

平成 21 年 5 月 3 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2003 ~ 2008

課題番号：15077202

研究課題名（和文） 大気蛍光望遠鏡の建設とステレオ観測法の確立

研究課題名（英文） Construction of the air fluorescence telescope and establishing the stereo observation method

研究代表者

氏名（アルファベット） 福島 正己（FUKUSHIMA MASAKI）

所属機関・所属部局名・職名 東京大学・宇宙線研究所・教授

研究者番号 30241227

研究成果の概要：本研究は、科学研究費・特定領域研究「最高エネルギー宇宙線の起源」の計画研究 A01 として、TA 実験の大気蛍光望遠鏡と、その較正装置一式を建設した。望遠鏡を使った最高エネルギー宇宙線の観測は、2007 年 6 月から米国ユタ州の TA 実験サイトで開始した。2008 年 3 月には同じ場所に地表検出器アレイが完成し、アレイと望遠鏡による同時観測が始まった。これによって、望遠鏡とアレイの測定結果を直接に比較することが可能になり、宇宙線のエネルギーを、これまでになく高い信頼度で決められるようになった。望遠鏡単体では、30km 以上離れた 2 ステーションでのステレオ観測によって空気シャワー発達の様子を詳しく観測し、高エネルギー宇宙線の質量組成（陽子か鉄かなど）を調べる研究が始まった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
15 年度	82,800,000	0	82,800,000
16 年度	216,800,000	0	216,800,000
17 年度	156,100,000	0	156,100,000
18 年度	113,200,000	0	113,200,000
19 年度	17,500,000	0	17,500,000
20 年度	17,500,000	0	17,500,000
総計	603,900,000	0	603,900,000

研究分野：宇宙線物理学

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：宇宙線・極高エネルギー・宇宙物理・素粒子実験・大気蛍光

1. 研究開始当初の背景

山梨県明野村近郊に展開する AGASA 空気シャワーアレイは、宇宙線と宇宙背景放射の反応による限界エネルギー（GZK cutoff, 約 10^{20} 電子ボルト）を超えた極高エネルギー宇宙線を 2003 年までの 13 年間で 11 例観測している。この期間で予想される事象数は 3-4 例であった。一方、空気シャワーの大気中での発光を望遠鏡で観測する HiRes 大気蛍光望遠鏡グループは、GZK

cutoff に従って宇宙線の頻度が急激に減少することを 2005 年に報告している。

2. 研究の目的

「最高宇宙線」領域では、AGASA の用いた地表粒子検出器アレイと、HiRes の用いた大気蛍光撮像望遠鏡を同一サイトに建設し、アレイと望遠鏡の同時観測によって、きわめて稀にしか到来しない最高エネルギー宇宙線から最大限の情報を集める。これによって、2 つの観測方法の

観測能力や問題点をチェックして、 10^{20} 電子ボルトを超える宇宙線が、本当に AGASA の観測ほどの頻度で地球に到来しているのか、また、それらの宇宙線が宇宙のどこで発生しているのかを調べる。

3. 研究の方法

TA計画は、図1に示すような地表粒子検出器アレイと、その外周からアレイ上空を観測する望遠

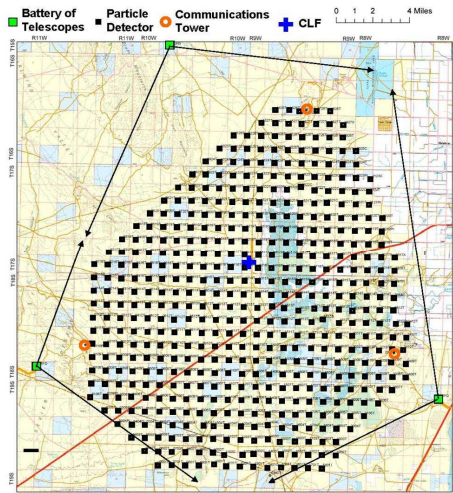


図1 黒い は507台の地表検出器を示す。1.2km間隔の格子状に設置して、琵琶湖の面積に等しい680km²の地表をカバーする。大気蛍光望遠鏡は、周辺の3ヶ所(緑の)に設置した。北の一ヶ所が米国製望遠鏡である。中央の青い十字の点から垂直上方に光量の判ったYAGレーザーを射出して、3ヶ所の望遠鏡で同時に測定する。これによって、望遠鏡の感度を較正し、大気の不透明度をモニターすることができる。

