

大規模な太陽フレアから日本の電力網を守るための 地磁気誘導電流（GIC）計算モデルの構築



Project for
Solar-Terrestrial
Environment Prediction

中村紗都子¹、海老原祐輔¹、藤田茂²、後藤忠徳³、山田伸明¹

[1] 京都大学生存圏研究所, [2] 気象大学校, [3] 京都大学大学院工学研究科

satoko_nakamura@rish.kyoto-u.ac.jp 0774-38-3883 大村研究室

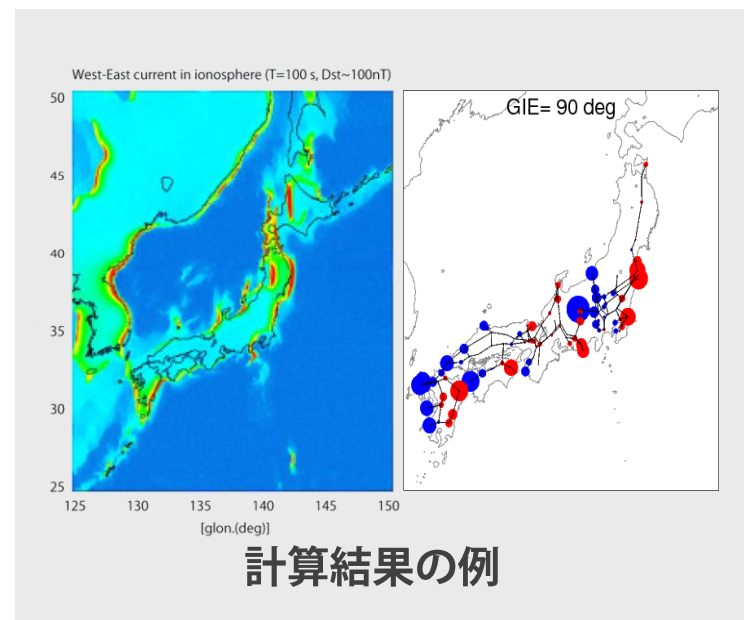
GIC=太陽フレアに伴い送電網へ流れ込む電流

複雑な地下構造と現実的な送電網を
使ったGICの包括的な計算モデルを開発

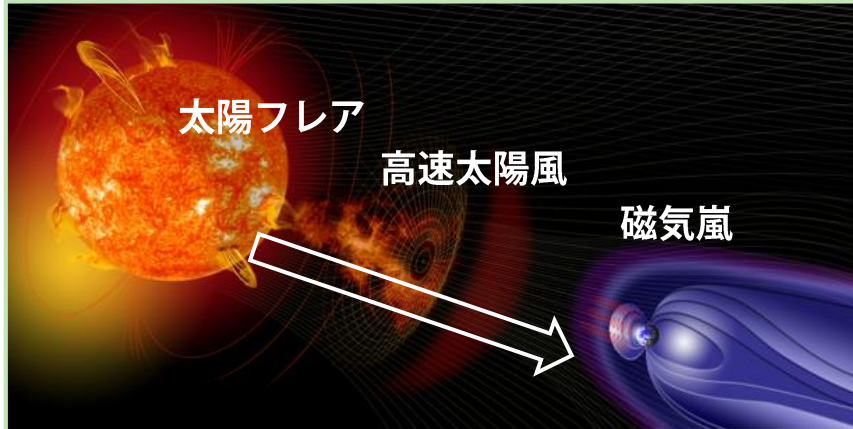
初期結果

日本の地理的特徴から、諸外国とは
異なるGICの性質を持つことがわかった

初めて日本のGICを定量的に求め、電力網へのリスク評価を可能に



