

# GPSのおはなし

鳥元秀幸\*

## ● も く じ ●

1. GPSを構成する3つのシステム-----	1
2. GPS衛星の軌道-----	2
3. GPS衛星はどんなものか-----	3
4. どんな電波がだされているか-----	4
5. 電波にはどんな情報がのっているか-----	5
6. GPSによる測定-----	6
7. 一点測位の原理-----	7
8. 干渉計測位-----	8
8. 1. スタティック測量	
8. 2. キネマティック測量	
9. 測定の準備と測定計算(スタティック)-----	10
10. 測距精度の比較-----	11
11. GPSの一般的な応用-----	12
12. GPS受信装置システムの構成図-----	13
13. 衛星スケジュール-----	14

---

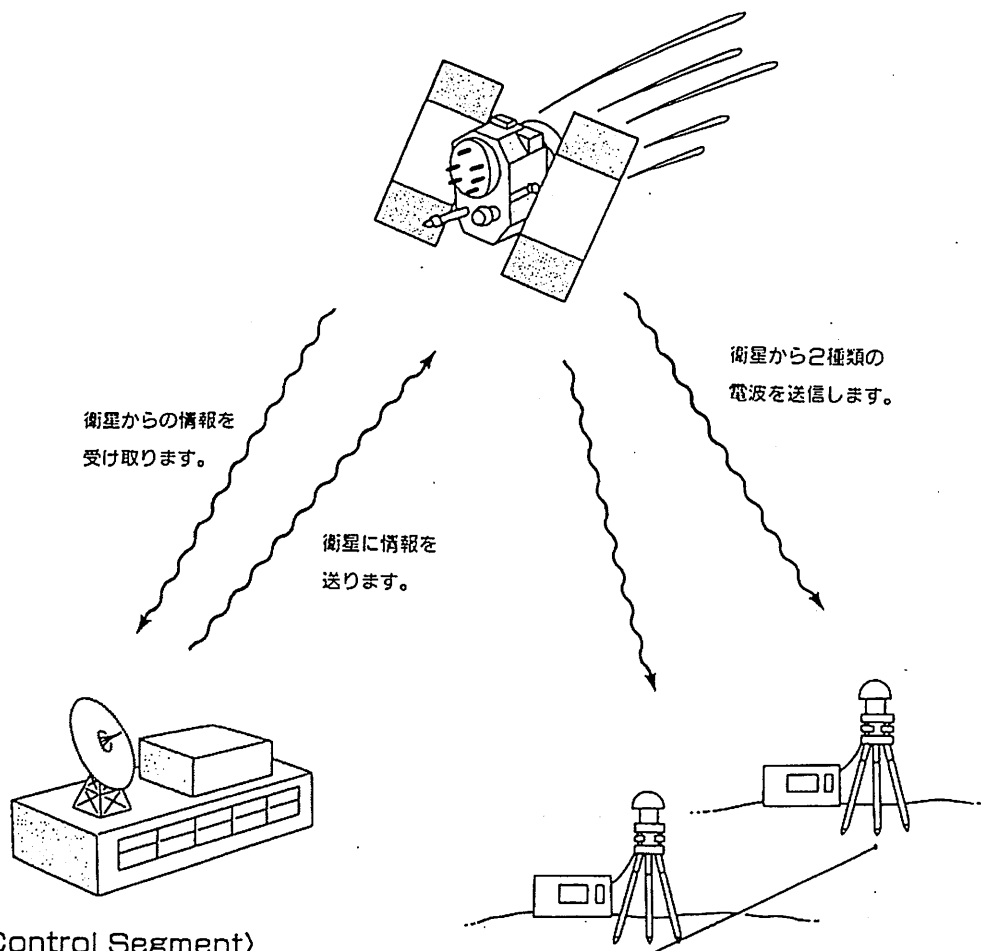
※ DXアンテナ(株)

# 1. GPSを構成する3つのシステム

〈Space Segment〉

(宇宙システム)

24個の衛星と予備衛星から構成され、衛星からは常時電波が送信されています。



衛星からの情報を  
受け取ります。

衛星に情報を  
送ります。

衛星から2種類の  
電波を送信します。

〈Control Segment〉

(コントロール システム)

地上から衛星を監視しながら、衛星の軌道データや時刻を送ります。

〈User Segment〉

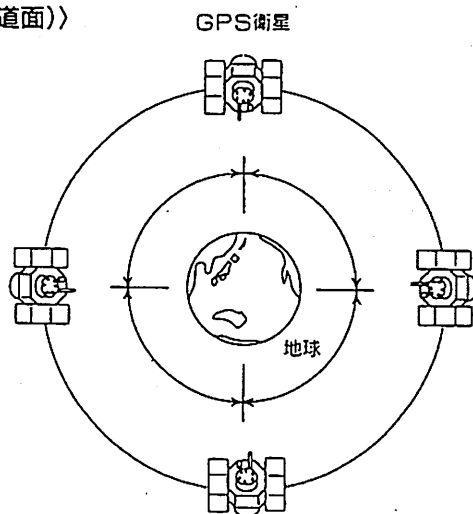
(ユーザー システム)

衛星から送られてくる電波を受信してユーザーが求める位置、または2点間のベクトルを計算します。

## 2. GPS衛星の軌道

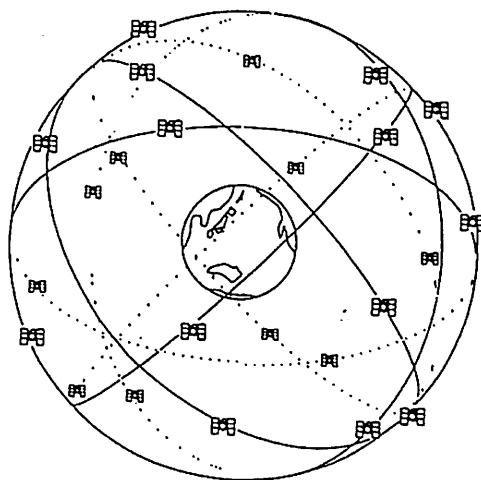
- 軌道 ほぼ円軌道
- 軌道高度 約20,000km
- 衛星の周期 約12時間
- 衛星の数 24個
- 軌道の数 6個