鏡群からなる。本計画研究では、2ヶ所24台の望遠鏡を建設した。3番目の望遠鏡群は、米国NSFの予算により、米国ユタ大学グループがHiRes検出器の一部を移設することで完成した。

大気蛍光望遠鏡は、空気シャワー中の荷電粒子が発生する微小な紫外光を観測することによって、もとの宇宙線のエネルギーを決定する。従って、望遠鏡撮像装置の感度を正しく較正すること(絶対較正)が重要である。本計画研究では、この為に窒素レーザーを光源とした標準光源を製作して、撮像装置の光電子増倍管(PMT)を絶対較正した。

4. 研究成果

大気蛍光望遠鏡は、口径3mの球面反射鏡と、その正面の焦点面に設置した16x16本の光電子増倍管(PMT)を用いた撮像カメラからなる。1台の望遠鏡は、縦横~16度の視野を持ち、図2に見られるように2段に重ねて、仰角で3度から34度、方位角で約120度の夜空を継続的に監視する。全てのPMTからの信号は12ビット

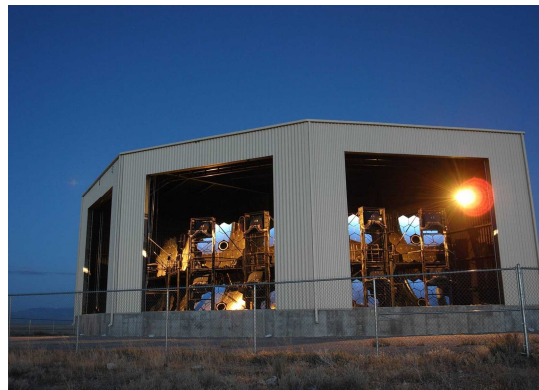


図2 2段・6方位の望遠鏡を格納庫に設置してある。観測は月が無く、大気の澄んだ夜に限って可能である。格納庫周りの環境・天候を確認して前面の大シャッターを開放し観測を行う。

40MHzのAD変換チップでデジタル化し、FPGAのプログラムによって夜光(雑音)を超える発光が観測されるかモニターしている。連続した5本のPMTで同時に信号が観測されると、全てのデジタルデータをPCに転送して保存する。このようにして撮像された空気シャワーの一例を下の図3に示す。

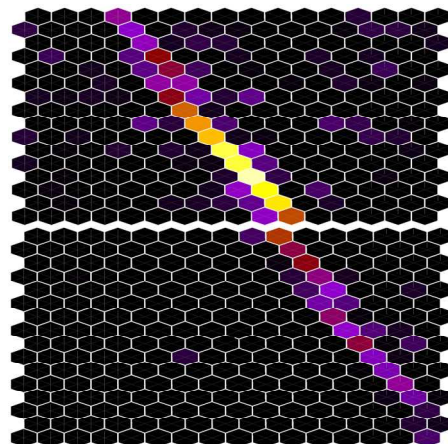


図3 上段・下段のカメラで撮像された空気シャワー。2ヶ所でのステレオ観測によって、シャワーの落下地点までの距離がわかる。距離を補正した光の量で宇宙線が大気中で失ったエネルギー(もとの宇宙線のエネルギーにほぼ等しい)が測定できる。

