

■【特集】リアルタイム測位利用技術勉強会 開催
電子基準点を利用したリアルタイム
測位推進協議会主催

去る 10 月 19 日(水)測量会館(東京都文京区)におきまして、当協議会の会員様を聴講対象とした、『リアルタイム測位利用技術勉強会』が開催されました。当勉強会に関しましては、『新測位衛星システムとRTKのこれから』と題した基調講演につき、リアルタイム測位の利用事例を3例ご紹介していただき、内容の充実した勉強会となりました。また、参加者人数は約 40 名を数え、大勢の方が講演に耳をかたむけておられました。

次ページ以降に、今回の勉強会でご講演いただいた方に、講演内容をまとめた記事を執筆していただきましたので、掲載いたします。

リアルタイム測位利用技術勉強会 プログラム

■【基調講演】:新測位衛星システムとRTKのこれから
社団法人日本測量協会
技術顧問 土屋 淳 様(元国立天文台教授)

■ネットワーク型 RTK-GPS を利用した
無人田植機による自動作業
独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構
中央農業総合研究センター
作業技術研究部 機械作業研究室
主任研究官 長坂 善禎 様

■RRS(電子基準点との RTK-GPS)による 3 級基準点測量
武州測量株式会社
秩父支店
支店長 齋藤 浩二 様

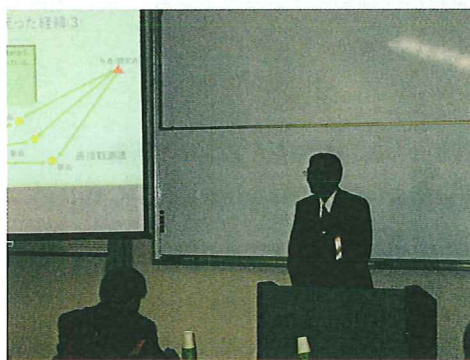
■ネットワーク型 RTK-GPS を利用した
復建調査設計(株)様による海底地層調査での実施例
三菱電機株式会社
IT宇宙システム推進本部
IT宇宙システム第一部
国土位置情報システム推進課
専任 島 光秀 様



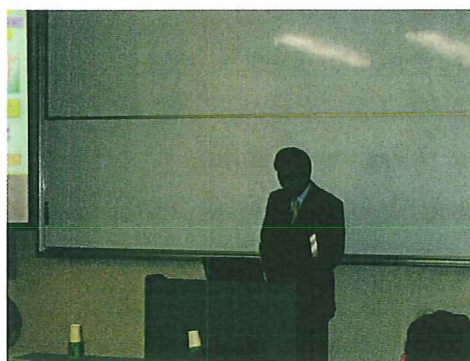
土屋様のご講演の様子



長坂様のご講演の様子



齋藤様のご講演の様子



島様のご講演の様子

表 1. 各衛星系の計画(平成 17 年 9 月現在)

GSTB=Galileo System Test Bed

年	GPS (米)	グロナス (露)	ガリレオ (EU)	準天頂衛星(日)	関連事項
1970年代	最初のブロック I 衛星打上(1978)				1964年よりNNSS運用中
1980年代	最初のブロック II 衛星打上(1989)	最初のグロナス衛星打上(1982)			
1990年代	GPSの正式運用開始(1993年12月)	95年ころ26機体勢となる しかし次々と衛星故障			NNSS廃止(1999) MTSAT-1 打上失敗
2000	SA停止(5月) WAAS部分運用開始		計画開始 EGNOS試験運用開始(1月)		
2001	近代化計画発表	衛星数減少 7機となる	基本計画決定		
2002			EUで計画推進合意 基本開発開始	NASDA(当時)、経団連等 から計画発表	
2003	WAAS正式運用開始(7月)	一般開放L2搭載のグロナスM型衛星配備開始	開発・試験・評価作業 GPSとの妥協ほぼ成立	総合科学技術会議答申 (12月)	H2-A 打上失敗
2004	L1C計画提案	年末に14衛星体勢となる	EGNOS運用開始(7月) GSTB v1試験運用中		H2-A 打上休止
2005	L2C配備開始予定 (Block 2R-M)	1月に1衛星故障、13衛星となる	試験衛星1号打上予定 GSTB v2作業開始	測位信号形式調整中 L1C搭載の方向	MTSAT-2(ひまわり6号)打上
2006			試験衛星2号打上予定 本衛星打上開始予定	最終設計検討	ETS-8(測位実験を含む)打上予定
2007	L5(Block 2F)配備開始	衛星数18機程度となる?	衛星10機程度となる?		
2008		一般開放L5搭載のグロナスK型衛星配備開始	(運用開始予定)	1号機打上	
2009	L2C衛星10機以上となる?		実質運用開始予定	3機配備完了、運用開始	
2010					
2011	L5衛星10機以上となる?	この頃24機体勢となる?			
2012				3年後民間へ移管	
2013	ブロック III, L1C配備開始				
2014	L2C配備完了予定				
2015		KM型配備開始			
2016					
2017	L5配備完了予定				
	L1C配備完了は2025年前後				
備考	デルタロケット使用	1基のロケットで同時に3衛星が打ち上げられる	1基のロケットで同時に8衛星が打ち上げられる		ETS-8は違う周波数2 GHz帯使用

