

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 10 月 1 日現在

機関番号：92503

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25871249

研究課題名(和文)都市型水害における通信インフラ不要の被災者位置マッピングシステムの研究

研究課題名(英文)Development of positioning system by using Wi-Fi signal strength without communication infrastructure

研究代表者

松田 浩朗(Matsuda, Hiroaki)

飛鳥建設株式会社技術研究所・・・主任研究員

研究者番号：80443646

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：災害発生時の人の位置の把握は、被災者救出や避難誘導といった減災の観点において重要である。近年、スマートフォンに代表されるスマートデバイスの急速な普及から、スマートデバイスに標準的に搭載されているWi-Fiを利用した測位技術¹⁾が注目されている。

ただし、測位に無線基地局による通信インフラを必要とするため、災害発生による停電など、通信インフラダウン時は測位ができないことが課題であった。

本研究では、この課題を解決するために、通信インフラを必要とせず、スマートデバイス単独で他スマートデバイスの相対位置を測位するWi-Fi単独測位手法を提案した。また、スマートデバイス用アプリケーションを開発した。

研究成果の概要(英文)：Obtaining of the position of the person of the event of a disaster, it is important in terms of disaster mitigation, such as victims rescue and evacuation guidance. Positioning technology using Wi-Fi, which is standardly installed in the smart device has attracted attention. However, its positioning technology requires a communications infrastructure by the radio base station positioning. Therefore, if the communication infrastructure goes down, its positioning technology could not use.

In this study, Wi-Fi single positioning method for positioning the relative positions of the other smart devices with smart devices alone was proposed. In addition, the application for smart devices was developed.

研究分野：土木情報学

キーワード：都市水害 被災者 マッピング 通信インフラレス スマートフォン

1. 研究開始当初の背景

近年、都市部において、局地的な短時間強雨による中小河川の氾濫や道路冠水など「都市型水害」が頻発している。都市部では、地下街や地下鉄を始めとする大規模な地下施設が数多く立地しており、それらの施設が浸水した場合は、甚大な人的被害が生じるものと予想される。実際に、福岡市や東京都新宿区（平成 11 年）においては、地下施設浸水による死者も出ており、都市型水害については地下施設の浸水対策に重点 1) が置かれている。この対策においては、雨水貯留施設の増強などハード的対策は膨大な時間と費用がかかることから、対応への時間的余裕を確保するために、災害情報の伝達などソフト的対策も同時に進めることが重要である。

地下施設浸水時の人的被害を最小化する、最も有効な対策の 1 つは、救援者（地下施設の管理者、警備員、店舗スタッフなど）が、被災者を迅速に適切な避難場所へ誘導することである。そのためには、救援対象である被災者位置を俯瞰的に把握（だれが、どこにいるか）し、上記被災者位置情報を迅速に救援者へ伝達・共有（みんなで情報を共有）することが重要である。これらを実施するには、被災者の位置を自動的にマッピングし、その情報を迅速に救援者および被災者で共有するシステムが望まれる。

2. 研究の目的

高層ビルの密集や地下空間利用により、上空衛星からの電波を利用する GPS の利用が困難な都市部において、人の位置を測位しその情報を共有する技術として、屋内測位技術の研究が進められている。GPS リピータ測位や、無線通信電波の強度や到達時間、方向を利用する無線電波測位などがあり、申請者も、無線 LAN 基地局と情報端末（スマートフォン）間の通信電波強度を利用する無線 LAN 測位技術の研究を行っている。これらの屋内測位技術は、通信基地局やデータ集積サーバなど通信インフラを活用し、測位と同時にそれぞれの人の位置情報の伝達・共有を可能としている。

