

Importance of estimating the extremely large GIC in Japan Importance of estimating the extremely large GIC in Japan

Shigeru Fujita^{1*}

Shigeru Fujita^{1*}

¹Meteorological College

¹Meteorological College

The geomagnetically induced currents (GICs) happen to cause power line failure in the high-latitude countries. Meanwhile, there are no researches about extremes of GICs in Japan with heterogeneous profiles of the underground conductivity. Therefore, to evaluate extremes of the GIC in Japan is not only important for Japanese society but also significant for the scientists. Namely, estimation of extremes of the GIC is a challenging interdisciplinary research from the magnetosphere-ionosphere physics for estimation of the extremely large storms and related phenomena to the solid Earth geomagnetism for electromagnetic response under three-dimensionally heterogeneous conductivity profiles. We also need information from the solar physics for extremely large flares and the interplanetary physics for propagation of the disturbances from the sun to the Earth. This session is a kick-off meeting for investigating the extremely large GIC expected in Japan. By sharing present status of the researches related to evaluation of the extreme GIC, we will discuss future collaborating research among scientists from space science, solid-earth geomagnetism, and related fields toward evaluation of the extremes of GICs.

キーワード: Geomagnetically Induced Current, Extreme space waether condition, nonuniform ground electric conductivity, modelling, statistical analysis

Keywords: Geomagnetically Induced Current, Extreme space waether condition, nonuniform ground electric conductivity, modelling, statistical analysis

情報通信研究機構における宇宙天気研究・業務 Science and Operational Activity of Space Weather in NICT

石井 守^{1*}
Mamoru Ishii^{1*}

¹ 情報通信研究機構
¹ NICT

情報通信研究機構では、通信・放送・測位の安定運用を主な目的とした宇宙天気情報の提供を長年にわたり行っている。宇宙天気は太陽から磁気圏・放射線帯および地球近傍電離圏にわたる広範な範囲を総合的に検討する必要がある。また未だ解明されていないメカニズムも多い。この制約の中で我々は観測とそこから抽出される経験モデルに加え数値シミュレーションを用いた予報システムを構築しつつある。またそのサポートとして、当機構ならではのインフォマティクス技術を利用し効率的な観測運用や大容量データのストレスフリーな解析空間を実現させている。今回のテーマである地磁気誘導電流は宇宙天気の大きなトピックスの一つであり、そのメカニズムの理解と予測技術の開発等におけるコミュニティとの協力について本公演を通じて検討していきたい。

キーワード: 宇宙天気, 衛星測位, 太陽フレア
Keywords: Space Weather, satellite positioning, solar flare

積分方程式法を用いた3次元不均質球体における電磁誘導方程式の数値解法 Numerical solver of EM induction equation in 3-D anomalous sphere by using integral equation method

小山 崇夫^{1*}, 清水 久芳¹, 歌田 久司¹
Takao Koyama^{1*}, Hisayoshi Shimizu¹, Hisashi Utada¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo

本研究では積分方程式法を用いて、不均質球体地球における電磁誘導方程式の数値ソルバーの開発をおこなった。積分方程式法は、不均質構造のバックグラウンドとみなせる平均的な1次元構造の準解析的なグリーン関数を用いるため、数値計算の精度を高められる利点がある反面、グリーン関数はそのままでは膨大な計算メモリーや計算時間を必要とするため、それらを削減することが重要である。

本研究では、横方向には球関数によるモード展開を行い、鉛直方向には変数分離を行うことで、省メモリ化および高速化に成功した。さらに、積分方程式を離散化し行列表示にした際の条件数を格段に減少される modified IDM を pre conditioner とすることでさらなる高速化を行った。

本発表ではこの手法の詳細について紹介を行う。

キーワード: 3次元モデリング, 積分方程式法, modified IDM, グリーン関数, 球関数展開, 変数分離

Keywords: 3-D forward modeling, integral equation method, modified IDM, Green's function, spherical harmonic expansion, variable separation

電離圏電気伝導度モデルの開発 Development of the ionospheric conductivity model

小山 幸伸^{1*}, 新堀 淳樹², 堀 智昭³, 能勢 正仁¹, 田中 良昌⁴
Yukinobu Koyama^{1*}, Atsuki Shinbori², Tomoaki Hori³, Masahito Nose¹, Yoshimasa Tanaka⁴

