

ネットワークMTデータに見られる人工ノイズの除去について

高知大学理学部地質学教室 村上英記, 衣川誠一郎
ネットワークMT西日本グループ

Reduction Method of Artificial Electric Noise observed by Network MT Method

MURAKAMI Hideki*, KINUGAWA Sei-ichiro*

and

Research Group for Network MT Observation in Western Japan

* Department of Geology, Faculty of Science, Kochi University

1. はじめに

現在実施されているNTTの専用線を利用したネットワークMTの地電位観測では、多くの観測測線において日中非常に大きな振幅の短周期変化が観測されている。その多くは人工的なノイズであり、特に電車によるものが非常に広範囲に観測されている^{1),2)}。これらのノイズは、一般に毎日規則的に観測されるが詳しく波形を見ると非常に不規則な波形をしており、単なるフィルタリング手法の適用では対応できないものもあり、除去方法にも工夫を必要とする。そのために、観測データ量が大量にあるので、複雑な処理をしないで比較的ノイズの少ない夜間の区間のみを解析に使用するという手段が取られている場合もある²⁾。しかしこれでは、長周期での比抵抗を精度よく求めるのには都合が悪い。

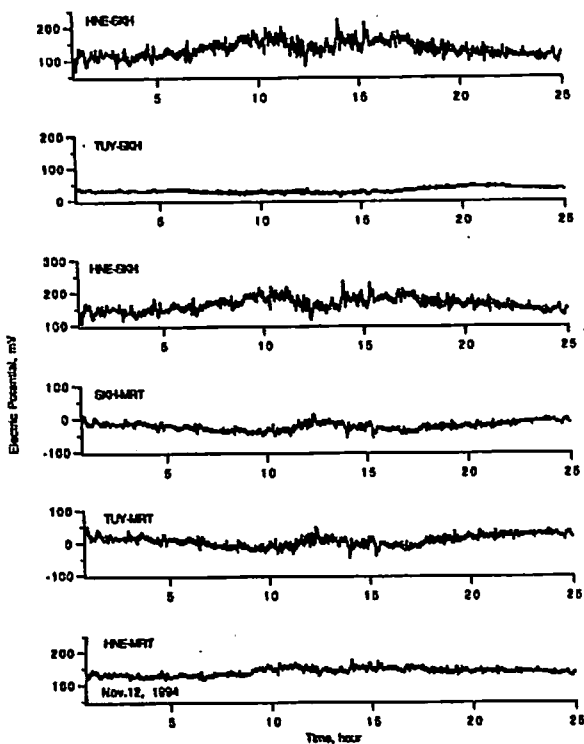
ここでは、いくつかのノイズの例を取り上げその除去方法について考察する。

2. ネットワークMT地電位データに見られるノイズ

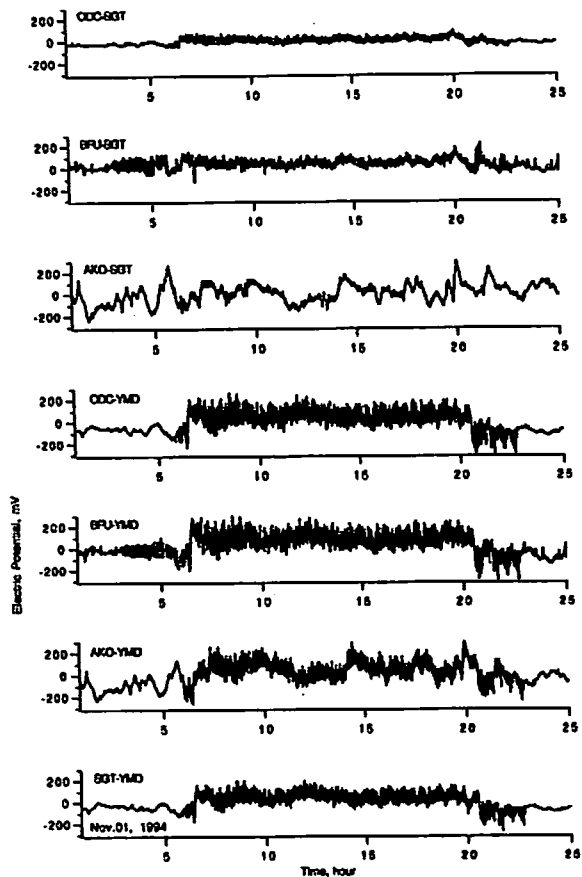