〈衛星の配置図(1軌道面)〉

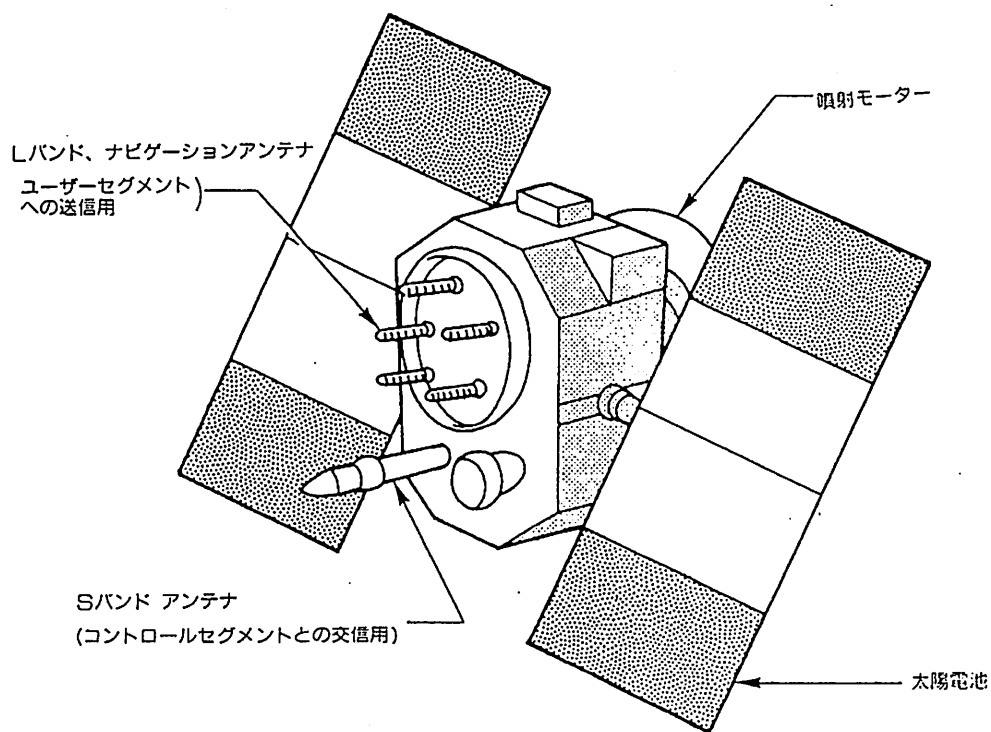


〈GPS衛星の軌道〉

軌道高度約20,000km、周期0.5恒星日(約11時間58分)で6つの軌道面に4個ずつ、合計24個の衛星が配置されています。



### 3. GPS衛星はどんなものか



GPS衛星の外観図

〈GPS衛星の諸元〉 Microwave Journal April, 1986

	実験機(ブロックI)	実験機(ブロックII)
重 量	525kg	844kg
寸 法(太陽電池パネルを上げた幅)	533cm	578cm
搭載時計	ルビジウム原子時計	ルビジウム原子時計
	3個	2個
寿 命	セシウム原子時計	セシウム原子時計
	1個	2個
	5年	7.5年

## 4. どのような電波が出されているのか

1. GPS衛星から送信される電波は周波数で分類すると

L1帯 → 1575.42MHz (約1.5GHz)

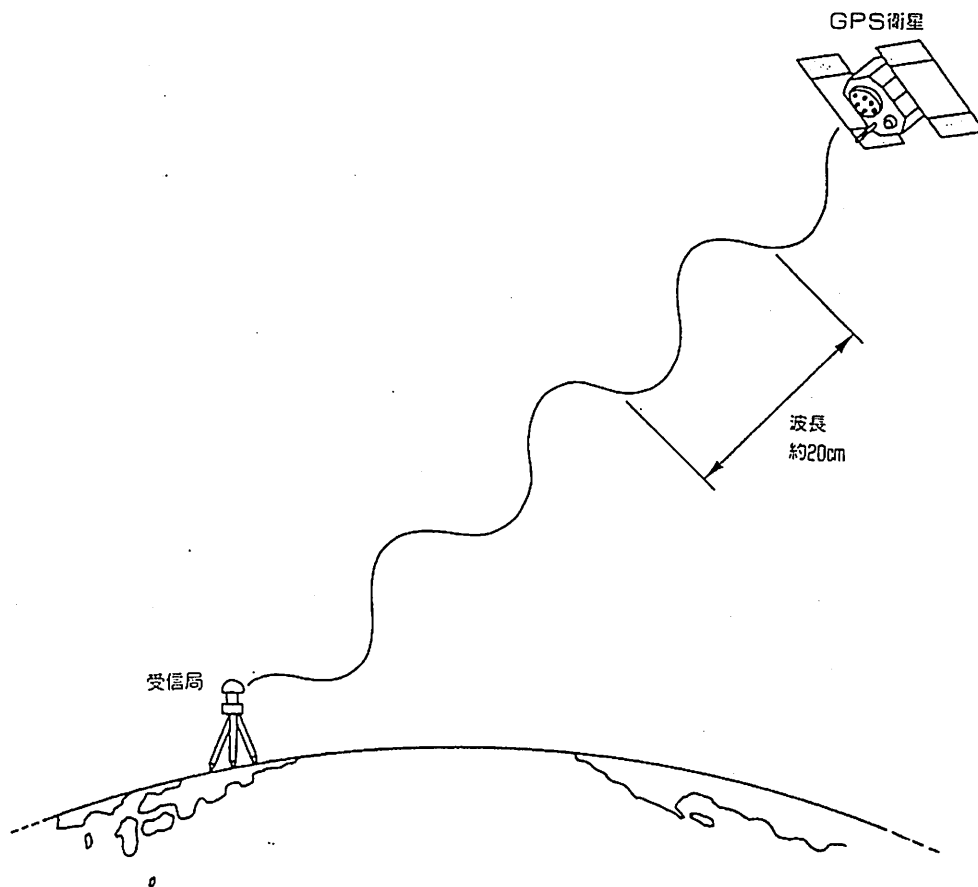
L2帯 → 1227.60MHz (約1.2GHz)

