

## 比較惑星学的視点の導入による太陽惑星圏環境研究の展開 Development of the solar-planetary environment studies based on inter-planetary comparisons

関 華奈子<sup>1\*</sup>; 水野 亮<sup>1</sup>; 平原 聖文<sup>1</sup>; 阿部 文雄<sup>1</sup>; 三好 由純<sup>1</sup>; 梅田 隆行<sup>1</sup>; 中島 拓<sup>1</sup>; 徳丸 宗利<sup>1</sup>;  
今村 剛<sup>2</sup>; 前澤 裕之<sup>3</sup>; 寺田 直樹<sup>4</sup>; 鈴木 建<sup>5</sup>; 横山 央明<sup>6</sup>; 松岡 彩子<sup>2</sup>; 山崎 敦<sup>2</sup>; 吉川 一朗<sup>7</sup>;  
笠羽 康正<sup>3</sup>; 藤本 正樹<sup>2</sup>  
SEKI, Kanako<sup>1\*</sup>; MIZUNO, Akira<sup>1</sup>; HIRAHARA, Masafumi<sup>1</sup>; ABE, Fumio<sup>1</sup>; MIYOSHI, Yoshizumi<sup>1</sup>;  
UMEDA, Takayuki<sup>1</sup>; NAKAJIMA, Tac<sup>1</sup>; TOKUMARU, Munetoshi<sup>1</sup>; IMAMURA, Takeshi<sup>2</sup>; MAEZAWA, Hiroyuki<sup>3</sup>;  
TERADA, Naoki<sup>4</sup>; SUZUKI, Takeru<sup>5</sup>; YOKOYAMA, Takaaki<sup>6</sup>; MATSUOKA, Ayako<sup>2</sup>; YAMAZAKI, Atsushi<sup>2</sup>;  
YOSHIKAWA, Ichiro<sup>7</sup>; KASABA, Yasumasa<sup>3</sup>; FUJIMOTO, Masaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup>JAXA 宇宙科学研究所, <sup>3</sup>大阪府立大学大学院理学系研究科, <sup>4</sup>東北大学大学院理学研究科, <sup>5</sup>名古屋大学大学院理学研究科, <sup>6</sup>東京大学大学院理学系研究科, <sup>7</sup>東京大学大学院新領域創成科学研究科  
<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>ISAS, JAXA, <sup>3</sup>Department of Physical Science, Osaka Prefecture University, <sup>4</sup>Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>5</sup>Department of Physics, Nagoya University, <sup>6</sup>School of Science, University of Tokyo, <sup>7</sup>Department of Complexity Science and Engineering, University of Tokyo

惑星表層から惑星近傍の宇宙空間に至る惑星の勢力圏を「惑星圏」と呼ぶ。中心星である太陽の進化に対し、この惑星圏がどのように応答し進化してきたのか。世界的には、この問いに密接に関係する、太陽進化、惑星大気流出、惑星気象学等の研究が急速に進展しつつある。本講演では、現在の地球圏研究に関する知見を、比較惑星学的手法を導入することで他惑星に応用し、単純なモデルでは説明できない現実の惑星圏の姿を明らかにするための研究基盤整備と基礎研究を行う太陽惑星圏環境研究の将来計画について紹介する。本研究では、地球型の系外惑星探索研究を推進するとともに、太陽系内の惑星圏について得られた知見を、系外惑星圏研究に応用する可能性を探る。また、エネルギー源として重要な太陽の進化に関する研究を推進する計画である。

このために、本研究では、国際共同研究をダイナミックに展開しながら、最新の地上観測、科学衛星による探査、数値シミュレーションなどの知見を駆使し、我が国における惑星圏環境研究の進展に寄与する共同利用を推進したい。MOA, MAVEN, ALMA, ひさき、あかつき、BepiColombo、JUICE などに関係する最新の惑星観測および数値実験研究を推進する。特に急速に新データが得られつつある、非磁化惑星の惑星圏に重点を置いた研究を行い、太陽風-非磁化惑星相互作用を担うメカニズムの解明に貢献するとともに、独自の手法を用いた惑星および系外惑星観測の開拓を推進する。また、3D 太陽圏プロジェクトとの連携により、IPS 観測等を用いた各惑星軌道における太陽風推定について検証を行うことも検討している。

キーワード: 惑星, 系外惑星, 太陽風, 進化, 太陽惑星圏, 分野横断

Keywords: planet, exoplanet, solar wind, evolution, solar-planetary system, interdisciplinary

## 歴史時代資料の年代測定—古文書・古筆切の炭素 14 年代測定 Radiocarbon dating of ancient Japanese document and calligraphy

小田 寛貴<sup>1\*</sup>; 池田 和臣<sup>2</sup>; 安 裕明<sup>3</sup>; 坂本 昭二<sup>4</sup>  
ODA, Hiroataka<sup>1\*</sup>; IKEDA, Kazuomi<sup>2</sup>; YASU, Hiroaki<sup>3</sup>; SAKAMOTO, Shoji<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学年代測定総合研究センター, <sup>2</sup>中央大学文学部, <sup>3</sup>多賀高等学校, <sup>4</sup>龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター

<sup>1</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University, <sup>2</sup>Faculty of Letters, Chuo University, <sup>3</sup>taga High School, <sup>4</sup>Digital Archives Research Center, Ryukoku University

### 1. はじめに

炭素 14 年代測定法という、旧石器・縄文・弥生時代の考古資料を対象とした測定法であるという印象が強い。しかしながら、近年、測定精度の向上・校正曲線の確立などに伴い、より新しい歴史時代の資料にも実質的な適用が可能となった。そこで本研究では、歴史学必須の史料である古文書に焦点を当て、炭素 14 年代測定法の適用を行った。

歴史学・考古学の資料について年代測定を行う本来の目的は、その資料が何らかの役割をもった道具として歴史の中に登場した年代を知るところにある。そのため、炭素 14 年代測定法が古文書の作成年代を知る上で有効な手法となることを実証すべく、書跡史的な年代の判明している古文書・古写経・版本等の年代測定を行った。

その上で、年代未詳の史料に炭素 14 年代測定法の適用を行った。平安・鎌倉時代の古写本で現存するものは極めて少ない。これは、室町時代以降、茶室の掛け軸などにするため古写本が数行ごとに裁断されてきたためである。この裁断された断簡を古筆切という。但し、後世に制作された写しや偽物も多い。それ故、古筆切の史料的な価値は極めて高いのだが、書写年代が不明では潜在的なものに過ぎない。そこで、年代未詳の古筆切(玉津切、伝中臣鎌足筆妙法蓮華経切、鑑真将来四分律卷第 27 断簡等)に炭素 14 年代測定法を適用することで、その書写年代、ひいてはその史料的な価値を明らかにした。

### 2. 実験方法

古文書等の余白部分より数十 mg の紙片を採取し、蒸留水中にて裏打紙等を剥離した。これを乾燥させた後、最表層の本草を分取し、以下の化学処理に供した。蒸留水中での超音波洗浄の後、1.2N HCl, 1.2N NaOH による交互洗浄を行った。蒸留水にて洗浄後、乾燥させた料紙約 5mg を CuO とともに真空中で加熱(850 °C, 3h)し、CO<sub>2</sub> を調製した。これを Fe 触媒存在下で H<sub>2</sub> により還元(650 °C, 6h)することで、グラファイトを合成した。

このグラファイトを用いて(株)パレオ・ラボ Compact-AMS, 名古屋大学タンデトロンによる炭素 14 年代測定を行った。得られた結果は IntCal13 により暦年代に校正した。

### 3. 結果および考察: 年代既知の古文書・古筆切について

校正曲線上に、書跡史的な年代の判明している古文書・古写経・版本等について得られた炭素 14 年代をプロットすると、ほとんどの結果が校正曲線上に乗った。この結果は、古文書等の書跡史的な年代と炭素 14 年代とが一致すること、すなわち炭素 14 年代測定法が、古文書・古筆切・古写経切等の書写年代を知る上で有効な手法となることを示している。

### 4. 結果および考察: 年代未詳の古筆切について

玉津切は、世尊寺経朝の筆と伝えられる古筆切である。玉津切は、女流日記文学の先駆け的作品『蜻蛉物語』の絵巻からできた古筆切である。これまで二枚のみ現存が知られていたが、新たな玉津切と思われる断簡が発見されたため、その炭素 14 年代測定を行った。測定結果は 13 世紀を示し、他の二枚のツレ(元は同じ絵巻を構成していた別の部分)であることが示された。『蜻蛉日記』の現存する写本是最古のものでも江戸時代のものであり、その本文は原典からずいぶん変化している。故に、鎌倉時代の玉津切はわずかに数行であっても原典に近い貴重な古典文学史料である。本研究は、その新たな一葉が発見されたことを示したものである。

大化の改新で知られる中臣鎌足。その手になるものと鑑定書(極札)が付された古筆切がある。しかしながら、それらの書風は鎌足の時代のものでなく、10 世紀から 15 世紀初頭にかかるものである。そこで、中臣鎌足筆とされる妙法蓮華経切の炭素 14 年代を測定した。その結果、中臣鎌足の筆ではなく、14 世紀のものであることが明らかにされた。

奈良時代に来朝した高僧鑑真。鑑真は唐より日本へ多くの経典等をもたらした。その中でも重要なのは律宗の経典である 60 巻の四分律である。正倉院には鑑真が将来したとされる四分律が 16 巻現存する。料紙の書誌学的考察と顕微鏡観察からそのツレと判定された古筆切について年代測定を行った。その結果、鑑真の来朝した 753 年以前に書かれたものであることが判明し、この古筆切が鑑真の将来した四分律の一部である可能性が極めて高いことが示された。

# Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



U06-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 18:15-19:30

キーワード: 歴史時代, 古文書, 古筆切, 炭素 14

Keywords: Historical age, Ancient Japanese document, Ancient Japanese calligraphy, Radiocarbon Dating

## 気候変動に関与するエアロゾルの諸特性の実験および観測研究 Laboratory and observational studies of properties of aerosols related to climate change

中山 智喜<sup>1\*</sup>; 松見 豊<sup>1</sup>  
NAKAYAMA, Tomoki<sup>1\*</sup>; MATSUMI, Yutaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

