

## GPSを利用した地図の作成及び 更新手法について

中 川 寛 隆 川 村 隆 義

### 1. はじめに

近年、GISの普及は目覚ましいものがあり、地図のデジタルデータ化が盛んに行われ、今後ますます普及拡大されていくものと考えられる。しかし、GISを有益なものとして長期に活用するためには、地図データの継続的な更新を行い、その品質と鮮度を保つ必要がある。このことを実践していくためには、次のような課題があげられる。

地図作成者は、ピンポイントでその箇所の地図を更新したいが、なかなか速やかな対応ができない。公共測量においてGPSを使った新しい技術が利用できる前までの、従来の手法による更新では、どうしても避けられない工程があり、時間と費用がかかっていた。つまり、「時間と経費の軽減化」が求められる。反面、定常的な更新を行うことにより、鮮度を保つことができるが回数が多くなるほど、地図の精度が劣化していく。つまり、「精度の維持」が求められる。

また、時間と費用をかけたくないために、既成図があるから、利活用したい。しかし、「公共測量成果としてその内容が、十分に信頼できるものか」つまり、「地図として最も大切な位置精度を、持ち合わせているものか」を確認できなければ使えないことになる。

本研究では、GISで最も重要な地図データのメンテナンスを実施して行く上で、継続的な更新と経費の軽減化を図る新たな更新手法を検討した。

### 2. 概要

新たな更新手法は、あくまでも現地密着型であり、その場で測定図化することである。大縮尺地図の加除

修正は、現地で直接地物を測定し、図化する平板測量が最適といえるが、アナログ図化であるため、数値データの取得を考えるならばRTK-GPS測量があげられる。

RTK-GPS測量は、機動性に優れ移動しながら、直接高精度の数値データを取得できる。このことは、従来の工程による累積誤差を解消するものである。しかし、地図データならば、ミリ単位の高精度の数値データを取得する高価な2周波GPS測量機でなくてもよいのではないか。最終的に地形図等の標準精度の許容範囲内であればよいということで、平板測量の地物の測定誤差に着目した。

また、この取得した数値データは、単なる位置を表すデータでしかない。ならばその場で所定の図式に従い図化データを作成できる編集システムを持つことにより解決できるものである。

本研究では、これらの考え方を基本にRTK-GPSを用いた平板測量（以下「GPS平板」という。）による地図データの新たな更新手法の開発とその実証的な検討を行った。

### 3. GPS 平板

#### 3.1 要旨

GPS平板とは、基地局（固定点）と計測局（移動点）に設置したGPS測量機で同時にGPS衛星からの信号を受信し、固定点で取得した信号を、携帯電話を用いて移動点に転送し、移動点側において即時に基線解析を行い、さらにダイレクトマッピングで数値地形図を作成する測量手法である。

### 3.2 使用機材等

本研究で使用した主要機材及びソフトウェアを以下に示す。

#### 受信機

カナディアンマルコニー社 ALLSTAR 1周波受信機。単独測位では5m～10mの精度だが、解析ソフトとの組合せにより精度数cmでの測位が可能。

#### アンテナ

アンテナは、カナディアンマルコニー社のアンテナを使用し、基地局では三脚、計測局ではアンテナポールを使用した。

#### 携帯電話

通信装置には、双方向の通信を確保するため、携帯電話（NTTドコモ 通信速度9,600bps）を使用した。これは、基地局においても計測局の観測位置を把握するためである。

#### パソコン

現地での作業を考えると次の条件を満たすことが必要となり、この条件を考慮しノートパソコンを使用した。

- (ア) 軽量で持ち運びが可能であること。
- (イ) 地図の編集を行うため、画面が大きく、解像度も高いこと。
- (ウ) カラー表示により識別可能であること。
- (エ) 電源の確保が容易なこと。

#### GPS 平板ソフトウェア

GPS データ解析やデータ通信等、地図編集以外の機能を有する。解析にはwaypoint社のRTKDLLを組み込むことにより数cmの精度を実現した。GPS 平板ソフトウェアは自社開発である。

#### 地図編集システム

建設省公共測量作業規程の図式を準用し、地図データの作成及び編集を行う機能を有する。弊社開発のGeo/Brains TRACERを使用した。

### 3.3 位置精度の基準

地物等を測定するにあたり、標準的な測定精度を10cm以内とした。地形図等の精度及び平板測量における誤差は、建設省公共測量作業規程に表1・表2のとおり定められている。

