

精度の高いMT 応答レスポンスを得るための漏洩電流の影響を受けた  
Network-MT 電場データの前処理 (3)

村上英記

高知大学教育研究部自然科学系理学部部門

**Preprocessing of Network-MT electric field data contaminated by leak currents to obtain the accuracy  
MT response functions (3)**

Hideki Murakami

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

**Abstract** In the previous reports we have proposed a preprocessing method of Network-MT electric field data contaminated by railway leak currents using principal component analysis to improve MT response functions. The aim of this study is to make it clear what it is the method causes the difference of the degree of improvement of MT response functions at nearby two sites (Minofukuoka and Agi) in central Japan. The preprocessing method removes the first principal components as noise component. The MT response functions at Minofukuoka are improved by the method, but the MT response functions at Agi are not well improved. It is clear from scatter diagram matrix of residual electric field components that the first principal component of Agi electric fields is overestimated as noise. There is still room for making study of another analysis method (ex., independent component analysis) to improve MT response functions.

## 1. はじめに

NTT の専用線を利用して電場計測をおこなう Network-MT 法は、広域深部の地下電気伝導度構造を推定するのに適している (例えば, Uyeshima et al., 2002)。Network-MT 法では電極間距離が数 km 程度の長基線となるために、表層のローカルな比抵抗構造の影響を受けにくい、NTT の良く保守をされている回線を利用しているため長期間安定した計測をおこなえるなどの利点がある。しかし、データ収録装置は都市部にある交換局に設置しているために、人工的なノイズの影響を大きく受けることがある。とりわけ電化された線路がある地域ではその影響が大きい。

これまで、電車からの漏洩電流の影響を大きく受けている中部地方の Network-MT 電場データのノイズ軽減のための試みを報告してきた (村上ほか, 2011 ; 村上, 2012)。Network-MT 法では、既存の MT 法のように電場計測を南北、東西の 2 成分だけでなく、同時に多方位の電場 (最多 8 方位, データ収録装置のチャンネル数) を計測する。同時に複数の電場データを計測していることを利用して、多変量解析の一手法である主成分分析をおこない、変動の極めて大きな漏洩電流成分を同定し削減することで電場データの改善をおこない MT 応答関数の精度を改善する方法について検討をおこなってきた。最上ほか(2009)においてノイズが大きく解析対象からはずされていた中部地方の美濃福岡, 阿木, 付知, 加子母についてある程度の改善をすることができることが分った。

しかし、美濃福岡、阿木については漏洩電流の影響が極めて大きく（日中のノイズ、数百 mV/km 以上）、まだ十分な精度とは言えない状況である。そのため、計測データに立ち回りノイズ特性について検討をおこなった。

## 2. 主成分分析を用いた Network-MT 電場データの前処理

村上ほか(2011)で、中部地方で計測を実施した 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美濃福岡・阿木について主成分分析を導入することで MT 応答関数が改善されることを報告した。美濃福岡、阿木のそれぞれ単独で前処理をするよりも、美濃福岡と阿木のデータを一度に主成分分析をした法が良い結果を得られることを示した。しかし、よりノイズの大きな美濃福岡の改善の程度に比べて阿木の改善がそれほどでもないことなどが課題として残った。

また、村上(2012)では、改善の程度についてさらに検討を加えて、夜間値 30 日分、前処理をした夜間値 30 日分、夜間値 128 日分では前処理をした夜間値 30 日分を使用した MT 応答関数が最も改善されていることを示した（第 1 図）。

