

I-11 RTK-GPS 測量を活用した空間データの整備および更新手法の構築

Method of Making and Updating Spatial Data by Using RTK-GPS Survey

窪田 諭*

松村 一保*

北川 育夫**

安井 嘉文**

Satoshi KUBOTA Kazuyasu MATSUMURA Ikuo KITAGAWA Yoshifumi YASUI

【抄録】本研究では、地域における住民サービスの向上および官民における業務効率化を目標として、GIS に利用する空間データを効率的に整備し更新するために、RTK-GPS 測量を活用したデータ整備および更新手法を構築した。まず、空間データの整備のための元資料として道路台帳現況平面図および民間データを利用することを検討した。次に、民間データのズレや経年変化などに伴うデータ更新を行う手法を検討し、RTK-GPS (FKP 方式) 測量で位置参照点を設置し、TS 地形測量を実施して更新する手法を採用した。そして、本手法を実際に適用し、手法の有用性を実証した。

【Abstract】 In this study, the data making and updating method that RTK-GPS survey was utilized were constructed so that spatial data utilized with GIS is got and updated effectively. As former information for making of Spatial data, road registry actual plane figure and private sectors data were utilized. The method that did update of a gap by time-dependent behavior was examined. The method to install Location reference point by RTK-GPS (FKP) survey, and to update by TS topographic survey was adopted. Actually, an expert skill method was applied. Usefulness of expert skill method was inspected. As a result enhancement of citizen service in neighborhood and affairs promotion of efficiency in a private enterprise are possible.

【キーワード】 RTK-GPS 測量, FKP, GIS, 位置参照点, データ更新, 民間データ

【Keywords】 RTK-GPS, FKP, GIS, Location Reference Point, Update, Private Sector Data

1. まえがき

地方公共団体においては、業務の効率化および住民サービスの向上を目指して、道路管理などのための GIS の導入¹⁾²⁾が進められている。一方、ユーティリティー企業を始めとする民間企業においても、設備管理などの GIS が利用されている。これらの道路業務に係わる GIS で利用される空間データには縮尺 1/500～1/1,000 の大縮尺レベルのデータが求められているが、これらの整備には多大な初期費用が必要となるため、整備が進んでいないのが現状である。

また、空間データの更新においては、民間企業

では設備の更新に伴い日常的に更新作業を行っている。一方、地方公共団体においては、数年に一度航空写真測量と数値図化作業を行ってデータを再作成している。また、空間データの更新に関する研究³⁾⁴⁾が進められているが、実利用には問題が存在するという現状であり、従来通りの手法によるデータ更新作業を行っていることが多い。そのため、道路管理業務などの行政業務においては、最新の空間データを利用できていないという問題およびデータ更新に多大な費用を要するという問題がある。

したがって、GIS を利用した業務を円滑に行う

*正会員 株式会社オーグス総研 コンサルティング部 (〒550-0023 大阪市西区千代崎 3-南 2-37)

(E-mail : kubota@csl.ogis-ri.co.jp)

** 株式会社 GIS 関西 技術部

(〒542-0086 大阪府中央区西心斎橋 2-2-3)

表-1 GPS 測位方式の比較

分類		従来方式 (精度)	新方式 (精度)
リアルタイム	高速移動体用	単独測位 (10~20m)	
		D-GPS (5~10m)	高感度化
	測量用	RTK-GPS (1~10cm)	FKP (2~3cm) VRS (数 cm)
後処理	測量用	スタティック (1cm 以下)	

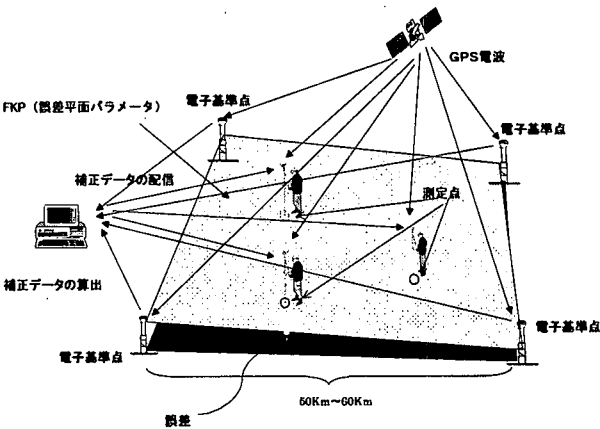


図-1 FKP 方式の原理

ために、空間データを安価かつ早期に整備し、その更新を効率的に行えることが必要である。

そこで、本研究では、空間データの整備と更新を効率的に行える手法を構築する。まず、近年実用化されつつある RTK-GPS 測量を利用して安価かつ効率的にデータを整備し更新できる方法を検討する。次に、構築した手法を実道路に適用し、その実用性を検証する。

2. RTK-GPS 測位方式の採用

GPS 測量には、スタティック法（後処理解析）とリアルタイムキネマティック法（実時間処理解析）がある。スタティック法は、従来使用されてきた GPS 測量技術であり、主に 1・2 級基準点の測量に用いられる。ただし、市街地や比較的近距离で行う場合は、基線解析を後処理で行わなければならないため不向きである。現在では、リアルタイムキネマティック方式を用いることによって、スタティック法では困難であった様々な測量が行われている。表-1 に測位方式を比較する。