従来の各工程における累積誤差を考慮する必要がないため、測定誤差図上0.3mm以内を確保する上で、図

表1 地形図等の精度

項目	縮尺 1/500 以上	摘要
水平位置 (標準偏差)	0.5 mm以内	図上距離
	25 cm以内	地上距離

表2 平板測量における誤差

誤差	図上距離	縮尺 1/500 地上距離
基準点の展開	0.2 mm以内	10 cm
平板の標定	0.2 mm以内	10 cm
測定	0.3 mm以内	15 cm
編集	0.2 mm以内	15 cm
製図	0.2 mm以内	10 cm

上0.2mm以内とした。これは、縮尺1/500における地上距離25cm以内を十分維持できるものである。

### 4. 観測

観測は、次のとおりである。その運用基準を表3に示す。

- 1) 固定点に使用する基準点は、基本測量により設置された基準点及び公共測量の1～4級基準点測量により設置された基準点とする。
- 2) 地物等の水平位置の測定は、干渉測位方式により行い、放射法により1セットとした。
- 3) 初期化を行う観測点では、観測位置が明確な標杭等を使用し、点検のために1セットの観測終了後、再初期化を行い、2セット目の観測を行う。このセット間較差が表3の許容範囲内であれば、2セット目の観測値を採用値として観測を継続することとした。

表3 運用基準

内 容	
使用衛星数	5衛星以上
仰角	15° 以上
観測回数	FIX解を得てから10エポック以上
データ取得間隔	1秒
初期化	2セット
セット間較差	各成分毎 25 mm以下

## 5. 精度検証

### 5.1 公共基準点を利用した実験

#### 1) 実験概要

実験は、結果を判定する上で、固定点及び初期化を行う観測点を、平地である住宅地の青森市浜館地区土地区画整理事業により設置された公共基準点3級、移動点は、同じく4級基準点とした。成果は、日本測地系X系の平面直角座標値を使用した。固定点から最終到達点までの直線距離は、およそ500mほどである。観測位置図を図1に示す。

#### 2) 観測日

平成12年8月23日 10時～18時  
9月29～30日 14時～16時

#### 3) 観測方法

観測は、初期化を行う観測点でセット間較差を比較し観測値の点検を行い、4級基準点間を徒歩で移動した。観測回数、測点数及び移動距離は次のとおりである。

- ・ルート1 4回 14点 620m
- ・ルート2 2回 17点 760m

#### 4) 観測結果

観測により取得したデータは、4級基準点成果との

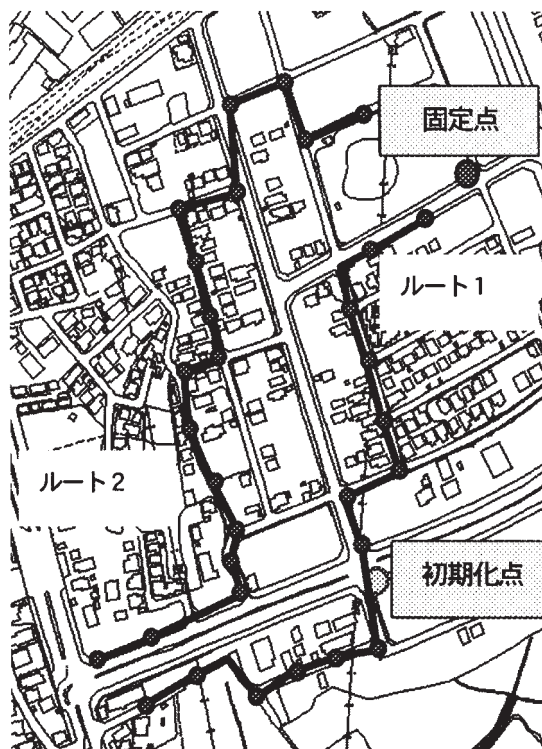


図1 青森市浜館地区観測位置図

表4 ルート1観測結果

測点	固定点からの距離 m	座 標 差		水平距離の較差 mm
		$\Delta X$ mm	$\Delta Y$ mm	
1	46	-25 ~ 18	-2 ~ 28	5 ~ 29
2	96	-22 ~ -4	-11 ~ 24	6 ~ 28
3	148	-60 ~ 6	-4 ~ 53	10 ~ 80
4	173	-63 ~ 61	11 ~ 67	19 ~ 92
5	209	-74 ~ 15	-25 ~ 51	19 ~ 90
6	240	-53 ~ 7	1 ~ 147	17 ~ 156
7	272	-72 ~ 52	3 ~ 90	42 ~ 115
8	309	-77 ~ -5	3 ~ 50	6 ~ 92
9	381	-60 ~ 0	11 ~ 25	11 ~ 64
10	395	-78 ~ 3	-7 ~ 35	8 ~ 78
11	417	-88 ~ 1	-13 ~ 19	13 ~ 88
12	444	-65 ~ -11	-17 ~ 15	20 ~ 67
13	457	-38 ~ 4	-68 ~ 8	9 ~ 77
14	499	-54 ~ -20	-41 ~ 30	6 ~ 68

