

携帯電話の位置情報を用いた速度算出法の検討

佐々木 直哉 小笠原 直人 佐藤 究 布川 博士

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

近年、携帯情報機器の高度化と普及により、モバイル環境下において様々な情報やサービスの利用が可能となった。一方、モバイル環境下では一般にユーザからの入力部が制限されているため、ユーザの状況（コンテキスト）に応じて情報やサービスを提示するといった、ユーザ入力の簡素化や支援が望まれる。

以上のような背景から、我々は GPS を内蔵した携帯電話を対象とし、ユーザの現在の状況を推定してコンテキストに応じた情報やサービスを提示するシステムについて研究中である[1]。しかし、GPS を内蔵した携帯電話では測位精度のばらつきが大きい。更に、一回の計測には 15~30 秒程度かかるため、一般の GPS 装置のような高頻度の計測は不可能である。このような特性は、ユーザの状況を推定する際の障害となっている。

そこで我々は、位置情報と同時に取得される測位誤差の情報に着目し、連続的に取得された位置情報からの補正された移動速度の算出を試みた。本稿では、誤差情報を用いた補正速度算出法とその評価について述べる。

2. コンテキストとしての速度情報

ユーザの現在位置の情報を、www 検索やサービスに利用した事例は既にいくつか存在している[2][3][4]。このようなシステムで利用されている現在位地の情報に加え、移動速度をコンテキストとして用いることにより、まず単純に移動速度からユーザが移動中であるか否かの判別が可能となる。また、「移動」と「滞在」が判別できれば、ユーザが頻繁に、あるいは長く滞在する場所の自動的な検出を考えることができる。

リアルタイムに変動するコンテキスト情報には、精度と即応性の両立が求められるが、GPS 内蔵携帯電話は誤差の影響が大きいため、意味のある速度を求めるには何らかの補正が必要である。過去何分かの単純平均を求めることで誤差を打ち消すことも考えられるが、遅延によって情報の価値が低下することが考えられる。

3. GPS 搭載携帯電話の測位誤差

今回の実験には、GPS 搭載携帯電話、au (KDDI) W11H を用いた。自作した携帯 Java アプリケーションによって位置情報を連続的に取得し、www サーバへ送信、CGI スクリプトによってこれを受信し、データを記録した。

GPS による測位は、GPS 衛星の位置関係などのために精度が変動する[5]。また、GPS 携帯電話は、衛星の他にも携帯電話基地局の電波を利用するため、屋内や市街地など、GPS 衛星が十分に利用できない場所においても測位が可能となる一方、状況によって精度が大きく変化し、誤差半径数 m 以内から 1 km 以上となる場合もある。

Java アプリケーションによって位置情報を取得する際、同時に測位誤差に関する情報を得ることができる。この

Speed calculation method based on positional information of mobile phone
Naoya Sasaki, Naohito Ogasawara, Kiwamu Sato, Hiroshi Nunokawa
Iwate Prefectural University

情報は、*SemiminorAxisError*, *SemimajorAxisError*, *MajorAxisAngle* などで与えられるが、一般に公開されている文書からは正式な説明を得られなかった。そこで、連続的に取得した位置情報とともに誤差情報を楕円としてプロットするプログラムを開発し、誤差情報の外観について考察した(図1)。

得られたグラフから、*SemiminorAxisError* を短軸、*SemimajorAxisError* を長軸とし、経線から長軸を反時計回りに *MajorAxisAngle* 度傾けた楕円が誤差範囲の目安を表していると考えるのが合理的と判断し、この情報の利用を検討した。

