

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：62603

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05061

研究課題名（和文）情動をもたらす言語芸術の脳科学

研究課題名（英文）Emotional Science of Literatures

研究代表者

持橋 大地（Mochihashi, Daichi）

統計数理研究所・統計基盤数理研究系・准教授

研究者番号：80418508

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 23,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、短歌のような言語芸術に接した際に人間がどう感じているかを、脳科学的測定および統計的自然言語処理の双方を通じて明らかにした。fMRIによる脳活動の解析では、詩的かどうかの判断に特に後頭葉、ブローカ野が貢献していることが明らかになり、また言語的特徴も平文と詩的な文で定量的に差があることを示した。心理統計学を用いた統計的分析により、短歌の評価データだけから、短歌の潜在的な特徴および良さを測ることのできる統計モデルを提案し、評価者によって違う評価軸もこの中で定量化することが可能となった。人間が文を読む際には、左隅型の漸進的な構文解析が脳活動をよく予測することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題により、短歌のような言語芸術の鑑賞およびその評価過程を、脳科学および統計的分析を通じて客観化・定量化できることが明らかになった。言語芸術に関する自然言語処理は、特に日本においては研究が少なく、今後の研究に重要なマイルストーンを提供したと考えている。

研究成果の概要（英文）：In this project, we investigated how people feel when they are exposed to language art such as tanka through both neuroscientific measurements and statistical natural language processing. fMRI analysis of brain activity revealed that the occipital lobe and Broca's area in particular contribute to the judgment of whether a text is poetic or not, and that linguistic characteristics also differ quantitatively between plain sentences and poetic sentences. The results also showed that there were quantitative differences between plain and poetic sentences. By statistical analysis using psychometrics, we proposed a statistical model that can measure the potential characteristics and goodness of tanka based only on the evaluation data of tanka, and can quantify the different evaluation axes among the evaluators in this model. It was also found that left-corner progressive parsing is a good predictor of brain activity when humans read sentences.

研究分野：自然言語処理、機械学習

キーワード：自然言語処理 脳科学 感情情報処理

1. 研究開始当初の背景

詩や俳句、短歌といった言語芸術を科学的に理解するためには、「人間がそれをどう感じているのか」を定量化することが必要である。言語表現だけから定量化を行うことには限界があると考えられるため、直接、脳活動を測定することによって実際の人間の感覚が把握できる。従来、俳句については少数の先行研究があったが、それらは特定の心理学的な質問項目を基にしているなどの限界があった。また、そもそも俳句は非常に短く情報が少ないため、鑑賞の際に記号的な言語知識の役割が大きく、言語の印象に関する貢献が自明ではない。そこで、より情動に近いと考えられる短歌の鑑賞の際の脳活動を測定し、特定の質問項目に縛られない自然言語処理の技術によってそれを背後から支える研究が必要だと考えた。

2. 研究の目的

上記の背景に沿い、本研究課題では主に

(1) 短歌の鑑賞の際に人間の脳活動にどのような特徴があるのかを、fMRI による測定によって明らかにすること

(2) 自然言語処理の技術によって、逆にテキストだけから短歌の評価に関する情報を統計的に抽出すること

を研究の目的とした。さらに両者を統合することで、どのような情報をテキストから得ることができ、どのような情報は脳活動を測定することでしか得られないのか、という知見に繋がると考えられる。これは主に言語の意味的な側面を扱っているが、言語学では文法的な処理が中心的に研究されており、文法処理との対照も課題であると考えた。

3. 研究の方法

(1)においては、生理学研究所(岡崎市)における被験者実験によって脳活動を測定した。一度に測定できる人数は限られているため、全30人程度の被験者実験にはかなりの日数を要している。被験者は(a)通常的大学生(短歌に関する特段の知識なし)、および(b)大学短歌会に属する大学生(短歌に関する知識あり)の二種類に分けられ、(a)については「このテキストが詩的であると感じるか」にYes/Noで答える課題を、実際の短歌および、コーパスから抽出した、短歌ではない31文字の文をランダムな順番で混ぜたものを提示して答えてもらった。(b)については、(2)で準備した様々な短歌についてfMRI機器の中で、「この短歌はよい歌か」「この短歌は好きか」を7段階のスケールで答えてもらい、その評価時の脳活動を測定した。

(2)の実験では大学短歌会に所属する学生(そのうち一部が上記の(b)である)を対象とした。初心者の短歌や名作などが混じった100首の各短歌について、それが「よい短歌か」「好きな短歌か」を1~7のスケールで答えてもらい、統計的なデータ解析を行った。モデルとしては心理統計学で使われている項目反応理論を2次元に拡張したものを用いて、短歌の潜在的な「評価軸」を統計的に抽出した。

