

測量用 GPS データ集録装置 (4000SSE) について

穀田昇一・小川正泰・長野勝行：沿岸調査課

A Multi Purpose GPS System For Hydrographic Surveys

Shouichi Kokuta/Masahiro Ogawa/Katsuyuki Nagano : Coastal Survey & Cartography Division

1. はじめに

沿岸調査課は、GPS 技術が衛星のコード情報だけを利用した位置精度20m~100m 単独測位から衛星からの電波の波の位相比較による干渉法の技術の発達に伴い、干渉法 GPS 受信機を設置した2点間のベクトル値を数cmで測定できるようになったので、平成三年度に一周波型 GPS 受信機 (米国トリンプル社製4000SE) 3台、平成五年度に二周波型 GPS 受信機 (4000SSE, 以後特に断らない限り4000SSEと云う) 3台、平成六年度にリアルタイムキネマティックオンザフライ (RTK-OTF) 機能付きの4000SSEを3台 (これに水路測量データ集録ソフトを組み込んだパーソナルコンピュータ (PC) を加えたものを特にその機能から表題の測量用 GPS 受信装置という) を導入した。

これらは、全管区持ち回りで全国の水路部基準点測量に年間絶え間なく使用されている。

さらに、平成七年度に RTK-OTF 機能付きのものを第五管区新造測量船「うずしお」用に一台と上記のサポート用に一台を導入した。

沿岸調査課技術担当は、これらを基準点測量の他、岸線測量や港湾測量等の海上位置測量にも利用すべく、周辺機器、ソフト等の環境整備に取り組んでいるので、RTK-OTF 等の新 GPS 技術を中心に現状を紹介するとともに今後の課題についてふれてみたい。

2. 構成

- ・4000SSE-GSS 型 GPS 受信機
(RTK-OTF ファームウェア付き) 3台

- ・GPS アンテナ
(グラウンドプレーン, キネマティックオプション付き) 3台
 - ・OSM 2
(充電, AC/DC コンバータ, データ転送機能) 3台
 - ・内部バッテリー (12個), 外部バッテリー (3個)
 - ・整準器 (アンテナ取付アダプター付き) 3個
 - ・接続ケーブル 1式
 - ・外部制御機 (TDC 1) 1個
 - ・RTK-OTF 用無線機 (ECP-520X) 1式
 - ・基線解析用ソフト (GPSURVEY, キー付き) 1式
 - ・水路測量データ集録処理ソフト
(HYDRO, キー付き) 1式
 - ・データ処理器
(ノート型 PC, DX4/100MHz, 20MB/540MB) 1台
- 本装置は、上記の機器から構成されており、特徴

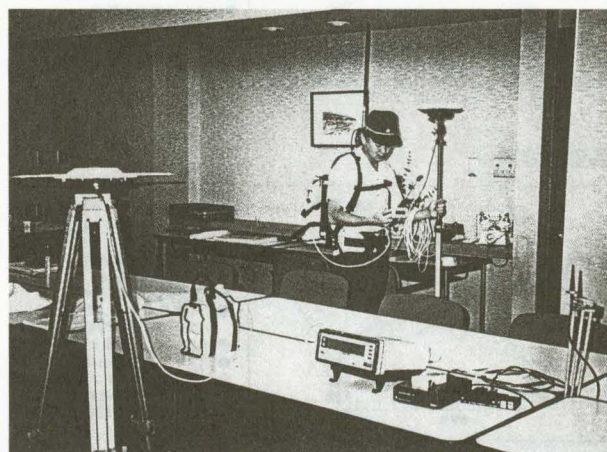


写真1 装置の構成

として、ファーストスタティック・疑似スタティック等を含む静止測量、RTK-OTF・後処理キネマティック OTF 等を含むあらゆるキネマティック測量が可能である。

- ・ファームウェアとは、RTK-OTF 等のデータ処理をするプログラムが IC メモリ (ROM) 化されて、受信機内に組み込まれているものを云う。
- ・グランドプレーンとは、GPS 衛星電波の地上等からの反射波を遮るための円形平板の反射板のことを云う。
- ・キネマティックオプションとは、キネマティック (動的な) 測量をするときに測定者が GPS 受信機、無線機を背負うための専用背負子や測点に容易に GPS アンテナを固定する支持ポール等の付属品を云う。
- ・キーとは、ソフトウェアのセキュリティ用に考え出されたもので、これを PC 側のプリンターケーブルのコネクターに差し込まないとソフトが作動しないようになっている。別称でドングルとも云う。

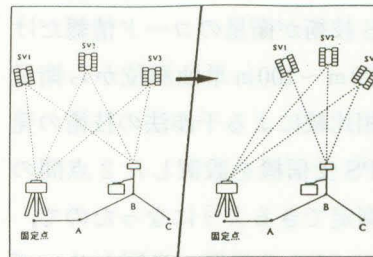
3. 装置の性能及び機能

- ・4000SSE-GSS の静止測量には、クイックスタート、計画測量、自動タイマー測量、高速静止測量

モードがあるが水路測量では、高速静止測量が主となる。

- ・静止測量のカタログ精度は、1 時間以上の観測で、一周波の場合10km以内、二周波の場合10~100kmの基線で、
 水平： $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \times (\text{基線長})$
 垂直： $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \times (\text{基線長})$
 方位角：1 アーク秒 + 5/基線長 (km)