撮像カメラからのデータは、図4に見られるように粒子のシャワーが大気中で発達する様子として表すことができる。この発達曲線は、もとの宇宙線が陽子であるか、鉄などの重い原子核であるかによって異なる。陽子の場合、発達が遅く大気の深くまで進入してから最大点に到達する。また一例ごとのばらつきも大きくなる。この性質を使って、到来する宇宙線の質量組成を調べることができる。

本計画研究では、図5に見られるような、紫外パルス光の標準光源を製作して、カメラ中に2-3本設置した基準PMTを絶対較正した。窒素レーザーのパルス中の光の数をパワーメータで測

定し、レーザー光の散乱箱中でのレイリー散乱によって基準 PMT に入射する光の数を決定した。

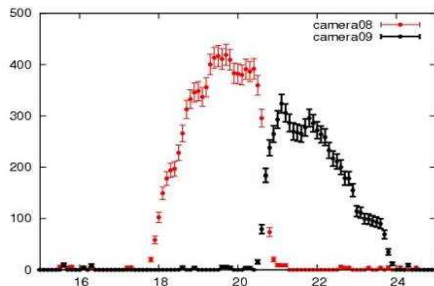


図4 図3の空気シャワー軌跡からの光の量を、時間によってプロットしたもの。横軸はマイクロ秒、縦軸は測定された光電子の数である。粒子のシャワーが空気中で発達し、減衰してゆく様子が良く判る。

発生した紫外光が望遠鏡まで届くまでの間に散乱・吸収によって失われる効果を補正する為には、大気透明度を正確にモニターする必要がある。この為に、ライダー方式による大気透明度観測装置(図6)と、アレイ中心のレーザー標準光源を開発して、サイトで定常的に運用している。

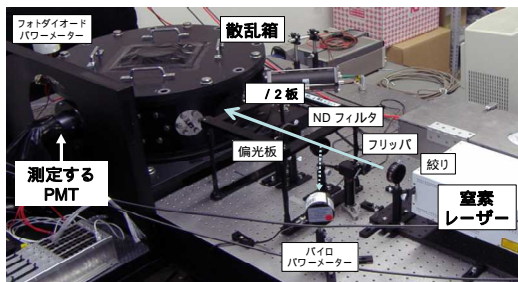


図5 レーザー光は、1/2板を使って、円偏光として散乱箱中に導いて散乱させた。精度は、主としてパワーメータの較正で決まり、約7%と評価している。

2007-2009年の大気蛍光望遠鏡観測で得られたデータは、2009年7月の第31回宇宙線国際会議(ポーランド)で発表の後に出版の予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計4件)

- (1) H.Kawai, S.Ogio et al., (著者92名、荻尾44番目), "Telescope Array Experiment", Nuclear Physics, **B175-176** (2008) 221-226, Proc. Suppl. 査読無
- (2) T.Shibata, M.Fukushima et al., (著者14名、福島4番目), "End-to-end absolute energy calibration of atmospheric fluorescence telescopes by an electron linear accelerator", Nucl. Instr. and Methods **A597** (2008) 61-66. 査読無

(3) H.Kawai, M.Fukushima et al., (著者110名、福島16番目), "Measurement of Ultra-high Energy Cosmic Rays by Telescope Array (TA)", J. Phys. Jpn. **78** (2009) Suppl. A, pp.108-113. 査読有

(4) H.Tokuno, F.Kakimoto et al., (著者19名、垣本14番目), "On site calibration for new fluorescence detectors of the telescope array experiment", Nucl. Instr. and Methods **A601** (2009) 364-371. 査読有

(学会発表)(計68件)

- (1) 日本物理学会 2003年秋季大会(宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット)講演 10aSA-3、福島正己「望遠鏡アレイ計画 56: 全体計画について」、2003年10月10日
- (2) 日本物理学会第59回年次大会(九州大学箱崎キャンパス)講演 30aZK-1、福島正己、「望遠鏡アレイ計画 59: 全体計画について」、2004年3月30日