本研究では、RTK-GPS 測量における FKP (Flächen Korrektur Parameter：面補正係数) 方式を用いる。FKP 方式の原理を図-1 に示す。FKP 方式は、複数の電子基準点を使用し、その基準点データから基準点領域内および周辺領域において有効な電離層遅延、対流圏遅延、GPS 測量の軌道誤差を表現する FKP を生成し、測定点に補正データを配信するシステムである。RTK-GPS 測位方式における精密測位ソフトウェアの比較を表-2 に示す。FKP 方式の特徴を以下に述べる。

- ・ 従来の方式と比べて精度が向上する。
- ・ 基準点から離れても精度が劣化しない。
- ・ 測定結果のばらつきが少なく安定している。
- ・ 初期化時間と測定時間が短縮できる。
- ・ 測位処理および測位結果がシステム化される。

3. データ整備および更新手法の構築

3.1 データ整備手法

本研究では、空間データを安価かつ早期に整備するために、従来の航空写真測量および数値図化を行う手法ではなく、既存データを活用する方法を考える。ユーティリティー企業は地方公共団体の道路台帳現況平面図を元資料としてマップデジタイズ方式でデータ入力を行い、大縮尺レベルの地形図データを運用しているため、このデータが GIS の基盤となる空間データとして利用できる可能性が高い。民間データを用いたデータ整備手法を図-2 に示す。道路地物については、民間データに整備されている大縮尺レベルデータを利用できる。ユーティリティー企業のデータには、整備されていない地域が存在するため、その地域には道路台帳の現況平面図の画像データを重ね合わせて利用できる。さらに、道路以外の地物については、縮尺 1/2,500 レベルの DM データを利用することによって空間データ全体を整備することが可能となる。

ただし、これらのデータは重ね合わせると縮尺が異なるためズレが発生する。空間データとして民間データと道路台帳現況平面図、2500 レベルの DM データを利用するためには、そのズレを補正

表-2 精密測位ソフトウェアの比較

国名	開発元	システム名	特徴	応用システム
ドイツ	Geo++	FKP	・ VRS 方式による高精度測位 ・ 2～3cm レベルの精度 ・ 補正情報は片方向通信	測量システム（ドイツ、英国、日本）
	Trimble	VRS	・ VRS 方式による高精度測位 ・ 2～3cm レベルの精度 ・ 補正情報は電話などによる双方向通信	測量システム（ドイツ、日本）
米国	JPL	RTG	・ 全地球レベルで 10cm 精度 ・ 軌道とクロックの補正データによりシームレスな測位が可能	Navcon 社 StarFire でシステム化
	Fugro	Omnistar/Starfix	・ 静止衛星経由で補正データ配信 ・ 精度は D-GPS レベル	Omnistar：陸上移動体
		Starfix-HP	・ 精度は水平：10cm，垂直：20cm ・ マルチリファレンスによる仮想基準点方式	Starfix：海上移動体
	USCG.DOT.	NDGPS	・ コード補正データの地上波による配信 ・ 精度は D-GPS レベル	全米に展開中 船舶の制御
		High Accurate	・ 精度は centimeter-decimeter レベル ・ 補正情報はコード、キャリア観測データ	
カナダ	カルガリー大学	Multi-REF	・ VRS 方式による高精度測位 ・ 10cm レベルの精度 ・ 補正情報は片方向通信	測量システム（韓国、ブラジル、日本）

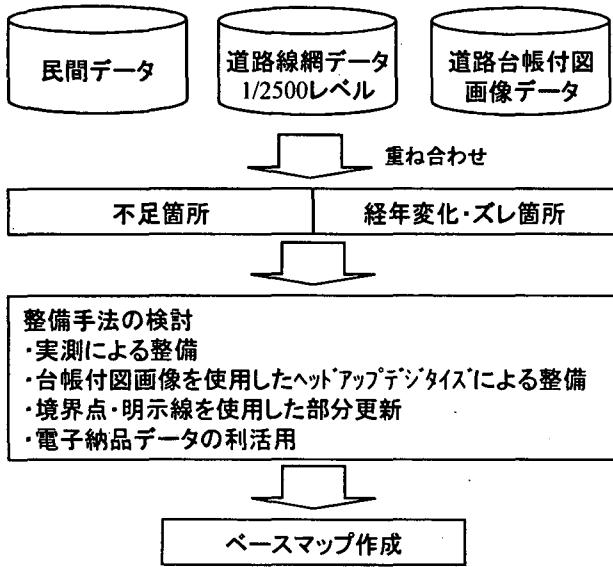


図-2 空間データの整備手法

ことが望ましい。補正方法としては、実測による整備，台帳付図画像を使用したデジタイズによる整備，境界点と明示線を使用した部分更新，電子納品データの利活用が考えられる。

