

春季・秋季の植物季節が示した京都と江戸の気温推移と太陽活動

Spring and autumn temperatures deduced from phenology in Kyoto and Yedo, and their correspondence with solar variation

青野 靖之^{1*}, 谷彩夏¹

Yasuyuki AONO^{1*}, TANI, Ayaka¹

¹ 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

¹Osaka Prefecture University

ヤマザクラの満開日データを使って京都と江戸(東京)の春季の気温を、また、カエデ類の紅葉日データを用いて京都における秋季の気温をそれぞれ復元し、各季節の気温推移と太陽活動の盛衰とを比較した。植物季節データは各都市で書かれた古日記などの文献史料に記されていたものであり、京都のヤマザクラの満開日については9世紀以降で823年分、同じくカエデ類の紅葉については13世紀以降で478年分、一方、江戸のヤマザクラの満開日については17~19世紀にわたる207年分のデータがそれぞれ収集された。

これらの植物季節データは、気温を用いた積算モデルを使ってキャリブレーションされ、ヤマザクラの満開日からは3月平均気温、カエデの紅葉日からは10月平均気温が復元された。

京都の3月平均気温の復元値は、太陽活動の盛んだった10世紀に現在よりもやや高く、また、ウォルフ(14世紀前半)、シュペーラー(16世紀前半)、マウンダー(17世紀後半)、ドルトン(19世紀初め)の各極小期では、都市昇温の影響を除くと現在より約2~5℃前後であった(Aono and Kazui, 2008; 青野, 2012)。これら4つの低温期は各々が対応した極小期の後半から直後に生じており、太陽活動に対応する気温変化の応答の遅れも示された。

江戸の3月平均気温の復元は17世紀以降に限定されるが、その推移には京都と同様にマウンダー極小期と対応した1680~90年代を中心とする低温期と、ドルトン極小期に対応した1820年代を中心とする低温期が明瞭に現れた。両都市の春季気温に見られた低温期の起年にはほとんど差がなかった。また、江戸ではマウンダー極小期における気温の方がドルトン極小期における気温よりも約1℃低く推定された。

京都における10月平均気温の復元推移は13世紀以降で断続的に得られた。10月の気温の復元推移でも、シュペーラー極小期に対応した気温の低下傾向(1400~1530年)や、18世紀初頭のドルトン極小期に対応した低温期の存在が認められた。これらの年代の気温変化のパターンは、3月の気温復元推移のものと全般的に一致したが、特徴的な気温変化の極大・極小年を比較すると、10月平均気温の復元推移の方が3月に比べて最大で17年先行して発生していた。これは、太陽周期に対する気候応答の遅れが春季の気温よりも秋季の方で小さい可能性があることを示唆する。ただし、3月の気温に対する10月の気温の進みの有無や年数を正確に求めるには、さらなる紅葉日のデータ収集による10月の気温復元精度の向上が不可欠と考えている。

この研究は科学研究費(基盤研究(C)、平成23~25年度、研究代表者: 青野靖之、課題番号23501247)の助成を受けたものの一部である。

キーワード: 気候復元, 植物季節, サクラ, カエデ, 太陽周期

Keywords: Climate reconstruction, Phenology, Cherry blossom, Autumn-tints of maple, Solar variation

屋久杉年輪炭素同位体から復元する夏季東アジアモンスーン変動 Annual reconstruction of East Asian summer monsoon variability using tree ring stable carbon isotope in Yakusugi cedar

阿瀬 貴博^{1*}, 小笠 博貴², 宮原 ひろ子³, 片岡 龍峰¹, 丸山 茂徳²

Takahiro AZE^{1*}, Hiroki Ogasa², Hiroko Miyahara³, Ryuho Kataoka¹, Shigenori Maruyama²

¹ 東京工業大学大学院理工学研究科理学研究流動機構, ² 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻, ³ 東京大学宇宙線研究所

¹Interactive Research Center of Science, Tokyo Institute of Technology, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ³Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo

