

## uh-huh duck: 人形との相互作用によるプログラミング時の問題解決支援

倉田 寛大† 佐々木 耕平†† 辻 愛里††† 藤波 香織†††

† 東京農工大学 工学部 知能情報システム工学科

†† 東京農工大学 生物システム応用科学府 生物機能システム科学専攻

††† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

## 1 はじめに

IT人材の不足が問題となっている昨今、人手を割かずシステムによってさまざまな熟練度のプログラマを多角的に支援することには意義がある。今日までユーザーのトレース力やアルゴリズム的思考力を鍛錬するシステムを開発して、外部からヒントを提示するような形でユーザーのスキルアップを図る試みが盛んに行われてきた [1][2]。

本研究では、ユーザーの脳内情報の整理を支援することで持てる力を最大限発揮させることを目的とし、人形に向かってプログラムの詳細およびエラーについて説明するうちに問題解決の糸口が見つかるといったデバッグ方法であるラバーダック・デバッグに着目した。この人形に相槌機能を実装してインタラクティブにし、通常の人形と比較することでユーザーの支援に及ぼす影響について調査した。

## 2 提案システムの設計と実装

## 2.1 設計

図1にシステム概要図を、図2にシステムの外観を示す。ラバーダック・デバッグに倣いゴム製のアヒル人形にデバイスを組み込む形で提案システム (uh-huh duck) を開発した。なおプログラミング作業中に悩みが生じた際にトリガーであるスイッチを押下し、システムからユーザーに説明を促す問い掛けがあった後、悩みについての説明を開始する、といった流れで使用する。

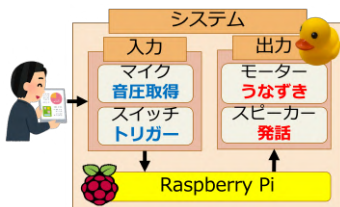


図1: システム概要図

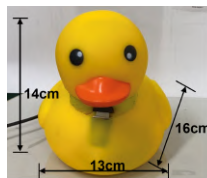


図2: システム外観

## 2.2 実装

人形の頭部を胴部と切り離し、Raspberry Piにて制御可能なパンチルト機構付きサーボモータを頭部内側に組み込むことで、うなずき機能を実装した。また、モータ駆動音による思考への弊害を鑑みて、防音シートを人形の内側に張りモータを覆い、スピーカーからの発話によって掻き消すことで、消音化した。なお、首の接着にも防音シートを使用した。

uh-huh duck: Self-problem solving support during programming through interaction with dolls

† Kandai KURATA †† Kouhei SASAKI ††† Airi TSUJI ††† Kaori FUJINAMI

† Department of Electrical Engineering and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

†† Department of Bio-Functions and Systems Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

††† Division of Advanced Information Technology and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

次に、テキスト読み上げソフト・Open JTalk を Python 上で動作させることで発話機能を実装した。人形の外見との組み合わせを考慮し、主観的に適切と判断した女声を採用した。相槌として予め用意した三種の単語からランダムに一つを、説明開始時には実験者の入力したテキストを読み上げるよう設計した。これらテキストは Raspberry Pi に接続された USB スピーカーを用いて出力した。

また小林ら [3] は、対話システムが会話の切れ目で相槌をうつと、会話中のユーザーの快適性が高まることを示した。これに倣い本システムは、Raspberry Pi に接続した USB マイクによって、0.3 秒おきに周囲の音圧を測定し、閾値 45db を 2 秒以上上回り続け、次に下回ったタイミングで相槌をうつよう設計した。

## 3 評価実験と考察

## 3.1 概要

インタラクティブ化による効果と、インタラクションの有無や適切さによる影響を調査するため、以下の3条件を設けて比較実験を行った。

1. アヒル人形のみ (対照群)
2. 提案システム (以下、正システム)
3. 返答内容と相槌のタイミングが無作為なシステム (以下、誤システム)

