

# 無線センサを用いた駅構内における大規模人流誘導を対象とする流動意味解析システム

荻原 崇<sup>†</sup> 白 迎玖<sup>†</sup> 高垣 良宏<sup>††</sup> 清木 康<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

<sup>††</sup> 慶應義塾大学 SFC 研究所 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

<sup>†††</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: <sup>†</sup>{ogigi93,bai}@sfc.keio.ac.jp, <sup>††</sup>a8638029@sfc.keio.ac.jp, <sup>†††</sup>kiyoki@sfc.keio.ac.jp

**あらまし** 本稿では、無線センサを用いて駅空間情報および流動情報をリアルタイムにデータベース化し、偶発的な混雑の発生・危険を検出し、流動を意味解析し、結果を可視化するシステムを構築した。本システムの特徴は主に三つある。(1)空間情報および流動情報をリアルタイムに分析する(2)意味解析することで状況を「言語」に変換する(3)各地点の情報を統合、総合的に分析する。このシステムにより、駅員はリアルタイムに提示された流動情報を有効的に利用し、より安全かつ効果的な対策を迅速に判断し、最適化な誘導を実施することが可能となる。

**キーワード** Wi-Fi, 混雑推定, 人流誘導, コンテキスト検出, 意味解析

## Real-Time Visual Semantic Analysis for Directing Adaptive Passenger Movements Using Wireless Sensors

Takashi OGIWARA<sup>†</sup>, Yingjiu BAI<sup>†</sup>, Yoshihiro TAKAGAKI<sup>††</sup>, and Yasushi KIYOKI<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Media and Governance, Keio University, Japan

<sup>††</sup> SFC Research Institute, Keio University, Japan

<sup>†††</sup> Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, Japan

E-mail: <sup>†</sup>{ogigi93,bai}@sfc.keio.ac.jp, <sup>††</sup>a8638029@sfc.keio.ac.jp, <sup>†††</sup>kiyoki@sfc.keio.ac.jp

**Abstract** In this paper, we focus on a real-time semantic analysis, diagnosing congestion, predicting traffic condition and decision-making processes for efficient problem-solving with four main technical challenges: (i) measuring passengers movements with estimating passengers positions and environmental conditions by wireless sensor in real-time; (ii) building databases using PostgreSQL for analysing, diagnosing congestion and detecting the abnormal situation; (iii) making visual semantic analysis through combining relevant databases and comparing their computation time in different place; and (iv) capturing an accurate explanation of the traffic anomalies and providing problem-solving (or experts) suggestions. Our approach has been illustrated with real data collected, that using wireless sensors increase the cost-effectiveness and data accuracy. Results indicate that real-time processing of station environmental data and personal movements information based on semantic technologies is possible. Particularly, a contextual data interface and a visualization of the combined statistics from databases are efficient, scalable and low-latency for stationmaster (or station manager) to direct adaptive passenger movements.

**Key Words** Adaptive Passenger Movements, Congestion Estimate, Context Detection, Semantic Analysis, Wi-Fi

### 1. はじめに

近年、東京圏における電車利用者数は伸びており、大規模な駅における一日の平均利用者数は100万人を超える<sup>[1]</sup>。駅の利用者は、通勤通学での利用者のほか、旅行者、外国人など多岐にわたっており、求められるサービスや緊急事態の対応策も多様である。そこで、より効果的な情報提供および施策を実施するために、IT技術を用いた屋内における混雑および流動を解析するシステムの研究が多く行われている。しかし、駅構内における最適な手法および技術はまだ確立されて

おらず、またグラフ等による可視化のみでは、瞬時に状況を理解することが困難であり、利用者の経験に大きく左右されてしまうという問題がある。さらに、東京オリンピック開催決定後に海外からの旅行者が長期的にさらに増加する傾向と予測されている<sup>[2]</sup>。これらの背景から、人流誘導において、リアルタイムに混雑状態の変化・異常を検出・解析・予測した上で最適化な誘導手法を提示するシステム、および流動意味解析・記憶するシステムの実現は緊急な課題である。

近年、スマートフォンの普及やセンサの低コスト化

によって、人流誘導の策定を支援する可視化システムの開発や、スマートフォン等を通じた情報提示により各個人の自発的な行動を誘発するシステムの開発が活発になっている。例えば、混雑情報を提示することによって、来訪者に混雑を自発的に回避される手法が評価されている。さらに、朝日ら<sup>[3]</sup>により提示情報に従わない等の予期せぬ振る舞いへの対応のため、集団状態最適化手法のシミュレーションによる混雑緩和の最適化システムの実現も検討されている。福崎ら<sup>[4]</sup>の研究によれば、ショッピングモールにおいて、無線センサを用いた流動解析を実施。混雑状態や、人流滞り・移動時間のような情報をリアルタイムに可視化することによって、人員配置の策定や混雑発生を検知・予測が可能となる。とくに、可視化した流動意味解析・記憶するシステムの実現は問題解決のための施策に役立つことが指摘されている<sup>[5]</sup>。

