

## 2. 既存の位置特定技術とその課題

第2章では、人間を対象とした既存の位置決め技術を概観し、その利点や限界などを整理する。表2-1は人間を対象にした位置特定手法のこれまで事例をあげたものである。既存の方法は、大きく以下のように分類することが可能である。

- 1) GPSによる方法
- 2) 携帯電話やPHSによる方法：昨年度の検討結果も踏まえて
- 3) 電子タグなどによる方法
- 4) その他・複合的な方法

しかし、実際には航空機などで利用されてきた慣性航法装置を人間に適用することも可能になりつつある。また、さらに小型のセンサを人体に装着することで、人の動作を把握し、それをもとに移動距離や速度、方向を特定しようという研究もある。そこで、本研究では改めて、以下のような分類により既存技術の概観を行う。

- 1) GPSによる方法
- 2) 携帯電話やPHSによる方法
- 3) 慣性航法による方法
- 4) 電子タグなどによる方法
- 5) ウェアラブルセンサによる方法
- 6) その他・複合的な方法

表 2-1 人間を対象とした位置特定手法の例

	測位精度	利用可能範囲	測位原理	利用者装置	システム装置	国際的な標準化の進展状況	今後の課題
GPS (単独測位)	10m~100m	地球周辺。ただし、GPS 衛星を最低でも 4 つ捕捉できる場所（室内やビル の谷間では使用不可）	各 GPS 衛星から送信されるコードを受信して、受信機と各衛星間の距離を求めることにより測位を行う。	GPS 受信機（小さいものなら手のひらサイズ）	特になし。 GPS 衛星は民生用に開放。	グローバルスタンダードな技術となっている。	GPS、GLONASS 等の衛星数の増加や、 軍用コードの民間への開放などが 進めば、精度・利用可能性の向上お よび測位時間の短縮が可能である。
DGPS	数 m 程度	GPS と同様で、かつ、参照地点から数百 km~数 千 km 以内	座標が既知の参照地点で GPS と同様の測位を行い、誤差補正情報をユーザーに送 ることでユーザーの測位精度を向上させる。	GPS 受信機、および誤差補正情報受信機。	参照地点における GPS 受信機、および誤差補正情報送信設備	グローバルスタンダードな技術となっている。	○複数参照地点の測位誤差情報を用いることによって、ユーザーに伝 送する測位誤差情報の質の向上。 ○参照地点とユーザー間の安価で簡便な誤差情報伝送手段の確立。
スードライト	GPS もしくは DGPS と同程度	スードライトもしくは GPS 衛星が捕捉できない場所では使用不可能。	GPS 衛星に類似したコードを送信するスードライトを用いて、GPS や DGPS と同様の原理で測位を行う。	GPS もしくは DGPS と同様。ただし、信号形式が違うためハードもしくはソフトの変更が必要	GPS もしくは DGPS と同様のものと、スードライト送信系。	まだ標準化の段階ではない。	遠近問題・マルチパスの解決、スードライト送信系の時刻同期の解決など、実用化に向けて課題は多い。
SnapTrack	GPS もしくは DGPS と同程度	GPS 衛星からの電波は微弱でもよい。 狭い路地や屋内の一部でも利用可能。	ユーザー端末では、GPS 衛星からのコードを受信し実際の測位算出を行うサーバーと通信する。参照地点では、GPS 衛星からのコードを用いて測位誤差情報をサーバーに送る。	GPS 受信機。複雑な測位計算はサーバーで行うため小型化が可能。	ユーザーの GPS 端末と、参照地点の GPS レシーバー、これらから送られたデータをもとに測位計算をするサーバー。	まだ標準化の段階ではない。	端末とサーバー間の安価で簡便な通信経路を確立することが必要。
IndoorGPS	GPS と同程度	GPS 衛星からの電波は微弱でもよい。 狭い路地や屋内でも利用可能。	超高感度の GPS 受信機 (並列処理コリレータ)	超高感度の GPS 受信機	特になし。	GPS と完全に同一技術を使用	誤差は GPS と同程度あるものの、受信機サイズ、価格の問題が解決すれば一気に普及か？
GPS One	GPS が使用可能であれば GPS と同程度 使用不可能な場合は数 100m 程度	GPS が使えないエリアでは携帯基地局からの電波を併用 (時刻同期)	GPS が使えないエリアでは携帯基地局からの電波強度を併用。	CDMA 方式携帯電話 (日本では KDDI : cdmaOne)	携帯電話網	米 Qualcomm の開発した技術。 E-911 と絡んで普及が期待されている。	GPS が使えないエリアでの精度、利用可能性の改善。スードライト的な手法が必要か？

