

“弱い”本読みロボット“読谷さん”による 人とロボット間の愛着形成に関する研究

田口茜^{†1} 瀬高昌弘^{†1 †2} 寺澤卓也^{†1}

概要: 本研究では、あえて不完全さを取り入れた「弱いロボット」の概念に基づき、漢字が苦手な本読みロボット「読谷さん」を開発した。実験の結果、読めない漢字の頻度が「中間」程度であれば、読み聞かせ体験を阻害せず人の関与を自然に誘発し、嫌悪感を抱かれにくいことが示された。また、教わった内容を学習し改善する様子を見せることで、弱さに伴う嫌悪感が低減することが判明した。これらは将来的な愛着形成につながる前提条件を示した。

1. はじめに

ロボット技術および人工知能の発展に伴い、ロボットは、家庭、医療、福祉、教育といった様々な場面で活用されるようになった。これらのロボットの多くは、人間の要求に応じて作業の代行を行い、効率的な補助を提供することを目的として設計されている。AIをはじめとする技術の高度化により、ロボットは今までのような補助的な役割ではなく、多様な作業を人の手を介さずに実行できるようになっている[1]。ロボットのできることが多くなり、人との能力差が際立つようになると、人はロボットに対し心理的距離を感じるだろう。

その一方で、岡田らは「弱いロボット」という概念を提唱している[2]。人間関係において、多少の欠点や不器用さを持つ相手に親しみを感じやすいように、ロボットの設計にあえて“不完全さ”を取り入れることで、人の関与を自然に誘発し、ロボットに対する愛着や親しみを引き出すことを狙いとしている。これは単なる道具ではなく「共にいる存在」として、人とロボットの新しい関係性を構築するためのアプローチといえる。

本研究では、漢字を読むことが苦手という弱さを持つ本読みロボット“読谷さん”を開発した。本来、愛着は長期的な相互作用を通して形成されるものだが、本研究ではその初期段階に着目する。ロボットの弱さは人がロボットを助けたい状況を生み出しやすく、そこから愛着や親しみが生じることを期待する一方で、弱さの度合いが過剰になることで嫌悪感を抱かせる可能性も考えられる。そこで制作した“読谷さん”を用い、これらを検証する。

2. 先行研究

人とロボットの相互作用において、ロボットの“弱さ”や“不完全さ”が人の感情や行動に与える影響は、ロボットとのインタラクション研究の一分野として研究されてきた。人

と一緒に動作し、支えあいながら共に行動するロボット[3]や、ロボットの能力をあえて制限し、人が思わず手を差し伸べたいような状況を生み出す試みは、岡田らが提唱する研究で検証されてきた[4][5][6]。

一例として、「ごみ箱ロボット」がある[5]。このロボットは、ごみ箱の形をしており、自ら積極的に移動したり、ごみを集めたりする能力を持たず、落ちているごみを前にして、拾いたそうによたよたと動くだけである。しかし、ロボットの未熟な部分を目の前にした周囲の人は手伝ってあげようと自然に行動し、ごみをごみ箱ロボットに捨てる。ごみ箱ロボットは、人の協力がなければ目的を達成できない弱さをあえてみせることで、人間からの補助によって、ゴミを回収するというタスクを実現している。

また、このような未熟なロボットは、教育や学習支援の分野にも応用されている[7]。幼児教育におけるソーシャルロボットの研究では、ロボットがあえて完璧にふるまわず、子供が助けたい振る舞いをするすることで、子どもに主体的な関わりを促し、自然な協力関係を形成している。

3. 弱い本読みロボット“読谷さん”

本研究では、人間によるロボットへの補助行動が、愛着や親しみといった感情にどのように影響するのかを検証するため、本読みロボット“読谷さん”を開発した。“読谷さん”は、本を読み聞かせるための一連の動作を自律的に行うことはできるが、漢字を読むことが苦手という弱さを持つため、人間のパートナーに質問をしながら物語を読み進める。この弱さにより、人はロボットを助ける行為を通じてロボットに愛着や協力感をより感じやすくなる。

