

## 地磁気ベクトル情報を用いた屋内位置推定手法

鈴木 祥太<sup>†</sup> 廣津 登志夫<sup>‡</sup>  
法政大学情報科学部

### 1. はじめに

GPS による位置推定が困難な屋内において建物による地磁気の歪みを用いた手法が注目されている。既存研究では、地磁気ベクトル長をパーティクルフィルタを用いて学習することで、10mの移動に対して1m前後の誤差で位置推定が可能となっている[1]。ここでは直線運動における誤差が0.7mなのに対して、円運動では1.2mに誤差が増える結果を示しており、測定端末の方向により誤差を誘因していることが想定される。そこで本研究では、地磁気センサの測定値について、端末方向の依存性を明らかにし、その特徴を考慮した屋内位置推定手法を提案する。

### 2. 地磁気センサと地磁気分布の特徴

まず、地磁気センサの方向特性と地磁気歪みの建物内での分布傾向を調べるための予備実験を法政大学小金井キャンパス西館4階の90mの長さの廊下で行った。廊下の両端と中央部分は50cm 間隔、他の部分では廊下の長さ方向の間隔を6mに広げた195地点において、図1に示した8姿勢に対して地磁気量を記録した。図1の8姿勢は、廊下の幅方向をx軸、長さ方向をy軸とした座標系Wに対して、Lで示される方向に端末座標系を向けた。測定にはiPhone5を用いて10Hzの周期で100回測定した平均を測定値とした。

#### 2.1 地磁気センサの方向依存性

測定された磁気強度の端末方向依存性を調べるため、195の観測地点ごとの地磁気ベクトルについて(a)の端末方向を基準とした(b)-(h)の各姿勢のベクトル長の比を求め、その平均と標準偏差を算出した。また、測定されたベクトルの方向の一致度を調べるため、単位ベクトルに正規化した方向ベクトルの内積を(a)の端末方向と(b)-(h)のそれぞれの端末方向で各観測地点ごとに求め、その平均と標準偏差を算出した。表1に示す実験結果から、端末方向の変化に対して磁気強度の標準偏差

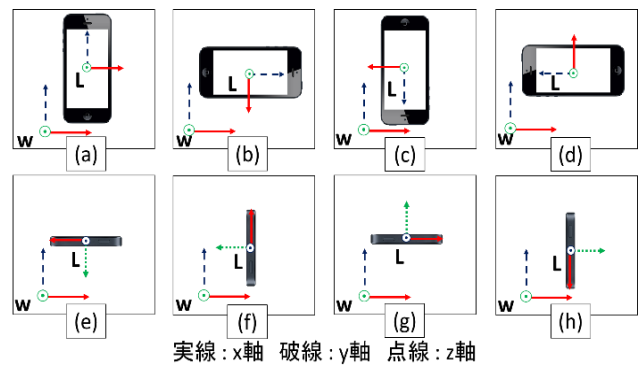


図1 軸特性の調査実験の観測方向

表1 測定される磁気強度と方向の端末姿勢依存性

	磁気強度		磁気方向	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
(b)	1.013	0.0881	0.988	0.0289
(c)	1.002	0.1149	0.979	0.0427
(d)	0.989	0.0866	0.986	0.0387
(e)	0.968	0.0969	0.987	0.0336
(f)	0.968	0.1044	0.987	0.0230
(g)	0.978	0.1259	0.980	0.0270
(h)	0.962	0.1177	0.987	0.0249

よりも磁気方向の一致度の標準偏差が小さいことがわかる。また、強度比の観測値の振れは5%程度であるのに対して、方向の一致度の観測値の振れは1%程度で、端末姿勢の変化に対する安定度が強度比よりも高いと考えられる。

#### 2.2 地磁気歪みの分布

次に、建物内における空間中の地磁気方向の歪みの分布を調べるために、廊下の南西端の一地点と各観測地点の地磁気ベクトルについて、単位方向ベクトルの内積の分布を求めた。地磁気ベクトルの方向の差異が大きく内積の値が小さくなっているところが淡色になるようにして図2に結果を示した。分布図の隣接する各方向の地点に着目すると磁力線の歪みは連続的に変化していることがわかる。また、建物の両端や廊下の壁に近い地点では、建物の鉄骨などの影響により磁力線の歪みが大きいことが見て取れる。

