

発話思考を促進するインタラクティブキャラクタの提案

飯田拓人¹ 小林稔¹

概要: プログラミングやレポートの作成など複雑なタスクの遂行中に、独り言のように誰にも向けていない発話を行うことがある。これは、思考の内容を言語化することで、思考を整理することができるためであると考えられており、実際にそのような作業中の発話を行うと、作業効率が向上するという報告がある。本報告では、タスクを遂行するコンピュータの画面上のキャラクタ「ベアプロくん」によりユーザーの作業中の発話を促進するシステムを提案した。「ベアプロくん」は、ユーザーの作業の停滞時には発話のきっかけとなる質問を提示し、ユーザーの発話中には相槌をうつことで発話意欲を持続させる。これによりユーザーは作業中に発話を行いやすくなることが期待される。本稿ではさらに、今後の評価実験計画についても述べる。

Proposal of an interactive character that promote thinking by speaking

Abstract: We occasionally make utterances that is not aimed at anyone while doing complex task such as programming and writing a report. This is because verbalizing the content of thoughts by doing so helps us to organize thoughts, and there are reports that it improves work efficiency. In this report, we propose a system that promotes speaking while working with the character “Bearpro” on the computer screen. “Bearpro” presents questions that trigger utterances when the user's work is stagnant, and keeps the willingness to speak by exchanging conflicts during the user's utterances. Users are expected to be able to speak more easily while working with this system. In this report, we also describes future evaluation experiment plans.

TAKUTO IIDA^{†1} MINORU KOBAYASHI^{†1}

1. はじめに

プログラミングやレポートの作成など、複雑な思考を要求するタスクは多く存在する。このような複雑なタスクの遂行者は、複雑な思考を整理しながらタスクに取り組む必要があるが、思考を効率よく整理することは難しい。そのため、思考を整理するための手法が求められる。

プログラミングなどのタスクに取り組んでいる際、独り言のように誰にも向けていない発話を行うことがある。このような発話を伴う思考を、ユーザビリティテストで用いられる分析手法である発話思考法(思考発話法)に因んで、本研究では「発話思考」と定義する。発話思考により思考の内容を言語化することで、頭の中だけで思考を行っている場合と比較して思考を整理することができる。実際に発話思考を行うと、作業効率が向上するという報告もある[1]。

一方で、思考の内容を文書化することで、実際に思考を書き出して可視化し、思考を整理することができる。文書化は発話思考と比べてより思考が明確になるが、行為としてのコストが発話思考と比べて高いという欠点がある。

本研究は、作業中の発話思考を促進することを目的とする。

作業中の発話思考の促進の事例としては、特にプログラムのデバッグ時の発話思考を促進させる手法であるベアプログラミング(ラバーダッキング)がある。これは、デバ

ッグにおいてエラーの原因が分からない際に、プログラムの状況や思考内容をぬいぐるみ等のキャラクタを模した物体に向かって説明することで、状況や思考内容を整理する手法である。ベアプログラミングでは話しかける対象であるキャラクタは何の機能も持たないが、このキャラクタが発話者に何らかの働きかけを行うことによって、より発話思考を促進することができるのではないかと我々は考えた。

本研究では、話しかける対象としてのキャラクタに、ユーザーとのインタラクションを行う機能を追加した、図1のようなシステムを提案する。本システムは、タスクを遂行するコンピュータの画面上に「ベアプロくん」というキャラクタを表示し、ユーザーは「ベアプロくん」に向かって話しかけるように発話する。「ベアプロくん」は、ユーザーの作業及び発話の停滞時には発話のきっかけとなる質問を提示し、ユーザーの発話中には相槌をうつことで発話意欲を持続させる。

本稿では、提案システムの動作確認のために行ったユーザーテストについて述べる。ユーザーテストでは、「ベアプロくん」によって発話長が増大し、発話思考が促進される可能性が示された。しかし、システムには改良の余地が見られた。本稿ではさらに、システムの有用性の検証のための今後の評価実験計画についても述べる。

¹ 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科
Department of Frontier Media Science, Faculty of Interdisciplinary

Mathematical Science at Meiji University



図1 提案システムのイメージ図

Figure 1 Image of system.