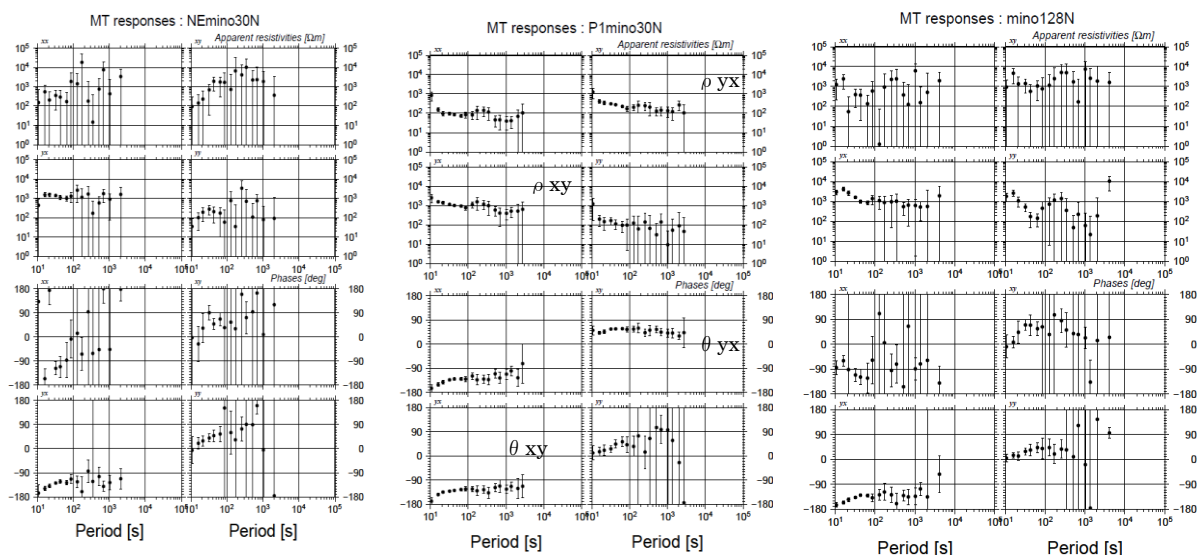


Fig.1 MT response functions of Mino-fukuoka using 30-day night data (right), 30-day night data with the preprocessing (center), and 128-day night data (right). (村上,2011)

中部地方で観測した他の観測点（付知、加子母）などでも改善傾向が見られるが、改善の程度は電場成分として東西成分を持つ MT 応答関数の方が良い。これは、主成分分析における固有値の符号から、電場の東西成分には中心局から湧き出すあるいは中心局に流れ込むような成分が含まれており、分散の最も大きな第 1 主成分を除去することでこの成分を軽減していたことが分った。しかし、美濃福岡の改善は著しいものの、美濃福岡よりもノイズが小さい阿木の改善の程度が良くないなどの問題もあり、ノイズ特性についてさらに検討をする必要がある。

## 3. 合成電場で見るとノイズ特性

これまでの処理過程では、観測した電場データの方位については観測したままの方位で扱い南北方向、

東西方向に変換するという事は行なっていなかった。MT 応答関数を求めるのに使用した BIRRP (Chave and Thomson,2004) の中で実行していた。ここでは、電場のノイズ特性の検討を容易にするために、2 方向の電場データを組み合わせて南北、東西方向の電場データを作成し検討をおこなった。方位  $\theta_1$  の観測電場を  $E_1$ 、方位  $\theta_2$  の観測電場を  $E_2$  とするとき、任意の方位  $\theta$  の電場  $E(\theta)$  は次式で与えられる。

$$E(\theta) = \frac{-E_1 \sin(\theta - \theta_2) + E_2 \sin(\theta - \theta_1)}{\sin(\theta_2 - \theta_1)}$$

美濃福岡における 2007 年 11 月 20 日の夜間値 (0 時から 5 時) を使い合成した南北と東西の電場成分を第 2 図に示す。また、南北及び東西成分の散布図マトリクスを第 3 図に示す。

