

O2Oマーケティングを実現する行動センシング技術 —省電力な位置推定・柔軟な情報配信制御・顧客行動の可視化分析—

スマートフォンによって取得した顧客の位置情報に基づき、実店舗への来店促進や販促施策を行うO2Oマーケティングサービスが注目されている。O2Oマーケティングサービスにおいては、スマートフォン内の各種センサを用いた高いユーザ位置推定精度の実現と消費電力削減の両立、情報配信契機の制御、および顧客行動分析を通じたマーケティング施策の検討が課題となる。

今回ドコモが開発した行動センシング技術では、抽象化マップ情報を用いた位置推定と、顧客の行動状態などに対応した柔軟な情報配信制御、顧客行動分析のための可視化を実現し、この一部をAir Stamp[®]*1へ導入することにより、タイムリーかつ省電力での位置連動型情報配信や詳細な顧客行動分析を可能とした。

先進技術研究所

さの ひろゆき こにし てっぺい
佐野 博之 小西 哲平
かわさき さとし つかもと まさかつ
川崎 仁嗣 塚本 昌克

スマートライフ推進部

まえばたけ まさる†
前島 大

1. まえがき

スマートフォン内の各種センサの活用によって顧客の屋内外における位置情報を活用したサービスの提供が可能となり、顧客の現在地付近にある店舗の電子クーポンをスマートフォンへ配信することで来店を促したり、店舗内でおすすめ商品の情報を配信するサービスが提供されている。このようなO2O（Online to Off-line）マーケティングサービス*2は、今後も市場拡大が予想されており、その規模は、2020年には約2,360億円に成長すると言われている[1]。

O2Oマーケティングサービスは、店舗や商品情報、クーポンなどの情報接触をきっかけに、顧客に来店や購買、回遊などの行動をとってもらうことを目的としている。1人ひとりの顧客のニーズや嗜好に合わせた内容、顧客の位置や滞在時間などの状況に合わせ、タイムリーに情報を届けることで、その効果を向上させることができると考えられる。

ドコモはO2Oマーケティングサービスを提供する基盤技術として、①省電力な位置推定、②柔軟な情報配信制御、③顧客行動の可視化分析の3つの開発を行い、これらを統合し

た行動センシングシステムを開発した。本システムは、ドコモが提供する位置情報プラットフォーム「Air Stamp」[2]に導入されている。本稿ではO2Oマーケティングのユースケースを示し、行動センシングシステムの概要とAir Stampへの導入事例について解説する。

2. ユースケース

行動センシングシステムを用いたO2Oマーケティングを提供するにあたってドコモは、ショッピングモールや百貨店、駅ビルなどの複数の店舗が集まった商業施設と、スーパー

マーケットやホームセンター、コンビニエンスストアなどの店舗における、来店促進、販売促進、回遊促進の3つのユースケースを想定している。情報配信先は個人所有のスマートフォン（以下、端末）を主に想定するが、例えばスーパーマーケットやホームセンターのショッピングカートに付けたタブレットも考えられる。

- ・来店促進：屋外の位置情報を使って顧客が商業施設や店舗の周辺にいる際に情報を配信する。また、来店したらウェルカムメッセージを配信、店舗を出たら来店アンケートを配信する。
- ・回遊促進：商業施設内の各店舗や店舗内の各売場を多く回ってもらうため、顧客がまだ訪問していない店舗や売場、顧客におすすめの店舗や売場の情報を配信する。スタンプラリーのように指定店舗をすべて訪問したら特別なクーポンを配信する。
- ・販売促進：店内で屋内位置情報を使って売場や商品棚に応じた情報を配信する。商品棚のちょうど前でその商品動画を再生して注意をひきつけたり、ある売場に一定時間滞在して商品購入を迷っている際に、その売場で使えるクーポンを表示する。

商業施設や店舗の事業者は、現状の顧客の来店行動や店舗内行動が可視化された情報を見て課題を認識し、施策を検討（Plan）・実施（Do）し、その効果測定（Check）を行い、情報配信の内容やタイミングを改善

