

すれちがいシステムのためのアプリケーションフレームワークの一提案

林 亜梨沙[†] 徳永 清輝[†] 栢本 真佑[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀[†]

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail: †{arisa,tokunaga}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp,
†††sachio@carp.kobe-u.ac.jp

あらまし モバイルセンサ端末の近接により検出される「すれちがい」を利用するアプリケーションはデバイスや通信技術への依存が強く、開発のコストが高い。本研究では、開発コストの軽減を目的とし、汎用的なすれちがいフレームワークを提案する。その実現に向け、本稿ではすれちがいに明確な定義を設け、その性質を分析することで、フレームワークのデータモデルに対する要件の検討を行う。また、ケーススタディとして、検討したすれちがいフレームワークのデータモデルを用いていくつかの通信技術により得られる情報を表現し、実際にすれちがいを実現可能か確認することで、妥当性を検証する。

キーワード すれちがい通信, すれちがいフレームワーク, M2M

Proposing an Application Framework for Pass-by System

Arisa HAYASHI[†], Seiki TOKUNAGA[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], Sachio SAIKI[†], and Masahide
NAKAMURA[†]

[†] Kobe University Rokko-dai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

E-mail: †{arisa,tokunaga}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp,
†††sachio@carp.kobe-u.ac.jp

Abstract Pass-by Application based on proximity of mobile sensor device take high development cost, because they have heavy dependence on hardware technology. The purpose of our research is reducing the cost, we proposed a generic “Pass-by Framework” to cope with the cost problem. In this paper, we consider requirements of data model of the framework based on making a strict definition of Pass-by and characteristic analysis. Then, to verify validity of the framework, we make some examples which considering practical various device data, and apply the framework.

Key words Pass-by wireless communication, Pass-by framework, M2M

1. はじめに

ICT 技術の発展に伴い、小型化・高性能化したスマートフォンやタブレット端末などのモバイル端末の普及が急速に進んでいる。また、M2M・IoT を成すコア技術であるセンサネットワークの広がりを受け、センサ技術に対する研究・開発が進んでいる。このような背景の下、モバイル端末に対して高度なセンサ機器を搭載するモバイルセンサ端末を利用することで、モバイル環境下におけるデバイス同士の自律的な相互通信を利用するアプリケーションへの応用が注目されている。M2M 技術を用いた応用事例として、センサ同士の位置関係を活用した、AR (拡張現実)・MR (複合現実)・O2O などへの活用が報告されている [1][2]。これらはセンサデバイス間の近接検知を基

礎とし、検知結果をもとにユーザごとに異なる付加価値を提供する、コンテキストウェアなアプリケーションである。センサデバイスの近接検知を実現するための技術として、GPS, Wi-Fi, Bluetooth, RFID など非接触型の様々なセンサ・通信技術が利用されている。

本稿ではこれらの技術により検出される人と人の時間的に限定された接近をすれちがいとし、このすれちがいを利用する任意のシステムをすれちがいシステムと呼ぶ。例えば、任天堂株式会社のニンテンドー DS シリーズ [3] や株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメントの PlayStation® [4] などでも利用されているすれちがい通信も、すれちがいシステムに分類される。すれちがいシステムでは、近距離無線通信を用いてアド

ホックネットワークを独自に構築できる。そのため、インターネットへの接続が保障されない環境下においても、センサデバイス間で近接検知/検知結果の蓄積を行い、蓄積情報を共有し拡散することでDTN(Delayed Tolerant Networking)のような非同期的情報共有が可能である。また、センサデバイスの自律的な通信ですれちがい成立し情報が集約されることから、人間の意図的でない近接を検出できる。さらに、現実世界における人と人の物理的な接近とインターネットなどの仮想空間における活動が結合した、新しいコミュニケーションの形を創造できる。これらの特性を活かし、大規模広域災害などインターネットが遮断された環境下において安否を確認するシステム、時空間情報でメンバが決定されるSNSなどのコミュニティの形成、即時性を活かした、場所やもの・イベントに関連付けられた情報の近接ユーザへの提供など、これまでに無いアプリケーションが可能となる。