図6 ライダー装置は、望遠鏡格納庫から100m離れた地点の天文ドーム中に設置した。大気分子及び浮遊する微粒子で散乱されたYAGレーザーからのパルス光を、経時的(=空間的)に記録して、大気透明度をモニターする。観測開始前と終了後に1000発を垂直および水平に射出している。

(3) 日本物理学会第59回年次大会(九州大学)講演 30aZK-2、門多顕司、「望遠鏡アレイ計画 60: 大気蛍光望遠鏡の性能テスト」、2004年3月30日

(4) 日本物理学会第59回年次大会(九州大学)講演 30aZK-3、荻尾彰一、「望遠鏡アレイ計画 61: 大気蛍光観測用 PMT カメラとエレクトロニクス」、2004年3月30日

(5) 日本物理学会第59回年次大会(九州大学)講演 30aZK-4、櫻井信之、「望遠鏡アレイ計画 62: 大気蛍光望遠鏡の較正方法の開発」、2004年3月30日

(6) 日本物理学会第59回年次大会(九州大学)講演 30aZK-5、千川道幸、「望遠鏡アレイ計画 63: 大気モニター & D」、2004年3月30日

(7) 日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-1、佐川宏行、「望遠鏡アレイ計画 69: 全体計画」、2004年9月27日

(8) 日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-2、竹田成宏、「望遠鏡アレイ計画 70: 大気蛍光望遠鏡と建物の建設」、2004年9月27日

(9) 日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)

講演 27aSE-3、垣本史雄、「テレスコープアレイ計画 71:大気蛍光望遠鏡のPMTカメラの性能評価」、2004年9月27日
(10)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-4、福島正己、「テレスコープアレイ計画 72:大気蛍光望遠鏡読み出し回路の設計と試作機の性能評価」、2004年9月27日
(11)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-5、荻尾彰一、「テレスコープアレイ計画 73:大気蛍光望遠鏡のトリガーエレクトロニクスと検出効率」、2004年9月27日
(12)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-6、得能久生、「テレスコープアレイ計画 74:大気蛍光望遠鏡用カメラのキセノンフラッシュランプによる較正」、2004年9月27日
(13)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-7、千川道幸、「テレスコープアレイ計画 75:大気モニタ全体計画」、2004年9月27日
(14)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-8、辨野拓弥、「TA 大気モニタ新 LODAR と雲モニタ R&D」、2004年9月27日
(15)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27aSE-9、有働慈治、「テレスコープアレイ計画 77:大気モニタ Central Laser facility」、2004年9月27日
(16)日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学)講演 27pSE-3、桜井信之、「テレスコープアレイ計画 83:TA シミュレーションの設計」、2004年9月27日
(17)日本物理学会第 60 回年次大会(東京理科大学野田キャンパス)講演 24pXH-1、福島正己、「テレスコープアレイ実験 84:「全体計画」、2005年3月24日
(18)日本物理学会第 60 回年次大会(東京理科大学野田キャンパス)講演 24pXH-2、得能久生、「テレスコープアレイ実験 85: 大気蛍光望遠鏡開発状況」、2005年3月24日
(19)日本物理学会第 60 回年次大会(東京理科大学野田キャンパス)講演 24pXH-3、辨野拓弥、「テレスコープアレイ実験 86: 大気モニタ全体計画」、2005年3月24日
(20)日本物理学会第 60 回年次大会(東京理科大学野田キャンパス)講演 24pXH-5、桜井信之、「テレスコープアレイ実験 88: TA シミュレーション」、2005年3月24日
(21)日本物理学会第 60 回年次大会(東京理科大学野田キャンパス)講演 24pXH-6、荻尾彰一、「テレスコープアレイ実験 89: 大気蛍光望遠鏡用エレクトロニクス」、2005年3月24日
(22)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)講演 14aSA-1、福島正己、「テレスコープアレイ実験 90:「全体状況報告」、2005年10月13日
(23)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)講演 14aSA-4、桜井信之、「テレスコープアレイ実験 93: TA シミュレーション」、2005年10月13日
(24)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)講演 14aSA-5、千川道幸、「テレスコープアレイ実験 94: 大気モニタ全体計画」、2005年10月13日
(25)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立

