

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：サイバー・フィジカル空間生成技術（SPA: Sensing-Processing-Actuation）を活用して、人やモノの位置や動作の情報からそれらの目的や行為の意味（what）を推定できれば、意味的情報サービスが実現可能になる。本研究では、介護分野を対象に、複数のIoTデバイス（micro:bit, Raspberry Pi, Ultra Wide Band, Beacon等）による屋内位置追跡システムと意味的連想検索方式によるセマンティックコンピューティングの組み合わせによる意味的行動・状況推定方式と本方式による屋内位置追跡システムを構築する。

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

1. はじめに

65歳以上の人口の割合が21%を超えた超高齢社会の日本[1]において、均質な介護サービスを提供するために介護従事者一人一人の技能向上が求められている。特に、経験豊かな介護従事者とそうではない者との間に生ずる技能の差が把握・可視化されれば、具体的な改善に向けた方法が検討されやすくなる。このため、サイバー・フィジカル空間生成技術（SPA: Sensing-Processing-Actuation）[2]の活用により人やモノの位置や動作の情報からそれらの目的や行為といった意味（what）を推定できれば、介護分野における意味的情報サービスが実現可能となる。

本研究では、複数のIoTデバイス（micro:bit, Raspberry Pi, Ultra Wide Band, Beacon等）による屋内位置追跡システムと意味的連想検索方式[3]とセマンティックコンピューティング[4]の組み合わせによる意味的行動・状況推定方式と、その介護分野への応用を行う。本稿では本方式の概要と取り組みの状況について述べる。

2. 意味的行動・状況推定方式

本方式は意味的連想検索方式[3]とセマンティックコンピューティング[4]を用いる。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。

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

介護分野における状況文脈（ $e_r, r=1 \dots p$ ）とその際のセンサ群（ $s_1 \sim s_n$ ）から得られる理想的な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' として表される。CXは介護分野における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}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
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}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
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）。

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

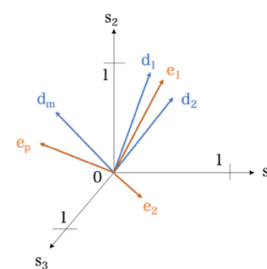


図3 行列 S' と行列 CX' の類似度計量

3. 介護分野を対象とした行動・状況推定に向けた屋内位置追跡システムの実装

本システムは介護分野を対象として介護従事者の介護施設内の位置を追跡・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、センサーとして micro:bit、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。

センサー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・その場にいる人・その場所における滞在時間・センサー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。

本システムの可視化 UI のイメージは図6に示される。人やモノの位置の追跡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、介護従事者間の行動のきっかけの創造が期待される。

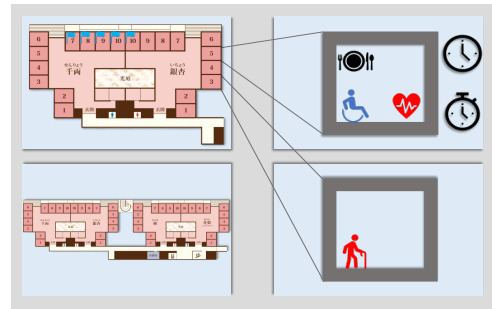


図6 可視化 UI イメージ図

4. 実験および考察

本システム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 07:05:43.708973	R4	H3	80	27	232	-172	-956
6	2020-01-21 07:05:50.817254	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

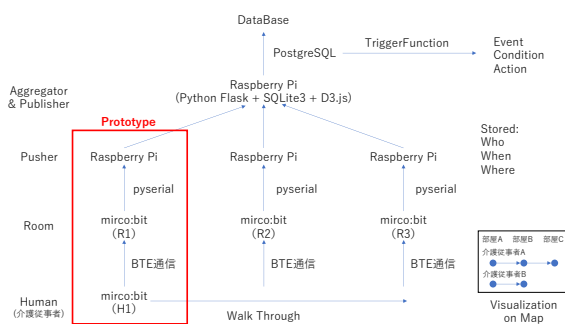


図4 システム構成図

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

5. まとめと今後の課題

本稿では、複数のIoTデバイス (micro:bit, Raspberry Pi, Ultra Wide Band, Beacon 等) による屋内位置追跡システムと意味的連想検索方式[3]とセマンティックコンピューティング[4]の組み合わせによる意味的屋内位置追跡方式の概要と取り組みの状況について述べた。今後の課題として、意味的行動・状況推定の実装と、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) “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.
- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) 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.