

# ロボットと学ぶ：言語教育から見るソーシャルロボットの可能性

加根魯 絢 子

サバンジュ大学

## Learning with Robots: The Potential of Social Robots from the Perspective of Language Education

Junko KANERO

Sabancı University

This article discusses research on the use of “social robots” in early language education. The paper consists of three main sections. The first section briefly describes what social robots are and provides the theoretical rationale for their applicability in language education. The second section introduces different empirical works, while highlighting established findings and the gaps in the literature. Finally, drawing on my recent research on gestures and individual differences, I discuss the prospects of language education and child–robot interaction (CRI) and provide recommendations for future research. Social robots have the potential to meet needs that human teachers or other digital devices cannot. However, research remains limited and is in the phase of exploring different possibilities. The lack of clear support for the effectiveness of social robots should be considered a good research opportunity. I invite scholars from diverse backgrounds to join this critical and exciting effort.

**Key words:** social robot, child–robot interaction, language education, L1, L2, gesture, individual differences

キーワード：ソーシャルロボット，子どもとロボットのインタラクション（CRI），言語教育，L1，L2，ジェスチャー，個人差

### 1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末など、デジタル機器の発達と浸透は近年目覚ましく、子どもたちの生活にも多く溶け込んでいる。デジタル機器利用過多に関する懸念やAIの暴走といった点への関心が高まる一方で、次世代の教育におけるテクノロジーの活用も注目されている。本論文では、その中でも特に新しいデバイスの一つといえる「ソーシャルロボット」に焦点を当て、子どもとロボットのインタラクション（Child-Robot Interaction; CRI）の研究が幼児言語習得<sup>1)</sup>に役立つのかを論ずる（Belpaeme et al., 2018；Kanero et

al., 2018；Randall, 2019；van den Berghe et al., 2019）。本論は大きく3つの章で構成される。まず最初に、ソーシャルロボットとは何か、そしてなぜ言語教育への活用が期待されているのか、という点を簡単に紹介する。続いて、これまで行われてきた研究を紹介し、解明されてきたこと及び問題・改善点を論じる。最後に、筆者自身の最近の研究を軸に、今後の言語教育とCRI研究の展望について議論する。また本稿は、特に理論的部分と先行研究に関して、筆者と共著者が*Child Development Perspectives*に掲載した総説（Kanero et al., 2018）を翻訳・加筆・修正して作成したことも明記しておく。

1) 本論文は幼児研究（及び一部の成人研究）に焦点を当てており、乳児とロボットのインタラクションに関する研究（O’Connell et al., 2009 など）については論じない。

#### 1.1 ソーシャルロボットとは

ソーシャルロボット（social robot）とは、人間

が通常期待する行動規範に従って、ヒトとのコミュニケーションをする自律型または半自律型のロボットである (Bartneck & Forlizzi, 2004)。ソーシャルロボットは、科学、数学、社会的スキル、コンピュータプログラミング、言語など、さまざまな科目を教えるために既に使用されてきた (Mubin et al., 2013; Toh et al., 2016)。しかし、多くの CRI 研究は、学会誌やロボット工学分野の専門誌に掲載されているため、関心を持つすべての人が容易にアクセスできるわけではない。また、これらの研究の多くは、「ロボットは学習者に役立つか」、「ロボットはどのように役立つか」といった教育的な関心よりも、技術的な特徴に焦点を当てている。

一口にソーシャルロボットと言っても、その見た目や機能にはかなりの違いがある。ソーシャルロボットの研究で有名なものを挙げると、筆者自身も研究で使用している Nao は、頭や手足があり二足歩行をする点でヒューマノイド (人間型) と呼べるが、表情を変える機能等はなく、素材等が機械的で、ある意味ロボットらしいデザインである。一方 Furhat は、胴体や手足こそないものの、アニメーションを投影することで、人間らしい表情を表現することが可能である。また Paro は、ゴマフアザラシをモチーフにしたデザインで、ペットのような存在としてのデザインである。例えば、Reeves らによるソーシャルロボットの印象調査では、2005 年から 2016 年までに出版された「social robot」というキーワードを含む 6,960 件の論文から、計 342 種類ものソーシャルロボットが抽出された (Reeves, Hancock, & Liu, 2020)。

## 1.2 なぜロボットなのか？

子どもにとって、学校の授業等で人間の先生から言語を学ぶことは、第一言語 (L1) 学習においても第二言語 (L2) やその他の外国語学習においても必要不可欠である。しかしながら、学習を成功させるには、学校の授業だけでは不十分なことも多い。ソーシャルロボットは、他のデバイスとは異なるロボット特有の特徴を用いて、早期言語学習に貢献し、学習を補完・強化することが期待されている。例えば、学校での外国語の授業は通常大人数で行われるが、それに加えて、一対

一の授業をロボットが行ったらどうだろうか。一対一の授業では、各々の学習者の特性や上達度を踏まえたレッスンが可能であり、また機械との学習は時間にしばられることが少なく、長期的に考えれば、チューター等よりも安価な方法であると考えられる。またロボットは、タブレット端末等の他のデジタル機器と比べて、身体を持ち (emodiment)、物理的に存在すること (physical presence) で、ユーザーと空間を共有し、人間同士のコミュニケーションに使われるスピーチ、ジェスチャー (身振り)、顔の表情等などを用いて、より人間に近い役割を果たすことができると考えられる (Han et al., 2008; Kennedy, Baxter, & Belpaeme, 2015)。また、様々なセンサーを用いることで、他のデジタル機器より、個々の学習者の習熟度や気分等に合わせた適切な学習支援を実現できる可能性が期待されている。これらの特徴がすべて活用でき、活用されるべきなのか、という点について現段階で結論付けるのは難しい。しかし、人間の教師が用いる教育術の多くはロボットによる語学レッスンに適用できると考えられている (Vogt et al., 2017)。