すれちがいシステムは様々な新しい付加価値をアプリケーションで実現できる反面、アプリケーション開発者に対し、開発コストの増加を招く。すれちがいシステムを実現するために、アプリケーション開発者はセンサごとの特性を考慮した近接検知、アクションを想定しなくてはならず、利用するセンサ技術にあわせて設計・実装しなければならない。また、デバイス依存の開発となるため再利用性が低く、クロスプラットフォームなアプリケーション開発の実現が困難である。システムと密に結合したアプリケーションは、ユーザが利用可能なデバイスを制約することにもつながり、さらにアプリケーション間の互換性確保も困難となることから、ユーザビリティの低下も招く。

そこで、本研究ではすれちがいシステムを用いたアプリケーション開発を支援するフレームワークである**すれちがいフレームワーク**を提案する。提案フレームワークは、デバイスや通信技術に依存する近接検知とアプリケーションから利用する近接情報の管理を分離し抽象化することで、アプリケーション開発者はどのユーザがどのようなデバイスを利用するかを意識せず設計・開発を行うことが可能となる。また、近接検知方法に関わらず近接情報を扱うことができるため、従来実現できなかった異なるデバイス間での近接検知が可能となる。

本稿では、すれちがいを明確に定義し、提案するフレームワークが対象とするすれちがいという事象について、その性質を明らかにする。次に、すれちがいシステムに用いる標準的なデータ構造について定義を行い、すれちがいフレームワークについての設計を行う。また、ケーススタディとして実際に利用される具体的な技術を基に、提案フレームワークを適用したアプリケーションの実装について検討を行い、提案フレームワークの妥当性・有効性について検証を行う。

2. 準備

2.1 すれちがいシステム

すれちがいは、図1のように、複数の対象がある一定の範囲内にある一定の時間存在することとする。すれちがいを何らかのデバイスを用いて検出し、その事実を記録する、または

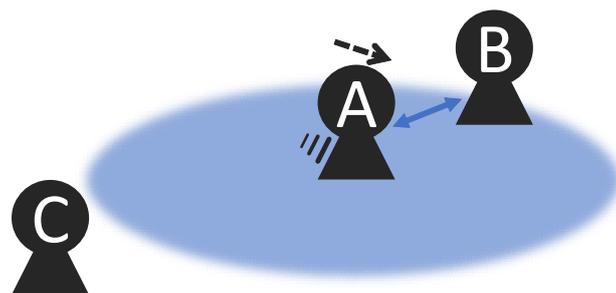


図1 すれちがい

データをやりとりするなど任意の動作を行うシステムがすれちがいシステムである。

すれちがいシステムの特徴を次にまとめる。まず、どのような仕組みを用いて情報を共有するかは自由である。クライアントサーバモデルを適用した際のデータベースの扱い方に制約が無いだけでなく、サーバ自体を設けない利用方法も可能である。また、センサを通して収集した情報の利用方法を工夫することで即時性を重視した機能の実現も可能である。

すれちがいシステムは、他のデバイスと接触せずに絶対的、または相対的な位置情報を取得できる機器であれば利用可能である。絶対的な位置情報を取得する手段としてはGPSやWi-Fiのインフラストラクチャー・モードがあり、相対的な位置情報はBluetoothやWi-Fiのアドホック・モードなどにより取得できる。これらのセンサ・通信技術が搭載された機器には、1.で例に挙げた家庭用ゲーム機の他に、スマートフォンやタブレットなどのモバイルセンサ端末が該当する。

ニンテンドーDSシリーズやPlayStation®では、既にすれちがい通信やnearと言った名称ですれちがいシステムが取り入れられている。これらのシステムにより、利用者は実際に近くにいた他の利用者として、アバターを通して交流したりゲーム内で使用するアイテムを交換したりするなど協力し合うことができる。

すれちがう対象を人と人に限らず、人と物体に適用することで、近年O2Oの実現技術として注目されているBeaconを用いたサービスをすれちがいシステムのひとつとして実現できる。例えば、店舗に設置されたBeacon端末に、対応アプリケーションのインストールされたスマートデバイスが接近した際、商品の最新情報やクーポンなどをプッシュ配信するサービスなどがある。

