

(33) スマートフォンのGPSセンサを用いた 3次元位置情報の精度検証に関する研究

井上 晴可¹・窪田 諭²・今井 龍一³・田中 成典⁴・重高 浩一⁵

¹学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: k795202@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail: skubota@kansai-u.ac.jp

³正会員 東京都市大学准教授 工学部 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号)

E-mail: imair@tcu.ac.jp

⁴正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

⁵正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センターメンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) / 関西大学大学院総合情報学研究科連携大学院客員教授

E-mail: shigetaka-k258@nilim.go.jp

スマートフォンを利用すると高精度な位置情報が容易に取得できるため、防災、交通などの分野で位置情報の利活用が期待されている。そのためには、多種多様で大量なデータを一元的に高速処理できる基盤を構築し、スマートフォンで取得した位置情報を3次元で分析し可視化することが必要である。しかし、スマートフォンに搭載されているGPSセンサの精度は、周囲の環境、衛星状況や機種によって異なるため、精度にばらつきが生じる。高精度な位置情報の分析と可視化には、その計測データが正しいかどうか判断することとノイズとなる位置情報を除去することが必要である。本研究では、スマートフォンで取得した位置情報の分析と可視化を高精度化するために、3次元空間を対象に、ノイズを除去するアルゴリズムを提案する。

Key Words : smart phone, GPS, sensor, three-dimensional space, location information, noise rejection

1. はじめに

スマートフォンを利用して人物の位置情報を取得し、それを活用するアプリケーションが急増している。スマートフォンによる位置情報の測位方法は、基地局測位、ネットワーク測位とGPS測位の3つに大別される。基地局測位は、携帯キャリアの基地局位置を基に位置情報を特定する。ネットワーク測位は、Wi-Fiのアクセスポイントの情報や電波強度を基に位置情報を特定する。GPS測位は、複数のGPS衛星から発信される電波によって各衛星との距離を算出し、位置情報を特定する。測位方法毎の平面測位精度¹⁾は、基地局測位が数km、Wi-Fi測位が十数m～約200m、GPS測位が数mである。

スマートフォンから取得された位置情報は、防災、交通などの様々な分野において利活用²⁾されており、防災分野では、モバイル端末を利用して、東日本大震災時の首都圏の人の流れを可視化した事例がある。交通分野で

は、紙ベースのパーソントリップ調査に比べ被験者の負担が小さく、継続的な位置情報の取得が可能なプローブパーソン調査でスマートフォンからの位置情報が活用³⁾されており、高度化に向けた取り組みが行われている。これらの事例では、2次元の位置情報を利用しており、スマートフォンの3次元位置情報を利用する環境は確立されていない。そこで、今井ら⁴⁾は、点で表現される位置情報、線で表現されるネットワークデータなど多種多様な大量のデータを一元的に高速処理するために、分析及び可視化基盤を提案している。ただし、3次元位置情報の分析と可視化の具体的な手法は検討中である。

本研究では、高精度な位置情報を取得するGPS測位に着目する。スマートフォンに搭載されているGPSセンサの精度は、周囲の環境、衛星状況や機種によって異なるため、取得した位置情報の精度にばらつきが生じる。位置情報を高精度に分析し可視化するためには、その計測データが正しいかどうか判断することとノイズとなる位

表-1 使用した機種と搭載 GPS センサ

機種名	OS	プロセッサ	GPS センサ
A	SC04F	4.2.2	Qualcomm Snapdragon
B	SH06E	4.2	Qualcomm Snapdragon
C	SC02E	4.1.1	Sumsung Exynos
D	SC03E	4.1.2	Sumsung Exynos
E	ISW12HT	4.0.3	Qualcomm Snapdragon
F	SO03C	2.3.3	Qualcomm Snapdragon
G	P07C	2.3.3	Cortex

