

U06-01

会場:105

時間:5月24日 09:00-09:15

宇宙・太陽から地球表層までのシームレスな科学を目指して一気候や大気環境の変動に関連する温室効果気体の観測研究ー
Evolution of New Seamless Science From Space, Sun to the Earth Surface: Observational studies of greenhouse gas species

松見 豊^{1*}
MATSUMI, Yutaka^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar Terrestrial Environment Laboratory

地球環境問題の解決に向けた地球システムの真の理解には、宇宙・太陽圏・電磁気圏・大気圏・水圏・地圏と生物圏が密接に相互作用するシステムとしての「太陽地球圏」を包括的に扱う科学の構築と推進が必要である。これらの領域をつなげてシームレスに研究することにより、境界領域の連続性と領域間の相互作用が明らかになる。本発表では名古屋大学でのこうしたシームレス研究の推進の動きを紹介する。また、発表者自身が行っている気候や大気環境の変動に関連する温室効果気体の観測について紹介するとともに、今後の発展方向について考察する。

キーワード: 地球温暖化, 温室効果気体, 気球観測, 二酸化炭素, メタン, レーザー同位体分光計

Keywords: Global warming, Greenhouse gas, Balloon-borne measurement, Carbon dioxide, Methane, Laser isotope spectrometer

太陽地球生命圏相互作用系の統合的研究の重要性 Importance of integrated research on the Sun-Earth-Life Interactive System (SELIS)

安成 哲三^{1*}
YASUNARI, Tetsuzo^{1*}

¹ 総合地球環境学研究所

¹ Research Institute for Humanity and Nature

20世紀の地球科学は、地球を細分化し、それぞれの現象・プロセスに近代物理学・化学の手法と考え方を導入して解明を進めてきた学問分野といえる。そして、それぞれの分野において、新たな現象の発見、解明を含めて、近代的な地球科学諸分野が発展し、それぞれの分野に対応した多くの学会が設立されている。この流れはもちろん、否定すべきものではなく、科学の歴史的発展の一段階として必然の帰結でもある。

現在、「グローバル」に拡大・発展してきた人類活動は、地球温暖化やオゾンホールに代表されるいわゆる「地球環境問題」を引き起こしている。しかし同時に、この人類の知的活動の進展により、地球が、太陽エネルギーを受けながら、さまざまな物理・化学プロセスが相互に密接に関連して機能し、進化してきたひとつのシステムであることを再認識させることにもなった。そして、最近の国内外の研究により、人類を含めた生命圏も、このシステムの進化・変化の過程に能動的に働きかけながら、現在の地球をかたちづくってきたことが、明らかになってきた。たとえば、大気層のオゾン層は、太陽からの紫外線フィルターとして、生命圏の維持に不可欠な役割を果たしているが、このオゾン層は対流圏からの酸素の絶えざる供給によって維持され、その酸素はもちろん、生命圏の光合成活動により維持されている。オゾン層のもうひとつの重要な機能は、大気成層圏の維持であり、成層圏の存在が、生命にとって不可欠の水物質の保存と水循環を含めた、地球表層と対流圏における閉じた物質循環を保障している。すなわち、オゾン層と生命圏は、相互にその維持を担う共生系を成しつつ形成されてきたことがわかる。一方で、強烈な太陽風エネルギーから生命圏を保護してきたのは、地球磁場の存在です。地球磁場の維持と変化によるオーロラの変動や、その変化機構を担う固体地球内部のダイナミクスも、地球表層の生命圏の進化と決して無縁ではない。現在の地球の生態系も、水・物質循環を介して、気候と共生的関係にあることが、ここ数年の私たちの進めてきたプロジェクトで明らかになりつつある。

このような地球システム全体を、太陽・地球・生命圏相互作用系と捉え、過去から現在に至るこの系の変化のダイナミクスを改めて理解し、未来をも予想することは、物理学・化学の応用問題としての地球科学ではなく、地球という惑星そのものが何であるかを考究する新たな「地球学」の構築をもめざすことでもある。そして、この地球学は、人類を含む生命圏の存続とさらなる発展（進化）が、今後どのようなかたちで有りうるかを考える基礎と契機になりうるであろう。

このような統合的研究の試みは、2003年から5年間にわたり名古屋大学21世紀COEプログラム「太陽・地球・生命圏相互作用系の変動学」として実施され、その成果の更なる発展を期して、統合的研究の設置が提案された。そのコアとなる活動は、学内の「地球生命圏研究機構（SELIS）」として引き継がれたが、新たな研究所としては時期尚早として見送られた。その後、SELISの統合的研究の必要性は、Future Earthなどの地球環境研の統合化の流れなどからも、さらに高まっているといえる。この度、名古屋大学が、太陽地球環境研究所、地球水循環研究センター、年代測定研究センターを改組・統合してこのSELISの統合的研究を目指した新たな研究所を設立するを決定したのは、このような国際的な動きと要望にまさに合致するものであり、統合的地球システム研究の世界的中核としての役割を担うことを大いに期待するものである。

キーワード: 太陽, 地球, 生命圏, 相互作用, 地球システム, 統合的研究

Keywords: Sun, Earth, Biosphere, Interaction, Earth system, Integrated research

生物活動および太陽活動の変化に対する大気化学応答 Atmospheric chemical response to the changes in biological and solar activities

今村 隆史^{1*}
IMAMURA, Takashi^{1*}

¹ 独立行政法人国立環境研究所環境計測研究センター

¹ Center for Environmental Measurement and Analysis, National Institute for Environmental Studies

The temporal and spatial distributions of atmospheric constituents, especially trace species, are related to air quality and climate system. The distribution of trace species in the atmosphere is controlled by the chemical processes, the emission and deposition and the transport from one region to another. Vegetation is the largest sources of reactive volatile organic compounds (VOCs) which are the precursors of photochemical ozone and organic aerosol in the troposphere. The increase in ozone and aerosol concentrations at the surface level would affect agricultural productivity, biogenic activities, and local/regional climate. On the other hand, ozone and aerosol budgets would be strongly influenced by human activities, e.g., agricultural and industrial activities. Furthermore, climate change affects vegetation and the emission rates of biogenic VOCs and emission which leads to change in the type and strength of biogenic volatile organic compounds' emission. It is therefore important to accelerate the joint-studies between biological and atmospheric science communities in order to improve the knowledge of the interrelation among biogenic activity, chemistry in the atmosphere, human activity, and climate.

Solar radiation, the heat source of Earth, is an important external factor to control and trigger chemical reactions in the atmosphere. For example, the production rates of stratospheric ozone are basically given as a function of the flux of solar radiation shorter than 240nm, which is much more sensitive to solar activity than the radiation in visible and IR region. Solar activity may also perturb the circulation field in the middle atmosphere. Therefore, the distribution of ozone in the middle atmosphere would be given as a complex function against the variation of solar activity. Solar activity change also influences on the amount of energetic charged particles which penetrate into the Earth's atmosphere. Solar energetic particle event is one of the examples and triggers many neutral and ionic reactions which results in the large changes in trace atmospheric species, e.g., total reactive nitrogen (NO_y) and ozone concentrations in the middle atmosphere. The enhanced NO_y and/or depleted ozone could be used as a tracer of the atmospheric motion. Not only transient phenomena but also long term variability of solar activity has an influence on Earth's environment. For example, one of the ideas concerning the interrelation between solar activity and climate is that the changes in the production rates of fine particles in response to the variation of solar activity would affect the solar energy reaching at the Earth's surface. However, in order to estimate the impact of solar activity changes on aerosol concentration, atmospheric chemical feedback should be considered because both the emissions of VOCs and chemical processes would also be influenced by the change in the solar flux and temperature. Environmental changes induced by solar/cosmic transient phenomena and/or long term variation of solar activity would be mediated through atmospheric processes and their information might be recorded into the ice core, soil, and biosphere. Information on interaction among sun-atmosphere-biosphere should be shared in order to understand the mechanisms how the atmospheric chemical processes response the change in solar activities and cosmic events.

