

## 地球科学における信号分離問題とICA(独立成分分析)

## Signal Separation and Independent Component Analysis in Earth Sciences

# 川崎 宣昭[1][3], 山崎 謙介[1][2], 南葉宗弘[2]

# Nobuaki Kawasaki[1][3], Kensuke Yamazaki[1][2], Munehiro Namba[2]

[1] 東学大院・教育学・数学教育, [2] 東学大・教育・数学情報, [3] 筑波大学附属高等学校

[1] Education of Math, Tokyo Gakugei Univ, [2] Dept. Math. & Info., Tokyo Gakugei Univ.

[3] High School attached to Tsukuba University

[http://www2.newweb.ne.jp/wd/nobuaki/New\\_Homepage/index.htm](http://www2.newweb.ne.jp/wd/nobuaki/New_Homepage/index.htm)

宇宙・地球科学は画像を含めたさまざまな信号を解析することが大きな課題である。その際に常に問題となるのが「信号」と「雑音」の分離である。また、観測信号が独立な信号の重ね合わせであった場合にそれらが抽出できれば非常に有用である。ここでは地震波に対して独立成分分析(ICA)の適用を試み、従来の主成分分析(PCA)との比較を示しながらICAの有用性を提案している。

地震波の観測信号は、様々な種類の信号が含まれていると考えられている。例えばP波、S波、地球内部の様々な不連続面における反射波、表面波などである。これらは震源特性、波の伝播経路の特性・観測点特性を反映しており、信号の複雑さの原因となっている。更に地震(Event)が同じ地域で立て続けに2回起こるダブルットの地震波など、様々な特徴を表している種類の信号が合成されているため、複雑さを助長している。これらの波形が何らかの意味のある信号に分離されれば、それらの信号を使って新たな研究に発展させることができる。したがって、信号分離の手法としてどのようなものが意義があるのかを考える必要がある。地震波だけでなく、宇宙・地球科学では、画像を含めた様々な信号を解析する際に、「信号」を分離したり「雑音」を除去することが常に大きな問題である。

Blind Source Separationの問題を解決する手法には、従来からある多変量統計解析の手法である主成分分析(PCA)がある。PCAは、混合信号の相関を0とするための解析的手法である。それに対し、最近「独立成分分析(ICA)」と呼ばれる手法についての研究が行われている。ICAは、混合信号から独立な信号の分離を試みる分析である。

ICAのモデルは、 $x$ の行成分のそれぞれを混合信号、 $s$ の行成分のそれぞれを互いに独立な信号とするとき、 $x = A s$  で表現される。ここで、 $A$ は信号の重なり方を表すシステム関数である。この信号の重なり方にはさまざまな種類がある。今回は、信号の重なり方が線形和の場合について、PCAとICAの信号分離のされ方の相違点を同時分布の比較によって行う。

Blind Source Separationの問題のシミュレーションを行ってみた。地震観測データの人工的な線形和で混合信号を作り、ICAを適用してみたところ、人工的に混合する前の波形を検出することができた。そのシミュレーションの方法と結果、及び独立性の評価

について紹介する。なお、今までのシミュレーションは、Blind Source Separationの問題としてICAやPCAを地震波に適用した場合である。扱った観測データは、2000年8月16日午前0時12分に発生した三宅島付近を震源とする地震の三宅島と新島のものであり、防災科学技術研究所のK-net(強震データ)によって記録されたものである。

また、Blind Source Deconvolutionの問題として、ICAを地震観測データに適用してみた。時間領域のBlind Source Deconvolutionの問題が周波数領域におけるBlind Source Separationの問題として処理できるしくみになっている。このしくみについて図を用いながら分析の手法を紹介する。分析を行う際に窓フーリエ変換を行ってスペクトログラムを作成するが、窓(ウィンドウ)の幅や移動幅の条件を数種類変化させたときにどのような独立成分の波形が検出されたのかを紹介する。