

赤外線センサを用いた複数人の室内行動データセットの構築

椿野 駿平^{1,a)} 工藤 峰一¹

概要：現在、屋内での集団行動分析が異常行動検知や避難経路決定などを視野に入れて盛んに行われている。そのような分析は多くの場合、豊富な情報量と使いやすさを理由にカメラを用いて分析が行われる。しかし、夜間のようにカメラでは有効な分析が不可能な場合には、別のセンサを用いて行う場合がある。本研究では天井赤外線センサデータによる複数人の行動分析技術に注目し、その発展のために行動パターンでラベル付けされた赤外線センサデータセットを紹介する。このデータセットでは先行研究よりも最大対象者数が多く、さらに位置情報精度をより細かくラベル付けしている。また、その利便性を高めるために、特定のデータを選択・抽出するウェブインターフェースが備わっている。

Construction of a Dataset for Multi-Human Indoor Activities Using Infrared Sensors

SHUMPEI TSUBAKINO^{1,a)} MINEICHI KUDO¹

1. はじめに

近年、屋内における複数人を対象とした行動分析が注目を集めている。こうした分析は例えば異常行動検知や小売店の販売戦略などに用いられている。行動分析にはカメラを用いて行われることが多い。しかしカメラは夜や暗い場所では使えないほか、対象者のプライバシーを侵害するデメリットがある。さらに監視されていることが過度なストレスを与えてしまうこともある。そのためカメラに代わってさまざまなセンサを使って行動分析が行われている[1-3]。

表1において行動追跡や行動分析に用いられるセンサを比較する。その中で本研究では対象者への負担を最重要視して、赤外線センサに注目する。既に赤外線センサを用いた対象者の人物追跡が行われている[4,5]。赤外線センサはテレビのリモコンや自動ドアなどに用いられているなど低コストで寿命が長いセンサである。本研究では対象者が動いたか否かを示すバイナリデータを用いる。

赤外線センサに限らずセンサによる行動分析のためには

対象者の行動がラベル付けされる必要がある。既に行動がラベル付けされた様々なセンサデータセットが一般公開され[6-9]、行動分析手法の開発に利用されている。本研究では赤外線センサによる行動分析の発展に寄与するために、赤外線センサデータセットを構築する。このデータセットでは各時刻データにおいて最大7名の居住者全員の位置情報、個々人の行動パターン、複数人間のインタラクションがラベル付けされている。つまり「いつ」「どこで」「誰(々)が」「何をしたか」といった情報が赤外線センサ反応データに加えてラベルとして記録されている。「インタラクション」までを記録したものはこれまで殆ど存在しない。また、データセットの利便性を高めるためにユーザーが必要とするデータのみを選択・抽出するためのウェブインターフェースも開発している。

2. 先行研究

先行研究における行動データセットを表2にまとめる。さまざまな室内環境、記録時間、使用センサ、行動パターンラベルで記録されている。先行研究との比較において、本研究のデータセットの有利性は以下にまとめられる。

(1) 対象者個人の位置情報がこれまでより細かく記録されている(これまででは約50cm-100cm単位、またはセン

¹ 北海道大学
Hokkaido University
^{a)} tsubaki@main.ist.hokudai.ac.jp

表 1 行動分析に用いられる主なセンサの比較

センサ	行動分析精度	位置情報精度	対象者への負担	設置条件
赤外線センサ [4,5]	低い	センサ反応時 100 %	なし	なし
RFID(Radio Frequency Identifier)[11]	低い	センサ反応時 100 %	センサ装着	なし
Bluetooth, 超音波 [12]	低い	障害物に影響	センサ装着	障害物がない
モーションキャプチャ [13]	高い	高い	センサ装着	なし

表 2 公開されているデータセットと本研究の比較。用いられている各センサは以下のように略している。IF:赤外線センサ、F:力覚センサ、PC:フォトセル、C:接触センサ、P:近接センサ、SD:ソナー距離センサ、T:温度センサ I:アイテムセンサ、W:流水センサ、B:熱センサ、L:光センサ、SC:移動式センサ、TF:トイレセンサ

	ARAS (H. Alemdar <i>et al.</i> 2013 [6])	Casas (D. J. Cook, 2012 [7])	MIT (E. M. Tapia <i>et al.</i> 2004 [8])	UvA (T. van Kasteren <i>et al.</i> 2008 [9])	This paper
部屋数 (大きさ [m ²])	2 (50m ² , 90m ²)	7 (N.A.)	2 (N.A)	1 (N.A)	1 (120m ²)
同時最大対象者数 (人)	2	2	1	1	7
行動パターン数	27	11	9,13	7	9
インタラクション数	0	0	0	0	4
記録時間	2ヶ月	2-8ヶ月	2週間	28日	90分
使用センサ	F, PC, C, P, SD, T, IF	IF, C, T, I, W, B, L	SC	C, TF	IF
使用センサ数	20	20-86	77, 84	14	43
対象者の位置情報	無し	無し	無し	無し	有り
データ選択機能	無し	無し	無し	無し	有り

