

介護分野における行動・状況推定に向けた屋内位置追跡システムの構築

Development of An Indoor Location Tracking System for Behavior and Situation Estimation in Nursing Field

新田 拓真^{*1}, 林 康弘^{*2}, 清木 康^{*3}

Takuma NITTA ^{*1}, Yasuhiro HAYASHI ^{*2}, Yasushi KIYOKI ^{*3}

^{*1,2} 武蔵野大学データサイエンス学部

^{*3} 慶應義塾大学環境情報学部

^{*1,2} Faculty of Data Science, Musashino University

^{*3} Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Email: ^{*1} s1922025@stu.musashino-u.ac.jp, ^{*2} yhayashi@musashino-u.ac.jp, ^{*3} kiyoki@sfc.keio.ac.jp

あらまし：本研究では、意味の数学モデル[1]を用いた意味的行動・状況推定方式に基づき、複数の IoT デバイスから得られる屋内の人やモノのセンサ情報と、ある状況文脈とセンサ情報の対から構成される知識ベースとの類似度に基づき人やモノの行動・状況推定を行う。今回、介護分野を対象として、屋内に設置されるセンサ群の情報から人の行動履歴を可視化する屋内位置追跡システムのプロトタイプを構築した。その取り組み状況について示す。

キーワード：Indoor Location Tracking System, Cyber-Physical Space, Sensing-Processing-Actuation, Elderly Care

1. はじめに

経験豊かな介護従事者とそうではない介護従事者との間に生ずる技能差を可視化できれば、65歳以上の人口の割合が21%を超えた日本[4]においても、良質な介護サービスを提供できる可能性がある。

これに向けて、サイバー・フィジカル空間を構成する基本技術 (SPA: Sensing-Processing-Actuation) の活用により人やモノの行動・状況の推定を行う意味的情報サービスが研究されている[3]。本研究では、意味の数学モデル (MMM: Mathematical Model of Meaning) [1, 2] を用いた意味的行動・状況推定方式に基づき、複数の IoT デバイス (micro:bit, Raspberry Pi, Ultra Wide Band, Beacon 等) から得られる屋内の人やモノのセンサ情報と、行動文脈とセンサ情報の対から成る知識ベースとの類似度から行動・状況推定を行う。

今回、介護分野を対象として、屋内各所に設置されるセンサ群から得られる情報により人の動きを可視化する屋内位置追跡プロトタイプシステムを構築した。本稿ではその取り組みの状況について示す。

2. 意味的行動・状況推定方式

本方式は意味の数学モデル (MMM: Mathematical Model of Meaning) を用いる[1, 2]。屋内空間に設置される n 個の異なるセンサ群 ($s_1 \sim s_n$) から一定時間 ($t, t=1 \dots m$) ごとに得られるセンサデータ群 ($d_{11} \sim d_{mn}$) は行列 S として表される (図1)。あるセンサ ($s_k, k=1 \dots n$) がとり得る値の最大値と最小値は $\max(d_{ik})$ と $\min(d_{ik})$ として表される。屋内のセンシング対象の状況推定のために、ある時間 i にセンサ s_k がとり得る値 d_{ik} は式1の通り正規化される。正規化された値群から成る行列は S' として表され、それぞれの値の定義域は $0 \sim 1$ である。

$$\text{norm}(d_{ik}) = \{d_{ik} - \min(d_{ik})\} / \{\max(d_{ik}) - \min(d_{ik})\} \dots \dots (1)$$

ある状況文脈 ($e_r, r=1 \dots p$) とその際のセンサ群 ($s_1 \sim s_n$) から得られるセンシングデータ群 ($c_{11} \sim c_{pn}$) からなる行列 CX (図2)、その転置行列は CX' として表され、状況文脈の知識ベースに相当する。

t	s_1	s_2	...	s_n
t_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1n}
t_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
t_m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mn}

図1 行列 S

e_r	s_1	s_2	...	s_n
e_1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}
e_2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
e_p	c_{p1}	c_{p2}	...	c_{pn}

図2 行列 CX

式2の通り行列 S' と行列 CX' の類似度は計算され、センシング結果との類似度の高い状況文脈がその時の屋内空間の状況推定結果として得られる (図3)。

$$\text{sim}(S', CX') = S' \cdot CX' \dots \dots (2)$$

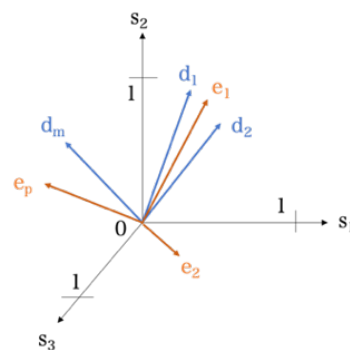


図3 行列 S' と行列 CX' の類似度計量

3. 介護分野を対象とした屋内位置追跡システムの実装

本システムは（機能 1）介護施設内に設置されるセンサと介護従事者が持つセンサとの無線通信により介護従事者の位置を追跡し、（機能 2）その人の行動を可視化する。本システムの構成図は図 4 に示される。実装にあたって、センサとして micro:bit が用いられた。micro:bit は部屋ごとに設置され、かつ、介護従事者も保持する。データの収集とデータベースへの送信として Raspberry Pi、データの格納・分析として PostgreSQL が用いられた。プログラミング言語には Python が用いられた。