Understanding the paleoclimate based on the high-precision reconstruction of the best proxies is essential to predict future climate change. It has been known that stable carbon isotope in tree rings formed in high humidity area is a proxy for the actual sunshine duration during the tree ring formation. We reconstructed 1629 year record of the actual sunshine duration in Yakushima island in Summer from the stable carbon isotope of the annually resolved tree rings using the Yakusugi cedar (*Cryptomeria japonica*) grown in Ishizuka area where we identified that the humidity has been the highest at about 100% in Summer. As a result, it is found that the actual sunshine duration in summer is smaller than average in Medieval Warm Period (MWP), while it is higher than average in Little Ice Ages (LIA). Since the actual sunshine duration in Yakushima Island is sensitive to East Asian Summer Monsoon (EASM), it is indicated that EASM activity was stronger than average in MWP and is weaker than average in LIA. We will discuss the relationship between EASM and actual sunshine duration in Yakushima island.

Keywords: tree ring, stable isotope, East Asian summer monsoon

太陽風の気候影響 成層圏オゾンが関与する機構の提案

Influence of solar wind on the climate ? a mechanism containing stratospheric ozone

伊藤 公紀^{1*}

Kiminori Itoh^{1*}

¹ 横浜国立大学環境情報研究院

¹Yokohama National University

我々は、太陽風パラメーターと大気各層の気温との間に、大きな相関が存在することを示した。しかし、機構は不明である。そこで、これまで考えられてきた機構を再検討し、適用可能な機構を探索することとした。その中で、オゾンが関与する機構が考えやすいことを示す。すなわち、地球磁気圏に入った太陽風粒子は結局は大気に侵入し、NO_x等を生じてオゾンを破壊する。こうして生ずるオゾン量の変動は紫外線吸収による成層圏大気加熱の変動に直接反映する。最近の知見によれば、成層圏の気温変化が対流圏や地表の気温、更には海洋循環にも影響する。従って、太陽風が成層圏のオゾン層を変調するなら、大気循環や気温に影響する可能性はあると考える。

キーワード: 太陽風, 気候, 成層圏オゾン, NO_x

Keywords: solar wind, climate, stratospheric ozone, NO_x

成層圏オゾンに対する太陽風の影響 Influence of solar wind on stratospheric ozone

荒瀧 隆公^{1*}, 伊藤 公紀¹
Takahito Arataki^{1*}, Kiminori Itoh¹

¹ 横浜国立大学環境情報研究院
¹Yokohama National University

太陽風強度の指標として aa インデックスを用い、成層圏オゾン量との相関を検討した。北半球の温帯域と寒帯域において、12月の aa 指数と1月のオゾン量の間と比較的大きな正相関がみられた。南半球の温帯域では、逆相関が見られた。赤道域では、太陽11年周期との相関が見られ、太陽風との相関は弱かった。太陽風粒子はNO_x生成を通じてオゾンの破壊をもたらすと考えられるが、正相関も見られたことは、太陽風によるオゾンの分布変化が起きていることを示唆する。

キーワード: 太陽風, 成層圏オゾン, 相関
Keywords: solar wind, stratospheric ozone, correlation

マウンダー極小期における宇宙線の22年変動 22-year cycles of cosmic rays at the Maunder Minimum

宮原 ひろ子^{1*}, 横山 祐典¹, 松崎 浩之¹, 堀内 一穂², 門叶 冬樹³, 加藤 和浩³, 庵下 稔³, 本山 秀明⁴, 片岡 龍峰⁵
Hiroko Miyahara^{1*}, Yusuke Yokoyama¹, Hiroyuki Matsuzaki¹, Kazuho Horiuchi², Fuyuki Tokanai³, Kazuhiro Kato³, Minoru Anshita³, Hideaki Motoyama⁴, Ryuho Kataoka⁵

¹ 東京大学, ² 弘前大学, ³ 山形大学, ⁴ 国立極地研究所, ⁵ 東京工業大学
¹Univ. of Tokyo, ²Hirosaki Univ., ³Yamagata Univ., ⁴NIPR, ⁵Tokyo Tech.