4. 参考 web ページ

◎近代化 GPS 関連

米国沿岸警備隊

www.navcen.uscg.gov/gps/modernization/

Joint Programm Office

<http://gps.losangeles.af.mil/jpo/gpsoverview.htm>

◎ガリレオ関連

欧州連合

http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm

http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_hld_v3_23_09_02.pdf

欧州宇宙機構 www.esa.int/esaNA/galileo.html

ガリレオ企業連合

www.galileoju.com/page.cfm?voce=m&idvoce=301&plugIn=1

◎グロナス関連

グロスセンター www.glonass-center.ru

◎準天頂衛星関連

JAXA <http://qzss.jaxa.jp/>

◎SBAS(DGNSS 信号の衛星からの配信)

国土交通省航空局

www.mlit.go.jp/koku/04_hoan/gyoumu/satellite/00.html

www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/12/120121_.html

米国連邦航空局

<http://gps.faa.gov/Programs/WAAS/waas.htm>

SBAS 受信機メーカー

www.garmin.com/aboutGPS/waas.html

JAXA www.ista.jaxa.jp/pse/d03.html

S B A S コード

http://gps.losangeles.af.mil/prn/sbas_ranging_codes.htm

◎全般的な情報検索

www.rin.org.uk/

■ネットワーク型RTK-GPS を利用した無人田植機による自動作業

中央農業総合研究センター
長坂善禎

1. はじめに

近年、グローバル化の波が米作りを含めた農業分野にも押し寄せており、国際的な競争に打ち勝つためには、お米の高品質化と同時に、生産コストを削減する必要があります。

高品質化のためには適期作業を行うことが、生産コストの削減のためにはオペレーターあたりの作業面積を拡大することが有

効です。しかし、限られた人数のオペレーターで適期作業を行うのは、栽培面積が大きく、ほ場が多くなるほど困難になり、今以上に作業能率を高める必要があります。このためには、水田の区画と機械をさらに大きくする方法が考えられますが、代かきした水田に大きく重い機械を導入するには限界があります。そこで考えられたのが、ひとりで複数の機械を操作する方法です。こうすれば、ほ場や機械を大きくしなくても作業能率を高めることができます。そのためには、機械を人間が直接操縦せずに自動で運転する技術が必要です。



図1 無人田植機

中央農業総合研究センターでは、これまでさまざまな自動作業技術を研究してきましたが、ここでは、無人田植機による自動作業について紹介します。

2. 無人田植機について

図1に無人田植機を、図2にそのシステムを示します。無人田植機は市販の6条植乗用田植機を改造し、位置、姿勢計測のためのセンサ、制御のためのコンピュータを搭載し、田植機を操作するためのアクチュエータを取り付けてあります。

正確な田植え作業を行うためには、水田の中で田植機の位置と姿勢を高精度に把握し、そのデータをもとに田植機の各部を操作する必要があります。この田植機は位置をネットワーク型のRTK-GPSで計測しています。GPS受信機は株式会社ニコン・トリプルのMS750を、補正情報の取得には携帯電話とモデムを使用し、株式会社ジェノバのRTKデータサービスを利用しています。