また、情報共有の仕組みに制限がなくインターネットへ接続できない環境下での利用も可能であることから、大規模広域災害時の安否確認システムへの適用も考えられる。センサデバイス間ですれちがいを検知し、各デバイスに検知した時間や相手の情報を蓄積した上で、避難所のような多くの人が集まる場所にサーバを設けて情報共有する仕組みを整えることで、利用者は避難所にてサーバに登録されている情報を調べ、親しい人がどこにいるのかを確認できる。

このように、すれちがいをきっかけにイベントを起こすことで新しい付加価値のある様々なシステムを実現できる。

2.2 課題

すれちがいシステムを用いることで今までにない新しい価値の創造が期待できる一方で、開発コストが大きいという側面がある。その原因のひとつとして、機能がデバイスや実装と強く依存していることが挙げられる。実際に、上に例として示した「すれちがい通信」は Wi-Fi を、「near」は GPS を利用したサービスであり、それぞれに対応するように設計・実装する必要がある。また、異なる通信技術を用いたすれちがいシステム同士には互換性が無い。こういった特性のために、すれちがいシステムは実装の再利用性が著しく低く、現状では、仕様の異なるハードウェア上で同様に動作するソフトウェアの開発が難しい。先に述べた、災害時における安否確認システムのような、少しでも多くの人から情報を集めたい場合はデバイスに依存せずすれちがいを検出できることが望ましい。

さらに、クロスプラットフォームなアプリケーション開発が困難であるということは、利用者にとっても利用可能なデバイスを制約されることになる。その上、他のアプリケーションとの連携も可能な範囲が限定的になり、有効性や使用満足度の低下を引き起こす。

3. すれちがい

3.1 目的とキーアイデア

本研究の目的は、すれちがいシステムを利用するアプリケーションに関して、近接検知に用いるデバイスや通信技術に依存しない開発を可能にすることである。そのために、まずは実装から分離したすれちがいという現象について定義する。さらに、定義に基づきすれちがいの性質を式で表し、その性質からすれちがいシステムを抽象化したモデルに必要な要素を整理する。

3.2 すれちがいの定義

すれちがいは、二つの対象が、ある時刻において一定の距離未満に接近することである。

\mathbf{X} をすれちがい対象となるエンティティの集合、 \mathbf{D} を任意の距離関数 $d: \mathbf{X} \times \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}$ の集合、 \mathbf{T} を任意の時刻の集合とする。このとき、すれちがい χ は関数

$$\chi: \mathbf{X} \times \mathbf{X} \times \mathbf{D} \times \mathbf{T} \rightarrow \{0, 1\} \quad (1)$$

で定義される。ここで χ は二つのエンティティ $x_1, x_2 (\in \mathbf{X})$ がある時刻 $t (\in \mathbf{T})$ において、ある一定の距離 L 未満の距離 $l, \{l = d(x_1, x_2)\}$ で接近したとき、

$$\chi(x_1, x_2, l, t) = \begin{cases} 1 & (l < L) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

をとる関数である。以降、 $\chi(x_1, x_2, l, t) = 1$ となる任意の 4 つ組を $\langle \langle x_1, x_2, l, t \rangle \rangle$ と記述する。

図 1 では、三つのすれちがい対象 A, B, C があり、A を中心とした距離 L の範囲を円で、すれちがいを双方向の矢印で示している。A と B の距離は L 未満になっているため、すれちがいと判定されるが、A と C の距離は L より大きいいためすれち

がいが成立しない。

3.3 すれちがいの性質

すれちがいとなる対象 A, B, C がある。このとき、すれちがい対象には従属関係が無いため、A と B がすれちがったという事象と B が A とすれちがったというは同一のものとなる。また、A と B がすれちがい、かつ、B と C がすれちがったという事象が同時刻に発生した場合、A と C の距離がすれちがいとして定められた距離より小さければ、直接近接を検出する手段が無い場合であっても A と C がすれちがったとみなせる。

以上より、すれちがい χ は以下の性質 C1, C2 を持つ。

性質 C1 (対称性)