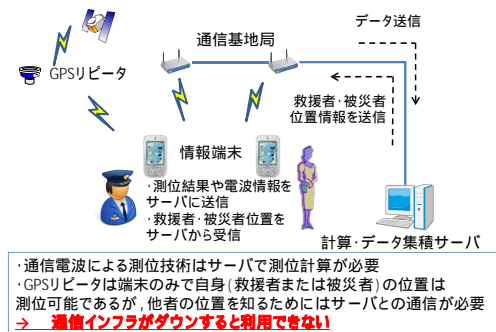


図-1 既往の屋内測位技術と問題点

ただし、既往の屋内測位技術の災害時利用には大きな課題がある。それは、通信インフ

ラが必要で、これがダウンした場合に利用できないことである(図-1参照)。災害時には、停電による電源喪失、浸水による故障、通信の集中による処理負荷増大などの問題が発生する。外部電源導入、耐久性向上、冗長性確保、サーバ増強など、通信インフラがダウンする危険性を低減する対策はあるが、危険性をゼロにはできず災害時にシステムが使えない状況に陥るリスクを孕んでいる。

本研究では、都市水害発生時の地下施設において、通信インフラを利用せず、被災者位置を測位し、その情報を迅速に救援者および被災者で共有できる、通信インフラ不要で緊急時に確実に機能する被災者位置マッピングシステムを開発する。

3. 研究の方法

開発システムの利用イメージを図-2に示す。本システムは、近年の情報通信技術の発展により、急速に普及が進むスマートフォンを利用する。救援者のスマートフォンは、通信電波到達範囲内の被災者のスマートフォンとの通信により(1)被災者位置を測位し、マッピングする。救援者の移動により新たな被災者を検出した場合は、スマートフォン内蔵センサにより推定された(2)救援者移動量を加えて被災者位置をマッピングする。これを繰り返すことで、救援者の移動により、被災者マップが拡大される。さらに、他救援者が検出された際にそのスマートフォンとの通信により情報を受け渡す（相互共有）ことで、他救援者の被災者マップと結合・共有できる。この繰り返しの結果、(3)施設全体の被災者マップを形成できる。つまりは、災害時において、救援者はそれぞれの担当エリアのみの移動で、施設全体の被災者マップが自動的に形成されることとなり、効率的かつ迅速な被災者マップの形成と救援者間での共有が可能となる。



図-2 開発システムの利用イメージ

本システム実現のため、以下の流れで開発を行う。

通信電波強度とスマートデバイス姿勢に基づく被災者位置推定手法

通信インフラを使用することなく、スマートデバイス間通信のみで、被災者の位置を二次元測位する手法を開発する。アンテナの指向性を利用して、スマートデバイス姿勢から被災者の方向を、通信電波強度から被災者との距離を推定し、救援者に対する被災者の相対位置を推定する。

救援者の移動により新たに検出した被災者位置の救援者移動軌跡に基づくマッピング手法

スマートデバイス内蔵の地磁気センサおよび加速度センサによる慣性航法から、救援者の移動軌跡を連続的に把握する。新たに検出した被災者位置を救援者の移動軌跡に基づきマッピングする。

スマートデバイス間通信による他救援者との被災者位置マップの共有とマップの結合手法

スマートデバイス間通信により、他救援者と移動軌跡および検出した被災者位置情報を相互に共有し、被災者位置マップを結合する。

4. 研究成果

4.1 通信電波強度とスマートデバイス姿勢に基づく被災者位置推定手法

通信電波強度 (RSSI : Received Signal Strength Indicator) は伝搬経路の影響を強く受けることが言われている。図-3 に示すように、人体など電波吸収体が存在する場合はこの影響を大きく受け、通信電波に基づく測位技術における距離の推定精度が劣化するという問題が生じる。

本研究で提案する測位手法は、この問題を積極的に利用することで、電波強度から距離だけでなく方向を得ることを特長とする。図-4 に、提案手法の基本概念を示す。まず、スマートデバイスを部分的に電波吸収体で覆い、ある方向からの受信電波強度を意図的に減衰させる。次に、スマートデバイスを回転させながら連続的に測位対象スマートデバイスからの電波の強度を計測する。なお、回転時に電波吸収体の方向 (方位角) をスマートデバイス内蔵の地磁気コンパスや加速度センサで同時に計測する。