まず、これまでに四国内で観測されたデータの例を第1図から第3図に紹介する。第1図にはNTT室戸局を、第2図はNTT土佐山田局を、そして第3図はNTT観音寺局をそれぞれ中心局として観測したデータを示す。これらの図を比較すると、一見してわかるように室戸地区のデータは大変ノイズが小さく、日中の短周期変動の振幅と夜間の振幅とに極端な差は見られない。それでも、日中の振幅がやや大きくなる測線もあるが、その振幅はせいぜい20mV程度である。一方、観音寺地区のデータには、日中に2V以上にも及ぶ大変大きなノイズが観測されている。またノイズらしきものが観測されないのは、深夜の2時半くらいから明け方の5時くらいまでと大変短い。そして観測されているノイズは観測測線によりことなるが、変化の極性が片側に限られているいわゆる片振れの場合と、それが交互に現れている場合がある。ノイズの発生時間から考えるとJRからの漏洩電流と考えられる。土佐山田地区のデータは、日中に見られる短周期ノイズの振幅で見ると両者の間でせいぜい200mV程度である。このノイズは土佐電鉄からの漏洩電流と考えられる。また、特徴的なオフセットを生じている測線もある。以上のように、一口にノイズと言っても観測地域により、その形態も大きさもさまざまである。

以下に土佐山田局のデータに見られるノイズについて少し詳しく見ることにする。第2図から2つの特徴が読み取れる。

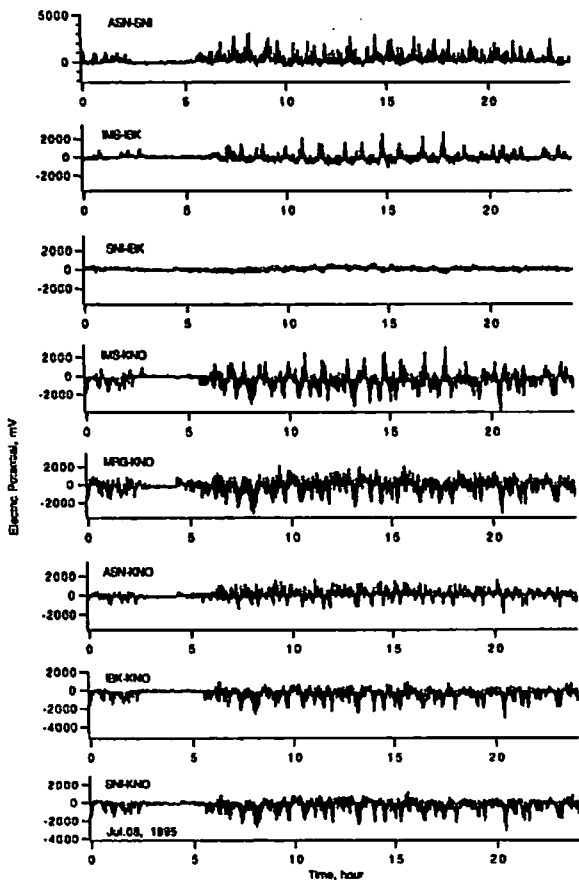
第一の特徴は、6時くらいから23時くらいまでは短周期変化の振幅が非常に大きいことである。土佐山田局(YMD)を共通にする測線では、日中に観測される短周期変化の振幅ならびに極性が同じなので、



第1図 室戸ネットで観測された地電位データの例。
縦軸は2地点間の電位差を表し、フルスケールが
200mVである。MRT:室戸, HNE:羽根, TYU:東洋,
SKH:佐喜浜。