二つのエンティティ x_1 と x_2 がすれ違う際には、2 者間に決まった順序関係が無いことから、次の対称性が成り立つ。

$$\langle \langle x_1, x_2, l, t \rangle \rangle \Rightarrow \langle \langle x_2, x_1, l, t \rangle \rangle \quad (2)$$

例えば、 $\langle \langle \text{Arisa}, \text{Bob}, 0.5\text{m}, 12:34:56 \rangle \rangle$ の場合、 $\langle \langle \text{Bob}, \text{Arisa}, 0.5\text{m}, 12:34:56 \rangle \rangle$ が成り立つ。

証明：距離空間の定義より、 $d(x_1, x_2) = d(x_2, x_1)$ であるため、 $\chi(x_2, x_1, l, t) = 1$ である。

性質 C2 (推移性)

あるエンティティ x_2 が同時刻に二つの異なるエンティティ x_1, x_3 とすれ違った場合、一定の条件を満たせば、 x_1 と x_3 のすれ違いが次のように成立する。

$$\begin{aligned} & \langle \langle x_1, x_2, l_1, t \rangle \rangle \wedge \langle \langle x_2, x_3, l_2, t \rangle \rangle \wedge (l_1 + l_2 < L) \\ & \Rightarrow \langle \langle x_1, x_3, l_3, t \rangle \rangle \quad (\text{ただし } l_3 \leq l_1 + l_2) \quad (3) \end{aligned}$$

例えば、 $\langle \langle \text{Arisa}, \text{Bob}, 0.4\text{m}, 12:34:56 \rangle \rangle$ と $\langle \langle \text{Bob}, \text{Charley}, 0.4\text{m}, 12:34:56 \rangle \rangle$ の二つのすれちがいが存在し、 $L = 1.0$ であるとき、 $0.4 + 0.4 = 0.8 < 1.0$ より $\langle \langle \text{Arisa}, \text{Charley}, d(\text{Arisa}, \text{Charley}), 12:34:56 \rangle \rangle$ が成り立つ。

証明：距離空間の定義より $d(x_1, x_2) + d(x_2, x_3) \geq d(x_1, x_3)$ である。また、 $l_1 + l_2 < L$ なので、 $d(x_1, x_3) < L$ である。よって、 $l_3 = d(x_1, x_3)$ とすると、 $\chi(x_1, x_3, l_3, t) = 1$ となる。

ただし、推移性は十分条件である。 $l_1 + l_2 > L$ の場合でも、 $\langle \langle x_1, x_3, l_3, t \rangle \rangle$ が成り立つケースがある

これらの性質 C1, C2 を利用することで、確認されたすれちがいの事実から、未知のすれちがいの事実を導出することが可能になる。よってさまざまな手段で取得したすれちがいの事実をつなぎ合わせ、より広範囲で一般的なすれちがい検出を可能とする。このように、直接検出できないものの、他のすれちがいのデータを元に導出されるすれちがいを、**間接的なすれちがい** とする。

さらに、すれちがいは時空間情報と組み合わせると特に有効なものとなる場合がある。時空間情報を利用した際に現れるすれちがいの性質について、次に述べる。

すれちがいを直接検知出来ない場合であっても、双方がもつ

時空間情報が一定の範囲内に存在した場合、A と B はすれちがったといえる。この性質は次のように表される。

性質 C3 (時空間情報を利用したすれちがいがい)

エンティティ x_1 と x_2 のすれちがいを検知する手段がなくても (すなわち、互いの距離 $d(x_1, x_2)$ が未知)、それぞれに時空間情報があれば、それをもとにすれちがいの事実を推論することが可能である。

x_1 と x_2 が同時刻に十分近い地点 p_1 と p_2 に存在すれば、 x_1 と x_2 はすれ違ったと推論できる。

エンティティ x が時刻 t に地点 p に存在するという事実を、 $\langle x, p, t \rangle$ と書く。また、二地点 p_1, p_2 の距離を $d'(p_1, p_2)$ と書く。この時、 x_1 と x_2 のすれちがいは次の性質で導かれる

$$\langle x_1, l_1, t \rangle \wedge \langle x_2, l_2, t \rangle \wedge (d'(l_1, l_2) < D) \\ \Rightarrow \langle \langle x_1, x_2, l', t \rangle \rangle \quad (\text{ただし } l' = d'(p_1, p_2)) \quad (4)$$