表 2-1 人間を対象とした位置特定手法の例（続き）

	測位精度	利用可能範囲	測位原理	利用者装置	システム装置	国際的な標準化の進展状況	今後の課題
PHS	50m～ 数 100m	PHS の基地局が整備される範囲。	複数の基地局で計測される PHS 端末から信号強度を用いて位置計算を行う。	PHS アンテナを内蔵した専用端末。	PHS の基地局網と、位置計算をするサーバー。	標準化されていない。	電波強度分布を推定するための手法開発、および、3 次元地図データの整備。
超音波 (ActiveBats, Cricket など)	数 cm～数 m	超音波基地局の整備されている範囲。一般的には室内用途。	超音波による距離計測を元にした位置推定。	超音波受信機とその処理装置。研究レベルで手のひらサイズの物が既に存在。	超音波送信機。場合によっては送信機の位置管理や測位用サーバー。	研究段階。	整備環境下では実用的。シームレスをどう実現するか。
情報杭 (電子タグ)	電子タグの持つ位置精度、感度に依存。一般には数十 cm～数 m	電子タグの設置済み領域でのみ利用可能。	電子タグとの電磁誘導などを用いた非接触通信によってピンポイントの位置情報等を獲得する。	電子タグリーダー。大きさは携帯電話からかばん程度？	電子タグ（シールタイプの物などサイズは非常に小さい）とそのための通信端末。	標準化されていない。	電子タグの単価をいかに安くできるかが課題。安ければ必要な場所の至る所に埋めてしまえばかなり実用的？ ID の管理方法。
GI ストーン (ビーコン)	GI ストーンの持つ位置精度に依存。	GI ストーンの設置済み領域でのみ利用可能。	路上に埋められた GI ストーンと端末間の通信で、自己位置や場所属性情報をやり取りする。	GI ストーンからの信号を受信する端末。用途によって大きさも機能も多様。	GI ストーンと、これと通信するユーザー端末。	建設省で実用化検討中。	公共事業として、誰をターゲットとして何を提供するのか、どこまで国でやるのか、など検討するべき項目は多い。
画像処理	画像の解像度と参照データの精度による。	3 次元地形データベース（建物なども含む）が整備されている範囲。	ユーザーの身につけているビデオカメラの画像と地形データベースとのマッチングにより現在位置を算出する。	ビデオカメラ、GPS レシーバー、ジャイロ、磁気方位センサー、測位計算のための PC、バッテリー。大掛かりになりがち。	利用者装置と同じ。	研究レベル。	カメラの向いている方向を精度よく計測するのが困難。ジャイロと磁気方位センサーの出力をうまく使って視線方向の計測精度を向上する必要がある。計算量、サイズの縮小。

## 2-1. GPS による方法

### 1) 概要

GPS(Global Positioning System)は、米国攻防省より開発され、1993 年 12 月に正式運用が開始された全世界的な衛星航法システムである。GPS システムの前身は、1960 年頃から始まった NNSS システム(Navy Navigation Satellite System)であり、その他のグローバル測位システムであるロラン、デッカ、オメガなどといった双曲線航法における相対測位から一線を描いて全地球的な絶対測位が可能になったことは特筆すべきことである。GPS は、試験用のブロック I 衛星は、すべて退役し、現在 28 衛星が軌道上に配置されサービスに供されている。

測距信号としては、基準発信器の周波数  $10.23\text{MHz}$  の 154 倍の  $L1=1575.42\text{MHz}$  と 120 倍の  $L2=1227.6\text{MHz}$  の 2 つの周波数を送信している。各衛星は、軌道半径約  $26,000\text{km}$ 、軌道傾斜各  $55^\circ$  の 6 つの軌道面にそれぞれ 4 衛星ずつ配置され、11 時間 58 分 2 秒 (1/2 恒星日) で周回している。

L1 には、C/A コードが付加されている。これは SPS(Standard Positioning Service)コードと呼ばれ、一般的なカーナビゲーションなどで広く利用されている。L1 及び L2 には、P(Y)が付加されており、PSP(Precise Positioning Service)と呼ばれ、米国軍事関係者など特定の利用者に限られている。しかし、P コードについては、市販されている 2 周波受信機でも利用されており、実際にはさらに秘匿操作(AS: Anti Spoofing)によって Y コードによって運用されている。従来 P コードユーザーは、単独測位でも 10m 程度の精度が確保できているが、民間利用者である C/A コードの単独測位精度は、約 100m であった。これは、意図的な精度劣化の方策である S/A(Selective Availability: 選択利用性)が作用しての精度劣化であったが、日本時間で 2000 年の 5 月 2 日に突然 SA が解除され、C/A コードでも格段に精度向上することになり、10m 前後の単独測位精度が得られることになった。奇しくもこの日は、WRC (世界無線周波数会議)で EU の GALILEO 計画に対する周波数の割り当てが行われた日で米国の GALILEO に対する牽制とも言われる。