海洋表層・大気下層間の物質循環リンケージ Linkages in biogeochemical cycles between surface ocean and lower atmosphere

植松 光夫^{1*}
UEMATSU, Mitsuo^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

人間活動による放出物質の増加や地球温暖化は、海洋へ運び込まれる陸上の物質の量を変化させ、海洋生物の種類や量など生態系に影響を与える。それによって、海洋生物が取り込む炭素や窒素、同時に海洋生物から放出される微量気体の量などが変化する。海洋生物起源の気体が大気中へ放出されて、粒子（エアロゾル）になると、太陽光を反射したり雲の性質や量を変えたりすると考えられている。海洋生物を通して大気と海洋の間に存在する境界領域でのシームレスな相互作用（リンケージ）を明らかにする研究成果を紹介する。

これらの一連の研究は大気化学、海洋気象学、海洋化学、海洋生物学、海洋物理学などの多岐にわたる分野の研究者が海洋大気境界層（海面から高度約2 kmまで）から境界面を挟んだ海洋表層（有光層約200 m以浅）を研究対象域として絞り込み、共通した研究課題に研究船での共同観測、地上大気観測および衛星観測の手法を用いて取り組んだ。

北太平洋中高緯度海域では大気からの自然現象による鉄供給量が、海洋の生物生産変動に大きく関与していることを黄砂の現場観測により、確かめることができた。また、火山灰中の鉄の供給により海域の生物生産が高まったことや、海洋生物による微量気体の生成量の増加が認められた。海洋上での揮発性有機物の測定や有機エアロゾルの化学組成分析から、海水から放出された気体が大気中で粒子化され、エアロゾルの増加を導くことが見出された。特に2008年のハワイ島・キラウエア火山の噴火は、北太平洋中央部でのエアロゾルの増加をもたらした。雲粒径の減少と雲被覆率を高め、洋上で負の放射強制力を強め、海水表面水温の低下を引き起こし、海洋生態系への間接的影響が存在する可能性を観測とモデルにより明らかにした。このように地球表面の70%を覆う海洋大気中のエアロゾル生成消滅過程の直接的な計測手法の開発により、大気海洋間の諸過程の重要な知見を得ることができた。

一方、北太平洋亜熱帯海域では地球温暖化により、海洋の表面水の成層化が強化され、窒素固定を行うプランクトンの増加を引き起こすが、大気からの物質の供給が極めて重要であり、プランクトン消長の制限因子になることを明らかにした。それに加えて、低気圧の通過や台風の発生と移動など気象現象による湧昇が生物生産を高めているという観測事例を基に、船上での台風模擬実験を実施した。その結果、大型の珪藻類が増加し、深海への炭素輸送が促進される可能性を見出し、モデルによる定量化に成功した。これらのことは、気候変化に伴った海洋構造の変化が海洋生態系とそれに連動する海洋大気への生物起源気体の放出や炭素循環への海洋生物による寄与を示唆している。

こういった海洋生物起源気体が、赤道海域では対流圏上層部、さらに成層圏へも輸送されている可能性があり、成層圏大気試料を船上から放球した大気球により試料採取することに成功している。

キーワード: 生物地球化学, 大気海洋物質循環, 海洋生物起源物質, 大気人為起源物質, 海洋生態系, IGBP/SOLAS

Keywords: biogeochemistry, material cycles between surface ocean and lower atmosphere, marine biogenic substances, atmospheric anthropogenic substances, marine ecosystem, IGBP/SOLAS

Observations and simulations of cloud ice and aerosol Observations and simulations of cloud ice and aerosol

TSUBOKI, Kazuhisa^{1*}; SHINODA, Taro¹; OHIGASHI, Tadayasu¹
TSUBOKI, Kazuhisa^{1*}; SHINODA, Taro¹; OHIGASHI, Tadayasu¹

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center (HyARC), Nagoya University

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center (HyARC), Nagoya University

Cloud ice composing cirrus clouds and aerosol have large impacts on climate and weather by an interaction with radiation. They are one of the large uncertainties for the projections of the climate change. Upper layer cirrus clouds surrounding a typhoon strongly control the upper layer temperature around the typhoon. Consequently, their characteristics are related to typhoon intensity. So far, we have been using hydrometeor videozondes (HYVISs) to observe cloud particles in the upper troposphere. The HYVISs can observe cloud particles ranging from 10 micrometer to 1 mm. It shows size, shape and number concentration of cloud particles with high vertical resolution. We conducted field observations using HYVISs for various types of clouds associated with heavy rainfall systems and typhoons in Okinawa, Japan and Palau in the tropics. The observation results show characteristics of cloud particles and are used to improve the cloud processes in a cloud-resolving model.

To perform simulations and numerical experiments of high-impact weather systems such as heavy rainfall systems and typhoons, and convective/stratiform clouds, we have been developing a cloud-resolving numerical model named the Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS) since 1998. The cloud processes are important part of the CReSS model. Typhoons bring about strong wind and heavy rainfall occasionally and cause severe disasters in East Asia. The recent studies projected future increase of typhoon intensity with the climate change (Tsuboki et al. 2015). Accurate predictions of typhoon intensity and the associated rainfall are important for disaster prevention. A recent statistics of the typhoon prediction accuracy showed that typhoon track prediction has been significantly improved, while intensity prediction has not for the last 20 years. Since the inner core of typhoon is composed of intense convective clouds, cloud-resolving simulation at a high-resolution (less than 2 km in a horizontal direction) is essentially required for accurate prediction of typhoon intensity. We apply CReSS for simulations of observed typhoons and for projection experiments of future change of typhoons associated with the climate change.

The CReSS model was designed for a large parallel computer and performed simulation experiments at the Earth Simulator and the Kei Computer. It is a non-hydrostatic and compressible equation model using terrain-following coordinates. Prognostic variables are 3-dimensional velocity components, perturbations of pressure and potential temperature, water vapor mixing ratio, sub-grid scale turbulent kinetic energy (TKE), and cloud physical variables. Cloud physical processes are formulated by a bulk method of cold rain. The bulk parameterization of cold rain includes mixing ratio of water vapor, rain, cloud, ice, snow, and graupel and number concentrations of solid hydrometeors. Parallel processing is performed using the Message Passing Interface (MPI). The OpenMP is also available for intra-node communications. More detailed explanations are found in Tsuboki and Sakakiara (2002) and Tsuboki (2008). To investigate the interaction of aerosol and cloud particles, it is necessary to install more detailed nucleation processes for liquid cloud and ice crystals. These are future subjects in this field.

キーワード: cloud ice, aerosol, cloud resolving model, typhoon, hydrometeor videozondes (HYVISs)

Keywords: cloud ice, aerosol, cloud resolving model, typhoon, hydrometeor videozondes (HYVISs)

太陽活動の気候変動影響を探る分野連携研究の展望 Prospects of Interdisciplinary Research for Solar Influence on Climate

草野 完也^{1*}
KUSANO, Kanya^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

地球の気候を変動させる要因の一つに、太陽の磁気活動（黒点活動）がある。太陽磁気活動の変動は、約11年周期の変動（太陽周期変動）に加えて、より長期の変動の存在が黒点観測や、樹木年輪、南極およびグリーンランドの氷床に含まれる宇宙線生成核種（¹⁴C及び¹⁰Be）の変動からも知られている。こうした太陽の長期変動は、太陽周期毎に極域や黒点の磁気極性を反転させるダイナモ機構があわせ持つ性質であると考えられている。一方、太陽磁場（黒点）の長期変動と地球気候変動の間に一定の相関関係があることも認められている。特に、およそ10世紀から14世紀にかけて続いた中世温暖期、14世紀から19世紀半ばまで続いた小氷期は太陽活動の活発な時代と静穏な時代（グランド・ミニマム）にそれぞれ対応しており、地球の気候は何らかの影響を太陽から受けている可能性が高い。そのメカニズムについては太陽放射影響、銀河宇宙線の雲への影響、太陽高エネルギー粒子の大気降り込みによる高層大気化学変化等の仮説が提案されているが、未だに明確ではない。現在の太陽周期（サイクル24）は過去100年間で最も活動度の低い周期になる可能性が高い。今後、太陽活動がさらに低下し、21世紀中に新たなグランド・ミニマムを迎える可能性も指摘されている。このため、太陽活動の気候影響を解明することは将来の地球気候変動の予測信頼性を高めるためにも極めて重要な課題となっている。この重要課題の解決のためには、宇宙・太陽・地球を一つのシステムとして探るシームレス科学の視点が不可欠である。そのためには、宇宙物理学、太陽物理学、宇宙空間物理学、地球電磁気学、気象・気候学、古環境学などの分野横断的な連携研究を推進する必要がある。本講演では、太陽活動の気候変動影響を探るための具体的な課題について議論すると共に、名古屋大学において太陽地球環境研究所、地球水循環研究センター、年代測定総合研究センターが協力して進めようとしている新たな太陽気候影響研究プロジェクトの内容と計画を説明する。

