

# GPS 情報を活用した動的な GIS 情報の取得

山本篤史<sup>†</sup> 仁平和博<sup>†</sup> 八木啓介<sup>†</sup> 屋代 智之<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 千葉工業大学

あらまし：近年，携帯電話や PDA などが広く普及してきた．それに伴ってナビゲーションや周辺情報の提供などの需要が高まりつつある [1]．これらで利用される位置情報を取得する有力な手段として GPS が注目されている．現在の GPS の利用法は位置情報の取得のみであり，実際は測位時間，電波強度，衛星の配置など様々な情報を得られる．そして，端末を所持する多数の利用者をインフラとして捉えることで，より利用者のニーズと一致した情報を提供できると考えられる．本論文では衛星から送られる電波の減衰率から天候の判別が可能か検討した．また，屋内では電波が遮断されてしまうことに着目し，店舗への入退店の時刻間隔を収集し，時間分布から店舗を判別可能か考察した．そして，収集した天候，店舗情報から GIS の更新に応用できるか検討する．

## Dynamic GIS Information Acquisition using GPS

Atsushi Yamamoto<sup>\*†</sup>, Kazuhiro Nihei<sup>†</sup>, Keisuke Yagi<sup>†</sup>, Tomoyuki Yashiro<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> Chiba Institute of Technology

Abstract : These days, demand for navigation system, providing information about surrounding areas and other informations lift up people in general upon popularization of mobile phones and PDA. GPS is considered as a powerful way of acquiring location. In the present time, GPS receivers are used for acquiring only location information. In fact, these can receive to measuring time, signal to noise ratio(SNR), disposition of satellites and other informations. Many users having GPS receiver are covered as an infrastructure that collect many informations. And pedestrians are able to be provided information more correspondent to needs compared with recent days. In this paper, we evaluate weather information from SNR. In addition, we paid attention to the intercept of radio wave in indoors, and consider to discern stores by collect interval time of user in and out store. And we evaluate to application renewal of GIS from these informations.

### 1 はじめに

近年，携帯電話や PDA といった携帯端末が普及してきた．その中でも，携帯電話は個人が日常的に持ち歩く情報機器であり，その普及台数は 7900 万台を超える [2]．携帯電話の端末には Java やカメラ，GPS といった様々な機能が搭載され，情報サービスの提供も充実してきた．

現在の情報提供サービスには，NTT DoCoMo の i モード [3] や KDDI au の EZweb [4] がある．これらは，

利用者が携帯電話を利用してインターネット上のサーバに接続することができるサービスである．これにより，目的地別のメニューから情報を取得することが出来るようになり，周辺情報や地図情報などの歩行者 ITS に関わる様々な情報も提供できるようになった．

これらの情報サービスのうち利用者が要求する情報は，周辺店舗の情報や交通情報，気象情報といった場所に依存した情報への需要がもっとも高い．そのため，GPS 等で位置を測定し，その場所に関する情報を提供していく必要がある．しかし，現在のシステムを使っ

て携帯端末に提供されるほとんどの情報は、事前にセンターに登録されてある情報であり、最新の情報とは言えず、利用者のニーズに必ずしも沿ったものではない。また、現在の GPS レシーバは位置情報だけでなく、測位時間、電波強度、衛星配置、捕捉衛星数などを得ることができる [5][6]。そこで、端末を所持する多数の利用者をインフラとして捉え、様々な情報を収集することで、より利用者のニーズと一致した情報を提供できると考えられる。

本研究は、歩行者 ITS の一環として、GPS 機能を持った携帯端末を使って歩行者に提供するための情報を収集する方法を提案する。

提案方式の利点として、歩行者が日常的に持ち歩く携帯端末を利用して情報を収集するために安価なコストで、常にその場に応じた情報を取得することができる点があげられる、また GIS などのあらかじめ登録されている地図情報の更新に役立つものと考えられる。

