

(74) 歩行者トリップデータのリアルタイムノイズ除去を実装したスマートフォンアプリケーション

井上 晴可¹・今井 龍一²・窪田 諭³・田中 成典⁴・津川 昌隆⁵

¹正会員 関西大学特命助教 先端科学技術推進機構 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail: h.inoue@kansai-u.ac.jp

²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

³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

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非会員 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: k821582@kansai-u.ac.jp

衛星測位技術の進展とスマートフォンの普及に伴って、位置情報を利用する多様なサービスが日常生活に浸透している。各サービスの用途によっては、測位精度の高い位置情報をリアルタイムに要するが、個々のスマートフォンのGNSSから取得される位置情報は、取得条件により多くのノイズを含む。この課題の解決策として、スマートフォンで取得できる指標などを用いたノイズ除去手法が提案されている。

本研究では、スマートフォンで取得した位置情報からリアルタイムに確実性の高い3次元の位置情報を取得するために、PDOP、平均誤差半径および歩行者トリップデータからノイズを除去する手法を実装するスマートフォンのアプリケーションシステムを開発した。そして、機種別、利用状況別に開発したアプリケーションシステムの動作を検証し、実用性を確認した。

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

1. はじめに

地理空間情報活用推進計画では、屋内外の測位環境を充実させることによりサービスの高度化および創出を目指すことが示されている¹⁾。すなわち、全地球測位システムおよび地理空間情報が我が国の社会にとって非常に重要かつ有効な役割を果たすとされている¹⁾。屋外の測位環境に着目すると、衛星測位技術の進歩とスマートフォンの普及に伴って、GNSS (Global Navigation Satellite System) から取得した位置情報を利用する多様なサービスが日常生活にも浸透している。近年では、歩行者や自動車などの移動履歴である膨大な位置情報をプローブデータと称し、マーケティング、社会活動、交通・都市計画、防災や防犯などにおいて新たな知見を得るための重要な手掛かりとして注目されている。具体例として、スマートフォンのアプリケーションを用いたプローブパーソン調査 (PP調査)²⁾が実施され、市民の社会活動の実態把握に役立っている。位置情報を構成する経緯

度・標高の測位データには、受信できる衛星の個数やその配置状況に加えて、スマートフォンの特性に起因した明らかな異常値 (以下、ノイズ) が含まれることがある。そのため、プローブパーソンデータの解析では、ノイズを除去するためのフィルタリング処理が不可欠である。著者らは、既存研究にてPDOP (Position Dilution of Precision) や平均誤差半径、歩行者の移動履歴の位置情報 (以下、歩行者トリップデータ) を用いたノイズ除去手法³⁾を考案し、一定の有用性を立証している。今後、ノイズ除去手法を実用に応用するためには、同手法を実装したアプリケーションシステムを開発した有用性を明らかにする必要がある。

本研究では、PDOP、平均誤差半径および歩行者トリップデータを用いたノイズ除去を実装した位置情報を獲得するためのスマートフォンのアプリケーション (以下、本アプリ) を開発し、同手法の有用性を検証する。

2. 本アプリの開発

本研究では、PDOP、平均誤差半径および歩行者トリップデータを用いたノイズ除去手法³⁾を実装した位置情報を獲得するためのスマートフォンのアプリケーションを開発した。Androidアプリの開発には、開発環境の構築が必要なため、Windows 10 Education 64bitのパソコンにAndroid Studio⁴⁾ 2.3.2をインストールした。

本アプリの設計方針として、歩行を対象とすること、Android OSのスマートフォンで実装すること、リアルタイムにGPS受信機から位置情報を取得すること、既存研究のノイズ除去機能を実装すること、信頼性の高い位置情報のみを地図にプロットすること、出力情報は他のシステムで汎用的に使用できることの6点に留意し、表-1に示す機能要件を定義した。各要件を満たすため、入力データ取得機能、ノイズ除去機能、位置情報プロット機能と出力データの保存機能の4つの機能を構成した。