\* 1GHz = 1000MHz

1MHz = 1000KHz

1KHz = 1000 Hz

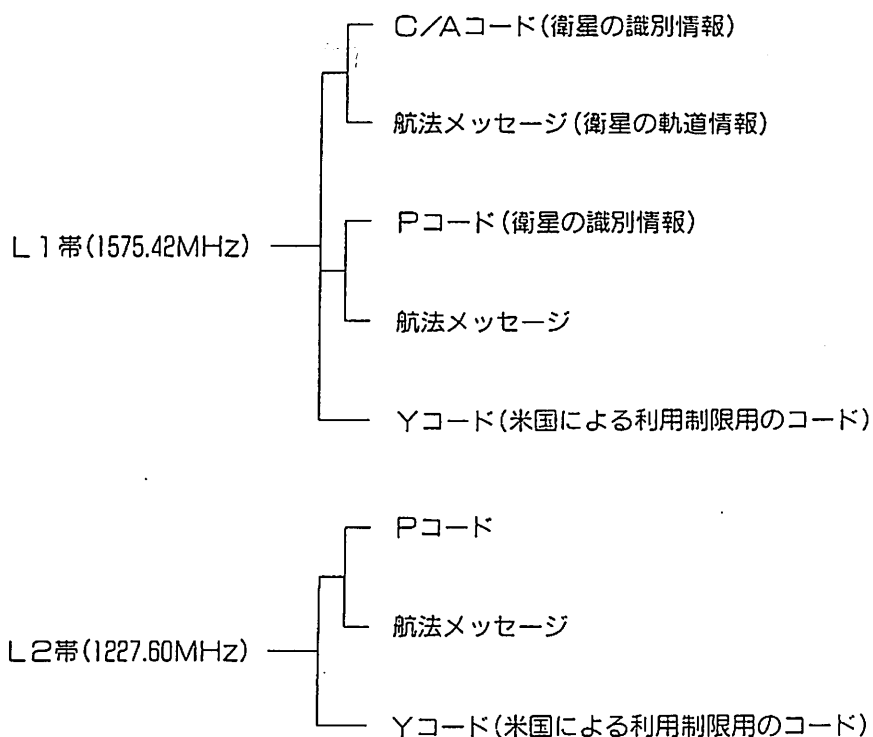
2. L1帯の波長は、およそ20cmです。



3. 電波の形式は、「スペクトラム拡散通信方式」を用いて衛星から送信されます。

これは、例えばL1帯であれば、1575.42MHzを中心周波数として広い帯域幅に電波を拡散させて送信するもので、ノイズに強い特長を持っています。

## 5. 電波には、どんな情報がのっているのか

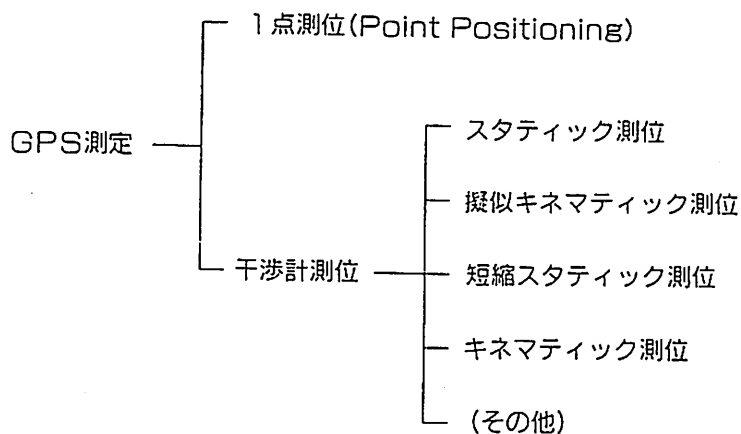


\*C/Aコード及びPコードはそれぞれの衛星によって異なる符号コードで送信されます。

\*航法メッセージは、その衛星の位置を計算するための情報とGPS時刻に関する情報です。

\*L1帯とL2帯によって電離層での電波の伝播遅延時間を測定し、L1帯で測定した距離の補正をします。

## 6. GPSによる測定



- \*1点測位 地球上にいるユーザーの位置を観測します。  
この方法は、自動車・航空機・船舶等の Navigation System に利用されます。  
移動体の位置を測定します。  
精度は数十m程度です。
  
- \*干渉計測位 2点間の到達する電波の時間的遅れを測定して、2点間のベクトルを正確に計算します。  
この方法は、精密にベクトルを測定することができるため測地測量等に  
応用されます。  
2点間の視通のない地形でも観測可能で、天候の影響等も受けずにベ  
クトルを測定できます。  
精度は数mm～数cm程度です。

