

## カーナビとは？

カーナビは 人工衛星から発信される電波を受信して 自車の位置をモニター（ディスプレイ画面）のデジタル地図上に表示し 目的地までドライバーを道に迷わないよう誘導するシステムが基本です。

自車の位置はGPS(Global Positioning System：全地球測位システム) という地球上空2万1千kmに打ち上げられた軍事衛星27ケの内3ケからの電波を受信し 三角測量の原理で自車の経度と緯度が測定されます。 経度と緯度に加え高度も測定する場合には衛星4ケを使います。

GPSはもともと米国が軍事目的に開発したもので 一部が民間に開放されています。 悪用されることを回避する為に意図的に精度が落とされており 精度は数m~数十mの誤差で 常に変動しています。この誤差を約10分の1に補正するシステムがDGPS又はD-GPS(Differential GPS)で 誤差を含んだGPS衛星電波を各地の基準局で受信し その誤差を測定し 補正データをFM多重放送からカーナビに送信し測位精度を補正します。

カーナビは電波を利用する特性上 ビルの谷間やトンネル 高架下などでは測位できないという問題があります。 この問題を解決する為に 車速パルス（信号）とジャイロセンサーを使用した自律航法（自立航法と書く説明書もありますが誤りでは？）が利用されています。 車速パルスから移動距離を検出できますが カーブしている場所ではジャイロセンサー（重力がかかる方向を検出し車が曲がった方向を知る計器）併用により自車位置を測定します。 カーナビ本体にはGPSアンテナからのケーブルと自律航法ユニットからのケーブルの両方を接続するよう2つの入力端子があるはずですが、ポータブルナビの場合はナビ本体への入力端子は1つで、GPS信号も一旦自律航法ユニットに入力して自律航法ユニットからのケーブルのみをナビ本体に接続するものもあるようです。

GPSと自律航法を併用し精度を上げる方法をハイブリッド方式と呼びます。

これ以外にマップマッチングにより 自車位置を地図の道路上に強制的に表示させ 海岸道路をドライブしているのに 自車が海の上に表示されるようなことを避けさせています。 マップマッチングは表示されている自車位置と実際に走行している場所のズレが少ない場合に限り 実際に走行している道路上に自車位置を補正し表示するもので ズレが大きい場合には補正されません。

こうしたことにより 実際の位置と表示される位置の誤差はほとんどゼロ（厳密には数mの精度）となっていますが 高さの精度は3Dセンサーを利用しても未だ課題として残っています。

カーナビには VICS(Vehicle Information & Communication System) という 道路交通情報通信システムをオプション設定できます。警察が収集した一般路の情報と 道路公団が収集した高速道路の情報がVICSセンターに送られ 編集された情報がFM多重放送 電波ビーコン 光ビーコンにより発信され カーナビに受信され モニターに表示されます。VICS情報は渋滞情報 (渋滞の区間と距離) が主ですが 現在地からの所要時間 交通規制 速度規制 チェーン規制 駐車場情報 地震・津波などの緊急情報も入ります。FM多重放送 (NHKのFMを利用した広域通信方法) 電波ビーコン (主に高速道路に設置された通信方法) 光ビーコン (赤外線を利用した通信方法で主要一般道路に設置) という3つの情報送信方法それぞれに異なる受信機が必要となります。光・電波ビーコンの受信機がないと DRG(DynamicRoute Guidance) という渋滞回避ルートの探索は出来ません。VICS情報は 文字表示 簡易図形表示 地図表示 の3方法により表示されますが 受信方法により内容の密度が異なります。(注: 私のカーナビはFM多重放送の表示がされますが

FM多重放送を使ったVICS情報を得るには VICSユニットというアンテナと専用受信機を別途に購入することが必要です) TV・FM多重用アンテナですがこれはナビのTV受像機能とVICS機能を動作させるのにやはり必要です。無くてもナビとしては動作しますが、ナビ (&TV) 本来の機能を完全に生かすために外すというのは好ましくありません。ダイバーシティアンテナとは複数のアンテナをダイバーシティユニットを介して装備し (カーTV・ナビ用は普通4極=4本が多い)、このなかから一番強い信号を受信しているアンテナを選んでその信号を使うという操作を自動で絶えず繰り返して良好な受信状態を確保する仕組みのことです。これがTV・FM多重アンテナそのものに該当します。固定式ナビには標準で付属しています

## ガラパゴス化が言われ始めた

日本はカーナビ先進国であった。しかし、最近では、グローバルに見れば、携帯電話と同様に日本での成功が全く海外販売では不利に働くようになっているのではないか？。

- [カーナビ](#)装着率は日本市場のみが20%から70%に近づいた。しかし、欧米やほかの東アジアの市場では未だ20%以下。
  - 欧米と比べた違いは、「価格帯」と「渋滞情報などの情報ニーズ」
- 最近の話題は、廉価なPNDと携帯NAVI(iphoneやGoogle Navigation)。
- 世界[カーナビ](#)市場は2007年で894万台 (内日本は300万台程度)と、同年のPND市場規模3,080万台の1/3以下の規模である。そのため、日本国内の一部では「[カーナビ](#)市場がPNDに侵食される可能性がある」という見方もなされている。日本メーカは、世界[カ](#)

カーナビ市場では40%近いシェアを持つが、世界PND市場においてはごくわずかなシェアしか獲得できていない。2006年の世界PND市場は前年比223%と急拡大し、1,350万台に到達

- 据え置き型カーナビやGPS機能搭載の携帯電話機の成長により、縮小傾向になるとの見方もある。
- 日本が強いのは、「渋滞情報などの公的な動態情報の提供」 + 「精度の高いベクトル道路地図」 + 「精度の高い位置表示」
- GPSのみならず、カーナビ内の加速度センサとジャイロ、タイヤの回転に伴う車速信号などの情報による自立航法との併用

単位:千台、%

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
世界PND	6,050	13,500	30,800	35,200	36,400	36,800	38,600	39,300
対前年比	118.4	223.1	228.1	114.3	103.4	101.1	104.9	101.8
世界カーナビ	6,595	7,725	9,030	10,390	11,780	13,120	14,170	16,030
対前年比	133.3	117.1	116.9	115.1	113.4	111.4	108.0	113.1
合計	12,645	21,225	39,830	45,590	48,180	49,920	52,770	55,330
対前年比	133.3	167.9	187.7	114.5	105.7	103.6	105.7	104.9