表5 ルート2観測結果

測点	固定点からの距離 m	座 標 差		水平距離の較差 mm
		$\Delta X$ mm	$\Delta Y$ mm	
1	103	-34 ~ -1	0 ~ 23	1 ~ 41
2	145	-27 ~ 1	7 ~ 55	7 ~ 61
3	169	-21 ~ 5	12 ~ 29	13 ~ 36
4	208	-40 ~ 5	12 ~ 35	13 ~ 53
5	196	-54 ~ 12	-3 ~ 30	13 ~ 62
6	246	-87 ~ 4	10 ~ 50	11 ~ 100
7	243	-59 ~ -5	-1 ~ 60	5 ~ 84
8	246	-58 ~ 4	-41 ~ 1	4 ~ 71
9	256	-43 ~ -6	-4 ~ 129	7 ~ 136
10	296	4 ~ 63	-11 ~ 27	27 ~ 64
11	309	-101 ~ -2	-52 ~ 37	37 ~ 114
12	324	-114 ~ -24	-94 ~ 25	35 ~ 148
13	342	-50 ~ -15	-52 ~ 22	27 ~ 72
14	372	-67 ~ -23	-14 ~ 22	32 ~ 68
15	386	-56 ~ -13	-20 ~ 11	17 ~ 60
16	464	-14 ~ -62	-92 ~ 8	16 ~ 111
17	499	-65 ~ 29	-72 ~ 87	92 ~ 97

各座標成分差と水平距離の差を算出し、結果を表4及び表5に示す。今回の観測データでは、座標成分差についてどちらか一方への偏りということは見受けられなかった。また、水平距離の較差は、固定点からの観測距離に比例し大きくなるということでもなかった。

さらに観測結果の総括を表6に示す。全6回の観測での水平距離の差は最大で16cm、10cmを越えた点数

表6 青森市浜館地区観測結果総括

経路	回数	10 cmを越えた点数	水平距離の最大値
ルート1	1	0/14	5 cm
	2	0/14	9 cm
	3	2/14	16 cm
	4	0/14	7 cm
ルート2	1	3/17	15 cm
	2	1/17	14 cm

は、全測点合計90点中6点である。今回の取得データは、最終的な1/500地形図等の標準精度の許容範囲内という結果が得られた。

## 5.2 仙台中山GPS比較基線場における実験

### 1) 実験概要

公共測量を実施する上での機器の実験を考えるならば、国土地理院GPS比較基線場があげられる。そこで、最終的な実験場として、東北地方測量部仙台中山GPS測量機比較基線場で行うこととした。ところが、基線場基準点成果は、WGS-84系の緯度、経度及び楕円体高であって平面直角座標値の成果を持ち合わせていなかった。このため、当初設定の基地局使用成果である日本測地系とともに、WGS-84系成果も使用できるようにした。

2) 観測日

平成 12 年 12 月 20 日 12 時、15 時、16 時、17 時  
 12 月 21 日 10 時、11 時、12 時

3) 観測方法

観測は、3 点ある基準点の中から基線長（斜距離）がおよそ 1.0km、楕円体比高がおよそ 47m の基原と基 1 を採用した。固定点は基 1、初期化を行う観測点を基原とし、基原近くに並列して設置されている補助端点 1 から 4 を移動点とし、再度基原に戻る方法により 1 時間間隔で 7 回行った。

4) 観測結果

観測結果は、各座標成分、基線長（斜距離）及び楕円体比高の 5 項目について、観測データと基線場 WGS-84 系成果との差を算出し、表 7 ~ 表 13 に示す。