置情報を除去することが必要である。著者らは、交通手段を把握するアプリや位置情報サービスのアプリの開発者のために、スマートフォンのGPSセンサの精度について機種毎の計測データを分析し、2次元空間で検証⁹⁾した。そして、計測データに対して3次関数の近似曲線を用いた補正手法の有用性を検証した。課題として、ノイズとなる位置情報をリアルタイムに除去することと高さを加味した3次元での検証が残った。

そこで、本研究では、スマートフォンに搭載されるGPSセンサの精度を検証するための実験を行い、その計測データを分析し、3次元空間を対象に取得した位置情報からノイズとなる位置情報を除去するためのアルゴリズムを提案する。実験の対象OSは、多くのスマートフォンに利用されるAndroidとする。

2. GPSセンサの精度の実験

本章では、GPSセンサから取得する位置情報（以下、計測点）が正しいかどうか判断するために、3次元位置情報の精度を検証する。

(1) 実験方法

実験には、表-1に示す7機種のスマートフォンを使用する。Android OSは、機種A～Eが4.x、機種FとGが2.xである（表-1）。

本研究では、水平精度（緯度と経度）が $\pm(10+1\text{ppm}\times D)$ mm、垂直精度（標高）が $\pm(20+1\text{ppm}\times D)$ mmの1級GNSS測量機（PENTAX社のG3100-R1⁹⁾）で測定した値を真値とする。実験では、関西大学高槻キャンパスのグラウンドの測量点G1～G7の7点（図-1、以下、グラウンド実験）とキャンパス内の道路約1.4kmの測量点C1～C47の47点（図-2、以下、キャンパス実験）を使用し、2015年2月23日から4月23日の期間で行った。実験時は、セグウェイの荷台に7台のスマートフォンを固定（図-3）し、7台同時に計測点を取得した。まず、グラウンド実験では、図-4に示す経路でグラウンドを2周し、各測量点上で10秒間静止した。次に、キャンパス実験では、各測量点上

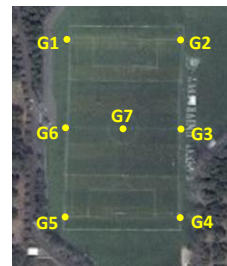


図-1 グラウンド実験



図-2 キャンパス実験



図-3 実験環境

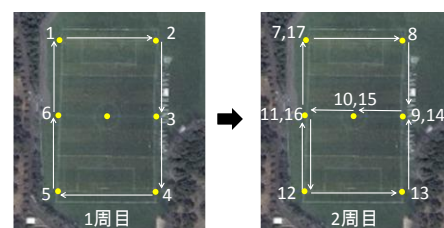


図-4 グラウンド実験の走行経路

で10秒間静止した。本研究では、それぞれの実験を100回ずつ、計200回行った。計測点の精度評価には、測量点上で静止した10秒間分の計測点を用いた。3次元位置情報の精度は、計測点と真値の2点間距離の平均（以下、水平精度）とその標準偏差、計測点と真値の標高差の平均（以下、垂直精度）とその標準偏差によって評価する。

(2) 実験結果

GPSセンサの水平精度と垂直精度について、グラウンド実験とキャンパス実験のそれぞれの結果を述べる。

a) グラウンド実験

100回の計測結果を平均したグラウンド実験の機種Aと機種Gの水平精度を図-5(a)に、水平精度の標準偏差を図-5(b)に、垂直精度を図-5(c)に、垂直精度の標準偏差を図-5(d)に示す。すべての機種の水平精度は2.80m～10.28m、水平精度の標準偏差は0.01m～1.23m、垂直精度は2.57m～12.06m、垂直精度の標準偏差は0.04m～1.17mになった。機種毎に比較すると、水平精度が最大の機種Bと最小の機種Aの差は4.63m、垂直精度が最大の機種Bと最小の機種Aの差は3.52mであった。水平精度の標準偏差が最大の機種Dと最小の機種Aの差は0.46m、垂直精度の標準偏差が最大の機種Dと最小の機種Aの差は0.87mであった。

b) キャンパス実験

100回の計測結果を平均したキャンパス実験の機種Aと機種Gの水平精度を図-6(a)に、水平精度の標準偏差を図-6(b)に、垂直精度を図-6(c)に、垂直精度の標準偏差を

