

話者の関係性を考慮した挨拶動作における 身体リズムと韻律情報の同調

○杵鞭健太 小林弘幸 山本知仁 (金沢工業大学) 三宅美博 (東京工業大学)

概要 本研究では、異なる社会的な立場にある人同士が挨拶をするときの発話と身体動作の関係を明らかにするために、2人の発話者を先輩と後輩に分け対面で挨拶する実験を行い、発話リズムと身体リズムの関係を解析した。結果として、話者間の発話長と身体動作長の同調が強くなる一方で、被験者内の発話長と身体動作長の同調は相対的に弱くなるということが示唆された。本研究ではこれらの結果より、話者の社会性とコミュニケーションに見られる同調傾向の関係について議論した。

キーワード: 挨拶動作, 身体リズム, 発話リズム, 同調

1 はじめに

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ことが多いが、この身体の動作は、設計者が限られたロボットの機構を利用しながら、さまざまな表情を表出できるように実装している場合が多い。そのため、ときに人が実際に行う身体動作と異なる動作をすることがあり、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さらに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¹⁾²⁾。また、山本らは人の挨拶動作の解析を行い、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³⁾⁴⁾。

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⁵⁾にどのような影響を与えるかを明らかにしてきた⁶⁾。また、挨拶動作に注目した対話の実験を行い、動作の内容によって異なる同調傾向が現れることを明らかにした⁷⁾。

このわれわれが行った挨拶に関する先行研究では、形式的な挨拶が必要とされる場面において、両者がお辞儀を行う状況や、知り合い同士が会ったときに、2人が手を上げるような挨拶をする状況を想定して実験を行った。結果として、これらの状況で、発話や挨拶動作が同調することが明らかになったが、普段行われる挨拶では必ずしも互いが同じような挨拶を行うとは限らない。例えば、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社会的な関係にある人同士が行う挨拶においては、どちらかがかしこまった挨拶をし、一方は、手を上げるといったような親密性をもった挨拶を行うことが頻繁に見られる。

そこで本研究では、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ついて注目して、実験を行う。具体的には、先輩と後輩といった社会的な上下関係を想定し、2人の話者が異なる挨拶動作を行う場合の発話リズムと身体リズムの関係について調査する。

2 実験手法

2.1 実験概要

本研究では、異なる社会的な立場にある人が挨拶をするときの発話と身体動作の関係を明らかにする。そのために、2人の発話者を先輩と後輩に分け、対面で挨拶する実験を行った。実験には、発話内容として「こんにちは」と「お疲れさま」の2種類を用意した。さらに、2人の話者が出会って「こんにちは」と挨拶して、「お疲れさま」と別れの挨拶をすることを想定した実験内容にすることで、挨拶行為自体の本質ができるだけ保たれるようにした。挨拶動作としては、黒川の分類⁸⁾に基づき、「お辞儀」と「手を挙げる」の2つを選定した。本実験では、先行発話者は実験者として固定し、被験者には後輩役として参加してもらった。このとき被験者に実験者の挨拶に続いて、先輩に行うように挨拶するように指示を行った。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、挨拶動作の大きさに関しては、「大きく」と「小さく」の2段階で変化させた。

本実験は次のような実験手順で行った。まず、Fig.1に示すように実験者と被験者は、向かい合った状態で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。この説明では、被験者に後輩役を担当してもらうことを指示し、実験者が「手を挙げる」の挨拶動作で挨拶を行った後に「お辞儀」の挨拶動作で先輩に行うように挨拶するよう説明をした。また、挨拶は発話内容が「こんにちは」と「お疲れさま」の2つがあることを説明し、最初の挨拶では実験者と被験者は「こんにちは」と同じ発話内容で挨拶するが、2回目の挨拶では実験者のみ「お疲れさま」と発話し、被験者は「お疲れさまです」と発話するように指示した。被験者への説明を終えた後、実験者の発話内容「こんにちは」と「お疲れさま」で1回ずつ練習を行った。このとき、実験者の挨拶動作の大きさはどちらも「小さく」で挨拶した。

