

令和 3 年 5 月 13 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19820

研究課題名（和文）言語脳神経活動の解析に基づく発話障がい者のコミュニケーション支援技術の基礎研究

研究課題名（英文）Basic research on communication support technology for persons with speech disabilities based on analysis of cranial nerves for speech and language

研究代表者

滝口 哲也（Takiguchi, Tetsuya）

神戸大学・都市安全研究センター・教授

研究者番号：40397815

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では音声言語に関する脳神経活動の解析として、2つの項目について研究を遂行した。(1) 音声想起時の脳磁界データ識別では、音声想起に伴う脳信号の微弱さ、学習データの少なさに対する特徴量の次元数の膨大さを克服するため、識別的なチャンネル（次元）選択を行うことを目的としたニューラルネットワークを実装した。(2) 印象関連脳活動の抽出では、空間フィルタを利用して印象の程度により変化する脳活動を反映する特徴量の抽出を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、身体障がい者のコミュニケーション支援を目的として、音声認識や行動認識が用いられている。しかし、発話や身振りを使ったコミュニケーション手段を用いることが困難な身体障がい者も存在する。本研究期間に於いて、音声画像信号解析のみならず、脳神経計測による生理学的側面に注目した音声想起（意図理解）の研究を行った。得られた音声言語脳神経活動に関する解析結果はブレイン・コンピュータ・インターフェイスの実現にも資する成果である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on two subjects with respect to analysis of human brain activity for speech and language. (1) For analyzing auditory speech sound imagery, we employed squeeze-and-excitation networks, in order to select discriminative channels from time-frequency features with multiple channels. (2) For analyzing brain cortical activities related to auditory impressions, we improved the method of brain feature extraction based on common spatial pattern filters.

研究分野：総合領域

キーワード：ヒューマン・インターフェイス

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、「音」を聴覚的にイメージ(想起)する際の脳活動の推定の試みがなされている。例えば、M. Bourguignon, R. Hari (Aalto University)らは、音声刺激によって誘発される聴覚野活動と音声刺激間には、ある程度の相関があると報告している。しかしながら、単語などの言語の音声想起に関しては測定も難しく、計算機を用いた意図理解に関する調査研究は十分に行われていない。

本研究代表者は、全頭型脳磁界計測システム(MEG)を用いて3単語の音声想起時の脳活動計測を行い、これまでの結果より(ある被験者は)右聴覚野周辺の連合野に活動源が見られた。しかし被験者間におけるばらつきも存在し多くの課題が残されており、本研究において音声言語に関する脳活動計測データに対して機械学習法を用いて解析を行う。本研究は、超高齢社会における高齢者の脳梗塞などによる発話障がいにも適用可能であり、超高齢社会において様々な人に資する技術である。

### 2. 研究の目的

これまで本研究代表者は、音声・画像解析による発話障がい者のコミュニケーション支援技術の研究を行い、同分野の研究を活発に進めている。しかしながら発話障がい者の発話は、発声音素が欠落するなど、非常に聞き取りが困難であり、かつ手足に麻痺などがあると動作入力も困難となり、音声・画像信号だけではコミュニケーション困難なことがある。しかし頭脳では「何を発話するかは、明確な意図」があり、その意図を抽出することができれば、コミュニケーション促進が期待できる。そこで本研究課題にて、音声画像信号解析のみならず、脳神経計測による生理学的側面に注目した音声想起(意図理解)などの音声言語脳神経活動の解析を行う。

### 3. 研究の方法

#### (1) 音声想起などの音声言語脳活動計測及びパターン識別

音声を頭のなかで想起することによって誘発された脳活動の計測を行う。誘発脳活動は他の生体活動よりも弱く観測が難しい。脳磁界計測システムにより計測されたデータに対して機械学習法を用いて、識別に有効な時間(潜時)、位置(活動源)の解析や、識別に有効な特徴量抽出などを行う。

#### (2) 脳磁界計測を用いた聴感印象解析

音の聴感印象を対象として、脳磁界から抽出した脳活動特徴量をもとに、機械学習を用いて音の聴感印象の尺度値を推定する印象予測モデルを構築し、より頑健な音の印象評価指標の構築、および印象と関連のある脳活動の抽出を行う。

### 4. 研究成果

本研究で得られた主な5つの研究成果は以下のとおりである。

#### (1) 音声明瞭度に関連した脳磁界反応の時空間特徴量

音声明瞭度に特異的な脳活動特徴を得るために、明瞭度試験と脳磁界計測を行い、知覚する音声の明瞭度に関連した活動源の推定を行った。右半球の知覚性言語野に対応する領域において、言語情報を処理する活動が行われている可能性が示唆された。

