

漏洩電流の影響の大きい MT 応答関数の改善について (2)
—Network-MT 電場データの前処理—

村上英記

高知大学教育研究部自然科学系理学部部門

Improvement of MT response function contaminated by leake currents (2) -Preprocessing method of electric field data of Network MT-

Hideki Murakami

Natural Science Cluster-Science Unit, Research and Education Faculty, National University Corporation Kochi University

Abstract We proposed a preprocessing method of Network-MT electric field data contaminated by railway leake currents using principal component analysis to improve MT response functions in the previous report. In this study we describe the properties of the method in detail. We merge two sets of Network-MT data, which contain common noise sources. Increasing the number of original variables in principal component analysis leads to increasing the number of principal components and a better effect on separating noise components. In the analysis of the central Japan Network-MT data, the first principal component contains the electrical current components of flowing in opposite directions from the common electrode of each Network-MT site. We remove the first principal component as a noise component and reconstruct electric field data. This procedure improves MT response functions. However, there is the difference in the degree of improvement in the two sites. It is necessary to investigate methods to reduce railway leake currents.

1. はじめに

広域の地下電気伝導度構造を推定するために開発された Network-MT 法を用いて日本列島スケールでの比抵抗構造を推定する試みが行われている（例えば, Uyeshima et al., 2002; 最上ほか, 2009; 臼井ほか, 2010）。Network-MT 法では, NTT の専用回線を利用した長基線での電位差計測をおこなうため S/N 比の高いインピーダンス推定がおこなえることが特徴になっている。しかし, 都市近傍ではとりわけ直流電車からの漏洩電流のため S/N 比が悪く良好なインピーダンス推定が困難な地域もある。また, 表層の比抵抗値が大きい地域では, 直流電車の路線から離れていても S/N 比が悪くインピーダンス推定が良好でない地域もある。

村上ほか(2011)では, 最上ほか(2009)で報告されている中部地方の Network-MT 観測において漏洩電流の影響が大きく解析に不適切として解析から除かれた観測点の電場データの改善をするための前処理として主成分分析を使用する方法を提案した。

本報告では, 主成分分析を前処理として使用することで電場データがどのように改善されているのかについて検討を加えたのでその結果について報告する。

2. Network-MT 電場データの前処理

村上ほか(2011)では、最上ほか(2009)で報告されている Network-MT 観測電場データの中で直流電車の漏洩電流の影響が大きい飛騨萩原・下呂・飛騨竹原・加子母・付知・美濃福岡・阿木について検討をおこない、特に漏洩電流の影響の大きい美濃福岡と阿木について検討結果を報告した。

美濃福岡と阿木の日中の直流電車からの漏洩電流の影響が大きく、美濃福岡では 600mV/km, 阿木では約 200mV/km である。そのため、比較的ノイズの小さな夜間 (0 時-5 時) のデータを用いて以下の前処理をおこなった；

- 1) 各 Network-MT 観測点の 6ch から 8ch のデータについて主成分分析をおこなう
- 2) 次に、隣接する 2 観測点の主成分間の単純相関を求め、第 1 主成分の相関係数が 0.9 以上であれば同一のソース源 (とりわけノイズ) を持ったグループとする
 - 飛騨萩原-下呂：第 1 主成分 (-0.63)
 - 下呂-飛騨竹原：第 1 主成分 (0.65)
 - 飛騨竹原-加子母：第 1 主成分 (0.97), 第 2 主成分 (-0.55)
 - 加子母-付知：第 1 主成分 (0.99), 第 2 主成分 (0.95)
 - 付知-美濃福岡：第 1 主成分 (0.59), 第 2 主成分 (-0.57)
 - 美濃福岡-阿木：第 1 主成分 (0.96), 第 2 主成分 (0.69)
- 3) グループ化した 2 観測点のデータをマージしてあらためて主成分分析をおこなう
- 4) 第 1 主成分をノイズとして削除し、各測線の計測データを復元する

