

I-3 GPSを利用した浅海用深淺測量システムの開発とその運用

Development and application of the water depth measurement system using GPS and echo sounder

黒台昌弘¹ 沖 政和² 木下正生³, 寺田幸博⁴, 大林成行⁵

M.kurodai, M.Oki, M.Kinoshita, Y.Terada, S.Obayashi

【抄録】河川や湖沼、港湾等の比較的水深の浅い海域において運用可能な機動性に富む深淺測量システムの開発が期待されている。本研究では、従来の深淺測量作業や既存の深淺測量システムの現状を調査し、一般に使用される小型船舶に容易に取り付けが可能なシステムを構築した。本システムの機能の特徴としては、GPSによる測量船の位置決め機能や誘導機能に加え、船体の動揺による測深位置の位置ずれを補正する機能と船体の動揺を計測する傾斜計や水深を計測する音響測深機のデータとGPSによる3次元位置データとを時刻同期を図って結合させる機能が挙げられる。このシステムの基本性能を実験により確認し、施工現場で運用した結果、必要な測量精度を満足していることが判った。また、本システムの導入により、作業時間の大幅な削減が可能となった。

【Abstract】 For the shallow sea site, development of the measurement system for the water depth that has easy performance is expected. Based on the investigation of the previous developed systems, the compact system for small-sized boat was developed. The measurement system has to provide the performance which is a precise positioning in the map for surveying point and a accurate measuring the water level at the same time. Three main functions of this system are as follows: (1) positioning and navigating system by real-time kinematic GPS, (2) correction of sounding point error by rolling and pitching of the measure boat, (3) measurement time adjustment for 3D-coordinates by GPS, rolling and pitching by slant equipment and the water depth by echo sounder. The basic performance of this measurement system was confirmed in the experimental stage, and as a result of the application of this system in a construction site, the measurement accuracy was about $\pm 10\text{cm}$ for altitude. This value is satisfied to the required accuracy of measuring data, and the working time and costs could be reduced.

【キーワード】 GPS, 音響測深機, 深淺測量, 浅海用, 船体動揺補正, データ取得時刻整合

【Keywords】 GPS, echo sounder, plumbing, shallow sea site, correction of rolling and pitching, measurement time adjustment

1. はじめに

1990年代前半から本格的な運用が始まったGPSは、本来の目的である軍事利用やレジャー分野のみならず、測位技術の進歩によって測量分野でも利用が急激に進み、今ではこれまでの測量方法に取って代わろうとする勢いである。GPS測量の方法や特徴は数多くの文献で紹介されている¹⁾²⁾のでここでは割愛するが、工事測量を実施する上での大きな導入メリットは、「現在位置を3次元的に把握できる」「2~3cmの精度の測量を実時間(リアルタイム)で実現できる」ことである。このようなメリットを生かして、ユーザーは土木

工事における測量の効率化を目的としたシステムを開発してきた。特に海上工事では、GPS電波を遮蔽する障害物が少ないため、作業船や海上構造物の位置決めを伴う測量システムに従来の光学測量などに代わって大いに利用されてきた³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。しかし、これらのシステムは比較的大型の作業船に装備されることが多く、河川や湖沼、港湾等の浅海域においても運用可能な機動性に富むシステムの開発が期待されている。

このようなGPS利用の情勢において筆者らも数年前より、港湾工事の土量管理に必要となる「深淺測量」に着目したシステムの開発を進めてきた。特に、海岸付近の浅海域や、作業範囲が鋼矢板や護岸等で仕切られた複数の閉鎖性水域での作業では、潮位計測や喫水管理、測量機材の付け替え作業等が作業効率を低下させる要因となっており、これらを解決できるシステム

1 正会員 工修 ㈱間組土木本部

(〒107 東京都港区北青山 2-5-8 Tel.03-3423-1501)

2 正会員 ㈱間組土木本部

3 正会員 工修 日立造船(株)技術研究所

4 工博 日立造船(株)技術研究所

5 正会員 工博 東京理科大学土木工学科 教授

表-1 測量船位置決め手法の比較

分類	GPS	電波測位	光学測量
測定可能距離	~20km	数m~80km	~5km程度
測定精度	~±5cm	±50cm~1m	±0.5cm~1cm
測位データ	3次元座標	平面座標のみ	3次元座標
視通の確保	不要	必要	必要
精度の安定性	距離によらず ほぼ一定	主・従局の位置関係に より、位置精度変動	長距離と精度劣化
天候等障害	受けにくい	影響あり	雨霧陽炎等の影響大

表-2 移動体へのGPSアンテナの取付方法

		CASE1	CASE2	CASE3
取付方法		水平保持	支持棒や磁石で固定	
動揺計測	有無	有	有	無
	計測データ 利用方法	水平保持のための 駆動モーターの制御	測量結果の補正	-
メンテナンス		必要	基本的に不要	
参考文献		7)など	6),9),10)など	2),3),8),11)など