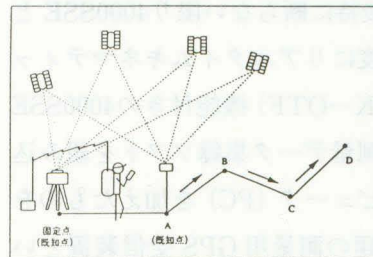
疑似スタティック測量



特徴

- 短時間の静止測量を2回行う
- 衛星の測地的移動量が大きいほど精度が高い
- 精度：2cm + 2ppm
- 測定時間：5~10分/点×2回
- サイクルスリップなし
- 衛星は4個以上の時に行う。但し1時間あけて2回観測が必要
- 2台の受信機で短時間にて他点を静止測量と同じ方法で測量可

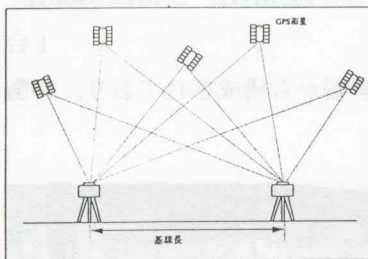
リアルタイムキネマティック測量



特徴

- 初期化必要
- その場で座標データが取得後処理ソフト不要
- 無線機が必要 (小電力2~3km免許不要)
- 衛星電波の位相差で測距
- 精度：2cm + 2ppm
- 測定時間：1秒×2=2秒/点
- サイクルスリップの影響あり
- 衛星は4個以上の時に行う一度切れたら1mの精度で測量を行う。再度初期化を行えば2cm + 2ppmの精度となる。

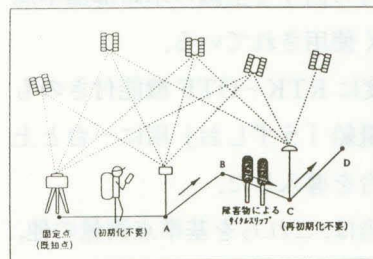
静止測量



特徴

- 衛星と測点間との三角測量を行う
- 5衛星で約1時間の放置
- 精度：1周波 1cm + 2ppm
2周波 0.5cm + 1ppm
- 測定距離：1周波 10km以内
2周波 10~100km
- サイクルスリップの影響なし
- ソフトは完全自動化
- 1~2級基準点用

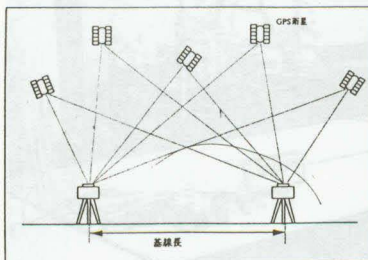
キネマティック・オン・ザ・フライ測量



特徴

- 2点間の初期化は数秒で終了 (実質不要)
- 衛星電波の位相差で測距
- 精度：2cm + 2ppm
- 測定時間：1秒×2=2秒/点
- サイクルスリップの影響なし。衛星が再度4個以上捕捉すれば2cm + 2ppmとなる
- 高速静止を1分程度で実施可能
- 3~4級基準点用

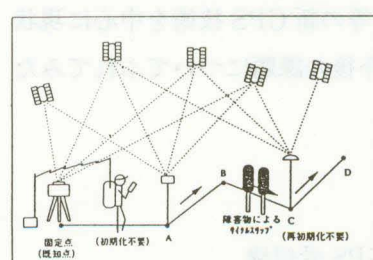
高速静止測量



特徴

- 4種類の観測データ使用 L1, L2-P (Yコード時は L2, L2-P クロスコリレーション)
- 5衛星で5~15分放置
- 精度：1cm + 1ppm
- 測定距離：20km以内
- サイクルスリップ及びマルチパスの影響あり
- PDOPによる影響大
- ソフトは完全自由化
- トリプルは、PコードがYコード変更時も高速静止可能 (パルスデータ読解：クロスコリレーション)
- 3~4級基準点用

リアルタイムキネマティック・オン・ザ・フライ測量



特徴

- その場で座標データが取得後処理ソフト不要
- 無線機が必要 (小電力2~3km免許不要)
- 2点間の初期化1分程度で終了 (実質不要)
- 衛星電波の位相差で測距
- 精度：2cm + 2ppm
- 測定時間：1秒×3=3秒/点
- サイクルスリップの影響なし。衛星が再度4個以上捕捉すれば2cm + 2ppmとなる

