

MITHRA データセットの再構成とライフスタイルの可視化

佐治信之¹, 小林良輔², 鈴木宏哉³, 山口利恵⁴

概要: MITHRA (Multi-factor Identification / auTHentication ReseArch) プロジェクトでは、個人のスマートフォン等から得られる様々な行動データを用いて、リテラシーに頼らない個人認証や個人毎の行動支援などの実現を目指している。この技術を“ライフスタイル認証・解析”と呼んでいる。2017年の1~4月には、5万人規模の実証実験を実施し、GPS、Wi-Fi、アプリの閲覧履歴、活動量など、多様かつ大量のデータ取得に成功した。この実験を受けて、今後の実用化および社会実装の加速ステップとして実験用フレームワークの確立と構築に取り組んでいる。本稿では、本フレームワークの構成およびその一環として行動データ間の関連検索と行動パターンの可視化方式について述べる。

MITHRA Dataset Revisited and Behavioral Pattern Visualization

NOBUYUKI SAJI¹, RYOSUKE KOBAYASHI², HIROYA SUSUKI³,
RIE SHIGETOMI YAMAGUCHI⁴

1. はじめに

MITHRA (Multi-factor Identification / auTHentication ReseArch) プロジェクトでは、行動データの解析により、ユーザの個人認証や行動支援サービスの技術確立を目指している。この技術を“ライフスタイル認証・解析”と呼んでおり、個人のスマートフォン等から得られる行動データおよび環境センシングを介して様々な行動・環境データを収集し、共通の基盤部分で分類、モデル化、予測等を行って個人の行動習慣や嗜好等の個人特性を抽出し、個人毎の行動支援やリテラシーに頼らない個人認証などのサービス適用や新サービスの創出を実現するものである。

このライフスタイル認証・解析技術は、未来の社会・産業が望む新たな価値をもたらす、極めて共通性の高い社会インフラとなり得る基盤技術である (図 1)。

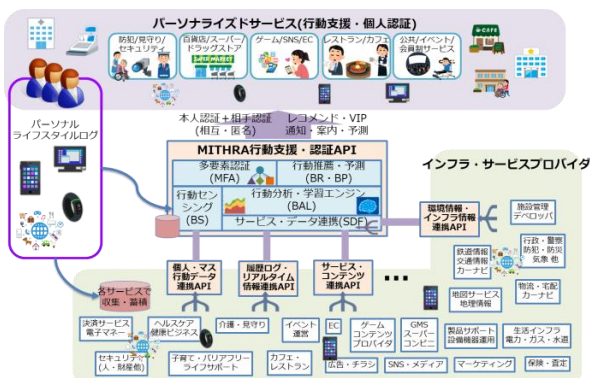


図 1 ライフスタイル認証・解析技術の位置付け

本プロジェクトでは、これまで、個人行動データとして Wi-Fi 電波情報、マンガアプリの閲覧履歴、運動パターンを用いた個人認証アルゴリズムの研究に継続的に取り組んできた[1][2][3]。

2017年の1~4月には、評価対象とする行動データの多様性およびスケールを確保すべく、5万人規模の実証実験を実施した。スマートフォンを用いた GPS による位置移動履歴、周辺環境情報としての Wi-Fi 電波情報、各種アプリ (電子チラシとマンガ) の閲覧操作履歴、ヘルスケア機器を用いた活動量など、多様性を維持しつつ 3.5 か月分の継続的かつ大量のデータ取得に成功した[4][5][6]。

今後実用化および社会実装を加速していくには、認証アルゴリズムおよび行動解析技術の研究と検証、そのための行動データの再構成などを行う場として“実験用フレームワーク”の確立が必要である。本論文では、この実験用フレームワークの構成と、その一環として取り組んでいる行動データ間の関連検索および行動パターンの可視化方式について述べる。

2. 実証実験データの振り返り

実証実験のデータに関する総括は[5]で既に報告されているので詳細は省略するが、本節ではそのなかで特に滞在場所の推定がどの程度の期間で収束するかについて、数値で裏付けした結果を挙げておく。

人の日々の行動は、自宅や職場等の“滞在”している場所を起点に説明付けできる場合が多い。つまり行動を捉えるには長く頻度高く滞在している場所を識別することが重要である。そこで、実証実験で取得した GPS の位置移動履歴データから、一次解析として滞在場所 (自宅や職場など) の推定を試みた。滞在場所の推定とは近接する位置データが集中する場所を判別することと定義しており、この推定

1 筑波大学, (株)コードノミー, (株)インフォコーパス, saji.nobuyuki@yamaguchi.ic.i.u-tokyo.ac.jp

2 東京大学, 三菱電機インフォメーションシステムズ(株), kobayashi.ryosuke@sict.i.u-tokyo.ac.jp

3 東京大学, susuki.hiroya@sict.i.u-tokyo.ac.jp

4 東京大学, yamaguchi.rie@i.u-tokyo.ac.jp

方式について説明する。一般的な手法としては、ある程度の大きさ（数十～数百メートル四方）のメッシュで区画を作り、隣接メッシュを使ってそれらに含まれる位置データを候補として絞り込んでから、さらに近接点の重心等を計算する。ただし今回の用途においては、

