

GPS と関連サービス

谷口 由佳, 澁谷 翔吾

Yuka TANIGUCHI, Shogo SHIBUTANI

1 はじめに

近年,カーナビゲーションや携帯電話への GPS(Global Positing System) 機能の搭載により,我々が GPS を利用する機会は多くなった. GPS とは,米軍が開発した軍事技術の一つで,衛星を用いて現在自分がいる位置を知ることができるシステムである.測位は複数の GPS 衛星から送られてくる軌道情報や原子時計による正確な時刻データ等を受信して,衛星の電波が GPS 受信機に届くまでの時間を計ることによって行う.しかし, GPS では,必ずしも正確な位置を測位できるとは限らず,高層ビルなどの障害物により誤差が生じる場合がある.誤差を解消するため, DGPS が考え出され,精度は大きく改善された.また近年では,自分の位置情報を得るためだけに GPS を利用するのではなく,その位置情報を利用した各種サービス,天気予報にも利用されている.

本報告では, GPS の仕組み,およびそれを利用した関連するサービスについて紹介する.

2 GPS(Global Positing System)

2.1 GPS の概要

GPS(Global Positing System) は全地球測位システムで,米国国防省が管理・運営する GPS 衛星から発信されている電波を利用して,自分が地球上のどこにいるのかを割り出すシステムである¹⁾.アメリカが管理する GPS 衛星は正確には Navstar GPS 衛星と呼ばれ,高度約 2 万 km に 24 個以上の衛星が設置され,約 12 時間で地球を周回している. GPS は衛星とそれら GPS 衛星の追跡・管制を行う地上管制センター,および測位を行うための利用者の受信機の 3 者で構成されている.また, GPS 衛星には,10 年に 1 秒程度の誤差しか出ないといわれるほど高精度な原子時計が搭載されている.

2.2 GPS の仕組み

位置情報は複数の GPS 衛星から発信された電波が GPS 受信機に到達するまでに要した時間(電波伝播時間)から計算することができる.3 つの衛星からの電波を受信すると 2 次元で位置を特定でき,4 つ以上の衛星からは,高度までを含めた 3 次元の測位ができる.受信機の時計は, GPS 衛星が持っている原子時計と比べて不正確であり,測位のためには正確に電波伝播時間を求める必要がある. Fig. 1 に示すように,受信機の時計の誤差を補正するために,時計誤差自体を未知数とし,4 つの衛星が必要になる.

これがカーナビゲーションなどに用いられる単独測位と呼ばれる測位方法である.

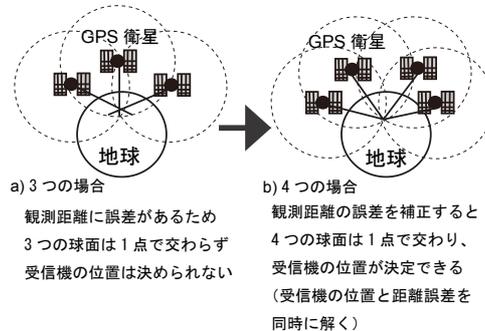


Fig.1 観測距離の補正と位置決定(参考文献²⁾より参照)

GPS 衛星から発せられる電波は搬送波と呼ばれ,原子時計から得られた時刻情報を 1 秒間に 50 回地上に向けて送信している.搬送波は L1 帯 (1.6GHz) と L2 帯 (1.2GHz) と呼ばれる 2 波であり,両波とも擬似雑音符号 (PRN コード) と呼ばれるコードで位相変調されてる. Fig. 2 に示すように, PRN コードは 0 と 1 の乱数的なコードを電波に乗せるため,複数の GPS 衛星が全て同一の周波数で電波を送信しても個々の GPS 衛星を識別できるようにしている.

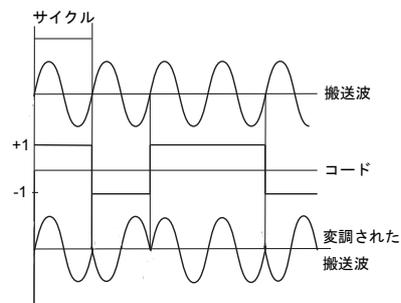


Fig.2 移送波の 2 位相変調(参考文献²⁾より参照)

また,受信機で測位を行うために必要な衛星がどの位置にあるのかを把握できる航法メッセージと呼ばれる衛星軌道情報をこのコードに重ねて送信している. Fig. 3 に示すように, GPS 衛星で生成される信号は搬送波, PRN コード, および航法メッセージの 3 つのグループに分けて送信され,それらを GPS 受信機が受信する.受信機は受け取った電波を復調させ,電波伝播時間を算出することで位置情報を取得することができる. GPS は受信機さえあれば,海などでも位置情報を取得できるのが利点である.

