

MIS024-01

会場:301B

時間:5月25日 14:15-14:30

雲核生成に対する気候感度と太陽の気候影響について

Susceptibility of Climate to the Formation of Cloud Condensation Nucleus and Solar Influence to Climate

草野 完也^{1*}

Kanya Kusano^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ STEL, Nagoya University

地球環境に対する太陽活動の影響を理解することは、長いスケールの気候変動にとって重要な課題である。マウンダー極小期に代表される長期の太陽黒点極小期（グランド・ミニマ）と小氷期との高い相関から太陽黒点活動は地球気候へ影響を与えると古くから考えられてきたが、そのメカニズムは未だに十分説明されていない。現在、そうした気候変動が太陽放射（或いはそのスペクトル）変動に起因するとする仮説と黒点活動と同期して変動を受ける宇宙線量変動に起因するとする仮説が併存した状況にある。それぞれの仮説を検証するためには、放射スペクトルと宇宙線に対する気候変動の感度を定量的に探る必要がある。代表的な宇宙線仮説は、宇宙線による大気電離を通じた雲核生成の変化が気候変動を促すというもの（Dickinson 仮説）である。本研究ではこの仮説を検証するために必要な知見を理論的な立場から探る。特に、雲核量の変動が降水効率を通して相乗的に気候変動を促す結果として宇宙線の気候影響が増大する可能性について考察し、近年進められている多階層シミュレーションによる宇宙線影響評価と比較して太陽活動による気候変動の可能性を議論する。

キーワード: 気候, 雲, 雲核, 太陽, 宇宙線, 黒点

Keywords: climate, cloud, CCN, the sun, cosmic ray, sunspots

MIS024-02

会場:301B

時間:5月25日 14:30-14:45

宇宙線 27 日周期変動の雲活動への影響の可能性について Possible influence of cosmic-ray 27-day variation on cloud activity

宮原 ひろ子^{1*}, 宗像 一起², 高橋 幸弘³, 佐藤 光輝³

Hiroko Miyahara^{1*}, Kazuoki Munakata², Yukihiro Takahashi³, Mitsuteru Sato³

¹ 東京大学宇宙線研究所, ² 信州大学, ³ 北海道大学

¹ICRR, The Univ of Tokyo, ²Shinshu University, ³Hokkaido University

We have examined the possible effect of solar rotation on the tropical convective cloud activity based on the data of outgoing longwave radiation (OLR) for AD1979-2004. The signal of 27-day solar rotational period has been most significantly detected around the Indo-Pacific Warm Pool, but only at the maxima of the eleven-year solar cycle. The amplitude of the 27-day variation in OLR is about 10-20% of overall variability.

The connection between cloud activity and solar rotation can be possibly explained by solar-related parameters such as solar irradiance, solar-UV, solar wind, and solar and galactic cosmic rays. In order to identify the possibility of cosmic-ray influence on cloud activity at this time scale, we have analyzed the OLR data more in detail, taking into account the characteristics cosmic-ray 27-day variation caused by the drift effect of cosmic rays in the heliosphere. In this paper, we report the preliminary results of the analyses obtained so far.

キーワード: 宇宙線, 太陽活動, 雲活動, 太陽自転周期

Keywords: cosmic rays, solar activity, cloud activity, solar rotation

MIS024-03

会場:301B

時間:5月25日 14:45-15:00

雲核の粒径変化に伴う全球気候変動の数値実験 Simulation study of global climate variation depending on cloud droplet size

力石 祐介^{1*}, 大淵 済², 鈴木 遼平¹, 片岡 龍峰¹, 宮原 ひろ子³, 田口 文明², 草野 完也⁴, 丸山 茂徳¹
Yusuke Chikaraishi^{1*}, Wataru Ohfuchi², ryohei suzuki¹, Ryuho Kataoka¹, Hiroko Miyahara³, Bunmei Taguchi², Kanya Kusano⁴,
Shigenori Maruyama¹

¹ 東京工業大学, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学, ⁴ 名古屋大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²JAMSTEC, ³The University of Tokyo, ⁴Nagoya University

地球に到達する銀河宇宙線強度と雲量の変化が相関していることが指摘されて以来、地球環境における宇宙線の影響が議論されている。特に、宇宙線が大気中の電離を通して雲核生成を促進することによって地球気候に影響を与えているという仮説が提案され、注目されている。より具体的には、宇宙線の影響により雲核生成が促進されることによって雲粒の粒径が小さくなり雲量が増える。その結果、地球のアルベドが増え地球表層気温が低くなると解釈できる。本研究では、GCM中の雲核の粒径を変化させることで、対応する地球表層気温の変化とその仕組みを定量的に明らかにすることを目的としている。GCMの計算には、JAMSTECの地球シミュレーターを用いた。初期結果として、雲核の粒径を半分にすると地球平均気温が10年間で3℃減少し、雲核の粒径を倍にすると10年間で3℃上昇することが分かった。また、雲核の粒径を半分にした際に、雲量は全球的に増加するのではなく地域によって減少するところと増加するところがあることが分かった。さらに、気温が極端に下がっている地域で雲量が特に増加しているということはなかった。これらのシミュレーション結果に基づき、本講演では、雲核の粒径に依存した気候変動について、より詳細なメカニズムについて定量的に議論する。

キーワード: 雲核, 雲量, 宇宙線

Keywords: cloud droplet, cloud amount, galactic cosmic-ray

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS024-04

会場:301B

時間:5月25日 15:00-15:15

宇宙線に起因する電離誘起核生成実験の現状

Present status of experiments on ion-induced nucleation originating from cosmic rays

増田 公明^{1*}

Kimiaki Masuda^{1*}

¹ 名大S T E 研

¹ STEL, Nagoya Univ.

