航空三角測量のブロック調整計算について

栗原 昭 八*・朝 田 弘 志*

The calculation of the block adjustment of aerial triangulation

by Shohachi Kurihara, Hiroshi Asada
(Toyo Koku Jigyo Co., Ltd.)

A method of block adjustment developed by Toyo Jigyo Co., Ltd. is reported. The system of block adjustment is treated as a sub-system of whole system what is called Toyo-Koku-Operating System. The system gives satisfactory results.

1. ま え が き

航空三角測量のブロック調整は大きくわけて次の2つの目的のために行なわれるのが通常である。

その一つは、基準点数は多くあり、単コース調整で充分調整計算ができるが、より精度を上げ、かつ全般的な精度の均一化を目的とし、コース間の不連続性を除去したり、基準点の変換残差等の処理をも含めた特別な計算であり、主として高度の開発が進んでいる地域で行なわれる。

他の一つは、基準点密度が低く、単コースの調整が困難であるような地域を対象として少ない基準点から、できるだけ精度のよい航空三角成果を出すための方法である。いづれにしても実用上の地上座標の算出や地図作成のために行なうもので、経済的であり、かつ迅速性がなくてはならない。

東洋航空事業K. K.においては後者の目的のためにプログラムが開発され、林野関係の航空三角測量や、既撮影の写真を利用する際に、2, 3モデルずつ数コースにまたがるような基準点配置の悪い場合等の調整計算に、よりよい精度でかつ能率を上げるため、しばしば用いられている。以下にそのあらましと精度についてのシュミレーションを紹介する。

* 東洋航空事業株式会社
「写真測量」Vol. 9 No. 4 1970

2. ブロック調整計算プログラムの位置づけ

当社における電子計算機システムは、TOSBAC-3400モデル21Aにより体系づけられている。このシステムの大要は図1のようなものである。

以上の機器を用いてソフトウェアとして「東洋航空オペレーティングシステム」と呼ぶプログラム群を開発し常にこれによって計算を自動処理している。

オペレーティングシステムの大要は図2に示す如きものであり、その特徴は器械構成が紙テープベースのため、紙テープでのオペレートが便利になっていいる。また航空三角測量の計算が50%以上をしめるので、航空三角関係のルーチンに重点をおき、処理スピード、処理量等を増すため、アセンブラ言語によって、書かれている。JOBの実行は手操作でスタートアドレスをセットして1JOB づつ行なうこともで

図 1 電子計算機システム構成図
Computer System of Toyo Koku Jigyo Co.

写真 1 TOSBAC-3400 MODEL 21A 電子計算機システム

きるし、紙テープにコントロールコードをパンチすることによって、連続的に処理することもできるようになっている。

さてブロック調整計算はこの航空三角関係のプログラム群の中のブロック計算ルーチンを用いて行なうわけであるが、他の関連プログラム、特に対地標定ルーチン、航三整理ルーチン等とは有機的につながりをもちながら計算が行なわれる。また航空三角の結果は大容量の磁気ディスク装置にストアされ後続計算に用いられる。このシステムにおいては、280 コース分の結果を常時保存することができるよう設計されている。

3. 単独コース調整計算の概要

当社のブロック調整計算の方法を説明する前に、単独コースの調整計算の概要にふれたい。なぜなら変換のための与件がきまってからの対地標定変換計算は同じルーチンを用いているからである。

対地標定のブロックダイアグラムを図3に示す。

単独コースの調整計算をするためのデーターは解析航空三角測量の相互、接続標定結果でもよいし、あるいは一級図化機による連続標定の機械座標でもよい。むしろ一級図化機によるものも最初のモデルでの機械的対地標定は不要である。それらのデーターが記憶装

図 2 東洋航空オペレーティングシステム構成図

Computer Operating System of Toyo Koku Jigyō Co.

図 3 対地標定の流れ

Flow chart of Absolute Orientation

置にローディングされたなら、先ずそのストリップ座標の縮尺と概略の標高の対地標定が行なわれる。縮尺決定には使用しうるすべての位置の基準点を使い、また標高を合わせるための基準点は、あらかじめそのコースが最もよい形でおこされるような標高基準点を3点与える。その3点の選び方は Ω 方向の傾きを補正すべく、なるべくコースと直角方向にある2点と、 Φ 方向の傾きを修正するために前の2点となるべく遠く離れた他の1点を選ぶことが理想である。

この縮尺決定、標高補正は、ヘルマート変換と1次の3次元空間座標変換をくりかえし、最終的には、位置の残差10m以内の基準点によって最終縮尺がきめられる。これまでの過程を「おこしの計算」と呼んでいる。

