

エージェントとのチャットにおける発話速度と交替潜時の引き込み現象

金城 郁子[†] 小林 一樹[†] 北村 泰彦^{††}

[†] 関西学院大学大学院理工学研究科 〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1

^{††} 関西学院大学理工学部 〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1

E-mail: †{i_kanashiro,kby,ykitamura}@ksc.kwansei.ac.jp

あらまし 対話エージェントの高度化のために、人間とエージェントとの対話インタフェースを研究することは重要である。人間同士が対話をする場合、対話内容以外にも、発話速度などのノンバーバル情報が伝達され、話し手の印象形成や、対話の結果に大きく影響を与えていると考えられる。このようなノンバーバル情報を、人間とエージェントとの対話インタフェースに取り入れることは、より円滑な相互作用性を持ったエージェントの設計につながると考えられる。本稿では、文字対話におけるノンバーバル情報として発話速度と交替潜時に注目した。エージェントの発話速度はメッセージの表示速度、ユーザの発話速度はタイプ速度と定義できる。発話速度の変化が可能なエージェントを用いて、文字対話における引き込み現象の有無を被験者実験を通して検証した。その結果、エージェントの発話速度の変化に対して、20人のうち5人の被験者が発話速度に引き込みを起こし、20人全員が交替潜時に非常に強い引き込みを起こした。一方、エージェントの交替潜時の変化に対して引き込み現象を起こした被験者はいなかった。

キーワード 対話エージェント、引き込み、チャット、発話速度、交替潜時

Entrainment of Chat Speed and Switching Pauses in Interactive Chat with Agent

Ikuko KANASHIRO[†], Kazuki KOBAYASHI[†], and Yasuhiko KITAMURA^{††}

[†] Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University
2-1 Gakuen, Sanda 669-1337, JAPAN

^{††} Faculty of Science and Technology, Kwansei Gakuin University
2-1 Gakuen, Sanda 669-1337, JAPAN

E-mail: †{i_kanashiro,kby,ykitamura}@ksc.kwansei.ac.jp

Abstract Human-to-human conversation contains non-verbal information. It creates an impression of the talker on the listener. Conversational interfaces that can convey non-verbal information makes conversational agents more intelligent and more interactive. We focus on chat speed and switching pauses in this paper, and observe their entrainment phenomena in interactive chat between an agent and a human user. The chat speed of the agent is defined as the speed of displaying characters, and that of the human user is defined as that of typing characters. As a result, changes of the agent's chat speed entrained 5 of 20 subjects, and that of the switching pauses entrained all subjects. Changes of the agent's switching pause entrained neither of the chat speed nor the switching pause of any subjects.

Key words conversational Agent, entrainment, interactive chat, chat speed, switching pauses

1. ま え が き

対話エージェントの高度化のために、人間とエージェントとの対話インタフェースを研究することは重要である。人間同士が対話をする場合、対話内容であるバーバル情報以外にも、声の大きさ、声の高さ、身振り手振り、話すスピードなどのノン

バーバル情報が伝達され、話し手の印象形成や、対話の結果に大きく影響を与えている。エージェントが表出するこのようなノンバーバル情報を意図的に操作することで、エージェントはユーザに対して、優位な印象を形成し、望ましい方向に対話を進めることができるようになるかもしれない。このように、人間同士の対話から得られるノンバーバル情報を、人間とエー

ジェントとの対話インタフェースに取り入れることは、より知的でインタラクティブなエージェントの設計につながると思われる。

たとえば、銀行員には早口の人はい少なく、ゆっくりとした速さで適切に間を置きながら、丁寧に話をする人が多い。このような話し方は、顧客に対して落ち着いた印象を与える。これは、信用を得ることが大切な銀行員において有効な話術である。また逆に、テレビの通信販売などでは、話すスピードの速い人がテンポよく商品を紹介している。その結果、短時間で多量の商品情報が消費者の耳に入ってくるため、消費者は購買意欲を刺激され、商品を購入してしまう。これは、商品を売ることが目的の販売員において有効な話術である。このように対話時に得られるノンバーバル情報の中でも、発話速度や応答の間は対話者の印象形成に大きな影響を与えていると考えられ、また、対話相手の反応を操作しうると考えられる。