条件2では実験者が Wizard of Oz 法にてその都度適切に返答内容を決定した。条件3では10秒を1区間とし、1区間内でランダムなタイミングで相槌を行い、あらかじめ設定したプログラミングに関する定型文7種のいずれかを読み上げるよう設計した。なお、20代の12名 (男性:6名, 女性:6名) を対象に実験を行った。

タスク実施中の被験者と実験者のフローを図3に示す。順序効果を相殺するため、各条件の順序を変えた6通りの順序で実験を実施した。実験タスクは鈴木らの手法 [4] を参考に、被験者にはプログラミングの問題文を提示し、そこからフローチャートを作成するよう設計した。フローチャートの完成次第、3条件のいずれかを使用して検討する時間を与え、修正を加えるか否かを被験者に確認した。なおデータ収集の利便性等を考慮して、タスク実施用のツールはゲームエンジン・Unity を用いて作成した (図4)。このツールの操作の慣れによる影響を除外するため、本実験以前の日には簡易的なタスクを与え被験者がツールに触れる機会を設け、実験開始前にスキルを確認した。

実験後の評価のため、各条件間でシステムの印象や使用感に関するアンケートを実施した。その他にも、実験前に被験者のプログラミング経験や普段のプログラミング制作に関するアンケートを実施し、実験後にはシステムのユーザビリティを測定するため、SUS (System Usability Scale) を調査するアンケートを提案システムを対象に実施した。

また適切な問題難易度の設定のため、被験者には事前に Web サイト・paiza[5] を用いてコーディングスキルの測定を実施させ、実験タスク用の問題も同サイトから各被験者の適正レベルの問題を選定した。なお問題と条件の組合せによる影響を除外するため、同じ組合せを複数の被験者に与えることのないよう設計した。

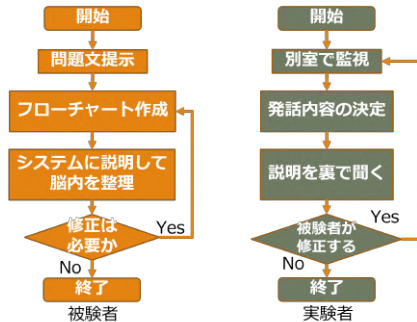


図 3: 被験者および実験者のフロー

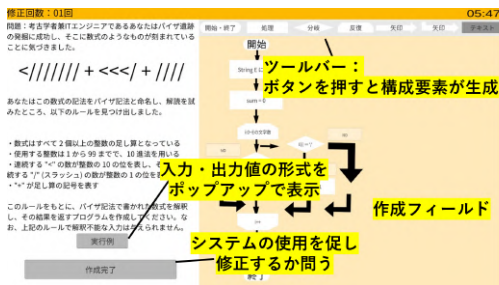


図 4: 実験用ツール

### 3.2 実験結果

アンケート結果を図 5 に示す。なお、の 5 段階である。各条件間で有意水準 5% で t 検定を行ったところ、有意差があったのはシステムに対する印象のみであった。また、仮説では全ての項目において正システムが誤システムより高評価を得ることを想定していたが、部分的に棄却された。

次に問題難易度が高いほど提案システムの効果が高まるという仮説のもと、「難しく感じた」と「解きやすくなった」の 2 項目間の相関係数 (表 1) を算出した。

最後に、事後アンケートで実施した SUS のスコアは 73.8 となった。SUS は平均スコアは 68 とされており、これを上回った提案システムは高いユーザビリティを示すことを確認した。