- ✓ 自宅や勤務先の場所を正確に特定することは目的ではなく、むしろ回避すべきであること
- ✓ GPS の測位精度は特に屋内において安定しないことの2点から、メッシュあるいはメッシュの中央位置を代表値として扱っている。

メッシュ化には geohash[7], quadkey[8], 総務省地域メッシュ[9]などがあるが、今回の実験対象地域である日本国内の緯度において正方形ないしそれに準ずるメッシュでかつ扱いやすい四分木を提供する総務省メッシュを適用した。現在 quadkey ベースに移行中である。メッシュサイズとして 250m 四方の総務省 4 分の 1 地域メッシュ (quadkey ではレベル 17 に相当) を採用している。

滞在場所の推定は、測位点数が多く含まれるメッシュの順に、隣接する 8 メッシュの測位点数を総取りする単純な方式で行っている。総取り計算後の測位点数の上位 5 カ所を自宅、勤務先、第一立寄先、第二立寄先、第三立寄先として扱う*。図 2 に実験参加者の自宅と推定された場所を示す。

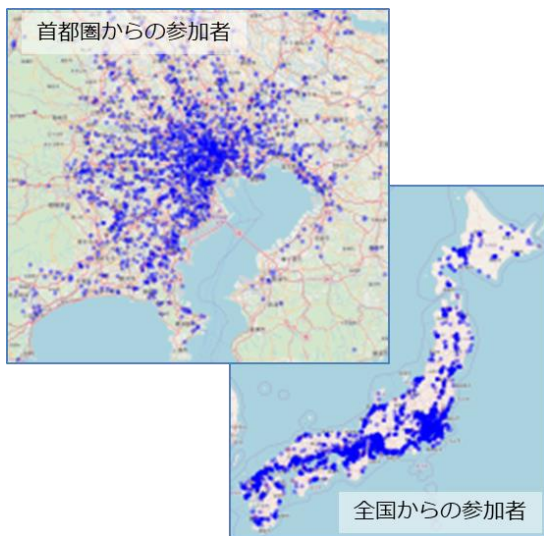


図 2 実験参加者の推定自宅場所

本実験では、実験参加者からは事前・事後ともに自宅・勤務先等の情報は一切開示を受けておらず、自宅等はあくまで推定であるので、その推定妥当性の判定も必要になるが、その方式と評価については別途の報告とする†。

ここでの滞在場所とは、各人が日常良く居るあるいは良

* 勤務先以下でデータが存在しない場合には滞在場所は 5 カ所未満になる。また第三立寄先については第二立寄先の 75% に達しない場合は除外する † 夜中に居る確率が高い、他の場所よりも時間帯を問わず（広範な時間帯で）存在する確率が高い、といった判定方法が考えられる。

く行く場所に他ならず、これらの場所情報を個人認証やパーソナル情報提供等のサービスに活用するためには、滞在場所として安定するタイミングを捉える必要がある。言い換えれば、転居や異動などが発生した際にどの程度の期間で滞在場所情報の修正ができるかである。

図 3 は実験参加全期間の終了時に得られた各人の滞在場所を正とした順位付き地点集合(1:自宅, 2:勤務先, 3:第一立寄先, 4:第二立寄先, 5:第三立寄先,...)の収束度合いである。終了時順位に対して順位の変動がなくなり安定するまでの日数を表す。たとえば「自宅 1 地点のみ」(青線)については 90% の参加者においてほぼ 3 週間で自宅位置が判別可能になることが見てとれる。

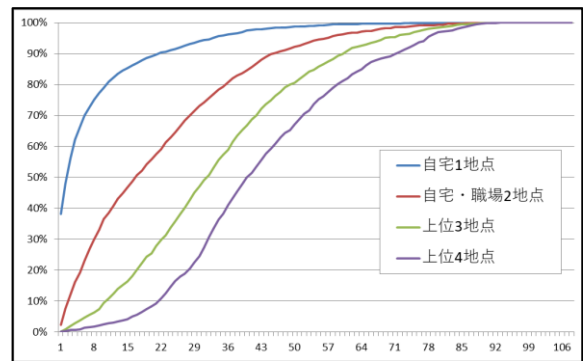


図 3 滞在地点の最終属性(自宅等順位付き)への収束

図 4 は図 3 と同様であるが、上位 n 地点の収束を計測したものである。90% の参加者においてほぼ 3 週間で上位 3 地点 (緑線) が判別可能になることがわかる。

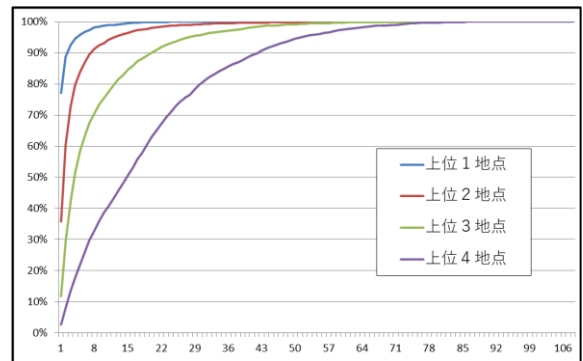


図 4 滞在地点の最終属性(上位 n 地点)への収束

これまで感覚的には知られていた推定自宅等の収束に関して、実証実験のデータを用いて再確認・再認識することができた。ただし、実運用に供するには、収束を阻害する要件の整理や定式化が必要であろう。