（Act）し、効果の最大化をはかるというPDCA（Plan, Do, Check, Act）サイクル^{*3}を回す。

3. 行動センシングシステム

3.1 システム構成

前述のユースケースに対応したシステムを実現するには、①省電力な位置推定機能、②柔軟な情報配信制御機能、③顧客の来店行動や店内行動の可視化分析機能が必要である。これら3つの機能を統合的に備えたものとして開発されたのが行動センシングシステムである。その概要を図1に示す。

- ①省電力な位置推定機能（図1①）：端末の位置推定を行うためには、端末に内蔵されたGPS、Wi-Fi^{*4}、BLE（Bluetooth[®] Low Energy）^{*5}などの各種センサ値を取得し、取得結果に対して各種演算を実施することによって位置情報へと変換することが一般的である。屋内外の位置や滞在などの顧客の状況を継続的に把握したり、店内で棚レベルの詳細な位置検出や滞在時間を把握するためにはセンサスキャンによる位置推定を定期的かつ高頻度を実施しなければならず、その結果、顧客の端末のバッテリー消費が増加する問題がある。商業施設などでは顧客の買い物行動は数時間に渡る可能性があり、その間に消費する端末の電力を少なくする必要がある。しかし、一般に推定精度と

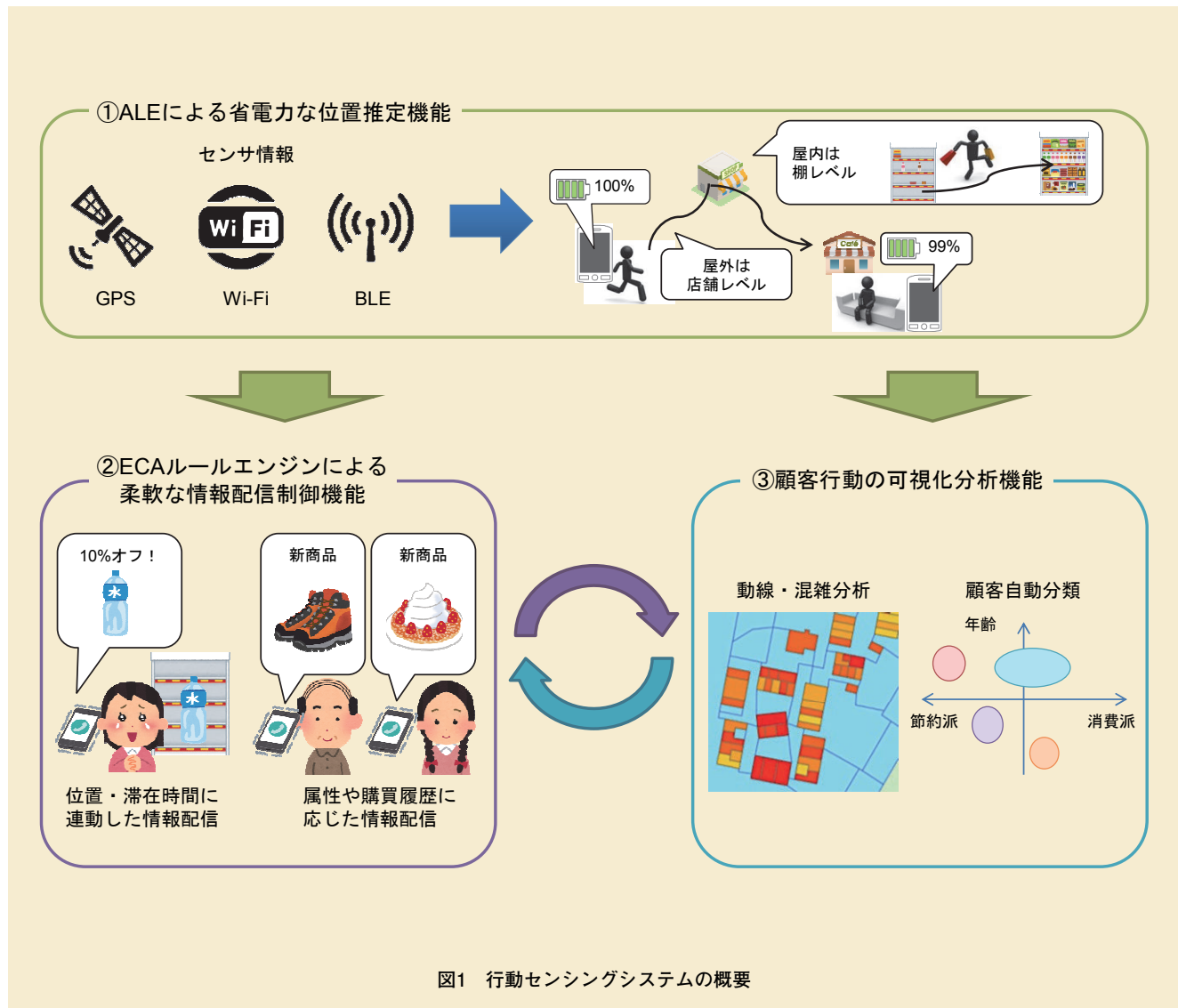
省電力性はトレードオフの関係にあり[3]、消費電力を低減させるためにはセンサ値取得間隔を延伸すればよいが、位置推定精度が低下する。そこで開発した位置推定エンジン（ALE：Abstract Location Engine）は、端末上で動作し、低頻度でのセンサ値取得に起因する位置推定誤差を、後述するノード・リンク構造によって抽象化されたマップ情報を用いて補正および経路補間することにより、屋内では棚レベル、屋外では店舗レベルの位置推定精度と省電力を両立する。