本稿では、主に駅空間を対象とし、無線センサを用いて駅空間情報および流動情報をリアルタイムにデータベース化し、偶発的な混雑の発生・危険を検出、流動意味解析の結果を可視化するシステムを構築した。このシステムは、無線センサを配置し、そこから大規模流動状況を自動的に監視・異常検知・解析し、可視化を実現する。このシステムにより、駅員はリアルタイムに提示された流動情報を有効的に利用することで、より安全かつ効果的な対策を迅速に判断し、最適化な誘導を実施することが可能となる。さらに、利用者も各地点の状況を簡単に理解することができ、より快適かつ安全な移動を実現することができる。

## 2. 無線センサを用いた流動意味解析システム

### 2.1. 本システムの特徴

本システムは既存の研究・サービスに対して以下の3つの特徴を持つ。

- ① Probe Request により空間情報および流動情報をリアルタイムに分析 (Stream Computing)
- ② 意味解析により、状況を言語に変換する (Semantic Analysis)
- ③ 各地点の情報を結合、総合的に分析 (Multipoint linkage Analysis)

図1は本システムの特徴を示すものである。無線センサは小型マイコンボード「BeagleBone Black」を用いて開発している。無線通信にはUSB無線LANアダプタ「Buffalo WLI-UC-GNM2」を2機接続し、無線ネットワーク接続およびProbe Requestの収集を同時に行っている。収集されるProbe Requestについて、MACアドレスを暗号化後、5秒間隔でサーバ上へアップロードされる。

人々が持つモバイル端末から放出される Probe Request を収集することで端末の位置を推定する。各地点における混雑度や流動パターンだけではなく、来日観光客や初回利用者の割合など、駅空間において重要だと考えられる利用客の属性等についても分析・可視化を行う。さらに、混雑および流動データを意味解析し、具体的に「どのような状況であるか」を言語として提供することで、誰もが容易に状況を理解することができるシステムを実現する。

そのため、本システムは主に「位置推定」「混雑度・流動推定」「意味解析」の三つの分析フェーズに分かれており、無線センサから取得できる情報のみから解析を行う。屋内における混雑度や流動だけではなく、具体的にどのような状況かを意味解析を実施。誰もが迅速かつ容易に状況を理解することができるシステムを構築する。システムイメージを図1に示す。

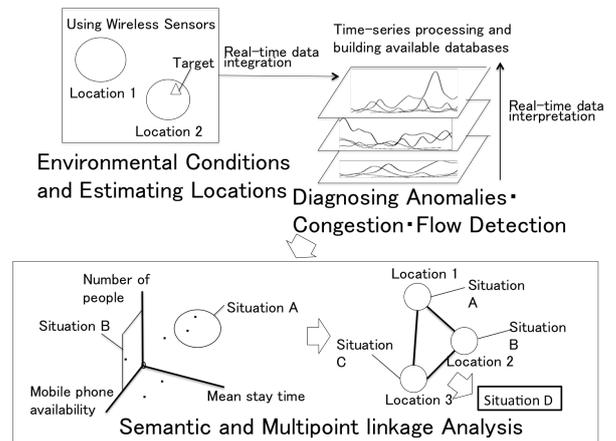


図1 本システムの特徴を示すイメージ図

#### 2.1.1. Probe Request について

Probe Request とは、スマートフォンなどの Wi-Fi 通信機能を持つ端末がアクセスポイントとの通信を行うために放出されるパケットの管理フレームであり、定期的に放出されている。放出間隔は端末毎に異なるが、中野ら<sup>[8]</sup>によると、多くは 20~60 秒程の間隔で放出されていることが確認されている。また、ネットワーク利用を伴う操作をしている場合 10 秒より短い間隔、およびスリープ解除操作時においてアクティブスキャンが行われることが確認されている。

Probe Request には主に放出端末の①Mac アドレス、②SSID、③放出時間、④RSSI(受信信号強度)の情報を取得することが可能である。さらに、Probe Request はブロードキャストするだけではなく、過去に接続アクセスポイントの SSID を付加し、放出する。そのため、SSID と国々が紐づくデータベースによって、近頃に滞在した国を推定することが可能である。

### 2.1.2. 位置推定

Probe Request を用いた位置推定について、電波到来遅延時間を利用した TDOA(Time Difference Of Arrival)方式、受信信号強度(RSSI)を利用した Proximity 方式(近接性)、Angulation 方式(角測量)、Lateration方式(変測量)、Scene Analysis方式(環境把握)などがある<sup>[7]</sup>。

