

人間行動センシングから 認識自動化を目指して

西尾 信彦 立命館大学情報理工学部

スマートフォンがもたらした人間行動 センシング革命

iPhone, Android に代表されるスマートフォンの隆盛はセンシング研究に大きな変化を与えた。スマートフォンは各種センサを豊富に装備している上に、事実上定額料金によるインターネットへの常時接続が可能となったためである。一方でセンシングし続けるための省電力性能とのせめぎあいも終始とり沙汰されている。筆者らは可能な限りこれらのセンサで取得できるデータを24時間365日取り続け、それらを分析し続けたら人間の行動認識および予測において何が可能になるのかを2008年より探求している。実際に蓄積し分析を試みたセンサ情報にはGPSによる位置情報、加速度/角速度センサによる行動認識系の情報、Wi-Fi/Bluetoothなどの電波計測、モニタのOn/Offや電池消費などの端末利用情報、また最近では気圧センサも含めている。現実的なセンシングに要する資源対効果とプライバシーの配慮によりマイクによる音声情報、カメラによる画像情報は取得していない。光量センサや近接センサも取得可能であり、端末把持判定などに有効だが実施していない。人間の行動は微視的にも巨視的にも常に変化している。これまでの研究室での短期間のセンシングを超えて常時センシング環境が可能になった今、それによってこれらの行動の変化を発見し、それに適応した行動認識や行動予測を個人特化して実現するのが本研究の挑戦である。

センシングモバイルと マイニングクラウド

本研究はセンシングを実現する携帯端末内のログ一およびそれを蓄積するサーバサイドのデータベースを実装するところから開始した。センシングデータ分析にいわゆるクラウド技術であるKey-Value型ストレージやMap-Reduce型分散処理なども適用可能にした¹⁾。これらのデータ分析に必須となるデータ視覚化のためのツールも研究開発している。この分析環境でユーザがいまどこで何をしているのかを認識することと、これからどこへ（そして可能であれば何をしに）行くのかを予測可能にすることを研究目標とし、これをユーザごとに徹底的に個人特化する技術を研究開発している。

まず実施したのがGPSおよびWi-Fi基地局情報の分析である。GPSは比較的精度の高い位置情報が屋外では取得できるが、人間が多くの時間を過ごす屋内ではほとんど利用できない。Wi-Fi基地局は近年では都市部にはその電波が届かないところはかなり少なくなっている。つまりWi-Fiはほぼ24時間を通じて何らかの電波が記録され続けるがGPSはほぼ屋外移動時のみである。いわゆるWi-Fi基地局測位では基地局の電波の地理空間的なマップを生成し、GPSなしでもWi-Fi電波観測のみで測位を可能にするものであるが、スマートフォンによりGPSが普及した現在ではGPSが利用できない屋内でWi-Fi基地局の電波情報だけで状況認識がどこまで可能になるかに関心は移ってきていると考え

