

平成 26 年 6 月 30 日現在

機関番号：17104
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2011～2013
課題番号：23500151
研究課題名(和文)サイレントスピーチBCI

研究課題名(英文)Silent speech BCI

研究代表者

山崎 敏正 (YAMAZAKI, TOSHIMASA)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：50392163

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：サイレントスピーチBCIとして、以下の2つのフェーズから成る仕組みを提案した。発話時の脳波と音声信号を計測した。脳波BP成分にICAとECDLを適用し、ダイポールが主にBroca野に定位された独立成分を抽出し、音声信号をスペクトログラムに変換した。抽出された独立成分とスペクトログラムの関係をKalman Filterで学習した。サイレントスピーチ時に計測された脳波をKalman Filterに入力し、スペクトログラムを推定した。その結果、被験者10名で脳波のみからサイレントジャンケンを正しく認識出来た。更に、HMMを利用することで、母音の推移が同じ"はる"と"なつ"を識別出来た。

研究成果の概要(英文)：A new silent speech BCI was proposed using both EEGs scalp-recorded and speech signals measured during overtly and covertly speaking "janken" and "season" in Japanese. The framework consists of two phases. The first phase specifies a Kalman filter (KF) using both spectrograms of the speech signals and independent components of the EEGs recorded during the actual speech task. In case of the "season" task, speech signals were transformed into vowel and/or consonant sequences, and these relations were learned by HMM. The second one predicts spectrograms for the silent "janken" and "season" by the KF with the EEGs during the silent speech tasks. For the silent "season", the predicted spectrograms were inputted to the HMM. The present results demonstrate that when using the Kalman filter with the ICs whose dipole solutions are localized to mainly the Broca's area, the silent "jankens" are all correctly predicted for ten healthy subjects, and the "spring"- and "summer"-HMMs worked well.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：人間情報学・ヒューマンインタフェース・インタラクション

キーワード：サイレントスピーチ BCI 脳波 BP ICA ECDL Broca野 HMM

1. 研究開始当初の背景

脳波を利用した BCI の従来研究はそのほとんどがタスクとして動作イメージを利用しており、タスクが困難であるため、膨大な訓練時間を要する問題があった。動作イメージに代わるタスクとして、ユーザにとって容易で自然な「サイレントスピーチ」に注目した。

2. 研究の目的

脳波を利用した新たな BCI として、サイレントスピーチを利用した BCI (以後、SSBCI と略す) を提案し、性能を実証する。

3. 研究の方法

本 SSBCI は 2 つのフェーズ (learning phase と decoding phase) から成る。Learning phase では、被験者は、ディスプレイ上に提示されたジャンケンの手の形の線画に従い、「グー」、「パー」、「チョキ」のいずれかを声に出して言う。この時、マイクロホンを利用して音声信号を計測し、一方で 13-ch single-trial EEGs (脳波) を計測する。計測された音声信号は spectrogram に変換し、脳波信号は、ICA で独立成分に分解し、ECDL により Broca 野、SMA、運動前野にダイポールが推定された独立成分を抽出し、spectrogram と抽出された独立成分の関係を Kalman Filter で記述した。Decoding phase では、被験者は「グー」、「パー」、「チョキ」のいずれかをサイレントスピーチし、この時の脳波に ICA、ECDL を適用し、Broca 野、SMA、運動前野にダイポールが推定された独立成分を抽出した。抽出された独立成分を、learning phase で得られた Kalman Filter に入力し、サイレントスピーチ時の spectrogram を推定し、F1-F2 平面にプロットすることで、「グー」、「パー」、「チョキ」のいずれをサイレントスピーチしたのか予想した。更に、サイレントシーズン (「はる」、「なつ」、「あき」、「ふゆ」) の場合にも、上記 2 フェーズを試みた。図 1 に実験装置構成を、図 2 にディスプレイに表示される視覚刺激と計測される脳波データ音声信号データの時間関係を示した。