地磁気誘導電流 (GIC) とは

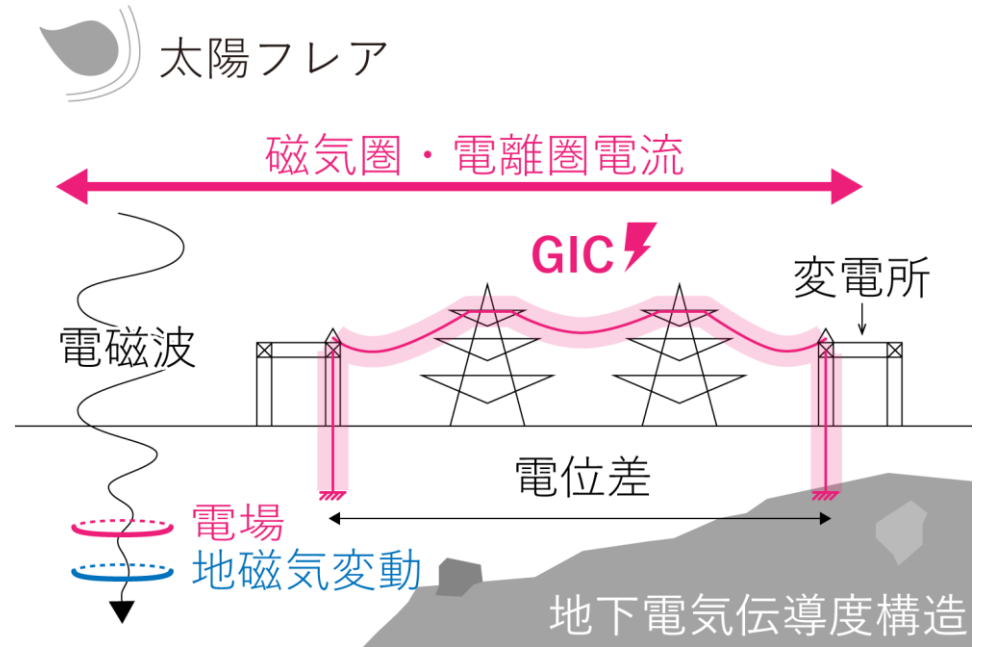


磁気嵐 (地表・地下に電場)

送電網に電流が流れ込む = GIC

変圧器の損傷 無効電力の増加
保護リレーの不要動作

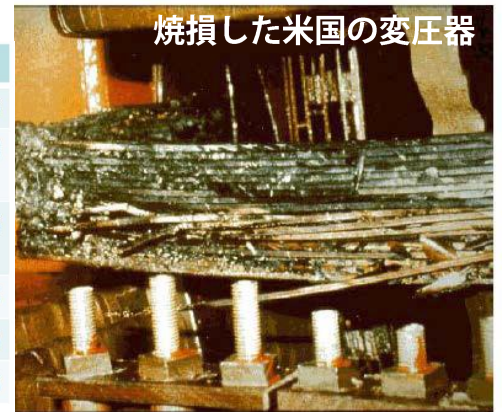
1989年の大磁気嵐での
カナダ・ケベック州の大停電が有名
(他、2003年にも発生)



経済損失計算例 [EPRI Report 1992]

Regions	Best	Worst
米国、カナダ	128,808	163,866
スカンジナビア、英国	28,903	37,210
独・仏・伊・瑞・澳	73,934	95,185
欧州全体	102,837	132,395
日本	41,746	53,745
豪州	7,617	9,806

Unit; 百万ドル



Geomagnetic Storm Induced Transformer Damage (PSE & G 提供)