GPSのアンテナは田植機の上部、地面から2mの高さに取り付けられているため、地面の凹凸によって車体が傾き、そのままの位置情報を使用して制御するのでは誤差が大きくなります。このため車体の傾斜を姿勢センサで計測し、位置情報を補正します。また、進行方向に対する姿勢のずれもこの姿勢センサで計測します。姿勢センサは北海道大学でロボットトラック用に開発されたもので、ここでは無人田植機用に一部改良して使用しています。

これらの位置、姿勢の情報をもとに、操舵、エンジンスロットル、無段変速レバー、クラッチ、植え付け部の昇降、左右ブレーキなど、田植機の各部をすべてDCモータでコンピュータにより操作し、田植機を自動で操縦します。

植付部は中央農業総合研究センターで開発、実用化されたロングマット水耕苗(図3)が搭載可能なように改造されており、6条植の場合、30a苗補給することなく移植作業を行うことができます。また、植付爪と連動した液剤散布機を搭載しており、除草剤の同時散布も可能です。

電子基準点ネットワーク

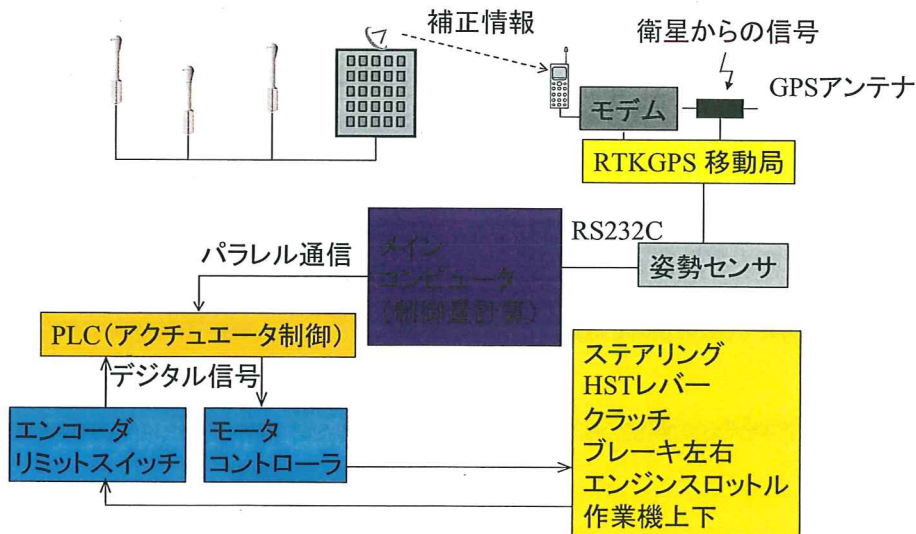


図2 無人田植機のシステム



図3 ロングマット水耕苗と育苗装置

3. 自動作業の方法

田植機を自動作業させるためには、目標とする走行経路の設定を行い、これに沿って走行させます。あらかじめ作業を行う水田の四隅の位置座標を計測しておき、これを初期データとしてコンピュータに記憶させます。この四隅の緯度、経度のデータから作業経路を作成します。この際、旋回のための枕地の幅は2行程分としました(図4)。

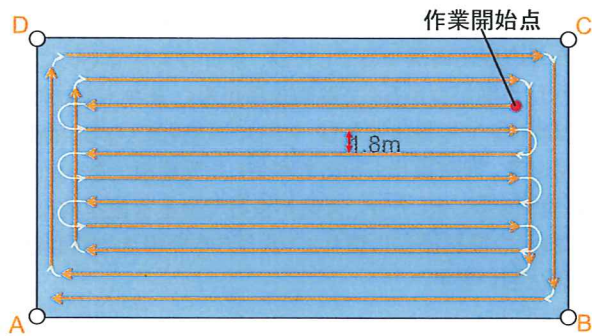


図4 作業経路

出入り口付近に田植機を置き、プログラムをスタートさせると、自動的にほ場の中に入って作業開始位置まで移動し、作業を開始します。位置と姿勢のデータから、植え付け作業時には、まっすぐ進むようにステアリングが操作され、植え付け開始位置、停止位置、また作業速度は位置データをもとに制御されます。田植機がほ場端に達すると、植え付けを停止し、植え付けた苗列を踏まないようにUターンし、次の作業行程に進入するようステアリングやブレーキが操作されます。最後にほ場の最外周を2周して枕地の移植を行い、作業が終了するとほ場外へ移動し、停止します。

