

I-7 GIS 基盤データとしての道路台帳の有効活用と RTK-GPS 測量による図面作成手法

Utilization of Road Register for GIS Base Map And Making Method of Drawings Using RTK-GPS Survey

大崎喜久雄¹, 松村一保², 窪田 諭², 下妻勇輔³, 北川育夫⁴, 柴原芳信⁵

Kikuo OSAKI, Kazuyasu MATSUMURA, Satoshi KUBOTA,

Yusuke SHIMOZUMA, Ikuo KITAGAWA, Yoshinobu SHIBAHARA

【抄録】紙図面として整備されてきた道路台帳付図をデジタル化し、GIS で利用するための方法を検討した。そして、新規図面の整備段階において、安価に容易に整備するための手法として RTK-GPS 測量を利用して基準点となる位置参照点を設置することを考え、その手法の有用性を確認した。既存の道路台帳付図を有効に利用する手法を確立したことによって、貴重な資産を無駄にすることなく、GIS における基盤データの利用が実現できる。さらに、RTK-GPS 測量によって安価に図面の整備を行えることを実証できた。

【Abstract】The usage method in GIS by digitalizing the road register formerly maintained as the paper was investigated. The easy and lower-cost method for maintaining new drawings using RTK-GPS survey was made in setting up the location reference points, and the usefulness of this method was certified. To establish the method for using existing road register, these data is used in GIS without losing assets. And more, the way for maintaining GIS data using RTK-GPS survey was confirmed in lower cost than before.

【キーワード】GIS データの流通・共用, 位置参照点, 道路台帳, ラスターデータ, RTK-GPS

【Keywords】Distribution and Common of GIS Data, Location Reference Point, Road Register, Raster Data, RTK-GPS

1. まえがき

地方公共団体などでは、これまで道路の維持管理業務などには紙図面として整備された道路台帳を利用しており、非常に膨大な量の図面が保管されている。道路台帳付図は、道路管理業務において様々な局面で利用される基本的な情報である。近年の地方公共団体における GIS の積極的な推進においては、新規に図面を整備する場合の議論がなされ、各種の基準が策定されているが、貴重な財産である既存の図面を有効に活用する方法を検討する必要がある。GIS の基盤データとして、これまで紙図面として整備されてきた道路台帳付図を電子情報として活用することは、非常に重要な課題となっている。また、

地方公共団体における最近の財政難の状況を鑑みると、新規に図面を整備する場合には、できる限り低コストで容易に図面を作成することが強く要求されている。さらに、道路台帳の維持管理においては、図面のメンテナンスに莫大な費用が必要になるという問題が発生している。位置正確度が高い図面のメンテナンスを実現するためには、基準点（位置参照点）を保持した図面を整備することが必要である。ただし、位置参照点の設置に従来の測量手法を適用していたのでは、時間・費用コストともに満足させることはできないため、より容易かつ安価に設置する方法を確立する必要がある。

そこで、本論文では、GIS データの基盤として重

¹ 大阪府 土木部 事業管理室 検査情報センター (〒540-8570 大阪市中央区大手前2丁目)
² 正会員 株式会社オービス総研 GIS ソリューション部 (〒560-0083 大阪府豊中市新千里西町1-2-1)
³ 株式会社パスコ 国土空間情報事業本部 (〒542-0086 大阪市中央区西心斎橋2-2-3)
⁴ 株式会社ジーアイエス関西 大阪技術部 (〒542-0086 大阪市中央区西心斎橋2-2-3)
⁵ 三菱電機株式会社 社会システム技術部 (〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-2-3)
 (E-mail: 松村 kmatsu@map.ogis-ri.co.jp, 窪田 kubota@map.ogis-ri.co.jp)

要な道路骨格である既存の道路台帳付図を有効に活用するためにデジタル化し、GISの基盤データとして利用できるかどうかを検証する。そして、新規に図面を作成する場合にRTK-GPS測量によって位置参照点を設置する方法を考案する。これらによって、地方公共団体におけるGISの導入を容易に、しかも、安価に行えることを検証し、地域におけるGISの整備・普及を図る上での指針とする。

なお、本研究は、国土庁計画・調整局（現国土交通省国土計画局）のGIS整備・普及支援モデル事業の一環として行った「地域空間基盤データの共有化手法に関する調査」成果に追加調査を実施し、構成し直したものである。

2. 既存の道路台帳の有効活用

大阪府で管理されてきた道路台帳付図を有効活用するために、ラスター化の作業を行う。ラスター化した図面を大阪府豊中市域のDMデータと重ね合わせて、有用性と課題を検証する。