太陽活動の地球気候への影響を説明するメカニズムの一つとして、電離誘起による核生成が考えられている。宇宙線による大気電離がエアロゾル粒子の成長を促進し、雲量の増加をもたらすというシナリオである。最近、このシナリオを検証する実験が計画され、あるいは進行しつつある。講演ではこれらの実験計画をレビューし、それぞれの特徴を明らかにしながら、今後の見通しを議論する。

キーワード: 宇宙線, 太陽活動, 地球気候, 大気電離, 核生成, エアロゾル

Keywords: cosmic rays, solar activity, global climate, atmospheric ionization, nucleation, aerosol

MIS024-05

会場:301B

時間:5月25日 15:15-15:30

宇宙線と雲核生成の関連性の検証実験

An experimental verification of the relativity of galactic cosmic rays and aerosol nucleation

伊澤 雄貴^{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

Yuki Izawa^{1*}, Kimiaki Masuda¹, Yoshitaka Itow¹, Takashi Sako¹, Yutaka Matsumi¹, Tomoki Nakayama¹, Kanya Kusano¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ STEL, Nagoya University

太陽磁場によるモジュレーションが宇宙線強度を変化させるということはよく知られていたが、最近の研究によって地球の下層大気（高度<3.2km）の雲量と宇宙線強度の間に強い相関関係があることが指摘された（Svensmark et al; 1997, 2000）。この相関を説明するための仮説として、宇宙線の電離作用によって大気中につくられたイオンを介してエアロゾルが生成され、そのエアロゾルが雲凝結核に成長して雲の種になるというものがある。しかし、定量的にはいまだわかっていないことが多く、この物理過程の一部を再現するための実験として SKY-実験（Svensmark et al; 2007）が行われたが、この実験においてもいくつかの不明瞭な点が存在した。

そこで我々は、下層大気を再現するガスチェンバーに、宇宙線に見立てたβ線と、波長253.7nmの紫外線を照射して、下層大気において発生していると考えられる反応を再現する実験を行っている。この実験において、下層大気組成を再現するために、SO₂・H₂O・オゾンそれぞれの濃度がコントロールできるガス供給システム、その供給されたガスをβ線および紫外線と反応させるためのチェンバー、そのチェンバー内のイオン密度を検出するためのイオン検出器を製作した。そして成分をコントロールした混合ガスを実際にチェンバー内に供給し、β線や253.7nmの紫外線を照射した際のエアロゾル密度の変化について測定を行った。

今回の発表では、宇宙線と雲核生成との相関関係を結びつける決定的なメカニズムの解明を目指して研究を行っている我々の実験についての最新結果を報告する。

キーワード: 宇宙線, エアロゾル, イオン, 雲

Keywords: galactic cosmic rays, aerosol, ion, clouds

MIS024-06

会場:301B

時間:5月25日 15:30-15:45

均一蒸気-液体核生成の分子シミュレーション Molecular Simulation of Homogeneous Vapor-Liquid Nucleation

河野 明男^{1*}, 河村洋史¹, 草野 完也²

Akio Kawano^{1*}, Yoji Kawamura¹, Kanya Kusano²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Solar-Terrestrial Environment Laboratory

大気エアロゾルは大気中に広く存在し、太陽放射の吸収や散乱によって、または雲凝結核として雲形成や降水に関与することによって地球環境に多大な影響を与えている。前駆気体からの新粒子生成は大気微小エアロゾルの主要なソースであり、雲凝結核の個数濃度を支配していると考えられている。新粒子生成は微小な分子クラスターを生成する核生成過程とそれに引き続く成長過程からなるが、それらの過程の理解はいまだ十分ではない。

核生成過程のメカニズムの一つとして、宇宙線やラドンのような放射性物質などによって生成した大気イオンによるイオン誘発核生成過程が提案されている。宇宙線強度は太陽活動、地磁気、宇宙線放出源、宇宙線伝播などによって変動するため、宇宙環境の変化がイオン誘発核生成を通じて地球気候に影響を与えているとする仮説が提案されている。この仮説をめぐる活発な議論が続いている。イオン誘発核生成の気候への影響を議論するためには、新粒子生成における微物理過程を理解することが重要である。

核生成過程の記述には古典核生成理論 (CNT) が広く使われている。しかし単純な単成分核生成過程でさえ CNT による予測は実験結果との間にしばしば非常に大きな差がみられる。CNT では核生成に関与する分子クラスターはマクロな液滴と同様の性質を持つと近似する。核生成過程を支配しているクラスターはわずか数個から数十個の分子からなり、そのような微小クラスターはマクロな液滴とは異なった性質を持つ。破綻の主な原因はこの液滴モデルそのものにあるとみられている。核生成過程を正しく記述するためにはこのクラスターの性質を分子レベルで理解する必要がある。