キーワード: 気候変動, 太陽活動, ダイナモ, 分野連携, 小氷期

Keywords: climate change, solar activity, dynamo, interdisciplinary research, the Little Ice Age

気候変動下の陸域生態系応答検出に関するシームレスな科学の展開 Toward a new seamless science for a detection of terrestrial ecosystem responses under changing climate

三枝 信子^{1*}
SAIGUSA, Nobuko^{1*}

¹ 国立環境研究所
¹ National Institute for Environmental Studies

人為的な温室効果ガスの放出、中でも二酸化炭素 (CO₂) やメタンの放出が引き起こす地球温暖化は、大気・海洋・陸域の炭素循環や生態系にさまざまな時間スケールで重要な影響を与える。ここで生態系が温暖化に対し地球規模で影響力のある負のフィードバック機構をもつとしたら、生態系が気候変化を緩和し安定化させる機能をもつという意味であり、それは人類が生態系から受ける恩恵と捉えることができる。一方、正のフィードバック機構は、生態系の反応が温暖化をさらに加速することを意味し、それは早期に発見し、影響を評価し、対策を施すべき対象である。負のフィードバックには、光合成の原料である大気中 CO₂ が増えることにより植物の光合成が促進される施肥効果、気温上昇や植物の生育期間伸長による生産量や繁殖成功度の上昇、正のフィードバックには、気温上昇による凍土や湿地、泥炭地などにおける温室効果ガス発生加速などがある。

生態系の応答を大陸スケール、全球スケールで捉えるには、これまで主にリモートセンシングや生態系プロセスモデルを用いた研究が行われ、将来予測にも重要な示唆を与えられてきた。今後は、それらの予測や示唆を実測によって検証すると同時に、気候変化に伴い今後起こるかもしれない生態系の変化を検出し、変化の影響を定量的に評価する取組を進める必要がある。そのために、温暖化に伴う生態系の変化を地球規模で監視 (モニタリング) し、その変化が多方面に及ぼす影響を総合的に観測するしくみが必要である。ただし、気候-生態系フィードバックには極めて多くのプロセスが関与しているため、正のフィードバックが起こり始める地域や要因を早期に検出するには、生態系の生産力、分解、栄養塩のサイクル、生物の侵入、種組成の変化、より長期的に起こる植生帯の遷移、それに係わる植物・動物・微生物の役割といった多岐にわたるプロセスを長期的に観測する多大な努力が必要となる。

本講演では、これまで陸域生態系における地上観測や衛星観測のコミュニティが長期モニタリングに基づいて実施してきた研究や、温暖化影響評価の研究の成果と課題を紹介すると同時に、生態系変動とそれに伴う炭素循環等の変動を大陸スケールでとらえるための国内外の取組、特に米国国家生態学観測ネットワーク (NEON: The US National Ecological Observatory Network; <http://www.neoninc.org/>) や欧州の統合炭素観測システム (ICOS: Integrated Carbon Observation System; <http://www.icos-infrastructure.eu/>) の現状を紹介する。さらに、将来の陸域生態系応答の検出に関わる科学の発展のため、長期的で一貫性のある生態系モニタリングを構築・強化する上での課題について議論する。

キーワード: 炭素循環, 地球温暖化, 陸域生態系, 地球規模モニタリング
Keywords: Carbon cycle, Global warming, Terrestrial ecosystem, Global monitoring

U06-08

会場:105

時間:5月24日 11:20-11:40

古環境研究の現状と展望 太陽から地球表層まで Recent achievements and future perspectives of paleoenvironmental studies

井龍 康文^{1*}

IRYU, Yasufumi^{1*}

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹ Graduate School of Science, Tohoku University

近年の分析技術の向上により、生物骨格・殻や堆積物から過去の地球環境を復元する研究は大きく進展した。その結果、復元されるデータは水温、塩分、pHといった生息場や堆積場のローカルな情報に留まらず、モンスーン、エルニーニョ／南方振動やインド洋ダイポール、太平洋十数年変動の頻度および強度といったグローバルなイベント、さらには太陽活動という地球外の現象にまで及ぶようになった。また、化石燃料の消費による大気二酸化炭素の炭素同位体組成の変化や大気圏内核実験による放射性元素の生成・拡散といった人類活動による環境改変もトレース可能である。このように、生物骨格・殻や堆積物から過去の地球環境を復元する研究は、「シームレス科学」の典型例である。講演では、この分野の到達点を総括し、今後を展望する。

キーワード: 古環境, 堆積物, 生物骨格, 生物殻

Keywords: Paleoenvironment, sediment, skeleton, shell

ルミネッセンス年代測定の可能性 Potential of luminescence dating

長友 恒人^{1*}
NAGATOMO, Tsuneto^{1*}

¹ 奈良教育大学
¹ Nara University of Education

年代測定が利用する自然現象は、原子核の崩壊（壊変）や分裂、固体物理的現象、分子レベルの現象など多岐に亘る。ルミネッセンス年代測定法は、熱励起または光励起による鉱物（主として石英）の発光現象を利用する方法であり、固体物性的な現象を利用する方法に分類される。測定試料の安定性の観点からは、CHIME 法や C-14 法など原子核現象を利用する方法は試料が置かれた環境変化の影響をほとんど受けないが、ルミネッセンス法や電子スピン共鳴法など物性的な現象、ラセミ化法など化学変化を利用する方法は温度や含水率変化などの影響を受けやすい。石英を試料とするルミネッセンス法は常温常圧に近い環境であれば、数 10 年前から数 10 万年前までの年代をカバーし、条件がよければ 100 万年前までの年代を測定することができる。

石英のルミネッセンスは、宇宙線などの自然放射線が結晶の変位や不純物元素によって生じた格子欠陥に作用することによって発光する現象である。放射線または Fe, Al, Ti, Mn 等の不純物によって生じた石英中の格子欠陥によって準安定状態のホールセンターとエレクトロンセンターが形成され、そこに捕捉されたホールとエレクトロンが外部エネルギーで励起されて再結合することによって発光する。天然石英の放射線による格子欠陥の形成は自然の放射性核種からの放射線と宇宙線に起因する。従って、準安定状態のホールとエレクトロンセンターは結晶化後の経過時間とともに増え、それに起因する発光量も多くなる。不純物によって形成された準安定なセンターにも放射線によってホールとエレクトロンが捕捉され、同様に発光する。

石英の結晶化後に捕捉されたホールとエレクトロンは火山噴火や人為的な加熱または自然堆積時の露光によるエネルギーによって再結合して発光し、ホールとエレクトロンの数は初期状態に戻る（ゼロイング）。このゼロイングによってルミネッセンスを利用した年代測定が可能となる。この方法がカバーする年代は地球表層に関連する人類紀の後半期である。この方法では、火山噴火、津波、砂丘形成など人類に影響を与えた自然現象や焚き火、土器の焼成などの人為的イベントの年代を推定することができる。

当日の発表では、旧石器時代遺跡の年代測定例やデータに基いた他の年代測定結果との整合性を示す。

キーワード: ルミネッセンス, 年代測定, 放射線, 石英, 人類期, 人為的イベント
Keywords: luminescence, dating, radiation, quartz, human period, artificial event

グローバル電流回路モデルの再構築と太陽地球気候結合研究 Reconstruction of global electric circuit model and investigation of solar-climate connection

高橋 幸弘^{1*}
TAKAHASHI, Yukihiro^{1*}

¹ 北海道大学
¹ Hokkaido University

Global electric circuit, GEC, model was proposed long time ago, around 1930s, in which thunderstorm plays a role of generator, and the ground and the ionosphere work as a spherical capacitor. However, the both qualitative and quantitative understanding of GEC is not sufficient only with oversimplified model. Recently the research on the solar-climate connection is becoming the significant issue in the climate study. The GEC is one of the important concept that potentially could take a role in modulating the Earth climate. We insist on the reconstruct of GEC from two points of views: 1) taking into account the nonuniformities both of ionospheric conductivity and of the distribution of the generators, and 2) establishing the observational methodology, excluding the effect of cloud existing just above the observation sites.

