

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：13302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11883

研究課題名（和文）脳波と眼球運動を用いた音声生成と知覚の神経メカニズムに関する研究

研究課題名（英文）A study on the neural mechanisms of speech production and perception using EEG and eye-movement

研究代表者

党 建武（Dang, Jianwu）

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・名誉教授

研究者番号：80334796

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、EEG、眼球運動および音声信号を用い、文の朗読と聴取時の脳ネットワークの動的特性を探った。その結果、前頭前野、前頭葉、及び下前頭葉を含むいくつかの高次認知と言語野におけるトップダウンのプロセスを確認した。高度な認知および言語ネットワークは、早期活性化し、下位の視覚運動システムとの頻繁な相互作用で検出され、文構造と同調されて並行および反復的な相互作用が見られた。連続音声の理解と無意味文の聴取では、脳ネットワークの活動は明らかに異なっている。また、深層学習方法の非線形性を利用して脳の活動を細かく分析することが可能である。それらの結果を基に音声生成と理解の神経モデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当面人工知能は知覚知能から認知知能へ発展する段階になっており、音声理解や認知に関する神経学メカニズムの究明はその重要な一環である。本研究はEEGを用いて自然音声の発話と知覚における脳活動を全時間帯域で計測し、連続音声の発話計画、聴覚処理および語彙理解などの複数の脳活動について時間、周波数及び空間上で分析して、これまでにない知見を得た上、従来の二重経路モデルや階層モデルなど音声処理神経モデルに比べ、より精密なモデルを構築した。本研究は、音声理解や認知の側面から人工知能のさらなる発展に大きな貢献があり、言語障害の神経学的な評価やリハビリなどの研究分野へも貢献をもたらすことが期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we used EEG, eye movement, and speech signals to explore the dynamic characteristics of brain networks during reading and listening to sentences. As a result, we identified top-down processes in several higher cognitive and language areas, including the prefrontal, frontal, and inferior frontal lobes. Higher cognitive and verbal networks were detected with early activation, frequent interactions with the lower visuomotor system, parallel and repetitive interactions in alignment with sentence structure. The brain network activity is clearly different between comprehending continuous speech and listening to nonsensical sentences. It is also possible to analyze brain activity in detail using the non-linearity of deep learning methods. Based on those results, we constructed a neural model of speech production and understanding.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：音声生成 音声知覚 神経学メカニズム 脳ネットワーク 音声処理の神経学的モデル

## 1 . 研究開始当初の背景

音声によるコミュニケーションは人間の高度な知的活動の一つであり、その中で音声生成と知覚は人間の日常生活に欠かせない知的機能である。従って、音声生成と音声知覚に関する脳機能の解明は、人間知能の謎を究明する手がかりの一つとなる。

過去 20 年間、観測手法の発展に伴い音声処理に関する脳機能の計測が可能となり、数々の成果が得られた[1]。その中で、Hickok ら [2]は機能的 MRI (fMRI) 研究を元に左脳における音声処理の二重経路モデルを提唱した。その後、Sammler ら [3]は fMRI の観測により右脳に韻律処理の二重経路が存在することを発見した。しかし、fMRI は時間分解能が劣るため、脳活動の動的特性の研究には適していない。一方、脳波計測 EEG や MEG は高時間分解能をもつが、音声生成と知覚に関する研究の多くは事象関連電位(ERP)または脳波と音声包絡との関連などの分析に留まっている。音声生成と知覚過程では、発話計画、発話運動、聴覚処理および語彙理解など多数の機能が混在し、それらの局在部位の機能的結合は“ことばの鎖”として概念化されている[4]。最近の研究により、生成と知覚の諸機能は脳内ネットワークの形で存在し、ネットワーク間で頻繁に情報が交換されることわかってきた。しかし、このネットワークの動的特性については未解明の問題が数多く残っている。

近年、EEG 信号処理技術には長足の進歩がみられる[5]。研究代表者の研究パートナーであるカリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD) の研究グループは、身体動作時の脳活動の分析及び実時間脳波信号の分析などの最先端の EEG 技術を開発し、EEGLAB というソフトウェアパッケージを提供している。この EEGLAB により、困難とされてきた発話時における脳波解析が可能となり、また脳内ネットワークに機能的結合の有無だけでなく、信号伝搬方向を示す実効的結合の計測も可能となった。

