

# 挨拶行為における発話-身体リズムの構造とそのモデル化

○山本 知仁, 杵鞭 健太 (金沢工業大学), 三宅 美博 (東京工業大学)

## Structure of Utterance and Body Movement rhythm in Greeting and its Modeling

○Tomohito YAMAMOTO, Kenta KINEMUCHI (Kanazawa Institute of Technology),  
and Yoshihiro MIYAKE (Tokyo Institute of Technology)

Abstract: In this research, to clarify the relationship between utterance and body movement rhythm in a greeting, two experiments were conducted. One is to examine the greeting between persons of equal social standing, and the other is that between persons of different social standings. In both experiments, high synchronization between speakers was observed. In the analysis of the relationship between durations in subjects, synchronization was found between utterance rhythm and body movement for the greetings between social equals. However, for the greetings between persons of different social standings, there was little synchronization between utterance rhythm and body movement in subjects. In this research, using this experimental data, the greeting model that realizes the synchronization between a user and dialogue agent system has developed.

### 1. 緒言

近年、コミュニケーションロボットがエンターテインメントの観点だけでなく、医療や介護、生活支援といった観点からも注目されてきている。今後、少子高齢化の進む日本において、このようなロボットの重要性はますます高くなっていくことが予想される。

現在開発されているコミュニケーションロボットは、何らかの形で身体を有しているが、この身体動作は、設計者が限られたロボットの機構を利用しながら、様々な表情を表出できるように実装されている場合が多い。そのため、ときに人が行う身体動作と異なる動作をすることがあり、ユーザに対して違和感を与えることがある。今後、一般的なユーザがコミュニケーションロボットを利用していくことを考えると、まずは人がコミュニケーションを行う際の身体動作とその内容の関係を分析し、得られた結果を体系化してシステムに実装していくことが重要であると考えられる。

これまでコミュニケーションにおける身体動作に関する研究は、リズムの同調という観点から解析されてきていることが多い。例えば、渡辺らは発話の時間的な音圧変化とうなずき動作の間の同調を明らかにし、これらを実現するコミュニケーションシステムを多く開発している<sup>1)2)</sup>。また、山本らは人の挨拶動作の解析を行い、その結果をロボットに実装し評価を行った結果、0.3秒の発声遅延が自然に感じられ、より大きな発声遅延では挨拶が丁寧に感じられることを明らかにしている<sup>3)4)</sup>。

これらの研究に加え、われわれの研究グループでも、人の対話における発話リズムの同調を解析してきた。具体的には、指示発話と応答発話からなる対話において、発話速度の意図的な変化が発話に関わる時間特徴

量の同調傾向にどのような影響を与えるかを明らかにしてきた。結果として、指示発話速度の変化が大きく、被指示者がそれを認識する場合には、指示発話長と反応潜時長の間に正の相関関係が現れることが明らかになった<sup>5)</sup>。また、この実験により得られた結果を、コミュニケーションロボットに導入し、どのような発話タイミングの制御モデルが人により印象を与えるかについても明らかにしてきた<sup>6)7)</sup>。

以上のような発話と身体動作を解析した研究に加え、近年では音声認識や音声合成の技術が進歩し、リアルタイムで発話内容の認識を行い、応答を生成できるシステムが実現されるようになった。その中で、われわれは簡単な音声対話システムを構築し、複数の反応潜時長生成モデルを設定してユーザと対話を行わせた。その結果、600msec程度の固定長か、ユーザの発話長に合わせて緩やかに同調するモデルがよい評価を得ることが明らかになった<sup>8)</sup>。

このように、これまで話者間、話者内における発話と身体動作の関係が明らかにされ、さまざまなコミュニケーションロボットなどにも実装されている。加えて、音声認識の技術が向上する中で、リアルタイムに音声の内容を理解し、発話のタイミングを制御することも可能になってきている。このような状況を考えると、今後はコミュニケーションロボットがユーザの発話内容や意味を深く認識し、それに伴う発話の応答と身体動作をリアルタイムに生成することが可能になると考えられる。その際、先に述べたように話者間の具体的な発話内容とそれに伴う身体動作の詳細な関係がどのようなものであるか様々な知見が必要となる。しかし、現状では最も基礎的なコミュニケーション行為である挨拶における話者間の発話と身体動作の関係性も、十分にはわかっていない。