2.1 対象とする道路台帳付図

本論文では、大阪府の土木事務所が道路管理業務において整備・利用してきた紙図面の道路台帳付図を対象として、GISへの有効活用の方法を考案する。対象とする地域として、大阪府内では、豊中市による地形図が整備されていることから、豊中市域内から図面を選択する。

2.2 ラスター化手法の検討

道路台帳付図は、路線毎に紙に対して水平に描画されており、公共座標系で管理されていない図面である。そして、路線毎に縮尺1/250～1/500と縮尺が異なっている。道路台帳付図を基盤空間データに活用するためには、位置情報を持ったデータとする必要があることから、道路台帳付図に公共座標を取り付けるための幾何補正方法について実験する。補正方法は、1)一点補正、2)一点固定、方向をもう一点で取得、3)二点固定、4)図面接合後、一点固定で方向をもう一点で取得、5)図面接合後、二点で固定、6)図面接合後、多点補正、7)隣接図の点の関係から回転し位置参照点で固定、8)隣接図の点の関係から回転し接合点で固定、の八種類を想定し実験した。幾何補正を行う際の基準として、府道に隣接する市保有のベクトルデータを利用することが考えられるが、ベクトルデータは全ての区間には存在しないため、ベクトルデータに代わる基準として位置参照点を利用した。幾何補正を行うに当たり、測量に必要

な工数およびコストを縮減するために、位置参照点の設置をなるべく少なくできる方法で実験することとした。このうち、7)を例に幾何補正手法を述べる。補正手順を図-1～図-4に、補正後の補正結果を図-5に示す。

- ①図面の尺度を図面に表示されている縮尺に基づいて一定の縮尺に拡大する。
- ②一図面に対し位置参照点を一点測量する。
- ③隣接する二図面を接合させる。
- ④接合した二図面を一図面として考え、一点で固定して他の一点で回転させる。

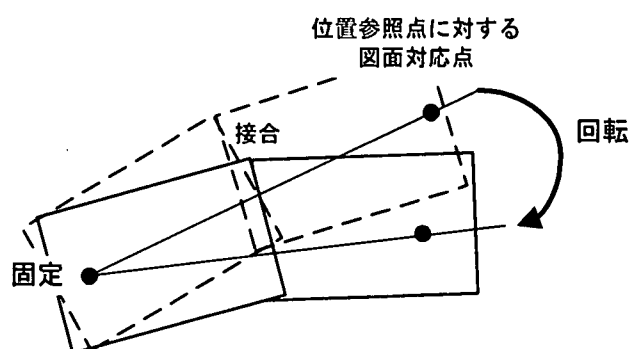


図-1 一点固定し、他の一点で回転

- ⑤回転した二図面の固定点として利用しない図面について位置参照点に平行移動する。

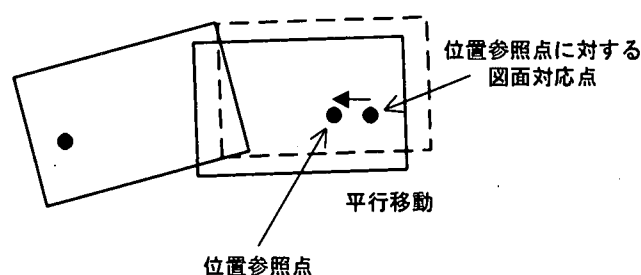


図-2 図面の平行移動

- ⑥次の隣接図を接合させる。

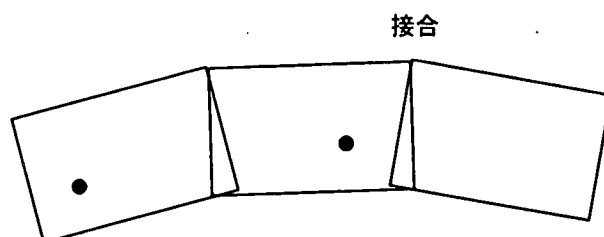


図-3 隣接図の接合

- ⑦④に戻り繰り返す。

補正の結果、方法7)は図中の位置参照点「47905」を一点設置し、図面全体の地物の整合を良くできる

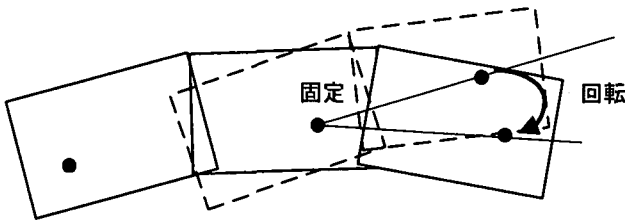


図-4 図面の回転

結果となった。一図面に一点の位置参照点を設置すれば良いため、作業を効率化できる。変換したラスターデータは、対象とした路線毎に著しい格差が見られた。これは、図面が作られたときの測量方法、精度管理、図面の履歴が大きく影響しているためである。