まずジェスチャーなどの様々な動作を行う機能について考える。例えば、ヒューマノイド (外見が人間に似ているロボット) は、ユーザーと空間を共有し、実際の物体を指差したり、腕を大きく開いて「大きい」という言葉の意味を表現することができる。ジェスチャーは私たちのコミュニケーションの中に多く存在し、音声を補完する強力な手がかりになっており、ジェスチャーができるソーシャルロボットは、学習者をより補助することが期待される。そして、少なくとも人間同士の交流においては、子どもは大人よりもジェスチャーの恩恵を受ける可能性が示唆されている (Hostetter, 2011)。ジェスチャーは、L2 学習者の発話理解を高め、特に熟達レベルの低い学習者の発話理解を向上させる (Sueyoshi & Hardison, 2005)。また、ジェスチャーによって子どもの教材に対する注目度が高まることも示されている (Valenzeno, Alibali, & Klatzky, 2003)。例えば、イタリア語話者の 5~6 歳児は、ジェスチャー、視線、声色を駆使した表情豊かなヒューマノイドロボットが物語を語った方が、無表情な人間の教師が語ったよりも、正確に物語を思い出すことがで

きた (Conti et al., 2017)。

ロボットのもう一つの強みは、センサーによって人間のモチベーションやニーズを察知し、それに応じて行動を変化させることができることである (Schodde et al., 2020 など)。足場かけ (scaffolding) のアイデアが示唆するように、向き合う課題が十分に難しく且つ難しすぎない場合、学習の成果は最大化されると考えられる (Vygotsky, 1978)。例えばある研究では、英語話者の3～5歳児に「よくできました!」といった明示的フィードバックと学習者が頼ることが知られている視線などの暗黙的フィードバックの両方を用いて、スペイン語を学習させた (Gordon et al., 2016)。また別のオランダ語話者の5歳児に英語を教えた研究では、フィードバックの中でも人間の教師が薦めるフィードバックがより効果的であることを示し、教育者がロボットの開発に関わることの意義を明確にした (de Haas, Vogt, & Krahmer, 2020)。学校の先生は教育法に精通しているが、子どもたち一人ひとりに合わせて授業のレベルを調整することは困難なことも多く、センサーを駆使したロボットが持つ適応性は、特に子どもが一对一でことばを練習できる機会を提供する点で有益だと考えられる。

ここまででソーシャルロボットが言語学習者への強力な補助ツールになる理論上の可能性についてはわかっていただけだと思う。ここからは、この理論を今までの研究が裏付けているかについて議論し、その問題点等にも言及する。

## 2. これまでの研究成果

本章では、(1) 子どもがソーシャルロボットとの学習を楽しめたか (モチベーションとエンゲージメントの観点)、(2) 子どもはロボットから言語を学べるか (学習成果の観点) の二点を軸にこれまでの研究を検証していく。

### 2.1 モチベーションとエンゲージメント

CRI 研究において、モチベーション (motivation: どれだけ「やりたい」という気持ちがあるか) とエンゲージメント (engagement: どれだけ集中・熱中しているか) は非常によく使われる指標である。子どもたちがロボットとの学習

を楽しんでいるかを理解するため、モチベーションとエンゲージメントに着目した研究では、集中度・満足度・楽しさなどを子どもたちに自己申告してもらったり (Hong et al., 2016; Kim & Kim, 2011 など)、子どもたちの表情を分析したりする (Gordon et al., 2016 など)。筆者自身は、ロボットを学習補助に使うからには学習成果の検証が最重要であると考え、その一方で、子どもはエンゲージメントがある際によりよく学ぶことも示されており (Konishi et al., 2014 など)、一概には有効でないとは言えない。また、一度のレッスンではなく、言語学習を成功させるためには、子どもたちがロボットとの対話を続けたいと思うことが重要であることも明白だ。

これらの研究によると、多くの子どもは、ソーシャルロボットと一緒に言語を学ぶことに魅力を感じるようだ (Freed, 2012; Gordon et al., 2016; Han et al., 2008; Hong et al., 2016; Kim & Kim, 2011; Kory Westlund et al., 2015; Tanaka et al., 2015; Tanaka & Matsuzoe, 2012; Westlund & Breazeal, 2015)。例えば、台湾の小学5年生を対象にした研究は、ロボットと一緒に学習した子どもたちは、ロボットなしで学習した子どもたちに比べて、学習意欲や教材への満足度が高く、自尊心も高く不安が少なかった (Hong et al., 2016)。別の研究では、3～5歳の英語話者の子どもたちがロボットと共にフランス語 (フルーツの名前) を楽しみながら学んだと報告されている (Freed, 2012)。日本で行われた研究では、ヒューマノイドロボット Pepper から英単語を学んだ幼児は、ロボットの動きに興味を持ち、指示通りに真似をしたという (Tanaka et al., 2015)。また、子どもたちへのヒアリング調査によると、子どもたちはロボットを好み (Westlund & Breazeal, 2015)、タブレットや人間よりもロボットから学ぶことを好むという報告まである (Kory Westlund et al., 2015)。ロボットに対する肯定的な態度は、学校 (Tanaka & Matsuzoe, 2012 など) でも家庭 (Han et al., 2008 など) でも観察されている。また、自閉症スペクトラム障害 (Autism Spectrum Disorder; ASD) の子どもを対象とした研究者からも、ASD の子どもがロボットに興味を持つことが学習に寄与すると提唱されている (Kim et al., 2013)。更に、教育者の立場からも、授業でロボットを使っ

た後、先生がロボットを便利だと感じたという報告がされている (Chang et al., 2010 ; Kory Westlund et al., 2016 も参照)。

子どもたちがソーシャルロボットとの言語学習を楽しんでいる、という点については、概ね間違いがなさそうである。しかし注意すべきは、子供たちのモチベーションやエンゲージメントはロボットの新規性(物珍しさ)に起因する可能性もあり、実験結果は慎重に解釈されなければならない。タブレットや人間の先生と比べ、ロボットの外見は多くの子どもにとって新鮮であり、注意を引きやすい。日本の小学生を対象にした研究では、最初はロボット英語チューターとの対話に強い興味を示したものの、2週間後には対話の頻度が大きく減ってしまった (Kanda et al., 2004)。ロボットが持つ学習者のモチベーションやエンゲージメントを高める効果を本当の意味で見極めるには、ロボットと子どもとのインタラクションを長期間にわたって検証する必要がある (Kory-Westlund & Breazeal, 2019)。