そこで本研究では、2人の話者が挨拶を行うときの発話と身体動作の関係について調査する。具体的には、まず同等な立場にある話者同士で挨拶する実験を行い、2人の話者間でどのような挨拶が行われているのかを明らかにする。次に、会社の上司と部下といった関係や、店員と利用客といったような異なる社会的な立場にある人同士が行う挨拶についても解析を行う。本研究では、これらの解析結果に基づき、人の挨拶モデルを構築し、システムの実装について説明する。

## 2. 実験手法

### 2.1 実験1: 同等な立場にある話者による挨拶

本研究では、まず同等な立場にある話者同士で挨拶を行うときの発話と身体動作の関係を明らかにする。そのため、2人の話者が対面で「こんにちは」という発話とともに複数の挨拶動作で挨拶する実験を行った。

実験では、先行発話者を実験者として固定し、被験者は後行発話者として実験者の後に続いて挨拶を返すようにした。また、実験者は挨拶の発話と挨拶動作の速さを「速く」、「自然に」、「遅く」の3段階で変化させた。挨拶動作に関しては、身振りの大きさの観点や黒川<sup>9)</sup>を基にFig.1に示す以下の3つを用意した。

- 最敬礼：深々とお辞儀をする
- 会釈：軽くお辞儀をする
- 手を挙げる：片腕を振り上げながら挨拶をする



(a) Deep bowing (b) Bowing (c) Raising a hand

Fig. 1 Three types of greeting in Experiment 1

### 2.2 実験2: 異なる立場の話者による挨拶

前節では同等な立場の話者による挨拶の実験概要を説明したが、普段行われる挨拶においては、話者間に社会的な立場の相違があり、どちらかの話者がかしこまった挨拶をする一方で、片方の話者が手を挙げるといった挨拶を行うということも頻繁に見られる。そこで、このような異なる社会的な立場にある人同士が行う挨拶に注目して実験を行い、発話と身体動作の関係についても解析を行う。

実験では、2人の発話者を先輩と後輩に分け、対面で挨拶を行い、発話内容として「こんにちは」を用意した。挨拶動作としては、Fig.2に示すように後輩役の話者は「お辞儀」をし、先輩役の話者は「手を挙げる」挨拶を行わせた。本実験では、先行発話者は実験者と



Fig. 2 A greeting in Experiment 2

して固定し、被験者には後輩役として参加してもらった。このとき被験者には実験者の挨拶に続いて、先輩に行くように挨拶するよう指示を行った。また実験者が挨拶を行う際に、発話と動作の速さを「速く」、「自然に」、「遅く」の3段階で変化させ、挨拶動作の大きさを「大きく」、「小さく」の2段階で変化させた。

これら2つの実験は次のような手順で行った。まず、Fig.2に示すように1.5m程離れて立ち、実験者は被験者に実験の概要を説明した。被験者への説明を終えた後、各挨拶動作による挨拶で1回ずつ練習を行った。このとき、実験者の発話と挨拶動作の速さは「自然に」で行った。

以上の練習を終えた後、本実験を開始した。1試行では、2人の話者が各挨拶動作×各挨拶速度からなる組み合わせの挨拶をそれぞれ1回ずつ行った。このとき、順序効果が現れないように実験者は挨拶の順番をランダムに設定した。

### 2.3 データ解析について

実験における音声データの取得については、実験者と被験者に装着したヘッドセット (Audio Technica 社: PRO & HEW/P) から集音したモノラル音声を、ビデオカメラ (Canon 社: iVIS HF S21) にステレオ入力することで行った。身体動作データの取得は、モーションキャプチャカメラ (Optitrack 社: FLEX3) を、2人の話者を取り囲むように6台配置して行った。具体的には、実験者と被験者にモーションキャプチャ用の動作認識マーカをつけることで、これらの3次元的位置をサンプリングレート100Hzで取得した。