八種類のラスター化手法の結果を表-1に示す。道路台帳付図データに位置参照点を保持させることにより、既存紙図面の幾何補正が可能であることが確認できた。補正精度および費用対効果を勘案すると、方法2)、7)、8)がデジタル化手法として採用できる。方法2)では一図面に位置参照点を二点設置しなければならないが、方法8)では接合点を固定点として抽出しなければならないため、作業工数が増加することになる。したがって、位置参照点の設置数を他方法よりも少なく一図面に一点設置すれば良いことから、本実験で行った手法の中では、方法7)がデジタル化手法として最適であった。ただし、既存図面の運用

方法としては、既成図の評価を図面毎または路線毎に行い、その評価内容を考慮し成果の出来上がり精度を把握した上で、補正したデータを使用していくことが適切であると考えられる。

2.3 既存道路台帳付図の評価

豊中市では、市内全域で縮尺 1/500 のデジタルマッピングデータ (DM データ) が整備済みであり、基準点 (位置参照点) も設置されている。そこで、豊中市域を対象として府道路台帳のラスターデータを評価する。ラスターデータと豊中市の DM データの重ね合わせ実験を行い評価する。両データを重ね合わせた図を図-6に示す。図には多少のズレが見られる。これまで、道路台帳は紙で管理されてきたため、図面の劣化による伸縮が発生していると考えられる。この重ね合わせ検証により、もともと縮尺 1/250~1/500 の精度であった道路台帳付図は、縮尺 1/1,000 程度の精度を確保していると判断できる。また、今回対象とした大阪府道の標準偏差を表-2にて比較する。表には、既成図の評価によって算出される想定精度を示している。表中の標準偏差は、隣接する位置参照点間の実測により求めた距離と補正されたラスターから求めた距離を比較して算出した差異の標準偏差である。そして、位置参照点間の距離を比較し、地物間の想定精度を算出した。公共測量作業規程¹⁾において、水平位置の標準偏差

