

新しい北極気候変動プロジェクトの始動 START OF NEW ARCTIC CLIMATE RESEARCH PROJECT

山内 恭^{1*}, 榎本 浩之¹, 大畑 哲夫², 兒玉 裕二¹
YAMANOUCHI, Takashi^{1*}, ENOMOTO, Hiroyuki¹, OHATA, Tetsuo², KODAMA, Yuji¹

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構
¹National Institute of Polar Research, ²JAMSTEC

2011年度より文部科学省のグリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス(GRENE)事業「北極気候変動分野「急変する北極気候システム及びその全球的な影響の総合的解明」が開始した。日本の大学や研究所の様々な分野の研究者をつなぎ北極の温暖化や気候変動のメカニズムを調べ、海洋や陸域の生態系や北極航路への影響と将来予測を行うことを目的としている。

また、GRENE北極気候変動プロジェクトでは、今後の研究推進のため研究者組織である北極環境研究コンソーシアムの支援を実施している。北極環境研究コンソーシアムは2011年5月に発足し、約300人の登録がある。本発表ではこれらの新たな活動について紹介する。

Arctic Climate Research Project: <http://www.nipr.ac.jp/grene/>
JCAR: http://www-arctic.nipr.ac.jp/web_HKCC/HKCC_top/index.html

キーワード: 北極, 気候, プロジェクト, コンソーシアム
Keywords: Arctic, Climate, Project, consortium

北極環境研究に関する国際的推進など研究環境の状況 International promotion of Arctic Environmental Research

大畑 哲夫^{1*}
OHATA, Tetsuo^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

今まで日本の中の北極環境研究に関しては幾つかの研究機関での事業的研究や研究機関・大学等の研究者が競争的資金を取得し実施する研究がほとんどであったが、文科省の戦略的研究である GRENE が始まり、研究の環境は複雑になりつつある。一方、各国の諸事業（プロジェクト・プログラム）や国際的な推進活動も増え、それらがアクロニムとして表現され氾濫しつつある。その状況は年々変化するため、理解するだけでも一苦労である。北極環境に関しては、自然科学のみならず社会科学や工学なども関係してくるため状態がより複雑になっている。

個々の科学者は具体的な研究の際に、これらの状況を知らなくても仕事ができるが、ファンディングの際や諸外国の研究者と研究の進め方などを議論する場合には、これらの状況やアクロニムで表されている事柄に関する知識があると、役立つことが考えられる。むしろそれらをうまく活用すれば、研究を豊かにできるとも言える。

本発表では、これら北極環境研究に関する国際的推進活動の現況を、可能な範囲で分かりやすく説明する予定である。

キーワード: 北極環境研究, 国際情勢

Keywords: Arctic Environmental Research, International promotion

北極域データアーカイブ Arctic Data archive System(ADS)

矢吹 裕伯^{2*}, 川本 温子¹

YABUKI, Hironori^{2*}, KAWAMOTO, Haruko¹

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

北極域は地球の中でも温暖化が最も顕著に現れている地域であり、大気・海洋・雪氷・陸域が急速に変化している。北極域研究の積極的な推進は、観測データに担うことが大きい。日本の北極域研究の推進は、これまでそれぞれの分野で独立して行ってきた。国立極地研究所では、大気、海洋、雪氷、陸域、生態、モデル等の複数分野にまたがるデータの集積・共有を行い、分野間連携及び融合を目的として、北極域データアーカイブの構築を行っている。

北極域データアーカイブは、各分野間でのデータの相互利用を図り、現場観測、収集データ、衛星データ、数値実験データ等のデータセットの構築を通して北極域の大気 海洋 陸域システムの変動の実態とプロセスの解明、地球温暖化における北極域の環境変動の影響を評価、将来予測精度の向上に貢献する。

キーワード: 北極域, 環境, 温暖化

Keywords: Arctic, Environment, Global Warming

Arctic Satellite Remote Sensing Real-Time and Archived Data for Environmental and Climate Research and Operations Arctic Satellite Remote Sensing Real-Time and Archived Data for Environmental and Climate Research and Operations

Scott Macfarlane^{3*}, Tom Heinrichs³, Larry Hinzman², Dayne Broderon³
MACFARLANE, Scott^{3*}, Tom Heinrichs³, Larry Hinzman², Dayne Broderon³

¹University of Alaska Fairbanks, ²International Arctic Research Center, ³Geo. Information Network of Alaska

¹University of Alaska Fairbanks, ²International Arctic Research Center, ³Geo. Information Network of Alaska

The Geographic Information Network of Alaska (GINA) at the University of Alaska Fairbanks' (UAF) International Arctic Research Center receives, archives, and distributes in near-real-time satellite data for the Arctic region. The millions of images and data products stored at GINA provide an important tool for long-term environmental studies and as a baseline for climate change detection. GINA operates its own X-band receiving station for MODIS data and the newly launched US NOAA Suomi NPP satellite. MODIS and NPP VIIRS sensor data are processed and delivered in near-real-time and provide valuable support for wildfire, volcanic eruption, sea ice, and ship operations. GINA partners with the NOAA/NESDIS Fairbanks Command and Data Acquisition Station to receive MODIS, AVHRR, DMSP, Landsat, and other satellite data. Landsat 8 and GOES-R data will be captured and processed in the future under this partnership, as well. This presentation will describe environmental and imagery satellite data sets available from the University of Alaska GINA program. The presentation will also highlight ongoing wildfire, sea ice, volcano, and hydrology research outcomes using this data that have been achieved by Japanese and American researchers working together at the UAF International Arctic Research Center.