本研究では二つの提案を行う。一つ目として、GPS レシーバが各 GPS 衛星から受信する信号強度を判別することで、天候を認識可能か検討する。二つ目は、店舗の入店時間と退店時間を収集することで、店舗であるか判別する。また、店舗に立ち寄った時間の分布を分析することで、店舗の種類を判別する。そして、本提案で得られた情報を GIS に反映させられるかを検討する。

## 2 背景

### 2.1 GPS システムの誤差要因

GPS システムは周回衛星から発信される電波をレシーバが受け取ることで位置測位を行う。このとき様々な原因により衛星からの電波が減衰して届く。結果として、位置捕捉の精度が劣化してしまう。その要因として、マルチパスや大気圏(対流圏, 電離圏)などの影響が挙げられる [7]。これらのうちマルチパスが最大の誤差要因であるが、周囲の建物による影響であるため誤差は測定場所によってばらつきがあり、現在の GPS ではこれを根本的に解消する方法はない。大気圏による影響は電離圏と対流圏の水滴(雲, 降雨)によるものが主であり、電離圏による影響は、あらかじめ平均的な電離圏での減衰率を考慮するか、受信する信号の相対的な速度を測定することで、GPS 衛星側である程度誤差を補正している [8]。また、対流圏では周波数の高い電波ほど大きく減衰してしまうため、通信に使用する周波数帯域を 1~10GHz とすることで影響を減少

させている。

### 2.2 GPS 衛星から送信される電波の特性

電波の特性として、高周波になる程直進性が強くなり、物体に当たると反射してしまうという性質を持っている。GPS 衛星から送られる電波は UHF 帯の 2 つの搬送波 L1, L2 に乗せられて送信される。L1 は 1575.42MHz 帯, L2 は 1227.60MHz 帯であり、このような非常に高い周波数になると殆んど回折することがなく、物体に当たると跳ね返る。そのため、GPS 衛星とレシーバの間に遮蔽物があると信号を受信できないという現象が起こる。衛星からの信号が屋内で受信できないのはこのためである。

### 2.3 関連研究

現在、歩行者から周辺情報を収集する様々な認識手法が提案されている。この中でも本研究と同様に、普及が見込まれている GPS から得られる位置情報の解析がなされている。歩行者の移動速度から天候、坂道、人口密度の判別 [11][12][13]、高度情報から道路での高低差の判別など様々である [14]。また、これらの情報の提供方法も多く考えられ、WEB 上での配信、位置情報を元に移動を繰り返すモバイルエージェントを利用したもの、サーバレスの局所的なアドホックを利用したものと多種多様である。

### 2.4 本研究で利用した GPS レシーバ

本実験には I-O DATA の CFGPS[15] と GARMIN の eTrex Vista[16] を利用した。これらのスペックを表 1 と表 2 に示す。

表 1: I-O DATA CFGPS

受信周波数	1575.42MHz
衛星捕捉時間	ホットスタート: 約 20 秒 ウォームスタート: 約 50 秒 コールドスタート: 約 5 分
受信チャンネル数	8 チャンネル
更新頻度	約 1 秒毎 (可変)
測地・座標系	TOKYO(初期値), WGS-84

表 2: GARMIN eTrex Vista

受信機	DGPS 対応・12 並列チャンネル
衛星捕捉時間	ウォームスタート：約 15 秒 コールドスタート：約 45 秒 オートロケート：約 5 分
更新頻度	1 秒ごとに連続
測位精度	15mRMS 未満

### 3 電波強度から天候を判別

#### 3.1 提案

GPS は降雨などの天候に影響されずに測位が可能というメリットがある。しかし、第 2.1 章で述べた通り、測位することに影響はなくとも、端末が受信する電波は大気圏を通過するため、少からず影響を受けると予想される。

本提案では GPS 衛星から送信される電波の対流圏による減衰に着目し、晴天と雨天の日では電波の相対的な減衰量が変化するのではないかと推測した。そこで、電波の強さを表す信号強度を取得し、その値を天候ごとに比較することで判別が行えるかを実験を通して検討した。提案の概要図を図 1 に示す。