本システムでは、Proximity および TDOA 方式を参考に混雑・流動推定を行う。Proximity 方式は推定対象端末からの RSSI が最も強いエリアを推定位置とする手法である。また、本システムでは、センサ間の距離を十分に空け(50m 以上)推定対象デバイスからの Probe Request を複数センサで収集されないよう考慮した。もし、複数センサにおいて Probe Request が検出された場合、到達時間が早い地点を推定位置とする。Probe Request が検出されたセンサ付近を推定位置とする(図 2)。各推定対象端末の位置を時系列で収集することによって、混雑および流動を推定することができる。

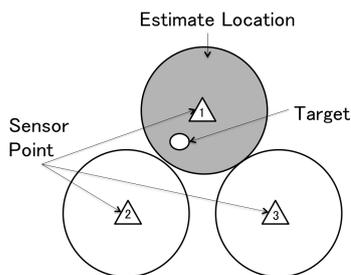


図 2 本システムの位置推定手法

### 2.2. システム構成

図 3 はシステム構成を示すものである。駅空間情報および流動情報をセンサを用いてリアルタイムにデータベース化する。その後、意味解析を実施することで、駅員や利用客の意思決定を支援するシステムを構築する。

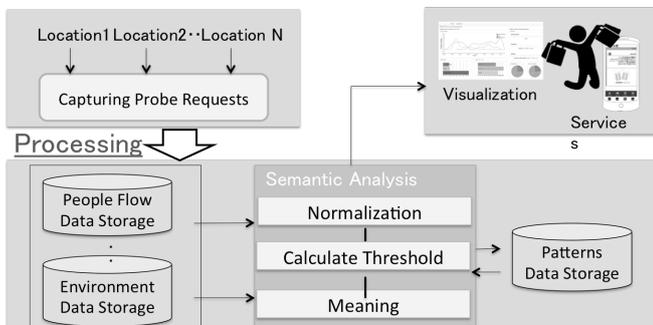


図 3 システム構成図

### 2.2.1. データベース構造

人々の流動および属性情報を格納するテーブル、各地点の混雑(滞在人数)や滞在平均時間などの情報を格納するテーブル、意味解析のための情報を格納するテーブルなど、計 9 つのテーブルを設計した(表 1)。データベース構造を図 4 に示す。データベースは PostgreSQL を使用しており、主なテーブルについて以降に詳細を示す。

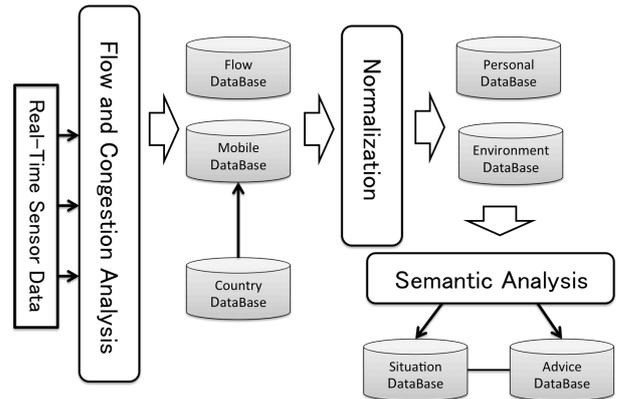


図 4 データベース構造図

#### (1) Flow テーブル

人々の流動および性質に関する情報を格納する。本システムでは中野ら<sup>[8]</sup>の知見により、放出間隔が 5 秒以下である時、端末が使用されていると推定する。

属性「using」とは、推定対象者が端末を使用しているか、していないかを示す属性である。属性「type」とは、推定対象者の流動パターンに対応したラベル情報を保持する。例として、駅構内において「出入口→お店→改札内」と推定された対象者について、電車利用の前にお店に立ち寄ることから、ラベル「寄り道」を付加する。本システムでは駅構内での利用を想定し、下記の三つの流動タイプを設定した。

- ① Straight  
「出入口→改札」「改札→出入口」など、目的地へ真っ直ぐ移動する流動パターン
- ② Detour  
「出入口→お店→改札」など、途中地点において寄り道をする流動パターン
- ③ Unique  
「出入口→改札→出入口」など、一見変わった移動をする流動パターン

#### (2) Country テーブル

近頃、日本または海外に滞在していたことを示す情報を格納する。表 2 に示すように、属性「country\_label」とは、推定対象者(端末)が近頃日本に滞在していたか、または日本国外へ滞在していたかを示す属性である。Probe Request に含まれる SSID を用いて推定を行う。

