

## 第6章 比較検証のための基準点作製

### 6.1 正確な基準点作製のために

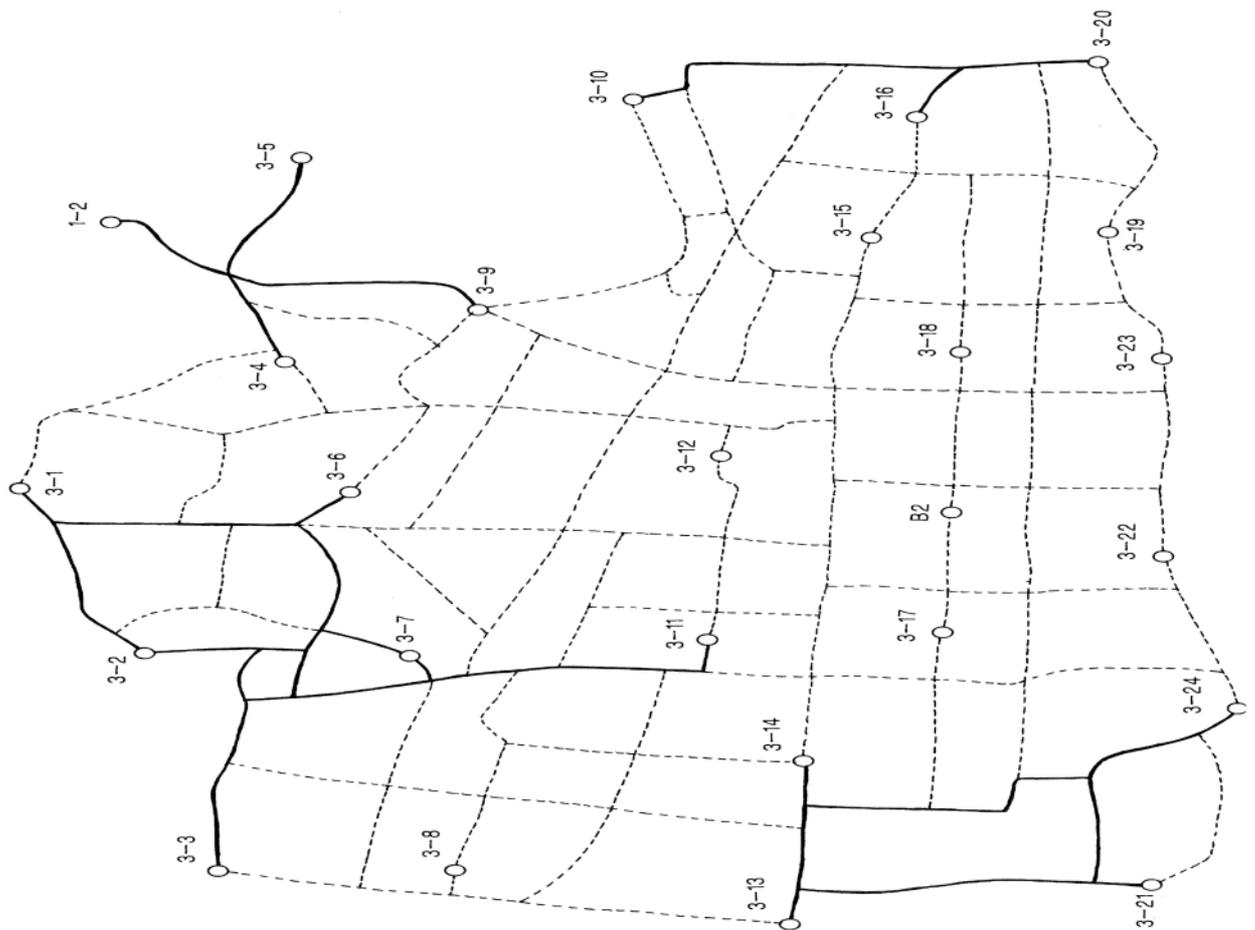
現在では、パソコンの性能も飛躍的に向上し、使い易い測量ソフトも開発されているのでGPS測量による三次元網解析やTSによる簡易水平網、更には厳密水平網計算・厳密高低網の計算が行なわれているようである。