各国・日本でのとりくみ

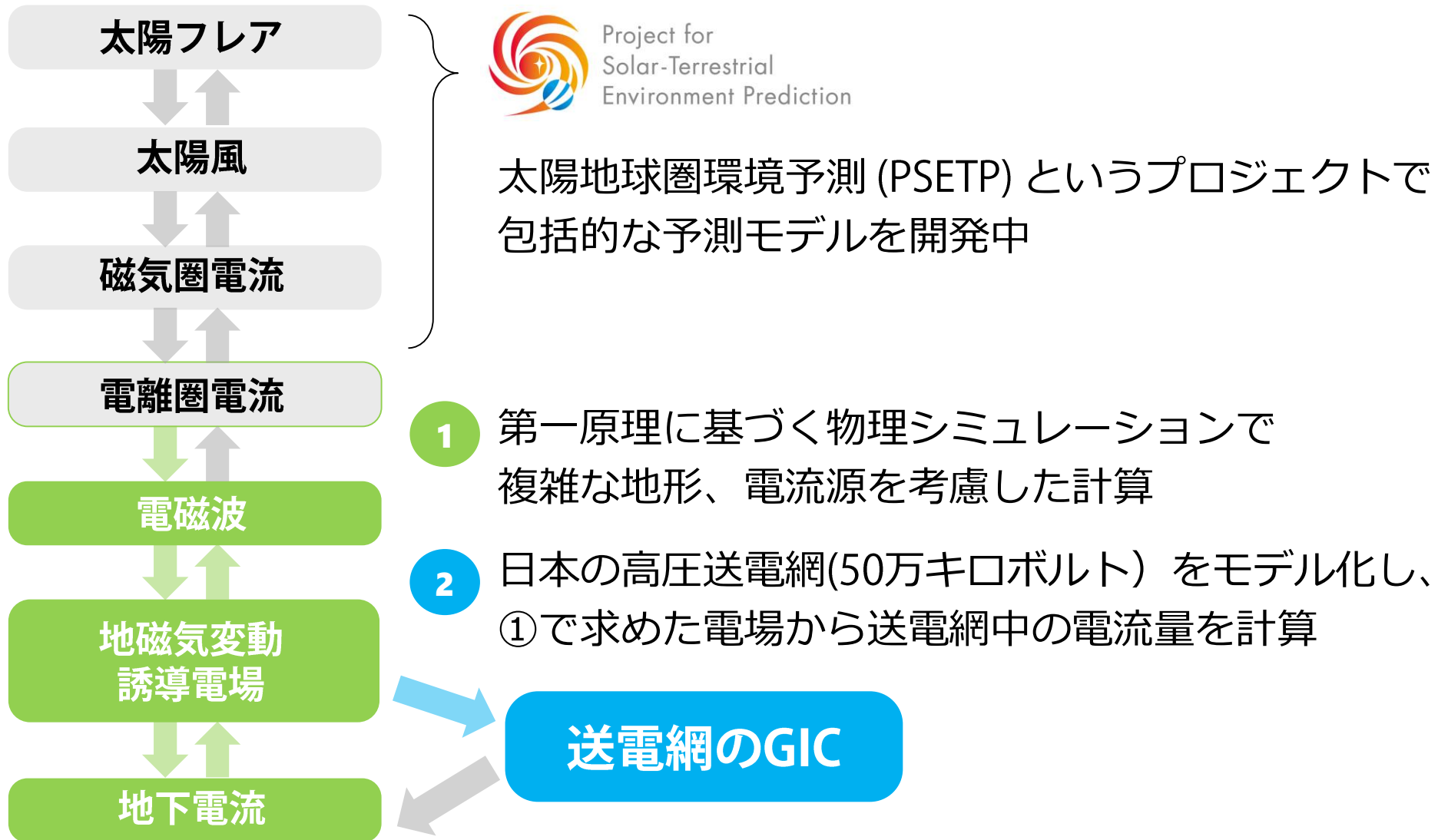
日本では様々な観点から、**GICの被害の可能性は低い**と考えられてきた

1989年のカナダの事例	太陽フレア	現在の日本
高緯度＝影響大	↓ 磁気嵐	低中緯度＝影響小
送電線が長い＝電位大	↓ GIC	送電線が短い＝電位小
高調波が発生	↓ 変圧器の異常	高調波小
調相設備停止	↓ 保護リレーの不要動作	フィルタで高調波除去
送電線停止	↓ 調相設備停止	安定送電可能
全系崩壊	↓ 発電電力喪失	可能性は低い

過去の研究は、**高緯度・起伏のない均質な地下構造**を基準にした簡単なもの
➡ 日本のような海や複雑な地下構造を考慮したGIC研究は過去にほぼない

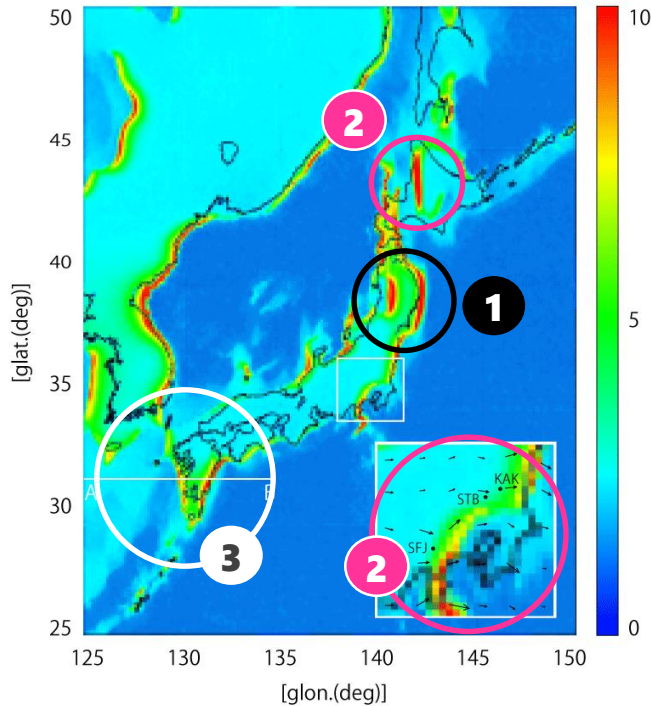
近年、**1000年に一度の大規模フレア**の存在が指摘されている
➡ 前例のない規模のGICを予測する、新たな手法が必要

