

ケア・レシーバー型ロボットによる 集団の子どもたちを対象とした英単語学習支援

Educational Support on Learning English Words for a Group of Children using a Care-Receiving Robot

松添 静子*¹ 田中 文英*²
Shizuko Matsuzoe Fumihide Tanaka

*¹筑波大学大学院 システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

*²東京大学 大学院 情報理工学系研究科

Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

We focus on a Care-Receiving Robot (CRR) that promotes children's learning by teaching the robot. In this paper, we report on a field experiment that was conducted at a kindergarten for Japanese children (5–6 years of age). The goal of this experiment is to verify the feasibility of educational support on the children's learning English words by using an autonomous CRR in a realistic educational situation. Therefore, the experiment was conducted in a group of 7–8 children, and they participated in an animal gesture game with the robot to learn 6 English animal names. In order to compare the learning performance between the CRR and an excellent robot, both robots were introduced concurrently into a classroom in the kindergarten. The experimental results showed that the autonomous CRR promoted the children's learning English words than the excellent robot.

1. はじめに

パーソナルロボットの応用例のひとつとして、教育支援ロボットの研究がなされている。教育支援ロボットは大きく分けて2つのタイプに分類可能であると我々は考えている。ひとつは教師の役割を代替するタイプのロボットである [Kanda 04, You 06, Kanda 07, Han 08, Saerbeck 10]。それに対して、子どもと対等な立場のロボットの研究も行われている。代表例のひとつが、ケア・レシーバー型ロボット (Care-Receiving Robot: CRR) である [Tanaka 09, Tanaka 10]。子どもは CRR に対して様々な内容を教示可能で、このロボットは『ロボットに教える』という行為を通して、子ども自身の学習や知識を深めることを目的としている。そのため、教師型ロボットと比較して子どもたちの自発性を誘引しやすく、双方向の活発なやり取りが期待される。我々はこのような CRR のメリットに注目し、つくば市内の子ども向け英会話教室にてフィールド実験を実施している。そこで、同ロボットが3~6歳の未知英語動詞学習の促進や興味誘引に効果的であること [Tanaka 12] や、適度な不完全さ (初めは誤答をしても教示によって正答を学習可能) を持つ CRR が英単語学習に効果的であることが示唆されている [Matsuzoe 12, 松添 13]。

これらの実験には共通して以下の3つの特徴があり、ある程度統制されたフィールド環境において CRR 概念の検証が行われている。

1. 1名の子どものいる環境にロボットを1台導入
2. ロボットの行動は遠隔操作によって実現
3. 実験参加者は実験に1回だけ参加

しかしながら、実際に教育支援ロボットが導入されるであろう学校や幼稚園等では、ロボットが子ども一人を対象とする状況は稀であり、これまでの成果のみから、複数人数を対象とした

場合にも同様の効果が発揮できると主張するのは困難である。また、将来的な実用化を想定した場合、自律型ロボットは様々な外乱の生じる実環境にも対応できる必要がある。

そこで本研究では、これまでの実験を自律型ロボットを用いた複数の子どもたちを対象とする実験へ発展させ、より現実的な環境での CRR 実現可能性について検証することを目的とした。実験タスクは複数人でも遊ぶことが可能な動物ジェスチャーゲームを用いて、子どもたちには同じ内容の実験に4日間参加してもらった。本稿では、つくば市内の幼稚園にて実施したフィールド実験の内容、および英単語の定着度に注目した実験結果について報告する。

2. 複数の子どもたちを対象とした実証実験

2.1 実験目的

本実験では、教育支援ロボットが導入され得る、より現実的な環境として以下の3つの特徴を設定する。

1. 複数の子どもたちがいる環境にロボットを1台導入
2. ロボットの行動は自律機能によって実現
3. 実験参加者は同様の実験に4日間参加 (1日に1回実施)

このような環境設定において、CRRによる効果的な教育支援が実現可能かどうか明らかにすることを目的とする。なお、4日間の実験結果の遷移をもとに縦断的視点からの検証も行う。具体的には、子どもたちにはグループごとに英単語学習を目的としたゲームにロボットと一緒に4日間参加してもらい、自律型 CRR が子どもたちの英単語の定着を促進可能か検証した。

