

平成21年 5月27日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18300045

研究課題名（和文） 対話型自然言語の実時間コミュニケーション機能の基礎的検討

研究課題名（英文） Preliminary Investigation on Real-Time Communication
in Interactive Natural Language

研究代表者

堀内 靖雄（HORIUCHI YASUO）

千葉大学・大学院融合科学研究科・准教授

研究者番号：30272347

研究成果の概要：実時間対話型自然言語である音声・手話・指点字におけるプロソディが有する機能について分析を行った結果、文構造（係り受け構造等）や強調等を表わす情報として、発話速度（音声・手話・指点字）、声の高さ（音声）、強さ（音声・指点字）、運動の大きさ（手話）等が用いられていることが明らかとなった。また、音声と手話に関して、性質の似ている面と異なる面が明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
2007年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：対話型自然言語，コミュニケーション，音声（聴覚言語），手話（視覚言語），指点字（触覚言語），プロソディ

1. 研究開始当初の背景

対話型自然言語である音声には音韻情報（文字化できる情報）だけでなく、声の高さ、速さ、強さ等の情報（パラ言語情報）や首の動き、表情などの情報（非言語情報）がコミュニケーションに使われているといわれている。これらは一般にプロソディ情報と呼ばれる。しかしながら、これらプロソディ情報がどのような機能を持ち、どのように表出されるかについてはまだあまり明らかになっていない状況にあった。また、手話（聴覚障害者が用いる視覚言語）、指点字（視聴覚重

複障害者が用いる触覚言語）も対話型自然言語であり、これらの言語についてもプロソディ情報が存在する筈であるが、こちらについてもほとんど未解明という状況であった。

2. 研究の目的

対話型自然言語の持つ、実時間で内容を理解し、円滑に話者の交替を可能にするという優れた性質をもたらす基礎となる構造を明らかにすることを目的とする。特に、異なるモダリティを用いた対話型自然言語である音声（聴覚言語）、手話（視覚言語）、指点字

(触覚言語)を対象として、比較検討を行う。具体的には実時間対話型言語が有する以下の機能について明らかにすることを目的とする。

- (1) 連続入力信号から意味のある単位を実時間で切り出し、語を認識できること
- (2) 語と語の間の関係が実時間で把握できること
- (3) 取得開始の早い時点でその語の内容が予測できること
- (4) 語と語の間の関係が早い段階で予測できること
- (5) 発信者が誰か、発信者の状態(感情など)がどうなのかなどが把握できること
- (6) それらの情報がロバスト(冗長)に存在すること

また、実時間対話制御の条件としては、発信者の立場からは以下の機能が考えられる。

- (7) 受信者の理解能力が予測できること
 - (8) 発信内容に対する受信者の理解の程度や納得の程度が把握できること
- 受信者の立場からは以下の機能が考えられる。
- (9) 発信終了か思案中(発信の停止中)かが予測できること
 - (10) 発信交替を求めているかが予測できること

実時間で対話が行われる音声、手話、指点字において、これらの機能がどのように実現されているのかを調べることを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 手話のポーズ区間の推定および指点字の打鍵強度情報の解明

手話と指点字において、音声の無音区間に相当する区間を決定するため、動作中の腕の筋電を測定する。

- (2) F0モデルによる音声のプロソディ表現

音声のプロソディとして重要なものは声の高さを表すF0である。それを表現するF0モデルにおいて、そのパラメータを自動的に求めることが難しいため、遺伝的アルゴリズムを用いて、自動計算する手法を検討する。