今回の検証においても、新図根点作製にあたって1級基準点に準ずる精度の新図根点（以下1級基準点という）については電子基準点を使用したGPS測量。

2, 3級基準点に準ずる精度の新図根点（以下2, 3級基準点という）にあつては1級基準点を与点としたスタティック測量による三次元網計算, 4級基準点に準ずる精度の新図根点（以下4級基準点という）はTS測量により厳密水平網計算・厳密高低網計算を順次行うこととした。

### 6.2 4級基準点網図作製

新設1, 2, 3級基準点を作製するにあたって、鷹子地区全域を網羅出来るように、まず4級基準点の計画をした。(資料 16)



4級基準点は各点の誤差が最小となるよう全点同時平均計算を行なう。

4級基準点を適正に配置し、精度良く測量できるように1, 2, 3級基準点について国土交通省公共

測量作業規程に準じて計画を立てた。

### 6.3 電子基準点と1級基準点

電子基準点を使用したGPS測量については、経験があるとは言え、まだ一般的で無く、今回の検証を行う時点では国土交通省公共測量作業規程においても不明な点が多く、今まで積み上げた経験を基に試行錯誤を重ねながら観測を開始することになった。

使用を予定している電子基準点は北条・愛媛川内・伊予である。

電子基準点は24時間連続観測がされており、鷹子地区は愛媛川内から約8km、北条・伊予からは約15kmの距離にある。(資料 17)



国土交通省公共測量作業規程によれば(資料 18)

1 級基準点測量においては、既知点を電子基準点(付属標を除く。)のみとすることができる。ただし、既知点とする電子基準点は、作業地域に最も近い2点以上を使用する。

観測距離が10kmを超える場合は、節点を設けるか、1 級GPS測量機により120分以上の観測を行うとなっている。

(※注 以上は平成14年での作業規程です。現在では2級基準点も与点を電子基準点のみとすることが出来ます)

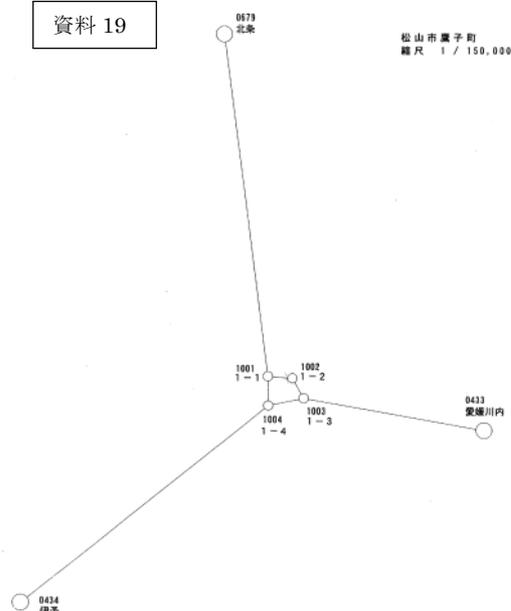
公共測量作業規程1級基準点測量に準じて1級基準点測量を行うこととした。

観測時間はそれぞれの1級基準点で上空視界の測定を行い、新点位置の障害物、GPS衛星の飛来情報等を考慮。また、不測の事態に対応するため充分の時間を予定した。

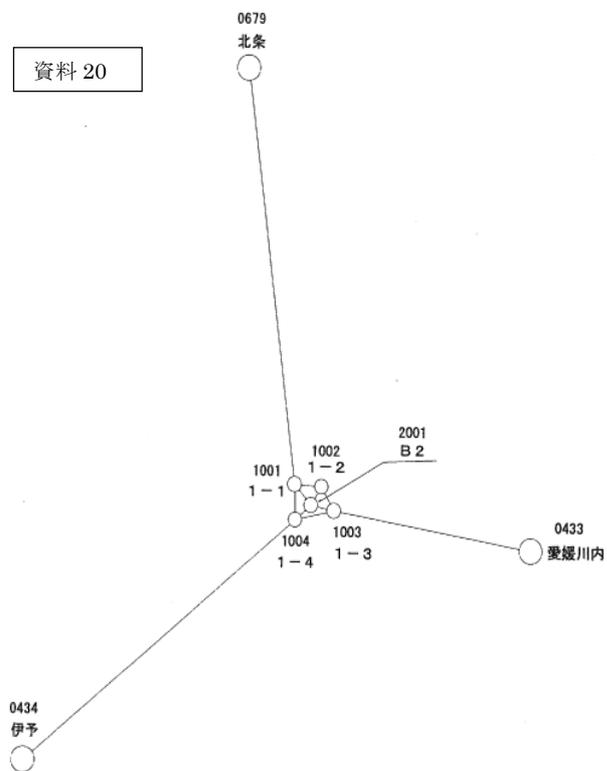
1級基準点は下位の基準点に対して影響を与える。最良の結果を得るため机上での計画、更には実際の観測でも試行錯誤を重ねた。(資料 19)