第1図 各種GPS観測法

第1表 4000シリーズ機能比較

機種(4000)		SE	SE L S II (SE-K)	SSE-GS トラバースオプション	SSE-GSS トラバースオプション
取得データ	コード	L1-C/A	L1-C/A	L1-C/A L1-P L2-P	L1-C/A L1-P L2-P
	周波数	L1	L1	L1 L2	L1 L2
	他			クロスコリレーション	クロスコリレーション
測量	標準	静止 キネマティック	静止 キネマティック	静止 キネマティック 高速静止	静止 キネマティック 高速静止
	オプション		RTK	RTK/オンザフライ	RTK/オンザフライ ディファレンシャル
メモリー	容量	0.5MB	1.0MB	1.0MB	2.5MB
	静止測量ヘッス (15秒SSV)	18H	38H	26H	65H
重量 (バッテリー/アンテナ込)		4.5kg	4.5kg	5.7kg	5.7kg
消費電力 (小型バッテリー2本組込にて)		5W(8H)	7W(5H)	9W(3.5H)	9W(3.5H)
拡張性		なし	SSEへ拡張可	SSE-GSSへ 拡張可	-
アンテナ		本体取付 一体型	本体取付 一体型	L1,L2キネマティック アンテナ別置型 3Mケーブルバックパック付	L1,L2キネマティック アンテナ別置型 3Mケーブルバックパック付
他オプション		L1 キネマティック移動オプション (L1ドームアンテナ、バックパック、2脚付レンジャー)		測地用アンテナオプション ※※ (グランドプレーン付アンテナ、10Mケーブル、ジヤコロッディ) バックパックなし	
		データーコントローラ		2脚付レンジャー データーコントローラ RTKファームウェア オンザフライファームウェア(94/1以降) メモリー容量増量	
		-	RTKファームウェア/メモリー容量増量	-	ディファレンシャル出力ファームウェア

第2表 GPSにおける標準的誤差範囲

	受信機の種類	受信方法	精度	
単 独 測 位	コード受信機	C/Aコード受信	25m*	
	コード受信機	Pコード受信	2~7m	
2 台 の 受 信 機 で 計 測	コード受信機	SSE-GS ディファレンシャル	0.5~1m	
	C/Aコード及び L1搬送波受信機	SE SSE キネマティック測量 R.T.K.***	2cm+2ppm	
	C/A、Pコード及び 搬送波受信機	SE	静止測量	L1 1cm+2ppm
		SSE		L1/L2/L1P/L2P/C.C.** 0.5cm+1ppm
Pコード及び L1/L2搬送波 受信機	SSE	高速静止測量 R.T.K. オンザフライ	L1/L2/L1P/L2/C.C.** 2cm+2ppm	

* SAの場合には100mまでとなる

** 他社の場合はL2-Pのみもある (C.C.=クロスコリレーション)

***R.T.K.=リアルタイムキネマティック測量

- ・高速静止の精度は、観測時間と観測状態の関数なので一概にはいえないが上記の倍程度低下する。

(通常、水路測量の基準点測量では精度的にも十分である)

RTK-OTF 等の精度及び各 GPS 測量の特徴

- ・測定要領については第 1 図を参照されたい。
- ・RTK-OTF

(Real Time Kinematic-On The Fly)

これまでのキネマティック測量では、受信データの計算処理は現場から戻った後、また衛星電波の受信は常に継続していなければならなかったが、このソフトにより現地において、直ちに測定成果(座標値)の取得が可能となり、また、一時的な衛星信号受信の遮断が生じても連続して測量が可能となった。

基準点に設置した GPS 受信機の GPS 衛星情報を含む膨大な L1・L2 の位相データは、データ転送用の無線機により、求点(移動局)の受信機に送られる。そのデータは、受信機内部のソフトウェアでリアルタイムに、キネマティック解析手法により、基線ベクトル解を計算し、ひいては連続的な高精度の位置を算出する。

OTF とは、RTK の最大の欠点である移動局の衛星信号の受信が途切れた場合、もしくは基準局と移動局間の何らかの障害物により、データ転送が途切れた場合、既知点に戻ることなく、かつ、移動局 GPS 受信アンテナを固定することなく、再初期化ができる機能をいう。

初期化とは、GPS 基線解析における L1 搬送波に対し約 19cm の 3 次元格子点の無数の多重解から、衛星の動きにより唯一動かない固定された整数解(Ambiguity)を特定することである。

- ・本 OTF は、L1 帯・L2 帯の 2 周波の P コードを全面的に利用する高精度ディファレンシャル手法により、常に 1 立方メートル内の整数解の中から特定すれば良く、かつ初期化中の GPS アンテナの動きを記憶・予測する統計処理機能をもつので、移動体においても 30 秒～1 分程度の短時間に初期化できる。
- ・TDC 1 は、RTK-OTF 機能を使用して岸線測

量するときに、測量者が背負子のリュック(写真 3 参照)に RTK-OTF 機能をフル装備した GPS 受信装置を納めたものを背負って実施する場合に、片手で GPS 受信機等を遠隔操作することができるパームトップ PC である。