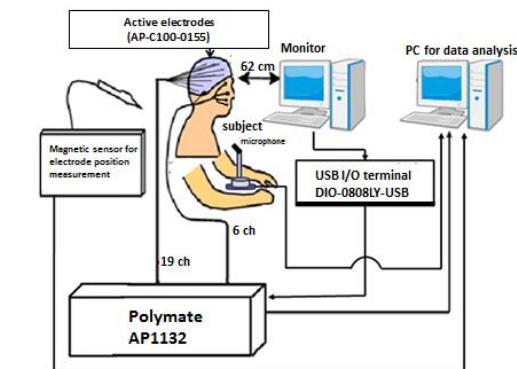


図 1 実験装置構成

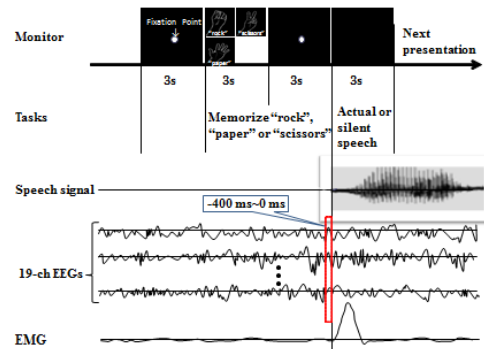


図 2 ディスプレイに表示される視覚刺激と計測される脳波データ音声信号データの時間関係

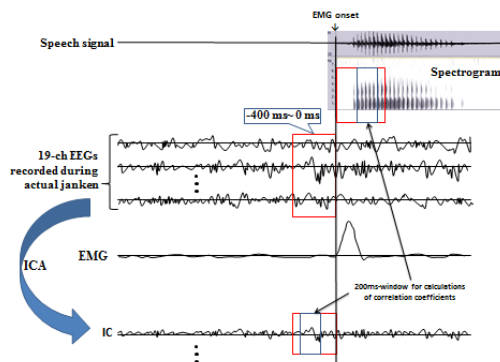


図 3 Learning phase

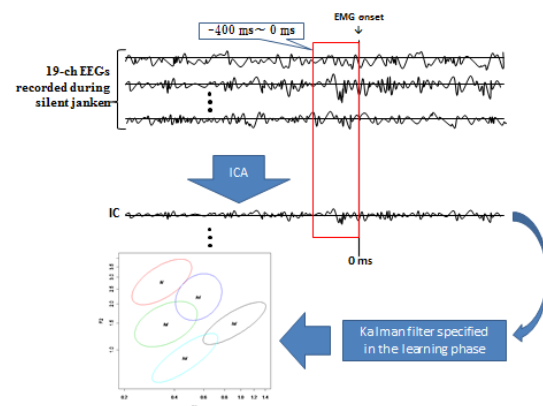


図 4 Decoding phase

また、図 3 と図 4 に、それぞれ、learning phase と decoding phase の手順を図示化した。

4. 研究成果

(1) サイレントジャンケンの結果

図 5 はある被験者の confusion matrix を示している。対角成分は正しく認識されており、その他の成分は認識されておらず、本手法の高性能が実証された。また、他の被験者 9 名についても同様の結果を得た。

(2) サイレントシーズンの結果

「はる」と「なつ」に限定してデータ解析

を試みた。Learning phase で構築された「はる」-HMM の対数尤度値は、サイレント「なつ」よりもサイレント「はる」で高く、「なつ」-HMM の対数尤度値も、サイレント「はる」よりもサイレント「なつ」の方が高かった。従って、「はる」と「なつ」を正しく識別出来ることが実証された。

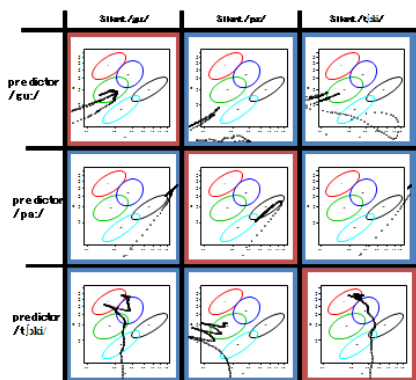


図5 ある被験者の confusion matrix

(2) サイレントシーズンの結果

「はる」と「なつ」に限定してデータ解析を試みた。Learning phase で構築された「はる」-HMM の対数尤度値は、サイレント「なつ」よりもサイレント「はる」で高く、「なつ」-HMM の対数尤度値も、サイレント「はる」よりもサイレント「なつ」の方が高かった。従って、「はる」と「なつ」を正しく識別出来ることが実証された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

① T. Yamanoi, Y. Tanaka, M. Ohtsuki, S. Ohnishi, T. Yamazaki and M. Sugeno, Spatiotemporal human brain activities on recalling names of body parts, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.17, No.3, 2013, pp. 386-391. 査読有

② K. Kinoshita, T. Yamaguchi, H. Uno, Y. Nishihara, M. Maeda and K. Inoue, EEG pattern recognition based on frequency analysis during imaging and gazing tasks, Proc. of the 43rd ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp. 338-343, 2013 年 5 月 査読有

③ T. Yamaguchi, K. Seita, M. Fujio and K. Inoue, Morphological redundant Wavelet analysis of vocal signal, ICIC Express Letter, Vol.6, No.4, April 2012, pp. 983-989. 査読有

〔学会発表〕(計 43 件)

①山ノ井、田中、豊島、山崎、大槻、電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会、2013 年 7 月 19 日～20 日、徳島大学

② T. Yamazaki et al., A new single-trial-EEG-based BCI using silent speech tasks, NEUROSCIENCE 2012, Oct.13-17, New Orleans. 査読有

③井上勝裕、脳波のモルフォロジカル・ウェーブレット解析、第 5 回ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ、2012 年 10 月 9 日～10 日、豊橋市(招待講演)

④ Y. Tanaka, M. Hirata, T. Yamanoi, H. Toyoshima, M. Ohtsuki and T. Yamazaki, Spatiotemporal localization and comparison of brain activity on recalling one type of Kanji homophones, 第 27 回生体・生理工学シンポジウム講演論文集、pp.245-248, 2012 年 9 月 19 日～21 日、札幌

⑤田中、山ノ井、大槻、豊島、大西、山崎、身体部位名称想起時における脳内活動部位の時空間推定、第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、pp.932-935, 2012 年 9 月 12 日～14 日、名工大

⑥田中、山ノ井、大槻、豊島、大西、山崎、身体部位名称想起時における脳内活動部位について、第 22 回ソフトサイエンス・ワークショップ講演論文集、pp.27-28, 2012 年 3 月 9 日～10 日、専修大

〔図書〕(計 1 件)

① T. Yamazaki et al., Equivalent-Current-Dipole-Source-Localization-Based BCIs with Motor Imagery, In: Brain-Computer Interface Systems-Recent Progress and Future Prospects (Ed. Reza Fazel-Rezai), Pp. 155-174, INTECH, 2013. 査読有

〔産業財産権〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎敏正 (YAMAZAKI TOSHIMASA)
九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授
研究者番号：50392163

(2) 研究分担者

井上勝裕 (INOUE KATSUHIRO)
九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授
研究者番号：00150516

前田誠 (MAEDA MATOKO)
九州工業大学・大学院情報工学研究院・助
教
研究者番号： 00274556