大学杉本キャンパス)講演 14aSA-6、得能久生、「テレスコープアレイ実験 95: 大気蛍光望遠鏡試験観測報告」、2005年10月13日
(26)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)講演 14aSA-7、武多昭道、「テレスコープアレイ実験 96: 大気蛍光望遠鏡エレクトロニクスと DAQ の開発」、2005年10月13日
(27)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)講演 14aSA-8、町田智子、「テレスコープアレイ実験 97: ラジオゾンデデータの大気モニターデータとして有効性」、2005年10月13日
(28)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)講演 14aSA-9、芝田達伸、「テレスコープアレイ実験 98: 大気蛍光望遠鏡キャリブレーションのための小型線形加速器の開発」、2005年10月13日
(29)日本物理学会 2005年秋季大会(大阪市立大学杉本キャンパス)宇宙線・宇宙物理学領域シンポジウム 14pSA-5、福島正己、「最高エネルギー宇宙線観測の現状」、2005年10月15日
(30)日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学)講演 27pWG-7、福島正己、「テレスコープアレイ実験 90:「TA 実験 99: 大気蛍光望遠鏡全体状況報告」、2006年3月27日
(31)日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学)講演 27pWG-8、川名進吾、「TA 実験 100: 大気蛍光望遠鏡用 PMT の絶対較正」、2006年3月27日
(32)日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学)講演 27pWG-9、井口貴裕、「TA 実験 101: 大気蛍光望遠鏡の DAQ」、2006年3月27日
(33)日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学)講演 27pWG-10、千川道幸、「TA 実験 102: 大気モニタ: LIDAR 法による Utah での大気透明度測定への解析」、2006年3月27日
(34)日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学)講演 27pWG-11、有働慈治、「TA 実験 103: 大気モニタ Central Laser Facility(2)」
(35)日本物理学会第 61 回年次大会(愛媛大学)講演 27pWG-12、池田大輔、「TA 実験 104: 大気蛍光望遠鏡の較正用小型線形加速器の開発」、2006年3月27日
(36)日本物理学会 2006年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-5、竹田成宏、「TA 実験 108: TA 全体状況報告」、2006年9月21日
(37)日本物理学会 2006年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-6、多米田裕一郎、「TA 実験 109: 大気蛍光望遠鏡観測状況報告」、2006年9月21日
(38)日本物理学会 2006年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-7、武多昭道、「TA 実験 110: 米国ユタ州における大気蛍光望遠鏡電子回路の性能評価」、2006年9月21日
(39)日本物理学会 2006年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-8、堂浦晃嗣、「TA 実験 111: 大気モニタ(LIDAR)全体計画」、2006年9月21日
(40)日本物理学会 2006年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-9、芝田達伸、「TA 実験 112: 大気蛍光望遠鏡キャリブレーションのための小型線形加速器の開発」、2006年9月21日

