

推薦論文

実環境下でユーザ状況を正確に把握する コンテキスト管理プラットフォーム

篠原 昌子^{1,a)} 松倉 隆一² 角田 潤¹ 矢野 愛¹

受付日 2011年6月30日, 採録日 2011年10月3日

概要: 本論文では, 実際の環境下でユーザの状況を高精度かつ詳細に把握するコンテキスト管理プラットフォームについて述べる. 本プラットフォームでは, リアルタイムに取得されるセンシング情報から, インターネット上の外部知識や履歴情報を活用してコンテキストを判定できる. コンテキスト判定プログラムはプラグイン可能で, 複数の判定プログラムを組み合わせ, さらに複雑なコンテキストを判定できることが特徴である. 実際に2人のユーザが交通機関を利用して移動する際の同行者コンテキストを, 2種類2人分のコンテキストを組み合わせで精度良く判定することを示した.

キーワード: コンテキスト, モバイル, プラットフォーム, センサ

Context Management Platform Recognizing User Situation Precisely from the Real World

MASAKO SHINOHARA^{1,a)} RYUICHI MATSUKURA² JUN KAKUTA¹ AI YANO¹

Received: June 30, 2011, Accepted: October 3, 2011

Abstract: In this paper, we propose a context management platform that can recognize user's situation with high accuracy and detail. The platform infers use's contexts from sensing information in the real world and tools on the Internet. It enables to plug-in inferring programs and to recognize more complicated contexts by combining plug-in programs pre-defined. We evaluate the effectiveness of our method to recognize the subjects' companions in the case of 2 subjects moving in the city by train and foot. The platform can judge them with the combination of 2 pre-define plug-ins for each person as an example.

Keywords: context, mobile, platform, sensor

1. はじめに

携帯電話が広く利用されるにつれて, インターネット接続や携帯電話で利用できるアプリケーションなど, 電話以外の利用方法が増え, 用途は多岐にわたってきている. またスマートフォンやタブレット端末に代表されるように携帯電話とPCとの融合が進むことで, 端末自体の機能が複雑になってきている. 移動先のどこでも端末を利用したい

というニーズは高まる一方で, 必要な機能をなかなか見つけられない状況が多くなり, ユーザは小さな画面, 小さなキーと格闘することになる.

一方近年, 携帯電話へのセンサの搭載が進んできている. こうしたセンサはアプリケーションから直接利用されることも少なくないが, ユーザの状況を把握し, 状況に応じた情報やサービスを提供するために利用されるケースも増えてきている. 例としては, NTTドコモのiコンシェル [1], 位置登録システムを利用したゲーム [2] などがある. しかし現状のサービスでは, GPS (Global Positioning System,

¹ 株式会社富士通研究所
Fujitsu Laboratories Ltd., Kawasaki, Kanagawa 211-8588, Japan

² 富士通株式会社
Fujitsu Limited, Kawasaki, Kanagawa 211-8588, Japan

a) m-shinohara@jp.fujitsu.com

本論文の内容は2010年7月のマルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム2010にて報告され, マルチメディア通信と分散処理研究会主査により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である.

全地球測位システム)から取得した位置情報のみを考慮したものが多く、ユーザの状況を詳細かつ高精度に把握できていない。そのため、同じ場所でもユーザの状況によって通知情報を変更するといった柔軟な制御ができず、顧客先への打合せに向かう途中に周辺のレストラン情報が通知されるなど、その時点のユーザにとって不要な情報が通知されることが多い。また、不要なものも含めて大量の情報がユーザに通知されることで、ユーザが本当に必要な情報を見落としてしまうことや、大量の情報に嫌気がさして情報を閲覧しなくなることが考えられる。

位置情報は、比較的簡単に取得可能で精度も高いが、それだけではユーザがどんな情報を欲しているかを特定することは難しい。コンテキストウェアサービスを充実させるには、他の観点からのコンテキスト情報を得ることによって、ユーザが欲している内容にできるだけ近づける必要があるだろう。ここで、位置以外の情報をも利用して、ユーザのコンテキストの判定精度を向上させることができれば、通知する情報を適切にフィルタリングして、ユーザにとって有用な情報のみをタイミング良く通知することが可能になる。

このような考えに基づき、我々は有用な情報をタイミング良くプッシュ通知するために、ユーザの状況を高精度かつ詳細に把握することを目的とし、様々なコンテキストを同じ枠組みで利用可能で、さらに1度定義したコンテキストを再利用可能なコンテキスト管理プラットフォームを開発中である。

以下では、2章で、開発中のコンテキスト管理プラットフォームについて説明する。また3章で、コンテキスト管理プラットフォームのアプローチの有効性を検証するため、具体的なコンテキストに適用し、その判定精度を評価した結果を述べる。4章で関連研究を紹介し、本研究との関連を述べる。最後に5章で本論文のまとめと今後の課題について述べる。