音声生成と知覚の中枢機構において、発話計画、運動制御、聴覚処理および語彙理解などの脳内ネットワークが十数ミリ秒の時間単位で活動しているとされている。本研究の「問い」は、これらのネットワークの動的特性をより高い時間精度で計測することにより、音声情報処理の経時的神経機構を明らかにすることにある。

## 参考文献:

- [1] Jenson, et al. (2014) “Temporal dynamics of sensorimotor integration in speech perception and production: independent component analysis of EEG data”, *Front. Psychol.*, Vol. 5, Article 656.
- [2] Hickok, et al. (2004) “Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language”, *Cognition*, 92: 67-99.
- [3] Sammler, et al. (2015) “Dorsal and ventral pathways for prosody”. *Current Biology*, 25: 3079–3085.
- [4] Denes & Pinson (1993) “The Speech Chain: The Physics and Biology of Spoken Language”, 2nd edition, Freeman & Co.
- [5] Bridwell, et al. (2018) “Moving beyond ERP components: A selective review of approaches to integrate EEG and behavior”, *Front. Hum. Neurosci.* Vol. 12, Article 106.

## 2 . 研究の目的

本研究では、高空間分解能をもつ fMRI による研究成果をもとに、高時間分解能で高密度の EEG を用いて、自然な文の朗読および聞き取りによる理解における脳活動を全時間帯域で計測し、音声生成と知覚における神経信号の流れを分析し、発話または聴取全体の時間経過について脳内

ネットワークの機能的結合と実効的結合をモデル化し、連続音声処理の神経学的メカニズムを究明することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究は、最先端の EEG 信号処理技術を用いて、自然な文の朗読と音声の理解に対して、全時間帯域を通じて、発話計画、運動制御及び聴覚処理の脳内ネットワーク活動を時系列に分離し、神経学的メカニズムを解明する。そのため、下記の研究方法により研究を展開してきた。

#### (1) 音声生成と知覚における脳活動を全時間帯域で計測

中国天津大学で約 50 人の中国語母語話者を募集し、中国語の自然な文を朗読する際 EEG 装置と視線追跡装置を用いて脳活動と行動学的データを全時間帯域で計測し、内観データも同時収録した。内観報告に基づいて質の低い測定データを削除して、質の高いデータベースを構築した。

EEGLAB を用いて朗読時における脳活動の信号源を再構成し、眼球注視の移動や単語発話の開始などの時間指標により発話計画と実施の区間を同定し、脳活動のアラインメントに用いた。更に脳波帯域の神経振動を活用して、信号源内に異なる周波数帯域の位相と振幅のカップリングにより高度及び低度認知活動の関係を考察し、信号源間の位相カップリングにより情報流れを明らかにした上、より信頼性の高い脳ネットワークを構築した。

#### (2) 音声に対する脳の時間応答関数による音声理解の神経学メカニズムの究明

中国天津大学で約 25 人の中国語母語話者を募集し、録音した中国語の物語を聴取させ、その内容の 85% 以上を正確に理解できたトライアルの EEG データを収録して、EEGLAB を用いて脳活動の信号源を再構成した。音声の聴取端(耳)からと各脳信号源までのシステムを線形時不変のものとし、それぞれのインパルスレスポンス(時間応答関数)を求めた。時間応答関数の類似性により音声理解時の脳ネットワークを求めた。更に同じ物語の録音を逆回した音声(無意味音声)を被験者に聴取させ、前記と同様な手法で脳ネットワークを求めて、自然音声聴取時のそれと比較して、音声理解時の神経学メカニズムを究明した。

#### (3) 深層学習に基づいた非線形方法による脳ネットワークの分析

脳神経システムは非線形の特徴を持っているため、従来線形信号処理の手法には限界がある。そのため、近年深層学習方法が脳神経信号処理に導入されてきた。本研究では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)に基づくマルチタスク学習モデルを提案して、複数話者の音声から聴覚注意を払った音声の抽出方法を検討した。また、畳み込みグラフアテンションネットワークを使用して EEG 信号の時間的変動と空間トポロジー情報の両方を抽出し、EEG による感情認識に効果があることを実証した。