← 実績値 →      ← 予測値 →



## 最近のニュース

- パナソニックは、カーナビゲーションの世界販売を強化する。小型ディスプレイを搭載したカーオーディオにPND相当のカーナビ機能を持たせた「ディスプレイオーディオライトナビ」のグローバル展開に乗り出す

- ディスプレーオーディオライトナビは、4型程度のディスプレイを搭載したカーオーディオに、地図データを収録したSDカードなど記録媒体を使ってナビ機能を付加した商品。海外市場で求められるデジタルラジオやiPod接続、携帯電話のBluetooth対応などAV機能を充実させている。一方、ナビ機能は海外での市場ニーズに合わせてPNDレベルを実現。地図データは欧米や中国など現地の有力ナビメーカーから調達し搭載する。150～300万円程度の車種への搭載を見込んでいる。「高級車と超小型車を除くミドルゾーンの車はすべてディスプレイオーディオライトナビでカバーする」（同社）-上空から3Dの町並み見物、Googleマップでも可能に
- Googleマップのルート・乗換案内で、自転車用の道順を表示できるようになった。専用道を使い、急坂や混雑する交差点を避けられる道順が表示される。
- 高級車「Audi A8」のニューモデルに、Google EarthやGoogle Mapsを統合したカーナビシステムが搭載された



- Googleマップ、徒歩ルート案内に対応 iPhoneやAndroid端末でも
- Android対応の“無料”ナビゲーションサービス「Google Maps Navigation」が登場。情報量や検索性において圧倒的に優位か？
- ポータブルナビと中位クラス「Strada」の新製品を発表したパナソニック株式会社 オートモーティブシステムズ社。Googleマップで調べた位置情報をナビに持ち込み、目的地を探す機能を追加した
- Googleマップに、国内都市の地下鉄路線図を表示する機能が加わった
- Google Mapsのストリートビューで、ジオタグの付いたPanoramioユーザーの写真が表示されるようになった

- Googleマイマップで個人情報公開が問題でサービス提供であるGoogleの設定に問題があるというユーザーが4割強を占めた

## 理想のカーナビ

- どこでもグローバルに使える(新車も中古車も、海外でも)
- 自車位置表示の精度
- 地図・航空写真などの最新情報(ベクター表示、3D)
- 渋滞・駐車情報、目的地とルート検索・表示
- 周辺情報検索
- ボイスでナビ
- インパネかオプションか?(モジュール化かすり合わせか?)

## 要素技術

- OS/ソフト+地図 + 位置検知+アンテナ + ネットワーク + 動的情報提供(渋滞・天気など)
- 基本のキラーコンテンツ: 地図+位置 (GPS)
  - 加速度、気圧などの測定を内蔵すれば、円滑な位置表示
  - ビーコン情報: アンテナなどオプションで渋滞表示
  - 通信すれば、サーバー情報を連携表示。検索機能強化。

## 新しい方向

- 出荷量が多い企業が利益を得て技術をリードする。
- 垂直統合から水平分業に: インパネからオプションに
- グローバルに標準化: 標準的なOSとアーキテクチャの変更
  - キラー部分をグローバルに、通信関連はオプション化
  - 地図アプリの標準化が問題。ハイブリッドか?
  - 電子書籍のePubのような標準フォーマットが重要
- 要素技術毎にすり合わせか、要素はモジュール化(例: シマノの自転車)

## PND

PNDとは、Portable Navigation Device。取り外し可能でクルマの自立センサーと直結しない小型のナビゲーション端末。地図データやナビプログラムの記録にCD-ROMやDVD-ROM、HDDといったメディアを使わず、フラッシュメモリーやメモリーカードを使用する、ドライブメカを持たないポータブル・ナビゲ

ーションのこと。メカがないからコンパクト&軽量で携帯性に優れ、省電力だからバッテリー駆動でも使える。

欧米ではPND（パーソナル・ナビゲーション・デバイス）がカーナビの主流。ヨーロッパでは07年に1000万台を超える市場に成長する見込みだという。

国内市場は高機能化が進む一方で、売れ筋が廉価なPNDにシフトするなどナビメーカーにとって厳しい収益環境が続いている。AVナビの売り上げがダウンしている今も、PND/ポータブルナビは販売台数を伸ばしている。1万円台半ばのモデルまで登場。



- メーカー：ガーミン,三洋電機,クラリオン, ソニーなど
- 廉価版はGPSのみ。製品によっては、加速度センサやジャイロセンサを内蔵することでGPSより細かな動きも表示可能としたり、FM多重放送のVICSを受信して渋滞情報などを画面に表示するものもある。高級PNDは、GPSに加えて、本体内蔵の加速度センサーと気圧センサーにより、トンネル内も表示。オプションのビーコンユニットを追加すれば渋滞表示も可能。渋滞を表示できるPNDは、現時点でソニーだけ。
- PNDは、オプション品で、通信機能はない。一方、データ検索機能はある。
- 自転車やバイクにも普及。持ち運べるので、盗難される心配もない。
- PCとの連携が容易。Google Mapsで検索した情報をインポートして目的地として設定したり、帰宅後に移動の軌跡を地図ソフトにダウンロードしたりといったことができる

## Google Navigation

- Google Maps,Google Earth+サテライトビューとストリートビューに対応
- スマートフォンのGPS機能
- 地図や施設データなどはGoogleのクラウドサービス（サーバ）側
- Googleの強力な検索機能 Google Maps Navigationの優位性は、カーナビの基本機能である「地図」と「検索機能」にある。クラウド型カーナビゲーションサービスであり、情報連携に強い。



3D Navigation



Street View



Satellite view



Satellite view

弱点：渋滞・駐車情報、交差点案内とボイスナビ

## iphone

- ネットに繋がり検索機能と無料のGoogleMapなどが利用できる。

## 携帯ナビ

- 日本の携帯電話は有料コンテンツサービスから抜け出せずにいる。
- スマートフォンやipodは、WEBコンテンツを最大限有効活用できる。据え付け型・PNDなど、ネットにつながらない単体型カーナビゲーションの弱点は“検索機能”か？