キーワード: グローバル電流系, 太陽地球気候結合
Keywords: global circuit, solar-climate connection

宇宙天気予報における対流圏情報の必要性について The importance of tropospheric water vapor in space weather

石井 守^{1*}
ISHII, Mamoru^{1*}

¹ 情報通信研究機構

¹National Institute of Information and Communications Technology

宇宙天気現象は太陽を主な起源とする電磁環境擾乱であり、その社会生活に与える影響が近年様々な分野で議論となってきた。特にこれまでは太陽地球環境科学の中での学術的な議論が中心だったが、近年通信・放送・測位・あるいは航空運用、電力などの社会インフラの運用での議論が盛んになってきた。

ユーザーから見た場合には、障害の原因がどこにあるか以上に、その影響がどの程度であり、今後どの程度継続するのかが重要となる。もちろんこの2つの課題は相互に深く関連しており、障害の原因を理解することがその程度及び継続時間の予測に必要なことは言うまでもない。加えて、太陽・惑星間空間・磁気圏・電離圏などのこれまで想定してきた領域以外の影響も含めて検討しなければユーザーの要求に十分に答えることはできない。

たとえば、衛星測位の最大の誤差要因は電離圏遅延と言われているが、対流圏の水蒸気遅延も有意な量存在する。またこれを利用したいいわゆる“GPS 気象学”も盛んに研究されてきている。

NICT で開発している大気圏・電離圏結合モデル“GAIA”においても、今後水蒸気の扱いを精緻にしていくことにより、その精度を高度化していくことが期待できる。

また、ミリ波等近年利用が高まる周波数帯では降雨減衰の効果が大きく、広く電波利用を検討する際には対流圏の情報が重要なことは言うまでもない。今後、対流圏水蒸気を含めた宇宙天気予報モデルの構築が必要になっていく可能性は高いと思われる。

講演では、特に対流圏水循環を宇宙天気利用の中で考慮した際のメリットについて検討する。

キーワード: 宇宙天気
Keywords: space weather

SCOSTEP Activities toward a Better Understanding of Sun-Earth Connection SCOSTEP Activities toward a Better Understanding of Sun-Earth Connection

GOPALSWAMY, Nat^{1*}

GOPALSWAMY, Nat^{1*}

¹NASA Goddard Space Flight Center

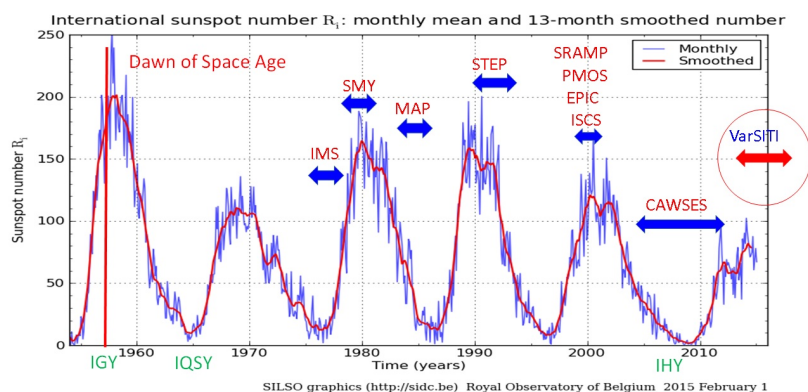
¹NASA Goddard Space Flight Center

The Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics (SCOSTEP) was established in 1966 as an interdisciplinary body of ICSU, the International Council for Science. SCOSTEP is tasked with running long-term scientific programs in Solar Terrestrial Physics, a topic closely related to life on Earth. In addition to running the scientific programs, SCOSTEP is heavily invested in Capacity Building and in Public Outreach. During the quadrennial solar terrestrial physics symposia, scientific highlights from the ongoing scientific programs are presented and plans are made to publish scientific results to the world scientific community. SCOSTEP collaborates with other efforts such as the International Space Weather Initiative (ISWI) in running Space Science Schools. SCOSTEP is a Permanent Observer to the United Nations Committee on Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS), which is used as a forum to disseminate SCOSTEP activities to the member countries. In particular, SCOSTEP participates in the deliberations of the Science and Technology Subcommittee of UNCOPUOS under the Space Weather Agenda. This talk will focus on some of the recent SCOSTEP scientific programs and the associated activities that have helped spur research in solar terrestrial physics.

キーワード: SCOSTEP, Solar Terrestrial Physics, International Cooperation, Capacity Building, Public Outreach, Sun-Earth Connection

Keywords: SCOSTEP, Solar Terrestrial Physics, International Cooperation, Capacity Building, Public Outreach, Sun-Earth Connection

Solar Variability and SCOSTEP Scientific Programs



太陽地球系結合過程 Coupling processes in the Solar-Terrestrial System

津田 敏隆^{1*}
TSUDA, Toshitaka^{1*}

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University

Coupling process in the solar-terrestrial system” aims to study the solar energy inputs into the Earth, and the response of Geospace (magnetosphere, ionosphere and middle atmosphere) to the energy input. The solar energy can mainly be divided into two parts - the solar radiation involving infra-red, visible, ultra-violet and X-ray, and solar wind which is a high-speed flow of plasma particles. The solar radiation becomes maximum at the equator; and atmospheric disturbances are actively generated near the Earth’s surface. They further excite various types of atmospheric waves which propagate upward carrying energy and momentum. On the other hand, the energy associated with the solar wind converges into the polar regions where disturbances are generated. A part of the energy is transported toward lower latitudes and lower atmospheric regions. We propose to establish large atmospheric radars with active phased array antenna at the equator and the Arctic region. Among the equatorial regions, we focus on the Indonesian region where atmospheric disturbances are most intense. We will establish a comprehensive observatory in Indonesia with the Equatorial MU (EMU) radar as its main facility. Alongside, we will take part in the construction of the state-of-the-art radar, called EISCAT_3D, in northern Scandinavia under international collaborations. We will also develop the global observation network of portable equipment from the equator to both polar regions, and study the flow of the energy and materials in the whole atmosphere.

キーワード: 太陽地球系, 結合過程, 赤道MUレーダー, EISCAT_3Dレーダー, 広域観測ネットワーク, IUGONET

Keywords: solar-terrestrial system, coupling process, Equatorial MU radar, EISCAT_3D radar, Global network, IUGONET

大気上下結合における水蒸気的重要性 Importance of water vapor in vertical coupling of atmosphere

中村 卓司^{1*}
NAKAMURA, Takuji^{1*}

¹ 国立極地研究所
¹ NIPR

Water and water vapor in the earth's atmosphere is mostly confined in the troposphere. Furthermore, the scale height of water vapor density in the troposphere is much smaller than the scale height of the atmosphere and the major part is existent around the ground level. However, the water vapor is raised to near the tropopause easily by convections and releases latent heat there. This acts as a very important heat source to derive large scale atmospheric waves and induces strong vertical coupling in the earth's atmosphere from the ground to the upper atmosphere and the ionosphere. This paper will describe the importance of such latent heat transfer by the water in the atmospheric dynamics.

