

乳幼児行動観察システムを用いたモノによる興味誘発の解析

Analysis of Interest Induction Due to Objects Using Infant Observing System

正 西田 佳史 (産総研 & CREST, JST)

北村 光司 (東京理科大)

正 溝口 博 (東京理科大)

Yoshifumi Nishida, AIST & CREST, JST

Koji Kitamura, Tokyo Univ. of Science

Hiroshi Mizoguchi, Tokyo Univ. of Science

○松本 修明 (東京理科大)

正 本村 陽一 (産総研 & CREST, JST)

Naoaki Matsumoto, Tokyo Univ. of Science

Yoichi Motomura, AIST & CREST, JST

Abstract: A safe and secure living environment that prevents infant accident is required. Establishment of the engineering technique for supporting design of such environment is task of pressing urgency. For that purpose, it is necessary to understand synthetically various infant behaviors which appear in everyday life space. This paper describes an infant behavior observing and coding system that observes and analyzes infant behavior, infant physiological states, infant psychological states, and states of the infant surrounding environment multidimensionally. This paper reports results of analysis of infant behavior data from a viewpoint of the interest induction due to objects.

Key Words: Infant Accident, Digital Human, Human Behavior Observation, Human Behavior Coding

1 緒論

子供の行動は、身近な現象であるのにも関わらず、乳幼児事故の予防を考えるために必要な、日常生活空間における子供の行動の発現メカニズムや、事故の発生メカニズムについてほとんどわかっていない。

これまでも、医療・育児の分野では、日常生活空間における子供の行動に関する研究や、乳幼児事故防止に関する研究は行われている。統計的な事故の現状調査や、過去の事故の事例などをもとにした予防策に関する研究が行われている。子供の発達にしたがって、どのような行動が発現してくるかに関する統計的なデータも存在している。一方、乳幼児の育児の分野では、行動の臨床的な観察に関する知見が蓄積されている。また、建築学の分野では、事故が生じにくい環境を設計するための基礎データとなる、乳幼児の身体データや、運動能力に関するデータの収集も始まっている。

認知科学、発達行動学などの分野でも、乳幼児の行動の発現のメカニズムを理解しようとする試みが古くから行われてきている。例えば、比較的研究が進んでいる乳幼児の視覚に関しては、以下のような知見が得られている。生後3, 4ヶ月ごろに両眼視差を用いた距離の知覚が始まり^(1, 2)、7ヶ月ごろになると両眼視だけではなく、pictorial depth cue (単眼視) を利用した、対象物までの距離知覚が発達してくる⁽³⁾。対象物の識別に関しては、7ヶ月ごろに形状情報を用いた識別、11ヶ月ごろにテキストチャー情報を用いた識別、12ヶ月ごろに色情報を用いた識別が発達する⁽⁴⁾。視覚情報と乳幼児の把持行動の関係に関しては、対象物との距離、対象物の大きさ、対象物の動きなどによって、リーチング動作の出現頻度が変化することが判明している⁽⁵⁾。しかしながら、こうした研究にも関わらず、日常

生活空間における乳幼児の多様な行動と比較すると、ある限られた行動や認知能力のみをモデル化することに留まっていると言わざるを得ない。

このように、神経科学、認知心理学、行動発達学で取り扱われている行動現象と、統計データとして蓄積されている乳幼児の事故現象や臨床的に知られている乳幼児の行動との間には、大きな隔りがある。この隔りを埋めるためには、事故の統計データというレベルからすればよりミクロなレベル、神経科学的・認知心理学レベルからすればよりマクロなレベルである日常行動のレベルで事故を記述する必要がある。すなわち、日常生活空間における乳幼児の多様な行動現象を扱うことで、総合的な理解が可能になると考えられる。

しかし、日常生活空間で生じる乳幼児の行動を観察・解析のツールがないため、そもそも、日常生活空間で生じる多様な乳幼児の行動データが不足しており、これまで得られた知見を、日常行動の観点から総合的に理解しなおすことが困難な状況である。

本研究では、日常生活空間内の乳幼児の多様な行動現象を科学的に取り扱うためのアプローチとして、多様な行動現象を丸ごと観察するアプローチ(多次元計測アプローチ)をとる。現在、小型で安価な様々なコピキタスセンサが入手可能となっており、こうしたアプローチが可能になってきている^(6, 7)。日常生活空間において、実際にどのような行動が生じるのかを観察し、定量的に扱えるためのツールとして、日常生活空間を模擬した部屋を構築し、この部屋に多数のセンサ群を埋め込むことで、乳幼児の心理学的、生理学的、行動学的現象を多次元的に記録・解析するシステムを用いる。

