

物理探査とGIC

後藤忠徳

兵庫県立大学大学院
生命理学研究科 地球科学講座

目次

- 物理探査とは
- 電磁探査の例
- GICと地下比抵抗構造
- GICの予測（数値計算）
- 課題・まとめ

参考書

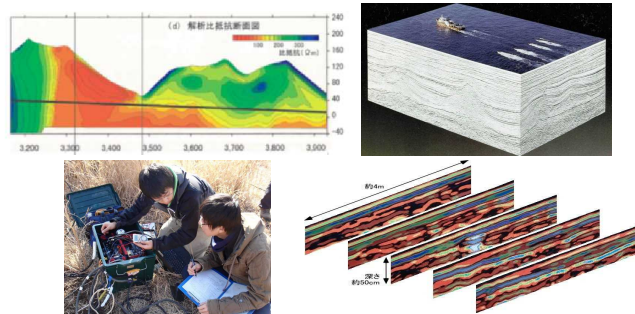
- 地下を診る技術～驚異の物理探査～（物理探査学会編著）
※電子書籍
- 地底の科学（後藤忠徳著、ベレ出版）
※電子書籍、一般書籍

共同研究者

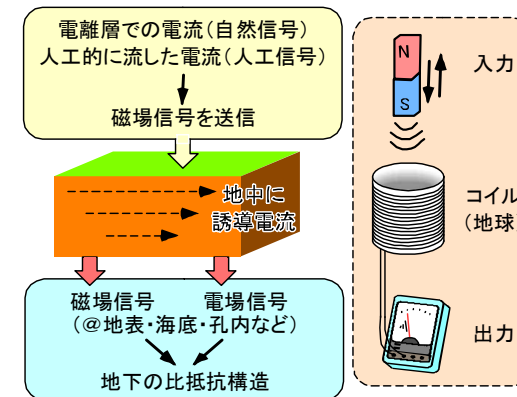
海老原祐輔（京大 生存圏研究所）
中村紗都子（名大 宇宙地球環境研究所）
藤田茂（気象大学校）

「物理探査」＝地下を見る技術

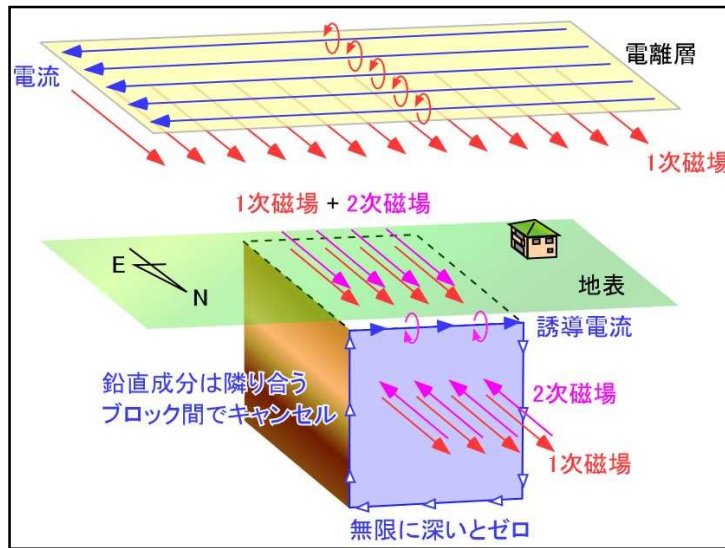
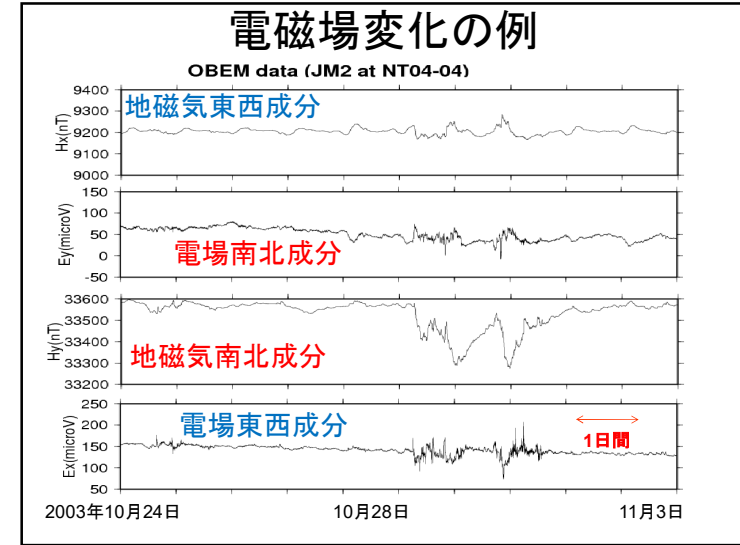
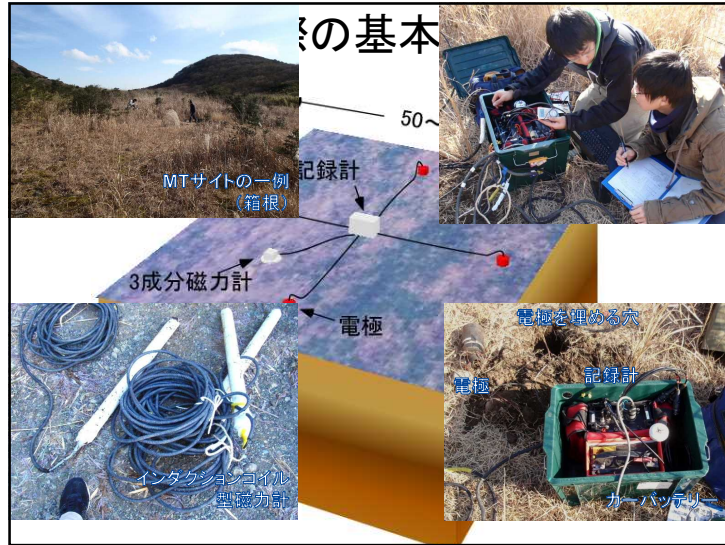
- 1) 大地が発する物理現象
 - 2) 大地に対して人為的に発生させた物理現象
- これらの「反応」を測定・解析することによって、
地下の状況を探査する技術