例えば、 $\langle \text{Arisa}, S101, 12:22:30 \rangle$, $\langle \text{Bob}, S102, 12:22:30 \rangle$, $d'(S101, S102) = 3\text{m}$, $D = 10\text{m}$ のとき、 $\langle \langle \text{Arisa}, \text{Bob}, 3\text{m}, 12:22:30 \rangle \rangle$ となる。

C1, C2, C3 を複合的に利用することにより、時空間情報を取得できず、かつ、直接すれちがいを検知することが出来ないエンティティ同士が、他エンティティの時空間情報を介在することで、すれちがいの事実を推論することが可能となる。

すれちがいの定義より、すれちがい対象のどちらか一方の時空間情報が存在する場合、他方の時空間情報が分かる。この性質は次のように表すことができる。

性質 C4 (時空間情報の推論)

x_1, x_2 のすれちがいが成立し、 x_1 の位置情報 p_1 が既知であれば、 x_2 の時空間情報を推論できる。

$$\langle \langle x_1, x_2, l, t \rangle \rangle \wedge \langle x_1, p_1, t \rangle \Rightarrow \langle x_2, p_2, t \rangle \quad (5) \\ (\text{ただし } p_2 \text{ は } d'(p_1, p_2) < L)$$

例えば、 $\langle \langle \text{Arisa}, \text{Bob}, 0.5\text{m}, 12:34:56 \rangle \rangle$ が成り立ち、そのときの Arisa の時空間情報が $\langle \text{Arisa}, S101, 12:34:56 \rangle$ と表され、また、 $D = 1.0$ のとき、S101 から距離が 1.0 の範囲を S101* とすると、Bob の時空間情報は $\langle \text{Bob}, S101*, 12:34:56 \rangle$ と推論される。

C4 から、同時刻にすれちがったエンティティの集合から、ひとつでも時空間情報を持つエンティティが存在すれば、それ以外のエンティティの時空間情報も推論できる。

C1~C4 の性質について、図 2 に示す。既知のすれちがいにに関する情報は実線で、性質から導かれる、未知であった事実は点線で表している。

4. すれちがいフレームワーク

すれちがいの性質 C1~C4 を満たす、すれちがいシステムを開発することは開発者、利用者双方の観点から利便性が高くな

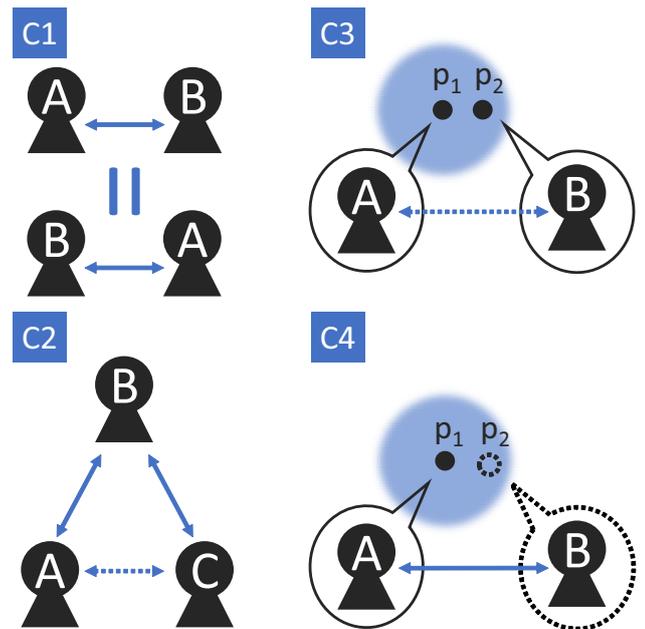


図 2 すれちがいの性質

る。そこで、これらの要件を満たすシステム開発を行うための統一フレームワークについて検討する。

4.1 データモデル

フレームワークを実現するために必要となる、すれちがいを表すデータモデルについて考える。

まず、すれちがいの定義より、二つの対象となるエンティティ、エンティティ間の距離、すれちがいのあった時刻が必要であることがわかる。二つの対象となるエンティティに関する情報を自分を特定する情報 (subjectId) uniqueID(string) と相手を特定する情報 (objectId) uniqueID(string) とし、この二つにエンティティ間の距離 (distance) num[m] とすれちがったときの時刻 (time) YYYYMMDDThhmmss を加えたものをすれちがいに必須の要素群とする。ここで、subjectId と objectId は一意に識別できる ID とし、time は UTC 協定世界時を利用する。