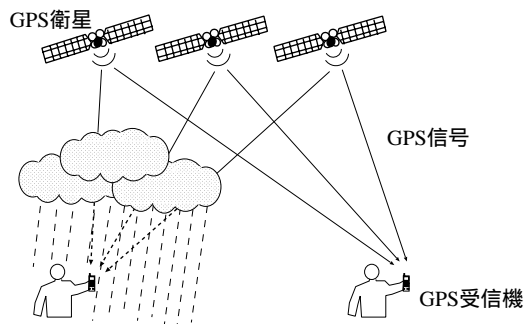


図 1: 天候判別の概要図

#### 3.2 実験方法

本実験では、衛星から送られてくる信号強度を天候ごとに比較する。実験では天候による違い以外は実験条件をすべて同じにするため、測定場所、衛星の位置を同一に設定し測定を行った。また測定場所として、付近に電波の受信の妨げとなる建物などが無い、上空が

開けている場所を選び、マルチパスの影響を極力排除した。

衛星の位置の設定であるが、GPS 衛星は周回衛星であるために毎日少しずつ位置がずれていく。周回周期は 1 周 11 時間 58 分であり、1 日で約 4 分間のずれが生じる。そのため、測定時間を毎日 4 分ずつずらすことで、この問題を解消した。

本実験では信号強度の値を取得、処理しやすくするために、GPS 機能付き携帯端末の代わりにノート PC に I-O DATA の CFGPS を装着し測定をした。測定場所は千葉県習志野市の千葉工業大学の敷地内で晴天の日 13 回、雨天の日 3 回行った。一回の測定での計測時間は 35 分である。その後、ログ情報から時間や仰角、方位角、捕捉できている衛星の信号強度を算出した。

### 4 衛星の捕捉可否による店舗判別

#### 4.1 提案

第 2.2 章で述べた通り、現在の GPS システムでは屋内、ビル郡など、上空の開けていない場所では衛星を捕捉できないというデメリットがある。この欠点を逆手に取ると、電波を受信できない時には利用者が屋内にいる可能性があると言える。もし、屋内か屋外を判別することが可能であるなら、利用者の持った GPS 端末が電波を捕捉できなくなってから再捕捉するまでの時間は店内に滞在している時間を示す。

本研究では、この衛星を捕捉できない時間を統計的に処理することによって、屋内外の判断及び、店舗の種別を判別することができると推測し、実験を通して検討した。提案の概要図を図 2 に示す。

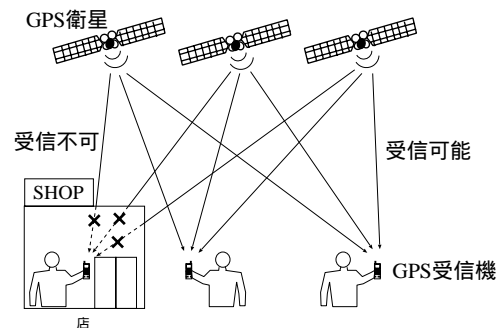


図 2: 店舗判別の概要図

## 4.2 実験方法

店舗に出入りする利用者全員に端末を所持させることは困難であるため、対象となる店舗の出入り口付近を DV カメラで撮影し、人の出入りを撮影した。この映像を解析することによって利用者の入店時間と退店時間を測定した。

撮影する店舗はどの町にも必ずあり、特色があり、情報の需用が高いと思われるコンビニエンスストア（コンビニ）、ファーストフード店、ファミリーレストラン（ファミレス）、銀行の 4 種類の店舗を選択した。

これらの店舗は利用者が多く出入りする時間帯がそれぞれ違うため、最も出入りする人数が多い時間帯を選び撮影することで相対的な条件を同じにした。撮影時間は店舗によって、時間あたりの来店人数に差があるため、データ量を考慮して変動させた。撮影した映像より、入店時間と退店時間を計測し、出入りした人数と滞在時間を割り出した。