(41)日本物理学会 2006 年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-10、有働慈治、「TA 実験 113:大気モニタ Central Laser Facility(2)」、2006 年 9 月 21 日
(42)日本物理学会 2006 年秋季大会(奈良女子大学)講演 21pSH-15、町田智子、「TA 実験 118:FD シミュレーションとイベント再構成」、2006 年 9 月 21 日
(43)日本物理学会 2007 年春季大会(首都大学東京南大沢キャンパス)講演 25aSF-5、福島正己、「TA 実験 119:全体報告」、2007 年 3 月 25 日
(44)日本物理学会 2007 年春季大会(首都大学東京南大沢キャンパス)講演 25aSF-8、荻尾彰一、「TA 実験 123:大気蛍光望遠鏡全体報告」、2007 年 3 月 25 日
(45)日本物理学会 2007 年春季大会(首都大学東京南大沢キャンパス)講演 25aSF-9、川名進吾、「TA 実験 124:大気蛍光望遠鏡の撮像カメラの較正」、2007 年 3 月 25 日
(46)日本物理学会 2007 年春季大会(首都大学東京南大沢キャンパス)講演 25aSF-10、千川道幸、「TA 実験 125:大気モニター将来計画と解析の現状」、2007 年 3 月 25 日
(47)日本物理学会 2007 年春季大会(首都大学東京南大沢キャンパス)講演 25aSF-11、池田大輔、「TA 実験 126:大気蛍光望遠鏡の較正用小型線形加速器の開発」、2007 年 3 月 25 日
(48)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)領域合同シンポジウム「超高エネルギー宇宙線観測の新たな展開」講演 23pZK、荻尾彰一、「北半球における観測 - Telescope Array の現状」、2007 年 9 月 23 日
(49)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)講演 24aZK-1、得能久生、「TA 実験 127:大気蛍光望遠鏡観測状況報告」、2007 年 9 月 24 日
(50)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)講演 24aZK-2、多米田裕一郎、「TA 実験 128:大気蛍光望遠鏡エレクトロニクスと DAQ の現状」、2007 年 9 月 24 日
(51)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)講演 24aZK-3、千川道幸、「TA 実験 129:大気モニタ - 現状と計画 -」、2007 年 9 月 24 日
(52)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)講演 24aZK-4、常定芳基、「TA 実験 130:データ解析手法と準備状況、試験観測解析」、2007 年 9 月 24 日
(53)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)講演 24aZK-5、芝田達伸、「TA 実験 131:大気蛍光望遠鏡キャリブレーションのための小型線形加速器の開発」、2007 年 9 月 24 日
(54)日本物理学会第 62 回年次大会(北海道大学札幌キャンパス)講演 24aZK-10、武多昭道、「TA 実験 136:テレスコープアレイ検出器による極高エネルギー宇宙線のハイブリッド観測報告その 1」、2007 年 9 月 24 日
(55)日本物理学会 2008 年春季大会(近畿大学本部キャンパス)講演 23pZP-5、有働慈治、「TA 実験 141:大気蛍光望遠鏡観測報告」2008 年 3 月 23 日

(56)日本物理学会 2008 年春季大会(近畿大学本部キャンパス)講演 23pZP-6、常定芳基、「TA 実験 142:FD 解析報告」2008 年 3 月 23 日
(57)日本物理学会 2008 年春季大会(近畿大学本部キャンパス)講演 23pZP-7、川名進吾、「TA 実験 143:大気蛍光望遠鏡用 PMT の絶対較正」2008 年 3 月 23 日
(58)日本物理学会 2008 年春季大会(近畿大学本部キャンパス)講演 23pZP-8、露口勇輔、「TA 実験 144:大気モニタ - LIDAR と雲モニタ -」2008 年 3 月 23 日
(59)日本物理学会 2008 年春季大会(近畿大学本部キャンパス)講演 23pZP-9、池田大輔、「TA 実験 145:大気蛍光望遠鏡の較正用小型線形加速器の開発」2008 年 3 月 23 日
(60)日本物理学会 2008 年秋季大会(山形大学小石川キャンパス)講演 21aSF-1、多米田裕一郎、「TA 実験 146:大気蛍光望遠鏡 観測・解析の現状」、2008 年 9 月 21 日
(61)日本物理学会 2008 年秋季大会(山形大学小石川キャンパス)講演 21aSF-2、池田大輔、「TA 実験 147:大気蛍光望遠鏡較正の現状」、2008 年 9 月 21 日
(62)日本物理学会 2008 年秋季大会(山形大学小石川キャンパス)講演 21aSF-3、露口勇輔ほか TA Collaboration、「TA 実験 148:大気モニター全体報告」、2008 年 9 月 21 日
(63)日本物理学会 2008 年秋季大会(山形大学小石川キャンパス)講演 21aSF-4、芝田達伸、「TA 実験 149:大気蛍光望遠鏡キャリブレーションのための小型線形加速器の開発」、2008 年 9 月 21 日
(64)日本物理学会 2008 年秋季大会(山形大学小石川キャンパス)宇宙線・宇宙物理領域、実験核物理・理論核物理領域合同シンポジウム 21pSF-3、佐川宏行「TA 実験による超高宇宙線の観測:その狙い」、2008 年 9 月 21 日
(65)日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学)講演 28pSC、有働慈治、「TA 実験 156:大気蛍光望遠鏡 観測・較正の現状」、2009 年 3 月 28 日
(66)日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学)講演 28pSC、多米田裕一郎、「TA 実験 157:FD ステレオイベント解析と質量組成解析」、2009 年 3 月 28 日
(67)日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学)講演 28pSC、池田大輔、「TA 実験 158:ハイブリッド解析の現状」、2009 年 3 月 28 日
(68)日本物理学会第 64 回年次大会(立教大学)講演 28pSC、芝田達伸、「TA 実験 160:大気蛍光望遠鏡キャリブレーションのための小型線形加速器の開発」、2009 年 3 月 28 日