本論文の目的は、超音波位置計測装置やウェアラブル生体計測装置を用いて構築した日常空間型行動観察システム

について説明し、この観察システムを用いて、2歳の乳幼児を対象とした観察実験を行い、乳幼児の周辺にあるモノによる興味誘発、モノと乳幼児の距離の関係を解析した結果を報告する。

2 乳幼児行動の多次元観察システム

2.1 観察システムのハードウェア

構築した多次元観察システムは、生活空間を模したセンサルーム、センサルームに取り付けられた超音波3次元タグ、乳幼児の行動を動画で記録するための魚眼カメラ、乳幼児の生理情報を計測するための携帯型生体計測装置 (BodyMedia 社 Senseware⁽⁸⁾) から構成されている。超音波式3次元タグシステムは、対象物や人に取り付けられた超音波タグ (超音波発信モジュール) によって発せられた超音波を、天井や壁に設置された超音波受信モジュールで受信し、到達時間から距離を算出し、3次元タグ位置を計測するシステムである。市販されているモーションキャプチャと比較すると低コストであり、現実的なコストで、センサの数を増やすことが可能である。そのため、広範囲の空間の計測や、オクルージョンの影響を軽減するためのロバストな計測が可能となる^(9, 10)。

図1に、開発した超音波タグの写真、図2に、センサルーム内の22個の対象物に超音波タグが取り付けられている様子を示す。

図3に本システムによって計測された1時間の乳幼児の軌跡と対象物の軌跡の例を示す。対象物を乳幼児が把持し、移動させることが頻繁に生じるが、本システムにより、乳幼児や母親の位置のみならず、移動した対象物の位置も計測可能であることがわかる。

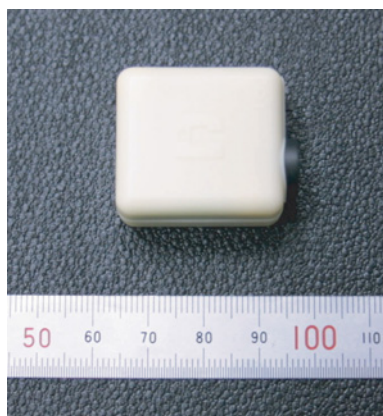


Fig. 1: 超音波3次元タグ

2.2 観察システムのソフトウェア

同時記録・解析ソフトウェア 前節で述べたハードウェアによって検出される、乳幼児、母親、対象物の位置、画像を記録したり、それらの情報を用いて解析することを支援

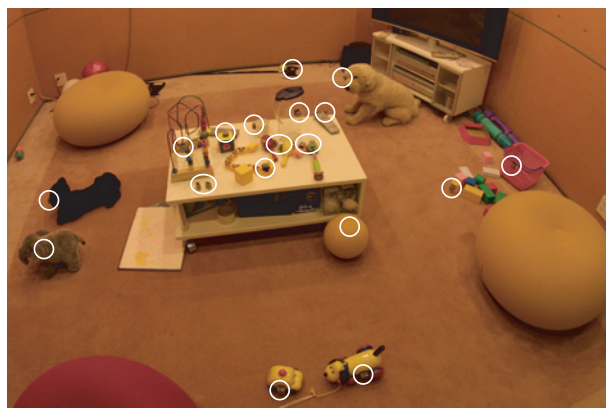


Fig. 2: 対象物に3次元タグが取り付けられている様子

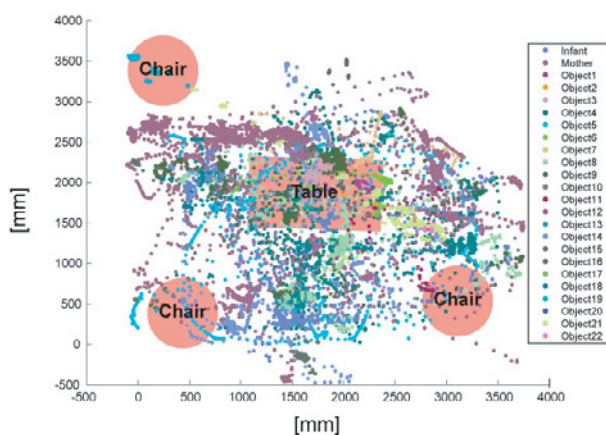


Fig. 3: 計測された乳幼児とモノの軌跡の例

するソフトウェアを作成した。解析は、人がマニュアルで行う。記録された画像を再生・巻き戻し参照しながら、Sit, Stand, Walk, Run, といった行動ラベルや "Interest in Ball", "Uninterest" といった興味ラベルなどをマウスをクリックすることで、これらのラベルの時系列データを取得する。ラベルの詳細については後述する。このように取得されたラベルと、乳幼児と対象物の位置データを比較することで、例えば、乳幼児と対象物の相対距離と、対象物に対する興味の関係などが解析可能となる。

