遠隔保育ロボットを用いた Toddler 層乳幼児の言語発達支援システムの提案

三 木 晴 子^{*1} 阿 部 香 澄^{*2} 堀 井 隆 斗^{*1} 長 井 隆 行^{*1*3}

Support System of Language Development for Toddlers by using the Telepresence Childcare Robot

Haruko Miki^{*1}, Kasumi Abe^{*2}, Takato Horii^{*1} and Takayuki Nagai^{*1*3}

This paper proposed a developmental support system of toddlers' language skills by using a telepresence childcare robot. The childcare robot can attract toddlers' attention during interaction based on its actions. This ability is a significant advantage that differs from static devices (i.e., tablet). Our system and robot played language quizzes with toddlers to collect developmental information about toddlers' language skills. They made reports for a childcare worker to help their assessment in the visiting support program. Experimental results showed that our system has the potentials to evaluate toddlers' language development quantitatively and support childcare workers in the visiting program.

Key Words: Robotics, Developmental Psychology, Childcare, Education, Language Development

1. は じ め に

認知・身体機能が急速に発達する乳幼児期において、発達進度に応じた発達支援は、子どもの豊かな成長に影響を与える。このような支援の品質確保や人手不足の改善を目的として、デジタルコンテンツを利用した発達支援システムを保育現場へ導入する試みに注目が集まっている。しかし、保育現場へのシステム導入には、乳幼児を対象とするための問題が多数存在する。例えば、乳幼児は心身ともに発達が未熟ゆえの安全面への不安や、乳幼児の特性である集中力持続の難しさなどである。そのため、対乳幼児の発達支援システム実現例はまだ少ない。

そこで本研究では、発達支援従事者に要件定義から実証実験まで協力いただき意見を取り入れることで、1~3歳のToddler層乳幼児の臨床発達支援に有用な遊びシステムの開発を目指す。乳幼児に対して言語クイズ遊びを実施し、言語発達能力を評価・支援する。さらに、収集した発達情報を整形して開示することで、発達支援士が実施する保育所巡回プログラムの補助を目指す。なお、本研究では、発達障がい確定診断がついていないグレーゾーンの「気になる子」とよばれる子どもも対象とする。「気になる子」は発達進度に凸凹があると言われており、個人差を考慮した支援が目指される保育現場において、もっとも発達

Fig. 1 Overview of experimental setting and our quiz system

支援士の技術が求められる点ともいえる。このことをふまえて本研究でも、発達支援士の技術や手法を倣うことで対象の子どもの適齢に縛られず、その子どもの「現段階の発達状況に応じた臨床発達支援」を目的とする。

また、言語クイズ遊びの実施方法として、従来の静的な支援デバイスでは乳幼児の集中力持続が困難であった課題に対し、本研究では移動式の遠隔保育ロボットを用いる (Fig. 1)。これにより、ロボット自らが動いて乳幼児の注意を引き付けることで集中を持続させ、遊び時間の継続を図る。

2. 関 連 研 究

Denham ら [1] は、幼児期の発達進度は予後の能力へ直接影響すると指摘し、発達支援や検査を自動化し、保育の質を定量評価する重要性を主張した。また渡邊ら [2] は、3~5歳の子どもを対象とし、音声やイラストを伴うクイズ遊びで他者の感情に対する理解能力を評価するタブレット端末ゲームを開発した。しかし依然として、Toddler 層乳幼児を対象とするシステムの前例は少ない。この原因として、Toddler 層乳幼児は一つの課題に長時間集中することが困難であり、受動的なタスクへの適

原稿受付 2020 年 8 月 19 日

^{*1}大阪大学

^{*2}電気通信大学・日本学術振興会特別研究員 RPD

^{*3}電気通信大学

^{*1}Osaka University

^{*2}The University of Electro-Communications・JSPS Research Fellow

^{*3}The University of Electro-Communications

■ 本論文は有用性 (人材育成・社会分野) で評価されました。

応が難しく、タブレット端末などの静的デバイスによる実施が難しいことが挙げられる。渡邊らの手法でも、タブレットでの動画視聴に一定時間取り組める3歳以上の子どもが評価の対象となっている。