本研究では、分子動力学法を用いて核生成過程のシミュレーションを行うとともに、その結果に基づいて核生成過程を記述する速度論モデルを構築した。また、電子状態理論を用いてイオン誘発核生成過程の初期に生成されるイオンクラスターの熱力学量を決定するとともに、中性クラスターの結果と比較することによってそれらの安定性を議論する。

キーワード: 蒸気液体核生成, 分子動力学シミュレーション

Keywords: Vapor-Liquid Nucleation, Molecular Dynamics Simulation

MIS024-07

会場:301B

時間:5月25日 15:45-16:00

オゾンと温度の太陽11年周期シグナルの解析：気象研究所の化学 - 気候モデルによる1960 - 2006年のシミュレーション

Temperature and ozone response to the 11-year solar cycle in the ensemble MRI-CCM simulation from 1960 to 2006

柴田 清孝^{1*}, 出牛 真¹

Kiyotaka Shibata^{1*}, Makoto Deushi¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

Ensemble simulation was made with the chemistry-climate model of Meteorological Research Institute (MRI-CCM) under the CCMVal REFB1 scenario, in which observed forcings of SST, sea-ice, greenhouse gases, halogens, the 11-year solar cycle, and volcanic aerosols are given. The integration period covers 46 years from 1960 to 2006. Multiple linear regression analysis is used to isolate specific signals from the anomalies in temperature and ozone data using reference variables of the mean value, the linear trend, the QBOs at 20 and 50 hPa, the volcanic aerosols of huge volcanic eruptions, El Nio/Southern Oscillation (ENSO), and the 11-year solar cycle. As an ensemble average of the annual-mean solar signals, MRI-CCM reproduced observed feature of ozone in the tropical stratosphere: the first maximum in the lower stratosphere and the second one in the upper stratosphere. Analysis of temperature and ozone solar signal for each member reveals that the first ozone maximum comes from a chemical effect of intensified UV radiation and cooling due to upwelling and that the second one is a dynamical effect due to transport of ozone-rich air accompanying downwelling.

キーワード: 太陽11年周期, 化学-気候モデル, オゾン, 気温

Keywords: solar 11-year cycle, chemistry-climate model, ozone, temperature

MIS024-08

会場:301B

時間:5月25日 16:00-16:15

全球雲解像度モデルで再現された台風ライフサイクルの多重スケール相互作用 Multiscale Interactions on the Lifecycle of Tropical Cyclone simulated by Global Cloud-System Resolving Model

筆保 弘徳^{1*}, Yuqing WANG², 佐藤正樹³, 那須野智江⁴, 三浦裕亮³, 柳瀬亘³

Hironori Fudeyasu^{1*}, Yuqing WANG², Masaki SATOH³, Tomoe NASUNO⁴, Hiroaki MIURA³, Wataru YANASE³

¹ 横浜国立大学, ² ハワイ大学, ³ 東京大学, ⁴ 海洋研究開発機構

¹Yokohama National University, ²University of Hawaii, ³University of Tokyo, ⁴Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The global cloud-system-resolving model, NICAM, successfully simulated the lifecycle of Tropical Storm (TS) Isobel that formed over the Timor Sea in the austral summer 2006. The multiscale interactions on the lifecycle of the simulated storm have been analyzed in this study as the large-scale and meso-scale aspects. The westerly wind burst accompanied by the onset of a Madden-Julian Oscillation (MJO) event over the Java Sea enhanced the cyclonic shear and convergence in the lower troposphere, providing the pre-conditioned large-scale environment for the genesis of Isobel. In the subsequent evolution, five stages are identified for the simulated Isobel, namely, the initial eddy, intensifying, temporary weakening, re-intensifying, and decaying stages.

At the initial eddy stage, small-/meso-scale cyclonic vortices (eddies) developed in the zonally-elongated rainband organized in a convergent shear-line in the lower troposphere over the sea north of Java. As the MJO propagated eastward, the cyclonic eddies moved southeastward with intensifying convective activities, showing the signal of cyclogenesis over the Timor Sea. As a result of multi-vortex interaction/merging in an environment with enhanced low-level cyclonic vorticity and weak vertical shear, a typical tropical cyclone structure developed, leading to the birth of Isobel (intensifying stage). An approaching subtropical high from the southwest exposed Isobel to a large-scale stretching deformation field with strong vertical shear. This change led to the development of asymmetric structure in the inner core of Isobel and interrupted its intensification, causing a temporary weakening (temporary weakening stage). As the vertical shear weakened and changed the direction in response to the upper-level northerlies, Isobel re-intensified in response to the reformation of its eyewall as a result of the inward spiraling rainband that was formed on the downshear left side (re-intensifying stage). Finally Isobel decayed due to the land effect as it approached the land and made landfall in northwest Australia (decaying stage).