#### (2) 脳磁界計測を用いた聴感印象解析

脳磁界計測を用いた音の印象予測モデルの予測精度を改善するために、比較判断までの反応時間に基づいて判断の信頼度を示す重みを算出し、その重みをモデルの学習に取り入れる手法を提案した。実際の反応時間の例として、右図に音提示後の被験者の反応時間のヒストグラムを示す。この計測における反応時間の平均は616ms、標準偏差は374msであった。多くのボタン入力が1000ms以内にされている一方で、入力までに2000ms以上かかっている場合もあったことがわかる。提案法により、モデル学習時に反応時間が長く信頼性が低いと考えられる判断や試行の影響を小さくすることができる。

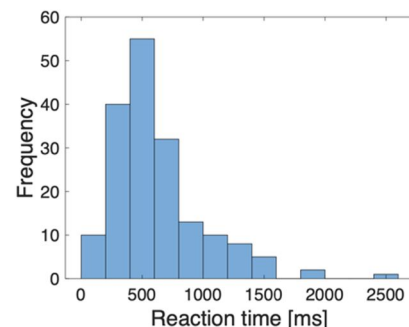


図. 音の印象評価時の被験者の反応時間

#### (3) 畳み込みニューラルネットワークを用いた音声想起時の識別的特徴量

脳磁界データにおける音声想起に伴う信号の微弱さ、学習データの少なさに対する特徴量の次元数の膨大さを克服するため、識別的なチャンネル選択を行うことを目的として、Squeeze-and-Excitation Networks (SENet)を組み込んだ畳み込みニューラルネットワークを実装した(下図)。本実験では、畳み込みニューラルネットワークの入力データには36チャンネルのウェーブレット特徴量を用いて、出力には3単語タスクに対応する1 hot ベクトルが得られる。

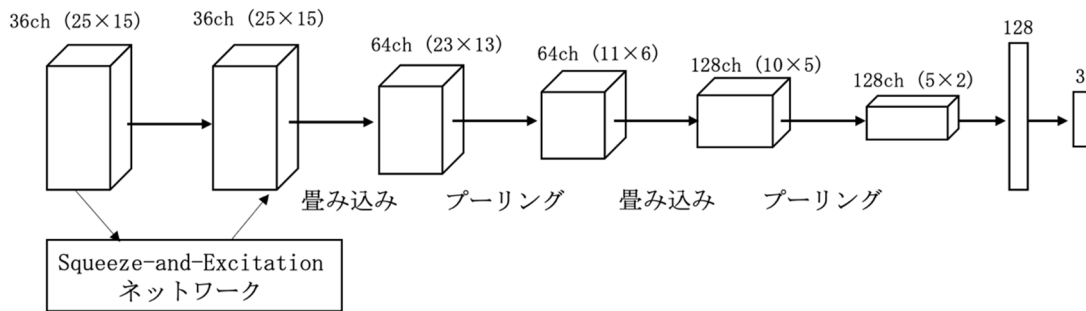


図. 識別的なチャンネル選択可能な SENets を組み込んだ畳み込みニューラルネットワーク

本提案手法では、畳み込みニューラルネットワークの入力層と畳み込み層の間に、Squeeze-and-Excitation Networks (SENet)を組み込んでいる。これにより、入力特徴量に対し各チャンネルを均等に出力せず、識別に重要なチャンネルに適応的に重みをかけることが可能となる。

音声想起の機械学習による分類結果を右図に示す。SVM は従来の機械学習法の一つである Support Vector Machine による結果、CNN は畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional

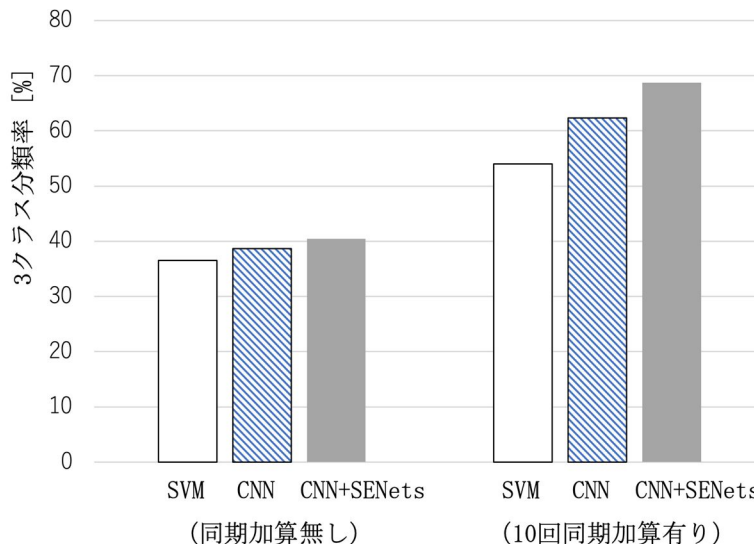


図. 音声想起の分類結果

Neural Networks: CNN) のみによる結果、CNN+SENet が提案手法による結果となる。評価実験の結果、提案手法における識別率は従来手法の識別率を上回り、この傾向は同期加算により雑音除去を施した波形においてより顕著に現れた。このことから、SENet によりチャンネルに適応的な重み付けが行われ、音声想起時の脳磁界データの識別に有効に作用していると言える。

