

激甚宇宙天気災害時における

地磁気誘導電流の日本電力供給へのリスク評価

名古屋大学宇宙地球環境研究所 特任助教

中村 紗都子

本研究は、現代文明が経験したことの無い激甚宇宙天気災害について、観測データ、シミュレーション、理論の様々な観点から日本の GIC 被害を予測しハザードマップを作成することが目的とする。社会の宇宙利用の進展や電力インフラへの依存に伴って、太陽を原因とする宇宙天気災害は大きな脅威となりつつある。太陽面で発生するフレア爆発は地球周辺の電磁場・放射線・大気環境を激しく乱し、人工衛星・電力・通信網などに障害を与える（図 1）。申請者は、地球周辺の宇宙空間「ジオスペース」における宇宙天気現象に関する地磁気誘導電流（GIC）に関して研究を行っている。GIC とは電磁場擾乱によって地面等に生じる電流を指し、送電網に GIC が流れ込むと変圧器の異常加熱や誤動作などの悪影響があるとされている。GIC は 1989 年のカナダでの大停電に代表されるように破壊的な損失を発生させる可能性がある。GIC の研究及び対策は高緯度地域で中心に進められているのに対し、日本では研究自体がほとんど行われていない[Watari, 2009]。これは過去に大きな GIC 被害の報告がなく切迫した課題ではなかったこと、日本の複雑な海岸・地下構造・電力網を扱う計算手法が存在しなかったことに要因がある。しかし、電力網の高効率化・複雑化に伴いこの 20 年で GIC のリスクは 3 倍に増加したとされ[Molinski, 2002]、日本でも 2003 年に危険水準を越す 130 A の GIC が発生し対策の必要性を議論し始めている。特に日本においては 2011 年の東日本大震災を機に“1000 年に 1 度”のような激甚災害を定量的にリスク評価することが喫緊の課題である。

先行研究で多用されている GIC 計算モデルは地下を 1 次元の水平構造で近似した簡易なモデル、またはこれを補正した疑似 3 次元モデルである[Kappenman, 2004]。大陸内陸部では 1 次元モデルが有用であるが、日本は海岸・堆積層・断層・火山など複雑な電気伝導度構造をもつため 1 次元モデルが適用可能であるか未知である。特に GIC は宇宙天気・地質・送電網に関する分野横断的知識が必要であること、観測データが少ないこと、地域依存性が強い現象であり他国の先行研究との比較が難しいことなどから理論、シミュレーション、観測的実証いずれも研究が進んでいなかった。そこで、日本に特異な 3 次元構造が地下及び送電網での電流形成へ与える影響を明らかにすることを目的として、数値計算及び観測データの統計解析を行った。日本の GIC 計算モデルは過去になく、3 次元 FDTD (Finite-Difference Time Domain) 計算は世界でも初めてであり、主流の一次元近似の妥当性を検証することが可能である。

1. 日本の高精細地下電気伝導度モデルの作成

GIC の物理計算には地下の 3 次元比抵抗分布が不可欠である。米国など大陸内陸部では、堆積層・岩石層を基本とした層構造で再現が可能であるが、日本のような島国かつ地下の構造が複雑な地理条件ではより精密なモデルが必要であった。まず堆積層・岩石層などの地形データをもとに 3 次元モデルを作成した。シミュレーション結果をもとに、日本の変電施設に生じる GIC リスクについて評価を行った (図 1)。図 2 は 500 kV 以上の高圧送電網をモデル化し、各変電施設に生じる GIC の大きさを円の大きさに示したものである。