その結果、当初の計画を変更し、1級基準点は5点(図根三角点B2を1級基準点とした。)となった。(資料 20)(資料 21)

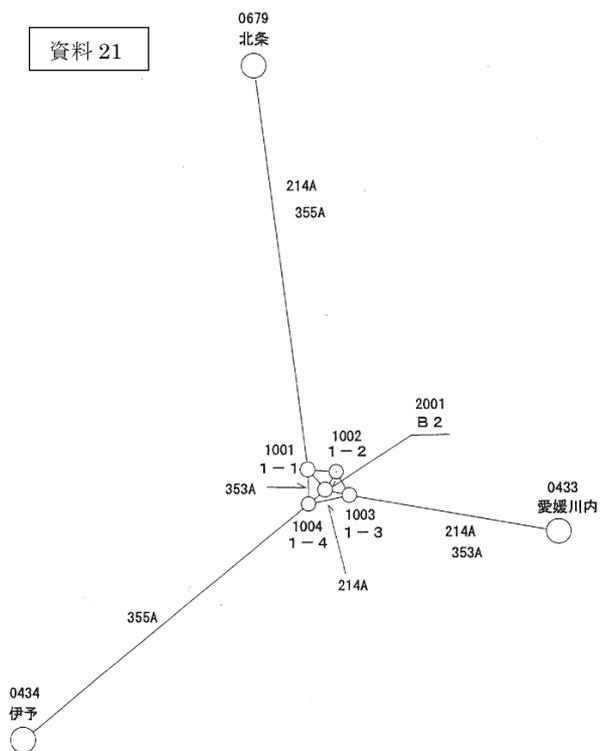
資料 19

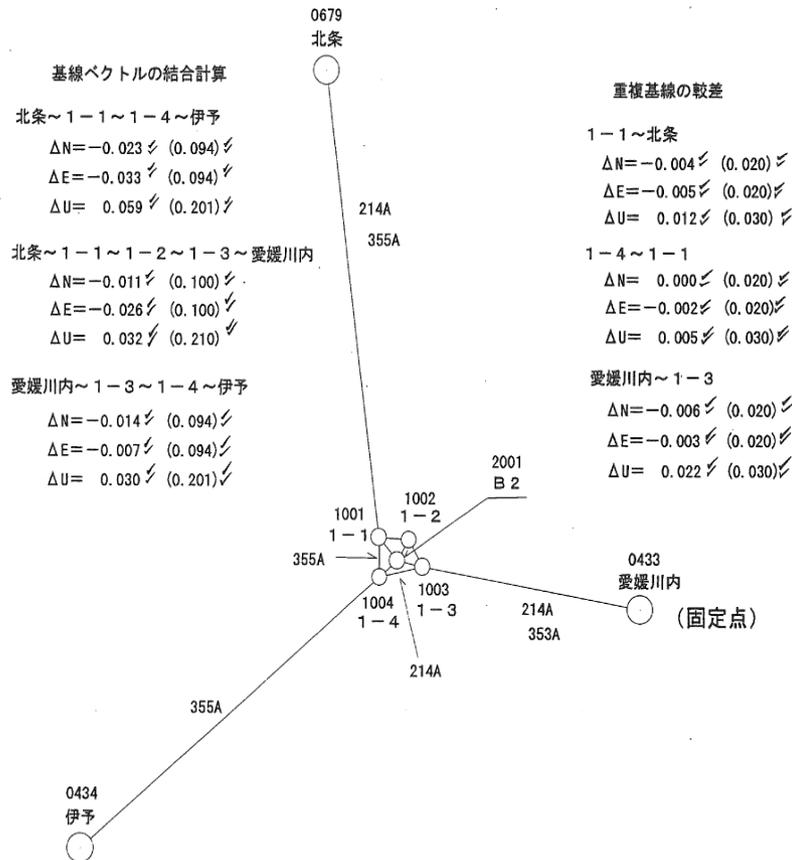


資料 20



資料 21





### 6.3.1 GPS衛星の配置

1級基準点測量に使用した受信機の取扱説明書には、二周波の静止測量は良好な条件下で30km以下の基線長による基準点測量等に使用可能で、この条件下の基線長精度は $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \times \text{基線長}$ を上回るとあります。

今回の最長距離は15kmであり測量は可能でした。

衛星の軌道情報により、時間を決め観測を行いました。測量計算では気になる点はありませんでしたが、結果が制限内なので順次計算を行い一度は終了しました。

その後、鷹子地区以外でも電子基準点を使用してGPS測量を行っていましたが、何回か失敗をしてしまいました。

その主な原因は上空視界とGPS衛星の片寄った配置によるものでした。

現在では27個のGPS衛星が運行し、常時4個以上の衛星が上空にあって測量ができるようになっています。このことで何時でも測量できると思い込み、注意深く衛星の配置について考えるという原則を忘れていました。

今までは長くても観測距離が1km位であったのに、電子基準点を使用すると距離が数十倍も長くなる場合があります。短距離ではある程度の計画を立てれば、満足できる結果が出ましたが、電子基準点のみを利用するような長距離では違いました。

長距離では長時間の観測になることは勿論ですが、片寄った衛星配置にならないように、特に低い高度の衛星は予測の出来ない思わぬ障害が発生することがあります。気を付けて観測計画をすることが重要とわかりました。

この経験を基に、再度鷹子地区に戻り良好な結果を得るための測量について考えました。

#### 衛星の配置

観測の時間帯・電離層が安定している冬の深夜。

2周波受信機を使用するので、電離層遅延の補正ができるのですが、より安定した状態での観測を心掛けました。

