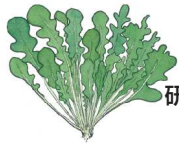


人間行動と環境のセンシングによる サイバーフィジカルシステムの実現



研究ノート

山口 弘 純*

Human Sensing and Tracking Technologies
for Cyber Physical Systems

Key Words : Human Sensing, Tracking, Cyber-Physical System

1. はじめに

都市や住環境において人間が直面するエネルギー、健康や医療、環境といった様々な課題が増え続ける中、それらの課題解決においてITシステムが果たす役割が増大しているが、多くのITシステムがヒューマンセントリックシステムであることを考えれば、人間はITシステムのメリットを享受するユーザであると同時に、その行動がシステムの決定に大きな影響を与える。したがって、実世界において人々が何を考えどのように活動しているか、モノや環境は人々の行動にどのような影響を与えているのかがITシステム側で把握できれば、現在のように不確定要素や予測に基づく社会システム制御から、より効率化された最適化戦略実現へのシフトがより現実味を帯びる。現在は、多様なセンサーにより実世界の情報が以前よりは容易かつ大量に収集・活用できるIoT (Internet of Things) 時代に向かいつつあり、得られた実世界の情報を適切に分析および評価し、その結果を実世界の活動に適切にフィードすることで、新たな価値を創成する技術に期待が集まっている。こういった現実社会とIT空間を結びつけるシステムはサイバーフィジカルシステムとよばれるが、その中でも特に人間行動に着目した「ヒューマンセ

ントリックサイバーフィジカルシステム」に注目が集まっている。

例えば都市屋内環境に着目した場合、大規模な商業ビル内の店舗やレストラン群、東京ビッグサイトのような大型のイベント会場におけるブース群といった、ある共有空間に存在するスペースのリアルタイムな人気状況や混雑状況、それらに対する人々の評価や感想などを知りたい場合がある。これに対し、自身と同空間に存在する他の人々がどのような行動をとり、何を考えているかをその場で即時に把握することで、自身の行動をより効率的かつ充実したものにすることが可能である。例えば多くの人々が集まっており、その中の一部の人々が感嘆しているブースは、そのブース自体が非常に興味を引くものであったり、その時間に特別な事象が発生した（その時にユニークな説明員がいた、あるいは展示していたロボットの実演が始まった）可能性もある。その情報を入手した人々は、自身の存在場所や他のブースの状況を総合的に判断し、その場所を訪れるべきかなどを判断できるなど、行動決定のための重要な情報を得ることができる。

また、商業施設のみならず、公共性の高いスペースにおいてもそのような情報は極めて重要である。車両や駅プラットフォームなどでの混雑の程度を詳細に把握することで、例えば身体的障害を抱える乗客、また大きな荷物やベビーカーを運んだり幼児や児童を同伴し移動に負担が伴う乗客らに、より空いている路線、車両、駅出口を案内するといったように、負担が少なくより安全な移動方法を提示できる可能性もある [1]。

さらに、オフィスビルや商業ビルでの活用も期待されている。オフィスビルにおける省エネルギー化の取組の一つとして、タスク・アンビエントな照明・空調システムが提案されており、執務者の在不在に



* Hirozumi YAMAGUCHI

1971年7月生
大阪大学 大学院基礎工学研究科 情報数理系専攻 博士後期過程修了
現在、大阪大学 大学院情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻 モバイルコンピューティング講座 准教授
博士(工学) 情報通信・モバイルコンピューティング
TEL : 06-6879-4556
FAX : 06-6879-4559
E-mail : h-yamagu@ist.osaka-u.ac.jp

応じて適切な照明と空調を提供することで電力消費の削減を実現している [2]。これらにより、ビルの照明空調にかかる総消費電力（ビル全体の電力消費の約70% [3]）のうち少なくとも10%程度の削減が見込めることが知られている。しかし、現状は建設会社等が自社ビルなどを利用して構築したテストベッド環境において実機器を利用した個別事例であり、人の行動把握や機器制御が省エネルギー効果やサービス（空調照明）の適切度にどのような影響を与えるかの汎用的かつ網羅的検証はなされていない。