モチベーションとエンゲージメントに関する研究は、早期言語教育におけるロボットの使用を概ね支持するものである。子どものやる気が持続するかどうかはさらに検証する必要があるが、CRI 研究は、ソーシャルロボットとの学習が子どもにとって魅力的であるという点で一致している。しかし、学習成果について検証すると、その様相は少々異なる。

### 2.1.1 学習の成果

子どもの語彙学習及びことばの産出に関する研究は、ソーシャルロボットとの言語学習の成果を議論するための良い枠組みである。これらの研究では、ロボットが子どもの言語学習を支援できることが示されているが、その一方で、人間や他の学習ツールと比較した場合のロボットの有効性には議論の余地がある。

### 2.1.2 語彙学習の場合

語彙学習は、CRI による言語教育研究の中で最も一般的なテーマと言え (Hyun et al., 2008 ; Kory Westlund et al., 2015 ; Movellan et al., 2009 ; Westlund & Breazeal, 2015)、筆者も多く取り上げてきた (Demir-Lira et al., 2020 ; Vogt et al., 2019 など)。研究者の間では、ソーシャルロボットが子どもに新しい単語を教えることができる、という

基本的な合意が見られる。例えばある研究では、英語話者の15～23ヶ月児の子どもが、タッチスクリーンを内蔵したロボットから単語を学習した (Movellan et al., 2009)。同様に、L2 習得においても、例えば3～5歳の英語話者の子どもたちは、タブレット端末とロボットを用いたスペイン語学習に参加し、8回のセッションを通して単語を習得した (Gordon et al., 2016)。ある日本の研究では、日本語話者の3～6歳児がヒューマノイドロボットに英語の動詞を教えながら学ぶ、という興味深い手法が取られた。子どもたちは、実験当日だけでなく3～5週間後にも、ロボットに教えた動詞に関しての方が、人間から教わったのみの動詞よりも、対応する絵の識別ができたという (Tanaka & Matsuzoe, 2012)。この研究の場合、ロボットの存在が学習効果を向上させたのか、それとも誰かに教えたことが原因なのかは正確には不明だが、ロボットが語彙の学習において、人間の大人ではできないユニークな役割を果たせる可能性を示した点で大きな価値があると言えるだろう。

更に、ASDの子どもの語彙の発達を助ける可能性についても研究がなされている。例えばイランの研究グループは、ペルシア語を話す7～9歳のASDの子どもたちに英単語を教えるために、ロボットによるプログラムを開発した。この子どもたちの英語テストの点数は上昇し、2週間後も維持されたという (Alemi et al., 2015)。しかし別の研究では、模倣やゲームを用いたロボットによる6週間のプログラムの後、ASDと言語障害を持つ英語話者の未就学児のコミュニケーション能力が向上したが、語彙の変化は観測されなかった (Boccanfuso et al., 2017)。

ソーシャルロボットは、聴覚障害のある子どもたちの支援にも使用されている。トルコの研究では、ロボットの手をトルコ手話 (Türk İşaret Dili; TİD) に対応するように改造し、手話学習の成果を検証した (Uluer, Akalın, & Köse, 2015)。6～18歳の健常児と聴覚障害児、および大人を対象とした調査では、参加者がロボットの手話が認識できると評価し、手話と対応する画像を正確に一致させることができた。また、ロボットが生成するトルコ手話の単語を理解し、記憶することもできた。同じ研究チームによる別の研究では、習得レ

ベルの違いによる差異が見られた (Köse et al., 2015)。初級レベルのTID能力を持つ7～11歳の子どもたちは、ロボットをスクリーン上で見たときよりも、ロボットと物理的に対話したときの方がより多くの単語を学習した。一方、上級レベルの9～16歳の子どもたちは、どちらの状況でも同じように学習した。この研究は、学習者の言語能力に応じて、ロボットの物理性が異なる効果をもたらすかもしれないという興味深い知見を残した。また、手話のチューターとしてのロボットの有効性はまだ限られた研究しかなされていないが、他の手話 (例：ペルシャ手話；Zakipour, Meghdari, & Alemi, 2016) の教育におけるロボットの使用を検討されてきている。

幼い子どもたちはロボットから語彙を学ぶことができる。しかしこれは、ロボットが言語教育において他の機器や人間よりも効果的であることを必ずしも意味しない。例えば、4週間の読書プログラムにおいて、4歳の韓国語の母語話者が (1) ロボットとの対話、または (2) 電子書籍からお話を学んだ際には、どちらのグループの子どもたちにも語彙の向上が見られた (Hyun et al., 2008)。また、英語話者の4～6歳児を対象にした研究では、ロボット、人間の先生、タブレットの三条件で、単語を学習させたところ、全条件で同じような学習が観測された (Kory Westlund et al., 2015)。また別の研究に参加したイタリア語話者の4～6歳児は、ロボットからでも他の子どもからでも、英単語を学んだ (Mazzoni & Benvenuti, 2015)。また、日本語話者の4～5歳児を対象とした造語を使った研究では、ロボットからの学びは人間からの学びほどの効果がなかった (Moriguchi et al., 2011)。

もちろん今後の研究・開発によって様相が変わる可能性は十二分にあり、また後述する学習者の個人差等の考慮も必要だが、少なくとも単純な語彙学習に関して、ロボットが他の選択肢よりも圧倒的に有利である、という可能性は考えにくいように見える。しかし、例えば手話は、ジェスチャーなどの動作を実行する機能がロボット特有の強みでもあることから、有望な研究の方向性であると考えられる。また、ことばの産出の研究結果には違いがあるように見える。

### 2.1.3 言語の産出の場合

ソーシャルロボットは、子どもの言語産出能力を向上させるために、例えばお話をする能力 (storytelling) などに利用されている (Hyun et al., 2008；Kory-Westlund & Breazeal, 2019；Westlund & Breazeal, 2015)。前出の研究 (Hyun et al., 2008) では、韓国語を話す4歳児が、ロボットと電子書籍で同じように語彙を学習した。しかし、ロボットと交流した子どもたちだけが、オリジナルの物語を語る能力、学んだ物語を再話する能力、書かれた単語を認識し発音する能力を向上させた。また、別の研究では、ロボットが子どもたちの言語レベルに合わせてレッスンの複雑さを調整したところ、英語を話す4～6歳児が自分で作った物語がより長く豊かになったという結果も出ている (Westlund & Breazeal, 2015)。