相手の表出する情報に同調するように自らの反応を変化させる現象を引き込み現象という。これまでに、渡辺らによって、円滑なコミュニケーションの場では、呼吸の引き込み現象がみられ、この引き込み現象を測定することで、コミュニケーションシステムの定量的評価ができることが示された [1]。長岡らは、与えられた台本を読む二者の音声対話という実験状況において、一方の話者が話し終わってから次の話者が話し始めるまでの時間間隔（以下、交替潜時と呼ぶ）は、時々刻々と相手に同調するように変化するというを示している [2], [3]。さらに、長岡らは交替潜時の長さが話者の印象を形成する要因のひとつになっていることを示し [4]、協調的な対話状況において、交替潜時の引き込み現象が顕著に見られることを示した [5]。また、小松らによって、人対人で台本を読み合う実験状況において発話速度の引き込み現象が見られ、さらに、一方の話を人工物に変更しても同様に発話速度の引き込み現象が見られることが示された [6]。一方、鈴木らは、人工物であるCGキャラクタに教示をするというように、CGキャラクタが受動的立場、被験者が主導的立場に立った対話状況においては、被験者の発話速度がキャラクタに追従するのではなく、キャラクタが被験者の発話速度に追従するように、調整的に発話速度を変化させることを示した [7]。

このように、音声対話では、発話速度と交替潜時の引き込み現象についてさまざまな研究がなされており、引き込み現象の有無がコミュニケーションの円滑さを示す指標となっているが、文字対話ではまだこのような研究がなされていない。本稿では、エージェントとの文字対話において、発話速度や交替潜時に焦点を当て、引き込み現象が起こるか否かを検証する。これはインタラクティブな文字対話エージェントを設計する上で、基礎的な知見となる。

2. 発話速度反映型チャットシステム

チャットなどの文字対話における発話速度は、キーボード入力のタイプ速度に置き換えて考えることができる。しかし、通常のチャットシステムでは、メッセージの受信と同時にメッセージの全文が表示され、対話相手のタイプ速度を体感することは

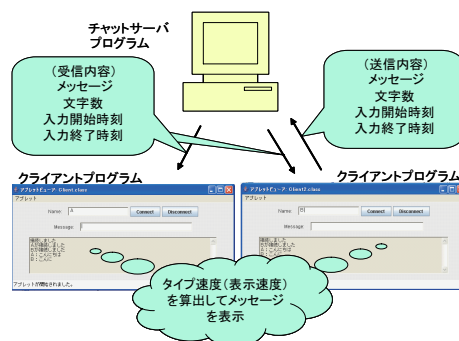


図 1 発話速度反映型チャットシステムの構成図

Fig. 1 construction of interactive chat

できない。そこで本研究では、対話相手のタイプ速度を体感できるチャットシステムとして、発話速度反映型チャットシステムを開発した。

図 1 に示すのは発話速度反映型チャットの構成である。このシステムでは、クライアントプログラム上でチャットメッセージを一文字ずつ表示するようにし、その表示速度を変化させることで、発話者のタイプ速度を体感できるようになっている。本チャットシステムでは、クライアントプログラムが、ユーザのメッセージ入力開始時刻、メッセージ入力終了時刻、メッセージ文字数を、メッセージと共にサーバに送信する。サーバは、受け取ったこれらのデータをログに書き出すと共に、接続しているすべてのクライアントプログラムにデータを送信する。各クライアントプログラムでは、受け取ったデータからメッセージ表示速度を算出し、得られた速度に合わせてメッセージを表示する。一文字あたりのメッセージ入力時間 T は、タイプ速度 V の逆数で与えられ、メッセージ入力開始時刻を T_1 、メッセージ入力終了時刻を T_2 、メッセージ文字数を C とすると、以下の (1) 式によって与えられる。