2. コンテキスト管理プラットフォーム

2.1 コンテキストと X-Aware

コンテキストは一般的に、人や集団、計算対象、物理的対象のロケーション、アイデンティティ、状態のことを指すことが多い。しかし、その定義はかなり曖昧であり、コンテキストを利用した新しいサービスの実現を困難にしてきた要因の1つと考えられる。これを解決するため Dey ら [4] は、コンテキストをサービスで利用するためのフレームワークを考え、ユーザとアプリケーション間の対話に関わる実体の状況を特徴付けるために使用できる情報としてコンテキストを定義した。Dey らは実際に、Context Toolkit [5] としてセンシング情報から様々な判定を行うモジュールをプラグインできる仕組みを実現し、センシング情報から上記で定義したコンテキストを判定し、サービス

で利用可能とするフレームワークを開発している。

Dey らのアイデアは非常にシンプルであり、その適用方法については簡単なアプリケーションを例に議論しているが、実用的なアプリケーションに適用するにはいくつかの課題がある。1つは、過去のデータを保持していないため、時系列を考慮してセンシング情報を解釈できないことである。Context Toolkit では、時系列情報はアプリケーションで保持することを想定しているため、たとえば、ユーザの位置情報の履歴から行き先、移動速度の変化から移動手段など、時系列を考慮して判定する必要があるコンテキストを利用できない。もう1つは、すでにインターネットに存在する情報を利用できないことである。近年は、住所や通りの名称、駅や天気など、様々な情報がインターネットで取得可能になっているため、これらの情報を GPS から取得した緯度経度情報と組み合わせられれば、ユーザが存在している場所の住所や通り、付近の駅や天気といったコンテキストを容易に判定可能となるだろう。そこで我々は、上記で述べた2つの課題についてもサービスプラットフォームの中で対応を行い、こうして生成される抽象的なコンテキストも含めて X-Aware として呼ぶことにした。

本論文では議論の領域を限定するため、利用シーンを以下のように設定した。携帯電話に搭載される GPS の情報を利用し、朝出勤(登校)してから事務所や学校で活動をして、帰宅するまでの間に、携帯電話に情報をプッシュしてユーザの行動支援を行うというものである。位置情報だけでは、その所々で該当する情報は複数存在するが、コンテキストを利用してその優先順位をつけることができる。この利用シーンの検討から、複数サービスで利用可能、かつユーザの行動に大きく影響すると予想されるコンテキストとして、位置 (Location-Aware)、同行者 (Neighbor-Aware)、知人関係 (Relation-Aware)、行動目的 (Purpose-Aware) の4種類を抽出した。本プラットフォームで抽出されるものが、このシステムでのコンテキストであり、その中でもサービス適用時やコンテキスト判定時の再利用性の高いものを、以後 X-Aware と呼ぶことにする。以下で、X-Aware を判定する方法について述べる。

2.2 X-Aware の判定方法

コンテキストを判定する方法として、図1に示すようなコンテキスト管理プラットフォームを開発した。本プラットフォームでは各 X-Aware を判定するプログラムをプラグインでき、このプラグインを管理するコンテキストマネージャがセンシング情報の履歴を保持すると同時に、外部の知識を利用した意味変換やアプリケーションとのインタフェースを行う。複数のセンシング情報から複雑な状況を表現するコンテキストを生成するには、複数のセンシング情報から複雑な状況を1つのコンテキストとして表現する方法と、各センシング情報を単純なコンテキストとして

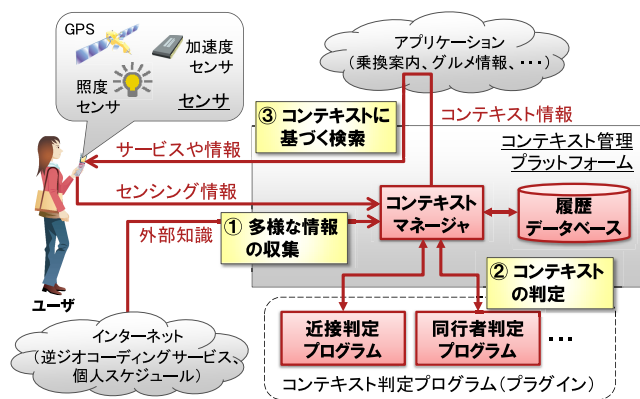


図 1 コンテキスト管理プラットフォーム
Fig. 1 Context management platform.

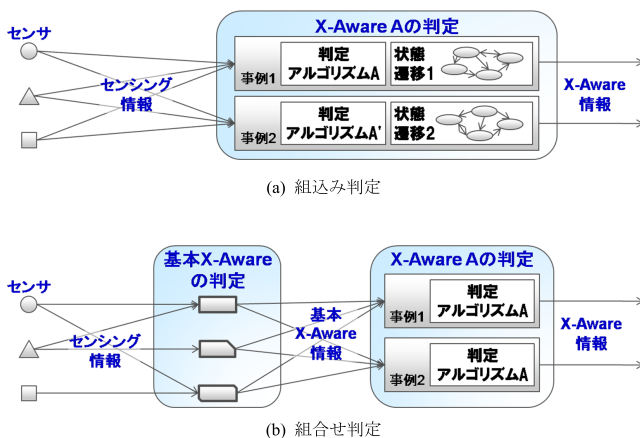


図 2 X-Aware の判定のアプローチ
Fig. 2 Approaches for X-Aware estimation.