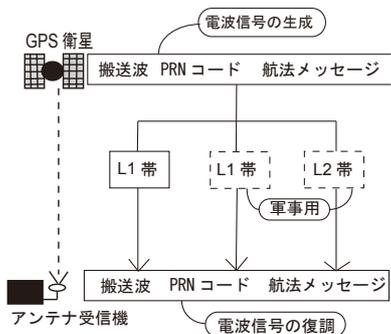


Fig.3 GPS 信号処理の流れ (出展：自作)

2.3 GPS の誤差

GPS では、必ずしも正確な測位ができるとは限らない。測位する場合、実際の距離とは異なる「誤差」が生じる。測位に大きく影響を与える誤差の生じる要因とその改善策を以下に示す。

- SA(Selective Availability)

本来 GPS は、軍事システムであるため、米軍が正確に位置情報を特定できないよう、一般向けの GPS には意図的に精度を下げ、誤差を生じさせていた。しかし、2000 年に民間への利用が普及したため、米軍が解除した。これにより精度は格段に向上し、誤差は 10m 程度となった。

- マルチパス誤差

マルチパスとは日本語で多重伝播といい、GPS 衛星からの電波が、ビルや樹木、地上面などに反射して GPS 受信機のアンテナに入ってくる場合に発生する。Fig. 4 に示すように、電波は反射した分だけ直接波より遠回りしてくるので、受信機は GPS 衛星までの距離を実際より長く計算してしまい、誤差が生じる。

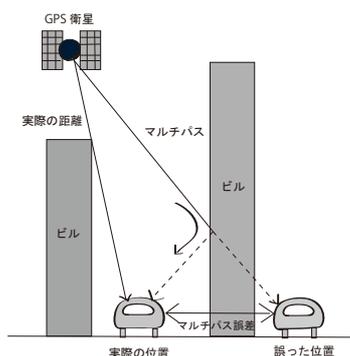


Fig.4 マルチパス誤差 (出展：自作)

改善方法として、一定の仰角に満たない衛星の電波を使用しないよう受信機を設定して、測位を向上させている。その角度は通常 15° に設定されており、15° 以下の衛星は受信しないよう設定されている。

- 電離層での遅延

電離層とは地表から高さ 100m ~ 1000km ほどの間の高さにある電波を反射する層のことで、電波が電離層を通過する際に遅延が起こる現象のことである。これに対して、DGPS(Differential GPS) を用いることで、測位を向上させている。Fig. 5 に示すように、あらかじめ位置が正確に分かっている測定点に基地局を設置して、実際に GPS 衛星と基地局の距離を測定する。



Fig.5 DGPS サービス (参考文献¹) より参照)

基地局は正確に位置がわかっているのので基地局に対する誤差を計算し、その誤差分を FM 放送などの地上波で GPS 受信機に送信する。GPS 受信機は自分が測定した位置に対して、基地局から得た補正情報を適応させることで測位した結果を補正する。これにより誤差を 1m 以下にすることが可能であると言われている。

3 GPS を用いたサービス

本章では、我々が利用している GPS を用いたサービスを紹介する。

3.1 車両動態管理サービス

バス業界では、バスロケーションシステムが導入されている。このシステムを利用することで、家庭のコンピュータや携帯電話でバスのダイヤ確認、バス停へのバスの接近情報を確認することができる。また、物流業界においても、GPS の位置情報により、荷物を運ぶトラックの車両位置情報および、運行経路管理などの運搬状況を知るために GPS を用いたシステムが導入されている。サービスの概念図を Fig. 6 に示す。

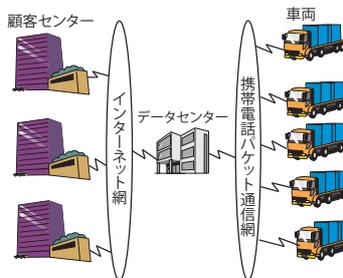


Fig.6 車両動態管理のシステム構成例 (参考文献¹) より参照)