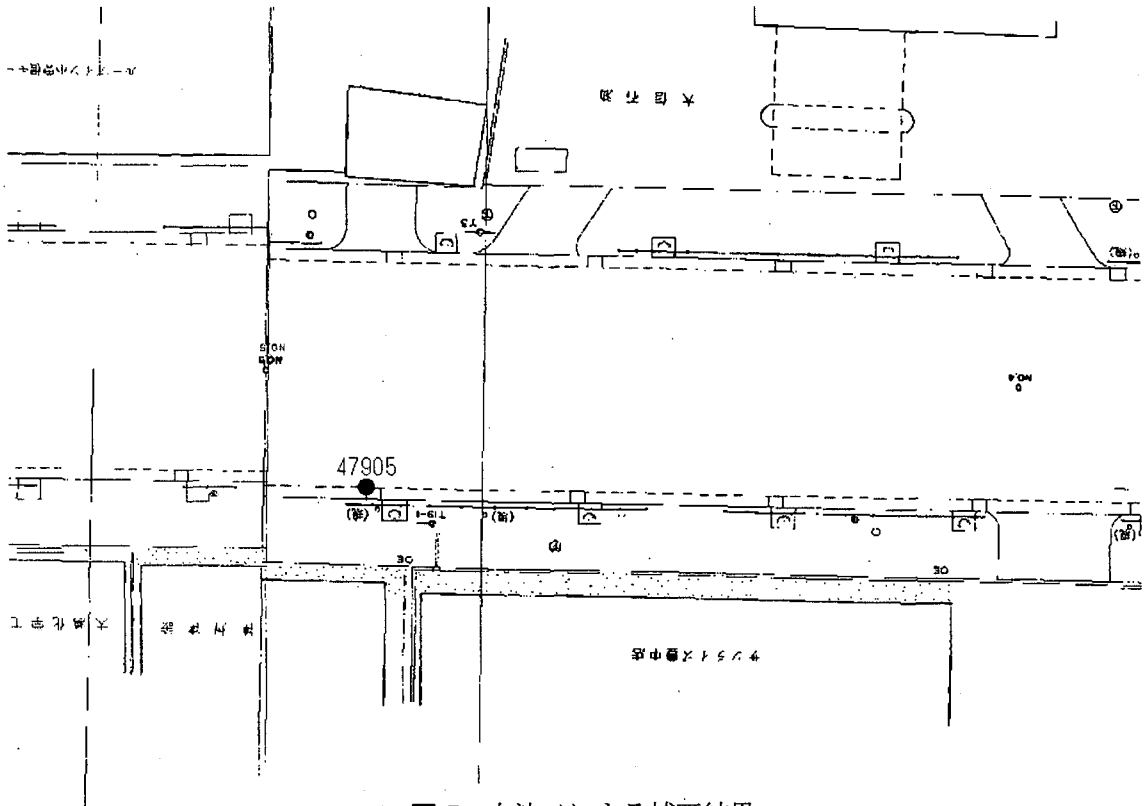


図-5 方法7)による補正結果

表-1 幾何補正方法の特徴

幾何補正方法	メリット	デメリット	適用
① 1点補正	全図面の方向を同一にすることが可能である。	方位標が図面北を示していなければならない。 公共座標に準拠する方向のグリッドが正確でなければならない。	方位標、グリッドが正確である場合に適する。
② 1点固定、方向をもう1点で取得	図面の尺度が変化しないので図面の地物の誤差が影響を受けない。	隣接図との接合付近で誤差が生じる。	図面の接合よりも地物との整合を重視する場合に適する。
③ 2点固定	位置参照点の付近の地物であれば整合は良い。	図面の尺度が変化するため図面の誤差の影響を受ける。図面の精度が均一でなければならない。	位置参照点付近の地物の精度を重視する場合に適する。
④ 図面接合後、1点固定で方向をもう1点で取得	接合部の関係は保たれる。位置参照点が少なくてもよい。	固定点として使用した位置参照点から離れるほど誤差が累積する。	図面の接合を重視する場合に適する。
⑤ 図面接合後、2点で固定	接合部の関係は保たれる。固定点付近では誤差が小さくなっている。	固定点から離れるほど誤差が累積する。	図面の接合を重視し、かつ、位置参照点付近の地物の精度を重視する場合に適する。
⑥ 図面接合後、多点補正	補正点が多いほど、誤差は減る。	位置参照点が多数必要である。	図面の接合を重視し、かつ、位置参照点付近の地物の精度を重視する場合に適する。
⑦ 隣接図の点の関係から回転し位置参照点で固定	②と同様の性質を持つ。位置参照点が少なくできる。	図面の接合付近に誤差が生じる。	図面の接合よりも地物との整合を重視する場合に適する。
⑧ 隣接図の点の関係から回転し接合点で固定	④と同様の性質が確認されたが、図面毎における整合は向上する。	図面表示の地物と座標の整合としては劣る。	図面の接合を重視し、地物の整合も極力取りたい場合に適する。