上記の前処理をおこなった電場データ 30 日分と柿岡地磁気観測所の磁場データを用いて BIRRP (Chave and Thomson,2004)を用いて MT 応答関数を計算した。村上ほか(2011)では、全日の生データを 30 日分使用した場合と夜間値 30 日分について前処理した結果について比較し、前処理をすることで美濃福岡については MT 応答関数のバラツキや推定誤差が小さくなることを報告した。

改めて前処理の効果を見るために、夜間値 30 日分の電場データ、前処理をした夜間値 30 日分、夜間値 128 日分の 3 つのケースについて求めた美濃福岡の MT 応答関数を第 1 図に示す。

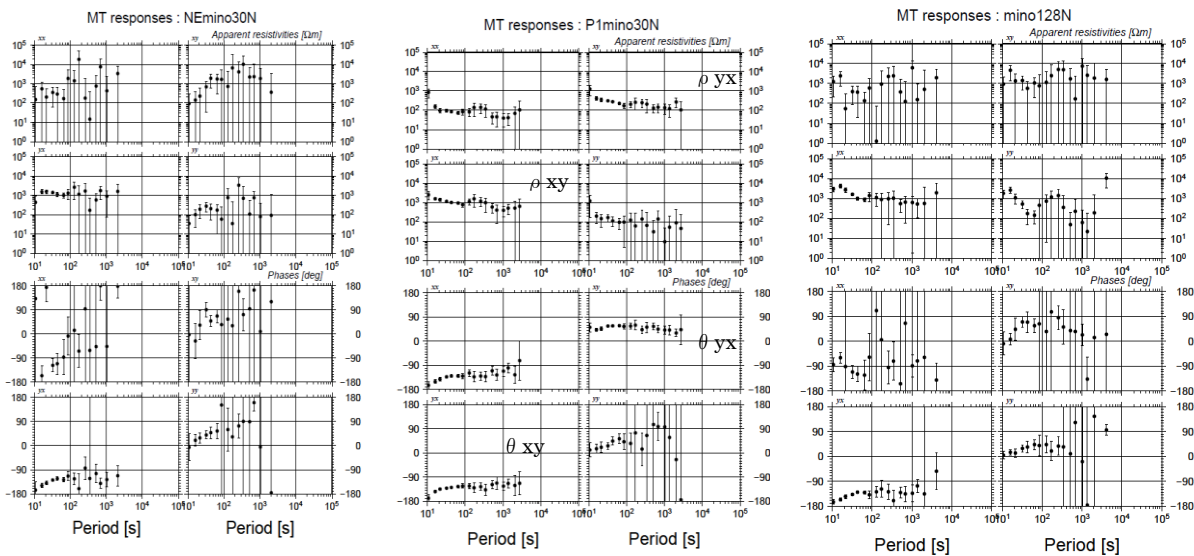


Fig.1 MT response functions of Mino-fukuoka using 30-day night data (right), 30-day night data with the preprocessing (center), and 128-day night data (right).

夜間値 30 日分と夜間値 128 日分を用いた結果では、128 日分のほうが MT 応答関数のバラツキやエラーバーの大きさが幾分改善される傾向が見えるが大きな改善は見られない。30 日分の夜間値に前処理をした結果は、MT 応答関数のバラツキやエラーバーに改善効果が大きいことがわかる。