3.1 基本動作

“読谷さん”は物語の進行に合わせて自動的に本のページをめくる「ページめくり」、内容を読み上げる「読み上げ」、読めない漢字を人に問いかけ、回答を読み上げに反映させる「対話的コミュニケーション」の3つの基本動作を持つ。

†1 東京工科大学 メディア学部

†2 日本工学院八王子専門学校 AIシステム科

3.2 設計

(1) 弱さ

ロボットにおける”弱さ”とは、欠点ではなく、人と関わるためにあえて取り入れた”不完全さ”であり、人が自然と支えたいくなるきっかけを作り出す。“読谷さん”では、この弱さを、漢字を読むことが苦手であるという形で実装した。読み聞かせのなかで、読めない漢字がでてくると「この漢字、どう読むの?」と問いかけることで、人が自然に読み聞かせを補助する状況を作り出す。

(2) 外観

“読谷さん”は本の外見を持つオブジェクトとページめくり機構で構成された「本がページをめくりながら読み聞かせを行う」というコンセプトのロボットである(図1)。本という形状は、本を読むという行為を想起させる役割があり、その一方で、“本なのに漢字が読めない”という設定が人にとって違和感として伝わる。この違和感が”読谷さん”の不完全さへの注目を促し、弱さを認識しやすくすることで、気に掛けたい存在として印象付ける効果を持つ。

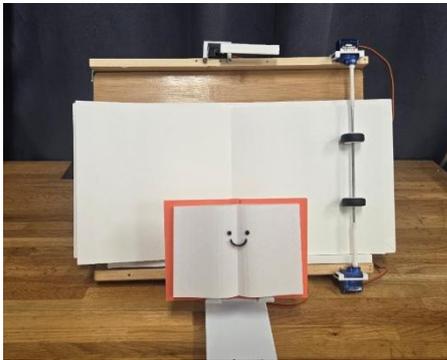


図1 “読谷さん”

4. 事前評価実験と実装

“読谷さん”の弱さを実装するにあたり、読み上げる「声」と「本」の内容がその効果に影響を及ぼすと推測される。そこで本実装に先立ち、2つの要素を検証する予備実験を実施した。本章では、その事前評価実験の内容と、結果を踏まえた“読谷さん”の実装方針について述べる。

4.1 声の事前評価実験

“読谷さん”では読み上げに人工音声を採用する。人間のパートナーの反応に応じた即時的な発話内容やタイミングの制御は、リアルタイム性を要する対話的コミュニケーションに不可欠なためである。

ただし、使用する人工音声の声質や発話速度によっては人に違和感を与え、将来的な愛着形成を阻害する懸念がある。そこで、“読谷さん”に適した音声の特徴を明らかにすることを目的に、事前評価実験を行った。

本実験では、動画編集ソフト CapCut[8]の読み上げ機能から、特徴の異なる5種類の音声を選定した。選定にあつ

ては、年齢印象、発話速度、声質などの特徴が互いに重複しないようにすることで、幅広い音声特性を網羅した。選定した音声、および特徴を表1に示す。

表1 人工音声一覧

ボイス名	年齢	発話速度	特徴	性別
坊ちゃん	5歳程度	ゆっくり	呂律が未熟	中性的
四郎	小学生中学年	標準	はきはき	女性
玉川	高校生	標準	爽やか	男性
あけみ	大人	標準	冷静	女性
ビジネスマン	大人	ゆっくり	渋い	男性

漢字の読み間違いやつまずく箇所を意図的に複数含んだ台本を作成し、各音声による読み上げ動画として提示した。なお、音声そのものへの評価を正確に得られるよう、童話や昔話など内容が平易なものを用いて台本を作成した。また、提示した動画は視覚的な影響を排除するため、音声のみの動画とした。

被験者は計58名であり、5グループにわけ、グループごとに音声の提示順を変えて実験を行った。これは、最後に聴いた音声の印象が強く残る順序効果を排除するためである。各音声を視聴後、「親しみやすさ」、「可愛らしさ」、「弱いロボットに適した声かどうか」などの項目についての評価を求め、加えて自由記述欄にてその理由を調査した。また、既存の音声に対する先入観の影響を確認するため、「この声を聴いたことがあるか」という回答項目を設けた。