表現し、複数のコンテキストを組み合わせる複雑なコンテキストを表現する方法が考えられる。以下で、この2つの方法について検討する。

● 組み込み判定

すべてのセンシング情報を集約して、必要なコンテキストを判定する方法である (図 2(a))。この方法は、事例に特有のアルゴリズムや状態遷移を用いて、センシング情報からコンテキストを判定する場合や、複雑で特殊な条件のコンテキストを判定するときには都合の良い方法である。組み込み判定では、事例や利用シーンを限定することで、コンテキストを高精度に判定できるものの、アルゴリズムや状態遷移が判定方法に組み込まれているため、他事例で似た X-Aware を判定する場合であっても、そのまま展開することが困難である。

● 組合せ判定

センシング情報を、位置情報や移動関連情報などの、サービスに依存しない基本 X-Aware 情報として判定し、単数あるいは複数の基本 X-Aware 情報の組合せによって X-Aware を判定するアプローチである (図 2(b))。組合せ判定では、何を基本 X-Aware とす

るかの選択や X-Aware 判定に最適な基本 X-Aware の組合せ手法は未確立であるものの、基本 X-Aware の精度に応じて、組合せロジックを修正することなく X-Aware の精度向上が可能である。また、サービスに依存しない基本 X-Aware を用いることで、様々な事例への展開が容易になる。

我々は、X-Aware を多様な事例へ展開できることが重要なポイントであると考え、組合せ判定のアプローチを採用した。

2.3 コンテキスト管理プラットフォーム

2.1 節で述べた4つの X-Aware を 2.2 節で述べた組合せにより判定する方法について検討する。これらの4つの X-Aware を分析すると、図 3 に表現するような関係になると考えられる。たとえば、GPS データからは緯度経度で表現される Location-Aware が生成される。仮に2人の利用者の Location-Aware があれば、これらから近くにいることを示す Neighbor-Aware を判定可能である。一方、コンテキストはセンシング情報だけでは判定できないことも多いため、外部知識として緯度経度から住所や施設情報を取得する Web サービスや、そのユーザーがインターネットや端末に登録しているスケジュールを参照するなどして、X-Aware の判定に利用できることが必要である。たとえば、Neighbor-Aware で近くにいることが判定されたとして、近くにいる曜日や時間からその2人の関係を判断する場合や、スケジュールから目的を判定する場合などに活用する。したがって、こうした X-Aware の判定と既存 X-Aware や外部知識を利用してさらに上位の X-Aware を判定する仕組みを実現するプラットフォームが必要になる。

コンテキスト管理プラットフォームにより、ユーザーと一緒にいる相手やユーザーの目的を判定し、ユーザーの位置情報に加えて、同行者や行動目的を考慮することで、ユーザーにとって有用な情報をプッシュ通知するサービスが可能となる。たとえば、家族が一緒のときにはファミリー向けのレストラン情報、友人と一緒にいるときには自分と友人の好みを考慮したランチ情報を通知するなど、一緒にいる相手に応じた情報を通知できるようになる。また、平日夕方出張先では最寄り駅から自宅への乗換案内、週末夕方出張先で同僚といる場合にはピアレ스토랑情報を通知するなど、ユーザーの目的をも考慮した情報を通知できるようになる。

3. X-Aware 判定への適用と判定精度の評価

2章で述べたアプローチの有効性を検証するため、4つの X-Aware からユーザーの行動への影響度が高いと考えられる同行者 [6] を取り上げ、判定アルゴリズムの試作および判定精度を評価した。本章ではアルゴリズムと評価結果について説明し、その推定精度を評価した。

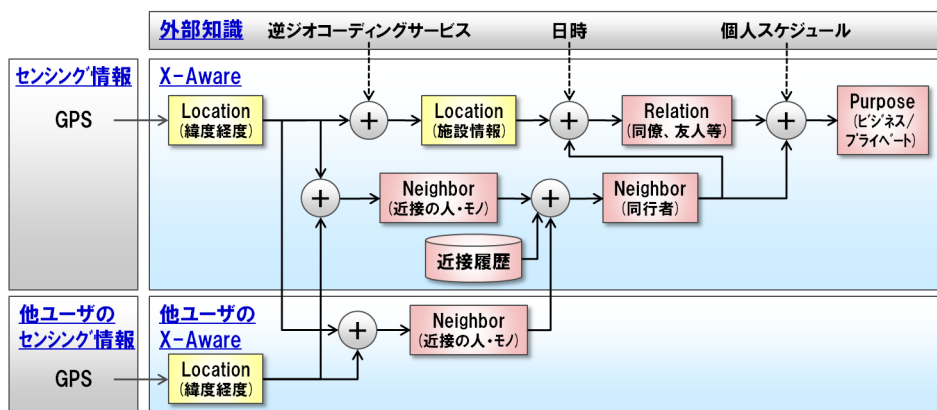


図 3 X-Aware の組合せで新しいコンテキストを判定する例
 Fig. 3 An example of a combined context from pre-defined ones.