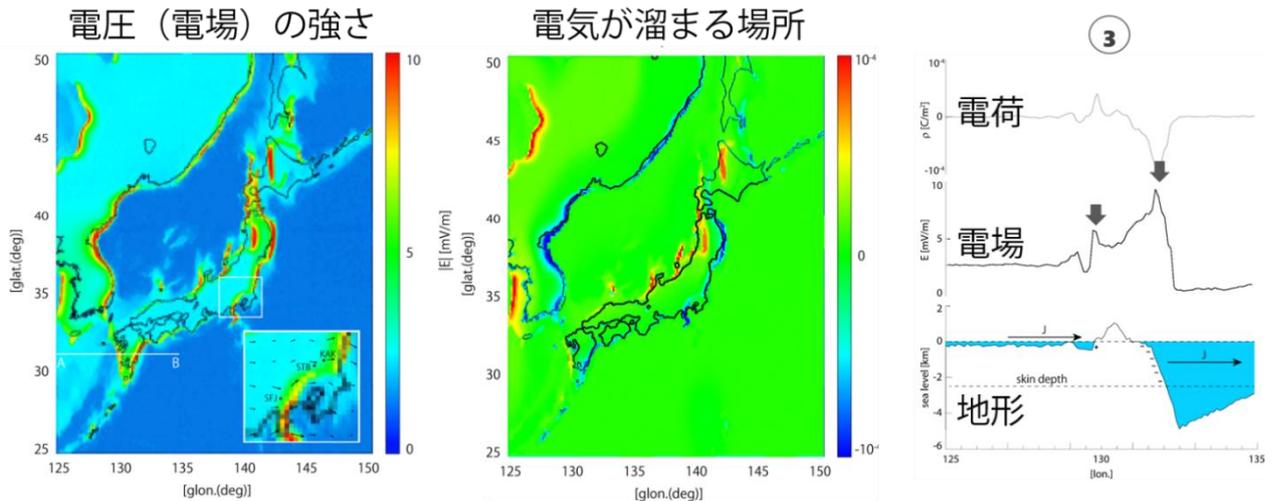


図 1 : 高精細地下モデルを使用した地磁気誘導電場のシミュレーション結果

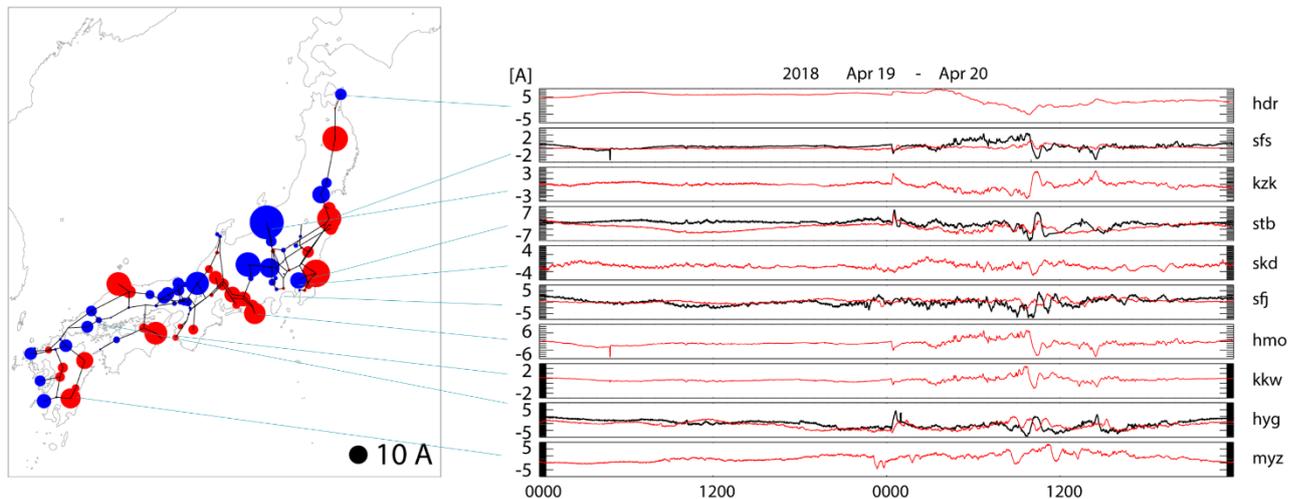


図 2 : 3 次元電磁場シミュレーションと変電施設のモデルを組み合わせた、磁気嵐における GIC 最大値のマップ

以上の結果は、本年度に作成した高精度 3 次元電磁シミュレーションによって初めて得られた描像である。日本は他国の研究で使われている簡易モデルでは GIC を過小評価することがわかり、GIC ハザードマップには 3 次元モデルが不可欠であることを明らかにした。さらに磁気嵐における GIC 変動を再現し、日本における GIC リスクのマップを作成することにも成功した。