一方で林ら[3]は、乳幼児の集中を持続を目指すデジタル遊びコンテンツを考察した。タブレット端末やスクリーンで完結せず、プロジェクションマッピングを用いたモーション遊び、スクリーンに投影される積み木遊びなど、幼い2歳児の集中を促す工夫が凝らされている。しかしながら以上の遊びの実現には大掛かりな装置や環境を要するほか、発達を評価する検査的要素を含むものではない。

3. 提 案 手 法

静的デバイスでは乳幼児の集中力持続が難しい問題をふまえ、本研究では、支援デバイスとして移動型のコミュニケーションロボットを採用する。そして動きを伴うインタラクションを通じて乳幼児の集中力を持続させ、発達支援のための遊びを成立させることを目指す。本章では支援システム構築に必要な要件定義とシステムの概要、具体的な支援方法について述べる。

3.1 要件定義

本提案システムでは、乳幼児の安全を確保しつつ集中力を持続させたインタラクションを継続するために、遠隔保育ロボットのChiCaRo[4]を採用する。ChiCaRoは2,3歳児の目線に合わせた身長で丸みを帯びた形状のため、物理的相互作用においても乳幼児の安全を確保することができる。また、遠隔操作によって乳幼児の飽きを抑制するための自由な動作を実現する。

次に、具体的な発達支援の実現に向けて、言語聴覚士が実施する巡回プログラムにおける課題を調査した。言語聴覚士は時間と頻度の制約により、乳幼児の発達状況に対する完全な把握は困難であることや、保育者は言語聴覚士から効果的な発達支援法の提案を受けるものの、時間的・技術的制約によって実施不十分な場合があることが明らかとなった。これらより、言語聴覚士による乳幼児の発達評価と、乳幼児自身の言語発達、それぞれを支援するために以下に示す機能が要求される。

- (1) 日常の発達情報を自動的に記録し、言語聴覚士が保育施設を訪問した際に簡便に発達進捗を確認できるレポートを生成する機能。
 - (2) 言語聴覚士から保育者に向けて提案される発達支援法を、保育者の代わりに実施し、乳幼児の発達を促す機能。
- これら二つの機能を満たす発達支援システムを開発する。

3.2 システム概要

Fig. 2に、一般的な巡回プログラムの流れと、提案するシステムの概要を示す。提案システムは、遠隔保育ロボットChiCaRoによって実行される言語クイズシステムと、クイズ結果を整形し言語聴覚士に提示するレポートシステムで構築される。

3.3 言語クイズ遊びシステム

3.1節で設定した二つの要件定義をふまえ、言語クイズによる遊びシステムを提案する。乳幼児の言語発達情報の収集と言語発達支援を同時に実現するための、言語クイズシステムについて説明する。

出題する言語クイズの問題は、様々な出題の仕方がある中で、主として国リハ式<S-S法>言語発達遅滞検査[5]を参考とした。この検査は小児を対象とした言語検査の中でも利用頻度が高く、検査中の手続きが言語訓練に直結する特徴を持ち、言語聴覚士が実施する巡回プログラムでも主な指標として利用され

Fig. 2 Diagram of the visiting program with our support system

Fig. 3 Stage transition of our quiz system based on the hint

ている。小児の言語理解能力を記号形式や指示内容関係などのいくつかの段階に則して臨床的に評価し、能力に対する適齢の観点から言語発達段階を検査する。

〈S-S法〉は検査法であるが、言語聴覚士はその出題の仕方を応用し、検査目的でなく日々の療育の中に取り入れ活用している。本研究でも、検査を目的とはせず、言語聴覚士が療育現場にて実際に〈S-S法〉を乳幼児に利用する際の手続きを調査し、ロボットにて実現可能な形式としてクイズを実施した。以下に、提案システムにおける二つの言語評価基準を示す。