### 4. 研究成果

本研究では、EEG、眼球運動および音声信号を用い、文の朗読と聴取時の脳ネットワークの動的特性を探った。その結果、前頭前野、前頭葉、及び下前頭葉を含むいくつかの高次認知と言語野におけるトップダウンのプロセスを確認した。高度な認知および言語ネットワークは、早期活性化し、下位の視覚運動システムとの頻繁な相互作用で検出され、文構造と同調されて並行および反復的な相互作用が見られた。連続音声の理解と無意味文の聴取では、脳ネットワークの活動は明らかに異なっている。また、深層学習方法の非線形性を利用して脳の活動を細かく分析することが可能である。それらの結果を基に音声生成と理解の神経モデルを構築した。

#### 4.1 文の朗読における脳のネットワークの動的特性について

文章の朗読には、視覚、調音、認知プロセスにおける協調的な取り組みが必要なだけでなく、

言語知識が視覚運動行動にトップダウンで影響することも考えられる。このプロセスにおける予測コーディング効果は徐々に認識されているにもかかわらず、朗読の作戦を時間変化させる脳のダイナミクスに関する実証は現時点では不十分であった。そのため、本研究では、脳波 (EEG)、眼球運動と音声信号などマルチモーダルなアプローチを用い、発話時における脳領域、脳サブネットワーク、および脳全体の働きを考察した。

まず、各文における単語ごとに目の注視から発話までの間隔により朗読課題における目の動きと発話の行動パターンを統計的に分析した。単語の平均潜時時間の結果は、構文構造に従ったグループ化現象が現れ、朗読過程にはトップダウン予測効果があることを示唆した。

正常文の朗読と単語をランダムにした単語列 (RWS) の朗読における EEG 信号を収録し、EEGLAB を用いて脳活動の信号源を再構成し、高次認知領域および言語領域における活動信号のパワースペクトルと ERSP を比較した。その結果から、低周波数領域において RWS のランダムな応答に対して正常文の ERSP は節または単語の構造と同じリズムで変化していることがわかった。

我々は EEGLAB により朗読時に活動する脳領域を求め、各領域に対して各周波数バンド (Theta, Alpha, Beta, Gamma) 間の位相振幅のカップリングにより各領域内の情報交信を分析した。それにより、各脳領域内で神経振動により頻繁に交信していることがわかった。

本研究では、領域間の位相カップリングを計算し、領域間位相クラスタリング (ISPC) により、信号の流れを求め、それにより領域間のトップダウンまたはボトムアップような関係を明した。

#### 4.2 連続音声の理解における神経学的メカニズムについて

本研究では音声聴取を含む音声理解システムは複数線形時間不変システムを並列したもので近似できるという仮説の下で、自然音声理解の神経活動は、並列システムの時間応答関数 (TRF) を用いて表現した。TRF は再構成した音声と原音声との差を最小化することにより求められた。我々は、EEG から脳領域に対応するソースを再構成して、耳から各脳領域の TRF を求めて、自然な音声理解の脳ネットワークの働きを考察した。正常音声の場合、物語を理解するためロジック推理に関連する頭頂皮質は活性化したが、無意味音声の場合頭頂皮質には活性化が見られなかった。

また、正常音声の場合言語音声処理を主宰する左脳がより広く活性化されたのに対して、無意味音声の処理に対して右脳がよく活性化され、差異が見られた。そのほか、正常音声の場合、構文構造や文脈などの知識があるので、次の単語やストーリーを容易に予測できて、脳リソースの使用は比較的になかった。それに対して、無意味音声の処理にはより多くの脳リソースが使用され、左脳と右脳ともよく活性化された。正常音声の場合、右脳の活性化したネットワークは感情の二重経路モデル (Sammler, et al., 2015) によく似ている。これは、物語の理解には感情の認知も関わっていることを示唆している。

#### 4.3 深層学習に基づいた非線形信号処理方法の脳波信号について

深層ニューラルネットワークの非線形特性を活用して、EEG 信号を用いて感情音声認識の神経学的メカニズムを考察したところ、左前頭葉がポジティブな感情とネガティブな感情の覚醒レベルの調節に主要な役割を果たしていることがわかった。

