

写実的な子供酷似型ロボットを用いた愛着関係と 心的発達研究にむけた将来展望

Realistic Child Robot “Affetto” for Understanding the Caregiver-Child Attachment Relationship and Child Mental Development

石原 尚† 吉川雄一郎‡ 浅田稔†
Hisashi Ishihara Yuichiro Yoshikawa Minoru Asada

1. はじめに

子供の発達は養育者との愛着関係の中で達成される[1]。発達心理学の研究者達は、愛着関係と子供の発達過程の関係を調べ、養育者が子供の愛着要求に敏感に応えることが発達に強く影響することを見出してきた[2]。親がどのように子供に応えるかによって子供は親への愛着の仕方を変える[3]。また親の愛情が薄ければ子供は親への愛着を示さなくなり、発達障害のリスクが高まると考えられている[4]。このように愛着関係は発達の道筋とその帰結において重要な役割を果たしていると考えられるため、子供の発達の仕組みをモデル化する上ではこの愛着関係を考慮に入れる必要がある。

それでは、愛着関係の中のどのような要素が子供の発達を促しているのだろうか。養育者は、子供に大人と同様の意図や感情といった心的状態を帰属させ、それを子供の行動の中に読み取って、意味を付与しながら関わっていると考えられる。この養育者の傾向は Mind-mindedness[5]と呼ばれ、この傾向と子供の発達の程度の間を調べる研究がいくつか行われ、それらの相関が報告されている（篠原論文[6]、また小原論文[7]に詳しい）。しかしながら、そのような傾向を持つ養育者との愛着関係の中でどのような仕組みで子供の発達が促されているのかという発達の仕組みについての研究は、その必要性が主張されてはいるものの、ほとんど取り組まれてこなかった[6]。

その原因として、養育者と子供の愛着関係に過度に干渉する実験（養育者剥奪実験など）が倫理的に困難であることや、子供の経験した刺激情報のうち記録し解析できるものは客観視点からの映像及び音声情報のみにはほぼ限られてしまっていることが挙げられる。仮説の検証のためにはさまざまな条件下で発達の辿る過程をみる実験を行うことが重要であるし、その仮説の提案のためには、子供が親から与えられる経験を主観視点からのデータとして長期間記録することが有効である。

子供型ロボットは、上記の課題を乗り越えるための有用なツールとなりうると考えられる。なぜなら、ロボットであればその機能や外観をある程度任意に変更が可能であり、また養育者となる人間との関係に干渉することも許容されるであろうし、さらには経験したことも主観視点でのデータとして記録が可能であるからである。このような観点からは、実際の子供が親から受けるのと同様の関わりを養育者となる人から与えられるロボットが

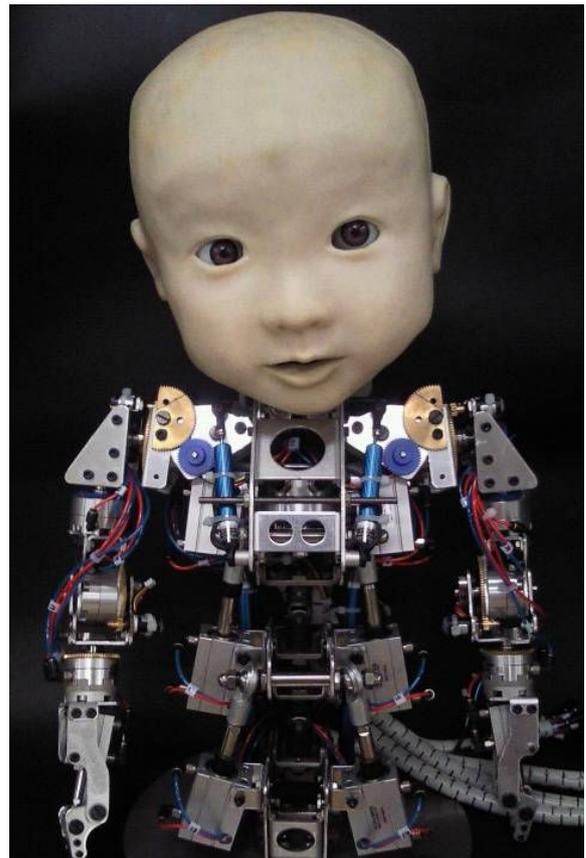


図 1. 開発中の子供型ロボット Affetto の外観

望まれるが、これまでに開発されてきた子供型ロボット [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] は形態や大きさといった外観の点で子供を正確に模していないか、あるいは柔軟な筋骨格構造を有していないために人間らしい柔らかい動きができなかったり、接触を伴うやりとりに適しているとは言えなかった。