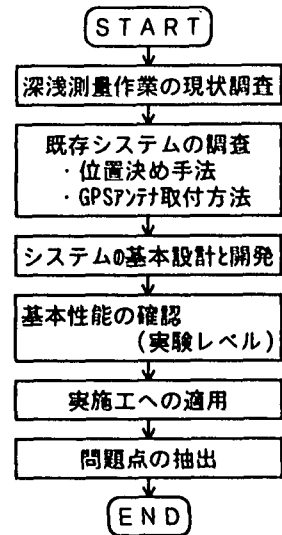


図-1 本研究の流れ

の開発が望まれている。

そこで本研究では、図-1に示すような流れでGPSを用いた深淺測量システムの開発を進めることとした。すなわち、従来の深淺測量作業の内容を見直すとともに、既存の深淺測量システムの現状を調査し、それらの利点や改良要望点を把握した上で、上述の海域・水域において効率的な運用が可能なコンパクトなシステムを構築するものである。

2. 深淺測量作業の現状把握

深淺測量とは、文字通りある地点の水深を計測する作業である。その方法はロープに鉛のおもりを結びつけたレッド(測鉛)を用いたり、音響測深機を用いた方法など様々である。深淺測量では水深を測ることと同時にその平面的な位置と作業時の水面の高さ(潮位)を正確に計測することが重要であり、従来よりそれらのデータの取得方法の効率化が検討されてきた。そこで、本研究を進めるに当たって、「効率面」と「精度面」の2点から深淺測量作業の現状を整理してみた。

1) 深淺測量作業の効率化

上述のように深淺測量では①測量船の位置決め(平面座標の決定)と②水深計測(鉛直座標の決定)という2種類の測量を実施する必要があった。位置決め手法としては、従来より表-1に示すように電波測位や光学測量が多く用いられてきたが、鉛直座標の補完あるいは鉛直精度の確保のため、別途、潮位や噴水の計測を行ない、測深データと合わせて海底面の3次元座標を得ていた。これに対して、GPSを用いた方法では

測深地点の3次元座標が一度に得られるため、潮位計測や潮位データと平面座標との整合をとる作業が不要となり、作業時間・作業人員とも省力化を計ることが可能である。このような理由から、近年はGPSを測量船の位置決め用いることが多くなってきている。

2) 所要測量精度の確保

GPSのように安定した測量結果が得られる位置決めシステムを採用しても、海上での実作業では、波浪や人為的要因による船体の揺れが、測量結果に悪影響を及ぼすことが考えられる。このような状況に対し、作業船や車両等の移動体にGPSを搭載した既存の主なGPS利用システムを調査すると、表-2のようにGPSアンテナの取付方法として3つの方法が採られていることが分かった。CASE1はGPS電波を効率的に受信し、一定の測量精度を常に確保するため、GPSアンテナが移動体の揺れに左右されずに常に一定方向(一般には鉛直方向)を向くような治具を取り付ける方法である。CASE2はGPSアンテナを移動体の揺れと一体となるよう取り付けておき、その揺れ(傾斜角)を別途計測しておくことにより、後処理で測量結果を補正するものである。CASE3はそれら以外のものであるが、例えばラフな土量を計測するような中間出来形測量や静水状態での深淺測量といったように、移動体の動揺による測量誤差がある程度許容される場合や動揺がほとんど計測されない状況において採用される方法である。このようにそれぞれの方法には一長一短あるが、実作業においては測量の精度や頻度を考慮した上で、システムを利用する必要がある。

3. システム開発における留意事項とシステムの概要

3. 1 システム開発に際しての留意事項^{1,2)}

水深の比較的浅い水域での深浅測量では、喫水の関係から小型船舶を利用することが多い。また港湾工事においては、矢板や護岸で仕切られた狭い限られた作業海域の中での作業となるため、作業海域ごとに配置された小型船舶に必要な機材を積み替える作業が必要となる。すなわち、浅海用深浅測量システムには、このような前提条件を解決できる機動性に富んだコンパクトなシステムが求められている。そこで、本システムの開発は上述の前提条件を踏まえた上で、以下の事項に留意して進めることとした。

なお、本システムの開発に際して考慮した機能の中には、すでに既往の文献に明示されているものも多い。これらの内容について1つ1つ検討した上で、可能な限り取り入れる姿勢を持ちながら、改良、工夫、機能向上に努力した。本研究を進める上で参照した既往文献については本文中に明示する。

1)リアルタイム処理による高精度位置決め方式の採用

GPS測量ではリアルタイムで測量船の位置の3次元座標が得られる。すなわち、潮位を含んだ水面高が連続的に把握できるため、ヒープ補正(船体の上下動)、潮位補正、喫水補正が不要になる。また、平面的な精度も基準点からの距離によらず安定している。このようなことから、本システムでは位置決め方式としてリアルタイムGPS測量を採用する。