2. 関連研究

2.1 発話思考の効果

「自己説明研究」と呼ばれる領域では、特に物事の学習に関して、「自己説明」と呼ばれる思考の言語化の効果の検証が盛んに行われている。自己説明の定義について、伊藤は「自己説明とは自分自身に向かって学習内容や学習者自身の考えを説明することを指している」[2]と述べている。大川らは洞察問題の解決における効果の検証として、Tパズルと呼ばれるパズル課題を用いた実験を行った[1]。このとき実験者は発話を伴わないグループ（個人群）と、発話を伴う3つのグループ（自己説明群，他者説明群，相談群）に分けられた。その結果、発話を伴う3つのグループの課題の解決者と未解決者の間で、メタ的発話と呼ばれる具体的な問題状況から離れて課題解決過程を振り返る発話の数に有意な差があることを示し、自己説明の中でも特にこの種の発話が洞察問題解決を促進することを示した。また、内田は物語の学習における言語化の効果の検証として、5才児を対象に、読み聞かせの内容を記憶しているかを問うテストによる実験を行った[3]。このとき、被験者を一文毎に声に出して復唱する外言群，心の中で復唱する内言群，そして統制群の3つに分けた。このうち外言群は文構造に関する記憶が、内言群は文の意味に関する記憶がそれぞれ鮮明であった。このことから発話による言語化は文構造に関する理解を促進する効果があることが考えられる。

これらの研究では被験者は課題内で発話を行っていたが、被験者が課題間に発話を行う検証を実施した研究も存在する。坂野は、観察学習について課題間の発話による言語化の効果を検証し、観察学習では学習が進むにしたがって言語化の効果が顕著にあらわれることを示した[4]。

また、伊藤らは、自己説明ではなく、他者へ向けた説明の生成に注目し、その学習に対する効果を実験により検証した[5]。この実験では被験者には統計学に関する内容を学習してもらい、「説明過程」というべき過程を経た後にテストを受けさせた。被験者は、「説明過程」において学習した内容を他者に向かって説明する対面群，他者の存在を想定しビデオメッセージで説明するビデオ群，説明を行わない

統制群の3つに分けた。その結果、対面群が他の2群に比べて有意に成績が高かったが、ビデオ群と統制群では有意な差が出ず、説明者に対して被説明者が与える相槌などのフィードバックが重要であることを示した。

これらは発話による思考の言語化（発話思考）の効果に関する基礎研究ということができる。

2.2 発話思考を促進する事例（ペアプログラミング）

作業中の発話思考の促進の事例として、プログラムのデバッグ時の発話思考を促進させる手法であるペアプログラミング（Bear Programming，以下BP）がある。これは、デバッグにおいてエラーの原因が分からない際に、プログラムの状況や思考内容をぬいぐるみ等のキャラクタを模した物体に向かって説明することで、状況や思考内容を整理する手法である。BPの名前は、ペアプログラミング（Pair Programming，以下PP）と熊のぬいぐるみを使うことに因んでいる。PPは、コードを書き問題が生じたら状況を説明するDriverと、Driverの説明を聞きコードを見て問題点を指摘するNavigatorの2人1組でプログラミングを行うデバッグ手法である。Bakerによれば、PPによるデバッグの成功は多くがDriver独力によるもので、Navigatorの発言は少ししかデバッグに貢献しないという[6]。更に、「何故コードのこの部分をこの方法で書いたのか」等の状況を一貫して説明できるようにする行為こそが問題の解決に繋がるとし、BP（ここでは厚紙で作った犬を用いている）が有用であるとしている。

BPではユーザーは発話対象であるキャラクタを模した物体から何の刺激も提示せず、インタラクションを行わない。そのため、話しかける対象としてのキャラクタに、ユーザーとのインタラクションを行う機能を追加したシステムを用いる本研究とはアプローチが異なる。

因みに、この手法ではユーザーは発話対象であるキャラクタを模した物体からフィードバックを得ないため、前述の伊藤らの研究[5]のビデオ群に近い条件であるといえる。そのため、対面群のように、学習により効果的である被説明者からの相槌などのフィードバックの提示により、問題の解決や発話の促進に効果を与える可能性がある。