また、作業中に補正情報が途切れた場合などを想定し、常にGPS受信機から出力される測位精度の情報をモニターし、異常がある場合には作業を一時停止し、正常化後に再開する機能を備えています。

この無人田植機は、設定した走行経路からの横方向の

ずれ10cm程度で作業することができ、作業能率は10aあたり20分程度です。

この田植機を使って、2005年春に埼玉県農家ほ場で、無人移植作業実験を行いました(図5)。ほ場への進入からほ場外への移動まで、人が介在することなく作業を行うことができました。また、有人田植機と協調作業を行う実験も行いました(図6)。オペレータが1台の田植機だけで移植作業を行うより、無人田植機を同時に利用することでより高効率な作業を行うことが可能です。



図5 無人移植作業の様子



図6 有人・無人田植機協調作業

4. おわりに

2004年度まではRTKGPSを使用していましたが、ネットワーク型のRTK-GPSは基準局が不要で、初めて実験を行うほ場の位置データの記録や、システムの起動が簡単になりました。また、受信機1台で測位できるので、これまでと比べてシステムのインシャルコストを抑えることができます。

稲作の作業全体の高能率化のためには、田植えだけでなく、それ以外の作業も自動で行えるようにする必要があります。すでにトラクタを使った作業の自動化は、大学や他研究機関で研究が進められています。今後、GPSや姿勢センサの載せ換えが各機械の間で可能なように、ハードウェアインターフェースやプロトコルの標準化などにも取り組んでいきたいと考えています。

■RRS(電子基準点とのRTK-GPS)による3級基準点測量

武州測量株式会社 秩父支店 齋藤浩二

・作業概要

本事業は件名 16上福測第1号地区界測量業務委託場所 比企郡滑川町大字福田地内であり、県営ほ場整備事業上福田地区の地区界 40.0haを確定することを目的に埼玉県東松山農林振興センターより発注されました。

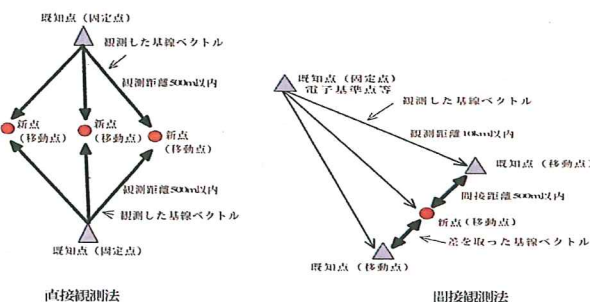
当初基準点の作業仕様は、3級基準点測及び基準点設置18点の内容でありましたが、1級基準点4点、三角点1点、電子基準点1点を既知点とし、新点23点(3級基準点)を設置しました。

・RRSを使うに至った経緯

今回観測にあたり、当初トータルステーションにて行う作業計画を組みましたが、現地状況は何年も耕作していない休耕地が多く、人の背丈以上の草木があり、視通が利かない場所が多いため、伐採を含めたトータルステーションでの観測は作業進捗と経費等の効率が悪いとされる要素が高かったために、GPSを使用した3級基準点測量の観測計画を社内検討しました。

当初はスタティック法で検討しましたが、スタティック法で行うと4台以上のGPS受信機と作業員も4人以上必要となり、かつセッション計画でも、2日から3日の日数が掛かることが検討の結果わかりました。

当社の品質方針に“常に原価意識を持って事業計画を達成し社業の発展を図る。”であります。私は本事業に対して作業効率を上げ、コストダウンを図ることに思案していた所、取引会社の埼玉測機社様よりRTK-GPSでの観測を進められ、RTK-GPSでの作業を採用しました。当時からRTK-GPS法に関しての予備知識はありましたが、まだ実際に経験がありませんでしたが、本事業に関しての検討結果を上司に説明し、かつ品質方針である、“常に技術力を強化し新技術へ挑戦する”ことからRTK-GPS測量を行うことを決断しました。



