

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：32634
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2023
課題番号：20K14071
研究課題名（和文）自閉スペクトラム症児における対人相互作用の工学デバイスを活用した評価と支援研究

研究課題名（英文）Evaluation of children's interpersonal interaction using engineered devices

研究代表者
塚本 匡（Tsukamoto, Masashi）
専修大学・人間科学部・講師

研究者番号：90838773
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：屋外環境における定型発達の子どもと自閉スペクトラム症のある子どもの対人相互作用を、位置情報計測装置（RTK-GNSS）を用いて定量的に評価できるかどうか検討した。具体的には、構造化された遊びや自由遊びの最中の親子の位置情報をRTK-GNSSによって計測し、それに基づいて算出された対人距離を直接観察によって得られた行動データと比較した。その結果、RTK-GNSSは親子の時間経過に伴う対人相互作用の変化を自動的にかつ簡便に調べることができる有用なツールとなりうることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義
特別支援教育の現場では教育や支援の効果を検証することが求められるが、対人相互作用の評価には膨大な労力と時間がかかるなど、さまざまな困難が伴う。本研究では、近づいたり離れたりする子どもたちの複雑かつダイナミックな対人相互作用を、自動的にかつ簡便に評価するための1つのツールとしてRTK-GNSSが有用であることが見いだされた。RTK-GNSSを用いた評価手法には、屋外という制約の多い環境の中での親子の接近行動などを定量的に評価できる可能性があり、その生起要因について詳細な検討を加えることで、将来的には対人相互作用を促進するための研究や実践の選択肢が増えると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study investigated whether interpersonal interactions in typically developing children and those with autism spectrum disorder in an outdoor environment can be quantitatively evaluated using a location-based measurement device (RTK-GNSS). Specifically, we measured positional information using RTK-GNSS during structured and free play between parents and children, and compared the interpersonal distance calculated from this information with behavioral data obtained through direct observation. The results indicate that RTK-GNSS can be a useful tool for automatically and easily examining changes in interpersonal interactions between parents and children throughout different periods of play.

研究分野：特別支援教育

キーワード：心理学 工学 RTK-GNSS GPS 対人距離 対人相互作用 子ども

1. 研究開始当初の背景

自閉スペクトラム症の主要な特徴の 1 つは、対人相互作用の障害である。学齢期においては年齢相応の仲間関係を築くことに困難を示すことが知られており (Howlin et al., 2000)、自閉スペクトラム症児とその仲間との相互作用に焦点を当てた発達支援プログラムの構築は、発達臨床に携わる研究者にとって解決をしなくてはならない喫緊の課題であると考えられている。

子ども同士の相互作用を支援する際、どのような測度で支援効果を評価するかが課題となる。例えば、対人距離という測度で仲間との関係性を表そうとしても、子どもたちの動きは複雑かつダイナミックであり、人間による直接観察では対人距離を正確に評価することが難しい。

申請者は、発達支援の領域において注目されつつある工学デバイスを活用することで、この課題の解決を試みてきた (Tsukamoto & Tsuji et al., 2021; Tsukamoto et al., 2023)。その一例として、2名の定型発達児と2名の大人との相互作用を、工学デバイスの1つであるモーションキャプチャによって計測し、対人距離や面積を算出することでその定量評価に成功した。ただし、これらの研究は定型発達児や知的障害のある個人を対象としたパイロット研究であり、ことばの遅れのない自閉スペクトラム症児を対象とした支援への活用は今後の課題となっていた。

2. 研究の目的

(1) 当初の目的 1: モーションキャプチャによる対人相互作用の評価

主に学齢期の自閉スペクトラム症児たちの小集団活動を、工学デバイスの1つであるモーションキャプチャで計測する。モーションキャプチャは、計測範囲にいる人物が装着したマーカーから、その位置情報を算出し、二者間の対人距離や三者の成す面積を算出できる。すでに申請者は、定型発達児の小集団活動をモーションキャプチャによって計測し、その様子を面積によって定量化できることを明らかにしてきた (Tsukamoto & Tsuji et al., 2021)。本研究では、自閉スペクトラム症児が含まれる小集団活動の定量化を試みる。アイコンタクトや言語始発、笑顔などの社会性の指標と、モーションキャプチャで計測した対人距離や面積との相関を求めることで、これらの工学データが支援効果を表す測度として妥当かどうかを検証する。

