

1 はじめに

ブレインマシンインターフェース (BMI) は脳波などの脳情報を利用して、脳と機械を繋ぐ技術である。Schirmester らの研究 [1] 以降、CNN がその分類性能の高さから脳波 BMI のための脳波分類手法として注目を集めている。ところが、CNN による脳波分類は、リアルタイムシステムで利用する場合、脳波の変化への追従性能が低くなる。なぜなら、一般的な脳波分類の CNN は時間軸方向の入力信号長が長いいため、ユーザが想起クラスを変化させてから CNN の入力の大半が想起クラス変化後の脳波となるまでに時間が必要だからである。なお、この遅延を緩和するために入力信号長を短くすると、通常時の分類性能が低くなる。本研究では、トレードオフの関係にある通常時の分類性能と脳波の変化に対する追従性能を両立するために、入力信号長の異なる CNN をブレンドする脳波分類手法を提案する。

2 入力信号長の異なる CNN のブレンド

提案手法で使われているブレンドとは、複数の分類器の出力に対する平均の算出や、多数決により、最終的な出力を得る手法である。筆者が行った予備実験により、入力信号長の長い CNN ほど分類性能が高いことが確認された。また、前述の通り入力信号長の短い CNN ほど脳波の変化に対する追従性能が高い。よって、入力信号長の異なる CNN をブレンドすることで入力信号長が短い CNN と長い CNN の中間的な性能のブレンド分類器が得られると期待できる。

提案手法の性能を評価するために、次のような実験を行った。まず、時間軸方向の入力信号長が 90, 128, 180 ([サンプル]) の CNN 分類器を複数生成して、後述の学習用脳波データで学習させた。次に、途中で想起クラスが変化するテスト用脳波データに対して、各 CNN でクラス推定を行った。さらに、各 CNN の推定結果を表 1 の 5 つのブレンド条件でブレンドを行った。最後に、テスト用脳波データを想起クラス変化前 (フェーズ 1)、想起クラス遷移時 (フェーズ 2)、想起クラス変化後 (フェーズ 3) の 3 つのフェーズに分けて、フェーズ毎に各ブレンド条件におけるクラス推定の正答率を集計した。なお、脳波計測には、Emotiv 社の脳波計である Flex Gel Kit を使用した。学習用脳波データは、想起クラスが右手の開閉動作の想起と左手の開閉動作の想起の 2 クラスあり、クロップにより各 CNN 毎の入力信号長と同じ長さのデータを複数切り出した後、Wasserstein GAN Gradient Penalty を用いて、データ拡張を行った。

結果は、図 1 のようになった。提案手法 (ブレンド

表 1: ブレンド条件

ブレンド条件	ブレンドに含まれる各入力信号長の CNN 分類器の数		
	90	128	180
A	6	0	0
B	0	6	0
C	0	0	6
D	2	2	2
E	3	2	1

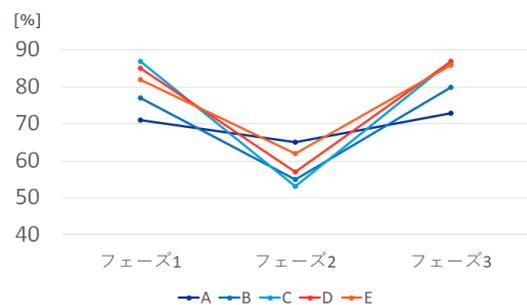


図 1: 各フェーズ毎の正答率 (同一被験者条件)

条件 D, E) は入力信号長の短い CNN のブレンド (A) よりもフェーズ 1, 3 での正答率が高く (通常時の分類性能が高く)、入力信号長が長い CNN のブレンド (C) よりもフェーズ 2 での正答率が高い (脳波の変化に対する追従性能が高い) ことが分かる。すなわち、提案手法は入力信号長が長い CNN の性能とそれが短い CNN の性能の中間的な性能を示すといえる。さらに、提案手法は、通常時の分類性能と脳波の変化に対する追従性能の両方の観点で、入力信号長が中程度の CNN のブレンド (B) より優れていることが分かる。1 人の被験者の脳波データのみを使う場合 (同一被験者条件) と、複数の被験者のデータを使う場合 (不同被験者条件) の両方で実験を行ったが、同様の傾向が不同被験者条件下でも見られた。

3 むすび

本研究では、BMI のための脳波変化に鋭敏な脳波分類の実現を目標として、入力信号長の異なる CNN のブレンドを提案した。そして、被験者実験により提案手法が有効であることが確認できた。今後はより使い勝手の良い脳波 BMI のための脳波分類器の実現を目指して、動的にブレンドの割合を変える手法についても検討していきたい。

参考文献

- [1] R. T. Schirmester, J. T. Springenberg, L. D. J. Fiederer, M. Glasstetter, K. Eggenberger, M. Tangermann, F. Hutter, W. Burgard, and T. Ball, "Deep learning with convolutional neural networks for EEG Decoding and visualization," *Human Brain Mapping*, vol.38, no.11, pp.5391-5420, August 2017