電磁探査とは？



後藤・三ヶ田(2008)



電磁誘導の基礎方程式(一部)

$$\oint_L E dl = - \int_S \frac{\partial B}{\partial t} dS \quad (\text{ファラデーの法則})$$

$$\oint_L H dl = \int_S j dS = \int_S \sigma E \cdot dS \quad (\text{アンペールの法則})$$

$$D = \epsilon E \quad j = \sigma E \quad (\text{オームの法則})$$

$$B = \mu H$$

ラテン語に「terra」=「大地」という単語があります。

Magnetotelluric 法の基礎式

B: 地球磁場 (磁束密度)
の変動の振幅(nT)

地表

E: 誘導電場の
振幅
(mV/km)

地表

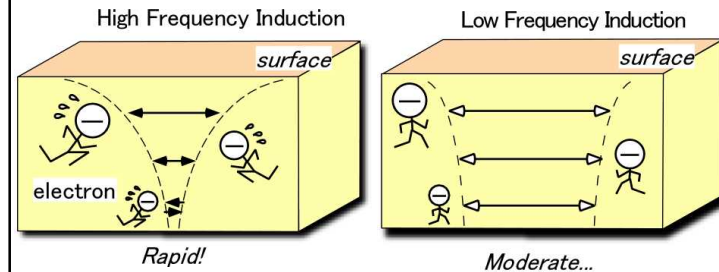
f: 周波数(Hz)

ρ : 比抵抗 (Ωm)

$$\rho = \frac{1}{5f} \frac{|E|^2}{|B|^2}$$

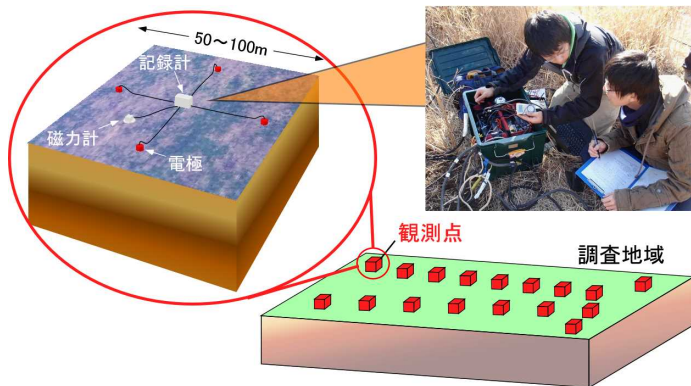
どのようにして深さ方向の情報を得るのか？

$$\exp(ikz) \quad k = \sqrt{i\sigma\omega\mu}$$

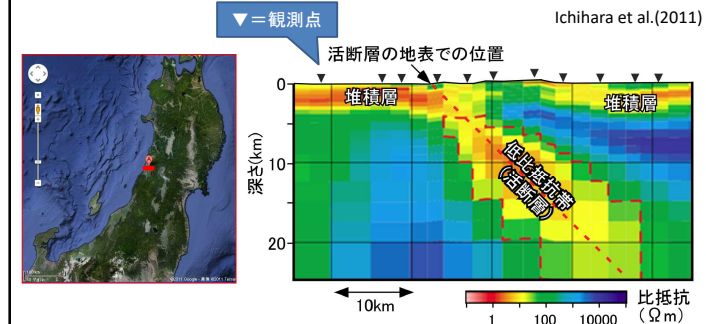


表皮深度 = $0.5\sqrt{\rho T}$ (km)
(電磁場の振幅が地表の1/e(約37%)になる深さ)