A multiscale interaction associated with the genesis of Isobel has been investigated. It is clear that the large-scale cyclonic shear closely related to the WWB in the MJO provided a favorable condition for deep convection over the sea north of Java. The deep convection was accompanied by small-scale high low-level cyclonic potential vorticity with diameters less than 40 km, very similar to the so-called vortical hot towers discussed by previous studies (e.g., Montgomery et al. 2006). Isobel thus formed as a result of the following events: increased cyclonic shear due to the WWB, collective heating from the vortical hot towers, the merging and strengthening of low-level potential vorticity of the hot towers, and eventually the axisymmetrization of meso-scale features by the storm-scale low-level cyclonic circulation over the sea south of Java.

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS024-09

会場:301B

時間:5月25日 16:30-16:45

気候変動予測；現代は寒冷化移行期か？

The climate prediction; 21 Century is the entrance of global cooling ?

丸山 茂徳^{1*}

Shigenori Maruyama^{1*}

¹ 東京工業大学

¹Tokyo Institute of Technology

今世紀は人類の文明発展の限界とその壁を乗り越える試練の時代となっている。化石エネルギーの限界、食糧生産の限界、家畜の異様な増加、それと比例する人口の異様な増加が、エネルギー革命を必要とし、更にそれが生態系の破綻の予兆となっている。

このような状況の中で、食糧生産性を左右する気候は、もう一つの人類史の直接的な支配要因である。とりわけ、寒冷化は深刻な問題となる。

過去 3000 年間の古気候復元（同位体、花粉、海水準変動、古文書）に基づき、その間に 4 - 5 回起きた温暖化から寒冷化への移行期の気候変動の特徴（夏はより暑く、冬はより寒くなり、年間の気温較差の増大と降水量の増加が特徴）に基づき、寒冷化移行期の気候変動を説明するモデルを提案する。モデルは、過去 140 年間の温暖化によって海洋表層に蓄えられた熱エネルギーの解放（蒸発）が上空からの寒冷化によって降水（雪）量の増加を引き起こすとするもので、気温の増減曲線が湿度の増減曲線と同起せず、10 数年程度は後者のピークが遅れる関係を導く。

MIS024-10

会場:301B

時間:5月25日 16:45-17:00

地質時代に見られる地磁気と気候のリンク

Link between geomagnetic field and climate during geologic time

北場 育子^{2*}, 兵頭 政幸², 加藤 茂弘³, 佐藤 裕司⁴, 松下 まり子⁵

Ikuko Kitaba^{2*}, Masayuki Hyodo², Shigehiro Katoh³, Hiroshi Sato⁴, Mariko Matsushita⁵

¹ 神戸大・理・地球惑星, ² 神戸大・内海域, ³ 人と自然博, ⁴ 兵庫県立大・自然研, ⁵ 奈文研

¹Earth Planet. Sci., Kobe Univ., ²Kobe Univ. R. C. Inland Seas, ³Hyogo Museum, ⁴Inst. Nat. Environ. Sci., Univ. Hyogo, ⁵Nara Res. Inst. for Cultural Properties

The main goals of climatology are to reveal the climate change and ascertain the cause of it. The climatic records during the geomagnetic field reversal would be the most suitable to examine the geomagnetic impact on climate, a long-term disputed subject. We report that the climate changes from marine oxygen isotope stage (MIS) 31 to 17 based on the palynological data from the Osaka Bay core. During this period, two geomagnetic polarity reversals occurred during interglacial periods; the Lower Jaramillo (LJ) and the Matuyama-Brunhes (MB) polarity reversals in MISs 31 and 19, respectively. The climate changes well accord with marine oxygen isotope variations which are dominated by the Earth's orbital elements. However, the climates of MISs 31 and 19 have an anomalous cooling event, which cannot be explained by the Milankovitch theory. Both cooling events are almost correlated with the time of low-geomagnetic field intensity (below 20-30% of a normal intensity) just before the main polarity boundaries, and the warming occurred in conjunction with the geomagnetic field intensity recovery. More than 60% of increase in CR flux is estimated for such low field intensity. Such an increase in CR flux would cause cooling by 2-3 deg. C, estimated by the cloud radiative forcing. The same degree of cooling can be estimated by applying the modern analogue technique to palynological data. These lines of evidence demonstrate a link between the Earth's magnetic field and climate.

キーワード: スpensマルク効果, 寒冷化, 地磁気逆転, 宇宙線, 古気候

Keywords: Svensmark effect, Cooling, Geomagnetic polarity reversal, Cosmic ray, Paleoclimate

MIS024-11

会場:301B

時間:5月25日 17:00-17:15

北極圏における自然変動を人為起源トレンドから分離する Separation of natural variability and anthropogenic trend in the Arctic