実験の結果、全体の6~7割が幼く呂律が未熟な「坊ちゃん」の音声を「弱いロボットに最も適している」と評価した。その理由として、「読み間違えても幼い声であるため自然」、「見守りたくなる」といった意見が複数あった。

これらの結果から、子どもらしい声は、読み間違いに対する許容度を高め、ロボットを支援対象として自然に受け入れやすいことが示唆された。したがって“読谷さん”の音声には、幼い印象を持つ人工音声を採用することとした。

4.2 本の事前評価実験

本実験では、“読谷さん”の漢字を読むのが苦手という弱さを提示する上で、最適な本を探すことを目的に、音声と物語の内容、および対象年齢の整合性を検証する事前評価実験を行った。

声の事前評価実験結果により採用した音声は子どもらしい声のため、子どもが読み手となって違和感のない絵本に限定した。候補として、漢字がある程度含まれている「絵本で出会う星の王子さま」[9]、「クリスマスツリーをかざろうよ」[10]、「せんそうがおわるまで、あと2分」[11]、「ぼく おかあさんのこと…」[12]、「LIFE」[13]の5冊を選定した。

実験は対面形式で実施し、20名の被験者に5冊の読み上げ動画を視聴してもらった。なお、本実験で提示した動画は視覚的な影響を排除し、「声とストーリー」に集中させるため、本の挿絵を除いたテキストのみの映像と音声の動画とした。被験者には、内容から想定される絵本の対象年齢の予想、人工音声と内容の合致度、および子供が読み手となる本としての違和感の有無について評価を求め、加えて自由記述欄により、絵本に対する気づきや印象を調査した。

実験の結果、音声から想定される年齢との整合性が高く、内容および難易度が読み聞かせに適していると判断された「星の王子さま」、「クリスマスツリーをかざろうよ」、「LIFE」の3冊を採用した。一方、戦争の話や複雑な親子愛が描かれた作品は、対象年齢が近くても、声の幼さと内容の重さとの間にギャップが生じやすく、「内容が声の年齢感と一致しない」という指摘がなされた。

4.3 システム構成

“読谷さん”は、ページめくり部と読み上げ部で構成されている。ページめくり部はページめくり機構のハードウェアとその制御ソフトウェア、読み上げ部は読み上げ制御や人への応答の管理を行うソフトウェアとなっている。読み聞かせ時は対象の絵本をブックスタンドに立てかけ、“読谷さん”が読み上げを行う。

4.4 ハードウェア構成

“読谷さん”の読み聞かせ動作において、進行に合わせた安定的なページ遷移は、人の没入感を維持するために必要である。そのため、ページをめくり機構には、(1) 単一ページのみめくれること、(2) 読み上げ音声と同期して動作できること、(3) 絵本に過度な負荷を与えず、紙質や厚みに左右されにくい機構であること、の3点を要件とした。これらの要件を満たす方式として、電磁石方式、車輪方式、負圧方式の3案を検討した。負圧方式は、負圧によってページを吸着することでページをめくる手法で、紙質に依存し、吸着が不安定になる場合があるため採用を見送った。一方、電磁石方式および車輪方式は、単一ページの把持が比較的安定して実現可能であり、読み上げとの同期制御にも対応できるため、本研究ではこの2方式を試作し、比較検討することとした。

4.4.1 ページめくり機構の構成方針と共通機構

電磁石方式と車輪方式のいずれにも対応できるよう、Raspberry Pi 5を制御基板とし、Pythonプログラムによって各サーボモータの動作を制御する構成とした。本研究で使用したサーボモータは、FS90R[14]とFS90[15]である。いずれも小型軽量のマイクロサーボであり、PWM信号を与えることで動作を制御する。FS90Rは角度ではなく回転速度と方向を制御する連続回転型サーボである。いずれの方式においても、FS90Rでページをたわませ、それにより生じ