解析に用いた時間特徴量をFig.3に示す。Fig.3の上部3つの時間特徴量は発話に関するものであり、具体的には実験者の発話長 (PU: Duration of Precedence Utterance)、実験者の発話終了から被験者の発話開始までの差である発話反応潜時長 (SPU: Duration of Switching Pause of Utterance)、被験者の発話長 (RU: Duration of Response Utterance) を解析に用いた。身体動作に関する時間特徴量はFig.3下部の3つであり、具体的には実験者の身体動作長 (PM: Duration of Precedence

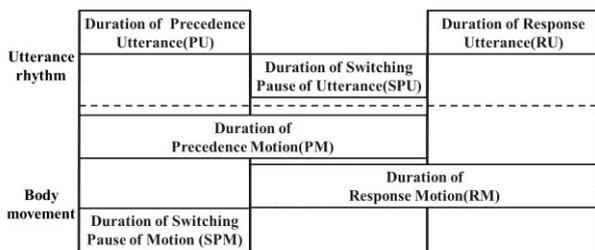


Fig. 3 Durations for analysis

Motion), 被験者の身体動作長 (RM : Duration of Response Motion), 実験者の動作開始から被験者の動作開始までの差である動作反応潜時長 (SPM : Duration of Switching Pause of Motion) を解析に用いた. 本解析における各挨拶動作の開始時間と終了時間は, お辞儀動作の場合, お辞儀の開始時点から頭を下げ切るまで, 手を挙げる動作の場合, 手を挙げ始めた時点から上に挙げ切るまでとした.

本研究では, まずはこれらの時間特徴量間で相関分析を行った. その後, 同得られた相関係数の平均値に関して Kruskal-Wallis 検定を行い, 必要があれば Steel-Dwass 法による多重比較を行った

### 3. 同等な立場にある話者による挨拶の実験結果

#### 3.1 実験者内における時間特徴量間の相関関係

Fig.4 に各挨拶動作における挨拶速度ごとの実験者の発話長 (PU) と動作長 (PM) の平均値と標準偏差を示す. 図より, 全ての挨拶動作において発話長と身体動作長の間強い正の相関関係があるのが確認できる. 本実験では, 実験者が挨拶の速さを「速く」, 「自然に」, 「遅く」の3つで変化させたが, 発話の速さ, 身体動作の速さを別々にコントロールすることは行っていない. そのため, 実験者の発話長と身体動作長が強く関連し, これら2つの時間長が同時に長く, もしくは短くなるという結果となった. このような実験者による挨拶が行われた結果を基に, 次節で話者間の相関関係について説明する.

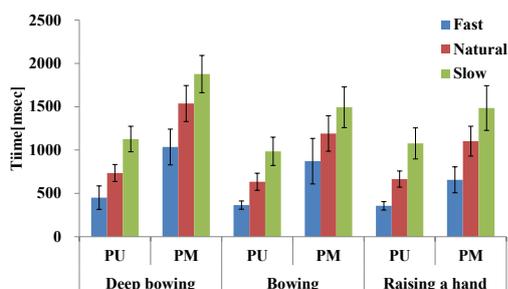


Fig.4 Mean and S.D. of indices

### 3.2 話者間における時間特徴量の相関関係

Table 1 に話者間の時間特徴量の相関関係の平均値を示す. 表中の色付きの部分は相関係数が 0.4 以上のものを示しており, 各値は3種類の挨拶速度×5試行の合計15データから被験者毎に相関係数を求め, 被験者10人分の平均値を算出することで求めた. 表に示すように, 実験者の発話長 (PU) に関しては, 被験者の発話長 (RU), 被験者の身体動作長 (RM), 動作反応潜時長 (SPM) との間で, 全ての挨拶動作で中程度以上の正の相関関係があらわれた. 同様に, 実験者の身体動作長 (PM) に関しても, 被験者の発話長 (RU), 被験者の身体動作長 (RM), 動作反応潜時長との間で, 全ての挨拶動作で中程度以上の正の相関関係がみられた. これらの結果は, 話者間ではどの挨拶動作においても様々な時間特徴量間の相関関係が強くなることを示している.