表 1 テーブルリストおよび属性

Table Name	Data Attribute	Experian	Data Type
(1) Flow	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mobile</li> <li>• ssid</li> <li>• interval</li> <li>• origin</li> <li>• origin_time</li> <li>• destination</li> <li>• dest_time</li> <li>• second</li> <li>• second_time</li> <li>• third</li> <li>• third_time</li> <li>• fourth</li> <li>• fourth_time</li> <li>• using</li> <li>• stay_time</li> <li>• type</li> </ul>	端末 ID SSID 日時(10 分間隔) 出発地 ID 出発時間 目的地 ID 到着時間 経由地 ID 経由時間 経由地 ID(2) 経由時間(2) 経由地 ID(3) 経由時間(3) 端末使用の有無 到着地滞在時間 流動タイプ	CHAR(255) CHAR(255) TIMESTAMP INTEGER TIMESTAMP INTEGER TIMESTAMP INTEGER TIMESTAMP INTEGER TIMESTAMP INTEGER CHAR(255) CHAR(255) INTEGER CHAR(255)
(2) Country	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ssid</li> <li>• country</li> <li>• country_label</li> </ul>	SSID 推定言語国 日本・海外	CHAR(255) CHAR(255) CHAR(255)
(3) Mobile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mobile</li> <li>• count</li> <li>• first_time</li> <li>• last_time</li> </ul>	端末 ID 日時別出現回数 最初出現時間 最後出現時間	CGAR(255) INTEGER TIMESTAMP TIMESTAMP
(4) Normalization	<ul style="list-style-type: none"> <li>• location_id</li> <li>• interval30</li> <li>• interval</li> <li>• max_count</li> <li>• max_stay</li> </ul>	地点 ID 日時(30 分間隔) 日時(10 分間隔) 最大滞在人数 最大滞在時間	INTEGER TIME TIME INTEGER INTEGER
(5) Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• personal_id</li> <li>• straight</li> <li>• detour</li> <li>• unique</li> <li>• japan</li> <li>• foreign</li> <li>• first</li> <li>• more_second</li> </ul>	ラベル ID 流動タイプ「Stright」の割合 流動タイプ「detour」の割合 流動タイプ「unique」の割合 日本滞在中割合 海外滞在中割合 初回来場者割合 2 回目以降の来場者割合	INTEGER FLOAT FLOAT FLOAT FLOAT FLOAT FLOAT FLOAT
(6) Environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• env_id</li> <li>• norm_count</li> <li>• norm_stay</li> <li>• using_ratio</li> </ul>	ラベル ID 滞在人数割合 滞在平均時間 端末使用割合	INTEGER FLOAT FLOAT FLOAT
(7) Situation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• situateion_id</li> <li>• intercal</li> <li>• personal_id</li> <li>• env_id</li> </ul>	状況 ID 日時(10 分間隔) 属性ラベル 1 属性ラベル 2	INTEGER TIMESTAMP INTEGER INTEGER
(8) Advice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• advicee_id</li> <li>• advicee</li> <li>• situateion_id</li> </ul>	アドバイス ID アドバイス内容 状況 ID	INTEGER CHAE(255) INTEGER
(9) Threshold	<ul style="list-style-type: none"> <li>• th_id</li> <li>• th_1</li> <li>• th_2</li> <li>• th_3</li> </ul>	閾値 ID 閾値情報 1 閾値情報 2 閾値情報 3 ... N	INTEGER FLOAT FLOAT FLOAT

本システムでは、Microsoft から提供されている API 「Bing Search API」 および 「Microsoft Translator」 を用いて SSID を Web 検索し、検索結果 8 件のタイトルの言語を抽出する。合計推定数が一番多い言語が日本語であった場合、日本に滞在していたと推定する。もし他言語であった場合、近頃は海外に滞在していたと推定する。

### (3) Personal, Environment テーブル

「Personal」テーブルは、対象地点にどのような人々が滞在しているかを示す情報を格納する。「Environment」テーブルは、対象地点の状況を示す情報を格納する。これらのテーブルは「Situation」テーブルによってリレーションを保持する。

属性「situation\_id」に紐づく「Situation」テーブルによって、10 分毎の各地点の状況および滞在者の属性によって意味づけが行われる。例として、「問題が発生、大混雑中、非常に危険な状態」かつ「初回来日・来日者の割合不慣れた人々および海外来日者が多くいる状態」の時、システムが駅員に対して「案内を強化、応援を呼びましょう。さらに、外国人向け案内端末や資料を持っていきましょう」と意思決定をサポートする。