Due to the weakened solar magnetic activity and consequent change in the heliospheric environment, flux of the galactic cosmic rays incident to the earth had characteristic time variability at the Maunder Minimum (AD1645-1715). Drift effect played an important role in the transport of cosmic rays in the heliosphere, and hence the Hale 22-yr cycles were intensified during the time. Such a characteristic variation of cosmic rays enable us to also understand the cosmic ray-climate connection. In this paper, we report the detailed features of cosmic ray variation revealed by the high precision measurements of carbon-14 and beryllium-10.

キーワード: 太陽活動, 太陽圏, 宇宙線, 宇宙線生成核種, 気候変動
Keywords: solar activity, heliosphere, cosmic rays, cosmogenic nuclides, climate variation

マウンダー極小期の太陽磁場サイクルに対する地域別気候応答

Global spatial distribution of climate response to the cosmic ray intensifications during the Maunder Minimum

坂下 渉^{1*}, 山口 保彦¹, 宮原 ひろ子², 青野 靖之³, Mariano Morales⁴, 横山 祐典¹

Wataru Sakashita^{1*}, Yasuhiko T. Yamaguchi¹, Hiroko Miyahara², Yasuyuki AONO³, Mariano Morales⁴, Yusuke Yokoyama¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 東京大学宇宙線研究所, ³ 大阪府立大学, ⁴ IANIGLA-CONICET

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo, ³ Osaka Prefecture University, ⁴ IANIGLA-CONICET

太陽活動の変動が気候に影響を与えるのか、この問題に対する研究は長い間行われている。この研究テーマを議論する上での問題の1つは、気候に影響を与えると考えられている太陽総放射・紫外線・銀河宇宙線の3つの要素をいかに区別して評価するかという問題である。本研究では、太陽総放射・紫外線とは異なる周期をもつ太陽磁場に注目し、太陽磁場変動にともなって変化する地球への銀河宇宙線飛来量に焦点を当て、他の2つの変動要素との区別を行った。また、マウンダー極小期 (A. D. 1645-1715) の太陽磁場負極性の活動極小期に銀河宇宙線飛来量変動の増幅があったことがモデルおよびアイスコア中の¹⁰Be研究から報告されていることにも着目し、銀河宇宙線変動の気候への影響評価を行っている。

これまでの研究成果から、マウンダー極小期の太陽磁場負極性の活動極小期の急激な銀河宇宙線飛来量の増加に同調する気候変動が中部日本・グリーンランドで起こっていたことが明らかになってきた。しかし、その気候応答に地域ごとに差があるのかはいまだ明らかになっていない。そこで、本研究ではマウンダー極小期を復元期間に含む様々な地域の経年気候変動データを用いて、太陽磁場サイクルにもとづいた重ね合わせ解析を行うことにより、銀河宇宙線の増加に対する地域ごとの気候応答の評価を行った。30のデータセットを解析した結果、アジア地域および北西アメリカで応答が見られ、それ以外の南アメリカやオーストラリアなどでは応答が見られないことが分かった。今回の発表では、より詳細な解析結果について報告する。

キーワード: 太陽磁場活動, 銀河宇宙線, マウンダー極小期

Keywords: Solar Magnetic Activity, Galactic Cosmic Ray, The Maunder Minimum

古生態学的証拠からみた地磁気逆転期の気候変動 Climate change during the geomagnetic polarity reversals: paleoecological evidence

北場 育子^{1*}, 兵頭政幸¹, 加藤茂弘², DETTMAN, David L.³, 佐藤裕司⁴
Ikuko Kitaba^{1*}, HYODO, Masayuki¹, KATOH, Shigehiro², DETTMAN, David L.³, SATO, Hiroshi⁴

¹ 神戸大学 内海環境教育研究センター, ² 人と自然の博物館, ³ アリゾナ大学, ⁴ 兵庫県立大学
¹KURCIS, ²Museum of Nature and Human Activities, ³University of Arizona, ⁴University of Hyogo

Observed correlation between galactic cosmic ray (CR) flux and cloud cover suggests that variations in geomagnetic field intensity could change climate through modulation of CR flux. This hypothesis has never been tested using robust geological evidence. Here we present a new record of climate cooling that coincided with a large decrease in field intensity during the Matuyama-Brunhes and Lower Jaramillo geomagnetic polarity reversals. The cooling event cannot be attributed to orbital forcing because it occurred across an interglacial sea-level highstand. The geomagnetic field intensity seems to influence global climate through the modulation of CR flux at variable timescales. The effect can be observed in multiple climatic parameters.