阿木の夜間 30 日、前処理をした夜間 30 日、夜間 128 日のデータを用いて計算した MT 応答関数を第 2 図に示す。

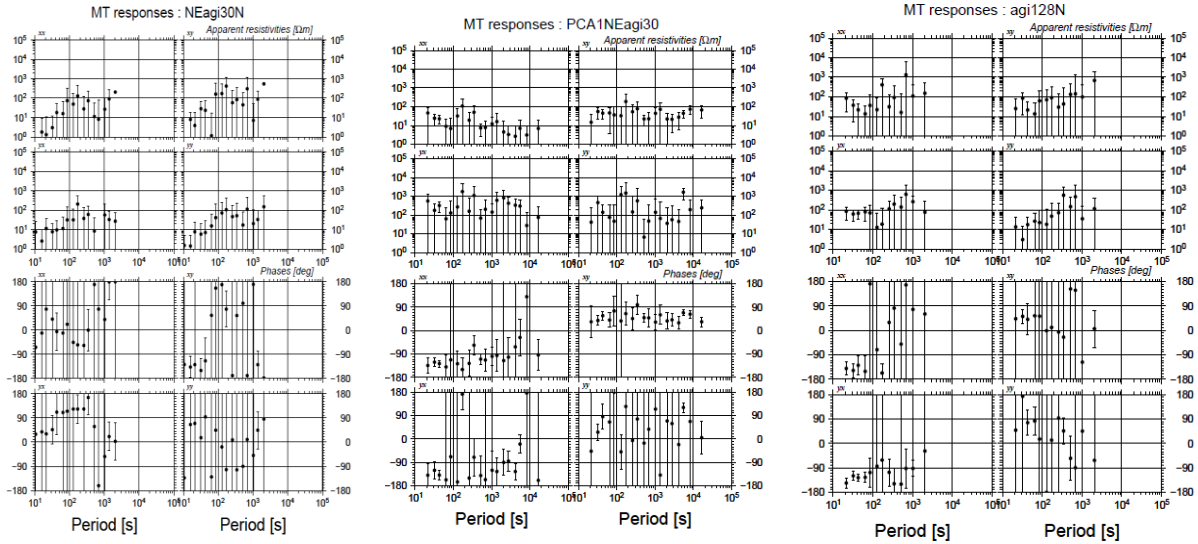


Fig.2 MT response functions of Agi using 30-day night data (right), 30-day night data with the preprocessing (center), and 128-day night data (right).

阿木については 30 日分から 128 日分にデータを増やすことで見掛け比抵抗や位相のバラツキが小さくなる傾向は見えるもののエラーバーはまだ大きい。前処理を施した結果は、128 日分のデータを用いた結果よりもバラツキが小さくなっている成分もあるが、バラツキやエラーバーの大きさはほぼ同程度であり美濃福岡のように大きな改善は見られない。

3. 主成分分析によるノイズ軽減効果

前処理においてポイントになるのはグルーピングと、主成分分析による第 1 主成分の除去である。これらがどのようにノイズ軽減に結びついているのかについて検討する。表 1 に美濃福岡と阿木の観測点について主成分分析した結果を、表 2 に美濃福岡と阿木のデータをまとめて主成分分析をした際の結果を示す。表に示す数値は、主成分 (z_i) の線形結合として観測値(標準化された電場 E_i)を表す際の係数 a_{ij} であり次式の係数である。

$$z_i = a_{i1}E_1' + a_{i2}E_2' + \dots + a_{i16}E_{16}' \quad i = 1, \dots, 16$$

$$E_i' = a_{1i}z_1 + a_{2i}z_2 + \dots + a_{16i}z_{16} \quad i = 1, \dots, 16$$

表 1 に示す美濃福岡の第 1 主成分の係数を見ると ch1(北側-中心局)と ch3(南側-中心局)の係数は異符号であるが、ch2(東側-中心局)と ch4(西側-中心局)の係数は同符号になっている。第 1 主成分の東西方向については、中心局に電流が流れるあるいは中心局から東西に電流が流れ出しているという状

Table 1. Principal component analysis results of Mino-fukuoka data and Agi data

	PCA1	PCA2	PCA3
mino(ch1:N)	0.372	0.015	-0.210
mino(ch2:E;N53E)	0.352	-0.369	0.368
mino(ch3:S)	-0.371	0.035	-0.263
mino(ch4:W)	0.317	0.610	0.105
mino(ch5)	0.357	0.302	-0.626
mino(ch6)	0.320	-0.585	-0.462
mino(ch7)	0.369	-0.134	0.297
mino(ch8)	0.366	0.198	0.216
agi(ch1:N)	0.386	-0.108	-0.884
agi(ch2:E)	0.182	-0.630	0.027
agi(ch3:S)	-0.411	-0.020	-0.328
agi(ch4:W)	0.385	0.256	-0.028
agi(ch5:N-S)	0.413	0.003	0.174
agi(ch6:E-W)	-0.176	-0.635	0.042
agi(ch7)	0.366	-0.322	0.229