大気エアロゾルには、様々な自然および人為起源発生源から直接排出される一次粒子と、大気微量成分の気相もしくは水溶液相での酸化反応を経て生成する二次粒子がある。これらのエアロゾルは、太陽光を光吸収・光散乱したり、雲凝結核 (CCN) として働いて雲粒の粒径や寿命を変化させたりすることで、地球大気の放射収支を直接もしくは間接的に変化させている。

ブラックカーボン (BC) 粒子は、可視領域において最も寄与の大きな光吸収性エアロゾルであると考えられているが、近年、短波長可視から紫外領域で、光吸収性を有する有機エアロゾル (ブラウンカーボン、BrC) が存在し、短波長域における放射収支や紫外光により駆動される光化学反応過程に対し、無視できない寄与を有している可能性が指摘されている。エアロゾルの光学特性は、波長に加えて、粒子の粒径、形状、混合状態、および屈折率 (化学成分) に依存して複雑に変化すると考えられるが、その理解は不十分なのが現状である。近年、キャビティリングダウン (CRDS) 法や光音響分光法 (PAS) 法を用いることで、エアロゾルの消散および吸収係数を、粒子が浮遊した状態で直接計測することが可能となってきた。我々は、これらの手法を用いて、BC や BrC の光学特性の観測研究や、様々な揮発性有機化合物の酸化反応により生成した二次有機エアロゾル (SOA) およびディーゼル排ガス粒子の光学特性の室内実験研究を行っている。

エアロゾルが、高湿度環境下でどれだけ水蒸気を取り込み成長するかを表す吸湿性は、放射への直接および間接効果を推定する上で重要な特性の一つである。我々は、自作の CRDS 装置を用いて、消散係数の湿度依存性を測定し、エアロゾルの吸湿性について調べている。また、CCN 数の決定に重要な役割を果たしていると考えられている新粒子生成イベントの観測研究にも参加している。これらのエアロゾルの光学および物理化学特性の研究は、国内の様々な研究グループと共同で進めている。本発表では、我々の最近の研究成果を紹介するとともに、異なる専門分野のグループとの協力の可能性など、今後の研究の展望について議論したい。

キーワード: エアロゾル, 光学特性, 吸湿特性, 新粒子生成, 気候変動

Keywords: Aerosol, Optical property, Hygroscopicity, New particle formation, Climate change

## 地球表層における水循環・物質循環のシームレス科学 New seamless science of hydrologic - biogeochemical cycles on the Earth surface

檜山 哲哉<sup>1\*</sup>; 熊谷 朝臣<sup>1</sup>; 藤波 初木<sup>1</sup>  
HIYAMA, Tetsuya<sup>1\*</sup>; KUMAGAI, Tomo'omi<sup>1</sup>; FUJINAMI, Hatsuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学地球水循環研究センター

<sup>1</sup>Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University

地球表層の陸域-大気インターフェースは、主要な人間活動が行われる場所である。人類世（人新世）は、人間活動による地表面改変とともに、温室効果ガスを含むトレースガスの放出によって、陸域-大気間の水・エネルギー・物質循環が大きく変化して気候変動が引き起こされた時代と言える。一方、完新世を含む第四紀は、大気中の温室効果ガスの増減が気候変動の主要因と考えられながらも、太陽活動によっても、前者とは異なる時間スケールで気候変動が引き起こされた時代とも言われている。しかしながら、その詳細なメカニズムには不明な点が多い。本講演では、地球表層の水循環研究と物質循環（生物地球化学循環）研究が、今後どのように太陽-人間活動駆動の気候変動研究と向き合っていくべきかについて、議論したい。

キーワード: 水文循環, 物質循環, 太陽活動, 人間活動, 気候変動

Keywords: hydrologic cycle, biogeochemical cycle, solar activity, human activity, climate change

## 太陽地球系システムの理解における統合データサイエンスの重要性 Importance of integrated data analysis in the Sun-Earth system science

三好 由純<sup>1\*</sup>; 関 華奈子<sup>1</sup>; 草野 完也<sup>1</sup>; 増田 智<sup>1</sup>; 町田 忍<sup>1</sup>; 家田 章正<sup>1</sup>; 今田 晋亮<sup>1</sup>; 梅田 隆行<sup>1</sup>;  
堀 智昭<sup>1</sup>; 宮下 幸長<sup>1</sup>; 桂華 邦裕<sup>1</sup>; 小路 真史<sup>1</sup>; 塩田 大幸<sup>1</sup>; 篠原 育<sup>2</sup>; 高島 健<sup>2</sup>; 松岡 彩子<sup>2</sup>;  
浅村 和史<sup>2</sup>

MIYOSHI, Yoshizumi<sup>1\*</sup>; SEKI, Kanako<sup>1</sup>; KUSANO, Kanya<sup>1</sup>; MASUDA, Satoshi<sup>1</sup>; MACHIDA, Shinobu<sup>1</sup>;  
IEDA, Akimasa<sup>1</sup>; IMADA, Shinsuke<sup>1</sup>; UMEDA, Takayuki<sup>1</sup>; HORI, Tomoaki<sup>1</sup>; MIYASHITA, Yukinaga<sup>1</sup>;  
KEIKA, Kunihiko<sup>1</sup>; SHOJI, Masafumi<sup>1</sup>; SHIOTA, Daikou<sup>1</sup>; SHINOHARA, Iku<sup>2</sup>; TAKASHIMA, Takeshi<sup>2</sup>;  
MATSUOKA, Ayako<sup>2</sup>; ASAMURA, Kazushi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>2</sup>ISAS/JAXA

太陽から地球電磁気圏、大気圏を含む領域は、様々な手法によって研究が行われてきた。そこでは、人工衛星による直接観測や遠隔観測、地上からの光学や電波、磁場等の観測が行われ、現象の多様な変化を観測し続けている。一方、観測の一つ一つは、現象の部分や断面をとらえたものであり、現象の全体像を明らかにするためには様々なデータを組み合わせることが必須となる。従来、データを組み合わせた解析すなわち統合解析を実現するためには、まず様々な異なる種類のデータを収集し、データを読み込むための処理プロセスを準備する必要があるなど、解析を始める前に多くの努力が必要であり、結果的に統合解析を実現するのに敷居が高い状況であった。一方、近年のIT技術の進歩をふまえ、ネットワークインフラを活用することで、ネットワーク上に分散したデータベースにアクセスし、データを取得することが日常的となってきた。さらに、CDFやFITSといったメタデータ付のデータファイルの標準フォーマットが普及し、ユーザーが個別のデータのファイルフォーマットを意識せずにデータ解析を進めることができる状況が実現しつつある。このような背景をふまえ、現在、名古屋大学太陽地球環境研究所では、国立天文台および宇宙科学研究所との連携のもと、太陽観測衛星ひのでサイエンスセンター、ジオスペース探査衛星(ERG)プロジェクトのサイエンスセンター(宇宙科学連携拠点として運営)を設置し、人工衛星の観測データと地上データを統合して解析できる環境の構築を進めている。また、現象のより定量的な理解を目指して、観測データとシミュレーションデータを組み合わせた解析環境の実現を目指したシステムの構築や、観測データとシミュレーションデータとを融合するデータ同化技術の開発にも取り組んでいる。本講演では、名古屋大学における具体的な取り組みを例にとりつつ統合データ解析の重要性を紹介するとともに、このような環境構築を通してコミュニティプロジェクトのサイエンスを先導的に担う統合データサイエンスセンターの役割についても議論する。

キーワード: 太陽地球系科学, 統合データサイエンス, ERG, ひので

Keywords: Sun-Earth System Science, integrated data analysis, ERG, Hinode

## 光学・電波観測装置による超高層大気の地上ネットワーク観測 Ground-Based Network Observations of the Upper Atmosphere using Optical and Radio Instruments

大塚 雄一<sup>1\*</sup>; 塩川 和夫<sup>1</sup>  
OTSUKA, Yuichi<sup>1\*</sup>; SHIOKAWA, Kazuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学 太陽地球環境研究所  
<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

超高層大気で発光する夜間大気光を分光イメージング観測することにより、中間圏・熱圏・電離圏を含む超高層大気・プラズマの力学変動を調べることができる。名古屋大学太陽地球環境研究所は、高度 80 - 350 km の夜間大気光の輝度、風速、温度を計測することができる超高層大気イメージングシステム (OMTIs) を開発してきた。このシステムは、現在、ファブリ・ペロー干渉計 (FPI) 5 式、全天カメラ 13 台、掃天フォトメータ 3 台、分光温度フォトメータ 4 台で構成され、滋賀県信楽町 (京都大学信楽 MU 観測所)、北海道陸別観測所、鹿児島県佐多岬 (鹿児島観測所)、チェンマイ (タイ)、ダーウィン (オーストラリア)、コトタバン (インドネシア)、レゾリュートベイ、アサバスカ (カナダ)、パラツンカ、マガダン (ロシア極東域)、トロムソ EISCAT サイト (ノルウェー)、ハワイ (米国) で定常観測をおこなっている。これらの観測により、高緯度では磁気圏における圧力勾配型不安定に起因すると考えられるオーロラの指状構造、中緯度では台風など気象現象から発生した大気重力波がつくると考えられる同心円状に広がる中間圏の波動、低緯度では夜間の中規模伝搬性電離圏擾乱の伝搬の赤道側境界での特性などが近年、明らかになってきた。

今後、日本学術会議の大型マスタープラン 2014 の中で位置付けられている大型計画「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」(名古屋大学太陽地球環境研究所、国立極地研究所、京都大学生存圏研究所、九州大学国際宇宙天気科学・教育センターで共同実施) の中の広域地上観測の一部を担うため、全天カメラ、FPI、磁力計、GNSS 受信機をアフリカ赤道域 (ナイジェリアとエチオピア) に設置し、超高層大気の風速・温度・大気光二次元分布・全電子数・電流を同時観測すると共に、既存の設備が充実しているアジアの赤道域 (タイ) や極東ロシアにおける電離圏擾乱の観測を強化することにより、世界最先端の総合観測ネットワークを構築する計画をたてている。アフリカ域は、赤道域電離圏擾乱が最も活発に発生する地域であるが、これまで観測が乏しかったためにその理由が謎のままである。赤道域電離圏のダイナミクスに重要な役割を果たしている熱圏中性大気風速を直接測定し、アジア域の観測結果と比較することにより、この謎を解明したい。また、アジア域では、電離圏擾乱が生成される磁気赤道に VHF レーダーを設置し、既存の南北磁気共役点観測網と連携し、電離圏擾乱の生成メカニズムの解明に貢献する。さらに、人工衛星を利用した測位システムや衛星通信・放送に対する電離圏の影響を低減するため、得られた成果を活用したいと考えている。