$$T = \frac{1}{V} = \frac{T_2 - T_1}{C} \quad (1)$$

本稿では上記の T [ミリ秒 / 文字] を発話速度として扱う。

このような仕組みにより、このチャットシステムでは、文字対話においても発言者のタイプ速度を対話の相手に容易に伝達することが可能である。

3. 評価実験

3.1 実験方法

本実験の目的は、文字対話において、発話速度や交替潜時に引き込み現象が存在するか否かを検証することである。

この実験において、エージェントの発話速度は、メッセージを一文字ずつ表示するときの一文字あたりの時間間隔、被験者の発話速度は、メッセージをキーボード入力する際の一文字あたりの時間間隔とする。また、本実験においては、引き込み現象の有無は、発話速度や交替潜時に正の相関が確認できるかどうかで判断する。評価対象は、エージェントの発話速度または交替潜時の変化に対する、被験者の発話速度または交替潜時であり、4組の相関関係である。

実験に際して、発話速度反映型チャットシステムのクライア

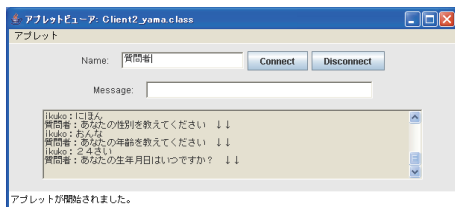


図 2 自動応答エージェントの外観

Fig. 2 appearance of the chat agent

表 1 エージェントの発話内容の例

Table 1 Example of chat message of agent

エージェントの発言内容
こんにちは
あなたにいくつか質問します。あなたのお名前は？
みんなからは何と呼ばれていますか？あだ名を教えてください
親からは何と呼ばれていますか？

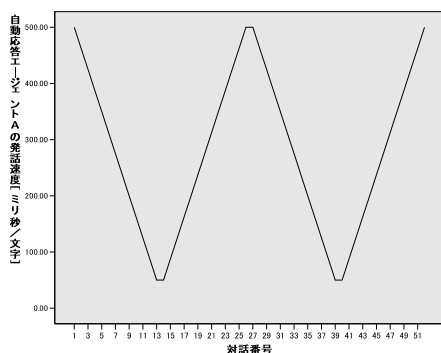


図 3 自動応答エージェント A の発話速度の変化

Fig. 3 The Change of chat agent A's chat speed

ントプログラムに変更を加え、あらかじめ指定した表示速度とメッセージを送信する自動応答エージェントを開発した。また、ここでのエージェントとは、図 2 に示すようにキャラクタとしての容姿は持たず、チャット画面のみが視覚的にユーザに提示されるものである。被験者は自動応答エージェントと、質疑の対話をする。ここで、被験者が即答できるように質問内容は、表 1 に示すような名前や年齢などのパーソナリティに関するものに設定した。対話は、挨拶も含めて全部で 52 対話であった。表 2 に実験で用いたエージェントの発話内容の一部を示す。被験者の入力に漢字変換を許すと、入力開始時刻や、入力終了時刻、メッセージ文字数といったタイプ速度を計算するためのデータを正確に測定できないため、被験者の入力は「無変換ひらがな」入力に限定した。また、サーバにおいて、被験者のメッセージ入力開始時刻 T_1 、メッセージ終了時刻 T_2 、さらにメッセージ文字数をログファイルとして記録しておき、後から統計処理ができるようにしておいた。

大学生の男女 40 人が被験者として実験に参加した。被験者の中に極端にタイピング能力が劣るような、キーボード入力の初心者はいなかった。これら 40 人の被験者を、A 群 20 人（男性 10 人、女性 10 人。平均年齢 20.60 歳、標準偏差 1.27）と B 群 20 人（男性 19 人、女性 1 人。平均年齢 19.45、標準偏差