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6つの挨拶(2つの挨拶動作の大きさ×3種類の挨拶速度)をそれぞれの発話内容で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6つの挨拶の順番をランダムで行った。実験では被験者1人あたり、この試行を3回行い、被験者として20代



Fig. 1: Experiment environment

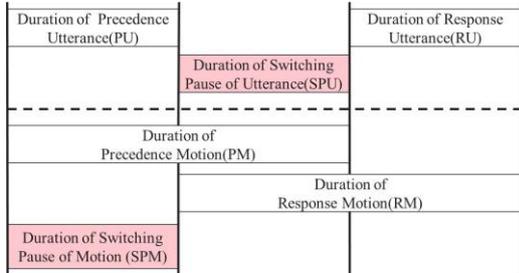


Fig. 2: Indices for analysis

の男子大学生10人（平均年齢：22.1歳）が参加した。

2.2 実験データの解析

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：iVUS HF S21）にステレオで入力することで行った。身体動作のデータ取得は、モーションキャプチャ（Optitrack社：FLEX 3）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、実験者と被験者のヘッドセットの頭頂部と口元のマイク、両肩、両肘、両手の合計8箇所をマーカを付け、これらの3次元的な位置をサンプリングレート100Hzで取得した。

解析に用いた各時間特徴量をFig.2に示す。Fig.2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図下部の3つであり、具体的には実験者の身体動作長（PM：Duration of Precedence 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、「手を挙げる」の場合、手を挙げ始めてから上に挙げ切るまでとし、「お辞儀」の場合は頭を下げ始めた時点から下げ切るまでとした。

本研究では、まずこれらの時間特徴量間で相関分析を行った。その後、発話内容要因の2水準と挨拶動作の大きさ要因の2水準からなる2要因の分散分析を行った。

3 実験結果

3.1 各時間特徴量の平均値と標準偏差

Table 1と2に発話内容「こんにちは」における各挨拶の時間特徴量の平均値と標準偏差を示し、Table 3と4に発話内容「お疲れさま」における各挨拶の時間特徴量の平均値と標準偏差を示す。また、Fig.3と4に、発話内容「こんにちは」、「お疲れさま」それぞれにおける各挨拶動作の時間特徴量の平均値と標準偏差をまとめた図を示す。これらの値は、挨拶動作ごとに1つの挨拶速度（「自然に」のみ）×3試行×10被験者の合計30データから算出した。

Table 1と2、Fig.3の図表より、大きい挨拶動作のほうが小さい挨拶動作よりも、身体動作に関する各時間特徴量が長くなっていることがわかる。同様に、発話に関する各時間特徴量においても大きい挨拶動作のほうが小さい挨拶動作よりも長くなっていることが確認できる。この結果は、身体動作が長くなることによって、発話に関する各時間特徴量も長くなるということを示唆している。また、Table 3と4、Fig.4の結果では、発話内容「こんにちは」の場合と同様に、大きい挨拶動作のほうが小さい挨拶動作よりも、発話と身体動作に関わる各時間特徴量が長くなっている。これらの結果は、発話内容に関わらず大きい挨拶動作では発話と身体動作に関わる各時間特徴量が長くなるということを示唆している。

3.2 実験者内における時間特徴量の相関関係

Table 5に発話内容「こんにちは」における、実験者内の発話長と身体動作長（PU-PM）の相関関係を示し、Table 6に発話内容「お疲れさま」における実験者内の発話長と身体動作長の相関関係を示す。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た。

結果より、各発話内容と各挨拶動作において、発話長と身体動作長に強い正の相関関係が現れた。本実験では、実験者が挨拶行為全体の速さを「速く」、「自然に」、「遅く」の3つで行ったが、発話の速度、身体動作の速度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。