計算モデルについて

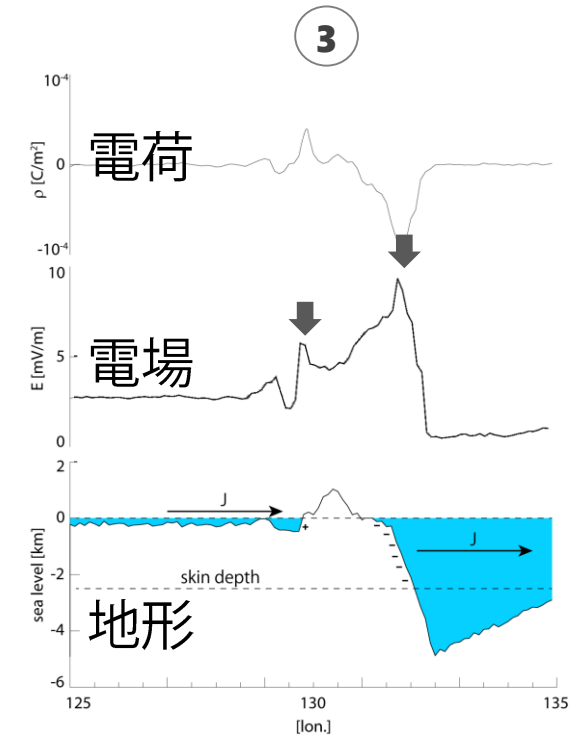
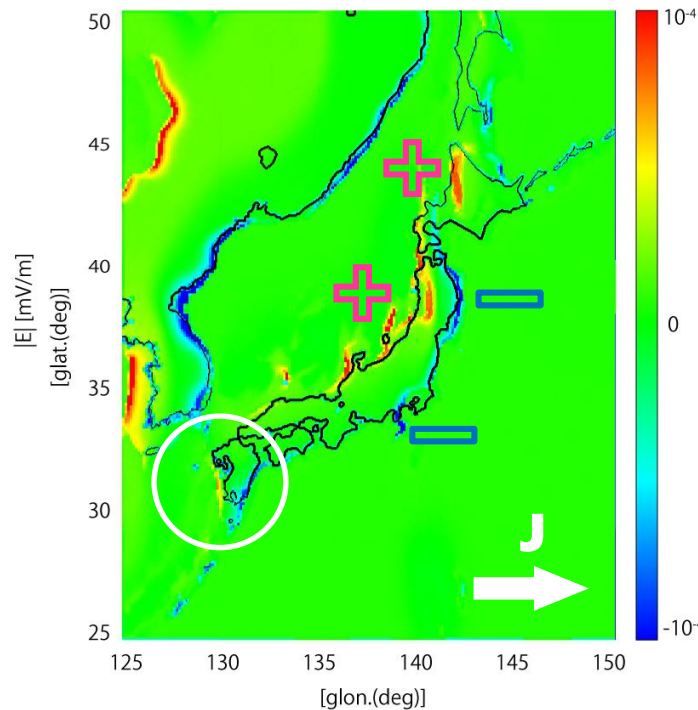