る隙間にFS90に取り付けた補助棒を差し込み、180度回転させることでページをめくるといった複数の動作を実装している。rpi-hardware-pwmライブラリを用いたハードウェアPWMでFS90Rを、RPi.GPIOライブラリを用いたソフトウェアPWMでFS90をそれぞれ制御し、異なる種類のサーボ間でも同期して動くよう設計した。また、ページをめくる一連の動作と音声出力をPythonプログラム上で統合し、同期制御を行った。

4.4.2 電磁石を用いたページめくり機構

これら2方式のうち、まず電磁石方式のページめくり機構を試作した(図2)。

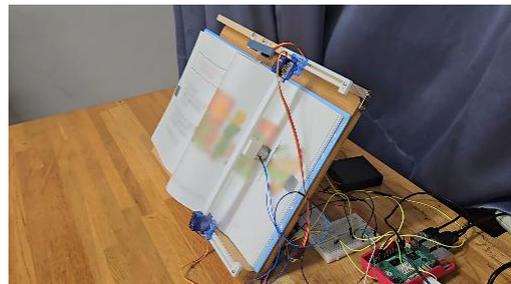


図2 電磁石を用いたページめくり機構(部分)

電磁石方式では、全てのページにスチールプレート貼り、電磁石を用いてページをめくる。図2に示すように、FS90Rを用いて左右に動作するリニアアクチュエータを駆動し、その先端に付けた電磁石を通電させることでページを引き寄せ、ページをたわませる。その後、FS90が動作し、補助棒を回転させてページをめくる。めくったページは反対側に設置してある磁石の力で固定される。

電磁石方式は、電磁石とスチールプレートとの位置関係が適切でないと通電しても十分に吸着できず、また磁力の強さの調整が難しく1ページのみめくることができない場合があるという課題があった。

4.4.3 車輪を用いたページめくり機構

電磁石方式による課題を踏まえ、より安定したページめくりを実現するために、車輪方式の試作および電磁石方式との比較検討を行った。車輪方式では、ページ上の車輪の回転によりページをめくる(図3)。

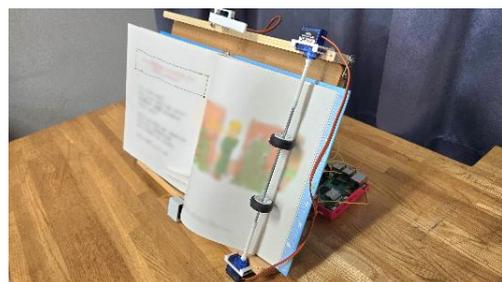


図3 車輪を用いたページめくり機構(部分)

図3に示すように、FS90Rを用いてページ上の車輪を回転

させ、摩擦力によってページをたわませる。その後、FS90が動作し、補助棒を回転させてページをめくる。めくったページは別のFS90によりめくった後のページを戻らないよう押さえる。

車輪方式は、ページが車輪に接触してさえいれば摩擦でページをめくることができるため、電磁石方式の課題を解決できる。よって車輪方式を採用することとした。

4.5 ソフトウェア構成

本研究で用いた読み上げソフトウェアは、Python 環境上で構築されており、主に音声合成処理と音声入力の双方向のインタラクションを実現した(図4)。

音声合成処理を用いた理由は2つある。1つ目はOCR(文字認識)で絵本の内容を完璧に読み取れることを前提に、どの本でも読めるようにOCRで得た文字で音声合成処理を行うことである。しかし、OCRの現実的な精度は100%を望むことができず、間違った認識に基づいて読み上げてしまうと、漢字が読めない、読み間違いをすることとの区別がつかなくなる。そのような間違いが頻発すると、それだけで嫌悪感を増大させてしまう恐れがある。そこで、今回は絵本の内容をテキストファイルとして用意し、そのテキストを基に音声合成処理を行う方式を採用した。2つ目は、“読谷さん”は被験者から教えてもらった漢字の読み方で該当箇所を読みなおす必要があるため、回答されたテキストをリアルタイムで音声合成処理APIに渡し、音声を生成、再生するためである。これにより、読み上げ中に学習した読み方を反映しながら本の読み上げを行うインタラクティブな読み聞かせを実現した。

