動的なフィンガープリンティングマップ構成に向けた地磁気の変化の定点観測

寺井 元基[1]　新井 イスマイル[2]　藤川 和利[2]

概要：スマートフォンユーザーが屋内において自身の位置を知る手段として，フィンガープリンティングという手法がある．フィンガープリンティングはあらかじめ屋内のセンサデータをマッピングしておき，改めてユーザーが取得したセンサデータとセンサデータマップを比較し，現在位置を推定する手法である．これはセンサデーターが不変であることを前提としており，主に Wi-Fi や BLE の受信強度や地磁気がセンサデータとして用いられる．しかしこれらのセンサデータも実際は不変ではなく，様々な要因で変化することが考えられる．そのためセンサデータの変動パターンがわかれば，複数マップを用意して動的に変更するなどの対策が考えられる．本論文では地磁気に着目し，地磁気が短期的に変化しそうなエレベーター前，プリンター前，電車の線路の下，電子レンジ前でそれぞれ地磁気を定点観測して結果を示した．エレベーター付近，プリンター付近，電子レンジ付近では大きな地磁気の変化は見られなかったが，線路付近では電車が通過するときや発着時に地磁気が大きな影響を受けることがわかった．今後はさらに電車が通過，停車，発車するときの影響のパターンを調べ，それに対応したマップの切り替えアルゴリズムを考案する予定である．

Fixed point observation of geomagnetic change for dynamic fingerprinting map construction

GENKI TERAI[1]　ISMAIL ARAI[2]　KAZUTOSHI FUJIKAWA[2]

1. 研究背景

屋内では，衛星電波が不通で GPS 測位が困難である．屋内において，スマートフォンユーザーが位置情報を取得する手段が研究されている中，本研究ではフィンガープリンティングという手法に着目する．フィンガープリンティングでは，あらかじめ特定のセンサデータに対するマップを作成しておき，マップの値と実測値を比較して現在地を推定する．測位精度はマップの鮮度や粒度等に依存し，同一地点で観測できるセンサデータの値が一定であることが前提であるが，その値は環境の変化など長期的な時間の経過で変化する．そのため巡回ロボットによる自動更新 [1] や，センサデータの差をデータとして変化に対応する手法 [2] などが提案されている．

フィンガープリンティングに用いるセンサデータとして，Wi-Fi や BLE の電波の受信強度や地磁気が主に挙げられる．本論文では地磁気に着目する．地磁気は方位を特定するときなどに主に使用される，地球が持つ磁場である．屋内において，地磁気は建物の鉄骨や棚や机などに依存して決まるため，建物の構造が変化したり，模様替えなどを行ったりしない限り基本的に変化することはない．そのため地磁気はフィンガープリンティングに用いるセンサデータに適していると言える．しかし地磁気は大電流が流れたり，電磁気を活用する電子機器の影響などを受け，短時間で変化すると考えられる．そのような場所として，エレベータの近く，プリンターの近く，電車の線路の高架下において，変化が見られると考え，地磁気の変化を定点観測しその結果を示した．

1 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
2 奈良先端科学技術大学院 大学総合情報基盤センター
Information Initiative Center, Nara Institute of Science and Technology

© 2018 Information Processing Society of Japan

y_3	2	5	7
y_2	3	4	6
y_1	8	9	1
	x_1	x_2	x_3

図 1　センサデータマップの例

2. 先行研究

フィンガープリンティングではあらかじめセンサデータマップを作成しておくことが前提となる．例えば図 1 のようなセンサデータマップを作成したとする．スマートフォンユーザーは現在の位置情報を得たい時，現在位置のセンサデータを取得する．ユーザーが仮にセンサデータとして 4 を取得したとすると，その座標である (x_2, y_2) が測位結果として得られる．また例では 1 点のセンサデータのみから現在地を推定しているが，広い地形などでは誤差が大きくなるため，複数の点を用いるなどの研究もなされている．