キーワード: 電離圏, 熱圏, 中間圏, 超高層大気, 大気光, レーダー

Keywords: ionosphere, thermosphere, mesosphere, upper atmosphere, airglow, radar

## 静岡県竜ヶ岩洞の滴下水中 dead 炭素率の季節変動 Seasonal variation of dead carbon fraction in dripwater in the Ryugashi Cave, Shizuoka Prefecture, Japan

南 雅代<sup>1\*</sup>; 加藤 ともみ<sup>2</sup>; 堀川 恵司<sup>3</sup>; 中村 俊夫<sup>1</sup>

MINAMI, Masayo<sup>1\*</sup>; KATO, Tomomi<sup>2</sup>; HORIKAWA, Keiji<sup>3</sup>; NAKAMURA, Toshio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学年代測定総合研究センター, <sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>3</sup> 富山大学大学院理工学研究部

<sup>1</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University, <sup>2</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>3</sup>Department of Environmental Biology and Chemistry, Toyama University

Stalagmite is a cave deposit precipitated from dripwater. Dripwater contains some dead carbon derived from carbonate-dissolved CO<sub>2</sub> through interaction with cave bedrock limestone, which will make the <sup>14</sup>C ages of the stalagmite older, and so a correction of the dead carbon fraction (DCF) is needed for <sup>14</sup>C dating of stalagmites. In this study, we investigated seasonal variation in <sup>14</sup>C in dripwater in the Ryugashi Cave, Shizuoka Prefecture, to examine the DCF stability in a stalagmite. The results show that <sup>14</sup>C concentration in dripwater was different depending on the site in the Ryugashi Cave, and that the <sup>14</sup>C showed similar seasonal variations at all sites: lower in fall and winter, while higher in spring and summer, though the extent of the seasonal variations was different by site. The <sup>14</sup>C concentration in dripwater tended to be higher (DCF tends to be lower) in dripwater with lower drip rate, indicating that the <sup>14</sup>C in dripwater was correlated with the drip rate, and also correlated with rainfall amount around the Ryugashi Cave.

A growing stalagmite collected from a site in the Ryugashi Cave showed a roughly constant DCF (around 12%) compared with the <sup>14</sup>C with the IntCal13 calibration curve, though the DCF was slightly fluctuated in detail. The results indicate that high-resolution <sup>14</sup>C measurement can be performed on stalagmites in the Ryugashi Cave, and further that the DCF fluctuation observed for stalagmites could give information on change of paleo-rainfall amount. Based on the scenario that the increase in rainfall amount brings the increase in drip rate of dripwater, followed by the increase in soil-derived carbon fraction in dripwater, further followed by the <sup>14</sup>C increase (DCF decrease) in dripwater, the reconstruction of precipitation could be performed using DCF variation in a stalagmite.

キーワード: 滴下水, 石筍, 放射性炭素

Keywords: dripwater, stalagmite, radiocarbon

## 火葬骨の炭酸ヒドロキシアパタイトを用いた<sup>14</sup>C年代測定の試み An attempt on <sup>14</sup>C dating of carbonate hydroxyapatite in a cremated bone

椋本 ひかり<sup>1\*</sup>; 南 雅代<sup>2</sup>; 中村 俊夫<sup>2</sup>; 鍵 裕之<sup>3</sup>

MUKUMOTO, Hikari<sup>1\*</sup>; MINAMI, Masayo<sup>2</sup>; NAKAMURA, Toshio<sup>2</sup>; KAGI, Hiroyuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学理学部地球惑星科学科, <sup>2</sup> 名古屋大学年代測定総合研究センター, <sup>3</sup> 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設

<sup>1</sup>Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya University, <sup>2</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University, <sup>3</sup>Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Bones are one of the most important materials for archaeological and paleo-environmental dating because they can directly provide absolute dates themselves. Bone collagen, which contains bone protein that is less susceptible to chemical weathering, is commonly used for <sup>14</sup>C dating, but it sometimes has lost organic protein due to post-depositional chemical alternation and diagenesis, resulting in impossibility of <sup>14</sup>C dating. For the bones remaining no organic component, carbonate hydroxyapatite, an inorganic component, is useful for <sup>14</sup>C-measurement. However, the inorganic component in bones can easily be altered by acidic soil, and it has been considered to be unsuitable for <sup>14</sup>C dating. Recently, meanwhile, it is reported that <sup>14</sup>C dating using carbonate hydroxyapatite is possible for cremation bones heated at a high temperature (>600 °C). The objective of this study is to examine the possibility of <sup>14</sup>C dating using carbonate hydroxyapatite in cremated bones. The samples used were cremated bones in an urn, which are considered to be remains of Jokei, a Buddhist monk (AD 1155-1213). The bones had been possibly heated at high temperature, judged from the IR spectrum and XRD pattern. The carbonate hydroxyapatite in six bone fragments showed <sup>14</sup>C dates of 1155-1280 cal AD, which is similar with the supposed age. The result indicates that <sup>14</sup>C dating using carbonate hydroxyapatite is effective when the bone sample was enough heated and well-preserved after deposition.

キーワード: 骨, 炭酸ヒドロキシアパタイト, <sup>14</sup>C年代測定

Keywords: bone, carbonate hydroxyapatite, radiocarbon dating

## ミリ波大気微量分子観測装置のための超伝導デバイス開発 1 Development of superconducting device for millimeter-wave atmospheric radiometer 1

中島 拓<sup>1\*</sup>; 加藤 智隼<sup>1</sup>; 伊藤 万記生<sup>1</sup>; 秋山 直輝<sup>1</sup>; 藤井 由美<sup>1</sup>; 山本 宏昭<sup>1</sup>; 水野 亮<sup>1</sup>; 小嶋 崇文<sup>2</sup>; 藤井 泰範<sup>2</sup>; 野口 卓<sup>2</sup>; 浅山 信一郎<sup>2</sup>; 上月 雄人<sup>3</sup>; 小川 英夫<sup>3</sup>; 酒井 剛<sup>4</sup>  
NAKAJIMA, Tac<sup>1\*</sup>; KATO, Chihaya<sup>1</sup>; ITO, Makio<sup>1</sup>; AKIYAMA, Naoki<sup>1</sup>; FUJII, Yumi<sup>1</sup>; YAMAMOTO, Hiroaki<sup>1</sup>; MIZUNO, Akira<sup>1</sup>; KOJIMA, Takafumi<sup>2</sup>; FUJII, Yasunori<sup>2</sup>; NOGUUCHI, Takashi<sup>2</sup>; ASAYAMA, Shin'ichiro<sup>2</sup>; KOZUKI, Yuto<sup>3</sup>; OGAWA, Hideo<sup>3</sup>; SAKAI, Takeshi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>国立天文台, <sup>3</sup>大阪府立大学, <sup>4</sup>電気通信大学

<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>National Astronomical Observatory of Japan, <sup>3</sup>Osaka Prefecture University, <sup>4</sup>The University of Electro-Communications

名古屋大学 STE 研の大気圏環境部門・水野グループでは、中間圏オゾンおよび関連分子の変動をモニタリングするために、北海道・陸別町、チリ共和国・アタカマ高地、アルゼンチン・リオガジェゴス、南極・昭和基地においてミリ波帯での大気微量分子のリモートセンシングを行っている。ミリ波大気観測装置では、大気分子の回転遷移スペクトルを高感度で検出するため、受信機には SIS (Superconductor-Insulator-Superconductor) 構造を持つ STJ (Superconducting Tunnel Junction) デバイスが利用されている。STJ デバイスの開発・研究は特に電波天文学の分野で進んでおり、我々は昨年度から国立天文台先端技術センターとの共同開発研究により、大気観測装置のための新たなデバイスの設計と製作を行っている。本講演では、デバイス開発の概要およびオゾン分子スペクトル (周波数 110 GHz 付近) 観測のための 100 GHz (波長 3 mm) 帯デバイスの設計、試作、実験室での特性評価の結果を報告する。

100 GHz 帯の STJ 素子は、我々が運用する複数の大気分子観測装置の他、南米チリの NANTEN2 望遠鏡や野辺山の 45 m 電波望遠鏡の受信機などで実際に観測に使われている。しかし現状の観測装置では、約 10 年ほど前に製作されたやや雑音性能の悪い素子 (受信機雑音温度が 80 K 程度) か、較正に用いる常温電波雑音源での受信機出力の飽和度 (gain compression) が 10 % 前後となってしまう素子を用いた超伝導ミキサが用いられており、高い感度と観測精度が要求される大気分子観測装置に対しては難があった。特に大気観測装置では、超伝導ミキサでのリニアリティが確保されていることが重要である。電波望遠鏡で用いられているチョッパーホイール法での温度較正 (精度 ~ 10 %) と比較して、さらに一桁高い精度を目指す必要があるため、常温電波雑音源での gain compression は、1 % 程度に抑えたい。飽和度のシミュレーションによれば、100 GHz 帯で mixer gain=0 dB の場合、SIS 接合を 8 個以上直列に接続した素子が必要となる。しかしながら、多数の素子を精度良く均一に製作するのは難しい。そこで我々は、低雑音 (受信機雑音温度が 20 K 程度) かつ gain compression を出来る限り低く抑えた新たなデバイスの開発を目指し、製作実績のある 100 GHz 帯直列型素子 (Inoue 2011) を基に電磁界解析および同調回路等の設計を行った。そしてこれまでに、5 つの SIS 接合を直列に配置した 5J 直列接合型のデバイスを試作し評価したところ、実験室において局部発信周波数 85-105 GHz において 18-25 K という良好な性能が得られた。今後は、受信機雑音温度だけでなく、gain compression、中間周波信号特性、出力安定度などの評価を行い、100 GHz 帯のオゾン分子観測を行っている北海道・陸別、アルゼンチン・リオガジェゴスの装置での実用化を目指す。