キーワード: arctic, remote sensing, Alaska, near-real-time data, environmental research, climate research

Keywords: arctic, remote sensing, Alaska, near-real-time data, environmental research, climate research

北極：新しいフロンティア The Arctic: A New Frontier

赤祖父 俊一^{1*}

AKASOFU, SHUNICHI^{1*}

¹ 国際北極圏研究センター

¹International Arctic Research Center

The Arctic is a new frontier in science, transportation, natural resources, and international politics. In particular, the Arctic is a treasure house of natural science. There are many fascinating phenomena that need intense, explorative research, such as the aurora, noctilucent clouds, the ozone hole, Arctic oscillation, sea ice, glaciers, tundra, and permafrost.

The Arctic is sensitive to climate change and environmental changes, presenting an ideal region for examining future changes.

As the Arctic sea ice seems to be receding, the Northeast Passage sea route may become operable in the future, and the exploration of oil and natural gas may begin soon. Unlike the Antarctic continent, there is so far no international treaty on territorial and resource claims yet, though many countries aside Japan are active on this issue.

キーワード: 北極, フロンティア

Keywords: Arctic, Frontier

雪氷微生物で覆われた北西グリーンランドの氷河表面の波長別アルベド Spectral albedos of glacier surfaces covered with glacial microbes in northwestern Greenland

青木 輝夫^{1*}, 朽木 勝幸¹, 庭野 匡思¹, 的場 澄人², 植竹 淳³, 本山 秀明³, 竹内 望⁴

AOKI, Teruo^{1*}, KUCHIKI, Katsuyuki¹, NIWANO, Masashi¹, MATOBA, Sumito², UETAKE, Jun³, MOTOYAMA, Hideaki³, TAKEUCHI, Nozomu⁴

¹ 気象研究所, ² 北海道大学低温科学研究所, ³ 国立極地研究所, ⁴ 千葉大学

¹Meteorological Research Institute, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ³National Institute of Polar Research, ⁴Chiba University

Snow and ice in the Arctic are presently undergoing drastic changes. The mass balance loss from the Greenland Ice Sheet increased significantly after the mid-1990s. One of the possible reasons of snow/ice surface melting is due to the increases of light absorbing impurities in snow/ice and snow grain size. This is because the surface albedo of snow (ice) is strongly controlled by mass concentration of light absorbing impurities including glacial microbes and snow (ice) grain size. To clarify this we carried out the spectral albedo measurements on ablation area in Qaanaaq Glacier in northwestern Greenland in July 2011. The almost glacier surfaces in the ablation area were covered with cryoconite (biogenic dust) on ice grain layer with the size of 1 to 2 centimeters and the several-centimeter depth above bare ice. There were also cryoconite holes (a water filled cylindrical melt-holes with cryoconite on the bottom), red snow (snow algae) and rivulets in some parts of the glacier surfaces. We measured the spectral albedos of the glacier surfaces using a spectrometer FieldSpec3 (ASD Inc., USA) for a spectral range from 350 to 2500 nm. The target surface conditions are comparatively homogeneous cryoconite, bare ice, and red snow. The measured spectral albedos had a remarkable contrast between red snow surface and ice surface covered with cryoconite mainly for the ultraviolet to visible regions (350-750 nm), where red snow albedo increased rapidly with the wavelength, while cryoconite surface albedo was relatively flat. The spectral albedos of cryoconite surface in the spectral domain from 1000 to 1400 nm were higher than that for the underlying bare ice. This is due to light scattering by ice grains, on which the cryoconite covers, above the bare ice. We also simulated the spectral albedos of cryoconite surface and red snow surface with a radiative transfer model for the atmosphere-snow system. The snow grains are assumed to be spherical particles with the size of several millimeters and the ice grains are non-spherical particles with the size of several tens millimeters. Those grain sizes are based on in-situ measured values. For the effects of snow impurities of cryoconite and snow algae (red snow), we simply assumed the optical properties of mineral dust of in-situ measured mass concentrations with external mixtures. The theoretically calculated albedos were higher than the measurements for the spectral region less than 750 nm for both cases of cryoconite and red snow. The differences would be the effects of glacial microbes.

