

# 端末の測位方式とモバイル市場

北條 晴正 (日本無線 (株))

hojo@lab.jrc.co.jp



## カーナビゲーションと携帯端末

車の位置情報とマップデータが基本であるカーナビゲーション(以後カーナビ)はGPSとデジタル地図データが社会基盤として整備されて急速に普及した。1997年5月からはNHKが開発したFM多重放送のDGPS(高精度測位)が(株)衛星測位情報センター(GPex)によりサービス開始となりDGPSカーナビも急速に普及した(図-1)。現在はDGPSなどによる高精度測位とともに音声およびビジュアルな経路誘導機能が最低限の要素とされている。世界に先駆け日本でカーナビが普及した理由には道路事情、複雑な住所番号などが挙げられているが利便性を追う国民性も見逃せないといわれている。一方、利便性よりむしろドライバに緊急時の安全、安心を提供するシステムとしてスタートした有料の緊急サービス事業ははまだ普及の段階に入っていない。今後は道路交通情報システムVICS(図-2参照)のさらなる普及と

ETC(Electronic Toll Collection system)による効率的道路交通およびインターネットに代表されるコンピュータネットワークによる緊急サービスなどの発展が待たれている。これらはいずれもドライバーの位置情報をもとにしたサービスである。

カーナビに続いて携帯端末による位置情報の普及が予想されている。昨年末の郵政省発表によれば電話回線などによるインターネット利用者数は2000年11月末現在1,533.4万人に対し、携帯電話端末によるインターネットサービス利用者数はすでに同月末現在2,395.6万人となってい

る(図-3)。カーナビに続いて携帯端末によるモバイルインターネットが各国に先駆け日本で先行しているのが現状である。今後、IMT-2000による質・量ともに増大する情報通信にL-Commerceや緊急サービスとして位置情報が利用されることになる。これらの位置情報は多くの場合最終的には公衆網を通して関連機関にアクセスされるので、公衆網に関する技術標準対応も急がれている。たとえばITU-T Q761~Q764 Geodetic location parameter and Procedure(国内ではTTC JT Q761~Q764)の手順追加などがある。



## 測位方式とGPS

自分の位置を計測する、すなわち測位方式については古く大航海の時代から多くの研究がなされている<sup>1)</sup>。最近ではナビゲーションという言葉は目的地へ行く行程での経済性、安全性あるいは利便性や楽しみなどを意味している。さらに「目的地」とは地理上の位置(geodeticまたはgeo-

