

MoMot: 子供の身体上を這ってしつけを支援するロボット

MoMot: Robots that Support the Correction of Personal Habits by Moving on Children's Bodies

佐賀圭美^{1*} 棟方渚¹ 小野哲雄¹
Tamami Saga¹ Nagisa Munekata¹ Tetsuo Ono¹

¹ 北海道大学
¹ Hokkaido University

Abstract: We propose an application to correct children's bad posture and habits by pointing them out using tactile stimulation of a small wearable and movable robot "MoMot". In some science events for children, we received comments from those who experienced MoMot and analyzed the videos we recorded there. From these, we considered how the children understood MoMot's behavior and viewed the relationships made between them and MoMot.

1 はじめに

近年、掃除ロボットをはじめとした家庭用ロボットの普及が目覚ましい。またロボット技術・人工知能技術の発展により、コミュニケーションロボットと日常的に接する機会も増えている。

このような背景の中、より日常的に人と共生するロボットの実現を考え、我々は装着可能な“ウェアラブルロボット”に着目した。これは、常に接触することでユーザとの距離を狭め密にインタラクションできることや、キャラクターを持っていながらユーザ個人に付随することで、ユーザ自身ともそれを視認する第三者とも他には無い関係性を築けること、ユーザの情報を収集・活用しやすいことなどにより、より日常生活で共生しやすいロボットを実現できると考えたためである。更に我々は、ロボットが身体上を移動するというアプローチにより、着脱の必要性を下げ日常的な利用を可能にしつつ、位置の移動によって機能的側面と認知的側面の両方からより多くの可能性を実現できると考えた。

この考えをもとに我々は、ベルトを用いて身体に装着することで擬似的に身体上を移動し、感情表現やセンサによる姿勢の推測を行うことが可能なプロトタイプロボット MoMot[1] を制作し、機能の検討や考察を行ってきた。その結果、同じ外見・動きを有する場合であっても、装着時の方が未装着時よりも MoMot のユーザへの訴えかけの効果や MoMot へ感じる愛着が大きいという可能性が示唆された。我々はこれについて、物理的な距離が縮まったことに加え、接触による働きかけが行

われたことが大きな理由ではないかと考えた。

ここで、永澤ら [2] は、ヒトとその伴侶動物であるイヌとの絆は、ヒトの母子の間に共通に認められる化学物質（オキシトシン）と視線を主とした愛着行動との正のループにより促進されるとしている。つまり、ロボットが人との共生を実現するためには、同様に愛着行動によるループを実現することが効果的であると考えられることができる。我々は先の結果から、“MoMot がユーザに対して働きかけ、ユーザがその意図を推測して行動を起こし、MoMot がそれに応える”というやり取りや、“ユーザが MoMot に働きかけ、MoMot がそれに対して応え、ユーザが MoMot の返答に個性を感じる”といったやり取りが、特に接触を用いたインタラクションによって形成されるとき、それらが愛着行動による正のループとして成り立つのではないかと考えた。

そこで本研究では、プロトタイプロボット MoMot が子供の悪い姿勢や行いを指摘し、その改善を求めるとい



図 1: MoMot[1]

*連絡先：北海道大学大学院情報科学研究科
〒060-0814 北海道札幌市 北区北 14 条西 9 丁目
E-mail: saga@complex.ist.hokudai.ac.jp

うしつけ支援アプリケーションを提案する。更にタッチインタラクション機能の追加により、ユーザの MoMot への接触的な働きかけを可能にした。またこのアプリケーションの実現に向け、先の研究で実装したプロトタイプロボットの小型化・軽量化を行い（図 1）、姿勢の変化に合わせた指摘ができるような機能を追加した。同時に、イベント展示において実際に子供に MoMot を装着・体験させ、MoMot に対する振る舞いや MoMot との関係性の認識といった観点について観察と考察を行った。

2 関連研究

ウェアラブルロボットの研究例として、遠隔操作によりコミュニケーション支援を行うテレグジスタンスロボット [3][4] が挙げられる。柏原ら [3] によるケーススタディでは、ロボットの持つ身体性により、操作されるロボットの挙動が視覚的に確認できることで、装着者だけでなく周囲の他者にもそのエージェント性を認識させられることが示されている。