キーワード: 寒冷化, 地磁気逆転, 宇宙線, 古気候, 古海洋, 古地磁気
Keywords: cooling, geomagnetic reversal, cosmic ray, paleoclimate, paleoceanography, paleomagnetism

宇宙線による雲凝結核生成の室内検証実験の再現性 Reproducibility of laboratory experiment for verification of cloud condensation nucle- ation by cosmic rays

鈴木 麻未^{1*}, 増田公明¹, 伊藤好孝¹, さこ隆志¹, 松見豊¹, 中山智喜¹, 草野完也¹

Asami Suzuki^{1*}, Kimiaki Masuda¹, Yoshitaka Itow¹, Takashi Sako¹, Yutaka Mathumi¹, Tomoki Nakayama¹, Kanya Kusano¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

It is said that there is the correlation between the solar activity and earth climate.

However, a mechanism of the correlation is still not understood.

One of hypotheses for the mechanism is that an amount of cloud changes in connection with the cosmic-ray intensity which is influenced by the solar activity as indicated by the observation of good correlation between cosmic-ray intensity and the amount of low clouds.

The ion-induced nucleation model is considered as a model to explain this mechanism.

New particle is created efficiently in the atmosphere, with atmospheric ions produced by cosmic rays and finally this particle grows to the size of cloud condensation nucleus .

In order to verify the hypothesis the gas with the atmospheric composition is irradiated with ionizing radiation.

In this study, a verification experiment is conducted in a laboratory with a reaction chamber, flow control of clean air, H₂O, O₃ and SO₂, and irradiation of UV light and beta-rays as an ion source.

We will show a relation between aerosol concentration and ion density , and it is reproducibility.

キーワード: 宇宙線, 雲, 宇宙気候学, 雲凝結核

Keywords: cosmic ray, cloud, cosmoclimatology, cloud condensation nuclei

積乱雲と太陽活動の全球規模の同期 Synchronization between thunderstorm activities and solar parameters

高橋 幸弘^{1*}, 三宮 佑介¹, 佐藤 光輝¹
Yukihiro Takahashi^{1*}, Yusuke Sanmiya¹, Mitsuteru Sato¹

¹ 北海道大学 宇宙理学専攻

¹Dept. CosmoSciences, Hokkaido University

Relationship between thunderstorm/cloud activities and solar parameters are examined based on lightning measurement by Global ELF observation Network (GEON) and Outgoing Longwave Radiation (OLR) intensity. A correlated analysis between the number of the lightning strokes, cloud variation in the tropical regions, and solar parameters was examined, focusing the variation around one month periodicity. It was found that the number of lightning strokes in the Maritime Continent (MC) varies with about month periodicity in the period from February to June 2004 and shows positive correlation ($R=0.8$) with OLR in the Western Pacific Warm Pool (WPWP). That is, when thunderstorm activity in the MC is enhanced, the OLR in WPWP becomes large, meaning less cloud amount. On the other hand, OLR in the central Africa shows negative correlation with the number of lightning strokes in the MC in that period ($R=-0.7$). Furthermore, in the central Africa OLR seems to reflect the number of lightning strokes, showing good correlation between them. This implies that the activities of thunderstorms both in the central Africa and in the MC oscillate in the same phase. Such a synchronization of thunderstorms or cloud amount in global scale without phase difference has not been reported. These observational facts may lead to consideration of solar activity, whose variation in the present period (Feb-Jun 2004) shows good correlation with OLR variations.

