

# 実時間信号処理システムへの音声信号ブラインド分離アルゴリズムの実装と評価

山根 大明\* 河野 清尊\*

\* 米子工業高等専門学校

## Implementation of Blind Source Separation Algorithm to the Real Time Signal Processing System and its Evaluation

Haruaki Yamane\* and Kiyotaka Kohno\*  
\*Yonago National College of Technology

**Abstract:** In this paper, we describe original AMUSE of 2-input and 2-output in Simulink and examined the evaluation method of the validity.

### 1. はじめに

空間的混合 MIMO システムにおける音声信号のブラインド分離アルゴリズムとして, AMUSE が提案されている<sup>1)</sup>.

これまでに, オリジナル AMUSE の実時間処理への応用として, 適応型 AMUSE が提案されてきた<sup>2)</sup>.

しかし, 提案されたアルゴリズムを実時間信号処理システムへ実装するまでには至っていなかった.

そこで, 本研究では, 実時間信号処理システムへの音声信号ブラインド分離アルゴリズムを実装する前段階として, 2 入力 2 出力のオリジナル AMUSE を Simulink で記述して, その動作確認を行うとともに, その有効性の評価方法の検討した.

### 2. 実時間信号処理システム

本研究では, 実時間信号処理システムとしてコーメックス電子(株)製の DSP リアルタイムシミュレータ『PDRS-6000』を用いる. PDRS-6000 は, 制御対象物の数学的モデルを Simulink 上でブロック線図を用いて構築し, DSP による演算処理, 及び入出力制御を行い, リアルタイムシミュレーションの環境を提供するものである.

### 3. AMUSE

AMUSE(Algorithm for Multiple Unknown Signals Extraction)<sup>1)</sup> は原信号  $s(t)$  の独立成分が時間的に相関のある有色信号であるとき, 自己共分散を用いて分離システム  $W$  を推定することができるブラインド分離アルゴリズムである.

観測信号  $y(t)$  の自己共分散  $C_y(\tau)$  は

$$C_y(\tau) = E[y(t)y(t+\tau)^T] \quad (1)$$

となり, これを特異値分解すると,

$$C_y(\tau) = U\Lambda U^T \quad (2)$$

となり, 観測信号  $y(t)$  を無相関化する行列  $V$  が求まる.

$$V = \sqrt{\Lambda}^{-1} U^T \quad (3)$$

行列  $V$  により観測信号  $y(t)$  を無相関化する.

$$x(t) = Vy(t) \quad (4)$$

$x(t)$  に対する任意の時間差  $\tau$  の時間差共分散は

$$C_x(\tau) = E[x(t)x(t+\tau)^T] \quad (5)$$

となり, これを対称化して,

$$\bar{C}_x(\tau) = \frac{1}{2}[C_x(\tau) + C_x(\tau)^T] \quad (6)$$

$$= W^T \bar{C}_s(\tau) W \quad (7)$$

となる. つまり時間差共分散  $\bar{C}_x(\tau)$  を求め, 固有値分解することで, システム  $W$  を推定することができる.

### 4. オリジナル AMUSE

オリジナル AMUSE はバッチ処理型である. 混合システム  $H$  が変化しない場合は分離し続けられ, Fig.1 に示すように時刻  $t = t_C$  で混合システム  $H$  が  $H_1$  から  $H_2$  に変化すると,  $W(t)$  を更新できないために分離精度は下がることになる.

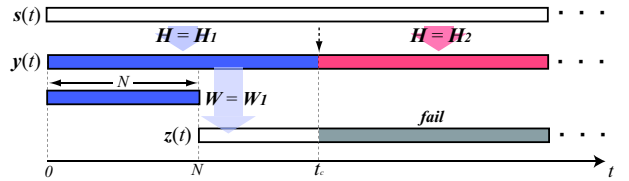


Fig.1 original AMUSE

#### 4.1 計算機シミュレーション

##### 4.1.1 評価尺度

分離精度の評価尺度として, 多チャンネル符号間干渉  $M_{ISI}$  と相互相関関数  $R$  を用いる.  $M_{ISI}$  は負の値が大きいほど,  $R$  は 1 に近いほど分離信号が原信号に近く評価が高い.

##### 4.1.2 シミュレーション結果

オリジナル AMUSE の計算機シミュレーションを行った. 原信号  $s(t)$  を入力したときの観測信号  $y(t)$  と復元分離信号  $z(t)$  を Fig.2 に示す, 入力数  $n = 2$ , サンプリング周波数 1.5kHz, データ長 48000 (3.2 秒) の音声信号を使用する. また雑音信号  $n(t)$  はないものとした.

