

金融実務応用を視野に入れた最も効率的な生体情報のマルチモーダル測定について

樋口 稚菜[†] 宮川 和大[‡] 下川 哲矢[§]

東京理科大学経営学研究科[†] 東京理科大学経営学研究科[‡] 東京理科大学経営学部ビジネスエコノミクス学科[§]

1. はじめに

近年の脳科学の発展は、人々の報酬予測やリスク反応について多くの知見をもたらした。^[1] この分野では、生体情報のマルチモーダル計測が、精度を飛躍的に高める方策として主流になりつつあり各モダリティの関係性に関して様々な研究が為されている。^{[2][3]}

一般に、モダリティにより得られた生体情報を分析に用いる際、何ら加工を施さない生データの状態で予測等に有用な情報を得ることは困難であるため様々なフィルターの適用や変換が行われる。^{[4][5][6][7][8][9][10][11][12]} 具体例を挙げると脳電位の周波数測定では様々な遮断特性を持つフィルター(TC, LPF, HF 等)が存在し、ターゲットとしたい変動に応じて選択を行う。

しかしながら、これらの処理は状況に応じて多様なフィルターや特徴量の中からその時々に適したものを探索する必要がある点や、評価手法が具体的に定まっているとは言い難いモダリティが存在する点から、分析者の経験的な技量や研究環境に大きく依存する。^[4] そのため、最終的に得られる結果にも分析者の恣意性が介入する余地を残す。

本研究の目的は人々の意思決定予測に有効な生体情報の組み合わせを探求することであるが、上記のような分析者の恣意性を排除するためにフィルターの処理や特徴量の選択を極力取り除き、多層ニューラルネットワークによるフィルタリングを用いて検証を行う。特に本稿では金融実務への応用を目指し、連続型投資課題中に計測された被験者の生体反応を利用し、投資率と生体情報の対応関係の検証から投資行動分析に最も有効なモダリティの組み合わせを明らかにする。より具体的には、連続型投資課題実施時に計測された各種モダリティによる生体情報(fNirs, EEG, ECG, Eyeblinc, SCR, BVP)を用い、同意が得られると考えられる最低限の前処理を施した時系列データを、多層ニューラルネットワークに投入することで、最適なフィルターを探索させた。

Most efficiency multimodality measurement of biological information with a view to application to financial practice

[†]Wakana Higuchi · Tokyo University of Science

[‡]Kazuhiro Miyagawa · Tokyo University of Science

[§]Tetsuya Shimokawa · Tokyo University of Science

2. 分析手法

2-1 連続型投資課題について

分析に際して、はじめに連続型投資課題に関して説明を行う。実験の開始時に被験者に総資産として100万円を付与し、提示された株式投資画面及び未実現利益や実現利益といった情報を参考にしながら株式投資比率を決定し仮想的な資産運用を行うものである。(Figure1) この実験においては株式価格の提示と同時に被験者の生体情報(fNirs, EEG, ECG, Eyeblinc, SCR, BVP)を取得する。本分析においては株価の更新回数及び生体情報の取得回数は100期間分である。尚、本実験のインセンティブは実験への参加料と実験の出来高で支給した。尚、被験者に提示した実験画面の例を図1に示す。

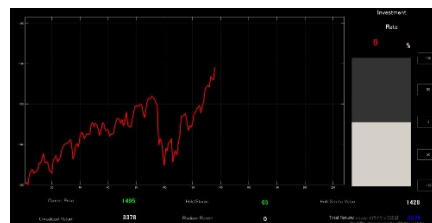


図1 連続投資課題のGUI

2-2 分析

前項で述べたように本分析の終着点は、投資行動分析に最も有効な生体測定機器の組み合わせを明らかにすることである。これに際し以下のような前処理を行い計58種類の前処理後データを作成した。各モダリティの計測及び前処理の詳細は以下に記載する。(表1)

モダリティ略称	Hz(数)	Ch(数)	前処理	利用方法	備考(測定法,Chの詳細)
fNirs	60	2	最初の期の最初のデータで正規化した時系列データ	2Chもしくは各Chごとの全データ	1ch:背外側前頭前野 2ch:眼窩野
			各期の最初のデータで正規化した時系列データ		
			最初の期の最初のデータで正規化した時系列データ		
			各期の最初のデータで正規化した時系列データ		
EEG	224	8	全ての脳波の加重平均を基準として正規化	全Chもしくは各Chの全データ	拡張10-20電極法(正中線) 1ch:Fz 2ch:Cz 3ch:C3 4ch:C4 5ch:C5 6ch:Pz 7ch:O1 8ch:O2
			各期の脳波の加重平均を基準として正規化		
			全ての脳波の加重平均を基準として正規化		
			各期の脳波の加重平均を基準として正規化		
ECG	256	1	フーリエ変換で求めたパワースペクトラム	各期のパワースペクトルデータ	
SCR	256	1	ピーク点の時系列データ	ピーク振幅の時刻及び振幅高	
Eyeblinc	256	1	ピーク点の時系列データ	ピーク振幅の時刻及び振幅高	電極法
BVP	256	1	ストレス刺激負荷時BVP-ベースライン時BVP	全データ	
			ベースライン時BVP/ストレス刺激負荷時BVP		
			ストレス刺激負荷時BVP-ベースライン時BVP		
			ベースライン時BVP/ストレス刺激負荷時BVP		