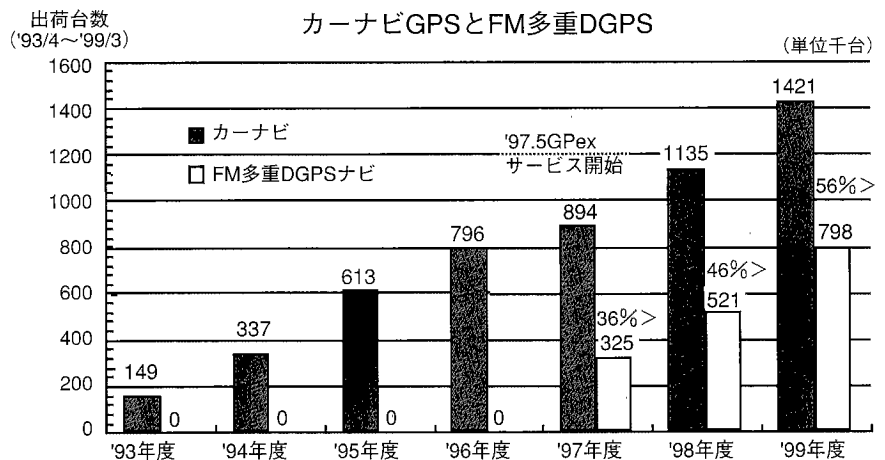


図-1 カーナビ出荷台数とFM多重DGPS

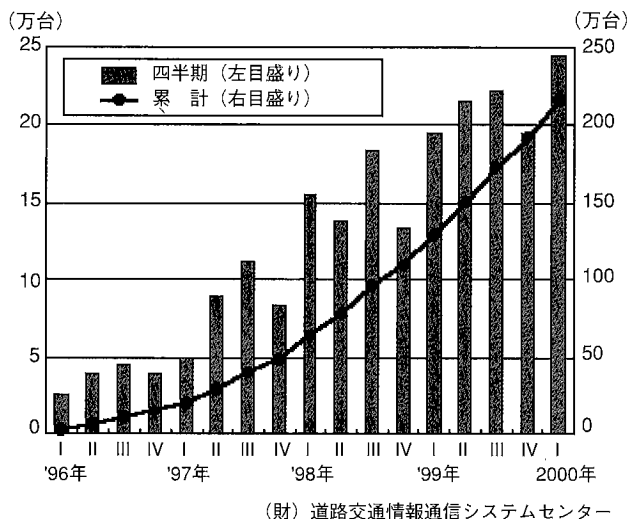


図-2 VICS車載機出荷台数

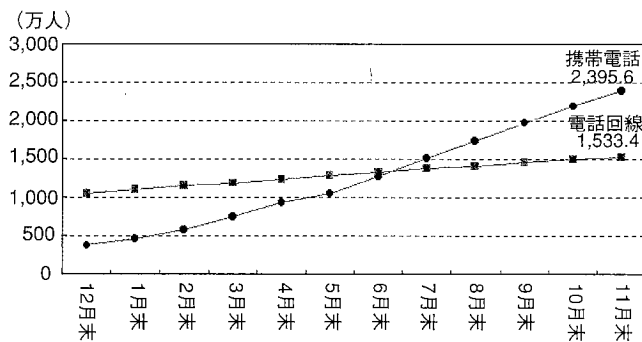


図-3 インターネット利用者数の推移  
 総務省 郵政事業庁：2000年12月27日報道発表  
 電話回線：電話回線等を利用したダイヤルアップ型接続によるインターネット接続サービスの加入者数（大手プロバイダ15社の加入者数の合計）  
 携帯電話：携帯電話事業者によるiモード、Ezweb、J-Skyのサービス利用者数の合計

図-3 インターネット利用者数の推移

graphic location) のみならず「目的」そのものを示すことにも使われている。大航海時代では測位は命と直接かかわる重要課題であり、ナビゲーションとは測位を意味する時代が続いた。今日では測位機能を基本としてカーナビが普及し、さらに携帯電話や情報通信端末に測位機能が備わりモバイルコンピューティングの一端を担っている。これらこの位置情報は必ずしも点である必要はなく、線でも有効である(図-4の $\rho$ - $\rho$ 航法、 $\theta$ - $\theta$ 航法)。この位置の線(LOP: Line Of Position)が絶対的位置を計測する基本であり、LOPの交点が位置を示すことになる。これらの原理は、最近の陸上移動体や携帯端末の測位原理にも当てはまる。すなわちGPSを利用した測位方式に加え、複数の基地局で端末からの応答時間から位置を推定する方式( $\rho$ - $\rho$ 航法)、基地局が受信した信号の到来角度から位置を推定する方式( $\theta$ - $\theta$ 航法)などである。これらは基地局(ネットワーク)側でも移動体端末位置を測定できる方式であり、TDOA (Time Difference Of Arrival) あるいはAOA (Angle Of Arrival) とも呼ばれている。さらに、移動体端末の測位精度要求が緩い場合は、単に受信できる最寄りの基地局を知ること(図-4の $\rho$ - $\theta$ 航法)で概略位置を求めることも行われている。電波を利用して位置の線を求める場合、あらかじめ位置が正確に分かる送信局(基地局)からの電波(通常はパルスまたは搬送波位相)を計測する。一般に基地局と利用者受信機は同期されていないため、基地局と利用者の距離を計測( $\rho$ - $\rho$ 航法)するためにはどちらか一方からのパルスに対する応答またはレーダ方式が必要になる。この場合は利用範囲や利用者数が制限される。また、基地局からの指向性電波による角度計測( $\theta$ - $\theta$ 航法)は高精度が期待できない。これらの課題を解決し利用者数に制限のない双曲線航法(図-4の双曲線航法)が広く利用されるに至った。双曲線航法ではチェーンと呼ばれる複数の送信局が用いられ、全体でシステム同期している。このシステム同期が電波航法では重要であり精度や信頼性を左右す