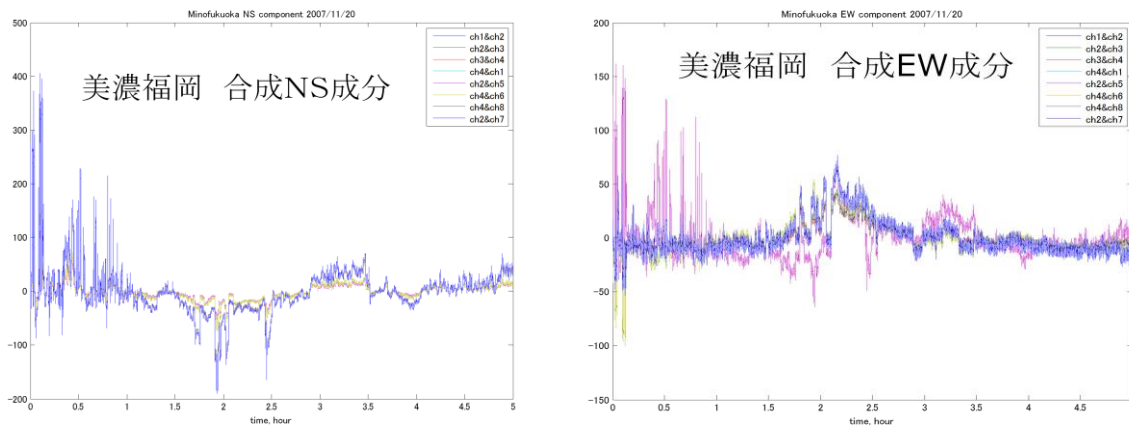


Fig.2 Electric field data of Network-MT at Minofukuoka  
NS components (left), EW components (right)

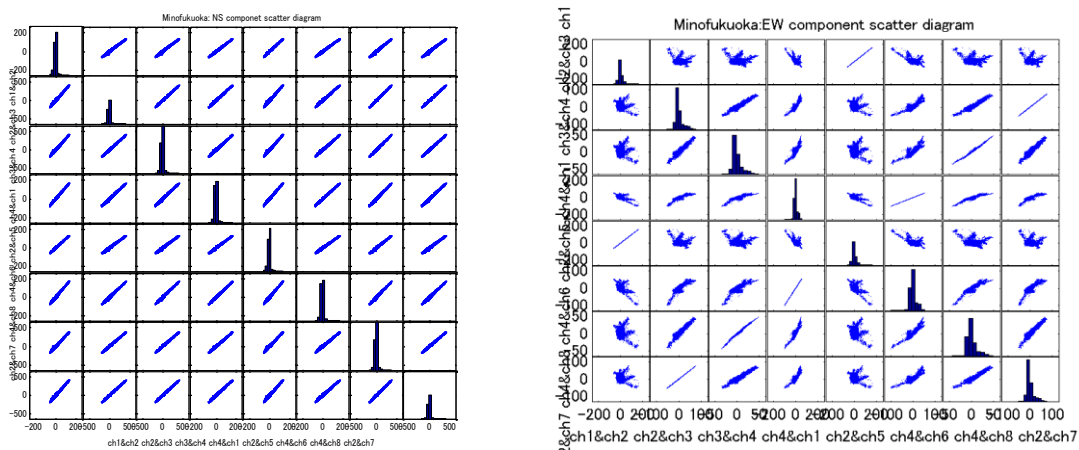


Fig.3 Scatter diagram matrix of NS electric fields(left) and EW electric fields(right) at Minofukuoka

Network-MT法では、複数方位の電場を計測しているので観測点において複数の南北、東西方向の電場データが計算できる。中心局から延びる4方位の電場データの内2つの組み合わせで南北と東西の電場を8つ求めた結果を示したのが第2図である。また、その8つのデータ相互の相関を示したのが第3図である。観測エリアの比抵抗構造が同様であり、電流ソースが誘導電場のように同様方向な向きを持っていれば、複数の南北成分あるいは東西成分は同一であるべきである。すなわち、散布図マトリクスでは単純な比例関係を示すように直線的であるべきである。

第2図の時間領域の合成電場を見ると、南北成分についてはデータの組み合わせにより多少の信号の大きさに違いがあるが基本的には非常によく一致している。しかし東西成分は、組み合わせにより異なる変動をしている成分があることがわかる。さらに第3図の散布図マトリクスを見るとその様子が更によく分る。南北成分は単純な比例関係、すなわち変化のセンスが同様であるが、東西成分は変動のセンスが同様ではないことがわかる。