- (3) 日本語音声のプロソディによる話者交代予測

日本語の話者交替が予測可能かどうかという問題に関して、F0モデルパラメータを導入して分析を行う。

- (4) 手指動作における動作軌跡情報の解明

手話 CG における運動の生成手法を検討するため、いくつかの方法によるCGをろう者に

提示し、評価実験を行い、最適な生成手法を検討する。

- (5) 手指動作軌跡とろう者による手話理解との関係の分析

手話文の自動生成モデルによるCGアニメーションに関して、ろう者による読み取り評価実験を行う。

- (6) 日本手話の手指動作軌跡の分析

手話の表現速度を変化したデータを収録し、手話の軌跡がどのように変化するのかを分析する。

- (7) 対話における手話者相互の関係の解析

日本手話対話を収録することにより、その話者交替現象を日本語音声対話と比較分析する。

- (8) 日本手話における話し手のうなずきの分析

日本手話対話を収録することにより、うなずき現象を日本語音声対話と比較分析する。

- (9) 指点字のプロソディの分析

指点字の打鍵の強さや時間間隔を腕の筋電位や圧力センサにより測定し、指点字のプロソディを分析する。

- (10) 指点字におけるプロソディの効果

指点字で情報を読み取る際、プロソディ情報を付与した場合としない場合の情報の理解率を調査する。

- (11) 指点字会議システムの試作

盲ろう者と健常者がリアルタイムで会議を行えるシステムを試作する。

- (12) 音声・手話・指点字の実時間機能に関する結果

実時間対話型自然言語である音声・手話・指点字におけるプロソディの機能に関して、横断的な比較分析を行う。

4. 研究成果

- (1) 手話のポーズ区間の推定および指点字の打鍵強度情報の解明

手話は身体で言語を表現するものであり、音声の音が無い状態のように身体が無くなることはないため、手話表現の時間区間を計測することが困難である。手話と指点字の動作中の腕の筋電を測定し、筋電の変化から無音に相当する区間を検出できることがわかった。

- (2) F0モデルによる音声のプロソディ表現

音声のプロソディでは基本周波数を表現するのに適しているF0モデルのパラメータを遺伝的アルゴリズムを用いて、自動計算する手法を提案した。応用システムとして、入力された音声のF0モデルのパラメータを変更し、STRAIGHT音声分析/再合成アルゴリズム

ムを用いて再合成するツールを試作した。これにより、F0モデルに基づく自然なプロソディ変化を与えた音声試料を作成することが可能となった。

(3) 日本語音声のプロソディによる話者交代予測

ある日本語音声発話が与えられたとき、その発話に対して、話者交替が生じるかどうかを予測する手法に関して、F0モデルパラメータを導入したところ、推定精度の向上がみられた。

(4) 手指動作における動作軌跡情報の解明

次の手話単語を表現するための移行動作（「わたり」）の軌跡の自然さが、ろう者にとって単語を読み取る上で重要な情報を与えているかどうか調べるため、手話CGアニメーションで軌跡を変化させた映像の比較実験を行なったが、有意な差は表われなかった。その結果を受け、手話CGにおけるわたりの運動の自動生成モデルを作成した。

(5) 手指動作軌跡とろう者による手話理解との関係の分析

手話文を構成する各単語の本体および「わたり」の運動の軌跡の生成モデルと時間構造の推定モデルに基づいた手話文をCGアニメーションで作成し、ろう者による認知実験により、読み取りの容易さの評価を行なった結果、読み取り正解率、読み取りやすさの主観評価値において、ともに既存の手話アニメーションソフトウェアよりも優れていることが示された。

(6) 日本手話の手指動作軌跡の分析

手話のプロソディにおいて、動作の軌跡が重要であることがわかったため、同じ手話文に対し、速い手話、普通の手話、遅い手話を提示してもらい、その動作変化を分析した結果、多くの場合、動作の大きさを変化させることにより、速度を変化させていることがわかった。また、提示位置を変更できない単語に関しては、手の運動速度により、文の表現速度を変化させていることがわかった。このことから、手話のプロソディの分析には、このような動作の大きさの変化が時間的構造に影響を与えることを考慮する必要があることを示した。

(7) 対話における手話者相互の関係の解析

手話対話を分析した結果、手話は音声同様に話者交替規則に基いて会話が進行するが、手話が相手発話を妨げないため（音声では同時に話す相手発話の妨害になる）、自分の話す順番が終了した後も情報を補足するような繰り返し現象が見られたが話者交替へ

の影響はほとんどないことがわかった。

(8) 日本手話における話し手のうなずきの分析

うなずきはプロソディ情報の一つとして重要であり、とくに話し手のうなずきに関しては、日本語音声や日本手話で非常に多いことがわかっている。実際の対話データにおいて、その出現タイミングを分析したところ、音声、手話ともに発話末でうなずきが多いことが示され、発話末を明示する機能を有すると考えられる。一方、日本手話では、さらに、発話断片末にわずかに遅れて生じるうなずきが多いことが示された。これを後続うなずきと名付け、それを日本手話利用者に確認することにより、これらのうなずきが接続詞と同等の機能を有している（その際、接続詞の手話単語は表出していない）ことが明らかとなった。また、そのような機能をもつ手話の接続詞（手指で表出されたもの）とうなずきの共起を調べたところ、非常に高い頻度で共起していることがわかり、日本手話ではうなずきが接続詞的な機能を有していることが明らかとなった。