このサービスの導入により、荷物の運搬状況をリアルタイムで知ることが可能になった。その手順は、

1. トラックの位置を GPS により取得し、集約
2. 位置情報をデータセンター内のサーバに送信（送信間隔は多くの場合、数分から数 10 分程度である）
3. トラックの位置情報をインターネット経由で、顧客センターへ送信

である。こうした位置情報を元に顧客センターはデータを処理し、画面表示などを行うシステムになっている。

3.2 GPS 気象予報

近年、GPS は気象予報にも用いられている。国土地理院⁶⁾は、水蒸気量を気象予報に利用するシステムを利用している。そのための観測点として 1000 点ほどの電子基準点が日本中に設置され、GPS の受信機データを解析することにより、この基準点上の水蒸気量がわかるようになった。電子基準点は正確な位置情報がわかっているため、Fig. 7 に示すように、地球を取り巻く電離層と対流圏（乾燥大気 + 水蒸気）による電波の遅延から水蒸気量を観測する仕組みとなっている。

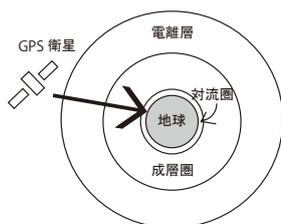


Fig.7 大気構造（出展：自作）

電離層と対流圏の遅延がない場合、GPS 衛星からの電波の到着時間は、理論的に計算できる。理論的な到着時間と実測された電波の到着時間の差が、電離層と対流圏遅延による合計の遅延量になる。このうち、電離層遅延だけが周波数に依存し、遅延量が変わるので、2 周波で測定すると電離層遅延量が計算できる。また、乾燥大気による遅延量は大気圧と相関が強いので、大気圧からその遅延量を求めることができる。式 (1) に示すように、この 2 つを計算し、全体の遅延量から差し引くと、水蒸気による遅延が算出され、電子基準点の上空の水蒸気量を推定できる仕組みである。

$$\text{大気中の水蒸気による遅延} = \text{全体の遅延} - (\text{電離層による遅延} + \text{大気中の乾燥空気による遅延}) \quad (1)$$

この水蒸気量から集中豪雨などを予測することが可能である。現在 iPhone の天気予報アプリ「そら案内」⁹⁾の最新版では、内蔵の GPS チップと連動した現在地の天気予報が確認できるサービスが提供されている。

4 今後の展望

近年、インターネットの地図サービス「Google マップ」の利用者が急増している。このような地図サービスの発展に政府も注目し「G 空間プロジェクト」⁸⁾を掲げ、2013 年までに全国レベルで 3 次元地図のデータベースを実現するとしている。G 空間プロジェクトとは、2 次元の地図情報から、パノラマを含む 3 次元、これに時間情報を加えた 4 次元への進化という次世代の地図・位置情報と考えられている。そこで、携帯電話などを用いて位置を家族、友人間などのコミュニティで共有できるサービスがあれば便利だと考えた。お年寄りの一人暮らしなどで、帰宅したかどうかの情報も取得できるので幅広く活用できると考えられる。

また、GPS 搭載携帯などを用いて保有者の行動予測ができれば便利だと感じた。携帯電話が保有者のよく訪れる位置情報を学習し、GPS 気象予報とも連携することで保有者に傘を持って行くよう指示を出したり、現地の天気予報を通知するなどの情報提供などに利用できれば便利ではないかと考えられる。

参考文献

- 1) これでわかった GPS
ITS 情報通信システム推会議, 森北出版
- 2) GPS 測量技術
佐田達典著, オーム社
- 3) GPS 理論と応用
B. ホフマン-ウェレンホフ, Springer
- 4) NGS
<http://www.ngsc.co.jp/tec/gps2.html>
- 5) フルノテクノロジー
<http://www.furuno.co.jp/technology/about/gps1.html>
- 6) 国土地理院
<http://www.gsi.go.jp/>
- 7) ITpro
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20090202/323982/>
- 8) INTERNETWatch <http://internet.watch.impress.co.jp/cda/news/>
- 9) iPhone3G
<http://www.apple.com/jp/iphone/features/maps.html>