観測方法として上記の直接観測法と間接観測法の2種類の観測法がありますが、どちらを選択しようと考えた結果、マニュアルを見て検討し、直接法だと観測距離が500mを超える移動点間が多く、効率的ではありませんし、観測網図の計画を立てた所、複雑な観測網図になってしま

い、直接観測法は不採用としました。

間接観測法で行うと観測値の急激な変動誤差を軽減する効果があることも耳にしておりましたので、電子基準点を固定点とした2台同時観測による間接観測法が最良と判断しました。

江南電子基準点との全観測距離が10km以内だった為、電子基準点とのRTKを行うRRS法を選択し実施する運びとなりました。実施するにあたり、監督員の承認を得る為にRTK-GPS利用する公共測量作業マニュアルを持参し説明を行い、監督員に今回の作業を理解していただきました。

・作業実施について

使用した受信機はソキア製2周波GSR

2600、解析ソフトはソキア製GPS2R

ver1.00 配信会社は日本GPSデータサービスの補正データを、携帯電話を用いて受信し、RTK-GPSを行いました。

観測は、RTK-GPSを利用する公共測量作業マニュアルに沿って、2台同時観測による間接観測法で合計9時間15分の観測時間で終了したが、当日の天気はあいにくの雨で、足場がぬかるんで移動効率が悪く、途中10時位から12時位まで衛星状態及びPDOPの値も悪くなり中断しました。又、機材操作も初めて利用した受信機であったために時間を要しましたが、天気が良好で衛星状態が常に良く、なおかつ機材操作に慣れてくれば5時間程度で観測が出来ると思います。



・RRSを使った結果

次に結果ですが、基線ベクトルの10個の環閉合差、点検測量は公共測量作業規程で謳われている点検測量率に基づき2基線実施し、いずれも基線ベクトル較差は許容範囲内に入りました。精度管理は仮定三次元網平均による各基線ベクトルの成分、斜距離の偏差、23点の新点位置の標準偏差もすべて許容範囲内で仮定三次元網平均により求めた座標と既知点座標の差も許容範囲内です。

精度的には非常に優れていますが、既知点の1級基準点は今回利用した江南電子基準点を既知点として求めてある基準点だったので、高精度な結果を得られたと思います。

・まとめ

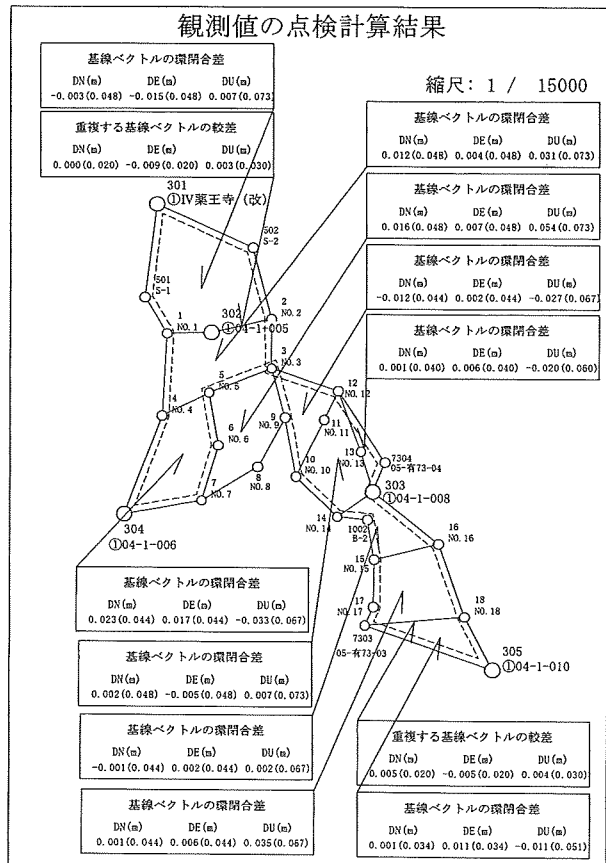
RTK-GPS測量を行って納品した事例は発注機関では初めてであったこともあり、非常に高い評価をいただくと共にこれによりお客様より多大なる信頼を得ることが出来ました。