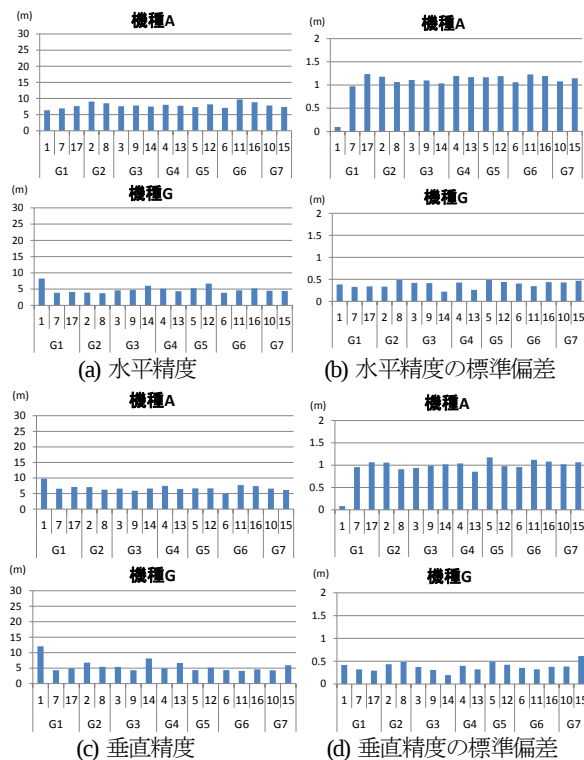


図-5 グラウンド実験の結果

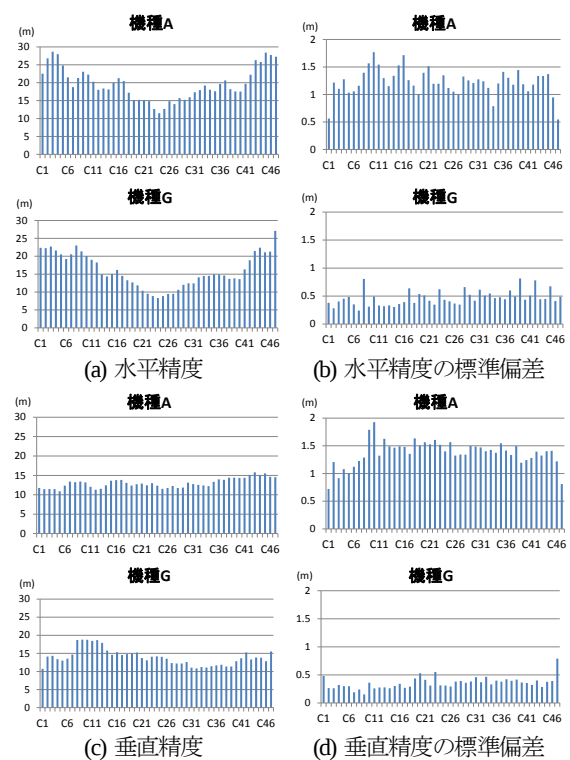


図-6 キャンパス実験の結果

図-6(d)に示す．すべての機種種の水平精度は6.11m~30.4m, 水平精度の標準偏差は0.15m~2.48m, 垂直精度は5.31m~19.91m, 垂直精度の標準偏差は0.11m~1.77mになった．機種毎に比較すると，水平精度が最大の機種Bと最小の機種Cの差は6.93m, 垂直精度が最大の機種Bと最小の機種Gの差は6.52mであった．水平精度の標準偏差が最大の機種Dと最小の機種Aの差は0.94m, 垂直精度の標準偏差が最大の機種Gと最小の機種Cの差は1.60mであった．