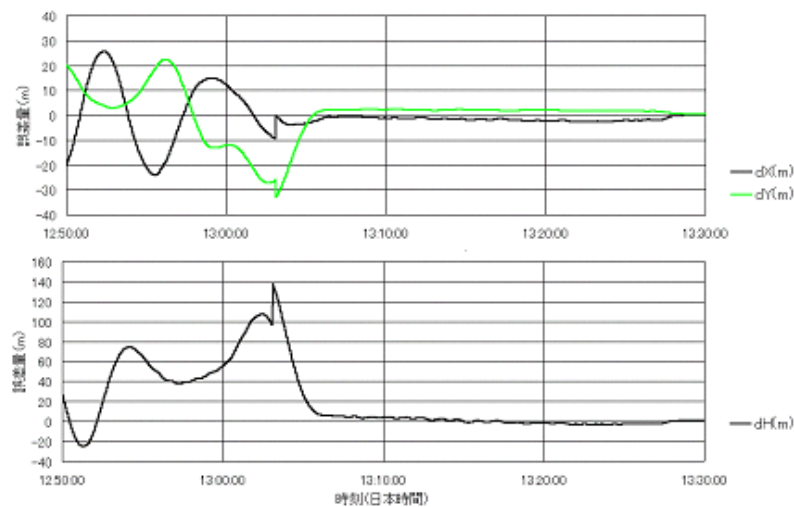


図 2-1-1. 2000 年 5 月 2 日の SA 解除の状況

## 2) 今後の動向

1999 年 1 月 25 日、当時のゴア副大統領による発議以来、これまで L2 に民間用の C/A コードを付加すると言われてきたが、最近になって L2 Civil Signal (民生用信号) と呼び方が変わり、下表に示すようにチップレートは L1 の C/A コードと同じであるが、コード長が長くなり、短い moderate code で 10,230 ビット、長い long code で 767,250 ビットが採用される見込みである。前者は航法メッセージに重畳されるが、後者にはない。これによりデータ復調および搬送波追尾の性能を上げることができる。第 3 の周波数 L5(1176.45 MHz)には、P コードと同じチップレートで L2 の CM と同じ長さのコードが載せられることになる。L1,L2 の P コードと同じ周波数帯域をもつことになる。このあたりのトピックスをまとめると下記のようなになる。

- (1) 2000 年 5 月 2 日の S/A の解除による測位精度の向上  
(GPS Signal Specification 3rd Edition リリース予定)  
⇒ 水平成分： 5m (95%) 鉛直方向： 8m (95%)
- (2) L2 帯 (1227.6MHz) に民間用 C/A コードの追加  
⇒ 2003 年以降打上予定の Block IIR 衛星より対応
- (3) 2005 年以降第 3 の周波数 (L5 : 1176.45MHz) を導入  
⇒ Block IIR の次世代型 Block IIF 衛星より対応

いずれにせよ、これらがフル稼働するのは、L2(M-code も同時に載せられる)が 2011 年、L5 がそれぞれ 2015 年となっている。

表 2-1-1. GPS における 3 つの民生周波数の比較

Civil Signal	Carrier Frequency (MHz)	Code Length (chis)	Code Clock (MHz)	Mod	Bit Rate (bps)	FEC	Relative Date Recovery (Carrier Track) Threshold(dB)	FOC
L1	1,575.42	1,023	1.023	BPSK	50	No	0.0	Now
L2	1,227.60	10,230(CM) 767,250(CL)	1.023	BPSK	25	Yes	+2.7(+0.7)	～ 2011
L5	1,176.45	10,230 10,230	10.13	Qpsk	50	Yes	+5.7(+6.7)	～ 2015

### 3) GPS をはじめとする衛星測位の問題点

GPS または GLONASS、GALILEO、その他のハイブリッドにしても、上空からの電波を利用する必要がある以上、ビル影などの地上施設の影やインドア、地下街などの衛星電波が届かないところでは測位が不可能である。今後の測位技術における利用用途を考えた場合、都市域や地下街、トンネル、高架下などでも測位が可能であるようなシームレスな測位技術が必要不可欠である。このような衛星測位信号の届かない測位不能地帯の解消が大きな課題として挙げられる。

## 2-2. 携帯電話や PHS による方法

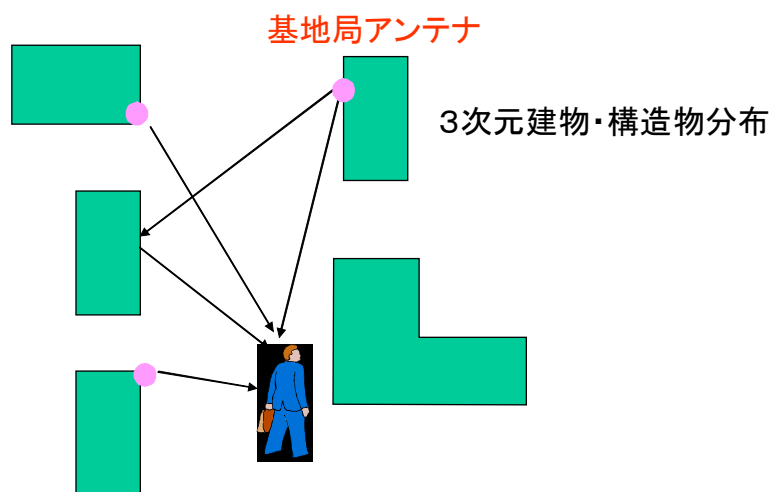
携帯電話や PHS は、基地局と受信機の位置を常に把握するために、基地局から常に信号を出し、それぞれの受信機が自分がどこにいるかを識別できるようにしている。そのため、その信号を利用することで、受信機の位置を推定することが可能になる。方法は大きく 3 つに分けられる。