¹ 京大・理・地磁気センター, ² 京大生存圏研究所, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所 ジオスペース研究センター, ⁴ 国立極地研究所

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, ³Nagoya University Solar Terrestrial Environment Laboratory Geospace Research Center, ⁴National Institute of Polar Research

著者らは、電離圏電流を定量的に見積もる為に、IRI-2012、NRMSISE-00、そしてIGRF-11という3つのモデルを組み合わせた、電離圏電気伝導度モデルを、IDL言語上で実装した。本発表では、本セッションの主題である地磁気誘導電流そのものには言及せずに、これと関連した電離圏電気伝導度モデルにおける、実装、計算例、配布準備状況、について説明を行う。

キーワード: 電離圏, 電気伝導度, 数値モデル, IDL, IUGONET
Keywords: ionosphere, conductivity, numerical model, IDL, IUGONET

極値統計による最大磁気嵐レベルの推定

Estimation of the extreme geomagnetic storm level by utilizing extreme value statistics

坪内 健^{1*}

Ken Tsubouchi^{1*}

¹ 東京大学

¹The University of Tokyo

巨大な地磁気誘導電流の定量評価においては、対応する巨大地磁気嵐の発生規模・頻度の推定が不可欠である。地磁気嵐の場合、これを定義づける地磁気擾乱指数 (Dst) が長期間に及ぶデータベースとして整備されていることを活用し、本研究では 1957 年から作成されている Dst 指数の統計解析を通じて、特に将来未曾有の大災害となりうる巨大イベント発生の可能性に関する議論を試みる。歴史上記録に残っている最大の地磁気嵐は 1859 年のキャリントンイベントと言われており、このときの Dst 指数は約-1760nT 程度と推定されている一方、正式な指数値としては 1989 年 3 月に記録した-589nT が最大である。こうした過去の事象を基に、Dst 指数に下限は存在するのか、存在するならそれはいくつなのか、どの程度の規模のイベント発生が数十年あるいは数百年に一回といった確率で見込まれるのか、といった極端事象の問題を扱う上で、対象となる Dst データは全体の分布から見ると極めて稀少な裾部にあたる。そのためデータ全体を用いた統計解析を行うと、極端事象が過小評価される危険性が高い。そこで極端事象のみを抽出したデータセットが従う確率分布として極値統計を導入し、特に一般化パレート分布へ適合させることで上記の問題に対する推定解の導出を行った。その結果、1989 年 3 月のイベントは約 60 年に一度発生するレベルであること、-2500nT あたりに下限値が存在する可能性などが推定された。特に下限値の推定に関しては、最近 Vasylunas (2011) が示した理論的な下限値とほぼ一致していることもあり、極値統計の有用性を示唆するものとなっている。

海底における電磁場観測と地下構造調査の最新事情

Seafloor electromagnetic observation and recent application for imaging sub-seafloor structure

後藤 忠徳^{1*}

Tada-nori Goto^{1*}

¹ 京都大学大学院工学研究科

¹Graduate School of Engineering, Kyoto University

地磁気の急変現象により発生する誘導電流は、パイプラインや送電線などの構造物に甚大な被害を与えることが知られている。このような災害を適確に予測し、対策を行うためには、地磁気観測を実施することと、地下の電気的構造を把握しておくことが必要である。本発表では、これらのうち、海底における地磁気観測の現状を紹介し、海底下の地下構造解析の最新事情について報告する。

海底電磁気観測の歴史は古く、1970年頃から実施されている。具体的には、海底電位差磁力計(OBEM)を一定期間、海底に設置し、この間の海底での電磁場変動を記録する。海底観測において地磁気の変動だけでなく、海中に誘導された電位差変動も測定している。両者ともに、海水がシールドの役割をはたすため、短周期成分は海底まで殆ど届かないが、周期10秒を越えるような長周期成分については減衰が小さいため、水深数千mの海底でも記録可能である。また地磁気のもとで導体である海流が移動することによって、誘導電流が発生するため、この電場信号も記録可能である。