- ②柔軟な情報配信制御機能（図1②）：情報配信を柔軟に行うためには、店舗会員カードの登録情報から得られる顧客の性・年代などの属性や、店舗のPOS（Point Of Sales）情報から得られる購買履歴などを分析することでニーズや嗜好に合わせて情報を出し分けたり、顧客の位置や滞在時間に連動して情報配信を行う機能が必要である。さらに、新たな施策を迅速に実施したり、施策の効果測定を行いながら情報配信の内容やタイミングを変更したいという商業施設や店舗事業者の要求にも対応する必要がある。そこでECA（Event Condition Action）ルールを用いることによって、そのような要求に対応可能とした。ECAルールはEvent文、Condition文、Action文から構成さ

^{*3} PDCAサイクル：業務を円滑に進めるための手法のこと。PDCAサイクルでは、①Plan（計画）、②Do（実施）、③Check（効果測定）、④Act（改善）の4つのステップを継続的に繰返し実施することが求められる。

^{*4} Wi-Fi[®]：Wi-Fi Allianceの登録商標。

^{*5} BLE：近距離無線通信規格Bluetoothの拡張仕様であり、Bluetoothバージョン4.0において追加された、低消費電力の通信を特長とする。Bluetoothは米国Bluetooth SIG Inc. の登録商標。



れ、前述のユースケースで述べたような配信制御を実現する。ECAルールを実行するためのECAルールエンジンは端末上で動作し、位置情報、時間情報、アプリケーション操作履歴などの端末状態と、記述された配信条件のルールとを比較し、指定した条件に合致していればコンテンツの表示やサーバへの通知などを行うものである。サーバ

で設定したECAルールは即座にアプリケーションに反映されるため、端末のアプリケーションのアップデートをすることなく新規施策や施策の変更に迅速に対応可能である。

③顧客行動の可視化分析機能（図1③）：施策の検討や効果測定のため、顧客の来店行動、動線や混雑状況などの店舗内行動を可視化する機能が必要である。顧

客行動の可視化分析機能は、年月日や時間帯、デモグラフィック属性^{*6}を指定した来店者数や再来店したりピータ数、滞在時間などの基本的な情報をリアルタイムに表示する機能に加えて、個別動線や混雑状況、動線パターンに基づく顧客の自動分類による分析を可能としている。

以下に、これら3つの機能の詳細

^{*6} デモグラフィック属性：人口統計において顧客特徴を表す情報のこと。性別・年齢・職業・家族構成人数などがデモグラフィック属性に含まれる。

を解説する。

3.2 ALEによる省電力な位置推定機能

(1) ALEの概要

ALEは、ユーザの端末上で動作するアプリケーションに組み込まれ、GPS、Wi-Fi、BLEなどの各種センサ値を複合的に利用して対象端末の位置推定を実施する。

① ノード・リンク構造

ALEでは、低頻度でのセンサ値取得やセンサ値の観測ノイズに起因する位置推定誤差をノード・リンク構造によって抽象化されたマップ情報を用いて補正した上で、ノードと呼ばれる抽象化された単位で位置推定結果を出力する。