- iphoneのカーナビ



## カーナビゲーションの歴史

- 民生用のカーナビ製品は日本での普及が最初であった。日本が世界一のカーナビ大国であるといわれていた当時は、海外では車輛の航法システムは軍用や救急車両のような緊急車両用が主流であり、民生用としては依然として高級品としての位置づけが強かった。1992年高級車セルシオに搭載（位置+地図）。
  - 1981年 ホンダがジャイロ式カーナビを発売。2代目アコードに搭載される。
  - 1987年 出発位置と車速と方向地磁気で自車位置を推定（精度が悪く実用にほど遠かった）
  - 1990年 GPSを採用したカーナビが初登場
  - 1991年 パイオニアが市販モデルで世界で初めてGPS式カーナビを発売。人工衛星からの電波で誘導することから、「サテライト・クルージング・システム」と呼ばれた。
  - 1992年 CD-ROM利用によるデジタル地図の登場
  - 世界で初めて民生用カーナビを販売したのは、日本の本田技研工業である。かつては全世界のカーナビ製品の8-9割は、日本のメーカーが製造していた。そしてその半数も日本国内で販売されており、海外でのカーナビ普及率は低かった。当時、日本は世界一のカーナビ大国であるといわれていた。
- 1992年 アイシン・エイ・ダブリュが世界初のボイスナビゲーションの開発に成功。初代トヨタ・セルシオに搭載される
- 
- 1994年 目的地を指定しルート探索可能なシステム（道案内機能）が登場
- 1994年 目的地を指定しルート探索可能なシステム（道案内機能）が登場
- 1996年 VICSサービス開始



- 1997年 GPSの精度を高めるD-GPSの採用（自車位置のズレがほぼ解消）
- 1998年 携帯電話（自動車電話）を使った通信情報システム採用のカーナビ登場
  - インターネット対応のカーナビ登場
- 1999年 携帯ナビの登場
- 2000年 有料道路の自動料金徴収システム(ETC)の導入
- 2000年5月 米国国防総省が民間用GPS上のSA（セレクトティブ・アベイラビリティ）信号を停止。これにより、GPSのみでの位置精度がそれまでの100m程度から10m程度へと飛躍的に向上した。
- 車載用TV受像機やカーステレオセットなどとの一体化などもあって、本格的に普及していった。
- 地図：デジタル道路地図協会などで官民協力
- 道路交通情報通信システム(VICS)による渋滞情報や規制情報といった交通情報の提供
- 2005年 KDDIが携帯電話上で利用できるカーナビシステム「EZ助手席ナビ」のサービスを開始（徒歩用のナビゲーションサービスは既に存在したが、本サービスより自動車の移動速度に対応可能に）。
- 2006年 パナソニックが地上デジタル放送チューナー標準装備モデルを発売。

## ITS：世界共通でITS(Intelligent Transport Systems)

日本においては、以下の9つの開発分野がある。

- 1. ナビゲーションシステムの高度化：VICSなど
- 2. 自動料金収受システム：ETCなど
- 3. 安全運転の支援
  - AHS（高速道路を中心とした安全運転の支援システム）
  - DSSS（一般道路を中心とした安全運転の支援システム）
  - ASV（車両を中心とした安全運転の支援システム）
- 4. 交通管理の最適化
  - UTMS（交通信号機を核とする警察版のITS）
  - 駐車場案内システム
- 5. 道路管理の効率化
- 6. 公共交通の支援

- PTPS（公共車両優先システム）、TDM（交通需要マネジメント）、IMTS（磁気誘導式鉄道とも呼ぶ。法的には鉄道扱い）、デマンドバス、パークアンドライド
- 7. 商用車の効率化
- 共同配送、ロケーション管理システム など
- 8. 歩行者等の支援
- 9. 緊急車両の運行支援

### 社会システムとしてのカーナビ

システムアーキテクチャ-が重要

- [システム](#)の構成・要素技術・その要件など
  - システムのライフサイクル全体の設計
  - 関係者の役割
1. どこに何をサービスするか（世界か、日本の都市交通か）
  2. 新製品の需要予測：思わぬ需要(CPUもそうだった)
    - 何がbenefitか。いかなる情報に価値があるか？（位置、渋滞情報、地域地図情報、周辺検索）
    - 生産のロットとセグメント化
  3. ナビ端末はインパネかオプションか。(車の一部か情報機器か?)
  4. 情報の区分（静的情報はCD、動的情報は通信で）。配信から双方向へ
  5. 位置情報の収集主体とその方法、アンテナ、通信方式(公共かGPSのみか)
  6. 地図の提供形態、ベクトルかイメージか。（衛星画像、航空測量）
  7. 地図のデジタル化のコスト負担
  8. 価値ある情報：位置+渋滞+?????
  9. 放送か、通信か？
  10. 需要から価格を決めるか?(消費者市場)
  11. 通信機器か情報提供端末か?(通信メーカーとメディア機器メーカーの発想の違い。高かった通信機器費用)
  12. 中古市場の問題
  13. インターネットの普及と使い方の変化（専用ビューアーかWEB端末か）
  14. 車がアンテナだらけで良いか

標準化の諸問題

1. 通信手順
2. 機器のOS

3. ダウンロード型か否か
4. 課金・決済の方式とOption情報

## GPSと測位システム

GPS衛星からの信号には、衛星に搭載された原子時計からの時刻のデータ、衛星の[天体暦](#)（軌道）の情報などが含まれている。GPS受信機にも正確な時刻を知ることができる時計が搭載されているならば、GPS衛星からの電波を受信し、発信-受信の時刻差に電波の伝播速度（光の速度と同じ30万km/秒）を掛けることによって、その衛星からの距離がわかる。3個のGPS衛星からの距離がわかれば、空間上の一点は決定できる。

実際のGPS受信機に搭載されている時計はクォーツなどを利用しているため、あまり正確ではない。時刻の誤差がたとえ100万分の1秒であったとしても（100万分の1秒の時刻精度を維持することは非常に難しい）、距離の誤差は300mにも及んでしまう。そこで、4つのGPS衛星からの電波を受信し、GPS受信機内部の時計の校正を行いつつ測位を行う。