(3) 考察

グラウンド実験とキャンパス実験における機種毎の水平精度を図-7(a)に，水平精度の標準偏差を図-7(b)に，垂直精度を図-7(c)に，垂直精度の標準偏差を図-7(d)に示す．図-7(a)と図-7(c)より，キャンパス実験の水平精度と垂直精度は，いずれもグラウンド実験に比べ2倍以上大きくなった．これは，キャンパス実験では樹木が上空視界に入るためである．キャンパス実験の水平精度（図-6(a)）を計測点毎に比較すると，すべての機種種の水平精度がC23付近を境にC1とC47に向けて約15m大きくなっており，上空視界の影響を受けたことがわかる．水平精度（図-7(a)）と水平精度の標準偏差（図-7(b)）は，グラウンド実験に比べキャンパス実験が大きくなった．垂直精度（図-7(c)）は，グラウンド実験に比べキャンパス実験が大きいものに対して，垂直精度の標準偏差（図-7(d)）は機種毎で傾向が異なった．機種A，機種Bと機種E~Gにおける垂直精度の標準偏差を両実験で比較すると，両実験の差が0.5m未満となった．機種Cと機種Dの垂直精度の

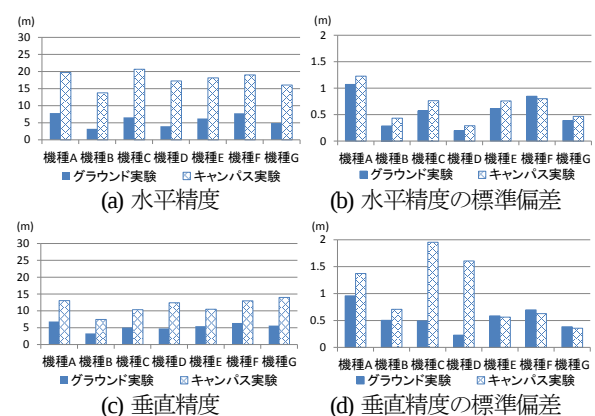


図-7 グラウンド実験とキャンパス実験の結果

標準偏差を両実験で比較すると，両実験の差が約1.5mになった．これらの結果より，水平精度の標準偏差は水平精度に影響されないのに対して，垂直精度の標準偏差は垂直精度に影響を受ける機種と受けない機種があることがわかった．

水平精度については，Android.locationパッケージに定義されているLocationクラスのgetAccuracyメソッド⁷⁾を利用して取得することが可能である．ここで求められる位置の推定精度は，計測点を中心に推定精度を半径として円を描いた場合に，その円内に真値がある確率が約68%であることを意味する．グラウンド実験とキャンパス実験それぞれ100回分の結果を平均した推定精度を図-8に示す．図-8より，機種A，機種Cと機種Gは，両実験の推定精度の差が1m未満となった．機種B，機種D~Fは，グラウンド実験よりキャンパス実験の推定精度が1.63m~

5.70m大きくなった。推定精度は、実際の真値を基に算出された結果ではなく各機種種の精度に依存するため、ノイズを除去する指標として推定精度を使用するためには今後検討が必要である。

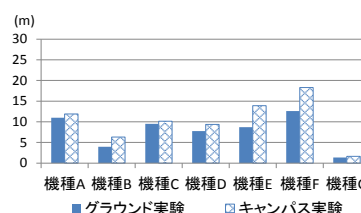


図-8 推定精度の平均

3. GPSセンサのノイズ除去方法の提案

本章では、位置情報を高精度に分析し可視化するために、計測点からノイズとなる計測点を除去するアプリのアルゴリズムを提案する。本研究では、GPSセンサの精度の実験における水平精度と垂直精度を基にした機種特性と、アプリ使用時の人物の移動速度によって移動距離が異なることを考慮したスピード特性を用いて、ノイズとなる計測点の除去方法を提案する。そこでは、アプリ起動時とその後の移動時の2パターンに分類してノイズとなる計測点を除去する。

