

**土木学会技術開発賞
受賞の紹介**

**RECEIVING THE JSCE
INNOVATIVE
TECHNIQUE AWARD**

技術開発賞受賞の紹介

建設分野における人工衛星 GPS 精密測位システムの実用化

PRACTICAL USES OF PRECISION POSITIONING SYSTEM BY SATELLITE GPS BY THE CONSTRUCTION INDUSTRY

神崎 正*・西澤修一**・阿部義昭***・
辻 宏道****Tadashi KANZAKI, Syuichi NISHIZAWA,
Yoshiaki ABE and Hiromichi TSUJI* 正会員 工博 大成建設(株)生産技術開発部開発室室長
(〒163-03 新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル)

** 正会員 大成建設(株)生産技術開発部開発室副課長

*** 建設省国土地理院測地第二課課長

**** 建設省国土地理院測地第二課係長

Key Words: static positioning, integer fixing, double phase
difference, baseline analysis, world geodetic system
1984

1. はじめに

東京湾横断道路、関西国際空港、羽田空港沖合展開や各種整備新幹線など、わが国ではビッグプロジェクトが多方面で進められている。こうした大規模工事においては、工事管理の高度化によって省人化、省力化を進め、さらには工期の短縮化とコストダウンを図ることが強く望まれている。

人工衛星を利用した測位システムGPS(Global Positioning System)を測地測量に応用する試みは、1980年代中頃までに米国で検討され、相対測位法により数cm程度の誤差での静止測量が可能となった。しかし、これを建設分野に応用するためには、精密測量のための精度向上(mm単位)、動的測位のための測定の高速度化、作業用船舶誘導のための測位結果算定のリアルタイム化など、多くの課題の解決が必要であった。

2. 開発の目標

上記の提案に対応するため、次の開発目標を設定した。

① 動的測位法の確立

- ワンマンコントロールで、精度1cmの連続三次元計測ができること。
- 車輛による広域三次元地形計測が、0.5秒間隔で連続して行えること。

② 静的測位法の確立

- 精密な定点測位が、mm単位で行えること。

③ リアルタイム測位の確立

- 船舶を、高精度で、リアルタイムに誘導管理できること。

3. 人工衛星GPS精密測位システムの建設分野への展開

GPSとは、図-1のように高度2万kmの上空の6軌道面に各4個、合計24個の人工衛星により測位する米国防総省の開発したシステムである。

GPSはそもそも一つの受信機による単独測位を前提として、軍事用に開発されたものである。この場合、一部民間に開放されたC/Aコードでは、電離層や時計誤差などの影響によって、精度は50m以上となっている。

その後、図-2に示すような、複数の受信機で精度を上げる相対測位法が米国で提案され、ある程度の精度での静止測量に使えるようになった。

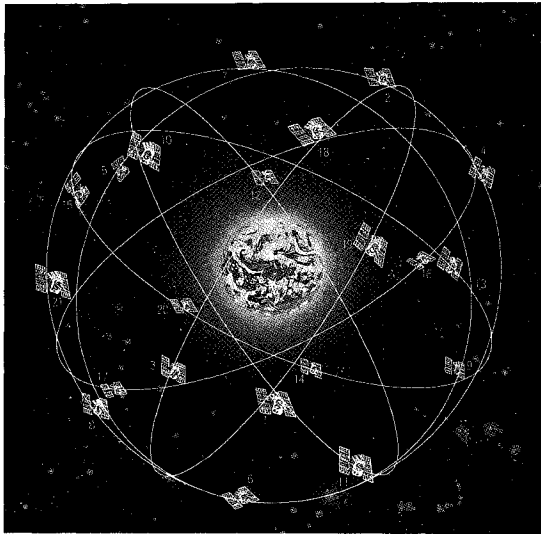
しかし、mm単位の精密測量への適用、高精度な動的測位、リアルタイムな精密測位など、建設分野におけるさまざまなニーズに対応するためには、多くの課題の解決が必要であった。

特に、移動しながら0.5秒間隔に連続して計測する動的計測は、きわめて少ないデータ量の高精度化が必要であり、またリアルタイムに高精度で測位するためには、新たに解決しなくてはならないさまざまな課題があった。

