

磁気センサを用いた一時的グルーピング構築手法の提案

北城 隆志 金井 敦 佐藤 周行 小林 透

近年スマートフォンやタブレットが普及してきており、そのサービスは多岐に渡る。そのサービスの中にはグループという概念を用いるものがある。グループは大きく分けて2つに分類することができる。1つは学校のクラスや会社などの長期的なグループ、もう1つは電車の乗客などといった一時的なグループである。一時的なグループの特徴として、即時性が求められることがあげられる。そして一時的なグループは、一部の個人情報を信頼に足る人物と共有する長期的なグループと違って一時的なグループの認証者(リーダー)にその場にいることの証明を行うことによってグルーピングを可能にする。その場にいることの証明には様々な手法を用いることができ、画像や音など多岐に渡る。しかし、それらの手法はユーザーの可用性を下げていることが多い。そこで本研究では電車が発生させる磁場の磁気をセンシングすることにより、その場にいることの証明を即時的に行い、可用性を下げることなく、同車両内の乗客に関しての一時的なグループを作成する手法を提案する。その後、プロトタイプを作成し、実験を行い、妥当性を検証する。

1. はじめに

現代社会において、私たち生活の中には様々なグループが存在する。これらのグループは大きく分けて2つに分類することができる。1つは学校のクラスや会社などの長期的なグループ、もう1つは電車の乗客などといった一時的なグループである。長期的なグループについては基本的に信頼できる人のみが参加するという特徴があり、そのためのサービスとしてはLINEやFacebookといったSNSなどのサービスが多く普及している。長期的なグループでは一部の個人情報を信頼に足る人物と共有する特徴があるが、一方、一時的なグループについては見知らぬ人が参加する可能性が高く、個人情報などのプライバシー情報を共有して認証を行うことが難しい。

一時的なグループを対象としたサービスのために、既存のサービス、もしくは類似する仕組みを用いた場合にはいくつかの問題点がある。既存のサービスでは利用者に対し、サービスを利用するグループに加入するために、厳密な認証を求めている。しかし、一時的なグループでは求められる認証は少なく、即時性が重視されることが多い。そのためアカウント作成など時間のかかる手続きは一時的グルーピングに適さない。そして一時的なグルーピングにおいて、参加するユーザーが信頼できるとは限らない。一時的なグルーピングに用いられるのは厳密な認証ではなく、そのグループごとに用いられるその場にいることの証明である。その場にいることの証明はその状況によっていろいろな種類の証明手法を選択する必要がある。バスの乗客や、電車の乗客、飛行機の乗客などを一時的なグルーピングを用いてグルーピングすることにより新しいサービスを提供できるがそのためのサービスは存在していない。本研究ではこの電車の乗客という一時的なグループに着目し、その場にいることの証明を電車が発する磁場による磁気を用いることにより、可用性を低下させずに即時的にグルーピング行える手法を提案する。

2. 関連研究

電車内のモーターの磁気に着目している研究に磁気センサを用いた行動判定制度向上案[1]がある。これは高齢者などの徘徊などの対策として用いている TLIFES(Total LIFE

Support system)を補助する形で電車の磁気を計測し、TLIFESの行動判定に用いている加速度センサのみの状態では難しかったJRや地下鉄に乗車している状態の行動の判定を行っている。本研究においては乗客同士が同じ電車に乗っているかどうかを判断するもので、関連研究のような乗客単体で電車に乗っているかどうかの判断を行うものではない。

さらに、既存の研究で、一時的グルーピングの研究を関連研究として示す。

(1) 音を利用した写真共有手法

音を利用した写真共有手法[2]では、写真の共有を目的として音を用いて送信する端末を識別するというグルーピングを行っている。グループを作成する端末からグループを識別するための音を発生させ、グループに参加する端末はこの音を録音する。この録音した音に対して分析を行い、それをかぎとしてサーバーに接続して認証を行うことでグルーピングを可能にしている。このグルーピングの概要図を図1に示す。しかし、音を用いることから飲食店や電車の環境音など騒がしい場所では、グループを識別するための音を録音することが難しい。