次に、2007年11月20日の阿木における合成電場データを第4図に、散布図マトリクスを第5図に示す。

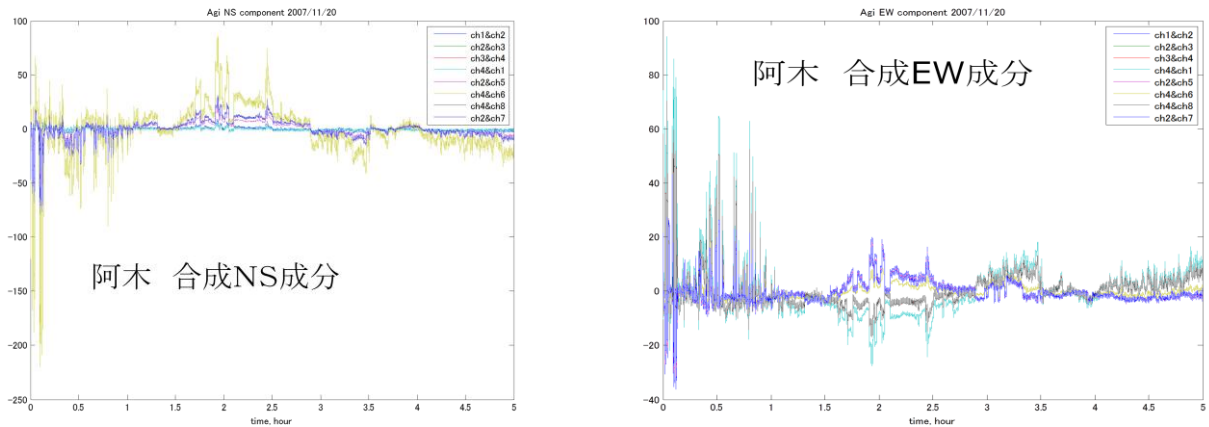


Fig.4 Electric field data of Network-MT at Agi  
NS components (left), EW components (right)

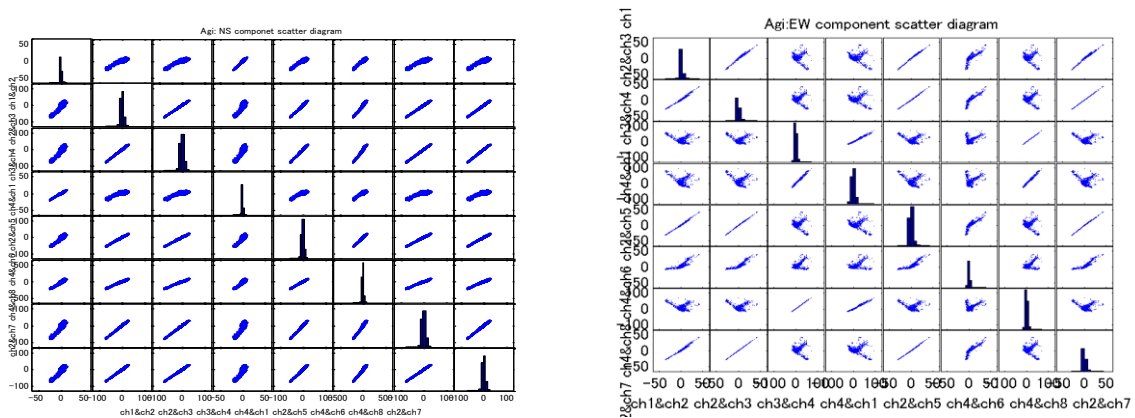


Fig.5 Scatter diagram matrix of NS electric fields (left) and EW electric fields (right) at Agi