Table 1 Correlation coefficient between speakers

		Deep bowing	Bowing	Raising a hand
PU	RU	0.77	0.84	0.85
	RM	0.53	0.66	0.74
	SPU	-0.11	-0.16	-0.10
	SPM	0.60	0.64	0.78
PM	RU	0.78	0.64	0.78
	RM	0.56	0.55	0.68
	SPU	-0.03	-0.11	-0.09
	SPM	0.57	0.61	0.75

#### 3.3 被験者内における時間特徴量の相関関係

Table 2 に被験者内における時間特徴量の相関係数の平均値を示す. まず, 発話長 (RU) と他の時間特徴量間の相関関係については, 発話長と身体動作長間 (RU-RM) において全ての挨拶動作で中程度以上の正の相関関係がみられた. 相関の強さは「手を挙げる」が最も強く, 多重比較の結果「最敬礼」と「手を挙げる」の挨拶動作間で有意傾向がみられた ( $p < .10$ ). これらの結果は, 挨拶動作において被験者内の発話長と身体動作長の間で同調がみられ, 「手を挙げる」挨拶動作でその同調が強まることを示唆している.

次に, 発話長と動作反応潜時長間 (RU-SPM) においても, 全ての挨拶動作で中程度以上の正の相関関係がみられた. また, 多重比較の結果「最敬礼」と「手を挙げる」の挨拶動作間で有意傾向がみられた ( $p < .10$ ).

Table 2 Correlation coefficient in subjects

		Deep bowing	Bowing	Raising a hand
RU	RM	0.54	0.66	0.74
	SPU	-0.13	-0.12	-0.04
	SPM	0.47	0.54	0.75
RM	SPU	-0.10	-0.01	0.07
	SPM	0.18	0.32	0.59
SPU	SPM	0.40	0.28	0.25

これらの結果は、被験者が動き始めるまでの時間が長く（短く）なる場合には、その後の発話長も長く（短く）なることを示しており、「手を挙げる」挨拶動作でその傾向が強まることを示唆している。

#### 4. 異なる立場の話者による挨拶の実験結果

##### 4.1 実験者内における時間特徴量の相関関係

Fig.5 に各挨拶動作と挨拶速度における、実験者の発話長 (PU) と身体動作長 (PM) の平均値と標準偏差を示す。各値は、各挨拶動作の挨拶速度ごとに 3 試行 × 10 被験者の合計 30 データから算出している。結果より、発話長と身体動作長の間には強い正の相関関係が確認できる。本実験においても、実験者は挨拶の速さを「速く」、「自然に」、「遅く」の 3 段階で変化させていたが、発話と身体動作の速さを別々にコントロールすることは行っていない。結果として、実験者の発話長と身体動作長が強く関連し、これら 2 つの時間長が同時に長く、もしくは短くなるという結果となった。このような実験者による挨拶が行われた結果を基に、次節で話者間の相関関係について説明する。

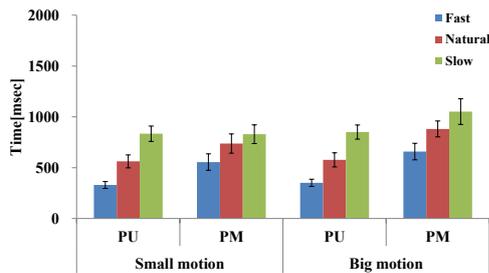


Fig.5 Mean and S.D. of indices

##### 4.2 話者間における時間特徴量の相関関係

Table 3 に話者間の時間特徴量の相関係数の平均値を示す。表中の色付きの部分は相関係数が絶対値で 0.4 以上のものを示しており、各値は 3 種類の挨拶速度 × 3 試行の合計 9 データから被験者ごとに相関係数を求め、被験者 10 人分の平均値を算出することで求めている。結果として、実験者の発話長 (PU) と、被験者の発話長 (RU)、被験者の身体動作長 (RM)、動作反応潜時