本アプリの処理フローを図-1に示す。入力データ取得機能では、経緯度と標高に加え、NMEA情報のPDOP、平均誤差半径と日時情報をリアルタイムに取得することが必須である（STEP1）。PDOPを取得しない場合は、直前のPDOP値を採用する。アプリ開発者が設定する時間および距離の取得間隔⁵⁾は、設定どおりの間隔で位置情報を取得する可能性が高い時間間隔は0秒、距離間隔は0mを採用する。位置情報の取得回数が4回以上の場合、ノイズを判定する（STEP2）。ノイズ除去機能では、まず、PDOPが4より大きい場合にノイズとして除去する（STEP3）。次に、平均誤差半径が35mより大きい場合にノイズとして除去する（STEP4）。そして、直前の計測点との3次元空間における2点間距離が2mより大きい場合にノイズとして除去する（STEP5）。最後に、直前の計測点を含む3点に対して、PDOP、平均誤差半径または2点間距離のいずれかでノイズと判定された計測点がある場合、取得した位置情報は信頼性が低い場合ノイズとして除去する（STEP6）。位置情報プロット機能では、ノイズ除去後の信頼性の高い位置情報のみをGoogleマップにプロットする。出力データの保存機能では、信頼性の高い位置情報および日時情報を保存する（STEP7）。

3. 本アプリの有用性の検証

本章では、実際の利用状況を想定した実験環境で本アプリを使用し、2章で定義した機能要件を満たすことの確認とその有用性を検証する。

(1) 実験方法

本アプリの有用性を検証するために、歩行時を対象と

表-1 本アプリの機能要件

No.	機能要件
1	歩行を対象とすること
2	Android OSのスマートフォンで実装すること
3	経緯度、標高、PDOP、平均誤差半径および日時情報がリアルタイムに取得できること
4	PDOPの指標を用いてノイズを判定すること
5	平均誤差半径の指標を用いてノイズを判定すること
6	経緯度と標高を用いて3次元の2点間距離を算出し、2点間距離と除去対象とする計測点数の2つのパラメータを用いてノイズを判定すること
7	信頼性の高い位置情報のみをGoogle マップにプロットすること
8	信頼性の高い位置情報として経緯度、標高と日時情報を保存すること
9	汎用的に扱えるデータ形式で出力データを保存すること

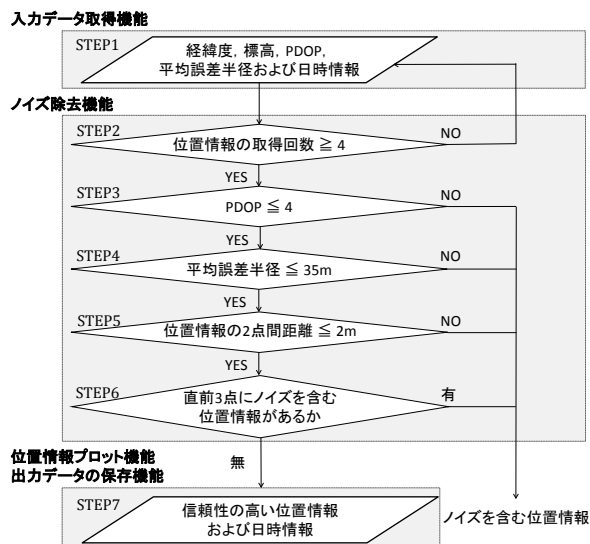


図-1 本アプリの処理フロー

して機種別と利用状況別の実験を行う。Android OSは、機種Aが6x、機種B～Fが4x、機種Gが2xである（表-2）。利用状況は、スマートフォンを手で持つ場合（以下、手持ち）、ポケットに入れた場合（以下、ポケット）、鞆に入れた場合（以下、鞆）の3つのパターンを想定する（図-2）。スマートフォンを背負子に並べて固定した場合を手持ちとする（図-2(a)）。スマートフォンを背負子に並べて固定し、上からタオルで覆った場合をポケットとする（図-2(b)）。スマートフォンが重なり合わないよう箱に固定し、リュックに入れた場合を鞆とする（図-2(c)）。実験では、関西大学高槻キャンパス内の道路や獣道を実験コース（図-3）として、スタート地点から反時計回りと時計回りに1周ずつを利用状況毎に1回、計3回を歩行した。実験コースは、位置の精度が3.0m

表-2 使用した機種

機種名	OS	プロセッサ	受信可能な衛星測位システム
A	SCV33	6.0	GPS, GLONASS, Beidou, Galileo
B	SC04F	4.2.2	
C	SH06E	4.2	
D	SC02E	4.1.1	GPS, GLONASS
E	SC03E	4.1.2	
F	ISW12HT	4.0.3	
G	SO03C	2.3.3	