MT法の際の基本レイアウト



電磁探査の例(活断層調査)



活断層では、岩石が破碎
=水がしみ込みやすい
=電気が通りやすい(黄色～赤色)

目次

- 物理探査とは
- 電磁探査の例
- GICと地下比抵抗構造
- GICの予測 (数値計算)
- 課題・まとめ

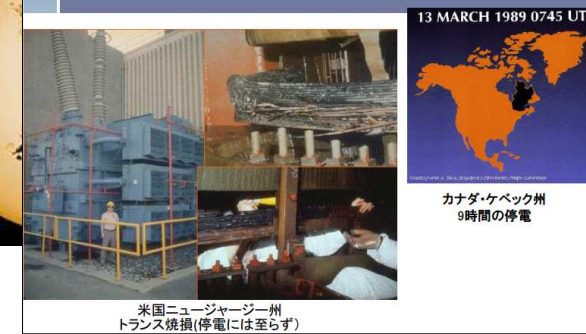
共同研究者

海老原祐輔(京大 生存圏研究所)
中村紗都子(名大 宇宙地球環境研究所)
藤田茂 (気象大学校)

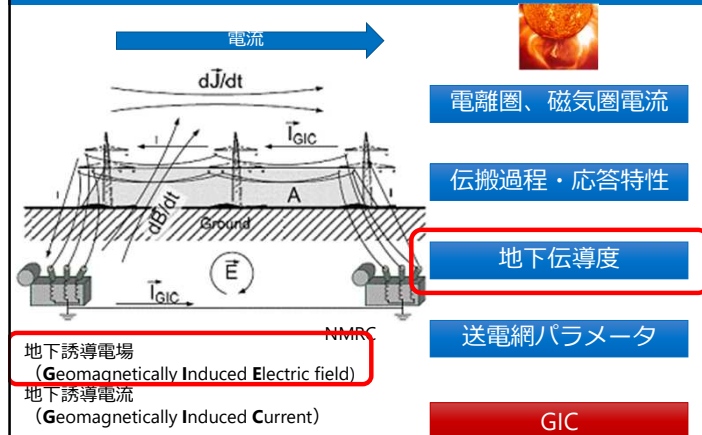
藤田・源(2012)より

GIC (巨大地磁気誘導電流) とは？

送電網への被害 1989年3月13日

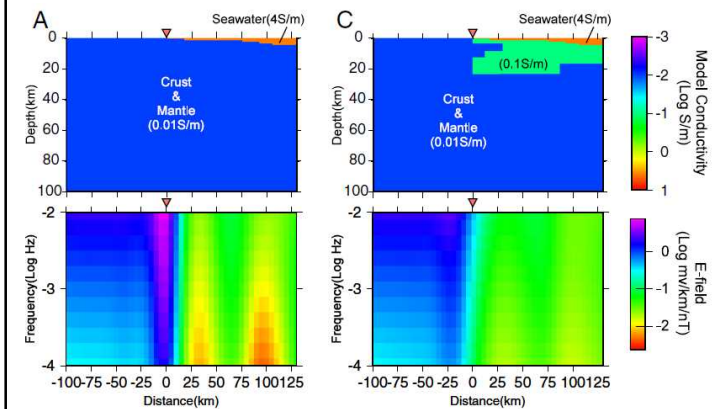


GICの基本原理と理解すべき事



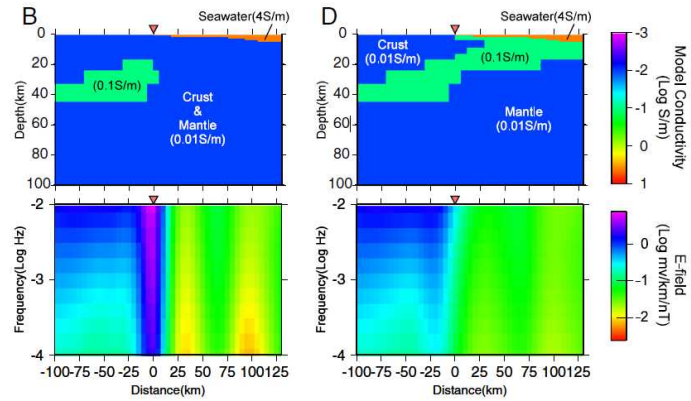
201601_PSTEP1-A03-GIC スライドより

地下比抵抗断面(上)と誘導電場(下)