キーワード: 中間圏, 微量分子, ミリ波, ラジオメーター, 超伝導デバイス, SIS ミキサ

Keywords: middle atmosphere, minor molecules, millimeter wave, radiometer, superconducting device, SIS mixer

## 日本産樹木年輪の14C年代に基づく暦年較正データとIntCal13との比較研究 14C age calibration dataset based on tree rings from Japanese wood and its comparison with IntCal13

中村 俊夫<sup>1\*</sup>; 増田 公明<sup>2</sup>; 三宅 美沙<sup>2</sup>; 箱崎 真隆<sup>1</sup>

NAKAMURA, Toshio<sup>1\*</sup>; MASUDA, Kimiaki<sup>2</sup>; MIYAKE, Fusa<sup>2</sup>; HAKOZAKI, Masataka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学年代測定総合研究センター, <sup>2</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University, <sup>2</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

最近では、さまざまな年代測定資料について得られた14C年代について、14C年代から暦年代への較正(換算)は不可欠なものとなっている。暦年代較正には、資料を産した炭素リザーバに応じていくつかの較正データが使い分けられる。北半球中緯度に位置する日本産の資料の14C年代は、一般に世界標準の暦年代較正データ IntCal13 (Reimer et al. 2013) を用いて較正される。また、南半球産の試料の14C年代は、南半球の暦年代較正データ SHCal13 (Hogg et al. 2013) を用いて較正される。IntCal13は、主として北米や欧州産樹木の年輪を用いて作成されたものである。SHCal13は、ニュージーランドやタスマニア島産樹木の年輪を用いて作成されたものである。一方で、国立歴史民俗博物館、名古屋大学、山形大学では、さまざまな日本産の樹木について年輪年代と14C年代の関係を調査し、IntCal13との一致度を比較検討してきた。これまでに日本の研究グループにより調べられた年輪試料の暦年代範囲は、現在から3000年前までのうち、飛び飛びで2000年間程度の範囲であるが、14C測定の誤差範囲内でほとんどの暦年代範囲でIntCal13データとほぼ調和的である。しかし、一部の範囲(紀元1世紀から3世紀)では顕著なズレが生じていることが明らかになった(尾寄2009)。特に、この顕著なズレの時期は弥生後期から古墳中期に含まれている。すなわち、弥生後期から古墳中期にかけては、IntCal13を較正に使うかぎり、14C年代測定法では日本産資料の暦年代を正しく推定することができないことになり、日本の考古学研究、歴史学研究に大きく支障をきたすことになる。さらに名古屋大学では、年代測定総合研究センターと太陽地球環境研究所との共同で、奈良県産の杉巨木、屋久島産の屋久杉巨木を用いて、過去2000年間の暦年較正データの検討を進めているところであるが、この暦年代区間の屋久杉年輪について、IntCal13に比べて14C年代が顕著に古い方にずれる傾向を見いだしている。

実際、宮原ほか(2005)、三宅ほか(2012)や吉光ほか(2012)は、奈良県室生寺から採取されたスギ材からAD1617-AD1739の年輪を、また鹿児島県屋久島で伐採された2本の屋久杉のうち、小型屋久杉からAD1413-AD1615及び大型屋久杉からAD72-AD1072の年輪を選別し、飛び飛びではあるが年輪を1年輪ごとに分割して14C濃度を測定した。Miyahara et al. (2006)や三宅ほか(2012)はこれらの年輪データをもとに、過去の太陽活動の強弱変動の周期を解析している。一方、これらの日本産樹木年輪の14C年代に着目すると、日本産樹木の14C年代は、IntCal13が示す14C年代に対して、AD72-AD1072の年輪で $+25 \pm 30$  14C年、AD1413-AD1615の年輪で $+16 \pm 22$  14C年、AD1617-AD1739の年輪で $+5 \pm 24$  14C年ほど古い年代側へのずれが見られた。すなわち、日本産樹木の14C年代とIntCal13の14C年代のずれは、14C年代のばらつきの範囲内ではあるが、日本産の樹木の方がIntCal13に比べて古い14C年代を示す傾向にあることが明らかである。さらに、同じ年輪年代について注意深く調査すると、日本産樹木の14C年代は、IntCal13の14C年代とSHCal13の14C年代の間を揺れ動いており、SHCal13の14C年代を超えて古い年代を示すことはない。また、韓国産樹木年輪AD1250-AD1650及びAD1650-AD1850では、IntCal13よりも平均的に $+17 \pm 35$  14C年、 $+6 \pm 13$  14C年古い年代を示すことが明らかにされており(Hong et al. 2013)、日本産樹木と調和的な値を示している。これらのずれは、14C年代較正の正確度にかかわる大問題であり、今後、高精度のデータを蓄積し詳細な検討が必要である。

キーワード: 放射性炭素年代, 樹木年輪年代, 暦年代, 太陽活動, 太平洋高気圧, 熱帯収束帯

Keywords: radiocarbon age, dendro-date, calendar date, solar activity, Pacific high barometric pressure, ITCZ

## 太陽-地球系における高エネルギー粒子の生成と地球大気環境への影響に関する研究 Acceleration of high-energy particles in geospace and influence of the energetic particles on the terrestrial atmosphere

水野 亮<sup>1\*</sup>; 長浜 智生<sup>1</sup>; 三好 由純<sup>1</sup>; 町田 忍<sup>1</sup>; 野澤 悟徳<sup>1</sup>; 大山 伸一郎<sup>1</sup>; 家田 章正<sup>1</sup>; 関 華奈子<sup>1</sup>; 平原 聖文<sup>1</sup>; 松原 豊<sup>1</sup>; 今田 晋亮<sup>1</sup>; 増田 智<sup>1</sup>; 小川 泰信<sup>2</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 中村 卓司<sup>2</sup>; 高島 健<sup>3</sup>; 藤原 均<sup>4</sup>; 川原 琢也<sup>5</sup>

MIZUNO, Akira<sup>1\*</sup>; NAGAHAMA, Tomoo<sup>1</sup>; MIYOSHI, Yoshizumi<sup>1</sup>; MACHIDA, Shinobu<sup>1</sup>; NOZAWA, Satonori<sup>1</sup>; OYAMA, Shin-ichiro<sup>1</sup>; IEDA, Akimasa<sup>1</sup>; SEKI, Kanako<sup>1</sup>; HIRAHARA, Masafumi<sup>1</sup>; MATSUBARA, Yutaka<sup>1</sup>; IMADA, Shinsuke<sup>1</sup>; MASUDA, Satoshi<sup>1</sup>; OGAWA, Yasunobu<sup>2</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; NAKAMURA, Takuji<sup>2</sup>; TAKASHIMA, Takeshi<sup>3</sup>; FUJIWARA, Hitoshi<sup>4</sup>; KAWAHARA, Takuya<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系, <sup>4</sup> 成蹊大学理工学部, <sup>5</sup> 信州大学工学部

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Department of Space Plasma Physics, Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, <sup>4</sup>Faculty of Science and Technology, Seikei University, <sup>5</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University

太陽から地球の間では、実に多様なメカニズムが絡み合い高エネルギー粒子が加速されている。太陽表面における大規模なフレアやコロナ質量放出はもとより、それらによって引き起こされる磁気嵐やサブストームなどの大規模な地球磁気圏の変動が、磁気リコネクションやホイスラー波などの波動粒子相互作用により電子やイオンを加速する。こうした高エネルギー粒子は磁力線に沿って地球の両極域から大気圏に侵入し、大気を加熱・電離し、連鎖的なイオン-分子反応により HO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> などを増加させる。さらにこうして形成された分子は極渦により成層圏まで輸送されることにより光化学寿命が延び、オゾンを始めとする地球の大気環境に影響を及ぼす可能性が示唆されている。本研究計画では、高エネルギー粒子の生成からそれが大気に及ぼす影響までを、衛星観測、地上観測、シミュレーションを組み合わせることにより、統合的かつ実証的に解明することを目指す。具体的には、ERG や EISCAT\_3D の大型計画に、太陽地球環境研究所独自のミリ波、ライダー、イメージャといった地上観測と GEMSIS-RBW のようなシミュレーションを組み合わせる。

また、現在頭脳循環 (H26-H28) で推進している研究を発展させ、若手の研究者を中心に新研究所の国際連携研究センターのもとで UCLA, LASP/UBC との間で推進している Van Allen Probes (放射線帯)、THEMIS・MMS (磁気圏)、SDO (太陽) 等の人工衛星データを用いた連携をさらに発展させ、統合データサイエンスセンターのもとにデータを集約し、国内外の研究者が利用できる解析環境および解析ツールを整備する。

キーワード: 粒子加速, 環境変動, 超高層物理, 太陽物理, 大気化学

Keywords: particle acceleration, environmental change, Aeronomy, solar physics, atmospheric chemistry

## 宇宙天気予報研究の新展開 New perspectives of space weather forecast

町田 忍<sup>1\*</sup>; 関 華奈子<sup>1</sup>; 増田 智<sup>1</sup>; 家田 章正<sup>1</sup>; 今田 晋亮<sup>1</sup>; 草野 完也<sup>1</sup>; 三好 由純<sup>1</sup>; 梅田 隆行<sup>1</sup>  
MACHIDA, Shinobu<sup>1\*</sup>; SEKI, Kanako<sup>1</sup>; MASUDA, Satoshi<sup>1</sup>; IEDA, Akimasa<sup>1</sup>; IMADA, Shinsuke<sup>1</sup>;  
KUSANO, Kanya<sup>1</sup>; MIYOSHI, Yoshizumi<sup>1</sup>; UMEDA, Takayuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

宇宙天気予報の研究は、地球の周辺を無数の人工衛星が飛び交って、それが社会のインフラを支え、さらに、スペース・ステーションに宇宙飛行士が常駐して活動を行う現代において、衛星の帯電放電事故や、高エネルギー粒子による搭載機器の電気素子の破損事故、さらに飛行士の放射線被曝などを未然に防ぎ社会の発展に貢献する観点から重要である。そのためには、太陽面における CME、フレアなどの爆発現象、太陽風の非線形的な発展と衝撃波の形成、地球磁気圏と太陽風の相互作用、サブストームと磁気嵐の特性と発生機構、内部磁気圏における高エネルギー粒子の生成、また、それらに関連して生起する磁気リコネクション、ケルビン=ヘルムホルツ不安定、サイクロトロン不安定、その他の各種プラズマ不安定、および波動粒子相互作用などの物理素過程の研究が重要である。

