

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11861

研究課題名（和文）対話型自然言語の韻律に関する音声と手話の横断的分析

研究課題名（英文）Analysis of Prosody of Speech and Sign Language as Dialogue Language

研究代表者

堀内 靖雄（Horiuchi, Yasuo）

千葉大学・大学院情報学研究院・准教授

研究者番号：30272347

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：実時間対話型自然言語である日本語音声と日本手話における韻律（プロソディ）の分析を行った。日本語音声に関しては、感情音声の声の高さ、速さ、音色（スペクトル）の音響特徴量と感情強度の関係を明らかにするのに加え、声の高さに関する藤崎モデルパラメータの基底周波数を自動推定する手法の提案と評価を行った。日本手話に関しては言語情報と韻律情報の分離を厳密に行うため、言語情報としての手の位置と動き（直線運動）の音素の解明を行った。また、日本手話の会話データの分析により、手の動きを保持する動作の相互行為上の機能を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音声や手話は実時間対話型自然言語であり、韻律（プロソディ）と呼ばれる文字で表現できない情報（声の高さ、速さ、声色、手の位置、運動の軌跡や速さ、頭や視線の動き等）が実時間での言語理解を助けたり、実時間コミュニケーションを制御したりするために用いられる。本研究では日本語音声と日本手話を対象に韻律の機能の解明を試みた。近年、言語情報（記号情報）については深層学習技術の発展により急速に進展しているが、アナログ情報である韻律情報に関しては未解明な現象が多く、本研究の知見は将来の人工知能研究の基礎となる。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the prosody of Japanese speech and Japanese Sign Language as a real-time interactive natural language. For Japanese speech, we clarified the relationship between the strength of emotion and the acoustic features of F0, speech rate, and spectrum of emotional speech, and proposed and evaluated a method to automatically estimate the base frequency of Fujisaki model parameters. For Japanese Sign Language, in order to separate linguistic and prosodic information, the phonemes of hand position and movement (linear motion) were clarified as linguistic information. By analyzing the dialogue data of Japanese Sign Language, the dialogue function of the hand holding was clarified.

研究分野：人間情報学

キーワード：対話型自然言語 韻律（プロソディ） 日本語音声（聴覚言語） 日本手話（視覚言語） 藤崎モデル

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

音声に代表される対話型自然言語は、発せられるとともに消えてゆく(揮発性)にもかかわらず、連続している音響信号から言語解析を行い、発話者の発言内容を理解する処理が実時間で達成されている。また、日本語音声では疑問形や肯定か否定かの違いは文末に現れるにもかかわらず、相手が話し終わらないうちに、返事をしたり、話し始めたりすることが非常に多い(先行研究において、日本語対話では半分近い発話が時間的に重複して行われていることを示した)。手話でも同様の現象を見出してきたが、このような揮発性である対話型自然言語には、共通して、実時間で情報を理解できる仕掛けと円滑な対話制御を実現するための仕掛けが存在していると考えられる。このような仕掛けを実現するためには、言語情報だけではなく、韻律情報がその役割の多くを担っていることが予想される。音声言語に存在する韻律は同じく対話型自然言語である日本手話にも存在する筈であり、手の動きや速度の変化等として表現されていると考えられる。それに加えて、手話による会話では手の動きだけでなく、表情(目や眉の動き、口の形等)、頭部動作、体全体の動きなどのNMS(非手指信号)も利用されていると言われており、これらも韻律情報であると考えられる。音声の韻律に関しては国内外において研究が盛んであるが、手話研究者は非常に少なく、手話の韻律に関する研究者はほとんどいない。また、音声と手話という異なるモダリティ(聴覚、視覚)による対話型自然言語において、両者の韻律に関して分析・解明できる研究者は非常に限られている。本研究ではモダリティの違いを考慮しながら日本語音声と日本手話の韻律を横断的に分析することにより、両言語の韻律情報がどのような機能を持っているのかが明らかになることが期待される。

2. 研究の目的

本研究では対話型自然言語である日本語音声(聴覚言語)と日本手話(視覚言語)を対象とし、両言語のモダリティの違い(聴覚と視覚)を考慮した上で両言語を比較しながら、その特徴や機能を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1)日本語音声と日本手話の対話データの収集・書き起こし・タグ付け