## 7.1 点測位の原理

### 〈原理〉

1. 衛星の位置は、軌道情報により計算できます。

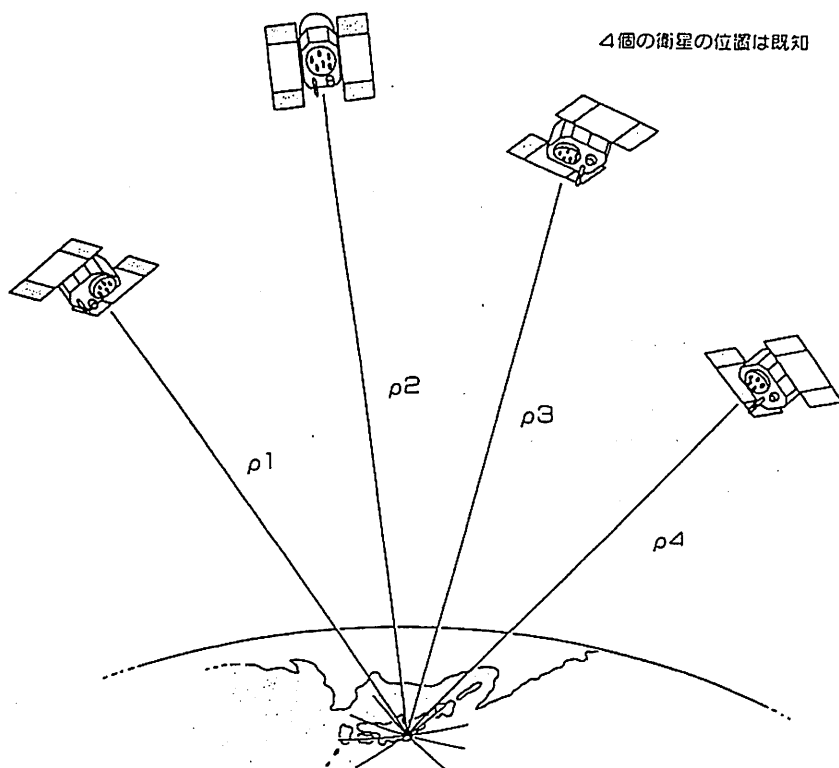
衛星から観測点までの距離  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$  を測定します。

2. 各衛星を中心として  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$  を半径とする球面が交わる点が、ユーザーの求める位置となります。

### 〈計算〉

1. 4個の衛星からの距離を測定します。
2. ユーザーが求める地球上の位置  $(x, y, z)$  とユーザーの受信時刻  $(t)$  を未知数として、各球面が1点で交わる様に方程式を解きます。

### GPSによる測位の原理

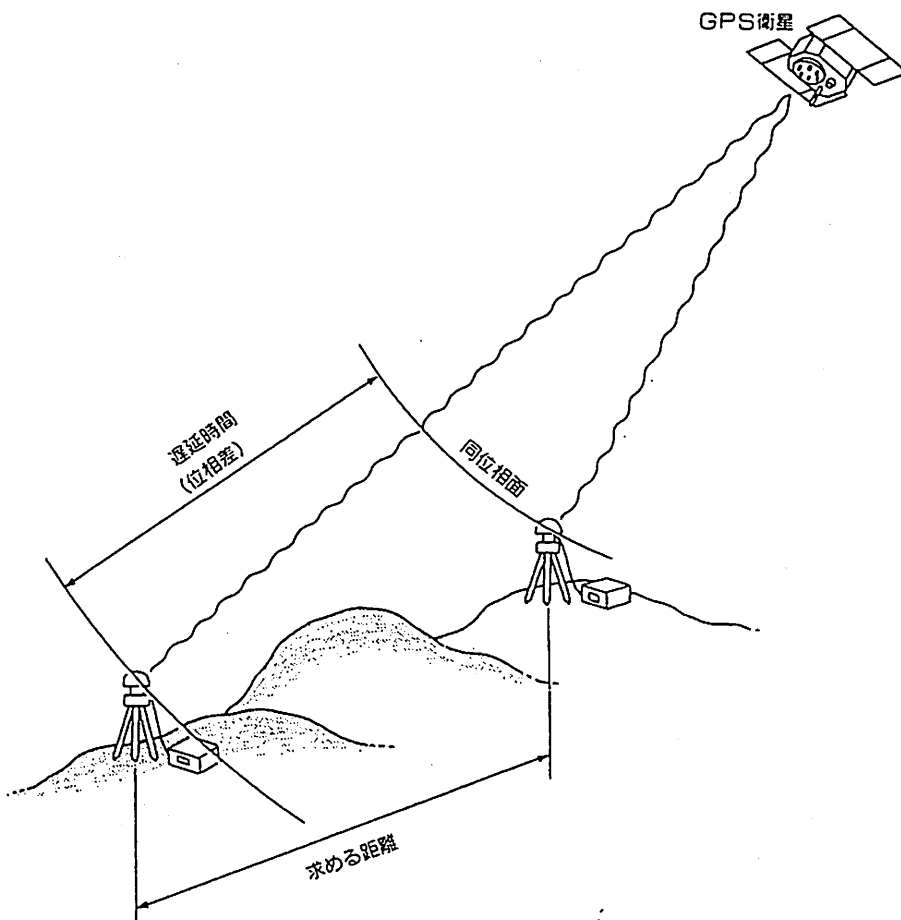




## 8. 干渉計測位

### 8.1. スタティック測量

1. 測定する2点にそれぞれアンテナと受信機を置きます。
2. 同じ時刻に同一衛星からの電波の位相を測定します。
3. この測定を数時間行い、記憶装置に記憶します。
4. 記憶したデータをコンピュータで計算します。
5. 2点間で測定した位相の差を計算して、2点間の距離を求めます。