### 1) 受信の有無による方法

受信機が受信している基地局からの信号のうちもっとも信号強度の強いものを選び出し、その基地局の近くにいると判定することで位置を推定する方法である。ある基地局から送信される信号強度が他の基地局に比べて強い区域は、面的に広がるため、「受信している」という情報から得られる結論はその区域内にいるということだけである。そのため、精度は受信区域の大きさによって決まる。都市部においては一般に多数の基地局が置かれていることから比較的精度が高いと期待されるものの、都市辺縁部では基地局の密度が落ちるにつれて当然、精度は低下する。

### 2) 電界強度による方法

電界強度自体を直接利用する方法である。基地局からの出力がわかっているならば、受信出力は基地局からの距離が大きくなるにつれて小さくなるはずである。そのことを利用することで、基地局の受信圏内にいるというだけではなく、基地局からの距離をおおよそ知ることができる。さらに、一般に受信機は複数の基地局からの信号を同時に受信していることから、それぞれの基地局に関して電界強度を用いた同様の解析を行えば、より精度よく位置を決めることができる。携帯電話についても同様の原理で、位置を決めることができる。受信の有無による方法は、基地局の密度に依存するため数百メートルの誤差を含むこともある。一方、受信信号の強度から求める方法は、数十メートルの精度を出すことも可能である。この際、基地局からの信号は、周辺の建物や地表面、高架道路などの構造物に複雑に反射して受信機に到達することから、精度を向上させるためには、単純に強度が距離減衰すると考えることは適当でない場合がある。その場合には、あらかじめそれぞれの位置毎に各基地局からの電界強度を計測しておき、その電界プロファイル（基地局毎の電界強度の変化）を用いて位置を求める方法がある。すなわち、利用者の受信した電解プロファイルが既に計測したあるプロファイルと類似しているときには、既知のプロファイルの得られた地点の近くにいると推定するのである。なお、この場合、多数の地点において電解プロファイルを計測する必要がある大変である。そのため、電波の伝搬シミュレーションを行い、電界プロファイルを予測する方法などもある。図 2-2-1 は計算による電界プロファイルの作成方法の概念を示している。



多数の基地局からの信号の電界強度を、反射なども考慮して推定する

図2-2-1 電界プロファイルをシミュレーションにより求める方法



図2-2-2 位置決め用PHS専用端末の例



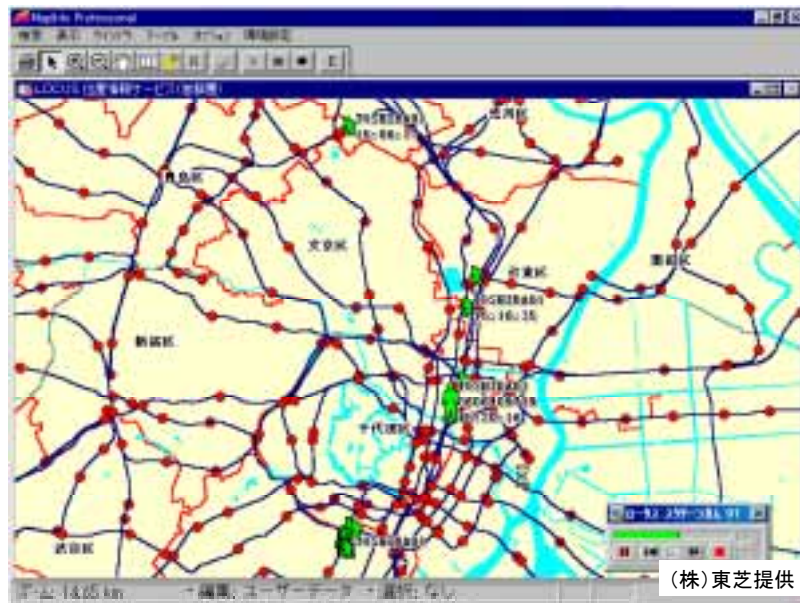


図2-2-3 PHSによる位置決め例（地下鉄駅などでも位置を求めることができる。）

### 3) 電波の到達時間による方法

基地局からの電波が受信機に届く時刻を計測することにより、基地局と受信機との距離を計測する方法である。原理的には GPS と同じであり、そのため基地局が電波を出す時刻が厳密に同期していることが必要である。ある種の携帯電話は GPS を利用して基地局の時刻合わせしており、この方式による位置決めが可能である。精度は当然基地局の密度によるが 100m 程度であると言われている。

## 2-3.慣性航法による方法

### 2-3-1 慣性航法による位置決めとは

慣性航法装置とは、慣性力(加速度)を検出して速度・位置を計算しようとするものであり、全く他の支援を必要としない自立型の航法装置である。位置を計測するには先ず初期値(通常は緯度・経度・高度)を決定しておいて、そこからの速度を積分して行くことで求められるが、地球が楕円体であるためその考慮が必要である。また加速度を積分する際には当然移動のための加速度を積分するのであるが、加速度計は地球上の重力加速度成分を含んで検出するので、その重力加速度成分を除去する必要がある。地球は楕円体であり位置により重力加速度が異なるが、これは位置により関数が定義されているのでそれにより計算することができる。さらに加速度計が地表面に対してどの程度傾いているか(姿勢角)を知ること、姿勢による重力成分を除去することが出来、移動による加速度のみを知ることができる。