ソーシャルロボットもASDの子どもの発話を引き出すことができる (Boccanfuso et al., 2017；Kim et al., 2013)。前述の6週間の介入研究では、ASDと言語障害を持つ英語圏の未就学児がロボットと遊んだ後、より自発的な発話をするようになったが、この研究では他の機器や人間の教師による指導は比較されていない (Boccanfuso et al., 2017)。高機能ASDの英語を話す4～12歳児を対象とした別の研究では、より徹底した研究が行われた (Kim et al., 2013)：子どもたちは、大人、タッチスクリーンのコンピューターゲーム、恐竜ロボットとさまざまな組み合わせで交流した。ロボットと大人1人との対話では、大人2人、コンピューターと大人1人との対話に比べて、子どもは (ロボットと大人に向かって) 多くの発話をした。これらの結果は、ASDの子どもにとって、コンピューターや人間の大人よりも、ロボットがより効果的な学習仲間になり得ることを示唆している。

言語生産については、他のデジタル機器よりもロボットの方が有益であることを実証した研究もある。ソーシャルロボットは、コミュニケーションに困難を抱えるASDの子どもにとって、特に有益である可能性がある。このように、ロボットを使って言語生産を促進することは、研究の重要な方向性であることが示唆される。

### 3. 筆者の研究展開

子どもたちがロボットと一緒に学ぶことに意欲的であることは研究で実証されているが、調査結果に基づいて、ロボット言語チューターが特に効果的であると主張することはできない。しかし、実証研究の少なさと技術の進歩という二つの理由から、ロボットチューターのユニークな利点を裏付ける十分な証拠がないことを決定的なものとして受け止めるべきではない。

第一に、研究数が未だ限りがあるため、ロボットが他の選択肢よりも効果的な学習仲間であることが判明していない可能性がある。CRIの研究は、記述的・探索的なものが多く、他の学問分野の科学的な基準には従っていない。また、ロボットが他の選択肢よりも言語教育に効果的かどうかを評価するための適切な対照群を欠いているものも多い。ほとんどの研究は、少人数の子どもたちをテストし、子どもたちがロボットを気に入ったかどうか焦点を当て、学習の成果を評価していない。また、ロボットチューターが長期的にどのような効果をもたらすかについて検討した研究もない。さらに、CRIの研究報告では、重要な情報(参加者の年齢など)が欠けていることが多く、研究結果を適切に評価することが困難である(Baxter et al., 2016)。発達心理学などの研究者は、何十年にもわたって言語学習について研究しており、彼らの知見をCRIの実験計画や報告に取り入れることは、ロボットを使用する教育者とのコミュニケーションと同様に有用であるだろう。

第二に、ロボットのハードウェアとソフトウェアの進歩を考慮する必要がある。これまで研究されてきたロボットの技術的特徴は、ロボットの可能性を十分に示していない可能性がある。ことばを教えるソーシャルロボットは、数年以内に全く異なる特徴を持つかもしれない。例えば、子どもの発話を自動的に認識する信頼性の高いシステムの開発は、子どもの発話が非文法的であること、子どもの発話の音韻特性が急速に発達することなどの要因から困難であるとされてきた。実際、現在ある音声認識システムは、子どもの発話では信頼性が低いが、システムを改善するためにさまざまな手法が提案されている(Kennedy et al., 2017)。子どもの発話を確実に認識できるように

なれば、ロボットはより適応性が高く双方向的なレッスンを提供できるようになるだろう。同様に、ジェスチャーや顔の表情など、ロボットの動作をより人間らしくする技術の変化にも大きな期待が寄せられている。

第三に、ソーシャルロボットは、言語の特定の側面(Hyun et al., 2008 など)や特定の学習者(Kim et al., 2013 など)をサポートするのに、より有益な可能性を考慮する必要もある。語彙学習やことばの産出に加えて、発音の学習のような、言語の他の側面についても調査する必要がある(ただしKim & Kim, 2011を参照)。また、ロボットの役割についても調査する価値があり、チューター(Gordon et al., 2016 など)、世話を受ける側(care receiver; Tanaka & Matsuzoe, 2012 など)、ティーチングアシスタント(Hong et al., 2016 など)などが挙げられるが、これらに限定されない。こういったデザインの考慮は、適応性(Westlund & Breazeal, 2015)や偶発性(Park et al., 2017)など、ロボットの特定の機能を操作することも、より効果的な学習につながる可能性がある。すべてのロボットやすべての学習者に当てはまる結論を出すことは事実上不可能であるため、「ロボットが言語教育に有用かどうか」という問いを超えて、「ことばを教えるロボットをどのように改善できるか」を問う必要があるだろう。

#### 3.1 L2TOR プロジェクト

このようにCRIの研究はまだこれからであると言えるが、いくつかの有望な試みはなされてきた。例えば、筆者が2016～2019年にかけて参加した欧州委員会(EC)ホライズン2020プロジェクト『L2TOR(「L2」と「チューター」をかけた造語で「エルチューター」と読む)』では、5つの大学と2企業のエンジニア・心理学者・言語学者が協力し、幼児のL2発達支援におけるソーシャル・ロボット可能性を模索した。このプロジェクトから多くの研究が派生したが、最も特筆すべきは、5歳のオランダ話者者向けに行った英語教育の大規模調査であろう(Vogt et al., 2019)。この調査では、前章で指摘した多くの問題に取り組んだ。まず第一に、ロボットL2チューターを開発・評価するだけでなく、ロボットとタブレット機器を直接比較した。参加した5歳児を『ロ

ロボット+タブレット条件』と『タブレットのみ条件』に無作為に振り分け、ロボット以外の部分を条件間で同一に保つことで、より厳密な調査が行われた。第二に、物理的な存在であるロボットの特性であるジェスチャー機能も検証した。前述のロボット+タブレット条件を『ジェスチャー有条件』と『ジェスチャー無条件』に分けることで、ジェスチャーの有効性を査定し、数学に関係する用語（例えば『1』や『2』などの数字）や空間概念（例えば『in』や『on』などの前置詞）を教えるレッスンにすることで、ジェスチャーの効果を最大限に生かす努力もされた。第三に、過去の研究よりもはるかに大規模な194人の幼児を対象とし、単発のレッスンではなく、7つのレッスンを数週間に渡ることで、より信頼性のあるデータを収集した。この大規模調査では、条件間で学習の差異は見受けられず、ジェスチャーが学習の利益に影響を与える有益な効果は見出されなかった。ロボットチューター特有の学習効果はないのであろうか？ L2TORでの大規模調査の結果を基に、その後、ジェスチャーと個人差という二点に重きを置いた研究を行ってきた。