キーワード: アルベド, 雪氷微生物, グリーンランド, 積雪粒径, クリオコナイト, 放射伝達モデル

Keywords: albedo, glacial microbes, Greenland, snow grain size, cryoconite, radiative transfer model

Results of the SeaRISE numerical experiments with the model SICOPOLIS for the Greenland ice sheet Results of the SeaRISE numerical experiments with the model SICOPOLIS for the Greenland ice sheet

Ralf Greve^{1*}
GREVE, Ralf^{1*}

¹Hokkaido University

¹Hokkaido University

SeaRISE (Sea-level Response to Ice Sheet Evolution) is a multi-model community effort to predict the likely range of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise over the next few hundred years under global warming conditions. The Japanese ice sheet modelling community is contributing to SeaRISE with three large-scale, dynamic/thermodynamic models: SICOPOLIS, IcIES and Elmer/Ice. Here, results for the Greenland ice sheet obtained with SICOPOLIS are discussed under the forcings (surface temperature and precipitation scenarios) defined by the SeaRISE effort. A crucial point for meaningful simulations into the future is to obtain initial conditions that are close to the observed state of the present-day ice sheet. This is achieved by proper tuning during model spin-up from the last glacial/interglacial cycle to today. Experiments over 500 years into the future investigate the sensitivity of the ice sheet to changed conditions at the ice surface (future climate warming), the base (increased basal sliding) and the margin (increased melting of marine ice fronts).

キーワード: Greenland, Ice sheet, Climate change, Sea level rise, Modelling

Keywords: Greenland, Ice sheet, Climate change, Sea level rise, Modelling

Simulations of the Greenland ice sheet 200 years into the future with the full Stokes model Elmer/Ice Simulations of the Greenland ice sheet 200 years into the future with the full Stokes model Elmer/Ice

Hakime Seddik^{1*}, Ralf Greve¹, Thomas Zwinger², Fabien Gillet-Chaulet³, Olivier Gagliardini³
SEDDIK, Hakime^{1*}, GREVE, Ralf¹, Thomas Zwinger², Fabien Gillet-Chaulet³, Olivier Gagliardini³

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²CSC IT Center for Science Ltd, ³Laboratory of Glaciology and Environmental Geophysics, CNRS, UJF-Grenoble I

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²CSC IT Center for Science Ltd, ³Laboratory of Glaciology and Environmental Geophysics, CNRS, UJF-Grenoble I

The full Stokes thermo-mechanically coupled model Elmer/Ice is applied to the Greenland ice sheet. Elmer/Ice employs the finite element method to solve the full Stokes equations, the temperature evolution equation and the evolution equation of the free surface. The general framework of this modeling effort is a contribution to the Sea-level Response to Ice Sheet Evolution (SeaRISE) assessment project, a community-organized effort to estimate the likely range of ice sheet contributions to sea level rise over the next few hundred years (<http://tinyurl.com/srise-lanl>, <http://tinyurl.com/srise-umt>).

The present geometry (surface and basal topographies) is derived from data where the basal topography was created with the preservation of the troughs at the Jakobshavn Ice Stream, Helheim, Kangerdlussuaq and Petermann glaciers. A mesh of the computational domain is created using an initial footprint which contains elements of 5 km horizontal resolution and to limit the number elements on the footprint while maximizing the spatial resolution, an anisotropic mesh adaptation scheme is employed based on the Hessian matrix of the observed surface velocities. The adaptation is carried out with the tool YAMS and the final footprint is vertically extruded to form a 3D mesh of 320880 elements with 17 equidistant, terrain-following layers.

The numerical solution of the Stokes and the heat transfer equations employs direct solvers with stabilization procedures. The boundary conditions are such that the temperature at the surface uses the present-day mean annual air temperature given by a parameterization or directly from the available data, the geothermal heat flux at the bedrock is given by data and the lateral sides are open boundaries. A non-linear Weertman law is used for the basal sliding.

Results for the SeaRISE 2011 sensitivity experiments are presented so that seven different experiments have been conducted, grouped in three sets. The Set C (three experiments) applies a change to the surface precipitation and temperature, the set S (three experiments) applies an amplification factor to change the basal sliding velocity and the Set T (one experiment) combines the forcings. The experiments are compared to a constant climate control run beginning at present (epoch 2004-1-1 0:0:0) and running up to 200 years holding the climate constant to its present state.

Relative to the control run, the experiments with the changes to the surface precipitation and temperature (Set C) show a contribution to sea level rise of ~5 cm SLE when a factor 1x is applied to the temperature and precipitation anomalies. A factor 1.5x produces a sea level rise of ~10 cm SLE and a factor 2x produces a sea level rise of ~20 cm SLE. The experiments with the amplification factor applied to the basal sliding velocity (Set S) show higher sensitivities. The scenario with an amplification factor of 3x produces a Greenland contribution to sea level rise of ~70 cm SLE. An amplification factor of 2.5x produces a contribution of ~46 cm SLE and an amplification factor 2x produces a contribution of ~26 cm SLE. The combo run (factor 1x applied to the temperature and precipitation anomalies in combination with the doubling of the basal sliding) produces a contribution of 31 cm SLE.