## 4.3 店舗の判別における予備実験

### 4.3.1 一般歩行中における屋内外の判別

店舗の判別は、GPS 衛星からの電波が受信できなければ屋内にいるということが前提条件であるが、実際はビル郡、トンネル、ガード下などレシーバの上空を何か覆っていると屋内外を判別するのは困難である。その為予備実験として、I-O DATA の CFGPS を利用して、衛星からの電波を受信しつつ、市街地を歩行した。実験は図 3 に示した千葉県習志野市の千葉工業大学近辺、計測経路はおよそ 2km あり、図中にグレーのラインで記した。測定開始のポイントから出発し、測定終了のポイントまでのデータを取得した。経路上で上空が覆われていて、明らかに衛星を捕捉不能と思われる場所は京成津田沼駅内、コンビニ、トンネル、大型スーパー近辺である。計測は 3 回行い、実験後取得したログデータを分析した。

実験の結果を図 4 に示す。この図の線は GPS レシーバが何らかの原因によって測位不能になってから、再び測位可能になるまでの間を線で結んだものである。3 回の実験全てにおいて、データを取得できなかったポイントは実験前に予想された京成津田沼駅内、コンビニ、トンネル、大型スーパー近辺だけであった。やはり取得しづらいポイントはあるものの、そのポイントを通過する GPS レシーバ全てがデータを取得できないとは考えづらい。よって、収集するデータ数が多くなることで屋内外は殆どどのケースで判別可能である

と思われる。

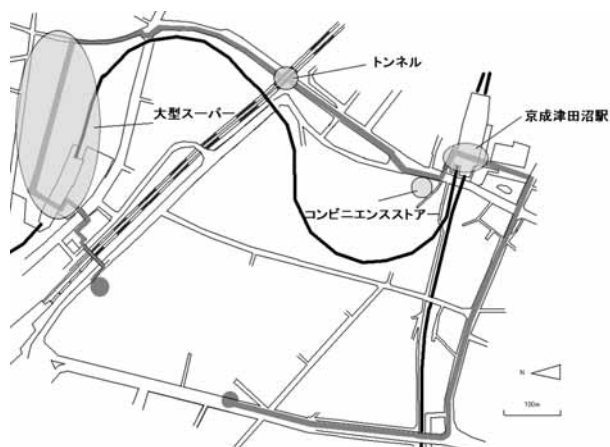


図 3: 予備実験を行った経路

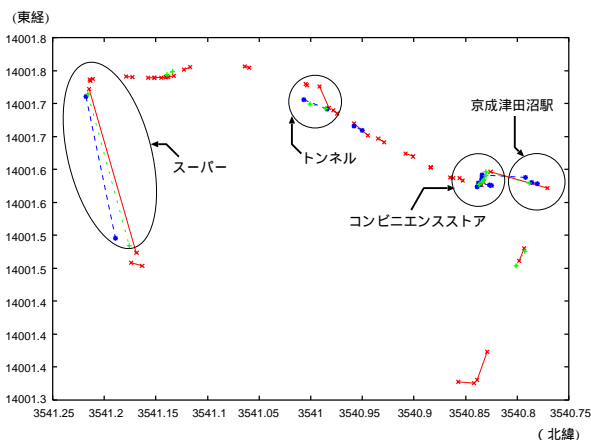


図 4: 予備実験の結果

### 4.3.2 店舗内における電波の受信強度

店舗の判別を行う場合、店の中にいるときには電波を受信していない状態になることが前提条件である。このため、実際に GPS 機能付き携帯端末を使用して店舗内の受信状態を調べる必要がある。

受信状態を調べるために、Germin 社のハンディGPS を使って店舗への出入りを行い、入店してから電波を受信できなくなるまでの時間をストップウォッチを使い測定した。

その結果、実験の対象としたすべての店舗では入店後 5 秒以内にすべての衛星からの信号が途絶えた。こ

これは入り口がガラス張りの店舗でも同様であった。これにより、店舗内では衛星の電波を受信することが出来ないということが確認された。なお、衛星の再捕捉にかかる時間は15秒～45秒であった。