(9) 指点字のプロソディの分析

指点字の打鍵の強さや時間間隔を腕の筋電位や圧力センサにより測定し、指点字のプロソディを分析した。その結果、時間構造と強度が文構造、係り受け構造、強調等に関する情報を有していることが明らかになった。具体的には文節や文構造が時間構造で区別可能となり、また、強調が時間構造の変化や圧力変化として現れることを確認した。

(10) 指点字におけるプロソディの効果

指点字で情報を読み取る際に、本研究で明らかになったプロソディ情報を付与した場合としない場合の情報の理解率を調べたところ、プロソディを付与した場合の方が理解率が高いことが示された。

(11) 指点字会議システムの試作

本研究の応用として、盲ろう者と健常者がリアルタイムで会議を行えるシステムを開発した。盲ろう者は指点字で、健常者はキーボードによりチャットの要領で会話を行う。対話型自然言語の性質として、発話の重複が生じるが、それを許容すると読み取りに時間がかかる盲ろう者が会話から遅れてしまうため、システムにより発言権の考えを提案し、発言権を獲得した人だけが発話を行えるシステムとすることにより、発言権がない場合に比べて、盲ろう者の発言機会が増加したことが示された。

(12) 音声・手話・指点字の実時間機能に関

する結果

実時間対話型自然言語である音声・手話・指字において、文構造や係り受け構造を表わす情報として、発話速度（音声・手話・指字）、F0（音声）、パワー（音声・指字）、運動の大きさ（手話）等が用いられていることがわかった。また、強調においてもこれらの情報が使われていることがわかった。話者交替については、音声と手話ではほぼ同様の傾向が見られたが、手話では発話終了後にも補足的な情報を付加する現象が見られた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計17件）

- (1) 齊藤涼子, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 日本手話対話の話者交替時の重複現象の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, 109(27), 2009, pp. 195-200
- (2) 安ヶ平雄太, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 日本手話の手話発話速度の違いによる手動作変化の分析, 手話学研究, 査読有, 17, 2008, pp. 57-68
- (3) 西田昌史, 堀内靖雄, 黒岩眞吾, 市川熹, 書き起こしへの付与を目指した音声とテキストを対象とした発話印象の分析, 情報処理学会論文誌, 査読有, 50(2), 2008, pp. 460-468
- (4) 堀内靖雄, 亀崎紘子, 西田昌史, 黒岩眞吾, 市川熹, 日本手話におけるうなずきと接続詞の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, WIT2008-16, 2008, pp. 91-96
- (5) 安ヶ平雄太, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 日本手話の表現速度の違いによる手動作変化の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, WIT2008-15, 2008, pp. 85-90
- (6) 山崎志織, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 市川熹, 3DCGによる手話文アニメーション合成システムの構築と評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, WIT2007-77, 2008, pp. 31-36
- (7) Saori Tanaka, Kaoru Nakazono, Masafumi Nishida, Yasuo Horiuchi, Akira Ichikawa, Evaluating Interpreter's Skill by Measurement of Prosody Recognition, 人工知能学会論文誌, 査読有, 23(3), 2008, pp. 117-126
- (8) 佐藤翔太, 木村太郎, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 市川熹, STRAIGHTを用いたF0モデルパラメータの変換・再合成ツールの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, SP2007-112, 2007, pp. 97-102
- (9) 木村太郎, 堀内靖雄, 西田昌史, 市川熹, F0モデルを用いた日本語対話における韻律と話者交替の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, SP2007-75, 2007, pp. 25-30
- (10) 堀内靖雄, 亀崎紘子, 今井裕子, 西田昌史, 市川熹, 日本手話の後続うなずきの機能に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, WIT2007-12, 2007, pp. 63-68
- (11) 宮城愛美, 宮澤健二, 植野彰規, 西田昌史, 堀内靖雄, 市川熹, 野城真理, 指字の強度と時間構造におけるプロソディ情報の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, WIT2007-5, 2007, pp. 25-28
- (12) 宮城愛美, 西田昌史, 堀内靖雄, 市川熹, 発言権を考慮した指字と文字による会議システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, J90-D-II, 2007, pp. 732-741
- (13) 田中紗織, 西田昌史, 堀内靖雄, 市川熹, 日本手話の文意と韻律, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, 査読無, 9(1), 2007, pp. 13-17
- (14) 木村太郎, 西田昌史, 堀内靖雄, 市川熹, 遺伝的アルゴリズムによるF0モデルパラメータ推定手法と話者交替分析への適用, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, SP2006-82, 2006, pp. 37-42
- (15) 今井裕子, 堀内靖雄, 山崎志織, 西田昌史, 市川熹, 日本手話対話における発話末のうなずきタイミングの分析, 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A602, 査読無, 2006, pp. 7-12
- (16) 山崎志織, 堀内靖雄, 今井裕子, 西田昌史, 市川熹, 手話と音声の比較によるうなずきのタイミングに関する分析, 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A601, 査読無, 2006, pp. 37-42
- (17) 宮城愛美, 西田昌史, 堀内靖雄, 市川熹, 発言権を考慮した指字と文字による会議システム, 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A601, 査読無, 2006, pp. 1-6