キーワード: ice sheet, modeling, Greenland, SeaRISE

Keywords: ice sheet, modeling, Greenland, SeaRISE

東シベリア山岳地域の氷河平衡線高度の変動要素

Factors of variation of glacier equilibrium line in mountainous area of Eastern Siberia

高橋 修平^{1*}

TAKAHASHI, Shuhei^{1*}

¹ 北見工業大学

¹Kitami Institute of Technology

東シベリア・スタラルハヤタ地域には大小 180 の氷河が存在し、この地域の温暖化指標の一つになっている。氷河形成の要素である気温、降水量、日射量、風向・風速、地吹雪等が氷河平衡線高度変動にどのように係わるか検討する。この地域は温暖化が著しい地域ともされており、その変動解析は重要である。

キーワード: シベリア, 氷河, 平衡線高度

Keywords: Siberia, glacier, Equilibrium Line Altitude

亜寒帯河川流出のモニタリング研究：アラスカ・ユーコン河 Intra-annual variabilities of a subarctic river flux by monitoring: the Yuokon River, Alaska

知北 和久^{1*}, 和田 知之¹, 工藤 勲², 金 龍元³

CHIKITA, Kazuhisa^{1*}, WADA, Tomoyuki¹, KUDO, Isao², KIM, Yongwon³

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 北海道大学大学院水産科学研究院, ³ アラスカ大学・国際北極圏研究センター

¹Faculty of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, ³International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

アラスカ・ユーコン河下流部の USGS 水位観測点で、3 年余の間、土砂流出と POC・PON 流出に関するモニタリング観測を行った。特に、融雪出水の寄与について、アラスカの河川では氷の breakup によってモニタリングが困難であったが、本研究では 3 回の融雪出水をとらえることができた。結果として、約 40 日間続く融雪出水の寄与は、年間の土砂流出量、POC・PON フラックスの 20~25% を占め、残りは 6 月~9 月の「氷河融解出水+降雨出水」によることがわかった。

キーワード: ユーコン河, 氷河融解, 降雨流出, 永久凍土, 融雪出水

Keywords: Yukon River, Glacier-melt, Rainfall runoff, Permafrost, Snowmelt runoff

東シベリア・レナ川の長期河川流量データから算出した永久凍土融解量の変化傾向 Changes of permafrost thawing determined from long-term streamflow measurements of the Lena River, Eastern Siberia

ブルツァート ウィルフリード¹, 檜山 哲哉^{2*}
Wilfried Brutsaert¹, HIYAMA, Tetsuya^{2*}

¹ コーネル大学, ² 総合地球環境学研究所
¹Cornell University, USA, ²RIHN, Japan

北ユーラシアや北アメリカの高緯度域で永久凍土が融解しつつあるとの研究報告がある。しかし、これまでの研究は、時間的に限られた地温プロファイルや狭い領域の観測値に基づくものがほとんどであった。そこで本研究では、夏季の(河川表面が凍結していない状態での)基底流量変化を凍土の融解凍結に伴う活動層深さの変化と関係づけ、永久凍土の融解速度をサブ流域スケールで推定した。今回は、東シベリア・レナ川上流の4つのサブ流域で得られた1950年から2008年までの流量データを用いた。解析の結果、対象とした全期間(59年間)の平均的傾向として、レナ川上流域の不連続永久凍土域で年間0.3cmから1cmの割合で、アルダン川上流の寒冷な連続永久凍土域でその半分程度の割合で、それぞれ活動層が増加(凍土が融解)していた。しかし、解析期間を約20年間ごとに区切った場合、前半の1950年から1970年にかけては活動層が減少(凍土が増加)し、後半の1990年代以降は、年間2cmあるいはそれ以上の割合で活動層が急激に増加(凍土が急激に融解)していることがわかった。

キーワード: 永久凍土, 融解, 東シベリア, レナ川
Keywords: Permafrost, thawing, Eastern Siberia, Lena River

過去 100 年間の気候変動に対する東シベリアタイガ林の応答の変化 Changes in the growth-climate relationship of larch trees in eastern Siberian taiga over the past 100 years

鄭 峻介^{1*}, 杉本 敦子², 米延 仁志³, Trofim C. Maximov⁴

TEI, Shunsuke^{1*}, SUGIMOTO, Atsuko², YONENOBU, Hitoshi³, Trofim C. Maximov⁴

¹ 北海道大学大学院 環境科学院, ² 北海道大学大学院 地球環境科学研究所, ³ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科, ⁴ Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS.

¹ Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ² Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³ Graduate School of Education, Naruto University of Education, ⁴ Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS.