3 乳幼児行動観察システムを用いた乳幼児行動観察実験と解析

3.1 多次元同時計測・解析

開発した乳幼児行動観察システムを用いて、乳幼児の位置、乳幼児の生理情報、モノの位置、画像の時系列データを記録し、解析者によって多次元ラベリングを行った後、再度、各自系列データを並べた図を図4に示す。モノへの興味 (ラベル)、情動 (ラベル)、発汗量、体温、行動 (ラベル)、乳幼児の速度、各対象物との相対距離、把持物体 (ラベル) などの変化が多次元的に計測・解析できていることを示している。

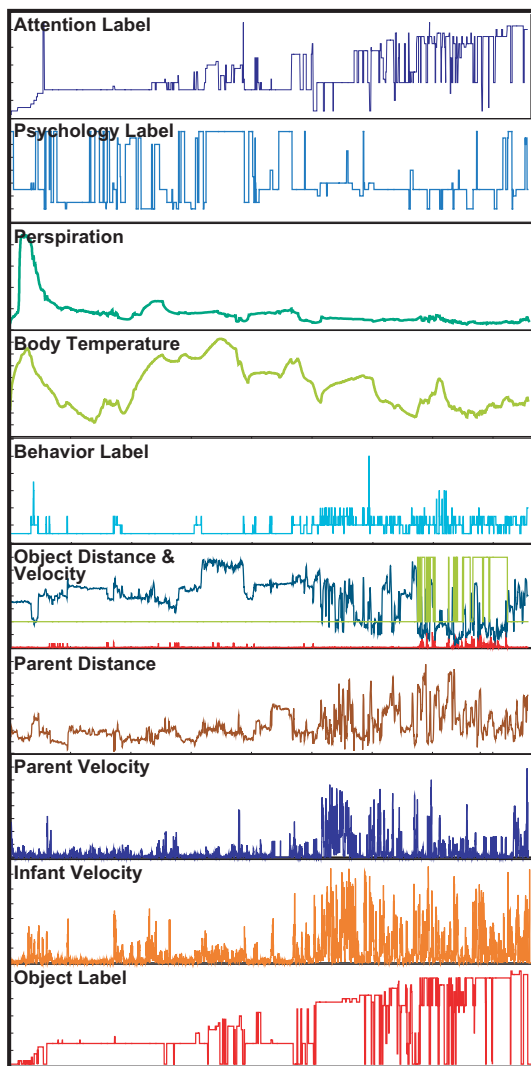


Fig. 4: 多次元計測・解析の例

3.2 乳幼児行動解析のためのラベル定義

行動ラベル (発達行動学的ラベル) 行動発達表 (Denver II) で使用されている行動ラベル (粗大行動) に基づいて、行動ラベルを定義した。Denver II とは、小児科の医師が乳幼児の発達段階を診断するために広く用いられているもので、乳幼児の月齢とその時にとり得る行動が整理された図である^(11, 12)。図 5 に Denver II の一部を抜粋したものを示す。この行動発達表の中で、重複している行動 (1 秒以上たつ, 3 秒以上たつ)、特殊な行動 (かかと歩きなど) を省き、逆に日常行動を説明する上で役立つと思われる行動 (寄りかかる, 降りる, 寝ころぶ) などを増やすことで、行動ラベルを定義した。小児科で用いられている行動発達表に基づくことで、小児科医師と知見の共有が容易になることが期待できる。

興味ラベル (認知心理学的ラベル) 母親を含む各対象物に対して、乳幼児が興味を持ったか、持っていないかを表すラベルを認知心理学的ラベルと定義した。また、乳幼児が何にも興味を持っていないラベルを「無興味」として、興味ラベルの一つとして定義した。母親を含む各対象物に対す