2.3 相槌が対話に及ぼす影響を検証する研究

本研究と類似したシステムにより発話長を増加させている研究がある。貴志らは発話者の発話に対して相槌としてのうなずき動作のみを行う対話エージェントシステムを作成し、テーマの決められた5分程度の雑談の発話長に及ぼす影響を検証した[7]。その結果として、うなずき動作が人と対話エージェントとのコミュニケーションにおける発話長を有意に増大させることを示した。

この研究の相槌を用いたアプローチは本研究と一致しているが、本研究とは使用場面や目的が異なる。

3. 提案システム

本研究では、話しかける対象としてのキャラクターに、ユーザーとのインタラクションを行う機能を追加したシステムを提案する。以下では、システムの詳細なアプローチについて説明する。

3.1 電子キャラクター「ベアプロくん」による発話促進

本システムは、タスクを遂行するコンピュータの画面上に「ベアプロくん」というキャラクターを表示し、ユーザーは「ベアプロくん」に向かって話しかけるように発話する。「ベアプロくん」という名前は、ベアプログラミング (BP) に由来しており、BP で用いるぬいぐるみなどの物体を拡張するという方針を示している。BP と同じように話しかける対象としてのキャラクターが存在することで、発話がしやすくなるため、本研究ではこのキャラクターの表示を行うこととした。また、「ベアプロくん」のデザインは、可能な限り少ない情報量でキャラクターであることをユーザーに認識させるため、長方形の身体と円形の目といった単純な要素で構成した (図 2)。「ベアプロくん」の表示が作業の邪魔にならないように、小さく画面右下に表示するようにした。「ベアプロくん」の実際の画面上の大きさは 260px × 60px である。なお、「ベアプロくん」は常に画面の最前面に来るようにプログラムされている。

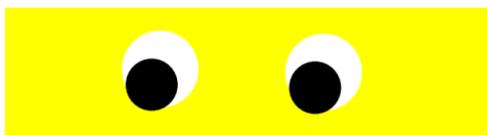


図2 「ベアプロくん」のデザイン
Figure 2 Design of "Bearpro".

3.2 メタ認知を意識化させる質問

ユーザーとのインタラクションの一つとして、まず、ユーザーが問題に直面し作業及び発話が停滞している際に、発話思考のきっかけを作り出すことが求められる。これを実現するアプローチとして、本システムでは作業と発話の両方が停滞している際に質問を提示することとした。作業の停滞については、ユーザーのキーボードやマウスの入力を取得して検知する。発話の停滞については Google Cloud Speech-to-Text による音声認識で発話内容を取得して検知する。

質問内容については、発話のきっかけになる内容であればどのようなものでもよいと考えているが、本研究ではその中でも作業に対する有用性の高いものを採用する。そこで、大川らのパズル課題での検証事例[1]で、メタ的発話と呼ばれる具体的な問題状況から離れて課題解決過程を振り返る発話の重要性が示されたことから、質問の内容はメタ認知過程を意識化させるものとした。質問文の具体的な内

容は、吉岡によるインターネット情報検索課題にメタ認知過程を意識化させる質問の効果を検証する研究[8]で実際に使われた質問を参考に我々が考案した。質問文の例を表1に掲載する。

質問文の提示については、機械音声による読み上げにより、音声情報で行うこととした。これは、岩田らによる研究[9]で示された、マルチタスク環境下において、視覚情報によるメインタスク実行時に、サブタスクを音声情報で提示する方が視覚情報で提示するよりも認知負荷が低いという知見に基づく。なお、日本語読み上げには、Google Cloud Text-to-Speech を用いた。

| |
|------------------------|
| 今、どんなことで困っていますか？ |
| 今までに何を試しましたか？ |
| 分からない単語や要素はありますか？ |
| 今実装しようとしているのはどんな機能ですか？ |
| 何が分かっている、何が分かっていますか？ |

表1 提案システムから提示される質問文の例
Table 1 Example of question texts presented by the proposed system.