ALEで用いる抽象化マップ

では店舗や商業施設など、位置推定対象エリアをノードとリンクによるグラフ構造で表現する。商業施設の地図をノード・リンクへと変換し、抽象化マップを作成した例を図2に示す。

・ ノードの設定

O2Oマーケティングサービス提供者は、ユーザの通過や滞在といった行動についての情報を取得したい場所、たとえばセール商品が置かれた棚の前や通路の交差点などを、抽象化マップのノードとして設定する。ノードには屋外ノードと屋内ノードの2種類が存在する。屋外ノードの滞在はGPSの測位結果から判定する。GPS電波が届かない屋内ノードにはWi-FiアクセスポイントやBLEタグ

などの近距離無線通信デバイスを設置し、それらから発信される電波強度を用いて滞在している屋内ノードを決定する。

・ リンクの設定

抽象化マップの各リンクは通路を表しており、人が物理的に直接移動可能なノード間のみに対してリンクが設計される。例えば図2において、店舗Aから店舗Bへ直接移動する通路は存在せず、店前通路のノードを通ることになる。この場合、店舗A内と店舗B内のノードを接続するリンクは設定されず、店舗A入口と店前通路、店前通路と店舗B入口を接続するリンクが設定される。また、リンクに対しては重みが設定される。この重みは人がノード間を移動する