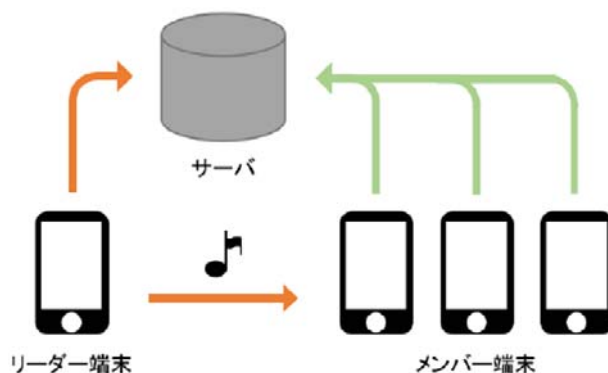


図1. 音を利用したグルーピング手法

(2) 端末のカメラを用いた柔軟な端末グループ作成

グループ化を行う研究として携帯端末のカメラを用いた相対位置検出による柔軟な端末グループ作成[3]がある。会議などの場において情報を共有する際、直感的な操作により端末のグループ化を行う。その際に携帯端末のカメラを用いることで、相手の所持している端末を検出することで位置関係を持つ端末グループを形成する。ここではどのように直感的なグルーピングをするかという点に注目しており、グルーピングそのものや認証については対象としていない。

(3) NFCを用いた一時的グルーピング手法

一時的なグルーピングを用いた手法の一つにその場にいる証明を、NFC通信を用いて行うもの[4]がある。この手法は飲食店などでメンバー端末を注文のできるタブレット端末として利用する状況を想定している。注文を管理するため、厳密なその場にいることの証明を行う必要があるからNFC通信で認証に必要な情報の受け渡しを行い、確実な証明を行っている。この例はグルーピングを行う対象が一つのテーブルに着席する団体なので、グルーピングを行う人数が特定されているという点で、今回のケースでは扱えない。

3. 提案手法のコンセプト

電車などの乗り物にはモーターが搭載されていることから、その磁場が発生し、スマートフォンに搭載される磁気センサを用いることによりモーターの動きに応じて磁気が計測される。その磁気量については電車においては基本的な生活に影響が出ないように軽減させる仕組みが行われているが、少なからず磁気センサで磁気を計測することができる。そして電車の運行は一定というわけではなく、運転士がスケジュールにあわせて加速、減速を行っているため、その個々の運行によってセンシングされる磁気は違うのでその磁気をセンシングすることにより同車両ごとのグルーピングを作ることが可能である。

(1) 一時的グルーピングを用いたサービスの例

本研究の提案手法を用いた一時的なグルーピングを利用したサービスの例を説明する。同車両内の乗客としてグルーピングされた乗客は自身が降車する駅を設定することで、近づくバイブレーションで通知を行うことができる。また、通勤や通学の時間を有効活用する電車内専用の新聞を配信することや、外部からグルーピングされている人数を確認することで電車の混雑状況をリアルタイムで確認することなど、提供できるサービスは多々ある。

一時的なグルーピングは、2つの役割で構成されている。1つはグループの管理者である「リーダー」、もう1つはグループの参加者である「メンバー」である。リーダーはグループを作成し、グループの参加者であるメンバーを招集する。グループ内の通信には個人情報などを必要とせず一時的な情報を用いて行う。グループの解散に伴い、通信に使用された一時的な情報も破棄される。図2に提案手法のコンセプトモデルを示す。