また、絶対的な位置情報を取得できるデバイスを用いた場合に取得できるすれちがいのあった場所 (location) ±ddmm.mmm/±dddmm.mmm や、実際に利用した通信方法 (type) TYPE とその際の精度 (accuracy) num を、すれちがい検出に関する情報として管理する。location は経緯度の値を用い、東経・北緯は + を、西経・南緯は - を数値の前に添えて表現するものとする。また、type には Wi-Fi などの通信方法が該当し、WiFiInfra や WiFiAd といった表記で表す。これらの情報は必須ではないが、性質 C3, C4 より新しいすれちがいの事実や時空間情報を推論する場合に活用できる。さらに、アプリケーション開発者が利用することを踏まえ、エンティティに関わることを以外にすれちがいで取り扱いたい誰が・誰と以外の情報 (data) any や、雑記としてその他・付加情報 (misc) any を必須でない要素としてデータモデルに含める。

六何の原則に照らし合わせると、「何時 (When)」に当た

表 1 すれちがいデータモデル

item	format
when	time*
where	location
who	subjectId*
whom	objectId*
what	data
how	type
	distance*
	accuracy
others	misc

表 2 BluetoothLowEnergy によるすれちがい

item	Arisa	Bob
time	20150109T085959+0900	20150109T085959+0900
location		
subjectId	00001111	11112222
objectId	11112222	00001111
data		
type	BLE	BLE
distance	0.7	0.7
accuracy	0.2	0.2
misc		

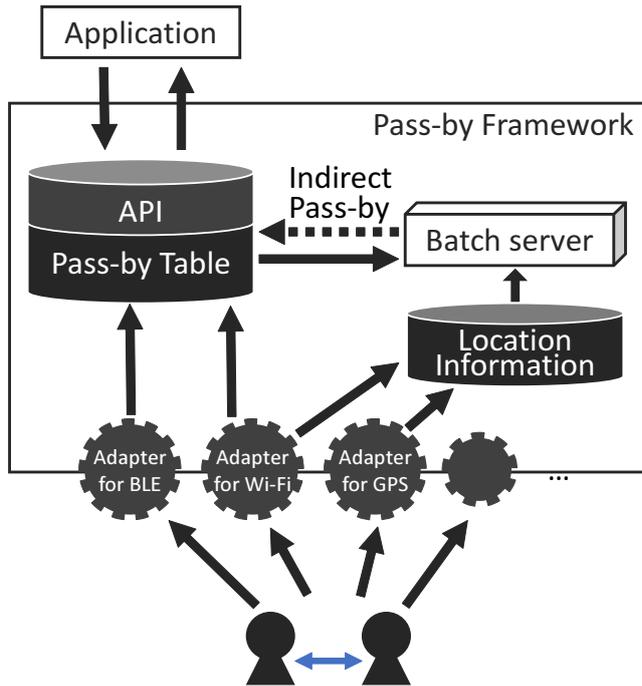


図 3 すれちがいフレームワーク

るのが時刻であり、「何処で (Where)」には場所が、「何人が (Who/Whom)」には自分を特定する情報と相手を特定する情報が、「何を (What)」には誰が・誰と以外の情報が、「如何にして (How)」には通信方法・距離・精度が当てはまる。ここで、「何人が」に「何人に対し」を表す Whom が含まれるのは、すれちがいの対象には従属関係が無いためである。

