

周波数変動に頑健な適応交流ノイズキャンセラの高調波への拡張

情報科学科 高田 也美

指導教員：戸田 尚宏

1 はじめに

商用交流電源や回転機械に起因する交流雑音は、微小信号の測定時に混入し、正確な測定を妨げ、問題となる。特に、脳波や心電など体表面に装着した電極から測定する生体電気信号の場合には顕著である。この交流雑音の周波数や振幅は一定ではなく、その変化に追従して除去する方式として、適応フィルタによるものが検討されてきた。

2 先行研究及び本研究の目的

戸田 [1] は、適応フィルタによって交流雑音等の雑音除去を行う際、測定対象である生体信号自体の存在によって測定の障害となる成分（自己除去成分）が発生することを明らかにし、マスク処理 [1] による対処法を提案している。

一方で松原 [2] は、交流雑音が周波数変動する場合、フィルタの遅延素子として 90 度位相推移器を用いるとフィルタ係数の変化が不要であることを見出した。これにより、フィルタの適応時間を長く取り自己除去成分の影響を小さくし、追従遅れによる性能劣化を抑制できることが示された。さらに福田 [3] は、雑音源から皮膚等の測定時への伝達特性が微分特性の場合への対処法も提案した。

ところが、松原 [2] の方法は参照信号が交流雑音の高調波毎に分離されている必要があり、福田 [3] は基本周波数付近を取り出した参照信号に対して、これが 0 レベルを交差する時刻を測定し 1 周期にかかる時間の逆数として周波数を推定する方法 (zero cross 法、以下 0 次ホールド) を用いて有効性を示した。しかし、zero cross による周波数測定法は周期の測定時点毎でしか周波数が与えられないため、変化に追従できない期間があり、加藤 [4] はこれを解決するため、0 レベルの交差検出時刻で測定される周波数を時間的に 1 次関数で補間、およびタイミングのずれも遅延によって補正する処理を加える改良法 (以下 1 次ホールド+遅延処理) を提案した。

しかし加藤 [4] においては、基本周波数のみで構成される交流雑音での検証に留まっていた。通常、生体電気信号に混入する交流雑音においては数個～数十個の高調波が存在する。そこで本研究では、加藤の方法 (1 次ホールド + 遅延処理) を多数の高調波に対応するために拡張した新しい方法を提案し、評価を行う事で、実用化の可能性を探ることを目的とする。

3 高調波への逐次的な対応法

加藤の方法 [4] に対し、図 1 のように、フィルタの更新式に $e(k)$ を用いて逐次的に高調波の対処を行う部分を付け加える方法が提案法である。まず、基本周波数 f から $2f$ を計算し、松原の方法により、正弦波と余弦波の組を生成する。そして、基本周波数 f のみで構成される参照信号を用いて雑音除去された出力によりフィルタ係数の更新を行い、 $2f$ のみで構成される参照信号を作成し、雑音除去を行う。同様の操作を $3f$, $4f$, $5f$... と逐次的に行うことで、多数の高調波への対処を行うことができる。

4 数値実験による誤差評価

基本周波数 60Hz で 1~9 次の高調波を含む交流雑音の周波数が振幅 0.3Hz の間を正弦波状に変化している状況で、生体信

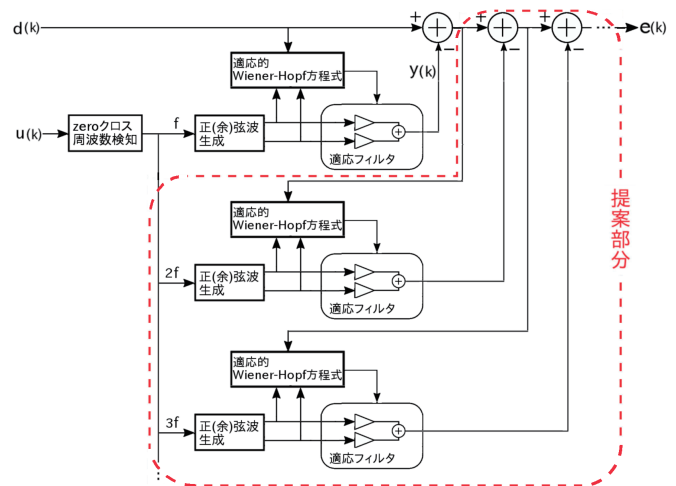


図 1 高調波に対する処理を加えた交流雑音除去

号を模した正規白色雑音を所望信号とし、数値実験を行った。

図 2 から、上段の測定信号にあった 10 個のスペクトルのピークが下段の出力信号では消え、雑音を除去できている様子がわかる。また、図 3 より、提案法 (1 次ホールド+遅延処理) は 0 次ホールドより所望信号との誤差 (2 乗平均誤差の対数) が小さく、精度の向上を達成しているといえる。

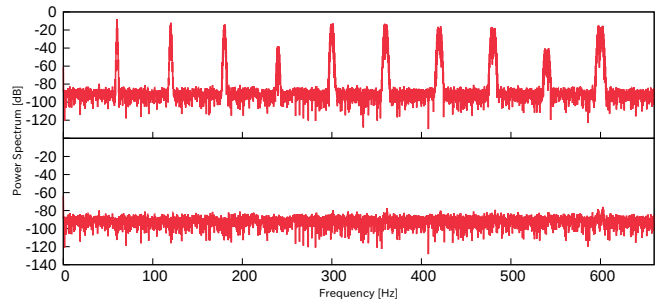


図 2 周波数スペクトルの様子 (上: 測定信号 下: 出力信号)

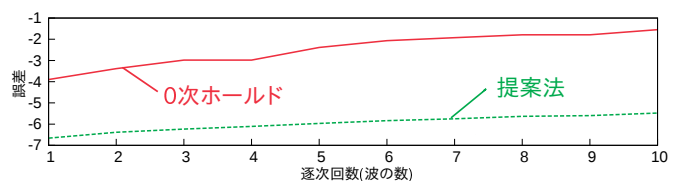


図 3 所望信号と出力信号との 2 乗平均誤差 (対数)

5 おわりに

多数の高調波が存在する条件においても、1 次関数補間と遅延処理は精度の高い雑音除去を可能にする。しかし、逐次回数、つまり高調波の数があれば増えるほど、周波数変動の影響を受けて精度が低下していく様子が見られたため、これに対する解決方法を検討することが今後の課題である。

参考文献

- [1] 戸田尚宏, 信学論 D, Vol.J94-D, No.10, pp.1685-1695, 2011.
- [2] Y.Matsubara and N.Toda, IEICE Trans. Inf. & SYST., Vol.E100-D, No.2, pp.359-366, 2017.
- [3] 福田有哉 戸田尚宏, 信学技報 MBE2019-91, pp.57-62, 2020.
- [4] 加藤千裕, 愛知県立大学卒業論文, 2020.