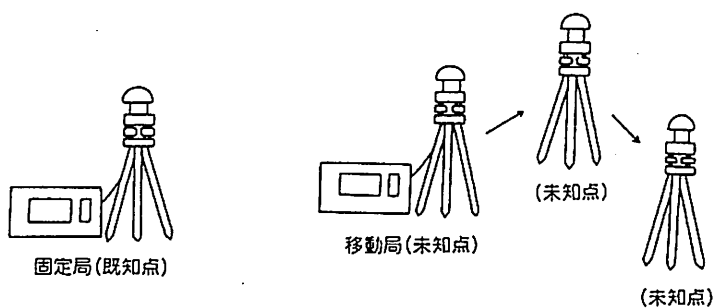
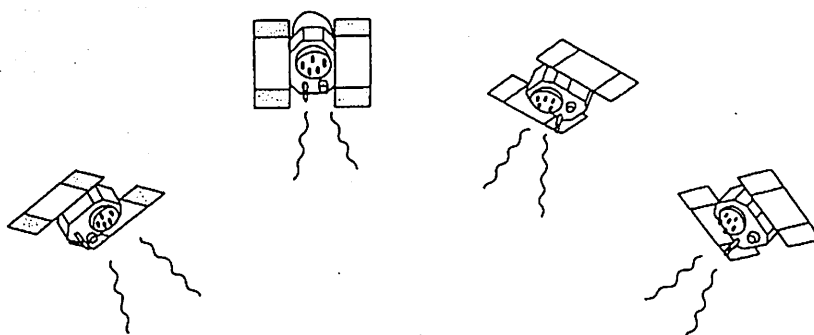


干渉計測位の構成と概念図

## 8・2. キネマティック測量

1. 既知点にアンテナと受信機(固定局)を設置します。
2. 他の1点(未知点)にアンテナと受信機(移動局)を設置します。
3. 移動局は、移動しながら多くの観測点(未知点)を測定します。
4. 移動中は衛星の電波を受信し続けながら測定を行います。
5. 同時に同じ組み合わせの4個以上の衛星の信号を、1点あたり1データ以上観測します。(例えば、測定間隔5秒で10データ)
6. 移動局は次々と他の観測点へ移動して、多くの基線ベクトルを短時間で測量します。

※この方法は工事測量等に应用されます。



キネマティック測量の概念図

## 9. 測定の準備と測定計算 (スタティック測量)

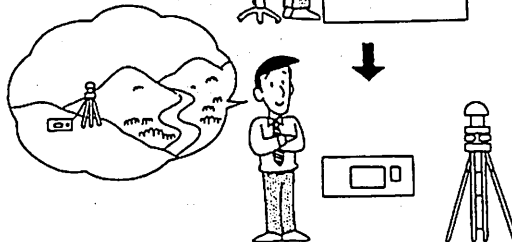
1. 測定する時間帯を調べます。

予め衛星から受信したデータをもとに、コンピュータを用いて測定する場所（観測点）から4個以上の衛星が見える時間帯を探します。（「観測計画」プログラムが自動的に計算します。）