WGS84 からローカル座標への変換・図法変換機能等をもち、測点への誘導・データ集録制御等も意のままにできる。

- ・RTK-OTF 用無線機(ECP-520X)は、筆者の技術開発要請によりセナー KK とクラリオン KK が提携して開発したもので、免許・資格不要の小電力データ通信専用の無線局で、アンテナ高にもよるが最大到達距離 8 km の実績がある。(開発経緯については後述)

- ・GPSURVEY は、米国トリンプル社が当初開発した MS-DOS 上で作業計画、静止測量・キネマティック測量の自動データ処理、品質管理ができる既存の基線解析ソフト「TRINVEC-PLUS」に、最近の GPS 技術の発達に併せて、高速静止測量、網平均、キネマティック連続モード等の処理ソフトを加えた WINDOWS 上で動く最新の基線解析ソフトである。

- ・HYDRO は、トリンプル社が MS-DOS 上で開発した、世界中のほとんどの測位機、測深機に対応するユーザーインターフェース機能を持ち、事前に設定した測線を航走するためのグラフィック・数字表示の誘導機能や任意の位置・水深データ集録間隔、種々の座標変換・データ変換機能及び、位置・水深の検証・編集・図化機能を持つ完成された水路測量データ集録処理ソフトである。

操作上の対話表示はシンプルな英単語であるが、従来のミニコンやワークステーションで開発された高精度測位、周辺機との制御及びデータ集録機能を持つ複合測位ソフトの PC 版とも云える。

- ・データ処理器は、GPSURVEY / HYDRO とともに IBM-PC / WINDOWS-DOS で開発されたものなので、DOS / V 系のノート型パソコンを用意している。

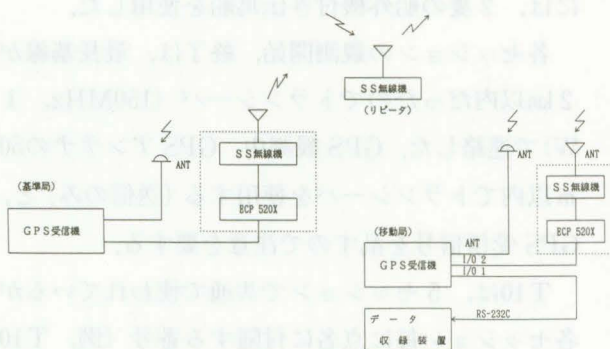
パソコン性能はソフト機能上、処理速度で 486

DX4/100MHZ, メモリー／ハードディスク容量で、20MB／540MBを装備している。

- ・ RTCM (Radio Technical Commission For Maritime Services 104 Version 2) 機能を備えているので他機種とのディファレンシャルやキネマティック処理も可能である。
- ・ RINEX (Receiver Independent Exchange Format) 変換機能 (GPS 測量では、受信機の機種が異なると記録形式やデータ内容も異なるため基線解析に使用できないが、これを統一したデータ形式にして異機種どうしても基線解析を可能にする機能) を使用し、国土地理院が提供する電子基準点データをパソコン通信 (Nifty サープ) により得たデータとの基線解析もできる。

4. データ転送用無線機

データ転送用の無線機は、筆者の技術開発要請に応じてクラリオンが開発したスペクトラム拡散 (SS: Spread Spectrum) 方式の小電力データ通信機に、



第2図 RTK-OTF 機器構成

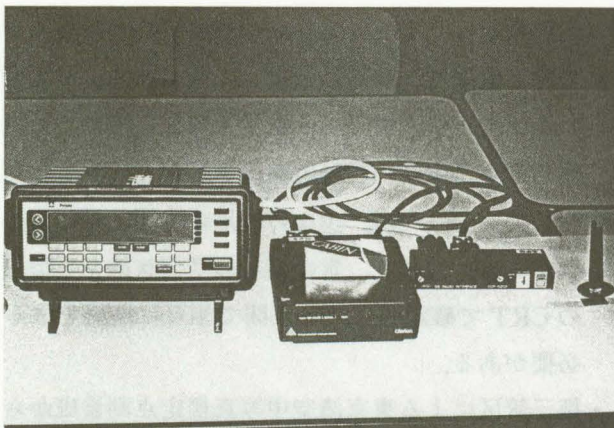


写真2 GPS 受信機とデータ転送用無線機

セナーKK が独自に開発したあやまり訂正機能を付加したもので、小型で超軽量かつ無線局免許及び無線資格を必要とせず操作できるものである。(写真1・2, 図2参照)

SS 通信方式は、GPS 電波の通信方式と同様に、電波を拡散して変調するデジタル変調方式のひとつで、高速の疑似雑音 (PN: Pseudo Noise) 符号を使って信号の周波数スペクトルを広域帯に拡散して送信、それを受信側で復元する。

このため、次のような優れた特長がある。

- ① 周波数利用効率に優れている。
- ② 雑音及び妨害電波に強い。
- ③ マルチパス、フェージングに強い。
- ④ 秘話特性に優れている。
- ⑤ 同一周波数帯でのチャンネル分別が可能である。
- ⑥ 他の通信に与える影響が少ない。