我々は畳み込みニューラルネットワーク (CNN) に基づくマルチタスク学習モデルを提案し、2 秒という条件で聴覚の注意デコードと注目時間振幅エンベロープ (TAE) の再構築を同時に実施した。その結果、聴覚的注意の検出には脳の前頭領域と側頭領域がより重要であることが判明した。検出精度の平均的数字を見ると、本提案モデルは既存の SOTA モデルと差ほどでないが、被験者ごとにマルチタスク学習法で微調整すると、提案モデルの分類精度は更に向上させるこ

とができた。これは、本提案方法は聴覚障害のある人間がより迅速かつ正確に注意を検出できるような神経誘導補聴器へ適用する可能性を示唆している。

#### 4.4 音声生成と理解のための神経機能モデルの構築について

我々は、音声生成の状態制御階層モデル(Hickok, 2012)を参考した上、本研究の結果に基づいて音声生成と理解のための神経機能モデル (SPAC)を構築した。本提案の SPAC モデルは、単なる語彙レベルから文レベルまでの音声処理のため以前のモデルを統合および拡張するだけでなく、フィードフォワード/フィードバック (ボトムアップ/トップダウン) の概念や動的組織システムに組み込んだ。 もう一つ重要なことは、ネットワーク構造全体にわたる通信を神経振動により説明することができた。これは、音声機能の根底にある神経メカニズムについてより深い洞察を提供する可能で、最も基本的なものである。このモデルは、言語機能のさらなる理解に役立ち、最終的に脳がどのように機能するかを解明するのに役立つと思われる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件/うち国際共著 13件/うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 J. Xu, H. Dong, N. Li, Z. Wang, F. Guo, J. Wei and J. Dang	4. 巻 469
2. 論文標題 Weighted RSA: An Improved Framework on the Perception of Audio-visual Affective Speech in Left Insula and Superior Temporal Gyrus	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 46 - 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2021.06.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Guo Lili, Wang Longbiao, Dang Jianwu, Chng Eng Siong, Nakagawa Seiichi	4. 巻 136
2. 論文標題 Learning affective representations based on magnitude and dynamic relative phase information for speech emotion recognition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Speech Communication	6. 最初と最後の頁 118 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.specom.2021.11.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Yu Qiang, Ma Chenxiang, Song Shiming, Zhang Gaoyan, Dang Jianwu, Tan Kay Chen	4. 巻 33
2. 論文標題 Constructing Accurate and Efficient Deep Spiking Neural Networks With Double-Threshold and Augmented Schemes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNNLS.2020.3043415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Qin Siqing, Wang Longbiao, Li Sheng, Dang Jianwu, Pan Lixin	4. 巻 2022
2. 論文標題 Improving low-resource Tibetan end-to-end ASR by multilingual and multilevel unit modeling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing	6. 最初と最後の頁 1 - 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13636-021-00233-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhichao Peng, Jianwu Dang, Masashi Unoki, Masato Akagi	4. 巻 140
2. 論文標題 Multi-resolution modulation-filtered cochleagram feature for LSTM-based dimensional emotion recognition from speech	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 261-273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2021.03.027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 M Liu, L Wang, J Dang, KA Lee, S Nakagawa	4. 巻 28
2. 論文標題 Replay attack detection using variable-frequency resolution phase and magnitude features	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Signal Processing Letters	6. 最初と最後の頁 459-463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.csl.2020.101161	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Jianrong Wang, Yumeng Zhu, Yu Chen, Abdilbar Mamat, Mei Yu, Ju Zhang, Jianwu Dang	4. 巻 63
2. 論文標題 An eye-tracking study on audiovisual speech perception strategies adopted by normal-hearing and deaf adults under different language familiarities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Speech, Language, and Hearing Research	6. 最初と最後の頁 2245-2254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1044/2020_JSLHR-19-00223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yu, Q., Li, S., Tang, H., Wang, L., Dang, J., & Tan, K. C.	4. 巻 51
2. 論文標題 Toward Efficient Processing and Learning With Spikes: New Approaches for Multispikes Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Cybernetics	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCYB.2020.2984888	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Z. Peng, X. Li, Z. Zhu, M. Unoki, J. Dang and M. Akagi	4. 巻 8
2. 論文標題 Speech Emotion Recognition Using 3D Convolutions and Attention-Based Sliding Recurrent Networks With Auditory Front-Ends	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 16560-16572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2967791	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Bin Zhao, Jinfeng Huang, Gaoyan Zhang, Jianwu Dang, Minbo Chen, Yingjian Fu, Longbiao Wang	4. 巻 41