3.2 データ更新手法

現在，地形データの更新においては，更新箇所を測量するために基準点からの測量を行わなければならない。基準点を多く設置している地方公共団体では更新箇所付近に基準点が存在するため測量コストが少なくなるが，基準点数が少なく遠くの基準点を利用する必要がある地方公共団体では作業コストが多く発生してしまう。また，近くの基準点をそのまま使用する場合は，使用した基準点の精度で測量できるが，複数点設置する場合は誤差が生じる。

そこで，本研究では，既存の基準点の代わりに

することが必要である。ズレの補正は多大な工数および費用をかけることなく，容易に実施できる

表-3 地形データ更新のための測量手法の検討

	電子平板法① (TS による基準点 設置)	電子平板法② (FKP 方式による 位置参照点設置)	アナログ平板法	デジタルマッピング 手法	既成図マップデジ タイズ手法
作業方法	実測型	実測型	実測型	航測型	机上型
作業 フロー	1. 基準点設置 2. TS 地形測量 3. 編集作業 4. 既成図との整 合編集	1. FKP 方式基準点設 2. TS 地形測量 3. 編集作業 4. 既成図との整 合編集	1. 基準点設置 2. 機械点設置 3. 平板測量 4. 現地補測測量 5. デジタル化お よび既成図と の整合編集	1. 対空標識設置 2. 撮影 3. 水準測量 4. 空中三角測量 5. 図化作業 6. 編集作業 7. 現地補測	1. 既成図のスキャ ニング 2. 座標値による 補正 3. 編集作業
メリット	高精度。	高精度。 FKP 方式で位置参 照点を設置するた め、電子平板法①と 比べて現場作業の短 縮が行える。	費用が安価（小規模 エリア）。	真位置データの取得 が可能。精度が一定。	費用が安価。
デメリッ ト	基準点設置に時間が かかる。	FKP 方式を使用す る際に衛星の配置状 況により作業時間が 制約される。	観測結果をデジタル 化する工程で精度が 劣化する。 作業員の技術レベル によって精度が左右 される。 精度管理、点検、品 質保証が難しい。 面積が広域になれば 精度が劣化する。	全域整備では費用が かさむ。	既存の地形とのすり 合わせ編集が必要。 現行図面精度をその まま継承する。 高さが取得できな い。
費用	面積が大きいほど高 価	①と比べて安価。	面積が大きいほど高 価。	ある程度の面積があ る場合は電子平板法 ①と比べて安価。	安価。

位置参照点を設置し利用することを考える。様々な測量手法を検討した結果を表-3 に示す。RTK-GPS 測量の FKP 方式を利用すれば、第二章で検討したように安価で早く精度の良い位置参照点を取得できる。FKP 方式によってデータ更新に必要な箇所を全て取得することができれば最も良いが、都市部においては衛星取得時間帯の制限、観測数量、補正データ通信費用などの課題があるため、現状では困難である。したがって、本研究では、FKP 方式によって位置参照点を取得し、その位置参照点を基にして TS 測量によって地形データを取得する手法を採用する。このデータ更新手法を図-3 に示す。そして、位置参照点を活用したデータ更新手法を図-4 に示す。民間企業にお

いて宅地造成、埋め立て、道路工事によって地形が変化し、設備に更新あるいは変更がある場合、更新区域に地方公共団体などの基準点が存在すればそれを利用し、存在しなければ自ら位置参照点を設置する。位置参照点の設置者は、設置した位置参照点の情報を公開して関係者と共有することによって、地域全体の様々な図面との整合性を図ることができる。そして、地形図データの中に位置参照点データを付加することによって、多目的な地図への利用や地形図の精度管理履歴への利用が考えられる。