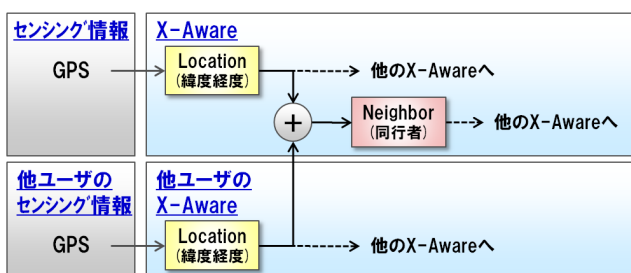


図 4 同行者の判定
 Fig. 4 Determination of Neighbor-Aware.

3.1 判定アルゴリズム

GPS から取得したデータを用いて、基本 X-Aware である位置情報を Location-Aware で判定し、複数のユーザの位置情報を組み合わせて、同行者を Neighbor-Aware で判定する (図 4)。それぞれの判定アルゴリズムについて説明する。

● Location-Aware (緯度経度)

GPS データを 15 秒間隔で取得し、その緯度・経度と取得日時を Location-Aware として他の X-Aware (今回は Neighbor-Aware) へ通知する。

● Neighbor-Aware (同行者)

2 人のユーザの同行は、同時刻にユーザ間の距離が一定距離以下であるかどうかで判定する。具体的には、Location-Aware で判定した 2 人のユーザの位置情報からユーザ間の距離を計算し、一定距離未満であれば、同行していると判定する。今回は、誤判定を抑制できる最短距離として一定距離を 20m と設定した。

3.2 同行者の判定結果

実際に 2 人のユーザ A と B が一緒に行動した 12 個の GPS データ (最短 14 分~最長 1 時間 2 分) を用いて、同行しているかを判定したところ、判定精度は約 59% と低かった。各 GPS データの測位個数および判定精度を表 1 に示す。精度低下の原因について GPS データのログを解

表 1 GPS データの測位個数と判定精度

Table 1 Measured number of GPS data and determination accuracy.

No.	測位個数	判定精度
1	31	35%
2	92	63%
3	138	82%
4	79	73%
5	73	55%
6	206	50%
7	131	44%
8	187	70%
9	93	58%
10	53	53%
11	132	87%
12	218	33%
計	1433	59%

析したところ、以下の傾向が見られた。なお図 5 は、表 1 No.2 の GPS データを地図上に表示したものであり、図 6 はこの GPS データの判定結果である。

1. ビルや屋根による GPS データの欠落や誤差

歩行時や電車の発着時においては、ビル内や屋根のある駅ホームで GPS 衛星からの信号を受信できずに、GPS データを取得できないことがある。たとえば図 5 では、ユーザ A は #77 のデータ受信後 1 分 38 秒間、ユーザ B は #76 のデータ受信後 2 分 2 秒間、それぞれ位置を測位できていない。

また、信号を受信できたとしても GPS 衛星の配置位置が偏っている場合には測位精度が非常に悪く、GPS データを正しく取得できないことがある。図 5 では、ユーザ A の #88, #89 やユーザ B の #89 などにおいて、ユーザの位置が明らかに実際にはいるはずのない

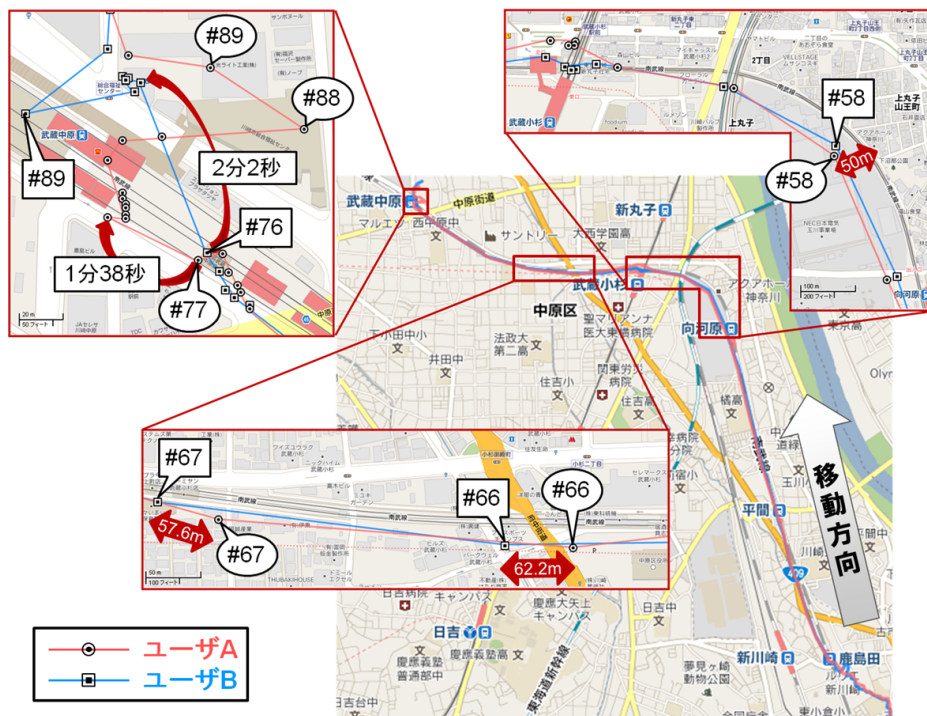


図 5 GPS データ (No.2)
Fig. 5 GPS data (No.2).