混合システム  $H$  は次の  $2 \times 2$  の行列を与え空間的混合とした.

$$H = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.5 \\ 0.5 & 0.7 \end{bmatrix} \quad (8)$$

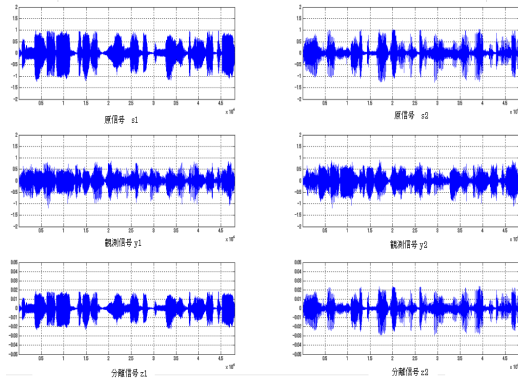


Fig.2 MATLAB simulation

多チャネル符号間干渉  $M_{ISI}$  は  $-62$ [dB], 相互相関関数  $R$  は  $0.9998$  と, ともに高い評価が得られた. これにより, AMUSE アルゴリズムの有効性が確認された. しかし, MATLAB による計算機シミュレーションだけでは, 実時間信号処理システムへの実装は不可能であり, Simulink 上で AMUSE を記述することが必要である.

## 5. Simulink での記述と評価

### 5.1 Simulink による AMUSE の記述

Simulink で記述した 2 入力 2 出力のオリジナル AMUSE のブロック線図を Fig.3 に示す. 実行結果を Fig.4 に示す.

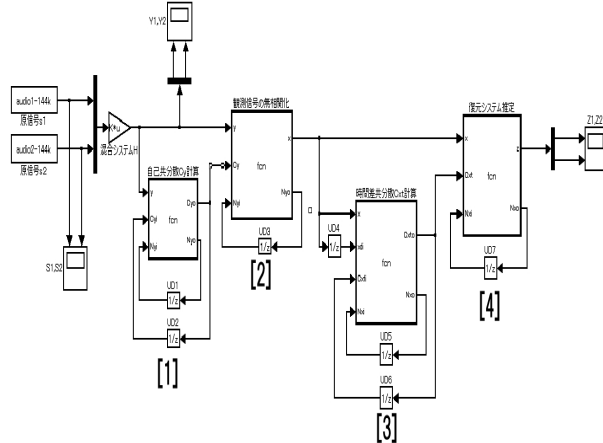


Fig.3 Simulink model of original AMUSE

AMUSE はバッチ処理型のアルゴリズムであり, MATLAB では音声データをベクトルとして扱えるが, Simulink は 1 つ 1 つの音声データの入力に対して動作するステップ実行であり, MATLAB で記述されたアルゴリズムをそのまま Simulink で記述することはできないと分かった. そこで Embedded MATLAB Fcn を用いて AMUSE を以下のように構成した.

[1] では (1) を

$$Cy(t) = (1 - \alpha)Cy(t-1) + y'y^T \quad (9)$$

として  $Cy(t)$  を計算している.

[2] では (2),(3),(4) を計算している.

[3] では (5) を

$$Cx(t) = (1 - \alpha)Cx(t-1) + x'x'(t-1)^T \quad (10)$$

として  $Cx(t)$  を計算している.

[4] では (6),(7) を計算し, AMUSE と同様の動作をさせている.

また原信号  $s(t)$  を混合する混合システム  $H$  は, (8) と同じ値を用いた.

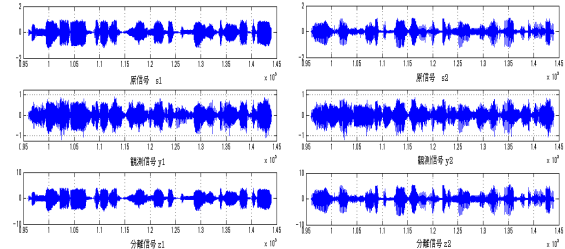


Fig.4 Result of Simulink model

Fig.4 において, MATLAB シミュレーションと同様に観測信号  $y(t)$  が分離されていることが確認された. これにより Simulink で AMUSE を記述することが可能であることが分かった.

### 5.2 評価方法

評価方法には, 計算機シミュレーション時と同様に, 多チャネル符号間干渉  $M_{ISI}$  と相互相関関数  $R$  を用いることを想定している.

## 6. おわりに

実時間信号処理システムに音声信号ブラインド分離アルゴリズムの実装する前段階として, 2 入力 2 出力のオリジナル AMUSE をステップ入力に対応できるように移動平均を用いて Simulink で記述した. その結果, MATLAB でのシミュレーション同様の波形を得られた.

また, その有効性を確認する評価関数として多チャネル符号間干渉  $M_{ISI}$  と相互相関関数  $R$  を用いることとした.

今後の課題として以下のものが挙げられる.

- 観測信号のみから分離信号を推定する
- 原信号が未知のときの評価方法の検討を行う
- 実時間信号処理システムへ実装する

## 参考文献

- 1) Aapo Hyvarinen, Juha Karhunen, Erkki Oja 著, 根元幾, 川勝真喜訳, 詳解 独立成分分析 信号解析の新しい世界, pp.42-45, pp.386-387, 東京電機大学出版局, (2006).
- 2) 川戸聡也, 河野清尊: "実時間信号処理システムを用いた音声信号のブロック適応型ブラインド分離", 第 20 回 計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, pp.220-221(2011).
- 3) 村田昇: 入門 独立成分分析, pp. 1-60, 東京電機大学出版局, (2004).