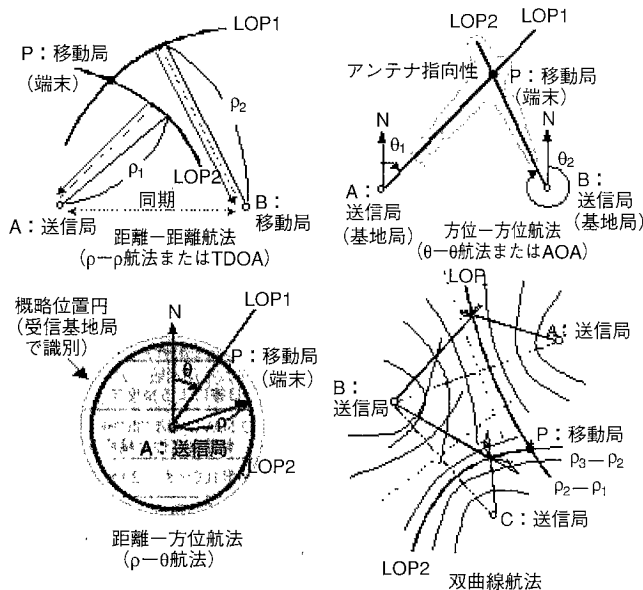


図-4 代表的測位方式

るものとなっている。この同期を保つために送信局では、時刻基準として精密な原子時計が一般に利用される。一方、利用者受信機では水晶発振器などを使用した時刻基準であり、システムと同期していないのが通常である。したがって、他の1つの送信局からの信号を差し引くことによりこのオフセット値を取り除く必要がある。この値は各々の基地局からの伝搬距離の差であり、利用者位置により確定される位置の線(LOP)で双曲線となる。このLOPと他のLOPとの交点により位置が求められる。本方式は利用者受信機の時刻オフセットを取り除くために、幾何学的な未知数の数より1つ多い観測データを用いたもので、GPSにもこの原理は応用されている。双曲線航法によって取り除くべき利用者受信機間の時刻オフセットは、技術進歩とともに安定なシステム時刻と多くの衛星からの同時観測値をデジタル的に得ることが可能になったため、GPSのようにそのオフセット値を未知数として3次

元のp-p航法として測位解を得るようになった。



## GPSシステムの現状と将来

冷戦下の1978年GPS衛星第1号が打ち上げられ、15年後の1993年システムが完成した。GPSはその間の技術進歩もあり、カーナビをはじめ民間での普及がめざましく、重要

GPS近代化による精度向上予測

誤差要因	SA有、 1 C/Aコード	SA無、 1 C/Aコード	SA無、 2以上の C/Aコード	SA無、 2以上の C/Aコード、 CS近代化
SA 伝搬遅延(誤差)	24.0	0.0	0.0	0.0
電離層	7.0	7.0	0.1	0.1
対流圏	0.2	0.2	0.2	0.2
時計、軌道データ誤差	2.3	2.3	2.3	1.25
受信機雑音	0.6	0.6	0.6	0.6
マルチパス	1.5	1.5	1.5	1.5
距離誤差合計(UERE)				
典型的HDOP	1.5	1.5	1.5	1.5
単独測位水平精度、95%	75.0	22.5	8.5	6.0

出典：Kwajijit Sandhoo, MITRE JPO "Modernization of GPS"  
注) 単位はメートル、距離誤差は1σ、CS：制御セグメント

GPS近代化計画

主要な項目	備考
1998年A.I.I.の開始/1999年完了	All：モニタ局増設、アプリンク3回/日等による精度向上
1998年AUTO-NAV開始/2002完了	AUTO-NAV：衛星間UHFクロスリンク、衛星自立性と精度向上
2000年5/1故意の精度劣化機能:SA停止	水平精度100mから20mへ
2003年 L2 C/Aコードの追加開始	高信頼、電離層補正による精度向上、2周波RTK OTF容易になる
2005年 L5信号の追加開始	高信頼、完全性向上、冗長性確保、RTK OTFさらに容易になる
2005年Mコード追加開始	民生用と軍用の分離

HDOP：Horizontal Dilution Of Precision 水平精度低下率  
距離誤差合計(UERE)：利用者における等価的疑似距離誤差を表し各誤差要因の二乗値を加算して平方根をとった値