米澤らは装着型ぬいぐるみ型ロボットによる温度変化と圧力を用いた接触的な情報提示と愛情表現 [5] を提案し、親しみやすさの向上が示唆されたと述べている。また、装着型ぬいぐるみ型ロボットによる衣服牽引を用いたシステム [6]、相互に触り合うインタラクション [7] なども提案している。

我々はこれら身体性・接触性といった点をウェアラブルロボットの利点として活用しつつ、ロボットが自分の意志によって移動するというアプローチを追加する。これにより、意志を持ったエージェントとして、つまり相互なコミュニケーション対象としての存在をより強固にし、日常的に寄り添った支援を可能にしたい。

また、ロボットの“弱さ”とそれによって引き出されるインタラクションの可能性に着目した例として、伊藤らの Pelat[8] などが挙げられる。彼らは Pelat があえて歩きたての子供のようにフラフラとした動きをすることで、他者からのアシストを引き出す“場”を形成できると考え、実験を行っている。これによれば、このおぼつかない動きを行ったときの方が被験者はロボットへ接近したとされている。

一般的に社会的・身体的弱者性が強い子供に対してより“弱い”立場になりやすい存在はあまり多くないと推察されるが、MoMot はその小ささやデザイン、制限された機能などにより、この“弱い”存在になりやすいのではないかと考える。このことは MoMot と子供の良好な関係性と有効な活用方法に大いに寄与する部分ではないかと期待される。

3 子供の姿勢を指摘するアプリケーション

本論文では、MoMot の持つアプリケーションとして、子供のしつけを支援する意味で“悪い姿勢や行いを指摘する”システムを提案する。具体的な指摘のイメージを図 2 に示す。これは、子供が机に向かっているときを想定し、悪い姿勢=猫背になっていること、もしくは悪い振る舞い=貧乏揺すりを察知し、猫背なら背中、貧乏揺すりなら脚の部分まで MoMot が移動してアクションを起こして指摘することで、子供に状態の改善を求めるというシステムである。

3.1 指摘方法と期待する効果

悪い部分に直接接触して指摘する方法は親などが子供に指摘する方法のメタファとして作用することを期待するものである。既存のウェアラブルデバイス LumoLift[9] では、固定されたデバイスが振動によって猫背を指摘するが、これに対して MoMot は複数の振る舞いについて検知し、かつ、指摘する内容によって位置を変えることでより直感性の高い指摘を行うことができる。と考える。

また、子供への注意行動は、本来煩わしさや反感を感じさせやすい。これに対し MoMot は、ただ指摘するだけではなくキャラクターを持ったロボットとして子供に“訴えかける”ことにより、注意行動への反発心を緩和し、効果的かつ継続的な使用を実現できるのではないかと考えられる。これは、MoMot がそのサイズ感やデザイン、機能の制限などによって、子供よりも“弱い”立場に立ちやすいことも寄与する点である。更に、子供が MoMot の行動の意図を読み、MoMot が子供の行いに応答するというインタラクションのループによって、子供の MoMot への愛着を増幅させ、効果を高めていくことが期待できる。

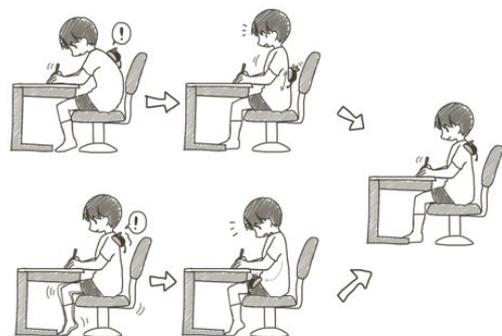
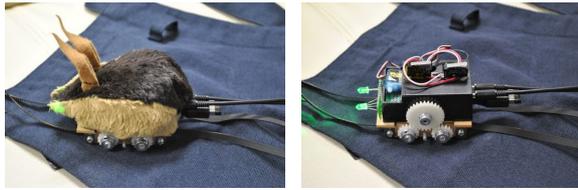