美濃福岡と同様に、阿木においても南北成分は大きさの違いはあるものの変動のセンスは同じであるが、東西成分は組み合わせにより逆センスになる組み合わせがあり変動のセンスが一様でない、すなわち中心局から湧き出すあるいは流れ込むような電流ソースがあることがわかる。

美濃福岡と阿木の間を東西に JR 中央線が走っているため、漏洩電流はほぼ南北方向に流れていると考えられるので南北方向の電場成分は振幅の大きな漏洩電流による成分を表現しているが、東西成分は単純に漏洩電流成分ではなく複数のソースを含んでいることが分る。

主成分分析により得られた第 1 主成分を削除し復元した阿木の東西成分を第 6 図に、そしてその散布図マトリクスを第 7 図に示す。信号としてのパワーの大きい第 1 主成分を除去してやると、第 4 図に見られる逆センスの信号が小さくなっているが完全に除去されていないことが分る。

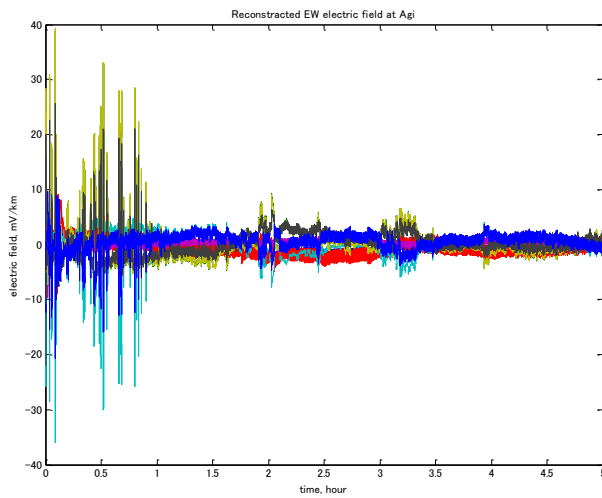


Fig.6 EW electric fields removed the first principal component at Agi

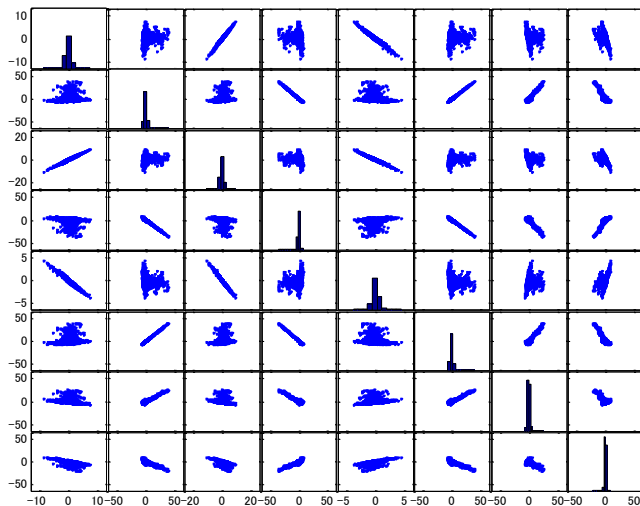


Fig.7 Scatter diagram matrix of EW electric fields removed the first principal component at Agi

散布図マトリクス（第7図）を見ると、生データの散布図マトリクス（第5図）とは異なり、逆相関や相関が悪くなる組み合わせが多くなっていることが分る。これが、阿木のMT応答関数が改善されない原因と考えられる。

#### 4. 独立成分分析によるアプローチ

多変量解析の手法である主成分分析では、無相関な信号（主成分）の線形結合として観測信号を表現することが出来る。一方、独立成分分析では、統計的に独立（無相関も含む）な信号の線形結合として観測信号を表現する。主成分分析で求まる主成分は相互に無相関、すなわち直交性を有しているが、独立成分分析では斜交も許容するので、複数信号への分離という意味では自由度が高い。主成分分析では求まる第一主成分を過大に評価して、引き算をすると位相が逆になる場合もある（村上・山口，2007）。第5図に示した阿木の東西成分の散布図マトリクスを見ると直交する成分だけでなく斜交する成分もあるので、主成分分析よりも独立成分分析の方が良い結果をもたらす可能性があると考えられる。