3. 実験用フレームワークの構築

実証実験で既に 57000 人分のデータを取得しているが、それらのデータを活用した個人認証や個人行動支援のための各種アルゴリズムの実装、評価、性能指標の設定などを

効率的に進めていくための実験用フレームワークおよび検証用のシステム実装を進めている。

このフレームワークをライフスタイル認証・解析フレームワーク(Lifestyle Authentication and Analysis Framework: LAAF)と呼んでいる。スマートフォンや外部サービスプロバイダ等から、個人および環境(集団)に関するデータを取得する仕組み、それらの多種多様なデータを複合的に解析し、利用者に還元する仕組みを提供する。図5にその構成を示す。

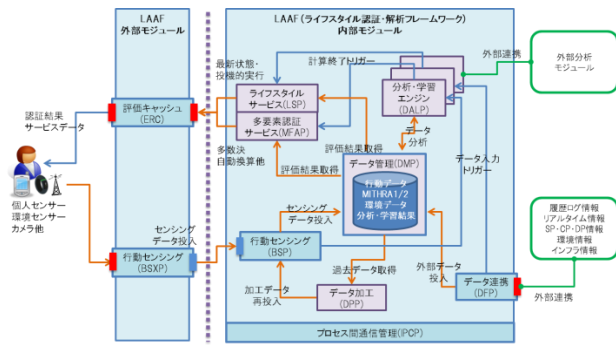


図5 MITHRA 実験用フレームワークの構成

LAAF の特徴を以下に示す。

- ① 方式実装・評価のしやすさを第一目的としたマイクロサービス構成(実装言語独立)
- ② アルゴリズム実装部分の動的置き換えが可能なサンドボックス機能
- ③ 各コンポーネントは任意の処理粒度で構成可能とし、相互に「被通知-処理-データ更新-通知」のサイクルで稼働するイベント駆動の分散システム構成
- ④ 実システム移行を想定し、行動データベースのスケラビリティを考慮したデータベース構成
- ⑤ スマートフォンからの各種行動データの収集、および外部サービスプロバイダ・データプロバイダからのデータ連携を可能にする、データ収集・連携 API の提供
- ⑥ 2017 年の実証実験データの再利用を可能にする行動データベースおよびデータ加工機能の提供
- ⑦ 行動パターン可視化のための各種共通ライブラリの提供
- ⑧ 行動データの収集・保存およびアクセスにおけるセキュリティの確保

特に、⑦の共通ライブラリは以下の機能を含む。

- a) 地図を用いた可視化(本稿の範囲外)
- b) 滞在場所の計算(第2節)
- c) 移動履歴からの路線マッチング
- d) 類似行動パターンの検索
- e) ライフスタイルテキストチャによる可視化

次節では、個々人の特徴抽出としての c) 移動履歴から

の路線マッチングと、複数人を対象とする d) 類似行動パターンの検索について説明する。

4. データ再構成のアプローチ

個人認証や行動支援の技術確立に向けて、実証実験データの有効活用が望まれる。個人認証においては、類似の行動をとる人々を抽出して比較すること、意味付けされた行動経路を算定することで、個人性抽出の精度を改善することが可能になる。行動支援においても、行動支援の過去評価を今後に反映させる上で類似集合の抽出が前提になること、的確な TPO でサービスを提供するには、意味付けされた行動経路が得られていることが望ましい。

そこで、MITHRA データセットで既に計算済みの自宅等の滞在・訪問場所に加えて、類似行動パターン検索および移動履歴路線マッチングを提供する。ここで“路線”とは、道路(車道、歩道)、バス路線、鉄道、航空路、水路などを包含する表現であり、これらを区別することなく位置情報や改札情報などからシームレスにトレースできるのが理想であるが、そこに至るにはいろいろな意味でまだまだ時間がかかる。個別の路線情報や改札情報については公開データや API、サービス等が提供されている場合もあるが、いずれにしてもそれらに個別対応することは本プロジェクトの目的ではない。

現時点では、移動履歴路線マッチングに関しては鉄道路線にのみフォーカスし、全国の路線情報(駅情報と接続情報)を基に、個人行動の移動経路上にある最寄駅や乗換駅を推定する簡易の機能を開発し、実験用に供することとする。これらの駅位置を移動節点と定義してグラフ化することで、行動や場所の意味を与えることができる。

4.1 移動履歴からの路線マッチング

移動経路上にある最寄駅や乗換駅といった位置は、測位の点数が相対的に少ないため滞り場所解析の対象にはならないが、個人行動の特徴情報になり得る。そこで、全国の路線情報(駅情報と接続情報)[10]を基に、移動履歴と重なる駅を抽出する簡易の機能を開発し、実験用に供することとする。これらの位置を移動節点としてグラフ化し、他者のグラフも重畳することで、行動や場所の意味を捉えることができる。

まず、路線マッチング処理の前処理として、以下を用意しておく。

- 駅情報を基にした駅毎の隣接メッシュ
 - 駅情報を用いた任意の2駅間の最短経路探索機能
- 以下の手順で路線マッチングを実現する。

- ① ユーザの移動履歴データの各測位点に対して、上記の駅隣接メッシュから駅付近と推定される測位点に駅情報を付与する

‡ もちろん、プライバシー情報保護をした上でのお話である

§ API 等が整備されてきたら、それらに乗り換えることは言うまでもない

- ② 既に計算済みの自宅等滞り場所から移動履歴を辿り、滞り場所→駅、駅→駅、駅→滞り場所の移動を捉えて、自宅・職場等からの最寄り駅を推定する
- ③ 最寄り駅から駅→駅の駅間移動のチェーンを辿り、順序付き駅リストを生成する
- ④ 順序付き駅リストに出現する接続駅間(測位のタイミングに依存するので接続=隣接とは限らない)で上記の最短経路探索機能を用いて途中駅を補完する。これをすべての接続駅間で実行する**