[学会発表] (計 10 件)

- (1) Shota Sato, Taro Kimura, Yasuo Horiuchi, Masafumi Nishida, Shingo Kuroiwa, Akira Ichikawa, A Method for Automatically Estimating F0 Model Parameters and A Speech Re-Synthesis Tool Using F0 Model and STRAIGHT, 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association, 2008/9, Brisbane, Australia
- (2) 堀内靖雄, 齊藤涼子, 亀崎紘子, 西田昌史, 黒岩眞吾, 市川熹, 日本手話の接続詞とうなずきの関係の分析, 日本手話学会第34回大会, 2008/9, 神戸
- (3) 安ヶ平雄太, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 日本手話の表現速度変化に伴う手の速度と動きの変化の分析, 日本手話学会第34回大会, 2008/9, 神戸
- (4) 佐藤翔太, 木村太郎, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 市川熹, STRAIGHTを用いたF0モデルに基づく韻律パラメータの変更・再合成ツールの開発, 日本音響学会2008年春季研究発表会, 2008/3, 千葉工業大学
- (5) 木村太郎, 堀内靖雄, 西田昌史, 黒岩眞吾, 市川熹, F0モデルによる韻律情報の持つ話者交替機能の分析, 日本音響学会2008年春季研究発表会, 2008/3, 千葉工業大学
- (6) 堀内靖雄, 亀崎紘子, 西田昌史, 市川熹, 日本手話におけるポーズ直前のうなずきの分析, 日本手話学会 第33回大会, 2007/9, 日本社会事業大学
- (7) Saori Tanaka, Kaoru Nakazono, Masafumi Nishida, Yasuo Horiuchi, Akira Ichikawa, Skill-NMS for an indicator of qualitative skill in the interpreters of Japanese Sign Language, International Symposium on Skill Science, 2007/9, Keio University
- (8) Manabi Miyagi, Masafumi Nishida, Yasuo Horiuchi, Akira Ichikawa, Analysis of Prosody in Finger Braille Using Electromyography, Proceedings of IEEE International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society, 2006/9, New York, USA
- (9) 木村太郎, 西田昌史, 堀内靖雄, 市川熹, 藤崎モデルのパラメータ推定手法

の検討, 日本音響学会2006年秋季研究発表会, 2006/9, 金沢大学

- (10) Manabi Miyagi, Masafumi Nishida, Yasuo Horiuchi, Akira Ichikawa, Investigation on Effect of Prosody in Finger Braille, Proceedings of the 10th International Conference on Computers Helping People with Special Needs, 2006/7, Linz, Austria

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀内 靖雄 (HORIUCHI YASUO)

千葉大学・大学院融合科学研究科・准教授
研究者番号: 30272347

(2) 研究分担者

市川 熹 (ICHIKAWA AKIRA)

千葉大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 80241933

(平成 18 年度)

西田 昌史 (NISHIDA MASAFUMI)

千葉大学・大学院融合科学研究科・助教
研究者番号: 80361442

(平成 18 年度, 平成 19 年度)

野城 真理 (NOSHIRO MAKOTO)

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号: 80014231

(平成 18 年度, 平成 19 年度)

宮城 愛美 (MIYAGI MANABI)

筑波技術短期大学・障害者高等教育研究支援センター・助教

研究者番号: 60447258

(平成 18 年度, 平成 19 年度)

(3) 連携研究者

市川 熹 (ICHIKAWA AKIRA)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号: 80241933

(平成 20 年度)

西田 昌史 (NISHIDA MASAFUMI)

千葉大学・大学院融合科学研究科・助教

研究者番号: 80361442

(平成 20 年度)

野城 真理 (NOSHIRO MAKOTO)

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号: 80014231

(平成 20 年度)

宮城 愛美 (MIYAGI MANABI)

筑波技術短期大学・障害者高等教育研究支援センター・助教

研究者番号: 60447258

(平成 20 年度)