4. 研究成果

(1)の実験の結果、次頁の図2のように、文の「詩的さ」「珍しさ」「繰り返しと韻」「文法的違い」が平文と短歌でどう異なるかを、脳のマルチボクセル解析によって明らかにした。特に「詩的さ」については後頭葉、ブローカ野の精度が優れていることがわかり、一方で他の言語的特徴については詩的さとは独立に脳活動から予測することができることがわかった。図1に示すように、自然言語処理によって得られた短歌の特徴は平文と大きく異なっており、脳活動によってそれを予測できることが示された。詩的さ以外の特徴の予測に関しては特定の脳部位の貢献が大きいわけではなく、さらなる研究が望まれる。

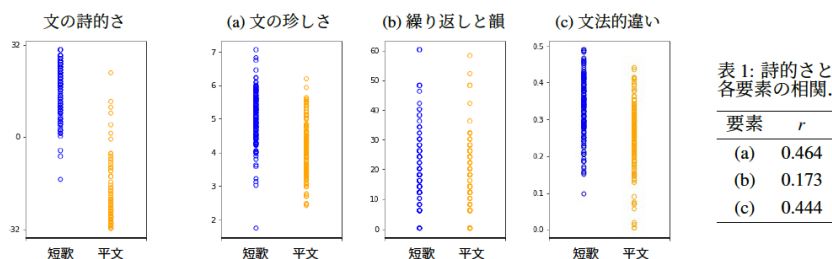


図1: 文の詩的さと、詩的感覚の構成要素のスコアの分布。

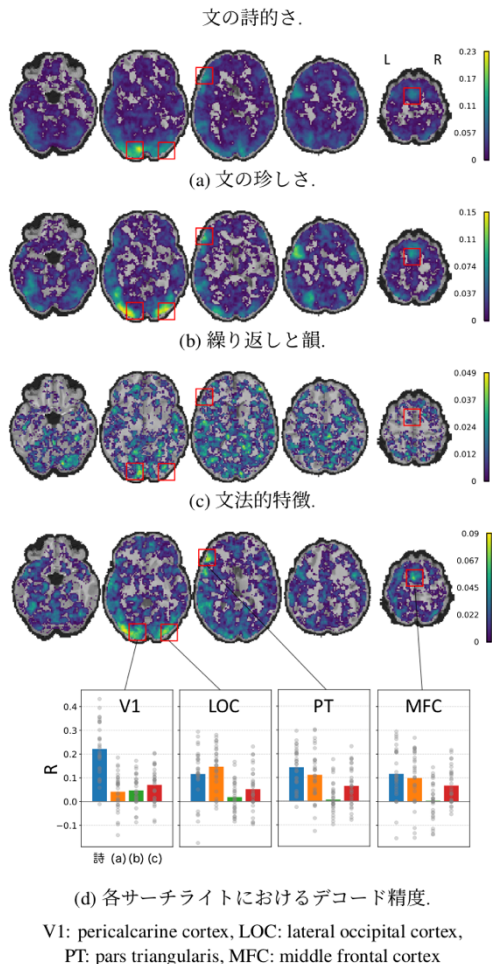


図 2: 脳活動のサーチライト解析の結果。

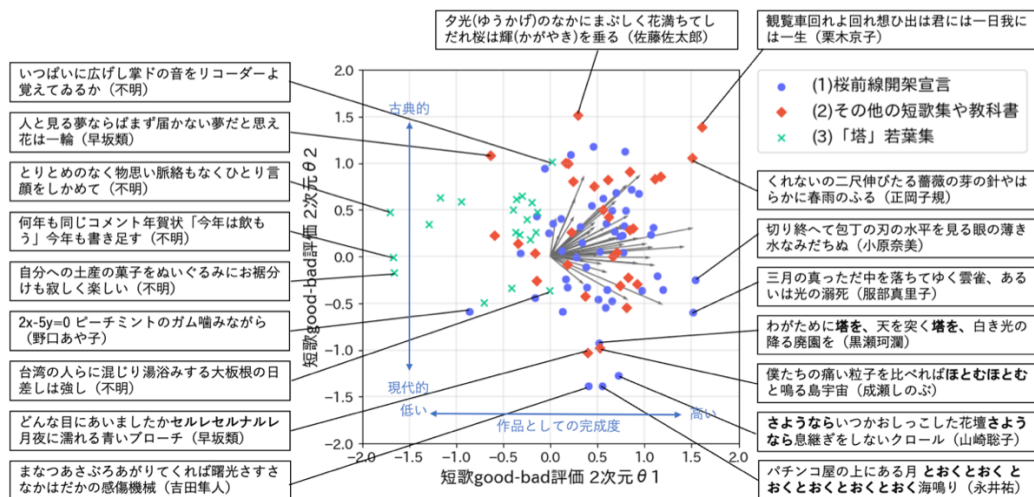


図 3: 短歌の潜在的な評価値 θ と潜在軸の解釈。色は短歌の情報源を表している。

(2)の実験においては、心理統計学における1次元および2次元の項目反応理論の段階反応モデルを用い、各短歌の潜在的な評価値 θ とモデルパラメータの双方をMCMC法によって推定した。図3に示したように、この方法により、短歌の1~7段階の評価データだけから、短歌を潜在的な評価軸上に位置づけることができる。図3において、x軸が短歌の全体的な完成度を、y軸が短歌の古典的-現代的の違いを示していることが示唆された。さらに、y軸のあたりの小さい部分に、言語的特徴を使っていないにもかかわらず、ひらがなの感覚的な表現を用いた歌が集まっていることが特筆される。さらに、矢印で示したようにこの軸上に、各評価者(短歌会所属の大学生)の「評価軸」を計算することができ、それらが京大短歌会と早稲田短歌会で異なっていることも定量化することができた。こうした分析と、短歌自体の言語的特徴を組み合わせることが今後の課題である。PDを雇用することで言語学的な分析も進め、RNN(再帰的ニューラルネットワーク)による左隅型構文解析が、脳活動との対照においてトップダウンの構文解析よりも脳活動をよく予測することが示された。PDはこれまでは脳活動などを用いない、完全な理論言語学的研究を行っており、本研究プロジェクトを通じて研究の幅を広げることにも貢献し、人材育成に繋がったと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hiroshi Tamano, Daichi Mochihashi	4. 巻 88
2. 論文標題 Dynamical Non-compensatory Multidimensional IRT Model Using Variational Approximation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Psychometrika	6. 最初と最後の頁 487-526
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11336-023-09903-y	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 -

1. 著者名 Shingo Shimoda, Lorenzo Jamone, Dimitri Ognibene, Takayuki Nagai, Alessandra Sciutti, Alvaro Costa-Garcia, Yohei Oseki, Tadahiro Taniguchi	4. 巻 36
2. 論文標題 What is the role of the next generation of cognitive robotics?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 3-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/01691864.2021.2011780	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 Yushi Sugimoto, Ryo Yoshida, Hyeonjeong Jeong, Masatoshi Koizumi, Jonathan R. Brennan, Yohei Oseki	4. 巻 5(1)