GPS衛星は約20,000kmの高度を一周約12時間で動く準同期衛星である（静止衛星ではない）。軌道に打ち上げられた30個ほどの[衛星コンステレーション](#)で地球上の全域をカバーできる。また中地球軌道なので信号の送信電力としても有利であり、ある地域からみても刻々と配置が変化するため、全地球上で誤差を平均化できる（地域によってはカバーする衛星の個数が常に少ない場合もある）。

### 3次元測位

GPS測位の原理は、局所慣性系で[光速c](#)が一定であることによる。

$$c=2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$$

GPS衛星と受信機がともに正確とみなせる時計をもっていれば、送信時刻と受信時刻の差の時間 $t$ に光の速度 $c$ を掛けると距離 $r$ がわかる。

$$ct = r$$

衛星の位置を[座標](#)  $(X, Y, Z)$ 、受信機の位置を  $(x, y, z)$  とすると、

$$r^2 = (X - x)^2 + (Y - y)^2 + (Z - z)^2$$

GPS衛星の位置 $X, Y, Z$ は受信データに重畳された航法メッセージ信号を復調して得る。

受信機の位置である三つの[変数](#)、 $x, y, z$ を得るには最低三本の[連立方程式](#)を要する。このため三つ以上のGPS衛星を受信する。つまり、

- 1個の衛星からの電波が受信でき距離が決定できたとすると、そこから距離が一定である点は[球面](#)上のどこかになる。一定の長さの糸におもりをつけ

て振り回すと、おもりは糸の長さを半径とする球面上のどこかにいることになる。

- 2個の衛星からの距離が決定できた場合、二つの球面が定まる。受信機は、二つの球面の交わりである円周上のどこかにいることになる。
- 3個の衛星からの距離が決定できれば、二つの球面による円にさらに一つの球面が加わる。円と球面は2点で交わり、受信機はそのうちの一点に位置する（もう一つの点は衛星が位置する3点を通る平面に対し対称な位置、すなわち地球から離れた位置にある）。**三脚**は3本の脚（長さは異なってもよい）があるため固定できるのと同様である。

GPS衛星には原子時計が搭載されているため、時刻は正確とみなせる（現実には遅れ等の誤差が生じるので補正する）。一方、GPS受信機は原子時計ほど正確な時計をもたず、通常の[クォーツ時計](#)程度の精度である。そこで生じる時間の誤差を  $\delta$  とすると、式は

$$(r - c\delta)^2 = (X - x)^2 + (Y - y)^2 + (Z - z)^2$$

四つの未知数、 $x, y, z, \delta$ を求めるには最低4本の連立式を要する。つまり、4つの衛星から受信することで、原理的に受信側の時計の誤差を除くことができる。

ただし、実際には誤差 $\delta$ が定数とは限らず、衛星によって多少異なるかもしれないし、誤差の要因は他にもある。そこで、衛星との距離  $r$ ではなく、二つの衛星との距離の差  $\Delta$ を考える。

$$\Delta = c(t_1 - \delta_1) - c(t_2 - \delta_2) = c(t_1 - t_2) - c(\delta_1 - \delta_2) = r_1 - r_2 - c(\delta_1 - \delta_2)$$

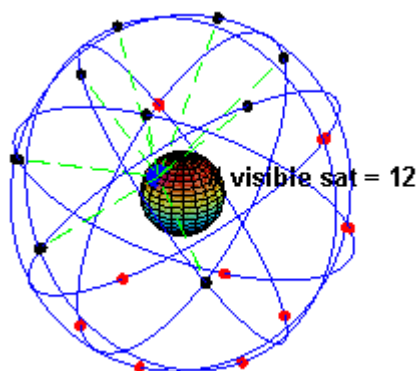
$\delta_1$  と  $\delta_2$  は等しくは無くても、差は小さい。打ち消しあうことで  $\Delta$  の誤差は  $r$  の誤差よりはるかに小さくなることを利用する。

2衛星からの距離の差が一定な点は、2衛星を焦点とする回転双曲面をなす。上記同様、3衛星について双曲面の交わりから、受信機の位置を知ることができる（双曲線航法）。それでも残る誤差の差分に応じて幅を持たせておく。さらに、より多くの衛星から受信することで誤差を減らすことができる。一般には、衛星  $i$  に対し、

$$(c(t_i - \delta))^2 = (X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2$$

本の連立を、 $\Delta_i$ を用いて解くことになる

### 受信可能な衛星の個数・配置による影響



GPS衛星の軌道アニメーション。数字は北緯45度（北海道付近）から同時受信可能な衛星数

通常日本（本州）では、理想的に空がひらけている場合、受信可能な衛星は6～10個程度である。位置の計算に最低必要な4個より多い衛星がみえている場合は、複数の衛星からの情報で測位精度を向上させることができる。それぞれの衛星からの信号強度（S/N比）を観測したりDGPS情報から衛星ごとの信頼度を与え、また4つ組みの取り方をなるべく計算誤差が大きく出ないように取ったり、さらに複数の測位結果の信頼度が低いものを棄却・平均化するなどの方法がとられる。

受信可能な衛星の個数・配置により、電波伝播の誤差が大きく利いてくる場合がある。[原理](#)での三脚での喩えを用いると、三脚の脚が固定の長さではなく、ある程度伸び縮みしたとしよう。すると三脚の頭が動く範囲（推定誤差範囲）は、三脚の脚の開き具合によって異なる。計算に用いる衛星のみかけの位置が接近していると、計算に用いる推定誤差が大きくなる（脚を閉じた三脚ではぐらつきが大きい）。また計算に用いる衛星が一直線に並んでいたりする場合は、ある方向への信頼度が大きく低下する（三脚の脚が並んでいると垂直方向にぐらつきが大きい）。

## 補助手段による精度の向上

[登山](#)用のGPS受信機では、[気圧高度計](#)で高度方向の位置推定の補助手段としたり（GPS信号の信頼度が高いときには逆に気圧を校正したり）、磁気コンパスを併用するものもある。なおもともとGPSでは、高度方向は精度が低い場合が多い。空間の $(x, y, z)$ 方向の誤差は均等であるが、前述のようにGPS受信機の多くは地表に沿って動く（地表と鉛直方向には動かない）ため、計算アルゴリズムを工夫して、地表に沿った方向の位置推定の精度を上げる代わりに高度方向の位置推定を犠牲にしているためである。