（機能 1）センサから収集されるデータが格納されるデータベースの構造は図 5 に示される。図 5 中の上段のテーブルは時間・場所・その場にいる人・温度や明るさなどの空間の環境に関する情報・モノの動きに関する情報の実測値が格納される。図 5 中の下段のテーブルは時間・場所・そこにいる人・その場所における滞在時間・センサから取得したデータから推定される行動・状況の意味が格納される。

（機能 2）本システムの可視化 UI のイメージは図 6 に示される。人やモノの移動履歴と場面に応じて介護従事者の行動・状況意味は画面上に表示される。可視化により介護従事者の状況が容易に把握され、介護従事者間の技能向上の機会作りが期待される。

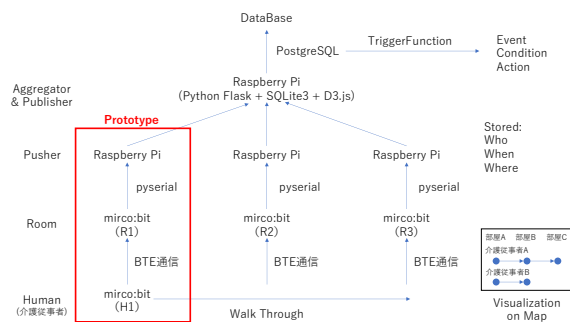


図 4 システム構成図

id	date	place	user	temp	...	roll	label
1	min	R1	H1				
2	max	R1	H1				
3	min	R1	H1				
4	min	R4	H3				
5	max	R1	H1				

id	date	place	user	howlong	what
1	min	R1	H1	max-min	
2	min	R1	H1	max-min	
3	min	R4	H3	max-min	

図 5 データ構造

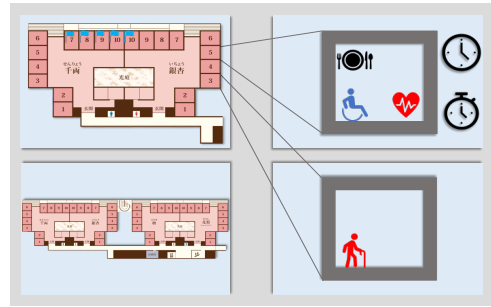


図 6 可視化 UI イメージ図

4. 実験および考察

本システムにおける機能 1 の有効性と実現可能性を検証するために、センサによる介護従事者の位置情報追跡のための実験を行なった。この実験により、micro:bit 同士の通信の強さが 1（一番弱の設定）のとき、鉄筋コンクリートの建物において壁や扉を隔てれば隣同士の部屋を識別できることがわかった。

図 7 はある空間の環境に関するデータ、モノの動きに関するデータ、いつ、誰が、どの空間に居るかといった位置情報が一元的に格納されていることを示している。

log_id	log_date	log_place	log_user	bright	temp	acce_x	acce_y	acce_z
1	2020-01-21 02:22:13.742616	R1	H1	99	26	168	88	-992
2	2020-01-21 07:05:22.511813	R1	H1	99	26	168	88	-992
3	2020-01-21 07:05:29.550919	R1	H1	133	26	448	24	-912
4	2020-01-21 07:05:35.346168	R1	H1	122	26	444	32	-912
5	2020-01-21 07:05:43.706973	R4	H3	80	27	252	-172	-996
6	2020-01-21 07:05:50.817264	R1	H1	42	27	108	1136	96
7	2020-01-21 07:05:57.272197	R4	H3	39	26	52	968	-724
8	2020-01-21 07:06:05.170687	R1	H1	30	26	848	-260	-360
9	2020-01-21 07:06:11.102987	R1	H1	49	26	160	-696	-684
10	2020-01-21 07:06:16.626813	R1	H1	79	26	892	536	-252

図 7 実際に取得できたデータの画面

5. まとめと今後の課題

本稿では、意味的行動・状況推定方式の概要と、介護分野を対象として、屋内の各所に設置されるセンサ群から得られる情報から人の動きを可視化する屋内位置追跡システムの構築に向けた取り組み状況について示した。

今後の課題として、（機能 1）意味的行動・状況推定の実装と、（機能 2）図 6 に示される可視化 UI の構築を行うことが挙げられる。

参考文献

- (1) Kiyoki, Y. Kitagawa, T. and Hayama, T., “A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning”, ACM SIGMOD Record, vol. 23, no. 4, 1994, pp.34-41.
- (2) Yasushi Kiyoki, Xing Chen, Shiori Sasaki, Chawan Koopipat: “Multi-Dimensional Semantic Computing with Spatial-Temporal and Semantic Axes for Multi-spectrum Images in Environment Analysis”, Information Modelling and Knowledge Bases XXVII, pp.14-30, IOS Press, 2016.
- (3) Yasuhiro Hayashi, Ryota Nakamura, Osamu Hasegawa, Yuichi Kitano, Yasushi Kiyoki: “A Cyber-Physical Learning Environment Design for Study Trajectory Creation”, 2019 International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing (IES-KCIC). 2019.
- (4) “現代社会福祉辞典”, 社会福祉辞典編集委員会 編, 大月書店, 2002.