

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19560425

研究課題名 (和文) 非線形適応ノイズキャンセラーと胎児の ECG 抽出

研究課題名 (英文) Nonlinear Adaptive Noise Canceller and Extraction of Fetal ECG

研究代表者

肖 業貴 (XIAO YEGUI)

県立広島大学・経営情報学部・教授

研究者番号：50252325

研究成果の概要 (和文)：

適応信号処理の生体工学への応用のひとつとして、胎児 ECG (fetal ECG (FECG)) の抽出があり、80年代から今日まで継続的に研究されてきた。しかし、抽出精度が十分とは言えず、まだ実用化されていない。実用されれば、安全・安心が強く求められている今、少子化問題に大きく貢献できるハイテク技術のひとつとなる。本研究では、複数のプライマリ信号と複数の参照信号による、多チャンネルを有する線形または非線形型適応ノイズキャンセラーを提案し、胎児 ECG の抽出に適用した。その結果、従来システムに比べてかなり抽出精度が向上し、実用化へ大きく前進した。

研究成果の概要 (英文)：

As an application of adaptive signal processing to biomedical engineering, fetal ECG extraction is well-known and has been studied continuously in force from 1980's. However, this technology has not been put into fetal diagnosis practice yet due to low extraction accuracy. If established and put into daily diagnosis, it will become a high technology that contributes greatly to fulfilling the public demands for security and safety of birth in low birth-rate age we live in. In this project, linear and nonlinear adaptive noise cancellers are proposed that have both multiple primary and reference channels. Applications to real fetal ECG data reveal that the new systems present much better extraction accuracy than the conventional system indicates. Thus, this project has achieved a significant progress toward general use of the technology.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：適応ノイズキャンセラー、胎児心電図抽出、ニューラルネットワーク、非線形適応フィルタ、能動騒音制御システム、線形型 FIR フィルタ、性能解析、計算量

1. 研究開始当初の背景

- (1) 適応信号処理の生体工学への応用のひとつとして、胎児の心電図 (fetal ECG (FECG)) 抽出が知られており、80年代から今日まで継続的に研究されてきている。しかし、実用化へのハードルはまだ数多く残されているのが現状である。実用に耐えられる抽出アルゴリズムとシステムがまだ確立されていない。
- (2) 少子化時代の現在、このような安全・安心に結びつく技術の実用化が大いに期待されている。また既存の大人用 ECG 診断装置に組み込めば、コストの抑制もはかられるため、効率もよい。
- (3) 胎児 ECG 抽出に関する研究では、多くの抽出手法が提案されたが、線形システムを用いたものが多く、非線形システムを用いたものが少なく、抽出精度も十分とは言えない。

2. 研究の目的

本研究では、非線形適応フィルタ (つまりボルトラフィルタやニューラルネットワークなど) を導入し、多チャンネル型の線形・非線形適応ノイズキャンセラーを新たに構築し、胎児 ECG の抽出精度を向上させ、技術としての実用性を高めることを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 従来の抽出システムの精度と限界を解明するためのシミュレーション実験
- (2) 専門医と技師との協力体制の構築と情報交換 (広島記念病院、国立循環器病センター)
- (3) ボルトラ非線形フィルタを用いた非線形ノイズキャンセラーの構築とシミュレーション実験
- (4) 多チャンネルを有する線形型適応ノイズキャンセラーの構築とシミュレーション実験
- (5) ニューラルネットワークを用いた非線形ノイズキャンセラーの構築とシミュレーション実験
- (6) 関連基礎研究として、ノイズを除去・制御するための能動騒音制御システムの研究も実施

4. 研究成果

- (1) ボルトラフィルタを用いた非線形適応ノイズキャンセラーを提案し、胎児 ECG 抽出において、従来システムより優れていることを確認した。
- (2) 複数のプライマリーチャンネルと参照チャンネルを有する線形適応ノイズキャンセラーを提案し、単一チャンネルしか持たないシステムに比べて精度がよいことを、胎児 ECG 抽出への適用により、判明した。
- (3) 非線形性の強いニューラルネットワークを導入し、線形フィルタと非線形フィルタがカスケード的に接続する、非線形適応ノイズキャンセラーを導入した。胎児 ECG 抽出における強い非線形性が潜在するケースにおいて有効性を発揮するシステムとなっている。実データを用いたシミュレーション実験により、その有効性が確認された。
- (4) 適応ノイズ制御・除去システムとして、計算量が少なく、センサーエラーにロバストな能動騒音制御システムを新たに提案した。シミュレーション実験のみならず、性能解析を展開し、その性能の解明も行なった。