### 6.3.2 基線処理結果の評価について

使用している基線解析ソフト（GPSurvey WAVE Software）の説明書には

#### レシオ

整数サーチから得られたフィックス整数解は結果とともにレシオが表示されます。WAVE がフィックス解を計算するとき、通常は異なる整数値の組み合わせで可能性のある候補を幾つか持っています。非常に簡単な表現で言うと、処理プログラムはあらゆる異なった組み合わせを作って、異なる整数値の組み合わせが受信機による現場の測定にどのくらい合うものかを計算します。すべての組み合わせを見た後で、WAVE は測定に最も合った二つの候補の分散の比率を計算します。解のレシオは最適な候補であるフィックス解の分散に対する二番目に最適な候補のフィックス解の分散の比率を表しています。

整数サーチについては、処理プログラムは多種多様なサーチを実行して各サーチに対して分散を計算します。次にそれらの分散にランクを付けます。一番低い分散が「最適」、二番目に低い分散が「二番目に最適」、といった具合です。解のサマリーに列挙されている「レシオ」は二番目に最適なものを最適なもので割った比率です。レシオが低ければこれらの二つの数字にあまり差がありません。しかし、レシオが大きければ二つの数字に大きな差があったことを示し、つまりは望ましいということになります。

#### リファレンス バリアンس

リファレンス バリアンスとは特定のベースラインの観測データ（実際のコードと搬送波の測定）が計算された解の中にどの程度うまく適合するかを示す指標です。リファレンス バリアンスにはメートルやサイクルと言った単位はありません。時には分散ファクタまたは単位重量の分散と呼ばれることもあります。

処理プログラムが予想する適合の程度に対して、現場の測定が計算にどの程度適合するかのレシオと考えることができます。WAVE はそれぞれのコードや搬送波の測定の種類について予想される雑音や精度をある程度想定します。解を計算した後で処理プログラムは残差（各観測中の中の明らかなエラー）を検証し解全体の分散を計算します。リファレンス バリアンスを計算するために処理プログラムは予想される雑音レベルに基づいてこれを自らの予想と比較します。