いいかえればおこしの計算は、

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = M \cdot \begin{pmatrix} \cos \Phi & -\sin \Phi \cdot \sin \Omega & \sin \Phi \cdot \cos \Omega \\ 0 & \cos \Omega & \sin \Omega \\ 0 & -\cos \Phi \cdot \sin \Omega & \cos \Phi \cdot \cos \Omega \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{pmatrix} \quad (1)$$

の M と3行3列の係数マトリックスを求めることにはならない。

おこしの計算がおわると、次に位置の平均計算を行なう。変換式はコントロールテープまたはエントリーキーによって与件の数、配置状況、接続モデル数等を考慮して1次から4次までの等角写像変換式を選んで使うことができる。

〔位置の変換式〕

1次等角写像変換（ヘルマート変換）

$$\begin{cases} \bar{X} = ax + by + X_0 \\ \bar{Y} = ay - bx + Y_0 \end{cases} \quad (2)$$

2次等角写像変換

$$\begin{cases} \bar{X} = ax + by + c(x^2 - y^2) + 2dxy + X_0 \\ \bar{Y} = ay - bx + 2cxy - d(x^2 - y^2) + Y_0 \end{cases} \quad (3)$$

3次等角写像変換

$$\begin{cases} \bar{X} = ax + by + c(x^2 - y^2) + 2dxy \\ \quad + e(x^2 - 3y^2)x + f(3x^2 - y^2)y + X_0 \\ \bar{Y} = ay - bx + 2cxy - d(x^2 - y^2) \\ \quad + e(3x^2 - y^2)y - f(x^2 - 3y^2)x + Y_0 \end{cases} \quad (4)$$

4次等角写像変換

$$\begin{cases} \bar{X} = ax + by + c(x^2 - y^2) + 2dxy + e(x^2 - 3y^2)x \\ \quad + f(3x^2 - y^2)y + g(x^4 - 6x^2y^2 + y^4) \\ \quad + 4h(y^2 - y^2)xy + X_0 \\ \bar{Y} = ay - bx + 2cxy - d(x^2 - y^2) + e(3x^2 - y^2)y \\ \quad - f(x^2 - 3y^2)x + 4g(x^2 - y^2)xy \\ \quad - h(x^4 - 6x^2y^2 + y^4) + Y_0 \end{cases} \quad (5)$$

ついで標高の平均計算を行なう。これについても位置と同様で3元1次変換式から次に示すような種々の変換式を用いることができる。

〔標高の変換式〕

$$3元1次変換式 \quad \bar{H} = ax + by + c + z \quad (6)$$

$$4元2次変換式 \quad \bar{H} = ax^2 + bx + cy + d + z \quad (\text{ひねりなし}) \quad (7)$$

$$5元2次変換式 \quad \bar{H} = ax^2 + bx + cxy + dy + e + z \quad (8)$$

$$5元3次変換式 \quad \bar{H} = ax^3 + bx^2 + cx + dy + e + z \quad (\text{ひねりなし}) \quad (9)$$

6元2次変換式

$$\bar{H} = ax^2y + bx^2 + cx + dxy + ey + f + z \quad (2次のひねり) \quad (10)$$

位置および標高の平均計算は、事前に定限を記憶させておき、定限外の点が一点でもある場合は、残差の一番大きいものから一点づつぬいてくりかえし行なわれ、定限内になるまでくりかえされる。

しかしながら、刺針誤り、偏心計算の誤り、観測違い、点名違い、基準点の成果の誤り、パンチテープのミス等々、しばしば良いはずの点がはじかれてしまうことがある。そのような時のために意識的にぬいて見たい基準点の重量を0に修正することにより不使用とすることができるようになっている。

以上の変換係数決定が終るとパスポイント、タイポイント等の測地座標への変換計算が行なわれ、プリントアウトされる。

4. ブロック調整計算の基本的理念と方法

当社で現在行なっているブロック調整計算は、一口

図 4 ブロック計算の流れ
Flow chart of Block Adjust

というなら、数コースにまたがる一つのブロック地域を、あるコースをもとにしてタイポイントやその他の点を用いてコースとコースを順次つなぎ、同一の座標系に統一し、それ全体をもう一度適当な交換式を用いて再変換を行なうことである。標準的な工程のフローチャートは図 4 の如くである。

この場合注意しなければならないことは、

- (i) ブロックの大きさと基準点配置
- (ii) 最初に行なう骨幹となるべき親コースの選定と交換式の選定
- (iii) 親コースに順次接続して行く場合の変換式と交換式の選定
- (iv) ブロック全体を再変換する時の変換式と交換式の選定