これらのテーブルは PostgreSQL のトリガー機能を用いたプログラムにより、有効なセンサデータが到達する度に動的に更新される。

## 2.2.2. 可視化アプリケーション

意味解析結果を視覚的に表現する可視化アプリケーション作成した。データベースは PostgreSQL, データ処理に Python(Django), Web アプリケーション画面の開発に HTML, JavaScript を使用した。ページは (1) 全体状況を示すもの (2) 各地点の状況を示すもの (3) 流動パターンによる属性比率を示すものの全 3 ページある。以下に各可視化アプリケーション画面および詳細情報を示す。これらのページは 10 分間隔で更新される。

### (1) 全体状況を示すページ

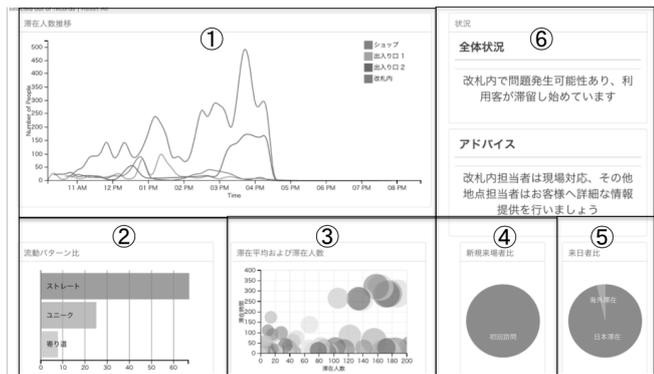


図 5 可視化による利用者の全体状況

各表示情報について以下に示す。

- ① 各地点の推定滞在人数の推移
- ② 各流動パターン比率
- ③ 滞在平均時間・推定滞在人数
- ④ 新規来場者比率
- ⑤ 日本・海外滞在者比率
- ⑥ 全体状況および意思決定のためのアドバイス

### (2) 各地点の状況を示すページ

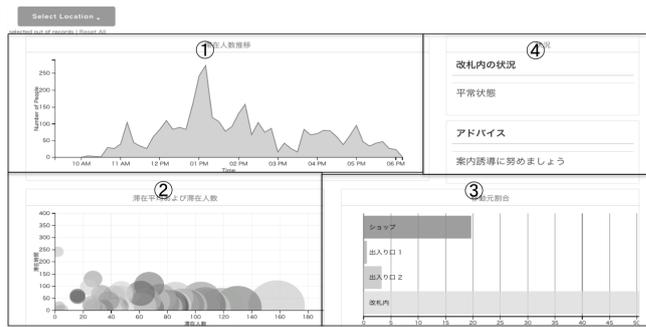


図 6 可視化による利用者の滞在状況の把握

各表示情報について以下に示す。

- ① 推定滞在人数の推移
- ② 滞在平均時間および滞在人数
- ③ 移動元の比率（どこから移動してきたか）
- ④ 各地点の状況および意思決定のためのアドバイス

### (3) 流動パターンによる属性比率

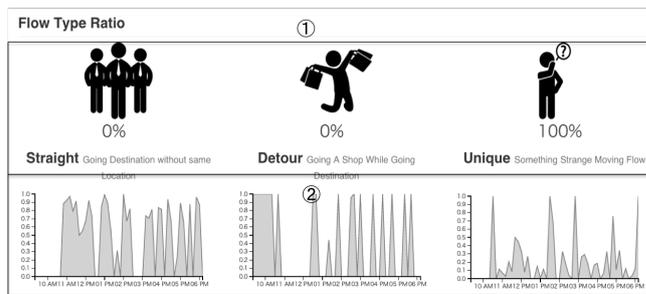


図 7 可視化による流動パターンの時系列での把握

各表示情報について以下に示す。

- ① 流動パターンによる属性比率
- ② 各属性の時系列推移

## 2.2.3. 意味解析システム

本システムでは意味の数学モデルを用いて意味解析を行う。意味の数学モデルとは、異なる意味を持つメタデータを次元の軸として空間を形成するモデルである。このモデルを用いることにより、各地点の環境情報による空間、人々の流動タイプおよび属性による空間と 2 つのメタデータ空間を形成する。意味の数学モ

デルの詳細は文献[10][11]に述べられている。

### 2.2.3.1. 環境情報による空間

各地点どのような状況であるかを表現するメタデータ空間を形成した。メタデータとして、「推定滞在人数」「滞在平均時間」「端末使用の割合」の3つを選定した。理由として、駅空間にて長時間の運行不能状態などの異常が発生した際に、滞在人数および滞在平均時間は平常時よりも増加すると考えられる。また、情報の確認や時間潰しのためにモバイル端末を利用する人々が多くいるのではないかと仮説を立てたためである。この三つのメタデータは時間毎および全体の最大値によって正規化後、ベクトルとして空間に写像される。図8は多次元メタデータ空間を示すものである。