表1 モダリティと前処理の詳細

上記の処理より得られたそれぞれの前処理後データを学習データに加え、被験者 64 名毎の実験データを多層ニューラルネットワークで分析した。なおニューラルネットワーク各層の設定は以下の通りである。

入力層, 中間層: 40, 30, 20 の 3 層型(入力提示された価格列と各生体情報を結合した行列)

出力層: ソフトマックス関数(出力は多く買う, 買う, 売買無し, 売る, 多く売の 5 段階)

ニューラルネットワークの評価は被験者の意思決定による投資率の予測精度であるが, 具体的には, 5 段階の confusion matrix を用いて行った。また予測精度のベンチマークとして, 生体情報を含まない価格列のみの学習データを作成した。各予測精度の算出結果から, 価格列のみでの学習データから得られた予測精度を減算し, 各モダリティの生体データによる向上率を算出した。

3. 結果

各モダリティにおける予測精度の向上率を以下に記す。尚, 予測精度の最も良い前処理データの精度を当該モダリティの指標とする。

モダリティ略称	最も効果的な前処理での Accuracy の向上率 (被験者平均)	前処理手法&使用データ
fNirs	18.16%	最初の期の最初のデータで正規化した時系列データ、2チャンネルの全データ
EEG	39.66%	全ての脳波の加重平均を基準として正規化、全チャンネルの全データ
ECG	3.81%	フーリエ変換で求めたパワースペクトラム、各期のパワースペクトルデータ
SCR	4.52%	ピーク点の時系列データ、ピーク振幅の時刻及び振幅高
Eyeblinc	6.27%	ピーク点の時系列データ、ピーク振幅の時刻及び振幅高
BVP	37.45%	ストレス刺激負荷時BVP-ベースライン時BVP、全データ

表 2 各モダリティの予測精度の向上率

被験者全体を通して, 予測精度の向上率が特に高かったのは EEG(224Hz) 及び BVP(256Hz) であった。(表 2) どちらも前処理による違いはほとんど見られず, EEG においては, Hz 数を減らして分析を行った場合は上記のような向上は認められなかった。また以前に投資経験のある被験者はこれらの向上率が投資経験のない被験者と比較して約 2% 近くが高かった。

上記の結果から 5% を閾値として, 閾値以上の向上率を持つ fNirs, EEG, Eyeblinc, BVP の 4 つについて組み合わせを作成し検証した。

	モダリティの組み合わせ	Accuracy の向上率 (被験者平均)
1	fNirs+EEG	19.45%
2	fNirs+Eyeblinc	21.18%
3	fNirs+BVP	35.11%
4	EEG+Eyeblinc	36.63%
5	EEG+BVP	38.31%
6	Eyeblinc+BVP	38.02%
7	fNirs+EEG+Eyeblinc	33.22%
8	fNirs+EEG+BVP	31.35%
9	fNirs+Eyeblinc+BVP	34.31%
10	EEG+Eyeblinc+BVP	38.72%
11	fNirs+EEG+Eyeblinc+BVP	34.32%

表 3 複数モダリティでの予測精度の向上率

単一でも高い向上率を示した EEG と BVP が含まれる 5, 10 の結果が効率的と推測できる。注目すべき点は 10 には単一での向上率は特筆して高くない Eyeblinc が向上率に貢献している点である。

4. おわりに

本稿において深層学習を用いた投資率のトレースにおいては, EEG, Eyeblinc, BVP の組み合わせが最も有効であることを導いた。しかし, モダリティの特性として刺激を提示した後の反応の発現に要する時間が異なる点に関しては現時点では十分に組み込めていないと考える。効果の発現まで時差の発生する計測機器の考慮や, 計算時間短縮のためのモダリティの使用データの省略がどこまで可能であるかは更に検討する必要がある。

主要参考文献

- [1] Lo, A. and Repin, D.: The Psychophysiology of Real-Time Financial Risk Processing, Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 14, No. 3, pp. 323-339 (2002)
- [2] Edlinger and C. Guger. Correlation Changes of EEG and ECG after Fast Cable Car Ascents. G. Proceeding to the Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEEEMBS 2005. 27th Annual International Conference. Shanghai, 5540 - 5543
- [3] Determination of relationship patterns in EEG and BVP signals using the K2 learning algorithm Article (PDF Available) in Il Ponte 72(3) · March 2016
- [4] 宮田 洋(1998)『新生理心理学』1, 2, 3 巻 藤澤 清, 柿木 昇治, 山崎 勝男編集, 北大路書房
- [5] 堀 忠雄(2008)『生理心理学—人間の行動を生理指標で測る (心理学の世界 基礎編)』培風館
- [6] 入野 宏(2005)『心理学のための事象関連電位ガイドブック』北大路書房