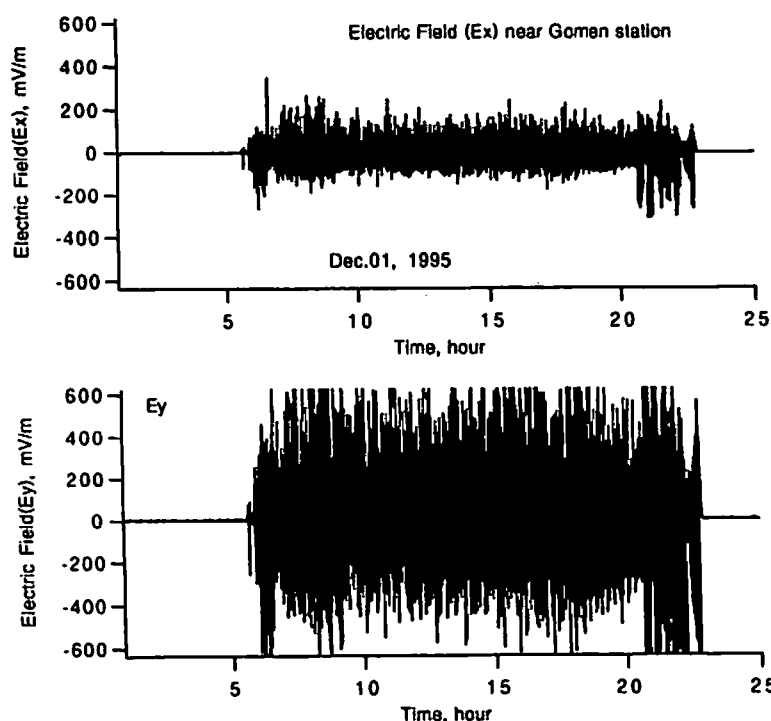


第2図 土佐山田ネットの地電位データの例
縦軸は2地点間の電位差を表し、フルスケールが
600mVである。YMD:土佐山田, SGT:繁藤, AKO:赤岡,
BFU:別府, ODC:大橋。



第3図 観音寺ネットの地電位データの例。
縦軸は2地点間の電位差を表し、フルスケール
が7000mVである。KNO:観音寺, IBK:伊吹, ASN:麻二宮,
MRG:丸亀, IMS:伊予三島, SNI:荘内。

ノイズの原因が土佐山田局の極近傍にあることがわかる。このノイズは、始まりと終わりの時間から考えて、高知市を東西に走る土佐電鉄の路面電車からの漏洩電流が原因と考えられる。この電車の東側の終点である後免駅が、土佐山田局の南西約5 kmの地点にある。後免駅から約12 km北にある繁藤(SGT)と北東約20 kmにある大桁(ODC)の間の電位変化にも、振幅としては数十mVから100mVと振幅が半分程度にはなるが変化が見られるので、後免駅から十数キロの範囲では漏洩電流の影響があるものと思われる。路面電車の漏洩電流である可能性を調べるために、1995年12月1日に後免駅の東側数十mの場所で地電位の変化を調べた。その結果を第4図に示す。ネットワークMT観測が実施された時期とは、電車のダイヤ編成の一部が変わっているので個々のパルスが対応するということはないが、全体として変化パターンが良く似ていることがわかる。しかしながら、AKO(赤岡)－SGT(繁