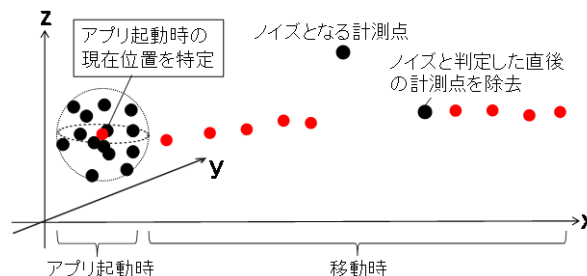


図-9 アプリの利用パターン

(1) アプリ起動時

アプリ起動時（図-9左部）の前提条件として、連続で取得した複数の位置情報から現在地を特定するために、10秒間以上同一地点で静止する。まず、一定時間静止した間に取得した計測値に対して、その他の計測点と緯度経度の2点間距離（以下、平面差）、および標高差を算出する。平面差が30m以上、または標高差が20m以上の計測点を除去する。これは、GPSセンサの精度の実験において、水平精度は30m未満、垂直精度は20m未満であったためである。次に、除去した計測点を除く計測点を用いて、他の計測点との平面差と標高差が最小となる点を抽出し、アプリ起動時の現在地とする。

(2) 移動時

移動時（図-9右部）の前提条件として、交通手段をアプリに入力し、交通手段毎の速度を利用する。まず、リアルタイムに計測した位置情報に対して、直前の計測点との平面差が30m以上、または平面差が交通手段に基づく速度と直前の計測点との時間から算出した移動距離以上である計測点をノイズと判定する。次に、それ以外のノイズではないと判定された計測点に対して、直前に取得した計測点との標高差をみる。直前の計測点との標高差が20m以上、または交通手段に基づく移動距離以上である計測点をノイズと判定する。

計測点がノイズと判定された場合、その直後の計測点を真と仮定し、同様に判定をする。ただし、真と仮定した計測点は、その計測点に対する次の計測点の判定後にノイズとして取り除く。この処理を繰り返すことにより、連続した計測点を判定する。

4. おわりに

本研究では、スマートフォンのGPSセンサから取得した位置情報を活用するために、GPSセンサについて実験を行って機種毎の計測データを分析し、3次元空間を対象にGPSセンサの特性を明らかにした。まず、7機種を対象に、GPSセンサの水平精度と垂直精度を検証する実験を2パターンの環境でそれぞれ100回、計200回行った。そこでは、機種毎の水平精度、垂直精度とそれぞれの標準偏差を定量的に示した。次に、実験結果を基に、ノイズとなる計測点を除去する方法を提案した。

今後は、提案したノイズ除去方法を基に、リアルタイムにノイズとなる計測点を除去するアプリを開発する。

参考文献

- 1) ITmedia : Windows ネットワーク管理者のためのAndroid 活用入門, 入手先<<http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/1310/23/news120.html>> (入手 2015.06.23) .
- 2) 総務省 : 「G 空間×ICT 推進会議」報告書, 2013.
- 3) 松島敏和, 橋本浩良, 高宮進 : スマホ PP 調査の高度化に向けた移動目的判別手法の開発, 土木計画学研究・講演集, 土木学会, Vol.51, 2015.
- 4) 今井龍一, 深田雅之, 重高浩一 : 交通データの分析・可視化基盤に関する取り組み, 交通工学, 交通工学研究会, Vol.50, No.1, pp.18-21, 2015.
- 5) 井上晴可, 窪田諭, 今井龍一, 田中成典, 大内佑起 : スマートフォンの GPS センサ特性を考慮した位置情報取得アプリケーションに関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.70, No.2, pp. I_310- I_318, 2015.
- 6) TI アサヒ株式会社 : G3100-R1, 入手先<http://www.pentaxsurveying.com/upload/product/pdf_KsVJMY.pdf> (入手 2015.06.23) .
- 7) Google : Android Developers, 入手先<[http://developer.android.com/reference/android/location/Location.html#getAccuracy\(\)](http://developer.android.com/reference/android/location/Location.html#getAccuracy())> (入手 2015.06.23) .