池田 元美^{1*}

Motoyoshi Ikeda^{1*}

¹ 北海道大学

¹ Hokkaido University

北極海の海水は最近40年間減少しているが、経年変動も増幅しており、特に太平洋側とシベリア陸棚で顕著な縮小を示す。海面気圧変動のEOF第1成分は北環状モード(NAM)であり、冬季の第2成分はシベリアとグリーンランドに逆位相の極を持つ双極モード(ADM)だが、春季夏季にはヨーロッパとカナダに極を持つ別の双極モード(ADMSS)が準2年周期変動を示す。10年程度の周期を持つ海水分布変動は1990年くらいまでNAMによって説明できた。1980年代には最も影響を持つ大気変動はADMに遷移し、太平洋(大西洋)側の海水減少(増大)は、シベリアに負の極を持つ正のADMから1年の遅れで現れている。準2年周期変動は東シベリア・ラプテフ海で顕著であり、ADMSSと相関し、沖向きの風と暖気によって減少する。以上のように海水分布変動は地球温暖化による単調な融解よりずっと複雑であり、自然変動を温暖化トレンドから分離して正確な情報を発信するには、データ解析とモデリングを動員した解析が必須である。

キーワード: 北極海, 海水, 気候変動, 地球温暖化

Keywords: Arctic Ocean, sea ice, climate change, global warming

MIS024-12

会場:301B

時間:5月25日 17:15-17:30

サクラの開花季節が示した京都の気温推移と太陽活動

Change in temperature reconstructed by cherry blossom phenology in Kyoto, and its correspondence with solar variation

青野 靖之^{1*}

Yasuyuki Aono^{1*}

¹ 大阪府立大院生命環境

¹ Osaka Pref. Univ.

開花や萌芽などの植物季節現象が気温条件の影響を大きく受ける場合、開花などの遅速によって気温の定量的な推定が可能になる。こうした植物季節現象を、温度環境の指標として使えば、近代気象観測前の時代における気候推移の復元が可能になる。そこで、過去 1200 年間の京都におけるサクラの満開日による気候変動を復元し、植物季節が我々に示した気候の変化を見た。

京都では、日記を中心とした史料の中で、関西で最も一般的な野生種のヤマザクラの満開に関する記録が極めて多く残っている。満開の状態、花見・観桜などに関する記録をもとに、現在 800 年分近いデータを収集している。気温復元の精度は植物季節のデータ数に左右される。時代ごとに詳しく見ると、15～20 世紀では 80%以上の年について満開日が判明したのに対し、12～14 世紀では 50%程度、10～11 世紀では 30%程度である。このように少ない 10～11 世紀の満開日データを補足する目的で、フジの満開記録によりヤマザクラの満開日を推定した値も併用した。気温と満開日との関係づけには、花木や果樹の開花予測でも一般的に使われる温度変換日数法を用いた。モデルの作成・関係づけのための解析は、近年の京都における都市昇温の影響を可能な限り排除する目的で、1911～40 年の期間のデータを用いて進めた。この方法により、平滑化処理した気温であれば、RMSE で 0.1 の精度で、3 月の平均気温の推移を推定可能になることがわかった。

満開日から推定した 3 月平均気温の推移 (Aono and Kazui, 2008; Aono and Saito, 2010) は、西暦 890 年代以降、現在までほぼ連続して得られている。9 世紀から 19 世紀までの間で最も気温の復元値が高かったのは 10 世紀前半～中頃で、一般的に 7 以上、最高値は 7.6 であった。その後、ほぼ 6 台で推移した後、1300 年以降になると総じて気温が現在よりも低く転じた。とくに西暦 1330～50 年、1520～50 年、1670～1700 年、1820～30 年はいずれも 5 前後の値、すなわち現在より気温が 3 強低い寒冷な時代であった。これら 4 つの期間は、いずれも太陽活動が不活発な極小期 (それぞれ古い順にウォルフ、シュペーラー、マウンダー、ドルトン極小期) にほぼ重なること、また太陽活動の盛衰に対して気温の推移が十年～数十年程度、遅れる傾向も見られた。さらに 1750 年以降の黒点周期の長さで推定気温の解析を試みたところ、太陽活動が不活発で太陽周期がより長くなった期間の 10～15 年後の推定気温ほど低くなる傾向も見られた。

今回求めた春季気温の復元推移は、最近の約 170 年間で 3.3 の上昇を示している。この上昇には、広いスケールで生じた気温上昇分と京都の都市温暖化による上昇分の二つが混じっている。この気温推移から都市による影響を除いて、最近 170 年間における広域の気温変化の計算を試みた。都市昇温の影響の計算に用いる対比観測所の選び方によって多少変わるが、この期間中に広域で見られたであろう昇温は 1.7～2.2 と計算された。目下、種々の植物季節現象を用いた、中世以前のデータのギャップフィリングや、他の季節の気候復元などを試みているところである。

キーワード: 気候復元, 植物季節, サクラ, 太陽周期

Keywords: climatic reconstruction, phenology, cherry blossom, solar variation

MIS024-13

会場:301B

時間:5月25日 17:30-17:45

太陽活動の長期予測の可能性とその振幅値の離散性 Long-term predictability of solar activity and discreteness of the amplitude