2)船体動揺補正による所要測量精度の確保

GPS測量で得られる座標は、厳密にはGPSアンテナの中心位置である。通常はアンテナ支持棒を地面に垂直に立てて作業するため、支持棒の長さが正確に分かっていれば支持棒下端の3次元座標が容易に得られる。しかしながら、海上作業では水面に垂直にGPSアンテナを保持しておくことは困難であるため表-2のような方法が採られるが、ここではメンテナンス、組立てやすさ、費用の面から、傾斜計を用いたデータ処理による動揺補正方法を採用する。

3)データ時刻整合による複数のデータの結合

GPS測量の結果得られる3次元座標や測深機データ、傾斜計データはデジタルデータとして取得することができる。これらのデータはデータ取得(計測)時間差を考慮した上で、1つのデータとして結合させることができ⁹⁾⁻¹¹⁾など、従来手作業によっていたデータ

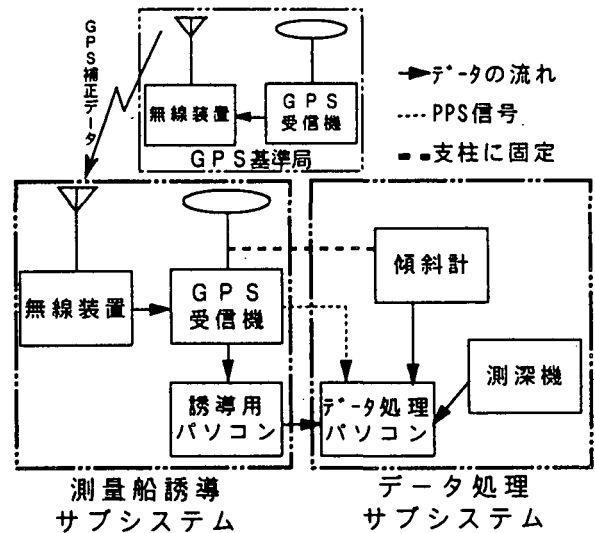


図-2 システム構成図

のつき合わせ等の無駄な作業を省くことができる。また、これらのデジタルデータはCADや土量計算システムへの展開が可能なため、屋外作業後のデータ整理作業を考えると、かなり作業の効率化が期待できる。

4)リアルタイムGPS測量を用いた測量船誘導

通常深浅測量では、同じ位置の海底地形の変化を時系列的に把握するため、作業海域内に管理測線が設定される。実作業では、この測線を海上で認識するために海岸に目標物(通常は色付の旗)を設置するか、あるいは見通しの効く位置に測量基準点を設けて交会法等によって測量船を所定の測線に誘導する方法が採られていた。さらに、測線上を無駄なく直進するには熟練した操船技術が必要であった。このような状況に対し、正確な位置情報が得られるリアルタイムGPS測量を用いた測量船誘導機能(ナビゲーション機能)の導入により^{2),3),9),10),11)}など、測量船誘導に要していた労力、時間の大幅な削減が期待できる。

3. 2 システムの概要

3. 2. 1 システム構成¹⁾

留意事項 1)に従い、リアルタイムGPS測量を中心とした浅海用深浅測量システムを構築した。図-2にシステム構成図を、表-3に主な機器の仕様を示す。本システムはGPS装置を中核に2つのサブシステムで構成されている。測量船誘導サブシステムは、GPS受信機とGPS基準局から発信されているGPS補正データを受信する無線装置、誘導用パソコンから成り、データ処理サブシステムは、データ処理パソコン、傾斜計、測深機で構成されている。2つのサブシステ

ム間の接続ケーブルは海上での使用を考慮して耐水耐油性のあるものとし、運用の利便性を考慮して一本の多芯ケーブルとした。データ処理パソコンは、海水の飛沫がかからないよう専用の波よけ箱に収納した。

また、誘導用パソコンやデータ処理パソコンは屋外での視認性・作業性を考慮して、モノクロ表示ディスプレイやマウスを使用しないペン入力タイプのパソコンとし、一部カーソルキーで選択できるメニュー方式を取り入れている。

さらに、専用のGPSアンテナ支持棒には、上端にGPSアンテナを、下端に測深センサを取り付け、両者の位置関係が常に一定となるよう工夫し、支持棒の傾きを計る傾斜計は支持棒の台座に取り付け、GPSアンテナや測深センサの傾きを確実に計測できる構造とした。写真-1に