図 6 に移動履歴からの路線マッチングを実行した結果を示す(turquoise 線)。合わせて、推定自宅等位置(blue, red, green, yellow, cyan)と、移動履歴に含まれる駅(magenta)、移動履歴に含まれるが駅でない場所(gray)が表示される。



図 6 移動履歴からの路線マッチング

今回の路線マッチングのプロトタイプ評価においては、位置情報は GPS で得られたもののみを使用しているが、Wi-Fi の電波情報[6]を場所情報にマッピングすることで、駅通過情報捕捉の精度が向上すると期待される。これは今後の課題である。

4.2 類似行動パターンの検索

類似行動パターン検索は、同じような場所に行っている他者を検索する。現時点では以下の手順で実現している。

- ① 各ユーザにおいて、位置移動履歴をメッシュリストとし、測位点数で重み付けしておく
- ② あるユーザが保持するメッシュリストに含まれるメッシュを含む他のユーザを抽出する
- ③ 共通のメッシュの重み値の合計が大きい順に類似行動ユーザとして選定する

選定された類似行動ユーザの類似度は地図可視化によって確認することができる。図 7 では、中央の地図上に検索対象ユーザの測位履歴情報がグレイで表示されている。このユーザの類似行動ユーザとして、4 人の測位情報が、

それぞれ赤、緑、紫、青緑でオーバーラップして表示されているのがわかる。

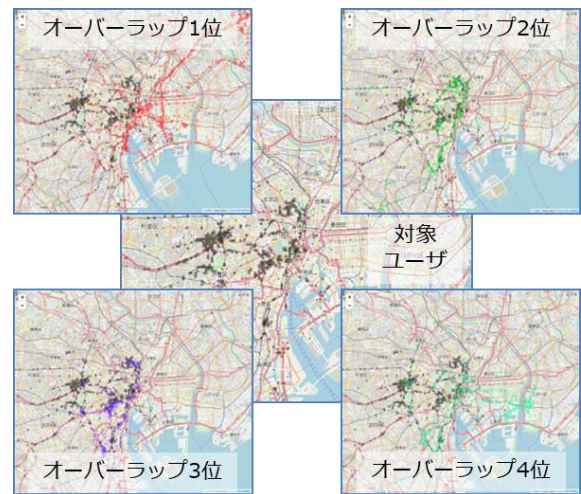


図 7 類似行動パターンのオーバーラップ表示

また、類似関係を force-directed グラフで表示することで、あるユーザ ID を起点として、類似行動パターンを持つユーザを順々に辿りながら(目視であるが)類似度を確認することもできる(図 8)。さらに、類似ユーザの ID 集合を生成する API を用いることで、様々なアルゴリズムの検証・評価を効率的に行うことができる。

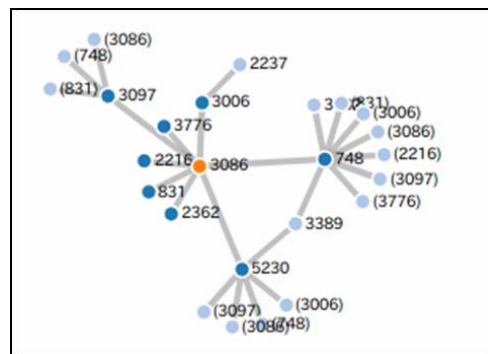


図 8 オーバーラップユーザの検索グラフ

現時点では、同じメッシュを共有する他者の検索に留まっており、移動の方向や共有の時間帯などの情報が除外されているが、前項 4.1 の路線マッチング機能が安定したのちには、駅や路線、時間帯、移動の方向などについても検索条件に含めることができ、検索精度の向上が期待できる。これは今後の課題である。

5. 関連研究(可視化)

本論文では、特に個人の行動の特徴・個性を可視化することを目的とした表現形式としてライフスタイルテキストチャ方式を提案している。

人の行動や各種イベントの可視化の研究については、社会的イベントの発生と変化を可視化するもの、イベントの

** 自宅・勤務先の両最寄り駅間で最短経路を計算するやり方もあるが、最短経路が実態経路とは限らないので、測位のエビデンスに重きを置いて小刻みに駅-駅間の経路探索を行い、それを繋げる方法を採用している、運用上はバッチ処理扱いなので計算コストは無視している

流れと内容をマイクロ視点とマクロ視点で捉えるもの、時系列で周期性を捉えるもの（らせん表現等を利用するもの）など、多岐にわたっている。

個人の特徴を捉えるものではないが、社会的なイベントストリームを積み上げグラフのような表現で可視化する ThemeRiver[11]、イベントの注目具合の変化を可視化する RankExplorer[12]、などがある。