図 2: アプリケーションのイメージ



(a) 外見 (b) 内部

図 3: MoMot の実装概要

加えて、接触を用いたインタラクションは親密な関係構築に寄与することができるだけでなく、子供の作業を妨げづらいという利点もある。視線を奪うことは作業の中断につながりやすく、音声による訴えは発話や聞き取りに影響を与えやすいが、触覚的な刺激は“ながら”で処理をしやすい。このことは日常的に子供の生活に定着するためには重要であると推察される。

これらを踏まえ、MoMotによる“指摘”の方法は、より(1)愛着を持たせることができ、(2)直感的に理解でき、(3)作業効率を下げすぎず、(4)煩わしさを口うるささを感じさせない方法としてデザインする必要がある。具体的な内容は今後の実験で吟味する予定である。該当位置へ移動した後その場で前後に移動してその感触によりアピールを行う方法や、感情表現を用いたアピールなどが考えられる。

3.2 提案システムの制約

身体性を持つロボットであるため装着者への負荷が懸念される。ただし、移動可能であることを活用すれば、状況に応じて邪魔にならない位置（ポケットの中など）に待機することもできるため、着脱の必要性を減らし、継続的な利用への障害を減らすことができると期待される。

装着者の姿勢や振る舞いの推測は、携帯性や日常性を考えると MoMot 自身が単体で行えることがより望ましいが、外部のセンサと連携する方法や、他のウェアラブルデバイスの情報を用いる方法により、高い精度で多くの状態認識に対応できると考えられる。現在は MoMot 単体での実装となっているが、今後機能の拡張を行う際には、他のデバイスとの連携を行うことを想定している。

4 システム構成

プロトタイプロボットには、以前の実装 [1] での 9 軸センサによる傾きと加速度の認識、Bluetooth 通信による Android 端末での操作・制御、ラダーを用いた移動

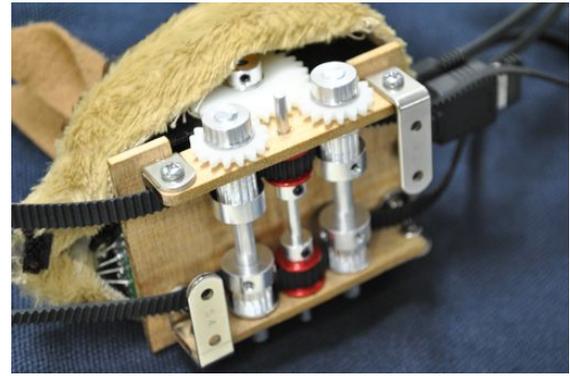


図 4: 移動機構

機構、目の色と耳の動きを使った感情表現といった構成を踏襲しつつ、小型化・軽量化、インタラクション機能の追加といった全体的な改良を加え、提案アプリケーションのための自律行動を追加した。

4.1 ハードウェアの改良

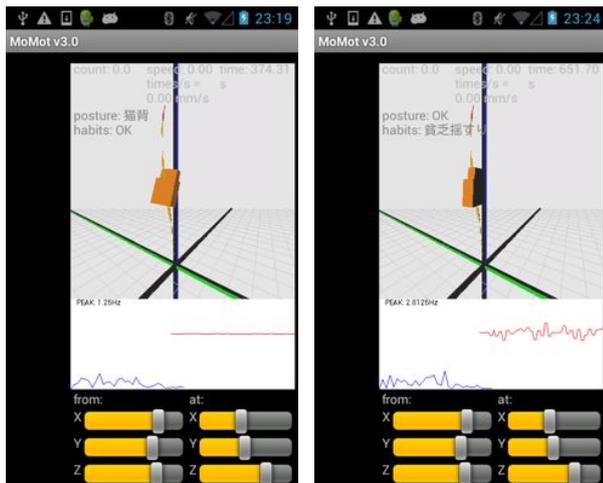
まず、動作を安定させ装着者の負担を減らすため、回路やパーツの見直しと移動機構の改良により、小型化と軽量化を行った。実装概要を図 4 に示す。また、改良した移動機構を図 4 に示す。