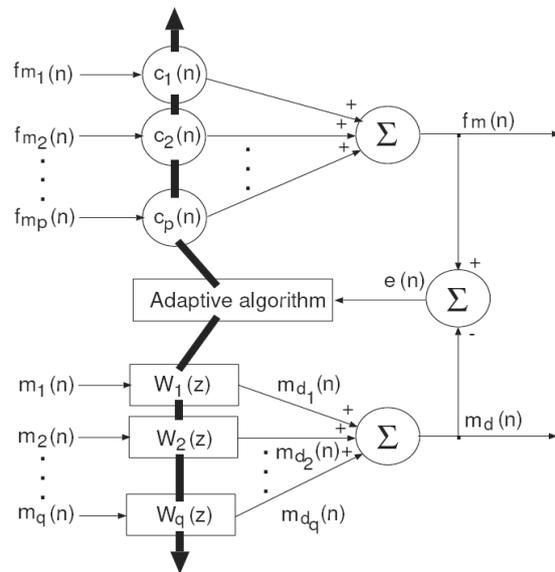


図1：複数のプライマリーセンサー（腹部）と複数の参照センサー（胸部）を用いた、多チャンネルの適応FIRフィルタを有する線形型適応ノイズキャンセラーの構成図

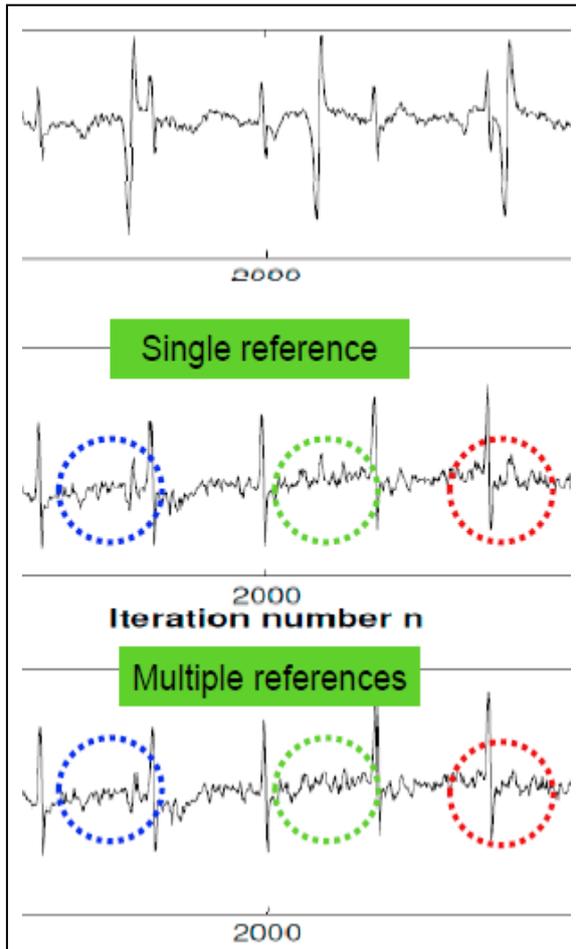


図2：単一適応フィルタと多チャンネル適応フィルタによる胎児 ECG 抽出結果の比較 (top:腹部 ECG, middle:単一適応フィルタを用いた従来システムによる抽出結果、bottom:図1の提案システムによる抽出結果。点線で囲んでいるところを見れば、マザーのビートによる影響がかなり抑制されていることが確認できる)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Y. Xiao, L. Ma, K. Ward, “Fast RLS Fourier analyzers capable of accommodating frequency mismatch,” *Signal Processing*, 査読有, pp.2197-2212, 2007.
- ② Y. Xiao, A. Ikuta et al., “Stochastic analysis of the FXLMS-based narrowband active noise control system,” *IEEE Trans. on Audio, Speech and*

Language Processing, 査読有, vol.16, pp.1000- 1014, 2008.

- ③ Y. Xiao, L. Ma, K. Hasegawa, “Properties of FXLMS-based narrowband active noise control with online secondary-path modeling,” *IEEE Trans. on Signal Process.*, 査読有, vol.57, pp.2931-2949, 2009.
- ④ J. Liu, Y. Xiao, et al., “Analysis of online secondary-path modeling with auxiliary noise scaled by residual noise signal,” *IEEE Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, 査読有, in press, 2010.

[学会発表] (計5件)

- ① Y. Xiao, “A new narrowband active noise control system using IIR notch filter and magnitude/phase adjuster” 2007 Intl. Technical Conference on Circuits / Systems, Computer and Communications, 査読有, Busan, Jul. 2007.
- ② Y. Xiao, L. Ma, K. Khorasani, A. Ikuta, “Performance analysis of the FXLMS-based narrowband active noise control system with online secondary-path modeling,” *IEEE Intl. Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 査読有, Hawaii, Apr. 2007.
- ③ M. Shadaydeh, Y. Xiao, K. Ward, “Extraction of fetal ECG using adaptive Volterra filters,” 2008 European Signal Processing Conference, 査読有, Lausanne, Sep. 2008.
- ④ Y. Xiao, “A new robust narrowband active noise control structure with only one channel for reference signal filtering,” 2008 Intl. Technical Conference on Circuits / Systems, Computer and Communications (Best Paper Award), 査読有, Yamaguchi, Jul. 2008.
- ⑤ Y. Xiao, K. Yokota, et al., “Fetal ECG extraction using multi-sensory linear noise canceller with multiple reference channels,” *The 24th Intl. Technical Conference on Circuits / Systems, Computer and Communications*, Jeju, 査読有, Jul. 2009.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

肖業貴 (XIAO YEGUI)

県立広島大学・経営情報学部・教授

研究者番号：50252325

(2) 連携研究者

生田 顕 (IKUTA AKIRA)

県立広島大学・経営情報学部・教授

研究者番号：30145164