2. 「ひとなび」のコンセプトと実証

このような現状に対し、本研究では、上記のような応用システムの実現を念頭に、共有空間における人々の存在・行動情報、それらの人々の気持ちや考え、感覚、室温や混雑度といった周辺環境情報などを統合的にセンシング・解析・蓄積、可視化し、前述のヒューマンセントリックサイバーフィジカルシステムへ活用するためのプラットフォーム「ひとなび」の設計開発を行っている（図1）。また、2013年4月26日に新規開業（まちびらき）し、開業後3日間で100万人が訪れた大規模商業施設グランフロント大阪内で産学の最先端技術を展示するイベントスペース「The Lab みんなで世界一研究所」において、一般社団法人ナレッジキャピタル [4] と大阪

大学が共同して、まちびらき当日より本システムを継続展示している。

人々の位置センシングには、レーザ測域スキャナ（Laser Range Scanner）を活用する。スキャナは30m、270度にわたり、存在する物体までの正確な距離を赤外線レーザの反射を捉えて測定することができる。そこで、これを複数台用いた測定距離データ処理アルゴリズムを開発し、比較的広範囲の群衆や個人の移動軌跡を高精度に把握している（図2）[5]。また、それら「匿名の」移動軌跡群から、各スマートフォンユーザの軌跡を取り出し、スマートフォン上での位置情報サービスに活用する技術を開発している。具体的には、スマートフォンの加速度センサーなどを用いて「移動特徴量」を検出し、匿名移動軌跡群から、そのスマートフォンの移動特徴量を最も正しく「説明できる」軌跡を尤度計算に基づき算出することでこれを実現する [6]。これにより、スマートフォンの屋内位置精度が格段に向上し、イベント会場におけるブースレベルでのナビゲーションなどに活用できるだけでなく、商業ビル内でのスマートフォンユーザの Tweetなどを正しい場所にピンポイントで表示でき、おおよそどのあたりの人々が何を考えて行動しているかが容易に把握できる。例えばレストランの混雑度状況把握やダイナミックサイネージなど、これまででない新しい利用方法が考えられる（図1）。

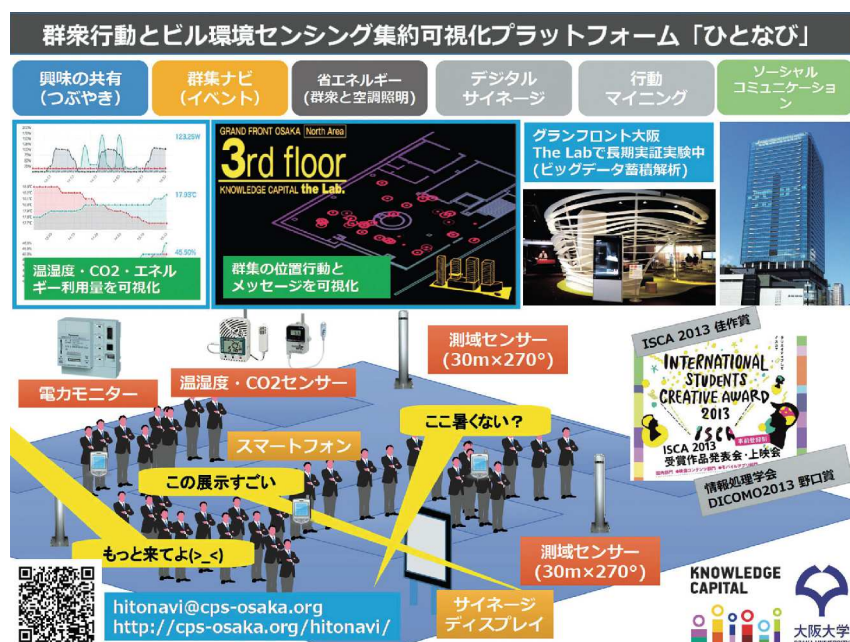


図1 「ひとなび」のコンセプトと実証

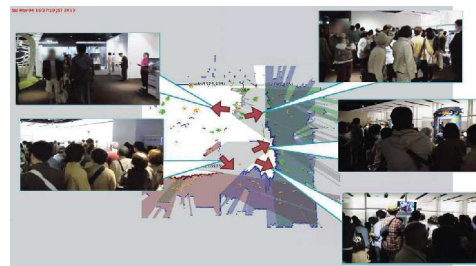
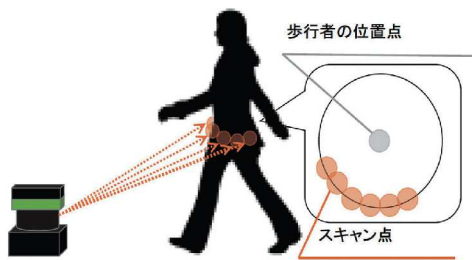