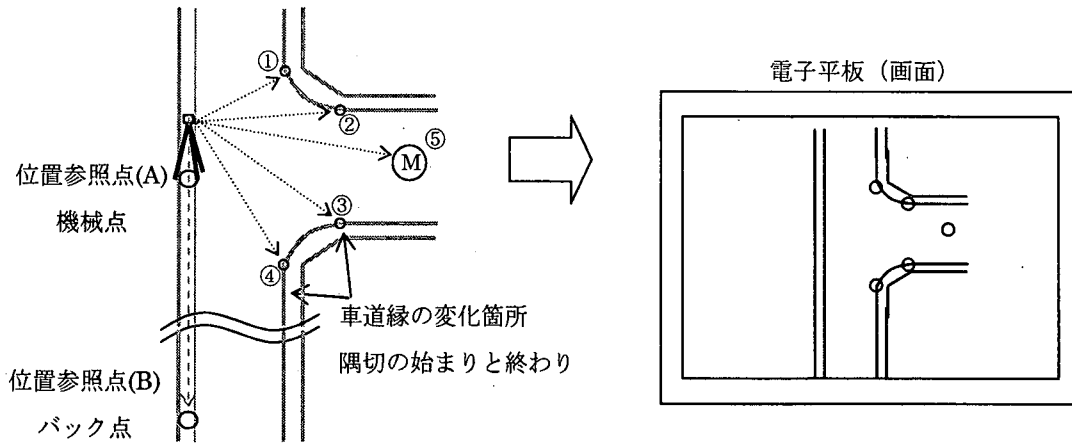


図-3 RTK-GPS (FKP 方式) 測量で設置した位置参照点を使用して TS 地形測量を実施

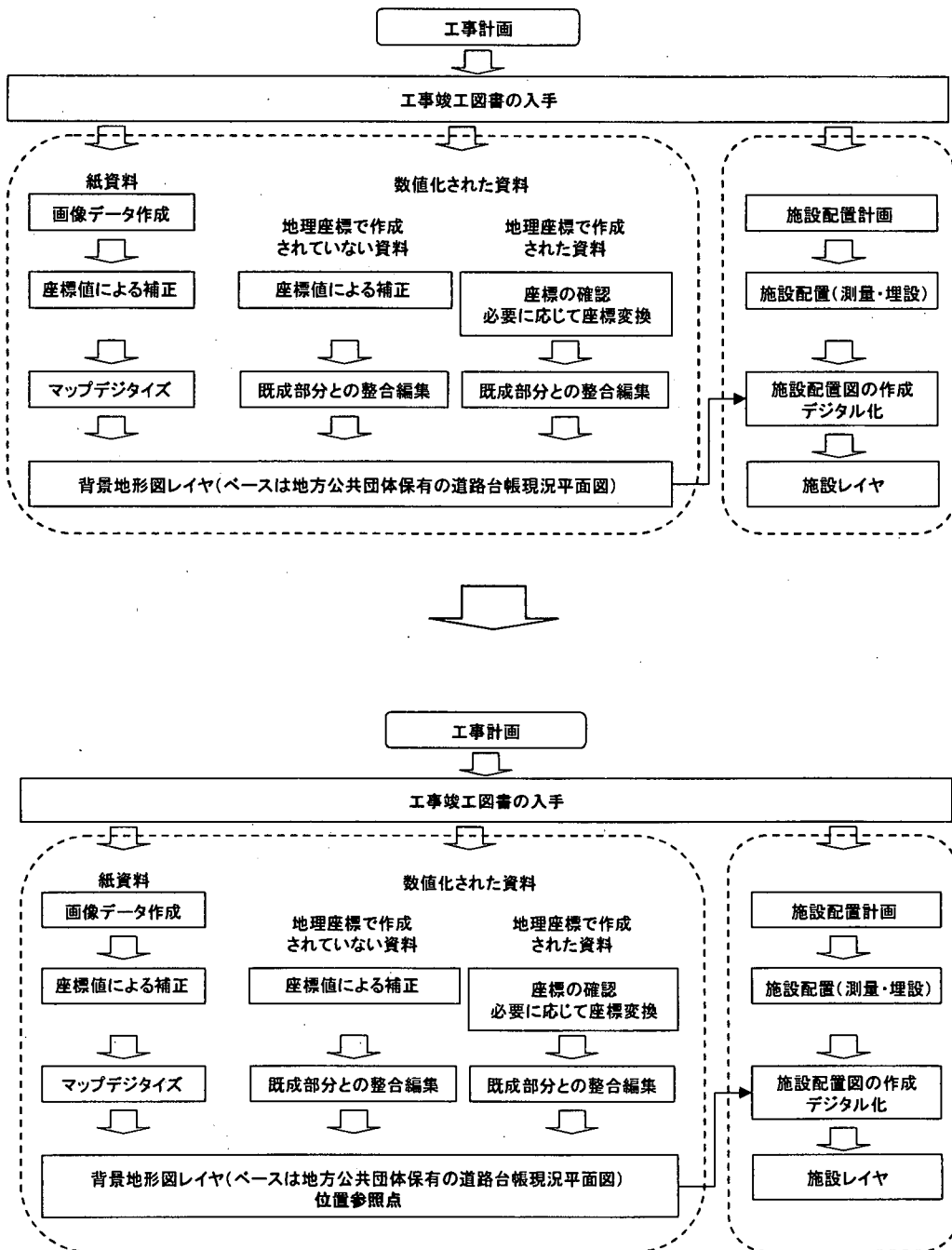


図-4 位置参照点を活用したデータ更新手法

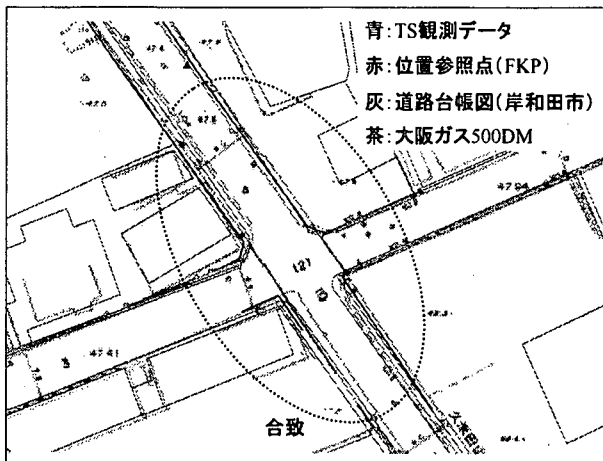


図-5 道路台帳付図と大阪ガス地形図データの重ね合わせ

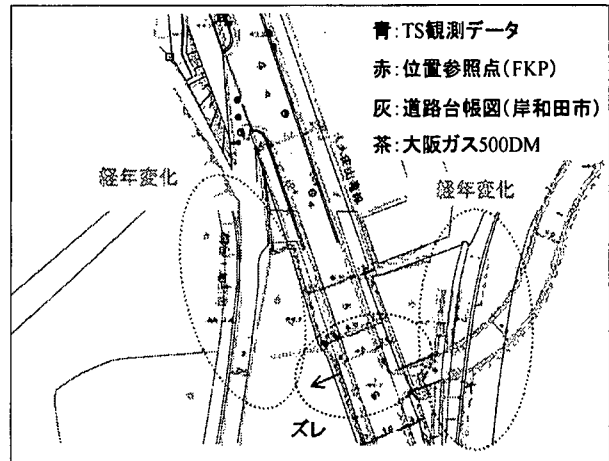


図-6 道路台帳付図と大阪ガス地形図データの重ね合わせ

4. 実証

本章では、第三章で構築したデータ整備手法および更新手法を実証した。実証は、大阪府道および神戸市ポートアイランドにおいて行った。実証に用いる民間データとして、縮尺 1/500 レベルのデータとして整備され日常的に更新されている大阪ガス地形図データを利用した。

4.1 使用機器

(1) FKP 方式

- ・ 2 周波 GPS アンテナ・受信機 (Topcon 社製 LEGACY-E 3 台)
- ・ 補正データ通信装置 (携帯電話用通信モデム I/O data, 携帯電話 NTT Docomo)
- ・ データ収録パソコン (Panasonic ワイヤレス PC)
- ・ 使用ソフト (三菱電機, ドイツ Geo++社製 GN-SMART (FKP 方式), GN-SMART 用現場観測システム)

(2) TS 地形測量

- ・ ニコン製 FALDY-10i

(3) 平板測量

- ・ JEC 製 GUIDERⅢ (TS に接続して観測結果を作図)

(4) 作図 (入力機器および GIS ソフト)

- ・ 入力: autodesk 社製 AutoCAD R14