3.3 相槌フィードバック

2章の3節で触れた貴志らの研究[7]で、うなずき動作が人と対話エージェントとのコミュニケーションにおける発話長を有意に増大させることが示された。我々は、うなずき動作などの相槌が発話思考の促進に対しても効果を与えると考えたため、本システムではユーザーの発話に対して相槌を生成することとした。

相槌の提示方法や提示タイミングについては、小林らの ASE に基づく相槌によるロボットとの対話体験の向上[10]を参考にした。この研究では、ASE (Artificial Subtle Expression) という、光の明滅や音声によるシンプルな相槌の表現でもコミュニケーションにおいて自然な印象を与えることができることが示された。また、相槌の生成タイミングについても、音量による単純な実装 (音響的生成) の方が決定木を用いる複雑な実装 (言語的生成) より人間らしい印象を与えることが示された。この結果をもとに、本研究では、音声により相槌を提示し、音響的生成により相槌を生成することとした。ASE に基づく相槌表現のうち、音声による提示を選んだのは、前節と同じくマルチタスク環境下における認知負荷の観点からである。なお、相槌の音響的生成は、500ms 以上の発話の後に 200ms 以上の無音を検出した際に相槌を生成する、という仕様で実装した。

3.4 システム使用の流れ

ユーザーが問題に直面して作業に行き詰まった際に、ユーザーは「ベアプロくん」の質問に口頭で答えることをき

っかけに発話思考を開始し、「ペアプロくん」に相槌をしてもらうことによって発話思考を持続させることができると考える。その結果として、最終的にユーザーが直面していた問題を解決することを想定している。

3.5 本稿における提案手法の組み合わせによる可能性の検証について

本研究の提案手法には複数の要素があり、その組み合わせによって検証すべき可能性が数多く存在する。

まず、本システムではキャラクタを画面上に表示している。これは、本システムがユーザーのキーボードやマウスの入力を監視する必要がある、という実装上の理由であるが、キャラクタについてはスピーカーの付いた人形のような物理的なものの方がより話しかけやすい可能性もある。また、キャラクタがない方がユーザーが発話をしやすい可能性もある。

さらに、本システムでは質問文や相槌などを音声により提示している。これは前述した通りマルチタスク環境下における認知負荷の観点から、作業に支障が出ないように音声での提示を決定したが、視覚情報で提示した方が作業効率は落ちるものの、発話の量自体は増加する可能性もある。

ここまでで考え得る、検証すべき可能性について表2で示した。このように本研究の提案手法には検証すべき可能性が数多く存在するが、本研究ではひとまず、「キャラクタを画面上に表示×音声による刺激の提示」の組み合わせのシステムを用いる場合と、用いない場合について議論する。

| 刺激の提示 \ キャラクタ | なし | 物理的な物体 | 画面上に表示 |
|---------------|----|--------|--------|
| 音声刺激 | | | ○ |
| 視覚刺激 | | | |

表2 キャラクタと刺激の提示方法の組み合わせ

Table 2 Combination of presentation methods of character and stimulus.

4. ユーザーテスト

4.1 目的

本システムの動作確認と、効果の簡単な確認のために、ユーザーテストを行った。本システムの概要を知っている人の視点から本システムの動作が適切であるかを確認するため、記述式のアンケートを中心に意見を引き出した。このユーザーテストには今後のシステムのアプローチや仕様の修正に繋げる目的もある。

4.2 手順

本システムの概要を知っている学生2名を対象に、研究室の隅に衝立で仕切られた空間を用意して行った。被験者

は、学科で必修となっている Processing でのプログラム作成課題を2つ解いた。実際の2つの問題文を図3,4に示す。課題1はシステムを用いずに、課題2はシステムを起動した状態で行った(図5)。なお、課題2を解く際にはイヤホンを着用してもらい、「ペアプロくん」からの質問や相槌フィードバックが明瞭に聴こえるようにした(図6)。発話の教示については特に行わなかった。被験者には、不明点についてブラウザ(Google Chrome)で調べることを許可した。テスト中、実験者は衝立の外で待機し、被験者から質問があった場合には答えた。

