



《第55回》“あんよ”を軸とした発達研究と評価ツール開発

露 木 智 咲

1. これまでの筆者

大学および大学院では機械システム工学を専攻し、研究室ではリチウムイオン電池や鉄の腐食といった電気化学反応に関する数値シミュレーションのモデル構築を行いました。大学院修了後は、自分自身が携わった製品をより身近に感じることができる日用品メーカーに魅力を感じ、中でも研究活動に力を入れている花王（株）に就職しました。入社直後はベビー用の紙おむつや生理用ナプキンに用いる不織布素材の開発に従事し、その後は幼児が歩行を獲得する過程や、紙おむつが幼児の歩行（あんよ）に与える影響を明らかにする子どもの歩行研究を進めています。

2. 歩行発達メカニズムの解明

筆者らは、ベビー用の紙おむつ開発のための基礎研究として、乳幼児の日常生活を快適にするためのさまざまな研究開発に取り組んでいます。その1つが10年以上前から進めている幼児の歩行研究です。最近では、高精度なモーションキャプチャー技術の1つである3次元動作解析装置 VICON を用いて、歩き始めの1歳から歩行の成熟期とされる3歳の幼児約100名を対象とした歩行試験^{1,2)}を実施し、幼児の歩行発達メカニズムを調査しました。その結果、各歩行パラメータにおいて歩行の成熟段階によって変化する順序や大きさが異なることを見出しました。たとえば、歩き始めは、手を上げ、脚を左右に大きく開きたいいわゆるよちよち歩きと呼ばれる歩き方ですが、歩き始めてから比較的早い段階で手の位置が腰や太ももの横あたりまで下がる一方で、脚の開きは下半身の筋力やバランス能力の向上に伴って徐々に狭まっていく傾向が見られました。

3. 歩行研究に基づいた検討と開発

続いて、上記歩行データベースや知見を活用し、新たに下記3つの検討および開発を行いました。

■ 歩行を邪魔せずに自由に動き回れる紙おむつの開発

歩行の発達に伴い、脚を左右に広げることなく閉じて歩けるようになります。しかしながら、排泄により股下の吸収部が膨らんだ紙おむつを穿いていると、太ももの内側が紙おむつに押されて脚が開いてしまい歩行の発達に逆行する歩き方となり、裸のときよりも重心の揺れが有意に大きくなることがわかりました³⁾。そこで、排泄後であっても裸のときと同じように安定して歩けるように、紙おむつの股下の吸収部の構造を工夫した紙おむつを開発しました。実際に開発品を穿いているときの脚の開きは、図1に示すように排泄後であっても従来品に比べて有意に狭く、裸のときと有意差がありませんでした。

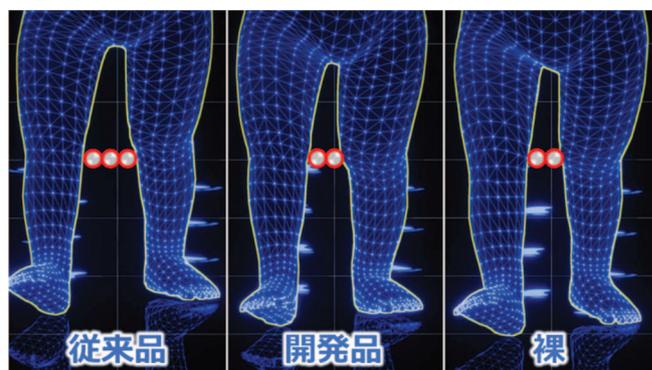


図1 従来品^{*}、開発品^{*}、裸のときの脚の開き
(^{*}排尿3~4回分に相当する生理食塩水を注入)

■ 定量的な歩行発達指標の提案

こうした幼児の歩行研究を進める中で、わが子の歩行発達を心配する育児者がいることが見えてきました。一方、上記の知見を活用すれば、血管のしなやかさや硬さから血管年齢が算出できるのと同様に、歩き姿（歩容）から歩行発達日齢を算出し、歩行発達を定量的に評価できるのでは？と考えました。

そこで、歩行発達との関連が強いいくつかの歩行パラメータ（膝同士の距離、歩行比、上体の揺れ、腰の高さ、手の高さ）を説明変数、実日齢を目的変数とした重回帰分析による歩行発達日齢の推定式を構築し、その精度を検証しました。その結果、**図2**のグラフのように、歩容からの算出値で、実日齢を $R^2 = 0.82$ で推定できました。すなわち、歩容から歩行の発達状況を定量的に評価できる可能性が示唆されました。