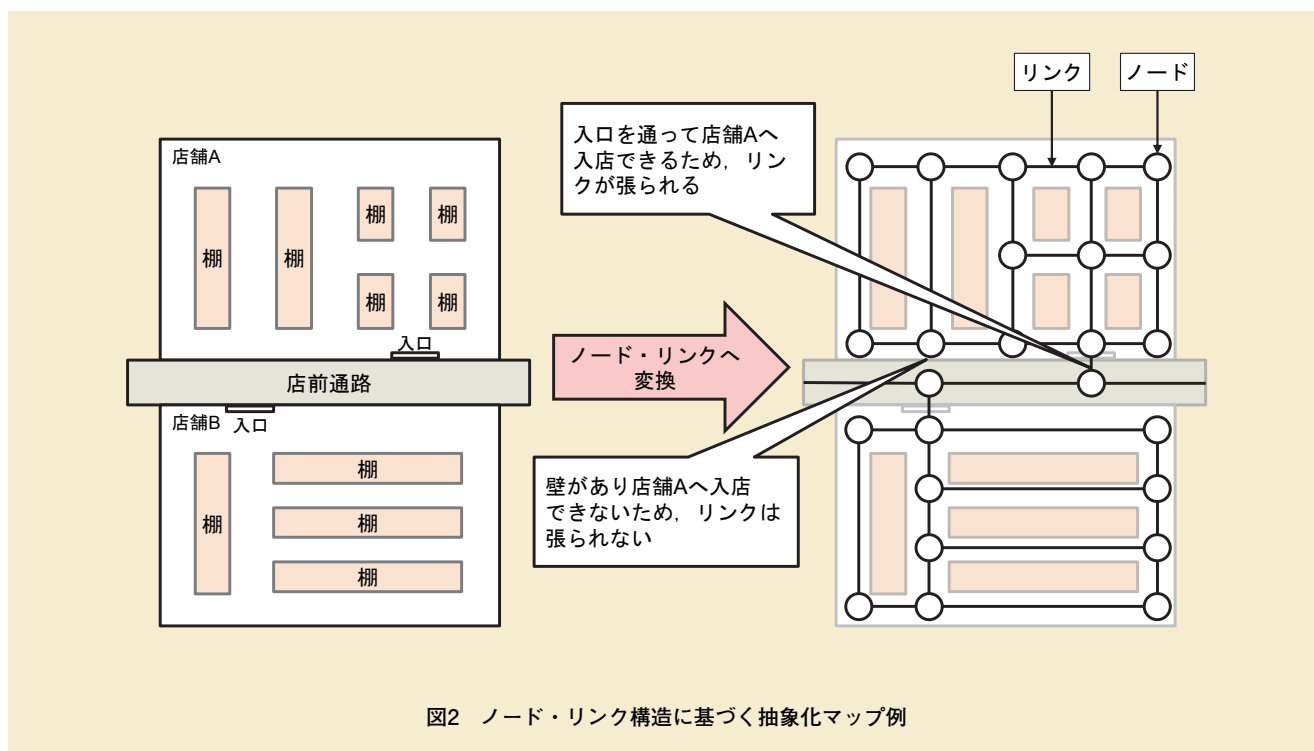


図2 ノード・リンク構造に基づく抽象化マップ例

ために必要なコストを表し、重みが大いほど移動するために時間がかかる。重みの値の例として、それぞれのノードの中心間の物理的な直線距離が考えられる。この重みは次に述べる位置補正で用いられる。

②ノード・リンク情報を用いた位置補正

ALEでは、これらノード情報とリンク情報を用いて位置推定性能の低下を抑制している。リンクの重みと人の平均移動速度を用いることによって、ノード間を遷移するために必要な時間を算出している。ALEのノード遷移結果と測位結果を比較することにより、ALEの位置推定結果が異常なものでないか判定し、誤りの位置推定結果の出

力を防止できる。

③ノード補間

一方、センサ値取得間隔を延伸したことにより、ユーザが滞在するノードをALEで検出できない事象（検出漏れ）が発生する可能性が高まる。ALEはノード補間の機能を備えており、リンク構造上直接遷移不可能なノード遷移を検知した際、リンク構造に基づいて最適な経路を予測し補う。

(2)ALEの評価実験

ALEでは上記のように抽象化マップ情報を用いた位置補正およびノード補間を実施することによって、屋内では棚レベル、屋外では店舗レベルの位置推定精度と省電力を両立している。2014年度に実施した実証実験において、商業施設用アプリ

ケーションにALEを実装し、その電力評価実験を行った。センサ取得周期を2倍にしても位置推定性能はほぼ低下せず、約36～40%の消費電力削減に貢献できることを確認した。

3.3 ECAルールエンジンによる柔軟な情報配信制御機能

(1)ECAルールエンジンの概要

ECAルールエンジンの概要を図3に示す。これは、Event文、Condition文、Action文を記述したECAルールと呼ばれるXML (eXtensible Markup Language)^{*7}ファイルを解釈し、実行する端末上の機能である。表1に示すようなALEによる位置推定結果の変化や端末の画面状態変化などをEventとして扱っており、これらの状態変化を契機としてECAルールを実行する。

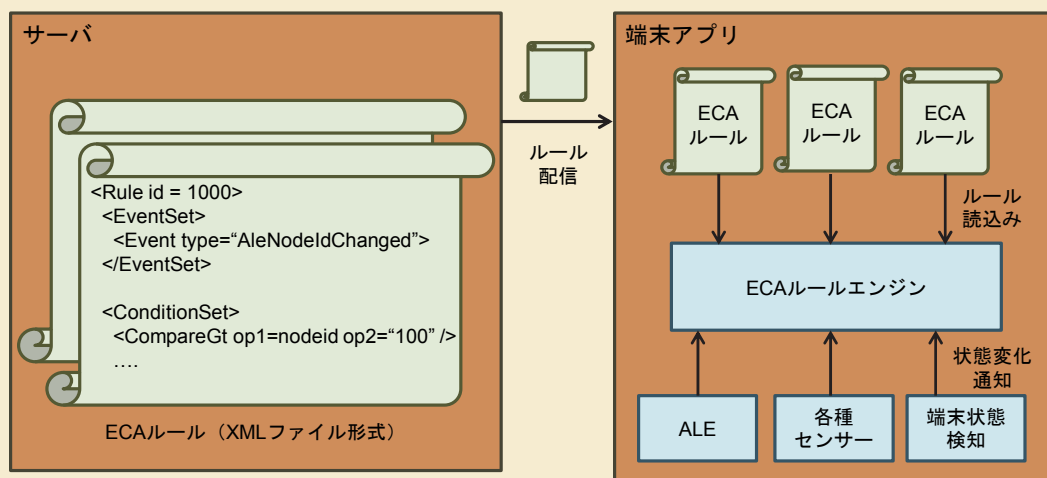


図3 ECAルールエンジンの概要

*7 XML : W3C (World Wide Web Consortium) が提案した文書やデータの意味や構造を記述するためのマークアップ言語の1つ。拡張可能であり、ユーザが独自のタグを指定できる。