これまで、太陽地球環境研究所・総合解析部門においては、「実証型ジオスペース環境モデリングシステム」(Geospace Environment Modeling System for Integrated Studies: GEMSIS) と称される所内プロジェクトの一環として、観測事実を根ざしたモデルの構築を、精度の高い宇宙天気予報実現を視野に入れて推進してきた。

しかし、より高い精度の予報を実現するためには、太陽表面の活動に関するデータに基づいた、太陽風、太陽プロトン、地球周辺の宇宙線のフラックス変動、オーロラ活動、リングカレント強度、放射線帯粒子フラックスなどの予測、さらに、それらの根幹にある太陽ダイナモの予測を、データ同化に代表される統計数理的な解析手法やスーパーコンピューティングの技法を最大限活用して研究を加速させることが求められる。

新研究所の設立とともに設置される総合解析研究部においては、そのような宇宙天気予報の手法の確立を推し進める中で、宇宙地球環境に関わる新現象の発見や新しい指導原理の構築を目指したい。

キーワード: 宇宙天気予報, 太陽, 磁気圏, ジオスペース, プラズマ素過程

Keywords: space weather forecast, sun, magnetosphere, geospace, elementary plasma process

## 過去 5300 年の SPE 探査に向けた日本産樹木の年輪同位体分析計画 A plan of tree-ring isotopic analyses in Japan for SPE searching during the past 5300 years

箱崎 真隆<sup>1\*</sup>; 中村 俊夫<sup>1</sup>; 木村 勝彦<sup>2</sup>; 中塚 武<sup>3</sup>; 三宅 美沙<sup>4</sup>; 増田 公明<sup>4</sup>

HAKOZAKI, Masataka<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Toshio<sup>1</sup>; KIMURA, Katsuhiko<sup>2</sup>; NAKATSUKA, Takeshi<sup>3</sup>; MIYAKE, Fusa<sup>4</sup>; MASUDA, Kimiaki<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学年代測定総合研究センター, <sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類, <sup>3</sup>総合地球環境学研究所, <sup>4</sup>名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>4</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

近年、樹木年輪の同位体分析は著しい技術革新を遂げており、過去の宇宙・地球環境の解明に向けた高解像度プロキシデータの獲得が容易になりつつある。本発表では、Solar Particle Event(以下 SPE)の探査範囲拡張などを見越した、過去 5300 年の日本産樹木試料の年輪同位体分析の計画について述べる。

著者らは、山口県宇生賀盆地のスギ埋没林が約 3700-5300 年前のものであることを、年輪年代法(年輪幅)と C-14 年代法によって明らかにした。しかし、年輪年代法(年輪幅)による暦年代の確定には成功しなかった。日本を含む北東アジア地域では 3000 年前以前の木材試料が非常に少なく、宇生賀埋没林の年輪情報は古環境復元のプロキシとして地域的にも年代的にも極めて貴重であった。

著者らは、この宇生賀埋没林試料の暦年代を確定するため、近年、日本で飛躍的な発展を遂げている年輪酸素同位体比に基づく年輪年代法の利用を計画している。年輪中の酸素同位体比は年輪幅に比べて樹木の生理・生態的要素に左右されにくく、生理特性の異なる樹種間や生育環境の異なる同種個体間でも、年輪年代法に基づく年代決定を可能にする。共著者の中塚、木村らは全国各地の埋没林、遺跡出土木材を利用して、すでに 4300 年前まで暦年代を決定できる年輪酸素同位体比の標準年輪曲線を構築している。宇生賀埋没林の試料はこの標準年輪曲線と約 600 年のオーバーラップがあり、十分に暦年代を確定できる可能性をもっている。

暦年代が確定できた宇生賀埋没林の試料は、順次、1 年輪単位の C-14 濃度測定に用いる。樹木年輪の C-14 濃度は大気 C-14 濃度を強く反映しているため、過去の太陽活動の変化を復元する最良のプロキシである。本研究では 1 年輪単位という高解像度分析によって、SPE のような短期的な激変を捉え、その頻度や周期性の有無についても検討していく予定である。

キーワード: 樹木年輪, 酸素同位体比, SPE

Keywords: tree-rings, oxygen isotopic ratio, SPE

## シームレス科学としての宇宙線物理学 Cosmic-ray physics as a seamless science

増田 公明<sup>1\*</sup>  
MASUDA, Kimiaki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所  
<sup>1</sup>STE Lab., Nagoya University

Cosmic rays are high-energy radiation flying in extra-terrestrial space. Particularly those coming from extra-heliosphere are called the galactic cosmic-rays and have a energy spectrum ranging over a broad region of  $10^8$  eV to  $10^{20}$  eV. Among the galactic cosmic-rays, charged particles reach the earth being affected by magnetic fields in the space. The flux of charged particles with the kinetic energy less than 10 GeV/n are modulated by solar magnetic activity. The cosmic rays entering the earth's atmosphere interact with earth's atmospheric atomic nuclei and produce secondary particles called the air shower. For high energy region, by detection of air showers using various methods and comparison with simulation results, original particle energy and its species are determined. On the other hand, the secondary particles produce atmospheric ions through atomic-molecular interaction by ionization process, and then form atmospheric electric field and relate production of aerosol particles and cloud condensation nucleation.

Three subjects in the cosmic-ray study are (a) mechanism of acceleration and production, (b) nature of cosmic-ray particles themselves and (c) propagation and relation to the sun and the earth in neighboring environment. Here, two detailed topics connected from the space to the solar-terrestrial environment are introduced.

The frequency of cosmic-rays around the highest energy is less than 1 particle/km<sup>2</sup>/year. Good statistical detection with such low frequency needs an extensive observation site. In the measurements of primary cosmic ray energy and nuclear species, fluorescence detection of air showers originated by cosmic rays and extended sampling detection of air shower particles at the ground are used together with simulations. However, particularly for ultra-high energy regions, hadron interaction models used in simulations have not yet verified and this uncertainty gives large systematic errors for determination of cosmic ray energy and species of nuclei. We are carrying out a verification experiment (LHCf collaboration) at LHC, which is a particle accelerator with the highest energy in the world. We have obtained good results up to the energy of  $10^{17}$  eV equivalent with proton-proton collisions. In order to apply to the real air shower, collision experiments of proton-light nucleus (nitrogen, oxygen, etc.) and light nucleus-light nucleus to iron nucleus are needed.

Cosmic-ray particles entering the earth initiate nuclear interactions with atmospheric atomic nuclei and produce many secondary particles. These secondary cosmic-rays create atmospheric ions according to their ionization ability. It is considered that these ions promote the production and growth of aerosol particles, which become cloud condensation nuclei in the atmosphere. We are trying to verify the correlation between the time variations in the cosmic-ray intensity measured by neutron monitors at the ground and the earth's low-altitude cloud cover, by a chamber experiment with artificial radiation sources.

Cosmic rays reach the earth surface from the space far away through the heliosphere and the earth's atmosphere, and interact with each region. It is necessary to consider such broad regions connecting seamlessly.

We have conducted the study on elementary process on cosmic-ray interactions with earth's atmosphere and verification of its relation to global climate, and would like to clarify the seamless process through the cosmic-rays. In this talk, we introduce the details of these studies.

キーワード: 宇宙線, 太陽, 地球大気, ハドロン相互作用, イオン誘発核生成  
Keywords: cosmic ray, the sun, earth's atmosphere, hadron interaction, ion-induced nucleation

## 太陽から地球を越え恒星間空間へと広がる太陽風の観測研究 Observational study of the solar wind expanding from the Sun beyond the Earth and to the interstellar medium

徳丸 宗利<sup>1\*</sup>; 藤木 謙一<sup>1</sup>  
TOKUMARU, Munetoshi<sup>1\*</sup>; FUJIKI, Ken'ichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所  
<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

すべての太陽系惑星は太陽から吹き出す超音速のプラズマ流(太陽風)に包まれ、その流れとの相互作用を絶えず繰り返している。磁場を持つ地球の場合、周囲に磁気圏が形成され、地球大気が直接太陽風と相互作用することはない。しかし、そのように磁場のバリアーで守られた環境であっても、激しい太陽風の変動は地球近傍の宇宙環境や超高層大気に大きな影響を与えている。この影響は、宇宙システムや電気通信などの社会基盤にとって深層な障害をもたらすことから、確かな予報が可能な精度まで太陽-地球系の物理過程を理解しようとする試み(宇宙天気予報研究)が精力的に行われている。特に太陽風の精密な理解は、宇宙天気予報を実現するため不可欠な要素となる。太陽活動に伴う変動は、地球の超高層大気だけでなく表面近くの環境においても見られ、その解釈として太陽風が介在するメカニズムがいくつか提案されている。よって、一方、地球軌道を遙かに超えて膨張した太陽風は恒星間空間媒質と衝突し、ここでも激しい相互作用を繰り返している。この相互作用によって形成される領域・太陽圏は、太陽-地球間の距離の約100倍の広がりを持つ。最近、探査機(Voyager-1,2)がこの太陽圏境界を通過し、未踏の領域である恒星間空間の観測データを送り続けている。こういった遠方の太陽圏外領域も地球周辺の環境と無縁ではない。それは太陽圏の大規模構造は地球へ到来する銀河宇宙線に大きな影響を与えるからである。ここで興味深い事実は現在の太陽活動の顕著な低下に伴って太陽風に大きな変化が起きており、その結果として太陽圏全体の収縮が予想されていることである。よって、現在の太陽風と地球環境の変化を調べることで、従来謎であった結合過程を明らかにすることができるであろう。名古屋大学太陽地球環境研究所では、長年にわたって惑星間空間シンチレーション(IPS)による太陽風観測を実施してきている。この観測は国内の3ヶ所に配置したUHF帯大型電波望遠鏡を使って実施され、取得したデータからは太陽風の全球的な分布を精度よく決定することができる。本観測データは世界的にみてユニークなもので、国内外の研究者に提供され多くの共同研究が実施されてきた。これまでの研究からは、太陽活動に伴って劇的に変化する太陽圏の3次元特性、爆発現象に伴う擾乱の伝搬過程、未だ謎となっている太陽風生成機構などが明らかにされている。今後IPS観測を通じて、特異な太陽活動によって生じる太陽風の変動とその地球環境への影響を明らかにしてゆく予定である。

