

## Pre-Whitening機能 BRANL

BRANLはfNIRS信号をGLM(general linear models) で解析するツールです。fNIRSの解析では、systemic physiology及び体動によるノイズが脳の賦活信号の抽出に悪影響を与えています。これらのノイズを低減、削除する手法は既にBRANLに組み込まれていますが、この度BRANLの新しい機能としてPre-Whitening を実装しました。Pre-Whiteningは、自己相関ノイズを白色化することにより、自己相関ノイズを低減させる機能です。

### [Pre-Whiteningの用途]

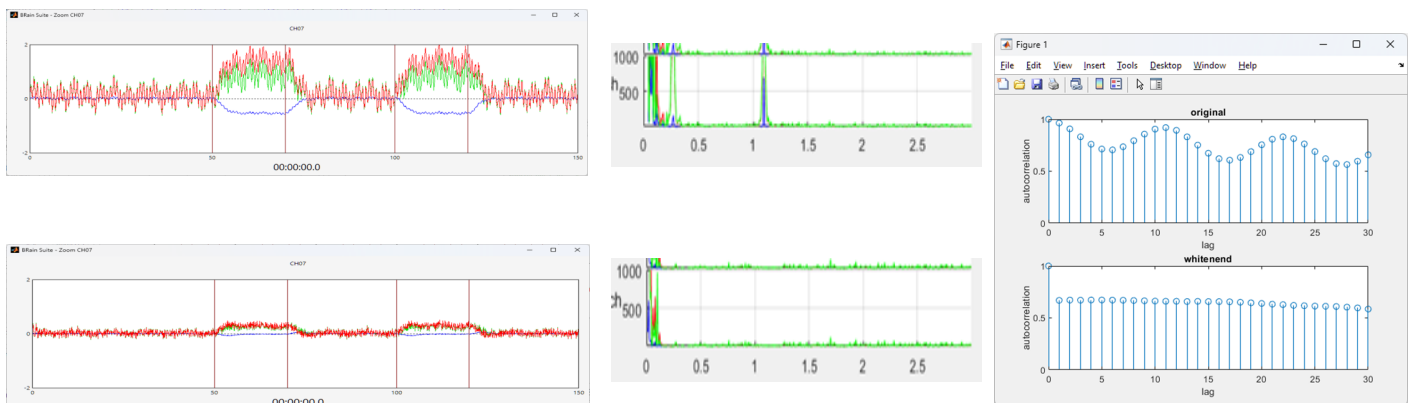
Pre-Whiteningの用途は、systemic physiology及び体動によるノイズの影響を低減することです。

### [Pre-Whiteningのメリット]

1. 生理学的ノイズの周波数が不明でも、ツールが計算して削除します。
2. Digital FilterのLowPassとの比較
  - LowPassでも、心拍、呼吸成分の影響を低減できますが、例えば、肝心の実験デザインで周波数域が0.5 [Hz]付近に設定される場合、LowPassの閾値を呼吸周波数域を外した0.2[Hz]に設定すると、脳賦活の0.5 [Hz]の信号も削除されます。Pre-Whiteningでは、脳の賦活(0.5 [Hz])はGLMで抽出され、脳の賦活に寄与しない成分(0.2[Hz])はノイズとして処理され呼吸成分は削除されます。
  - LowPassでは、測定チャネルの場所が異なり、信号周波数が異なると、位相差が生じます。一定の時間領域の平均値をとる場合は問題ありませんが、ポイントでの比較には注意が必要です。

### [Pre-Whitening解析の手順]

1. GLM (回帰) 解析により、測定値からタスクに対応した信号と残差信号を計算します。
2. 残差信号に対し、時系列モデルのAR (Autoregressive model)を採用してモデル化します。
3. 採用されたARモデルから、情報量規準手法 (AIC,BIC) により最適モデル (次数) を選択し、フィルタ (係数) を算出します。または、aryule (Matlab)関数にてフィルタ (係数) を算出します。
4. このフィルタが自己相関ノイズそのものですので、このフィルタを測定された信号から差し引くことにより、White化を達成します。



合成波形は、心拍 1.1[Hz] 呼吸 0.27[Hz] Mayer波 0.1[Hz] random波に20[sec]のHRF波形で構成されています。上段は、オリジナル (合計波形)、下段はPre-Whitening処理後の波形。

### [参考文献]

1. J.W.Barker,A.Aarabi,T.J.Huppert,“Autoregressive model based algorithm for correcting motion and serially correlated errors in fNIRS”, Biomed.Opt.Express Vol4 No8,1366-1379(2013)
2. 「回帰分析」、佐和隆光、朝倉書店
3. 「時系列解析入門」、北川源四郎、岩波書店
4. 「情報量規準」、小西貞則、北川源四郎、朝倉書店