音声合成処理にはTopMediaaiにあるVoice Cloning API[16]を使用し、HTTPリクエストを通じて文字列から音声データ(WAV形式)を生成する。“読谷さん”には、絵本に書かれている文章をテキストファイルにしたものを用意した。そのため、用意したテキストファイルを読み込み、得られた文章をAPIによってWAV形式の音声ファイルを生成し読み上げを行っている。そのため、絵本に書かれている文章をテキストファイル化しAPIで音声データ化している。また、生成音声は、Raspberry Pi5上にキャッシュフォルダを設けて初回生成時にそこに保存しており、同一テキストに対する再生を避け、音声の生成待ちの時間を減らしている。キャッシュはテキストをキーとした辞書形式で参照しているため、ページをまたいでも、同一文字が出現した際には既存の音声データを利用する。音声再生にはPydubライブラリ[17]を用いて順次再生を行う。

読み上げ制御においては、用意したテキストファイルを読み上げ単位に分割する処理を行うため、reライブラリ[18]を用いた。漢字や句読点をトークン化し、分割後にランダムに一部の漢字を「読めない漢字」として設定し、その箇所において被験者への質問を行う。質問音声の生成や再

生は同様にVoice Cloning APIを用い、Pydubで再生を同期させた。

“読谷さん”が被験者に漢字を質問した際の被験者の回答には、speech_recognitionライブラリ[19]を利用した。マイクからの音声入力をGoogleの音声認識サービスに送信してテキスト化した。取得した漢字の読み方をその場で音声合成処理により再生することで、被験者とのインタラクションをリアルタイムに反映させた。

制御フローとしては、テキストトークンを順次処理し、ひらがなや読める漢字といった通常トークンそのままファイル再生、読むことができないトークンでは、質問を生成、再生し、被験者からの回答の音声認識を受けて、教えてもらった読み方で再度読み上げを行う。

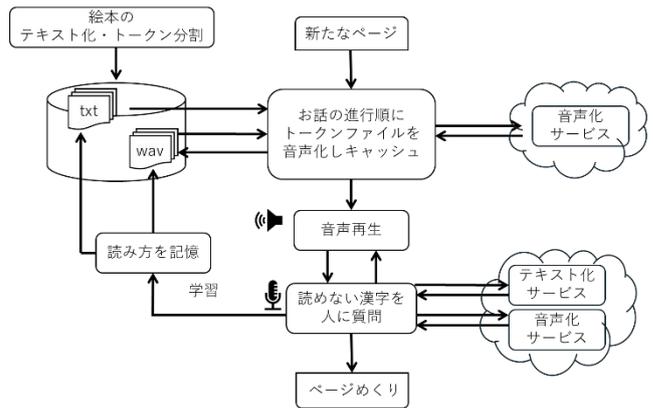


図4 読み上げおよび対話処理の流れ

5. 評価実験

5.1 評価実験概要

本評価実験では、漢字が読めないという弱さが人にとってどの程度であれば、嫌悪感を抱かないのかを検証する。読めない漢字の出現頻度を弱さの度合いとする。すなわち、読めない頻度が多いほど弱い。また、教えてもらった漢字を学習し次から読むことができるかについての影響も調査する。

まず初めに、弱さの度合いのみの比較実験を行う。読み間違いの頻度を多い、中間、少ないとし、被験者に与える印象や許容範囲を計測する。ここで得られた最適な弱さの水準を基準として、次に「学習」が与える印象を調べる。学習により人の嫌悪感の度合いが変化するか注目する。

5.2 評価実験手法

本評価実験では、文章量や難易度が大きく偏らない3冊の絵本を用意した。実験の偏りを防ぐために、絵本3冊と弱さの頻度3種類からなる合計6パターンを設定し、それぞれに2名の被験者を割り当てて条件の均等化を図った。選定した絵本を表2に示す。1冊あたり6ページから8ページを使用する。各絵本に含まれる漢字数を基準とし、読むことができない漢字の頻度を多い、中間、少ないで表2