携帯電話・モバイル情報機器搭載のGPSでは、携帯電話の基地局の位置情報（精度数百m～数km程度）を補助情報として用いることができる。このため初期捕捉を速くしたり、高速移動時に衛星を見失わないための補助手段とすることができる。

GIS情報を補助手段として用いる場合もある。カーナビでは地図を搭載しているため、道路情報と照らし合わせることで誤差を修正しているものもある（車は道路以外を走れない・水面を走れない、などという制約を利用している）。

## 人為的に加えられた誤差とその解除

1990年から2000年までは、米国の軍事上の理由（敵軍に利用されることを防止する）で、C/Aコードにおいて民間GPS向けのデータに故意に誤差データを加える操作（Selective Availability、略称 SA）が行われ、精度が100m程度に落とされていた。

SAが加えられていたときから既にGPSは民生用として有用であることが知られていたため、2000年5月2日4時5分 (UTC)<sup>[4][5]</sup> から米国はGPS技術を広く役立てて欲しいという主旨でこれを解除した<sup>[6]</sup>。競合技術であるガリレオ（EUが主体となって推進している）が提案された理由のひとつに、GPSのSAによる誤差により民生用で精度が上がらないということがあがるが、これに対して優位を保ち続けリーダーシップを取るという米政府の意図も含まれている。また民間GPS機器の軍事転用により調達コストを抑える目的もあると見られている。SA解除以降は、民間GPSでもC/Aコードの技術的な限界までの精度が得られるようになっている<sup>[7]</sup>。

2000年以降は米国の政策上の必要に応じて、有事があった際など特定地域において精度低下の措置がとられる可能性があると言われていた。しかし、米国のジョージ・W・ブッシュ大統領と国防総省は2007年9月18日に、次世代GPS (GPS III) にはSA機能を搭載しない（正確には、「SAを持つ衛星を調達しない」）との大統領決定を発表した。したがって、この決定が将来覆されない限り、SAの操作は永久に実施されないこととなった<sup>[8][9]</sup>。

以下の言説は、すべて誤解である。

- GPS衛星はGPS受信機（カーナビ等）に直接その座標値 (x, y, z) を送っている。
- GPS衛星がカーナビのルートを作成している。
- GPS衛星はGPS受信機の位置を逆探知できる。
- GPS衛星とGPS受信機が相互に通信をしている。
- GPS情報によって方位も決定している。

正しくは、GPS衛星は宇宙空間に向けて基本的に時報と自衛星の天体暦（軌道）情報を発しているだけであり、一方、GPS受信機はそれらを受信することで、そのGPS受信機の現在位置を計算する。また、ジャイロ機構や方位コンパス等を使用していない場合、静止している受信機器の向いている方位を知ることはできない。

GPS受信機は、外部に電波を発する装置を有していないため、位置情報をGPS衛星に通知するのは原理上そもそも不可能である。つまり、GPS受信機は受信するだけ、GPS衛星は送信するだけなのである。

実際、大半の航空会社では離着陸時を除いてGPS受信機の機内での使用を認めている。<sup>要出典</sup>

この誤解の元となった技術に、運輸業などの車両位置監視システムや、児童・徘徊老人のセキュリティシステムなどがあるが、これらではGPS受信機の位置情報を外部に通知するために、携帯電話等による通信を行っている。2008年2月5日に岡山市で現金自動預払機 (ATM) が盗まれた事件では、事件発生後約45分でGPSによって盗難ATMを発見するという

成果を挙げている。このケースでも機器組み込み型の携帯電話モジュールでセキュリティ会社への位置通報をしていたとみられる。

民生用GPS受信機は当初[航空機](#)、[船舶](#)、[測量機器](#)、登山用（個人携帯等）に利用されてきたが近年は[自動車](#)（[カーナビゲーション](#)・システム、以下カーナビ）や[携帯電話](#)などにも搭載され利用されている。

- [カーナビゲーション](#)
- [携帯端末](#)（[ハンドヘルドGPS](#)、[PDA](#)、[携帯電話](#)、[スマートフォン](#)、[PSP用GPSレシーバー](#)）
- [ノートパソコン](#)
- [レーダー探知機](#)
- [デジタルカメラ](#)

開発者の声

ポジション プラス GT

フルナビの精度に近づいた“POSITION plus GT”

～道路の“うねり”と車の“揺れ”で速度がわかる～

大久保 仁  
ソニー株式会社 技術開発本部

## 従来の測位システムには、限界があった

PND（ポータブル・ナビゲーション・デバイス）では、据え付け型のカーナビとは異なり、GPSによって位置を求めています。通常は4個以上のGPS衛星からの電波を受信することで測位が可能になりますが、ビル街やトンネルの中ではGPS衛星に頼ることができません。そこで、GPSの電波を受信できない時も自律航法により位置を更新する自転車位置測位システムが必要になります。

長年にわたってカーナビの性能にこだわり続けてきた大久保は、従来の自転車位置測位システムの正確さに限界を感じていました。

「従来の自律航法でもセンサーを駆使して加速度と方向の情報を取得し、車の位置を割り出

すことができますが、トンネルなどで測位時間が長くなるほど速度のズレが大きくなってしまいます」

もっと正確に速度を測り現在地を把握する新しい方法はないか・・・、大久保の頭にはいつもその課題があったのです。そして、新しい自転車位置測位システムの開発が、彼の“ひらめき”から始まりました。

## 二度のひらめきから生まれた画期的なアイデア

人間は、音や揺れ、流れる風景など、五感を通じた速度の感覚をもっています。これを機械に教えてやることはできないか・・・。大久保が無意識に考えていたある日、最初のひらめきがやってきました。高速道路を走っている時、車が微妙に上下に動いていることに気づいたのです。