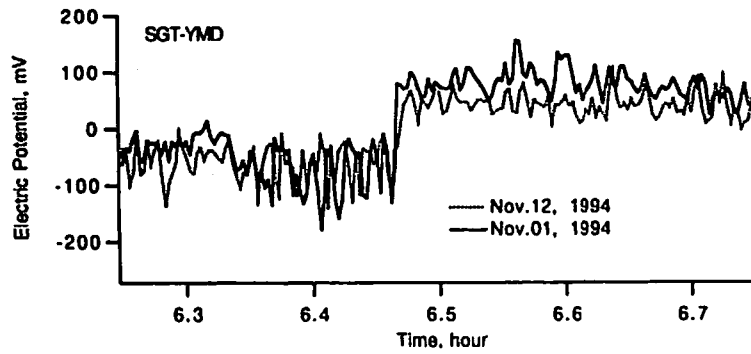
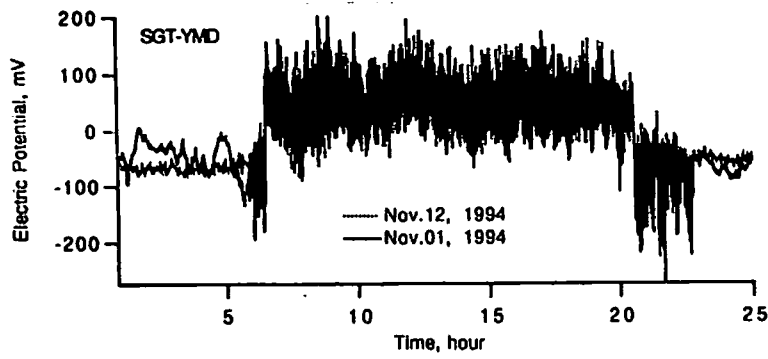
第4図 土佐電鉄の後免駅の東側数十mのところで観測した電場。

Exは線路に垂直な方向で電極間61.8m, Eyは線路に平行な方向に電極間52.6mで測定。

藤)のデータでは、日中の短周期ノイズがほとんど見られない。これは、すでに三品¹⁾などにより指摘されているように、電極配置が電車の線路に対して直行するように配置されているためと考えられる。

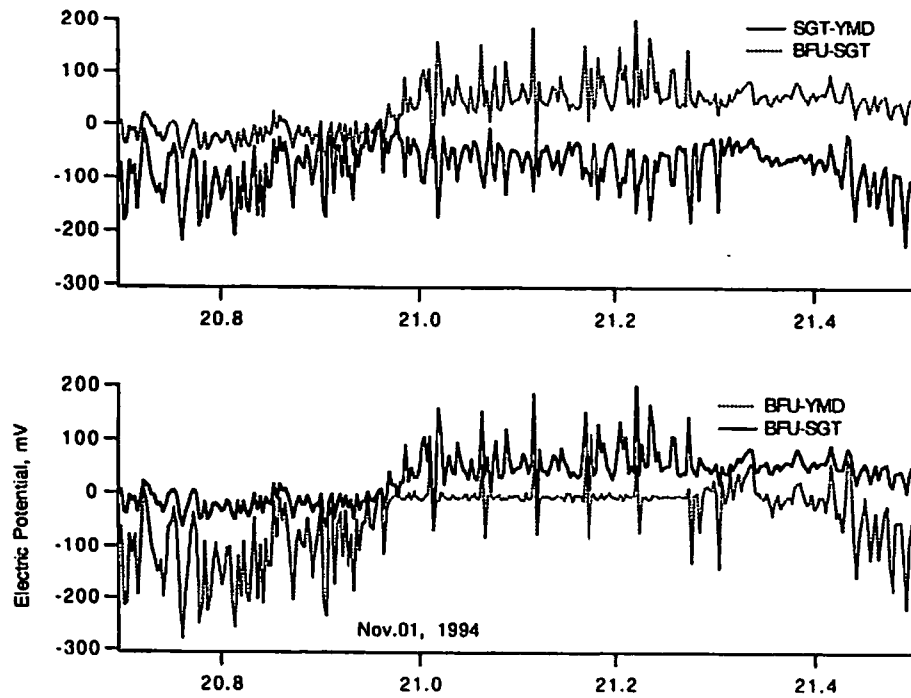
第2の特徴は、6時20分くらいから20時30分くらいまでオフセット的に変化しているデータがあることである。この変化も、土佐山田局を共通にもつ測線で共通に見られ、測線の向きに関係なく極性は同じでその変化量もほぼ同じである。この変化も毎日規則的に見られる。観測期間中の任意の2日間のデータを重ねたものを第5図に示す。短周期ノイズが必ずしも同期がとれていないのに、このオフセット的な変化は同時刻に変化していることがわかる。ただし、10秒から20秒前後することはたまにある。この変化についても、上記のような理由から土佐山田局近傍に原因があるものと考えられる。しかし、このようなオフセット的な変化は路面電車の漏洩電流とは考えにくい。