(i) については、いくらブロック計算といえども無制限に大きくしては精度が保てない。コース方向には最大 20 モデルが限度である。またコース数は、一概にはいえないが水準点が所々にある場合には 7, 8 コース、ない場合にはせいぜい 5, 6 コースまでである。もちろん要求される精度で大幅に制約されるのは当然である。また、基準点配置は測量の常識であるオープン地域をさけるようにブロックを区切るべきである。

(ii) の親コースの選定は、出来得れば位置の既知点が 2 点、標高の既知点が 3 点以上あるようなコースを選ぶ。またブロック中で一番長いコースを親コースとするのが望ましい。なぜならコースの接続を行なう場合、短いコースに長いコースをつなぐような場合には、オープンとなる部分が多くなると、1 次以外の変換式を使う場合、悪い変形を少しでも少なくするためである。

また、親コースは、位置の基準点が少ない場合には一次等角写像変換（ヘルマート変換）を行なう。標高の変換もやはり基準点が少なければ 3 元 1 次変換式で行なう。もし高次式変換の方が望ましいような基準点の数と配置であるなら、高次式を用いてよい。

(iii) の各コースの接続は、位置は、接続部分の共通点、即ちタイポイントのみで行う。定限内に入るな

ら、なるべく 1 次等角写像変換で行なう。モデル数が多く 1 次式ではつながらないような場合でも決して 3 次以上の高次式は使用してはならない。2 次の等角写像変換までに止めるべきである。

標高の変換は、水準測量の成果等があり、親コースも標高的には充分この段階での計算のみで決定しうるような配点状況で、接続コースも同様なら、この段階で標高基準点とタイポイントにより適切な変換式を用いて行なうのがよい。それに反して標高の基準点が充分でない場合には、その基準点は無視して、タイポイントのみで行なう。変換式は 3 元 1 次が望ましいが、コースが長いような場合で定限に入らない場合は、4 元の 2 次式を用いる。この場合、タイポイントの配置状態がブロック調整全体の精度を大きく左右するが、それについては後にふれたい。

(iv) のブロック全体の再変換に際して、位置については、ブロック内のすべての位置基準点を用いて行なう。特に (i) でふれた周辺の基準点には注意をはらい、はぶかれないように調整しなければならない。変換式はブロックの大きさにもよるが、1 次式より順次あげて行き、変換係数を見て極端な歪がないかどうか注意しながら適当な変換式を見つける。

標高については、水準路線が密にあり、第一段階の接続計算の時点ではほとんど正しい成果が出たものについては、せいぜい 5 元 2 次式までの低次の変換式を用いる。

また、標高基準点が少ないブロックにあつては、その基準点数や配置にしたがって適当な変換式を適合させる。

なお、この段階では、1 コースずつの調整のように、細長い帯状の調整と異なり、幅広い平面的なブロックになることもしばしばあり、X 方向にも Y 方向にも 2 次、もしくは 3 次的な変形が考えられる。そのため (6) 式～(10) 式の変換式では補正できない場合がある。そこで、その処理のため、初め X なら X 方向について平均計算を行ない、次に x と y を入れかえて Y 方向について再び平均計算を行なえるようになっていく。例えば、初めに X 方向についての 5 元 2 次の変換を行ない、次に Y 方向の 4 元 2 次の変換をするなら、結果的には、

$$H = ax^2 + bx + bxy + dy + ey^2 + f + z \quad (11)$$

なる変換を行なったのとはほぼ同じことになる。

5. 高精度を得るための条件

以上は計算段階での注意事項であるが、計算だけがよくても決して全体の精度は向上しない。例えば、水準成果もなく、タイポイントのみでコースの接続を行

なう場合、タイポイントの数が少なかったり、タイポイントの選点状況がコース方向に直線的であったりしては、コースとコースのつながりが悪く、屏風状に不規則に波うったブロックが形成されてしまう。

このようにブロック調整の精度を高めるためには、測量計画、撮影、現地作業、観測準備、観測、計算の各段階で、注意しなければならない問題がある。全般的に、ブロック計算では位置にくらべて高さの精度が低下する。これは同じ数の与件があったとすると、位置の誤差方程式は、XとYの条件より、標高の誤差方程式の2倍も出て来る。また、タイポイントのみで接続を行なう時、一般に位置の接続の安定度と高さの接続の安定度は、後者の方が劣る。なぜなら、サイドラップが数%となったとしたら、位置は接続できるが、まづ高さの方は不可能となってしまう。その上、ストリップ座標のねじれは多少の差はあれ、必ずあるのが普通であるが、30%位のサイドラップの範囲から、そのねじれを計算し補正するのは危険であり、不可能である。