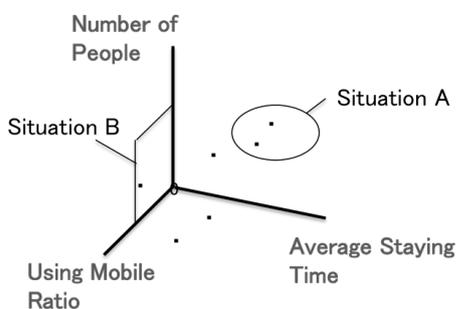


図8 多次元メタデータ空間

空間を形成後、以下の3つを意味解析結果として設定した。また閾値について、今回は筆者らの経験により90%地点を閾値として設定している。

① 平常、②非常に混雑している状態、③問題発生可能性有るか大混雑中、非常に危険な状態。

### 2.2.3.2. 流動タイプおよび属性による空間

各地点においてどのような人々が滞在しているかを表現するメタデータ空間として、「流動タイプ (straight, detour, unique)の割合」「初回来客者の割合」「海外来日者の割合」という3つのパターンを設定した。流動タイプについて後に詳細を示す。他の2つの空間の意味について以下の3つを設定した。

①平常②不慣れた人々が多くいる③不慣れ・訪日外国人が多くいる

閾値について、環境情報による空間と同様 90%地点を閾値として設定した。上記2つの空間による意味解析結果を用いて、JR東日本社員とディスカッションしたうえ、状況に応じて以下のようなアドバイスを実施する。

①現場案内係を配置しましょう②案内誘導に努めましょう③案内を強化、応援を呼びましょう④案内を強化、応援を呼びましょう。さらに、外国人向け案内

端末や資料を持っていきましょう⑤お客様の快適な移動をサポートしましょう

アドバイスおよび状況について、今回設定したものに限らず、環境に応じて変更・追加することができる。

### 2.2.3.3. 各地点の情報を統合

各地点の情報のみだけではなく、各地点の状況および関係性を考慮した総合的な分析を行う。駅空間における具体的な例として、

各出入り口→混雑しており、滞在平均時間も長い  
駅構内(改札, ショップ)→平常であった時、外でイベントが発生しており、イベント終了後多くの人々が駅構内へ流れ込んでくる可能性がある。このような状況をシステムが検知することにより、駅員に対して、「駅外で何が起きているかを確認し、人々の大流入に備えた準備を実施」させることを勧めることができる。このように、各地点の状況および関係性を考慮した分析を行うことで、駅員一人一人だけでは分からない異常状況についても検出することが可能となる。また、これらのパターンは分析対象地点の数に比例して増加する。そのため、より詳細な状況を設定・検出することができる。図9にシステム処理イメージ図を示す。

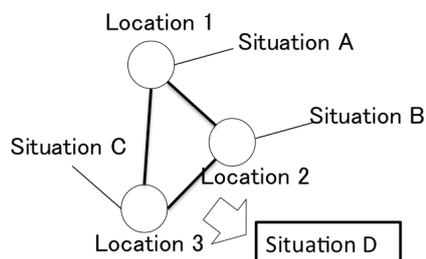


図9 システム処理イメージ

また、本システムでは、各地点と同様、表2のように状況およびアドバイスを設定している。

表2 全体における状況およびアドバイス

状況	アドバイス	条件
改札内で問題発生可能性あり、利用客が滞留し始めています	改札内担当者は現場対応、その他地点担当者はお客様へ詳細な情報提供を行います	改札：異常状態 他地点：平常
駅周辺でイベントが発生している可能性があります	状況および要因を確認し、誘導準備を行います	出入り口：異常状態 他地点：平常
緊急事態発生	緊急事態発生	全地点：異常状態

### 3. システム評価

#### 3.1. システム評価実験

慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス内にてシステム評価実験を行った。図 10 は実験環境およびセンサ設置地点を示すものである。図 9 に示すように「Ω館」, 「κ館外」, 「生協」, 「食堂地下 1F」という 4 箇所にセンサを設置し, 4 日間データを収集した。



図 10 実験環境およびセンサ設置地点

各センサ設置地点の特性について, 「Ω館」は大教室が 2 つあり, 非常に多くの学生が滞在する。「κ館外」は館内の教室は小規模であるが, 休み時間や昼食時間帯にて非常に多くの学生が付近を通る。「生協」は特に休み時間帯に非常に多くの学生が利用し, 混雑する。

「食堂」について, 昼食時間帯は非常に多くの学生・職員が利用するため, 混雑する。

このような置き換えを行った背景として, 特に休み時間や昼食時において多くの学生が各教室から生協・食堂へ移動する。この状況は駅空間における通勤・通学時間と似ており, 置き換えが可能ではないかと考えたためである。実験結果についても, 駅空間に置き換えた状態で評価を行う。