2.2 実験準備

実験タスクとして、動物英語名称の学習を目的とした動物ジェスチャーゲームを採用した。実験参加者は動物イラストカードをロボットに見せることで、任意の動物ジェスチャーの実演を依頼することができる。そして、ロボットが実演依頼した動物と異なるジェスチャーを行った場合は、ロボットの両腕を直接手で動かすことで正しいジェスチャーを教示可能である

連絡先: 松添 静子, 筑波大学大学院 システム情報工学
研究科, 〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1,
s1130184@u.tsukuba.ac.jp

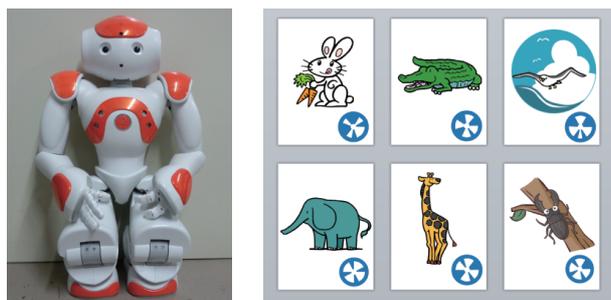


図 1: (左) 実験で用いたロボット, (右) 使用した動物イラストカード. 写真左上より rabbit, alligator, sea gull, elephant, giraffe, stag beetle.



図 2: 実験を実施した幼稚園の教室

(直接教示). ゲームの対象となる動物は, rabbit, alligator, sea gull, elephant, giraffe, stag beetle の 6 種類とした.

ロボットは Aldebaran Robotics 社の NAO を用いた (図 1 (左)). 条件によって挙動の異なるロボットを 1 台ずつ (合計 2 台) 用意し, 1 回の実施につき 2 台のロボットを同時に導入した. 今回は動物のジェスチャーゲームの自律化を実現するために, 回転・スケール不変なマーカ (Aldebaran Robotics 社提供) を伴った動物イラストカード (図 1 (右)) の認識機能を実装した. また, 各動物ジェスチャー動作の特徴的な関節角度変化を基に, 実験参加者による動物ジェスチャー直接教示の成否判別機能も実装した. 実験者によって動物ジェスチャーゲームプログラムが実行されると, ロボットは実験参加者から提示されるカードや直接教示内容に応じて自律的に行動する.

本実験は, つくば市内の幼稚園にて実施した. 図 2 に実験を行った教室の様子を示す. 実験の様子は 2 台のカムコーダを用いて録画し, 分析に用いた. 実験参加者は, 同幼稚園の年長クラス 15 名 (男児: 5 名, 女児: 10 名) に協力して頂いた. 事前の予備実験より 2 台のロボットで対応可能な人数を検討した結果, 実験参加者全体を 7~8 名の 2 グループに分けることとした. 各グループに対して 4 日間実験を行った. なお, この実験は筑波大学研究倫理委員会にて承認を得ており, 保護者の方々への事前説明後, 書面で同意を頂けた方のみを対象に実施した. 実験者については, 2 名の大学院生および大学生が参加し, ロボットの自律プログラムの実行や安全監督・ゲーム進行の役割を分担した.

2.3 実験デザイン

以下に示す 2 条件のロボット両方を教室内に配置し, 全ての実験参加者が両条件のロボットとの遊びが経験できるデザイ

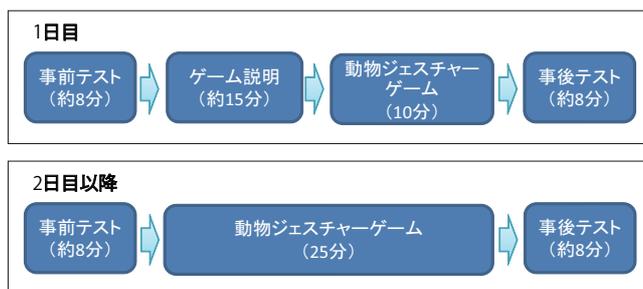


図 3: 実験の流れ: 括弧内には各段階での所要時間の目安を示す. 全体の所要時間としては 40~50 分程度であった.