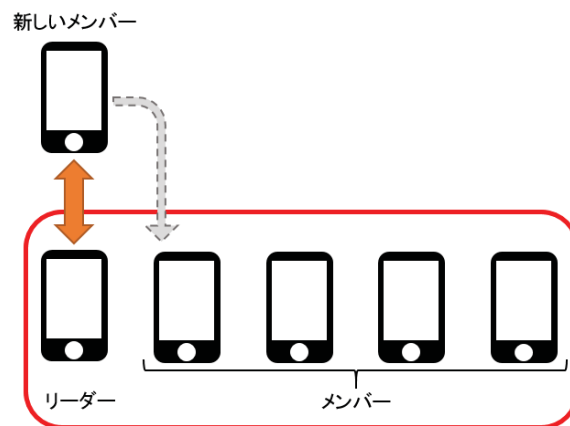


図2. 提案手法のコンセプトモデル

(2) 一時的グルーピングの要件

a) その場にいることの証明

一時的グルーピングにおいて、参加に必要なのはその場にいることの証明である。そのため、端末の所有者の身元やそれを証明する個人情報が必要とせずグルーピングを行う必要がある。本研究においてのその場にいることの証明は乗車している電車のモーターから発生する磁気を磁気センサでセンシングすることにより証明を行う。また、その場にいるという条件を満たさないユーザーによるグループへの参加を防ぐ必要があるため、電車から降りた人やホームで待っている人などをグループに参加することを防ぐ必要がある。

b) 個人情報の保護

一時的なグルーピングにおいて、その場にいれば誰でも参加できるように参加者の身元の保証を行わない。その場にいるという条件だけで悪意のあるユーザーを判別することは難しいため、あらかじめそのようなユーザーが含まれている危険性を考慮し、個人情報は利用しない。

c) グループの一時的性

一時的なグループは、目的に応じて作成され、必要がなくなれば解散される。よってグルーピングが何度も繰り返されることを考慮し、簡単な手順でグループが生成、参加ができる必要がある。

d) リアルタイム性

一時的なグループはその即時性からその場での利用が想定される。そのためリアルタイム性の求められる用途が考えられる、それを考慮する必要がある。スマートフォンなどの携帯端末を主に利用するため、可用性を考慮して基本的な処理は全てサーバーサイドで行う。

4. 提案方式

(1) システム構成

提案手法で示した要件を満たすシステムを実装するための方式について説明する。まず、システムには磁気データを含め管理用となるサーバーが 1 台、リーダーとなる端末が 1 台、メンバーとなる端末が任意台数必要となる。この時、リーダーとメンバーそれぞれの端末にはグルーピングに用いる、その場にいる証明の第 1 段階として GPS 情報が必要となる。GPS 情報には磁気でグルーピングする前段階として、おおよその車両の所在を把握することにより、磁気でグルーピングする処理の負担を軽減する。GPS 情報と磁気データの 2 つのセンシングしたデータをその場にいることの情報として使う。サーバー側にはデータベースがあり、その中でグループ情報を管理する。管理する情報は、グループを識別するためのグループ ID(GID)、それぞれのユーザーを識別するための ID、その場にいることの証明に必要な磁気、GPS 情報や通信に必要な情報などである。グループの作成及びグループ内のユーザーの通信をこれらの情報で実現する。これらの情報は全て一時的なものであり、それぞれ必要なタイミングに生成され、必要なくなった場合は棄却される。

リーダーからインターネットを介してサーバーにリクエストが送信された時点からグルーピングは開始される。グループに参加したいメンバーはサーバーに参加リクエストを送信し、同時に、GPS 情報と磁気データの 2 つのその場にいる証明の情報をサーバーに送信する。2 つの情報を送信されたサーバーは、GPS 情報を元に比較対象のリーダーを絞り込み、その絞り込んだリーダー全てに対してリーダーの磁気データとメンバーの磁気データの比較を行う。比較後同じ車両内にいると判断できたリーダーとグルーピングを行う。

解散時も同様にリーダーがサーバーに対しての解散リクエストによって解散を行う。また、メンバーは電車から降車し、必要である情報を送信することができなくなった場合や自ら離脱リクエストを送信することや、アプリケーションを終了させることによってグルーピングが終了され、対象の一時的な情報は全て棄却される。図 3 にグループの構成図を示す。

(2) 要件を満たす方式

提案するシステムは 4 章で述べた要件を満たす必要がある。これらの要件を提案方式で満たす方法を記述する。

a) その場にいることの証明

提案手法ではグループへの参加に必要な GPS 情報、磁気をサーバーに送信して、その場にいることが証明されたらその乗車していると証明され、その場にいることの証明となり、参加可能なユーザーをユーザーの操作などで認証することなく区別することができる。

b) 個人情報の保護

一時的なグルーピングでは悪意のあるユーザーの参加を防ぐことは難しい。そのため、提案手法ではグループ内での通信にアカウントや個人情報を用いずにグルーピングのための一時的な情報のみを用いる。そのためグルーピングに関連する情報から個人情報を盗むことはできない。