サの位置情報に依存した位置情報のみの記録だったのに対し、本研究では 25cm 間隔、誤差 10cm-25cm 程度の精度)。これによって対象者が「どこで」特定の行動をしたのかという情報をより詳しく得ることができる。

- (2) 室内の同時最大対象者数がこれまでは 1 人または 2 人だったのに対して、本研究では 7 人まで記録した。また、複数人を対象とすることによって発生する対象者同士の関わり合い、つまり「インタラクション」の記録を初めて行った。これによって例えば共同生活する居住者の行動分析で、居住者同士の接触などの行動分析を行うことが可能になる。
- (3) 本研究では先行研究のデータセットにはないウェブインターフェースによってデータセットの使用性を高めている。ウェブインターフェースを通してユーザが必要とするデータのみを選択・抽出したデータセットを簡単に得ることができる。

一方で、本研究のデータセットの記録時間は先行研究と比較して圧倒的に短い。これはカメラを用いて「いつ」「どこで」「誰が」「何をしたか」という情報のラベル付けに多大な人的労力を必要としたためである。実際この 90 分のデータセットのラベル付けを全て 1 人で行ったときはおよそ 60 時間を必要とした。

3. データセット

3.1 データ収集

図 1 はデータ収集した部屋の図である。本研究では Na-PiOn の赤外線センサモジュールを 43 個使用した (図 2,

AMN11111, Panasonic Denko Co. Ltd.)。表 3 は赤外線センサモジュールのスペックを示している。各赤外線センサは部屋の天井高さ約 2.4 m に設置されている。

それぞれの赤外線センサの下、床上において半径 1.5 m の範囲で対象者が通ると赤外線センサが反応する。隣同士のセンサの範囲は一部重なり合うように設置しているため、部屋のすべての範囲をカバーしている。赤外線センサのサンプリングレートは 20Hz である。データセットの 1 レコードには各赤外線センサの 1 秒毎の反応に加え、在室者全員の位置情報、行動パターン、インタラクションパターンがラベルとして付与されている。真のラベルとしての対象者の位置情報、行動パターン、インタラクションは 9 台のカメラによる動画を 1 秒毎のフレームを調べることとで与えた。

データ収集には、さまざまな対象者、行動、インタラクションを効率よく記録するために 3 つのシナリオを用意した (表 4)。それぞれのシナリオは 30 分、3 本合計 90 分であり、対象者の人数、行動の発生回数、インタラクションの発生回数が異なるように行った。対象者は 6 名の 20 代男子学生と 1 名の 50 代教員であり、彼らは日常的にその部屋で過ごしてお互いに顔見知りの関係である。インタラクションだけは対象者に任意の時刻に指定の回数のインタラクションをするように指示したものの、その他の行動や位置に関しては全く指示しなかった。したがってデータセットは彼らのほぼ自然な行動の記録となっている。

3.2 ラベル付け

ラベル付けした行動パターンは次の 7 パターン

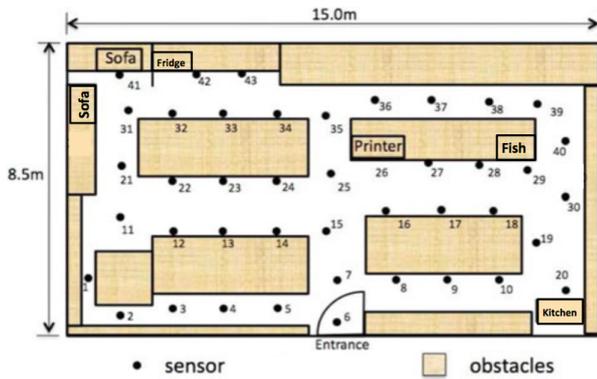


図 1 部屋のレイアウト (鳥瞰図).