のように設定した。絵本の名前にある括弧は含まれている漢字の個数を記載した。今回の評価実験では、読み間違える漢字はランダムに選ぶ。

表 2 各絵本と弱さの度合いの設定

絵本	多い	中間	少ない
絵本で出会う星の王子さま(60)[9]	15個から20個	6個から8個	1個から3個
クリスマスツリーをかざろうよ(28)[10]	10個から12個	3個から4個	1個から2個
LIFE(59)[13]	15個から20個	6個から8個	1個から3個

被験者には本の読み聞かせを体験した後、絵本ごとにアンケートに答えてもらった。「読谷さん」は親しみやすいと感じたか、「読谷さん」の漢字を読めないは気になったか、「読谷さん」の弱さは許容できる範囲だったか、「読谷さん」と今後も本を読みたいと思ったかを5段階で評価してもらう。また、3つの本を聞いた後、「どの絵本の読み聞かせが最も嫌悪感を抱けなかったか」を尋ねた。これにより、弱さの許容範囲を特定し、それを次の学習の実験に適用する。

学習の比較実験では、同じ漢字が繰り返し登場する「絵本で出会う星の王子さま」と「クリスマスツリーをかざろうよ」の2冊を使用した。学習する場合は、被験者が教示した漢字が2回目に登場した際、「この漢字、知ってるよ。〇〇(教えてもらった読み方)って読むんだよね、覚えてるよ。」と発話し、以降は教えられた読み方を反映させた。一方、学習しない場合は、同じ漢字が2回目以降に登場しても、都度被験者に教示を仰ぐこととした。

被験者には2冊の絵本を順不同で体験してもらい、弱さの比較実験と同様のアンケート項目を用いて各条件に対する印象を評価してもらった。

5.3 評価実験結果

5.3.1 弱さの度合いによる評価実験結果

まず、弱さの度合いのみの比較実験の結果について述べる。この実験では12人の被験者が参加した。内、事前評価実験に参加した人数は7人である。アンケート結果および自由記述の分析から、弱さの度合いによって被験者の受け取り方に違いが見られた。結果を図5、図6に示す。

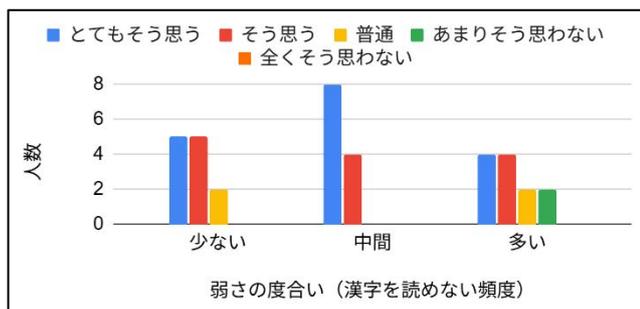


図 5 「読谷さん」の弱さは許容できる範囲だったか
(12名がそれぞれ3種の本に回答)

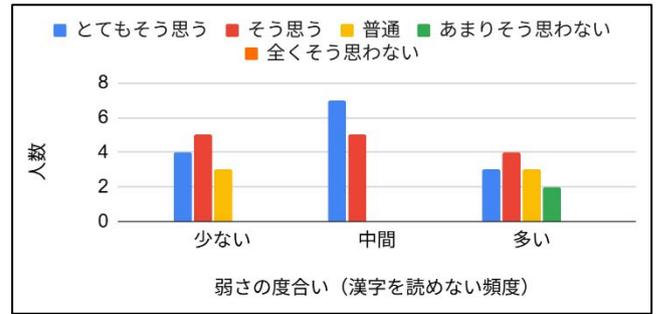


図 6 「読谷さん」と今後も本を読みたいと思ったか
(12名がそれぞれ3種の本に回答)