Shimabukuro らは、日、月、年毎のセルを用意してイベントの時間に応じた変化を色分けして表現する[13]を開発した。Wattenberg らは、Wikipedia の記事がどのように変更されたかを色分けし、時系列で表示する Chromograms[14]を開発した。色別の考え方は個人行動の表現にもマッチするものであるが、周期性は表現の対象外である。

矢野らは、ライフ顕微鏡システムの一環として、ウェアラブル端末を用いて人の活動値の変化を収集・解析し、生活のリズムを可視化するライフタペストリーを開発した[15][16]。タペストリー模様による可視化で生活リズム（周期性）を捉える考え方は本提案とも親和性が高い。

Lammarsch らは、日毎にイベントの変化を5分間隔の色相の変化で表して月カレンダー形式にした GROOVE[17]を開発した。カレンダーを敷き詰めることで数か月～1年の変化も俯瞰できる。Krstajic らは、イベントの経過を線の太さと色の濃淡の変化で表現し、多数のイベントの変化を表示する CloudLines[18]を開発した。Zhao らは、円周上に時系列グラフや各種属性を載せることで詳細データの参照と周期性の表現を両立させた KronoMiner[19]を開発した。

以下はらせん構造を用いて時系列のイベントの変化を表現する方式である。Carlis[20]らや Weber[21]らによって、時間の連続性と周期性を合わせて表現できるらせんを用いた可視化の方法が開発・改良されてきた。Tominski らは、既存のらせん表現を汎用化して多変量データ解析等にも使える表現形式を開発した[22]。Suntinger らは、様々なイベントストリームがトンネルの中を流れるメタファを用いてイベントの発生や頻度、属性を表現できる Event Tunnel[23]を開発した。Larsen らは、定期的な訪問パターンを可視化する時系列のらせん表現である QS Spiral[24]を開発した。様々な周期的パターンを発見するために、いくつかのタイムフレーム（週、日など）で表現することができる。

Cuttone らは、人の移動に関する予測モデルの研究のなかで、個人行動の立寄り先を可視化している[25][26]。日、週、年を一覧できる表現により周期性や規則外行動を一覧することができる。立寄り場所を扱う点は本提案とも親和性が高い。

6. ライフスタイルテクスチャ

個々人の行動パターンを捉えて認証を行ったり、個人毎の行動に合ったサービスを提供していくためには、滞在場

所や移動節点といった情報に加えて、行動パターンの可視化と分類が効果的である。イベント等の時刻情報付きデータの可視化方式についてはこれまでもさまざまな手法が提案されている。本論文で提案するライフスタイルテクスチャ方式は、矢野らのライフタペストリー[16]の表現法および Cuttone らの個人別立寄り場所の可視化[25]の考え方を参考にしてしている。立寄り場所としては第2節で述べた滞在場所推定の結果を適用し、全日および曜日毎に1日の時系列（縦方向）のなかでどの場所に居るのか（横方向）の分布を“テクスチャ”（織物）として表現するものである。

さらに以下の2点の情報を付与している点が本方式の特長であり、一覧性を維持しながら表現力を強化した。

- 各種の習慣的なイベント（ネット閲覧等）
- 日常行動の中での移動節点（通勤路等）

具体的には、滞在場所推定の結果として、既に自宅、勤務先、第一立寄先、第二立寄先、第三立寄先が得られているので、これに上記b)の通勤路を加えた6色を使う。通勤路は滞在場所などの“1つの場所”を示すものではないが、自宅から勤務先への移動途上で通過している駅等の情報を経路探索も含めて網羅することで、滞在場所と同格の“場所集合”として扱うことができる。

色の割り当てとしては HLS 色空間[27]の色相（Hue）を用いる。場所の種類別に近い色相でまとめることで、立寄り先を増やしても規則に沿った色相で表現することができる。図9に色割り当ての方法を示す。

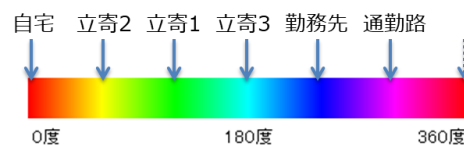


図9 滞在場所と通勤路の色割り当ての方法

さらに上記a)の表現の方法としては、同じく HLS 色空間の輝度（lightness）を純色から白白色へ、そのイベントの頻度に比例して上げることで表現している。図10にテクスチャの凡例を示す。

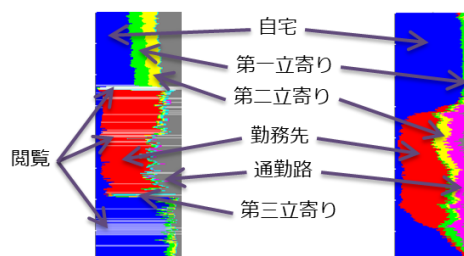


図10 テクスチャの凡例

本方式の利点は以下の通りである。

- ✓ 色彩によって、どの時間帯にどこに居る傾向が強いのか、いつアプリ操作をしているのかが直感的にわかる

- ✓ 色塗りのパターンが個性のパターンとして表現され、他者との類似性の判定や分類も容易
- ✓ 地図上の位置（町丁目等）とは完全に独立に表現されるものであるため、パターンからの個人特定が困難
- ✓ 静的な居場所だけでなく、通過する場所（通勤路等）やイベントも同様に表現できる
- ✓ 周期性についても、重畳する周期を変えるだけで、全日と曜日だけでなく、月、四半期、年、任意の指定期間といった単位でパターン化できる