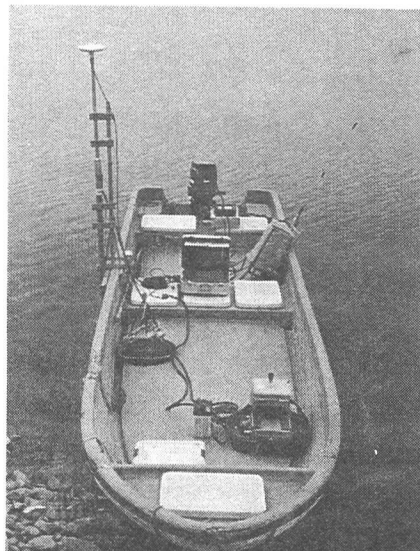


写真-1 システムの設置状況

表-3 採用した計測機器の仕様

機器	GPS	測深機	傾斜計
方式	リアルタイムGPS	シングルビーム	重力式
性能	水平精度：±2~3cm 鉛直精度：±4~5cm	測深能力：1~200m 指向角：6°(全角) 測深精度：±(3cm+深度/1000)	検出範囲：-45°~45° 分解能：0.05以下
データ伝送方式 データ伝送周期 データ通信速度	RS-232C 1sec 9600bps	RS-232C 250msec 9600bps	RS-485 20msec 9600bps
寸法(mm)	W210×D210×H102	W300×D480×H350	W140×D100×
重量	約10kg/セット	約20kg/セット	H1201.6kg/個
電源	DC-12V	DC-12V	DC-18~32V

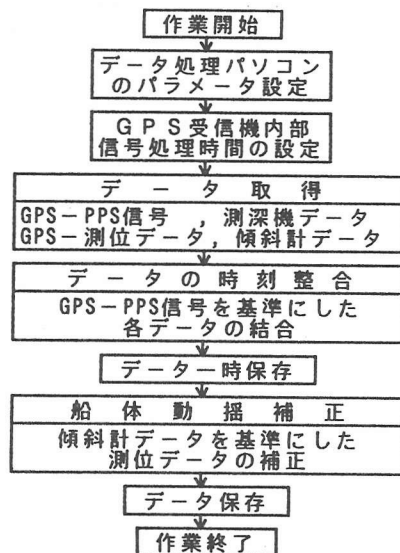


図-3 データ処理システムの流れ

各々の設置状況を示す。

3. 2. 2 データ処理サブシステム¹²⁾

データ処理サブシステムの流れを図-3に示す。本サブシステムはこの流れに沿って作業が実施できるよう設計されている。

1)オンライン処理機能(時刻整合)

GPSアンテナの水面からの高さや測深センサと喫水線との離隔等のパラメータやGPS受信機の内部信号処理時間をデータ処理パソコンに入力し、GPSデータと測深機データ、傾斜計データの取得を開始する。これらのデータは留意事項3)に示したデータの時刻整合により1組のデータとして整形され、随時パソコン内に保存される。時刻整合の方法については、開発者によって様々な手法が採用されているが^{10) 2)}、筆者らはGPS受信機から原子時計に同期して出力されるGPS-PPS信号をすべての計測データの基準として時刻整合を図っている。その内容については3.3節で詳述する。

2)オフライン処理機能(動揺補正)

すべての測線のデータの取得が完了すれば、留意事

項2)に示したように、船体の動揺に伴うGPSアンテナと海底面での測深位置(3次元座標)の補正処理を行う。本サブシステムで使用している測深機の音波指向角は6°であり、船体の動揺の振幅が6°以内(傾斜角としては±3°と表現できる)であれば、理論上海底面における測深ポイントは測深センサの直下に位置する。そこで、本機能では傾斜角3°を閾値として、図-4のような動揺補正機能を開発した。以下に海底地形が比較的平坦である場合の補正機能の概要を示す。

① $\theta \leq 3^\circ$ の時

a)平面座標の補正：最初Aに位置していたGPSアンテナが θ だけ傾斜した時、その位置はB(x',y')に移動する。この時、測深ポイントEは測深センサの直下であり、測深センサの位置はGPSアンテナを仮想的に移動させたC(x,y)の直下にあるものと考え、BCの長さ分だけ平面座標を補正する。図-4はロール方向の模式図であり、紙面奥行き方向のピッチ方向の補正も同様の考え方で補正する。

b)鉛直座標の補正：上記と同様に、測深ポイントの直上にGPSアンテナCがあるものと考え、測深ポイン

ト E の鉛直座標は取得された GPS アンテナ B の鉛直座標を基準に次式により補正する。

$$E = z' - h - D$$

ここで、 $h = l * \cos \theta$

(l は GPS アンテナと測深センサ間の長さ)