Table 2. Principal component analysis result of Mino-fukuoka – Agi data

	PCA1	PCA2	PCA3
mino(ch1:N)	0.277	-0.040	0.039
mino(ch2:E;N53E)	0.257	-0.183	0.429
mino(ch3:S)	-0.276	0.037	-0.168
mino(ch4:W)	0.246	0.241	-0.410
mino(ch5)	0.270	0.070	-0.257
mino(ch6)	0.228	-0.310	0.477
mino(ch7)	0.273	-0.080	0.247
mino(ch8)	0.276	0.062	-0.035
agi(ch1:N)	-0.250	-0.150	0.061
agi(ch2:E)	-0.102	-0.579	-0.253
agi(ch3:S)	0.276	0.041	-0.096
agi(ch4:W)	-0.265	0.172	0.200
agi(ch5:N-S)	-0.276	-0.056	0.093
agi(ch6:E-W)	0.137	-0.534	-0.331
agi(ch7)	-0.235	-0.335	-0.072
agi(ch8)	-0.275	0.062	0.148

況を表している。そのため磁場による誘導電場を表す成分とは考えにくくノイズ項と考えられる。他の主要成分である第2主成分および第3主成分についても南北あるいは東西で係数が同符号になっている組み合わせがあり期待される電場を表現しているとは言えない。阿木についても第1主成分の東西成分の係数は同符号であるためノイズ項と考えることができる。阿木の第2主成分および第3主成分についても美濃福岡と同様である。

表2は美濃福岡と阿木のデータをまとめて主成分分析した結果である。第1主成分について見ると美濃福岡でも阿木でも南北方向の成分は異符号で東西成分は同符号になっている。しかし、第2主成分と第3主成分に関しては、個別に主成分分析をおこなった表1の結果と異なり、南北方向および東西成分の係数はいずれも異符号になっている。これらより第1主成分にノイズ成分が集約される結果となっていると考えられる。

ノイズ成分の集約している第1主成分を除去して観測電場を復元することで、ノイズの軽減になったと考えられる。しかし、美濃福岡のMT応答関数はかなり改善されたが、阿木のMT応答関数の改善は不十分である。前処理をした30日分の夜間値を用いてMT応答関数を計算したさいの美濃福岡と阿木についての prediction square coherence と zero coherence (点線) そして位相を第3図に示す。