日本語音声、日本手話については、すでに対話データを保有しているため、可能な限り、これらを再利用するが、会話データはまだ少ないため、収録データを増やす必要がある。また、収録されたデータを分析に用いるためには単語の書き起こしや各種言語タグを付与する作業を行う必要がある。

(2)音声と手話における韻律の物理的特徴量の解明

音声と手話における韻律情報がどのような物理的特徴量として表現されているのかを両言語のモダリティの違いを考慮しながら解明する。音声は文字で表現できる部分を言語情報とし、それ以外を韻律情報(パラ言語情報+非言語情報)ととらえることができるが、手話に関しては、言語情報と韻律情報の境界があいまいな部分がある。そこで、手話の言語情報を明確にするため、モーションキャプチャデータなどを分析することにより、手話の音素を明らかにする。

(3)韻律の機能の解明

対話型自然言語の韻律には以下のような機能が存在すると考えられるが、上記の物理的特徴量によって表現されている韻律の機能を明らかにする。

- ・実時間での言語理解を助ける(統語理解、意味理解、談話理解等)
- ・実時間コミュニケーションを制御する(話者交替等)

4. 研究成果

(1)日本語音声の藤崎モデルパラメータの推定手法の検討

日本語音声の声の高さに関する優れた表現方法である藤崎モデル(周波数パターン生成過程モデル)のパラメータを決定するためには、専門家による手作業で行う必要がある。そこで、藤崎モデルパラメータ推定における基底周波数の自動決定手法を提案し、様々な音声コーパスに対して、その評価を行い、有効性を確認した。

(2)日本語感情音声における韻律の時系列変動を表す特徴量の検討

感情音声データベース(OGVC)の演技音声について、同じ発話内容の平静音声と感情音声のペアのデータに対して、声の高さ、速さ、音色(スペクトル)の各韻律の変動の度合いを表現可能な特徴量を提案した。これは時系列で計測することが可能であると同時に発話全体で平均をとると発話全体の特徴量としても用いることができる。これら3種類の特徴量と感情音声の強度の評定結果との回帰分析の結果、各特徴量は韻律付与の強度を表現できる妥当性が示された。

(3) 日本手話の手の位置の音素に関する分析

手話の手の位置の音素が 3 次元空間でどのように表現されるかを解明するため、モーションキャプチャデータの分析を行った。「日本語 - 手話辞典」の単語の音素表記を行った「日本語 - 手話辞典コーディング」に記述されている手の位置の音素を基盤研究(S)「多用途型日本手話言語データベース構築に関する研究」で収録されたモーションキャプチャデータの手の 3 次元座標で分析を行った結果、手の特定の部位(単語の手型で異なる)の位置座標が言語学的な身体上の位置を表現しており、その位置により形態素の弁別に利用されていることが明らかになった。

(4) 日本手話の手の直線運動の動きの音素に関する分析

手話の手の直線運動の動きの音素がどのように表現されているかを解明するため、モーションキャプチャデータの分析を行った。「日本語 - 手話辞典」の単語の音素表記を行った「日本語 - 手話辞典コーディング」に記述されている手の直線運動の動きの音素を基盤研究(S)「多用途型日本手話言語データベース構築に関する研究」で収録されたモーションキャプチャデータの手の 3 次元座標上での移動軌跡の分析を行った結果、上下前後左右の音素を持つ動きは概ね離散的に分離できることが明らかになった。また、斜め方向の動きを持つ手話単語について分析した結果、それらは図像性が高い語や座標軸変換で上下前後左右の 6 方向に帰着される語の 2 種類に概ね分類された。このことから日本手話の直線運動は上下左右前後の 6 音素からなることが示唆された。

(5) 日本手話の相互行為における保持の事例分析

音声による相互行為では、言語情報だけでなくさまざまな韻律情報が相互行為の組織化に利用されていることが指摘されている。手話の場合、韻律情報が相互行為の組織化においてどのような資源となっているのかについての研究はまだ少ない。そこで日本手話会話において頻繁にみられる、手の形状と位置が一定時間維持される「保持」動作を分析した結果、保持という手話言語に特有のふるまいが持つ特性が、相互行為上の問題の解決に適切に利用されていることが明らかになった。