(2) 当初の目的 2: 多視点カメラによる対人相互作用の支援

自閉スペクトラム症児を含む小集団活動を、工学デバイスの1つである多視点カメラで撮影し、それを支援のための教材として活用する。被写体の周囲に設置された複数のカメラでシーンを撮影し、それを連続的に切り替えると被写体の周りを視点が一周するような映像効果を実現できる。申請者によるパイロット研究では、この多視点カメラが知的障害と自閉スペクトラム症のある青年の視点取得を促進する上で有効であることが示唆された (Tsukamoto et al., 2023)。本研究では、知的障害のない学齢期の自閉スペクトラム症児による小集団活動の様子を多視点映像化し、それを子どもたちにフィードバックすることで、自閉スペクトラム症児の対人相互作用への支援を試みる。視点を切り替えながら自閉スペクトラム症児に自己と他者の行動をモニタリングさせることが、他者の視点の取得を促進し、自閉スペクトラム症児の仲間関係に変化をもたらすかどうか検証する。また、多視点映像の特徴である連続性が発達支援に及ぼす効果を、専門家を対象として検証する。

(3) 変更後の目的: 屋外環境による対人相互作用の定量評価

当初は既存の屋内設置型の工学デバイスを活用することで、主に自閉スペクトラム症児の小集団活動の評価・支援研究を行う予定であった。しかしながら、2020年頃からの新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、屋内施設において集団を対象とした実験を行うことは困難となった。そのため、工学デバイスを活用した子どもの対人相互作用の評価・支援という大目的は維持したまま、小目的を変更し、新型コロナウイルス感染症の影響を比較的に受けにくいと考えられる屋外環境において研究を継続した。具体的には、幼児期から学齢期の子どもの外遊びに注目し、そこで子ども対人相互作用を工学デバイスの1つである RTK-GNSS (Real Time Kinematic GNSS; いわゆる GPS) で評価することを試みた。RTK-GNSS デバイスによって特定される子どもの位置情報とそこから算出される対人距離を、直接観察によって得られる行動指標と比較することで、屋外環境における対人相互作用を工学デバイスによって定量的に評価できるかどうかを検討した。

3. 研究の方法

(1) RTK-GNSS デバイスによる 2 点間距離精度の評価

本研究のために作成された小型の RTK-GNSS デバイスによって対人距離の計測が可能かどうかを調べるために、2点間の距離計測精度を評価した。0.2m、0.7m、1.2m、3.0m、5.0m、10.0m、20.0m の各間隔を 2 台の RTK-GNSS デバイスで計測し、実測値と比較することでデバイスの精度を評価した。また、公園においてだるまさんが転んだで遊ぶ定型発達児と実験者のそれぞれに RTK-GNSS デバイスを装着し、2者間の対人距離を計測することで、遊びの中で変化

する対人距離を検出できるかどうかを評価した。

(2) 屋外環境における構造化された遊びの最中の対人相互作用の評価

RTK-GNSS デバイスによって構造化された遊びにおける子どもの対人相互作用を評価するために、デバイスによって算出される対人距離と直接観察によって得られた接近行動や回避行動との関連を調べた。定型発達児とその母親に対し、公園においてだるまさんが転んだで遊ぶように求め、そこでの親子の対人距離とそれぞれの接近行動等を計測・観察した。対人距離は変化量を 1 秒ごとに算出し、さらにそれぞれについて子どもと大人の平均的な歩幅を超えていた場合を移動、それ以外の場合を停止とそれぞれコーディングした。その上で、各参加者の移動と停止について、対人距離と直接観察のそれぞれの評価の一致度を求めた。