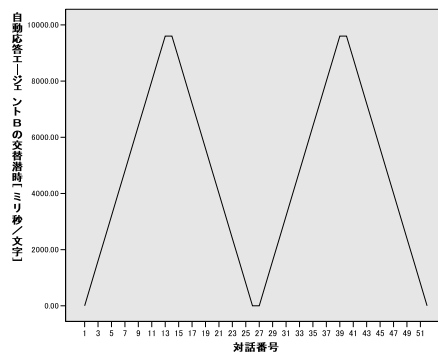


図 4 自動応答エージェント B の交替潜時の変化

Fig. 4 The Change of chat agent B's switching pauses

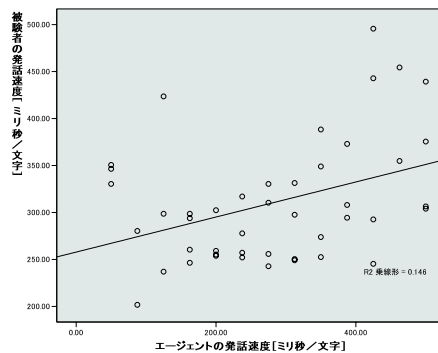


図 5 エージェントの発話速度によって発話速度に引き込み現象を生じた被験者のグラフ

Fig. 5 Entrainment between chat speed of agent and chat speed of a subject

1.28) に分け、それぞれ以下に述べる異なった刺激を受が与えられた。

A 群の被験者は、図 3 に示すように、表示にかかる時間間隔を 50[ミリ秒/文字] から 500[ミリ秒/文字] の範囲で、37.5[ミリ秒/文字] ずつ、13 段階に発話速度を変化させる自動応答エージェント A と対話を行った。また、回答を送信してからエージェントが次の質問をするまでの時間間隔、つまり自動応答エージェント A の交替潜時は 0[ミリ秒] で固定した。自動応答エージェント A は、速度変化の波が 2 山できるように設定した。

B 群の被験者は、図 4 に示すように、交替潜時を 0[ミリ秒] から 9600[ミリ秒] の範囲で、800[ミリ秒] ずつ、13 段階に長短を変化させる自動応答エージェント B と対話を行った。また、自動応答エージェント B の発話速度は 0[ミリ秒/文字] に固定し、通常のチャットシステムのように発話速度を反映しないようにした。自動応答エージェント B は、交替潜時の変化の波が 2 山できるように設定した。

3.2 実験結果

引き込み現象は、自動応答エージェントの発話速度または交替潜時を x 軸に、被験者の発話速度または交替潜時を y 軸に取り、質疑応答の各対話をグラフ上の座標にプロットしたときに、正の相関が存在するかどうかで確認できる。

図 5 は、エージェントの発話速度と被験者の発話速度間でもっ

表 2 エージェントの発話速度と被験者の発話速度の分析結果

Table 2 analysis of agent's chat speed and subject's chat speed

相関係数	被験者数
0.4 以上 0.5 未満	1 人 (すべて $p < 0.05$)
0.3 以上 0.4 未満	4 人 (すべて $p < 0.05$)
0.2 以上 0.3 未満	5 人
0.1 以上 0.2 未満	2 人
0.0 以上 0.1 未満	5 人
-0.1 以上 0.0 未満	3 人

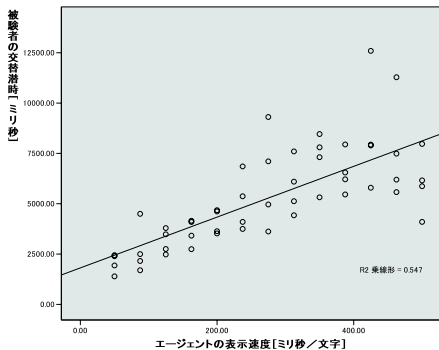


図 6 エージェントの発話速度によって交替潜時に引き込み現象を生じた被験者のグラフ

Fig. 6 Entrainment between chat speed of agent and switching pauses of a subject

表 3 エージェントの発話速度と被験者の交替潜時の分析結果

Table 3 analysis of agent's chat speed and subject's switching pauses

相関係数	被験者数
0.7 以上 0.8 未満	6 人 (すべて $p < 0.01$)
0.6 以上 0.7 未満	11 人 (すべて $p < 0.01$)
0.5 以上 0.6 未満	3 人 (すべて $p < 0.01$)