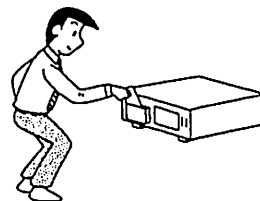


2. 測量計画を立てます。

現地の確認、測定時刻、アンテナ・受信機・電源等の準備をします。

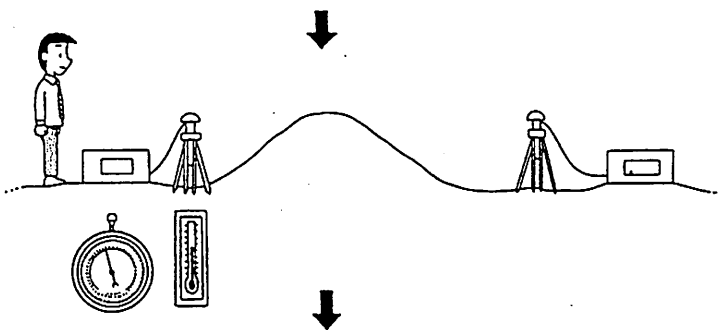


3. 測量のための準備データを受信機に入力します。



4. 観測点で測定します。

5. 温度・気圧や湿度を測定します。



6. 観測データをGPS計算プログラムに入力して計算します。



〈注 意〉

\*1. 観測中は、同時に4個以上の衛星が見えなければなりません。

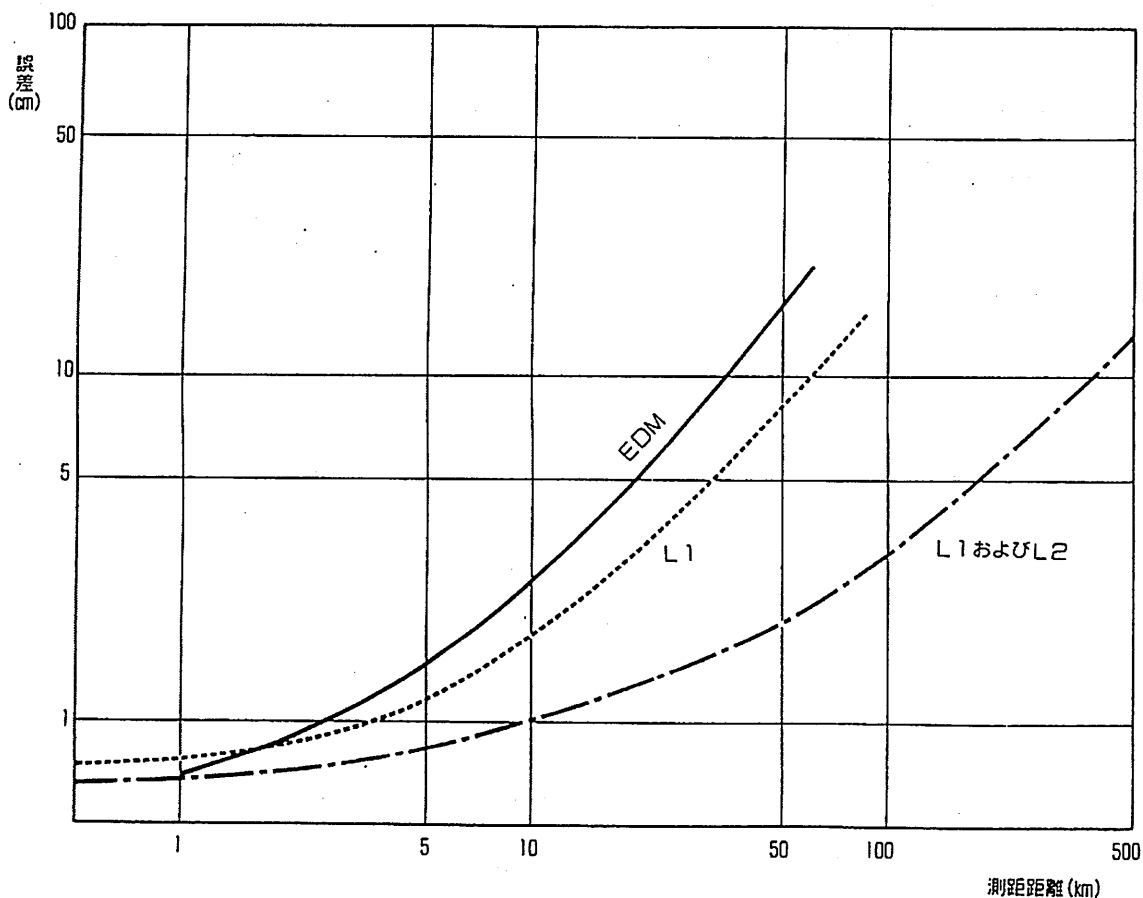
\*2. 衛星の見える時間帯は、1日に4分ずつ早くなります。

## 10. 測距精度の比較

基線長に対する従来の測量機による測量精度とGPSとの精度比較に関するデータが下のグラフです。

SLR(Satellite Laser Ranging)とVLBI(Very Long Baseline Interferometry)はどちらも“cm”のオーダーの精度をもち、GPSのL1帯及びL2帯の2周波による測定でも100kmまでは、同じく“cm”の桁の精度があります。