発話量の評価のためにテスト中のユーザーの発話を録音し、無音区間と雑音、実験者との会話を除いた部分の長さを発話長とした。また、発話長と課題所要時間をもとに、発話率を算出した。また、各課題終了時にアンケートに回答してもらった。アンケートでは、まず大問1として、5件法による選択式の複数の質問と、それぞれの質問についてその選択肢を選んだ理由を10文字以上100文字以内で自由記述する質問を設けた。質問文は、課題1終了時は「課題はスムーズに解けた」、「頭の中は整理されていた」の2つ、課題2終了時は課題1終了時と同じ質問文2つに加え「発話がスムーズにできた」「エージェントにストレスを感じた」の2つを加えた4つとした。加えて、大問2として、2問目終了時のアンケートでは、相槌の頻度について1(とても少ない)~5(とても多い)の5段階で回答させる質問を設けた。最後に、システムや実験について気になったことを自由記述させる質問を設けた。

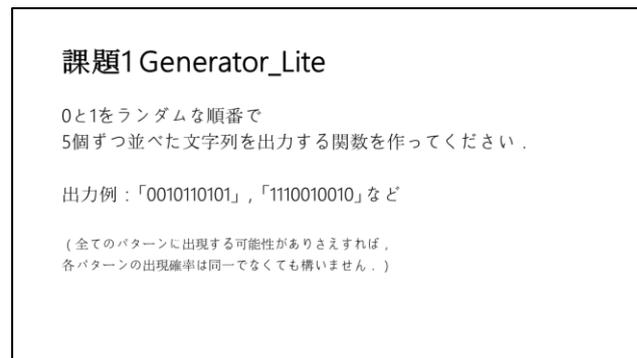


図3 ユーザーテストの課題1に用いた問題文

Figure 3 Problem sentence for user test task 1.

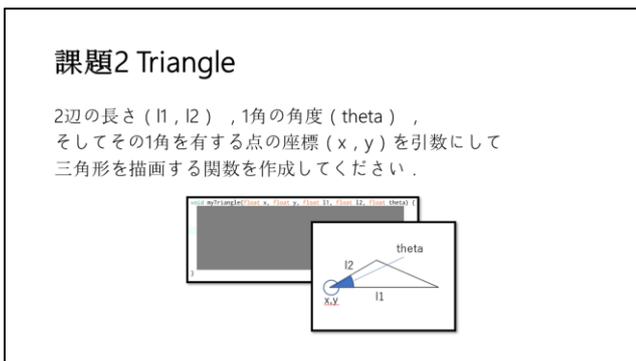


図4 ユーザーテストの課題2に用いた問題文
Figure 3 Problem sentence for user test task 2.

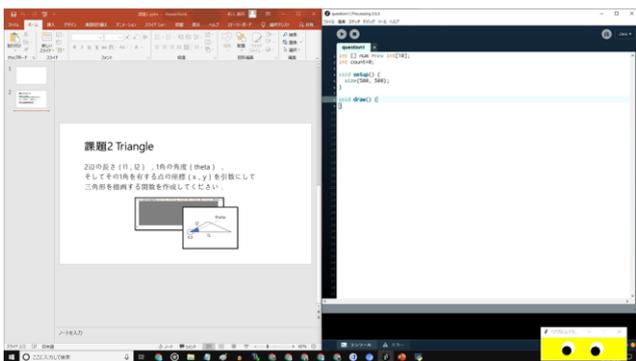


図5 課題2 (システムあり条件) 遂行時のPCの画面の様子
Figure 5 State of the computer screen when performing task 2 (conditions with system).

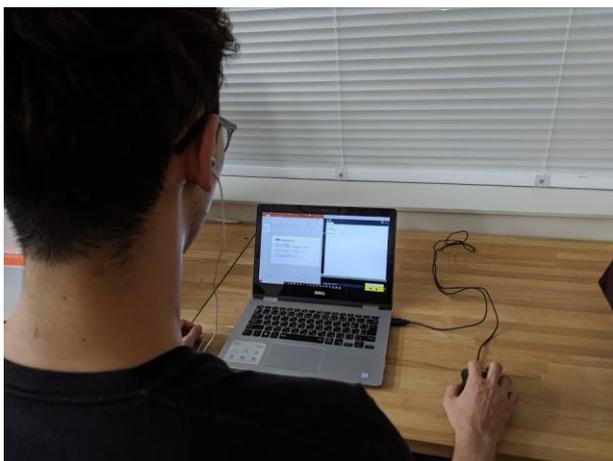


図6 ユーザーテストの様子
Figure 6 User test.