とも顕著に引き込み現象を示したある被験者 (A 群) のデータをグラフ化したものである。また、各被験者毎に Pearson の相関係数を求め、検定結果を表 2 に示した。表 2 のように、有意確率 5 % のもとで、相関係数 0.4 以上の正の相関を示した被験者が 1 人、相関係数 0.3 以上の正の相関を示した被験者が 4 人存在した。つまり、全 20 人中 5 人の被験者にエージェントの発話速度による引き込み現象がみられた。

次に、エージェントの発話速度と被験者の交替潜時について、もっとも顕著に引き込み現象が現れた被験者 (A 群) のグラフを図 6 に示す。表 3 は、各被験者毎に Pearson の相関係数と検定結果をまとめたものである。表 3 に示すように、20 人の全被験者について、有意確率 1 % のもとで、被験者の交替潜時と自動応答エージェントの発話速度の間に強い相関が確認でき、強い引き込み現象を示した。

さらに、エージェントの交替潜時と被験者の発話速度の相関グラフの一例を図 7 に示す。また、各被験者毎に Pearson の相関係数と検定結果を表 4 にまとめた。表 4 のように、有意確率 5 % のもとで引き込み現象を生じた被験者はいなかった。

最期に、エージェントの交替潜時と被験者の交替潜時の引き

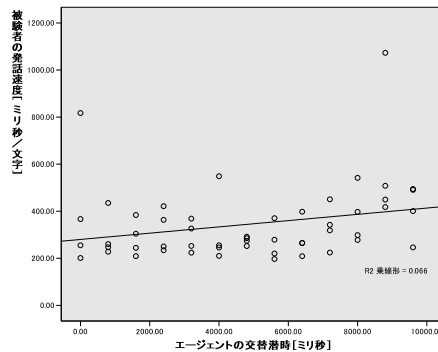


図 7 エージェントの交替潜時によって発話速度に引き込み現象を生じた被験者のグラフ

Fig. 7 Entrainment between switching pauses of agent and chat speed of a subject

表 4 エージェントの交替潜時と被験者の発話速度の分析結果

Table 4 analysis of agent's switching pauses and subject's chat speed

相関係数	被験者数
0.2 以上 0.3 未満	6 人
0.1 以上 0.2 未満	2 人
0.0 以上 0.1 未満	8 人
-0.1 以上 0.0 未満	0 人
-0.2 以上 -0.1 未満	4 人

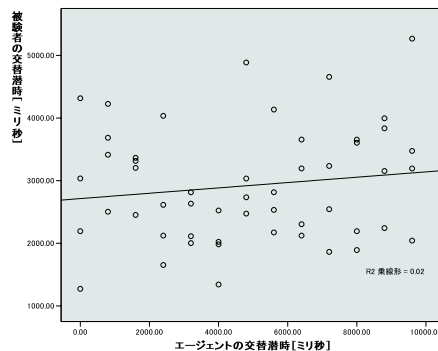


図 8 エージェントの交替潜時によって交替潜時に引き込み現象を生じた被験者のグラフ

Fig. 8 Entrainment between switching pauses of agent and switching pauses of a subject

表 5 エージェントの交替潜時と被験者の交替潜時の分析結果

Table 5 analysis of agent's switching pauses and subject's switching pauses

相関係数	被験者数
0.1 以上 0.2 未満	2 人
0.0 以上 0.1 未満	7 人
-0.1 以上 0.0 未満	7 人
-0.2 以上 -0.1 未満	4 人

込み現象について調査した。図 8 は、エージェントと被験者の交替潜時同士の相関の一例である。また、各被験者毎に Pearson の相関係数と検定結果を、表 5 に示す。有意確率 5 % のもとでエージェントの交替潜時と被験者の交替潜時に相関が確認され

		被験者	
		発話速度	交替潜時
エージェント	発話速度	5人の被験者に引き込みがあった	全被験者に引き込みがあった
	交替潜時	引き込み現象は無かった	引き込み現象は無かった