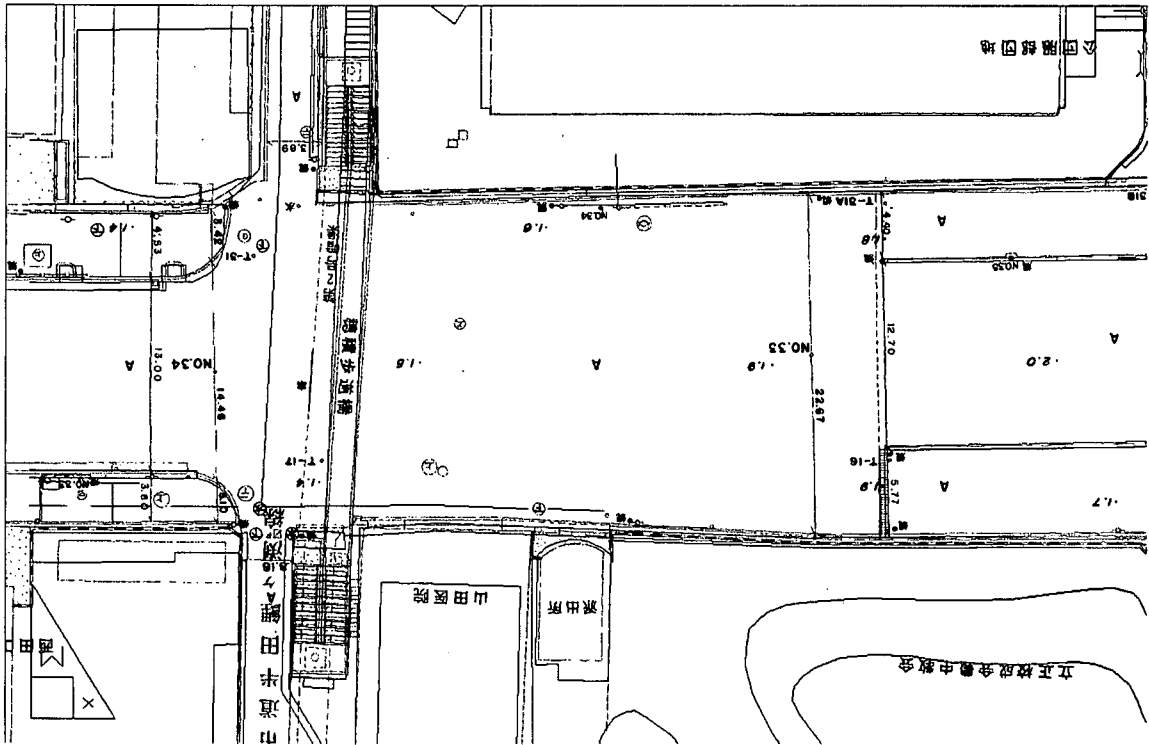


図-6 ラスターデータと豊中市 DM データの重ね合わせ

表-2 ラスターデータと豊中市データの比較

路線名	位置参照点間の標準偏差	公共測量作業規程からの相当縮尺	
			修正測量
大阪中央環状線	0.98m	1/1400	1/700～1/980
国道 479 号線	0.45m	1/643～1/900	1/450～1/643
西宮豊中線（北）	1.65m	1/2357	1/1650
西宮豊中線（南）	0.75m	1/1071	1/750～1/1071
旧大阪中央環状線	0.80m	1/1143	1/800～1/1143

は、

地形測量:縮尺 1/500 で 0.5mm, 1/1,000 で 0.7mm 以内
修正測量:縮尺 1/500 で 0.7mm, 1/1,000 で 1.0mm 以内
と規程されている。これを基準に、標準偏差によって縮尺 1/500 以上, 縮尺 1/1,000 以下, 縮尺 1/500 以上縮尺 1/1,000 以下を判断した。この規程と表から、府道路台帳が縮尺 1/1,000 地形図と同程度の精度を確保していることがわかる。縮尺 1/1,000 の図面は大縮尺図面に分類されるため、ラスター化した道路台帳付図が安価な基盤地図として GIS で利用できる可能性が高いと言える。また、道路台帳付図ラスターデータをファイリング化し、他の大縮尺図面上で利用する手法もある。

2.4 GIS による統合的な施設情報の管理

現在, GIS を用いて建設事業に係わる情報を管理できる²⁾ことが強く求められている。その場合, GIS のベースマップとして利用する図面を選択する課題が発生する。基準となる地形図のために新規に図面を作成するのでは、莫大なコストが必要となるのが現状である。そこで、既存の道路台帳付図を電子化して活用することによって、安価に基盤データを作成できると考えられる。

地方公共団体で GIS を構築するためには、大縮尺レベルの空間データが必要であるが、その整備が遅々として進まないのは、整備に多大な費用が必要であるからと推察される。本研究の道路台帳付図のラスター化によって作成された基盤データを用いれ