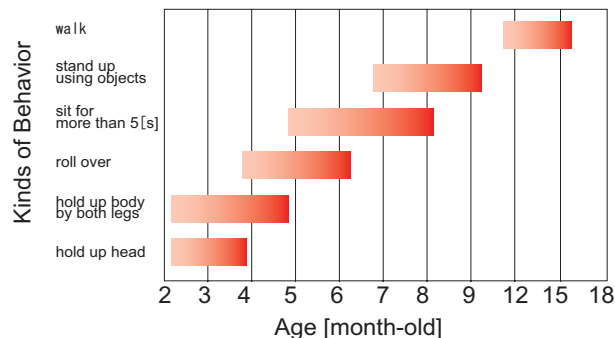


Fig. 5: Denver II の例

る興味ラベル (Interest 27 種類) と無興味ラベル (Uninterest 1 種類) の 28 種類を定義した。

情動ラベル (心理学的ラベル) 心理学における情動の分類に従って、子供への愛情, 大人への愛情, 得意, 喜び, 快, 不快, 興奮, 嫉妬, 怒り, 嫌悪, 恐れ, 退屈, 飽きる, などの心理学的ラベルを定義した。

把持対象物ラベル 27 種類の各対象物の名称を把持対象物ラベルとして定義し、何を把持したかを記述するために用いた。

3.3 乳幼児行動観察実験の解析

3.3.1 乳幼児のモノに対する興味の解析

上述した解析結果を用いて、全計測時間に対する、乳幼児がモノに対して興味を持った時間と母親に対して興味を持った時間と母親に対して興味を持った時間の割合を調査した。結果を図 6 に示す。結果からは、99.7% の時間、乳幼児は、モノまたは母親に興味を持っており、乳幼児は、常に環境中の何かに興味を持ち続けていることがわかる。

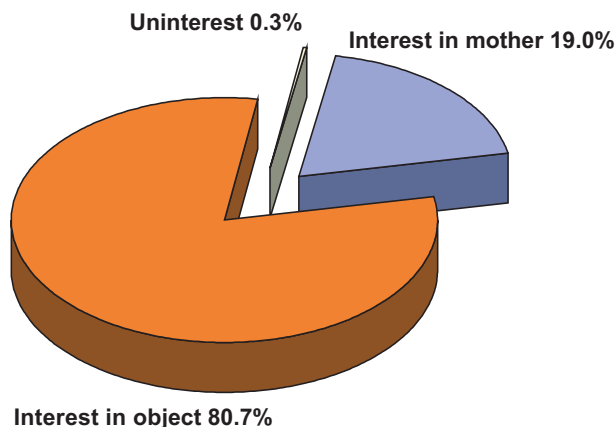


Fig. 6: 乳幼児の興味対象の時間割合の解析

3.3.2 モノの興味誘発度の解析

乳幼児のモノに対する興味と、乳幼児とモノとの距離の関係を調査した。各モノに対して、興味を持った頻度と、乳幼児とモノの距離の関係 ($P(\text{Interest} \cap \text{Distance})$) を調査し、さらに、モノがある距離に存在していた頻度 ($P(\text{Distance})$) を次式を使って考慮することで、図7に示す関係を得た。

$$P(\text{Interest}|\text{Distance}) = \frac{P(\text{Interest} \cap \text{Distance})}{P(\text{Distance})}$$

この図から、乳幼児が興味を抱くモノは、距離と強い依存関係があり、近いモノほど興味を抱く確率が高いことを示している。これに対して、母親への興味は、距離とは相関が認められなかった。なお、3m付近以上では確率が0になっているが、これは、今回実験を行った部屋の大きさが $3.5 \times 3.5\text{m}$ であり、3m 付近以上でのデータがなかったためである。

ここで示した解析は、従来は困難であった解析の一例である。刻一刻と変化する乳幼児の位置、モノの位置、それらの相対位置を、例えば、1秒間隔でマニュアルで測定することは困難である。開発した乳幼児観察システムでは、超音波タグを用いた他点同時計測によって、これらの作業が自動で行える。

