

線形予測と Wavelet に基づく 母体腹壁電位信号からの胎児心拍信号抽出

向 琦[†] 埜 雅典[‡]

[†] 山梨大学大学院修士課程工学専攻電気電子工学コース [‡] 山梨大学大学院総合研究部工学域

1. はじめに

腹帯型心電センサで計測する母体腹壁電位信号から簡易的に胎児心拍を測定する装置の検討が行われている。先行研究では PCA-TS、LMS、Wavelet などを用いた手法[1,2]が提案されているが、雑音が多い、計算量が多い、母体胸部電位信号が必要などの問題がある。本稿では二つの新しい手法でこれらの胎児心拍信号抽出の問題解決を試みた結果を報告する。

2. 母体腹壁電位信号からの胎児心拍信号抽出

1つ目の方法をここでは Wavelet+LMS+Wavelet 法と呼ぶ。母体腹壁電位信号を Wavelet 分解すると、第5階近似信号に胎児心拍がほとんど含まれていない母体心拍を得られる。その後 LMS 適応フィルタを用いて4チャンネルの信号を重ね合わせた母体腹壁電位信号から母体心拍成分を除去した残差信号をさらに Wavelet 分解して得られる詳細信号から胎児心拍を抽出する。

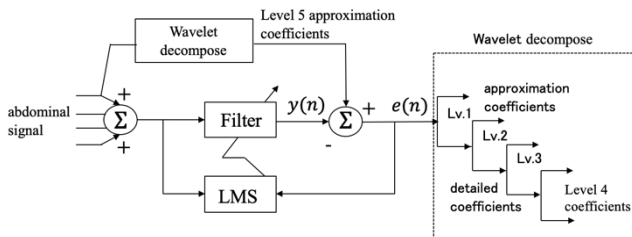


図1 Wavelet+LMS+Wavelet のブロック図

上記の方法は母体胸部電位信号を用いなくても比較的明瞭な胎児心拍が抽出できるが、二回 wavelet 分解が必要なため計算量が多い。この計算量低減のために線形予測(LP)+Wavelet 法を提案する。まず4チャンネルの信号を加算して胎児心拍成分を強調した母体腹壁電位信号に線形予測分析を適用し、その後母体心拍成分が抑圧された線形予測残差信号に Wavelet 分解を適用することで胎児心拍を抽出する。LP+Wavelet 法の計算量は Wavelet+LMS+Wavelet 法の半分程度に抑えることができる。

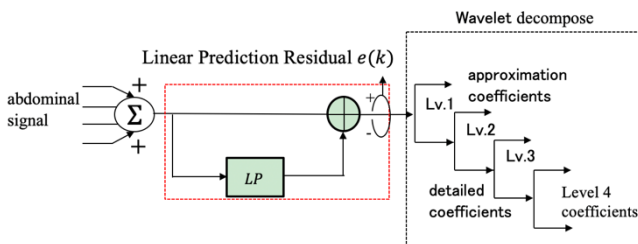


図2 LP+Wavelet のブロック図

3. 臨床データの分離結果

PhysioNet の母胎腹壁電位信号に対して2つの提案手法を適用した波形例を図3に示す。比較のために処理前の母胎腹壁信号(Ch.1)と胎児頭皮で直接検出された参照信号も示した。どちらの方法の結果も胎児 R 波が明瞭に確認できる。

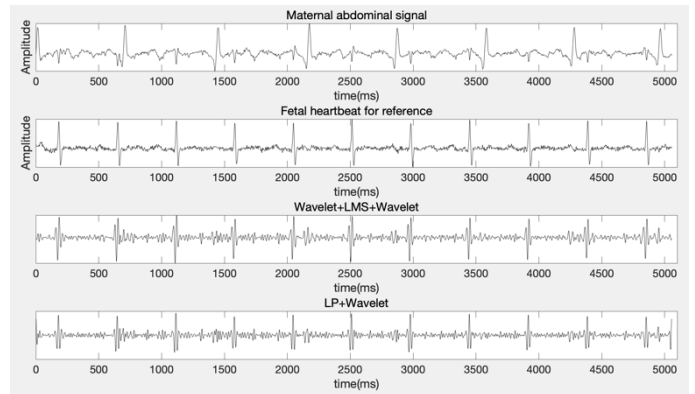


図3 抽出した胎児心拍と参考胎児心拍

定量分析のために参照信号との相関係数を求めた。図4は全300秒のデータについて5秒おきに長さ10秒のフレームに対して求めた相関係数である。どちらの方法も胎動と見られる190秒と240秒近辺以外では概ね高い相関係数を示しており、明瞭な胎児心拍が得られていることが確認できる。

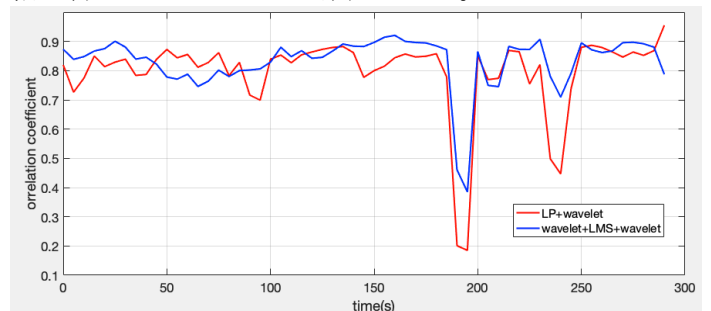


図4 抽出した胎児心拍と参考胎児心拍の相関係数

4. おわりに

Wavelet+LMS+Wavelet 法と LP+Wavelet 法による母体腹壁電位信号からの胎児心拍抽出を検討した。提案した2つの方法では母体胸部電位信号を用いなくとも概ね明瞭な胎児心拍が抽出できた。線形予測を用いることで計算量の大幅な低減が図れた。一部胎児心拍が不明瞭な個所の改善が今後の課題である。

参考文献

[1] 田村他, 2015年信学総大, D-7-2.
[2] Wu et al., Computers in Biology and Medicine, Vol. 43, Issue 10, pp.1622-1627, 2013.