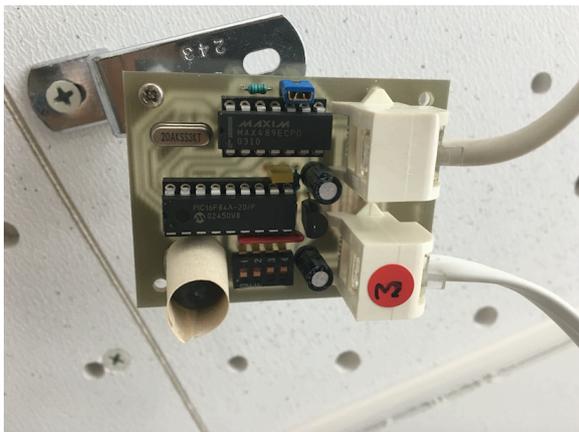


図 2 赤外線センサ

表 3 赤外線センサスペック

判定可能距離	最大 5 m
水平範囲	100°
垂直範囲	80°
判定ブロック数	64
判定可能速度	最小 0.5 m/s-最大 1.5 m/s
対象者サイズ	高さ 700 mm × 幅 250 mm

表 4 各シナリオの比較

	Case 1	Case 2	Case 3
最大対象者数 (人)	3	6	7
行動発生数	1964	8987	10369
インタラクション発生数	519	2865	3645

である、「Walk(歩く)」、「In(入室する)」、「Out(退室する)」、「Deskwork(机作業する)」、「Relax(くつろぐ)」、「Open_ref(冷蔵庫を開ける)」、「Watching_fish(魚を鑑賞する)」、「Waiting_copy(印刷を待つ)」、「Kitchen(台所作業する)」。さらに対象者同士の距離的接近性に注目して 4 種類のインタラクションもラベル付けした(表 5)。位置情報、行動パターン、インタラクションの発生を毎秒正確に記録するためにすべて手動でラベル付けした。ラベル付け用

表 5 インタラクションのパターン

インタラクション	定義
Approach(接近する)	ある人がもう 1 人に接近する。
Invite(誘う)	ある人がもう 1 人を連れ出す。
Conversation(会話する)	2 人で会話する。
Meeting(集会する)	3 人以上で集合、会話する。

のカメラ 9 台は室内において死角を作らないように壁や棚の上に設置した。各シナリオによって録画された映像は 20GB だった。各カメラの映像は全ての赤外線センサと時刻同期できている。9 台分の映像は動画編集ソフトの FFmpeg[10] を用いて 1 秒ごとに画像を切り出し、室内におけるすべての対象者の位置情報、行動パターン、インタラクションの発生を 1 秒毎に手で記録した。また位置情報の正確さを増すために、床に 50cm 四方のタイルを構成するようにテープをはりめぐらせた。対象者の位置座標は録画したビデオにおいて各々がどのタイルをどのように踏んでいるかという基準から判定した。この方法によって位置精度は誤差約 10cm-25cm 程度の位置情報となった。

4. ウェブインターフェース

データセットのデータ量が大きくなるとその分だけ行動分析が複雑になる。また、特定の人物や特定の行動の前後数秒を含めたデータを分析したいなどユーザの細かいニーズもよくある。そこでこのような要求に応えるため本研究では部分データの切り出しを補助するウェブインターフェースを構築した。

