

# EQS 因子間における脳血流量のグレンジャー因果性に基づくネットワーク特性の比較 Comparison of network characteristic based on Granger causality of cerebral blood flow among EQS factors

長谷川孝太郎<sup>†</sup>  
Kotaro Hasegawa

浜田百合<sup>†</sup>  
Yuri Hamada.

栗原陽介<sup>†</sup>  
Yosuke Kurihara

## 1. 研究背景

情動知能(EQ)は対人関係において重要な役割を果たしている。例えば情動知能の高さは職場での成功の要因とされていたり[1, 2], ストレスや不安も軽減することができる[2]。また, 情動知能は EQS (Emotional intelligence scale) によって計測されている。EQS では, 自己対応, 対人対応, 状況対応の 3 項目があり, さらに各項目の下には対応因子 9 項目, 下位因子 21 項目で構成され, 全項目の得点を算出する。筆者らはこれまで EQS における対人対応能力の下位因子である共感性に着目し, 脳血流量におけるグレンジャー因果性に基づくネットワークの特性から共感性を推定する手法を提案してきた[3]。本研究では, EQS における対人対応およびその対応因子である共感性, 愛他心, 対人コントロール間において, グレンジャー因果性に基づくネットワークの特性を比較する。

## 2. 提案手法

本提案手法であるネットワークモデルを図 1 に示す。図 1 における左の部分を脳内モデル, 右側の部分を対人対応およびその対応因子推定モデルとする。

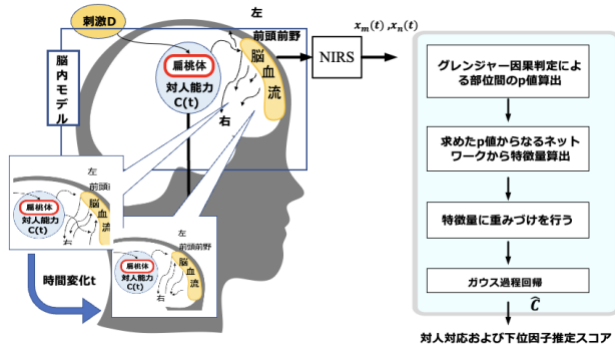


図 1 対人対応能力および対応因子伝播ネットワーク

本研究では, ヒトの脳活動の部位間の相互依存の関係は, 対人対応能力の大きさ  $C$  に影響を受け, 時間  $t$  によって変化すると考える。また, 相互依存関係は, 適度な刺激  $D$  により強調されるとする。ここで, 任意の部位  $m, n (= 1, 2, \dots, M, N)$  における脳血流量を  $x_m(t), x_n(t)$  とする。

他人対応能力推定モデルでは, 前頭前野において NIRS を用いて  $M$  チャンネル計測した脳血流量の離散時間信号

を  $x_m(t) (t = 1, 2, \dots, T)$  とする。ここでグレンジャー因果判定を行うために 2 つの観測信号,  $x_m(t), x_n(t) (m, n$  は任意のチャンネル) に対し, 以下の 2 つのモデルを考える。

グレンジャー因果性の判定においては, 任意の時刻  $t$  における  $x_m(t)$  にたいし,  $x_m(t)$  が,  $x_m(t)$  の過去の影響のみを受ける (1) 式によるモデルと,  $x_m(t)$  が,  $x_m(t)$  および  $x_n(t) (n \neq m)$  の過去の影響を受ける (2) 式によるモデルを考える。

$$x_m(t) = c_0 + a_1 x_m(t-1) + \dots + x_m(t-p) + r_m(t) \quad (1)$$

$$x_m(t) = c_0 + a_1 x_m(t-1) + \dots + a_p x_m(t-p) + b_1 x_n(t-1) + \dots + b_q x_n(t-q) + r_{mn}(t) \quad (2)$$

(1), (2) 式において  $c_0, a_1 \sim a_p, b_1 \sim b_q$  は各モデルの係数,  $p, q$  は  $x_m(t), x_n(t)$  の次数とする。また  $r_m(t), r_{mn}(t)$  は各モデルの誤差項である。 $x_m(t)$  にたいし各モデルへ最小二乗法を適用することで係数  $c_0, a_1 \sim a_p, b_1 \sim b_q$  および誤差  $r_m(t), r_{mn}(t)$  を求め,  $r_m(t), r_{mn}(t)$  における二乗和  $SSR_m, SSR_{mn}$  を求める。 $SSR_m, SSR_{mn}$  にたいし (3) 式より  $qF$  を算出する。

$$qF = \frac{SSR_m - SSR_{mn}}{\frac{SSR_{mn}}{N - (p + q) + 1}} \quad (3)$$

グレンジャー因果性の判定においては, 自由度  $q$  の  $\chi^2$  分布において,  $qF$  にたいする  $p$  値を求め,  $p$  値 < 有意水準  $\alpha$  であれば  $x_n(t)$  から  $x_m(t)$  へのグレンジャー因果性がありとなる。ここでは, グレンジャー因果判定のもとになる  $p$  値を依存確率とみなし, 部位  $n$  から  $m$  の依存確率  $Pr[m, n]$  を算出し, 各部位間の依存度  $R_{m,n} = Pr[m, n]$  とする。さらに, 各部位  $m$  ごとに以下のネットワーク特性  $S_m$  を定義する。

$$S_m = w_m \sum_{n=1}^N \log R_{m,n} \quad (4)$$

(4) 式における  $w_m$  は各部位  $m$  と依存度  $R_{m,n}$  における重みとする。

$S_m$  を説明変数としてガウス過程回帰を適用し, 推定値  $\hat{C}$  の算出を行う。目的変数は EQS アンケートから得られた各因子の得点とする。