さらに、全体結果を把握できる総括表を表 14 に示す。

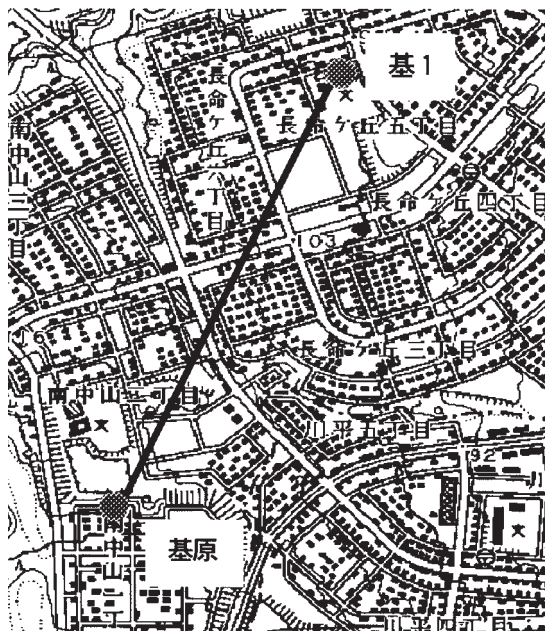


図 2 仙台中山観測位置図

表 7 12 / 20 12 時台

(単位 : m)

項目	スティック	キネマティック				
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	基原
DX	-0.003	-0.015	-0.017	0.006	-0.012	0.019
DY	0.002	-0.003	-0.002	0.002	-0.008	-0.016
DZ	0.002	-0.014	-0.011	-0.010	-0.013	0.020
斜 距 離	-0.004	-0.021	-0.020	-0.012	-0.019	-0.032
楕円体比高	0.004	-0.001	0.003	-0.008	-0.002	-0.007

表 8 12 / 20 15 時台

(単位 : m)

項目	スティック	キネマティック				
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	基原
DX	0.003	0.009	0.010	-0.002	0.039	0.004
DY	-0.003	-0.023	-0.023	-0.022	-0.049	-0.004
DZ	-0.004	0.001	0.002	-0.018	-0.025	-0.005
斜 距 離	-0.006	-0.025	-0.025	-0.028	-0.067	-0.008
楕円体比高	-0.006	-0.016	-0.016	-0.020	-0.061	-0.007

表9 12 / 20 16時台

(単位：m)

項 目	スティック	キネマティック				基原
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	
DX	-0.002	0.012	0.015	0.006	0.015	0.016
DY	0.001	-0.025	0.004	-0.028	-0.061	0.018
DZ	0.001	-0.002	0.011	-0.025	-0.016	-0.001
斜 距 離	-0.002	-0.028	-0.019	-0.038	-0.065	-0.024
楕円体比高	0.002	-0.021	-0.000	-0.032	-0.047	-0.001

表10 12 / 20 17時台

(単位：m)

項 目	スティック	キネマティック				基原
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	
DX	0.018	0.027	0.010	0.001	-0.037	0.018
DY	0.016	-0.037	0.008	-0.056	-0.050	0.016
DZ	-0.003	0.022	-0.023	0.003	-0.058	-0.003
斜 距 離	-0.024	-0.051	-0.026	-0.056	-0.085	-0.024
楕円体比高	-0.005	-0.021	-0.016	-0.025	-0.036	-0.005

表11 12 / 21 10時台

(単位：m)

項 目	スティック	キネマティック				基原
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	
DX	0.006	0.015	0.008	0.030	0.010	0.020
DY	-0.005	-0.027	-0.021	-0.017	-0.026	-0.017
DZ	-0.006	-0.044	-0.036	-0.035	-0.035	-0.021
斜 距 離	-0.010	-0.054	-0.042	-0.049	-0.045	-0.034
楕円体比高	-0.010	-0.049	-0.037	-0.047	-0.038	-0.033

表12 12 / 21 11時台

(単位：m)

項 目	スティック	キネマティック				基原
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	
DX	0.006	-0.004	-0.002	0.006	0.005	-0.003
DY	-0.006	-0.012	-0.014	-0.028	-0.022	0.002
DZ	-0.007	-0.025	-0.026	-0.025	-0.030	0.002
斜 距 離	-0.011	-0.028	-0.030	-0.038	-0.038	-0.004
楕円体比高	-0.011	-0.018	-0.021	-0.032	-0.030	0.004

表13 12 / 21 12時台

(単位：m)