2. 論文標題 Localizing Syntactic Composition with Left-Corner Recurrent Neural Network Grammars	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Neurobiology of Language	6. 最初と最後の頁 201-224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1162/nol_a_00118	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11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菊池理紗, 大関洋平
2. 発表標題 公的なメールに対するBERTを用いたセンチメント分析
3. 学会等名 言語処理学会 第29回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉本侑嗣, 吉田遼, 鄭嬌, 小泉政利, Jonathan Brennan, 大関洋平
2. 発表標題 左隅型再帰的ニューラルネットワーク文法による日本語fMRIデータのモデリング
3. 学会等名 言語処理学会 第29回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 船井正太郎, 近添淳一, 持橋大地, 浅原正幸, 松井鉄平, 鹿野豊, 川島寛乃, 磯暁
2. 発表標題 人間の脳と人工知能における短歌の鑑賞に関する神経活動の比較
3. 学会等名 言語処理学会第29回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤杏奈, 近添淳一, 船井正太郎, 持橋大地, 鹿野豊, 浅原正幸, 磯暁, 小林一郎
2. 発表標題 短歌を読む際の情動に関する脳活動の解析
3. 学会等名 言語処理学会第29回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村梓甫, 染谷大河, 原田宥都, 持橋大地, 大関洋平
2. 発表標題 BERTによる日本文学作品の著者分類とその分類根拠の分析
3. 学会等名 情報処理学会 第252回自然言語処理研究会, 2022-NL-252
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大関洋平
2. 発表標題 認知・脳情報処理による人間らしい言語処理モデルの開発
3. 学会等名 生理学研究所 シンポジウム「情動の脳科学的理解に基づく人文系学問の再構築」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林一郎
2. 発表標題 深層学習を援用した脳内情報解読への取り組み
3. 学会等名 生理学研究所 シンポジウム「情動の脳科学的理解に基づく人文系学問の再構築」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内海 彰
2. 発表標題 比喻に関わる認知機構の解明
3. 学会等名 生理学研究所 シンポジウム「情動の脳科学的理解に基づく人文系学問の再構築」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 持橋大地
2. 発表標題 確率的潜在意味スケーリング
3. 学会等名 生理学研究所 シンポジウム「情動の脳科学的理解に基づく人文系学問の再構築」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤杏奈, 近添淳一, 船井正太郎, 持橋大地, 小林一郎
2. 発表標題 短歌固有の属性に対応する脳内情報表現
3. 学会等名 言語処理学会第30回年次大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川島寛乃, 持橋大地
2. 発表標題 多次元項目反応理論による短歌の評価傾向の分析
3. 学会等名 情報処理学会自然言語処理研究会 2023-NL-256
4. 発表年 2023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	大関 洋平 (Oseki Yohei) (10821994)	東京大学・大学院総合文化研究科・准教授 (12601)	
研究分担者	内海 彰 (Utsumi Akira) (30251664)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・教授 (12612)	
研究分担者	小林 一郎 (Kobayashi Ichiro) (60281440)	お茶の水女子大学・基幹研究院・教授 (12611)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	佐藤 杏奈 (Sato Anna)	お茶の水女子大学大学院・学生	
研究協力者	川島 寛乃 (Kawashima Hirono)	慶應義塾大学大学院・学生	

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