図 4: (左) 事前テストの様子, (右) 動物ジェスチャーゲームの様子

ンを採用した. なお, 実験参加者には 4 日間を通して「遊びたいロボットと自由に遊んでよい」と伝え, 実験中の行動は各々の自主性に任せた.

条件 1: 優等生ロボット 提示されたカードの動物ジェスチャーを終始正しく実演することができる.

条件 2: 間違うロボット (CRR) 提示されたカードの動物ジェスチャーを正しく実演できない. 正しいジェスチャーを直接教示されることによって, 直後 1 回だけ正しく実演することができる (その後すぐに忘れてしまう).

この実験デザインでは, すべての実験参加者に対する各ロボットとの遊び経験の厳密な統制は困難であるが, この経験量の偏りも踏まえて英単語学習の促進効果を検証することとした. また実験初日については, 実験参加者が各ロボットの特徴を把握し自身が遊びたい方を選択しやすくするため, 全員が両方のロボットを経験できるよう実験者側が配慮した.

各ロボットには認識可能な動物カードを無作為に 3 種類ずつ割り当てた. 割り当てた英単語は 4 日間固定し (グループ間でのカウンタバランスは考慮している), 実験の前後に実施するテストの結果を比較することで, どちらのロボットが英単語の学習に効果的であったか検証を行った. 本実験では, 英単語の難易度をネイティブスピーカーの使用頻度によって定義した『標準語彙水準 SVL12000』を参考にして, 各ロボットに割り当てた英単語の難易度が偏らないよう考慮している.

2.4 実験手順

図 3 に示す手順で, 実験参加者 7~8 名に対して実験を実施した. **事前テスト**では, 実験参加者 1 名ずつに対して, リスニング形式の動物かるたゲーム (動物英語名称のネイティブ発音を 2 回聞き, 該当すると思う動物カードを選択) を実施した. 実験参加者の目前には常に 8 枚のカードを並べ, 前述した 6 種類の動物を無作為の順番で出題した. 図 4 (左) に事前テ

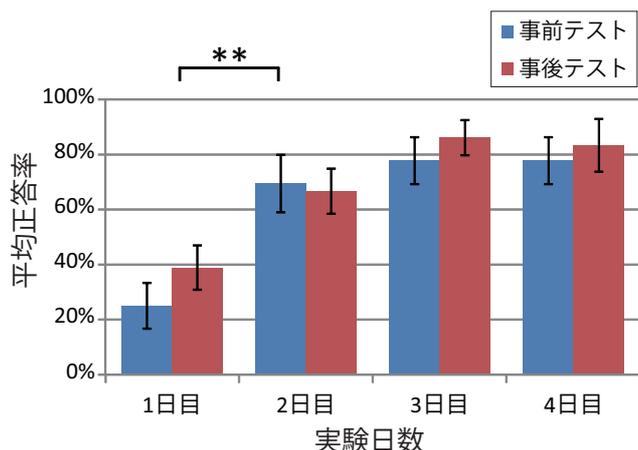


図 5: 優等生ロボットに割り当てた動物名称の英単語群における事前・事後テスト平均正答率 (条件 1): 1 日目事後テスト-2 日目前事前テストの間にのみ有意差 ($Z(12) = -2.754, p < 0.01$) が確認された。

ストの様子を示す。ゲーム説明では、ゲームで使用する動物のジェスチャーを日本語で確認し、動物カードの見せ方やロボットへのジェスチャー直接指示方法について説明した。動物ジェスチャーゲームでは、実験参加者主導で動物ジェスチャーゲームをして遊ぶよう声をかけ、実験者は 2 名とも安全監督者となる。安全監督者は、子どもたちがロボットへのカード提示に難航していた場合、一時的に介入して補助可能とした。また、1 日目のみ、適切な直接指示が出来ていない場合の一時的な補助を許容した。図 4 (右) に動物ジェスチャーゲームの様子を示す。事後テストでは、事前テストと同様の方法でどれくらい動物名称の英単語を覚えたか確認した。