第4.3.1章の予備実験のデータを分析したところ、電波が遮断されると予測された全ての場所に入るとき、周囲に高い建物がなかったコンビニ、トンネル、大型スーパーでは全て入店5秒前から入店の間に衛星からの電波が途切れた。また、京成津田沼駅周辺は周囲にビルがあったため、5～30秒前に切断された。そして、全てにおいて建物の内側で衛星は捕捉できなかった。

また、京成津田沼駅、コンビニ、トンネルから出るときには、全て10秒以内で再捕捉可能となった。しかし、大型スーパーでは退店後、再捕捉まで5～50秒という結果が得られた。移動距離と立ち寄った時間でホットスタートとウォームスタートが切り替わり差が出たのだと考えられる。そのため、ホットスタートを優先させてデータを収集することで、より高い精度の店舗判別が可能であると予想される。

以上の結果から、スードライト等のインフラを用いない限り建物内でGPS衛星を捕捉するのは困難であると分かった。店舗への出入りに関してデータ収集を行うとき、入るときはなるべく遅くまで衛星を捕捉できていたデータを重視し、出るときは衛星を再捕捉しやすい条件の端末の情報を重視するのが最適であるといえる。

## 5 検討

### 5.1 天候の判別

測定により得られた天候ごとに取得した衛星の位置の変移と回数を表3、取得した天候のデータの一例を図5(晴天)と図6(雨天)に示す。

図5,6から、天候によって捕捉している衛星が異なっていることがわかる。しかし、表3からは捕捉している衛星の合計数には殆ど差が見られない為、天候の違いから捕捉出来る衛星には有意差がないことが判別できる。また、信号強度に注目してみると、衛星による差が大きいことがわかる。この差を天候ごとに比較するために、統計処理を行い差を明確にした。統計処理は信号強度を微分して傾きを出すことで、信号強度の変移の特徴を取り出した。その後、天候ごとに分散をとり、これを平均することで容易に分析可能とした。これを図7に示す。

表3と図7から、晴天、雨天の日共に1番と31番の

表 3: 天候ごとに取得した衛星の位置の変移と回数

衛星番号	晴	雨	仰角(度)	方位角(度)
1	7	2	33 - 25	276 - 254
2	12	2	58 - 67	322 - 346
3	12	3	61 - 73	243 - 277
13	11	3	20 - 20	304 - 289
15	12	3	38 - 47	124 - 105
16	12	3	64 - 59	024 - 056
21	12	3	30 - 24	070 - 051
25	12	3	41 - 26	150 - 155
31	7	2	21 - 34	234 - 245

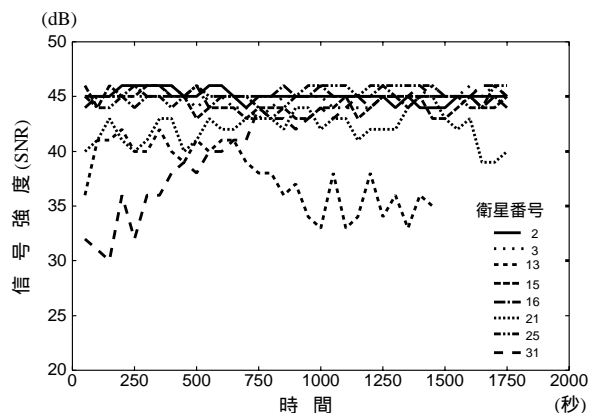


図 5: 10月30日(晴天)の信号強度

衛星を捕捉できた日が他の衛星と比べて少なく、13番と31番では信号強度に大きな差が出ていることが確認できる。天候により信号強度に差が出る場合は、全ての衛星からの電波が大気圏の中でも一番低い位置にある対流圏を通過するため、全ての衛星で同じような誤差が出るものと考えられる。