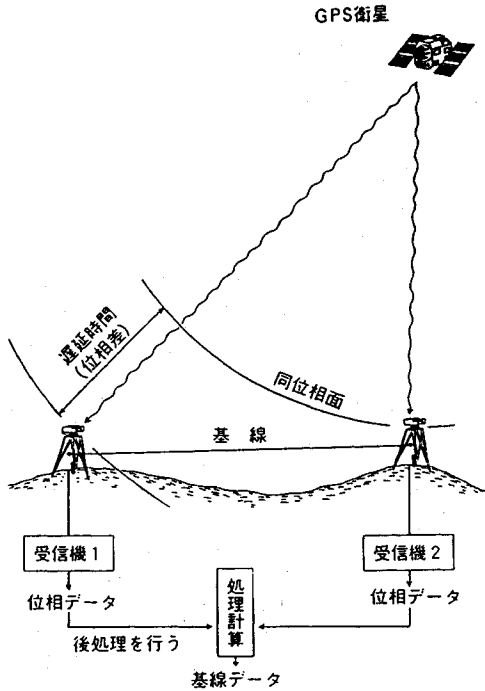
こうした課題に対処するため、例えば時々刻々変化する衛星の配置から得られる数時間に及ぶ膨大なデータの解析法、ノイズや信号中断現象への対応、地球歪の補正、衛星軌道誤差の修正など、表-2に示すような、精度を向上するためのさまざまな理論的提案を行い、実証を積み重ねて新しい測位法の実用化を達成した。

4. 実 績

- (1) ワンマンコントロールによる精度1cmの連続測位



図一 GPS 衛星



図二 相対測位の原理

羽田空港では、最大水深 16 m の軟弱地盤海域を埋立て、1,000 ha の空港沖合展開を現在進めている。

ここでは埋立てた浚渫ヘドロ表層 2 m をセメントで固め（固化板）、その上をさらに残土で埋立てている。この時に、固化板が施工中の不均衡な荷重で損傷しないよう、日々の沈下管理を行っており、ワンマンコントロールにより 1 cm の精度で、157 ポイントを連日計測した。

表一 各測位法の開発目標

	測定方法	適用分野
動的測位法	①ワンマンコントロールによる精度 1 cm の三次元連続測位 ②車輛による広域連続地形計測法	大規模造成工事； ①出来形計測管理 ②沈下挙動管理
静的測位法	①固定局および移動局の点を 1～2 時間ほど同時観測を行い、mm 単位で測位 ②衛星軌道の精密観測による精密軌道情報の作成 ③ V L B I 基準点を利用した高精度座標変換解析	トンネル、沖合人工島工事； ①基準点測量
リアルタイム測位法	①移動体をリアルタイムで高精度自動測位 ②固定局の補正情報の移動局へのオンライン通信	海上工事； ①船舶誘導管理 ②海洋立地地調査 ③海底地形計測

表二 建設への利用を可能にした開発解析手法

開発解析手法	実用化した測位法
① 最適な 4 衛星選定法	動的測位
② 反射波ノイズや信号中断現象への対応	精度 1 cm
③ 衛星軌道決定システムによる精密軌道情報の作成	静的測位
④ V L B I 基準点を利用した高精度座標変換法	精度 1 千万分の 1
⑤ L 1、L 2 波による電離層遅延補正法	リアルタイム測位
⑥ S A 信号と軌道誤差への対応	船舶誘導管理の実用化

(2) 車輛による高速三次元地形計測

車輛による高速三次元計測法を、各種精度検証実験によって確立し、実際の人工島造成工事に用いた。ランダムに走行して 0.5 秒間隔に計測した三次元座標から、メッシュに換算解析して地形を CAD 出力した。ここで、30 ha の範囲の約 6,000 ポイントの座標を、3 時間程度で実測した。

(3) GPS 精密測位法

GPS 精密測位法を確立するため、衛星の配置、観測時間、精度劣化除去、気象補正ソフトなどさまざまな解析手法を実施した。その結果、100 万分の 1、ミリメートル単位の精密測位法を確立し、マニュアル化を図り実用化している。リニア九鬼トンネル、中部電力二軒小屋導水路、北陸新幹線一の瀬トンネルなど多くの実績がある。

5. 開発成果—省人化、経済性に対する効果について

- ① 羽田空港沖合展開では、以前は計測に 6 人（2 組）で 4 時間必要であったのが、2 人（GPS 2 組）で 2 時間に短縮された。解析も、以前は深夜まで手作業で行っていたのが、パソコンにより他の作業の合間に、数時間で出力できるようになった。
- ② 関西国際空港では、以前は 3 人で 4～5 日間要していた 30 ha の出来形計測が、測量マン 1 名（手元 1 名）で 2～3 時間程度で行えるようになった。

③ 二軒小屋導水路は、静岡市より120 km 山奥に位置し、従来の測量では4~5名で1カ月以上は必要と考えられていたが、3名で5日間で実施することができた。

3. おわりに

GPS利用の本開発技術は、引き続きトンネル、空港、地造成など多くの工事で使用される予定であり、大規模工事への実利用は、今後、ますます活発になると思わ

れる。

測量および建設技術の高度化、ロボット化をめざして開発した技術であるが、経済性のほか、その迅速性、簡便性にも現業部門は大いに注目しており、今後も技術の高度化を進めていきたいと考えている。

このたびの技術開発賞受賞の栄誉を授かったことは、さらなる技術の向上の励みとなるもので、関係各位に厚く御礼を申し上げます。

(1993.7.23 受付)