「どの絵本の読み聞かせが最も嫌悪感を抱けなかったか」という設問に対して、12名中9名が「中間」条件の本を選択した。「中間」条件では、可愛さや親しみやすさ、許容範囲の評価が相対的に高い傾向を示した。「少ない」条件では、漢字をほとんど読むことができるため読み聞かせ自体は円滑に進む一方で、「このロボットである必要性があまり感じない」「一生懸命読んでいて可愛いけれど、一方通行で寂しい」といった意見が得られた。弱さを特徴としたロボットとしての印象は弱い傾向にあった。「多い」条件では、「沢山漢字を聞いてくれるのが嬉しい」、「3冊の中で一番コミュニケーションがとれた」、「読めない漢字を追うばかりで、集中して話が読めなかった」といった意見が得られた。肯定的な意見が多かったが漢字が多い分物語の進行が遅く、教えるばかりの読み聞かせになってしまうことがわかった。

5.3.2 学習度合いによる評価実験結果

学習度合いの評価実験では12名の被験者が参加した。その内6人は弱さの度合いに関する評価実験にも参加している。

アンケート結果および自由記述の分析から、全ての被験者が学習している「読谷さん」の方が好ましいと評価した。特に、「親しみやすいと感じたか」、「今後も一緒に本を読みたいか」といった項目において、学習した場合の評価が一貫して高い傾向を示した。自由記述では、「前より読めるようになってきているのがわかって嬉しい」、「教えた通りに読んでくれるので、可愛さを感じる」、「何度でも教えたい」といった意見が多く得られた。一方、学習しない場合は、「教えたはずなのにもう忘れていて悲しい」、「コミュニケーションができていないのかと感じた」といった意見が得られた。また、弱さの度合いに関する評価実験にも参加していた被験者からは、「以前は多いと感じた読み間違えも、学習していれば気にならなかった」、「学習する様子があるだけでだいぶ「読谷さん」である意味があると思う」といった意見が得られた。

5.4 評価実験考察

実験の結果、弱さの度合いと学習はいずれも、被験者が

“読谷さん”に抱く印象に大きく関与する要素であることがわかった。

まず、弱さの度合いに関する評価実験の結果から、弱さの頻度が少なすぎる場合には特徴として認識されにくく、多すぎる場合にはコミュニケーションは増えるが、読み聞かせ体験そのものを阻害する可能性があることが示された。一方中間程度の弱さでは、ロボットの弱さが適切なコミュニケーション度合いを導くことが分かった。

次に、学習の有無に関する評価実験からは、弱さの度合いが同一であっても、学習する様子が見られることで、ロボットに対する親しみが大きく向上することがわかった。弱さの度合いが適切だと評価された場合でも、学習しないことによって悪い印象に変わることも今回の評価実験で示された。

また、弱さの度合いに関する実験にも参加していた被験者から、「以前は多いと感じた読み間違えも、学習していれば気にならなかった」という意見が得られたことから、学習は弱さそのものの印象を緩和する効果を持つ可能性が考えられる。すなわち、弱いままである場合には嫌悪感やもどかしさにつながる一方で、改善が期待できる弱さは、人にとって受け入れやすく、関わり続けたい対象となり得ることがわかった。

6. おわりに

本研究では、弱い本読みロボット“読谷さん”を実装し、漢字を読むことが苦手であるという弱さが、人にどのように受け取られるのかを着目して検討した。人に愛着を持ってもらうための前段階として、嫌悪感を抱かずに“読谷さん”を受け入れられる弱さの条件を明らかにすることを目的とし、ロボットの設計から評価実験までを一貫して行った。

評価実験では、まず弱さの度合い（読めない漢字の頻度）が中間程度の場合が適切な量のコミュニケーションとなり、嫌悪感を抱かれにくいことが示された。さらに、学習を導入した評価実験の結果から、弱さの度合いが同一であっても、学習によって改善していく様子が見られることで、ロボットに対する受け入れられ方が大きく変化することが明らかになった。すなわち、学習は弱さに伴う嫌悪感を低減する重要な要素であることがわかった。