ここで、スマートデバイス間の伝搬経路内に電波吸収体が存在する場合に電波強度は最小値となる、伝搬経路はスマートデバイスを最短経路で結ぶ直線、と仮定すると、電波強度計測値が最小の時の電波吸収体の方向に測位対象スマートデバイスが存在することとなる。提案手法は、この方向と、電波強度計測値の最大値 (電波吸収体の影響を受けていない値) に基づき推定した距離から、測位対象スマートデバイスの相対位置関係を測位するものである。

提案手法の妥当性を検証するために、スマートデバイスによる電波強度計測実験を実



図-3 電波吸収による電波強度の低下



図-4 提案手法の基本概念

施した。本実験は、電波吸収体の利用による電波強度の低下と、測位対象の方向の関係を検証するものである。図-5 に実験の状況を示す。実験は室内で行い、電波送信デバイス (LG 社製 Nexus5) と電波受信デバイス (ASUS 社製 Nexus7 2013) をそれぞれ床面から 1.2m の高さで設置した。電波受信デバイスを 45° 間隔で時計回りに回転させ、電波強度を計測した。なお、電波受信デバイス背面方向が電波送信デバイスの方向の角度を 0° としている。通信は IEEE802.11g を利用し、計測間隔は 1 秒で 1 分間のデータの平均値を計測値とした。また、電波受信デバイスに電波吸収体がない場合とある場合においてそれぞれ 2.5m, 5m ならびに 10m の 3 ケースの距離で行った。使用した電波吸収体とデバイス設置状況を図-6 に示す。発泡ウレタン製の電波吸収体によりデバイス背面および側面を覆う構造となっている。

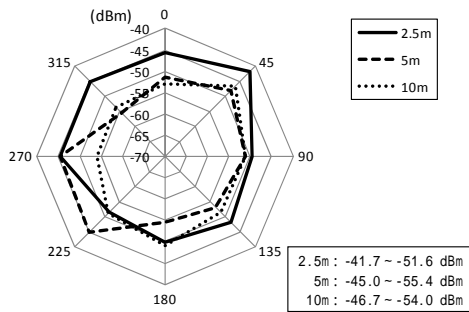
電波吸収体がない場合の電波強度計測結果を図-7a) に示す。デバイス間距離に対する電波強度を計測時の電波受信デバイスの角度別に示している、図より、それぞれの距離・角度においてばらつきはあるものの、全体としてデバイス間距離が長くなると電波強度が小さくなる傾向があることがわかる。次に、電波吸収体がある場合の結果を図-7b) に示す。図より、角度 0° が最小値とならず、デバイス間距離 2.5m および 10m では 45°、5m では 315° で最小値となっており、45° の誤差となっている。これは、デバイス背面に配置した電波吸収体が矩形形状のため、角度 0° に比べ 45°、または 315° の方向が、デバイス間の直線経路における電波吸収体の厚さが厚くなり、より電波を吸収したものと考えられる。電波吸収体の構造の改善により、



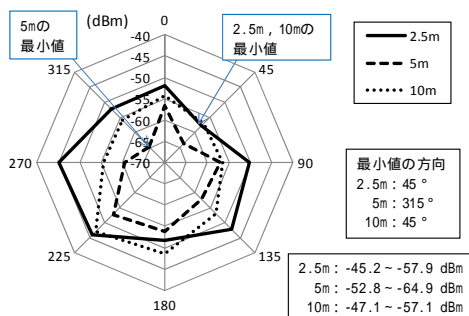
図-5 通信電波強度計測実験状況



図-6 電波吸収体とデバイス設置状況



a) 電波吸収体なし



b) 電波吸収体なし

図-7 角度・距離別通信電波強度

誤差を低減できると考えられる。

4.2 救援者の移動により新たに検出した被災者位置の救援者移動軌跡に基づくマッピング手法

4.1 の提案手法により得られた測位結果と救援者移動軌跡をマッピングするスマート



図-8 測位時画面の一例

デバイス用アプリケーションを開発した。図-8にアプリケーション画面の一例を示す。開発したアプリケーションでは取得する電波強度の上限および下限設定後に、デバイス回転を促す。その際に電波強度とデバイスの姿勢を連続的に取得する。得られたデータから測位対象を画面上に表示させる。