正答への誘導手続き段階による評価（理解能力の評価）

操作者は**Fig. 3**の手順に従い、クイズを出題する。第一段階で単一イラストに対し「これなあに？」と問いかけ（単独理解）、第二段階ではこれに音声による選択肢ヒントを与える（音声による理解）。最終の第三段階では、さらに音声に対応するイラストヒントを与える（視覚的記号による理解）。以上の誘導は〈S-S法〉の対面検査における手続き「誤反応・無反応に対し、子どもによってより容易な下位の記号形式に変え、できるだけ子どもの反応を引き出す」を参考にしていて、得られた結果は正答／誤答時にシステム内で自動評価し、保存される。

クイズ回答時の発語内容と仕草による評価（表出能力の評価）

事物名称における最終発達段階を「成人語」かつ「明瞭な発音」による正答とし、「達成単語」と評価する。システムの目的は、選出した全単語に対してなるべく多くを「達成単語」へと導き、その過程を発達情報として収集することとする。これらの評価は、操作者が乳幼児の発語を(1)表現方法「成人語／幼児語／身振り／指さし」、(2)発音「明瞭／不明瞭」の2軸の選択肢から、直感的に回答することによる。

限られた遊び時間において言語発達の調査と支援を効率的に実現するためには、1. 乳幼児の言語発達に対して効果的な問題

提示と評価の手順, 2. 遊びを継続し多くの発達情報を収集する方法が必要となる. そこで提案システムでは, 操作者による単語理解度評価に加え, 乳幼児の性質を考慮して自動的に設定されるクイズ出題評価基準を用いる. 具体的には上記であげた課題解決と関連し, 効率的な言語発達支援効果と集中力持続効果の観点から以下の評価基準を設定した.

(1) 効率的な言語発達支援効果

- 一度正解した単語は出題しない
- 正解が近い単語 (一度間違えたがヒント促して答えられた, など) を優先単語に設定し, 次回以降優先して出題する
- 基本的に単語カテゴリー (動物, 食べ物など) ごとに出題し, 羅列するヒントも同カテゴリー内から選出する. これより各単語のカテゴリーの混合を避け, 印象付ける

(2) 集中持続効果

- クイズは未達成単語と優先単語から交互に出題し, 不正解の連続を避ける
- 不正解が連続した場合, 別の単語カテゴリーへランダムで遷移する
- システムによる自動のカテゴリー遷移のほか, 操作者が「乳幼児の集中が途切れた」と感じた際には, 手動で別の単語カテゴリーへ遷移できる

最後に, 本研究で対象とする言語分野は, Toddler 層乳幼児の適齢を考慮して「事物名称」を主とする. 本システムでは, 〈S-S 法〉に登場する単語から言語聴覚士が特に検査で着目する単語を優先し, 色名や比較などの「概念語」13 個を含む計 130 個の単語を調査するとした. なお以上の機能は, プロトタイプシステムの作成と, これを用いた言語聴覚士との相談を重ね, 実際の臨床の手続きで最も考慮される手法を元に設定した.

3.4 言語クイズ遊びシステムのロボット実装

言語クイズシステムの構成図を Fig. 4 に示す. 操作者は Chi-

Fig. 4 Overview of the language quiz system

Fig. 5 Teleoperated childcare robot ChiCaRo

CaRo のビデオチャット機能を用いて言語クイズ遊びを実施する. この際に ChiCaRo の操作 (前後移動, 左右回転, ハンドの開閉) と会話ができ, ロボットと対面した乳幼児との自由なインタラクションが可能である. また, カメラには魚眼カメラを搭載しており, 乳幼児が離れてロボット正面から姿を消した際にも, 動作を組み合わせることで周囲を見渡し, 乳児の下への移動が容易である. ロボットの仕様を Fig. 5 に示す. 注意力が散漫な乳幼児は集中力が長続きせず, タブレットなどの従来デバイスであれば, 一度注意が逸れてしまうとタスクの継続は難しい. しかし ChiCaRo を利用したインタラクションでは, 乳幼児の注意を再度引き戻すことで言語クイズの継続が可能となる.