この姿勢角は初期姿勢角からの変動を角速度計の積分で算出することになるが、ジャイロもその地球に対して向いている方向によって、地球角速度(自転)の影響を受ける。緯度が35度付近では向きによっては約12度/時程度の角速度が発生しており、1時間積分すると姿勢角が12度誤差になり大きな問題である。これを防ぐにはジャイロの向いている方向を知ってそれぞれのジャイロから自転成分を差し引くことで解決させる。これらの操作を全て行うことで、慣性装置により位置が計測できる。

これらの計算の中には、地球が楕円体であることと自転があることで更に補正が必要である。1つには速度によるコリオリ力の補正である。これは回転体の上である速度で移動する場合、慣性空間から見た場合コリオリ加速度が働くことになり、慣性空間での加速度を検出する加速度計からその加速度成分を削除する必要がある。さらに地球上で慣性空間を移動すると地球中心にたいする姿勢角が変わってくる。つまり赤道上から局に向かって移動する場合は姿勢角を90度回転させないと常に地球中心に対する姿勢角を求めていることにならない。この問題を解決するには、移動距離に応じて姿勢角を回す処理(トランスポートレート)が必要になる。

これら全てを行うことで、地球上を移動するものの位置が正確に算出できることになる。

### 2-3-2 プラットフォームとストラップダウン

慣性により位置を計測する方法は構造的に主に二種類の方法がある。1つが安定プラットフォーム方式でもう1つがストラップダウン方式である。

安定プラットフォーム方式は3軸のジンバルで加速度を基準にした水平なテーブルを構成する。そしてそのテーブル上に二つの加速度計を置き、それぞれを積分することで位置を計算する。そのテーブルはそれ自身水平に保つ特性(慣性)を持っているが、機械式であるために摩擦力により若干変動するので、その変動をジャイロにより計測し常に当初決

めた水平位置を保つようにジンバルを制御することになる。この装置は姿勢が変わると水平テーブルジンバルの角度検出器にその角度が現れ姿勢角が分かる事になる。ジンバルを安定化させるためにジャイロを用いているが、当然このジャイロも自転角速度を検出するので、静止状態でジンバルを制御して行くとジンバルがその角速度で傾くことになる。一方加速度計はその変化した角度分の加速度を検出していないので、その差を使って3軸目の方位を回転させる。方位を回転していった最終的に加速度の信号が姿勢角の信号のみになった場合に方位がきまり、矛盾のないテーブルが完成することになる。

上記のような操作により、安定プラットフォームが完成され位置を計測することが出来る。その構成図を図 2-3-2-1 に示す。

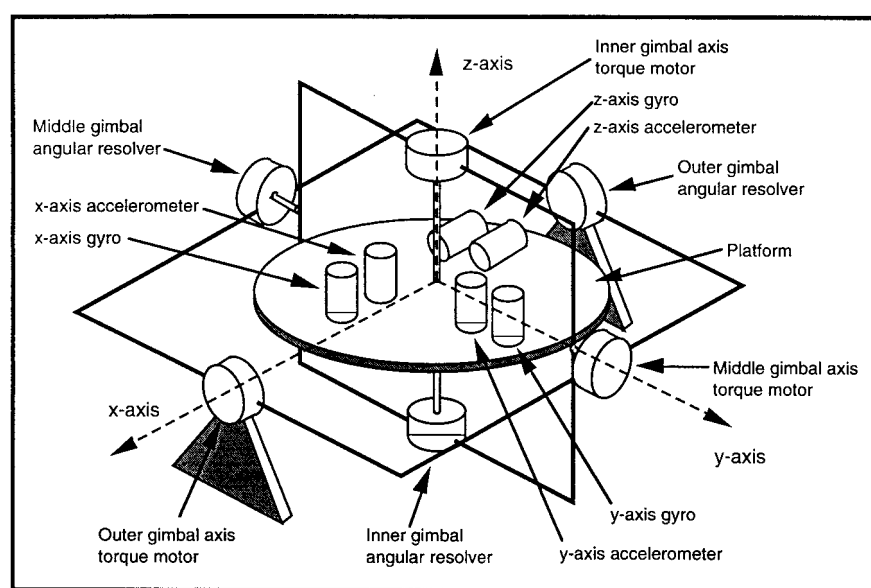


Figure A2-5: Gimballed platform INS structure

図 2-3-2-1 安定化プラットフォーム構成図

安定化プラットフォーム方式はジンバル構成でありベアリング等の劣化により定期的なオーバーホールが必要であるばかりか構成品が複雑で非常に高価（4,000万～5,000万）であったため、コスト低減、メンテナンスフリーを目指した開発が行われ高精度リングレーザージャイロの完成と計算機の目覚ましい発展により、ジャイロ、加速度計を移動するものに直に取り付け、計算機により位置を計測する方法（ストラップダウン演算）が開発され、今日のエアラインを初めとした多くの分野で用いられることになった。これにより定期的なオーバーホールは必要でなくなり、また価格も大幅に改善された。