参考にスタティック法で観測を行った場合との比較を示します。RTKの場合、2人で約9時間の観測に対してスタティック法ではセッションを組んで長期観測をする為に4人から6人で、計算上、約15時間程度は掛かると思われます。

最後になりますが、現場がGPS観測に適している場合、RTKはスタティック法と比べて作業人員、GPS測量機の数、作業時間を大幅に減らすことが出来ました。

今後は今回の経験を生かし同様の作業に活用して行き、お客様にも提案していく予定です。

以上が当社からの発表とさせていただきます。



3級基準点測量精度管理表

作業名	比企郡滑川町大字 福田地内	計画機関名	武州測量株式会社	作業班長	齋藤浩二 印
目的	ほ場整備事業	期間	自H 年月日 至 年月日	主任技術者	金子和夫 印
作業量	23点	世界測地系			

基線解析辺			仮定三次元網平均						三次元網平均計算	
測点名		辺長 (斜距離)	Δ X		Δ Y		Δ Z		斜距離の偏差	
自:	至:		偏差	許容範囲	偏差	許容範囲	偏差	許容範囲	偏差	許容範囲
S-1	NO.1	194.893	0.000	0.020	0.003	0.020	0.001	0.020	-0.003	0.100
①IV栗王寺 (改)	S-2	478.096	-0.001	0.020	-0.003	0.020	-0.002	0.020	0.000	0.100
①04-1-006	NO.4	489.082	-0.007	0.020	0.010	0.020	0.002	0.020	-0.006	0.100
NO.6	NO.7	270.394	0.000	0.020	0.004	0.020	-0.005	0.020	0.006	0.100
NO.5	NO.3	304.321	-0.008	0.020	0.006	0.020	0.011	0.020	0.002	0.100
NO.9	NO.10	281.091	0.000	0.020	0.001	0.020	0.005	0.020	-0.004	0.100
NO.12	NO.11	149.785	0.001	0.020	-0.001	0.020	-0.003	0.020	0.001	0.100
NO.13	①04-1-008	195.986	0.002	0.020	-0.004	0.020	-0.004	0.020	0.001	0.100

主要機器名称番号	
GPS測量機	ソキア CSR2600 SK-600
	1054
	1055

永久標識の種別等		
種別	数量	埋設様式
特記事項		
測定方式 RTK法		

新点名	新点位置の標準偏差			
	水平位置		標高	
	標準偏差	許容範囲	標準偏差	許容範囲
NO.1	0.006	0.100	0.007	0.200
NO.2	0.006	0.100	0.007	0.200
NO.3	0.006	0.100	0.008	0.200
NO.4	0.006	0.100	0.007	0.200

点検測量					
測点名		点検値 (DX, DY, DZ)	採用値 (DX, DY, DZ)	較差 (dN, dE, dU)	許容範囲
自:	至:				
05-有73-03	NO.18	-277.698	-277.701	0.005	
		-355.962	-355.966	-0.005	
		38.222	38.216	0.004	
①04-1-005	NO.2	-147.063	-147.067	0.000	
		-230.808	-230.816	-0.009	
		52.760	52.758	0.003	

■ネットワーク型RTK-GPSを利用した
復建調査設計(株)様による海底地層調査での
実施例

三菱電機(株) IT 宇宙システム推進本部

IT 宇宙システム第一部

国土位置情報システム推進課 専任 島 光秀

ネットワーク型RTK-GPSであるFKP方式を採用している三菱電機のPASをご利用戴いている復建調査設計(株)様による海底地層調査に同行する機会があったので、その実施状況を紹介する。

今回の海底地層調査は、HPIに掲載された入札情報によると、国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所が発注元となった湾口航路(中ノ瀬航路)土質分布調査であり、調査場所は、東京湾の中ノ瀬航路の北端部である。この航路および航路の近傍で5箇所海底地層調査を二日に渡って行うことになっていた。