3.5 レポートシステム

日常的な言語クイズの実施結果を, 言語聴覚士が簡単かつ短時間で確認するための発達レポートに出力する. 発達レポートは各乳幼児に対し, 単語カテゴリーごとのクイズの正答割合による達成状況や, 限定された実施頻度では観察困難な日常の達成度変遷グラフ, 単語ごとの理解度が日々変化する様子など, 検査に必要な情報がまとめられ, PC 上の GUI 操作で確認できる.

4. 実 験

4.1 実験設定

提案システムの有効性検証を目的とし, Fig. 1 で示した巡回プログラムを模した実証実験を二段階で実施した.

実験 1 では日常の保育場面を想定し, ロボットを各家庭に約 2 週間設置して, 乳幼児に言語クイズ遊びを実施した. 参加者は乳幼児 3 名 (平均年齢 2 歳 5 か月, SD=6 か月, 男 1 女 2) とその保護者 (母親) であった. 言語クイズ遊びの頻度は 2 週間のうちで 7 日間, 各日 20 分間とし, ロボット操作は筆者自身が実施した. 言語クイズ遊びを通じて得られた言語発達情報は操作者 PC に保存され, 実験終了後に, 発達支援士が巡回プログラム時に参考とする発達レポートの生成に利用された.

次に実験 2 として, 本来の巡回プログラムの手順に則り, 実験 1 に参加した乳幼児 3 名とその保護者に対して言語聴覚士による模擬巡回プログラムを実施した. ここでは実験 1 より作成した発達レポートを言語聴覚士に使用してもらい, 通常の巡回プログラムで実施する観察・アセスメント結果をレポートの有無で比較することで, 巡回プログラム実施における発達レポートシステムの効果を検証した. また, 保護者 3 名に対しても, 実験 1, 2 を通じた乳幼児の言語発達変化の様子やシステムに対する印象についてアンケート形式で調査した.

本研究は, 電気通信大学倫理委員会の承認を受けて実施した (倫理承認番号: 19045 号).

4.2 実験結果

実験 1 から 1 名 (2 歳 4 か月の女儿) の結果について報告する. Fig. 6 に ChiCaRo と対象児が遊ぶ様子を示す. また言語発達情報から, 各実験日ごとの単語クイズの実施数を Fig. 7 に,

Fig. 6 Example of child-robot interaction: ChiCaRo's action attracted a toddler's attention

Fig. 7 Number of performed quizzes per day

Fig. 8 Change in achievement rate

単語クイズの達成度（累計クイズ正解単語数／総実施数）の変化を Fig. 8 に示す。

Fig. 6 は対象児の注意が言語クイズ遊びから離れてしまったものの、ChiCaRo の動作によって中断した単語クイズ遊びを再開した場面の一例である。すでに述べたように、乳幼児の能力と課題難易度の不一致や課題の繰り返しから、乳幼児の集中力が低下する場面がいくつか確認された。しかし、ロボット自身が動いて注意をひくことで、単語クイズ遊びを再開できた。

このようなロボットの特性を利用することで、Fig. 7 に示すように、2 週間で 7 日間という長期実験にもかかわらず、言語クイズ遊びを継続的に実施し、言語発達情報の収集を効果的に実施することができた。また Fig. 8 に示すように、ロボットによる継続的な言語クイズ遊びを通じて、事物名称の理解度が向上していく様子を観察することができた。以上より、本研究で提案するシステムを遠隔保育ロボットである ChiCaRo に搭載することで、集中力の持続が困難とされる乳幼児に対して、実施回数を重ねても乳幼児の興味を損なうことなく遊びを継続し、言語発達情報を収集できることが示された。

次に、巡回プログラムの支援効果を述べる。実験 2 にて、実験 1 から得た発達レポートを言語聴覚士が参照した結果のヒアリングで、巡回プログラムへの有用性が以下 3 点で評価された。