現在、広く普及している無線データ伝送に「特定小電力無線」があるがこれと比較すると

- ① 制約の少ない、より小さな送信出力で遠くまで電波を飛ばすことができる。
- ② 移動体間での送受信に強い。
- ③ 障害物の影響を受けにくい。
- ④ ノイズの多い環境でも影響を受けにくい。

等のメリットがあり、測量船等の雑音の巣ともいえる環境にうってつけである。

本データ転送用無線機は、約1年程前から技術開発を始めたが、昨年11月時 (測量係長業務研修時) には、その原形である無線機 (出力1mW) の最大電波到達距離は1.5kmであった。

これに改良を加え、出力を40mWに上げ、温度保証機能 (データ転送を連続発振しているため、熱を持ちやすい) 及びハーゲルバーガー方式によるあやまり訂正機能 (RTK-OTF では、毎秒約150バイト、デジタル信号に換算すると1200ビットの補正データを転送する必要があり、1個のビットデータを誤っても全てのデータが無効になってしまう程デリケートなものなので、あやまり訂正機能は不可欠なものである) を持たせた。

この結果、今年6月には基準局、移動局のそれぞ

れのアンテナ高が12mと3mの状態、8kmまでの正常なデータ転送を確認した。

通常、見通し距離さえ確保できれば、マイクロ波は $D\text{km}=4.12(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2})$ の式により $D\text{km}$ まで到達すると思われがちだが、実際には海面付近では大気状態により散乱の現象が起きやすいため、最大到達距離は確保できない。

このため、無線機の空中線出力が同じであると仮定すると、アンテナ高が高ければ高いほど遠くまで届くので、無線機の最大到達距離はアンテナ高に依存する。

5. 水路測量への活用

本システムを使用することにより、例えば港湾測量を仮定すると、基準点測量は高速静止測量により衛星が、4個で20分、5個で15分、6個以上で8分間の同時観測をすれば位置精度 $1\text{cm}\pm 2\text{ppm}$ (基線長) で水路測量に必要な基準点が決定できるので、3台のGPS受信機で1日6～8点の観測処理結果を含めた基準点成果を得ることが可能である。

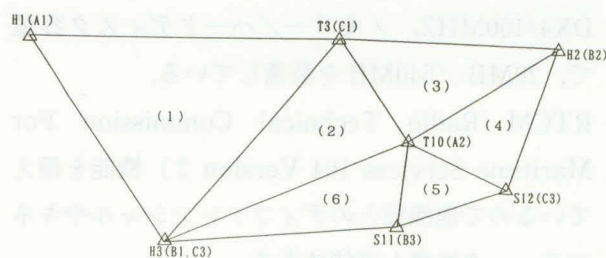
RTK-OTF機能を使用して、岸線に沿ってGPS観測をすることにより、数cmの精度で連続位置を得ることができるので、岸線測量が容易に短時間で実施できる。柏崎港のJICA水路測量実習の例では、初心者が操作したにもかかわらず、約4kmの岸線測量データ(日本測地系に変換したXY座標値)を1日で取得することができた。

同機能を海上位置測量に利用した今治港のJICA測深実習では、全ての測量区域内で完全なRTK-OTFによる測深位置を観測できた。

つまり、本システムだけで水路測量に必要な全ての位置・測位が可能だということである。

6. 観測要領及び注意事項

本装置を使用した観測・測量の実例を通して、観測要領と注意事項を述べると、GPSを使用した基準点測量が全管区で実施されているが、今まで本庁からの特段の指示がなかったこと、一部処理ソフトの不備があったことから観測要領について、各管区まちまちに試行錯誤で実施されているのが実状だが今



第3図 網マップ (保安学校)

後、三角網を形成するGPS観測を実施するようにすべきである。

平成7年度の保安学校実習及び、JICA柏崎港基準点測量実習で三角網を組んだGPS観測を実施したので、これに基づきGPS基準点観測要領と注意点について以下に簡単に述べる。

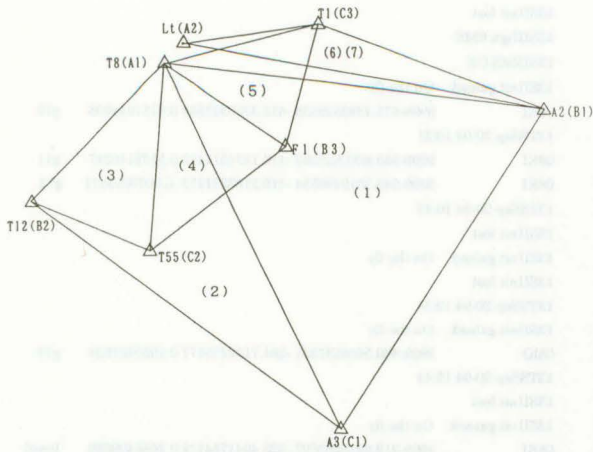
・第3図は、保安学校実習で計画・実施されたときの網マップである。H1、H2、H3が既知地点である。GPS受信機3台で図3の()番号順に6セッションの観測を1日で実施した。マップにあるA、B、Cは、受信機識別符号で付記された数字は受信機の移動回数を示す。セッションの移動には、2隻の船外機付き伝馬船を使用した。