3.3 話者間における時間特徴量の相関関係

Table 7に発話内容「こんにちは」における話者間の時間特徴量の相関係数の平均値を示し、Table 8に発話内容「お疲れさま」における話者間の時間特徴量の相関係数の平均値を示す。表中の色付きのセル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、どちらの発話内容においても実験者の発話長（PU）と、被験者の発話長（RU）、被験者の身体動作長（RM）、動作反応潜時長（SPM）との間

Table 1: Mean and S.D. of indices in small motion of “Konnichiwa”

	PU	RU	SPU
Mean	562	516	652
S.D.	64.0	66.7	146.3
	PM	RM	SPM
Mean	738	752	1048
S.D.	94.6	164.5	311.5

Table 2: Mean and S.D. of indices in big motion of “Konnichiwa”

	PU	RU	SPU
Mean	577	523	665
S.D.	69.8	62.9	180.1
	PM	RM	SPM
Mean	881	803	1094
S.D.	77.8	197.8	390.9

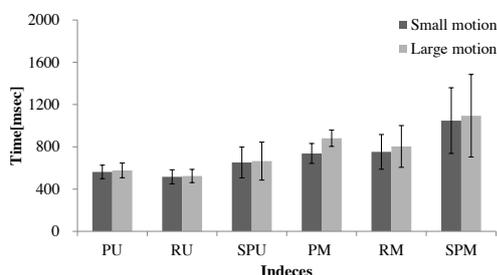


Fig. 3: Mean and S.D. of indices in “Konnichiwa”

Table 3: Mean and S.D. of indices in small motion of “Otsukaresama”

	PU	RU	SPU
Mean	556	781	605
S.D.	84.1	220.9	163.0
	PM	RM	SPM
Mean	691	806	1057
S.D.	61.9	216.1	347.5

Table 4: Mean and S.D. of indices in big motion of “Otsukaresama”

	PU	RU	SPU
Mean	573	768	632
S.D.	91.3	201.4	180.0
	PM	RM	SPM
Mean	848	831	1117
S.D.	118.8	193.5	371.2

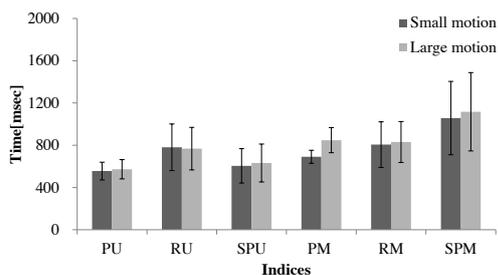


Fig. 4: Mean and S.D. of indices in “Otsukaresamadesu”

Table 5: Correlation coefficient between indices of experimenter in “Konnichiwa”

	Large motion	Small motion
PU-PM	0.86	0.85

Table 6: Correlation coefficient between indices of experimenter in “Otsukaresama”

	Large motion	Small motion
PU-PM	0.85	0.88

Table 7: Correlation coefficient between indices of speakers in “Konnichiwa”

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

Table 8: Correlation coefficient between indices of speakers in “Otsukaresama”

		Large motion	Small motion
PU	RU	0.56	0.55
	RM	0.42	0.41
	SPU	-0.50	-0.38
	SPM	0.67	0.60
PM	RU	0.55	0.52
	RM	0.42	0.36
	SPU	-0.33	-0.34
	SPM	0.66	0.59

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、発話内容や挨拶動作の違いに関わらず、このような挨拶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。

3.4 被験者内における時間特徴量間の相関関係

Table 9に発話内容「こんにちは」における被験者内の時間特徴量の相関係数の平均値を示し、Table 10に発話内容「お疲れさま」における被験者内の時間特徴量の相関係数の平均値を示す。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、被験者全体10人分の平均値を算出することで求めた。

結果より、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、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、結果として片方

Table 9: Correlation coefficient between indices in subjects in “Konnichiwa”

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

Table 10: Correlation coefficient between indices in subjects in “Otsukaresama”

		Large motion	Small motion
RU	RM	0.31	0.22
	SPU	-0.32	-0.11
	SPM	0.33	0.40
RM	SPU	-0.15	0.02
	SPM	0.45	0.15
SPU	SPM	-0.13	0.01

