

令和元年5月10日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13117

研究課題名（和文）視覚・言語統合型人工知能システムに基づく脳情報インタフェース技術の開発

研究課題名（英文）Brain machine interface based on artificial intelligence integrating visual and semantic processing

研究代表者

林 隆介（Hayashi, Ryusuke）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：80444470

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究計画の目的は、実験動物の大脳皮質・視覚野から神経細胞の活動を記録し、画像認識ならびに言語処理を統合した深層ニューラルネットワークを利用することにより、神経信号から視覚体験の内容ならびに言語的意味表象を出力するインタフェース技術を開発することであった。研究成果として、画像処理ならびに言語処理を統合した深層ニューラルネットワークを開発し、その情報表現と生体の脳内情報表現の比較手法を確立し、神経情報を解読するインタフェースの基盤技術を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳情報から視覚体験を精度高く復号化する手法を開発した。また、その意味的内容を言語ラベルで出力する深層ニューラルネットワークを開発した。本研究により、脳内の視覚情報処理における情報表現の理解が深まった。引き続き研究を進めていくことで、さらに抽象度の高い内容レベルで神経情報を復号化する技術が確立されれば、障害者の意思伝達支援ツールとして、健康/福祉産業に貢献できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The goal of this research project was to develop a brain machine interface technology that can decode neural information and output the decoded contents in the form of image and natural language or words. We have recorded neural activities from animals and developed a deep neural network that achieves the research goal of this project.

研究分野：神経科学

キーワード：神経科学 ブレイン・マシン・インタフェース 深層ニューラルネットワーク 視覚情報処理

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究開始当時、人工知能研究の分野では、深層ニューラルネットワーク(Deep Neural Network, 以下 DNN と略す)を基本とした演算アーキテクチャを利用して、人間に迫る高度な認知機能、例えば一般物体認識を高い精度で実現するシステムが発表されていた(Krizhevsky et al., 2012 他)。また、画像処理とテキスト処理を統合した DNN により、画像を入力したとき、その説明文を自動的に生成できることが明らかになった(Vinyals, et al., 2014; Karpatyhy et al., 2014)。こうした研究動向を背景として、申請者は、最先端の画像 - テキスト処理統合型 DNN を拡張し、画像 - 神経 - テキスト間の表象関係を機械学習することにより、視覚体験の内容を可視化ないし、テキスト化する技術開発を行う本研究計画を着想するに至った。

### 2. 研究の目的

本研究計画では、実験動物の大脳皮質・視覚野から神経細胞の活動を記録し、画像認識ならびに言語処理を統合した深層ニューラルネットワークを利用することにより、神経信号から視覚体験の内容ならびに言語的意味表象を出力するインタフェース技術の開発をめざした。

### 3. 研究の方法

側頭葉の視覚領域に多数のマイクロ電極を埋め込み、さまざまな画像を観察している際に生じる神経活動を同時計測した。そして、画像認識ならびに言語処理に関連した DNN に、神経信号入力層を加えることにより、神経情報から、画像情報ならびに言語的意味情報を復号化するインタフェース技術の開発を行った。

### 4. 研究成果

研究成果として、画像処理ならびに言語処理を融合した深層ニューラルネットワークを開発し、その情報表現と生体の脳内情報表現の比較手法を確立し、神経情報を解読するインタフェースの基盤技術を開発した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

・ R. Hayashi, O. Watanabe, H. Yokoyama, S. Nishida, “A new analytical method for characterizing non-linear visual processes with stimuli of arbitrary distribution: theory and applications”, *Journal of Vision*, vol.17, no.6, issue 14, pp.1-20, 2017.

・ X. Liu, M. Sawayama, R. Hayashi, M. Ozay, T. Okatani and S. Nishida, “Perturbation Tolerance of Deep Neural Networks and Humans in Material Recognition”, *Journal of Vision*, vol.18, no.10, 756-756, 2018.

・ R. Hayashi, H. Kawata, “Image reconstruction from neural activity recorded from monkey inferior temporal cortex using generative adversarial networks”, *2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 105-109, 2018.

・ R. Hayashi, I. Murakami, “Distinct mechanisms of temporal binding in generated and cross-modal flash-lag effects”, *Scientific Reports*, vol.9, no.3829, pp1-12, 2019.

[学会発表](計 17 件)

● R. Hayashi, H. Yokoyama, O. Watanabe, S. Nishida, “A new analytical method for characterizing nonlinear visual processes”, The 39<sup>th</sup> European Conference on Visual Perception, Barcelona, Spain, Aug. 30, 2016.