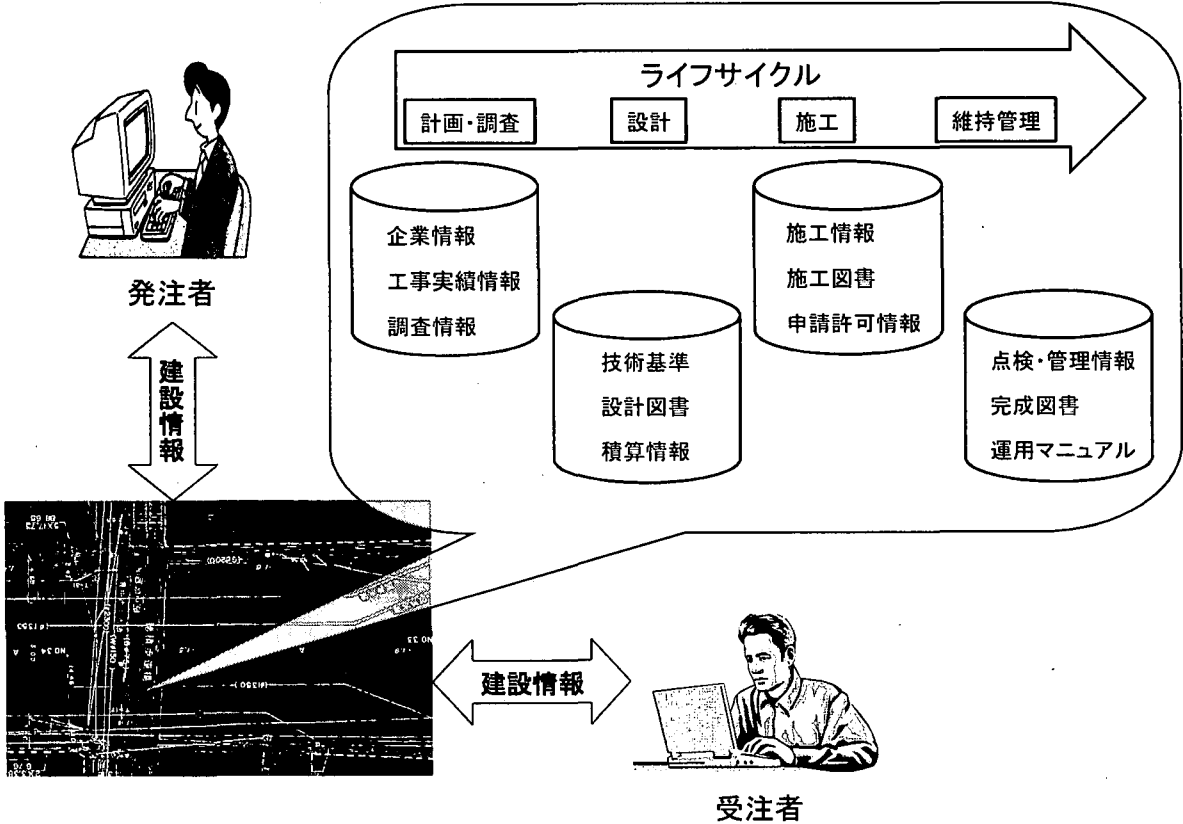


図-7 GIS による施設情報の統合管理

ば、安価に基盤空間データの作成が行える。自治体は、その基盤データを利用して安価にGISを構築でき、道路に係わる様々な施設情報をGISによって一元的に管理できる。GISによる施設のライフサイクル情報の統合管理を図-7に示す。この手法は、都道府県レベルだけでなく、市町村レベル、さらには、民間分野でのGIS普及に大きな効果をもたらすものであると考える。

3. 位置参照点を保持した図面作成

3.1 位置参照点の効果

国土地理院においては、我が国の測量基準として世界測地系（測地成果2000）の導入が検討されている。測地成果2000では、現行の測量基準と比較して450mの誤差がある。そのため、測地成果2000に対応した位置の基準として、高精度な測地基準点成果が求められている。GISやGPSが本格的に普及した際に必要な測地基準点成果をなるべく早い時期に構築する必要がある。基準点、つまり、位置参照点³⁴⁾が整備されていれば、土地の経度・緯度は、最寄りの位置参照点との相対位置関係を測量するだけで簡単に精度良く求めることができる。精度の良い基準点設置を行うためには、既設基準点が多数存在することが必要である。

また、位置参照点が設置されれば、設置後の測量業務において大きな費用縮減が期待できる。測地成果2000が普及すると、国家基準点の位置精度および信頼性が向上するため、国や地方自治体が行う測量において、国家基準点がより多く利用されるようになり、類似測量、点検測量の削減により、全体として測量コストを低減できる。

現在デジタル地図を持たない行政が測地成果2000に対応した地図を整備する際には、位置参照点が重要となる。位置参照点が存在し、位置参照点をベースとする測量業務が遂行されると、同一の精度を有する空間基盤データの中に測量を伴う土木電子図面が作成される。また、道路申請業務から電子地図の更新を自動的に実施することも可能になると考えられる。そのために、空間データを図面作成時から平面直角座標系のデジタルデータとして取得し、そのデータを利用することが考えられる。これにより、CADデータと連動した基盤空間データの作成・更新が実現される。この方式を採用する場合、容易に利用できる位置参照点が身近に整備されていることが必要不可欠である。

ただし、基準点を設置するためにトータルステーション（TS）測量を実施すると、莫大な費用および時間を要するのが現状である。そこで、短時間で精度の良い基準点を設置するために、RTK-GPS測量の利用を考える。

3.2 RTK-GPS 測量

RTK-GPS（Real Time Kinematic-GPS）測量は、GPS衛星からの電波と電子基準点からの位置補正情報を受信し、リアルタイムでの測位が可能である。国土地理院では、高精度な基準点の整備を実現するために、電子基準点を全国に整備している。RTK-GPSのVRS方式（Virtual Reference Station：仮想基準点）やFKP方式（flaechen korrektur parameter：面補正係数）を利用したリアルタイム測位によって、数mmの誤差という高精度で測量することができる。FKP方式は、非差分観測量を用いたパラメータ推定方式と面補正パラメータを採用しており、システムの高信頼性と高精度・高速測位を実現している。RTK-GPSによって測量した点を位置参照点として利用すれば、基準点の設置が簡単に行え、デジタルマップの整備が可能となる。本論文では、電子基準点からの観測値や位置情報から生成されるローバー位置のFKP（衛星軌道誤差、電波伝搬誤差による統計的誤差）と仮想基準点の観測データから位置情報を特定できるFKP仮想基準点方式を採用する。FKP方式により高精度・リアルタイム測位が実現できる。