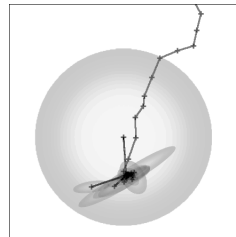


図1. 誤差楕円の描画

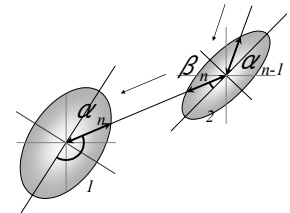


図2. 誤差指標 α , β の定義

4. 補正速度算出法

連続的に取得された位置および誤差情報における、 n 件目のデータを取得した時刻を t_n とし、 n 件目と $n-1$ 件目の位置情報から求められた移動速度を V_n とする。過去 M 分間の V_n について、「精度による重み付け」と「情報の新しさによる重み付け」を組み合わせた重み付き平均を算出し、補正速度 V_n'' とする。精度の評価については、誤差楕円の形状と座標の移動方向の関係を考慮し、図2に示す α , β の長さを誤差の指標として用いることとした。具体的には下式の通りである。

$$\alpha_n = \sqrt{a_n^2 \cos^2 \theta_1 + b_n^2 \sin^2 \theta_1}$$

$$\beta_n = \sqrt{a_{n-1}^2 \cos^2 \theta_2 + b_{n-1}^2 \sin^2 \theta_2}$$

$$\theta_1 = MajorAxisAngle_n - \phi_n$$

$$\theta_2 = MajorAxisAngle_{n-1} - \phi_n$$

ただし ϕ_n は時刻 t_{n-1} から t_n にかけての座標の移動方向を表す角度とし、 a_n と b_n はそれぞれ時刻 t_n における *SemimajorAxisError* と *SemiminorAxisError* である。

補正速度の具体的算出法は、下式の通りである。

$$V_n'' = \frac{\sum_{c=0}^{M'} V_{(n,c)}'}{\sum_{c=0}^{M'} W_{(n,c)}}$$

$$V_{(n,c)}' = W_{(n,c)} V_{n-c}$$

$$W_{(n,c)} = T_{(n,c)} E_{n-c}$$

$$T_{(n,c)} = \exp\{-k(t_n - t_{n-c})\}$$

$$E_n = \exp\{-l(\alpha_n + \beta_n + \alpha_{n-1})\}$$

ただし M' は過去 M 分間のデータ件数とする。今回の実験では、 $M = 30$ (分間) とした。 k は情報の新しさによる重み付け係数、 l は精度による重み付け係数である。

5. 評価法

ユーザの実際の速度との比較は困難であること、また、コンテキストとしての速度情報の利用に主眼を置いていることから、補正速度がユーザ状態の判別にどの程度役立つものであるかを評価の尺度とする。今回の実験では、「滞在または徒歩」と「徒歩以外で移動」の2つのユーザ状態を考える。

まず、連続的に位置情報と誤差情報を取得し、その時点までに取得された情報から、その時点におけるユーザの状態を判別することを考える。判別精度の評価法として、判別が実際のユーザ状態と一致した回数を、判別を行った回数で割ることによってユーザ状態の判別率を考える。しかしこれだけでは、例えば「4時間在宅→1時間かけて移動→5時間大学に滞在」といった場合、常に「滞在」と判別しても、見かけ上は9割の判別率となってしまう。

そこで、実際のユーザ状態に基づいてデータを分割し、同じ閾値を用いて別々に判別率を算出する。そして状態ごとの判別率の差が最小となる閾値を「理想的な閾値」とし、この時の各状態の判別率の平均を「理想状態での判別率」として評価することとした。

6. 結果・考察

3章で述べた実験システムにより、4つのデータ系列を取得した。系列1には、新幹線、電車、徒歩による移動、および滞りが含まれ、主に都市部での行動履歴である。系列2、3、4には、車による移動と滞りが含まれ、主に郊外での行動履歴である。

以上の各系列について、補正なしで求めた速度 V_n 、過去30分間の V_n から求めた単純平均、補正速度 V_n' を算出し、評価を行った結果を表1に示す。各系列において、理想状態での判別率が最も高かった項目の背景を灰色で表示した。補正速度算出に用いる重み付け係数については、最適な値が不明であるため、0.5~0.0の範囲で総あたりの係数を代入し、良い結果が得られたものを抽出した。なお、補正に必要なデータがそろわない先頭30分間の各時点で求められた速度については、評価から除外した。

表の結果は、本稿で述べた補正速度算出法により、重み付け係数の選び方次第では各状態を平均94%以上で判別できる可能性を示すものである。しかし、重み付け係数の最適な値は系列ごとに変動があり、一意に定めることはできなかった。原因として、本稿では k と l を定数と仮定して計算したが、実際には、定常的な誤差の量などの影響を受ける関数値であるということが考えられる。この点については引き続き検討したい。