誤差の量に関する推定が完璧で観測セッションが完全に正常であれば、リファレンス バリアンスは1.0と等しくなります。1.0より小さい場合には現場の観測は予想よりも実際にはうまく適合していることになり、1.0より大きい場合に予想よりも実際にはうまく適合しないことになります。現実には処理の想定はおおよそのものでしかないのでリファレンス バリアンスはしばしば1.0よりも少なくなります。  
と書かれています。

この二つの数値を目安にして計算の良否を判断しました。

### 6.3.3 基線解析

基線解析とは、GPS衛星の電波信号から2点間の位置関係を求めることを言います。

初回の1級基準点の結果で気になった部分は、既知点から既知点へ結合する点検計算の高さ成分でした。

そして現地で気になるところは電子基準点愛媛川内の状況です。

近くに新しい建物が建築され上空の視界が少し遮られていることです。

結果の改善：処理に関する考察として、解析ソフトの説明書にはこう書かれています。

WAVEによる整数値の解析を成功させるには、注意深くデータを編集することでより良い解を得られる場合もあります。データの編集は衛星の軌道の一部についてひとつまたは複数の観測を除去、または無視することです。これには幾つかの方法があります。

- ① 仰角マスクの角度を増加する
- ② 処理の開始および終了時刻を変更する
- ③ 衛星による観測を使用できなくする

の方法があります。

仰角マスクの角度を増加すると全体の低い高度の衛星のデータが得られなくなるため、基線解析の処理の開始時刻と終了時刻を少しずつ変えてレシオとリファレンス バリアンスそして高さの結合結果を見ながら計算を繰り返し行いました。

その結果、全体的に初回より良い結果を得ることが出来ました。

基線ベクトルの結合計算 [△U]

北条	～ 伊予	初回(0.168)	再測(0.059)	制限値(0.201)
北条	～ 愛媛川内	初回(0.179)	再測(0.032)	制限値(0.210)
愛媛川内	～ 伊予	初回(0.013)	再測(0.030)	制限値(0.201)

新点位置の標準偏差〔最大値を記載〕

水平位置	初回(0.013)	再測(0.007)	制限値(0.100)
標高	初回(0.078)	再測(0.012)	制限値(0.200)

新点 1-1

X (初回)	90937.216	(再測)	90937.226	(差)	-0.010
Y (初回)	-64369.899	(再測)	-64369.898	(差)	-0.001
H (初回)	48.49	(再測)	48.55	(差)	-0.060

今回の検証では、GPS測量の基本と電子基準点を使用した測量の難しさを、改めて知るようになりました。

### 6.4 3級基準点

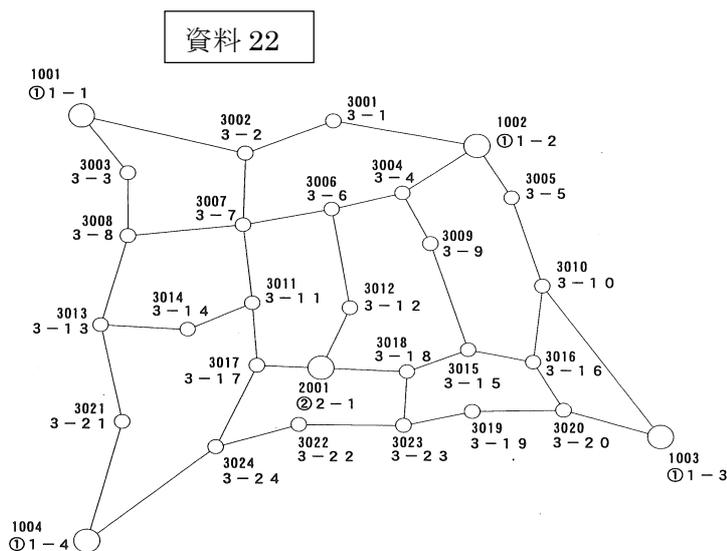
1級図根点の配点密度を考慮して2級基準点を省略し、3級基準点を製することとした。