各セッションの観測開始、終了は、最長基線が2km以内だったのでトランシーバ(150MHz, 1W)で連絡した。GPS観測中、GPSアンテナの50m以内でトランシーバを使用する(送信のみ)と、GPS受信信号を乱すので注意を要する。

T10は、5セッションで共通で使われているが各セッション毎に点名に付随する番号(例、T10-0001)は、測点に変更がない限り変えない方が後の平均計算上便利である。

・当然ながら、1セッションの観測中の各観測点での測定時間は、前述したように衛星数によって変わるが、一つの測点で6衛星を捕捉していても、他の測点で上空の視野の関係等から4衛星しか捕捉していなければ、少ない衛星の時間に併せる必要がある。つまり、常に衛星の受信状態を受信機のCRTで確認して、各点間で相互に連絡を取る必要がある。

・第三管区による東京湾空中写真標定点測量班からの報告(羽田から浦安沖の範囲)によれば、上記



第4図 網マップ (柏崎港)

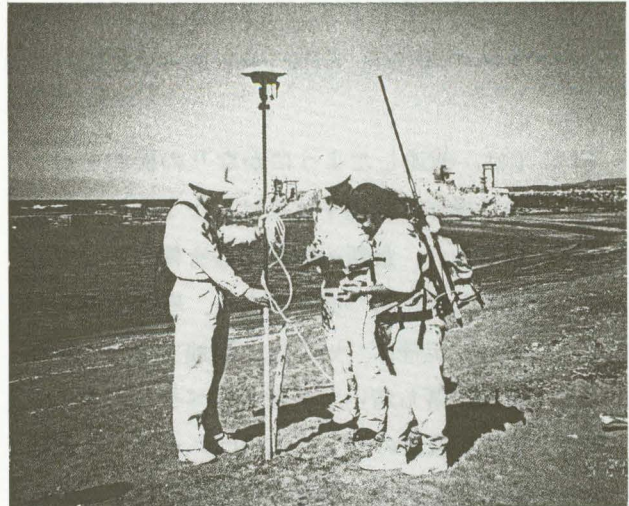


写真3 RTK-OTF を利用した岸線測量

に関し、トランシーバが届かなかったため及び、首都圏の交通渋滞から非常に苦勞したようである。今後の広範囲のGPS基準点観測においては、携帯電話や車が必需品となるだろう。車の台数については、1セッションが3点なら3台が望ましいが最低2台ないと効率的な観測は無理である。

・第4図は、柏崎港の網マップである。A2、A3の三角点を基線(基点)として、第4図の()番号順に7セッションの観測を1日で実施した。A、B、Cに付記した番号は、前述したとおりGPS受信機の移動回数を示す。A2、T12間の距離は、約5.5kmである。市街地の三角点は、上空の視野等からGPS測量には使えないことが多い。柏崎も例外ではなく港近傍の三角点が使用できなかったため郊外の畑、田園の中にあるA2、A3三角点を使用した。

・第3、4図両方の網の外側基線の閉合差は、数ミリで収まっておりGPS観測の精度の良さを示している。三角点自体が誤差を含むので実用座標系に調和させようとすると平均計算では、標準偏差が大きくなることが多い。

・その他の観測手法、注意事項については、“やさしいGPS測量”、“新訂版GPS”(共に日本測量協会刊行)を参照されたい。

柏崎港では、RTK-OTFにより約4kmの岸線測量を1日で実施した。(写真3)

港を全望できる基準点にRTKの基準局を設置した後、前述した移動局を背負って岸線を歩き、必要

な変換点でTDC 1表示画面をみて、“FIX”(整数解が計算された状態で水平・垂直方向の精度が数cmを示している)になっていることを確認して、その点の座標値(WGS-84及び、日本測地系に変換されている経緯度座標、並びにTM図法で変換されたXY座標値)を収録するだけである。

柏崎では、JICAの実習で、10人に指導しながらの測定でかつ、座標値を読み取り記入したので測定に時間が掛かったが、慣れれば十数秒で測定できるだろう。測定上の注意点としては、

・TDC 1のSURVEYモードでは、RTK-OTFといえども基準点測量を前提にしているで、スタティック測量と同等の基線解析に必要なSSFファイルを作成する。このため、SURVEYモードではアンテナを数秒間静止状態にしないと位置を計算しない。想像していただければ、理解できると思うが岸壁の突端等で下が海という状況では、ポール先に付いたアンテナを静止させることは以外に難しい。そこで精度は若干劣る(岸線測量には十分だが)が、測定者が非常に重要とする測点以外は、連続モード(海上位置測量を実施する時と同じでSSFファイルは作らない)を選択する方法もある。但し、連続モードでは、その性質上、収録間隔を1分以上長くできず、移動の間データ収録を続けることになるので(第3表の左欄の測点番号104のように連続して記録する)、測点に着いたらSURVEYモードから連続モードにして、