このストラップダウン方式は、ジャイロと加速度計のみの信号を用いて、姿勢角・方位角・速度・位置を地球座標に対して計算するものであり、0.01度/時と言う極めて低い角速度から400度/時という大きな角速度までを検出することができるリングレーザージャイロの実現により達成できている。通常アナログレベルでは10の6乗程度が限界であ

るが、リングレーザージャイロの出力はもともとパルス信号であるために上記のような10の8乗以上のダイナミックレンジが実現できている。それらの演算方法については後述するものとしてその構成図を図2-3-2-2に示す。

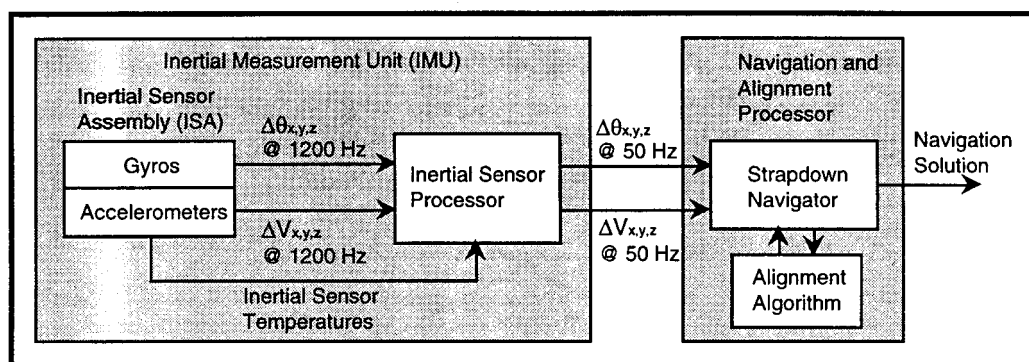


Figure A2-6: Strapdown INS generic architecture

図 2-3-2-2 ストラップダウン構成図

### 2-3-3 慣性航法による位置決めて手順

ここで慣性航法装置の位置決め手順について解説する。安定型プラットフォーム方式もストラップダウン方式も概念は同じであり下記の二つの主要動作により行われる。ここでは今回の研究で使用したストラップダウン方式で記述することにする。この二つのモードは静止状態で加速度を姿勢角を求めることに使用する場合と、初期姿勢角が求まった後移動加速度を検出するために使用する場合に分けられる。同時にジャイロにより真方位を求める為に使用する場合と、角速度を積分して姿勢角を求める場合に分けられる。

#### 2-3-3-1 アライメント

アライメントとはそれぞれの軸を合わせる（言い換えると慣性装置の姿勢角と方位角を求める）操作であり、通常は装置を静止した状態で行う（Stationary Alignment）。今日では GPS 等の外部情報がある場合は移動しながらのアライメント（Moving Alignment）のアルゴリズムが開発され航空機などで運用されている（アライメントは通常5分程度かかるので、エンジンをかけて待機するのは燃料が無駄と言う観点である）。

##### 1) 緯度・経度・高度の入力

前述のように、楕円体の計算、重力加速度の計算、自転成分の計算と位置の初期値を与えるために、緯度・経度・高度を入力する。

##### 2) 加速度計による初期姿勢角の算出(Leveling)

3軸の加速度計からそれぞれの姿勢角を算出する。算出式は下記に示す。ここで加速度センサの出力をそれぞれ  $a_{B,x}$ ,  $a_{B,y}$ ,  $a_{B,z}$  としロール角を  $\theta_R$  ピッチ角を  $\theta_P$  とすると

$$\theta_R = \tan^{-1} \frac{a_{B,y}}{a_{B,z}} \quad (\text{式 2-3-3-1-1})$$

$$\theta_P = \tan^{-1} \frac{-a_{B,x}}{\sqrt{a_{B,y}^2 + a_{B,z}^2}} \quad (\text{式 2-3-3-1-2})$$

となる。実際には雑音の影響を低減するために一定時間で加速度センサ出力の平均値を用いる。

### 3) 粗方位の計算(Coarse Alignment)

精の方位を計算する際には、慣性速度零を観測値とした状態推定フィルタ（所謂カルマンフィルタ）を用いて、それぞれの誤差推定を行う。その状態変数の中に誤差方位が含まれるが、カルマンフィルタの場合は、状態変数は線形性があることが条件であるために、方位角誤差は小さいとしてテーラー級数展開を行い高次の項を無視している。従って精の方位決定においてはその誤差を数度以内にする必要があり、この為、粗の方位計算を行うことになる。これは初期方位を北として（北を向いているとして）純慣性演算を1分程度行います。この場合正しい方位を認識していないので、その分だけ自転角速度に誤差が出て姿勢角が回転します。すると加速度計はその時の姿勢の加速度を検出していますので、姿勢角による計算加速度値と実際の加速度に差が生じて、速度が発生することになります。X軸方向速度とY軸方向速度の比を使って粗の方位を計測します。ジャイロバイアス（自転の誤差分）と出力される速度の関係は下式で与えられます。 $\delta v$ を速度誤差 $\varepsilon D$ をジャイロバイアス $g$ を重力加速度 $t$ を計算している時間とすると

$$\delta v = \frac{1}{2} g \varepsilon D t^2 \quad (\text{式 2-3-3-1-3})$$

で表され、速度誤差の比はジャイロバイアスの比になり下記の原理から方位角として算出できることになります。

下図のように、X,Y軸のジャイロ信号がそれぞれ自転角速度の成分を含んでいるので、式2-3-3-1-3を短時間計算し各軸の比を計算することで、**Heading**の計算と同様な結果を得ることが出来ます。しかしジャイロの信号そのものを観測することは、外乱の影響を直接受けるので有用ではありません。