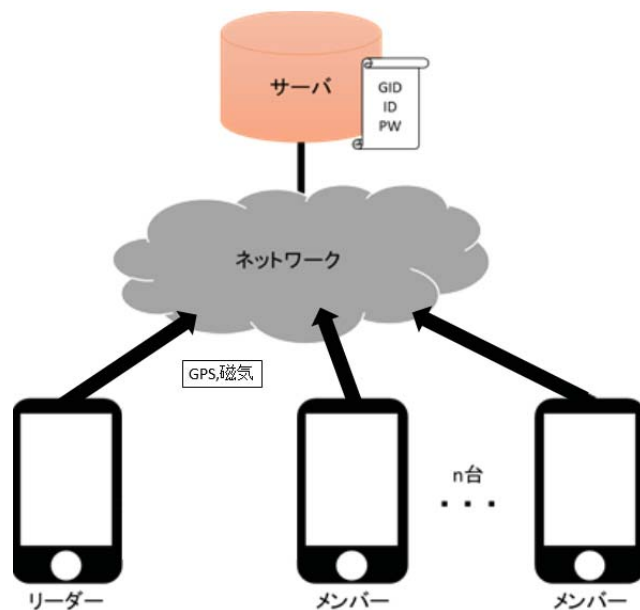


図 3. グループの構成

c) グループの一時的性

グループへの参加にはサーバーとの通信を用いる。ユーザー側は参加ボタンなどのスマートフォンの画面を数回タップする程度の簡単な操作だけで、数値的な情報の解析や判断についてはサーバーサイドに任せることによりグループ参加が行える。よってユーザーは複雑な操作を必要とせず、簡単に参加、離脱を行うことができる。

d) リアルタイム性

リアルタイムな通信を実現するために、グループの参加の申請から磁気データを継続的に送信し、グループの参加だけではなくグループからの脱退や解散までリアルタイムに行える。

5. 実装

(1) システムの構成

今回の実装は Android アプリケーションとして行う。Android アプリケーションから Windows で作成したサーバーにネットワーク通信用ライブラリである Volley を利用して送信する。サーバーは Mysql データベースに受け取った GPS と磁気データを格納して処理を行い、判定を Android アプリケーションに返す。磁気データを送信する前に GPS 情報を送信する理由は、磁気データだけではデータベースに蓄積されるすべてのリーダーに対して一人のユーザーが比較する必要があるため、GPS 情報を用いることで大まかにリーダーの母数を絞ることができるためである。プロトタイプは GPS 情報と磁気データを得てからグループを作成、グルーピングするまでの機能を実装する。

(2) プロトタイプの流れ

実装したプロトタイプにおける流れについて説明する。既に乗車している車掌、もしくは既に乗車している乗客の 1 台の端末を用意する。その端末をリーダーとしてグループ作成リクエストと GPS 情報をサーバーに送信し、データベースに格納し、グループを作成する。その電車で、新たな乗客をメンバーとして、自身のスマートフォンからグループ参加リクエストと GPS 情報をサーバーへ送信する。その後グループ参加待ち状態となり、磁気センサでセンシングした磁気データを送信する。送信された磁気データはサ

ーバーで作成されているグループのリーダーの磁気と比較し、お互い同じ車両にいと判断された場合、グループ成立だと返し、グループに参加してリーダーにはメンバーが参加したことを通知する。電車から降りた乗客はその電車の磁場の変化に対応できないので自然に脱退の処理を行うことなくグループから脱退することができる。このグルーピングのイメージの図を図4に示す。