D は測深機の実測水深値

② $\theta > 3^\circ$ の時

a) 平面座標の補正：①と同様に、測深ポイントの直上に仮想的に GPS アンテナを移動させて補正する。ところが、 θ が 3° を越える場合は、測深ポイントは測深センサの直下を計測せず、 θ' だけ離れた位置を測深するものと考えられるため、その離隔分を加えて平面座標を補正する。

b) 鉛直座標の補正：測深センサに対して測深ポイント E は斜め下方にあり、斜距離として実測水深値 D が得られる。鉛直座標は図中 Z 軸方向を基準に考えているので、 D は Z 軸に投影した D' として考え、測深ポイント E の鉛直座標は次式により補正される。

$$E = z' - h - D'$$

ここで、 $h = l * \cos \theta$

(l は GPS アンテナと測深センサ間の長さ)

$$D' = D * \cos \theta'$$

$$\theta' = \theta - 3$$

3. 2. 3 測量船誘導サブシステム

留意事項 4) に従い、海岸や護岸等に測線の端点を示す目標がなくとも測線上を航走できるよう、GPS データを用いた測量船誘導サブシステムを開発した。図-5 にナビゲーション機能の一例を示す。図中○印のように、目標とする測線からの「ずれ量」と「方向」を示すことにより、測線誘導に必要な情報を操船者がわかりやすく直感的に把握できるよう工夫した。

3. 3 データ取得の時刻整合

3. 3. 1 時刻整合の必要性

深浅測量のような連続的な測量作業では、厳密に解釈すれば、各々のセンサにおけるデータ取得時刻に差があると、データ取得地点が一致せず、位置誤差を生じる原因となる。すなわち、船体が移動しているため GPS 測量で得られた平面座標が実際に測深を行った位置と異なった値となる可能性がある。仮に測量船の速度を 2 m/秒とすると、GPS データ(データ取得間隔 1 秒)が 1 つだけ異なることにより 2 m の座標差が生じ、この差は、個々の計測装置の計測精度が表-3

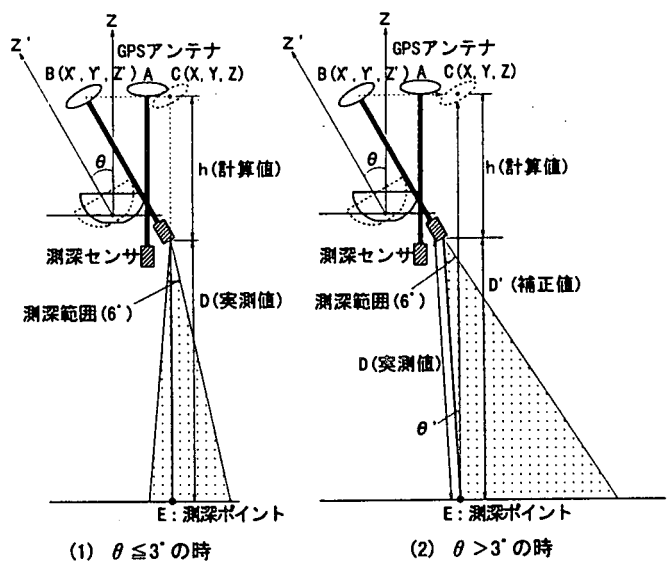


図-4 動揺補正の考え方

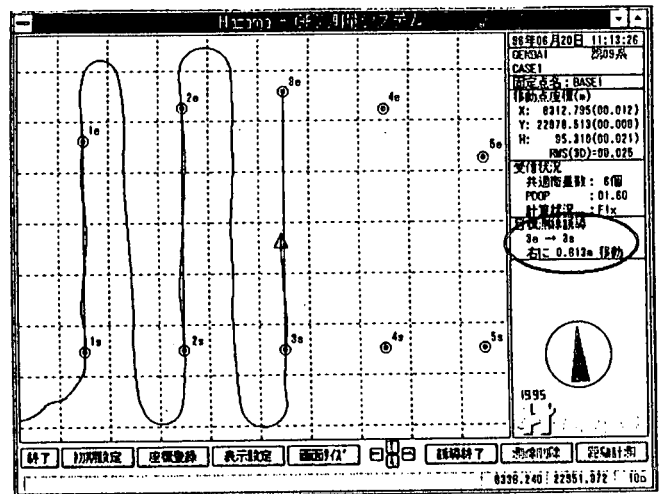


図-5 ナビゲーション画面

のように数 cm であることに對して非常に大きい。したがって、できるだけ各々のデータの取得地点を一致させる処理が重要となる。

3. 3. 2 時刻整合の方法

データ処理サブシステムでは 3 つのデータを取得しているが、前述の誤差要因を無くすには、極力同一時刻でデータを取得する必要がある。ところが、これらのデータはそれぞれ独立した機器で計測されるため、データを取得するタイミングが本来同期していない。

そこで本サブシステムでは、GPS 受信機から 1 秒ごとに出力される GPS-PPS 信号(以下、PPS 信号とする)を基準にして、GPS-測位データ(以下、GPS データとする)と測深機データ、傾斜計データの取得タイミングを同期させる手法を考案し、3 つのデータを結合させている。ここで PPS 信号とは、G