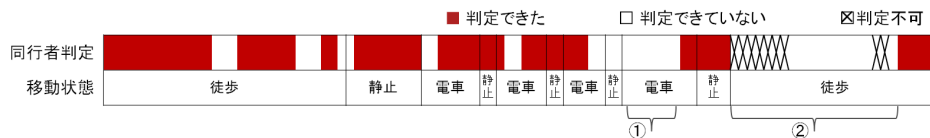


図 6 Neighbor-Aware (同行者) の判定結果 (No.2)
Fig. 6 Determination result of Neighbor-Aware (No.2).

位置を測位している。

さらに、GPS の欠落や誤差により Location-Aware を正しく判定できない場合、その結果から判定する Neighbor-Aware も正しく判定できなくなる。たとえば図 6 では、最後の徒歩の期間 (② の部分) で同行と判定できていない。なお GPS データが欠落している場合 (② の × 印の部分)、同行者の判定アルゴリズムを適用できないため、表 1 の精度評価では欠落のケースは含めず、GPS データを取得できないケースのみ評価した。

このような GPS データの欠落や誤差は GPS ログ収集デバイスの受信感度によるため、GPS 衛星の捕捉状況に応じて、欠落時の位置予測を行ってデータを補完したり、地図上の道路・歩道などの情報を手掛かりにマップ照合を行ってデータの誤差を補正したりする方法が必要である。あるいは同行者の判定アルゴリズムにおいて、前回の判定結果や連続して同行と判定している期間を考慮し、一時的な非同行を GPS の欠落や誤差によるものとして同行と判定するなどの方法が必要である。

2. 加速・減速中の方向転換による GPS データの誤差
電車の加速・減速時に移動方向が変わることで加速度が連続して変化し、GPS データが実際から大きくずれることがある。たとえば図 5 では、ユーザ A およびユーザ B の #58 において、それぞれ線路から約 50m 離れた位置を測位している。

また、1. のケースと同様、Location-Aware を正しく判定できないことで、Neighbor-Aware も正しく判定できないことがある。本実験では、同行しているユーザの移動予測が同じようにずれたため、精度評価にはほとんど影響しなかった (図 6 でも判定できなかったケースはなかった)。しかし、ユーザの位置は実際からずれているため、一緒に行動していないユーザ (たとえば沿線沿いの道路を車で走行中のユーザ) を一時的に同行していると誤判定する可能性がある。

このような GPS データの誤差は、加速によって GPS ログ収集デバイス内部の移動予測がずれてしまうためと考えられる。この場合、1. のケースと同様に、地図上の道路・歩道などの情報を手掛かりにデータの誤差を補正したり、同行時間に応じて同行しているかどうか

表 2 移動状態ごとの測位個数と判定精度

Table 2 Measured number and determination accuracy with each Motion-Aware.

No.	測位個数			判定精度		
	静止	徒歩	電車	静止	徒歩	電車
1	7	12	11	57%	50%	9%
2	18	40	33	67%	73%	48%
3	54	59	24	85%	86%	63%
4	10	40	28	80%	85%	54%
5	10	35	28	90%	74%	18%
6	20	154	31	70%	54%	19%
7	36	21	73	56%	57%	33%
8	46	74	66	85%	85%	42%
9	36	30	26	89%	57%	19%
10	14	14	25	86%	93%	12%
11	36	70	25	89%	94%	68%
12	50	16	151	76%	56%	16%
計	337	565	521	79%	72%	31%

かを判定したりする必要がある。

3. 高速移動中の GPS 測定タイミングのずれによるユーザ間距離

GPS データは 15 秒間隔で取得しているため、ユーザが電車などに乗って高速で移動しているときには、複数ユーザの GPS データの取得タイミングのずれのためにユーザ間の距離が 20m の許容値を超えてしまい、同行者と判定されないことがある。図 5 では、ユーザ A とユーザ B の #66~#67 は非常に高速で移動しているため、ユーザ間の距離はそれぞれ 62.2m および 57.6m も離れており、図 6 の最後の電車の期間 (①の部分) で同行と判定できていない。

この場合は、取得した前後 2 点間の GPS データから、複数ユーザの位置情報の取得タイミングが同じになるように補完することで、誤差を多少小さくできると考えられる。ただ上記の #66, #67 においても、測位タイミングは 2 秒しかずれていないため、この方法だけでは不十分である。判定条件を一時的に緩めるほか、別の解決方法が必要となる。

3.3 移動状態を組み合わせた判定アルゴリズムの改善

3.2 節で述べたように、3. のケースでは、ユーザが電車などに乗って高速で移動しているときに判定精度が悪くなる。実際、表 1 の結果を静止、歩行、電車での移動という移動状態に分類したところ、表 2 に示すように、いずれの GPS データも電車での移動中の判定精度が最も悪く、全データでも 31% と他の移動状態に比べて半分にも達していない。これを解決するため、他の X-Aware により 3. の状態になっていることを検出し、検出時にのみ判定条件を変更