移動に用いるラダーは金属製のチェーンからゴムベルトに変更し、空回りやたるみを防止する為に用いていたタイミングベルトは駆動に用いるギアの一部として代替することで省スペース化を図った。さらに、駆動用のモータを基盤部分に埋め込むことで高さを抑え重心を下げることで、ベルトを二本に増やすことで、ロボットのふらつきの軽減を実現した。底部のフックは必要に応じて付け替えられるようにし、凹凸を吸収するクッションを取り付けたり、ベルトを両側から掴むように使うなどして、動作を安定化させることを狙った。

また、前後にリミットスイッチを用いてタッチセンサを取り付けることで、ユーザが該当箇所に触れたことを検知できるようにした。MoMot はユーザが触れた位置とその長さを認識することにより、タッチのパターンに応じた制御をすることができる。これにより、撫でる、叩くといった接触的なコミュニケーション手段を可能にした。

4.2 アプリケーションの実装

先に述べた姿勢の指摘を行うアプリケーションを実現するため、MoMot の内部の加速度・ジャイロ・地磁気センサを利用した。これらのセンサ情報により、MoMot は一度正しい姿勢での情報をスキャンして記憶す



(a) 猫背の検出

(b) 貧乏揺すりの検出

図 5: 経路形状と部位、姿勢の推定

ることによって、移動経路上の位置と各点での自身の向きとの関係（＝移動した表面の形状）を認識しておく。その後は、元の姿勢における自身の向きと現在の自身の向きとの差から、装着している子供の姿勢が悪くなっているかどうかを推測することができる。また、身体に伝わる振動とそのパターンをFFTを用いて解析することにより、子供が貧乏揺すりを行っているかどうかを認識することができる。なお、表面形状と身体部位との対応付けについては、装着位置を固定した場合の決めうちで実装する必要があり、今回は太もも～肩への装着を想定するが、今後改善する必要がある。

経路の認識、経路形状と身体上の位置の対応付け、またその上での装着者の動きと身体の傾きを推測している様子を、図5に示す。

MoMotは“猫背”あるいは“貧乏揺すり”を検知したとき、それぞれ“背中”と“脚の付け根付近”に相当する位置まで移動したのち、耳の動きや目の色、前後移動による表現を用いて子供へ注意を促す。機能のON/OFFや任意の位置への移動は、タッチセンサを使った入力パターンによって行うことができる（前側を長押しすると後退/後ろ側を長押しすると前進など）。また、叩くと怒る、撫でると喜ぶといったMoMotの感情パターンの実装により、インタラクティブ性を高めるとともに、MoMotに対して何らかのキャラクターや思考を想定させるように試みている。

5 イベント展示における観察

子供がMoMotに対して持つ認識や、インタラクションの方法について考察を行うため、子供を対象とした科



(a) 装着時の様子

(b) MoMotの動作を支えるような仕草

図 6: イベント展示の様子

学展示イベントにてMoMotの展示と実際の装着を行い、その様子を観察した。イベントは北海道大学の施設や地域施設、高等学校などで行われた小・中学生向けの一般公開のもの、女子高校生・女子中学生を対象に科学技術を学ぶための授業の一部として行われたものを含み、イベントの延べ参加者数は700人程度であった。

展示では、ブースに来た子供にMoMotが実際に前後に動く様子や感情表現を見せた後、任意で実際にMoMotを装着してもらい、Android端末による手動操作で子供とのインタラクションを表現した。タッチインタラクションと感情表現との対応付けはこのときは用いておらず、ランダムあるいは実験者の操作によって制御を行った。装着時にはあらかじめベルトを固定したエプロンを用いており、肩から腹部にかけて、あるいは肩から背中にかけてMoMotが移動するようにした。撮影したビデオによる観察の他、口頭で質問しコメントを得た。図6(a)に実際の様子を示す。