屋内で地磁気をセンサデータとして扱ったフィンガープリンティングの研究がなされ，その測位精度の高さが示されている．

Hongwei Xie らの研究 [3] では取得した地磁気データを補正してノルム値に変換してマッピングを行い，位置推定時には Wi-Fi フィンガープリンティングにも用いられているベイズ推定を用いている．この論文では位置推定の平均誤差が 3.5m 程度に収まっており，スマートフォンの持つ位置や，ユーザーの歩行速度によらず安定して位置推定が可能であることを示している．しかし本論文で挙げるような短期的な地磁気の変化は考慮されておらず，地磁気が変動しないことが前提となっている．

Jaewoo Chung らの研究 [4] ではセンサデータマップとセンサデータの観測値が近い点を現在の位置として推定することを提案している．この論文では平均誤差が 1.6m 程度に収まっている．またさらに精度向上のため，Wi-Fi フィンガープリンティングと組み合わせる手法も示している．この論文でも同様に，センサデータが常に一定であることが前提となっている．

Chenshu Wu らの研究 [2] では，あらかじめ取得するセンサデータを，各一点のデータではなく，その点と隣接した点との値の差をセンサデータとして取得する．これにより，ある一点の値が不安定であったとしても，全体のセンサデータが同時に揺らぐ場合においては改善が見込める．しかし屋内の一部のみのセンサデータが揺らぐ場合には対応できない．

Kensaku K らの研究 [1] では自律型ロボットを巡回させることにより，定期的なセンサデータマップの更新を行なっている．これにより AP の設置位置の変更などの周辺環境の変化に対して対応することができる．しかし本論文であげるような，短時間で変化するセンサデータに対しては対応することができない．

3. 研究目的

本論文では短時間で変化するセンサデータに対応するために，その原因となりうる箇所の地磁気を定点観測し，報告する．フィンガープリンティングに用いるセンサデータの地磁気は，磁石・鉄などに影響を受けて変化する．また電流なども磁気を発生させ地磁気を変化させる要因となる．そのため取得される地磁気のセンサデータの値が短時間で変化する要因として，大電流が流れる場合や電磁気が発生する電子機器の使用などが考えられる．このため大電流が流れている時とそうでない時，電子機器を使用している時と非使用時でそれぞれパターンが認識できた場合，フィンガープリンティングに用いるセンサデータマップを変更することが考えられる．地磁気フィンガープリンティングに悪影響を与えるような現象を確認するために本論文では実際に短時間で地磁気が変化しそうな箇所としてエレベーターの近く，プリンターの近く，電車の線路の下，電子レンジの近くでそれぞれエレベーターが動いているとき，印刷時，電車が停車，発車する時間，電子レンジの動作時間に着目して，地磁気の変化を調査する．

4. 実験結果

奈良先端科学技術大学院大学情報科学棟内の地磁気変化が大きそうなエレベーター前，プリンタ前，学研北生駒駅の線路 10m 下，電子レンジ前で 1 時間地磁気を取得し続ける．エレベーター前での定点観測の様子を図 2 に，エレベーター 1m 前での取得状況を図 3 に，プリンター前での取得状況を図 4 に，線路下での取得状況を図 5 にそれぞれ示す．エレベーターに関しては，エレベーターの通過，停止，扉の開閉が観測できる箇所として最もモーターから遠い 2 階とモーターに最も近い 7 階の扉の前でそれぞれ取得し比較した．また電子レンジ前でのみ計測時間を 20 分間とした．