#### (4) 聴感印象推定のための脳活動特徴量抽出

脳活動計測に基づく印象予測モデルの精度を向上させるため、異なる脳領域間の機能的結合の指標に基づく特徴量を検討した。すべてのチャンネル間の機能的結合からなるテンソルを、2つのチャンネル方向について対称な低ランクテンソルで近似し、周波数帯域・大脳皮質全体にわたる結合を表現する低次元の特徴を抽出した。音の聴感印象評価時の脳磁界データから予測モデルを学習・評価した結果、被験者によっては機能的結合に基づく特徴量を用いた場合に最も高い予測精度を示し、機能的結合の情報が印象予測に有効である可能性が示唆された。

#### (5) 空間フィルタによる印象関連脳活動の抽出

印象予測モデルの精度を向上させるため、CSP (Common Spatial Pattern) を利用して印象の程度によって変化する脳活動を反映する特徴量の抽出を試みた。比較判断の直前に聴取した刺激音に対する脳活動の特徴量から一対比較判断の予測を行った結果、CSP 特徴量を用いた場合に他の特徴量と比較して高い正解率を示した。さらに CSP の空間パターンを調べることで、印象の程度によって変化する脳活動を同定できる可能性を示した。

CSP 特徴量の空間パターンを元に計算した磁界パターンの例を右図に示す。脳活動の帯域は 50-70Hz 帯域で、左前頭と右後頭付近に磁界の吸い込みと湧き出しのパターンが見られることから、左前頭と右後頭と同帯域の活動が音の印象に関連している可能性が考えられる。

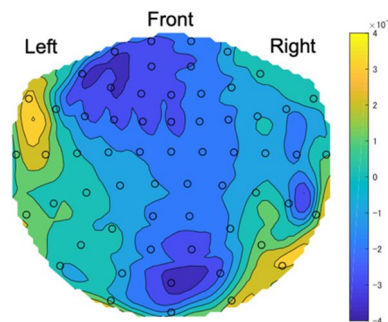


図. CSP 特徴量の空間パターンから計算した磁界パターン

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hajime Yano, Tetsuya Takiguchi, Seiji Nakagawa
2. 発表標題 Cortical Patterns for Prediction of Subjective Preference Induced by Chords
3. 学会等名 IEEE EMBC (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野 彩緒里, 高島 遼一, 滝口 哲也, 有木 康雄, 添田 喜治, 中川 誠司
2. 発表標題 Convolutional Neural Networks を用いた音声想起時の脳磁界データにおける識別的特徴量の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢野 肇, 高島 遼一, 滝口 哲也, 中川 誠司
2. 発表標題 聴感印象推定のための脳活動特徴量抽出 - テンソル分解による機能的結合の低ランク表現の検討 -
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢野 肇, 高島 遼一, 滝口 哲也, 神谷 勝, 中川 誠司
2. 発表標題 空間フィルタによる印象関連脳活動の抽出の試み
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野 彩緒里, 高島 遼一, 滝口 哲也, 有木 康雄, 添田 喜治, 中川 誠司
2. 発表標題 脳磁界データによる音声の識別－想起時と聴取時の比較－
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野 肇, 滝口 哲也, 神谷 勝, 中川 誠司
2. 発表標題 脳磁界計測を用いた聴感印象推定の試み 比較判断の重み付けによる精度向上の検討
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嵯峨 直樹, 矢野 肇, 滝口 哲也, 添田 喜治, 中川 誠司
2. 発表標題 音声明瞭度に関連した脳磁界反応の時空間特徴量
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

home page <a href="http://www.me.cs.scitec.kobe-u.ac.jp/~takigu">http://www.me.cs.scitec.kobe-u.ac.jp/~takigu</a> 神戸大学研究者紹介システム <a href="https://kuid-rm-web.ofc.kobe-u.ac.jp">https://kuid-rm-web.ofc.kobe-u.ac.jp</a>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	中川 誠司  (Nakagawa Seiji)  (70357614)	千葉大学・フロンティア医工学センター・教授    (12501)	
連携研究者	山本 暁生  (Yamamoto Akio)  (30758842)	神戸大学・保健学研究科・助教    (14501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関