図 9 実験結果のまとめ

Fig. 9 summary of experimental result

なかった。

4. 考 察

発話速度や交替潜時を変化させるエージェントとの文字対話において被験者の発話速度や交替潜時に引き込み現象が起こるかを検証した。これらの実験結果を図9にまとめる。

4.1 エージェントの何が被験者を動かすのか

今回の実験では、文字対話におけるエージェントのノンバーバルな情報である発話速度と交替潜時に対し、ユーザの発話速度と交替潜時が引き込みを起こすかどうかを検証した。実験結果から、エージェントの発話速度が被験者に対して影響を与えていることが分かった。一方、エージェントの交替潜時は被験者にほとんど影響を及ぼさなかった。よって、被験者は、エージェントが表出するノンバーバルな情報として発話速度を読み取っていたと考えられる。以上より、エージェントとのインタラクティブな文字対話インタフェースでは、交替潜時よりも発話速度に注意を置いて設計する必要があると考えられる。

今後、円滑な文字対話の実現に向けて、エージェントの発話速度の有効性を検証したい。そのためには、発話速度を反映するエージェントと発話速度を反映しないエージェント、それぞれとの対話を行った被験者に対話の円滑さに関するアンケートに答えてもらう比較実験が必要である。

また、音声対話においてノンバーバルな情報が話し手の印象を左右するのと同様に、文字対話においてもエージェントの発話速度の変化が、被験者のエージェントに対する印象にどのような影響を与えるのかを調査していくことが重要である。このことが解明されれば、エージェントの印象を意図的に操作し、ユーザに対して優位に会話を進められるようになるかもしれない。これは、エージェントの高度化を図る上で有効な手段となる。

音声対話では、引き込み現象が起こることでコミュニケーションの円滑さを測ることができるとされている。今後、このような引き込み現象で、文字対話においても円滑なコミュニケーションを確認できるかどうかについて検討する必要がある。

4.2 被験者のタイプ能力

エージェントの発話速度の変化に対し、被験者 20 名のうち 5 名しか引き込みを起こさなかった。また、有意確率 5 % 以下を満たしていない被験者も含めて相関係数を見ると、いずれも 0.5 以下の低い値を取っている。これは、被験者の発話速度の変化の幅が小さいことを意味している。この要因として、被験者の

タイプ能力の限界による影響が考えられる。タイプ速度が早い人、遅い人の個人差はあるが、人はそれぞれに固有のタイプ速度の範囲がある。したがって、被験者がエージェントの振る舞いに対して引き込みを起こす可能性があったとしても、タイプ能力が追いつかず、引き込み現象を生じなかったのかもしれない。今後は、被験者のタイピング能力を考慮した実験をしていくことが必要である。実験に参加する被験者にタイピング能力の偏りが出ないようにするため被験者のタイピング能力を事前に測定する必要があると考えられる。

一方、交替潜時は、エージェントのメッセージが表示されてから被験者が反応するまでの時間なので、被験者はタイピング能力に捉われずに、引き込まれたものと思われる。その結果、発話速度に対して、相関係数 0.5 以上の非常に強い相関が、有意確率 1 % のもとで生じたものと考えられる。

4.3 引き込み現象の原因

これまでの先行研究では、引き込み現象を生じたことを示す事例は多いが、その原因については言及されていない。今回の実験結果を見ると、エージェントの発話速度が速くなると、被験者の交替潜時は短くなっている。エージェントの発話速度が速くなるにつれて、被験者は「早く返事をしなくてはならない」という強迫観念のような、何らかの心理的プレッシャーを受けていた可能性がある。

被験者がエージェントから心理的プレッシャーを受けていたのであれば、エージェントは単なる質疑応答システムでは無く、人間にとってコミュニケーションの相手になり得る。つまり、これまでのエージェントのように、ユーザに操作されるだけの受動的なエージェントではなく、ユーザの意思を変えさせる能動的なエージェントを設計できるようになるのかもしれない。