表1 ECAルールエンジンにおけるEvent一覧

Event一覧（一部）
画面状態変化
画面ロック解除
ALE推定ノード変化
登録領域（Region）入出圏
GPS取得座標変化

図4にECAルールの処理フローを示す。状態変化が発生すると、ECAルールエンジンはその状態変化がECAルール内のEvent文に記述されたEvent（状態変化）であるかを確認し、該当のEventの記載があるECAルールについて、表2に示すようなCondition文に記述された条件

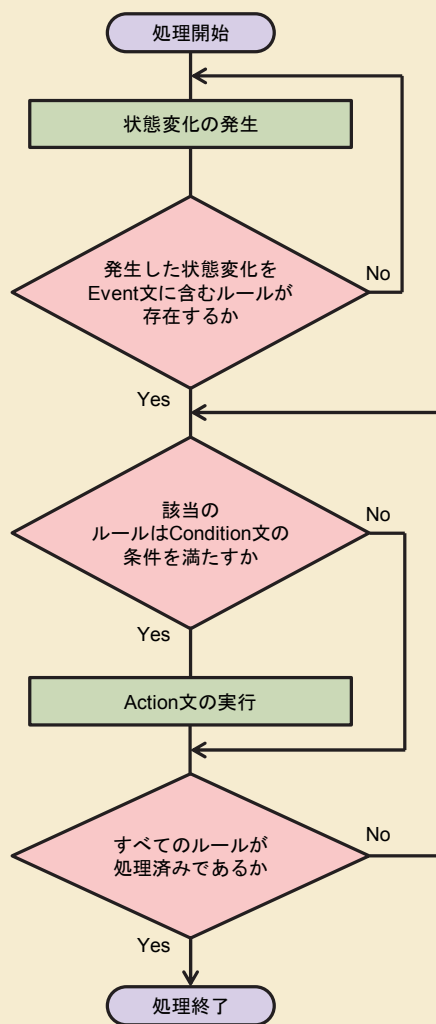


図4 ECAルールの処理フロー

を判定する。条件には、ALEによる推定ノードのIDや端末状態との比較のように現在の状態の判定だけでなく、他のECAルール>Actionにより設定された変数の値との比較など、過去の状態との比較も可能である。条件を満たしている場合には、Action文に記述された処理を実施する。Action文では、表示するコンテンツの識別子を指定し、条件に応じた情報の出分けが可能である。また、指定されたコンテンツの表示以外にも、来店などのEventのサーバ通知や、来店回数などの状態を変数へ設定するなど表3に示す動作を指定できる。

ECAルールは一種のプログラム言語のように汎用性が高く、ECAルールエンジンはサーバから適宜取得し同期する仕組みをとっている。キャンペーン施策をECAルールとして記述し、各端末に配信することで、アプリケーションの更新と再配布なしに、即時に施策を実施できる。またユーザIDに応じて配信するECAルールを切り替えることで、各ユーザで異なる施策を実施可能である。

(2)ユースケース

ECAルールの応用例として2つのユースケースを示す。

- ・第一のユースケースは、ユーザがある商品棚で購入を迷っている場合に、購入の決断を促す値引きクーポンの配布である。ALE推定ノード変化をEvent文、商品棚に対応するノードに指定時間以上滞在していることをcondition文、クーポンのコンテンツ表示をAction文に記述する

表2 ECAルールエンジンにおけるCondition一覧

Condition一覧（一部）
変数と指定された定数が等しい
変数が指定された定数より小さい
指定した2つの変数同士が等しい
指定したConditionをすべて満たす
指定したConditionのうち少なくとも1つを満たす

表3 ECAルールエンジンにおけるAction一覧

Action一覧（一部）
コンテンツ表示
サーバ通知
指定ECAルール有効・無効化
領域（Region）の登録
変数への値設定

ことで実現できる。

- ・第二のユースケースは、スタンプラリーのように特定の店舗をすべて訪問した場合の特別クーポンの配布である。ECAルールにおいて、ALEによる位置推定結果から特定店舗への訪問を条件として、特定の変数に値を書き込むAction文により、訪問有無を状態として保持する。