#### 3.2. 実験結果によるシステム評価

4 日間の実験によって総データ数 520394, 12228 の端末を検出した。検出性能について, 図 11 に平日における食堂の滞在人数, 図 12 に生協の滞在人数の推移を示す。

食堂について, 昼食時かつ 2 限が終了する 12:40 頃に, ①のように滞在人数が大幅に増加している。生協について, 1 限終了時間の 10:50, 2 限終了時間の 12:40, 4 限終了時間の 16:15 頃にそれぞれ②, ③, ④のようなピークが見られる。よって実際に流動者が多くいる地点, 時間において精度良く推定することができている。

次に平日における昼食時間付近の流動分析結果を図 13 に示す。

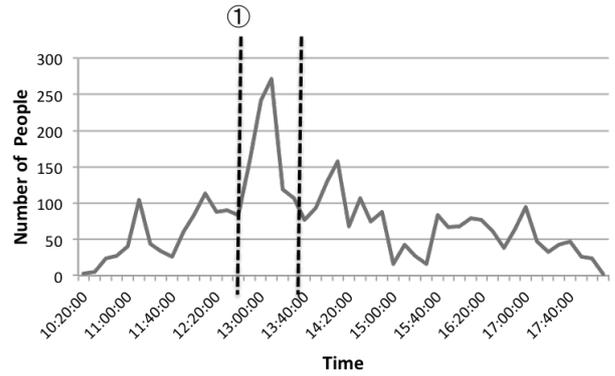


図 11 食堂の滞在人数推移

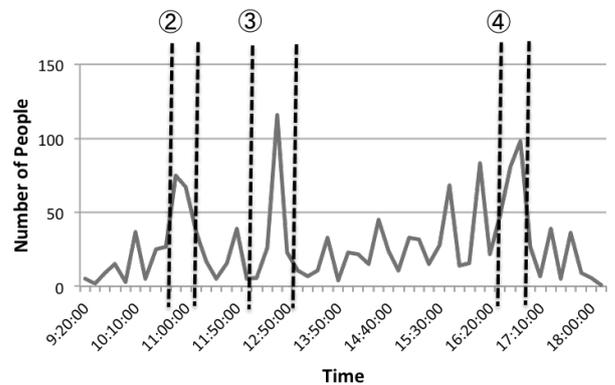


図 12 生協の滞在人数推移

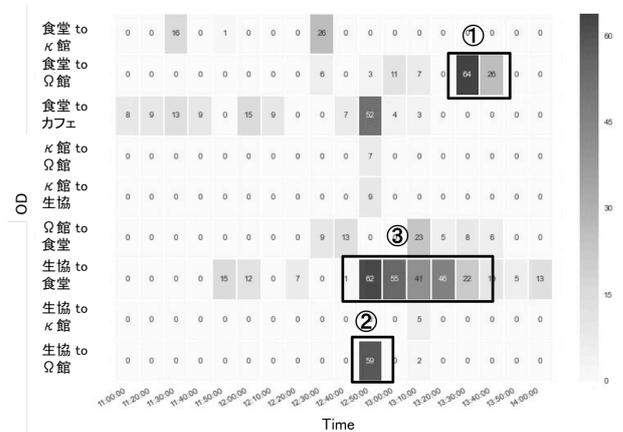


図 13 平日における流動分析結果

①および②が示すように, 3 限の講義が始まる 13 時頃に生協から Ω館へ多くの人々が移動している。これは生協にて昼食を買い, 3 限の講義が行われる Ω館内にて食事をする学生が多いためである。食堂を利用する学生は, Ω館へ移動する時間が 13:20 分頃と, 講義が始まって少し経った頃に移動している学生が多いことがわかる。しかし③のように, 多くの時間生協から食堂へ移動する人々が多くいる結果となっている。次に食堂が混雑する昼食時(12:30 頃)のシステムの分

析結果例を図 14 に示す. システムが食堂における人々の人数および滞在平均時間の増加, そして他地点では大きな変化が見られていないことから, 食堂内にて異常状態を検出している. このように, 本システムは各地点の状況を理解し, その状況に応じた意思決定支援のための情報を示すことができている.