吉田 明夫^{1*}, ライアン セイヤー²

Akio Yoshida^{1*}, Ryan Sayre²

¹ 温泉地学研究所, ² エール大学

¹Hot Springs Research Institute, ²Yale University

最初に、太陽黒点の1サイクルにわたる平均値とそのサイクルの黒点の最大値が良く相関していることを示す。昨年の大会でわれわれは減衰期の黒点数と次のサイクルの最大値との相関は、極小となる3年前の黒点数との間で最も高くなることを示した。このことは太陽活動の振幅として黒点の最大値でなく1サイクルにわたる平均値をとった場合についても同様になりたつ。更に、太陽黒点の1サイクルにわたる平均値とそのサイクルの黒点の最大値との相関も、サイクルの切れ目を極小の3年前にとったときに最も高くなる。こうした事実は、極小に到る数年前の黒点数は、次のサイクルの振幅に関して、何らかの重要な情報を持っていることを示している。ここでは、特に、減衰期の黒点数と次のサイクルの振幅との相関は、黒点の最大値でなく、サイクルにわたる平均値をとったときの方が高くなることに注目したい。われわれは、このこと及びその他の理由から、極小の3年前で切ったときのサイクルの黒点数の平均値は、活動の振幅値の代表として最も相応しいと考えている。振幅を平均値で代表させることによって、われわれはいくつかの不思議な事実を発見した。最も興味深いのは、平均値が離散的な値をとる傾向を示すことである。更に、偶数番目のサイクルの振幅とそれに続く奇数番目のサイクルの振幅が正相関し、また、 $(2n+1)$ 番目のサイクルの振幅と $(2n+4)$ 番目のサイクルの振幅が逆相関することを見つけた。これら2つの相関関係を結び合わせると、太陽サイクルは、交差することも交じり合うこともない互いに独立な2つの系列に分けられる。そして、それぞれの系列でのサイクル間の相関関係によって、太陽活動の長期的な予測が可能となる。

キーワード: 太陽黒点数, サイクル平均, 太陽活動の振幅, 離散性, サイクル間の相関, 長期的予測可能性

Keywords: sunspot number, average over a cycle, amplitude of solar activity, discreteness, correlation between cycles, long range predictability

MIS024-14

会場:301B

時間:5月25日 17:45-18:00

太陽風の気候・気象影響—「宇宙気象学」は成立するか

Influence of the Solar Wind on Climate and Weather - Towards Constructing Space Meteorology

伊藤 公紀^{1*}

Kiminori Itoh^{1*}

¹ 横浜国立大学大学院工学研究院

¹ Grad. Sch. Eng., Yokohama Nat'l Univ.

序 太陽活動変動の気候・気象影響の検証と解明は、ここ2世紀来の課題である[1]と同時に、気候の自然変動と人為的要因の寄与を見積もるためにも必要である。環境政策では短期的・局所的なアプローチが重要であり、従来の年平均や地球平均は意味が薄い。太陽活動変動の影響も、そのような視点での考察が必要である。我々は最近、冬の地磁気活動指数(aa指数)と春の局所地表気温の相関が高いことを示すとともに、北極振動を通じた機構が働いていることを示唆した[2]。このような現状を踏まえると、さらに検討を深めるには地磁気活動に直接影響する太陽風パラメータとの関係の考察は有意義である。そこで OMNI 2 太陽風データ (特に日平均値)[3] を用い、短期・局所アプローチを適用した。

方法 Finch & Lockwood [4] は太陽風パラメータと地磁気活動指数との相関を検討し、太陽風から磁気圏へのエネルギー移行速度 P_{α} (式1) [5, 6] が最適とした。 P_{α} は、明確な物理的意味を持ち、以降の検討に有利と思われることから、本解析でも主に使用した。

$$P_{\alpha} = (k \pi / 2 \mu_0^{(1/3+\alpha)}) m^{(2/3-\alpha)} M_E^{2/3} N^{(2/3-\alpha)} V^{(7/3-\alpha)} |B|^2 \sin^4(\theta/2) \quad (1)$$

ここで、 k は定数、 m は平均イオン質量、 M_E は地球の磁気モーメント (100年で約5%減少と仮定)、 N は太陽風粒子数密度、 V は太陽風速度、 B は太陽風磁場、 θ は惑星間空間磁場の角度 (太陽磁気圏座標基準) である。結合指数 α は0.3としたが、 P_{α} の α 依存性は弱い。1963年から始まる OMNI 2 の太陽風データには欠落も多いので、月平均を求めるにはデータが10日未満の月は省いた。

地表気温データとしては、aa指数との相関が大きい地域 (フィンランド・ソダンキュラ等) の気象ステーション測定データを主として用いた。また、北極振動 (AO) および赤道域成層圏風の準二年振動 (QBO) を考慮に入れた。

結果と考察 冬の P_{α} は、1月のQBOが東風相にある年において、地表気温およびAO指数と高い相関を示した。図1にソダンキュラの地表気温 (3~5月) と P_{α} (1月) の関係および、AO指数 (3月) と P_{α} (2月) との関係を示す。図示例における相関係数は、1966-2004年の地表気温に対して0.75、1968-2008年のAO指数に対して0.63であった。西風時では弱相関で、気温に対して負、北極振動に対して正であった。