- (1) 発達過程の情報付与により、支援計画立案の質が向上する。巡回プログラムの実施頻度の限界による情報不足から、保育者への発達支援の助言が言語聴覚士の主観に寄与するケースが多い。しかし本手法により、課題達成が確認された単語数など、定量的な情報として日常を通じた発達状態を確認することができるため、乳幼児の発達度合いに適した発達支援の助言が可能となる。
- (2) 保育者に対する発達支援の助言場面において、発達状況に関する説明に根拠を付与することができる。本手法により、発達状態を示す情報は数値データとして定量的に収集され

る。そのため言語聴覚士は、保育者へ説明時に、言葉だけでなく数値的根拠を提示することができる。

- (3) 保育者自身の感情面において、言語聴覚士より助言された発達支援を実行していてもその成果に気付きにくいことがある。本手法により得た実際の発達情報から成果が可視化されることにより、保育者のモチベーション向上に作用する。

最後に、本提案システムの発達支援効果について示す。実験 1 では言語クイズ遊びにより得られた発達情報より、日々の経過に伴って各乳幼児の言語クイズ正答率が向上する様子が観測された。さらに、保護者へのアンケートより、家庭など言語クイズ遊び時以外においてもクイズに登場した言葉を発する様子が報告された。以上より、クイズの出題基準は〈S-S 法〉の臨床的手法に倣ったことから、本システムは言語発達を調査する効果に加え、遊びを通じて乳幼児の言語発達を促進する副次的効果も持つことが示唆された。

5. おわりに

本研究では、「気になる子」を対象に含む巡回プログラムを実施する発達支援士の補助と、その子どもの適齢に縛られない現段階の発達状況に応じた支援の実現を目的とした、遠隔保育ロボットを用いた臨床発達支援システムを提案した。まず、提案システムの言語クイズ遊びにおいて、乳幼児の言語発達に対する定量的評価を一定期間継続した実績から、移動可能なロボットデバイスによる保育支援システムの実現可能性が示された。また、言語クイズ遊びによって収集された発達情報を基にした発達レポートを言語聴覚士が閲覧することで、巡回プログラムにおいて時間や頻度の制約のために不足した発達情報を補い、発達支援の質を向上する効果が示唆された。

今後の課題として、対象とする乳幼児の数を増やすとともに、気質や能力の異なる乳幼児に対しても本システムが有用であることを示す必要がある。また、事物名称以外の言語発達機能へ観察対象を拡張した広範囲の発達過程の情報収集や、動画データの活用による言語項目以外の発達能力評価を目指す。更に、乳幼児に親しまれるロボットの挙動を検討することにより、ロボットの特性をより生かした Toddler 層乳幼児の支援システム実現に取り組む。

謝 辞 本研究は、JSPS 科研費 17J40236 の助成、および NEDO 委託業務の結果得られたものである。

参 考 文 献

- [1] S.A. Denham, H.H. Bassett and K. Zinsler: "Computerizing Social-Emotional Assessment for School Readiness: First Steps toward an Assessment Battery for Early Childhood Settings," The Journal of Applied Research on Children: informing policy for children at risk, vol.3, no.2, pp.7-48, 2012.
- [2] N. Watanabe and T. Kobayash: "Computerization of an emotion knowledge assessment for preschoolers: Supporting their school readiness," International School Psychology Association 41st Annual Conference, 2019.
- [3] 林, ほか: "未就学児を対象としたデジタルあそびコンテンツの展示に関する考察と要件—フレーベル館での展示からの気づき—", Information Processing Society of Japan 1, no.DPR10010, pp.1-11, 2019.
- [4] K. Abe, et al.: "ChiCaRo: tele-presence robot for interacting with babies and toddlers," Advanced Robotics, vol.32, no.4, pp.176-190, 2018.
- [5] 小寺, 倉井, 佐竹: 国リハ式〈S-S 法〉言語発達遅滞検査 (改訂第 4 版). 株式会社 エスコアール, 1998.