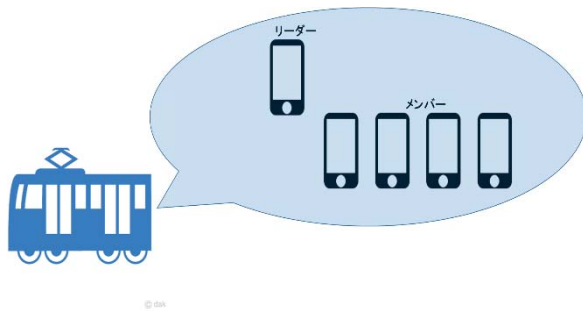


図4. アプリケーションのグルーピングイメージ

6. 評価

グルーピングを行うために磁気、判定関数、グルーピングの3段階に分けて結果を記述し、評価を行う。その後グルーピングに必要な時間を計測した結果を記述し、評価を行う。

(1) 磁気値の評価

一時的グルーピングを作成するために必要なリーダー端末とメンバー端末の磁気データの比較について2つの端末を用いてプロトタイプで計測し、実験を行った。2つの端末間では同車両内で一般的に乗客がいる間隔の約1.5m、高さはスマートフォンを持つ一般的な高さである1mほどで計測した。

実験には端末として android4.1.2 の Aquos phone zeta02-E と android7.0 の XperiaZ5 の2台を用い、電車は現在中央線快速電車に利用されている JR 東日本 E233 系電車 0 番台を利用した。磁気の計測の間隔は磁気の変化を計測するために 0.5 秒間隔で計測する。以下に示す図 5,6 はその一例であり、乗車後駅から発車し、電車が加速して一定の速度に到達してから、次の駅に到着するまでの磁気の変化を計測した図である。図 7,8 であるように同じ電車内にある2つのスマートフォンで計測された磁気には、多少の値の誤差があるものの、概ね値や変化量などが同じであるといえる。そして車内にいて電車のモーターが動作していない状態では、磁気量が $50 \mu\text{T}$ 前後を推移しているということが分かる。以下に示す図 7,8 には図 5,6 の1計測あたりの変化量を現したグラフである。1計測あたりの変化量を比較してみても大きなもので $50 \mu\text{T}$ ほどしか変わらないので磁気を計測することで、2つの端末が同一の車両にある端末であるということが言える。以下に示す図 9,10 は図 5,6 の前後5回の磁気を平均化し、グラフにしたものである。0.5 秒間隔の計測なので送信される磁気が端末同士で 500 ミリ秒未満の計測時間誤差が生じる可能性がある。このことから、計測した磁気に対して比較を行う値は主に、この平均値を使う。この磁気量、変化量、平均量を比較して、2つの端末が同じ車両の乗客であるかどうかを確かめる。