● 林 隆介, 「ディープニューラルネットワークと脳: 視覚認知処理のさらなる理解に向けて」, 日本認知科学会 2016 年度冬のシンポジウム, 明治大学, 東京, 2016 年 12 月 11 日.

● 林 隆介, 「ディープニューラルネットワークを介した視覚神経情報処理の理解とブレイン・マシン・インタフェースへの応用」, 第 3 回 東北大学 ブレインウエア工学研究会, 東北大学, 仙台, 2016 年 12 月 7 日.

● 林 隆介, 「モダリティによる時間バインディング様式の違い」, 日本視覚学会 2017 年冬季大会, 東京, 2017 年 1 月 18 日.

● 篠塚 千愛, 林 隆介, 「深層ニューラルネットワークにおける「不気味の谷」の表現」, 日本視覚学会 2017 年冬季大会, 東京, 2017 年 1 月 19 日.

● 林 隆介, 「深層学習を用いた高次視覚機能の理解にむけて」, 日本視覚学会 2017 年

冬季大会, NHK 技術研究所, 東京, 2017 年 1 月 20 日.

- R. Hayashi, “Latency-variable time integration mechanisms underlie generalized flash-lag effect”, VSS2017 (The annual meeting of Vision Sciences Society), Florida, USA, May. 21, 2017.
- 林 隆介, 「画像認識用深層ニューラルネットワークによる「不気味の谷」の再現: 知覚的不協和仮説の傍証」, 第 40 回 日本神経科学大会, 幕張, 2017 年 7 月.
- 林 隆介, 村上 郁也, 「方位弁別と顔弁別における情報統合の時間差-タスク難易度の影響の検討」, 日本視覚学会 2018 年冬季大会, 東京, 2018 年 1 月 17 日.
- 林 隆介, 「双方向型深層ニューラルネットを利用した BMI と概念表象の個人差について」, 第 2 回脳情報の解読と制御研究会、第 4 回自発脳活動研究会, 富良野, 2017 年 7 月 16 日.
- 林 隆介, 「両眼情報処理と視野闘争」, 第 3 回視覚生理学基礎セミナー -視覚と生理学のコラボレーション-, 大阪医療福祉専門学校, 大阪, 2018 年 2 月 18 日.
- R. Hayashi, H. Kawata, “Image reconstruction from neural activity recorded from monkey inferior temporal cortex using generative adversarial networks”, *Proceedings of IEEE SMC*, Miyazaki, Japan, Oct 8<sup>th</sup>, 2018.
- X. Liu, M. Sawayama, R. Hayashi, M. Ozay, T. Okatani and S. Nishida, “Perturbation Tolerance of Deep Neural Networks and Humans in Material Recognition” ,*Annual Meeting of the Vision Sciences Society (VSS)*, May 21, 2018.
- 林 隆介, 河田 隼季, 「GAN を用いたサル IT 皮質ニューロン活動のデコーディング」, SICE ライフエンジニアリング部門シンポジウム (第 33 回生体・生理工学シンポジウム): LE2018, 福島, 2018 年 9 月 12 日.
- 河田 隼季, 林 隆介, 「画像生成ニューラルネットワークによるサル下側頭葉の神経情報の復号化」, 日本視覚学会 2018 年夏季大会, つくば, 2018 年 8 月 2 日.
- S. Nishida, Y. Matsumoto, N. Yoshikawa, S. Son, A. Murakami, R. Hayashi, H. Takahashi, S. Nishimoto, “fMRI evidence for the disorganization of semantic representation in the schizophrenia brain”, Mechanisim of Brain and Mind the 19th winter workshop, Rusutu, Jan 9th, 2019.
- 林 隆介, 「サル IT ニューロンのスパイク活動記録に基づく視覚体験可視化技術の現状」, 第 5 回脳神経外科 BMI 研究会, 自治医科大学, 栃木県, 2018 年 11 月 17 日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 2 件)

名称: 画像生成装置と画像生成方法

発明者: 林 隆介

権利者: 産業技術総合研究所

種類: 特許権

番号: 2017-107945

出願年: 2017

国内外の別: 国内

名称: 単語概念可視化装置と単語概念可視化方法

発明者: 林 隆介

権利者：産業技術総合研究所  
種類：特許権  
番号：2017-127777  
出願年：2017  
国内外の別：国内

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
<https://unit.aist.go.jp/hiri/nrrg/>

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：  
研究者番号（8桁）：

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。