5.1 観察結果

基本的に子供のMoMotに対する反応は好意的なものであり、「かわいい」とコメントする子供が年齢問わず大半であった。MoMotに望む機能について尋ねると、特に小学校低学年くらいの子供から「身体の上を走り回って遊ばせられたらいい」「餌をあげたい」といったペット的な機能を望む声が多く寄せられた。女子中学生・高校生からは、「セラピーのように使いたい」「身体の異常を教えてほしい」といった実用的な利用方法についてのコメントが得られた一方、「かわいいので、いるだけでいい」という声も根強かった。

またタッチインタラクション機能を使わない状態でもMoMotの背中を撫でるような仕草を行う例が多く、子供たちはいずれも控えめで穏やかな接触を行ってい



図 7: 左から“喜び”“怒り”“悲しみ”を想定した感情表現パターン

た。強く叩いたり掴んだりといった攻撃的な振る舞いはほとんど見られなかった。

接触したタイミングで MoMot が動きを見せると、手を引っ込めて驚いたり、接触と MoMot の反応の因果関係を確かめるように再度同じ触り方をするといった行動が繰り返し見られた。図 7 に示す感情表現の種類については、説明を行わなくとも“怒り”と“喜び”についてほとんど共通の認識が得られていた。更に、あるタイミングで MoMot が“怒り”のパターンを見せると、直前の行いを指して「叩いたから怒ったよ」と発言するなど、自分あるいは他の子供が MoMot に触ったことで、MoMot が何らかの感情を持ったと推測した例が数多く確認された。他にも、MoMot が後退（足下側に下降）すると、側で見ていた友達が「○○（装着者）、嫌われたんじゃない？」と発言したり、逆に前進（肩の近くに上昇）してくると、装着者が「近づいてきた」と喜ぶ様子も見られた。

特に特徴的に認められたのは、MoMot に対する“いたわり”のような仕草であった。MoMot がゆっくりと移動を行うとき、図 6(b) に見られるように、MoMot の下部を軽く支えるように手を添えるという例があった。他にも、MoMot が動きやすいようにエプロンのしわを伸ばしたりといった補助的な行動を確認することができた。これは MoMot の動きを尊重しつつ、落ちたりうまく動けないといったことが無いようにという配慮を行っているのだと解釈できる。

5.2 考察

観察結果から、参加者は自然に MoMot の思考や個性を推測しようとしていたと見られる。さらに、前後の行いや文脈と組み合わせると MoMot の行動の意味を推測し、その結果に応じて次の振る舞いを変えてみるという相互的なインタラクションが形成されている様子も認められた。この中で、特に“怒り”と“喜び”については、現在の表現パターンによって適切に感情との対応付けがなされている様子である。また、MoMot の前進はポジティブな表現として、後退はネガティブな表現として解釈されやすいのではないかと考えられる。これについては、視覚的に近づく/遠ざかるという点から精神

的な距離の遠近を連想していると仮説づけられる。以上のことは、MoMot はある程度子供に意図の推測を行わせることができ、これによって相互ループ的インタラクションを実現できるという可能性を示している。

一方、MoMot と装着者の関係に着目すると、前述した“いたわり”的振る舞いや、穏やかかつ積極的な接触が行われたこと、またコメントの傾向から見て、「自分より弱者あるいは対等」「保護対象」「慈しみの対象」といった存在として認識されているとの見方が妥当である。これは、MoMot が非常に小さなロボットであること、機能や動きが限定的でプリミティブかつ頼りないものであること、小動物的な見た目と毛並みを持っていること、そして子供に密に接触しており付属性や所有感が高いことが理由として考えられる。またコメントにあるように、MoMot の“お世話”に意欲的な子供や、MoMot をかわいがりたいという子供も少なくない。このことは、MoMot があえて弱者的立ち位置にすることで「自発的に何かを行うよう促し、それによってむしろ子供を満足させることができる」という可能性の示唆である。すなわち、ストレス性が低く効果的な“促し”を実現できる可能性を示していると考えられる。