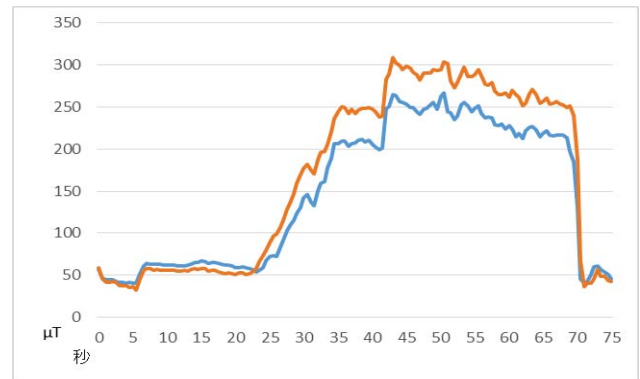


図5. 乗車時の磁気の例1

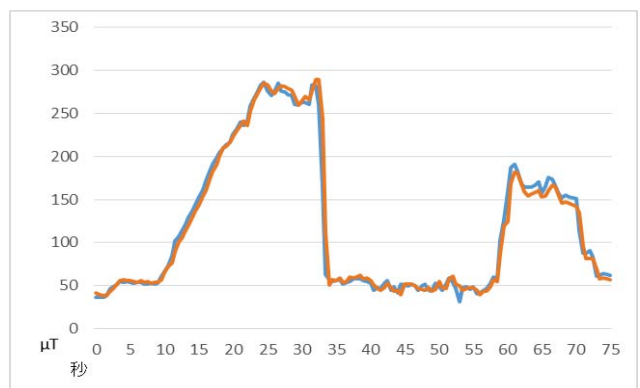


図6. 乗車時の磁気の例2

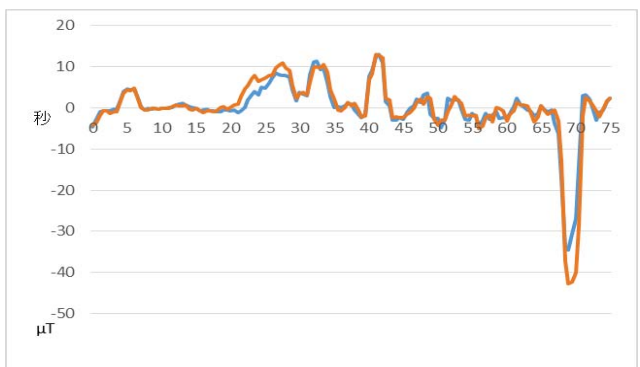


図7. 乗車時の磁気の変化量の例1

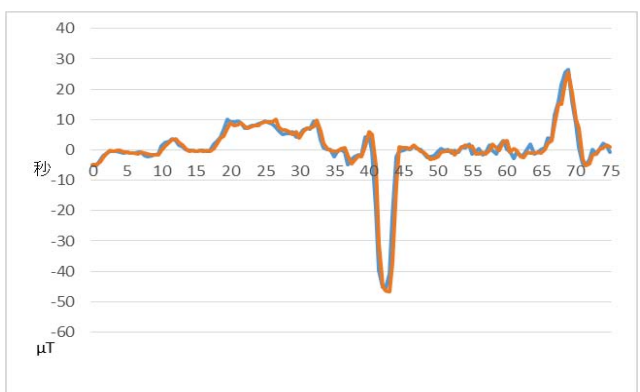


図8. 乗車時の磁気の変化量の例2

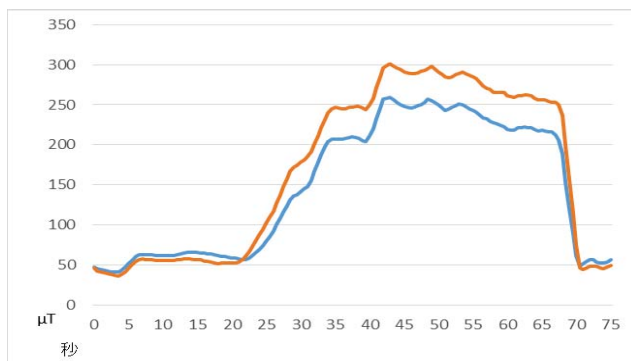


図 9. 乗車時の磁気の平均値 例 1

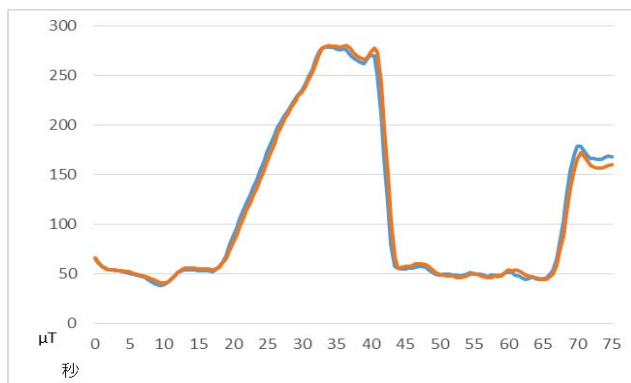


図 10. 乗車時の磁気の平均値 例 2

(2) 判定関数の評価

前述した 3 量を用いて判定関数を作成し、計測した磁気に関して 1 計測にあたり、2 つの端末が同じ車両の乗客であると判断した状態「一致」と、2 つの端末が同じ電車の乗客であると判断しなかった状態「不一致」と現在の値では判断できないとする「保留」の 3 つの状態を付与する。その 3 状態に対して「一致」を 1, 「不一致」を -1, 「保留」を 0 として前節で比較していた 2 つの例についてグラフ化したものを図 11,12 に示す。そして別の電車に乗っている磁気の例を図 13, それに判定関数を通した結果を図 14 に示す。

図 11,12,14 から「一致」と判断されるべき図 11,12 に関しては概ね「一致」として判定関数が判断していて、図 14 では「不一致」として判断されるべき状態の値に対して概ね「不一致」として判断ができていて、両状態に関して間違っただけの場合も、一時的であり 1 計測または 2 計測のデータのみである。