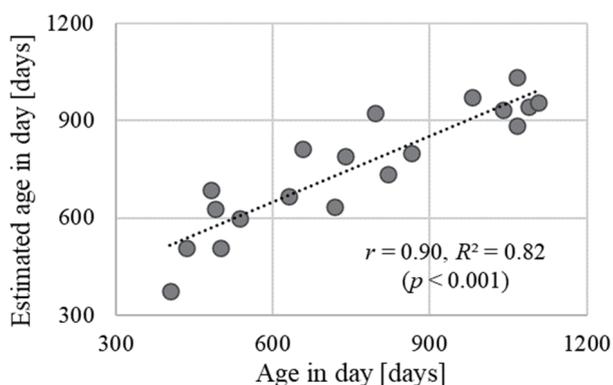


図2 実日齢と歩容から推定した日齢の関係図

■ 簡便に歩行動作を解析できる手法の開発

筆者らは、上記の歩行発達日齢などの評価指標をもとに、日常生活の中で育児者が手軽にわが子の歩行発達状況を評価するための歩行解析技術の開発を目指し、歩行データベースを用いたAI学習によりmGCC (mobile Gait Change Capture) 技術⁴⁾を開発しました。この技術は、スマートフォン等で撮影した2次元の動画像から3次元の骨格点座標を抽出し、歩行シーンを自動で切り出して歩行を解析できるシステムです。

このmGCC技術を用いて、2次元の動画像から算出した推定日齢（歩行発達日齢）を実日齢と比較すると（**図3**）、 $r = 0.86$ の相関関係が認められました。すなわちmGCC技術では、大掛かりな計測装置を用いることなく日常的な子どもの歩行をより簡便に解析できることが示されました。これにより、育児者自身がスマートフォンで動画を撮影するだけで、わが子の歩行発達状況を確認でき、将来的には個々の発達状況に合わせたアドバイスを受けることも可能になります。

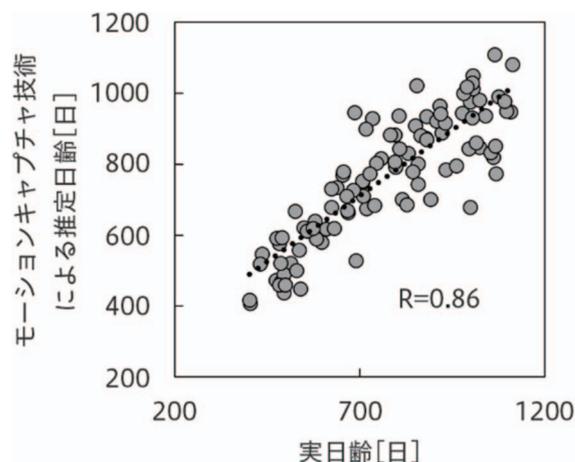


図3 実日齢とmGCC技術による推定日齢の関係図

4. 今後の展望

本稿では、幼児の歩行（あんよ）に着目した研究に加えて、それら研究知見を活かした商品および技術の開発事例を紹介いたしました。今後も、子どもの好奇心を育み、心身のすこやかな成長に貢献することを目指した研究開発を進めてまいります。さらに、この「歩く」という視点の研究を通して、子どもだけでなく成人や高齢者までを含め、一生涯のQOLの向上や健康増進などを支援していきたいと考えています。（2023年5月16日受付）

参考文献

- 1) C. Tsuyuki, et al.: Estimability Study on the Age of Toddlers' Gait Development Based on Gait Parameters, *Sci. Rep.*, **13**, 2958 (2023)
- 2) <https://www.kao.com/jp/corporate/news/rd/2020/20201009-001/>
- 3) T. Ueda, et al.: Effect of Wearing Diapers on Toddler's Gait, *Sci. Rep.*, **11**, 20105 (2021)
- 4) <https://www.kao.com/jp/corporate/news/rd/2021/20210720-002/>

[著者紹介]

露木 智咲 君

2018年東京農工大学大学院機械システム工学専攻修士課程修了、花王株式会社入社、現在に至る。ベビー用紙おむつや生理用ナプキンに用いる素材開発を経て、子どもの歩行研究に従事。

E-mail: tsuyuki.chisa@kao.com

所属：花王株式会社 東京都墨田区文花 2-1-3