3.3 RTK-GPS による位置参照点の設置

本節では、図面のラスタ化を行った府道と同一の路線を対象に、RTK-GPS測量によって位置参照点を設置する方法を考案する。本研究で実現する仮想基準点処理は、精度の改善と補正データの標準フォーマットでの提供を目的としている。そのために、利用者測定点の概略位置を仮想基準点とし、その位置における正確な補正量を求め、その補正量を標準フォーマットで利用者に提供できる。本研究で利用する観測域を図-8に示す。位置参照点は、以下の条件を満足できる場所に設置することとする。

- ・図面と現地とを比較し、明確に一致する箇所を選択する。
- ・舗装工事などで欠損しない箇所を選択する。
- ・図面毎に補正する場合、図面の両端付近に一点ずつの配置をする。
- ・上空視界が開けている場所を選択する。

RTK-GPSを用いて行った測量結果を表-3に示す。この結果は、各測点において、13時～16時の間に2～

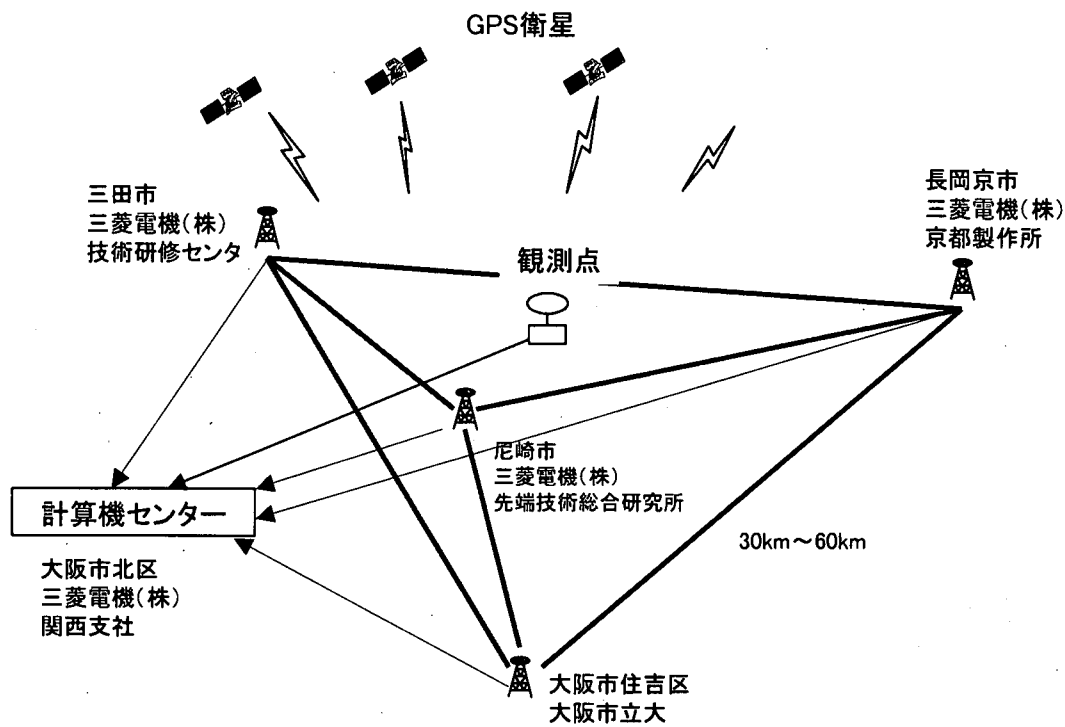


図-8 RTK-GPS の観測域

4 データを観測した結果の平均を計算したものである。このときの観測衛星数は、7あるいは8衛星である。表-3より、既知点と比較しても公共測量作業規程の範囲内にあり、高精度で測量できることがわかる。ただし、FKP方式の精度については、現在国土地理院において実証実験中であり、測定精度は確定していない。

さらに、図面の更新にも位置参照点が利用でき、RTK-GPS測量が図面更新にも利用できればコスト縮減が図られる。これは、道路台帳付図を電子化した際には縮尺1/1,000程度の精度であったとしても、図面更新ごとに精度の向上が図られるという図面作成手法である。RTK-GPS測量についての結果と一般的なTS測量のための作業とを費用・高速性の面

から比較すると表-4のようになる。この比較の結果、RTK-GPS測量は短時間で高精度に位置参照点を設置できたことから、TS測量よりも人件費などの面で優位性があり、安価に位置参照点を設置できる可能性があることが確認できた。

3.4 測地成果2000導入後の観測仕様

2001年6月に測量法が改正され、これにより測地成果2000への対応を図る必要に迫られている。この状況を考慮し、今後の測地成果2000への対応事項を以下のように検討した。ここでは、変換プログラムによる座標変換を行い、既設基準点による検証を行うべきところであるが、現在プログラムが公表されていないため、今回検証は行えなかった。