図1の結果より、磁気圏に捕捉される太陽風エネルギーに対応して北極振動と地表気温が変化するといえる。ところで、 P_{α} はaa指数やam指数のような地磁気活動指数との相関が高いことから、これらの地磁気活動指数は太陽風から磁気圏に流入するエネルギー移行速度に比例すると考えられる[1]。従ってaa指数と地表気温等との相関[2]は、太陽風から磁気圏へのエネルギー流入と、引き続く諸過程で解釈できると考えるのは妥当である。現段階では、特に電離圏電流によるエネルギー散逸が重要であると思われる。QBOの関与について、太陽黒点と同期する気象変化に関しては西風時の相関が強いと報告されており[1]、太陽風との相関と逆であるのは興味深い。

以上の結果より、太陽変動等の長期的な気候影響を扱う宇宙気象学とともに、短期的・局所的な気象影響についての「宇宙気象学」が成立する可能性が示された。

1) B. A. Tinsley, J. Geophys. Res., 101 (1996) 29,701-29,714; Rep. Prog. Phys. 71 (2008) 066801 (31 pp)

2) 伊藤公紀、地球惑星科学連合大会 2010 年、など

3) OMNI 2 太陽風データ <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/ow.html>

4) I. Finch and M. Lockwood, Ann. Geophys., 25 (2007) 495-506

5) V. M. Vasyliunas et al., Planet. Space Sci., 30 (1982) 359-365

6) L. Scurry and C. T. Russell, J. Geophys. Res., 96 (1991) 9541-954

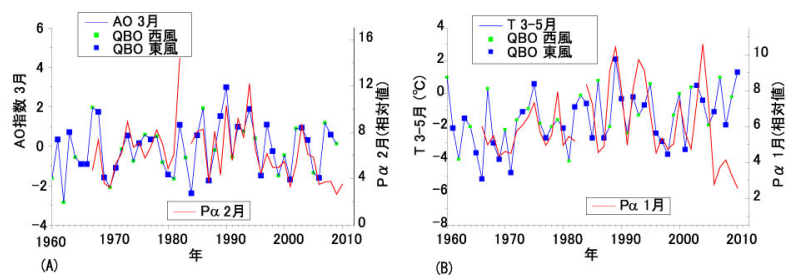


Fig. 1. (A) AO指数(3月)と、太陽風から磁気圏へのエネルギー移行速度 $P\alpha$ (2月)の関係、(B)地表気温(フィンランド、ソダンキュラ、3-5月平均)と $P\alpha$ (1月)の関係。赤道成層圏風の準二年振動(QBO)の東風時は青い四角、西風時は緑の小四角で示した。東風時の相関係数は、AO vs $P\alpha$ (1967-2008)が0.63、T vs $P\alpha$ (1966-2004)が0.75。

キーワード: 太陽風, 気候, 気象, 地磁気活動, 宇宙気象, 宇宙気候

Keywords: solar wind, climate, weather, geomagnetic activity, space meteorology

MIS024-15

会場:301B

時間:5月25日 18:00-18:15

入れ子構造を持ったシステムにおけるエントロピーバランスの計算 Calculation of entropy balance equations in a nested system

真原 仁^{1*}, 山口智彦¹

Hitoshi Mahara^{1*}, Tomohiko Yamaguchi¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ AIST

A viewpoint of non-equilibrium thermodynamics is useful for the investigation of environmental phenomena such as climate changes and the oceanic circulation [1,2]. Especially, the entropy production is a useful quantity because it works as a potential function for the system of our concern under certain conditions [1,2]. It is defined as the time derivative of entropy produced inside the system. We have been investigating the change in entropy production and the flow of entropy in a nested reaction-diffusion system in order to seek for a universal rule for the time evolution of non-equilibrium dynamic systems.

We firstly examined the relation between the entropy production and the pattern dynamics in a simple reaction-diffusion system [3-5], and revealed that the entropy production can be used as an index of self-organized patterns. Then, by introducing a newly defined chemical potential, we showed the way to calculate the entropy flow [5]. The entropy flow is the time derivative of the entropy that is produced through the interaction between the system and its environment. Concomitantly, the sum of the entropy production and the entropy flow can be calculated as well. This sum is called the entropy change.

We applied this method to calculate these thermodynamic quantities when a reaction-diffusion system sustained self-replicating pulses. The result indicated that the entropy change depends on the dynamics of the system. The entropy change converges to zero when the pattern in the system looks quiescent (i.e., a quasi steady state is achieved), whereas it moves away from zero while the pulse self-replicates. Consequently, the entropy change varies proportional to the speed of the pattern development. Therefore it might be regarded as the thermodynamic distance from a steady state. This property is coincident with an intrinsic property of entropy as a state function of a system.

Next, we considered a nested open system. Dealing with a nested system is important for better understanding of nature, even through mathematical models, because of the following reason. We used to introduce a steady assumption for the environment of a mathematical model. However, this is a rough approximation of nature. In an environmental system or in a biological system, for example, both the system of our concern and its environment have their own dynamics and interact each other through the open boundary of the system. Sometimes biological systems seem to make their profits of such interactions, and this could be expected similarly in a dynamical geo-system.

