using the first anti-neutrino data-set”



ノーベル物理学賞受賞記念植樹

2015年ノーベル物理学賞の受賞を記念した植樹が宇宙線研究所の隣の広場で行われました。植えられた木は高さ3mほどのカイノキ。孔子と縁が深く、学問の聖木とされていることから、この木が選ばれました。1月末に植えられた若木は、夏の日差しを浴びてすくすくと育っています。

No. 97

東京大学宇宙線研究所

2016 autumn

〒277-8582 千葉県柏市柏の葉5-1-5 TEL (04) 7136-5148

バックナンバー：<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/cat-icrr/>

編集 広報室