キーワード: 太陽風, 惑星間空間シンチレーション, 太陽活動周期, 太陽圏, 宇宙天気  
Keywords: solar wind, interplanetary scintillation, solar cycle, heliosphere, space weather

## 宇宙線生成核種の測定による過去の太陽活動の調査 Research of past solar activity by using cosmogenic nuclides

三宅 美沙<sup>1\*</sup>  
MIYAKE, Fusa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学 高等研究院 (太陽地球環境研究所)

<sup>1</sup>Institute for Advanced Research (Solar-Terrestrial Environment Laboratory), Nagoya University

地球へ入射する宇宙線によって、<sup>14</sup>C や <sup>10</sup>Be といった宇宙線生成核種が作られる。これらの核種は樹木年輪や氷床などへ蓄積されるため、アーカイブサンプル中の核種濃度を測定することで過去の宇宙線強度を調査できる。また地球への宇宙線強度は太陽地球間磁場によって影響されているため、宇宙線生成核種濃度は過去の太陽活動も反映していると考えられる。

<sup>14</sup>C 濃度測定の先行研究として、過去 1 万年を超える 10 年分解能の IntCal 変動曲線があり、長期的な太陽活動が緩やかな変化として現れている。また、1 年分解能の測定もマウンダー極小期をはじめとするいくつかの太陽活動極小期 (Grand Solar Minimum) を対象に行われており、太陽活動度と太陽の 11 年周期として知られるシュワーベサイクル長との間に逆相関の傾向が報告されている。しかし、シュペーラー型の太陽活動極小期にはこの傾向が弱く、完全に理解されていないため、さらに長期間の単年 <sup>14</sup>C データが必要である。

一方、太陽面爆発 (フレア、CME) により大規模な SPE (Solar Proton Event) が発生した場合、短期間に到来宇宙線量が増加し宇宙線生成核種濃度の急激な上昇が期待できる。これまでに <sup>14</sup>C 濃度単年測定から、西暦 774-775 年と西暦 993-994 年の 2 つの宇宙線急増イベントが見つかっており、<sup>10</sup>Be 濃度にもこれらのイベントの存在が示されている。これらのイベントは非常に大規模な SPE によって引き起こされたと考えられ、仮に同規模のイベントが現在発生した場合、人間活動に与える影響も甚大だと予想される。従って大規模 SPE の発生頻度や発生の仕方を明らかにすることが非常に重要となり、これらは過去長期にわたる単年 <sup>14</sup>C 濃度測定により明らかになると期待できる。

現在、過去 5 千年間の日本産樹木と、1 万年間の北米産樹木を用いた <sup>14</sup>C 濃度単年測定を計画しており、この 1 万年間の太陽活動周期や大規模 SPE 頻度の調査を予定している。本講演では過去 1 万年間の単年 <sup>14</sup>C 濃度測定計画とともに、さらに長期間の調査が可能な氷床中 <sup>10</sup>Be 濃度測定への展望について述べる。

キーワード: 太陽活動, 宇宙線生成核種

Keywords: solar activity, cosmogenic nuclide

直接観測で解明するエネルギー・領域間結合過程による宇宙空間プラズマにおける  
粒子加速とジオスペース現象  
Space plasma acceleration and geospace phenomena due to the energy/sphere couplings  
elucidated by in-situ observations

平原 聖文<sup>1\*</sup>

HIRAHARA, Masafumi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

The terrestrial ionosphere and magnetosphere in the polar regions are directly coupled each other through the field-aligned plasma particle transport and the plasma wave propagation basically along the geomagnetic field lines. The field-aligned currents are also carried mainly by the thermal and energetic electrons originating from the ionosphere and the magnetosphere, corresponding to the downward and upward current directions, respectively. The plasma motions widely driven in the magnetized space produce the electric fields due to the magnetohydro dynamics. This global electric field distribution by the plasma convection/circulation is regarded as sources of the plasma acceleration and the other types of the space plasma activities in the vicinity of the Earth. For instance, these properties of the space plasmas in the Geospace are the direct causes of the auroral activities, which means that the space plasma dynamics significantly affect the upper neutral atmosphere and hence stimulate the heating and the disturbances. These coupling processes could sometimes influence the upper atmospheric environment in the mid-latitude regions. It has also been revealed that the ionospheric plasmas are important for the magnetospheric dynamics in the Geospace through the upflowing mechanisms and the escape processes of the accelerated ionospheric plasmas at high latitudes and their density contributions, for instance, to the plasmasphere and the ring current region in the inner magnetosphere. The ionospheric plasmas are considered to be one of the most crucial elements controlling the magnetospheric plasma activities. In addition to the projection and/or propagation of the electromagnetic effects mentioned above, it should be noted that the plasma transport processes among the various regions in the Geospace including the ionosphere and the magnetosphere are fundamental for the space plasma dynamics, and these processes are called the sphere couplings in the Geospace. On the other hand, it is the wave-particle interaction in the space plasma to dominate the energy transfer among the different types of plasma population distributing almost isolatedly in several energy ranges because these plasmas in the topside ionosphere and the magnetosphere are essentially collision-free. In order to address these plasma dynamics in terms of the wave-particle interaction and the energy coupling, in-situ observations based on spacecraft explorations are playing the most fundamental role for the space plasma physics and the solar-terrestrial physics. While a number of the satellite/spacecraft mission have been carried out by the Japanese community and the overseas research agencies, we should recognize that it is not prevailing to cover the wide energy/frequency ranges of the plasma particles and waves and quantitatively investigate the energy transfer between the particles and the waves by using direct measurement techniques realizing high time resolution.

In this presentation, we introduce the previous and current space exploration missions performed mainly by our Japanese community, and also discuss the significance and the future perspectives of the in-situ observations which would bring us with more direct physical clues for the space plasma dynamics and the Geospace environment.

キーワード: 宇宙空間プラズマ, 粒子加速, ジオスペース, 直接観測, 探査計画, 結合過程

Keywords: space plasma, particle acceleration, Geospace, in-situ observation, space exploration mission, coupling process

## メソ降水系や台風を対象とした航空機観測 Aircraft observation on mesoscale and microphysical processes in a mesoscale convective system and typhoon

篠田 太郎<sup>1\*</sup>; 坪木 和久<sup>1</sup>; 小池 真<sup>2</sup>; 新野 宏<sup>3</sup>; 佐藤 正樹<sup>3</sup>

SHINODA, Taro<sup>1\*</sup>; TSUBOKI, Kazuhisa<sup>1</sup>; KOIKE, Makoto<sup>2</sup>; NIINO, Hiroshi<sup>3</sup>; SATOH, Masaki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学地球水循環研究センター, <sup>2</sup>東京大学大学院理学系研究科, <sup>3</sup>東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, <sup>2</sup>Graduate School of Science, the University of Tokyo, <sup>3</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

航空機観測は航空機の飛行経路に沿って時空間的に密な結果を得ることができるため、地上観測や衛星観測とともに地球科学研究においては有益かつ重要な観測手段である。日本気象学会は日本学術会議が公募した第22期学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープラン「学術大型研究計画」に「航空機観測による大気科学・気候システム研究の推進」を提案し、観測計画の準備を進めている。具体的には、温室効果気体の循環と収支過程、対流圏内の様々な物質における化学的な変質過程、エアロゾルと雲の相互作用、雲物理過程などについて航空機を用いた観測計画の策定を行っている。このうち、メソ降水系や台風を対象とした観測計画においては、これらの内部や周辺大気環境場における3次元気流場、温湿度場、雲物理的特性などの観測を行うことで、これらの現象における雲力学、雲物理学的な理解を進める必要があると考えられる。航空機観測の結果をデータ同化システムと組み合わせることにより、極端現象の予報精度の向上も期待できる。

しかしながら、日本においてはメソ降水系や台風を対象とした航空機観測の実施例は非常に限られている。この分野における航空機観測の経験や測器が決定的に不足していることは否めない。最初に取り組むべき課題は有用な観測測器の選択と開発である。例えば、複数の観測チャンネルをもつドロップゾンデを保有している日本の研究期間は無いが、この測器はメソ降水系や台風の周辺における大気環境場を連続して観測するために必要不可欠な測器である。最近、著しく研究が進んでいる台風海洋相互作用の研究を行うためには、大気環境場を観測できるドロップゾンデだけでなく、海中の水温プロファイルを観測できる airborne expendable bathythermograph (AXBT) や水温と塩分濃度のプロファイルを観測できる airborne expendable conductivity, temperature, and depth probe (AXCTD) を組み合わせた測器を用いることが有効であると考えられる。雲・降水粒子を直接観測することのできる雲粒子ゾンデを航空機から投下するシステムを開発することができれば、航空機が侵入できない降水セルの内部領域などの直接観測を行うことができる。このような測器を用いて取得されたメソ降水系や台風内部の雲物理特性の観測結果は衛星観測や数値モデルの検証に有効であると考えられる。また、エアロゾルの種類や数濃度と雲粒子の同時観測を行うことで、巨大凝結核が暖かい雨の併成長過程に与える影響や降水システムの組織化や加熱プロファイルに与える影響を検討することも可能となることが期待される。航空機搭載型のライダー(水蒸気ライダー)やレーダ(ドップラーレーダ・偏波レーダ)を用いることで、台風の発生期や急発達期における内部構造の変化を捉えることができることも期待される。メソ降水系や台風を対象とした航空機観測については、日本だけでなく東アジアや西太平洋域の国や地域との連携が不可欠である。これらの国々における航空機観測を実施するためのノウハウ(飛行計画の提出や飛行許可の取得)も積んでいく必要がある。また、観測測器を使える状態に維持することや後方支援体制の確立なども行っていく必要がある。

キーワード: 航空機観測, 台風, メソ降水系, 雲物理過程, 観測測器

Keywords: Aircraft observations, typhoons, mesoscale convective systems, microphysical processes, observational instruments

## 北欧トロムソにおける EISCAT レーダーを中心とした電離圏・熱圏・中間圏拠点観測

### Observations of dynamical and chemical variations of mesosphere, thermosphere, and ionosphere at the EISCAT Tromsø site

