

受信信号の統計量を用いたブラインド推定アルゴリズムとその改善法に関する研究

武市, 義弘

<https://doi.org/10.11501/3181885>

出版情報 : 九州芸術工科大学, 2000, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第2章

ブラインド推定・等化法

2.1 はじめに

本章では，これまでに行われてきたブラインド信号処理に関する研究について，それらを主に三つに大別し，それらに関するいくつかの手法について簡単に説明する．

2.2 ブラインド信号処理の分類

ブラインド信号処理の研究は，高次統計量を用いた場合，二次統計量を用いた場合，その他の三種類に区別することができる．ここで図2.1は，ブラインド信号処理を分類した図を示す．高次統計量を用いた場合，未知伝送路の振幅・位相情報を推定する際，振幅情報においては受信信号の二次統計量より推定できるが，位相情報においては高次統計量を必要とする．そのため，the higher-order statistics (HOS)-based methods と呼ばれている．また二次統計量を用いた場合，受信信号が周期定常性のために二次統計量のみで振幅・位相情報を推定することができる．そのため，the second-order statistics (SOS)-based methods と呼ばれている．その他，上記の二種類に相当しない手法などがある．

次に，次節においてHOS-based methods, SOS-based methodsにおけるそれぞれ代表的な例をいくつか簡単に説明を行う．

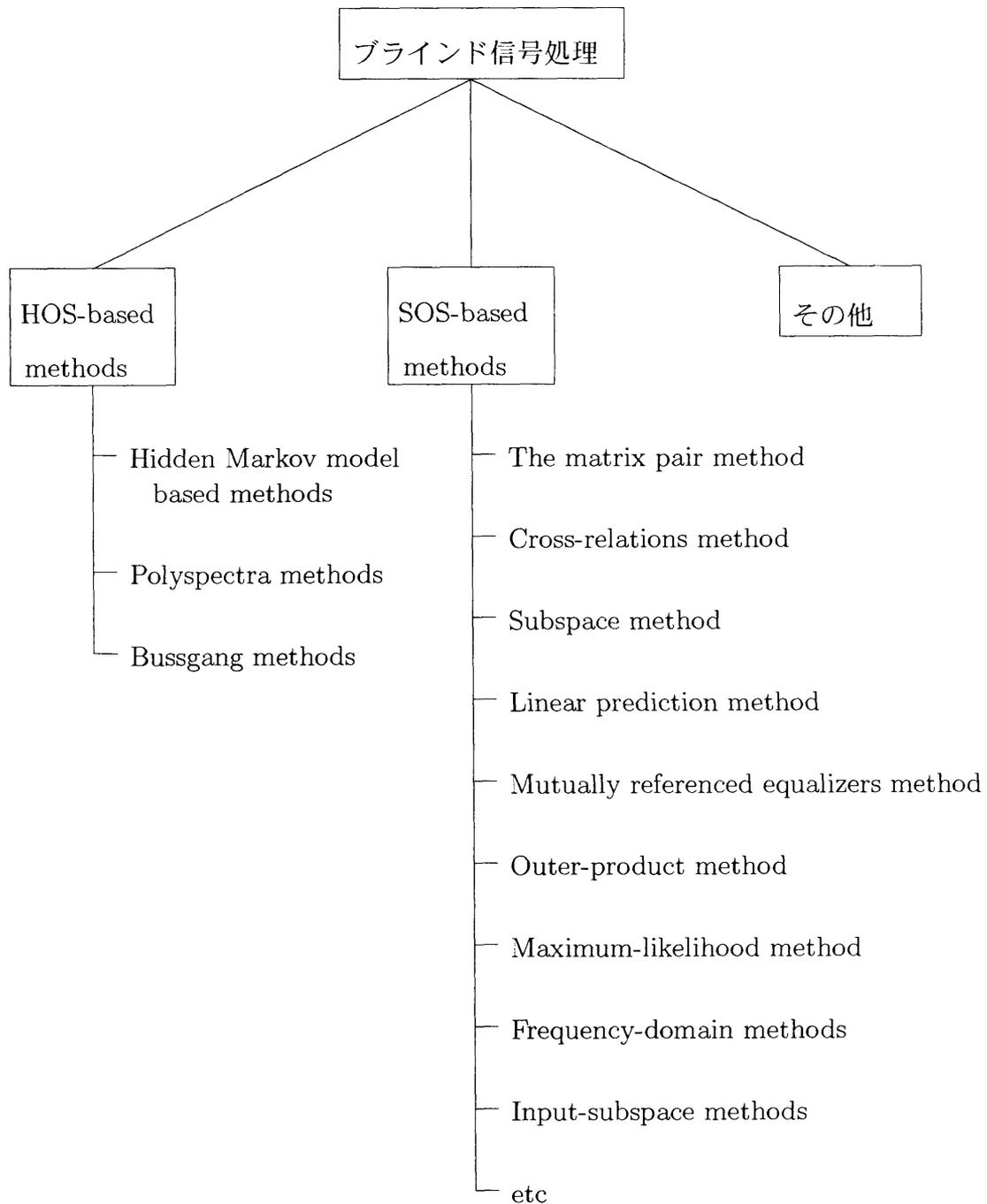


図 2.1: ブラインド信号処理の分類

2.2.1 受信信号が定常な場合

HOS-based methods は主に Hidden Markov model (HMM) based methods, Polyspectra method, Bussgang methods の三種類に大別することができる。そこで、これらの手法について簡単に説明をする。