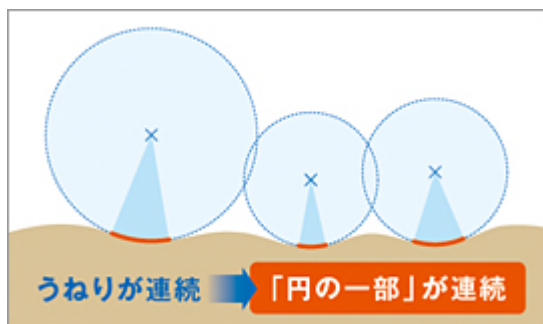
「道路にはわずかな“うねり”があり、速度によって上下の揺れ方が変わります。その動きを利用すれば、スピードが算出できるのではないかと思ったんです」

いくつもの技術要素と長年の経験が、その時、一本につながり始めました。

二度目のひらめきも、やはり運転中。地下駐車場を走行中、壁に当たったヘッドライトの光が上下に揺れているのを見た瞬間でした。

「道路の勾配によって、車の角度も変化します。うねりによる加速度と、この角度変化を組み合わせれば、車自体の速度を割り出せるのではないかと思いつきました」

加速度データを積算しながら速度を測る従来の方法では、距離が長くなるほど誤差が雪だるま式に増大するという問題があります。しかし、大久保の方法ならこの問題は起こらず、飛躍的に精度を高めることにつながります。



「この計測方法のポイントは、まず『元の速度に足し算』することを捨てること。次に、道路のうねりを、車よりもずっと大きな円の一部としてとらえることでした。

うねりを大きな円周の一部と考えると、『遠心力』と『傾きの変わる速さ（＝角速度）』を検出するだけで、実に単純な計算式で速度がわかります。





ジェットコースターやブランコ、離陸中の飛行機などで、ぐっと沈み込むように感じるのは、ほとんどがこの式で説明できます。しかも、沈み込みは速度が速いほど大きくなります。このシンプルな理論と計算式は、いままでの『元の速度に足し算を繰り返して、速度を割り出す』という、誤差が積み重なりやすい方法とまったく異なり、車の小さな挙動だけで『いまこの自動車が時速何キロで走っているか』を算出できることを意味しています。これで、長いトンネルや山岳部、高架下などでも、少ない誤差で安定してナビを続けるための下地が整ったのです」

### いくつかの課題を乗り越えながら開発を推進

その後、ひらめきを形にするために、通常の業務のかたわらで測位データを収集。いくつかのシミュレーションの結果、大久保は確信を得ます。

「社内に新システムを提案した当初は、あまり芳しい評価を得られませんでした。車の揺れだけで正確な速度（自車位置）計測できるのか、道路にそんなにうねりがあるのか、というのがその理由です。でも、賛同してくれたソフトウェアエンジニアがいて、彼と試作品をつくり、根気強くテストを重ねました」

しかし、このまったく新しい自車位置測位システムを完成するためには、大きな課題がいくつか残っていました。

「車の微妙な動きや揺れは、凹凸の多い道路と新しい道路で異なるのはもちろん、車種によってはエンジンの振動が数値に影響を与えてしまうものもあります」

それでも大久保はあきらめず、周囲の人にもテスト走行を呼びかけ、シミュレーションと改良を重ねていきました。



高精度の検出を可能にするセンサー基板

「ナビ・ユー」NV-U77VT/U77Vのセンサーは、3軸加速度センサー1個、ビデオカメラなどの手振れ補正などにも使われるジャイロセンサー2個で構成されています。これらのセンサーは、クルマのわずかな動きから大きな揺れまでを検出する必要があるため、微小な信号から大きな信号までを検出できる優れた特性のものでなければなりません。さらに、センサーの微弱な信号を確実に処理するため、精密計測機器にも使われる高性能16ビット $\Delta\Sigma$ （デルタシグマ）方式のADコンバータを搭載。これらのチップはすべて、“POSITION plus GT”の性能をフルに発揮するために設計された専用基板（写真）に配置されており、電気的なノイズの影響なども受けないように工夫されています。

## 知恵の結晶、演算アルゴリズム

“POSITION plus GT”を実現するためには、得られたデータを処理する高度な演算アルゴリズムも必要でした。クルマの走行時に発生するさまざまな振動に起因するノイズや、地球の重力の影響を除去するために、アルゴリズムはいくつもの処理ブロックから構成。クルマの走行状況に対して動的に最適化されたフィルタ処理が行われます。勾配によって著しく変化する重力の影響も、独自の処理技術で除去に成功しています。他にも、様々な走行条件下でも正しく機能するよう、さまざまな“知恵”がこの頭脳に組みこまれています。

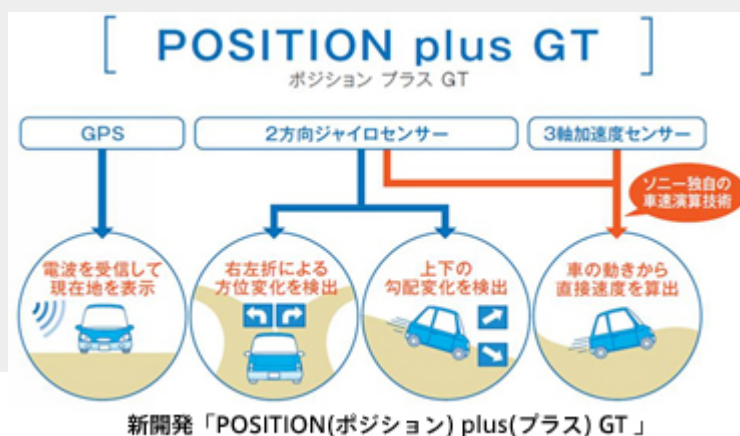
「実機でのフィールドテストでは、長野県乗鞍の山岳路を走行しました。深い山岳路と長いトンネルが続き、GPSの電波はキャッチが困難な場所です。そこを完璧な位置情報を示したまま走り抜けることができました。その時は本当にうれしかったですね」

### 新しい技術を生むソニーの風土、そして経験と熱意

「今回のシステムは、まったく新しい測位方法ですが、加速度センサーやジャイロセンサーは従来と同じセンサーを使用しています。まさに発想の転換でした。システムの原理はシンプルですが、ただ単に計算式にセンサーから得た数値を当てはめても速度は得られません。さまざまな工夫を重ねたソニー独自の高性能な車速演算技術を開発して、初めて実現できたのです。一見、常識外れの発想を商品化できたのも、新しい試みを受け入れるソニーの風土があったからかもしれません」