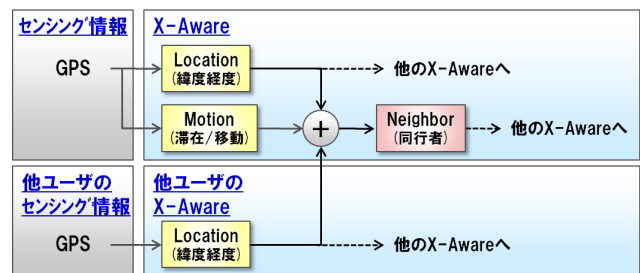


図 7 移動状態を組み合わせた同行者の判定

Fig. 7 Determination of Neighbor-Aware combined with Motion-Aware.

することとした。今回は、GPS データから上記の移動状態を Motion-Aware として判定し、複数のユーザの位置情報および移動状態を組み合わせて、同行者を Neighbor-Aware として判定する (図 7)。なお移動状態は、加速度センサなどを利用する方が正確に判定可能であるが、今回の評価では同じ結果が得られるため、GPS データから得られる移動速度から判定することにした。

以下では、Motion-Aware の判定アルゴリズム、および Location-Aware と Motion-Aware 組み合わせて Neighbor-Aware を判定するアルゴリズムについて説明する。

● Motion-Aware (移動状態)

前回センシングした位置からの変化量に応じて、移動状態を静止、歩行、電車の中から判定し、その移動状態と判定日時を他の X-Aware へ通知する。具体的には、3.1 節の Location-Aware の判定アルゴリズムから通知される最新の GPS データを保持しておき、前回と今回の GPS データから 15 秒間の移動距離を計算する。計算したユーザの移動距離が 10m 未満であれば「静



図 8 移動状態の判定

Fig. 8 Determination of Motion-Aware.

止], 10m 以上 30m 未満であれば「徒歩」, 30m 以上であれば「電車」として, 移動状態を判定する (図 8). なお, ユーザが歩行している場合, その歩行速度は毎分 80~90m (= 秒速 1.3~1.5m) であり, 15 秒間隔でセンシングした場合, 約 19.5~22.5m 移動するため, 移動状態の判定基準を上記のように設定した.

Motion-Aware を他のサービスに利用するときには, 加速度センサなどを利用し, さらに特徴を分析するなどして正確な状況を推定する必要があると思われる.

● Neighbor-Aware (同行者)

移動状態に応じて異なるロジックで同行を判定する. 具体的には, 移動状態が「静止」および「徒歩」の場合には, 3.1 節の Neighbor-Aware の判定アルゴリズムと同様の方法で判定する. 一方, 移動状態が「電車」の場合には, 前回と今回に Location-Aware として通知された GPS データから, 2 人のユーザの移動ベクトルをそれぞれ計算し, 計算した移動ベクトルの大きさ (移動距離) の差が 30m 未満, かつ, 移動ベクトルの向き (移動方向) の差が左右 22.5 度未満である場合, 同行していると判定する.

3.2 節と同様の GPS データを用いて, 位置情報と移動状態を組み合わせた同行者判定アルゴリズムで同行しているかを判定した結果を表 3 に示す. 判定精度は約 73% となり, 位置情報のみで判定した場合に比べて約 14% 向上した. また, 移動状態ごとの推定精度を調べたところ, 電車での移動中の判定精度は約 71% と約 40% も向上していることが分かった. なお, 「静止」「徒歩」では判定アルゴリズムは変化していないため, 判定精度は表 2 と同一である.

上記の結果から, 複数の X-Aware を組み合わせる判定, 今回のアプローチが有効であることが分かった. また, 位置情報と移動状態を組み合わせて同行者を判定するアルゴリズムは, Motion-Aware 判定アルゴリズムと移動状態が「電車」時の判定アルゴリズムのみの追加であるため, 工数を非常に少なく抑えており, さらに, Motion-Aware で判定した移動状態を 2.3 節で述べた他の X-Aware

表 3 移動状態を組み合わせた場合の判定精度

Table 3 Determination accuracy combined with Motion-Aware.

No.	判定精度	判定精度		
		静止	徒歩	電車
1	58%	57%	50%	73%
2	73%	67%	73%	76%
3	86%	85%	86%	83%
4	82%	80%	85%	79%
5	68%	90%	74%	54%
6	56%	70%	54%	58%
7	60%	56%	57%	63%
8	84%	85%	85%	82%
9	70%	89%	57%	62%
10	75%	86%	93%	60%
11	93%	89%	94%	100%
12	70%	76%	56%	70%
計	73%	79%	72%	71%

(Relation-Aware や Purpose-Aware) の判定精度の向上にも利用できることから, コンテキスト管理プラットフォームとして非常に有用である.