Dendrochronological studies in high-latitude region focused on the positive growth of trees to warmth (D'Arrigo and Jacoby, 1993). From these results, it had been expected that warming would lead to more tree growth, better survival of individuals and ultimately expansion of trees in tundra. However, from middle of 20th century positive sensitivity of trees growing in northern high-latitude to temperature has declined (Briffa et al., 1998) and temperature induced drought stress may limit radial growth of trees (Barber et al., 2000). That is, trees growing in high-latitude region like as east Siberian taiga are on water stress and moisture condition is likely to be limiting factor for tree growth (Kagawa et al., 2003). Here, we report an analysis of tree ring and climate data including soil moisture reconstructed from $\delta^{13}C$ of tree ring to explore the tree growth-climate relationship and a change in this relationship over the past 100 years in eastern Siberia.

Larch trees (*Larix cajanderi*) collected in Yakutsk (62N, 129E) were used for the analyses of tree ring width and its carbon isotope ratio. The samples were crossdated with ITRDB's (International Tree-Ring Data Bank) ring-width records in eastern Siberia. Soil moisture for the past 100 years was reconstructed from the $\delta^{13}C$ of tree ring (Tei et al., in preparation). Reconstructed soil moisture from the $\delta^{13}C$ of tree ring was compared with the regional climate record (precipitation), the amount of water input into the soil and a calculated results by one dimensional land surface model (2LM), and seems to be reasonable.

Tree ring width showed positive and negative correlation with soil moisture reconstructed from $\delta^{13}C$ of tree ring ($r=0.56$, $P<0.001$) and July-August temperature ($r=-0.20$, $P<0.05$) in previous year over the past 100 years, respectively. However, these correlations were not stable and the correlation coefficients changed over time. Moving-interval correlation analysis, using 31 years window showed that the relationship between tree growth and late summer soil moisture and temperature in previous year became gradually stronger. These results show that water stress during the late summer in the previous year caused a reduction of tree growth.

In this presentation, we will also show the tree ring width and $\delta^{13}C$ chronology of dead trees and compare with that of living trees to explore the records of stress which larch trees in high-latitude region had experienced.

Keywords: eastern Siberia, tree ring, carbon isotope, soil moisture

カナダ高緯度北極域の植物社会学的特性 Phytosociological characterization of the High Arctic Region of Canada

小島 覚^{1*}

KOJIMA, Satoru^{1*}

¹ 北方生態環境研究学房

¹Northern Oikoscape Research Atelier

カナダの高緯度北極域には、極度に寒冷な気候のため樹木はおろか低木（高さ 50 以上 5 m 以下の木本植物）も生育せず、そこには矮性低木、草本類、蘚苔類、地衣類が疎生する景観が広がっている。このような景観はしばしば極地砂漠とも呼ばれる。この地域の植生に関する植物社会学的研究の歴史は比較的新しい。Barrett (1972) は、Devon Island の植生を調査し、そこに 9 つの群集 (association) を認め、これを 7 つの群団 (alliance)、7 つのオーダー (order) に統合した。このほかカナダ高緯度地域の植生研究に関しては、Sheard & Geale (1983), Bergeron & Svoboda (1989), Kojima (1991, 1999), Batten & Svoboda (1994) などがある。演者は、これらの研究に基づいてカナダ高緯度北極域の植生を分類体系化し、4 つの群団 (ラップヒナゲシ群団、マキバチヨウノスケソウ群団、オニイワヒゲ群団、ヒメミズスゲ群団) を認めたが、これらは上位の分類単位として 2 つのオーダー (1. ムラサキクモマグサ・オーダー、2. ヒメミズスゲ・オーダー)、さらに高次の単位 (ホッキョクヤナギ・クラス) に統合されるものであった。

キーワード: カナダ, 高緯度北極域, 植生分類, 植物群落型と成立環境, ホッキョクヤナギ・クラス

Keywords: Canada, High Arctic Region, vegetation classification, vegetation types and environment, *Salicetea arcticae*

衛星リモートセンシングと地上観測の融合によるアラスカの亜寒帯林の研究 Studies on boreal forest in Alaska by satellite remote sensing and in-situ surveys

鈴木 力英^{1*}, 永井 信¹, 小林 秀樹¹, 中井 太郎², 金 龍元²

SUZUKI, Rikie^{1*}, Shin Nagai¹, Hideki Kobayashi¹, Taro Nakai², KIM, Yongwon²

¹ 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ² アラスカ大学フェアバンクス校 国際北極圏研究センター

¹Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ²International Arctic Research Center (IARC), University of Alaska Fairbanks

生態系の主要な構成要素である植生は、光合成と呼吸によって大気と陸面との間の炭素循環を支配している。炭素循環は最も重要な温室効果ガスである二酸化炭素の大気中濃度と密接に関連するので、植生の生産性を広域で調べることが気候変動を理解する上からも重要である。また、植生はバイオマスという形で炭素を陸面に貯蔵する機能を通して、大気と陸面間の炭素循環に関わるとともに、食料や燃料といった資源としても位置付けられる。本発表ではアラスカの亜寒帯林の生産機能と炭素貯蔵機能の地理的分布について、衛星リモートセンシングと地上観測を組み合わせた研究の取り組みを紹介する。本研究は海洋研究開発機構 (JAMSTEC) とアラスカ大学フェアバンクス校 (UAF) 国際北極圏研究センター (IARC) との共同研究である「JAMSTEC-IARC Collaboration Study (JICS)」の一環で行われている。