キーワード: 名大, 太陽, 地球, 環境, 水蒸気, 上下結合
Keywords: Nagoya, Sun, Earth, environment, water vapor, coupling

U06-15

会場:105

時間:5月24日 15:15-15:35

ICSWSE と STEL の連携についての展望 ICSWSE and the New STEL: collaboration and cooperation in the future

羽田 亨^{1*}; 吉川 顕正¹
HADA, Tohru^{1*}; YOSHIKAWA, Akimasa¹

¹九州大学国際宇宙天気科学・教育センター
¹ICSWSE, Kyushu University

これまで九州大学国際宇宙天気科学・教育センター（ICSWSE=International Center for Space Weather Science and Education）では、名古屋大学太陽地球環境研究所（STEL）と連携して、世界最大の地上磁場観測ネットワーク MAGDAS/CPMN（MAGnetic Data Acquisition System/Circum-pan Pacific Magnetometer Network）を構築運用し、成果をあげてきた。また、STP 分野に於ける、アジア・アフリカ地域でのキャパシティ・ビルディング活動の牽引役としても互いに切磋琢磨している。

本講演では、新しい研究所へと改組した旧 STEL に望む機関間協力関係のあり方や、より枠組を拡げた総合研究所としてのリーダーシップに対する期待について述べる。

キーワード: 宇宙天気, キャパシティビルディング
Keywords: space weather, capacity building

高緯度電離圏に見られる磁気圏や熱圏との「縫い目」が残る現象 High-latitude ionospheric phenomena requiring a better understanding of the coupling to the magnetosphere/thermosphere

田口 聡^{1*}

TAGUCHI, Satoshi^{1*}

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto Univ.

遠方の宇宙から地球の地圏や生物圏までを相互作用するシステムとして捉えようとする立場からすれば、高緯度電離圏の現象が磁気圏や熱圏とどのように結合しているのかという問題は、すでに「シームレス科学」になっているように見えるかもしれない。地球の高緯度の電離圏では、太陽風や磁気圏からの電場によってプラズマの流れが引き起こされ、その流れは中性大気の運動を誘導し、その組成にまで影響が及ぶ。太陽風や磁気圏からの物質の流入としての粒子降下は、オーロラを光らせると同時に電離圏のプラズマの構造を変え、また粒子降下に伴う熱によっても中性大気の運動が引き起こされる。一方、電離圏と中性大気の間で生み出される現象は磁気圏にも作用する。例えば、粒子降下によって増大する電離圏の電気伝導度は、磁気圏で生成される電流を制御する。粒子降下はまた、電離圏から磁気圏へ流れ出るポーラーウィンドの生成に大きく関わっている。磁気圏に流れ出たプラズマは、粒子降下の源である磁気圏のダイナミクスに影響を及ぼすことになる。

このようなつながりとそれに付随するプロセスの多くは、観測を通して十分な証拠が得られ、理解の枠組みが確立されてきている。また高精度のシミュレーションに基づく研究によって、複雑なジオメトリーにおける現象が目に見える姿に焼き直されて、さらに理解が進んできている。その一方で、証拠は不十分ではあるが一般的に解決されたと見なされていることもある。現象が、非常に幅のある時間・空間スケールをもつ場合や、多くのパラメータに支配されている場合などがあてはまる。観測から得られるデータが少ない場合、それは限られた状況のみを反映しているに過ぎないが、ある種のシナリオに合致すると一般的に解決されたと見なされてしまう。実際にはつながりの「縫い目」が存在している。

本発表では、2011年から行っているスバル諸島のロングイアーヴィエンでの全天観測、その装置とレーダーとの同時観測、DMSP衛星やST-5などの複数衛星観測から得られるデータの解釈に基づいて、高緯度電離圏の現象のうち、熱圏や磁気圏とのつながりについて、より良い理解が必要と思われるいくつかの現象を取り上げる。また、そのような現象の状況をもとに、広い領域にわたるシームレス科学を進めるにあたって生じる可能性のある一般的な問題も議論する。

キーワード: 高緯度電離圏, 磁気圏, 熱圏

Keywords: high-latitude ionosphere, magnetosphere, thermosphere

太陽地球環境における宇宙プラズマ波動の学際的研究 Interdisciplinary study of space plasma waves in solar terrestrial environments

大村 善治^{1*}
OMURA, Yoshiharu^{1*}

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere

地球磁気圏中のプラズマ波動が放射線帯の生成・消滅に深く関わっていることが明らかになってきている。磁気圏で頻繁に観測されている数 kHz のホイッスラーモード・コーラス放射は磁気圏の数十 keV エネルギー電子からエネルギーを受け取って発生する一方、一部の電子はこのコーラス放射によって相対論的な MeV エネルギーにまで加速され、放射線帯電子フラックスを形成している。一方、数 Hz の周波数帯において電磁イオンサイクロトロン波ライジングトーン放射の存在が明らかになり、この非線形波動により放射線帯の相対論的電子がピッチ角散乱されて極域大気への降込み現象を起こし、放射線帯電子の変動の原因の一つとなっていることが分かってきた。数 MeV の電子は地上数十 km の中層大気にまで到達し大気の化学過程にも影響を与えていると想定される。地球磁気圏のプラズマ波動の発生率や強度は、太陽活動度の変化によって内部磁気圏に運ばれる高エネルギー粒子フラックスによって大きく変動することから、プラズマ波動は太陽活動と大気組成の変化をつなげる役割を果たしていると言える。氷床コアに記録されている大気組成の変動から過去の太陽活動度を推測することも可能になるかもしれない。名古屋大学の太陽地球環境研究所をはじめとする全国の大学・研究機関の磁気圏プラズマ研究者が協力してジオスペース探査衛星 (ERG) が 2016 年に打ち上げられ、これによって放射線帯における非線形プラズマ波動粒子相互作用の直接観測が実現しようとしている。関連研究所の統合改組によって分野横断的な学際研究が促進されることを期待したい。

キーワード: プラズマ波動, 磁気圏, 放射線帯, 相対論的電子, 中層大気, 非線形過程

Keywords: plasma waves, magnetosphere, radiation belts, relativistic electrons, middle atmosphere, nonlinear process

U06-18

会場:105

時間:5月24日 16:35-16:55

太陽地球系科学の将来展望 Future Perspective on Solar-Terrestrial Science

星野 真弘^{1*}
HOSHINO, Masahiro^{1*}

¹ 東京大学
¹ University of Tokyo

太陽地球系科学分野においては、太陽地球環境研究所をはじめとして各大学などの教育研究機関で、太陽と地球およびその間の宇宙空間の構造やダイナミックスの研究教育を行ってきている。そしてこのような研究教育は、従来から環境問題という側面と自然界の仕組みを解明するという基礎理学の側面を併せ持っているが、環境問題追求型と基礎科学重視型の研究教育は、最終的な到達目標が同じでも、両者のアプローチは往々にして異なる場合が多いように思われる。そしてアプローチが異なることで、教育研究の視点や展開が異なる場合もあるように見受けられる。太陽地球環境研究所が、環境という切り口の中で、太陽地球系科学に果たしてきた役割を概観したうえで、将来に向けてどのような方向に発展していくのか、今後の展望および展開への期待について述べる。

キーワード: 太陽地球系科学, 将来展望
Keywords: Solar-Terrestrial Science, Future Perspective

惑星圏研究の発展方向: 惑星電磁圏・大気圏変動のモデリング・観測研究の現状とこれから

The direction of planetary environment sciences: Current and future activities of observational and modeling studies

笠羽 康正^{1*}; 三好 由純²; 寺田 直樹¹; 今村 剛³

KASABA, Yasumasa^{1*}; MIYOSHI, Yoshizumi²; TERADA, Naoki¹; IMAMURA, Takeshi³

¹ 東北大・理, ² 名古屋大・STE 研, ³ JAXA 宇宙研

¹ Tohoku Univ., ² STEL, Nagoya Univ., ³ ISAS/JAXA

本講演は、「太陽地球生命圏」科学に密接に絡む（地球が惑星の1つであることからすれば、むしろ包含するとすら言える）我が国の「惑星圏」の観測・モデリング研究の現状と将来についての一展望を提示する。

「惑星圏の研究」が目指す方向は、地球も含めた「惑星の大気現象」の、比較惑星学的・体系的な理解である。地球・火星・金星など地球型惑星、木星・土星など外惑星、そして太陽系空間や系外惑星まで、その対象は幅広く多岐にわたる。