海底での電磁場観測データに対して、マグネトテルリク法を適用することによって、海底下の比抵抗構造を求めることが可能となる。OBEMの実用化の当初は、探査対象は、海底下のマントルといった地下100km以上の深部構造に限られていた。しかし近年の観測機器の進歩に伴って、地殻構造調査も可能となっており、海底拡大軸直下のメルトの可視化や、沈み込む海洋プレート上面の逆断層のイメージ化にも活用されている。さらに、自然の地磁気変動やそれによる誘導電流を用いた地下構造調査のみならず、海底付近で人工的に発生させた電磁場を利用し、地殻構造をより細かく捉える試みも精力的になされている。その結果、海底下の石油・天然ガス調査にも電磁場観測が利用され始めている。

本発表では、以上に関する海底測定技術の紹介と、海底下の地殻構造調査の成果紹介を行う。

キーワード: 海底, 地下構造, 電磁場観測

Keywords: ocean bottom, sub-seafloor structure, electromagnetic observation

日本における地磁気現象に関わる統計的調査 A statistical study of geomagnetic events in Japan

源 泰拓^{1*}, 藤田 茂²
Yasuhiro Minamoto^{1*}, Shigeru Fujita²

¹ 気象庁地磁気観測所, ² 気象庁気象大学校

¹Kakioka Magnetic Observatory, JMA, ²Meteorological College, JMA

気象庁は柿岡、女満別、鹿屋における磁気嵐, si, ssc 等の地磁気現象の読み取りと報告を行ってきている。柿岡、女満別は 1957 年 7 月以降、鹿屋は 1958 年 1 月以降の地磁気現象リストが公開されているほか、柿岡についてはさらに以前の現象リストの電子化がすすめられている。本講演では、過去の地磁気現象のリストから見出された、上記 3 観測所における地磁気現象の統計的な特徴を示す。さらに、“千年に一度”級の地磁気現象がどのようなものとなりうるのかを大胆に推察する。

キーワード: 地磁気, データベース, 磁気嵐, si, ssc

Keywords: geomagnetic, database, magnetic storm, si, ssc

極端な太陽風条件に対する磁気圏対流と地磁気嵐の応答 Responses of Geomagnetic Storm and Magnetospheric convection to the extreme solar wind conditions

長妻 努^{1*}, 国武 学¹
Tsutomu Nagatsuma^{1*}, Manabu Kunitake¹

¹ 情報通信研究機構
¹NICT

地磁気誘導電流の極端値を推定するためには、その原因となる地磁気擾乱とその時間変化の極端値を推定する必要がある。地磁気擾乱は太陽風と磁気圏の相互作用によって駆動され、実際の地磁気の変動には様々な電流系が寄与していることが知られている。そのため、極端な太陽風条件に対して、磁気圏の電流系がどのように応答するかを理解することが重要となる。磁気圏の電流系を考える上で重要な要素として、磁気圏対流と地磁気嵐がある。従来、地磁気嵐は磁気圏対流によって発達すると考えられてきた。しかし、極端な太陽風電場に対する応答が磁気圏対流と地磁気嵐では異なっていることが明らかになりつつある。磁気圏対流は極端な太陽風電場に対して頭打ちになる（非線形応答する）のに対し、地磁気嵐は太陽風電場に対して線形に応答している。本講演では、過去に発生した大磁気嵐イベントを例に、両者の応答の違いや、太陽風電場以外の様々な極端太陽風条件に対して地磁気擾乱がどのような応答になるのかについて考察したい。

キーワード: 地磁気擾乱, 磁気圏対流, 地磁気嵐, 磁気圏電流系, 太陽風 - 磁気圏相互作用
Keywords: Geomagnetic Disturbances, Magnetospheric Convection, Geomagnetic Storm, Magnetospheric Current System, Solar wind - Magnetosphere Interaction

気象庁地磁気観測所における地電位差観測

Geoelectric Potential difference observation conducted by Kakioka Magnetic Observatory