### 3.2 ジェスチャーの効能

言語発達や教育の研究において、ジェスチャーが言語学習を促進することは、多く示されてきた (Macedonia et al., 2011 ; Tellier, 2008 ; Wakefield et al., 2018 など)。ジェスチャーの効能は、ロボットの教育現場への応用を検討する大きな理由の一つとして広く認知されており、L2TORの大規模調査の結果は、筆者にとっても驚きのものであった。ここで考えられる可能性は、大きく二つに分けられる。第一の可能性は、人間からの言語学習とロボットからの言語学習は根本的に違っており、ロボットからの学習においてはジェスチャーは効果がない、または限定的である。第二の可能性は、ジェスチャーは人間・ロボットを問わず言語学習を促進するが、今までのロボット研究におけるジェスチャーの実装に問題があった。主に後者の可能性を検証するため、筆者と共同研究者と共にいくつかの実験を行った。

まず行ったのは、ジェスチャーの種類に着目した研究である (Demir-Lira et al., 2020)。この研究では、今まで一括りにされがちだった種類の違う

ジェスチャーを分けて検証を行った。会話の中で使われるジェスチャーには、ポインティング (pointing)、アイコニック (iconic)、ビート (beat)、エンブレム (emblem) などの種類があり (McNeill, 1992)。ポインティングジェスチャー (pointing gesture) は、直指的ジェスチャーとも呼ばれ、人差し指や手全体を伸ばして、対象物・実体・場所を示すジェスチャーである。一方、アイコニックジェスチャー (iconic gesture ; または映像的ジェスチャー) は、動作や物の形を表すジェスチャーで、例えば空中に円を描いて丸いことを表現したり、手を大きく開いて大きいことを表現したりする。L2TOR プロジェクトの大規模調査では、特にアイコニックジェスチャーを使用しており、他にもアイコニックジェスチャーを使用したCRI研究の例は多い (de Wit et al., 2018 など)。一方で、教育におけるジェスチャー使用に関する文献は、ポインティングジェスチャーを用いたものがより多く見受けられる (Goldin-Meadow, 2009 など)。

そこで本研究 (Demir-Lira et al., 2020) では、(1) アイコニック、(2) ポインティング、(3) ジェスチャー無しの三条件を一つの実験内で比較した。ジェスチャー無し条件は、L2TOR大規模調査におけるジェスチャー無し条件に類似するが、ジェスチャーがないことでレッスンがただ凡庸になってしまうことを避けるため、タブレット端末に表示された単語の指示対象 (例：ボール) の周りに赤い枠を表示した。更に、Naoロボットのジェスチャーをヒトのジェスチャーと直接比較するため、ロボットのチューターと人間のチューターがそれぞれ同じレッスンを行った。72名のトルコ語話者5歳児が調査に参加し、ロボットまたは大人から英語の形容詞 (例：big, wide) を学んだ。興味深いことに、ジェスチャー無し条件は、どちらのジェスチャー条件よりも学習成果が高く、ジェスチャー条件間では差が見られなかった。その一方で、ロボットと大人の比較では、学習成果に差が見られなかった。この調査結果は、ロボットとヒトが同一のレッスンを行った場合には、差がないことを示したうえで、ソーシャルロボットの言語学習補助ツールとしての可能性を支持するものである。一方で、ロボットが可能な範囲で比較的単純なレッスンを行ったため、経験を

積んだ人間の教師がレッスンを行った場合とは大きな乖離がある。つまり、ジェスチャーが学習を促進しなかったのは、これまでの研究で使われたロボットができる範囲でのジェスチャーでは効果が限られているからだと考えられる。

このロボットのジェスチャーの「質」の問題について言及するため、筆者はまた別の実験を行った (Kanero et al., 2019)。この実験では、「市販されているロボットが行えるジェスチャーには限界がある」という前提を基に、ジェスチャーの有無ではなく、善し悪しが言語学習成果に与える影響を検証した。刺激となる動詞とジェスチャーのペアの選定は2段階で行われた。まず、成人英語話者3名が、53の英単語に対応するアイコンックジェスチャーを作成した (産出課題)。産出されたジェスチャーを基に、また別の成人英語話者20名が、ジェスチャーが動詞意味をどの程度表現できているか7段階のスケールで評価し (評定課題)、評価スコアが異なる5つのペア (sliding: 3.56, falling: 4.72, climbing: 5.92, walking: 6.14, throwing 6.28) が選択された。本実験には、43名のトルコ語話者の5・6歳児が参加し、Naoロボットまたは大人 (実験者) から5つの動詞をジェスチャーと共に学んだ。この実験の結果によると、子どもたちは、チューターの種類 (ロボット・人間) に関係なく、ジェスチャーとの合致具合が高かった動詞をより覚えることを示し、つまりジェスチャーの質の重要性を示した (de Wit et al., 2020 も参照)。

### 3.3 学習者の個人差

ジェスチャー同様に筆者が近年力を入れているのが、個人差を鑑みた調査である。近年の心理学研究において、個人差への言及はもはや必要不可欠となりつつある。いわゆる WEIRD (Western, Educated, Industrialized, Rich, Democratic; 西洋の、教育を受けた、産業社会の、裕福で、民主主義) なサンプルのみの研究から脱却する一連の流れの中で、多文化間比較とともに、その重要性が叫ばれてきた。CRIにおいても、身体性や適応性などのロボット固有の特性がありつつ、その長所や有効性が示されないのは、個人差の影響が少なからずあるのではないかと考えたからだ。実際、ロボットに対する反応は千差万別である。筆者の調

査でNaoロボットを見た幼稚園生の中には、すぐに気に入ってハグしたがる子どももいれば、無関心に見える子どももいて、また極少数ではあるが、怖がって調査に参加しない子どももいた。ロボットという存在に関する意識にはかなりの個人差があると考えるのは至極当然であろう。

