

補助関数法に基づく高速なブラインド信号分離

Fast Blind Source Separation Based on Auxiliary Function Method

小野 順貴
Nobutaka ONO

どんな研究?

混ざった音の中から特定の音だけを認識したり、それらを自由に編集、加工したりすることを目的に、複数のマイクロフォンを用いて、混ざった音を個々の音に分離するための高速アルゴリズムを研究しています。

何のために?

実環境には様々な音が存在し、通常それらは混ざり合って聞こえてきます。例えば、携帯の音声認識機能を使おうと思っても、テレビの音と一緒に入力されてしまうかもしれません。演奏会でピアノ演奏を録音しようと思っても、隣の人のくしゃみが一緒に録音されてしまうかもしれません。実環境での音情報処理には、混ざった音の中から必要な音だけを取り出す仕組みが必要になります。

問題設定



研究状況

●独立ベクトル分析に基づくブラインド信号分離

ブラインド信号分離のための有力な手法として、独立成分分析[Hybarinen2001]、または独立ベクトル分析[Hiroe2006, Kim2006]が発展してきました。これは、分離した信号同士が統計的にできるだけ独立になるように分離行列を学習する手法で、数学的には、以下の目的関数を最小化する分離行列 W を探す、最適化問題として定式化されます。

$$J(W) = \sum_{k=1}^K E[G(y_k)] - \sum_{\omega=1}^{N_{\omega}} \log |\det W(\omega)|$$

G には例えば、 L_2 ノルムなどが用いられます。これは非線形最適化問題のため、従来は勾配法などが適用されてきましたが、学習係数の値により収束速度と安定性にトレードオフがありました。

●補助関数に基づく高速アルゴリズム

補助関数法とは、目的関数の代わりに、その上限となる、より最適化しやすい「補助関数」を用意し、1)補助変数の更新、2)補助関数の最小化、を反復することにより、目的関数最小化を行う手法です。例えば統計の分野でよく知られているEMアルゴリズムは補助関数法の一つです。補助関数を見つける体系的な方法は知られていませんが、我々は最近、独立ベクトル分析に適した補助関数を見出し[Ono2010]、収束が保証された高速アルゴリズムを導出することに成功しました。

補助変数の更新

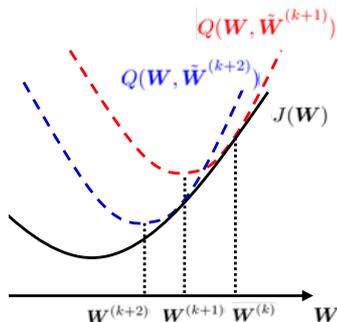
$$r_k = \sqrt{\sum_{\omega=1}^{N_{\omega}} |w_k^h(\omega)x(\omega)|^2}$$

$$V_k(\omega) = E \left[\frac{G'(r_k)}{r_k} x(\omega)x^h(\omega) \right]$$

補助関数の最小化

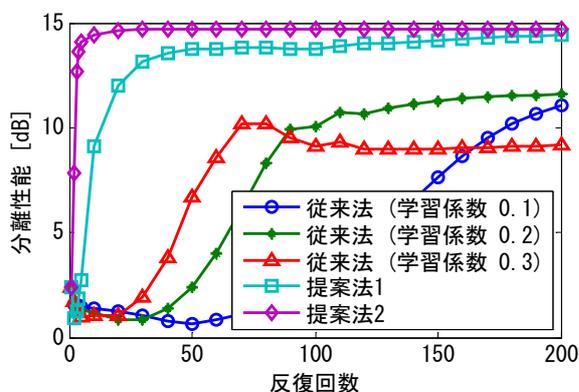
$$w_k(\omega) \leftarrow (W(\omega)V_k(\omega))^{-1}e_k$$

$$w_k(\omega) \leftarrow w_k(\omega) / \sqrt{w_k^h(\omega)V_k(\omega)w_k(\omega)}$$



●従来法との比較実験

下記に、マイク数2、音源数2の比較実験の例を示します。勾配法に基づく従来法に比べ、大幅な収束速度の向上が確認できます。



●iPhone上での実装

株式会社リデックの協力のもと、ステレオマイクを装着したiPhone上で動作するブラインド信号分離システムを実現しました。実時間の1/5程度での高速な分離(10秒の信号を2秒で分離)を達成しています。

