

# GLM 解析における *Pre-Whitening* 処理について

2023年10月3日

ビー・アール・システムズ株式会社



# 1. Filterは両辺に乗ずるべき

SPMでは、下図の通り、両辺にフィルタSは掛けられています。一方、現状のfNIRSの解析ツールでは、測定値にのみ掛けられています。

## fMRI(SPM)

*Filtering is applied to both sides.*

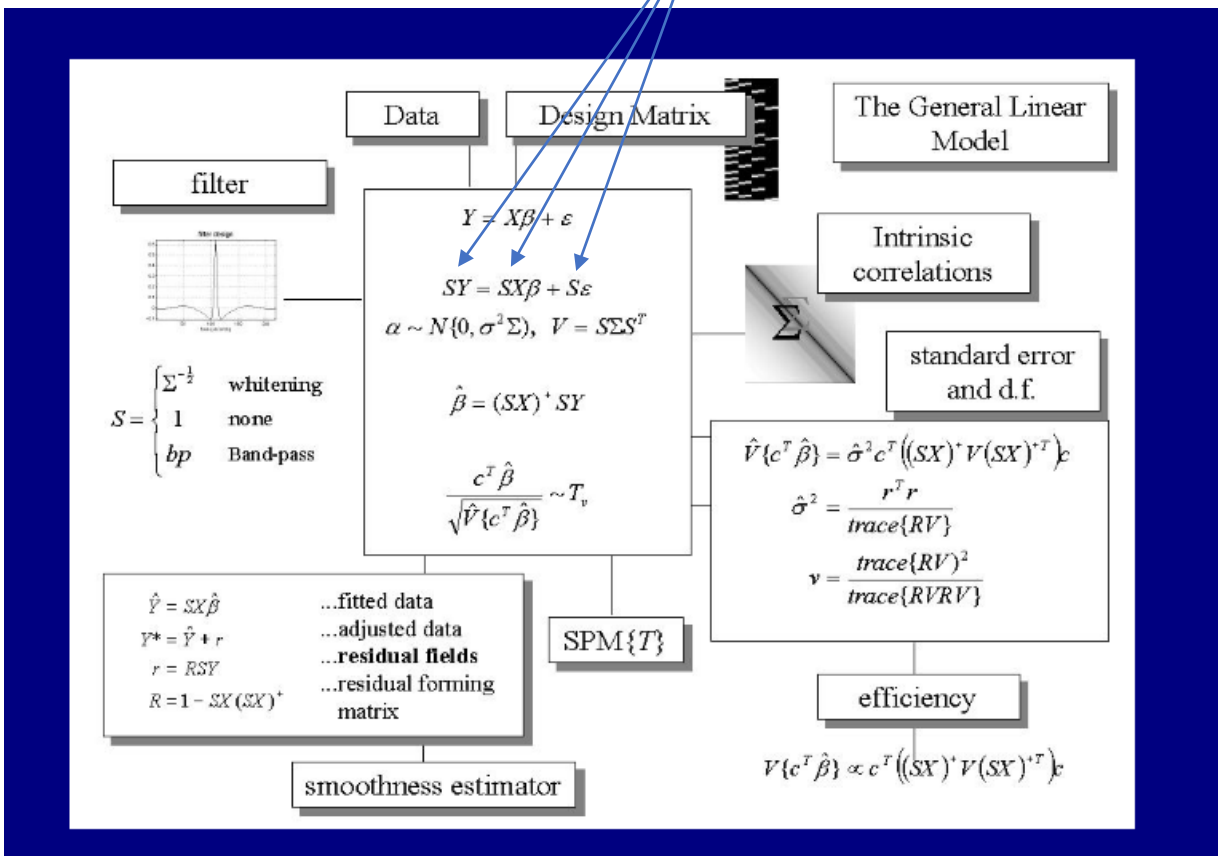


Figure 3. The general linear model.

Statistical Parametric Mapping

Karl J Friston

Wellcome Dept. of Imaging Neuroscience

<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/slides02/overview/Stats.htm>

## fNIRS

Homer2/3

*Filtering is not applied to X.*

$$Y = X\beta + \epsilon$$

$S = \text{bp}(\text{Bandpass, LP, HP})$

$$SY = X\beta + S\epsilon$$

• Dr. Huppertさんは、両辺に掛けるべきと、下記論文で明記しています。(Page10)

• Prefiltering (e.g., a bandpass filter applied to the fNIRS data) should be avoided as a separate step. Instead, filtering should be applied within the regression model and applied to both sides of the expression [as in Eq. (5)] to avoid bias in the estimated response.

•  $X\beta$ にSを乗じない場合は、 $X\beta$ と関連しない周波数域のフィルタリングSであるべきと記載されています。(Page5)

T.J.Huppert, "Commentary on the statistical properties of noise and Its implication on general linear models in functional near-infrared spectroscopy", Neurophotonics, 010401 Vol.3(1), 2016

• Pre-Whitening Filterは両辺に掛けられています。

## 2. Pre-Whiteningの機能（手法はパンフレットに記載）

Pre-Whitening機能により、the effects of structured noise due to system in physiology and serially correlated errors を取り除きます。例えば、walking, exercise,等に起因するノイズを低減できます。

- Noise pre-whitening should be used to remove the effects of structured noise and serially correlated errors in the fNIRS measurements. The presence of physiological noise in fNIRS data causes violations of the assumption of independent noise in the statistical model and can result in high false-discovery rates if uncorrected.(page10)

## 3. Pre-Whitening処理結果

Band Passフィルタを掛けたGLM-BPとPre-Whiteningを掛けたGLM-PW結果を比較（例題計算）しますと、

- ① 傾向の変わらないexerciseも有れば、GLM-BPで隠れていた賦活がGLM-PWで現れるexerciseも有ります。
- ② 仮説の検証の為に、GLM-PWの計算も行う必要が有ると判断されます。
- ③ Pre-whitening処理時の、down-weighted componentsの寄与で、全体的に  $\beta$  値の値が小さくなります。