さらに、特定の店舗のすべてに訪問済みかどうかをCondition文で判定して特別クーポンの配信を制御できる。

3.4 顧客行動の可視化分析機能

本機能は年月日や時間帯、デモグラフィック属性を指定した来店者数や再来店したりピータ数、滞在時間などの基本的な情報をリアルタイム

に表示する機能に加えて、以下の3つの特徴的な機能を備える。

- ①個別動線の可視化：時系列で各個人の動線の特徴を分析
- ②混雑度の可視化：性別・年代／日時／動線パターンごとの滞在傾向を分析
- ③動線パターン特徴の可視化：自動的に動線パターンを分析

これらの機能の活用例を以下に解説する。

- ①個別動線の可視化により、各顧客の入店から退店までの経路や情報配信への反応を把握できる。例えばある売場のお得情報を店舗入口やその売場周辺で配信する施策を実施する前後での顧客ごとの経路を比較できる。
- ②混雑度の可視化は、顧客の各ノードの滞在時間をヒートマッ

プとして、よく滞在するエリアを赤く、あまり滞在しないエリアを青くなるよう店舗マップ上に表示する。本機能を活用して、特定の曜日や時間帯における各売場の混雑状況を踏まえ売場イベント施策の実施・効果測定をしたり、レジの混雑状況に応じて店舗スタッフ配置を変更して滞在時間の変化を評価することが考えられる。

- ③動線パターン特徴の可視化は、ユーザの動線を文書分類の技術を用いて分類して、ワードクラウド*8で表示する。文書分類では、各文書の単語の発生頻度に基づき文書を分類する。あらかじめ各ノードに陳列されている商品名をノード名と対応付けておき、一回の来店におけるノード名履歴を文書、ノード名を単語とみなして、LDA (Latent

Dirichlet Allocation)*9により動線をクラスタに分類する。図5ではあるユーザの動線として惣菜、食パン、揚げ物、お弁当などのノードによく滞在するクラスタ2が自動で生成され、ヒートマップ表示で右上の売場によく滞在していることが示されている。この分析結果に基づき、右上の売場で特にクラスタ2に訴求する販売促進施策、クラスタ2の訪問が少ないエリアへ誘導する回遊促進施策や店舗レイアウト変更施策などを検討することが考えられる。

4. Air Stampへの技術導入

行動センシングシステムのALEを、ドコモが提供する位置情報プラットフォーム「Air Stamp」に導入した。Air Stampは、スーパーマーケット

や飲食店などの店舗や商業施設に向けて、位置情報と連動したリアルとネットの融合サービスの展開を目的としており、スマートフォンの位置推定結果に基づいてユーザにクーポン情報や館内情報、イベント情報などを配信するものである。

行動センシング技術の導入により、タイムリーかつ省電力での位置連動型情報配信と詳細な顧客行動分析が可能となる。図6(a)に示すように、複数の商品が配置された連続した棚において、特定の商品が配置された棚の前でのピンポイントな情報配信ができる。また、図6(b)のように駅の商業施設において物理的に存在し得ない動線を補正することにより、顧客行動分析精度の向上をはかることができる。これらに対応したAir Stampは、現在リリースに向けた検討を進めている。