使用端末は Nexus 7 2013，Android 5.0．センサデータ取得間隔は 20ms で csv ファイルに書き込みを行う．取得

© 2018 Information Processing Society of Japan

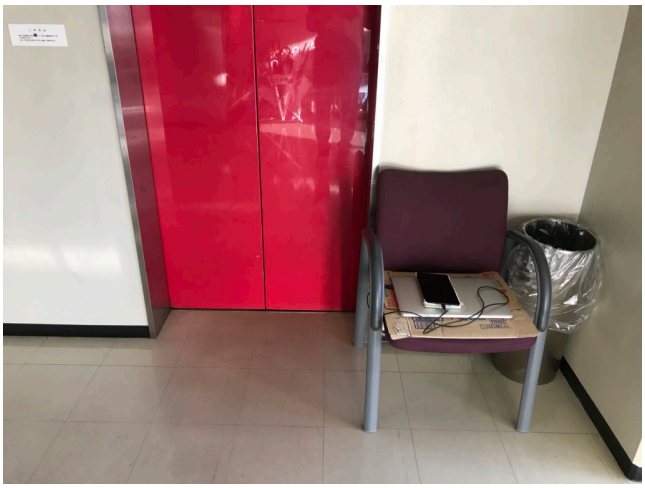

図 2　エレベーター前での取得環境

図 3　エレベーター 1m 前での取得環境

図 4　プリンター前での取得環境

する値は Android 端末に対しての x，y，z 方向の 3 軸に対する地磁気の値とし，グラフの縦軸を 3 軸のノルムの差とする．ここではこの値を Δn，また時刻 i に観測された 3 軸方向の地磁気の値をそれぞれ x_i, y_i, z_i と定義する．

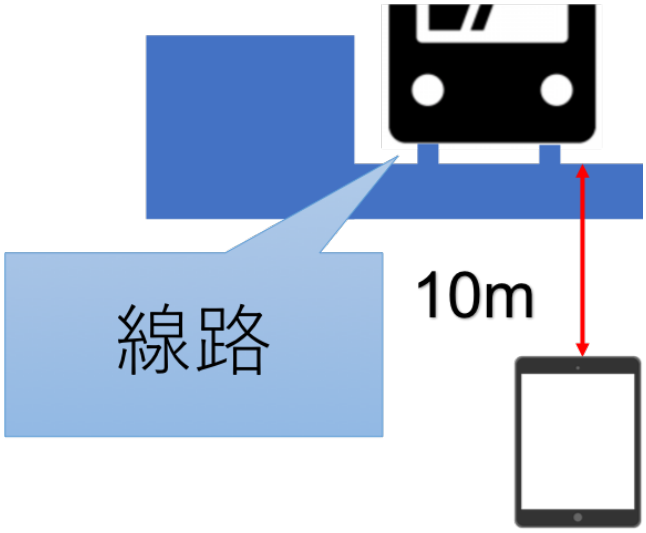

図 5　線路下での取得環境

$$\Delta n = \left| \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} - \sqrt{x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2 + z_{i+1}^2} \right| \qquad (1)$$

エレベーター前での 1 時間の測定結果を図 6 に，エレベーターから 1m 離れた箇所での測定結果を図 7 に，7 階のエレベーター前の測定結果を図 8 に，プリンター前での測定結果を図 9 に，学研北生駒駅の線路下 10m での測定結果を図 10 に，電子レンジ前での測定結果を図 11 それぞれ示す．エレベーター前ではエレベーターが通過した時と，ドアが開閉したタイミングを，プリンター前ではユーザーが印刷を行ったタイミングを，線路下では電車が停車，発車したタイミングを，電子レンジでは電子レンジが動作し始めたタイミングそれぞれ手動で記録した．測定開始時は筆者が付近にいる影響で値の変動が大きいためここでは省く．

図 6 では大きな変化はなく，図 7 のエレベーターから 1m 離れた位置での実験と比較すると，値の変化の幅が大きくなっているため，多少誤差が大きくなることが考えられる．特にドアが開閉しているときは地磁気の変化が多少は見られるため，鉄の物体の移動が地磁気に影響を与えていると考えられる．一番変化が大きいドアの開閉で Δn が平均約 2.1 程度であった．この変化量が一測位精度にどの程度関わるかを検証する必要があるため，今後の課題とする．また図 8 においても大きな変化は見られず，エレベーターのモーターが地磁気に与える変化も小さいものであることがわかった．図 9 では値の大きな変化はなく，エレベーター前よりもかなり安定していることがわかる．このためプリンターに関しては，ほとんど地磁気に影響を与えないことがわかった．図 10 の線路下 10m での測定結果では，電車が停車するとき，発車する時にそれぞれ大きく地磁気が変動していることがわかる．いずれも変化が大きく出ており Δn が平均約 2.6 変化した．今回は線路から約 10m 離れているにも関わらず大きな変化が見られたため，今後さらに