GPS受信機が測位のためにGPS衛星からの電波を捕らえた瞬間を示すタイミングパルスである。図-6にデータ取得時刻の整合方法の模式図を示し、以下この図を用いて時刻整合方法について解説する。

まず、GPS受信機は人工衛星から発信されたGPS電波を、図中の時刻Aの時、PPS信号と同じタイミングでGPS受信機に取り込む。次いで、GPS電波から位置決めに必要な情報を取り出す処理(内部処理)を行い、時刻BでGPSデータとして外部に出力する。この時、時刻A-Bの差を内部処理時間という。この内部処理時間はPPS信号の出力間隔(1sec)より長くなる場合もあるが、GPSデータはPPS信号と同じ間隔で連続的に出力されるように受信機内部で工夫されている。また、傾斜計からはPPS信号の出力間隔に対して充分短い間隔でデータが出力されており、測深機はデータ出力を要求する信号を与えるとその時点の測深結果を出力する機構となっている。したがって、傾斜計ではPPS信号が出された直後のデータを、測深機ではデータ要求信号を発してデータを取得すれば、それぞれのデータ取得時刻を極力整合させることができる。

しかしながら、本サブシステムでは、GPSデータは前述のようにPPS信号のタイミングから内部処理時間分遅れて出力される。そこで、ここでは、GPSデータが取得されるまで他のデータはデータ処理パソコン内に一時記憶しておき、GPSデータが取得された時点で組み合わせる方式を採っている。すなわち、PPS信号を基準として図中○印で囲んだデータを、ほぼ同一時刻に計測されたデータとして組み合わせる取得する。

なお、内部処理時間がPPS信号の出力間隔を越えている場合は、その時間を考慮してどのGPSデータと組み合わせるかに充分注意する必要がある。これに対して、本サブシステムでは、GPS受信機に表示される内部処理時間を作業前に読みとって、データ処理パソコンにパラメータとして設定し、確実にデータの組み合わせを行えるよう工夫している。

4. 造成・埋立工事における運用

4.1 基本性能の把握

1)電波測位とGPSの位置精度の比較¹⁾

この実験では、2つの位置決め装置を同じ測量船の

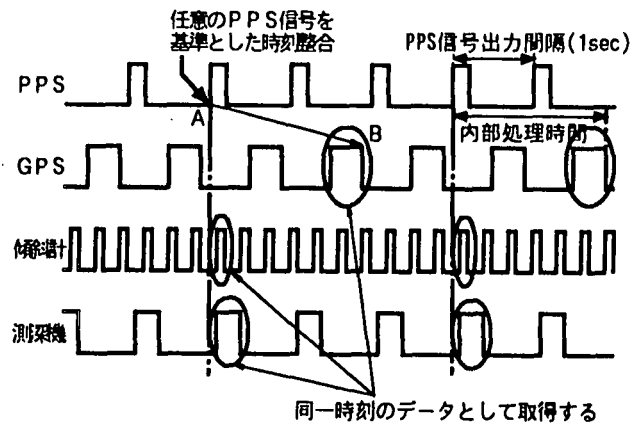


図-6 時刻整合方法の考え方

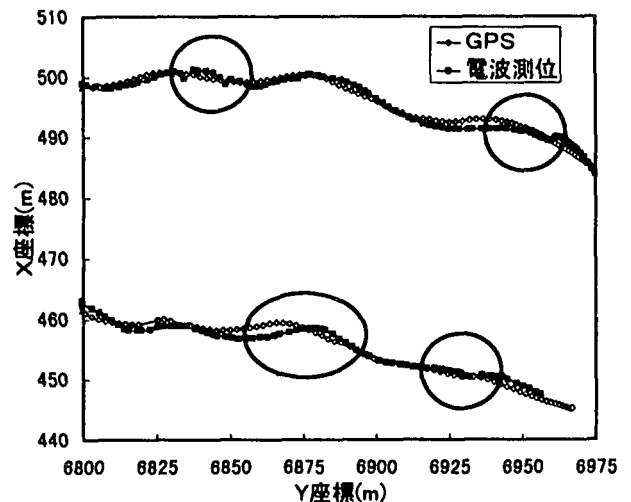


図-7 電波測位とGPSとの航跡比較

同位置に取り付け、位置精度の比較に加えて、実作業で最も重要となる位置決めの信頼性を検討した。図-7に2本の管理測線上を航走した場合の、各々の装置で得られた航跡を示す。航跡の真値を得ることは難しいが、緩やかに蛇行した航走に対し、GPSはそれに十分追従できているが、電波測位の航跡は○印で示したように、大きく乱れたり、データが欠損するといった現象が見られる。このことは、安定したデータが取得できるという面では、GPSの方が電波測位よりも優位性があることを示唆している。