すべての惑星は、「広い意味での大気」を持つ。「大気」の意味は広い。下層・中層・超高層・外圏に至るすべての高度域である。下層では中性大気が主、惑星の表層・内部によって決定される。高層ではプラズマが主、太陽表面に至る「惑星空間」に接続しその影響を受ける。惑星の重力・温度・歴史により、また海や地殻活動にも影響され、その容貌は多彩である。ここで生起する様々な物理・化学過程が、「惑星の環境そのもの」を決定する。地球における「環境問題」がすなわち「地球大気の問題」であることから、それは察することができよう。

我々の研究は、「最先端の道具・手法の開拓」によって推進する。すなわち、先端の「観測手段」すなわち将来衛星・探査機に搭載する新鋭観測装置、独自の地上観測手段と、先端の「数値手段」すなわち最新計算技術による数値コード、最先端のデータ解析技術を開発し、これを梃子として我が国独自の探査計画の推進のみならず、諸外国の探査機計画への参加も可能とする。これによって、国際的競争・協力のもとで活発な研究・教育活動を展開する。

2015年2月にJAXAから関係コミュニティに提示を要請された「目的・戦略・工程表」において、「惑星圏」の将来ビジョンに関わる話題は「太陽地球惑星圏」(from 地球惑星圏電磁圏探査検討グループ in SGEPPS)と「惑星科学/太陽系科学」(from 日本惑星科学会)の2つの研究領域から提出された。両者は、ここ数年行われていた学会レベルでの「長期ビジョン構築」の流れから生成されたものだが、日本の宇宙計画の現実的な制約に対する考慮も踏み込んだ、現実性と将来性をより強く織り込もうとしたものである。あくまでも初回であり、毎年のUPDATEが求められている。

本講演では、Space Missionに対する上記両者のビジョンを包含しつつ、地上観測やモデリング研究における動向も踏まえた、20年程度先の一構想を提示する。我が国のリソースを全方面に向けるのは現実問題として難しく、「強いものをより強く」「それによってより広い領域にもウイングを広げる」という形が現実的である。これは、なんらかの重点化、すなわち「多くの人がかかることができる、強い研究者間・研究分野間のインタラクションが効く戦略の上にたち、しかも野心的な舟を設計する」ことを意味する。本講演が、そのひとつの補助線を提示することになるよう務める。

太陽の周期活動およびその長期変動と地球環境 Solar Activity Cycles, Their Long-Term Variations, and the Earth's Environment

桜井 隆^{1*}
SAKURAI, Takashi^{1*}

¹ 国立天文台

¹National Astronomical Observatory of Japan

太陽は地球環境に対して、様々な波長の電磁波、高エネルギー粒子、太陽風とその擾乱 (coronal mass ejection, CME) などにより影響を及ぼす。このうち、太陽フレアや CME など短時間の現象がどのようにして地球環境を乱すかは、宇宙天気研究のテーマであり、その過程は複雑であるものの、衛星搭載装置による「その場観測」で理解が大きく進んだ分野である。一方、太陽の長期変動とその地球への影響は、長期間のデータの蓄積を必要とし、また変動の振幅も小さいので、未解明の点が多い。本発表ではこのような「宇宙気候」の研究について論ずる。

太陽の総放射エネルギー (total solar irradiance, TSI) が一定ではないかもしれず、それが気候変動の一因ではないかという考えは 19 世紀にすでにあった。スミソニアン天文台は 20 世紀の初めから 60 年以上にわたって TSI の測定を地上の高山から実施し、太陽黒点の 11 年周期活動に同期した TSI の変動を検出したと主張したが、今ではこれは、地球大気の透明度変化の補正が不十分であったためと考えられている。TSI の変動と、それが太陽の活動周期と同期していることは、1980 年代になって衛星搭載の総放射計により発見された。黒点の多い活動極大期のほうが TSI が大きい (太陽が明るい) のは、黒点は暗いものであるから一見直感とは反するが、現在では、黒点周辺のほか太陽全面にも分布している多数の輝点 (白斑) の明るさが上回るためであると解釈されている。

可視光より波長の短い、紫外線や X 線では、太陽活動に伴う強度変動はもっと大きく、紫外線で数十%、X 線では数十倍にも及ぶ。紫外線の変動は、地球の上層大気での光化学過程への影響が大きいことから、その観測は重要である。紫外域での太陽放射エネルギーの測定は 1990 年頃から衛星搭載の計測器で始まり現在に至っているが、計測器の経年変化が大きいため困難な計測である。

1980 年以前では、太陽の総放射や紫外線放射の直接の観測データはなく、代替の指標を使ってそれらを推定するしかない。可視光での H α 線やカルシウム K 線による太陽彩層の画像からそのような指標が導出できる可能性がある。最も古いのは 1904 年にあるグリニッジ天文台とインドのコダイカナル天文台のデータだが、国立天文台にも 1917 年からのデータがあり、すでにデジタル化されている。太陽電波の強度 (カナダで 1947 年から計測されているいわゆる F10.7 や、豊川で 1951 年から計測されている 4 周波数の電波強度など) や、夜天光 (IGY(1957 年)以降) のデータも利用できるかもしれない。

太陽の周期活動は、太陽内部で流体運動が磁場を増幅する「磁気流体ダイナモ機構」により維持されていると考えられている。日震学による太陽内部の回転速度分布の診断や、数値シミュレーションによる太陽対流層の流体力学的研究により、ダイナモ機構に関する我々の理解は大きく進展した。観測的には、理論と比べられるものは古くは黒点数の変化 (1610 年以降のデータがある) や、マグネットグラフによって測られる磁束の変化 (1950 年代から) に限られていたが、1980 年代から活動領域の磁場ベクトルが観測できるようになり、磁場のよじれ (ヘリシティ) の半球符号則が発見された。すなわち、分散は多いものの、活動領域の磁場は北半球では負、南半球では正のヘリシティを示す。この性質は、ダイナモ機構のうち、いわゆるアルファ機構の結果を直接表していると考えられる。一方我々は、ヘリシティの半球符号則は黒点活動の極小期には逆転する傾向があることを指摘した (Hagino and Sakurai, 2005)。このことが太陽ダイナモの性質にどのような制限をつけるのか、また次の活動サイクルの振幅に影響するものかどうか論じる。

キーワード: 太陽, 黒点, 周期活動, 太陽総放射, ダイナモ機構, 磁場観測

Keywords: Sun, sunspots, solar cycle, total solar irradiance, dynamo mechanism, magnetic field observation

太陽と地球環境について総合的研究を行う研究所 On the new solar-terrestrial institute

常田 佐久^{1*}
TSUNETA, Saku^{1*}

¹ 宇宙科学研究所
¹ ISAS/JAXA

私たちの住む地球は、太陽なくしては生命をはぐくむ現在の姿にはなり得ない。一方、太陽フレアが起きれば、GPSの異常、送電システムの異常電流による停止、気象衛星や通信衛星の誤動作、そして宇宙飛行士の被ばくなど、高度に発達した文明は思わぬ被害を受ける。柴田らは、ケプラー衛星のデータから地球に甚大な被害を起こす「スーパーフレア」が発生しうることを示し、その確率を求めた。太陽フレアの発生を事前に察知する「宇宙天気予報」に日本を含む各国が力を入れている。日本は、過去30年にわたり「ひのとり」、「ようこう」、「ひので」と3機のすぐれた観測衛星を打ち上げており、草野らの研究に代表されるように、基礎研究の面から予報アルゴリズムの確立に貢献してきた。

一方、より長期的な時間スケールで見ると、黒点の増減で代表される太陽活動が地球の気候に顕著な影響を与えていることが分かってきた。1645年から1715年の70年間は黒点がほとんど見られなかったマウンダー極小期、1460年から1550年の90年間同様の不活動期（シュポラー極小期）は、地球が寒冷化していた記録がある。さらに木の年輪や南極の氷柱に残されたアイソトープの量から、望遠鏡の発明以前の太陽黒点数が推測されており、マウンダー極小期は過去一万年に何度も発生し、これらの時期は海水温が低下していたことがはっきりしている。今日では、黒点数に代表される太陽活動の変動は、気候変動の重要な駆動源の一つであることが確立している。