野澤 悟徳<sup>1\*</sup>; 宮岡 宏<sup>2</sup>; 大山 伸一郎<sup>1</sup>; 小川 泰信<sup>2</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 塩川 和夫<sup>1</sup>; 大塚 雄一<sup>1</sup>; 津田 卓雄<sup>3</sup>; 川原 琢也<sup>4</sup>; 斎藤 徳人<sup>5</sup>; 和田 智之<sup>5</sup>; 川端 哲也<sup>1</sup>; 藤原 均<sup>6</sup>; 高橋 透<sup>1</sup>; 水野 亮<sup>1</sup>; ホール クリス<sup>7</sup>; ブレッケ アスゲイア<sup>8</sup>; 藤井 良一<sup>1</sup>

NOZAWA, Satonori<sup>1\*</sup>; MIYAOKA, Hiroshi<sup>2</sup>; OYAMA, Shin-ichiro<sup>1</sup>; OGAWA, Yasunobu<sup>2</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; SHIOKAWA, Kazuo<sup>1</sup>; OTSUKA, Yuichi<sup>1</sup>; TSUDA, Takuo<sup>3</sup>; KAWAHARA, Takuya<sup>4</sup>; SAITO, Norihito<sup>5</sup>; WADA, Satoshi<sup>5</sup>; KAWABATA, Tetsuya<sup>1</sup>; FUJIWARA, Hitoshi<sup>6</sup>; TAKAHASHI, Toru<sup>1</sup>; MIZUNO, Akira<sup>1</sup>; HALL, Chris<sup>7</sup>; BREKKE, Asgeir<sup>8</sup>; FUJII, Ryoichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 電気通信大学, <sup>4</sup> 信州大学工学部, <sup>5</sup> 理化学研究所光量子工学研究領域, <sup>6</sup> 成蹊大学理工学部, <sup>7</sup> トロムソ大学 TGO, <sup>8</sup> トロムソ大学理学部

<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>NIPR, <sup>3</sup>The University of Electro-Communications, <sup>4</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University, <sup>5</sup>Advanced Photonics Technology Development Group, RIKEN, <sup>6</sup>Faculty of Science and Technology, Seikei University, <sup>7</sup>Tromsø Geophysical Observatory, The Arctic University of Tromsø, <sup>8</sup>Faculty of Science, The Arctic University of Tromsø

我々は、ノルウェー・トロムソ（北緯 69.6 度、東経 19.2 度）の EISCAT レーダートロムソ観測所に、複数の観測装置を設置、運用し、北極域中間圏・熱圏・電離圏の総合観測を実施している。本講演では、トロムソでの拠点観測の概要を紹介し、代表的な研究成果を紹介する。また、将来計画についても述べる。

欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーシステムは、スカンジナビア北部トロムソ（ノルウェー）、キルナ（スウェーデン）、ソダンキラ（フィンランド）とスヴァールバル諸島ロンゲイアピンに設置されている世界で第一級の非干渉散乱レーダーシステムである。このレーダーシステムは、極冠域からカस्प、オーロラ帯、サブオーロラ帯にまでいたる広い領域をカバーしている。中心サイトであるトロムソには、EISCAT UHF レーダーと VHF レーダーが稼働している。EISCAT UHF レーダーは、通常高度 90 km より 500 km 領域において、基本的なプラズマパラメーター（電子密度、イオン温度、電子温度、イオン速度）を取得している。これらのデータは、オーロラダイナミクス、電離圏電流、電離圏電気伝導度、電場変動、下部熱圏大気ダイナミクスなどの研究に広く使われている。一方、EISCAT VHF レーダーは、D 領域の観測（高度 60 km 以上）や、トップサイド（高度約 300-1000 km）の観測に主に利用され、降下高エネルギー粒子やイオン上昇流の研究等に広く利用されている。様々な現象のより深い理解のため、我々は 1998 年以降各種の観測装置をトロムソに設置し、主にトロムソ大学と EISCAT 科学協会との連携のもと運用している。具体的には、下層大気から伝搬する大気波動の高度変動を詳しく調べるため、中間圏風速変動観測用の MF レーダーや流星レーダーの運用、オーロラの時間・空間変動やオーロラ降下粒子の観測のための、全天イメージャーやフォトメータの運用である。下部熱圏 (90-120 km) 風速を高度・時間分解能良く導出できる地上観測装置は、非干渉散乱レーダーだけであり、中間圏風速測定を加えることにより、高度 70 km から 120 km までの大気波動の高度変動の観測が可能となる。また、EISCAT レーダーは、高度方向に精度良く観測できるが、面的な観測には向いていない。そこで、空間的広がりを抑えることができるイメージャーを併用することにより、EISCAT レーダーの観測領域が、オーロラのどの部分に対応しているかが判別でき、オーロラダイナミクスや電流系についての詳細な研究が可能となる。

名古屋大学太陽地球環境研究所 (STEL) のグループは、1998 年から中間圏風速測定用の MF レーダーの共同運用に参加した。それ以降、オーロラ観測用のフォトメータ、プロトンイメージャーを設置した。さらに、2009 年には、熱圏風速測定用のファブリペロイメジャ (FPI) や大気波動観測用の大気光イメージャーを設置した。これらの観測装置は、冬期自動観測により運用している。そして、2010 年秋から、ナトリウムライダーにより高度 80-110 km の大気温度・ナトリウム密度の詳細観測を暗夜期間 (10 月から 3 月) に実施している。2012 年秋からは、風速測定も実施している。一方国立極地研究所 (NIPR) のグループは、2003 年冬に高度 80-100 km の風速を測定する流星レーダーの運用を開始し、さらに、オーロラ観測用の高速イメージャー群を 2003 年以降に整備・拡張している。また、STEL と NIPR が中心となり、衛星ビーコン受信機や多点の GPS 受信機等による電離圏シンチレーション観測を 2008 年 3 月から実施している。これらの観測装置の運用により、トロムソ観測所は、中間圏・熱圏・電離圏の世界屈指の観測拠点となっている。講演では、これらの観測機器を紹介するとともに、代表的な研究成果について紹介する。さらに、成層圏・中間圏大気微量成分観測用のミリ波受信機の設置や EISCAT\_3D 計画など、将来計画についても報告する予定である。

キーワード: 熱圏, 電離圏, 中間圏, EISCAT レーダー, ナトリウムライダー, 北極域

---

U06-P19

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 18:15-19:30

Keywords: Thermosphere, Ionosphere, Mesosphere, EISCAT radar, sodium LIDAR, polar region

## ミリ波大気微量分子観測装置のための超伝導デバイス開発2 Development of superconducting device for millimeter-wave atmospheric radiometer 2

加藤 智隼<sup>1\*</sup>; 中島 拓<sup>1</sup>; 伊藤 万記生<sup>1</sup>; 古賀 真沙子<sup>1</sup>; 藤井 由美<sup>1</sup>; 山本 宏昭<sup>1</sup>; 水野 亮<sup>1</sup>;  
小嶋 崇文<sup>2</sup>; 藤井 泰範<sup>2</sup>; 野口 卓<sup>2</sup>; 浅山 信一郎<sup>2</sup>; 上月 雄人<sup>3</sup>; 長谷川 豊<sup>3</sup>; 小川 英夫<sup>3</sup>  
KATO, Chihaya<sup>1\*</sup>; NAKAJIMA, Tac<sup>1</sup>; ITO, Makio<sup>1</sup>; KOGA, Masako<sup>1</sup>; FUJII, Yumi<sup>1</sup>; YAMAMOTO, Hiroaki<sup>1</sup>;  
MIZUNO, Akira<sup>1</sup>; KOJIMA, Takafumi<sup>2</sup>; FUJII, Yasunori<sup>2</sup>; NOGUUCHI, Takashi<sup>2</sup>; ASAYAMA, Shin'ichiro<sup>2</sup>;  
KOZUKI, Yuto<sup>3</sup>; HASEGAWA, Yutaka<sup>3</sup>; OGAWA, Hideo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>国立天文台, <sup>3</sup>大阪府立大学

<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>National Astronomical Observatory of Japan, <sup>3</sup>Osaka Prefecture University

地球上空の大気微量分子は、回転してミリ波帯の電波を発生する。そこで名古屋大学 STE 研の大気圏環境部門・水野グループでは、この電波を受信するミリ波観測装置を運用し、中間圏における O<sub>3</sub>(208.7GHz, 235.7GHz) およびその生成・消滅に関わる NO(250.9GHz)、ClO(204.3GHz) 等の大気分子の高度分布や時間変動の長期的モニタリングを行っている。観測装置は、北海道・陸別、チリ・アタカマ、アルゼンチン・リオガジェゴス、南極・昭和基地に設置されており、来年度にはノルウェー・トロムソにも新たに観測装置を設置する予定である。

大気観測装置にはミリ波帯の受信機が搭載されており、その中の超伝導デバイスが受信機の性能を大きく左右する。そこで我々は、国立天文台先端技術センターとの共同開発研究として、大気観測装置用のミリ波・サブミリ波帯の超伝導デバイス (SIS 素子) を開発している。特に私は、チリ・アタカマやノルウェー・トロムソの観測装置に搭載する 200 GHz(波長 1.5 mm) 帯のデバイスを開発している。現在用いられているデバイスは、周波数帯域が非常に狭いため一度に測定できる大気分子が少なかった。そこで我々は、複数の大気分子を一度に観測するため、広い周波数帯域で高感度に電波を受信できる素子の開発を目指している。具体的には局部発振周波数 190 - 260 GHz において受信機雑音温度 ( $T_{rx}$ ) が 30K 以下となる素子の製作を目標としている。

我々はこれまでに、広帯域な周波数特性を持つデバイスとしてマイクロストリップライン (MSL) とコプレーナーウェーブガイド (CPW) によってインピーダンス整合をとる直列接合素子を電磁界解析および等価回路解析を基に設計してきた。具体的には、先行研究で行われた 100GHz 帯直列接合型素子 (Inoue 2011) の基本構造を基に、先行研究では考慮されていなかった素子の直列接合部分の構造を等価回路や物理モデルによって明らかにし、その内容を踏まえた 200GHz 帯の新素子を設計した。この素子においては、タッカーの量子論に基づいたシミュレーションの結果、局部発振周波数が 170 - 270 GHz の範囲で  $T_{rx} < 30K$  となる性能を得ることに成功した。現在は設計した素子を実際に製作し、実験室にて大気観測装置への搭載に向けた性能評価を進めている。今後は、製作した素子の評価を進めると共に、得られた結果を次回設計にフィードバックして、目標の性能を満たす素子の製作を進める予定である。