子供が親の愛情を勝ち取って自身の発達のために必要なやりとりを引き出すのにこれらの要素がどの程度役立っているのかは明らかではないが、このことを調べるためにもこれらの要素を備えた子供ロボットを実現することがまずは必要であると思われる。そこで我々は外観も含めて子供にできるだけ近いロボットの実現を目指し、子供酷似型ロボット Affetto の開発を進めてきた[15]。

† 大阪大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Osaka University

‡ 大阪大学大学院基礎工学研究科, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

現状は図1のような、頭部及び上半身の内部機構と、頭部の外殻と表皮の開発が完了している段階である。本稿では、このロボットの主要な特徴について簡単に紹介し、このロボットを用いて可能になると期待される発達研究の展望について述べる。

2. Affetto の特徴

2.1 写実的な外観

頭部の内部機構は繊維強化プラスチック製の頭蓋およびウレタンエラストマーゲルの皮膚で覆われている。この頭蓋及び皮膚は、頭部の粘土彫刻を基に作成した。これは、1、2歳の子供の自然な表情の顔型を得ることが困難であると判断したためである。この粘土彫刻は、ある男児の写真を基にできるだけその写実性が損なわれないように、また自然な状態で微笑んだような表情になるように作成した。これは、皮膚の引っ張りによって笑顔を表出させようとした場合に、引きつったものになることをできるだけ避けたかったためである。

2.2 小型軽量かつ大自由度

Affetto の各部身体寸法は、子供の身体寸法データベースを参考にし、身長 80cm の 1、2 歳程度の日本人男児に近いものとなるように決定している。現状の段階では、頭部はおよそ縦幅 17cm、横幅 14cm であり、上半身の縦幅は 26cm である。また頭部の重量は 1.3kg、上半身重量は 3kg である。1、2 歳の男児の体重が 10kg 程度であることを踏まえると十分な軽量な設計になっていると言える。また動作の自由度は現状で頭部に 12 (頸部 3、顔面部 9)、上半身に 19 の自由度を有する (内体幹 5)。

2.3 空気圧による駆動

表情表出のための 9 つの顔面の自由度は DC モータにより駆動されるが、その他の自由度は空気圧駆動のアクチュエータで駆動される。空気圧アクチュエータは精密な制御は難しいが、作動方向にかかる外力に対して柔軟であり、物理的接触を伴うやりとりを許容することができる。

3. 写実的な子供ロボットで可能になる発達研究

3.1 養育者の幫助を引き出す要因の実験的検討

Affetto は子供に近い外観と表情を持っているため、これらの要素が動作や反応と合わせて養育者のどのような幫助をどのように引き出すのかを調べることができると期待される。例えば、子供の言語学習を助けていると考えられている親行動として、子供に対して声の高さが高くなったり抑揚が強調されたりするマザリーズと呼ばれるものがある[16]。そして、脳神経学実験[17]や動物実験[18]、また計算機シミュレーション実験[19]の結果はこの特性が親が子供に働きかける中で子供への適応の結果として現れたものである可能性を示しているが、この特性がなぜ、どのようにして引き出されるのかといった詳細な仕組みはほとんど明らかにされていない。子供に近い

ロボットを用いて、どのような特性がマザリーズのような親行動を引き出すのかを調べる実験により、親行動生起の仕組みを知るための知見が得られることが期待できる。

3.2 実際の親子やりとりに近い状況での発達再現実験

養育者は子供の行動に意図や感情などの心的帰属をしたり[5]、発達に対する期待を持って接する[20]ことが知られている。これらの養育者の特性は子供の心的能力の発達や社会性の発達を促進すると考えられており、我々はこのような発達を説明する計算モデルの構築に取り組んできた[19]。この発達の仕組みはロボットを用いた実世界での再現実験によってより詳細に検討する必要があるが、そのためには子供と同程度に心的帰属をされたり、発達の期待をされるロボットが必要である。Affetto はそのような理由から開発が始められた。