また, 3.2 節の 1.~3. のケースであげた他の改善案も, 同様のアプローチで実現可能である. たとえば 1. のケースでは, Location-Aware 判定アルゴリズムにおいて, GPS データを取得できない場合には, GPS 衛星の捕捉状況を考慮して過去数分間の GPS データの緯度・経度情報から GPS データを補完生成したり, 外部知識としてマップ情報 (道路・歩道など) を組み合わせ, マップ照合を行って GPS データの誤差を補正したりすることで, Location-Aware の判定精度が向上すると考えられる. また, Neighbor-Aware 判定アルゴリズムにおいて, 前回の判定結果や連続して同行と判定している時間を考慮して同行者を判定することで, Neighbor-Aware の判定精度が向上すると考えられる. これらの改善も各々の判定アルゴリズムのみの修正であるため, 先ほどと同様, 工数を少なく抑え, これらの判定結果を利用する他の X-Aware の判定精度の向上にも利用できると思われる.

4. 関連研究

位置情報をコンテキストとして利用するサービスは, すでに実用化されているものが多い. NTT ドコモの i コンシェル [1] では, ユーザが設定した地域やオート GPS 機能で取得した現在位置に応じて, 鉄道の運行情報や天気情報, 地域のイベント情報などをユーザの持つ携帯端末に通知する. また, 株式会社コロプラのコロニーな生活 [2] では, ユーザが携帯端末で位置情報を登録することで, 移動距離に応じた仮想通貨や場所に応じた各地の土産の取得や, 地域情報の交換を行う. これらのサービスでは, 位置情報を

考慮してユーザにとって有用な情報を通知しており、実際に多数のユーザが利用している。しかし、位置情報のみではユーザのコンテキストを絞り込むことができず、ユーザにとって不要な情報も多く通知してしまう。そのため、さらに他の情報との組合せにより、コンテキストの詳細化を図る仕組みが必要になると思われる。

位置以外の情報を利用したコンテキストの詳細化については、様々な研究がさかんに行われている。たとえば、瀬古らの同行者判定手法 [8] では、GPS からユーザの位置情報に加えて、測位位置の誤差情報を取得し、誤差情報に応じて同行判定の基準を変更させることで、測位誤差による誤判定を軽減して誰と同行しているかの判定精度を向上させている。また近年携帯電話への搭載が進む加速度センサを利用する研究も行われており、たとえば、井上らの行動判別手法 [7] では、加速度センサから取得した情報の平均、分散、共分散などを用いて、51 種類の行動を判別し、特定健診の効率化を目指している。さらに、長らのユーザ状況推定手法 [3] では、GPS と加速度センサから取得した情報を組み合わせて用いることで、ユーザの動作・行動の推定精度の向上を狙っている。具体的には、加速度センサから移動状態（静止、電車やバスに乗車、歩行、走行）を判定し、移動状態が歩行から乗車に切り替わったタイミングにおける位置情報を GPS から取得してユーザの乗降区間を推定している。ただ、これらの手法は、センサから取得可能な情報を特定の目的に合わせて最適化しており、また本論文の 2.2 節で述べた組み込み判定のアプローチによる判定方法のため、判定したコンテキストを他のコンテキスト判定に利用できず、多様な事例への展開が困難であるという問題がある。

様々なセンシング情報から複雑なコンテキストを判定するモジュールの開発支援を行う環境としては、2.1 節で述べた Dey らの Context Toolkit [5] がある。Context Toolkit は、ユビキタス端末に対してユーザや端末の状況をコンテキストとして表現するためのソフトウェアツールキットで、センシング情報の取得とサービスからのセンサの隠蔽を行う Context widget、センシング情報を他の情報へ抽象化する Context interpreter、複数の情報を受け付けて複雑な状況を認識する Context aggregator からなる。Context aggregator で複数の情報を組み合わせて複雑な解釈を可能とする点は、本論文の組合せ判定のアプローチと類似しているが、過去のデータを保持していないため、その時点で解釈可能なコンテキストのみが取得可能であり、時系列情報を扱うには、アプリケーションでの処理が必要になる。

一方、寺田らの Wearable Toolkit [9] は、ウェアラブルコンピューティング環境におけるコンテキストウェアネスを活用したアプリケーション構築のためのミドルウェアおよびツール群である。プラグインによって自由に拡張可能な ECA ルールが特長であり、センサの特性や精度に応

じて ECA ルールを記述することでコンテキストを判定可能である。しかし、判定したコンテキストを新たな情報として生成していないため他のコンテキスト判定に利用できず、多様な事例への展開が困難であるという問題がある。

5. おわりに

本論文では、ユーザの状況を高精度かつ詳細に把握して有用な情報をタイミング良くプッシュ通知するため、様々なコンテキストを同じ枠組みで利用可能で、さらに 1 度定義したコンテキストを再利用可能なコンテキスト管理プラットフォームについて述べた。コンテキスト管理プラットフォームでは、計算可能なコンテキストを X-Aware として判定し、コンテキストに応じて、ユーザにとって有用な情報をタイミング良くプッシュ通知する。このとき、サービスに依存しない基本 X-Aware をセンシング情報から判定し、基本 X-Aware の組合せにより他の X-Aware を判定することで、様々な事例への展開が用意に実現できる。また、判定に利用するセンシング情報、外部知識の情報、他の X-Aware の精度向上により、判定アルゴリズムを修正することなく、判定の比重が高い X-Aware の判定精度の向上が見込める。