1) ベッセル楕円体からGRS80楕円体に位置参照

表-3 既知成果（豊中市基準点・大阪府位置参照点）と FKP方式による測点間距離および比高差（単位：m）

測点名	既知点間距離	観測点間距離	較差	既知点間比高差	観測点間比高差	較差
No.311077	124.331	124.328	-0.003	0.486	0.434	-0.052
No.311074	208.354	208.363	0.009	0.020	0.004	-0.016
No.311073	100.097	100.099	0.002	-0.002	0.035	0.037
No.311071	134.248	134.246	-0.002	2.012	2.032	0.020
No.311074	234.291	234.291	0.000	-2.010	-2.067	-0.057
No.311076	329.624	329.630	0.006	-0.506	-0.438	0.068
観測点の標準偏差：0.050						
規程の標準偏差：0.200						

表-4 TS 測量と RTK-GPS 測量の比較

	TS 測量	RTK-GPS 測量
作業員数 (4 級基準点測量)	4 名	2 名
作業員レベル	技師・技師補	技師補のみ
通信費	必要なし	必要
計算	観測・計算が必要	観測と同時に計算。計算項目必要なし。

点・図面を変換する。図面変換に至るまでのプロセスの検討を行う。

2)位置参照点については、再計算を行うか、変換プログラム (TKY2JGD) を利用する。基準点が設置されていれば、座標変換を行い測地成果 2000 に対応することが可能である。

3)RTK-GPS 測量による観測成果と更新された測地成果 2000 との整合性を検討する。

4. 考察

4.1 既存図面のデジタル化

既存の道路台帳付図は、地方公共団体レベルでの GIS の発展において、非常に貴重な財産である。この道路台帳付図の利用を考慮しなければ、地方公共団体レベルで GIS の文化が発展しないと考える。本論文での既存図面のラスタライズ作業を通して、道路台帳付図は縮尺 1/1,000 程度の精度を有していることがわかった。ラスタデータが大縮尺図面と同等の精度を保持しているため、紙図面の代替として利用すれば、地域 GIS の整備や普及が大きく促進されたと考える。ラスタデータは、GIS を利用して施設情報などの属性情報をやり取りするための基盤として利用できる。また、道路台帳付図のラスタデータをファイリング化し、ベースとなる地図と併用する方法が考えられる。このような GIS による統合的なデータ管理が実現可能である。

4.2 RTK-GPS 測量による図面作成

GIS で利用する基盤空間データを作成する際には、位置参照点を整備する必要がある。位置参照点が整備されていれば、図面更新時にも正確なデータを取り込んでデータのメンテナンスを実施できる。さらに、測量コストの低減に繋がり、GIS データの費用負担の軽減にも大きな効果が期待できる。

現在、国土地理院によって開放が進められようとしている電子基準点を測量の既知点として利用すると、従来必要であった既知点における観測を省略でき、測量作業の効率化、測量コストの低減が図られ

る。RTK-GPS 測量によって位置参照点を設置すれば、地図のメンテナンスにおけるコスト削減にも期待できる。

5. あとがき

紙図面として整備されてきた道路台帳付図をデジタル化し、GIS で利用するための方法を検討した。そして、新規図面の整備段階において、安価に容易に整備するための手法として RTK-GPS 測量を利用して基準点となる位置参照点を設置することを考え、その手法の有用性を確認した。既存の道路台帳付図を有効に利用する手法を確立したことによって、貴重な資産を無駄にすることなく、GIS の整備・普及が促進できる。さらに、RTK-GPS 測量によって安価に図面の整備を行えることも実証できた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、国土交通省国土計画局国土情報整備室、大阪府企画調整部、大阪府土木部池田土木事務所、豊中市土木部、高槻市建設部の関係各位に多大な御協力を賜りました。また、奈良大学文学部地理学科 碓井照子教授、大阪工業大学工学部土木工学科 吉川眞教授、関西大学総合情報学部 田中成典助教授に貴重な御助言を賜りました。ここに記して、深く感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1)建設大臣官房技術調査室：建設省公共測量作業規程，日本測量協会，1996.1.
- 2)内藤正彦：建設行政における IT 化の取組み—IT 革命下における国土づくり，公共事業分野の IT 化—，JACIC 情報，日本建設情報総合センター，Vol.15, No.4, pp.30-35, 2000.11.
- 3)碓井照子：事例からみた電子自治体と電子国土の建設と管理—地理情報システムの今後の方向と課題—，電子自治体と GIS の推進動向セミナー講演集，新社会システム総合研究所，2000.9.
- 4)古田均，三上市蔵，碓井照子，広兼道幸，田中成典：建設 CALS/EC に向けた電子国土の動向を探る—CAD/CG/GIS/GPS の統合—，山海堂，2001.5.