2)動揺補正機能の確認¹⁾

実験水槽(深さ約2.7m)を用いて、動揺補正機能の確認実験を実施した。その結果、図-8に示すように船体の動揺が 18° 以下の範囲では、補正誤差は6cm以下であることが分かった。しかし、実際には船体が 18° も傾斜するような海象条件では作業は安全面からも実施できないので、6cmを越える誤差は出現しないとも言える。また、作業可能な傾斜限界を 6° とす

ると、その時の補正誤差は 2 cm であることが分かる。この値は実用上全く問題のないものである。なお、実作業上で体験した傾斜 6° の状態とは、設置した装置が移動し、舷側に座る作業員が船外に放り出される感覚を受けるものであった。

4. 2 実工事での運用

以上の結果、本深浅測量システムは実際の現場で利用できるものと判断し、実工事へ展開することとした。

1) 測量許容精度について

平面精度は従来方法より精度が良いとされる GPS を利用しているため、表-3 のように 2~3 cm と考えて良い。むしろ誤差が大きくなると予想されるのは鉛直方向であり、これについては次のように考察した。

図-9 にある 1 日の深浅測量作業における船体の傾斜(動揺)角の分布を示す。好天候下での作業であったため、ロール角、ピッチ角ともに 3° 以下にデータの大部分が分布している。この時、図-8 より 0°~3° までの間の動揺補正誤差は約 2 cm と読みとることができ、鉛直方向の総合的な誤差は、GPS 測量と測深機の誤差が最大限生じたと仮定して、表-4 のように約 10cm と算定できる。様々な作業規定によって土量管理における測量結果の要求精度は異なるが、この値は実工事の測量においても十分満足できる値である。

2) 運用効率について

本システムを運用した現場の平面図を図-10 に示す。ここに示すように深浅測量を実施する海域は、小さな尾根や護岸・矢板等で A~E の 5 区域に分断されており、船舶の直接的な行き来は不可能な状態である。また、いくつかの区域で並行して埋立作業が進められており、埋立土量の管理のための深浅測量が、同一日に異なる区域で複数回行われることは希ではない。

このような状況において、電波測位等を用いた従来システムでの深浅測量作業を考えてみると、

- ①作業区域間の移動に伴い、基準点に設置した電波測位機器の盛り替え作業が必要。
- ②各区域は閉鎖性水域となっているため、各々の区域にて潮位計測が必要。

等の作業が発生する。これに対して本システムでは、上記の作業が不要となり、結果的にこれらの作業に要する時間・人員を縮減することができた。

また、データ取得は全て自動化されているので、読み取り誤差など人為的な要因による精度低下が少ない

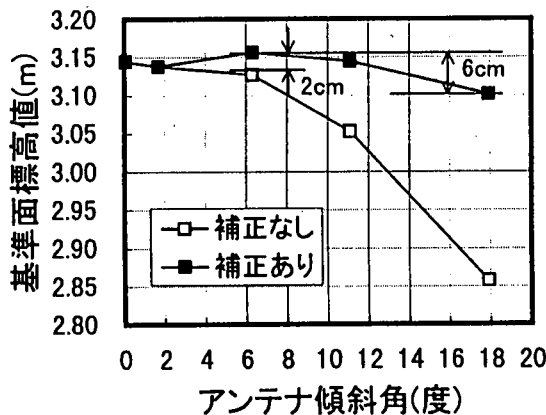


図-8 動揺補正の効果検討結果

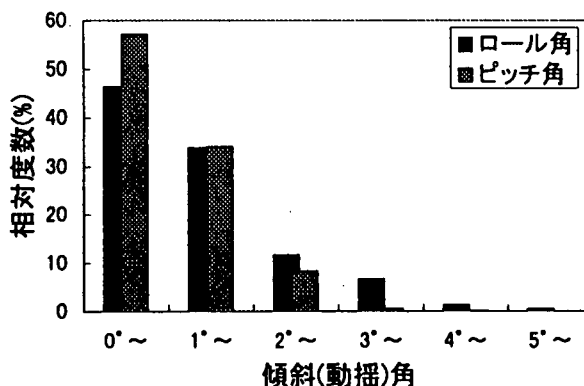


図-9 実作業中の船体傾斜角の分布

表-4 鉛直方向誤差の算定

計測項目(使用機器)	誤差
位置決め(GPS)	5 cm
測 深(測深機)	3 cm
動揺補正(傾斜計)	2 cm
累積誤差	10 cm

ため作業の手戻りがなく、この意味でもデータ入力の手間を減らすことができた。ほとんどの作業を手作業に頼っていた従来方法に比べて大幅に効率化を図ることができた。

5. まとめ

5. 1 運用の成果

実験における基本性能の把握、実工事における運用を通して得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 潮位補正、測量船のヒープ補正、喫水補正が不要
リアルタイムGPS測量を利用することにより絶対的な座標値が得られるため、並行作業として実施していた潮位計測やヒープ計測、喫水管理が全く不要になり、データ処理が格段に早くなった。
- 2) 船体動揺補正機能による測量精度の向上