そこで筆者と共同研究者は、まず大人を対象にこの個人差仮説を検証することにし (Kanero et al., 2022)。この研究でもL2語彙の学習をテーマに、ロボットに対する意識、L2学習への不安、性格特性といった学習者の特徴が学習成果にどのように関係するかをトルコ語母国話者の大学生計120名を対象に検証した。レッスンの前に個人差を計測するため、参加者にはまず、ロボット否定的態度尺度 (Negative Attitudes toward Robots Scale [NARS]; Nomura, Kanda, & Suzuki, 2006; 日本語版はNomura et al., 2010参照) を始めとしたアンケートに回答してもらった。その後、参加者の半数がNaoロボット、もう半数が人間のチューターと一対一のレッスンで8つの英単語を学んだ。今までの実験同様、完全に同じプロトコルに従った場合、ロボット条件と人間条件のレッスン語のテストの結果はほぼ違わなかった。個人差に関しては、ロボット条件において、NARSとL2学習に対する不安の両方が語彙学習と負の相関が見られた (人間条件では外向性のみが語彙学習を予測した)。つまり、ロボットに否定的な人間は、ロボットからの学びが限られるという結果である。更に筆者たちは、NARSの結果を使ってクラスター分析を行い、参加者をロボットに対して比較的肯定的な人間と比較的否定的な人間の二群に分けた。この追加分析によれば、ロボットに肯定的な人間のみに着目した場合、ロボット条件下の学習成果は人間条件下のものを上回るという結果が出た。この研究は、学習者の個人差が学習成果に与える影響を細かく分析し、先駆けの研究であるといえる。

その後、筆者らは同様の実験のオンライン版も行った (Kanero et al., 2021)。この実験も成人トルコ語話者を対象としており、個人差に関するアンケート、英単語のレッスン、学習度のテストという三段階で構成された。100人のトルコ語話者が、Zoomを介した一対一のレッスンで、Naoロボットまたは音声のみのチューターから8つの英単語

を学んだ。前回の実験同様、ロボットに対する態度は、ロボット条件の参加者の学習成果に負の影響を与えた（しかし、この実験では一週間後のテスト結果のみで統計的に有意な影響が観測された）。また、L2学習への不安は、ロボットと音声のみの両条件で学習結果に否定的に影響を与えた。また、ロボット条件と音声のみ条件の学習成果には有意な差はなく、ロボットの身体性は学習に影響を与えなかった。

### 3.4 ロボットへの態度の改善

成人研究の結果は、ロボットという存在に対する態度・意識が学習成果に影響することが明らかになった。では、ロボットに対する態度を改善することで、学習成果を向上することもできるのだろうか？ この検証の第一段階として、現在筆者と共同研究者は、ロボットに対する態度を改善する可能性を模索する研究を行っている（Akay et al., 2022；Bagci et al., under review；Dogan & Kanero, 2022）。この一連の研究では、社会心理学の集団間接触理論（Allport, 1954；Pettigrew, 1997）を枠組みとして、人間とロボットのインタラクションを検証している。*Fast Friendship Task*（高速友情課題）は、違う集団に属する参加者がお互いに自己開示することで集団間の態度を改善することで知られている（Pettigrew & Tropp, 2006）。28名の大学生を対象にした調査では、この*Fast Friendship Task*を利用して、ロボットとポジティブな接触をしたところ、参加者は、(1) ロボットに対してより肯定的な感情を持ち、(2) ロボットをより暖かく感じ、(3) ロボットをより人間に近いと認識したことが示唆された（Akay et al., 2022）。筆者は、このアイデアをCRI研究にも応用しており、Naoロボットとの短時間のポジティブな集団間接触が、子どものロボットに対する態度にどのような影響を与えるかを検討した（Dogan & Kanero, 2022）。最初の調査には39名の4～6歳児が参加し、半数の子どもがロボットと*Fast Friendship Task*を基にした課題を行い、もう半数はロボットと接触することはなかった。しかし、この課題では、大人の場合と大きく異なり、参加者の子どもは、条件に関わらず一貫してロボットに肯定的な態度を示した。このデータは、幼い子どもがロボットを賞賛される集団とみなし

ていることを示しており、前述の子どもたちがロボットを好んでいるという先行研究（Westlund & Breazcal, 2015）とも合致する。否定的な態度も多い大人の個人差とは大きな差がある可能性を示唆しており、子どもにとってのロボットの位置づけとその意識の個人差については、更なる研究が必要である。筆者らは現在その発達の変化を見るため、小学生を対象とした調査を開始している。

## 4. ま と め

本論文では、早期L1・L2教育におけるソーシャルロボットの利用に関するこれまでの研究について、良い点と改善点の両方に踏み込んだ論考を行い、筆者自身の研究等を例として、ソーシャルロボットが子どもたちの言語発達にどのような効果をもたらすか、そして、その効果を最大限に引き出すためにはどのような教育的アプローチが必要かについて考察した。ソーシャルロボットには、人間の教師だけでは満たせないニーズを補う可能性が十分期待できる。その一方で、ロボットが人間の教師や他の機器に比べてより効果的であるという研究は今のところ極少数である。ソーシャルロボットの特性の効果を裏付ける研究が不足していることは、研究者にとっては良い機会だとも考えられる。筆者の取り組みであるジェスチャーや個人差の研究に限らず、これからますます重要になっていく「人間とロボットの共存」という研究テーマに関して、様々な分野の専門家による学際的な研究が益々進むことを願うばかりである。

## 文 献

- Akay, S., Arslan, B., Bagci, S. C., & Kanero, J. (2022). "My Robot Friend": Application of Intergroup Contact Theory in Human-Robot Interaction. *Proceedings of the 2022 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 665–668.
- Alemi, M., Meghdari, A., Basiri, N. M., & Taheri, A. (2015). The Effect of Applying Humanoid Robots as Teacher Assistants to Help Iranian Autistic Pupils Learn English as a Foreign Language. In A. Tapus, E. André, J.-C. Martin, F. Ferland, & M. Ammi (Eds.), *Social Robotics* (Vol. 9388, pp. 1–10). Springer International Publishing.
- Allport, G. W. (1954). *The nature of prejudice* (pp. xviii,