3. 実験結果

図 5 および図 6 に 4 日間の事前・事後テストの平均正答率の結果を示す。なお、病欠などの理由から実験データに欠損が生じた 3 名の実験参加者については分析の対象から除外した。条件 2 には 1~3 日目にかけて平均正答率の上昇傾向が顕著に見られた。一方、条件 1 では、1 日目事後テスト-2 日目前事前テストの間に平均正答率の大きな上昇が見られたが、条件 2 に比べ全体の上昇傾向は弱い。これらの結果に対して Wilcoxon の符号付順位検定を行った結果、条件 1 では、1 日目の事後テスト-2 日目の事前テスト間にのみ有意差が確認された。条件 2 では 1~3 日目の事前テスト-事後テスト間において、それぞれ有意差と有意傾向が確認された。

4. 考察

実験結果より、条件 2 において平均正答率の上昇傾向が強いことがわかった。このことから、複数の子どもたちを対象とした場合でも、CRR の特徴であるロボットへの直接指示の機会が英単語の定着に良い効果を与えたと考えられる。

一方で、条件 1 における 1 日目事後テスト-2 日目前事前テスト間の平均正答率の上昇は予想外の結果であった。該当するテストの英単語別正答率を比較したところ、条件 1 の英単語群中で低難易度のものの正答率向上が特に顕著であった。2.3 に記したように、本実験での英単語の難易度はネイティブスピー

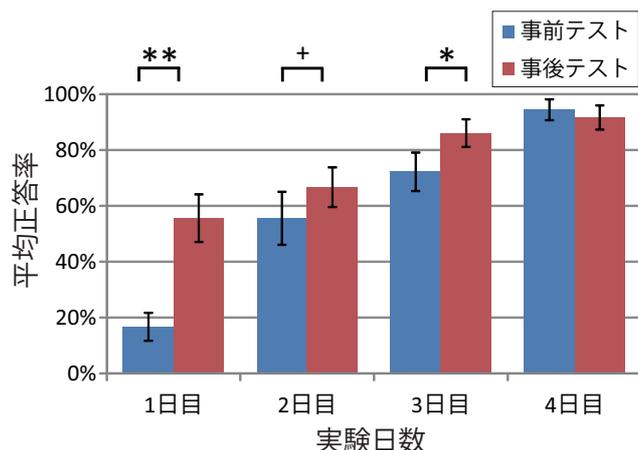


図 6: 間違っロボット (CRR) に割り当てた動物名称の英単語群における事前・事後テスト平均正答率 (条件 2): 1~3 日目の事前テスト-事後テスト間に有意差と有意傾向 (1 日目: $Z(12) = -2.625, p < 0.01$, 2 日目: $Z(12) = -1.823, p = 0.0625$, 3 日目: $Z(12) = -1.933, p < 0.05$) が確認された。

カーの使用頻度 (頻度が高ければ難易度は低い) に基づいている。この指標における低難易度の英単語は、子どもたちの日常生活においても耳にする機会が多いことが予想される。そのため、ロボットとゲームに参加していない時であっても、ロボットと遊んだ経験が英単語を定着させた可能性がある。

しかし、このような例外を除けば、4 日間同じ動物を題材としジェスチャーゲームで遊んでいるにもかかわらず、条件 1 ではゲーム後に定着する英単語が条件 2 と比較して少なかった。また、前のテストでは覚えていた英単語を正答できなくなるといった事例も多く見られた。このことから、正解ジェスチャーのみを実演する優等生ロボットは、CRR に比べて英単語の定着効果が低いと考えられる。これらの結果から、縦断的な視点からも CRR が英単語定着の促進に効果的であることが示唆される。