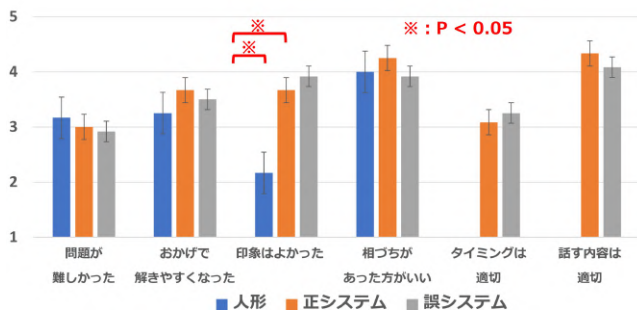


図 5: アンケート結果 (5 段階)

(1: 当てはまらない 3: どちらでもない 5: 当てはまる)

表 1: 主観的難易度と解きやすさの相関係数

	人形のみ	正システム	誤システム
	-0.19	0.77	0.46

### 3.3 考察

印象について、人形よりも正・誤システムが高い評価を得たことの要因としては、被験者からの「相槌が無いと不安になる」「反応のないモノに話しかけるのは抵抗が強い」といった意見が挙げられる。システムの好印象の要因としても、「うなずいてくれたから」「反応があるので聞こえていると感じて安心感を覚えた」といった被験者の意見があった。しかし、本研究における被験者は本研究の概要について知識を有していたことから、「アヒル人形型システムは相槌をするモノ」といったバイアスがかかっていた可能性が存在する。

タイミングの適切さについての項目では、ランダムに相槌を打つ誤システムの方が会話の切れ目で相槌を打つ正システムよりも高い評価を得た。この項目では正システムの方が高い評価を得ることを想定して設計したが棄却された。要因としては、会話の切れ目抽出のための閾値の設定に誤りがあったことが考えられたが、正システムに対しては「切れ目を抽出していることはわかったが、タイムラグで次の会話に相槌が被っていた」という意見が被験者から得られた。実際に、本システムは会話の切れ目を抽出してから動作まで 0.5 秒ほどのタイムラグが発生することから、話者の特性によっては今後の課題として解決を図るべき点である。

相関係数 (表 1) について、正システムがその他 2 条件と比べて強い正の相関があることが確認できる。被験者の主観によって測定した問題難易度は全ての条件間で概ね同様だったため、影響はないと考えられる。正システムに対して被験者からは「的確な質問をしてくれたおかげでミスに気づけた」「自分の説明を理解しているかのような質問を返してくれて脳内が整理できた」といった意見が得られたことから、ミスが生じやすい高難易度の問題ほど、適切な内容の質問をする正システムの方が脳内整理効果が高かったことが明らかになった。すなわち、返答内容の違いがこの結果の要因であることが考えられる。

最後に SUS のスコアについて、システムはスイッチの押下以外は特に複雑な操作の必要がないため、高評価となったと考えられる。

## 4 おわりに

本研究では、インタラクティブなアヒル人形型システムを製作し、インタラクティブ化による影響とインタラクションの有無や適切さによる影響を検証した。実験の結果から、インタラクティブ化がシステムに対する印象に影響を及ぼすことが示された。また、ユーザーが問題難易度を難しいと感じる際は特に提案システムが有効であることを確認した。今後は、被験者が作成したフローチャートを用いた定量評価や、システムを用いた修正の方針の分類によって条件間の差異をさらに解明する。

## 参考文献

- 江木鶴子ほか. プログラミング初心者にとレースを指導するデバッグ支援システムの開発と評価. 日本教育工学会論文誌, 32(4), pp. 369-381, 2009.
- 相和政司ほか. フローチャートを利用したアルゴリズム学習支援システムの開発. 電気学会論文誌 A, 126(12), pp. 1199-1204, 2006.
- 小林一樹ほか. 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, 30(4), pp. 604-612, 2015.
- 鈴木優実ほか. プログラミング初学者にむけたアルゴリズムの思考習得のための学習支援手法. Technical Report 6, 筑波大学情報学群知識情報・図書館学類, 2018.
- paiza. IT エンジニア向け国内最大の転職・就職・学習プラットフォーム. <https://paiza.jp>. (最終アクセス 2023 年 1 月 7 日)