一回目の収録が終わると，“Input accepted”の表示がでるので確認後，SURVEY モードに戻しておく。

- ・ TDC 1 は，前述したようにかなりの機能を持っているので操作に精通するには，かなりの知識と慣れが要求され，最新の観測機器を使いこなす心得と同様の認識を持つ必要がある。座標変換のパラメータの設定等については，現地でまごつかないよう事前に落ち着いた状態ですべきである。
- ・ RTK—OTF 装置の全ての電源はニッカド蓄電池から供給されるので，蓄電池の充電には十二分に気を使い予備のものを用意しておく必要がある。そして，何時間でバッテリー切れになるかを把握しておくべきである。
- ・ TDC 1 から座標データを読み出すには，PC に RS232C で TDC 1 と接続し，PC の WINDOWS のターミナル機能を使用し，テキストファイルとして読み出す。TDC 1 側で出力フォーマット指定ができ，通常入力を指定すると WGS—84 の経緯度座標値が，SDR33 フォーマットを指定すると測定者が定義した図法の XY 座標値が出力され

第 3 表 SDR33出力例

```

00NMSDR33 V04 0000Nov-08-95 12:43 112211
10NMkasiwazaki 121111
13TSSep-20-94 09:06
13TSSep-20-94 09:09
13NMDist units: Meters
13TPStart rover
13TSSep-20-94 09:21
13TPStart rover
13SIInit gained: On the fly
13NMAnt ht (True) : 0.000m
08KI cref46.8278457693 -194.8737369296 4.1765978299
13NMAnt ht (True) : 1.563m
08KI 999949.7158208571 -197.3929068967 3.3021321828 test
08KI 999949.8302320575 -197.3490963969 3.3035516860 test
13TSSep-20-94 09:31
08KI 999920.0292653821 -202.0747247605 3.1956150560 g1
08KI 999926.6993672862 -213.4709667289 4.7935849866 g2
08KI 9999-155.4017486958 -382.7042416571 4.7976573780 g3
13TSSep-20-94 09:41
08KI 9999-165.4994997429 -375.9653305518 3.2703286363 f7
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-233.3147394998 -512.8471059406 3.3510329369 g4
08KI 9999-231.4984264127 -513.7254478887 3.7306437371 g5
08KI 9999-259.1250351851 -568.3282639346 3.7646658150 g6
13TSSep-20-94 09:53
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-303.7380425842 -545.0161619801 0.8151066387 lime10
13TSSep-20-94 10:07
08KI 9999-487.8115448435 -704.4904444751 0.8600320742 g7
08KI 9999-530.2727444191 -581.9854310748 0.7370899925 g8
08KI 9999-450.9581321476 -555.9217795075 0.7509975350 lime8
    
```

```

13SIInit lost
13SIHigh RMS
13SIRMS OK
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-571.4393529538 -413.3056327855 0.6757944608 g10
13TSSep-20-94 10:31
08KI 9999-558.8660525053 -416.1524811419 0.5132116247 g11
08KI 9999-549.3819496584 -419.2183321273 -0.2070095371 g12
13TSSep-20-94 10:42
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
13SIInit lost
13TSSep-20-94 12:34
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-460.5688537231 -284.7132276177 0.1959367534 g14
13TSSep-20-94 12:44
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-312.8910203597 -335.4941754132 0.2686409988 lime5
08KI 9999-308.2057953221 -322.1483667819 0.7122245049 g15
08KI 9999-289.3866306068 -330.2435773888 1.0032094661 g16
13TSSep-20-94 12:55
08KI 9999-267.8204647225 -205.1325328249 1.1630249741 lime4
08KI 9999-419.1349606271 -153.2149334326 1.2104418417 lime3
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-377.0646069831 -29.9979960272 1.0220855661 lime2
13TSSep-20-94 13:07
08KI 9999-224.8475415084 -81.9781969267 0.9392086994 lime1
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
08KI 99995.1954335698 261.2373850191 1.1896126093 c
13TSSep-20-94 13:19
08KI 9999234.2700138683 181.0299 2.2623061128 a
08KI 9999230.2454435807 183.1487839032 2.1818303829 p2
08KI 9999236.2006297995 185.8610135475 2.2494991338 g19
08KI 9999252.0244369113 253.4585604147 0.2650036784 g20
08KI 9999251.9718419604 256.0398561945 0.2796783205 g21
13TSSep-20-94 13:29
08KI 9999139.1799256961 219.0851735178 2.2192698400 g22
08KI 9999-116.9967169386 306.7434115938 1.2675517239 g23
13TSSep-20-94 13:56
13TPStart rover
13SIInit gained: On the fly
13NMAnt ht (True) : 1.563m
08KI 9999-432.2291194234 -878.3017000913 3.5008457527 test
13SIInit lost
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-351.3756296062 -751.2281081289 3.8242021352 p4
13TSSep-20-94 14:08
08KI 9999-349.9297954083 -753.2515986129 4.8192059128 101
08KI 9999-375.9859805131 -760.9906505676 4.8439321192 102
08KI 9999-407.8341574650 -768.8848035074 4.8383907462 103
13SIInit lost
08KI 9999-417.2768019848 -862.4727515839 -0.2226135647 104
08KI 9999-415.7065469574 -868.3573771888 0.0393231008 104
08KI 9999-415.0135576822 -873.6499267636 0.0365963355 104
08KI 9999-414.2373007997 -877.2624271679 0.0771669708 104
08KI 9999-412.9527272728 -881.2978296556 0.0481510358 104
08KI 9999-411.7357169482 -884.3709055412 0.0739927981 104
08KI 9999-410.9906822118 -887.5549403145 0.0748946425 104
13TSSep-20-94 14:18
08KI 9999-411.0197869261 -889.3816024553 0.2502129460 104
08KI 9999-410.8062037426 -891.1656560880 0.5629127640 104
08KI 9999-410.6649134714 -891.0258807813 0.5712534096 105
13SIInit gained: On the fly
08KI 9999-398.8835939007 -910.5709013875 -0.1971072480 106
08KI 9999-384.5765320677 -928.9144647956 -0.4117053263 107
08KI 9999-403.5693718962 -933.7508421617 0.2366245305 lime11
08KI 9999-413.4869117662 -958.8186503129 -0.2202815749 e
08KI 9999-413.4418302427 -958.7858163825 -0.2283897074 108
    
```