項目	スタティック	キネマティック				
	基原	補助端点 1	補助端点 2	補助端点 3	補助端点 4	基原
DX	0.010	-0.022	-0.012	-0.012	-0.026	0.004
DY	-0.009	0.003	-0.006	-0.013	0.003	-0.004
DZ	-0.011	-0.006	-0.016	-0.007	0.001	-0.005
斜距離	-0.017	-0.023	-0.021	-0.019	-0.026	-0.008
楕円体比高	-0.017	0.012	-0.005	-0.002	0.002	-0.008

表14 仙台中山観測結果総括

(単位：mm)

項目		スタティック	キネマティック
基線長(斜距離)の差	$\Delta D =$	-24 ~ -2	-67 ~ -4
基線端点間の高低差	$\Delta H =$	-17 ~ 4	-61 ~ 20
基線端点間の三次元座標差	$\Delta X =$	-3 ~ 18	-37 ~ 39
	$\Delta Y =$	-9 ~ 16	-61 ~ 18
	$\Delta Z =$	-11 ~ 2	-58 ~ 22

### 5.3 考察

仙台中山GPS測量機比較基線場の結果は、位置精度の基準とした標準的な測定精度10cm以内を十分満たすものである。

GPS平板の公共測量における細部測量への迅速な対応を考えた場合、固定点は基本測量基準点である四等三角点が思い浮かぶ。仙台中山GPS測量機比較基線場の観測距離は、基線長(斜距離)およそ1.0kmであったが、検証結果からは1.0km程度の短い観測距離であれば、あまり影響されないことが分かった。四等三角点が固定点として使用可能であれば、その配点密度から見て十分な範囲を観測できると考えられる。

しかし、全体の観測を通して思うことは、観測場所の環境条件により、観測データの精度が左右されるのではない。つまり、観測時の衛星の配置、周囲の地形・地物によるマルチパスの影響、衛星数の増減による影響等により観測データのばらつきが生じると考えられる。よって、観測したデータすべてが最終的な地形図等の標準精度内であるかといえ、許容範囲を越える場合もあると考えるべきである。現時点では、たえずその観測状況を注視しながら行う必要があると考

える。

### 6. ダイレクトマッピング

GPS平板は、現地でRTK-GPSの機動性を生かし、連続して観測を行い、その場で図化及び編集を行う。したがって、大地が基図となり基図の作成は不要となる。このようにGPS平板は、現地で数値地形図の作成を可能としたダイレクトマッピングである。

#### 6.1 図化データ作成

図化データは、地図編集システムを利用し観測データから作成する。数値データ成果品はDMデータフォーマットであるため、DMデータを意識した図化データであることが望ましい。DMデータのデータタイプは、線・面・点(方向)・注記に分類される。そこで図化データもこれに対応させ、開図形・閉図形・記号(角度付き)・注記とデータタイプを分類し作成する。このデータタイプ比較を表15に示す。

地図編集システムは、建設省公共測量作業規程の地形図図式を準用し、地図を作成しなければならない。また、観測データは位置情報でしかないため、図化データ作成の際には表現図式(地物の種類)を設定する

表 15 データタイプ比較表

DM データ	線	面 始終点一致	点	方向	注記
図化 データ	開図形	閉図形	記号 角度無	記号 角度付	注記

必要がある。

次に、地図の作成では注記も重要であり、地図編集システムには、文字列の入力や最適なレイアウトで表示する機能が重要である。さらに、旧図化データの削除や接合等の作業も現地で行えることが必要である。

よって、現地での作業効率を考慮すると、これらの操作は簡単でなければならない。

### 6.2 既成図の利活用

既成図を利用する場合、その内容が十分信頼できるものであれば、現地調査を省くことができるが、その根拠が必要である。既成図として様々な図面が存在す

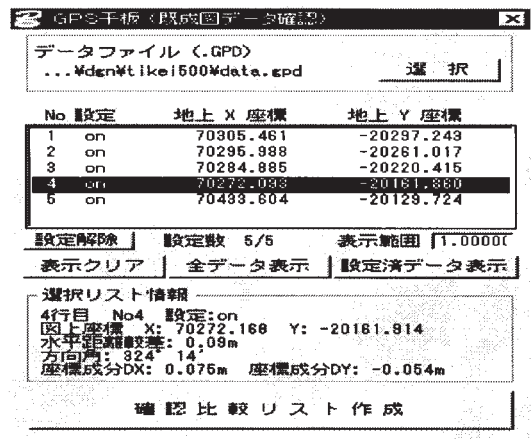


図3 1点ごとの確認画面

る中で、これらの精度管理状況を把握できる情報があるならば問題ないが、なければ内容を確認する必要がある。

そこで、GPS 平板により観測したデータを位置精度の確認に使用できないかと考えた。既成図と現地が、明確に一致する点の観測データ（地上座標）とその図上座標を比較することにより確認可能である。確認する際の情報は、地上XY座標・図上XY座標・座標成分(DX・DY)・水平距離の較差・方向角とした。1点ごとの確認画面を図3、確認比較リストを図4に示す。