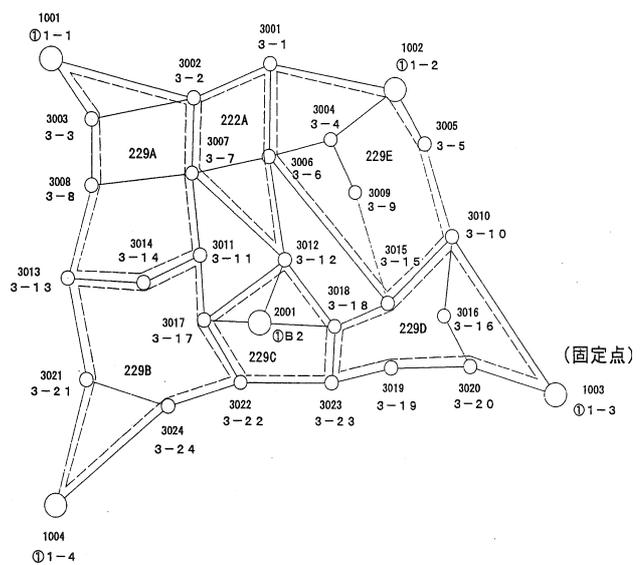
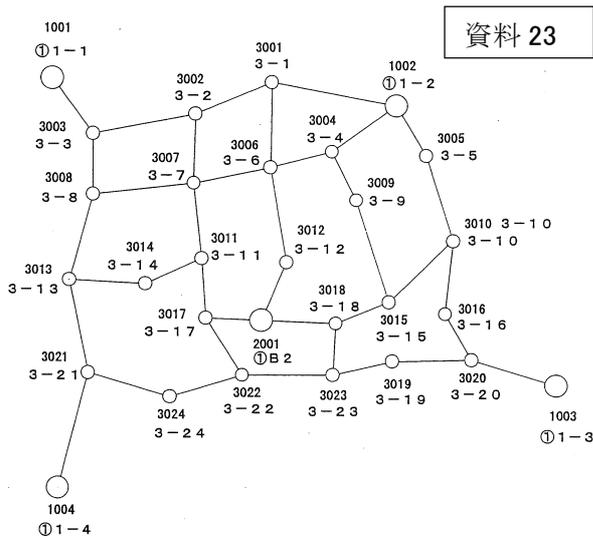
一筆地測量に直結する4級基準点の与点としても重要な意味を持つ新準点であるため利用のしやすいように約300m間隔で設置することとした。

この3級基準点については、現地に直結することでもあり、現地に残存する図根多角点も検証出来るように考慮して、短縮ステイック測量により24点の設置を行った。

良好な結果を得るために、網の組み方、平均計算の方法についても試行錯誤を繰り返した。

(資料 22)(資料 23)





## 6.5 4級基準点

鷹子地区全域に1, 3級基準点が設置されたので、一筆地を測量するための4級基準点を設置した。鷹子17条図作製当時の既設図根多角点と直接比較検証するための新基準点である。

本来は全域に設置して、比較検証を行なう必要があるが、今回は予算、時間、人的にも不足していることから、地図作製を行うために難しいと言われている外周を重点的に比較検証することとした。

先に計画した4級基準点網図から鷹子地区の外周、従来の図根多角点の路線の相違する場所について抽出して100点前後の規模とした。

また、今回の検証については会員研修の意味合いもあることから、研修用にAブロック、Bブロック、Cブロック、Dブロックの4つのブロックに分けて20点前後の図根点で構成されるブロックとした。(資料 24)