(3) 屋外環境における自由遊びの最中の対人相互作用の評価

RTK-GNSS デバイスによって自由遊びにおける子どもの対人相互作用を評価するために、一緒に遊ぶ親の行動を変数とした実験を行った。自閉スペクトラム症児と定型発達児、そしてそれぞれの母親に対し、公園において 20 分間自由に遊ぶように求め、そこでの親子の対人距離と社会的行動を計測・観察した。子どもと一緒に遊ぶ母親には 2 種類の教示を行い、それぞれ近条件と遠条件とした。近条件の際には、「お子さんの近くで一緒に遊んでください。できるだけお子さんからコミュニケーションを引き出すようにかかわってください」等と母親に教示した。遠条件の際には、「お子さんから離れたところに居てください。所定の位置に居続けてください」等と母親に教示した。近条件と遠条件はどちらも 1 回につき 5 分間とし、20 分間にそれぞれ 2 回ずつ実施した。

4. 研究成果

(1) RTK-GNSS デバイスによる 2 点間距離精度の評価の結果

本研究のために作成された小型の RTK-GNSS デバイスは、2 点間の距離を高精度かつ安定して計測できることが明らかになった。実測値とのずれは 0.1m 前後であり、最大でも 3.0m の条件での 0.16m 程度であった。屋外環境における子どもの対人相互作用を評価するために用いることを踏まえると、十分な精度であるといえる。また、定型発達児と実験者のだるまさんが転んだにおける計測についても、RTK-GNSS デバイスによって算出された対人距離は直接観察の結果と一致するように変化した。これらの結果は、RTK-GNSS デバイスが 2 者間の対人距離を計測することができ、さらには子どもの対人相互作用を定量的に評価しうるものであることを示唆している (辻・塚本, 2022; 2024)。

(2) 屋外環境における構造化された遊びの最中の対人相互作用の評価の結果

RTK-GNSS デバイスによって算出された対人距離の変化は、直接観察によって得られた行動変化とおおむね一致し、対人距離の変化は接近行動や回避行動の妥当な指標であることが示された。図 1 は構造化された遊びであるだるまさんが転んだの様子と、その際の親子の間の対人距離の変化をグラフで表したものである。接近と停止を繰り返しながら子どもは母親に近づいていき、最終的に母親にタッチをしているが、その間、両者の間の対人距離は徐々に短くなっていることが見て取れる。すべての参加者において類似の結果が得られており、特に連続的な移動が多く含まれケースにおいて、RTK-GNSS デバイスによって計測される対人距離は子どもたちの接近行動と回避行動をよく捉えることができた。この結果は、RTK-GNSS デバイスが屋外環境における子どもたちのダイナミックな対人相互作用を自動的かつ簡便に評価しうることを示唆している (辻・塚本; 2024; 塚本・辻, 2023)。

(3) 屋外環境における自由遊びの最中の対人相互作用の評価

RTK-GNSS デバイスによって算出された親子の対人距離は、近条件と遠条件に協応するように変化した。図 2 は 20 分間の自由遊びにおけるある親子の対人距離の変化をグラフで示したものである。赤色の折れ線が近条件の対人距離を、青色の折れ線が遠条件の対人距離をそれぞれ表している。母親が積極的に子どもにかかわっている場合は (近条件)、両者の間の対人距離が短くなり、その一方で母親が所定の位置から動かない場合には (遠条件)、両者の間の対人距離は