4.3 結果と考察

2人の被験者の課題所要時間を表3, 発話長と発話率を表4に示す。アンケートの大問1のうち, 2つの課題に共通する設問の結果を表5, 課題2独自の設問の結果を表6に示す。また, アンケートの大問2の結果を表7に示す。

課題所要時間は, どちらの被験者も課題2のほうが短か

った。これについては, 課題内容の得意不得意の影響も結果に表れるため, 発話が課題解決を促進したとは限らない。発話長や発話率の数値はどちらの被験者も課題2のほうが高かった。特に被験者1については大きく差がついている。ここから, 提案システムが発話思考を促進する可能性があるといえる。

被験者1の発話の内容として, 「ベアプロくん, ~」というように, ベアプロくんに直接話しかける発話が多かった。ここから, キャラクターとしての「ベアプロくん」の存在が発話のきっかけとなる可能性があるといえる。しかし, 雑談的な発話も多く見られたため, 発話の全てが課題に有効な発話思考につながっている訳ではないと考えられる。アンケートの大問1の自由記述で得られた回答について述べる。まず, 課題1終了時のアンケートでは, 「いつも通りの環境だった」といった内容が多かった。また, 「問題が難しく感じてしまった」という回答が得られた。これは, ウォーミングアップが済んでいない状態で課題に取り組んだ影響があると考えられる。

次に, 課題2終了時のアンケートでは, 「普段一人でやる際軽く歌いながらやっているのので, その環境に近づいた」「呟いていると応じてくれるので, 最初は戸惑ったけれど, 幾分解きやすかったと感じた」といった回答が得られた。「ベアプロくん」がいることによって, 緊張が緩和されている可能性があるといえる。

しかし, 「少し答えてくれないことがあった」「何も発言していないときに急に反応されると, 少し戸惑ってしまった。」といった回答が多く, 音響的生成による適切なタイミングでの相槌の生成がうまくいっていないことが示唆された。原因としては, 実験用PCのマイクがキーボードのタイプ音に過剰に反応したことが考えられる。そのため, 対策として, 音響的生成ではなく言語的生成で相槌を生成することや, ユーザーの発話の取得にピンマイクなどを用いることが挙げられる。

また, 今回のアンケートでは, メタ認知を意識化させる質問についての感想が得られなかった。実験に使用したシステムの動作ログを確認したところ, 実際にシステムによって質問が提示されたのは1回のみだった。作業の停滞時に質問を提示するというアプローチは課題の内容や思考プロセスに大きく依存するため, 作業の停滞が明確に起こる課題に対しては有効に作用する可能性がある。

| | 課題1 | 課題2 |
|------|--------|--------|
| 被験者1 | 10分19秒 | 9分52秒 |
| 被験者2 | 17分40秒 | 15分16秒 |

表3 課題所要時間

Table 3 Required time of tasks.

| | 課題 1 | 課題 2 |
|-------|--------------------|---------------------|
| 被験者 1 | 37 秒 (5.98%) | 58 秒 (9.70%) |
| 被験者 2 | 1 分 8 秒 (6.42%) | 1 分 15 秒 (7.46%) |

表 4 発話長 (発話率)

Table 4 Length of utterance (Probability of utterance).

| | 課題 1 | 課題 2 |
|---------------|------|------|
| 「課題はスムーズに解けた」 | 2 | 4 |
| 「頭の中は整理されていた」 | 3 | 3.5 |

表 5 大問 1 の共通設問の被験者間の平均値

Table 5 Average of questionnaire results: Common questions in Q1.

| | |
|-------------------|-----|
| 「発話がスムーズにできた」 | 3.5 |
| 「エージェントにストレスを感じた」 | 2.5 |

表 6 大問 1 の課題 2 固有設問の被験者間の平均値

Table 6 Average of questionnaire results: Unique questions for task 2 in Q1.

| | |
|-------|------------|
| 被験者 1 | 3 (ちょうどよい) |
| 被験者 2 | 3 (ちょうどよい) |

表 7 大問 2 の結果

Table 7 Questionnaire results: Q2.