キーワード: 雷放電, 積乱雲, 全球, 同期, 太陽活動

Keywords: lightning, thunderstorm, global, synchronization, solar activity

Faint Young Sun Paradox への天文学的アプローチ Faint Young Sun Paradox: the astrophysical viewpoints

今田 晋亮^{1*}, 片岡 龍峰², 鈴木 建³, 宮原 ひろ子⁴, 常田 佐久⁵
Shinsuke Imada^{1*}, Ryuho Kataoka², Takeru Suzuki³, Hiroko Miyahara⁴, Saku Tsuneta⁵

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 東京工業大学, ³ 名古屋大学大学院理学研究科, ⁴ 東京大学宇宙線研究所, ⁵ 自然科学研究機構・国立天文台

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²Tokyo Institute of Technology, ³Graduate School of Science, Nagoya University, ⁴Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, ⁵National Astronomical Observatory of Japan

地球に生命が誕生したのは生物学・地質学的な知見により約35億年前であると考えられている。しかし、生命が誕生したとされる35億年前は、標準太陽モデルによると、太陽は現在よりも暗かったため、地球は全球凍結の状態にあり生命が誕生する事が難しい状態にあったと考えられている(The Faint Young Sun Paradox)。そこで、その時代の太陽及び地球周辺の宇宙環境を天文学・地球物理学的に考察する事を試みる。このような環境にあった地球で生命を誕生させる可能性はいくつか考えられるが、本講演では、「実は太陽は暗くなかった!」という可能性について検討する。具体的な検討項目として、35億年前の太陽は現在より重く明るく、自転速度も速かった可能性について、あらゆる角度から考察する。太陽の明るさを現在の太陽以上にするため、当時の太陽の質量が5%程度重かったと仮定した場合、太陽の質量及び角運動量損失を現在より2?3桁大きい値でないと、現在の太陽と矛盾が生じる。そこで、35億年前の太陽風や Coronal mass ejection 等、初期太陽の磁気流体力学的現象をこれまで天文学で得られた知見に基づいて理論的・観測的に検討し、The Faint Young Sun Paradox の天文学的解決を試みる。

キーワード: 太陽, 質量損失, 気候, フェイントヤングサンパラドックス
Keywords: Sun, mass loss, climate, faint young sun paradox

星雲の冬 Nebula Winter

戎崎 俊一^{1*}, 片岡 龍峰², 丸山 茂徳²
Toshikazu Ebisuzaki^{1*}, Ryuho Kataoka², Shigenori Maruyama²

¹ 理化学研究所, ² 東京工業大学
¹RIKEN, ²Tokyo Institute of Technology

地球の46億年の歴史の中で、原生代に二回(22-24億年前と5.5-7.7億年前)にのみ、赤道まで凍結した全球凍結事変があったことが知られている(Hoffman and Schrag, 2002; Maruyama and Santosh 2008)。全球凍結に至る機構はこの10年における熱心な研究にもかかわらず、よくわからなかった。Kataoka et al. (2013)は、この全球凍結事変の天の河銀河のスターバーストによって引き起こされたとするモデルを提案した。天の川銀河も、星形成率が通常の10-100倍に増加するスターバーストを経験したと考えられており、その時期は上記の全球凍結期とほぼ一致している(Rocha-Pinto et al. 2000; Marcos and Marcos 2004; Svensmark, H., 2007)。スターバースト銀河においては、銀河円盤の大部分は濃い暗黒星雲に覆われ、太陽系が超新星残骸に遭遇する確率も非常に高かったと考えられる。このような星雲(暗黒星雲と超新星残骸)に太陽系が遭遇すると、宇宙塵と宇宙線の地球への降下量がけた違いに大きくなる。これらによる地球環境への影響を調べた。それらは真に破壊的であった。

まず、暗黒星雲遭遇の場合は、宇宙塵が地球の成層圏に長期滞留し、太陽光を散乱して、地球を寒冷化させる。その強さはアイス・アルベド不安定による地球の全球凍結を引き起こすのに十分な強さである(Pavlov et al. 2005)。また、太陽系内の惑星間空間で、GeV以下の宇宙線が大量に作られて地球に降り注ぎ、成層圏でNO_xを形成してオゾン層を破壊する(Ruderman 1974)。その結果、紫外線Bが増加し、植物の光合成システムを破壊する(Smith and Baker 1989)。全球凍結と紫外線の増加により地球の基礎生産量は大幅に減少し、大絶滅を引き起こしたと考えられる。