アラスカの亜寒帯林における植生の生産機能、すなわち光合成ポテンシャルに関し、UAF のポーカーフラット試験地 (PFRR) において三つの研究を行っている。

(1) クロトウヒ林の二方向性反射率分布関数の観測。クロトウヒ林からの分光反射を森林中に建設された 17m の観測タワーの頂上から 2010 年 7 月 (無積雪季) と 2011 年 3 月 (積雪季) に分光反射計を用いて測定した。太陽の南中時前後に、日射の方向に平行な主平面とそれに直行する平面内で観測角を 20 度から 70 度に変化させて測定した。無積雪季では主平面内において観測角に対する反射特性は凹面形状を呈し、前方散乱と比べ後方散乱が強かった。これに対して、積雪季は凹面形状を呈するものの、無積雪季とは反対に後方散乱と比べ前方散乱が強かった。こういった結果は、3次元森林放射伝達モデルによる葉面積指数 (植生の光合成ポテンシャルについての指数) の推定アルゴリズム開発に応用可能である。

(2) 森林景観の季節変化のモニタリング。17m の観測タワー頂上に魚眼レンズを付けたカメラを下向きに取り付け、森林景観の毎日の変化を写真によって記録した。衛星搭載センサーの MODIS の観測から計算された植生指数の季節変化と撮影された写真を比べたところ、植生指数は常緑であるクロトウヒ林の樹冠でなく林床植生の季節変化に影響を大きく受けていることが分かった。この知見は、衛星データから森林の生育期間を解釈する際に重要となる。

(3) 森林ギャップの測定。2011 年秋に PFRR において森林ギャップを LAI-2000 で測定した。この結果は衛星データと 3次元森林放射伝達モデルによる葉面積指数の推定アルゴリズムの開発に応用される。

一方、亜寒帯林の炭素貯蔵機能に関し、2007 年にフェアバンクスからブルックス山脈に至る Trans-Alaska Pipeline 沿いの 29 か所の森林で地上部バイオマスの現地測定を行った。測定値は ALOS-PALSAR によって森林地上部バイオマスを推定する際の地上真値とした。衛星観測値と地上計測値の間には強い正の相関関係が発見され、それを元に森林地上部バイオマス分布を推定したところ、乾重で 5 から 100 Mg/ha の範囲であることがわかった。また、おおまかに対象地域の南部から北部へと小さくなることが分かった。ただし、地形の影響による誤差が目立ち、今後その誤差を低減することが必要になっている。

キーワード: クロトウヒ林, 森林バイオマス, 3次元森林放射伝達モデル, 葉面積指数, 二方向性反射率分布関数

Keywords: black spruce forest, forest biomass, 3D forest radiative transfer model, leaf area index, BRDF

Ecosystem modeling of ice and ocean carbon production in the Arctic Ecosystem modeling of ice and ocean carbon production in the Arctic

Meibing Jin^{1*}
JIN, Meibing^{1*}

¹University of Alaska Fairbanks

¹University of Alaska Fairbanks

In the Arctic Ocean, both phytoplankton and sea ice algae are important contributors to the primary production and the arctic food web. A coupled ice algal and ocean phytoplankton ecosystem was developed within the global sea ice and ocean climate model POP-CICE (Parallel Ocean Program- Los Alamos Sea Ice Model). The model results were validated with various observations of Chl and primary production. The model results compared well with the following observations and observed trends: 1) an increase of ocean primary production from 2003 to 2007 in the arctic open water areas as derived from remote sensing data; 2) regional annual ice and ocean primary production measured in the Bering and Chukchi seas, and Canadian Basin; 3) primary production rate with phytoplankton size composition and Chl-a concentration along an arctic cruise track in the Chukchi Sea and Canadian Basin from August 2 to September 7, 2008; 4) observed decadal changes of ocean primary production from the 1990s to 2007 due to rising temperature and increasing open-ocean area in the western Arctic. The changes were shown as a trend of a northward shift of production with a decrease in the Bering Sea and an increase in the arctic shelf.