Goto (EPS, 2015)

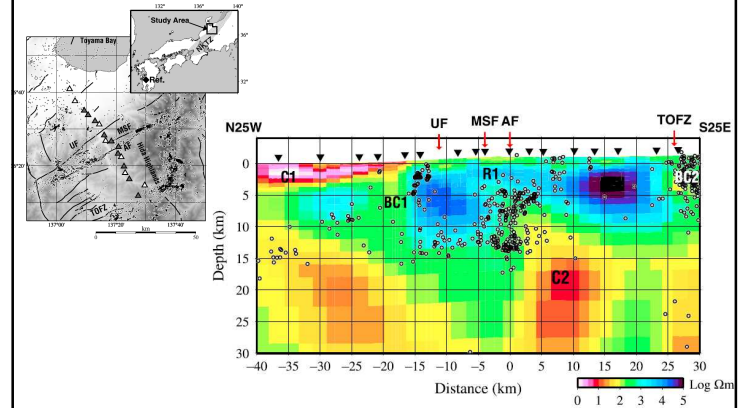
地下比抵抗断面(上)と誘導電場(下)



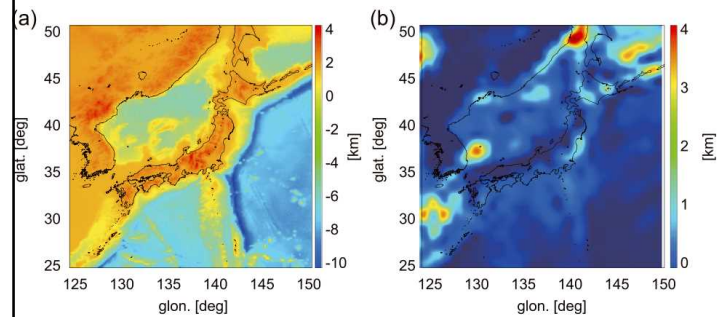
Goto (EPS, 2015)

跡津川断層(富山・岐阜)

Yoshimura et al., (2009)



GICの予測(地下比抵抗構造を仮定)

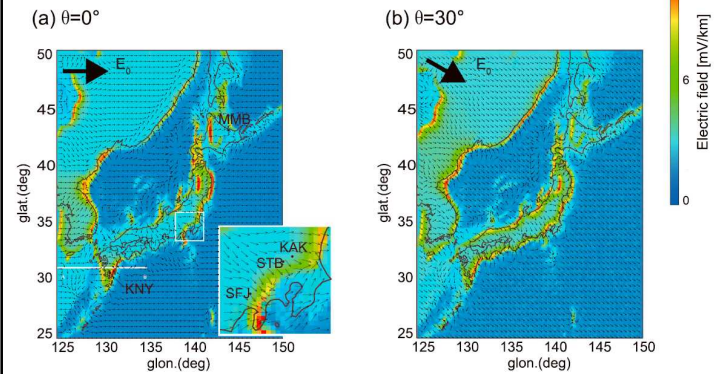


Nakamura et al. (Space Weather, 2018)

- ・海水 = $0.4 \Omega \text{m}$
- ・堆積層 = $100 \Omega \text{m}$
- ・基盤(地殻・マントル) = $1000 \Omega \text{m}$

GICの予測(誘導電場の数値計算)

FDTD、水平グリッド10km、鉛直グリッド0.1km

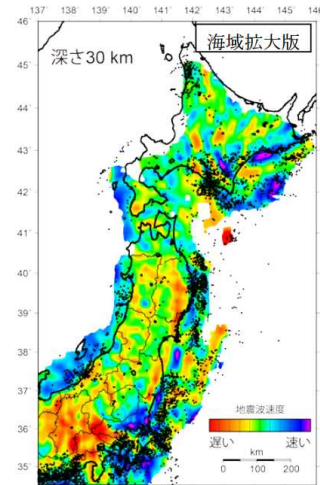


Nakamura et al. (Space Weather, 2018)

地震波速度構造 (防災科技研)

- Webで公開中
http://www.kinet.bosai.go.jp/topics/okudo_kozo/alljpn.php
- Windows/Mac版ソフト
(ビューワ) も公開中
- 水平: 約 10km 間隔
- 深さ: 約 5~50km 間隔
- P波速度・S波速度

http://www.bosai.go.jp/press/2011/pdf/20110906_01.pdf



電離層電流のパターンを考慮

Sato (2020)