一方、超新星に遭遇したときには、銀河宇宙線量が1000倍増し、その結果として雲被覆率の増加させ、寒冷化を引き起こす(Svensmark and Friis-Christensen 1997)。宇宙線による硫酸エアロゾルの増加を通じた雲核の形成メカニズムは、複数の実験室実験により確かめられており(Svensmark 2007; Kirkby et al 2011)、太陽の11年周期による20%変動の効果はいざ知らず、宇宙線降下量の1000倍増による自然放射能の増加は、最も保守的な見積もりにおいても、アイス・アルベド不安定による地球の全球凍結を引き起こすのに十分な強さとなる。また、成層圏では、宇宙線によるNO_x形成によりオゾン層の破壊する。さらに地上の自然放射能の1000倍増になるため、年間被ばく量は1 Sy近くに達することになる。これは、生物にゲノム不安定を引き起こすのに十分な被ばく量である(Dubrova 2006; Aghajanyan et al., 2011)。

詳細な研究によると、全球凍結事変は、寒冷な気候がずっと続いていたのではなく、超寒冷な時期の後に超温暖な気候が続くサイクルが少なくとも数回起こっていることが分かってきた。このような超寒冷/超温暖サイクルの一つが個々の星雲衝突に対応していると考えられる。顕生代にも5回の大絶滅が報告されている。これらも、比較的小規模な星雲衝突と関係しているかもしれない。

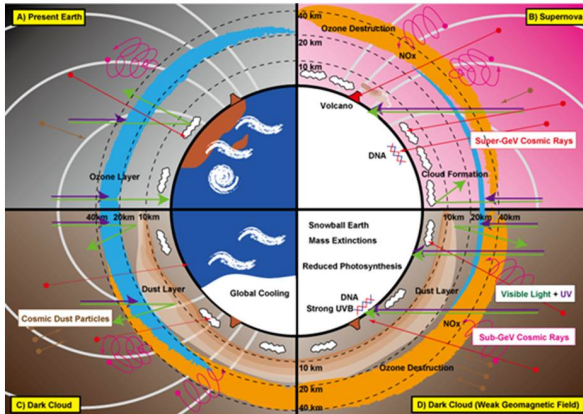
キーワード: 暗黒星雲, 超新星残骸, スノーボールアース, 大絶滅, 星間塵, 宇宙線

Keywords: Dark Cloud, Supernova Remnant, Snowball Earth, Mass Extinction, Cosmic Dust, Cosmic Rays

MIS22-11

会場:102B

時間:5月20日 12:00-12:15



K/T(Pg)境界：星雲遭遇による新案

K/T(Pg) boundary : A new proposal of collision of Dark Cloud.

二村 徳宏^{1*}, 戎崎 俊一², 丸山 茂徳³

Tokuhiro Nimura^{1*}, Toshikazu Ebisuzaki², Shigenori Maruyama³

¹岡山天文学博物館, ²理化学研究所, ³ELSI

¹Okayama astronomical museum, ²RIKEN, ³Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

The Earth has undergone mass extinction five times over the course of 600 Ma in Phanerozoic eon. Alvarez et al. (1980) first pointed out that an impact of an extraterrestrial body causes Cretaceous-Tertiary extinction at 65 Ma. Although they also studied the possibility of supernova explosion in the same paper, they conclude that it is unlikely because the $^{191}\text{Ir}/^{193}\text{Ir}$ ratio is consistent with solar abundance. In fact, Chicxulub crater in Mexico is thought to be the cause of the Cretaceous-Tertiary extinction (e.g., Schulte et al. 2010). However the recent studies revealed that the asteroid impact has several difficulties to explain the extinction event.