また、上記のアプローチを具体的な X-Aware として同行者の判定に適用し、その有効性を検証した。実験結果から、利用するセンシング情報が同じであっても、複数の X-Aware を組み合わせて判定することで、1 つの X-Aware のみから判定するよりも高い精度で同行者を判定でき、本アプローチの有効性を確認した。

今後は、近年携帯端末に搭載されはじめている加速度センサや地磁気センサから取得した情報や Google Calendar などのインターネット上の外部知識を用いて、様々な X-Aware を定量的に評価し、本プラットフォームの有効性を検証する予定である。また様々な利用シーンを考慮し、X-Aware や外部知識を組み合わせるための入出力インタフェースを定めるとともに、X-Aware の判定精度向上を実現するための基本 X-Aware の選択とその組合せロジックの確立を目指す予定である。一方、同行者や行動目的などユーザのプライバシーに関わる X-Aware 情報については、たとえば SNS での友人関係に基づいて他ユーザへの公開可否を制御するなど、運用時のユーザの負担軽減についても検討していく。

参考文献

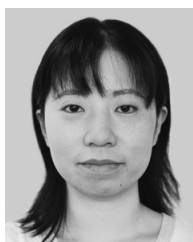
- [1] NTT ドコモ:i コンシェル, 入手先 (<http://www.nttdocomo.co.jp/service/customize/iconcier/>).
- [2] コロニーな生活, 入手先 (<http://pc.colopl.jp/pages/wl/>).
- [3] 長 健太, 池谷直紀, 岡本雄三, 瀬戸口久雄, 服部正典: センサを用いたモバイル機器向けユーザ状況推定技術の実装と評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-MBL-52, No.12, pp.1-7 (2010).

- [4] Dey, A.K. and Abowd, D.G.: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness, *Proc. Int'l Workshop on The What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness* (2000).
- [5] Dey, A.K., Salber, D. and Abowd, G.D.: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, *Anchor article of a special issue on context-aware computing in the Human-Computer Interaction (HCI) Journal*, Vol.16, No.2-4, pp.97-166 (2001).
- [6] 井上淳子: 購買行動における同伴者の影響: 母娘ショッピングの観点から, 産研アカデミック・フォーラム, Vol.13, pp.29-40 (2005).
- [7] 井上創造, 竹森正起, 鶴田紘子, 中島直樹, 須藤 修: 特定健診効率化のための加速度センサによる行動判別, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2009) シンポジウム, pp.1370-1379 (2009).
- [8] 瀬古俊一, 西野正彬, 青木政勝, 山田智広, 武藤伸洋, 阿部匡伸: 誤差情報を考慮した同行判定方法, 情報処理学会研究報告 (2008-UBI-20), Vol.2008, No.110, pp.65-72 (2008).
- [9] 寺田 努, 宮前雅一, 山下雅史: Wearable Toolkit: その場プログラミング環境実現のためのイベント駆動型ルール処理エンジンおよび関連ツール, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.6, pp.1587-1597 (2009).

推薦文

本論文は, ユビキタスコンピューティングやモバイルコンピューティングでの応用を想定し, 位置情報をはじめとするユーザの様々な周辺情報を取得し, 組み合わせるユーザのコンテキストを判定する手法を提案している. 多様なセンサなどの情報を組み合わせる分析を行う提案手法は新規性, 有効性とも優れ, 将来のユビキタスコンピューティング技術などへの応用も期待できる.

(マルチメディア通信と分散処理研究会主査 勝本道哲)



篠原 昌子 (正会員)

2009年大阪大学大学院情報科学研究科博士課程修了. 同年株式会社富士通研究所入社. 博士(情報科学). 現在, ヒューマンセントリックコンピューティング研究所にて, ユーザの状況や環境に合わせて最適なサービスを提供

する研究開発に従事.



松倉 隆一 (正会員)

1988年東北大学大学院工学研究科修士課程修了. 同年株式会社富士通研究所入社. 以来, 携帯端末, 電子会議等の開発を通じ, 人の能力を引き出すインタラクションの研究に従事. 最近はコンテキストに応じて最適化される

ホーム ICT に興味を持つ. 2010年より富士通株式会社. 1999年論文賞受賞. ACM, 人工知能学会各会員.



角田 潤

1993年京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科修士課程修了. 同年株式会社富士通研究所入社. 以来, プレゼンスを活用したリアルタイムのコミュニケーションやサービス制御技術の研究に従事. 近年, 人の状況や環境に依存

したサービス制御に興味を持つ. ヒューマンインタフェース学会会員.



矢野 愛

1992年静岡大学教育学部卒業. 同年株式会社富士通研究所入社. 以来, テレカンファレンス・コミュニケーションシステム研究開発, 人の行動検知・分析研究に従事. 現在, ヒューマンセントリックコンピューティング研究所

にて, 人や環境の状況依存型のサービス制御に関する技術の研究開発に従事.