一人の社員の“経験”からひらめきが生まれ、“熱意”から商品化が実現されました。この新しい技術を搭載した「nav-u」が、いまま日本中の道路でドライバーの運転をサポートしています。

## 新開発「POSITION(ポジション) plus(プラス) GT」により、長いトンネルなどでも高精度な自車位置測位を継続



ソニー独自の車速演算技術を採用した新開発「POSITION plus GT」を搭載しました。

右左折の方位変化や上下の勾配変化を検出する「ジャイロセンサー」や、上下、左右、前後の加速度を検出する「加速度センサー」の情報から、車の速度をリアルタイムに算出する車速演算技術を開発。GPS非受信時の自車位置精度が格段に向上しました。これにより、高い建造物のある都市部や山岳部などGPS電波の弱い地域、長いトンネルや高架下でも、高精度な自車位置測位が継続されます。

また、GPS感度を向上させたことにより、起動から衛星信号受信までの立ち上がり時間がさらに早くなり、自車位置をより素早く検知することも可能になりました

### 「POSITION plus G」による自車位置補正の例



### 車載LANとCAN情報

図1 車載LAN (CAN/LIN/MOST/FlexRay) の採用事例

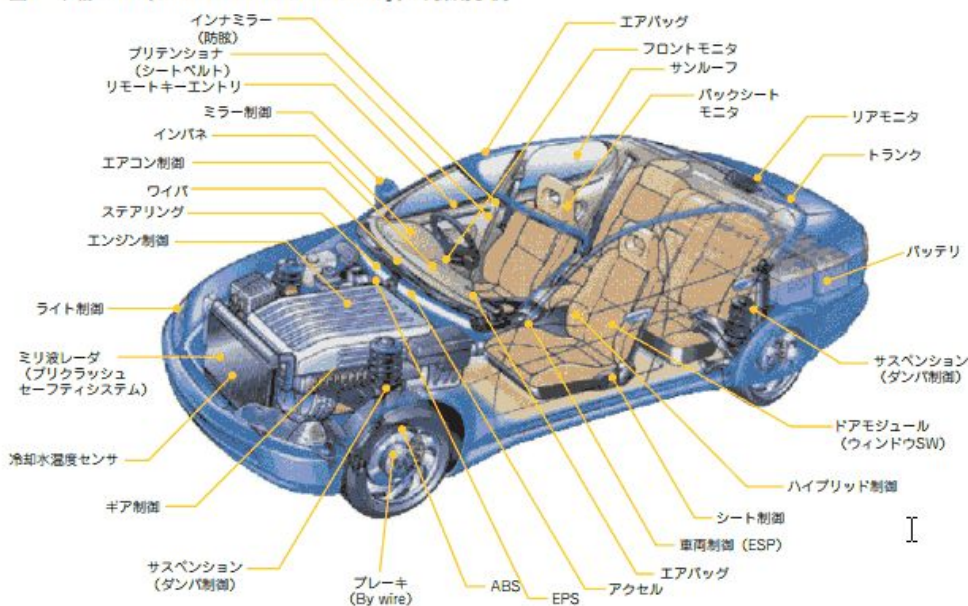


図3 車載LANの種類

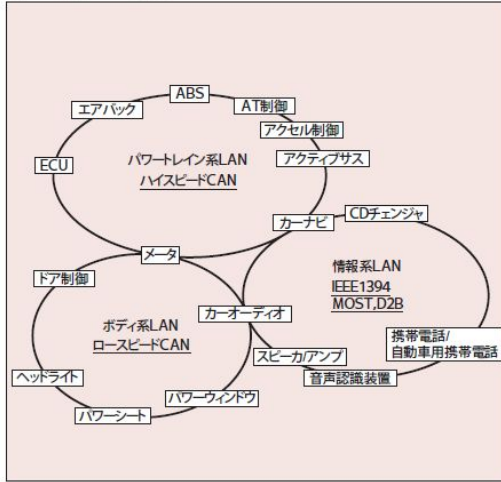
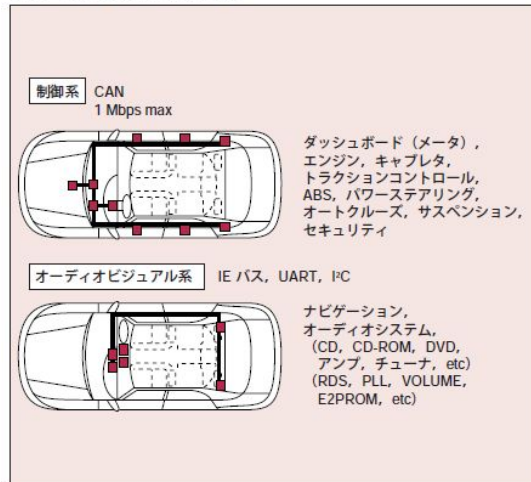


図2 車載LANのシステム例



**7 はじめに**

現在の国内市販市場ではカーナビの販売台数は増加傾向にあり、PND（パーソナル・ナビゲーション・デバイス）の普及により低価格化が進行し、PNDとAVN（インストールタイプの一体型ナビゲーション）の2極化が鮮明になってきた。また、AVNとしても10万円以下の低価格モデルへ需要はシフトしてきている（図1）。

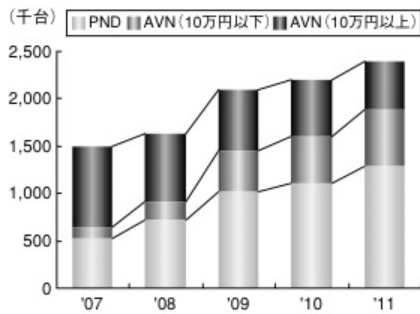


図1 国内市販カーナビ市場推移 (台数)  
Fig.1 Transition in Japanese Car Navigation Market (Sales Volume)

海外市場については、PNDがナビ市場を牽引し販売台数を大きく伸ばしてきている影響を受け、AVNタイプも着実に販売台数を伸ばし一定の市場規模を築いており、今後のポテンシャルは大きい（図2）。