そこでブロック調整の精度を向上させるための種々の条件を列記してみる。

測量計画段階

- (a) 撮影範囲、測量範囲、現地測量計画、要求精度、ブロック区分等を考慮して、綿密な計画を立てる。

撮影段階

- (b) 出来うれば数コースまたは数拾コースにわたる平面撮影を結ぶための、骨幹コースを適宜撮影する。縮尺は、同程度または、平面コースより小縮尺がよい。
- (c) 骨幹コースが撮影できない場合には、サイドラップを標準以上に多めに取るようにする。

現地作業段階

- (d) ブロック調整の弱点である標高精度を向上させるため、水準路線をブロックの両サイドと中央附近に通す。
- (e) 位置基準点もオープン部分ができないよう、四隅には、必ず配置する。
- (f) 少ない基準点で数十モデルのブロック調整を行なうので、基準点測定の観測、計算、対空標識の確認、刺針、偏心計算等、絶対、誤りは許されない。かなりの成果の違いも、ブロック調整の段階では、その成果に、ついてしまうので、できれば、すぐ近くでもよいので、補助点を設けて、チェックができるようにするのが望ましい。

観測準備段階

- (g) タイポイントはできるだけ多く選点し、コース方向に一直線にならないよう、じくじくに、なるべくサイドラップ一ぱいにばらまくようにとる。

観測段階

- (h) できうれば、1ブロック中の各コースは同じ観測器械で行なうのが望ましい。なぜなら、各器械にはそれ特有のくせがあるものもあり、コースの変形にしても、同じような傾向になった方がよいからである。
- (i) 機械法にくらべて、残存縦視差や、接続標定の残差の配分を均等に行なえる解析法により、観測した方がよい。

計算段階

- (j) 使用基準点、使用計算式等について 4. の(i)～(iv)のような注意をする。

6. ブロック調整計算の精度解析のための実験例

実際例として、青森県下北地方の国土基本図作成地域について、与件数やその配置状況、使用変換式を変えて試みてみた。この地域は、三、四等三角点にほとんど対空標識が設置されており、また国土基本図作成時に、当社で単コース毎の高精度な航空三角測量が終っていた。

この地区内から1コース平均11モデル、4コース分をとり出して、モデル地区にえらび、観測データは、まったく同じものを用いて行なってみた。

モデル地区の諸元は、

撮影年月日	昭和45年 5月24日
撮影カメラ	RC-8 f=152.02
撮影基準面	平均70m
撮影高度	平均3370m
撮影縮尺	約1:22,000
ブロック構成	C-1 No.1～No.12 11モデル
	C-2 No.1～No.12 11モデル
	C-3 No.1～No.13 12モデル
	C-4 No.2～No.13 11モデル
	合計 45モデル

図化可能面積 約280万坪

基準点数	1等三角点	1点
	2等三角点	1点
	3等三角点	25点
	4等三角点	11点
	合計	38点

観測方法 オートグラフA-7による特殊解析法(東洋航空事業 K.K.において開発した独特の解析法である)

コース名	平均計算に使用した位置の基準点				平均計算に使用した標高基準点				タイポイント残差				備 考
	点 数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	点 数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	位 置		標 高		
									二乗平均 残 差	最大値	二乗平均 残 差	最大値	
C-1	16	2次等角	(m) 0.43	(m) 0.85	16	5元2次	(m) 0.54	(m) -1.02	—	—	—	—	
C-2	13	2次等角	0.44	0.68	15	5元2次	0.53	-1.12	(m) 0.58	(m) 1.57	(m) 1.00	(m) -1.83	
C-3	14	2次等角	0.82	1.54	16	5元2次	0.60	-1.32	1.22	2.01	0.55	0.87	
C-4	8	2次等角	0.69	1.30	8	5元2次	0.37	-0.86	1.36	2.40	1.28	-2.30	
全 体	38	—	二乗平均 残差 0.69	1.54	38	—	二乗平均 残差 0.63	-1.32	1.10	2.40	1.00	-2.30	図5, 6 参照

表 1 1コース毎に全与件を用いて調整した時の結果 (標準結果)

Results of Strip Adjustment with full control points (Standard Case)