また、5kmを超えると、EDMによるトラバース測量よりも、SLRやVLBI及びGPSの測量のほうが精度の点では良くなります。



測距精度の比較

# 11. GPSの一般的な応用

## 1. 測地測量分野

従来の測量機による地上測量に代わり、衛星を利用した効率的な測量が期待できます。

また、地殻変動・地震予知等にも利用可能。

## 2. 海上測量分野

海上の工事用測量・深淺測量(船の位置)等。

海運・海洋観測・海路(Navigation)への応用。

## 3. 車両分野

車両のPositioning又はNavigationへの応用。

## 4. 航空分野

航空Navigation等への応用。

## 5. 宇宙分野

GPS衛星を用いて、他の衛星のPositioningやNavigation。

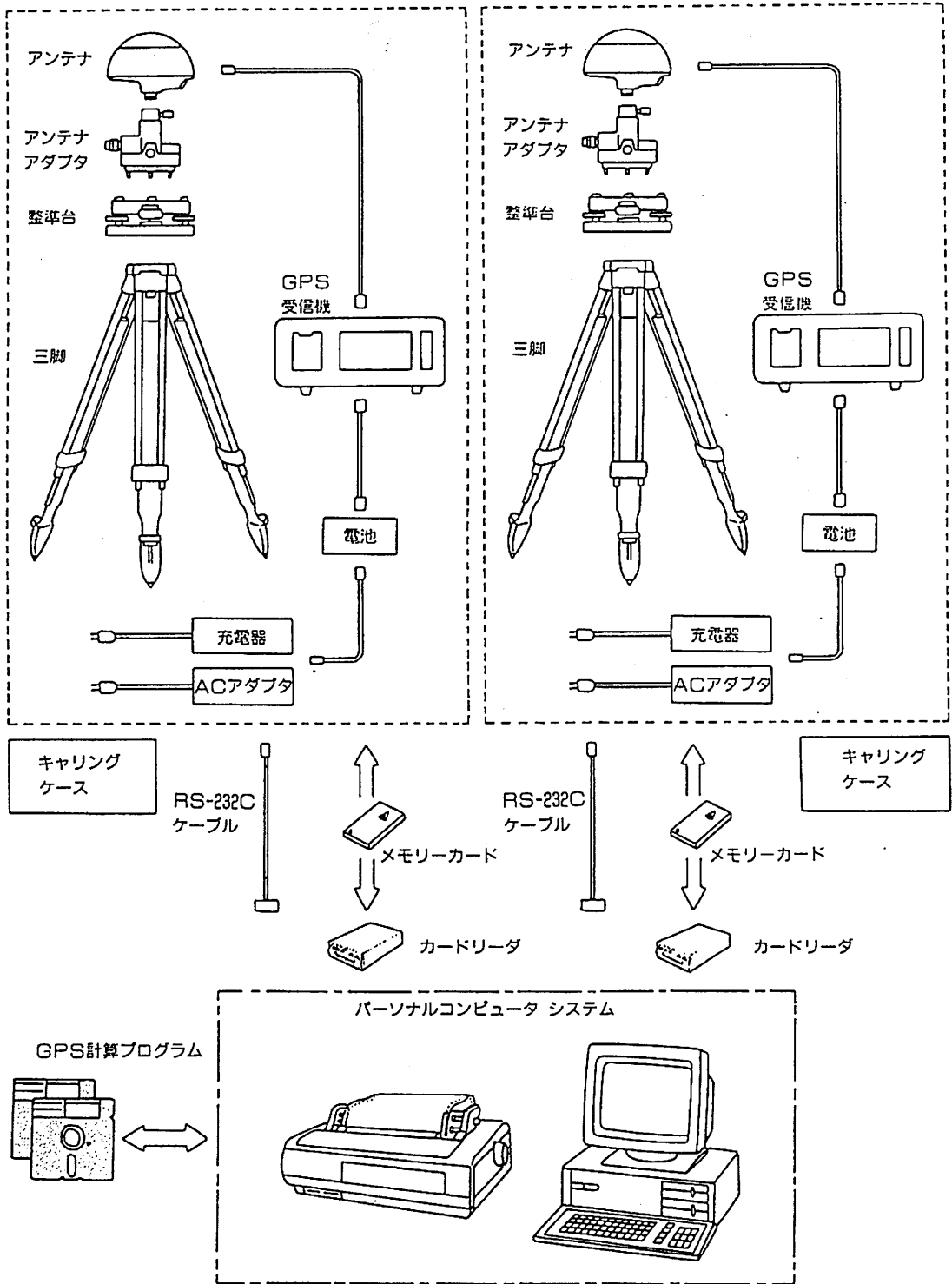
## 6. レジャー・スポーツ分野

個人用受信機として海・山・車で自分の位置の確認。

## 7. 軍事用

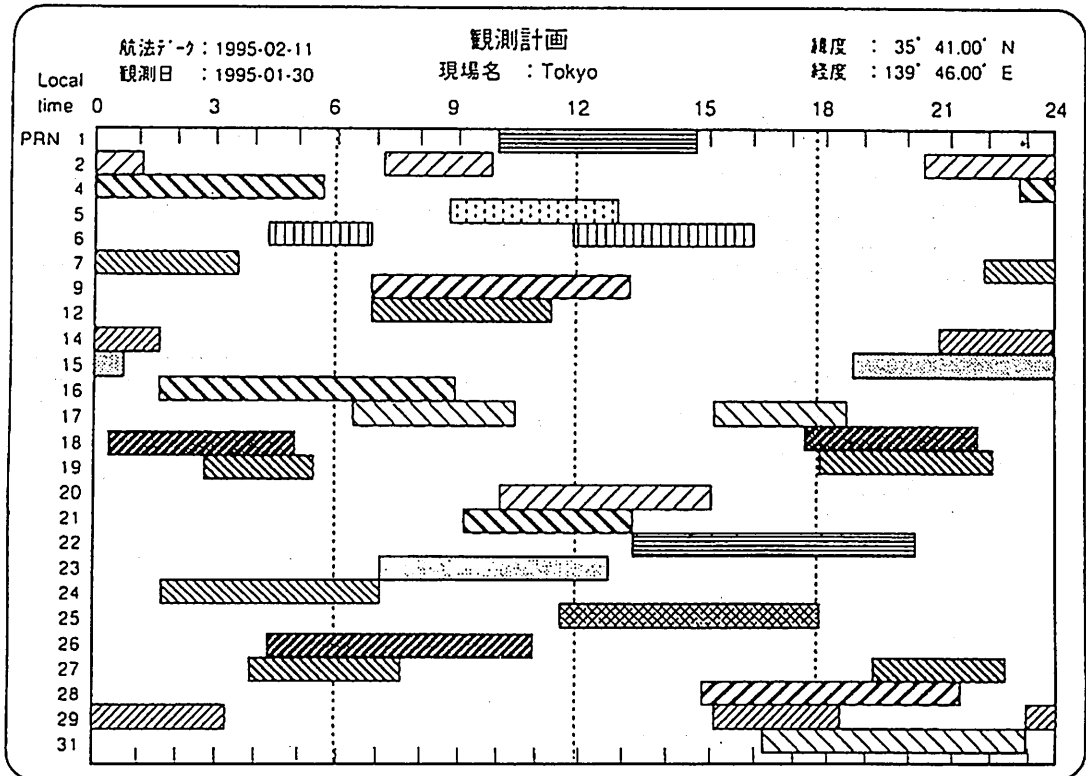
## 8. その他

## 12. GPS受信装置システムの構成図



# 13. 衛星スケジュール

〈衛星スケジュールの見方〉



この表は、ある観測地における1日の衛星の見え具合を表わしています。(縦軸は衛星の種類で横軸は時間を示します。)上の例では、1995年2月11日、観測点TOKYOにおいて、PRN6は、午前4時20分頃から午前7時頃までと、午後12時頃から午後4時頃まで観測できることがわかります。

PRN：GPS衛星識別番号 (Pseudo Random Noiseの略)

# LAMOS-BOHSAI 技術資料

## なぜ、リアルタイムキネマティックGPSを採用するのか？

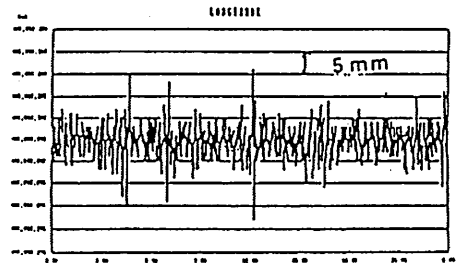
GPSにてcm又はmm単位で位置計測するためには、搬送波受信機による相対測位が必要となります。従来は、解析ソフトウェアを用いた後処理解析によって位置が得られました。しかし、最近リアルタイムキネマティックGPSが登場し、リアルタイムにcm精度の位置が得られるようになりました。

我々は、1時間の静止測量によって得られる1点の正確な位置よりも、1時間に3600点得られるRTKのcm精度の位置に注目しました。

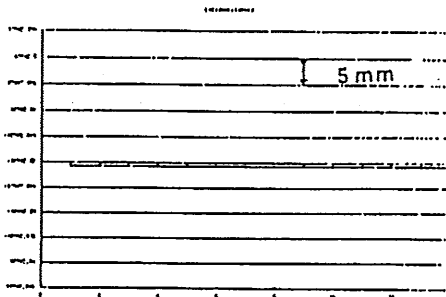
### 14日間の定点観測データ

右のグラフは、LAMOS-BOSAIにて用いられるASHTECH社の2周波RTK受信機<Z-12>の実測データです。GPSで得られる3次元のデータを緯度、経度、高さのそれぞれの24時間の観測データを表示しています。