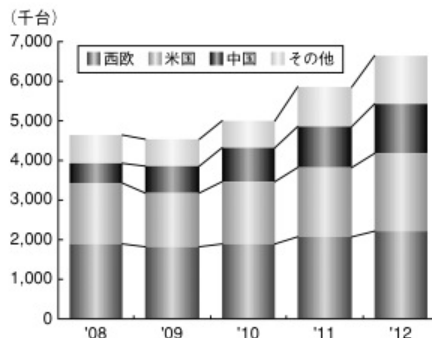


図2 海外AVN市場推移 (台数)  
Fig.2 Transition in Overseas AVN Market (Sales Volume)

以上の背景から、ワールドワイドでAVNに対する需要が高いことが読み取れるが、共に「低価格化」という大きな命題が存在し、さらにスピーディな商品展開を見据えた場合、世界展開を考慮したプラットフォームが必要である。

そのグローバルプラットフォームには、世界各国で共通して求められるニーズ（例：高画質ディスプレイ…）とそれぞれの仕向け地やお客様によって異なるニーズ（例：地上デジタルTV／日本、デジタルラジオ／米国、RDS／欧州…）が存在し、その両方を満たさなければならない。つまり、グローバルプラットフォームとして求められる要件としては以下の通りとなる。

〈お客様視点〉

- ・基本である高音質&高画質化
- ・好みや車室内環境に応じて細かな音質調整ができる
- ・PCオーディオコンテンツへの対応 (MP3/WMA)
- ・各国のラジオ放送方式への対応
- ・楽しい、わかりやすいHMI (アニメーション表示など)

〈設計/作り方視点〉

- ・要求仕様に応じて機能変更が容易なシステム
- ・作りやすいメカ構造
- ・グローバルでアプリ開発ができるソフトウェア

上記要件を成立させるためのシステム、電気、メカ、ソフトウェア構造についての具体的な実現方策は第2章で述べることにし、第一弾の適用製品となる10秋市販向けAVN 110Mの機能および特長について紹介する。

1.1 AVN 110Mの紹介

2008年秋、【安心・カンタン・楽しさ】をキーワードに「ナビを使っていないお客様」をターゲットにしたAVN Liteを発売。これは目標販売台数の2倍を越える大ヒット商品となり、08年秋以降に発売された市販AVNの10台に1台がAVN Liteという画期的な商品になった。

2010年秋、このコンセプトを継承し、さらにブラッシュアップした商品がNew AVN Liteである。

- 《もっと「見やすい、使いやすい」》
- ・ワイドQVGAディスプレイ&LEDバックライト
- ・使いやすさを追求したGUI (図3)
- 《もっと「しっかりナビ」》
- ・複数目的地に対応し、カンタンに最大5箇所の目的地を設定可能
- ・FM-VICS専用チューナーによるFM-VICS常時受信を実現

## カーナビメーカーや自動車メーカーの取り組み

このプローブ情報システムの実用化を、カーナビメーカーとしていち早く実現させたのが「カロッツェリア」ブランドでおなじみのパイオニアだ。2002年、世界初の通信モジュール内蔵カーナビ「エアナビ」を発売したパイオニアは、その通信特性を利用したプローブ情報システムの開発に着手。2007年に「スマートループ」という名称で、ハイエンドモデルとなる「サイバーナビ」にこのシステムを初搭載した。翌2008年には「エアナビ」や「楽ナビ」にも「スマートループ」を搭載。現在は、エントリーモデルとなる「楽ナビLite」をはじめ、ラインアップの多くに「スマートループ」が採用されている。

さらにパイオニアは、自動車メーカーとしてこの分野の先駆けとなる本田技研工業と2008年に提携を行い、同社が2002年からスタートさせているホンダ車オーナーのためのプローブ情報システム、「インターナビ・プレミアムクラブ」との走行履歴情報の共有も行っている。「インターナビ・プレミアムクラブ」の会員数は2009年時点ですでに100万人を突破しており、多くの会員がもたらす走行履歴情報によって、より精度の高い情報をルート案内に活用できるようになった。

また、クラリオンでは「クラスヴィア」や「スムーナビ」の一部に「オンライン交通情報探索」というプローブ情報を活用した機能を搭載している。こちらは、走行中のタクシーから得た走行履歴情報に加え、過去の統計情報を利用した「プローブ推定補完技術」により、広範囲かつ安定的な交通情報を提供している。タクシーのプローブ情報を活用したシステムは、現在、パナソニックや富士通でも採用が検討されており、実用化に向けて開発や試験運用が行われているという。

カーナビメーカー以外では、先述の本田技研工業を筆頭に、日産自動車の「カーウイングス」、トヨタ自動車の「G-BOOK」などがすでにサービスを開始しており、ユーザーにとっては選択の幅が着実に広がりつつあるのが現状だ。

## 「知」の共有が生み出す無限の可能性

プローブ情報システムは、クルマ1台1台をセンサーに見立て、実際の走行履歴データをもとに交通情報を生成しているため、災害時の交通情報にも役立てられている。先の東日本大震災後には、プローブ情報システムの運用を行っている各社から、「その道が実際に通行できるかどうか」の情報が、カーナビだけでなくパソコンやスマートフォンのサイト上にも公開され、被災地住民はもちろん、災害救助や物資輸送、ボランティアに向かう人たちにも活用されたという。



トヨタ自動車がプローブ交通情報をもとに、PCやスマートフォン向けに提供しているG-BOOK「通れた道マップ」。画像は、2012年3月2日0時から3月8日24時までの仙台市付近の通行実績情報を地図上に表示したもの。青色部分は「双方向の通行実績あり（3台以上）」、緑色部分は「一方向の通行実績あり（3台以上）」、黄色部分は「通行実績あり（1台以上3台未満）」を示している。

このように、交通情報をはじめとするさまざまな「知」の共有が可能なプローブ情報システムは、渋滞情報の提供だけでなく、多彩な利用用途と無限の可能性を秘めた次世代の交通情報通信システムなのである。今後、より多くのユーザーがこのシステムを活用することで、情報の量や質はさらに高まり、今まで以上にカーナビは便利なアイテムへと進化していくことだろう。