今後は、エージェントの発話速度が被験者に与える心理的プレッシャーの有無についても検証していく必要がある。

4.4 インタラクティブなエージェントの設計

人間同士の音声対話では、発話速度や交替潜時、語調や身振り手振りによって、自らの感情や状態を表現し、また対話相手の感情や状態を押し量って対話を進める。今回の実験結果から、エージェントが表出するノンバーバルな情報として、発話速度がユーザに影響を与えることが分かった。ユーザの反応は、交替潜時によって顕著に表現されるため、エージェントがユーザーの交替潜時から、感情や状況を読み取り、それに応じて内容を分岐させて対話を進めることが可能かもしれない。また、エージェントの感情表現として発話速度を使用することも有効であるだろう。

これらを実現するために、今後は被験者の交替潜時の変化がどのような感情、状況を表しているのかを調査する必要がある。また、エージェントがどのように発話速度を変化させると、被験者がどのように感じるのかも調査する必要がある。これらを解明することは、より知的でインタラクティブなエージェントを設計する上で重要な課題である。

5. ま と め

人間同士が対話をする場合、対話内容以外にも、発話速度な

どのノンバーバル情報が伝達され、話し手の印象形成や、対話の結果に大きく影響を与えていると考えられる。

本研究では、文字対話におけるノンバーバル情報として発話速度と交替潜時に注目した。エージェントが発話速度や交替潜時を変化させることで、被験者の発話速度や交替潜時に、引き込み現象が生じるか否かを検証した。その結果、被験者は、エージェントの発話速度に対して引き込み現象を示すことが分かった。さらにその反応は、被験者の発話速度よりも交替潜時に強く表れた。エージェントの発話速度と被験者の交替潜時の間に起こる引き込み現象は、20人の被験者全員に確認された。また、エージェントの交替潜時に、発話速度や交替潜時で引き込み現象を示す被験者はひとりもいなかった。

先行研究では、引き込み現象が生じることは、円滑なコミュニケーションが成立することの指標になりうるとされる。したがって、本実験の結果から、発話速度を変化させるエージェントとの文字対話において、円滑なコミュニケーションを実現していた可能性がある。

ノンバーバル情報を用いて、エージェントを高度化していく試みとして、ユーザの交替潜時からユーザの状況を読み取って対話内容などの反応を変化させ、発話速度をもって感情を表現するエージェントの設計が考えられる。

エージェントを高度化していくためには、エージェントが発話速度を変化させることでユーザにどのような印象を与えるのか、また、ユーザの交替潜時の変化がユーザのどのような心理状態を意味するのかについて、今後調査していくことが必要である。

文 献

- [1] 渡辺富夫, 大久保雅史, “コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価,” 情報処理学会論文誌, pp.1225-1231, May, 1998.
- [2] 長岡千賀, 小森政嗣, 中村敏枝, “自由対話における話者交替の潜時と呼吸の関連,” ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp.311-314, 2000.
- [3] 長岡千賀, Maria Draguna, 小森政嗣, 河瀬諭, 中村敏枝, “交替潜時の対話者間影響” ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp.221-224, 2001.
- [4] 長岡千賀, Maria Draguna, 小森政嗣, 中村敏枝, “音声対話における交替潜時が対人認知に及ぼす影響,” ヒューマンインタフェースシンポジウム, 2002.
- [5] 長岡千賀, 小森政嗣, Draguna Raluca Maria, 河瀬諭, 結城牧子, 片岡智嗣, 中村敏枝, “協調的対話における音声行動の2者間の一致 意見固持型対話と聞き入れ型対話の比較,” ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp.167-170, 2003.
- [6] 小松孝徳, 森川幸治, “人間と人工物との対話コミュニケーションにおける発話速度の引き込み現象,” 情報処理学会研究報告 知能と複雑系, Vol.2004, No.105, pp.71-78, 2004.
- [7] 鈴木紀子, 寛一彦, 竹内勇剛, 岡田美智男, “非文節音を用いた人間 コンピュータ間の相互作用における発話速度の変化とその効果,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.1, pp.113-122, 2003.