Table 3 Correlation coefficient between speakers

		Small motion	Big motion
PU	RU	0.60	0.64
	RM	0.49	0.49
	SPU	-0.33	-0.47
	SPM	0.68	0.72
PM	RU	0.52	0.60
	RM	0.40	0.49
	SPU	-0.12	-0.33
	SPM	0.70	0.67

長 (SPM) との間で、各挨拶動作で中程度以上の正の相関関係がみられた。また、実験者の身体動作長 (PM) に関しても、被験者の発話長 (RU)、動作反応潜時長 (SPM) との間で、各挨拶動作で中程度以上の正の相関関係がみられた。これらの結果は、話者間での挨拶動作の違いに関わらず、このような挨拶行為において話者間の時間特徴量の相関関係が強くなることを示している。

##### 4.3 被験者内における時間特徴量の相関関係

Table 4 に被験者内の時間特徴量の相関関係の平均値を示す。結果として、どちらの発話内容においても話者間の相関関係と比較すると、発話長 (RU) と身体動作長 (RM)、動作反応潜時長 (SPM) の間でやや相関関係が現れている以外は、あまり相関関係が現れていないということがわかる。本実験では、実験者が挨拶動作として手を挙げることを行い、被験者はお辞儀を行っている。このように挨拶動作の相違がある場合に、話者間の時間特徴量で相関関係が現れることが、結果として挨拶を返す話者の発話と身体動作の同調を低下させる可能性があることを、この結果は示唆している。

Table 4 Correlation coefficient in subjects

		Small motion	Big motion
RU	RM	0.35	0.46
	SPU	-0.06	-0.29
	SPM	0.38	0.43
RM	SPU	-0.08	-0.15
	SPM	0.31	0.21
SPU	SPM	-0.18	0.06

#### 5. 挨拶動作のモデル化とエージェントシステムの構築について

本章では 2 つの実験結果を基に、人の挨拶にみられる時間長の同調を実現するモデルと、それに基づく対話エージェントシステムの構築について述べる。具体的には、先の 2 つの実験でみられた話者間、話者内の各相関関係を基に、ユーザの発話長からシステムの各時間的特徴量を決定するモデルとそのシステム実装について説明する。

Fig.6 に構築するエージェントシステムの概要を示す。このシステムは図に示すように、大きく分けて音声認識部、エージェント動作生成部、エージェント発話生成部の 3 つに分けられる。音声認識は先行研究<sup>8)</sup>でも用いた、ローカルな音声対話プラットフォーム「Julius<sup>10)</sup>」によって行い、ユーザの発話認識と同時に、発話長の算出も行う。本システムではこの算出した発話長を入力情報として、エージェントの各時間的特徴量を決定

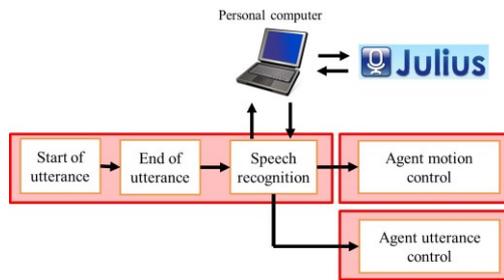


Fig. 6 Configuration of communication system

していく。発話長は、Julius のコールバック関数を用いて発話区間の開始と終了時に割り込み処理を行い、取得した時間の差分として求める。

人の挨拶を実現するモデルを構築する際、まずは計測可能な時間長が必要となり、それはユーザの発話長、もしくは身体動作長となる。本システムでは、相対的に安定して時間長を計測できる発話長を用いる。まず、ユーザの発話長はマイクを用いることによってリアルタイムに時間長を計測する。この計測した発話長からユーザの動作長を推定する。先の 2 つの実験では、先行挨拶者（システムを構築する際にはこちらがユーザとなる）内において発話長 (UU: Duration of User Utterance) と動作長 (UM: Duration of User Motion) には正の相関関係がある。この結果を基に、ユーザの発話長から動作長を推定する式 (1) を導出する。