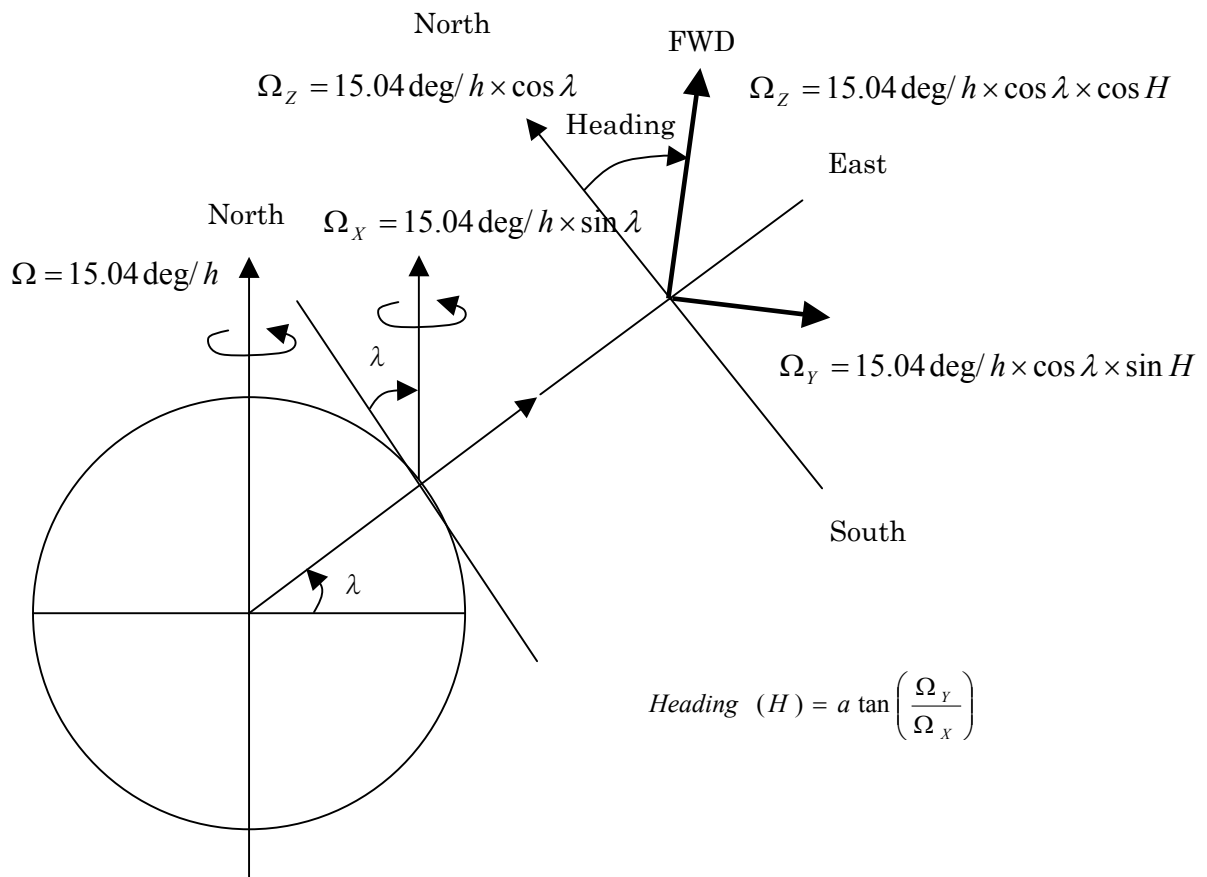


図 2-3-3-1-1 方位計算と自転角速度

#### 4) 精方位の計算(Fine Alignment)

上記のように予め粗の計算により大まかな方位角を知ることにより、状態変数が線形性を持つような計算が可能になり、カルマンフィルタによる方位算出が可能になります。この場合、慣性演算のその他の誤差も推定しないと方位方向の誤差になるので、状態変数は {緯度、経度、高度、速度  $V_n$ 、速度  $V_e$ 、速度  $V_d$ 、姿勢角(ロール)、姿勢角(ピッチ)、方位角、ジャイロバイアス  $X, Y, Z$ 、加速度バイアス  $X, Y, Z$ } となります。慣性速度零と言う観測値を使って、カルマンフィルタにより状態変数の誤差を推定することにより、精の方位角を計算することになります。この演算のブロック図を図 2-3-3-1-2 に示します。