このことから、毎計測あたり判定関数を用いて判定を出し、継続的に「一致」と判定されるリーダーを同じ電車の乗客としてグルーピングを行う。

今回しようした判定関数の式は以下に示す式 1,2,3 のようになる。磁気の 5 計測分の平均値をリーダー、メンバーで Mag_l , Mag_m とする。その平均値の変化量を Def_l , Def_m とする。式 1 は判定を行わない式となっており、通常の状態の電車が止まっているまたは電車に乗っていない状態の磁気は概ね $55 \mu T$ よりも小さいので、閾値を 55 としている。式 2 は不一致とみなす式で、それぞれ平均値の差と変化量の差が閾値以下だった場合不一致と判定を行う。平均値の閾値は磁気の大きさにより誤差の触れ幅も大きくなる

ため絶対的な値ではなく磁気の値によって増減する。式 3 は一致とみなす式で、式 2 と同じく閾値を設定しており、判定を行っている。

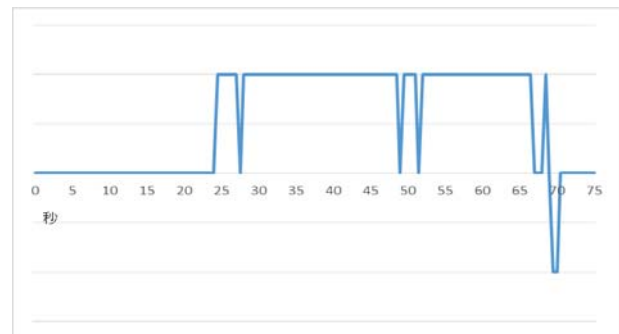


図 11. 判定関数の結果 例 1

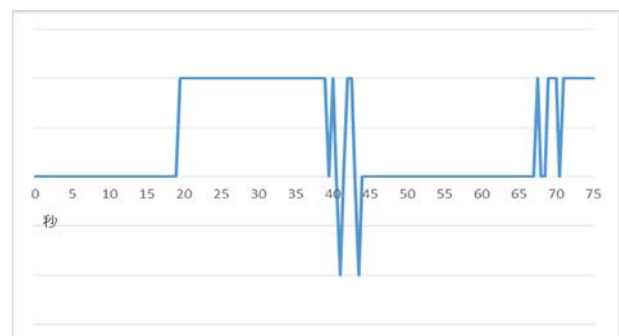


図 12. 判定関数の結果 例 2

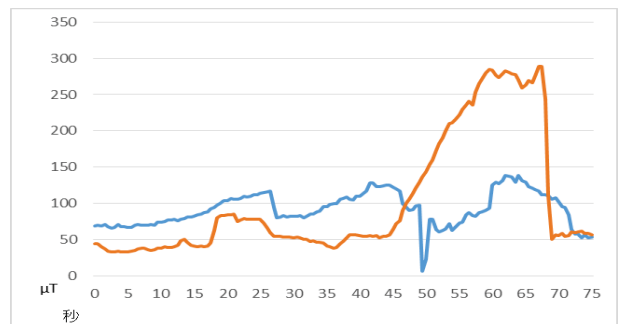


図 13. 別の車両の乗客の磁気



図 14. 別の車両の乗客の判定関数の結果

$$(Magl \geq 55) \vee (Magm \geq 55) \quad (1)$$

$$(Magl - Magm) \leq \frac{Magl + Magm}{3} \vee (Defm - Defl \leq 10) \quad (2)$$

$$\{(Magl \geq 70) \vee (Magm \geq 70)\} \wedge \left\{ (Magl - Magm) \leq \frac{Magl + Magm}{5} \right\} \wedge (Defm - Defl) \leq 3 \quad (3)$$

この 3 つの式によって長期的な計測ではなく即時的に状態の判定を行う。

同条件で計測を行った計測データを判定関数にかけて得た結果は以下のとおりである。

同じ車両内で計測を行った 10 組の計測データに対して 1 計測ごとに 800 回の判定を行っているので 8000 回分の判定を行った。結果、フォールスポジティブな確立は 34.0%と非常に高い値になってしまった。一つの計測データに違う状況の計測データで比較を行った 160000 回の判定を行った。結果、フォールスネガティブな確立は 0.88%と非常に低い値となった。これはフォールスポジティブな値を下げるために閾値を高め設定したためである。