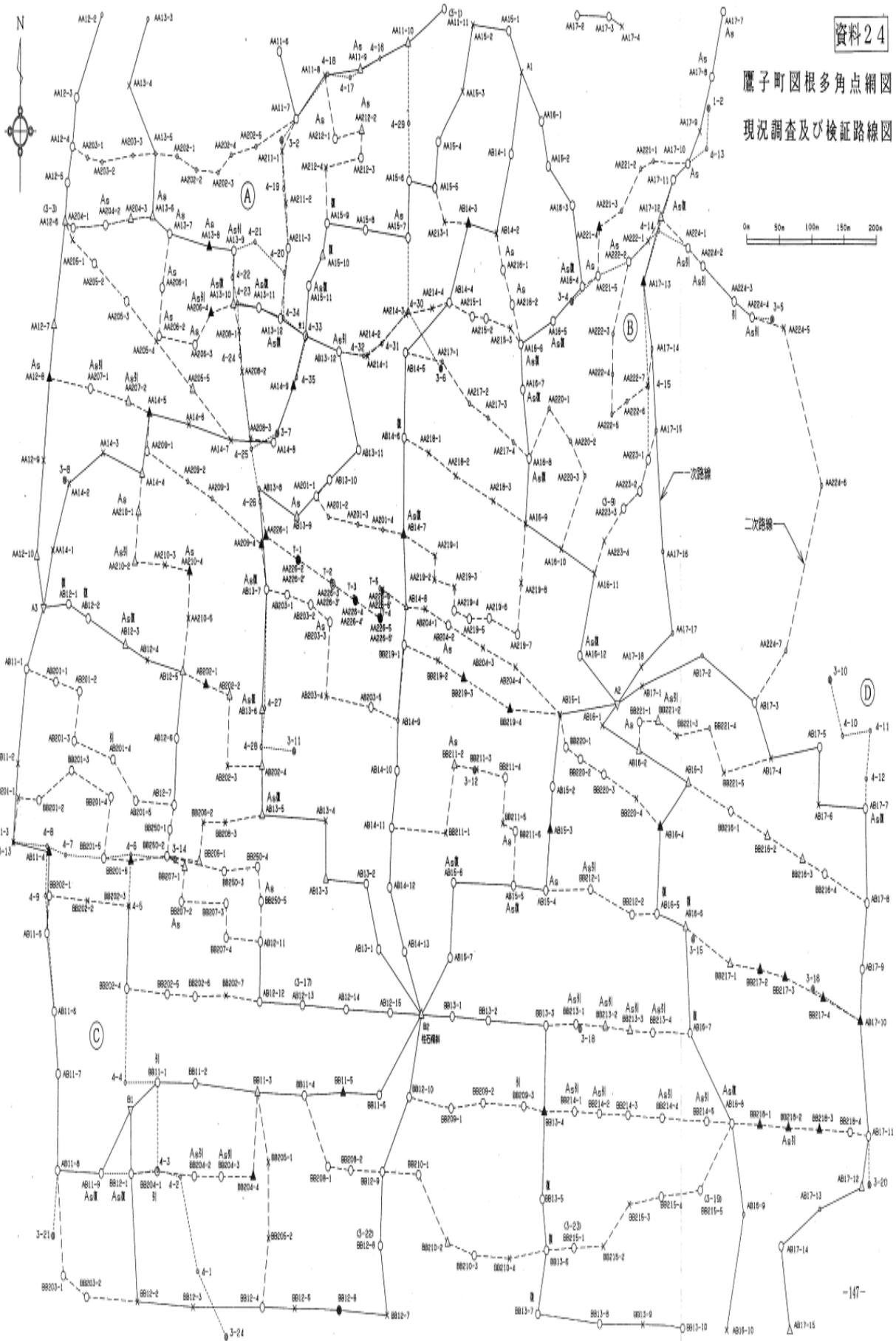
いかに正確に、効率よくこの4級基準点を作製するかも重要な研修課題である。

現地は住宅地でもあり、現実の登記測量でも高い精度を要求されていることからTSにより、国土交通省公共測量作業規程の4級基準点に準じて観測を行うこととした。

現在の光波測距儀等の機械精度を考慮して、水平角観測については2対回、倍角差30秒、観測差20秒の制限。鉛直角については1対回観測、高度定数は30秒以内。距離については2セットの斜距離の観測。器械高、視準高は1.400mに統一。平均計算は厳密水平網計算・厳密高低網計算で行った。