キーワード: ecosystem modeling, Arctic, ocean, sea ice, climate change

Keywords: ecosystem modeling, Arctic, ocean, sea ice, climate change

北極温暖化増幅と北極振動の関係について Relationship between the Arctic Amplification and the Arctic Oscillation

田中 博^{1*}, 長門裕太², 海野友美³
TANAKA, Hiroshi^{1*}, Yuta Nagato², Tomomi Umino³

¹ 筑波大学計算科学研究センター, ² 筑波大学生命環境科学研究科, ³ 筑波大学地球学類

¹Center for Computational Sciences, University of Tsukuba, ²Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³College of Geoscience, University of Tsukuba

近年の北極圏の急激な温暖化の研究は、地球温暖化問題における研究の最前線と位置付けられ、北極航路の開発や資源問題とも関係し、国内外における最重要研究課題のひとつに位置づけられている。地球温暖化は北極圏においてもっとも顕著に発現し、北極温暖化増幅 (Arctic Amplification) と呼ばれている。その原因として挙げられるアイス・アルベドフィードバックは温暖化を増強するメカニズムであり、このメカニズムを含まない水惑星モデルによる研究でも、北極圏の温暖化が顕著となることが知られている。この北極圏温暖化の増幅の物理的・力学的メカニズムの解明が重要とされる一方で、北極圏の10年から100年スケールの温暖化には、人為的な温室効果ガスの増加によるものの他に、北極振動 (AO) に伴う大振幅の自然変動の影響が含まれており、両者の定量的な分離と詳細なメカニズムの研究が、IASC (国際北極科学会議) の最重要課題のひとつとされている。そのような中で、北極評議会 (Arctic Council) 傘下の研究組織 (AMAP: Arctic Monitoring and Assessment Program) は2011年5月に、近年のグリーンランド周辺の温暖化が進めば、今世紀末には、海面水位が最大で1.6 m上昇するとの予測を発表した。これはIPCCの第4次報告による100年で最大0.5 mという海面水位の上昇を更新する新たな科学的知見として注目されている。しかし、本研究の結果によると、近年のグリーンランド周辺の気温上昇の大半は、北極振動に伴う自然変動によるものであることが解析された。この知見はAMAPによる海面水位の上昇予測が過大評価となっている事を示唆するものである。

キーワード: 北極振動, 北極温暖化増幅, 地球温暖化, グリーンランド, 自然変動, アイスアルベドフィードバック

Keywords: Arctic Oscillation, Arctic Amplification, Global Warming, Greenland, Natural Variability, Ice Albedo Feedback

Polar amplification: is signal from lower latitudes important? Polar amplification: is signal from lower latitudes important?

Vladimir Alexeev^{1*}, Craig Jackson²
ALEXEEV, Vladimir^{1*}, Craig Jackson²

¹International Arctic Research Center, Fairbanks, AK, USA, ²Ohio Wesleyan University, Columbus, OH, USA

¹International Arctic Research Center, Fairbanks, AK, USA, ²Ohio Wesleyan University, Columbus, OH, USA

Surface albedo feedback is widely believed to be the principle contributor to polar amplification. However, a number of studies have shown that coupled ocean-atmosphere models without ice albedo feedbacks still produce significant polar amplification in 2xCO₂ runs due to atmospheric heat transports and their interaction with surface conditions. The relative importance of atmospheric heat transport and surface albedo is assessed using a conceptual energy balance model. Running the model with prescribed ice area - and, therefore, no surface albedo feedback - always produces a significant polar amplification although smaller than that of the full model. Running the model with prescribed atmospheric heat transport and active surface albedo mechanism produces polar amplification similar to the one obtained in the full model. This could lead to the conclusion that atmospheric heat transport does not participate in forming the polar-amplified global warming response especially when the sea ice feedback plays a significant role. We identify several scenarios in which the equilibrium response to uniform forcing by the model with fixed atmospheric heat transport is identical to that of the full model. However, a detailed analysis suggests that although the temperature responses may be the same, the trajectories of reaching the final equilibrium as well as the underlying physics are quite different.

キーワード: climate dynamics, atmospheric transport, albedo feedback

Keywords: climate dynamics, atmospheric transport, albedo feedback

Predictability of Arctic Temperatures from Observational Data and Model Simulations Predictability of Arctic Temperatures from Observational Data and Model Simulations

John Walsh^{1*}

WALSH, John^{1*}

¹IARC, University of Alaska, Fairbanks

¹IARC, University of Alaska, Fairbanks

Low-frequency variations and secular trends offer the potential for predictability of Arctic temperatures over timescales from months to decades. Here we consider the effects of natural variability and trends together by asking the question "What is the probability that the next N-year period will be warmer than the preceding N-year period?". We compute the probabilities as a function of N based on observational data from particular Arctic stations and corresponding climate model grid cells, as well as from areal averages derived from observational data and model output. The model output is from the Community Climate System Model, Version 4 (CCSM4). The probability generally increases from about 50% for N=1 to 60-90% for N=20-30 in both the observational data and the model results, implying a greater predictability of longer-term averages. The North Atlantic subarctic shows less predictability of this kind than do other sectors of the Arctic. However, the increase with N is smaller in observational data than in the corresponding model output, and smaller for local temperatures than for areal averages. The implication is that the natural variability is smaller relative to the trend in the model output. All ensemble members of the 20th-Century simulations by CCSM4 show this behavior. Similar results based on sea level pressures indicate that the atmospheric circulation, through its advective driving of temperature variations, is the reason for the discrepancy in temperature predictability. Not surprisingly, sea ice variations show similar increases of predictability with N as the effect of the trend eventually outweighs the effect of natural variability. However, even over decadal timescales, there are substantial probabilities that sea ice extent will increase, as shown by similar examinations of sea ice output from CCSM4 in other studies.