本実験の制約として、以下の点が挙げられる。今回の実験では、より現実的な環境での CRR 実現可能性を検証するため、子どもたちが各々のロボットと遊ぶ回数などのロボット経験を統制していない。そのため、実際にどのような要因が結果に影響していたのか、今回報告した結果のみで議論することは難しい。また、グループの特性の違い (例: 性格, 人間関係) などといった別の要因が実験結果に影響を及ぼしている可能性もあるため、実験時の子どもたちの行動内容についても詳細に分析し、平均正答率との関係性を精査する必要がある。

5. おわりに

本実験では、より現実的な環境における CRR の実現可能性を明らかにすることを目的として、ロボットに動物の自律機能を実装し、幼稚園の実際の教室にて複数の子どもたちを対象とした実証実験を行った。実験結果より、複数人を対象とした場合でも、子どもたちが直接指示経験可能な CRR が英単語の定着に効果的であることが確認された。また、今回は 4 日間連続して同様の実験を行い、縦断的視点からも CRR の連続使用が英単語定着の促進に効果的であることが確認された。これらのことより、教育現場における自律型 CRR 実用化の可能性を見出すことができたと考えられる。

今後の計画としては、動物ジェスチャーゲーム時の子どもたちの行動内容を詳細に分析し、子どもたちの学習に対する興味関心の遷移について調査を行い、英単語の定着度との関係性についての検証を行う。

謝辞

本研究は、科研費（23680020）、およびJST 戦略的創造研究推進事業さきがけの支援を受けて行われた。また、本実験の実施に御協力頂いたつくば市立東幼稚園、桜幼稚園、大穂幼稚園の皆様、実験に参加して頂いた園児の皆様および保護者の皆様、サポートスタッフの方々に深く感謝する。

参考文献

- [Han 08] Han, J., Jo, M., Jones, V., and Jo, J. H.: Comparative Study on the Educational Use of Home Robots for Children, *Journal of Information Processing Systems*, Vol. 4, No. 4, pp. 159–168 (2008)
- [Kanda 04] Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., and Ishiguro, H.: Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: a Field Trial, *Human-Computer Interaction*, Vol. 19, No. 1, pp. 61–84 (2004)
- [Kanda 07] Kanda, T., Sato, R., Saiwaki, N., and Ishiguro, H.: A Two-Month Field Trial in an Elementary School for Long-Term Human-Robot Interaction, *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 23, No. 5, pp. 962–971 (2007)
- [Matsuzoe 12] Matsuzoe, S. and Tanaka, F.: How Smartly Should Robots Behave? : Comparative Investigation on the Learning Ability of a Care-Receiving Robot, in *Proc. of the 21th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2012)*, pp. 339–344 (2012)
- [Saerbeck 10] Saerbeck, M., Schut, T., Bartneck, C., and Janse, M. D.: Expressive Robots in Education: Varying the Degree of Social Supportive Behavior of a Robotic Tutor, in *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems(CHI 2010)*, pp. 1613–1622 (2010)
- [Tanaka 09] Tanaka, F. and Kimura, T.: The Use of Robots in Early Education: a Scenario Based on Ethical Consideration, in *Proc. of the 18th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2009)*, pp. 558–560 (2009)
- [Tanaka 10] Tanaka, F. and Kimura, T.: Care-receiving Robot as a Tool of Teachers in Child Education, *Interaction Studies*, Vol. 11, No. 2, pp. 263–268 (2010)
- [Tanaka 12] Tanaka, F. and Matsuzoe, S.: Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning: Field Experiments in a Classroom for Vocabulary Learning, *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol. 1, No. 1, pp. 78–95 (2012)
- [You 06] You, Z.-J., Shen, C.-Y., Chang, C.-W., Liu, B.-J., and Chen, G.-D.: A Robot as a Teaching Assistant in an English Class, in *Proc. of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006)*, pp. 87–91 (2006)
- [松添 13] 松添 静子, 田中 文英: 教育支援ロボットの賢さの違いが子どもの英単語学習に及ぼす影響, *人工知能学会論文誌*, Vol. 28, No. 2, pp. 170–178 (2013)