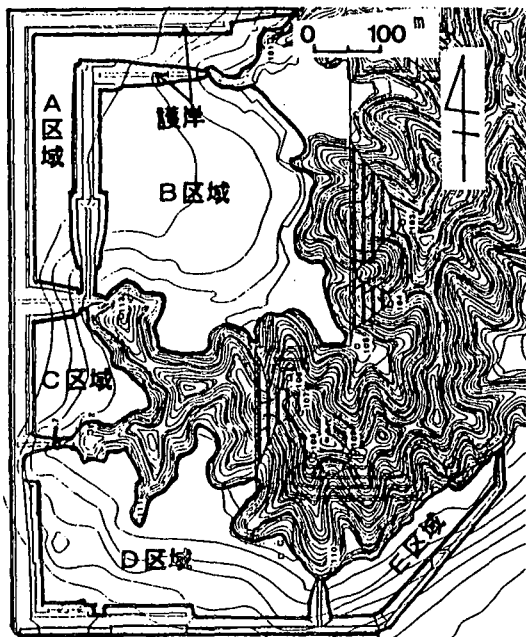


図-10 造成・埋立工事現場の平面図

傾斜計により船体のロール角、ピッチ角を計測し、波浪や人為的要因による船体の揺れが測量結果に及ぼす影響を可能な限り排除することが可能となった。

3) 測量作業時間・コストの縮減

GPSデータと傾斜計データ、測深機データを結合させる機能(時刻整合機能)を開発することによって、迅速に海底面の3次元座標を取得することが可能となった。また、リアルタイムGPS測量による測量船誘導サブシステムの開発により、測線への誘導や測深位置の把握に要する時間が大幅に短縮され、位置を誤認することがなくなった。これにより、従来は深淺測量結果を得るまでに測量後数日を要していたものが、海上での測量完了とほぼ同時に得られるようになった。

以上より、屋外の測量作業から室内でのデータ処理作業までに要していた作業時間の大幅な削減が可能となり、結果的にトータルコストの縮減にも寄与することができた。

5.2 今後の課題

本システムは、「機動性に富む」、「開発者ではなく、現場担当者が容易に扱える」ことを前提条件に開発してきたものである。前者は、携帯の容易さはもとより、耐久性(耐振動、耐海水、防塵)、軽量化、取扱いやすさが求められるものであり、後者はこれらに加えて、プログラムの操作が簡便であることが重要となる。このような経験をふまえ、今後は、操作性、耐久性、小型化等の観点から、専用ハードウェアの製作、処理ソフトのファームウェア化などを計画している。

また、本システムは浅海用に開発したものであるが、機能的には水深が深い海域においても十分適用できる性能を持っている。このような海域での作業では、当然離岸距離が長くなり、また波浪も厳しくなることから、機材の耐久性の検討に加え、リアルタイムGPS測量の適用可能範囲や精度の把握、システムの総合的な性能の確認などを行う必要があると考えている。

【参考文献】

- 1) 土屋ほか：GPS測量の基礎，(社)日本測量協会，第1章，1995
- 2) 宮下：GPS活用による深淺測量の検討，測量，pp.36-37，1993.12
- 3) 神崎ほか：広がるGPSの建設工事への利用，土木施工 36-1，pp.89-95，1995.1
- 4) 佐々木ほか：海上土木工事におけるGPS測量システムの導入，建設の機械化，pp.3-9，1995.8
- 5) 浜田ほか：リアルタイムGPS海上測位システムの実海域実験と実用性の検証，土木学会論文集 No;534/VI-30，pp.19-30，1996.3
- 6) 熊谷ほか：GPSを用いた海洋構造物施工支援システムの開発，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第VI部門，pp.278-279，1996.9
- 7) 藤岡ほか：GPS測量を用いた土工事の出来形測定システムの開発，土木学会論文集 No;468/VI-19，pp.31-37，1993.6
- 8) 佐田ほか：GPS連続走行出来形測量システム，第20回日本道路会議論文集，pp.101-103，1993
- 9) 木村ほか：神戸港ポートアイランドー15m浚渫工事深淺測量におけるRTK-GPS深淺測量システムの導入，建設の機械化 No;559，pp.31-37，1996.9
- 10) 島村：リアルタイム・高密度水中施工管理システム「BELUGA SYSTEM」，作業船 No.230，pp.21-25，1997.3
- 11) 淵田：水路測量データの収録と処理技術の開発，水路部技報 Vol.13，pp.98-105，1995
- 12) 木下ほか：GPSを用いた深淺/地形測量システムの開発(その1)，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第VI部門，pp.264-265，1996.9
- 13) 斎藤ほか：GPSを用いた深淺/地形測量システムの開発(その2)，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第VI部門，pp.266-267，1996.9