キーワード: Arctic climate, predictability, Arctic temperatures, climate change

Keywords: Arctic climate, predictability, Arctic temperatures, climate change

MIROC GCMにおける北極温暖化増幅プロセスの診断について A Diagnosis of Contributing Processes in Maintaining Arctic Amplification in MIROC GCM

吉森 正和^{1*}, 阿部 彩子¹

YOSHIMORI, Masakazu^{1*}, ABE-OUCHI, Ayako¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所

¹The University of Tokyo/AORI

Both observational and model studies show enhanced warming in the Arctic compared to lower latitudes in response to increasing level of greenhouse gases. There have been many proposed mechanisms that contribute to this "Arctic amplification". In order to understand the mechanisms of Arctic amplification and verify each process represented in models, it is essential to first identify and quantify the relative importance of individual processes. While the traditional feedback analysis evaluates radiative effect of processes relevant to radiation at the top of the atmosphere, it does not provide other important information such as the effect of meridional heat transport change. CFRAM, recently proposed diagnostic by Lu and Cai (2009, *Clim. Dyn.*, 32, 873-885), does provide a more complete picture of contributing processes for temperature change. Here we apply this relatively new method to a general circulation model MIROC with partially utilizing the information from the traditional radiative feedback analysis (PRP), and examine the important processes that determine the temperature response in the Arctic to different levels of atmospheric carbon dioxide concentration. We emphasize how processes other than albedo feedback is important in creating the temperature response contrast between Arctic and lower latitudes.

北極域観測とモデリングによる大気上下結合過程の研究

Studies of coupling processes between upper and lower atmospheres in the arctic region from observations and simulations

三好 勉^{1*}, 中村 卓司², 藤原 均³, 野澤 悟徳⁴, 川原 琢也⁵, 田口 真⁶, 小川 泰信², 富川 喜弘², 宮岡 宏², 行松 彰², 堤 雅基², 江尻 省²

MIYOSHI, Yasunobu^{1*}, NAKAMURA, Takuji², FUJIWARA, Hitoshi³, NOZAWA, Satonori⁴, KAWAHARA, Taku D.⁵, TAGUCHI, Makoto⁶, OGAWA, Yasunobu², TOMIKAWA, Yoshihiro², MIYAOKA, Hiroshi², YUKIMATU, Akira S.², TSUTSUMI, Masaki², EJIRI, Mitsumu²

¹九州大学, ²極地研究所, ³成蹊大学, ⁴名古屋大学, ⁵信州大学, ⁶立教大学

¹Kyushu University, ²NIPR, ³Seikei University, ⁴Nagoya University, ⁵Shinshu University, ⁶Rikkyo University

極域超高層大気(熱圏・電離圏領域)は、太陽からのX線・紫外線に加えて磁気圏からのエネルギー流入によって常に激しく変動している。このような上方からの擾乱に加え、下方から伝わる変動もまた大きい。近年、観測および数値シミュレーションにより下層大気に起源をもつ様々な擾乱によって、超高層大気が複雑に変動している様子が明らかとなりつつある。例えば、2009年1月に発生した成層圏突然昇温時に、中間圏・下部熱圏での温度減少・増大が出現し、電離圏電子密度も大きく変動することが明らかとなった。逆に、成層圏突然昇温の数日前に中間圏上部で最初に昇温が発生し、時間とともに昇温高度が次第に下降すること、さらに突然昇温後には、対流圏上部の温度・東西風に影響を及ぼすことが明らかになってきた。また、現在の環境問題の中心的話題となっている地球温暖化に関連し、中層・超高層大気は温暖化ではなく寒冷化に進んでいるという考え方が一般的となっている。人工衛星による超高層大気の質量密度観測によれば、寒冷化による大気収縮の結果による質量密度減少傾向を示しているほか、中緯度帯にて夜光雲が目視されるようになった事実も中間圏の温度減少を示唆している。この中層・超高層大気寒冷化に伴い、各種大気波動の活動度変動が大気上下結合過程を通じて、下層大気を含めた全大気領域の大気大循環が複雑に変動することが推測されている。このように、極域超高層大気は磁気圏、下層大気領域と強く結びついた領域である。

ここでの領域間結合過程を明らかにすることは大気科学の新たな扉を開くと同時に、環境問題へ新たな視点を与え、また宇宙利用といった人類の活動に対しても重要な役割を果たすものと考えられる。本発表では、特に北極域での超高層大気研究に際し、長年にわたって開発・整備されてきたレーダー・光学機器による観測や、近年大きく進展している数値モデルを用いた総合研究とこれらを用いた大気上下結合研究の取り組み、成果の一例を紹介する。

キーワード: 大気上下結合, 北極域観測, 数値モデリング, 気候変動

Keywords: atmospheric coupling process, observations in the arctic region, numerical modeling, climate change