2. 論文標題 Brain network reconstruction of speech production based on electro-encephalography and eye movement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acoust. Sci. & Tech.	6. 最初と最後の頁 349-350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhao Bin, Zhang Gaoyan, Wang Longbiao, Dang Jianwu	4. 巻 2023
2. 論文標題 Multimodal evidence for predictive coding in sentence oral reading	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhad145	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Li Zhongjie, Zhang Gaoyan, Wang Longbiao, Wei Jianguo, Dang Jianwu	4. 巻 20
2. 論文標題 Emotion recognition using spatial-temporal EEG features through convolutional graph attention network	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Neural Engineering	6. 最初と最後の頁 016046 ~ 016046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-2552/acb79e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhou Di, Zhang Gaoyan, Dang Jianwu, Unoki Masashi, Liu Xin	4. 巻 16
2. 論文標題 Detection of Brain Network Communities During Natural Speech Comprehension From Functionally Aligned EEG Sources	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncom.2022.919215	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Zhongjie Li, Gaoyan Zhang, Jianwu Dang, Longbiao Wang, Jianguo Wei
2. 発表標題 Multi-Modal Emotion Recognition Based On deep Learning Of EEG And Audio Signals
3. 学会等名 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Fu, S Okada, L Wang, L Guo, Y Song, J Liu, J Dang
2. 発表標題 ONSK-GCN: Conversational Semantic-and Knowledge-Oriented Graph Convolutional Network for Multimodal Emotion Recognition
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 J Liu, S Chen, L Wang, Z Liu, Y Fu, L Guo, J Dang
2. 発表標題 Multimodal Emotion Recognition with Capsule Graph Convolutional Based Representation Fusion
3. 学会等名 ICASSP 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L Guo, L Wang, C Xu, J Dang, ES Chng, H Li
2. 発表標題 Representation Learning with Spectro-Temporal-Channel Attention for Speech Emotion Recognition
3. 学会等名 ICASSP 2021 ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N Li, L Wang, M Unoki, S Li, R Wang, M Ge, J Dang
2. 発表標題 Robust Voice Activity Detection Using a Masked Auditory Encoder Based Convolutional Neural Network
3. 学会等名 ICASSP 2021 ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T Guo, J Dang, G Zhang, B Zhao, M Unoki
2. 発表標題 Frequency-specific Brain Network Dynamics during Perceiving Real Words and Pseudowords
3. 学会等名 12th ISCSLP, Hong Kong ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S Li, J Dang, L Wang
2. 発表標題 Spoken Language Understanding with Sememe Knowledge as Domain Knowledge
3. 学会等名 12th ISCSLP, Hong Kong ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 D Zhou, G Zhang, J Dang, S Wu, Z Zhang
2 . 発表標題 A Multi-subject Temporal-spatial Hyper-alignment Method for EEG-based Neural Entrainment to Speech
3 . 学会等名 2020 APSIPA, New Zealand ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Guo, F., He, R., Dang, J., & Wang, J.
2 . 発表標題 Working Memory-Driven Neural Networks with a Novel Knowledge Enhancement Paradigm for Implicit Discourse Relation Recognition
3 . 学会等名 AAAI ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Zhao, B., Zhang, G., & Dang, J.
2 . 発表標題 Temporal-Spatial-Spectral Investigation of Brain Network Dynamics in Human Speech Perception
3 . 学会等名 International Conference on Brain Informatics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Lin, Y., Wang, L., Dang, J., Li, S., & Ding, C.
2 . 発表標題 End-to-End Articulatory Modeling for Dysarthric Articulatory Attribute Detection
3 . 学会等名 ICASSP 2020 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 D Zhou, M Unoki, G Zhang, J Dang
2. 発表標題 Reconstruction of speech spectrogram based on non-invasive EEG signal
3. 学会等名 2022 13th International Symposium on Chinese Spoken Language Processing (ISCSLP) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	赤木 正人  (AKAGI Masato)  (20242571)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・名誉教授    (13302)	

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
---------	---------