阿木の東西成分に独立成分分析を適用し、漏洩電流成分と考えられる1成分のみを除去して復元した信号と、信号間の相関を見る散布図マトリクスをそれぞれ第8図と第9図に示す。

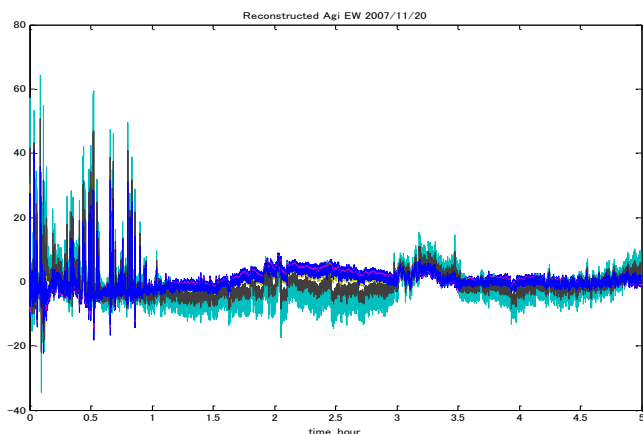


Fig.8 EW electric fields at Agi reconstructed using Independent component analysis

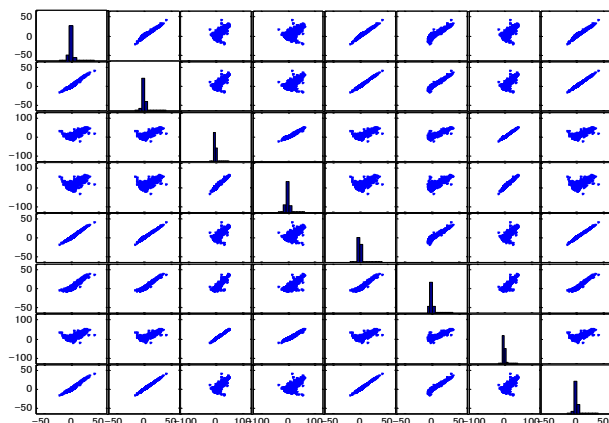


Fig.9 Scatter diagram matrix of EW electric fields at Agi shown in Fig.8

従来の主成分分析を用いた結果を示す第6図及び第7図と独立成分分析を用いた結果の第8図及び第9図を比較してみると、主成分分析を用いた結果で見られた逆センスの変化は独立成分分析を用いた結果には見られないことが分る。

## 5. おわりに

漏洩電流の影響を大きく受けた Network-MT 電場データのノイズ軽減手法として主成分分析を用いたこれまでの結果について、生データ立ち返り幾つかの課題について検討した。漏洩電流の影響を受けている美濃福岡と阿木について時系列データの複数の組み合わせにより南北と東西成分を合成してみると組み合わせにより大きさが異なり、逆センスの変動を示すことが改めて確認された。また、信号の分散の最も大きな第一主成分を削除するという手法は、ノイズの大きな美濃福岡では効果が見られたが、美濃福岡よりもノイズの小さな阿木では効果がいられていなかったが、その原因として阿木では第一主成分を取り除くことで、逆に全体の傾向とは異なる信号成分を強調する可能性があることが判明した。

上記の問題点は、多変量解析の手法の1つである独立成分分析を用いることで軽減できるのではないかと考えられる。しかし、主成分分析のようにパワーによる順位づけが独立成分分析にはないので、観測信号を分解した複数の信号のどれをノイズ成分として選ぶのかという難しさがある。

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。一部の図の作成には 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・山口 覚, 独立成分分析によるノイズの大きな地電位データからの微小信号の抽出, *情報地質*, vol.18, No.1, 29-37, 2007.
- 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.
- 村上英記, 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 (2) ー. *Conductivity Anomaly 研究会論文集*, 31-36, 2012.
- 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.