本研究では愛着形成そのものを直接測定したわけではないが、嫌悪感を抱かずに受け入れられる弱さの条件を明らかにしたことは、将来的に愛着へとつながる関係性を構築するための前提条件を示したものと位置づけることができる。今後は、長期的な関与や継続使用を通じて、嫌悪感の低減がどのように愛着形成へと移行していくのかを検討することが課題である。また、動作的な弱さに対応した実装についても検討している。具体的には、絵本の各ページにQRコードやページ番号を貼り、ロボットがページを認

識できる仕組みを導入する。ページを2枚めくってしまった時に、「ページを戻してほしい」と人に依頼するなど、ロボット自身の弱さを表現することで、より愛着が湧ききっかけとなる共同的なインタラクションの実現につながると考えられる。

参考文献

- [1] 坂本義弘. 自律ロボットから自立ロボットへ—サイバーとフィジカル、2つの空間を介したロボットと人間の関わり. 計測と制御, 60(7), pp.488-493, 2021.
- [2] 岡田美智男. 『弱いロボット』医学書院, 2012.
- [3] 平井 一誠, 見目 海人, 真弓 凌輔, 岡田 美智男: 「こっちはいいの？」子どもたちと“並んで歩く”ロボット (Walking-Bones), エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2018 論文集, pp. 244-247 (2018).
- [4] ICD-LAB. 「Talking-Bones」. <https://www.icd.cs.tut.ac.jp/index.php/portfolio/talking-bones/>, (参照 2025-07-18) .
- [5] ICD-LAB. 「Sociable Trash Box」. <https://www.icd.cs.tut.ac.jp/index.php/portfolio/sociable-trash-box-2019/>, (参照 2025/7/18) .
- [6] 岡田美智男. 「<弱いロボット>の研究:人とロボットの持ちつ持たれつ関係をめざして. 2017 年度日本認知科学会第 34 回大会予稿集, (参照 2025-7-30)
- [7] 石黒浩・萩田紀博, 「幼児教育現場におけるソーシャルロボット研究とその応用」, 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.1, 2011, pp.19-24.
- [8] Movavi. 「CapCut for PC」. Movavi 公式サイト. <https://www.movavi.com/jp/adv/capcut-for-pc.html> (参照 2025/8/8) .
- [9] サン＝テグジュペリ, A./訳: 工藤直子. 『絵本で出会う星の王子さま』. ひさかたチャイルド, 2015.
- [10] トミー・デ・パオラ/訳: 福本友美子. 『クリスマスツリーをかざろうよ』. 光村教育図書, 2020.
- [11] ゴールドステイン, ジャック/訳: 長友恵子. 『せんそうがおわるまで, あと2分』. 合同出版, 2023.
- [12] 酒井駒子: 『ぼく おかあさんのこと…』, 文溪堂, 2000.
- [13] くすのき しげのり, 松本 春野. 『LIFE』. 瑞雲舎, 2015.
- [14] FEETECH RC Model Co., Ltd., “4.8V 1.3kg Analog Continuous Rudder Machine,” FEETECH Official Website, <https://www.feetechrc.com/48v-13kg-analog-continuous-rudder-machine.html>, (参照 2025-12-11)
- [15] FEETECH RC Model Co., Ltd., “6V 1.5kg 9g DC Reduction Steering Gear Tooth Box,” FEETECH Official Website, <https://www.feetechrc.com/6v-15kg-9g-dc-reduction-steering-gear-tooth-box.html>, (参照 2025/12/11) .
- [16] TopMediai. 「Voice Cloning API」. <https://jp.topmediai.com/api/voice-cloning-api/>, (参照 2025/11/10) .
- [17] Pydub, “Manipulate audio with a simple and easy high level interface,” available at: <https://www.pydub.com/>,(参照 2025/10/8).
- [18] Python Software Foundation : Python Language Reference – re モジュール, <https://docs.python.org/ja/3/library/re.html>, (参照日: 2025-11-28) .
- [19] SpeechRecognition project, PyPI: Python Package Index, <https://pypi.org/project/SpeechRecognition/>, (参照日: 2025-11-28).