以上のことから、MoMot は子供に愛着を抱かせ、インタラクションループによって良好な関係を構築できる可能性が示唆された。

6 おわりに

6.1 まとめ

本研究では、人とロボットとの伴侶的コミュニケーションの実現を目指し、ベルトを用いて身体上を擬似的に移動できるプロトタイプロボット MoMot を用いた子供のしつけを支援するアプリケーションを提案した。まず、このアプリケーションの実現に向け、先の研究で実装したプロトタイプロボットの更なる小型化・軽量化、タッチインタラクション機能の追加といった改良を行い、姿勢の変化に合わせた指摘ができるような機能を追加した。また更に、実際に子供が MoMot を装着・体験することができる機会を複数回設けて観察を行い、MoMot に対する振る舞いや、MoMot との関係性の認識といった観点について考察した。

観察結果から、子供が MoMot の振る舞いをもとに感情変化や好き嫌いといった思考・キャラクター性を推測したり、その意図を読み取るようとする姿勢が確認された。また、「MoMot の背中をなでる」「移動を補助するように手で支えようとする」といった、“いたわり”のような仕草が多く見られたことに加え、ペットのような“お世話”を望むコメントも得られた。このことは、MoMot が伴侶動物のように子供に愛着を抱かせ、

コミュニケーションを通して共生を実現できる可能性を示唆している。

6.2 今後の課題

今後は提案するアプリケーションの提示方法・インタラクション方法について具体的な方法を検討し、その適切さ（子供にロボットの意図を適切に読み取らせることができるか）の検証を行う予定である。また長期的には、実際に愛着を抱かせ、良好な関係を築くことができるかといった評価も必要である。

今回のアプリケーションは“机に向かっているときの姿勢・振る舞いの矯正”に重点を置いたものとなっているが、子供と長期的な関係を築くためには、より多くの接点・機能が必要であると考えられる。コミュニケーション機能の強化に加え、より多くの仕草や振る舞いを検知することで、例えば食事マナーの改善といった別のしつけも試みることができる。このためには、MoMot本体のセンサだけでなく他のウェアラブルデバイスやセンサネットワークの利用が有効であると推察される。またそれに伴い、背中や腰だけでなく、より多くの箇所を移動できるようにするためには、更なる小型化や移動機構の改良が必要である。

参考文献

- [1] Tamami Saga, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, “Daily Support Robots that Move on the Body,” *HAI 2014*, pp. 29–34 (2014)
- [2] Miho Nagasawa, Shouhei Mitsui, Shiori En, Nobuyo Ohtani, Mitsuaki Ohta, Yasuo Sakuma, Tatsushi Onaka, Kazutaka Mogi, Takefumi Kikusui, “Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds,” *Science*, 348, pp. 333–336 (2015)
- [3] Tadakazu Kashiwabara, Hirotaka Osawa, Kazuhiko Shinozawa, Michita Imai, “TEROOS: A Wearable Avatar to Enhance Joint Activities,” *CHI 2012, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in 524 Computing Systems*, pp. 2001–2004 (2012)
- [4] Y. Tsumaki, F. Ono, T. Tsukuda, “The 20-DOF Miniature Humanoid MH-2 for a Wearable Communication System,” *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 3930–3935 (2012)
- [5] 米澤朋子, 山添大丈, 安部伸治, “寄り添いぬいぐるみロボットによる擬人的触覚表現に関する検討,” *HAIシンポジウム 2011, II-1B-3* (2011)
- [6] 米澤朋子, 山添大丈, “装着型寄り添いぬいぐるみロボットによる被服牽引表現の検討,” *HAIシンポジウム 2014, G-19* (2014)
- [7] 米澤朋子, 山添大丈, “寄り添いぬいぐるみロボットとの触りあいインタラクション,” *HAIシンポジウム 2014, P-23* (2014)
- [8] 伊藤夏樹, 佐々木直人, 竹田泰隆, デシルバラピンドラ, 岡田 美智男, “Pelat Computing: フラフラ・ヨタヨタが引き出す〈ちから〉について,” *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015*, pp. 487–492 (2015)
- [9] Lumo Bodytech Inc. “Posture coach and activity tracker by Lumo Lift.” <http://www.lumobodytech.com/lumo-lift/>, (2014)