Indoor Localization using Magnetic Field Vector

<sup>†</sup> Shota Suzuki, Hosei University

<sup>‡</sup> Toshio Hirotsu, Hosei University

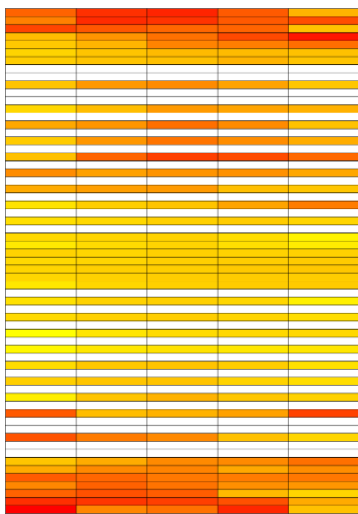


図 2 地磁気ベクトル方向の分布図

3. 地磁気ベクトル方向を用いた位置推定手法

前節の予備実験の結果から、地磁気の歪みの方向を用いた屋内位置推定手法を提案する。既存手法では1歩ごとに直前の位置と推定される地点の近傍にパーティクルを撒き、各パーティクルの地点の地磁気ベクトル長について測定値との尤度を見ることで現在の位置の推定を行う。本研究では、この尤度決定の基準に地磁気ベクトルの方向を用いる。廊下の南西端の1地点を基準点とし、その地磁気単位方向ベクトルと廊下の各地点の地磁気単位方向ベクトルとの内積値からなる地磁気分布図をあらかじめ作成しておく。測定値と基準点の地磁気ベクトルの内積値と地磁気分布図上の各パーティクルの地点の値との尤度を見ることで位置推定を行う。

地磁気ベクトルの方向を推定に組み込むために適切な手法を明らかにするために、次の3種類の基準で尤度決定を行う実験を行った。

- (a) 地磁気ベクトル長(既存手法)
- (b) 地磁気ベクトル方向(提案手法)
- (c) (a)と(b)の複合

予備実験と同じ廊下を幅方向、長さ方向に50cmの粒度で分割し50cm/秒の速度で長さ方向に南端から計45m歩行した。歩行データの測定には、直線とジグザグの2つの移動経路について、(i) 端末の把持姿勢を手を持った場合、(ii) ズボンのポケットに入れて歩いた場合、(iii) 胸ポケットに入れて歩いた場合と変化させて6種類の歩行について行った。表2に歩行ごとの推定結果と実際の歩行の誤差を示す。表の斜体の数値はそれぞれの歩行で誤差が最小であることを表す。

4. 考察

手法(a)に着目を見ると、手に端末を持った場合

表 2 実際の歩行と推定結果の誤差平均

歩行	直線			ジグザグ		
	手	ズボン	胸	手	ズボン	胸
幅方向	(a)	0.7m	0.8m	0.7m	0.8m	0.9m
	(b)	0.6m	<i>0.6m</i>	<i>0.6m</i>	<i>0.7m</i>	<i>0.8m</i>
	(c)	<i>0.3m</i>	0.7m	<i>0.6m</i>	0.8m	0.9m
長さ方向	(a)	0.9m	4.3m	8.0m	3.0m	4.2m
	(b)	7.0m	4.0m	2.4m	3.6m	3.0m
	(c)	<i>0.8m</i>	<i>2.2m</i>	3.7m	<i>2.6m</i>	<i>2.9m</i>

が直線、ジグザグの歩行いずれにおいても推定誤差が最小となった。これは、他の把持姿勢と比較して把持した端末の向きが地磁気分布図作成時の端末の向きと類似して、地磁気センサの方向特性の影響を受けにくいからだと考えられる。

手法(a)-(c)を比較すると6種類どの歩行に対しても手法(b)または手法(c)の推定誤差が最小となっている。この結果から、地磁気方向ベクトルを加えることでベクトル長を用いた既存手法よりも高い推定精度が得られることがわかる。

また、手法(b)と手法(c)を比較すると幅方向では5つの歩行で手法(b)が最小の推定誤差を達成したため、幅方向に対しては手法(b)が最も正確な推定が行えるといえる。一方、長さ方向では5つの歩行で手法(c)が最小の推定誤差を達成したため、長さ方向に対しては手法(c)が最も正確な推定が行えるといえる。廊下の幅方向と長さ方向を比較すると長さ方向の方が移動の自由度が大きいため、より高い精度が得られることが望ましいことから、手法(c)の地磁気ベクトル長とベクトル方向を用いた複合手法が最も推定誤差が少なく正確な推定を行うことができると考えられる。

5. まとめ

本研究では、建物内における地磁気歪みの分布を測定する際、地磁気ベクトル長よりもベクトル方向の方が測定している端末の向きによる影響を受けにくいことを明らかにした。この結果から、地磁気ベクトル方向に基づく指標を加えたパーティクルフィルタによる屋内位置推定手法を提案し、既存手法であるベクトル長を使用した手法よりも高い推定精度を得ることができた。

参考文献

[1] E. Le Grand and S. Thrun, "3-Axis magnetic field mapping and fusion for indoor localization," IEEE Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI2012), pp.358-364, 2012.