測定に何らかの違いのあった1番、13番、31番の衛星とその他の衛星との違いとして、方位角の変移状態が挙げられる。これらの衛星の方位角は約250度前後の位置を移動しており、その付近の衛星からの電波はマルチパスの影響を受ける位置に配置されているものと考えられる。また、上記3つの衛星とほぼ同じ方位角に位置する3番の衛星は、仰角が高いためマルチパスの影響を受けずに済んだものと考えられる。

このように、近い位置に配置されている衛星の誤差はマルチパスの影響によるものと考えられるが、雨天

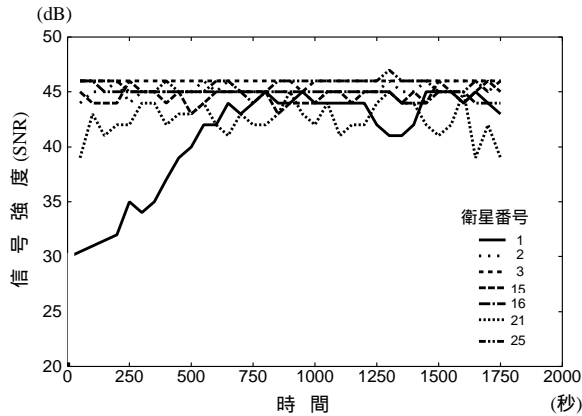


図 6: 11月03日(雨天)の信号強度

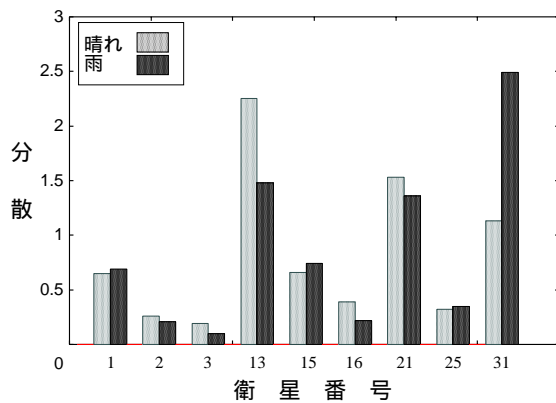


図 7: 天候の実験データ

の日のデータが晴天の日に比べて少ないために、正確なデータであるとは言い難い。

しかし、測位に差が出た衛星は一部であり、他の衛星では信号強度による差が殆ど無い。これは実験に使用した端末の受信機では、電離圏による影響を完全に排除することが出来無い為、対流圏のみの影響を受けた信号強度を測定できないためと考えられる。

結果として、信号強度の違いから天候の判別を行うことは困難であるということが言える。

## 5.2 店舗の判別

撮影した店舗と、その店舗数を表 4に、店舗に出入りした人数、平均滞在時間、標準偏差を表 5に示す。有効人数とは撮影時間内に出入りが確認された人数である。なお、撮影はそれぞれ約 2 時間行なった。

コンビニエンスストアと銀行では有効人数、平均滞

表 4: 測定店舗のデータ

測定店舗	店舗数
コンビニ	2
ファミレス	2
ファーストフード店	2
銀行	2

表 5: 店舗の実験データ

	人数	平均滞在時間	標準偏差
コンビニ (A)	261	04:47	254.31
コンビニ (B)	224	03:14	204.54
平均	242.5	04:01	229.40
ファーストフード (A)	119	12:09	309.05
ファーストフード (B)	59	15:11	246.05
平均	89.0	13:40	277.55
ファミレス (A)	32	43:59	698.64
ファミレス (B)	94	51:32	1243.20
平均	63.0	47:46	970.92
銀行 (A)	288	06:35	474.22
銀行 (B)	236	04:05	272.14
平均	262.0	05:20	372.18

在時間ともに大きな差は見られなかった。銀行の撮影では窓口が開いている時間に撮影をした。このため、コンビニよりも長い時間、店内に滞在していると想定していたが、予想は覆された。この理由として、銀行では窓口を利用する人より、ATMの利用をする人が多いことが考えられる。