- ・ GIS: ESRI 社製 ArcView3.2・ArcMap

(5) 測地成果 2000 変換ソフト

・ ESRI 社製 ArcTKY2JGD

4.2 データ整備手法の実証

4.2.1 作業項目

(1) データの重ね合わせ

大阪府道における道路台帳の現況平面図と大阪ガス地形図データを重ね合わせ、そのズレを検証し、大阪ガス地形図データがベースマップとして利用可能かどうかを検証する。

(2) 1 級基準点の観測

FKP 方式の精度確認および成果表と観測結果の検証のために、作業区域内に設置されている基準点を観測する。

(3) FKP 方式による位置参照点の設置

従来の地形更新手法との比較のために、作業区域で FKP 方式によって TS 測量用の位置参照点を設置する。

(4) TS 測量の実施

現況の地形と民間データの位置精度検証および手法の検証のために、TS に電子平板を接続して、作業区域内の現況地形を測量する。

4.2.2 実証結果

大阪府道と大阪ガス地形図データを重ね合わせた結果を図-5 および図-6 に示す。実験対象とした地域では図-5 のように正確に重なっている箇所が多く見られ、図上 0.5mm 以内に収まっていた。これは、公共測量作業規程⁶⁾における縮尺 1/500

レベルの地形図データの精度である標準偏差 25cm 以内を満足するものであった。したがって、大阪ガス地形図データを基盤としての空間データ

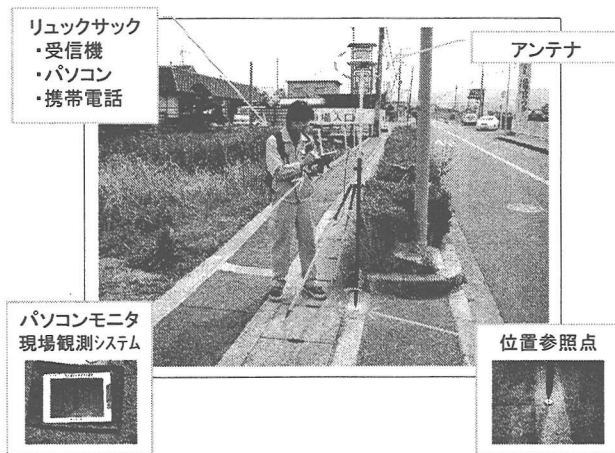


図-7 FKP 方式による位置参照点の設置

として利用できると考えられる。ただし、一部地域には図-6 のようにズレが見られた。このような場合、該当箇所の更新作業によってズレを補正し、データ更新作業を繰り返すことによって品質の高い空間データを作成できる。