表-1 GPS近代化計画と精度向上

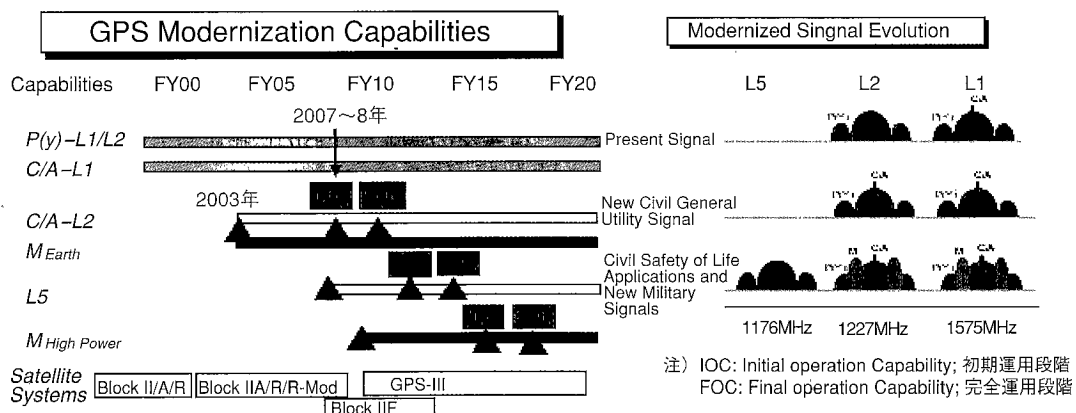
視した米国政府は航空、船舶、陸上運輸、測量などの世界的社会インフラとして提供すべく積極的政策を進めている。GPSは軍用システムと民間に提供する標準精度測位サービス(SPS)の2重目的システムである。GPSと類似システムで旧ソ連時代に開発を開始したロシアのGLONASSは1995年に24個の衛星で運用を開始したものの、その後運用・維持上の経済的支障から現在11個程度に衛星数が減少している。2005年目標にシステムの改良と再構築を目指している。さらに米国1国の軍が管理運用するGPSに対して欧州各国は民間による全地球的衛星システムGalileo計画を2008年運用開始を目途に推し進めている。このような状況において米国はGPSの精度改善、信頼性向上を達成するGPS近代化を推し進めている(表-1)(図-5)。

民生用のSPSで運用されていた故意の精度劣化機能(SA)が2000年5月、当初の予想より早く廃止された。また今後のGPS近代化計画に沿った信号追加は、マルチ周波数利用により可能となる電離層誤差補正などの精度の大幅な向上とリアルタイムでセンチメートル精度の測位(RTK)方式を容易に実現できる利点がある。またGPSの弱点とされる干渉に対する脆弱性を克服し、インテグリティ(完全性)を高め航空機の精密着陸(CAT II/III)を可能にするものとして期待されている。以上のように2008年頃にはGPS、Galileo、GLONASSなどの高性能化全地球的衛星航法システム(GNSS)が運用されると予想される。



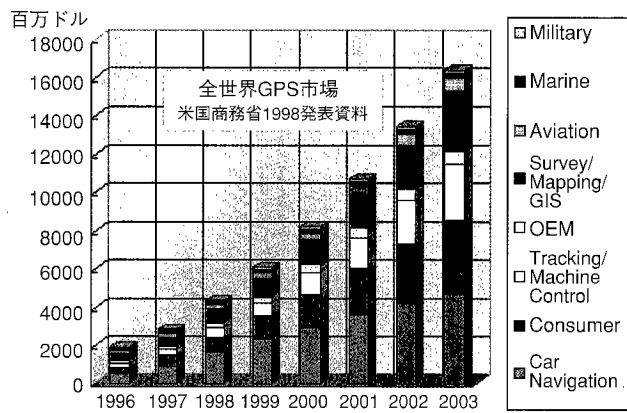
## 測位とモバイル端末

GPSの市場は今後大幅な拡大が予想される。1998年米国商務省統計によれば米国や欧州でもカーナビの普及が進むが、図-6に示されるようにコンシューマ分野での普及がそれ以上に進むと予想している。実際は集計時には現在のモバイルインターネットの普及速度は考慮されていないので



出典：Lt Col Bill Kaneshiro, USAF at CGSIC Meeting, Salt Lake City UT, 18 Sep 2000

図-5 GPS近代化における精度向上



出典：GPS Market Projection and Trends in the Newest Global Information Utility, The International Trade Administration, U.S. Department of Commerce, Office of Telecommunications.