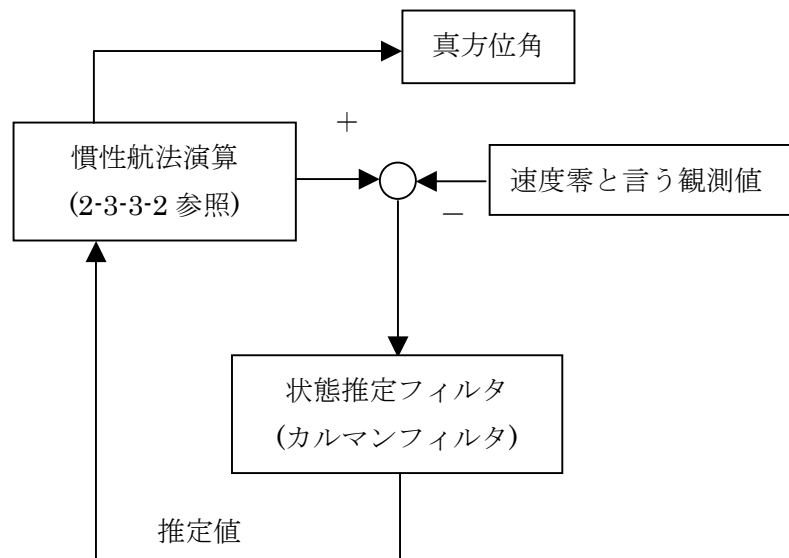


図 2-3-3-1-2 精アライメントブロック図

状態推定フィルタは、慣性装置の速度出力と速度零と言う観測値により慣性速度が零になるように姿勢角・方位角を修正する。つまり、正しい姿勢角・方位角が算出された時自転角速度補正が正しく行われ、式 2-3-3-1-3 による速度誤差が発生しない＝ジャイロドリフトがない＝正しい方位になりアライメントが終了する。通常この操作はジャイロのランダム性のノイズのために、5 分以上を必要とする。

#### 2-3-3-2 純慣性航法アルゴリズム

アライメント完了後それぞれを初期値として慣性による位置計算を行うことが出来る。このアルゴリズムを図 2-3-3-2 に示す。角速度信号はクォータニオン手法により方向余弦を生成し、姿勢角を算出と同時に加速度信号を使って水平面加速度を算出する。それを積分しながらコリオリ補正、重力補正を行い地球に対する回転角速度（相対角速度）を算出し、初期位置からの移動角度を求め位置に変換する。位置情報が決定されると自転角速度成分が計算できるので、それを実際の角速度信号から除去することにより地球座標における位置の変化を計測することが可能になる。通常これらの計算は 50～200Hz で行われる為に比較的早い動きに対しても計算することが可能になる。

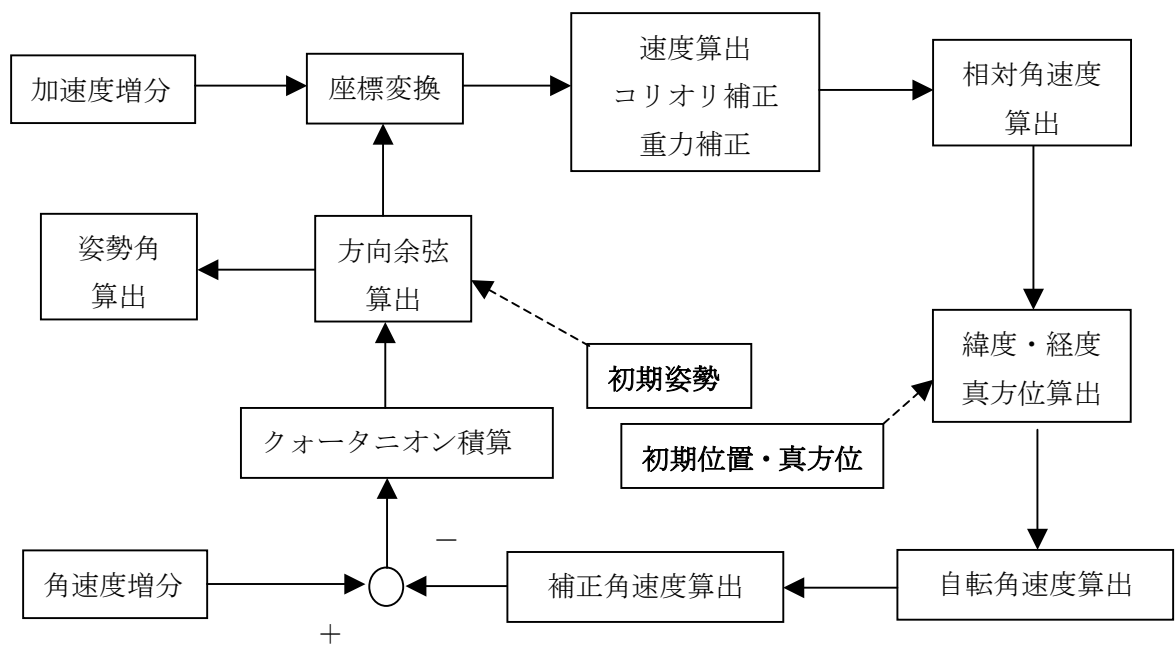


図 2-3-3-2 純慣性アルゴリズム

次頁へ