の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。

4 考察

本研究では、異なる社会的な立場にある人同士が挨拶をするときの発話と身体動作の関係を明らかにするため、2人の発話者を先輩と後輩に分け、挨拶する実験を行い、その際の発話リズムと身体リズムの関係を解析した。結果として、発話内容に関わらず大きな挨拶動作においては小さな挨拶動作よりも各時間特徴量が長くなることが明らかになり、話者間の発話長と身体動作長の同調が強くなる一方で、被験者内の発話長と身体動作長の同調が相対的に弱くなることが示唆された。

先行研究⁷⁾において、身体動作長が長くなることで発話や身体動作に関わる各時間特徴量が長くなり、話者間、話者内において発話長と身体動作長の同調が基本的に強くなることは既に示唆されていた。一方、今回の実験結果と先行研究の実験結果を比較すると、被験者内の発話長と身体動作長の同調が話者間の同調と比較して、相対的に弱くなるということがみられた。

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、先行研究における2人の話者が対称的の挨拶動作を行う場合では、両者とも同じ動作を行うため、もともと実験者内の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、今回の実験のように2人が非対称な挨拶動作を行う場合では、話者間で発話と身体動作の同調を高めようとする中で、実験者と被験者の身体動作が異なるため、被験者内の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。

上記のような2つの実験の比較より、話者間の社会性と挨拶などのコミュニケーション行為の同調の間に様々な関係があることが示唆される。先行研究では、同質な話者が同質な挨拶を行い、そのようなとき様々な時間的な要素間で強い同調がみられた。このような結果の背景には、挨拶というコミュニケーションの契機において話者が同調することで、その後続くコミ

ュニケーションが円滑になっていくというメカニズムが存在することが示唆される。一方、今回の結果では、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、下の立場の話者が自身の動作の円滑さを崩してまで相手に同調するということが示されている。つまり、このようなコミュニケーション形態において人は、自身の動作の協調を崩すほど相手に同調し、このことをもって相手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り、このような行為を本研究では定量的に扱っている可能性がある。

われわれは、このようにコミュニケーションにおける発話や身体動作の解析を詳細に行っていくことが、さまざまなインタラクションの形を明らかにすることにつながり、結果として人とロボットの自然なコミュニケーションの実現につながるのではないかと考えている。今回の実験では、上下関係にある話者間の挨拶行為を解析したが、今後、様々な社会性を考慮した実験を行い、コミュニケーションの構造をさらに明らかにしていきたいと考えている。

5 まとめ

本研究では、異なる社会的な立場にある人が挨拶をするときの発話と身体動作の関係を明らかにするため、上下関係のある2人の話者が挨拶する実験を行った。結果として、話者間の発話長と身体動作長の同調が強くなる一方で、被験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ことが示唆された。

今後は、様々な社会性を考慮した実験を行うことでさらに実験結果を拡張すると共に、結果を対話エージェントなどに実装して、その印象を評価することについても行っていきたい。

参考文献

- 1) 渡辺, 大久保, 中茂, 檀原: 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, Vol.2, No.2, pp.21-29 (2000)
- 2) 新徳, 渡辺: 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, Vol.45, No.4, pp. 1212-1221 (2004)
- 3) 山本, 池谷, 渡辺: 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, Vol.5, No.1, pp.83-86 (2003)
- 4) 山本, 渡辺: 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, Vol.6, No.3, pp.343-350 (2004)
- 5) 大坊: しぐさのコミュニケーション—人は親しみをどう伝え合うか—, サイエンス社 (1998)
- 6) 山本, 武藤, 阿部, 三宅: 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, 計測自動制御学会論文集, Vol.45, No.10, pp.522-529 (2009)
- 7) 杵鞭, 山本: 挨拶動作における身体リズムと韻律情報の同調, 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report: 信学技報, Vol.114, No.67, pp.247-252 (2014)
- 8) 黒川: 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)