調査地点の概略位置を図1に示す。

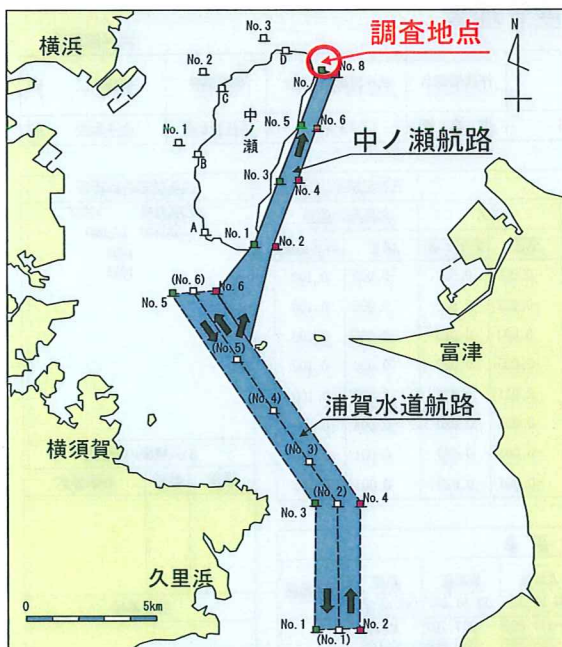


図1 調査地点の概略位置

この海底地層調査の目的は、東京湾における航路では水深20mを保つ必要があるのだが、堆積物などにより浅くなっていく場所がある。その浅くなることを浚渫する前に、

その浚渫箇所の土砂サンプルを事前に採取し、土質調査を行うことで、今後の浚渫作業を適切に行えるようにすることである。

次に調査に使用した船であるが、警戒船、誘導船、作業船の3隻あり、それぞれ次のような役割となっている。警戒船では接近する船を見張り、作業の可否を判断する。誘導船ではDGPSを搭載し、収集地点に作業船を誘導する。作業船では(コアラと呼ばれる)錘の付いた4mのパイプを海底に投下し、そのパイプに入った土砂をサンプルとして持ち帰る。作業船のイメージを図2に示す。また、DGPSを搭載した誘導船を図3に示す。

註: 作業船はイメージ写真



図2 作業船のイメージ



図3 DGPSを搭載した誘導船

作業手順は次のようになる。

- ① まず、誘導船がDGPSを用いて、画面上で収集地点の位置を確認しながら、自船を収集地点近くに持っていく、作業船をその近くに音声無線で誘導する。
- ② 次に、誘導船が誘導した収集地点で、作業船が錘の付いた4mのパイプ(コアラ)を海底に投入する。錘は約500kgあるので、コアラが海底に到達すると、錘の重さで海底の土砂にパイプが貫入する。そして、コアラのパイプに土砂が詰まって引き揚げられる。図4に収集イメージを示す。

■【寄稿】情報通信技術としての電子基準点リアルタイムデータ配信システムの考察

横浜国立大学大学院工学研究院

宇宙測地・情報通信分野 教授 高橋富士信

1. はじめに

地震災害国であるわが国は、高密度の GPS 電子基準点ネットワークを日本列島全土に配備している。この全土 GPS ネットワークに対して、測地・測位・防災などの活用側面からの検討・分析は多方面からなされてきている。一方では産学官挙げて取り組まれている、「いつでもどこでもだれもが利用可能なユビキタス情報通信技術」の開発への取り組みにおいて、電子基準 GPS ネットワークが基幹的な役割を果たすことへの期待は高い。本稿では電子基準 GPS ネットワークについて情報通信技術の立場から考察してみたい。

2. ソースとシンク

コンテンツ・ソースコードなどを広範に生産・提供する側はソースと呼ばれ、一方それを利用・吸収する立場はシンクと呼ばれている。現在のグローバル情報流通においては、わが国は残念ながら輸入超過のブラックホールの立場にあるといわれる。

電子基準 GPS ネットワークでは、GPS 衛星や受信機は米国系の技術に依存しているが、ネットワークを運用しリアルタイムに測定した国土情報とそれを流通・配信するシステム体系については、世界から注目をあびるわが国を代表するソースの地位をもっている。情報通信技術の立場からはリアルタイムな位置情報検索提供サービスの一環として位置づけられる。

一般に検索サービスは顕著なソースサービスである。膨大な情報群の巨大な宇宙のなかからユーザが必要な情報を検索し整理・提供することの有益性は、Google 社という検索エンジン提供企業が 1 兆円の売り上げを上げて成長を続けていることから明らかである。