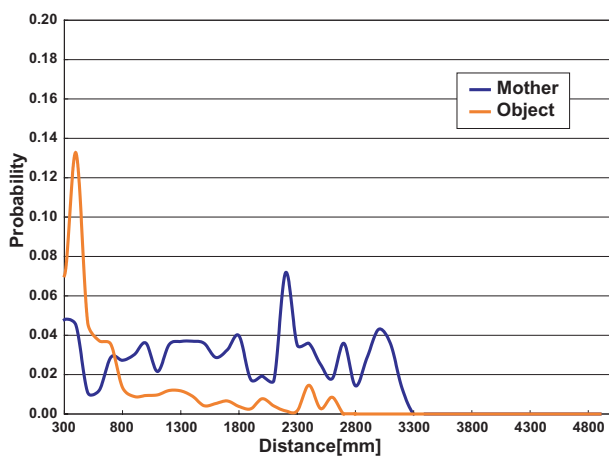


Fig. 7: 乳幼児のモノに対する興味と距離の関係

4 結論

本論文では、乳幼児の事故発生メカニズムを解明するために、従来、神経科学、認知心理学、行動発達学で取り扱われている行動現象と、統計データとして蓄積されている乳幼児の事故現象との間の大きな隔たりを埋める必要があることを指摘し、乳幼児行動を総合的に理解する必要性を述べた。また、総合的に理解するためには、日常生活空間で生じる多様な乳幼児の行動データが不足しており、日常生活空間で多角的、かつ定量的に乳幼児の行動を観察・解析できるツールが必要であることを述べた。

そのための記録・解析アプローチとして、日常生活空間の多様な行動現象を丸ごと観察する多次元計測アプローチを提案し、乳幼児観察解析システムを3次元タグシステムや魚眼カメラやウェアラブル生体計測装置からなる日常空間型行動観察システムを用いて具体化した。今回の実験で、構築したシステムが日常生活空間における乳幼児行動をモノとの距離や移動速度といった定量的データとして扱うことが可能であることを示した。

この観察解析システムを用いて、2歳の乳幼児を対象とした観察実験を行い、乳幼児の周辺にあるモノによる興味誘発と、モノと乳幼児の距離の関係を解析した結果を示した。今回の解析からは、乳幼児は99%以上の時間、人やモノといった周辺の対象物に対して興味を抱いていること、モノへの興味は、モノへの距離が近いものほど強いこと、母親への興味は、距離に依存しないこと、といった結果が得られた。今回の実験では、被験者の数が不足しており、すぐさま、これらの結果を一般化することはできないが、これまで困難であった日常空間内におかれた複数のモノと乳幼児の行動の関係を定量的に解析できる可能性を示していると考えられる。

参考文献

- (1) E.E. Birch, J. Gwiazda, R. Held, "Stereoacuity Development for Crossed and Uncrossed Disparities in Human Infants," *Vision Research*, Vol. 22, pp. 507-513, 1982
- (2) R. Fox, R.N. Aslin, S.L. Shea, S.T. Dumais, "Stereopsis in Human Infants," *Science*, Vol. 207, pp. 323-324, 1980
- (3) A. Yonus, C.E. Granrud, "Infants Distance Perception from Linear Perspective and Texture Gradients," *Infant Behavior & Development*, Vol. 9, pp. 247-256, 1986
- (4) T. Wilcox, "Object Individuation: Infants' Use of Shape, Size, Pattern, and Color," *Cognition*, Vol. 72, pp. 125-166, 1999
- (5) J. Kaufman, D. Mareschal, M.H. Johnson, "Graspability and Object Processing in Infants," *Infant Behavior & Development*, Vol. 26, pp. 516-528, 2003
- (6) U. Hansmann, L. Merk, M.S. Nicklous, T. Stober, *Pervasive Computing Handbook. The Mobile World*, Springer-Verlag Telos, 2001
- (7) J. Hightower, G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing," *IEEE Computer*, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, 2001
- (8) <http://www.bodymedia.com/research/sensewear.jsp>
- (9) 西田, 相澤, 北村, 堀, 柿倉, 溝口, "センサルームを用いた人の日常活動の頑健な観察とその応用," 情報処理学会研究報告, 2003-HI-106, pp.37-44, 2003
- (10) Y. Nishida, K. Kitamura, T. Hori, A. Nishitani, T. Kanade, H. Mizoguchi, "Quick Realization of Function for Detecting Human Activity Events by Ultrasonic 3D Tag and Stereo Vision," *Proc. of 2nd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2004)*, pp. 43-54, 2004
- (11) W.K. Frankenburg, J. Dodds, P. Archer, et al., *The DENVER II Training Manual*, Denver, CO: Denver Developmental Materials, Inc., 1992
- (12) 社団法人 日本小児保健協会, ENVER II -デンバー発達判定法-, 日本小児医事出版社, 2002
- (13) 八藤後, "乳幼児の身体特性に基づいた住宅内事故防止のための建築安全計画に関する研究", 日本大学大学院理工学研究科博士論文, 2003