これらの結果から、モダリティの異なる二つの自然言語である日本語音声と日本手話において、どちらも韻律(プロソディ)が非常に重要な役割を担っており、韻律が実時間での言語理解や円滑な実時間コミュニケーションに有効であることが明らかとなった。また、両者には聴覚言語と視覚言語というモダリティの違いがあるため、その特徴にはいくつかの違いが見られたが、言語情報に付加された韻律の存在が対話型自然言語での会話において必須であることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 森本 郁代, 堀内 靖雄, 黒岩 眞吾	4. 巻 SIG-SLUD-095
2. 論文標題 日本手話の相互行為における保持の事例分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 人工知能学会研究会資料	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11517/jsaislud.95.0_53	査読の有無 無
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 三井 陸矢, 堀内 靖雄, 黒岩 眞吾	4. 巻 SIG-SLUD-097
2. 論文標題 感情音声における韻律の時系列変動を表す特徴量の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 人工知能学会研究会資料	6. 最初と最後の頁 86-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11517/jsaislud.97.0_86	査読の有無 無
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 仲本 征矢, 堀内 靖雄, 原 大介, 黒岩 眞吾	4. 巻 SIG-SLUD-097
2. 論文標題 日本手話における手の直線運動の音素に関するモーションキャプチャによる分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 人工知能学会研究会資料	6. 最初と最後の頁 68-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11517/jsaislud.97.0_68	査読の有無 無
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 西牧樹生, 堀内靖雄, 原大介, 黒岩眞吾	4. 巻 2022-AAC-18(9)
2. 論文標題 モーションキャプチャによる日本手話の手の位置の音素に関する分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
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 無
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 -

1. 著者名 西牧 樹生, 堀内 靖雄, 原 大介, 黒岩 眞吾	4. 巻 B5
2. 論文標題 日本手話における手の位置の音素に関するモーションキャプチャによる分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 人工知能学会研究会資料	6. 最初と最後の頁 31-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11517/jsaislud.91.0_06	査読の有無 無
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 森下 空, 堀内 靖雄, 原 大介, 黒岩 眞吾	4. 巻 SIG-SLUD-100-10
2. 論文標題 日本手話における手の直線運動の音素の斜め方向に関する分析	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 人工知能学会研究会資料	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11517/jsaislud.100.0_53	査読の有無 無
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 市川 薫, 長嶋 祐二, 堀内 靖雄	4. 巻 80
2. 論文標題 「対話のことば」に共通な機能を形成する要因の考察	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 -
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 -

1. 著者名 Yoshiko Arimoto, Yasuo Horiuchi, Sumio Ohno	4. 巻 46
2. 論文標題 Determining the base frequency of the F0 contour generation model for the diverse expression of speech	5. 発行年 2025年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.e24.05	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森本 郁代, 堀内 靖雄, 黒岩 眞吾
2. 発表標題 日本手話の相互行為における保持の事例分析
3. 学会等名 人工知能学会第95回言語・音声理解と対話処理研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三井 陸矢, 堀内 靖雄, 黒岩 眞吾
2. 発表標題 感情音声における韻律の時系列変動を表す特徴量の検討
3. 学会等名 人工知能学会第97回言語・音声理解と対話処理研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 仲本 征矢, 堀内 靖雄, 原 大介, 黒岩 眞吾
2. 発表標題 日本手話における手の直線運動の音素に関するモーションキャプチャによる分析
3. 学会等名 人工知能学会第97回言語・音声理解と対話処理研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西牧樹生, 堀内靖雄, 原大介, 黒岩眞吾
2. 発表標題 モーションキャプチャによる日本手話の手の位置の音素に関する分析
3. 学会等名 情報処理学会第18回アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西牧 樹生, 堀内 靖雄, 原 大介, 黒岩 眞吾
2. 発表標題 日本手話における手の位置の音素に関するモーションキャプチャによる分析
3. 学会等名 人工知能学会第91回言語・音声理解と対話処理研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森下 空, 堀内 靖雄, 原 大介, 黒岩 眞吾
2. 発表標題 日本手話における手の直線運動の音素の斜め方向に関する分析
3. 学会等名 人工知能学会第100回言語・音声理解と対話処理研究会
4. 発表年 2024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
---------------------------	-----------------------	----

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