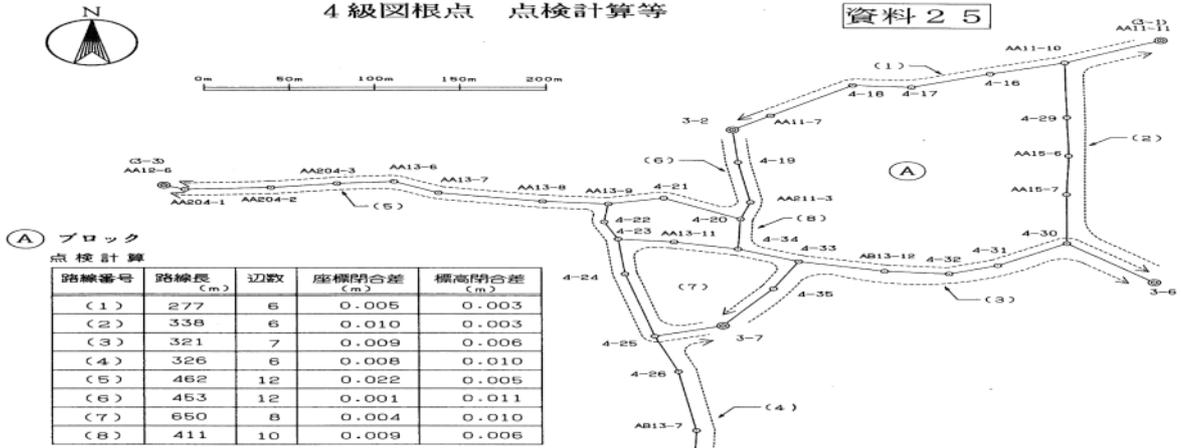
(資料 25)

鷹子町図根多角点網図  
現況調査及び検証路線図



4級図根点 点検計算等

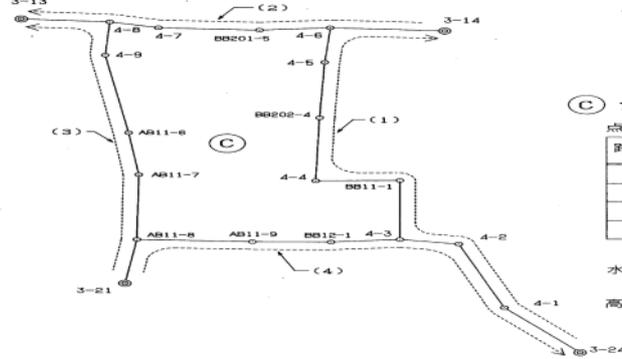
資料 2 5



(A) ブロック  
点検計算

路線番号	路線長 (m)	辺数	座標閉合差 (m)	標高閉合差 (m)
(1)	277	6	0.005	0.003
(2)	338	6	0.010	0.003
(3)	321	7	0.009	0.006
(4)	326	6	0.008	0.010
(5)	462	12	0.022	0.005
(6)	453	12	0.001	0.011
(7)	650	8	0.004	0.010
(8)	411	10	0.009	0.006

水平網平均計算  
単位重量の標準偏差 4' 64 (許容範囲 20' )  
高低網平均計算  
単位重量の標準偏差 20' 45 (許容範囲 30' )



(C) ブロック  
点検計算

路線番号	路線長 (m)	辺数	座標閉合差 (m)	標高閉合差 (m)
(1)	541	9	0.003	0.001
(2)	248	5	0.003	0.014
(3)	355	6	0.004	0.011
(4)	385	7	0.007	0.000

水平網平均計算  
単位重量の標準偏差 5' 67 (許容範囲 20' )  
高低網平均計算  
単位重量の標準偏差 12' 64 (許容範囲 30' )

4級図根点 点検計算等



(B) ブロック  
点検計算

路線番号	路線長 (m)	辺数	座標閉合差 (m)	標高閉合差 (m)
(1)	280	7	0.013	0.001
(2)	373	9	0.014	0.003
(3)	325	9	0.004	0.003

水平網平均計算  
単位重量の標準偏差 6' 91 (許容範囲 20' )  
高低網平均計算  
単位重量の標準偏差 3' 59 (許容範囲 30' )

(D) ブロック  
点検計算

路線番号	路線長 (m)	辺数	座標閉合差 (m)	標高閉合差 (m)
(1)	393	8	0.007	0.001
(2)	204	3	0.009	0.010

水平網平均計算  
単位重量の標準偏差 6' 40 (許容範囲 20' )  
高低網平均計算  
単位重量の標準偏差 12' 43 (許容範囲 30' )