図2 レーザー測域スキャナによる人物検出 (左) とグランフロント大阪内「The Lab.」における群集検出例 (右)

また「ひとなび」においては、温湿度・CO₂センサーと電力モニターの値と人密度や分布との相関解析を行っている。例えば図3は来場者で混雑したある8日間における来場者数と温度の関係を図示したものであり、来場者のピーク値 (図下部の棒グラフ) と温度のピーク値 (図上部の折れ線グラフ) には相関があることが見て取れる。現在このデータを解析しそのトレンドを把握することで、人々の温熱快適感を表すPMV指数を混雑環境でも高精度に推定する方法論を開発中であり、屋内空間における個人や群集の存在センシング値をパラメータとして、過剰空調等を抑制する省エネルギー空調制御に応用しようとしている。

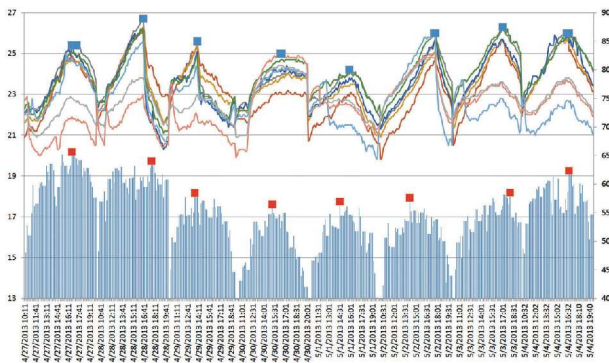


図3 「The Lab.」における滞在人数 (下) と温度 (上) の相関関係

3. おわりに

本格的なIoTの時代を迎え、人の存在や行動とインタラクションするITシステムがますます重要になっている。人の行動だけではなく、その意思や周辺環境を自然に、かつ高精度に捉える技術はその基盤となることは間違いない。今後もサイバーとフィ

ジカルの融合による「ヒューマンフレンドリー」な社会の実現に向け、少しでも今後の技術発展に寄与できるよう努力していきたい。

謝辞

本研究の一部は科研費 15H02690, 15K12019 および文部科学省国家課題対応型研究開発推進事業 次世代IT基盤構築のための研究開発—「社会システム・サービスの最適化のためのIT統合システムの構築」(2012年度～2016年度)の助成を受けたものです。The Lab.での実証に関し、一般社団法人ナレッジキャピタルならびにすべての関係者の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

- [1] Yuki Maekawa, Akira Uchiyama, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Car-level Congestion and Position Estimation for Railway Trips Using Mobile Phones, Proc. of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp2014), pp. 937-948, September 2014
- [2] 柳井崇, 佐々木真人. 中規模本社ビルにおけるタスク・アンビエント空調の実施・検証. 空気調和・衛生工学, Vol. 84, No. 8, pp.643-650, 2010.
- [3] 経済産業省. オフィスビルの節電行動計画フォーマット. <http://www.meti.go.jp/setsuden/20110513taisaku/07.pdf>.
- [4] KNOWLEDGE CAPITAL. アクティブラボ

— knowledge capital — .

[5] Kazuhisa Fujita, Takamasa Higuchi, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino and Shinji Shimojo, Human Crowd Detection for Physical Sensing Assisted Geo-Social Multimedia Mining, Proc. of the 1st International Workshop on Smart Cities and Urban Informatics 2015 (SmartCity2015), April 2015

[6] Takumi Takafuji, Kazuhisa Fujita, Takamasa

Higuchi, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, and Teruo Higashino, Indoor Localization utilizing Tracking Scanners and Motion Sensors, Proc. of the 11th IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC '14) (UIC 2014), pp. 1-8, December 2014