4.3 データ更新手法の実証

兵庫県神戸市のポートアイランド一期・二期工事の接続箇所において、データ更新手法を実証するために以下の実験を行った。

4.3.1 作業項目

(1) 測地成果 2000 への座標変換

基準点の観測にあたり、神戸市の 1 級基準点を日本測地系から世界測地系 (測地成果 2000) に座標変換する作業を行った。

(2) 現地踏査

作業区域に位置参照点を設置するための調査を行った。まず、大阪ガス地形図データを出力した図面を用いて位置参照点の設置箇所を計画した。次に、計画した位置参照点の位置を現地で選点した。TS 地形測量を実施するための見通し、交通量などの作業効率を考慮して選点した。

(3) 位置参照点の設置

位置参照点の設置は、FKP 方式で行い、

GN-SMART によって計算を行った。現地踏査および選点において決めた位置上で観測を行った。観測風景を図-7 に示す。

(4) 地形測量

TS と電子平板を接続して観測することによって、観測した値 (位置) と属性が電子平板の画面上に表示される。本研究では、電子平板に事前に大阪ガス地形図データを取り込み、観測結果を現場で確認できるように設定した。FKP 方式で設置した位置参照点に TS を設置し、位置参照点から放射的に地形の変化点 (道路縁や道路施設など) を観測した。

4.3.2 実証結果

データ更新が発生している地域について、FKP 測量によって取得した位置参照点を利用して TS 測量によって取得したデータを大阪ガス地形図データに重ね合わせた結果を図-8 に示す。そして、FKP 方式で取得した位置参照点を TS 測量によって観測し、厳密網平均計算を行い FKP 方式の精度検証を行った。精度検証結果を表-4 に示す。その結果、FKP 方式と TS 測量の検証においては、縮尺 500 レベルの地形図データに求められる標準偏差 25cm の半分 12.5cm を満足する 10cm 以内という結果が得られた。また、更新後のデータは縮尺 500 レベルの精度を満足するものであった。したがって、データ更新に利用するためのデータとして利用可能であることが実証できた。FKP 方式によって取得した位置参照点から TS 測量によって地形データを取得した結果を基に大阪ガス地形図データを修正すれば、現地の形状に即した精度の高いデータとして更新することができる。

本手法と従来の TS 測量による基準点設置手法の工数を比較した。その結果を表-5 に示す。ここでは点間距離 200m とし、3 級基準点の設置に係る費用を試算した。その結果、FKP 方式による位置参照点の設置は、従来手法と比べて約半分の作業工数となることがわかった。本手法によって、大阪ガス地形図データなどの民間データを効率的に更新していくことができる。

表-5 3級基準点測量：新点20点 永久標識設置なし（上段：標準人日数 下段：FKP方式人日数） 単位：人日数

	測量主任技師	測量技師	測量技師補	測量助手	計	備 考
作 業 計 画	2.0	2.0	2.0		6.0	従来通り
	2.0	2.0	2.0		6.0	
選 点		6.0	6.0	5.0	17.0	既知点調査が 無くなるため短縮
		2.0	3.0	2.0	7.0	
観 測		5.5	5.5	8.0	19.0	既知点観測が無い 上記日間表より算出
			2.0	2.0	4.0	
計 算 整 理	1.0	3.0	4.0	2.5	10.5	計算処理が無い
		1.0	2.0	1.0	4.0	
合 計	3.0	16.5	17.5	15.5	52.5	
	2.0	5.0	9.0	5.0	21.0	

5. あとがき

本研究では、RTK-GPS（FKP方式）測量を活用したデータ整備および更新手法を構築した。まず、空間データの整備のための元資料として道路台帳現況平面図および民間データを利用することを検討した。次に、民間データのズレや経年変化などに伴うデータ更新を行う手法を検討し、RTK-GPS（FKP方式）測量で位置参照点を設置し、TS地形測量を実施して更新する手法を採用した。そして、本手法を実際に適用し、手法の有用性を実証した。