- 537). Addison-Wesley.
- Bagci, S. C., Akay, S., Dogan, A., & Kanero, J. (under review). Beyond interaction: ‘Human-robot (fast) friendship’ as a tool to reduce prejudice towards robots and human outgroups.
- Bartneck, C., & Forlizzi, J. (2004). A design-centred framework for social human-robot interaction. *RO-MAN 2004: 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 591–594.
- Baxter, P., Kennedy, J., Senft, E., Lemaignan, S., & Belpaeme, T. (2016). From Characterising Three Years of HRI to Methodology and Reporting Recommendations. *The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, 391–398.
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics*, 3.
- Boccanfuso, L., Scarborough, S., Abramson, R. K., Hall, A. V., Wright, H. H., & O’Kane, J. M. (2017). A low-cost socially assistive robot and robot-assisted intervention for children with autism spectrum disorder: Field trials and lessons learned. *Autonomous Robots*, 41, 637–655.
- Chang, C.-W., Lee, J.-H., Chao, P.-Y., Wang, C.-Y., Chen, G.-D., & others. (2010). Exploring the Possibility of Using Humanoid Robots as Instructional Tools for Teaching a Second Language in Primary School. *Educational Technology & Society*, 13, 13–24.
- Conti, D., Di Nuovo, A., Cirasa, C., & Di Nuovo, S. (2017). A Comparison of Kindergarten Storytelling by Human and Humanoid Robot with Different Social Behavior. *Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 97–98.
- de Haas, M., Vogt, P., & Krahmer, E. (2020). The Effects of Feedback on Children’s Engagement and Learning Outcomes in Robot-Assisted Second Language Learning. *Frontiers in Robotics and AI*, 7.
- de Wit, J., Brandse, A., Krahmer, E., & Vogt, P. (2020). Varied Human-Like Gestures for Social Robots: Investigating the Effects on Children’s Engagement and Language Learning. *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 359–367.
- De Wit, J., Schodde, T., Willemsen, B., Bergmann, K., De Haas, M., Kopp, S., ... Vogt, P. (2018). The Effect of a Robot’s Gestures and Adaptive Tutoring on Children’s Acquisition of Second Language Vocabularies. *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 50–58.
- Demir-Lira, Ö. E., Kanero, J., Oranç, C., Koşukulu, S., Franko, I., Göksun, T., & Küntay, A. C. (2020). L2 Vocabulary Teaching by Social Robots: The Role of Gestures and On-Screen Cues as Scaffolds. *Frontiers in Education*, 5, 599636.
- Dogan, A., & Kanero, J. (2022). Robots or Peers? Evaluating Young Children’s Attitudes Towards Robots Using the Intergroup Contact Theory. *2022 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)*, 197–201.
- Freed, N. A. (2012). *Social robot tutoring for child second language learning* [Master’s Thesis]. Massachusetts Institute of Technology.
- Goldin-Meadow, S. (2009). How Gesture Promotes Learning Throughout Childhood. *Child Development Perspectives*, 3, 106–111.
- Gordon, G., Spaulding, S., Westlund, J. K., Lee, J. J., Plummer, L., Martinez, M., ... Breazeal, C. (2016). Affective Personalization of a Social Robot Tutor for Children’s Second Language Skills. *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- Han, J., Jo, M., Jones, V., & Jo, J. H. (2008). Comparative study on the educational use of home robots for children. *Journal of Information Processing Systems*, 4, 159–168.
- Hong, Z.-W., Huang, Y.-M., Hsu, M., & Shen, W.-W. (2016). Authoring Robot-Assisted Instructional Materials for Improving Learning Performance and Motivation in EFL Classrooms. *Educational Technology & Society*, 19, 337–349.
- Hostetter, A. B. (2011). When do gestures communicate? A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 137, 297–315.
- Hyun, E., Kim, S., Jang, S., & Park, S. (2008). Comparative study of effects of language instruction program using intelligence robot and multimedia on linguistic ability of young children. *RO-MAN 2008-The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 187–192.
- Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H. (2004). Interactive robots as social partners and peer tutors for children: A field trial. *Human-Computer Interaction*, 19, 61–84.
- Kanero, J., Geçkin, V., Oranç, C., Mamus, E., Küntay, A. C., & Göksun, T. (2018). Social robots for early language learning: Current evidence and future directions. *Child Development Perspectives*, 12, 146–151.
- Kanero, J., Oranç, C., Koşukulu, S., Göksun, T., & Küntay, A. C. (2019). *When do iconic gestures facilitate word learning? The case of L2 lessons for preschoolers led by a robot or human tutor*. Poster presented at the 41st Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Montreal, Canada.
- Kanero, J., Oranç, C., Koşukulu, S., Kumkale, G. T., Göksun, T., & Küntay, A. C. (2022). Are Tutor Robots for Everyone? The Influence of Attitudes, Anxiety, and Personal-