3.3 情緒的交流の生起と変遷の仕組みの調査

発達心理学の研究者達は、養育者との情緒的な交流を通じて子供は社会的な能力を発達させ、またそのような交流を通じて愛着関係がさらに強化されることを見出してきた[1]。それでは、子供のどのような特性が情緒的な交流（例えば、共感を示したり、慰めたりまたは遊んだりすることによる気分の調整など）を生起させ、維持させるのに役立つのだろうか。子供の持つ豊かな表情は、養育者の注意を引きつけ、子供と関わる気持ちを高めさせる重要な役割を果たすと考えられ、この効果は人間とロボットのインタラクション実験によりこれまでも検討されてきた[21]。しかしながら、人間に近い表情を持つロボットを用いて写実性の持つ効果を調べた研究はなされていない。ロボットの持つ外観によって人間が抱く感情は異なることが知られており[22]、このことを考慮すると、実際の子供に近い外観を持つロボットでその表情の効果を調べる実験が必要である。

3.4 親子やりとりにおける子供の主観データの取得

子供の発達の仕組みを検討する上では、子供がどのような経験をしているのかを知ることが重要であるが、実際の子供の調査実験だけでは得られる経験データの質と量には限界がある。例えば、子供の視覚経験データを取得するために子供の頭部等にカメラを取り付ける実験が行われているが、この場合は長期間の実験は困難である。一方で、子供の生育現場にカメラ及びマイクを設置し長期間のデータを取得して解析する試みも行われているが[23]、この場合は主観視点からのデータではないという限界がある。子供に近いやりとり経験のできるロボットが実現することにより、子供の視点からの長期に渡るデータを保存して解析することは、実際の子供がどのような経験をしているのかを知るための有用なデータとなると考えられる。

4. おわりに

本稿では、現在開発中の子供酷似型ロボット *Affetto* の主要な特徴と、このようなロボットにより今後可能になることが期待される発達研究について紹介した。

子供酷似型ロボットは、これまでにない類のロボットであり、今回紹介したものの他にも有用な効果を発揮できる可能性がある。その一つとして、子供の持つ高い癒し効果が挙げられる。動物型のロボットは癒し効果を与えられることが知られているが[24]、子供型ロボットはそれら動物型にはない豊かな表情や人間らしさという特徴がある。これらの特徴をうまく利用してユーザの共感を誘うなど、これまでとは異なる戦略でより高い癒し効果を発揮させられる可能性がある。今後のこのロボットをいくつかの医療現場に持ち込む実験により検討していきたい。

子供は一人で多くのことを成し遂げるには能力が不十分であり、養育者に多くの補助を要求する。しかしそうではありながら、養育者は多くの場合、子供への愛情を一層高めていく。ここで起きていることは、ユーザにかかる手間をできるだけ減らすことでユーザを引きつけようとするとする一般的な工学的戦略とは全く異なる現象である。このような子供の持つ多くの独特な特性がいかにして実現されているのかを知ることは工学的にも有用である可能性もあり、子供酷似型ロボットはそのための多くの示唆と知見を与えてくれると期待する。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、科学研究費補助金（基盤研究（S）：課題番号 22220002）及び特別研究員奨励費の補助を受けた。

参考文献

- [1] J. Bowlby. Attachment and loss: Volume 1: Attachment. New York: Basic Books, 1969.
- [2] E. Meins, C. Fernyhough, R. Wainwright, M. D. Gupta, E. Fradley, and M. Tuckey. Maternal mind-mindedness and attachment security as predictors of theory of mind understanding. *Child Development*, Vol. 73:6, pp. 1715–1726, 2002.
- [3] M. H. van IJzendoorn. Adult attachment representations, parental responsiveness and infant attachment: A meta-analysis on the predictive validity of the adult attachment interviewer. *Psychological Bulletin*, Vol. 117, pp. 387–403, 1995.
- [4] K. Lyons-Ruth. Rapprochement or approachment: mahler's theory reconsidered from the vantage point of recent research on early attachment relationships. *Psychoanalytic Psychology*, Vol. 8, pp. 1–23, 1991.
- [5] E. Meins. Security of attachment and social development of cognition. *Psych. press*, 1997.
- [6] 篠原郁子. 乳児を持つ母親におけるmind-mindedness測定方法の開発. *心理学研究*, Vol. 77:3, pp. 244–252, 2006.
- [7] 小原倫子. 母子関係における母親の情動認知の発達. *愛知江南短期大学紀要*, Vol. 39, pp. 27–37, 2010.
- [8] C. Breazeal and B. Scassellati. how to build robots that make friends and influence people. *Proc.*

IROS99, pp. 858–863, 1999.