最近 Google 社は Google Earth や Map と呼ぶ位置検索エンジンと GPS と連携させるサービスを発表し世界的な注目を浴びている。Google Earth サービスに触れた方々は、90 年代半ばに叫ばれていた「デジタルアース」最近の言葉では「ジオ・インフォマティクス」の実現を直感されるであろう。情報通信技術を土台とした高精度位置検索サービスの巨大な発展が進展していることがわかる。

こうした状況下で、わが国がソース側として一矢を報いる力量・内容・質を持ちうるものとして、全土をカバーする GPS ネットワークが経常的に生み出している確度の高い電子基準情報と考えたい。ユビキタス社会を主導しようとするわが国の U-Japan 施策にも大いに合致する。

3. オープン性とセキュア性の両立

良質のソースや技術を広範に提供する事業において、オープン性とセキュア性の両立が常に重要課題となる。ネットワーク上でソースを広範に提供しようとするれば、ねつ造・なりすましなどを狙う違法な攻撃が予想されるためセキュア重視となり、事業展開がクローズになり広がらないという矛盾を抱え込むことが多い。

英語圏の大学で評判の高い情報通信のテキストである

Tanenbaum の教科書(1)では:

1) サービス設計において、レイヤ構造の垂直的作り込みは避けるべき、各レイヤの独立性・オブジェクト指向性を明確にすべき。

2) 必要なシステムの垂直的作り込みは最小限のコアとなるエンジン部分に集中させる

ことを説いている。この原則を生かしてプロトコルスタックとともにソースや技術を広く(英語で)公開し、上位各レイヤの利用技術の広範かつオープンな発展をはかることが技術の普及を促進させることになる。セキュア性の確保はコアとなるエンジン部分にリソースを集中させる。他のレイヤでの利用技術のセキュア性はオープンな環境で切磋琢磨されて、優れたものが生き残るという考え方である。

このテキストは第 4 版を重ねており、多くのネットワーク設計の成功例・失敗例が取り上げられているが、最近では ATM、ISDN、Bluetooth などが不成功例として挙げられている。いずれも技術陣がネットワークの仕様書であるプロトコルスタックの作り込みにおいて、物理層からユーザ利用技術レイヤまで垂直的に複雑に固めてしまったことが、広範で自由な利用技術の発展と普及を妨げたと分析している。一方、成功例としてイーサネット、IP、USB などが挙げられており、コアレイヤ部分を明確にしレイヤ間の独立性を確保しながら、ホスト間・上下のレイヤ間のプロトコル・インターフェース・サービスの基本 3 要素を明確に定義して公開したことが広範な普及とともにセキュア性確保につながったと説明をしている。良質ソースとなる条件といえよう。

筆者自身、VLBI 技術のネットワークシステムの整備に取り組んできた苦労を重ねてきた経験を持つ立場からは、こうした体系的なネットワーク設計の指導原理の有効性がよく理解できる。

VLBI グループでは IVS(国際 VLBI 事業)が、GPS グループでは IGS(国際 GPS 事業)がこうした国際的に通用する手法に取り組むようになってきており、わが国を中心とする IP-VLBI 技術の開発はこうした手法に近いものとなってきている。また米国のテキサス大学のグループが GPSStk というオープンな GPS ソフトウェア開発手法が動き出し活発なやりとりが開始されている。

筆者には GPS 電子基準点ネットワークが今後大きく発展する鍵は、国内外のこうした動向と連携したオープンな情報通信の立場からのアプローチの強化にあるように思われる。

4. まとめ

世界にも稀な高密度の GPS 電子基準点により日本列島の全土を覆いつくしている。GPS 基準点ネットワークは世界に誇るべき事業であるとともに情報通信ネットワークの先進例ともいえる。本稿は測地・防災の関係の方々には読みづらい原稿となったかもしれない。いささかでも GPS 基準点ネットワークのグローバルな発展に役立てば幸いである。筆者の筆力不足をお詫びしてまとめとしたい。

参考文献:

- (1) 原著: Computer Networks 4th Edition, Andrew Tanenbaum, Prentice Hall; ISBN: 0130661023; (2002/08/09)
和訳: コンピュータネットワーク第 4 版 A・S・タネンバウム 日経 BP 社; ISBN: 4822221067; (2003/12/11)