First of all, the solid particles and sulphate launched by the asteroid impact are settled down in relatively short time-scale and the climate forcing from them become negligible after ten years from the impact (Kring et al., 1996). It seems rather difficult to achieve a complete extinction of dinosaurs by just one event with such a short period less than few years. In addition the earth has undergone several asteroid impacts such as Manicouagan crater, however these impact has not caused the mass extinction. Second, the diversities of the species, such as dinosaur, ammonite, and foraminifer, living in the Cretaceous period start to decrease in their bio-diversities well prior to the K/Pg boundary (Sloan et al., 1986; House, 1989; 1993, Thomas, 1990). Furthermore, Zechos et al. (1989) pointed that the substantial reduction in oceanic primary productivity persisted for 0.5 Myr before the carbon isotope gradient was gradually re-established. In addition, the stable isotope and preservational data indicate that environmental change, including cooling, began at least 200 kyr before the Cretaceous-Tertiary boundary, and a peak warming of 3 degree in Celsius occurred 600 kyr after the boundary event. This cooling climate and the reduction of reduction in primary productivity that started 200 kyr before the boundary and last for at least 0.7 Myr, cannot be explained by the direct consequence of an asteroid impact.

In order to explore the real reason of this mass extinction at the K/Pg boundary, we studied the data of Iridium in the deep sea sediment around the K/Pg boundary and found a broader component of a significant enhancement in Iridium density around the central peak, which probably correspond to the asteroid impact. The width of this broad component, which is difficult to explain by mixing or remobilization after an instantaneous deposition (Hull et al., 2010). This broader component in Iridium could be caused by an increased flux of cosmic dusts due to the encounter to a dark cloud across. The sunscreen effect of cosmic dust in stratosphere may lead a global cooling (Pavlov et al. 2005). The flux of sub-GeV component of cosmic rays increased by a large factor due to the dense molecular gas from dark cloud to lead the destruction of ozone layer (Kataoka et al. 2012). Such an environmental catastrophe, which continued several ten Myears, may be the real reason of the mass extinction at K/Pg boundary.

The asteroid impact at K/Pg may also be one of the consequences of the dark cloud; encounter with a giant molecular cloud is well massive to perturb the orbit of asteroid/comet by its gravitational potential to lead an asteroid/comet shower. In fact, there is increasing evidence that the end of the Cretaceous experienced multiple impacts. A few craters are reported in late Maastrichtian stage. In addition, K/Pg and late Maastrichtian Ir and Platinum Group Elements (PGE) anomalies have been reported from Oman (Ellwood et al. 2003). Another impact may have occurred in the early Danian as suggested by Ir and PGE anomaly patterns (e.g., Stüben et al. 2002). The multiple impacts may be induced by a dark cloud encounter. Of course, some of the Ir and PGE anomalies mentioned above can be directly caused by the accretion of the cosmic solid particles from the dark cloud itself.

Keywords: mass extinction, dark cloud, K/T(Pg) boundary, dust, asteroid impact, deep sea

対流圏及び成層圏の気温に対するオゾン全量と太陽風の影響 Influence of solar wind and total ozone on the temperatures of the troposphere and stratosphere

山下 和良^{1*}
Kazuyoshi Yamashita^{1*}

¹ 横浜国立大学大学院環境情報学府
¹YOKOHAMA National University

太陽磁気活動と地球大気の温度変化は相関関係にあることは間違いないが、その原因は明らかではない。この問題に対して今までの研究成果 [1] に基づき、地球大気の鉛直構造を解析し、その原因について分析検討する。今回、太陽風の影響を確認するためOMNI 2太陽風データを使用し、aa指数データと地球大気の鉛直構造への影響を検出する。期間は2000年から2013年までとし、大気の温度データはRSS/MSUから入手した。

なお、解析を進めるにあたって次に点に注意した。低緯度でのオゾンに対するEPP-NO_xの影響がUV紫外線に匹敵する可能性がある [Callis et al., 2000, 2001; Langematz et al., 2005; Rozanov et al., 2005]。オホーツク海におけるオゾン全量と対流圏界面高度の分布変化は相関している。以上のことからOMNI 2及びRSS/MSUデータによる解析の結果、太陽風の影響による成層圏オゾンの変化は、対流圏の気候に影響を与えていることを示唆している。