(3) グルーピングの評価

前述した判定関数を使い、同じ車内で測定を行った 11 組の測定データに対してと、別の状況の測定データ同士の 211 データに対してグルーピングの判定を行った結果を以下に示す。

同じ車両で測定を行った 11 組の測定データに対してフォールスポジティブな確立は 8.89%となり、非常に低い値になった。フォールスネガティブな値は 2.3%とこれも非常に低い値となった。前述した(2)の判定関数で閾値を高めて設定していたが、正確率は非常に高く、この判定が適切なものだということがわかる。

以下に判定関数とグルーピングのフォールスポジティブな確立とフォールスネガティブな確立を表 1 に示す。

表 1. FP と FN 値

	FP	FN
判定関数	34.00%	0.88%
グルーピング	8.89%	2.30%

(4) グルーピングに必要な時間の評価

グルーピングに必要な時間について実験を行った結果の表を表 2 に示す。実験は実際の状況を参考に、メンバーの端末に対してその周辺に一致するリーダーの磁気データと不一致のリーダーの磁気データがあると仮定し、メンバーが乗車して磁気を送信し始めてから、一致するリーダー一つに一致と判断できるまでの時間とする。

6 回目の計測結果については一致するはずのデータが不一致と判断されたためグルーピングを行うことはできなかった。

た。電車がホームに到着してドアが開いてからドアが閉じるまで乗り換え案内や信号待ちがない場合約 30 秒かかるのでドアが開いてから乗って磁気を送信し始めてから約 40 秒というのは、グルーピングに必要な時間として適切な値であることがわかる。

表 2. グルーピングの所要時間

実験回数	かかった時間(秒)
1	54
2	33
3	22
4	61
5	60
6	×
7	84
8	44
9	21
10	32
11	8
平均値	41.9

7. 考察

本提案手法ではリアルタイムな一時的なグルーピングを目的とし、磁気データを長い期間計測するのではなく短い時間で計測して判定を行っている。電車から発生している磁場だけではなく電車を通った場所や、天候など様々な状況によって磁場が変化するためひとくりに磁気データに対して分類わけをしてグルーピングを行うことはできなかった。本手法では電車のモーターから発生している微弱な磁場の磁気をセンシングしているが、全ての車両にモーターが付いているわけではないので、車両によって得られる磁気が違う。この磁気の違いについて規則性を発見することで車両が違う場合でもグルーピングすることが可能になるが、今回は実験を行ったが発見することはできなかった。車両を越えてグルーピングすることができれば、車両ごとにリーダー端末が必要になるというわけではなく電車ごとにリーダー端末があればグルーピング可能になるため、そのようにするのが望ましい。

8. 結論

本研究では一時的なグループを利用するサービスを想定し、その基盤となる手法である簡易方式を提案し、その簡易方式を用いた電車を想定した磁気を用いたグルーピングのプロトタイプの実装、評価から提案手法で用いた判定手法が妥当であると示した。

今後の課題として、今回評価を行った実験のデータ数が少ない状況であったため、その件数を増やす必要がある。そしてその実験においてもJRの路線を変更することや、気温、湿度、時間、距離など様々な点で実験を重ねる必要がある。そしてその上でフォールスネガティブ、フォールスポジティブな値を減らし、実用的なレベルにまで落とし込む必要がある。

参考論文

- 1) 馬場祐樹, 旭健作, 渡邊晃, “磁気センサを用いた行動判定制度向上の提案”
- 2) 依田みなみ, 高松有紀, 羽田久一, “アドホックなコミュニティのための写真共有の手法.”エンターテインメントコンピューティングシンポジウム(EX2013), 2013.10.
- 3) 塩見和則, 高田秀志, “携帯端末のカメラを用いた相対位置検出による柔軟な端末グループ作成,”情報処理学会研究報告,2015
- 4) 菅集輔, 金井敦, 谷本茂明, 佐藤周行, 小林透, “スマートフォンによる一時的グルーピング手法の提案”