### 6.3 既成データとの整合補正

本来、観測データはそのまま図化データとすることが理想的であるが、既成データと図化データとの接合部が、一致しない場合もある。この場合、観測データを既成データに整合する補正をし、図化することが必要となる。当然、この補正により観測データの位置精度は劣化するが、既成データを継続し、使用して行くためには有効な手段である。

この補正は、既成データと現地の位置が一致する明確な点を基準とし、観測データを既成データ上に対応させ補正を行う。これにより観測データは既成データと整合される。しかし、既成データの精度の違いにより、この補正をすることによって形状変化という不具合も生じる。

街区と街区内の建物を観測し、図化した場合を例に説明すると、既成データの精度の違いにより、図化した街区も建物も一致しない。(図5)

そこで、街区を既成データの位置で補正し図化すると、街区は既成データとほぼ一致するが、建物の形状は歪む。(図6)

番号	地上X座標	地上Y座標	図上X座標	図上Y座標	座標成分DX	座標成分DY	水平距離較差	方向角
1	70305.461	-20297.243	70305.444	-20297.340	-0.017	-0.097	0.09	260° 3'
2	70295.988	-20261.017	70296.069	-20261.084	0.081	-0.067	0.10	320° 24'
3	70284.885	-20220.415	70284.839	-20220.534	-0.046	-0.119	0.12	248° 51'
4	70272.093	-20161.860	70272.168	-20161.914	0.075	-0.054	0.09	324° 14'
5	70433.604	-20129.724	70433.599	-20129.806	-0.005	-0.082	0.08	266° 30'

図4 確認比較リスト



..... 既成データ    ——— 図化データ

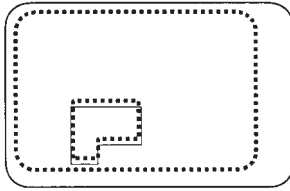


図5 観測データをそのまま図化

これは、街区の補正が建物にも適用されるからである。

よって、建物の形状を維持したまま補正を適用し、図化することが必要となる。(図7)

このように、既成データの精度によっては、観測した地物の形状を維持し、図化することも必要である。

## 7. まとめ

これまでの内容をまとめると、本研究で観測したデータについては、精度的に問題はなかった。しかし、固定点及び移動点の環境がたえず変化している中で、長時間の連続観測により取得したデータが、すべて標準精度の許容範囲内であるという結果を得るためには、どのような点検をするべきかが重要な課題である。GPS 平板においても、様々な環境の中で地図作成に必要とするデータをすべて取得できない。現時点では、他の測量手法との併用もしくは一部の工程で用いて行くことが効率的であり、より良い測量手法を選択することにより、いかに精度を損なうことなく実施して行くかが重要である。

現在、既成図の利活用については、直接の作業機関として公共測量作業規程第16条（器械及び作業方法に関する特例）に代えて、測量法第36条（計画書についての助言）に基づき、既成図の位置精度の確認作業を実施している。作業は、平成14年3月に完了す

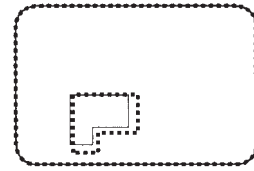


図6 街区位置を補正し図化

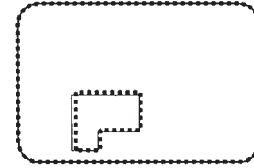


図7 形状維持で補正し図化

る計画であるが、結果を通して現実的な既成図を利用する場合の問題点が、少なからず見えてくるはずである。計画機関及び地図作成者は、従来の単独目的としての利用意識をGISに利活用する地図として意識することにより、単に葬り去るのではなく地図をよみがえらせることができることになる。

今後、様々なGISの基盤データとなる数値図作成の実作業経験を通して、どのように応用していくかを課題として研究を続けて行きたいと思う。

## 文献

- 1) 建設省公共測量作業規程（平成7年度版）建設大臣官房技術調査室監修  
社団法人日本測量協会
- 2) RTK-GPSを利用する公共測量作業マニュアル  
社団法人日本測量協会

（株式会社みちのく計画）