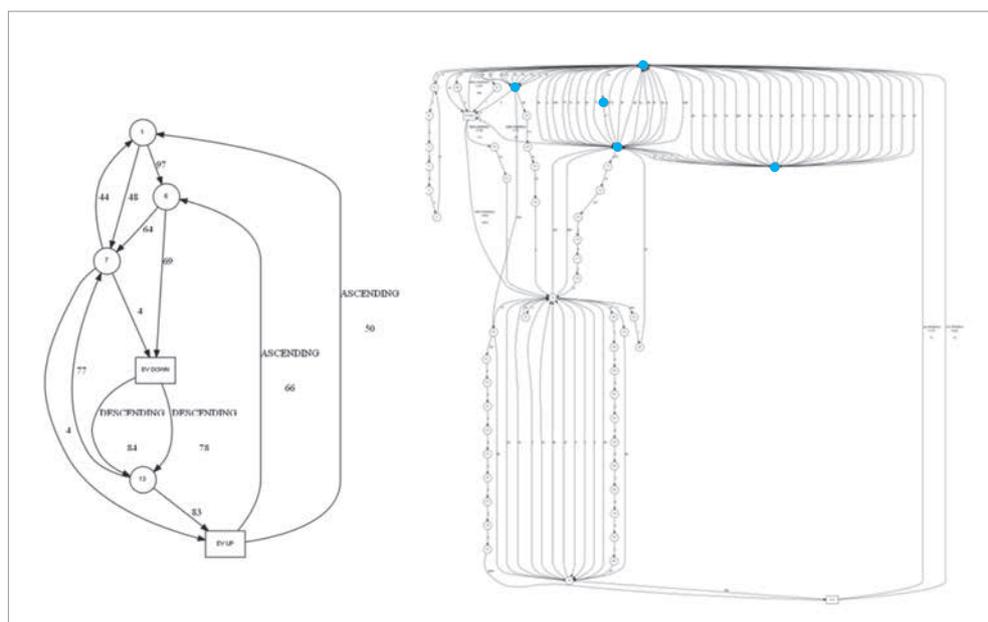


図-3 短期間の屋内停留マップ(左)と長期間のマップ(右)

づけていると考えられる。過去のログによる移動実績と公共交通機関の時刻表情報などからユーザの移動に関する認識、予測が可能になり、移動をより効率的にするためのアドバイス生成も一部実現することができた。ここでのアドバイスはSiriなどのプル型のサービス提供ではなく、プロアクティブな自律的なサービスとなる。ユーザの近未来移動を予測し、たとえば帰宅時に乗り換えに都合のよい退席タイミングを通知したり、電車やバスへの乗り遅れ防止のため急いだ方がいいタイミングを判別したり、到着時刻の遅れを確信した時点で待合せ相手への連絡を促したりするものである³⁾。

屋内での行動マップの自動生成

屋内での行動パターンの分析では、GPS測位が不良もしくは不可であることを屋内判定と同義としてすすめる。加速度センサにより歩行中以外と判定された状態が一定以上継続すると、観測されているWi-Fi基地局の電波の統計情報を標本として採集した。これら標本間の類似性の指標となる距離関数を導入し、同一地点判定を行い、歩行を感知すると次の標本生成もしくは同定まで歩数を計測し、標本間を歩数情報付き移動実績リンクで結んだグラフ構造

を生成した。これにより屋内行動においてそのユーザが停留する場所をノード、停留場所間の距離を歩数とする行動グラフが生成される。例外はエレベータや階段などによるフロア間昇降であるが、これらは気圧計を用いて識別可能にしている。数日といった短期間では良好であった標本生成とその維持管理も、観測期間が数週間となるとその自動化は多くの課題が存在した。図-3に示すとおり、生成された長期間での行動グラフでは矢印で示した5カ所が同一地点においても毎回微妙に電波観測統計情報が変化し分離してしまうことがあった。そこで、観測実績を基地局ごとに重みとして反映させた距離関数に置き換えること、同一個所での標本のアップデートをどの程度の距離範囲で実施するかを決めること、一定空間あたりに存在できる標本の最大数を見積もることなどを実施し、短期間の観測で状態同定率の高い標本を自動的に維持することが可能になってきた⁴⁾。図-4に受信が不良な期間の長さによる基地局の重みづけの例を示した。