また、この2店舗とファーストフード店、ファミリーレストランを比較してみると、全ての値において大きな差があることがわかる。これはファーストフード店、ファミレスでは食事を摂る時間があり、滞在時間が長いことが影響している。

飲食店であるファーストフード店とファミレスの比較では、滞在時間と標準偏差に大きな違いがある。ファミレスの方が食事以外の目的に使われることが多いという傾向が結果として表れたのだと考えられる。特にファミレスでは標準偏差が大きく、食事を摂るだけの人と、長く店内に残っている客の2通りいることが予測される。

しかし、表5の中の同じ種類の店舗間であってもすべての値で差が生じていて、立地条件や人口密度によってこれらの値は変化するものと考えられる。また、実験した店舗以外の情報を収集したと仮定した場合、異なる種類の店舗であっても同じような結果となる場合もあるのではないかと考えられる。たとえば、ファミレスと理容・美容店を比較した場合、滞在時間の平均は同程度になる。このような結果が出てくることが考えられる為、個々の店舗を判別することは難しいといえる。

この結果から、ある程度の周辺情報をGPSから取得することができることがわかり、地図情報を取得できない場合でも周囲の店舗の情報を簡易的ではあるが、手に入れる事が出来る。また、GISの地図が古く実際の情報と違った場合に、情報を更新するといった手法をとることができるものと考えられる。

## 6 結論

現在、歩行者ITSで提供されている情報は事前にセンターに登録されてある情報のため、最新の情報ではなく、利用者のニーズに必ずしも一致しているとは限らない。そこで、本研究ではGPS機能付き携帯端末と多数の利用者をセンサとして、利用者の位置に応じた情報を収集する方法を提案した。

情報を収集するための方法として、GPSの信号強度と受信状態の変移を調べた。この情報を取得し統計処理を行うことで天候、店舗の判別を行えるかを実験を通して検討した。

- 現在のGPS機能付きの携帯端末では、電離圏による影響を完全には除去できないため、対流圏による誤差と区別が付かない。そのため、信号強度の差からでは、天候の判別を行うことはできないということがわかった。しかし、今後の受信機の性能の向上により判別できるのではないかと考えられる。
- 店内の滞在時間は、立地条件や人口密度の影響により変化するため、GPSの受信状態を収集しても個々の店舗を判別をすることはできないということがわかった。しかし、局所的な範囲内では立地条件などの店舗状態がほぼ同じため、どのような種類の店舗であるかを判別することは可能であると予測される。

これらの結果から、GPS機能を持った携帯端末によ

り、ある程度の情報収集が出来るということが証明された。

しかし、GPS機能付きの携帯端末を持ち歩いても、GPS機能を常に利用しているとは限らない。そのため、判別が可能となるほどのデータを収集出来ない可能性がある。これはココセコム[17]のようなセキュリティサービスを初めとした、利用者のニーズに応じたサービスの確立と、GPSの精度向上により、GPS機能を常に利用することが当たり前の環境となることで解消されるものと考えられる。

また、GPSを常に使用するという事は、バッテリーにも負荷を与えてしまう。現状では携帯端末に搭載できるバッテリーの量には限界がある。だが、現在までにバッテリーの性能、省電力化は目覚ましい発展を見せた。今後も更なる発展を見せると予想でき、GPS機能が与えるバッテリー面での負荷は減少していくものと考えられる。更に、本提案方式では常にGPS衛星を取得できなければならない訳ではなく、屋外を歩行中だけ取得できればよい。そのため、効率の良いGPS機能の利用法も重要となってくる。

本研究の発展として、現状のGISは非常に更新速度が遅いという問題点が挙げられる、非常に更新速度が遅いということが挙げられる。本論文では、歩行者からのGPSデータを収集することで、屋内外や人の出入り、局所的な店舗判別が行えると言うことを示した。このデータとGIS情報をマッチングすることで、店舗の開閉店した時間、新しくできた店舗などを認識することで、現在よりより利便性の高い地図情報として配信できると予測される。これにより、将来的には歩行者の快適な移動空間の支援を図ることが可能になると思われ、歩行者ITSの情報提供として役立つものと考えられる。