- [9] G. Metta, F. Panerai, and G. Sandini. Babybot: a biologically inspired developing robotic agent. *Proc. SPIE*, Vol. 44, pp. 42–53, 2000.
- [10] H. Kojima. *Socially Intelligent Agents: Creating Relationships with Computers and Robots*, chapter *Infanoid: A Babybot that Explores the Social Environment*, pp. 157–164. Springer US, 2002.
- [11] T. Minato, Y. Yoshikawa, T. Noda, S. Ikemoto, H. Ishiguro, and M. Asada. Cb2: a child robot with biomimetic body for cognitive developmental robotics. in *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Human. Robots*, 2007.
- [12] G. Sandini, G. Mertta, and D. Vernon. The icub cognitive humanoid robot: an open-system research platform for enactive cognition. In *50 years of artificial intelligence*, pp. 358–369, 2007.
- [13] K. Dautenhahn, C. L. Nehaniv, M. L. Walters, B. Robins, H. Kose-Bagci, N. A. Mirza, and M. Blow. Kasper - a minimally expressive humanoid robot for human-robot interaction research. *Applied Bionics and Biomechanics*, Vol. 6:3,4, pp. 369–397, 2009.
- [14] K. Narioka, R. Niiyama, Y. Ishii, and K. Hosoda. Pneumatic musculoskeletal infant robots. *The IEEE/RSJ Int'l Conf. on Intelligent robots and systems*, 2009.
- [15] 石原尚, 吉川雄一郎, 浅田稔. 愛着形成を通じた発達研究のための写実的な子供型表情表出口ロボット*affetto*の開発. *日本ロボット学会第28回学術講演会講演概要集*, p. 30, 2010.
- [16] A. Fernald and T. Simon. Expanded intonation contours in mothers' speech to newborns. *Developmental Psychology*, Vol. 20:1, pp. 104–113, 1984.
- [17] Y. Matsuda, K. Ueno, R. Waggoner, D. Erickson, Y. Shimura, K. Tanaka, K. Cheng, and R. Mazuka. Processing of infant-directed speech by adults. *Neuroimage*, Vol. 54:1, pp. 611–621, 2010.
- [18] D. Burnham, C. Kitamura, and U. Vollmer-Conna. What's new, pussycat? on talking to babies and animals. *Science*, Vol. 206, p. 1435, 2002.
- [19] H. Ishihara, Y. Yoshikawa, and M. Asada. Caregiver's auto-mirroring and infant's articulatory development enable sharing vowels. *Proceedings of the Ninth International Conference on Epigenetic Robotics*, Vol. CD-ROM, 2009.
- [20] S. A. Miller. Parents' beliefs about children's cognitive development. *Child Development*, Vol. 59:2, pp. 259–285, 1988.
- [21] C. Breazeal. A motivation system for regulating human-robot interaction. in *Proc. fifteenth National Conf. On Artificial Intelligence*, pp. 54–61, 1998.
- [22] C.-C. Ho, K. F. MacDorman, and Z. A. D. Pramono. human emotion and the uncanny valley: A glm, mds, and isomap analysis of robot video ratings. In *Proceedings of the Third ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2008.
- [23] D. Roy, R. Patel, P. DeCamp, R. Kubat, M. Fleischman, B. Roy, N. Mavridis, S. Tellex, A. Salata, J. Guinness, M. Levit, P. Gorniak. The Human Speechome Project. *Proceedings of the 28th Annual Cognitive Science Conference*, 2006.
- [24] K. Wada, T. Shibata, T. Saito, K. Tanie. Psychological and Social Effects of Robot-assisted Activity in the Elderly Robot-assisted at Health Service Facilities. *J. of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 2003.