東向きに電離圏電流が流れた場合の結果

電圧（電場）の強さ



電気が溜まる場所

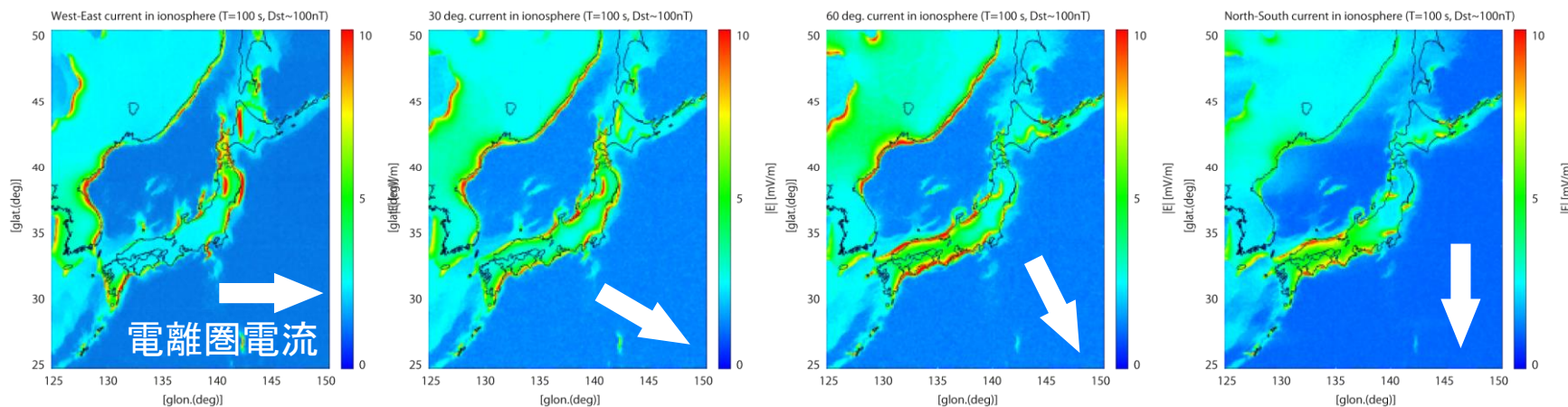


日本に
特有の
現象

- ① 海岸付近では電場が強まる傾向にある（海岸効果）
- ② 電気が湾に蓄積することで電場の強さや向きを歪めている
海だけでなく、東北・関東・北海道の地下構造が電場を歪めている
- ③ 海の深さによっても電場の強さが大きく異なる