藤井 郁子^{1*}

Ikuko Fujii^{1*}

¹ 気象庁地磁気観測所

¹Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency

気象庁地磁気観測所では、柿岡で1930年代から、女満別・鹿屋では1950年代から、観測所構内において地電位差の連続観測を行っている。歴史的経緯から地電流観測と呼ばれているが、観測しているのは地中に埋めた2本の電極間の地電位差である。観測開始以来、電極やその位置などは変遷してきた。現在の観測は、銅板または炭素棒を電極として、南北・東西方向に2本の基線(100?300m)を張り、最少サンプリング間隔0.1秒にて水平2成分の地電位差を計測している。

地電位差の定点における長期観測は世界的に見ても非常に珍しく、しかも、地磁気観測所の場合は、ほとんど同じ位置で磁場が同時に計測されているという、構造探査・地磁気急変現象・地殻活動現象などにとって絶好の状況にある。2012年末からは観測所HPよりデジタルデータのダウンロードが可能になり、アクセスが容易になったことから、今後さまざまな利用が進むと考えられる。

講演では、地電位差連続観測の観測システム、観測データの特徴について紹介する。特に、柿岡・女満別・鹿屋の地電位差の特徴の違いと地下構造の関係を中心とする。特に、よく知られた柿岡の地電位差の偏向の解釈について、最近のスペクトル解析手法やモデリング技術の知見で付け加えることができる点があるのかどうか考察したい。

キーワード: 地電位差, 長期観測, 地磁気観測所

Keywords: geoelectric potential difference, long term observation, Kakioka Magnetic Observatory

Dst 指数を正確に予測するための地球内部誘起電流寄与の評価 Evaluation of the earth-induced current contribution for a precise prediction of the Dst index

能勢 正仁^{1*}

Masahito Nose^{1*}

¹ 京都大学理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto University

A precise prediction of the Dst index is one of the important issues in space weather forecasting. The Dst index was developed by Sugiura [1964] to measure the magnitude of the axially symmetric geomagnetic field variations. The field variations during geomagnetic storms are produced by various currents in the magnetosphere, such as, the ring current, the tail current, the magnetopause current, and the field-aligned current. Since the Earth can be considered as a conductor, these magnetospheric currents generate the induced currents inside the Earth, which also contribute to the Dst index. Previous studies have reported that the magnetic field variations due to the induced currents are about 20-30% of the Dst index [Rikitake and Sato, 1957; Anderssen and Seneta, 1969; Langel and Estes, 1985; Hakkinen et al., 2002].

In order to predict the Dst index precisely, we need a more proper evaluation of the contribution of the Earth-induced current. From the property of induction, we expect that the percentage of the Earth-induced current contribution may depend on the rate of change of the disturbance field. Thus, using the magnetic field data obtained at 70-80 ground observatories, we examine how the Earth-induced current contribution changes during magnetic storms. The magnetic field variations are decomposed into portions of the external (i.e., magnetospheric current) origin and the internal (i.e., Earth-induced current) origin by using the spherical harmonic expansion. It is found that the Earth-induced current contribution varies between ~30% and ~50%. We will derive an empirical equation relating the Earth-induced current contribution to the rate of change of the disturbance field.

中緯度地域における地磁気誘導電流のモデリング A modeling of Geomagnetically Induced Currents in Midlatitude Regions

木村 葵¹, 海老原 祐輔^{1*}, 大村 善治¹, 菊池 年晃¹
Kimura Aoi¹, Yusuke Ebihara^{1*}, Yoshiharu Omura¹, Toshiaki Kikuchi¹

¹ 京都大学電気電子工学科

¹ Kyoto University Electrical and Electronic

地磁気誘導電流 (Geomagnetically Induced Currents;GIC) を計算するために、地表面に誘起される電磁場について計算した。GIC は導電性の地面と電離圏電流によって発生し、送電網などに大きな影響を与える。地表面での電磁場は電離圏電流のパラメタ (電流密度、分布、周波数、沿磁力線電流) と多層構造の地層のパラメタ (層の厚み、導電率、透磁率、誘電率) に依存する。それらに対して Hakkinen(1986) の手法を用いて、地表面での電磁場を計算し、それぞれのパラメタについて評価した。また、送電網のトポロジーと地表面での電磁場を組み合わせることにより、流れる GIC を計算し、送電網などのインフラ設備への影響を検討した。