本講演では、製作したデバイスの基本設計、現在までに得られた実験室での特性評価の結果、および大気観測装置への搭載に向けた見通しについて報告する。

キーワード: 中間圏, 微量分子, ミリ波, ラジオメーター, 超伝導デバイス, SIS ミキサ

Keywords: middle atmosphere, minor molecules, millimeter wave, radiometer, superconducting device, SIS mixer

## SuperDARN レーダーネットワークで拓くシームレス科学 Development of seamless science using the SuperDARN network

西谷 望<sup>1\*</sup>  
NISHITANI, Nozomu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所  
<sup>1</sup> Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

世界 12 か国の国際協力により運営されている HF レーダーのネットワークである SuperDARN ネットワークは南北両半球の高緯度・中緯度域に設置した 33 基 (2015 年 2 月時点) のレーダーから構成され、継続して観測を行っている。主な観測対象は電離圏環境変動であるが、電離圏は太陽フレア・磁気圏変動等上方からの影響を受けるとともに、大気変動・地震等下方からの影響を同時に受けており、両者の影響を正しく解釈することが大きな課題である。しかしながら、逆に考えると SuperDARN レーダーを活用して上方・下方からの影響を正しく解釈することにより、太陽から地球表層までわたる宇宙・地球環境変動をシステムとしてとらえて研究するシームレス科学を展開することが可能である。名古屋大学では、北海道陸別町に二基の SuperDAARN レーダー: SuperDARN Hokkaido Pair of (HOP) radars を 2006 年、2014 年にそれぞれ設置し、継続して運用を行っており、このシームレス科学の探求に取り組んでいる。講演では、SuperDARN を活用して探究することができる宇宙・地球環境のシームレス科学に関する議論を行う。

キーワード: SuperDARN, シームレス科学, 太陽, 地球表層, 磁気圏, 電離圏  
Keywords: SuperDARN, seamless science, sun, the earth's surface, magnetosphere, ionosphere

## 宇宙の観測による海洋生態系と大気・陸域のシームレスな研究 Seamless study of ocean ecosystem, atmosphere and land with observation from space

石坂 丞二<sup>1\*</sup>

ISHIZAKA, Joji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学地球水循環研究センター

<sup>1</sup>Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University

海洋の一次生産者である植物プランクトンは、魚類等の生産量に影響を与えているだけではなく、炭素を初めとする物質の循環にも重要な役割を果たしている。太陽から放射された可視光は大気を通して、海中に透過し、海水中の植物プランクトンや他の物質によって吸収・散乱される。そして、その一部は海面から射出して宇宙に戻る。海面から射出された波長別の光（海色）を人工衛星から測定することによって、植物プランクトンなどの海水中の物質の質や量を推定できるようになってきている。この海色リモートセンシングデータによると、東シナ海では長江の流入量の変動によって植物プランクトン量が増加し、流入量の多い年には日本近くまで植物プランクトンの多い水が流れてきている。これは、中国から流入する長江の水に、人為的な影響で栄養塩が多く含まれているからと考えられる。また、黄海では植物プランクトン量が徐々に増加しており、またそのプランクトンの種類も変化してきている。極端に植物プランクトン濃度が高い場合は赤潮と呼ばれ、養殖などの人間生活に影響を与えることもあり、この状況も衛星で観測できるようになりつつある。2017年に日本で打ち上げ予定のGCOM-Cは、250mの高解像度でほぼ毎日観測でき、赤潮被害の軽減に利用されることが期待されている。また、韓国の静止衛星海色センサー GOCIは、毎昼間1時間ごとのデータを取得することが可能であり、台風直後に植物プランクトン濃度が激変する様子なども観測されている。一方で、大気を通して栄養塩が供給されて植物プランクトン濃度が増加することが知られているが、エアロゾル自体が衛星観測の誤差にもなり、さらに精度を高めるための研究も必要である。このように、宇宙からの海色リモートセンシングデータによる、海洋生態系と大気や陸域とシームレスにつなげた研究が期待される。

キーワード: 海色リモートセンシング, 植物プランクトン, 河川, エアロゾル, 台風, 海洋生態系

Keywords: ocean color remote sensing, phytoplankton, river, aerosol, typhoon, ocean ecosystem

## SCOSTEPの国際プログラム VarSITI (太陽活動変動とその地球への影響, 2014-2018) SCOSTEP's international program (2014-2018): Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact (VarSITI)

塩川 和夫<sup>1\*</sup>; Georgieva Katya<sup>2</sup>  
SHIOKAWA, Kazuo<sup>1\*</sup>; GEORGIEVA, Katya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup>Space Research and Technologies Institute, Bulgarian Academy of Sciences

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>2</sup>Space Research and Technologies Institute, Bulgarian Academy of Sciences

During the last solar minimum, solar activity was extremely low for an extended period, and the present maximum of sunspot cycle 24 is the lowest in the last 100 years. It is not clear what long-term solar activity variations we can expect in the future: whether this is just the end of the recent decades of high solar activity, or whether the Sun is entering a Maunder-type minimum. Moreover, it is not clear to what extent our present understanding of how the Sun influences the geospace - which is based on instrumental observations taken during only the period of high solar activity in the second part of the 20th century - will hold during periods of more moderate to low solar activity that may follow. And it is still more unclear how all this would affect global climate change, or how important becomes the penetration of various inputs from the Earth's lower atmosphere to the ionosphere and plasmasphere. In 2014-2018 the Scientific Committee On Solar-TERrestrial Physics (SCOSTEP) operates the scientific program "Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact" (VarSITI) which will focus on the recent and expected future solar activity and its consequences for the Earth, for various time scales from the order of thousands years to milliseconds, and for various locations and their connections from the solar interior to the Earth's atmosphere. In order to elucidate these various Sun-Earth connections, we encourage much closer communications between solar scientists (solar interior, atmosphere, and heliosphere) and geospace scientists (magnetosphere, ionosphere, and atmosphere). Campaign observations/data analysis for particular intervals, VarSITI web pages (<http://www.varsiti.org/>), mailing lists, and newsletters, are developed for this purpose. Four scientific projects are carried out under the VarSITI program: (1) Solar Evolution and Extrema (SEE), (2) International Study of Earth-Affecting Solar Transients (ISEST/MiniMax24), (3) Specification and Prediction of the Coupled Inner-Magnetospheric Environment (SPeCIMEN), and (4) Role Of the Sun and the Middle atmosphere/thermosphere/ionosphere In Climate (ROSMIC). These four projects will be carried out in collaboration with relevant satellite and ground-based missions as well as modeling efforts to facilitate the implementation of the projects. We will also discuss the collaboration with other on-going international projects like the UN-based space weather activities, particularly for promoting VarSITI-related science in developing countries, and ICSU World Data System (ICSU-WDS).

キーワード: 太陽活動変動, 気候変動, VarSITI, 国際プログラム, SCOSTEP  
Keywords: solar variability, climate change, VarSITI, international program, SCOSTEP

## 空間量子赤方偏移仮説と新定常宇宙論 Space Quantum Red Shift Hypothesis and New Theory of Non-Expansion Universe

種子 彰<sup>1\*</sup>  
TANEKO, Akira<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>SEED SCIENCE Labo.  
<sup>1</sup>SEED SCIENCE Labo.

地球から遠方の星ほど赤方偏移が大きいという観測結果を、ハッブルが報告した。この赤方偏移をドップラー効果と解釈した膨張宇宙仮説(ビックバン)が定説となっている。ビックバン仮説では、全質量が一点から爆発し、宇宙空間が膨張することで、遠方の光源ほど地球より遠ざかり、その観測結果(赤方偏移)をドップラー効果で説明されていた。宇宙の等方的な背景輻射は160億年前のビックバンの名残の証明とみなされていた。しかし、地球を中心とした赤方偏移を起こす理由を説明できず、誰が云いだしたか不明であるが、空間が膨張している解釈がドグマとなっている。地球上で実証できない空間の膨張を、宇宙の遠方からの光で観測できるという不思議な仮説となっている。

M.Rowan・Robinson氏が未知の百科事典(1)p95で、「背景輻射のエネルギー密度(分布プロフィール)が、多くの銀河系からくる星の光を寄せあつめて平均したエネルギー密度と良く似ているのである。こうした星の光を2.7°Kの黒体輻射の形に変形する方法というのは見つかっていない。」と述べている。それは、背景輻射のプロフィールが太陽の波長分布(プロフィール)に似ているという事実を指摘している。本仮説では、宇宙が閉じていて更にエネルギー保存法則も厳密に成立していると仮定している。もし太陽のピーク波長位置をドップラー効果以外で説明できて、更に地球中心の赤方偏移を説明できる仮説があれば、宇宙空間が膨張する必要がない。宇宙の彼方へ進んだ光は逆方向から地球に向かってくると考えた。典型的な星の光エネルギーが経過の宇宙半径を加えた距離に応じて、空間に希釈されていく。

拡散進行波は、量子効果が表れない範囲では波長も保存するが、エネルギーが希釈されて長波長側にずれて観測される。この光エネルギー希釈と波長のずれを、私は空間量子赤方偏移効果と解釈した。地球の観測地点を中心とする空間量子赤方偏移効果で、ハッブルの法則と等方背景輻射を説明した。

全質量が一点に集中する困難や宇宙空間が膨張する必要も無く、定常宇宙で地球中心に観測される赤方偏移を素直に理解が可能となった。

宇宙が閉じていれば、慣性質量が宇宙全ての(引力)の反作用であり、且つ宇宙が潰れない理由でもある。ここに定常宇宙論が完成した。

キーワード: 空間量子赤方偏移仮説, 新定常宇宙論, ハッブルの法則, ランバートの法則, 3度K背景輻射の解釈, エネルギー保存則

Keywords: Space Quantum Red Shift Hypothesis, New Theory of Non-Expansion Universe, Hubble's Law, Runbart' Law, Explain of 3degree K Back ground Radiation, conservation of energy