[1] 伊藤公紀、地球惑星科学連合大会2008-2012

キーワード: 太陽風, 対流圏, 成層圏, 地磁気活動指数, 気温, オゾン

Keywords: solar wind, troposphere, stratosphere, geomagnetic activity index, temperature, ozone

Poisson 方程式による雷のシミュレーションとそのエントロピー論的考察 Lightning simulation by Poisson equations and its implication for entropic theories

芹沢 浩^{1*}, 雨宮隆¹, 伊藤公紀¹

Hiroshi Serizawa^{1*}, Takashi Amemiya¹, Kiminori Itoh¹

¹ 横浜国立大学環境情報研究院

¹ Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

Poisson 方程式による雷のシミュレーションはこれまでも数多く試みられており、その原理もよく知られているが、膨大なメモリを消費し、長大な計算時間を要するという欠点がある [1]。本発表ではノートパソコンでも利用可能な有限差分法 (FDM) を用いた実用的シミュレーション・モデルを紹介した後、稲妻のフラクタル的樹状構造の成り立ちについて、エントロピー論的考察を加える。Kleidon のエントロピー生成率最大化 (MEP) の原理によれば、熱平衡から遠く離れた開放系はエントロピー生成率が最大の状態で安定化し、散逸構造と呼ばれる低エントロピー状態を実現する [2]。一方、Bejan のコンストラクタル (Constructal) 理論によれば、一点と一定量の面積または体積を結ぶ流れの構造はその抵抗が最小になるように、すなわち一点から面積または体積へのアクセスが最も容易になるように形成される [3],[4]。MEP 原理と Constructal 理論は同種の最適化理論であるが、どちらがより本質的かを巡って、2010 年ごろ、活発な論争が交わされた [5],[6],[7]。しかし、両者の論争はかみ合ったとは言い難く、これまでのところ、実り多い成果を生んでいない。本発表では稲妻に代表される樹状ネットワークを低エントロピーの散逸構造と捉え、その成り立ちを熱力学的に考察することによって両理論の和解を試みる。さらに Kleidon の MEP 原理とより古典的な Prigogine のエントロピー生成率最小化の原理との違いについても言及する [8]。

[1] Amarasinghe, D., Sonnadara, U. (2008). Fractal characteristics of simulated electrical discharges. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka* 36(2):137-143.

[2] Kleidon, A., Lorenz, R.D. (2004). *Non-equilibrium thermodynamics and the production of entropy: life, Earth, and beyond*. Springer Verlag, Heidelberg.

[3] Errera M.R., Bejan, A. (1998). Deterministic tree networks for river drainage basins. *Fractals* 6(3):245-261.

[4] Bejan, A. (2007). Constructal theory of pattern formation. *Hydrology and Earth System Sciences* 11:753-768.

[5] Kleidon, A. (2010). Life, hierarchy, and the thermodynamic machinery of planet Earth. *Physics of Life Reviews* 7:424-460.

[6] Bejan, A. (2010). Design in nature, thermodynamics, and the constructal law. Comment on "Life, hierarchy, and the thermodynamic machinery of planet Earth" by Kleidon. *Physics of Life Reviews* 7:467-470.

[7] Kleidon, A. (2010). Life as the major driver of planetary geochemical disequilibrium. Reply to comments on "Life, hierarchy, and the thermodynamic machinery of planet Earth". *Physics of Life Reviews* 7:473-476.

[8] Prigogine, I. (1962). *Introduction to non-equilibrium thermodynamics*. Wiley Interscience, New York.

キーワード: エントロピー生成率最大化 (MEP) の原理, コンストラクタル理論, 樹状ネットワーク, Poisson 方程式, 有限差分法 (FDM), 雷

Keywords: Principle of Maximum Entropy Production (MEP), Constructal theory, Tree network, Poisson equation, Finite Difference Method (FDM), Lightning