## 3. 実験システム

本実験では安静時における脳血流量の変化を 30 秒間計

<sup>†</sup> 青山学院大学 理工学部 経営システム工学科  
Department of Industrial and Systems Engineering, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

測する. 各被験者には EQS への回答後, 30 秒間の安静状態および約 36 秒間の動画視聴による刺激  $D$  を与え, 脳血流量の計測を行う. 脳血流量は, 国際法 10-20 法における fpz 周辺において前頭前皮質にあたる 10 か所 ( $m=10$ ) を, ウェアラブル光トポグラフィ (WOT-100) を用いてサンプリング周波数 5Hz で計測する. 使用した NIRS における 7ch~16ch が, 部位  $m=1\sim 10$  に対応する. 被験者は 20 代 18 名 (男性 17 名, 女性 1 名) とし, 本実験は青山学院大学倫理審査委員会による倫理審査を受け, 承認を得たうえで行われた (承認番号 H21-004). 推定精度の評価として各被験者における各因子の得点の推定値  $\hat{C}$  とアンケートで得られた各因子における得点の真値の相関係数および, RMSE を用いる. また,  $x_m(t)$  の次数  $p$ ,  $x_n(t)$  の次数  $q$ , 重み  $w_m$  については, 遺伝的アルゴリズム (GA) により RMSE が低くなるように決定した.

#### 4. 結果と考察

遺伝的アルゴリズムによる探索の結果,  $p=7$ ,  $q=13$ , と なった. 重み  $w_m$  は表 1, 2 に示す.

表 1 重み  $w_m (m=1\sim 5)$

$m$	1	2	3	4	5
$w_m$	0.75	0.51	0.57	0.44	0.39

表 2 重み  $w_m (m=6\sim 10)$

$m$	6	7	8	9	10
$w_m$	0.22	0.86	0.61	0.57	0.54

表 3 各因子の相関係数と RMSE

	相関係数	RMSE
対人対応 (0~84 点)	0.74	9.36
共感性 (0~24 点)	0.60	4.01
愛他心 (0~24 点)	0.47	4.16
対人コントロール (0~36 点)	0.25	6.02

実験の結果, 対人対応能力の相関係数は 0.73, RMSE は 9.36 となった. 次に, 対人対応能力の 3 つの対応因子の結果を見 てみると, 共感性の相関係数は 0.60, RMSE は 4.01, 愛他心の相関係数は 0.47, RMSE は 4.16, 対人コントロールの相関係数は 0.25, RMSE は 6.02 となった. これらの相関係数においてい ずれも対人対応を上回るものがなかったことから, 対人対応能力における下位の対応因子になると推定精度が悪くなっていることがわかる.

次にネットワーク特性の違いを見るために特徴量として用いた, グレンジャー因果判定において得られた 1~10ch の  $p$  値とそれぞれのチャンネルにかかる重みから得られる特徴量  $S_m$  を推定精度が高い被験者 (ID9) と低い被験者 (ID13) に分けて表に示す. また, その被験者の対人対応, 共感性, 愛他心, 対人コントロールの真値と推定値の誤差を

表に示す.

表 4 各能力における真値と推定値との誤差

ID	対人対応	共感性	愛他心	対人コントロール
9	0.66	1.41	4.65	9.72
13	21.15	6.59	4.75	12.93

表 4 を見ると ID9 の被験者は対人対応能力の推定値と真値の誤差が 0.66 とかなり小さく, 共感性, 愛他心, 対人コントロールの誤差も低いことが分かる. 反対に ID13 の被験者はどの能力も誤差も大きくなっている.

表 5 ネットワーク特性  $S_m (m=1\sim 5)$

ID	$S_m$				
	$m=1$	$m=2$	$m=3$	$m=4$	$m=5$
9	-68.6	-69.2	-63.0	-70.56	-33.5
13	-137.8	-133.5	-96.5	-107.5	-62.3

表 6 ネットワーク特性  $S_m (m=6\sim 10)$

ID	$S_m$				
	$m=6$	$m=7$	$m=8$	$m=9$	$m=10$
9	-24.6	-41.1	-50.5	-63.4	-113.8
13	-40.1	-40.1	-107.8	-124.2	-92.7

表 5, 表 6 を見ると推定精度が高い ID9 に比べ, 推定精度が低い ID13 は  $m=1, 2, 9$  の特徴量が他の部位に比べて極端に低いことがわかる.  $m=1$  は頭の側頭部にあたり, 外部刺激などのノイズを強く受けている可能性が高く, その付近の特徴量が強調されてしまったため, 推定結果が悪くなってしまったのだと考えられる.

#### 5. むすび

本研究ではグレンジャー因果判定における  $p$  値から得られたネットワーク特性に対しガウス過程回帰を適用することによって EQS の対人対応能力とその対応因子を推定した. 結果, 相関係数は 0.74, RMSE は 9.36 となった.

#### 参考文献

- [1] Jeffery M. Conte : A review and critique of emotional intelligence measures, Journal of Organizational Behavior, pp. 433-440, 2005.
- [2] David R. Caruso, John D. Mayer & Peter Salovey : Relation of an Ability Measure of Emotional Intelligence to Personality, Journal of Personality Assessment, 79:2, pp. 306-320, 2002.
- [3] 長谷川孝太郎, 浜田百合, 栗原陽介: 脳血流量に基づくグレンジャー因果を用いた共感性伝播ネットワークの構築による共感性推定手法の提案, 情報科学技術フォーラム講演論文集, pp. 489-490, 2022.