$$UM = UU * \alpha + \beta \quad (1)$$

続いて、推定したユーザの動作長を用いて、ユーザの動作長に同調するエージェントの動作長を算出する。これも実験結果から、人同士の挨拶において動作長間には正の相関があるため、これを基にユーザの動作長 (UM: Duration of User Motion) から、エージェントの動作長 (AM: Duration of Agent Motion) を決定する式 (2) を導出する。

$$AM = UM * \gamma + \delta \quad (2)$$

次にユーザの発話長に同調するエージェントの発話長を算出する。実験結果より、人同士の挨拶において発話長間に正の相関関係があることが明らかになっている。これを基にユーザの発話長 (UU) から、エージェントの発話長 (AU: Duration of Agent Utterance) を生成する式 (3) を導出する。

$$AU = UU * \epsilon + \zeta \quad (3)$$

最後に、先行研究<sup>4)</sup> から人同士の挨拶対話において、人は発話より動作が先行することが明らかになっている。また、このような特性をシステムに導入した際にシステムに自然性を感じられることも明らかになっている。このことから本システムにおいても、エージェントの発声遅延を考慮することで自然な挨拶を実現する。今回の実験結果では、この挨拶者の動作長と発声遅延間にも正の相関関係にあることが明らかになって

いる。この結果に基づき、エージェントの動作長 (AM) からエージェントの発声遅延 (DU: Delay of Agent Utterance) を算出する式(4) を導出した。

$$DU = AM * \eta + \theta \quad (4)$$

以上の時間長を生成する 4 つの式に基づき、対話エージェントシステムの間接制御することで、挨拶動作に見られる基本的な話者間の同調を実現することができる。また今回の実験では、話者が同等な立場にあるときの挨拶では、被験者内の発話一身体リズムの同調が高いのに対し、話者が異なる立場にあるときの挨拶では、被験者内の発話一身体リズムの同調は低くなった。このような動作の特性は (1)~(4) 式におけるパラメータ群 ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta$ ) で表現できると考えている。具体的には、話者間で発話長、身体動作長の同調を近似直線で実現する一方で、各直線の傾きと定数の大きさを変えることによって、エージェント内の発話一身体リズムの同調度を変えることができる。このような点を含め、実際にエージェントを実装するときには、今回の実験結果を考慮しながら、具体的なパラメータ値を設定することが必要となる。

## 6. 考察

本研究では、2 人の話者が挨拶を行うときの発話リズムと身体リズムの関係について調査するため、まず同等な立場にある話者同士が挨拶を行う実験を実施した。次に、異なる社会的な立場にある人同士がそれぞれ異なる挨拶を行う場合についても実験を実施した。結果として、話者間では両方の実験において発話や身体に関する時間特徴量の間に関係が現れやすいことが明らかになった。一方、異なる立場の話者による挨拶の場合には、被験者内において発話リズムと身体リズムの間に相関関係が現れにくいということが示唆された。本研究では、これらの実験結果に基づいて話者間での同調を実現する挨拶モデルとその対話エージェントへの実装について議論した。

本研究では、まず同じ立場にある話者による挨拶の実験を行った。結果として、話者間で発話長 - 発話長間、発話長 - 身体動作長間、身体動作長 - 身体動作長間の全てで高い同調がみられた。また、異なる立場にある話者による挨拶の実験においても、発話長 - 発話長間、発話長 - 身体動作長間、身体動作長 - 身体動作長間で同調がみられることが明らかになった。これまでも、対話におけるこのような同調は、われわれの先行研究を含めて見られているが<sup>5)</sup>、今回の結果はそれらと比べても強い相関関係が現れた。この結果は、挨拶行為が非常に同調傾向の高いコミュニケーション行為

であることを示しているといえる。このような同調が現れる背景として、挨拶というコミュニケーションの初期段階において、人は無意識的に互いの時間的要素の同調を高めており、このような同調を介することで、その後のコミュニケーションをより円滑に行っているということが推測される。