以上より抽出したデータモデルを表 1 にまとめる。項目名の後に*の付いているものが、すれちがいフレームワークを用いる際に必須の要素である。

4.2 すれちがいフレームワークの全体像

図 3 にすれちがいフレームワークの全体像を示す。すれちがいフレームワークは、すれちがい情報を格納する **Pass-by Table**、位置情報を格納する **Location Information** データベース、位置情報とすれちがい情報からオフラインにすれちがいを検出する **Batch server**、外部のアプリケーションにすれちがい情報を提供する **API** の 4 要素から構成される。Pass-by Table には検出されたすれちがいに関する情報がすれちがいデータモデルに従って登録され、Location Information データ

ベースには位置情報として経緯度が蓄積される。位置情報の表現はデバイスごとに異なるため対応するアダプタを経由することで経緯度へと変換し格納する。また、アダプタには位置情報の変換の他に、検出したすれちがい情報をすれちがいフレームワークのデータモデルに変換し Pass-by Table に格納するものもある。このように、様々なデバイスに対応するアダプタを用意することで、すれちがいフレームワークをより広く適用できるようになる。Batch server では、蓄積されたすれちがい情報と位置情報から、性質 C2, C3 をもとに未知のすれちがいを検出し、Indirect Pass-by として Pass-by Table に格納する。API は、Pass-by Table の情報からアプリケーション開発者に対し、すれちがいがあったか、または特定の利用者が誰とすれちがったのかなどのすれちがいに基づく情報を提供する。このすれちがいフレームワークを利用することで様々なデバイスに対して統一的にすれちがいを取り扱うことができ、従来の方法では未知であった異なるデバイス間のすれちがいを発見でき、これらの結果を外部アプリケーションに提供できる。

5. ケーススタディと考察

すれちがいフレームワークのケーススタディとして、BluetoothLowEnergy や GPS を利用する場合を例に考察する。

5.1 BluetoothLowEnergy によるすれちがい

Bluetooth を利用した場合、すれちがいが起こったことをトリガーに情報を得ることができる。ここではすれちがいシステムに利用することを想定するため、近接検出のできる BluetoothLowEnergy (以下 BLE) について考える。

BLE を用いる場合、major 値や minor 値などの情報を基にする、もしくはアプリケーションごとのサーバを通すことで subjectId や objectId が分かる。type は BLE となり、受信した電波の強度を表す rssi と 1m 地点での電波強度である measuredPower を用いてエンティティ間の距離を概算することができる。また、推定誤差が accuracy として検出される。

例えば、 $\langle\langle\text{Arisa, Bob, 0.7, 085959}\rangle\rangle$ というすれちがいにすれちがいフレームワークを適用すると表 2 のようになる。ただし、Arisa の持つ ID を 00001111, Bob の持つ ID を 11112222 とし、accuracy は 0.2 と計測されたものとする。

5.2 GPS によるすれちがい

GPS を利用する場合、直接取得できるのは表 3, 表 4 のよう

表 3 GPS によるデータ:Bob		表 4 GPS によるデータ:Charley	
item	data	item	data
Time	085959.12	Time	085959.12
Latitude	3645.5300	Latitude	3645.5302
North or South	N	North or South	N
Longitude	13709.5226	Longitude	13709.5225
East or West	E	East or West	E

表 5 GPS によるすれちがい			
item	Bob		Charley
time	20150109T085959+0900		20150109T085959+0900
location	+3645.530L+13709.522		+3645.530L+13709.522
subjectId	11112222		22223333
objectId	22223333		11112222
data			
type	GPS		GPS
distance	1.1		1.1
accuracy	10		10
misc			

な単独の位置情報となる。第 4.2 節で述べたように、アダプタとバッチサーバによる、すれちがいの判定も含めた処理が必要である。具体的には、Time の一致する 2 つのデータの緯度・経度の情報からその 2 つのエンティティ間の距離を求め、その値がすれちがいとして定められた値より小さい場合には、すれちがいが成立する。

例えば、上の 2 つの表のようなデータがあり、求めた距離が 1.1m であった場合、 $\langle\langle\text{Bob}, \text{Charley}, 1.1, 085959\rangle\rangle$ というすれちがいが成り立つ。