一定不変であるはずの太陽定数（宇宙空間での1平米あたりの太陽から来る全エネルギー）が0.15%ほど変動しているという驚愕する事実は、1970年以降宇宙からの太陽の観測が本格化して初めて明らかとなった。常識に反するようだが、太陽は、黒点の数の多い極大期では少し明るく、黒点の少ない極小期には少し暗い。この太陽放射量の変動は、暗い黒点とそれに寄り添うような白斑と呼ばれる微細磁束管の集合よりなる明るい領域の微妙なバランスによっており、全体として白斑の影響が勝つため、黒点が多い時期は太陽が少し明るくなる。太陽定数の変動と地球の平均気温には綺麗な相関が見えており、太陽層放射量の0.1%の変動は、約0.12度の温度変化を引き起こす。マウンダー極小期の時期には、太陽はより暗かったのだろうか？ それがありそうもないとすると、太陽活動と地球環境をつなぐ別のメカニズムが必要となる。

太陽の磁場は広く惑星間空間の広がり、銀河系空間からの宇宙線を遮る役割を果たしている。太陽活動が高いと地球に降り注ぐ宇宙線の量は減るし、太陽活動が下がれば宇宙線の量は増える。宇宙線の量が地球環境に影響を与えていると主張する研究者もいる。

過去50年間に加速された地球温暖化は、太陽の影響は二次的で温室効果ガスが主要な原因と言われている。おりしも日本の太陽観測衛星「ひので」の観測結果などから、両極域の磁場が同極性の状態であること、磁束量の低下の兆候が得られている。

これらのことから、太陽のダイナモから地球周辺と地球環境を研究する総合的研究所の必要性は明らかであろう。このためには、近接分野を糾合した学際的研究所が必要であり、名古屋大学STE研、地球水循環研究センター、年代測定総合研究センターが統合して1つの研究所となり、今後ますます重要となる太陽-地球・惑星系科学のシステム的アプローチとミッションとすることは、国際的にもまことに時宜になっており、関係者の英断に敬意を表したい。

キーワード: 太陽地球環境
Keywords: solar terrestrial environment

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^{1*}; 水野 亮¹; 平原 聖文¹; 阿部 文雄¹; 三好 由純¹; 梅田 隆行¹; 中島 拓¹; 徳丸 宗利¹;
今村 剛²; 前澤 裕之³; 寺田 直樹⁴; 鈴木 建⁵; 横山 央明⁶; 松岡 彩子²; 山崎 敦²; 吉川 一朗⁷;
笠羽 康正³; 藤本 正樹²

SEKI, Kanako^{1*}; MIZUNO, Akira¹; HIRAHARA, Masafumi¹; ABE, Fumio¹; MIYOSHI, Yoshizumi¹;
UMEDA, Takayuki¹; NAKAJIMA, Tac¹; TOKUMARU, Munetoshi¹; IMAMURA, Takeshi²; MAEZAWA, Hiroyuki³;
TERADA, Naoki⁴; SUZUKI, Takeru⁵; YOKOYAMA, Takaaki⁶; MATSUOKA, Ayako²; YAMAZAKI, Atsushi²;
YOSHIKAWA, Ichiro⁷; KASABA, Yasumasa³; FUJIMOTO, Masaki²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ²JAXA 宇宙科学研究所, ³大阪府立大学大学院理学系研究科, ⁴東北大学大学院理学研究科, ⁵名古屋大学大学院理学研究科, ⁶東京大学大学院理学系研究科, ⁷東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹STEL, Nagoya University, ²ISAS, JAXA, ³Department of Physical Science, Osaka Prefecture University, ⁴Graduate School of Science, Tohoku University, ⁵Department of Physics, Nagoya University, ⁶School of Science, University of Tokyo, ⁷Department 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^{1*}; 池田 和臣²; 安 裕明³; 坂本 昭二⁴
ODA, Hirotaka^{1*}; IKEDA, Kazuomi²; YASU, Hiroaki³; SAKAMOTO, Shoji⁴

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

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, ²Faculty of Letters, Chuo University, ³taga High School, ⁴Digital 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、鑑真将来四分律巻第 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、最表層の本紙を分取し、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、CO₂ を調製した。これを Fe 触媒存在下で H₂ 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, 名古屋大学タンデムイオンによる炭素 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』の現存する写本は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。

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^{1*}; 松見 豊¹
NAKAYAMA, Tomoki^{1*}; MATSUMI, Yutaka¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ 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画している。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^{1*}; 熊谷 朝臣¹; 藤波 初木¹
HIYAMA, Tetsuya^{1*}; KUMAGAI, Tomo'omi¹; FUJINAMI, Hatsuki¹

¹ 名古屋大学地球水循環研究センター

¹Hydrospheric 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^{1*}; 関 華奈子¹; 草野 完也¹; 増田 智¹; 町田 忍¹; 家田 章正¹; 今田 晋亮¹; 梅田 隆行¹;
堀 智昭¹; 宮下 幸長¹; 桂華 邦裕¹; 小路 真史¹; 塩田 大幸¹; 篠原 育²; 高島 健²; 松岡 彩子²;
浅村 和史²
MIYOSHI, Yoshizumi^{1*}; SEKI, Kanako¹; KUSANO, Kanya¹; MASUDA, Satoshi¹; MACHIDA, Shinobu¹;
IEDA, Akimasa¹; IMADA, Shinsuke¹; UMEDA, Takayuki¹; HORI, Tomoaki¹; MIYASHITA, Yukinaga¹;
KEIKA, Kunihiro¹; SHOJI, Masafumi¹; SHIOTA, Daikou¹; SHINOHARA, Iku²; TAKASHIMA, Takeshi²;
MATSUOKA, Ayako²; ASAMURA, Kazushi²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²ISAS/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^{1*}; 塩川 和夫¹
OTSUKA, Yuichi^{1*}; SHIOKAWA, Kazuo¹

¹ 名古屋大学 太陽地球環境研究所

¹ 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)、コタバン (インドネシア)、レズリュートベイ、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^{1*}; 加藤 ともみ²; 堀川 恵司³; 中村 俊夫¹

MINAMI, Masayo^{1*}; KATO, Tomomi²; HORIKAWA, Keiji³; NAKAMURA, Toshio¹

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

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

Stalagmite is a cave deposit precipitated from dripwater. Dripwater contains some dead carbon derived from carbonate-dissolved CO₂ through interaction with cave bedrock limestone, which will make the ¹⁴C ages of the stalagmite older, and so a correction of the dead carbon fraction (DCF) is needed for ¹⁴C dating of stalagmites. In this study, we investigated seasonal variation in ¹⁴C in dripwater in the Ryugashi Cave, Shizuoka Prefecture, to examine the DCF stability in a stalagmite. The results show that ¹⁴C concentration in dripwater was different depending on the site in the Ryugashi Cave, and that the ¹⁴C 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 ¹⁴C concentration in dripwater tended to be higher (DCF tends to be lower) in dripwater with lower drip rate, indicating that the ¹⁴C 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 ¹⁴C with the IntCal13 calibration curve, though the DCF was slightly fluctuated in detail. The results indicate that high-resolution ¹⁴C 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 ¹⁴C 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 ^{14}C 年代測定の試み An attempt on ^{14}C dating of carbonate hydroxyapatite in a cremated bone

棕本 ひかり^{1*}; 南 雅代²; 中村 俊夫²; 鍵 裕之³

MUKUMOTO, Hikari^{1*}; MINAMI, Masayo²; NAKAMURA, Toshio²; KAGI, Hiroyuki³

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

¹Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya University, ²Center for Chronological Research, Nagoya University, ³Geochemical 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 ^{14}C dating, but it sometimes has lost organic protein due to post-depositional chemical alternation and diagenesis, resulting in impossibility of ^{14}C dating. For the bones remaining no organic component, carbonate hydroxyapatite, an inorganic component, is useful for ^{14}C -measurement. However, the inorganic component in bones can easily be altered by acidic soil, and it has been considered to be unsuitable for ^{14}C dating. Recently, meanwhile, it is reported that ^{14}C dating using carbonate hydroxyapatite is possible for cremation bones heated at a high temperature ($>600\text{ }^{\circ}\text{C}$). The objective of this study is to examine the possibility of ^{14}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 ^{14}C dates of 1155-1280 cal AD, which is similar with the supposed age. The result indicates that ^{14}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, ^{14}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^{1*}; 加藤 智隼¹; 伊藤 万記生¹; 秋山 直輝¹; 藤井 由美¹; 山本 宏昭¹; 水野 亮¹; 小嶋 崇文²; 藤井 泰範²; 野口 卓²; 浅山 信一郎²; 上月 雄人³; 小川 英夫³; 酒井 剛⁴
NAKAJIMA, Tac^{1*}; KATO, Chihaya¹; ITO, Makio¹; AKIYAMA, Naoki¹; FUJII, Yumi¹; YAMAMOTO, Hiroaki¹; MIZUNO, Akira¹; KOJIMA, Takafumi²; FUJII, Yasunori²; NOGUCHI, Takashi²; ASAYAMA, Shin'ichiro²; KOZUKI, Yuto³; OGAWA, Hideo³; SAKAI, Takeshi⁴