図-2 利用状況



図-3 実験のコース

(Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), MapmyIndia, NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community)

RMS以下の慣性計測装置（東京航空計器のCSM-MG100⁹⁾）で測定した経緯度を地図にプロットして作成している。3つの利用状況では、7台同時に検証した。

(2) 実験結果と考察

手持ちのノイズ除去前後の計測点と除去率を表-3に示す。除去率は、ノイズ除去前の計測点に対して、それぞれのノイズ除去機能適用後に除去された計測点の割合を示す。PDOPおよび平均誤差半径の除去率は、機種A～Eと機種Gが0.00%、機種Fの反時計回りが0.21%、時計回りが1.11%であった。歩行者トリップデータの除去率は、反時計回りが3.46～44.76%、時計回りが2.85～49.40%であった。ポケットのノイズ除去前後の計測点と除去率を表-4に示す。PDOPおよび平均誤差半径の除去率は、機種A～Eが0.00%、機種FとGの反時計回りが0.10%と1.42%、時計回りが6.90%と12.14%であった。歩行者トリップ

表-3 手持ちの計測点数と除去率

機種	回り方	除去前	PDOPの除去後		平均誤差半径の除去後		歩行者トリップデータの除去後	
		計測点 (点)	計測点 (点)	除去率 (%)	計測点 (点)	除去率 (%)	計測点 (点)	除去率 (%)
A	反時	1,039	1,039	0.00	1,039	0.00	728	29.93
	時計	1,051	1,051	0.00	1,051	0.00	633	39.77
B	反時	1,033	1,033	0.00	1,033	0.00	614	40.56
	時計	1,034	1,034	0.00	1,034	0.00	579	44.00
C	反時	1,030	1,030	0.00	1,030	0.00	934	9.32
	時計	1,043	1,043	0.00	1,043	0.00	817	21.67
D	反時	976	976	0.00	976	0.00	809	17.11
	時計	1,016	1,016	0.00	1,016	0.00	866	14.76
E	反時	1,040	1,040	0.00	1,040	0.00	1,004	3.46
	時計	1,052	1,052	0.00	1,052	0.00	1,022	2.85
F	反時	954	952	0.21	952	0.21	527	44.76
	時計	992	981	1.11	981	1.11	502	49.40
G	反時	1,036	1,036	0.00	1,036	0.00	642	38.03
	時計	1,048	1,048	0.00	1,048	0.00	743	29.10

表-4 ポケットの計測点数と除去率

機種	回り方	除去前	PDOPの除去後		平均誤差半径の除去後		歩行者トリップデータの除去後	
		計測点 (点)	計測点 (点)	除去率 (%)	計測点 (点)	除去率 (%)	計測点 (点)	除去率 (%)
A	反時	997	997	0.00	997	0.00	797	20.06
	時計	842	842	0.00	842	0.00	565	32.90
B	反時	989	989	0.00	989	0.00	810	18.10
	時計	839	839	0.00	839	0.00	670	20.14
C	反時	986	986	0.00	986	0.00	801	18.76
	時計	840	840	0.00	840	0.00	664	20.95
D	反時	918	918	0.00	918	0.00	717	21.90
	時計	778	778	0.00	778	0.00	487	37.40
E	反時	997	997	0.00	997	0.00	927	7.02
	時計	841	841	0.00	841	0.00	731	13.08
F	反時	917	904	1.42	904	1.42	407	55.62
	時計	766	673	12.14	673	12.14	201	73.76
G	反時	996	995	0.10	995	0.10	762	23.49
	時計	840	782	6.90	782	6.90	378	55.00

データの除去率は、反時計回りが7.02～55.62%、時計回りが13.08～73.76%であった。靴のノイズ除去前後の計測点と除去率を表-5に示す。PDOPおよび平均誤差半径の除去率は、機種A～Eが0.00%、機種FとGの反時計回りが10.95～11.58%、時計回りが9.32～17.34%であった。歩行者トリップデータの除去率は、反時計回りが24.44～70.26%、時計回りが15.27～68.73%であった。

機種毎に比較すると、機種FとGが他の機種に比べPDOPおよび平均誤差半径の除去率が高かった。歩行者トリップデータの除去率は、3つの利用状況において機種Eの除去率が低く、機種Fの除去率が高かった。