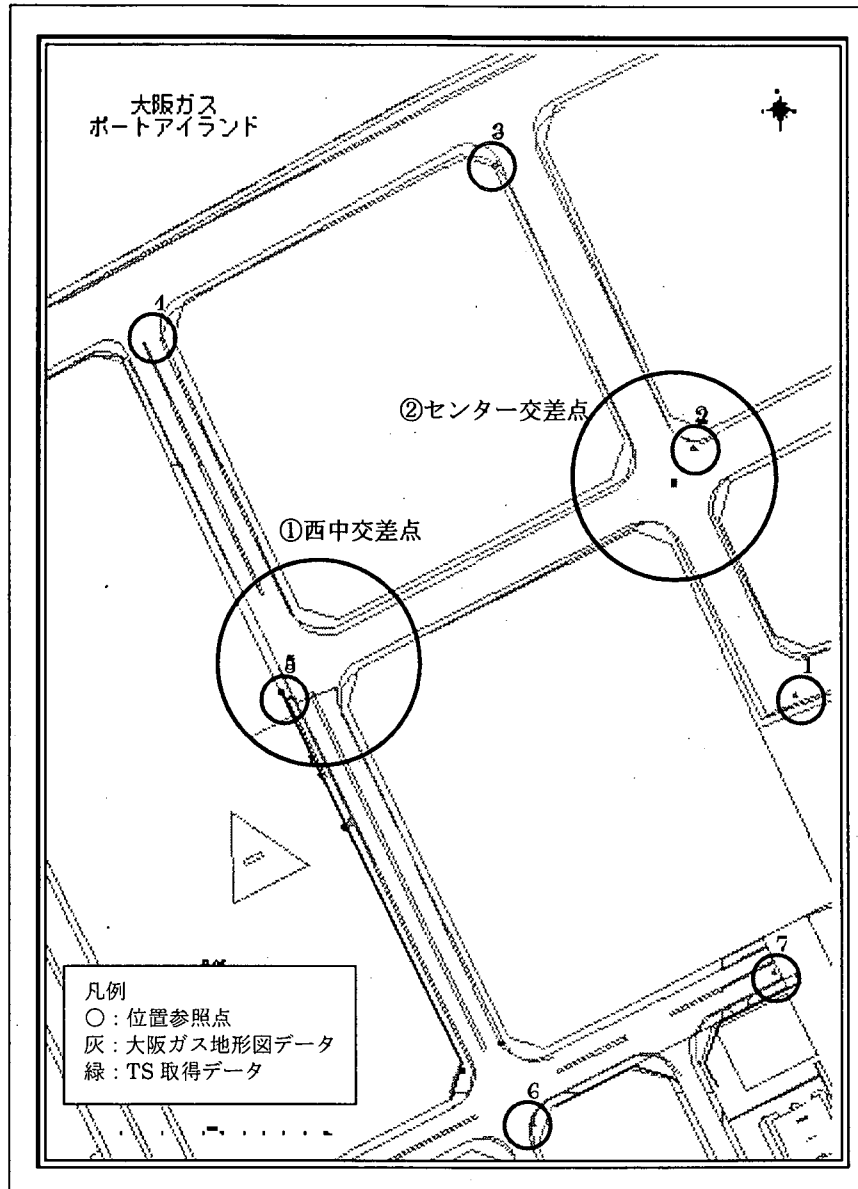
本手法によって、効率的なデータ整備および更新が可能となり、空間データの品質の向上および官民の業務の効率化が促進される。

謝辞

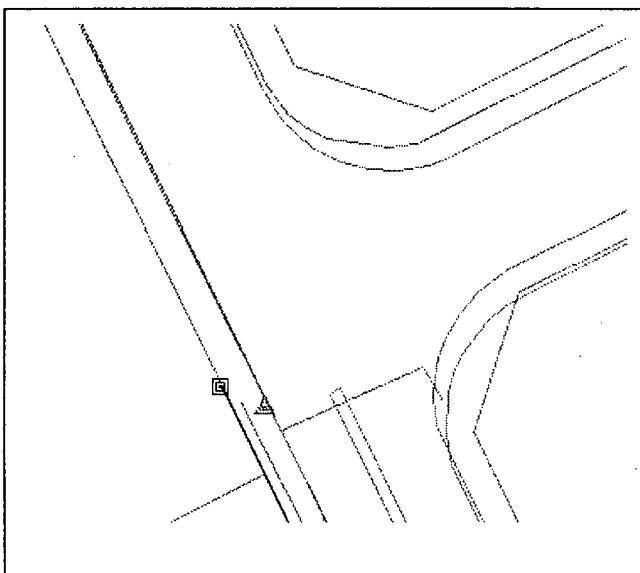
本研究を遂行するにあたり、大阪府土木部、大阪ガス株式会社、三菱電機株式会社のご協力を賜った。ここに記して、深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) GIS 関係省庁連絡会議：GIS アクションプログラム 2002-2005, 2002.2.
- 2) 日本測量協会：自治体で活躍する GIS, 2002.4.
- 3) 新井智恵子, 鹿田正昭, 岩村一昭, 藤井健二郎, 総田与志光：RTK-GPS の利用によるリアルタイム地図更新の可能性について, 全国測量技術大会 2001 学生フォーラム, 2001.7.
- 4) 史中超：GIS データベースの自動更新について, 東京大学空間情報科学研究センター論文集, Vol.2, pp.635-641, 1999
- 5) 関本義秀, 柴崎亮介：時空間データベースのダイナミックな更新を目指した概念データモデルの提案, GIS データベースの自動更新について, 東京大学空間情報科学研究センター論文集, Vol.2, pp.1075-1080, 1999
- 6) 国土交通省大臣官房技術調査課：国土交通省公共測量作業規程, 日本測量協会, 2003.4.