話者内においては、同じ立場にある話者による挨拶の場合、挨拶を返す話者内の発話と身体動作に同調がみられ、特に手を挙げて挨拶を行うといったような場合にその傾向が強まることが示唆された。一方、異なる立場にある話者による挨拶の場合には、挨拶を返す話者内の発話長と身体動作長の同調が相対的に弱くなるという結果となった。このような結果が得られた背景として、以下のようなことが考えられる。まず、2人の話者が対称的な挨拶動作を行う場合には、両者とも同じ動作を行うため、もともと実験者内の時間特徴量間の相関が高い中で、話者間の同調が高くなり、結果として話者内の同調も高くなることが考えられる。一方で、2人の話者が非対称な挨拶動作を行う場合には、話者間で発話と身体動作の同調を高めようとする中で、両者の身体動作が異なるため、挨拶を返す話者内で発話リズムと身体リズムの協調関係が崩れ、結果として話者内の相関関係が弱くなっていることが考えられる。このように話者間において社会的な立場の相違、特に話者間に上下関係がある場合には、人は自身の動作の協調を崩すほど相手に同調し、このことをもって上の立場にある人に対して敬意を払うということが行われている可能性がある。

本研究では、以上の実験結果と考察に基づいて、挨拶時に話者間の間で見られる同調を実現するモデルと対話エージェントシステムへの実装についても議論した。今後、コンピュータグラフィクススペースのアバターやコミュニケーションロボットなどにこのシステムを導入し、実際に人と挨拶を行うことで、どのようなパラメータが人にどのような印象を与えるかを明らかにすることを考えている。

また、今回は挨拶という基本的なコミュニケーションに注目したが、今後はより一般的なコミュニケーションの解析を行い、今回得られた結果を拡張していくことを考えている。

## 7. 結言

本研究では、2人の話者が挨拶を行うときの発話と身体動作の関係を調査するため、まず同等な立場にある話者による挨拶の実験を行った。また、2人の話者の社会的な立場を考慮した挨拶の実験も行った。結果として、話者間では両方の実験において発話と身体動作に

関する様々な時間特徴量間で同調が現れやすいということが示された。一方で、挨拶を返す話者内においては、話者間で挨拶動作が異なる場合に、相対的に同調が弱くなるということが示唆された。

今後は、今回構築したモデルを導入したコミュニケーションシステムの評価や、より一般的なコミュニケーションにおける発話と身体の関係について明らかにしていく。

## 参考文献

- 1) 渡辺富夫, 大久保雅史, 中茂睦裕, 檀原龍正 : *InterActor* を用いた発話音声に基づく身体的インタラクションシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 2-2, 21/29 (2000)
- 2) 新徳健, 渡辺富夫 : 3者間インタラクション支援および合成的解析のための身体的バーチャルコミュニケーションシステム, 情報処理学会論文誌, 45-4, 1212/1221 (2004)
- 3) 山本倫也, 池谷晴生, 渡辺富夫 : 対面あいさつのコミュニケーション動作における発声遅延の分析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集 : *human interface*, 5-1, 83/86 (2003)
- 4) 山本倫也, 渡辺富夫 : ロボットとのあいさつインタラクションにおける動作に対する発声遅延の効果, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 6-3, 343/350 (2004)
- 5) 山本知仁, 武藤ゆみ子, 阿部浩幸, 三宅美博 : 対話コミュニケーションにおける 2 種類の発話タイミング構造, 45-10, 522/529 (2009)
- 6) 高杉将司, 山本知仁, 武藤ゆみ子, 阿部浩幸, 三宅美博 : コミュニケーションロボットとの対話を用いた発話と身振りのタイミング機構の分析, 計測自動制御学会論文集, 45-4, 215/223 (2009)
- 7) 高杉将司, 吉田祥平, 沖津健吾, 横山正典, 山本知仁, 三宅ゆみ子: コミュニケーションロボットとの対話における交代潜時長と領き先行時間長の影響評価, 計測自動制御学会論文集, 46-1, 72/81 (2010)
- 8) 小林弘幸, 大村卓矢, 山本知仁 : 音声対話システムにおける適切な発話タイミング生成に関する考察, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, 15-9, 23/28 (2013)
- 9) 黒川隆夫 : ノンバーバルインタフェース, 電子情報通信学会(編), オーム社 (1994)
- 10) Julius: <http://Julius.sourceforge.jp>