図-6 全世界のGPS市場

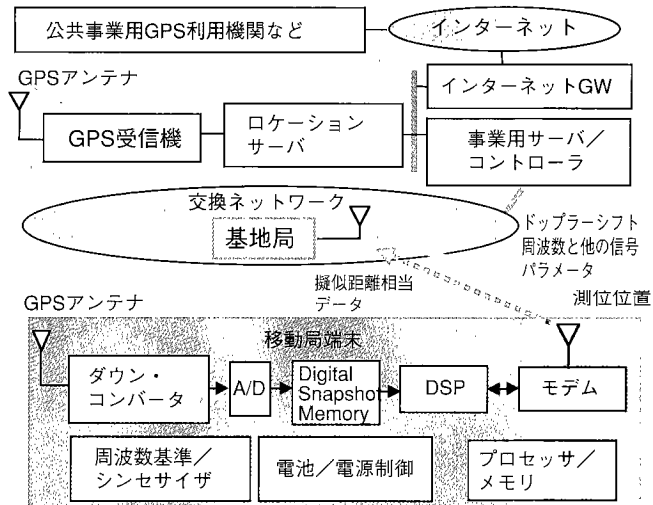
この部分を考慮してみる必要がある。

GPS受信機は小型軽量化が進み、組込み用途の場合はチップセットが多く利用されている<sup>2)</sup>。特にモバイル端末として利用される場合は、都市内での測位頻度の向上と省電力化が要求される。通常、GPS受信システムでは12時間で周回するGPS衛星からの周波数ドプラをとまなう搬送波の位相追尾と1msごとのC/Aコード(Clear and Acquisition Code: 衛星から送信される民生用として利用可能な信号)相関を行い、6秒ごとのサブフレーム、30秒ごとのフレームで構成される50bps(20msごと)のメッセージデータの連続的受信を必要とする。近年、きめこまかな間歇受信と電源制御により大幅な省電力方式が考案され、さらに携帯電話網などのネットワーク支援により受信信号積分による20db以上の大幅なS/N改善を可能にする方式も考案された(図-7)。これらは都市内の電波環境が悪い場所でも、携帯端末を使用したモバイルインターネットにおける位置情報利用の普及を可能にするものと期待されている。特に、米国では緊急時のコールに対して事業者は端末の位置特定の義務化(E-911)が予定されており、SnapTrack社(QUALCOM社に買収)、SiRF社などの米国企業がこれらの分野で先行している。さらにQUALCOM社はこれらの機能を取り込んだGPS内蔵CDMAセルラーやPCS用チップセットを開発した。E-911への対応として1990年代中頃からTDOAやAOA方式が検討されたが都市内では問題が多くE-911実施期限もたびたび見直された。2000年9月時点のFCCによるE-911の法令化基準は以下のようになっている。

①端末の分類

- (a) 端末に組込みのGPS: ネットワーク援助形およびGPS単独形
- (b) ネットワーク・ベースの端末位置特定形(AOA, TDOAなど)

②FCC Phase II ALI (Automatic Location Identification: 位置特定) 精度基準



	ネットワーク側支援機能	利点
省電力化	推定位置、衛星軌道データ送信 位置計算(於サーバ)	測位開始(TTFF)時間短縮 端末での処理負荷低減
感度向上	ドプラ周波数データ送信 軌道データ(変調要素)送信	端末側で相関信号積分による感度向上

図-7 ネットワーク支援GPSの例

年	全世界	西欧	米国
2000	121	7	2
2003	442	153	99
2005	1182	409	224

単位: 百万  
ARC Group統計より

表-2 測位機能付き加入者端末の予測

- (a) 発呼の67%で50m, 同95%で150m
- (b) 発呼の67%で100m, 同95%で300m

③実施時期

- 2001年10月1日 通信事業者がALI対応の端末発売開始
- 2002年12月31日 すべての新規デジタル端末はALI対応
- 2005年12月31日 通信事業者は全加入者の端末がALI対応可能とすること

同様な法令化が欧州でもE-112としてその実施計画検討中である。英国のARCグループも今後の位置情報端末の急速な普及を予想した統計を発表した(表-2)。

以上のようにモバイル市場における測位情報は今後急速に利用されることが予想され、端末はモバイルインターネットの普及とともに地理情報やコンテンツと密接にかかわってくると思われる。また情報通信ネットワークやセキュリティなど情報通信技術の進展とともにグローバル標準や情報公開等がその普及を大きく左右すると思われる。

参考文献

- 1) 斎藤忠夫, 立川敬二共編: 『新版 移動通信ハンドブック』, pp.507-526.
- 2) 北條晴正: GPS受信技術の動向, GPSシンポジウム99テキスト, pp.103-134, 日本航海学会GPS研究会.

(平成13年2月28日受付)