Our nested system consists of two subsystems: a bath and a one-dimensional reaction-diffusion medium. The bath is a continuously-stirred tank reactor which is connected with its environment. We assume that only one of chemical species (the substrate) flows into the bath from its environment, and all chemical species can flow out from the bath to the environment. The one-dimensional medium is immersed in the bath and all the chemical species in the bath can diffuse in and out from the medium across its surface. In the presentation, we will show that mutual interactions between the medium and the bath causes in the medium a new quasi-stable state that cannot be realized when the dynamics of the bath is stable. We will also refer to the relation among the dynamics and thermodynamic quantities and revisit the meaning of the 2nd thermodynamic law.

1. G. W. Paltridge, G.D. Farquhar, and M. Cuntz, *Geophys. Res. Lett.* 34, L12606, 2007.
2. S. Shimokawa and H. Ozawa, *Geophys. Res. Lett.* 34, L14708, 2007.
3. H. Mahara et al., *J. Chem. Phys.*, 121, 8968, 2004.
4. H. Mahara et al., *CHAOS*, 15, 047508, 2005.
5. H. Mahara and T. Yamaguchi, *Physica D*, 239, 729, 2010.

キーワード: エントロピーバランス, エントロピー生成, 反応拡散系

Keywords: entropy balance, entropy production, reaction-diffusion system

MIS024-16

会場:301B

時間:5月25日 18:15-18:30

散逸構造の形成とエントロピー生成率の最大化 (MEP)... 気候システムへの適用 Emergence of dissipative structures and Maximum Entropy Production (MEP)... Application to climatic system

芹澤 浩^{1*}, 雨宮隆¹, 伊藤 公紀²

Hiroshi Serizawa^{1*}, Takashi Amemiya¹, Kiminori Itoh²

¹ 横浜国立大学環境情報研究院, ² 横浜国立大学工学研究院

¹Yokohama National University, ²Yokohama National University

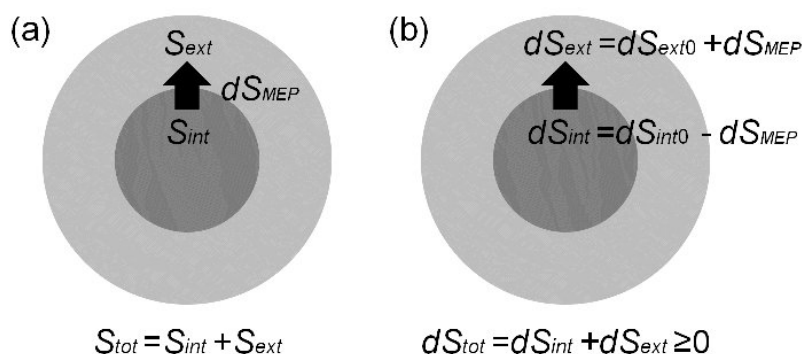
熱平衡から遠く離れた開放系において、散逸構造と呼ばれる低エントロピー状態が出現することは以前からよく知られている。しかし、具体的にどのような状態で安定化するかという最適化理論について、これまであまり研究がなされてこなかった。近年、この分野において、Kleidon によるエントロピー生成率最大化 (MEP) の原理 [1]、および Bejan によるコンストラクタル (Constructal) 理論 [2] という 2 つの大きな潮流が現われた。昨年ごろからはどちらがより本質的かを巡って、両理論の間で白熱した論争も交わされるようになり [3],[4]、そうした切磋琢磨を通して、両理論のさらなる発展が期待されている。散逸構造の形成において、散逸構造自体の低エントロピー性とエントロピー生成率の最大化という、一見、相反するような状況をいかに両立させるかが課題になる。本発表では、まず熱帯地域から極地域への熱移送モデルを用いて、2 つの最適化理論を概観する。続いて主に MEP 理論を参照しながら、散逸構造をシステムの内部、それを取り巻く環境をシステムの外部とする 2 階層モデルを提示し、MEP を前者から後者へのエントロピー放出の最大化と解釈することによって、上記のジレンマの解決を目指す。我々が想定する外部環境には、太陽のような散逸構造を駆動する熱源、エネルギー源も含まれる。こうするとシステム全体を近似的に閉鎖系と見なすことができるようになり、より普遍的な熱力学の第 2 法則 (エントロピー増大の法則) との整合性も保障される。地球上には大気循環などの気象現象以外にも、多様な生命体や人間社会など、低エントロピー性を特徴とする散逸構造は数多く存在する。最後に本発表で紹介した最適化理論について、生物学、社会学、経済学など、他領域への適用可能性について展望する。なお付図において、中心部の濃い灰色の円は散逸構造を、周囲の淡い灰色の円環は外部環境を、また黒い矢印は MEP によるエントロピー生成を表す。

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

[2] Bejan, A., Reis, A.H. (2005). Thermodynamic optimization of global circulation and climate. International Journal of Energy Research 29:303-316.

[3] Kleidon, A. (2010). Non-equilibrium thermodynamics, maximum entropy production and Earth-system evolution. Philosophical Transactions of the Royal Society A 368:181-196.

[4] 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.



キーワード: エントロピー生成率最大化 (MEP) の原理, 開放系, コンストラクタル理論, 散逸構造, 熱平衡から遠く離れて, 非平衡熱力学

Keywords: Principle of Maximum Entropy Production (MEP), Open system, Constructal theory, Dissipative structure, Far from equilibrium, Non-equilibrium thermodynamics