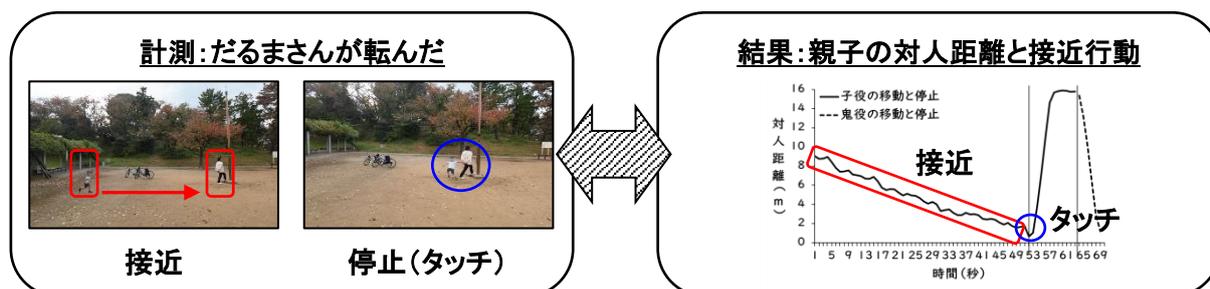


図 1. 屋外環境における対人相互作用の RTK-GNSS による評価の試み

相対的に長くなっている。現在は分析中であり、各条件間の対人距離について、自閉スペクトラム症児と定型発達児との間の類似点や相違点を比較・検討しているところである。

(4) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

屋外における自然な環境下での対人距離の計測に成功し、それによって対人相互作用の評価可能性を示せたことが本研究の第一の重要な成果と言える。従来、対人距離の計測には主に停止-移動法が用いられてきた (e.g., Gessaroli et al., 2013)。これは静止した状態の人物にそれとは別の人物が近づいていき、静止した人物が不快に感じたところで停止してその距離を取得するといった方法である。停止-移動法はパーソナルスペースの研究でしばしば用いられてきた方法ではあるが、計測のルールを理解することの難しい人には実施が困難であり、またその状況は自然な環境下における計測とは言い難かった。RTK-GNSS デバイスによる計測は、専用のアンテナが小型化されたことを受けて企図されたものである。本研究によって、RTK-GNSS デバイスは非常に高い精度で位置情報を調べられることと、人体に装着可能であること、さらには自然な環境下における子どもたちの近づいたり離れたりする様子を対人距離によって表せることがそれぞれ明らかになった。また、RTK-GNSS デバイスによって計測された対人距離は接近行動や回避行動と関連することが示唆されたことで、屋外環境における子どもたちの対人相互作用を自動的かつ簡便に評価できる見通しが立った。

屋外環境における工学デバイスの活用事例は国内外で少しずつ報告されつつあり、今後、ますます知見の蓄積が期待される領域である。先行研究としては、交通系 IC カードで用いられる無線周波数識別 (RFID) によって未就学児の接触頻度を調べた研究 (Veiga et al., 2016) や、RTK 測位と比較すると安価だが精度の落ちる GNSS 単独測位によって小学生の位置情報を計測した研究 (Heravi et al., 2018) がある。これらの研究はいずれも定型発達の子どもの対象としており、使用している技術も異なるが、対人相互作用に焦点を当てている点と対象児の年齢帯は本研究と共通している。本研究では自閉スペクトラム症児を対象とした計測も実施しており、新型コロナウイルス感染症の影響があって十分なデータ取得が叶わなかったが、工学デバイスの発達支援への応用可能性を見出すことはできた。

(5) 今後の展望

今後はさまざまな測度との組み合わせることでより高い精度でもって対人相互作用の評価を行えるようにすることと、自閉スペクトラム症児を対象とした計測・実験を拡大することで知見の一般化を図ることが今後の課題である。RTK-GNSS デバイスによって得られた対人距離の変化は行動指標と全体としては関連したが、個々のケースに注目すると一致度の低いものもあった。また、本研究では行動指標との関連を調べるためにビデオ撮影を含む直接観察を行ったが、屋外環境では外的な要因の影響により観察が難しい状況が多々あり、社会的行動との関連は十分に検討できなかった。さらに、RTK-GNSS デバイスの使用にあたって国内外の研究を調査したが、教育や支援の文脈において位置情報を計測する場合のリスクについては十分な検討がなされていなかった。今後は、位置情報だけではなく身体の向きや視線などのさまざまな指標も用いながら、屋外環境における子どもの対人相互作用の評価可能性を検討する必要がある。また、先端的な工学デバイスを特別支援教育や発達支援に用いる場合のリスクを把握し、プライバシーの保護や取得データの最小化といった倫理的かつ責任のある研究並びに実践を行うための対処方法を明らかにすることも課題である。

<引用文献>

- Gessaroli, E., Santelli, E., Di Pellegrino, G., & Frassinetti, F. (2013). Personal space regulation in childhood autism spectrum disorders. *PLoS ONE*, *8*, e74959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074959>
- Heravi, B. M., Gibson, J. L., Hailes, S., & Skuse, D. (2018). Playground social interaction analysis using bespoke wearable sensors for tracking and motion capture. *Proceedings of the 5th International Conference on Movement and Computing*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3212721.3212818>
- Howlin, P., Mawhood, L., & Rutter, M. (2000). Autism and developmental receptive language disorder—A follow-up comparison in early adult life. II: Social, behavioural, and psychiatric outcomes. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *41*, 561–578. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00643>
- 辻 愛里・塚本 匡 (2022). RTK-GNSS を用いた子供の屋外遊びにおける対人距離計測 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2022.