超個人特化型行動認識の自動化のための技術

ここまでの研究では個人の永続的なセンサログを

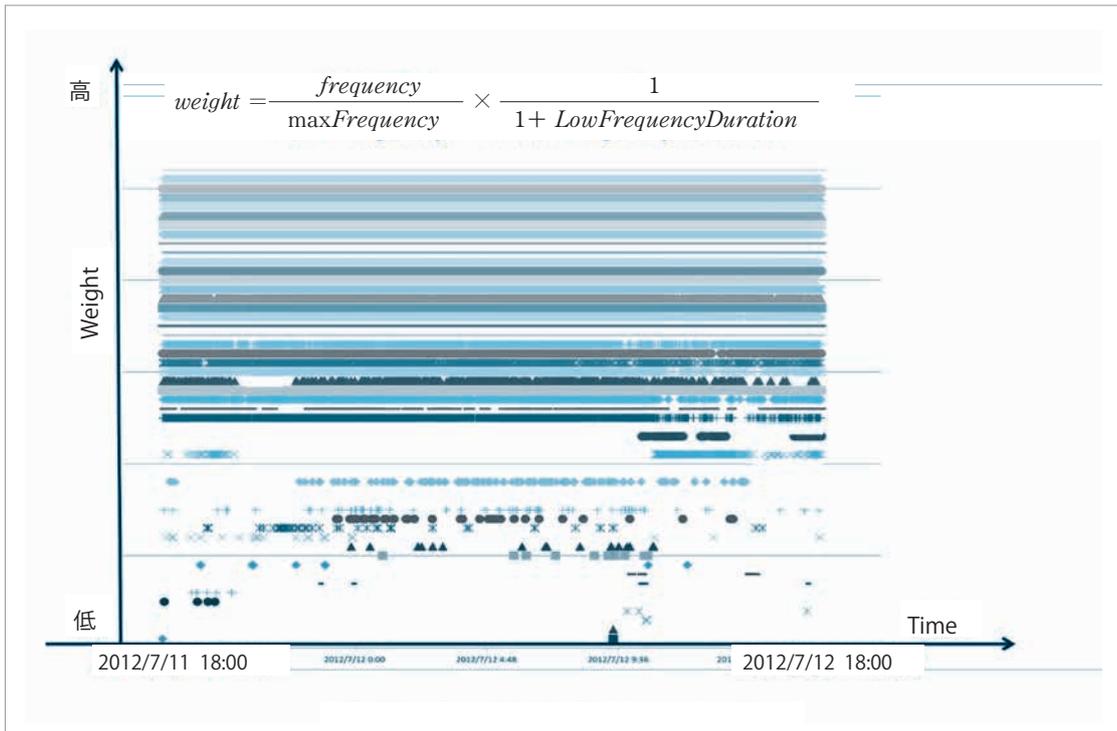


図-4 基地局の観測特性による重みづけ

活用することによって、必然的に個人特化された行動認識器が生成される。利用するデータのプライバシーを考慮すると個人特化しての利用は導入しやすいが、今後は共有可能な公共空間でのデータを抽出することも重要になってこよう。さらにこれまでも述べた手法の多くには、前提としてノイズ除去の作業が必須となる。GPS衛星波が受信できれば屋外で、できなければ屋内という単純なことはあまりなく、屋内でも微弱に受信することによって低精度測位がされ続けることや、屋外でも高層建築や乗り物乗車の高速移動により不良であることも多い。Wi-Fi電波は基本的に不安定であり素性は知れないことがほとんどであり、近年では大量の移動基地局とも遭遇する。加速度センサによる歩行判定も易しいようではあるが、端末把持状態が不明だと困難さが増す。地磁気センサも高層階や地下街、乗り物内などでも信頼性が大いに低下する。これらを克服するには適切な複数種類のセンサ情報を照合しつつ認識することであるが、認識したい状態が増えるとその複雑さは容易に爆発してしまう。今後はこれらを

凌駕し、さらに精度が高く個人特化された行動認識、近未来予測の技術発展を期待する⁵⁾。

参考文献

- 1) 名生貴昭, 松井智紀, 榎堀 優, 西尾信彦: Dwarfstar: ライフログデータ処理のためのフレームワーク, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.96, No.5, 採録決定 (2013).
- 2) Ashbrook, D. and Starner, T.: Learning Significant Locations and Predicting User Movement with GPS, Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp.101-108, USA (2002).
- 3) 里中裕輔, 西尾信彦: 対話型移動支援システムの設計, 情報処理学会 第34回ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 信学技報 112 (30): 2012.5.17・18, pp.103-107 (2012).
- 4) Nishio, N., Fujii, H. and Azumi, T.: Automatic Generation of Personal Indoor Activity Map, 10th International Conference on Pervasive Computing, Poster Presentation, Newcastle, UK (2012).
- 5) Krumm, J. and Brush, A. J. B.: Learning Time-Based Presence Probabilities, The 9th International Conference on Pervasive Computing, Published in Springer LNCS, Vol.6696, pp.79-96, San Francisco, USA (2011).

(2013年3月11日受付)

西尾 信彦 (正会員) | nishio@cs.ritsumei.ac.jp

東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻修了後、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科助教授を経て、2003年より立命館大学。現在、同大情報理工学部教授。ユビキタスシステム、センシングシステム研究に従事。