まず最初に HMM based method は入力信号が有限個からなる値をとる状況で用いられる。この手法の欠点として、Markov 過程における大容量の必要性和膨大な計算量のためオンライン処理が適用できない。そこで、この手法の容量を減らす手法 [48] が提案されている。しかし、この手法 [48] は計算量がまだ多いという課題が残っている。

次に Polyspectra method [49]-[52] は、主に同定問題を解く手法である。この手法は、高次スペクトルを用いて伝送路のパラメータを推定し、その結果を用いて入力信号の推定を行う。この手法には Brillinger, Rosenblatt らの手法 [53], Wiggins の手法 [54], Donoho の手法 [55], Lii, Rosenblatt らの手法 [56] などが挙げられる。今後の課題は、様々な同定問題に対して入出力信号のキュムラントを用いた線形な自己回帰移動平均 (autoregressive moving average : ARMA) システムの伝達関数を同定することである。

最後に Bussgang methods は、明確には HOS-based methods を用いていないが、出力信号の高次統計量を含んだ評価関数を最小にすることで等化を行っている。この手法における Bussgang アルゴリズム [57] は一般に確率勾配降下法 (Stochastic Gradient Descent Scheme) を用いた等化器のパラメータ更新による適応アルゴリズムである。また、この評価関数を変えることで様々な手法が提案されている。この Bussgang アルゴリズムは佐藤の手法を改良したものである。またこの手法には、佐藤の手法を拡張した Benvenist の手法 [58], Constant-Modulus アルゴリズムを発見した Godard, Treichler らの手法, stop-and-go アルゴリズムを発見した Picchi の手法 [59] などがある。

2.2.2 受信信号が周期定常な場合

近年, SIMO モデルを対象とした SOS-based methods の研究が盛んに行われている。この手法は, Tong[60], Gardner[61] らによって発見された手法である。この手法の特徴として, 多くが受信信号の自己相関行列の固有値分解(行列分解)に基づいた決定論的手法であり, 逐次型手法に関しては, 行列摂動問題に帰着させる方式が散見される程度である。また, HOS-based methods に比べて少ないサンプル数を用いて, より高い精度を得ることができる。この手法には, The matrix pair(MP) method[62]-[64], Cross-Relations(CR) method [65][66], Subspace(SS) method[67]-[77], Linear Prediction (LP)method[78]-[82], Mutually Referenced Equalizers(MRE) method[83][84], Outer-Product method, The Maximum-Likelihood (ML) method[85]-[88], Frequency-Domain method, Input-Subspace(IS) method[89][90] などがある。そこで, 上記の手法のいくつかを簡単に説明する。

MP method は, 1994年に L.Tong, G.Xu, T.Kailath らによって提案された手法である。これは, 2次統計量を用いたブラインド同定問題を解くための最初の手法である。

CR method は, 1994年に G.Xu, H.Liu, L.Tong, T.Kailath らによって提案された手法である。これは, マルチチャンネルにおいてシステム入力の統計的モデルの情報を用いずにブラインド同定問題を解く手法である。

SS method は, 1995年に E.Moulines, P.Duhamel, J.F. Cardoso, S.Mayrargue らによって提案された手法である。この手法は, 主成分分析の手法を用いることにより受信信号空間を信号空間と雑音空間に分離し, この2つの部分空間の直交性を利用することで, 所望となるインパルス応答を推定する手法である。本手法の特徴は, 信号空間と雑音空間に分離していることが可能なことより, 雑音の影響を軽減することができることである。また, 近年におけるこの手法の研究成果としては, E.Moulines らに SMI 方式などが挙げられる。

ML method は, 1996年に Y.Hua によって提案された手法である。これは, システムの出力信号の確率密度関数が既知の場合でのパラメータ推定問題に適用できる

手法である。この手法には、SNRがかなり高い場合において用いられる Two-step (TS) ML method などがある。

2.3 まとめ

本章ではブラインド信号処理において、現在までに提案されている手法について分類を行った。ブラインド信号処理における研究は、各研究者の観点から様々なアプローチを行っているため系統的な等化方式が確立されていない。しかし、ブラインドの概念から今後の適用範囲が広がってくることが予想される。そこで以後の章では、ブラインド同定・等化について現在までに提案されてきた順に沿って議論していく。