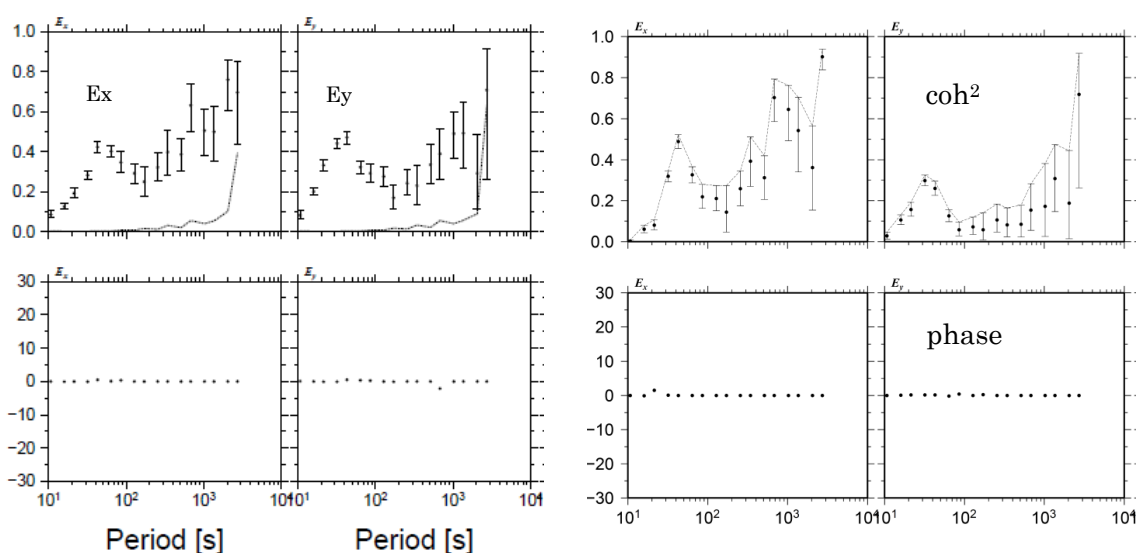


Fig.3 Prediction coherences and Phases using the preprocessing data. Mino-fukuoka (left) and Agi (right). The dashed lines on upper graphs show zero coherences.

4. まとめ

本報告では、村上ほか(2011)にて報告した漏洩電流の影響の大きい Network-MT 法電場データのノイズ軽減のための主成分分析を用いた前処理手法の効果についての詳細を検討した。隣接する2箇所の Network-MT 観測データを一緒にして主成分分析をおこなうことで、分解する成分数を増やすことでノイズ成分を第1主成分に集約していることが明らかになった。ただし、ここでノイズ成分としているのは中心局に流れ込むあるいは湧き出すような電場成分(東西方向)であり、直流電車からの漏洩電流そのものではない。

現状では一律に第1主成分を除去した結果、漏洩電流のより大きな美濃福岡のMT応答関数の改善は

進んでいるが阿木の MT 応答関数はあまり改善されていない。美濃福岡と阿木は JR 中央線を挟んで南北に位置するという特性を考慮して第 1 主成分の捨て方や第 2 主成分や第 3 主成分についても検討する必要がある。

MT 応答関数の計算には BIRRP (Chave and Thomson,2004) を使用させていただいた。一部の作成には GMT (Wessel and Smith,1998) を利用させていただいた。また、解析用の地磁気データとして気象庁柿岡地磁気観測所のデータを利用させていただいたことを感謝いたします。

参考文献

- Chave,A.D., and D.J.Thomson, Bounded Influence estimation of magnetotelluric response functions. *Geophysical Journal International*, 157, 988-1006, 2004.
- 最上巴恵・山口覚・上嶋誠・小河勉・臼井嘉哉・村上英記・丹保俊哉・藤浩明・大志万直人・吉村令慧・小山茂・望月裕, 中部地方新潟ー神戸歪み集中帯周辺のネットワーク MT 観測 ー石川高松ー阿木測線の序報ー. *Conductivity Anomaly 研究会論文集*, 44-51, 2009.
- 村上英記・最上巴恵・山口 覚・小河 勉, 漏洩電流の影響の大きい MT 応答関数の改善についてー Network-MT 電場データの前処理ー. *Conductivity Anomaly 研究会論文集*, 45-52, 2011.
- 臼井嘉哉・上嶋誠・小河勉・吉村令慧・大志万直人・山口覚・藤浩明・村上英記・宇都智史・兼崎弘憲・望戸裕司・相澤広記・丹保俊哉・最上巴恵・小川康雄・西谷忠師・坂中伸也・三品正明・佐藤秀幸・後藤忠徳・笠谷貴史・茂木透・山谷祐介・原田誠・塩崎一郎・本蔵義守・小山茂・望月裕峰・中尾節郎・和田安男・藤田安良, 新潟ー神戸ひずみ集中帯における深部比抵抗構造. *Conductivity Anomaly 研究会論文集*, 41-47, 2010.
- Uyeshima,M., M.Ichiki, I.Fuji, H.Utada, Y.Nishida, H.Satoh, M.Mishina, T.Nishitani, S.Yamaguchi, I.Shiozaki, H.Murakami and N.Oshiman, Network-MT survey in Japan to determine nation-wide deep electrical conductivity structure. In:Y.Fujinawa and A.Yoshida(Eds.), *Seismotectonics in Convergent Plate Boundary*, pp.107-121, TERRAPUB,Tokyo,2002.
- Wessel, P., and W. H. F. Smith, New improved version of the Generic Mapping Tools released. *EOS Trans. AGU*, 79, 579, 1998.