テクスチャ計算では、実験参加者のうち、有効な行動データが連続して 30 日間以上得られている 3882 人を選んで評価を行った。そのうちアプリ閲覧のデータも保有している方は 1535 人である。

図 11 は週休二日の勤め人らしい人で、特に水曜日の行動が特徴的である。また、通勤路（magenta 色）が多く見られることから、行動範囲が通勤経路付近である可能性が高い。

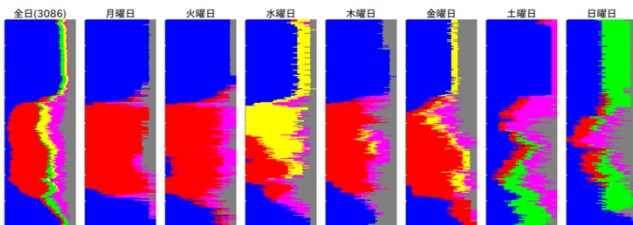


図 11 ライフスタイルテクスチャ(通勤路を含む)

図 12 も勤め人らしく見える人であるが、木曜・土曜の夜明け前と、出勤途上にアプリを閲覧していることがわかる。なぜか週末休日が見当たらないが、これは本当に休みがないのか、休みの日に勤務先と近いところに移動しているため出勤のように見えるのかは、このテクスチャからはわからない。

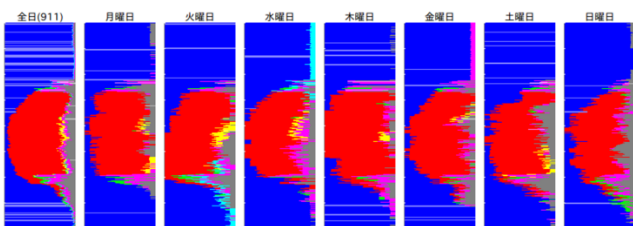


図 12 ライフスタイルテクスチャ(イベントを含む)

なお、日毎のテクスチャをらせんで繋げる表現方式も可能である。ただし、本プロジェクトにおける“個人の行動をパターン化する”という方向性においては、日々の変化を捉えるよりも、週・月・年のような周期性を捉えてそれぞれパターン化する方に（現時点では）重きを置いている。

7. 考察

7.1 テクスチャの基本パターン分類

まず、基本的な処理としてテクスチャの分類方法を示しておく。

テクスチャ情報には、推定アルゴリズムによって得られたみなしの自宅、勤務先、第一立寄先、第二立寄先、第三立寄先と各場所の 5 分毎の測位頻度比率が含まれている。その比率に応じて以下のような基本パターンに分類することができる。因みに、全体の 7%以上の訪問頻度比率がある場所を立寄先としている。

- ① 自宅のみで 75%以上
- ② 自宅+職場で 75%以上
- ③ その他（自宅～立寄先 3 以外）が 60%以上
- ④ 立寄先 1 箇所以上
- ⑤ 立寄先 2 箇所以上
- ⑥ 立寄先 3 箇所以上
- ⑦ パターン不明

図 13 に①, ②, ③, ⑥, ④の 5 パターンのテクスチャの一部を挙げておく。実際の自宅・職場位置の開示は得ていないので、たとえば自宅のみ 75%といっても、自宅職場同一型（職住一致型）あるいは職場隣接型の場合と区別はつかない。年中無休仕事型に見える場合もあるが、図 12 のように、たまたま勤務先と近い場所に移動しているだけかもしれない。

アプリ閲覧イベントに関しては、通勤途上閲覧型、夜中閲覧型などのパターンが顕著にわかる。

7.2 テクスチャの活用

次に、このテクスチャの活用法を示す。

第一に個人認証での活用がある。このテクスチャの縦糸としてその日の移動場所を刺繍のように重畳的に織り込むことにより、行動パターンに対する現在の行動との合致度（乖離度）を継続的に計算しておくことができる。個人認証のための認証アルゴリズムは認証要素毎に複数方式用意されることが想定され、これらのアルゴリズムが多要素認証の構成要素となるが、その補助的な要素としてテクスチャによる確認機能を使用することができる。

第二に行動推薦や行動支援、行動評価等における活用である。ここで考慮すべきは以下の 3 ステップであると考えている。

- a) 活用主体であるサービスプロバイダ等に対してユーザのテクスチャ情報を供与する
- b) テクスチャは基本パターン分類だけでなく、パラメータを与えて柔軟にクラスタリングできる
- c) 活用者・評価者のためのビュー、およびユーザへのフィードバックに用いる

想定としては、サービスプロバイダ自身が行動情報を保有していない場合にも、a)のステップとして“MITHRA ラ

ライフスタイル認証・解析プラットフォーム”からユーザのテキスト情報を取得し、プロバイダ側の固有情報と突き合わせることでb)によってプロバイダ側の求める習慣性・周期性等の抽出および評価を実施し、その結果をc)として用いる、といった利用シナリオが考えられる^{††}。

このテキストは匿名性の高い表現形式であり、プライバシー性を保ったまま扱うことができるため、独立した事業者間（認証プラットフォームとサービスプロバイダ）で上記のような運用が可能になると期待される。