(図書)(計 1 件)

(1) 垣本ほか著:『宇宙の観測 III 高エネルギー天文学 シリーズ現代の天文学 17』、2008 年、日本評論社、pp151-178、合計 28 頁

(その他)

ホームページなど(計 3 件)

(1) <http://taws100.icrr.u-tokyo.ac.jp/kakenhi/>

(2) <http://taws100.icrr.u-tokyo.ac.jp/>

index.jp.html
(3) <http://www.telescopearray.org/>

一般講演など(計 2 件)

- (1)山梨科学館プラネタリウム番組「最強宇宙線の謎 - 明野からの挑戦」、山梨科学館、2005年 4-9 月
- (2)電力館科学セミナー、福島正己、「宇宙最強粒子」、2005 年 10 月

新聞雑誌等の記事(計 8 件)

- (1)Millard County Chronicle Progress, June 17, 2004. "Proposed detectors for Telescope Array being staked"
- (2)山梨日日新聞、2005 年 4 月 22 日、「最強宇宙線への挑戦を「投影」」
- (3)朝日新聞記事、2006 年 2 月 15 日、「探せスーパー宇宙線」
- (4)日経サイエンス記事、2006 年 9 月号、「超高エネルギー宇宙線の謎を解く」
- (5)ニュートン記事、2007 年 1 月号、「相対性理論をゆるがす“スーパー宇宙線”の謎」
- (6)日本経済新聞社「かがく Café」記事、2007 年 1 月 28 日、「スーパー宇宙線が見つければ、物理学の定説が大きく揺らぎます」
- (7)ニュートンムック『未解決の天文学』第 8 章 超高エネルギー宇宙線
- (8) Science, "Little" Cosmic Ray Observatory Aims to Make a Big Mark", pp. 400, vol. 319, 25 Jan. 2008

6. 研究組織

(1)研究代表者

福島 正己 (FUKUSHIMA MASAKI)
東大・宇宙線研・教授
研究者番号: 30241227

(2)研究分担者

林田 直明 (HAYASHIDA NAOAKI)
東大・宇宙線研・助教
研究者番号: 50114616

(3)連携研究者

瀧田 正人 (TAKITA MASATO)
東大・宇宙線研・准教授
研究者番号: 20202461

東大・宇宙線研・助教 (OHNISHI MUNEHIRO)
大西 宗博
研究者番号: 10260514

藤井 啓文 (FUJII HIROFUMI)
KEK・素核研・教授
研究者番号: 60013439

松田 武 (MATSUDA TAKESHI)
KEK・素核研・准教授
研究者番号: 10029564

田中 真伸 (TANAKA MANOBU)
KEK・素核研・准教授

研究者番号: 00222117

千川 道幸 (CHIKAWA MICHYUKI)
近畿大・理工学部・教授
研究者番号: 50179941