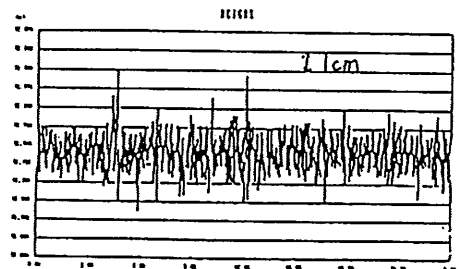
下のグラフは、14日間のデータを一日毎に平均処理した値のグラフです。



緯度方向 24 h



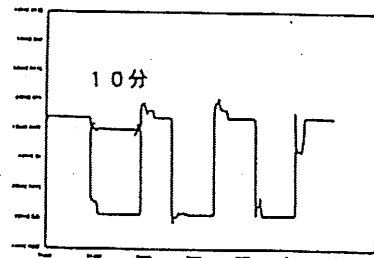
14日間平均



高さ方向 24 h

### 数分以内にcmレベルに収束します！

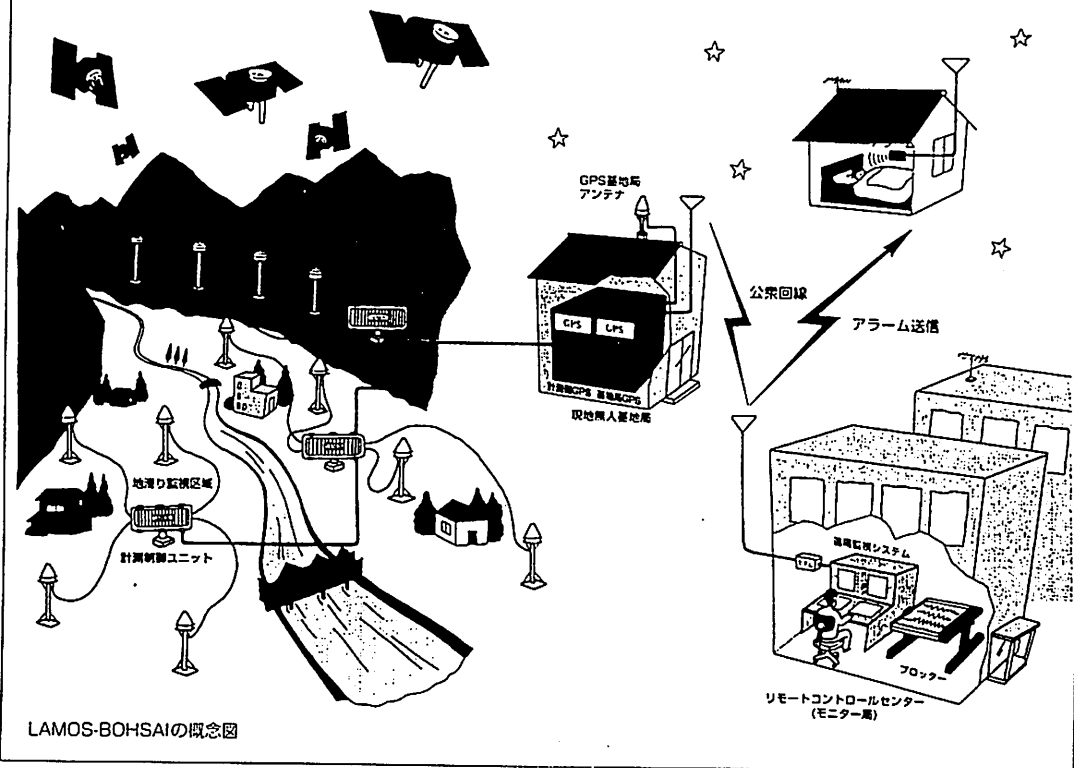
今回採用しているZ-12は、OTF (オンザフライ) 機能により初期化なしに自動的にcmレベルまで位置収束させます。衛星の個数により収束時間も異なりますが、ほぼ1分以内には、cmレベルの位置が得られます。この特徴を活かし、弊社開発のアンテナ切り替え装置により、1台の受信機で数点の観測点の測定が可能な方式になっています。右のグラフは、1台のGPS受信機に2個のアンテナを接続し、交互に切り替えた時の位置の収束状況を表したグラフです。



アンテナ切り替え



DXアンテナは蓄積した技術をフルに活用して  
防災技術を提供いたします。



LAMOS-BOHSAIの概念図

### 特徴

- ☐予算と用途に応じて選択出来るRTKセンサーを用意しています。
- ☐長期観測からリアルタイムモニターまで自由に切替が可能です。
- ☐1台当たりの受信機で多数のアンテナを自由に選択し、切替し、計測が可能です。
- ☐基線長の計算、移動量の分析、リアルタイムの移動量のモニターなど状況に対応した表示切替が可能です。
- ☐全ての操作はセンターのリモートコントロールによる制御が可能です。
- ☐データのみならず地図や写真上によりリアルな移動を表示します。
- ☐変化量のセットによりアラーム機能を公衆回線を通じて指定場所へ送信できます。
- ☐広域になればなるほどコストパフォーマンスが高まります。
- ☐自動脱着式アンテナケーブルにより流失の場合の損失が最小限におさえられます。
- ☐アンテナの接続方式は「芋づる式」と「タコ足式」の両方により効率的な計測点の配置ができます。
- ☐完全防水ケースのラインアップや光ファイバーケーブル伝送システムも用意し、ケーブル長は自由な調整が可能です。

### 応用範囲

- 当社のラモス防災システムは下記のような防災用機器として有効に機能します。
- 地殻変動防災モニター
  - 火山防災モニター
  - 地滑り防災モニター
  - 地盤沈下防災モニター
  - 埋立地防災モニター
  - 海上工事防災モニター
  - 崖崩れ防災モニター
  - 各種防災監視及びアラームシステム
  - 各種建設工事防災モニター
  - 土木工事防災モニター
  - 設計から製作、設置、運用指導、解析までフルサポートを約束致します。
  - 世界のGPS群に対する高いレベルの知識と公平な評価情報を提供し、コストパフォーマンスに優れ、かつ目的に適合したシステムを設計し開発して提供いたします。
  - 設備の設置作業やメンテナンス作業請負を専門の関連会社によって24時間サービスを提供致します。
  - その他特別機能や仕様の設計製作に応じます。