8. まとめ

本論文では、MITHRA プロジェクトの実験用フレームワークの構成と、その一環として取り組んでいる行動データ間の関連検索および行動パターンの可視化方式であるライフスタイルテキストについて述べた。現時点では機能の提供を始めた段階であり、今後、有用性の実証を行い、強化を進めていく。

ライフスタイル認証・解析技術は、未来の社会・産業が望む新たな価値をもたらす、極めて共通性の高い社会インフラとなり得る基盤技術である。今後も継続して基礎技術の深耕を進め、実証実験で収集した豊富なデータを使って評価・検証を重ね、実用化と社会実装につなげていく。個人性を特徴づける新たなデータ種あるいはデータの組合せの探索も重要な継続課題である。

謝辞

本研究は、東京大学と筑波大学の共同研究に基づき行われたものである。共同研究の推進およびご指導いただいた吉田健一教授（筑波大学ビジネス科学研究科・システム情報工学研究科兼務）ならびに中田登志之教授（東京大学大学院情報理工学系研究科）に感謝の意を表します。

MITHRA プロジェクトの研究は、次世代個人認証技術講座（三菱 UFJ ニコス寄付講座）による。

参考文献

- [1] 小林良輔, 疋田敏朗, 鈴木宏哉, 山口利恵: 行動センシングログを元にしたライフスタイル認証の提案, コンピュータセキュリティシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, No. 2(2016), pp. 1284-1290.
- [2] 鈴木宏哉, 山口利恵: ウェアラブルデバイスを活用した個人の行動によるユーザ認証の検討, SCIS2015 暗号と情報セキュリティシンポジウム, (2015), pp. 4C2-4.
- [3] 小林良輔, 山口利恵: マンガアプリにおける閲覧ならびにその他の利用履歴情報を活用した個人認証手法の提案, SCIS2017 暗号と情報セキュリティシンポジウム, No. 4D2-3(2017).
- [4] 鈴木宏哉, 小林良輔, 佐治信之, 山口利恵: ライフスタイル認証実証実験 -MITHRA プロジェクト-, SCIS2017 暗号と情報セキュリティシンポジウム, 4D2-1(2017).
- [5] 鈴木宏哉, 小林良輔, 佐治信之, 山口利恵: ライフスタイル認

証実証実験レポート -MITHRA データセット-, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2017)シンポジウム, 1H-2(2017).

- [6] 小林良輔, 佐治信之, 山口利恵: ライフスタイル認証の活用事例とその検証: 低リスクシナリオ, Computer Security Symposium 2017, 2D2-1(2017)
- [7] GeoHash: <http://en.wikipedia.org/wiki/Geohash>
- [8] quadkey: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb259689.aspx>
- [9] 総務省: 地域メッシュ統計の特質・変革, <http://www.stat.go.jp/data/mesh/pdf/gaiyo1.pdf> (参照 2017-08-28).
- [10] 駅データ.jp: <http://www.ekidata.jp/>
- [11] Susan Havre, Beth Hetzler, and Lucy Nowell: ThemeRiver: Visualizing theme changes over time, Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 2000), pp. 115-123 (2000).
- [12] Conglei Shi, Weiwei Cui, Shixia Liu, Panpan Xu, Wei Chen, and Huamin Qu: RankExplorer: Visualization of Ranking Changes in Large Time Series Data. Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 2012), pp. 2669-2678 (2012).
- [13] Milton H. Shimabukuro, Edilson F. Flores, Maria Cristina F. de Oliveira, and Haim Levkowitz: Coordinated Views to Assist Exploration of Spatio-Temporal Data: A Case Study. CMV '04 Proceedings of the Second International Conference on Coordinated & Multiple Views in Exploratory Visualization, pp. 107-117 (2004).
- [14] Martin Wattenberg, Fernanda B. Viégas, and Katherine Hollenbach. Visualizing activity on wikipedia with chromograms. INTERACT'07 Proceedings of the 11th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part II, pp. 272-287 (2007).
- [15] Takeshi Tanaka, Shunzo Yamashita, Kiyoshi Aiki, Hiroyuki Kuriyama, and Kazuo Yano: Life Microscope: Continuous Daily-Activity Recoding System with Tiny Wireless Sensor, Proc. 5th International Conference on Networked Sensing Systems, June 2008.
- [16] 矢野和男: ライフログ経験: センサが人生を変える, 情報処理 Vol.50 No.7 July 2009.
- [17] Tim Lammarsch, Wolfgang Aigner, Alessio Bertone, Johannes Gartner, Eva Mayr, Silvia Miksch, and Michael Smuc: Hierarchical Temporal Patterns and Interactive Aggregated Views for Pixel-Based Visualizations. IV '09 Proceedings of the 2009 13th International Conference Information Visualization, pp. 44-50 (2009).
- [18] Milos Krstajic, Enrico Bertini and Daniel A. Keim. CloudLines: Compact Display of Event Episodes in Multiple Time-Series. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 17, pp. 2432-2439 (2011).
- [19] Jian Zhao, Fanny Chevalier and Ravin Balakrishnan. KronoMiner: Using Multi-Foci Navigation for the Visual Exploration of Time-Series Data. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI'11), pp. 1737-1746 (2011).
- [20] John V. Carlis and Joseph A. Konstan. Interactive Visualization of Serial Periodic Data. Proceedings of the 11th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST'98), pp. 297-308 (1998).
- [21] Weber, M., Alexa, M., and Muller, W.: Visualizing time-series on spirals, Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (2001).
- [22] Christian Tominski and Heidrun Schumann: Enhanced Interactive Spiral Display, Proceedings of the Annual SIGRAD Conference 2008, 53-56 (2008).
- [23] Suntinger, M., Schiefer, J., Obwegger, H., and Groller, M.: The event tunnel: Interactive visualization of complex event streams for business process pattern analysis, Visualization Symposium, IEEE

^{††} 企業として従業員の勤務実態の把握のために契約し、企業側の入退場情報と突合することで勤務実態を可視化することができるなど

(2008), 111-118.