以上のように土佐山田地域に見られるノイズ源は、土佐山田局の近傍にあることがわかった。それは、第一の特徴で述べたように土佐山田局を共通に持つ測線では、測線の向きに関係なく変化の極性が同であることとその大きさがほぼ同じであることからそう推察できる。しかしながら記録を詳細にみると、漏洩電流が原因と考えていた短周期ノイズの中には、土佐山田局近傍に原因があるのではなく別のところに原因があると考えられるものがあることもわかってきた。その例を第6図に示す。繁藤(SGT)－山



第5図 土佐山田地域に見られる人工的地電位ノイズ (1)

1994年11月1日と11月12日の記録を重ね合わせたものを示す。オフセットが生じている時間が一致していることがわかる。



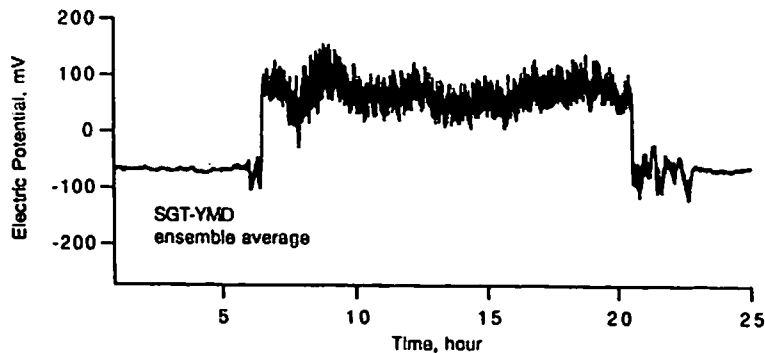
第6図 土佐山田地域に見られる人工的地電位ノイズ (2)

1994年11月1日の記録例。別府を含む測線には、非常に規則的なパルス列が見られる。また、その時間帯だけ、SGT-YMDとBFU-SGTの電場変化の極性が逆になっている。

田(YMD)と別府(BFU)―繁藤(SGT)の記録の20時40分から21時30分の記録を比べてみると、21時から21時25分くらいまでの両者の記録の極性が反対になっているが振幅がほぼ等しくなっていることがわかる。それ以外のところでは、振幅の比が1:2程度の差があるが変化の極性は同じになっている。この違いを説明するには、この時間帯の電場ノイズが別府(BFU)―山田(YMD)測線と直行する方向に変わったと考えると説明可能である。それは、実際に別府(BFU)―山田(YMD)の記録を見るとさらにはっきりする。パルス列を除けば地電位変化の大きさが非常に小さくなっている。このパルス列は、周期約3分で非常に規則的である。このような変化は、例として示した日だけでなくほぼ毎日みられた。ただし、その始まりや継続時間は日によりばらつきがある。パルス列は別府を含む観測測線で、非常に明瞭なので別府局近傍にパルス列の発生源があるものと考えられる。