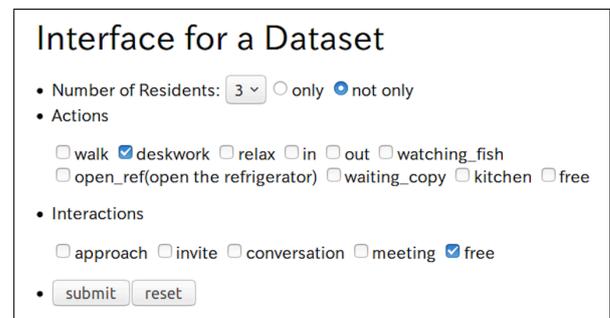


図 3 ウェブインターフェース

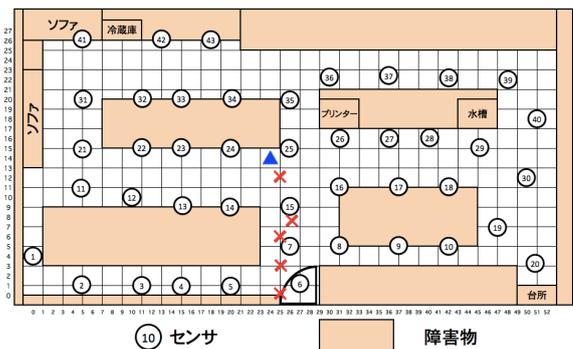


図 4 表 6 における室内の様子

表 6 人数 3 人以下、行動パターンに deskwork を含むデータセット (一部抜粋)。位置座標は室内において鳥瞰図による 25cm 間隔の格子座標。

日付	時間 [s]	赤外線センサ				人物 A				人物 B				...
		S1	S2	...	S50	位置座標 (x, y)	行動	インタラクション	位置座標 (x, y)	行動	インタラクション	...		
20170206	20:21:31	10	0	...	0				24	14		Deskwork		...
20170206	20:21:32	16	0	...	0	25	0	In	Approach	24	14	Deskwork		...
20170206	20:21:33	17	13	...	0	25	3	Walk	Approach	24	14	Deskwork		...
20170206	20:21:34	8	16	...	0	25	6	Walk	Approach	24	14	Deskwork		...
20170206	20:21:35	0	18	...	0	26	8	Walk	Approach	24	14	Deskwork		...
20170206	20:21:36	10	16	...	0	25	12	Walk	Approach / Conversation	24	14	Deskwork	Conversation	...
20170206	20:21:37	0	10	...	0	25	12	Walk	Conversation	24	14	Deskwork	Conversation	...
20170206	20:21:38	0	0	...	0	25	12	Walk	Conversation	24	14	Deskwork	Conversation	...
20170206	20:21:39	6	0	...	0	25	12	Walk	Conversation	24	14	Deskwork	Conversation	...
20170206	20:21:40	0	0	...	0	25	12	Walk	Conversation	24	14	Deskwork	Conversation	...

図 3 にデータ選択画面を示す。ユーザは各クエリを選択することで必要なデータのみから成るデータセットを構築できる。表 6 は図 3 の要求に対するデータセットの例である。各レコードでは日付・時刻のあとに 43 個の赤外線センサの反応情報、続いて対象者ごとの位置座標 (0,0)-(52,27)、行動名、インタラクションの発生がやはり対象者ごとにラベル付けされている。データセットでは 50 個までの赤外線センサ情報がまとめられているが実際には 44-50 番の赤外線センサは使用していないため、全て 0 となっている。またインタラクションのラベルでは、実際には誰と発生したインタラクションなのかという情報もラベル付けされている。表 6 に示されているレコードは、人物 A が室内に入り、机作業している人物 B に接近して会話が始まるまでを示している (図 4)。これは先におけるユーザのクエリを満たしたデータとなっている。

5. まとめ

複数人を対象とした室内行動分析の精度向上を目的に、対象者すべての位置情報、行動パターン、インタラクションを 1 秒ごとにラベル付けした赤外線センサデータセットを構築した。同時対象者数と各人の位置情報の細かさ (25cm 間隔、誤差約 10cm-25cm) は他のデータセットよりも高い。さらに、ユーザが必要とする部分データの抽出・選択を補助するウェブインターフェースを構築した。残念ながら現状では記録時間が 90 分 (3 本 × 30 分) と他のデータセットと比較して非常に短い。これはラベル付けを記録した映像から確認する作業によって全て人手で行ったためである。今後はラベル付けの半自動化を試みる。またウェブインターフェースとともに本研究のデータセットを一般公開する (<https://prml.main.ist.hokudai.ac.jp/~tsubaki/infrared>)。

参考文献

[1] 藤本喜彦 *et al.*: 店舗内に設置した全方位視覚センサによる顧客の行動解析, 情報処理学会研究報告 (2004).
[2] H.Sorensen.: *The Science of Shopping*, Marketing Re-

search(2003).
[3] 品川佳満: 加速度センサを用いた人間の歩行・転倒の検出, 川崎福祉学会誌 (1999).
[4] T. Shuai *et al.*: *Multi-person locating and their soft tracking in a binary infrared sensor network*, IEEE Trans. Human-Machine Systems(2015).
[5] S. Suzuuchi and M. Kudo.: *Location-Associated Indoor Behavior Analysis of Multiple Persons*, 23rd International Conference on Pattern Recognition(2016).
[6] H. Alemdar *et al.*: *ARAS Human Activity Datasets in Multiple Homes with Residents*, Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare(2013).
[7] D. J. Cook.: *Learning setting-generalized activity models for smart spaces*, IEEE Intelligent Systems(2012).
[8] E. M. Tapia *et al.*: *Activity recognition in the home using simple and ubiquitous sensors*, Proceedings of International Conference on Pervasive Computing(2004).
[9] T. van Kasteren *et al.*: *Accurate activity recognition in a home setting* Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing(2008).
[10] FFmpeg. (n.d.). Retrieved from <https://ffmpeg.org/>.
[11] 遠田 敦, 林田 和人, 渡辺 仁史: スリッパ型 RFID リーダによる歩行行動追跡, 日本建築学会計画系論文集 (2008).
[12] 大西 洋輔 *et al.*: 超音波センサを用いた浴槽内での異常検知システムの開発電気学会論文誌 E(2006).
[13] 河合 純 *et al.*: モーションセンサとビデオカメラを用いた個人識別型位置検出手法情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (2004).