- [24]Jakob Eg Larsen, Andrea Cuttone, and Sune Lehmann Jørgensen:
QS Spiral: Visualizing periodic quantified self data, CHI 2013
Workshop on Personal Informatics in the Wild: Hacking Habits for
Health & Happiness, 2013.
- [25]Andrea Cuttone, Sune Lehmann Jørgensen, and Marta C. Gonzalez:
Understanding Predictability and Exploration in Human Mobility,
<https://arxiv.org/pdf/1608.01939.pdf>, 2016.
- [26]Andrea Cuttone, Jakob Eg Larsen, and Sune Lehmann Jørgensen:
Data Mining and Visualization of Large Human Behavior Data Sets,
Technical University of Denmark, 2017.
- [27]HSL and HSV: https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV

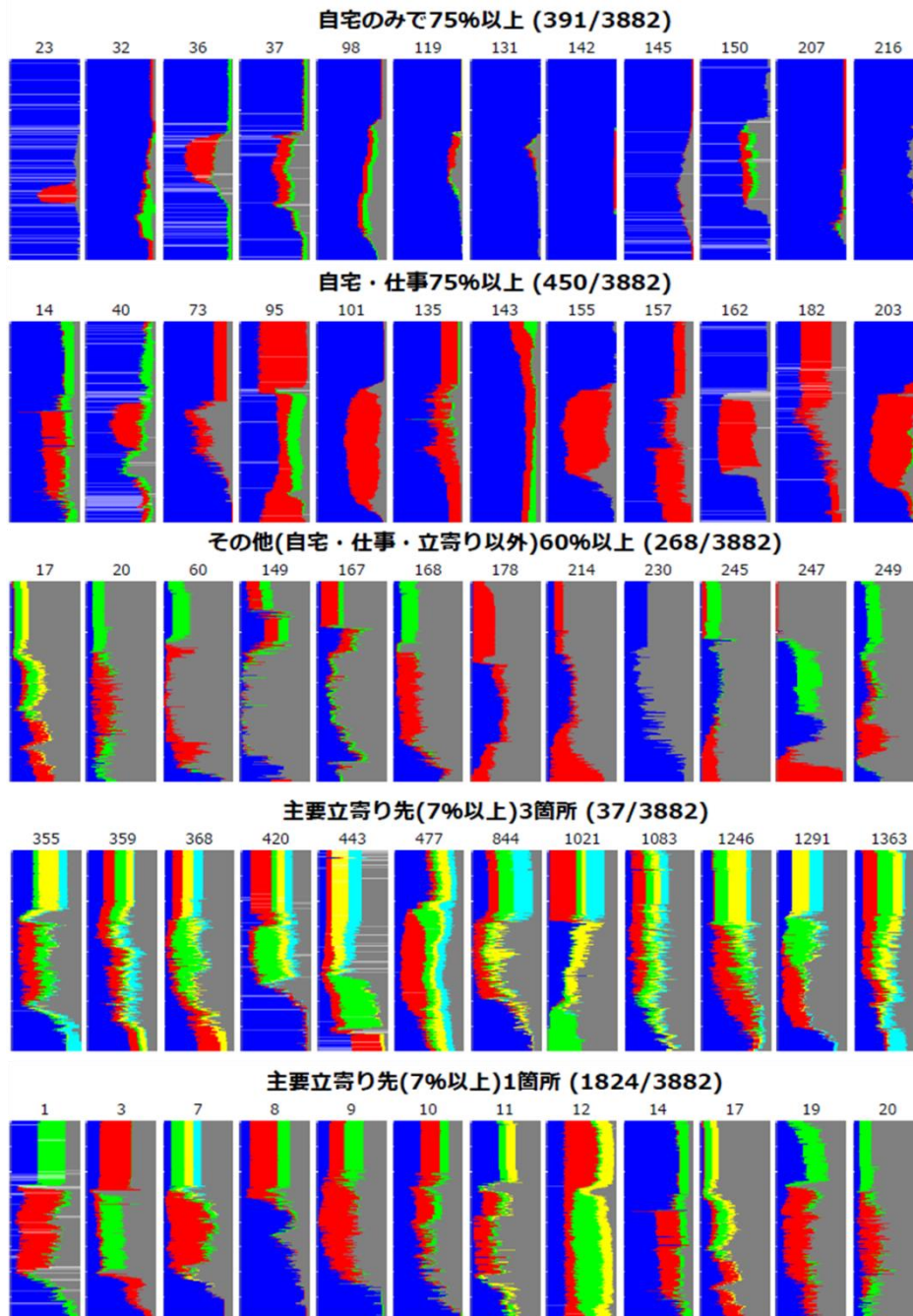


図 13 ライフスタイルテクスチャのパターン別分類