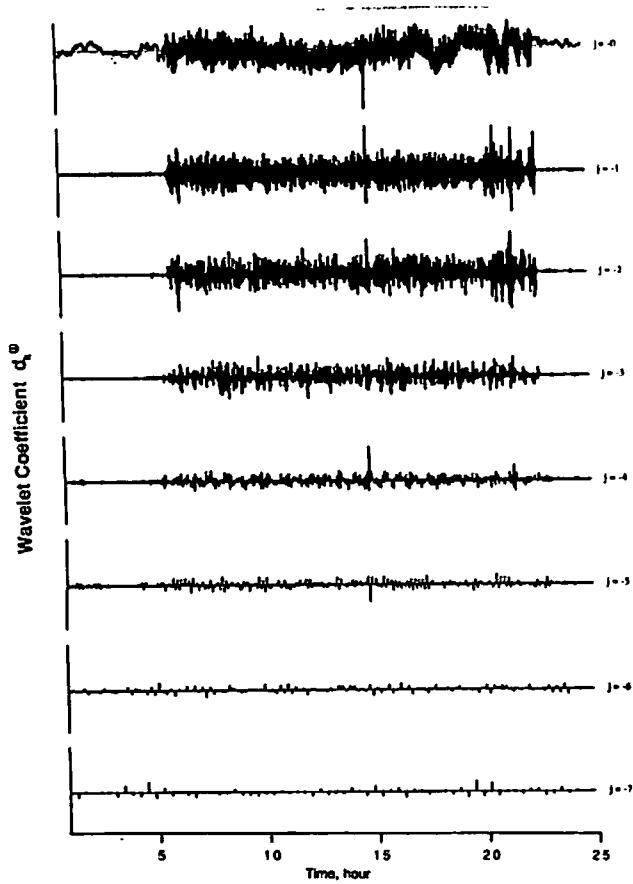
3. 地電位ノイズの除去方法について

まずここでは土佐山田局を中心局とするデータにみられた、2つのノイズを取り上げて除去することを考える。電車のノイズと考えられる短周期変化のみを取り除くのなら、通常のフィルタリング手法でも取り除けるが、オフセット的な変化はうまく除ききれない。オフセット的な変化が毎日規則的なことを利用して、時間領域でスタッキングして平均的なパターンを求めておき、それを差し引くことでオフセット的な変化を補正してやるという方法を試みた。第7図に、29日分のデータをスタッキングして求めた繁藤(SGT)―山田(YMD)間の電位波形の例を示す。電車による短周期変化は、まったくランダムというわけではないので振幅の減衰はあまりよくない。当初は、短周期変化についても強調されるのではないかと考えたが、実際には時間的変化のパターンは毎日良く似ているが絶対時刻でみるとふらつきがあるのでこのような結果になった。このような短周期変化に比べれば、オフセット的な変化の時間のばらつきは小さいが、多少あるので考慮すべきであるが今回は特に考慮していない。



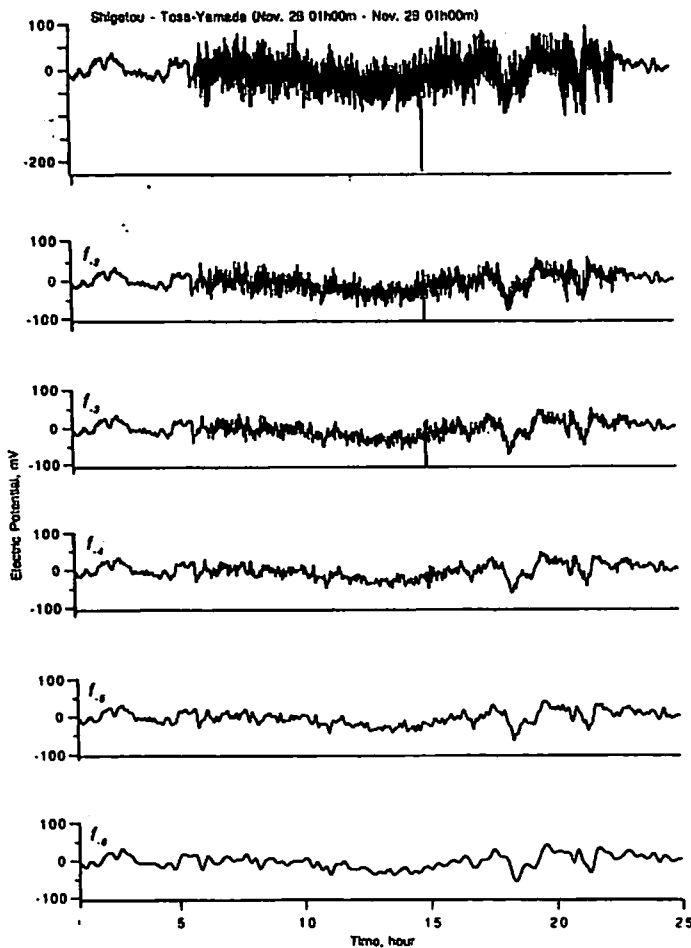
第7図 繁藤―土佐山田間の1日分の電場変化を、29日分スタッキングした電場波形。