系列		補正なし	単純平均	補正速度	
				k	l
				0.00470	0.02489
				0.06767	
1	345件	判別率 88.86%	94.22%	99.59%	88.92%
	591分	閾値 8.6km/h	8.0km/h	5.0km/h	4.2km/h
2	772件	判別率 87.87%	73.15%	86.58%	96.03%
	642分	閾値 11.0km/h	9.5km/h	15.9km/h	7.9km/h
3	525件	判別率 91.12%	82.33%	94.11%	94.11%
	452分	閾値 10.9km/h	12.0km/h	13.0km/h	9.1km/h
4	231件	判別率 91.62%	88.11%	89.00%	97.73%
	132分	閾値 24.2km/h	5.1km/h	25.0km/h	10.0km/h

表1. 理想状態での判別率と理想的な閾値

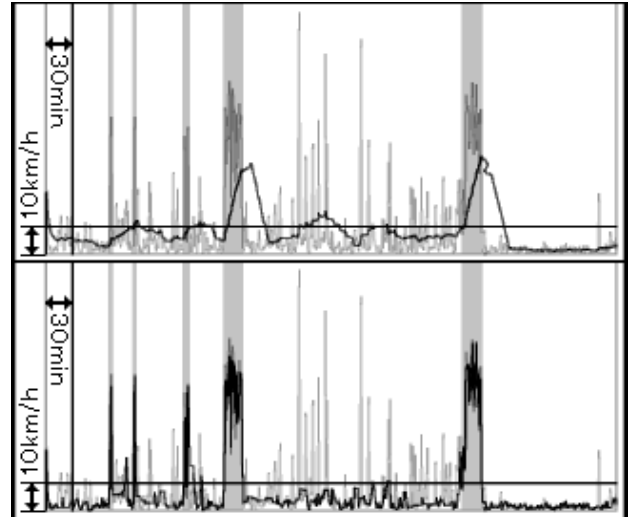


図3上. 過去30分間の速度の単純平均
下. 適切な係数を設定した場合の補正速度

表1における系列2の補正速度のグラフを図3下、過去30分間の V_n から求めた単純平均のグラフを図3上に示す。淡色の線は補正無しで求めた速度、背景色が濃くなっている部分は実際に車で被験者が移動していた区間である。

単純平均では、全般に速度の変化がなだらかになっており、ある程度の誤差を打ち消す効果が得られている。しかし、5分間程度の短い移動が検出できないなど、精度、即応性ともに不十分である。一方、重み付け係数が適切に設定された場合の結果では、誤差の影響を受けてはいるものの、短時間の移動も直ちに検出され、滞在時の誤差もほとんど打ち消されている。

7. まとめ

本稿では、GPSを内蔵した携帯電話における、誤差情報を用いた補正速度算出法とその評価法について述べた。今後は、最適な重み付け係数の選択法や、徒歩と滞りの区別法などについて検討したい。

また、モバイル環境下でのコンテキストウェアを実現すべく、コンテキストと情報やサービスを結び付ける仕組みについて研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] 鈴木, 小笠原, 佐藤, 布川: "位置情報とスケジュール情報を用いた人の行動推測に関する研究", 情報処理学会 GN, Vol. 2004 Num. 2 pp.37-42 (2004.01)
- [2] 三浦, 高橋, 坂本, 島: "モバイルインフォサーチ: 移動環境下でのユーザ指向型 www 検索", 情報処理学会 MBL, Vol. 97 Num. 117 pp.33-38 (1997.12)
- [3] http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/f/i_area.html
- [4] http://www.au.kddi.com/ezweb/au_dakara/ez_naviwa1k/index.html
- [5] 安田明生: "GPSの即位原理とは", 映像情報メディア学会誌 Vol.54, No.7, pp.1035~1036(2000)
- [6] 遠山, 豊田, 加藤, 服部: "コンテキスト情報と操作履歴の関連付けによる操作予測システムの提案", 情報処理学会 2004-UBI-6(2004.11)