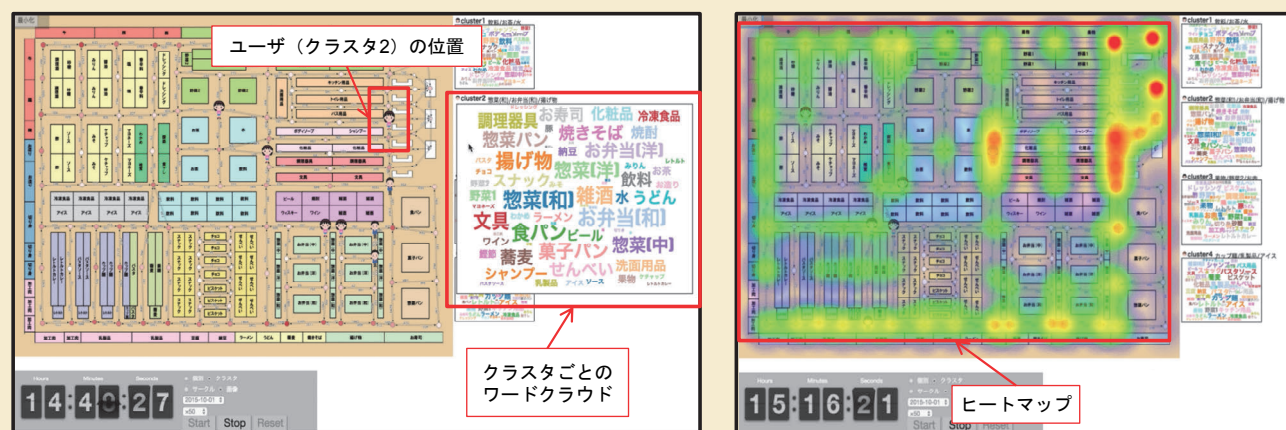


図5 顧客行動の可視化・分析

- *8 **ワードクラウド**：単語の出現頻度を文字の大きさで表示する可視化手法で、文字が大きいほど出現回数が多いことを表す。
 *9 **LDA**：文書中に出現する各単語のトピック(話題)に基づき文書分類を行う機械学習手法。

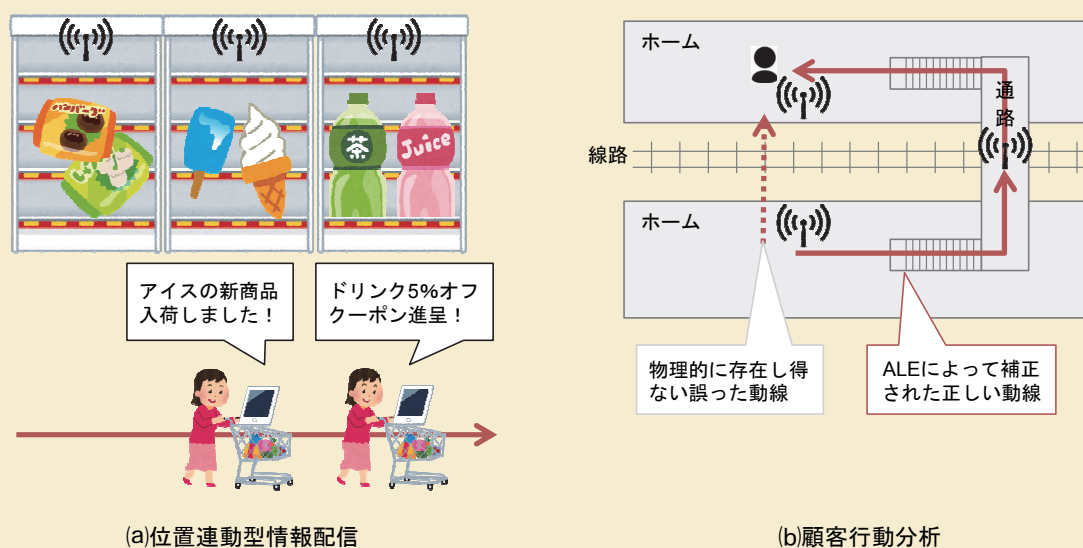


図6 行動センシング技術の導入による位置連動型情報配信(a)と顧客行動分析(b)

5. あとがき

本稿ではO2Oマーケティングサービスに必要な機能を統合した行動センシング技術とそのシステム概要について解説した。本システムにより商業施設や店舗事業者は各種施策のPDCAサイクルを迅速に実施することができる。

今後はさまざまな商業施設や店舗

へAir Stampサービスを展開し、その結果で得られる知見やデータを活用することで、システム運用の効率化に向けた検討や顧客行動の分析に取り組む予定である。

文献

- [1] 株式会社シード・プランニング: "O2Oビジネスの現状と今後の方向性2013," 2013.

- [2] Air Stampホームページ.
<http://www.airstamp.jp>
- [3] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee and J. Liu: "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems," IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, Vol.37, No.6, pp.1067-1080, Nov. 2007.