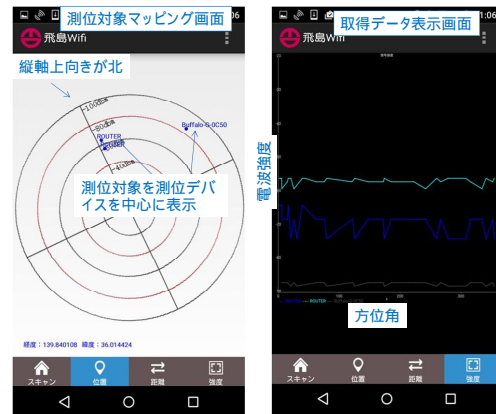


図-9 位置表示画面の一例

図-9に位置表示画面の一例を示す。本画面においては、測位デバイスを中心に測位対象デバイス位置を表示させる。なお、画面は測位デバイスの方位にあわせて回転する。なお、取得した電波強度値を取得方位角別に表示する画面も別途備えている。

また、開発アプリケーションでは測位デバイスの移動軌跡も表示可能である。移動方向と移動量に関しては、方位センサと加速度センサによる慣性航法により算出している。図-10に移動軌跡表示画面の一例を示す。開発アプリケーションでは、測位デバイス位置を移動軌跡に合わせて移動する画面、および、

測位デバイスの移動ベクトル分、測位対象をシフトして表示する画面、の2通りの表示画面を備えている。



図-10 移動軌跡表示画面の一例

4.3 スマートデバイス間通信による他救援者との被災者位置マップの共有とマップの結合手法

4.2 にて開発したアプリケーションに他測位デバイスとの共有機能を実装した。共有は Bluetooth によるファイル転送で行う。図-11 に共有実行画面の一例を示す。一旦共有したい測位結果をファイルとして端末に落とし、そのデータを他測位対象端末へ送信するものである。

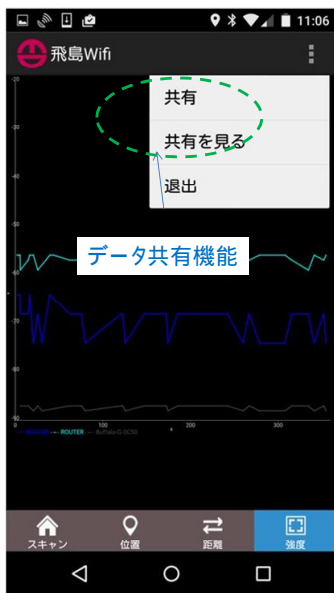


図-10 共有実行画面の一例

以上のように、本研究ではスマートデバイス単独で、他スマートデバイスの位置を測位する手法を提案した。また、本手法による測位アプリケーションを開発した。開発したアプリケーションにおいては、測位結果および測位端末の移動軌跡をマッピングする機能を実装した。さらに、他測位端末との測位結果共有機能も実装した。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1 件)

松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明: 電波吸収による電波減衰を利用した Wi-Fi 単独測位手法の提案, 土木学会台 69 回全国大会年次学術講演会, 2015.9 (発表予定)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 測位システム

発明者: 松田浩朗, 松元和伸

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2015-10004

出願年月日: 平成 27 年 1 月 22 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松田 浩朗 (Matsuda, Hiroaki)

飛鳥建設株式会社技術研究所・主任研究員

研究者番号: 80443646