

加算平均手法との比較による fNIRS 解析における GLM 法の有効性評価

大山哲司 ビー・アール・システムズ（株） 川口文男 （株）スペクトラテック

fNIRS データの統計処理において、国内では主にタスク前後の値を内挿してベースライン処理を行う加算平均手法が用いられている一方、欧米では fMRI/SPM の流れを汲む GLM (general linear models) 法が用いられている。本研究では例題測定データに対し加算平均手法と、Homer3[1]の GLM 法による処理を行い、両者の結果を、統計的手法で比較評価する。Hb 値導出のための OD、MBLL (modified beer lambert law) 計算は各解析ツールにより吸光係数、DPF 等が異なるため、両者ともに Homer3 のフィルター処理後の Hb 値 (HbO, HbD) を用いた。なお、タスクの加算平均には BRainAnalyzer (BRSystems,Inc.) を用いた。

解析には FingerTapping 時の左右側頭、運動野付近を OEG17 (スペクトラテック社) 3x4W で測定した。(左手 10[sec]タスク、20[sec]レスト、右手 10[sec]タスクの繰り返し、被験者、年齢:71,左利き)。GLM では Homer3 の modified gamma function(Default 値)を basis function として HRF へ適用。加算平均処理は Pre : 5[sec]/Recovery : 10[sec]/Post : 5[sec]とした。

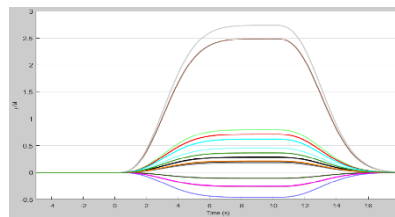
下表に各計測チャンネルの、GLM による t 値と、加算平均手法による t 値及び平均値の一例を示している。本例の t 値に関し、加算平均の値には大きく振れるチャンネルが見られるが、GLM では均一である。

(HbO)		左脳							右脳								
チャンネル		10	9	8	7	6	5	4	3	13	14	15	11	12	8	9	10
Homer3 t test	左タッピング[1 0]	-11.02	-4.93	14.71	12.86	-11.11	-6.61	12.50	17.39	9.13	25.14	23.26	9.12	12.24	10.90	5.93	12.80
	右タッピング[0 1]	-16.55	-13.36	7.11	5.12	-23.27	-23.23	2.38	-0.38	-0.45	19.02	22.34	15.04	1.25	0.35	1.70	15.59
BRainAnalyzer t test	左タッピング	-8.25	-5.24	24.81	25.97	-9.32	-9.80	25.21	26.79	12.10	15.22	14.90	5.95	11.98	10.62	1.68	11.54
	右タッピング	-11.63	-9.89	23.07	23.67	-11.84	-13.08	-2.91	-3.85	-6.97	15.05	15.38	17.52	-0.47	22.67	14.81	20.41
Homer3 β 値(1.0e-06)	左タッピング	-0.74	-0.29	1.96	1.71	-1.27	-0.71	0.59	1.01	0.48	7.56	6.87	0.55	0.77	2.20	1.25	0.80
	右タッピング	-1.11	-0.8	0.95	0.68	-2.67	-2.49	0.11	-0.022	-0.024	5.72	6.6	0.9	0.078	0.07	0.36	0.97
加算平均値 μ M	左タッピング	-0.217	-0.094	0.684	0.601	-0.629	-0.508	0.296	0.406	0.139	2.485	2.37	0.079	0.223	0.466	0.218	0.192
	右タッピング	-0.44	-0.33	0.84	0.68	-0.96	-0.88	-0.032	-0.051	-0.04	2.95	3.11	0.35	0.027	0.74	0.79	0.39

BRainAnalyzer の t test は、preTask:5[sec]と Task:10[sec]の差を検定。

右図は各チャンネルの[-5 18.0][sec]の範囲の HRF (HbO)図です。

以下の様に両者をそのアルゴリズムから比較すると GLM 法が加算平均法に比べ論理的と考えられます。



加算平均手法 : タスク前後でベースライン処理を行うため、ベースライン処理時の Pre/Recover/Post の設定時間に依存して波形は変化し、

特にタスク終了後の脳賦活はタスクにより異なるため Recover の設定が難しい。

GLM 法 : タスク時の脳賦活は、baseline, residual 脳賦活に関係なく線形で寄与するとの仮定に基づいている。

一般線形モデルの式 : $Y = X \cdot \beta + \epsilon$ ベータ値 : $\beta = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y$ により活動を求める。

(Yは測定された信号値、Xはデザインマトリクス、βは重み係数、εは測定誤差)。Xの作成時に用いる HRF 関数が結果に影響するが GLM function に拠りベースライン処理は考慮され、タスク終了後の脳賦活も HRF に反映できる。

今後、様々な実験デザイン(BlockDesign,EventRelated)で多数の被験者の測定を行い、両者を比較検証したい。

今回の測定にあたり OEG17(3x4W)を東海大灰田先生、栗田先生からお借りました。感謝申し上げます。

[1] <https://homer-fnirs.org/>

[2] Pinti, Frontiers,Jan.2019, Vol.12 505 [3] Huppert, Neurophotonics,Jan-Mar 2016 Vol.3