¹ 名古屋大学, ² 国立天文台, ³ 大阪府立大学, ⁴ 電気通信大学

¹Nagoya University, ²National Astronomical Observatory of Japan, ³Osaka Prefecture University, ⁴The 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 % 前後に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^{1*}; 増田 公明²; 三宅 美沙²; 箱崎 真隆¹

NAKAMURA, Toshio^{1*}; MASUDA, Kimiaki²; MIYAKE, Fusa²; HAKOZAKI, Masataka¹

¹ 名古屋大学年代測定総合研究センター, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, ²Solar-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^{1*}; 長浜 智生¹; 三好 由純¹; 町田 忍¹; 野澤 悟徳¹; 大山 伸一郎¹; 家田 章正¹; 関 華奈子¹; 平原 聖文¹; 松原 豊¹; 今田 晋亮¹; 増田 智¹; 小川 泰信²; 堤 雅基²; 中村 卓司²; 高島 健³; 藤原 均⁴; 川原 琢也⁵

MIZUNO, Akira^{1*}; NAGAHAMA, Tomoo¹; MIYOSHI, Yoshizumi¹; MACHIDA, Shinobu¹; NOZAWA, Satonori¹; OYAMA, Shin-ichiro¹; IEDA, Akimasa¹; SEKI, Kanako¹; HIRAHARA, Masafumi¹; MATSUBARA, Yutaka¹; IMADA, Shinsuke¹; MASUDA, Satoshi¹; OGAWA, Yasunobu²; TSUTSUMI, Masaki²; NAKAMURA, Takuji²; TAKASHIMA, Takeshi³; FUJIWARA, Hitoshi⁴; KAWAHARA, Takuya⁵

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 国立極地研究所, ³ 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, ⁴ 成蹊大学理工学部, ⁵ 信州大学工学部

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

⁵Faculty 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_x, NO_x 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^{1*}; 関 華奈子¹; 増田 智¹; 家田 章正¹; 今田 晋亮¹; 草野 完也¹; 三好 由純¹; 梅田 隆行¹
MACHIDA, Shinobu^{1*}; SEKI, Kanako¹; MASUDA, Satoshi¹; IEDA, Akimasa¹; IMADA, Shinsuke¹;
KUSANO, Kanya¹; MIYOSHI, Yoshizumi¹; UMEDA, Takayuki¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ 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、観測事実に基づくモデルの構築を、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^{1*}; 中村 俊夫¹; 木村 勝彦²; 中塚 武³; 三宅 美沙⁴; 増田 公明⁴
HAKOZAKI, Masataka^{1*}; NAKAMURA, Toshio¹; KIMURA, Katsuhiko²; NAKATSUKA, Takeshi³; MIYAKE, Fusa⁴; MASUDA, Kimiaki⁴

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

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, ²Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ³Research Institute for Humanity and Nature, ⁴Solar-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^{1*}

MASUDA, Kimiaki^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹STE 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/km²/year. Good statistical detection with such low frequency needs an extensive observation site. In the measurements of primary cosmic ray energy and nuclear species, florescence 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^{1*}; 藤木 謙一¹

TOKUMARU, Munetoshi^{1*}; FUJIKI, Ken'ichi¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ 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遠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^{1*}
MIYAKE, Fusa^{1*}

¹ 名古屋大学 高等研究院 (太陽地球環境研究所)

¹Institute for Advanced Research (Solar-Terrestrial Environment Laboratory), Nagoya University

地球へ入射する宇宙線によって、 ^{14}C や ^{10}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。

^{14}C 濃度測定 of 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 ^{14}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 ^{14}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り、 ^{10}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 ^{14}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 ^{14}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 ^{14}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 ^{10}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^{1*}

HIRAHARA, Masafumi^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ 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^{1*}; 坪木 和久¹; 小池 真²; 新野 宏³; 佐藤 正樹³

SHINODA, Taro^{1*}; TSUBOKI, Kazuhisa¹; KOIKE, Makoto²; NIINO, Hiroshi³; SATOH, Masaki³

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

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ²Graduate School of Science, the University of Tokyo, ³Atmosphere 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機関は無いが、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合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）やレーダー（ドップラーレーダー・偏波レーダー）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^{1*}; 宮岡 宏²; 大山 伸一郎¹; 小川 泰信²; 堤 雅基²; 塩川 和夫¹; 大塚 雄一¹; 津田 卓雄³; 川原 琢也⁴; 斎藤 徳人⁵; 和田 智之⁵; 川端 哲也¹; 藤原 均⁶; 高橋 透¹; 水野 亮¹; ホール クリス⁷; ブレッケ アスゲイア⁸; 藤井 良一¹

NOZAWA, Satonori^{1*}; MIYAOKA, Hiroshi²; OYAMA, Shin-ichiro¹; OGAWA, Yasunobu²; TSUTSUMI, Masaki²; SHIOKAWA, Kazuo¹; OTSUKA, Yuichi¹; TSUDA, Takuo³; KAWAHARA, Takuya⁴; SAITO, Norihito⁵; WADA, Satoshi⁵; KAWABATA, Tetsuya¹; FUJIWARA, Hitoshi⁶; TAKAHASHI, Toru¹; MIZUNO, Akira¹; HALL, Chris⁷; BREKKE, Asgeir⁸; FUJII, Ryoichi¹

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

¹STEL, Nagoya University, ²NIPR, ³The University of Electro-Communications, ⁴Faculty of Engineering, Shinshu University, ⁵Advanced Photonics Technology Development Group, RIKEN, ⁶Faculty of Science and Technology, Seikei University, ⁷Tromsø Geophysical Observatory, The Arctic University of Tromsø, ⁸Faculty 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グイアビ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器の設置や 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^{1*}; 中島 拓¹; 伊藤 万記生¹; 古賀 真沙子¹; 藤井 由美¹; 山本 宏昭¹; 水野 亮¹;
小嶋 崇文²; 藤井 泰範²; 野口 卓²; 浅山 信一郎²; 上月 雄人³; 長谷川 豊³; 小川 英夫³
KATO, Chihaya^{1*}; NAKAJIMA, Tac¹; ITO, Makio¹; KOGA, Masako¹; FUJII, Yumi¹; YAMAMOTO, Hiroaki¹;
MIZUNO, Akira¹; KOJIMA, Takafumi²; FUJII, Yasunori²; NOGUCHI, Takashi²; ASAYAMA, Shin'ichiro²;
KOZUKI, Yuto³; HASEGAWA, Yutaka³; OGAWA, Hideo³

¹ 名古屋大学, ² 国立天文台, ³ 大阪府立大学

¹Nagoya University, ²National Astronomical Observatory of Japan, ³Osaka 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 O₃(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)とコプレーナリーウェーブガイド(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、得られた結果を次の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^{1*}

NISHITANI, Nozomu^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ 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 SuperDARN 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^{1*}
ISHIZAKA, Joji^{1*}

¹ 名古屋大学地球水循環研究センター

¹Hydrospheric 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減し、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、台風の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^{1*}; Georgieva Katya²
SHIOKAWA, Kazuo^{1*}; GEORGIEVA, Katya²

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

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²Space 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^{1*}
TANEKO, Akira^{1*}

¹SEED SCIENCE Labo.

¹SEED 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。宇宙の彼方に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