る。(第3表にSDR33出力例を示す)

第3表の見方は、最初に日付け・単位のヘッダー情報があり、9行目でOn The Flyモードに入ったことが分かる。16行目(右端がg1)の08KIは、キー入力によりデータ集録されたことを示し、9999は連続モードを示し、それに続く20.02…、-202.07…、3.19…は、それぞれX(北方向)、Y(東方向)、H(高さ)を示している。g1はキー入力した岸測点名である。

今治港のJICA測深実習でRTK-OTFによる海上測位を実施した。基準局は今治港蔵敷灯台に設置し、商用電源を供給してもらい(取付要領はトリスポンダー従局等と同じ)10日間無人運用したが、一度のトラブルもなく運用された。移動局を測量船「くるしま」に取り付け、直線誘導、放射誘導の実習中も作動させ、移動局に接続したデータ集録処理器(HYDRO)に6日分のデータを集録した。

- ・測定要領は、GPS受信機の簡単な操作(簡易マニュアルあり)とHYDROの操作(簡易マニュアル未作成)を覚えれば、後は通常の電波測位機の測定要領と同じである。
- ・注意事項としても、ほぼ電波測位機と同じであるが、特にGPSアンテナと空中線ケーブルのコネクタ部の防水処理及びデータ転送用無線機の空中線出力が前述したように非常に弱いことから、アンテナと無線機間の空中線ケーブルが約1mしかないので、無線機自体も船外のマスト付近に設置する必要がある。無線機の防水(現在専用防水箱を検討中)には十二分に配慮する必要がある。
- ・GPS受信機と無線機(含むモデム)の接続には、前述したように無線機が超小型・軽量なので一部接続ケーブル及びコネクタは回路基盤内コネクタと同様、華奢に出来ているので接続、特に外す時には細いケーブルから外すよう心がけてケーブルの断線を防ぐこと。
- ・肝心のデータ集録処理ソフト“HYDRO”の操作要領及び注意事項については、まだ知識・技術が不十分な面もあるので次の機会にしたい。ここで述べる事が出来なかった基線解析ソフト“GP-SURVEY”の操作・処理要領、注意事項等の詳細

については、来年度、全管区に日本語版操作マニュアルを配布する予定なので精読されたい。

7. 今後の課題

- ・現在、無免許・無資格の小電力データ通信の空中線出力許可基準は0.1Wまでであるが、現用の無線機では0.1Wまで出力をあげるとRTKのデータ転送では連続発振となるため、発生する熱による発振効率の低下が避けられない(保証されない)ので、確実に10kmまで到達可能で全天候型のデータ転送用無線機への改良又は開発。
- ・岸線測量データから図化するためのプログラム開発。
- ・GPSの楕円体高を利用するため、験潮所付近のBM上や水準点でのGPS観測を行い、標高との楕円体比高を得て精密ジオイドモデルを設定することにより、海岸付近や海上での本システムの楕円体高から標高を算出することにより灯台等の高さはもちろんリアルタイムの潮汐改正をする技術の開発。

8. あとがき

おわりに、筆者の浅学な知識ながら、なるべく多くの方々にGPS測量技術を知って頂くために紹介したものである。今後のために識者からの助言・御指摘を頂ければ幸いである。