5. 評価実験計画

ユーザーテストの結果、現状の提案システムでも作業中の発話思考が促進される可能性が示された。そのため、話しかける対象としてのキャラクタに、ユーザーとのインタラクションを行う機能を追加したシステムによる作業中の発話思考への効果の検証のための評価実験を行うことを決定した。しかし、現状の提案システムについて改善すべき点がいくつか見つかったため、本実験の前にシステムを改善し、今回と同様のユーザーテストを行い、問題がなければ本実験を行う。

具体的なシステムの改善すべき点としてはまず、マイクがキーボードのタイプ音に反応することが挙げられる。これについては、ユーザーの発話の取得にピンマイクを用いることとする。また、メタ認知を意識化させる質問の提示については、今回よりも小さな作業の停滞に対しても行うこととする。

今回のユーザーテストでは研究室の隅に衝立で区切られた空間を用意して行ったが、本実験では他者を意識した

発話を徹底的に排除するため、個室を用意して、室内には被験者の他は誰もいない環境で行う。また、今回は課題 1 ではシステムなし、課題 2 ではシステムありの条件だったが、本実験ではどちらの課題にどちらの条件をつけるかの順序はランダムにして実験を行う。

6. おわりに

本報告では、思考が整理されるなどの利点がある作業中の発話思考を促進するシステムを提案し、提案システムの動作確認のために行ったユーザーテストについて述べた。ユーザーテストでは、「ベアプロくん」によって発話長が増大し、発話思考が促進される可能性が示された。また、「ベアプロくん」が作業中の緊張を緩和する可能性があることもわかった。しかし、マイクがキーボードのタイプ音に反応してしまうなど、システムには改善の余地が見られた。そのため、今後はまずシステムを改善し、今回と同様のユーザーテストを行い、問題がなければ本実験を行う予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 18K11410 の助成を受けたものである。また、アンケート及び実験にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 大川愛, 佐藤浩一: 思考の言語化が洞察問題解決に及ぼす影響, 群馬大学教育実践研究 別刷, 2016, Vol.33, p161-166
- [2] 伊藤貴昭: 学習方略としての言語化の効果—目標達成モデルの提案—, 教育心理学研究, 2009, Vol.57, p238
- [3] 内田伸子: 幼児における物語の記憶と理解におよぼす外言化・内言化経験の効果, 教育心理学研究, 1975, Vol.23, p87-96
- [4] 坂野雄二: 課題解決場面の観察学習における観察者の言語化の効果, 千葉大学教育学部研究紀要, 1980, Vol.29, p15-26
- [5] 伊藤貴昭: 説明はなぜ話者自身の理解を促すか—聞き手の有無が与える影響—, 教育心理学研究, 2009, Vol.57, p86-26
- [6] Baker, SJ: 「Cardboard Cutout Dog」, https://www.sjbaker.org/humor/cardboard_dog.html (参照 2019 年 10 月 10 日)
- [7] 貴志悠, 神田智子: 対話エージェントのうなずきタイミングが発話長に及ぼす影響分析, HAI シンポジウム 2011, 2011, I-1B-4
- [8] 吉岡敦子: インターネット情報検索行動に及ぼすメタ認知過程の意識化の効果, 日本教育工学雑誌, 2002, Vol.26, p1-10
- [9] 岩田貴裕, 山邊哲生, 中島達夫: マルチタスク環境下における認知負荷の測定と評価, 情報処理学会研究報告, 2009, Vol.2009-UBI-22, No.8
- [10] 小林一樹, 船越孝太郎, 小松孝徳, 山田誠二, 中野幹生: ASE に基づく相槌によるロボットとの対話体験の向上, 人工知能学会論文誌, 2015, Vol.30, p604-612