上記のように有用な情報を得ることができると分かったが、実際にどのような手段を用いて情報を収集するかが今後の課題となる。全国の至るところにインフラを設置するのも良いかもしれないが、普及までに莫大なコストが必要となってしまう、現実問題としては困難である。我々が現在考えている手法としてはNomadic Agent (NA) [9][10]を利用する方法がある。このNAとは位置情報を元に自律的に移動するエージェントである。この移動時に様々な情報を収集、配信する。今後このシステムをNAに実装し、実験やシミュレーションを行うことが課題として挙げられる。また、店舗の入退店情報からマッチングを行うとき、同じ系統の店舗に関しても人口密度や街の特色などの様々な要因が

密接に関わってくる。実際に GIS 情報に反映させるとなると、様々なマッチングパターンが必要となると予想される。そのため、特色を考慮しつつ更なる入退店分布を測定する必要がある。また、GPS システムから得られるデータに限らず、天候判別や店舗判別などに有用と思われる方法を検討していく必要があると考えられる。

## 参考文献

- [1] 高度道路交通システム 歩行者 ITS  
<http://www.its.go.jp/ITS/j-html/index/indexPedestrian.html>
- [2] 電気通信事業者協会 (TCA)  
<http://www.tca.or.jp/>
- [3] NTT DoCoMo 「i モード」  
[http://www.nttdocomo.co.jp/p\\_s/imode/](http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/imode/)
- [4] KDDI 「EZweb」  
<http://www.au.kddi.com/ezweb/index.html>
- [5] 安田明生, “GPS の現状と展望”. 電子情報通信学会誌, pp.1207, 1999 年 12 月, Vol.82 No.12 .
- [6] 杉本智彦, “カシミール 3D GPS 応用編”, 実業之日本社, 2002 .
- [7] 坂井丈泰, “GPS 技術入門”. 東京電機大学出版, pp.93, 2003 .
- [8] 気象用語集, GPS 気象学  
<http://mausa.hyarc.nagoya-u.ac.jp/koba/meteor/meteor-dic/gps.html>
- [9] 八木啓介, 菊池聡敏, 井上真吾, 屋代智之 . 「Nomadic Agent を用いた情報提供と UWB 適用に関する評価」情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2003, No.9, pp.565-568, 2003 年 6 月 .
- [10] 菊池聡敏, 八木啓介, 加藤泰子, 屋代智之 「Nomadic Agent の提案と応用」情報処理学会第 16 回高度交通システム研究会 (2004-ITS-16), Vol.2004, No.19, pp.7-14, 2004 年 3 月 .
- [11] 菊池聡敏, 清水雅代, 八木啓介, 屋代智之, 「PROBER 歩行者版プローブ情報システムの提案」情報処理学会第 65 回全国大会, vol.3, pp312-313, 2003 年 3 月 .
- [12] 菊池聡敏, 八木啓介, 屋代智之, 「PROBER 歩行者版プローブ情報システムの提案」情報処理学会第 13 回高度交通システム研究会 (2003-ITS-13), Vol.2002, No.56, pp47-54, 2003 年 5 月 .
- [13] 山本由友理, 白川洋, 屋代智之, 重野寛, 岡田謙一. 「歩行履歴情報を用いた混雑度の取得法」情報処理学会第 66 回全国大会, vol.3, pp.261-262, 2004 年 3 月 .
- [14] 白川洋, 歌川由香, 福井良太郎, 重野寛, 岡田謙一. 「歩行者ナビゲーションのための歩行履歴情報の分析手法」情報処理学会第 (2003-MBL-25), Vol.2003, No.67, pp.69-76, 2003 年 7 月 .
- [15] I-O DATA, CFGPS  
<http://www.iodata.jp/products/peripheral/2001/cfgps.htm>
- [16] Germin 「eTrex Venture」  
<http://www.garmin.com/products/etrexVenture/>
- [17] ココセコム  
<http://www.855756.com/top.html>