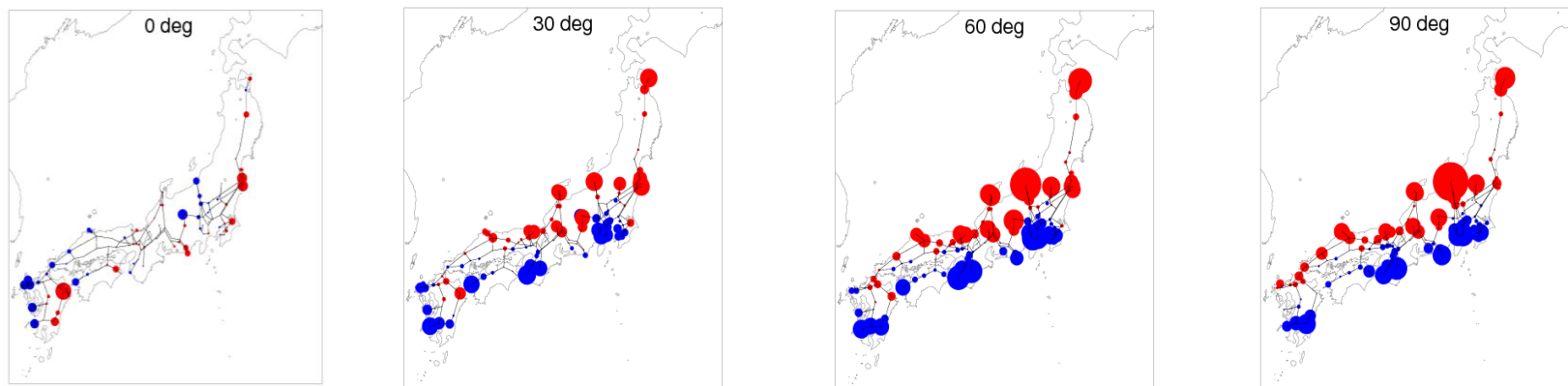
様々な条件下でのGICの計算結果

電圧の
強さ



GICの
強さ

● の大きさ
で表現



① 日本の細長い形状 ② 地下構造 ③ 東西で深さの異なる海
が電場に強く影響を与えており、条件に応じて複雑に応答する。

日本の送電網配置によるGICへの影響

本研究で以下の点がわかった
海岸線付近で
GICが強まる傾向にある

送電網の端点では
電流が集中してGICが強まる

都市部から複数の送電線が
集中する地域では、
電流が集中してGICが強まる

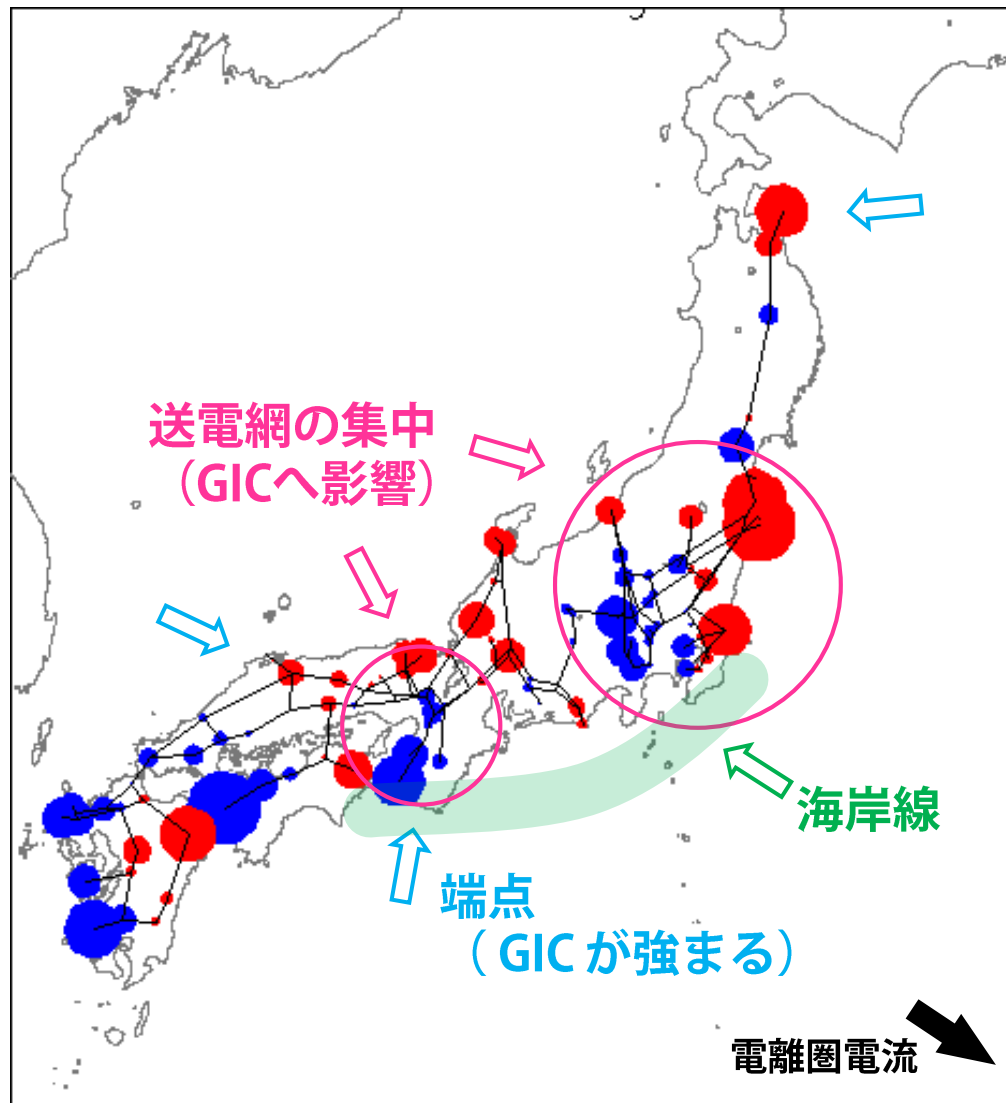
日本の

海陸
地形

地下
構造

送電線
配置

を考慮したGICの電流量を
計算することに初めて成功



まとめ

日本の複雑な地下構造と現実的な送電網を考慮に入れた計算モデルを開発した。

- 日本の地理的な特徴
 - 日本の弓なりの細長い形状は、海岸効果によって地表の電場を強めGICを強化する傾向にある
 - 磁気嵐の状況（電離圏電流や、磁気圏電流の方向）によって強さが大きく異なる
 - 日本付近には、大陸棚や堆積層、プレート境界などの地下構造により電場分布が大きく影響を受ける
- 日本の送電網の特徴
 - 一般的には送電網の端点で強いGICが発生するが、地理的特徴でいつもそうとは限らない
 - 都市部の複数の送電線が郊外の発電所に集まることで、電流の集中によりGICが強まる
 - 日本は海岸近くを通る送電線が多く、海岸効果の影響強く受けGICが強まる

本研究により、今後日本に起こりうるGIC被害を予測し、ハザードマップの作成や防災対策へと繋げることが可能になった。