表-5 靴の計測点数と除去率

機種	回り方	除去前	PDOPの除去後		平均誤差半径の除去後		歩行者トリップデータの除去後	
		計測点(点)	計測点(点)	除去率(%)	計測点(点)	除去率(%)	計測点(点)	除去率(%)
A	反	807	807	0.00	807	0.00	491	39.16
	時	837	837	0.00	837	0.00	479	42.77
B	反	805	805	0.00	805	0.00	380	52.80
	時	838	838	0.00	838	0.00	507	39.50
C	反	795	795	0.00	795	0.00	355	55.35
	時	826	826	0.00	826	0.00	490	40.68
D	反	752	752	0.00	752	0.00	563	25.13
	時	765	765	0.00	765	0.00	550	28.10
E	反	806	806	0.00	806	0.00	609	24.44
	時	838	838	0.00	838	0.00	710	15.27
F	反	760	674	11.32	672	11.58	226	70.26
	時	790	653	17.34	653	17.34	247	68.73
G	反	804	716	10.95	716	10.95	281	65.05
	時	837	759	9.32	759	9.32	342	59.14

利用状況毎に比較すると、手持ちのPDOPおよび平均誤差半径の除去率が、他の利用状況に比べて低かった。歩行者トリップデータの除去率は、利用状況に依存しなかった。

手持ち（時計回り）の場合に本アプリで取得した機種毎の経緯度を地図にプロットした結果を図-4(a)、標高を図-4(b)に示す。プロット結果より、本アプリを利用すると、リアルタイムに信頼性の高い位置情報が地図にプロットされたことがわかる。以上より、本アプリは、歩行時の利用状況や機種に影響されずにリアルタイムに信頼性の高い位置情報を地図にプロットすることができる万能性があり、機能要件を満たしていると結論づけた。

4. おわりに

本研究では、スマートフォンのGPS受信機から信頼性の高い位置情報を含む歩行者トリップデータを取得するアプリケーションの実用化を目的として、ノイズ除去機能を実装したアプリケーションを開発し、その動作を検証した。まず、PDOP、平均誤差半径と歩行者トリップデータを用いたノイズ除去機能を実装したアプリケーションを開発した。次に、7機種を対象に、手持ち、ポケット、靴を想定した利用状況別に動作を検証し、その有用性を明らかにした。その結果、利用状況や機種に依存されずに信頼性の高い位置情報を取得した。

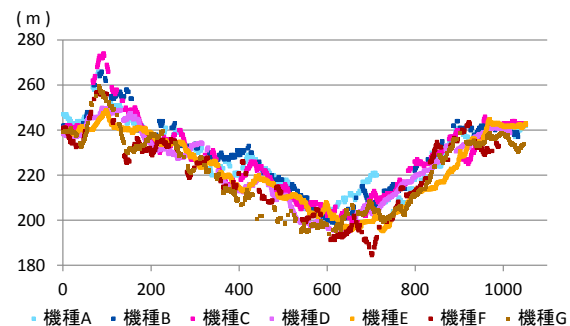
今後は、本アプリの評価実験を重ねて改善と再評価のサイクルを繰り返して技術の洗練を図る。また、歩行者に加え、自転車や自動車など移動速度が異なる交通手段



◆機種A ◆機種B ◆機種C ◆機種D ◆機種E ◆機種F ◆機種G

(a)経緯度を地図にプロットした結果

(Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), MapmyIndia, NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community)



(b)標高

図-4 機種毎の手持ち（時計回り）の取得結果

への本アプリの適用性を明らかにする。

参考文献

- 1) 内閣府：地理空間情報活用推進基本計画，
<URL:<http://www.gsi.go.jp/common/000065943.pdf>>，
(入手 2017.6.29)。
- 2) 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。
- 3) 井上晴可，今井龍一，窪田諭，田中成典，重高浩一：スマートフォンを用いた信頼性の高い歩行者トリップデータの取得手法に関する研究，知能と情報，日本知能情報ファジィ学会，Vol.28，No.5，pp.855-874，2016。
- 4) Google：Android Studio，<URL:<https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=ja>>，
(入手 2017.6.22)。
- 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_318，2014。
- 6) 東京航空計器株式会社：仕様 CSM-MG100，
<URL:<https://www.gnas.jp/products/>>，
(入手 2017.6.22)。