以上の処理によってすれちがいと判定されたエンティティに対してすれちがいフレームワークを適用することができる。type は GPS であり、判定に用いた距離が distance に当てはまる。GPS で取得した緯度、経度は location として扱う。

表 3、表 4 から検出されるすれちがいを例として表 5 に示す。Charley の持つ ID を 22223333、accuracy を 10 とする。

5.3 間接的なすれちがい

5.1, 5.2 にて、 $\langle\langle\text{Arisa}, \text{Bob}, 0.7, 085959\rangle\rangle$, $\langle\langle\text{Bob}, \text{Charley}, 1.1, 085959\rangle\rangle$ という 2 つのすれちがいが導かれた。time に注目すると、同時刻にこれら 2 つのすれちがいが起こっていることが分かる。さらに、それぞれのエンティティ間の距離を見ると、Arisa-Bob 間が 0.7m、Bob-Charley 間の距離は 1.1m であり、距離の合計は 1.8m となる。ここで、すれちがいとして認める距離を 2.0m とすると、 $1.8 < 2.0$ であることから、性質 C2 より $\langle\langle\text{Arisa}, \text{Charley}, l_{ac}, 085959\rangle\rangle$ が導かれる。ただし、 l_{ac} は Arisa-Charley 間の距離である。

5.4 考察

本章では、すれちがいフレームワークのケーススタディとして、いくつかの通信技術により得られる値をデータモデルに当てはめ、検証した。5.1, 5.2 より、アダプタやバッチサーバによる処理を行うことで、すれちがいフレームワークを異なる複数の通信方法から得られるデータに実際に適用し、統一的に

すれちがいを扱えることを示した。

さらに、5.3 より、既に存在するすれちがいのデータから、潜在している未知のすれちがいを間接的なすれちがいとして導出できることがわかった。すれちがいデータモデルでは二つのエンティティ間の距離が必須の要素であるものの、例に挙げた Arisa-Charley 間の距離に関しては正確に計測することは困難である。しかしながら、 $l_{ac} \leq 1.8$ が成り立つことから、「間接的なすれちがいでは、判定に用いた二つのすれちがいにおけるエンティティ間の距離の合計を距離とし、accuracy を低く、type を Indir と登録する」という規則を定めることで、すれちがいフレームワークを適用することができる。

また、location では経緯度を用いているが、場所を一意に特定できれば問題ないため、地名と経緯度を結びつけるアダプタを作成することで、地名や、アプリケーション固有の呼称を LocationUID としてすれちがいを判定することも可能となる。

6. おわりに

モバイルセンサ技術の発展により、センサ同士の自律的な通信を利用したアプリケーションが求められている。その中でも本稿ではすれちがいに注目し、すれちがいをより容易に、かつ、汎用的に扱うためのすれちがいフレームワークについて検討し、すれちがいの厳密な定義の確立、統一的にすれちがいを扱えるデータモデルの設計を行い、このフレームワークを使うことで、従来の方法では検出できなかった潜在的なすれちがいを導出できることを確認した。

今後の課題として、すれちがいフレームワークを使うために必要な API およびバッチサーバの設計や実装、また、各センサデバイスに対応したアダプタの設計と開発を行うことで、すれちがいシステムの開発者にとって役立つすれちがいフレームワークを実現する必要がある。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 C 24500079, 基盤研究 B 26280115, 基盤研究 C 24500258, 若手研究 B 26730155）、および、川西記念新明和教育財団の研究助成を受けて行われている。

文献

- [1] 細川直史, 武原靖, 柴山明寛, 秦康範, 高梨健一, “拡張現実 (ar) を用いた現位置における防災情報可視化の試み,” Technical report, 総務省消防庁消防大学校消防研究センター, Sept. 2011.
- [2] 佐久間涼, 今井順一, “距離情報を利用して前景物体を半透明表示する複合現実感システム,” 電気学会論文誌 C, vol.134, no.10, pp.1436–1442, 2014.
- [3] “すれちがい通信といつの間にも通信,” <http://www.nintendo.co.jp/3ds/hardware/features/network.html>.
- [4] “Near app,” <http://us.playstation.com/psvita/apps/psvita-app-near.html>.