第8図に上記のようにして求めたスタッキング波形を差し引いた波形の例とその波形をウェーブレット変換して時間一周波数解析した結果を示す。ウェーブレット変換では、通常のフーリエ変換等では失われる時刻情報が表されるので、時間によって波形のもつ周波数特性が違ような場合の波形の特性を理解しやすくなる。ここでは、ウェーブレット変換のマザーウェーブレットとして4次のB-Spline関数を使用した方法を使用した³⁾。各レベルのウェーブレット係数の振幅を見ると、問題の電車のノイズはレベル4（周期160秒から周期320秒）までの短周期成分が大部分のパワーを持っていることがわかる。次に、第9図に各レベルの短周期成分を取り除いた波形を示す。レベル4（周期160秒から320秒）までの短周期成分を取り除いた波形 ($f_{\downarrow 4}$) ではまだ電車による短周期変化が残っており、レベル5



第8図 スタッキング波形を差し引いたデータとその時間一周波数解析。

最上部の波形が、スタッキングにより求めた平均波形を差し引いたデータ。以下、各レベルにおけるウェーブレット係数の大きさを表している。レベル j が小さくなるほど長周期成分を表している。レベル $j = -1$ が周期20秒から40秒の成分で、レベル $j = -2$ が周期40秒から80秒というふうに、レベルが一つ小さくなると見ている帯域の周期が2倍になる。



第9図 ウェーブレット変換を使ったフィルタリング結果の例。

最上部が、オフセット的变化を除去したもので、以下ウェーブレット変換により分解した短周期成分を取り除いた波形を示す。 f_2 は周期80秒、 f_3 は周期160秒、 f_4 は周期320秒よりも早い変化を取り除いた波形。

(320秒から640秒)までの短周期成分を取り除くと電車によるノイズやパルス的なノイズはまったくみられなくなる。

4. まとめ

今回は、ノイズ除去の例として土佐山田局で見られたノイズを除去するための方法として、時間領域でのスタッキングにより平均的なパターンを求めてそれを差し引くという方法と、ウェーブレット変換を利用して短周期ノイズの特性を明確にした上でのフィルタリングを試みた。

スタッキングによりオフセット的な変化を補正するという方法は、比較的うまくいったように考えられるが、短周期ノイズがまったくランダムではないのでスタッキングしたことによりどのような影響があるのかはいま少し検討する必要がある。また、日により多少振幅の大きさが違うと言う点も考慮すべき課題である。

ウェーブレット変換を使った時間一周波数解析は、ノイズの特性を理解するうえで有効な方法と考えられる。しかし、フィルタリング手法としてみた場合には、レベル $j=-5$ までの短周期成分を除去した波と、すべての時間帯に対してカット・オフ周波数が640秒のローパス・フィルタをかけたものとの違いはほとんどなかった。フィルタリング手法としては、にある特定の時刻の特定の周波数成分を取り除くといったような場合には有効であろうと考えられる。しかし、この場合でも低周波成分については時間分解能が悪くなるので除去するのも難しくなる面がある。

本研究に使用したデータの収集は、科学研究費・総合研究(A)(代表者:住友則彦)ならびに東京大学地震研究所・特定研究(A)を使用しておこなわれた。

本観測において多大な御協力を頂いた日本電信電話株式会社の関係者の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 三品正明・ネットワークMT東日本グループ, ネットワークMTデータに含まれる電車漏洩電流ノイズの振幅変化について, CA研究会論文集, 59-64, 1995.
- 2) 山口寛・村上英記・大志万 直人・塩崎一郎・田中良和・笹井洋一・上嶋 誠・歌田久司・ネットワークMT西日本グループ, 西日本におけるネットワークMTについて(1994年度), CA研究会論文集, 39-52, 1995.
- 3) 榎原 進, ウェーブレット ビギナーズ・ガイド, 東京電気大学出版局, pp.255,1995.