①西中交差点



②センター交差点

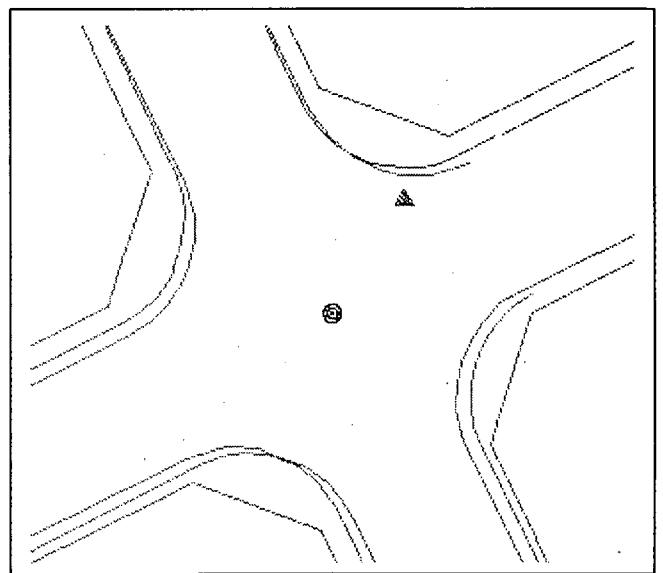


図-8 大阪ガス地形図データと現地観測結果の比較

表-4 FKP方式の精度検証結果

測点		B (経度)	L (緯度)	H(楕円 体高)	X (座標)	Y (座標)	Z (標高)	ジオイ ド	FKP 観測日	FKP 観測時間	衛星数
1	FKP	34 39 46.5159	135 13	41.623	-147967.367	81787.727	4.574m		2002/11/19	16:12:31	11 個
		34 39 46.5160	135 13	41.618	-147967.364	81787.727	4.569m		2002/11/19	16:13:59	11 個
		34 39 46.5163	135 13	41.625	-147967.355	81787.722	4.576m		2002/11/19	16:15:54	11 個
	平均			41.622	-147967.362	81787.725	4.573m	37.049	DX= 0.012m		
	TS 網平均				-147967.370	81787.727			FKP 観測の最大・最小値DY= 0.005m		
	差				0.008m	-0.002m			DZ= 0.007m		
2	FKP	34 39 50.3464	135 13	41.369	-147849.766	81738.171	4.319m		2002/11/19	17:01:30	11 個
		34 39 50.3462	135 13	41.372	-147849.772	81738.169	4.322m		2002/11/19	17:04:17	12 個
	平均			41.371	-147849.769	81738.170	4.321m	37.050	DX= 0.006m		
	TS 網平均	網平均計算時に FKP 観測結果を与点成果として使用。							FKP 観測の最大・最小値DY= 0.002m		
	差								DZ= 0.003m		
3	FKP	34 39 54.7104	135 13	39.436	-147716.147	81640.839	2.386m		2002/11/19	17:38:09	10 個
		34 39 54.7104	135 13	39.439	-147716.147	81640.839	2.389m		2002/11/19	17:40:01	10 個
	平均			39.438	-147716.147	81640.839	2.388m	37.050	DX= 0.000m		
	TS 網平均				-147716.148	81640.830			FKP 観測の最大・最小値DY= 0.000m		
	差				0.001m	0.009m			DZ= 0.003m		
4	FKP	34 39 52.0901	135 13	39.498	-147798.342	81476.973	2.449m		2002/11/19	16:05:50	12 個
		34 39 52.0900	135 13	39.497	-147798.345	81476.975	2.448m		2002/11/19	16:08:04	12 個
	平均			39.498	-147798.344	81476.974	2.449m	37.049	DX= 0.003m		
	TS 網平均				-147798.341	81476.966			FKP 観測の最大・最小値DY= 0.002m		
	差				-0.003m	0.008m			DZ= 0.001m		
5	FKP	34 39 46.5525	135 13	41.246	-147968.421	81541.123	4.198m		2002/11/19	15:45:32	10 個
		34 39 46.5526	135 13	41.248	-147968.418	81541.118	4.200m		2002/11/19	15:47:46	10 個
	TS 網平均			41.247	-147968.420	81541.121	4.199m	37.048	DX= 0.003m		
		網平均計算時に FKP 観測結果を与点成果として使用。							FKP 観測の最大・最小値DY= 0.005m		
	差								DZ= 0.002m		
6	FKP	34 39 39.9209	135 13	39.772	-148171.740	81658.653	2.725m		2002/11/20	10:36:37	8 個
		34 39 39.9209	135 13	39.778	-148171.740	81658.653	2.731m		2002/11/20	10:38:41	8 個
		34 39 39.9209	135 13	39.778	-148171.740	81658.653	2.731m		2002/11/20	10:41:19	8 個
		34 39 39.9210	135 13	39.776	-148171.737	81658.650	2.729m		2002/11/20	10:46:29	8 個
	平均			39.776	-148171.739	81658.652	2.729m	37.047	DX= 0.003m		
	TS 網平均				-148171.753	81658.669			FKP 観測の最大・最小値DY= 0.003m		
	差				0.014 m	-0.017 m			DZ= 0.006m		
7	FKP	34 39 42.2398	135 13	39.373	-148099.234	81776.938	2.325m		2002/11/20	10:07:08	7 個
		34 39 42.2400	135 13	39.371	-148099.228	81776.936	2.323m		2002/11/20	10:18:35	7 個
	平均			39.372	-148099.231	81776.937	2.324m	37.048	DX= 0.006m		
	TS 網平均				-148099.248	81776.944			FKP 観測の最大・最小値DY= 0.002m		
	差				0.017m	-0.007m			DZ= 0.002m		