© 2018 Information Processing Society of Japan

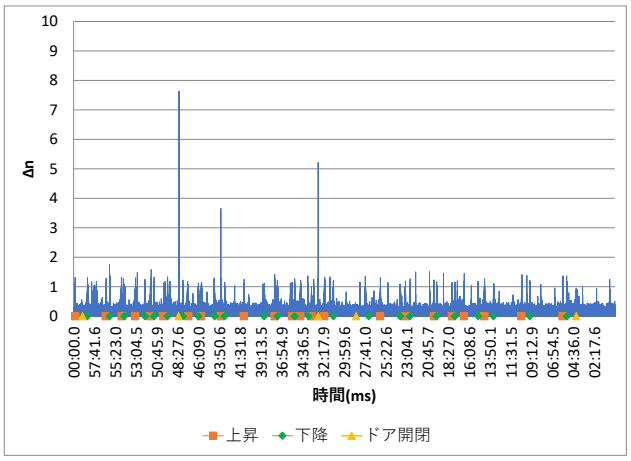

図 6　エレベーター前での取得結果

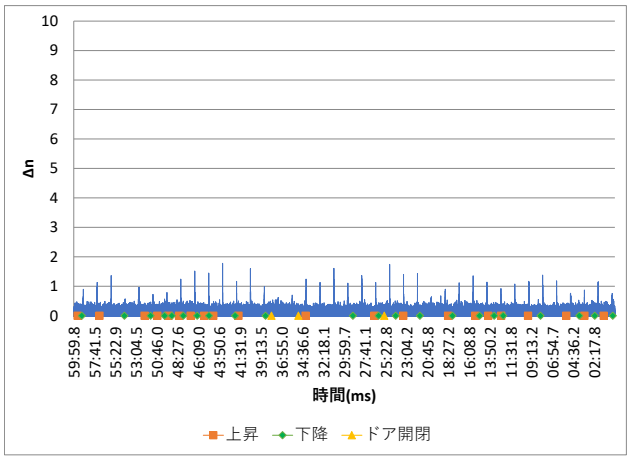

図 7　エレベーター前 1m での取得結果

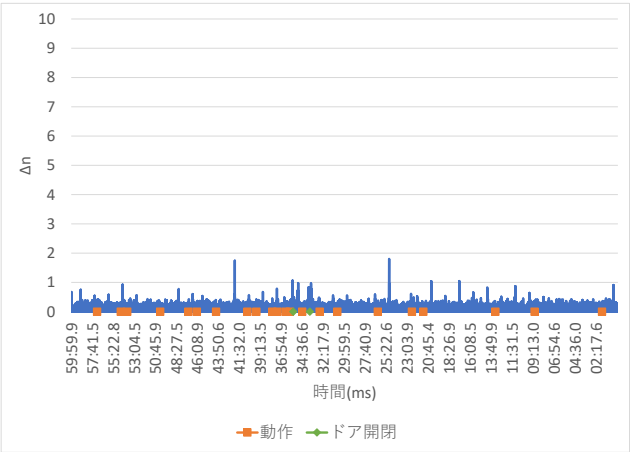

図 8　7 階エレベーター前での取得結果

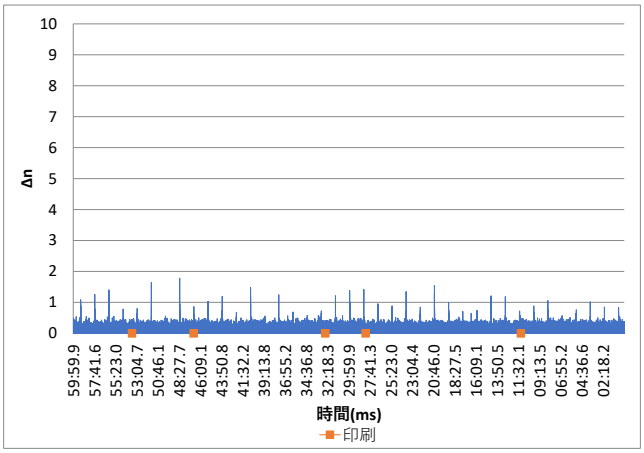

図 9　プリンター前での取得結果

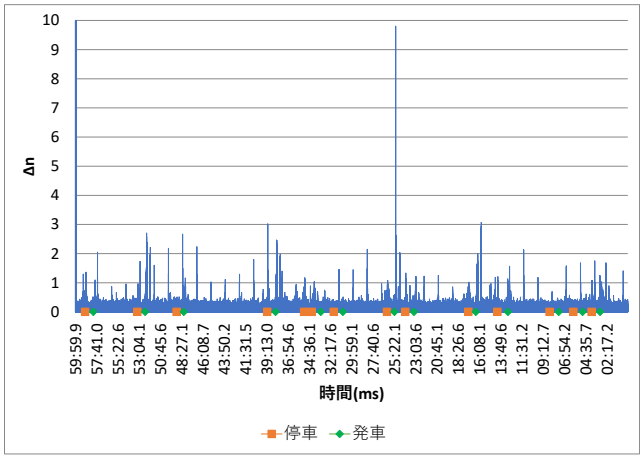

図 10　線路下 10m での取得結果

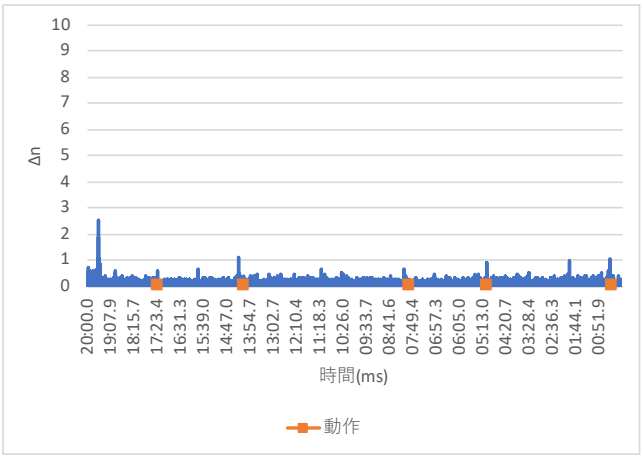

図 11　電子レンジ前での取得結果

検証が必要であると考えられる．図 11 のレンジ前での測定結果では，Δ n が平均約 1.7 程度の変化であった．また，今回はノルムの変化量をセンサデータとして用いたが，本来は 3 軸方向それぞれへの影響も考慮する必要があるため今後の課題とする．

5.　まとめ

本論文では，屋内位置推定の手法であるフィンガープリンティングに利用されるセンサデータの地磁気に着目した．地磁気はその性質から，フィンガープリンティングのセンサデータとして適していると考えられるが，短期的な変化に対して弱いと考え，影響を受けやすそうな地点において

© 2018 Information Processing Society of Japan

定点観測を行いその結果を示した．結果として，エレベーター，プリンター，電子レンジの付近では大きな地磁気の変化は見られず，誤差を修正する程度の対応しか必要ないことがわかった．逆に線路の付近などは電車が通る時，また発着時に大きな地磁気の変化が見られ，そのセンサデータの対応が必要であることがわかった．今後は，地磁気の変化が測位精度にどの程度の影響を与えるかを調査する予定であるさらに，今回地磁気が短時間で変化しやすいことがわかった線路付近で定点観測を行い，電車の通過時，停車時，発車時の 3 軸への地磁気の影響について調査を行いそのときの地磁気の変動パターンを調べる予定である．また，その地磁気の変動パターンに対応するように，フィンガープリンティングに用いるセンサデータマップを複数用意し動的に切り替えるなどのアルゴリズムを考案する予定である．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 16K00147 の助成によるものである．

参考文献

[1] Kensaku, K. Jun, R.: FineMesh: High-Density Sampling Platform Using an Autonomous Robot, CPSCom 2012, pp.477–486, (2012)

[2] Chenshu, W. Jingao. X, Zheng, Y. Nicholas, D.L. Zuwei, Y.: Gain Without Pain: Accurate WiFi-based Localization using Fingerprint Spatial Gradient, Proceedings of ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, vol. 1, issue 2, Article no. 29, (2017)

[3] Hongwei, X. Tao, G. Xianping, T. Haibo, Y. Jian, L.: MaLoc: a practical magnetic fingerprinting approach to indoor localization using smartphones, Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, pp.243–253, (2014)

[4] Jaewoo, C. Matt, D. Chris, S. Ig-Jae, K. Pedram, R. Micaela, W.: Indoor location sensing using geo-magnetism, MobiSys '11 Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, pp.141–154, (2011)

© 2018 Information Processing Society of Japan