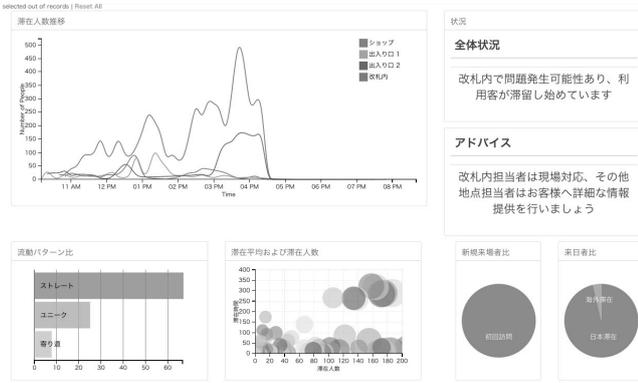


図 14 システムの分析結果例

本システムは駅構内での利用を想定しているため, 実験環境を以下のように置き換える. 人身事故等による列車運行不能状態が続く多くの人々が改札内へ滞留した状況において, システムがその状況を自動検出し, 「どのような状況か」「どのような人々が滞在しているか」を駅員に対して示す. そうして駅員は迅速かつ適切な対応の意思決定を支援することができる.

- ① Ω館一階 → 出入り口 1
- ② κ館外 → 出入り口 2
- ③ 生協 → ショップ
- ④ 食堂 → 改札内

#### 4. おわりに

本稿では駅構内を対象とした流動意味解析システムを構築, 慶應大学義塾大学藤沢キャンパスでの評価実験により各地点の特徴や傾向を推定することができ, システムの有効性を確認した. しかし, あまり良い精度での流動推定を行うことができなかった. 原因として, iOS8 以降に実装された「Mac アドレスのランダム化」が挙げられると考える. この機能は, Probe Request を放出する際, ランダムに変更されたダミーの Mac アドレスが利用される. 本システムは Mac アドレスを用いて流動推定を行っているため, 推定することは不可能である.

今後の展望として, 以下の三つを挙げる.

- ① Mac アドレスランダム化の対策機能の実装
- ② 動的な閾値計算手法の確立
- ③ 実際の駅空間での評価実験の実施

①について, Mac アドレスがランダム化されたものであるが, 本物であるかは Mac アドレスから識別することが可能である. さらに, 同時に放出されることのある SSID を用いてパターンマッチングすることで, 「ランダム化された Mac アドレス, 本当はどの端末」であるかを推定することができ, 対策することが可能であると考えられる. ②について, 本稿では経験値によって閾値を設定したが, 今後は意味の数学モデルおよび機械学習手法を組み合わせることで, 動的かつ環境に応じた閾値を設定する計算方式を実装する. ③について, 本システムは駅構内での利用を想定しているため, 実際の駅構内において本システムが有効であることを検証することは非常に重要である.

このようなシステムによって, より快適かつ安全な駅空間を創造するためのサポートを行うことができると考えられる.

#### 参考文献

- [1] JR 東日本 HP, 2014.
- [2] みずほ総合研究所, 緊急レポート: 2020 東宝オリンピックの経済効果—五輪開催を触媒に成長戦力の推進を—, 2013.
- [3] 朝日大地, 井上知洋, 筒井章博, “誘導スケジューリングによる集団状態最適化手法のシミュレーション評価”, 情報処理学会研究報告 Vol. 2015-ICS-178 No. 6, 2015.
- [4] Y. Fukuzaki, K. Mura, M. Mochizuki and N. Nishio, “Statistical Analysis of Actual Number of pedestrians for Wi-Fi Packet-based Pedestrian Flow Sensing”, Proc. of UBIComp/ISWC '15 Adjunct, pp. 1519-1526, 2015.
- [5] 望月祐洋, 鬼倉隆志, 福崎雄生, 西尾信彦, “Wi-Fi パケット人流解析システムの実環境への適用”, DICO2014 シンポジウム, pp. 1249-1257, 2014
- [6] 森本哲郎, 辻本悠佑, 白浜勝太, 上善恒雄, “Wi-Fi パケットセンサを用いた人流解析と可視化”, DEIM Forum 2015, F8-3, 2015
- [7] 泉野桂一郎, 松島裕康, 野田五十樹, “歩行者シミュレーションを用いた大規模群集に対する各種移動制約導入手法の評価”, 情報処理学会研究報告 Vol. 2015-ICS-178 No. 7, 2015.
- [8] 中野隆介, 沼尾雅之, “無線 LAN アクセスポイントへの検索要求を利用した鉄道車内混雑度推定”, DEIM Forum 2012, A10-1, 2012
- [9] 坂口大樹, 相河聡, “減衰定数を学習する位置推定アルゴリズム”, IEICE, CS2012-82, IE2012-96, 2012
- [10] Kitagawa, T. and Kiyoki, Y., "The mathematical model of meaning and its application to multidatabase systems", Proceedings of 3rd IEEE International Workshop on Research Issues on Data Engineering, Interoperability in Multidatabase Systems, pp.130-135, 1993
- [11] 清水康, 金子昌史, 北川高嗣, "意味の数学モデルによる画像データベース探索方式とその学習機構", 電子情報通信学会論誌, D-II, Vol. J79-D-II, No. 4, pp. 509-51, 19