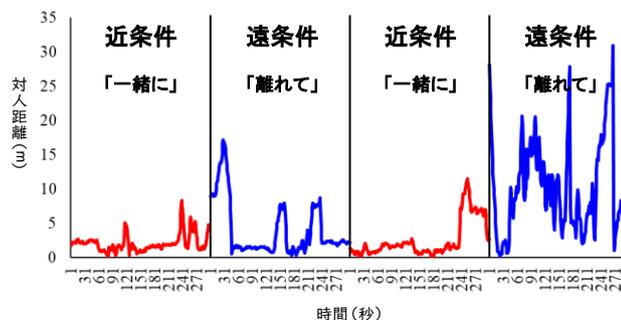


図 2. 屋外環境での自由遊びにおける親子の対人距離の変化

- 辻 愛里・塚本 匡 (2024). 屋外遊びにおける RTK-GNSS を用いた対人距離計測手法の提案と
実用可能性検証 ヒューマンインタフェース学会論文誌, *26*, 117–124.
https://doi.org/10.11184/his.26.1_117
- 塚本 匡・辻 愛里 (2023). 構造化された遊びにおける親子の行動の RTK-GNSS による定量評
価 日本行動分析学会第 41 回年次大会発表論文集, *94*.
- Tsukamoto, M., Tsuji, A., Sekine, S., Omori, T., Suzuki, K., & Yamamoto, J. (2023). Using
tripartite group area as a measure of social interactions in pre-school children: A pilot
study. *Current Psychology*, *42*, 4155–4168. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-01671-1>
- Tsukamoto, M., Wei, Y., Nagai, T., Kitahara, I., Takeuchi, K., & Yamamoto, J. (2024).
Promoting visual perspective-taking skills in an adolescent with autism and intellectual
disabilities using multi-view videos: A pilot case study. *Journal of Developmental and
Physical Disabilities*, *36*, 87–110. <https://doi.org/10.1007/s10882-023-09897-6>
- Veiga, G., de Leng, W., Cachucho, R., Ketelaar, L., Kok, J. N., Knobbe, A., Neto, C., & Rieffe,
C. (2017). Social competence at the playground: Preschoolers during recess. *Infant and
Child Development*, *26*, e1957. <https://doi.org/10.1002/icd.1957>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tsukamoto Masashi, Wei Yaqiang, Nagai Takasuke, Kitahara Itaru, Takeuchi Koji, Yamamoto Junichi	4. 巻 36
2. 論文標題 Promoting Visual Perspective-taking Skills in an Adolescent with Autism and Intellectual Disabilities Using Multi-View Videos: A Pilot Case Study	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Developmental and Physical Disabilities	6. 最初と最後の頁 87-110
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10882-023-09897-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsukamoto Masashi, Tsuji Airi, Sekine Satoru, Omori Takahide, Suzuki Kenji, Yamamoto Junichi	4. 巻 42
2. 論文標題 Using tripartite group area as a measure of social interactions in pre-school children: A pilot study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Current Psychology	6. 最初と最後の頁 4155-4168
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12144-021-01671-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 辻 愛里・塚本 匡	4. 巻 26
2. 論文標題 屋外遊びにおけるRTK-GNSSを用いた対人距離計測手法の提案と実用可能性検証	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 117-124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.26.1_117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 辻 愛里・塚本 匡
2. 発表標題 RTK-GNSSを用いた子供の屋外遊びにおける対人距離計測
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚本 匡・辻 愛里
2. 発表標題 構造化された遊びにおける親子の行動のRTK-GNSSによる定量評価
3. 学会等名 日本行動分析学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 塚本 匡・竹内 康二	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 6
3. 書名 手を動かしながら学ぶ 神経心理学（自閉スペクトラム症）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------