- ity on Robot-Led Language Learning. *International Journal of Social Robotics*.
- Kanero, J., Tunali, E. T., Oranç, C., Göksun, T., & Küntay, A. C. (2021). When Even a Robot Tutor Zooms: A Study of Embodiment, Attitudes, and Impressions. *Frontiers in Robotics and AI*, 8.
- Kennedy, J., Baxter, P., & Belpaeme, T. (2015). Comparing Robot Embodiments in a Guided Discovery Learning Interaction with Children. *International Journal of Social Robotics*, 7, 293–308.
- Kennedy, J., Lemaignan, S., Montassier, C., Lavalade, P., Irfan, B., Papadopoulos, F., ... Belpaeme, T. (2017). Child Speech Recognition in Human-Robot Interaction: Evaluations and Recommendations. *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 82–90.
- Kim, E. S., Berkovits, L. D., Bernier, E. P., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., & Scassellati, B. (2013). Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43, 1038–1049.
- Kim, J.-W., & Kim, J.-K. (2011). The Effectiveness of Robot Pronunciation Training for Second Language Acquisition by Children: Segmental and Suprasegmental Feature Analysis Approaches. *International Journal of Robots, Education and Art*, 1, 1–17.
- Konishi, H., Kanero, J., Freeman, M. R., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Six principles of language development: Implications for second language learners. *Developmental Neuropsychology*, 39, 404–420.
- Kory Westlund, J., Gordon, G., Spaulding, S., Lee, J. J., Plummer, L., Martinez, M., ... Breazeal, C. (2016). Lessons From Teachers on Performing HRI Studies with Young Children in Schools. *The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, 383–390.
- Kory Westlund, J. M., Dickens, L., Jeong, S., Harris, P., DeSteno, D., & Breazeal, C. (2015). *A Comparison of Children Learning New Words from Robots, Tablets, & People*.
- Kory-Westlund, J. M., & Breazeal, C. (2019). A Long-Term Study of Young Children’s Rapport, Social Emulation, and Language Learning With a Peer-Like Robot Playmate in Preschool. *Frontiers in Robotics and AI*, 6.
- Köse, H., Uluer, P., Akalin, N., Yorgancı, R., Özkul, A., & Ince, G. (2015). The Effect of Embodiment in Sign Language Tutoring with Assistive Humanoid Robots. *International Journal of Social Robotics*, 7, 537–548.
- Macedonia, M., Müller, K., & Friederici, A. D. (2011). The impact of iconic gestures on foreign language word learning and its neural substrate. *Human Brain Mapping*, 32, 982–998.
- Mazzoni, E., & Benvenuti, M. (2015). A Robot-Partner for Preschool Children Learning English Using Socio-Cognitive Conflict. *Educational Technology & Society*, 18, 474–485.
- McNeill, D. (1992). *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. University of Chicago Press.
- Moriguchi, Y., Kanda, T., Ishiguro, H., Shimada, Y., & Itakura, S. (2011). Can young children learn words from a robot? *Interaction Studies*, 12, 107–118.
- Movellan, J., Eckhardt, M., Virnes, M., & Rodriguez, A. (2009). Sociable robot improves toddler vocabulary skills. *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, 307–308.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A., & Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1.
- Nomura, T., Kanda, T., & Suzuki, T. (2006). Experimental investigation into influence of negative attitudes toward robots on human–robot interaction. *AI & SOCIETY*, 20, 138–150.
- Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T., Yamada, S., & Kato, K. (2010). Human Attitudes, Anxiety, and Behaviors in Human-Robot Interaction (HRI). *Proceedings of the 26th Fuzzy System Symposium*, 554–559.
- O’Connell, L., Poulin-Dubois, D., Demke, T., & Guay, A. (2009). Can Infants Use a Nonhuman Agent’s Gaze Direction to Establish Word-Object Relations? *Infancy*, 14, 414–438.
- Park, H. W., Gelsomini, M., Lee, J. J., & Breazeal, C. (2017). *Telling Stories to Robots: The Effect of Backchanneling on a Child’s Storytelling*. 100–108.
- Pettigrew, T. F. (1997). Generalized intergroup contact effects on prejudice. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 23, 173–185.
- Pettigrew, T. F., & Tropp, L. R. (2006). A meta-analytic test of intergroup contact theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 90, 751–783.
- Randall, N. (2019). A Survey of Robot-Assisted Language Learning (RALL). *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 9, 1–36.
- Reeves, B., Hancock, J., & Liu, X. (2020). Social robots are like real people: First impressions, attributes, and stereotyping of social robots. *Technology, Mind, and Behavior*, 1.
- Schodde, T., Hoffmann, L., Stange, S., & Kopp, S. (2020). Adapt, Explain, Engage—A Study on How Social Robots Can Scaffold Second-language Learning of Children. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 9, 1–27.
- Sueyoshi, A., & Hardison, D. M. (2005). The role of gestures and facial cues in second language listening comprehension.

- sion. *Language Learning*, 55, 661–699.
- Tanaka, F., Isshiki, K., Takahashi, F., Uekusa, M., Sei, R., & Hayashi, K. (2015). Pepper learns together with children: Development of an educational application. *Humanoid Robots (Humanoids), 2015 IEEE-RAS 15th International Conference On*, 270–275.
- Tanaka, F., & Matsuzoe, S. (2012). Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning: Field Experiments in a Classroom for Vocabulary Learning. *Journal of Human-Robot Interaction*, 78–95.
- Tellier, M. (2008). The effect of gestures on second language memorisation by young children. *Gesture*, 8, 219–235.
- Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P. W., Chen, I.-M., Yeo, S. H., & others. (2016). A Review on the Use of Robots in Education and Young Children. *Educational Technology & Society*, 19, 148–163.
- Uluer, P., Akalın, N., & Köse, H. (2015). A New Robotic Platform for Sign Language Tutoring: Humanoid Robots as Assistive Game Companions for Teaching Sign Language. *International Journal of Social Robotics*, 7, 571–585.
- Valenzeno, L., Alibali, M. W., & Klatzky, R. (2003). Teachers' gestures facilitate students' learning: A lesson in symmetry. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 187–204.
- van den Berghe, R., Verhagen, J., Oudgenoeg-Paz, O., van der Ven, S., & Leseman, P. (2019). Social Robots for Language Learning: A Review. *Review of Educational Research*, 89, 259–295.
- Vogt, P., de Haas, M., de Jong, C., Baxter, P., & Kraemer, E. (2017). Child-Robot Interactions for Second Language Tutoring to Preschool Children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11.
- Vogt, P., van den Berghe, R., de Haas, M., Hoffman, L., Kanero, J., Mamus, E., ... Pandey, A. K. (2019). Second language tutoring using social robots: A large-scale study. *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 497–505.
- Vygotsky, L. (1978). Interaction Between Learning and Development. In *Readings on the Development of Children* (pp. 34–40). Scientific American Books.
- Wakefield, E., Novack, M. A., Congdon, E. L., Franconeri, S., & Goldin-Meadow, S. (2018). Gesture helps learners learn, but not merely by guiding their visual attention. *Developmental Science*, 21, e12664.
- Westlund, J. K., & Breazeal, C. (2015). *The Interplay of Robot Language Level with Children's Language Learning during Storytelling*. 65–66.
- Zakipour, M., Meghdari, A., & Alemi, M. (2016). RASA: A Low-Cost Upper-Torso Social Robot Acting as a Sign Language Teaching Assistant. In A. Agah, J.-J. Cabibihan, A. M. Howard, M. A. Salichs, & H. He (Eds.), *Social Robotics* (Vol. 9979, pp. 630–639). Springer International Publishing.