与件 条件	実験 No.	平均計算に使用した位置の基準点				平均計算に使用した標高基準点				全チェックポイントの残差				備 考		
		点	数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	点	数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	位 置			標 高	
												二乗平均 残 差	最大値		二乗平均 残 差	最大 値
位置，標高共 4 点	A-1	4	1 次等角	4.23	5.44	4	3 元 1 次	5.19	5.24	3.73	7.31	6.91	10.32	図10参照		
	A-2	4	2 次等角	1.37	1.42	—	—	—	—	1.11	1.96	—	—	図11 "		
位置，標高共 5 点	A-3	5	2 次等角	1.20	1.51	5	X 方向 5 元 2 次	0.00	0.00	1.09	1.79	2.77	8.69	図12 "		
	A-4	5	3 次等角	0.31	0.71	—	—	—	—	1.07	2.48	—	—	図なし		
	A-5	5	4 次等角	0.00	0.00	—	—	—	—	1.25	2.56	—	—	図なし		
位置，標高共 7 点	A-6	7	2 次等角	1.01	1.80	7	X, Y 方向 5 元 2 次	0.58	-1.31	1.01	1.86	1.87	7.05	図13参照		
	A-7	7	3 次等角	0.65	1.15	7	X 6 元 2 次 Y 4 元 2 次	0.25	0.78	0.92	2.20	1.96	6.57	図なし		
	A-8	7	4 次等角	0.61	1.14	7	X 6 元 2 次 Y 5 元 2 次	0.23	0.79	0.94	2.40	1.94	6.52	図なし		
位置，標高共 9 点	A-9	9	2 次等角	0.97	2.16	9	X, Y 方向 5 元 2 次	0.50	-0.84	0.96	2.16	1.50	4.98	図14参照		
	A-10	9	3 次等角	0.70	1.12	9	X 6 元 2 次 Y 5 元 2 次	0.42	1.07	0.92	2.42	1.68	4.56	図なし		
	A-11	9	4 次等角	0.70	1.13	9	X, Y 方向 6 元 2 次	0.36	1.10	0.92	2.48	1.62	4.34	図なし		
位置 4 点 標高 6 点 右下オープン	A-12	4	1 次等角	3.42	5.09	6	X 方向 4 元 2 次	2.12	-4.56	3.19	6.56	6.16	19.62	図15参照		
	A-13	4	2 次等角	0.57	0.97	6	X, Y 方向 4 元 2 次	0.92	-2.18	1.89	5.19	7.33	25.84	図16 "		
位置 4 点 標高 6 点 右下オープン	A-14	6	1 次等角	2.65	5.00	8	X 方向 4 元 2 次	1.75	-4.86	3.12	6.20	5.66	18.27	図17 "		
	A-15	6	2 次等角	0.67	1.03	8	X, Y 方向 4 元 2 次	1.23	-2.50	1.85	5.20	6.16	22.10	図18 "		
	A-16	—	—	—	—	8	X 5 元 2 次 Y 4 元 2 次	0.69	+1.74	—	—	2.69	-8.22	図19 "		
位置 6 点 標高 8 点 右半分オープン	A-17	6	1 次等角	1.58	3.07	8	X 方向 4 元 2 次	1.69	-5.01	4.53	11.29	4.22	12.88	図20 "		
	A-18	6	2 次等角	0.65	1.00	8	X, Y 方向 4 元 2 次	1.36	+3.33	1.29	3.32	4.42	15.70	図21 "		
	A-19	—	—	—	—	8	X 5 元 2 次 Y 4 元 2 次	0.71	-1.81	—	—	8.27	21.25	図22 "		

表 3 [Aグループ] タイポイントのみの接続によるブロックの与件数, 配点及び使用変換式による変化

Results of Block Adjustment of A-group under several conditions

コース名	平均計算に使用した位置の基準点				平均計算に使用した標高基準点				タイポイント残差				備 考		
	点	数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	点	数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	位 置			標 高	
											二乗平均 残 差	最大値		二乗平均 残 差	最大値
C-1		2	1 次等角	0.00	0.00		3	3 元 1 次	0.00	0.00	—	—	—	—	親コース
C-2		10	2 次等角	0.23	0.49		10	4 元 2 次	0.78	1.69	0.56	1.74	0.89	-1.69	
C-3		11	2 次等角	0.98	2.16		11	4 元 2 次	0.45	1.20	1.11	2.16	0.60	-1.20	
C-4		12	2 次等角	1.21	2.12		12	4 元 2 次	0.60	-1.17	1.29	2.12	0.69	1.17	
全 体		35	—	0.79	2.16		35	—	0.57	1.69	1.03	2.16	0.74	-1.69	図 7, 8, 9 参照

表 2 タイポイントのみで接続していった場合のブロック組成結果 (A グループのブロック組成)
Results at tie points after block construction using only tie points (A-group)

コース名	平均計算に使用した位置の基準点				平均計算に使用した標高基準点				タイポイント残差				備 考		
	点	数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	点	数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	位 置			標 高	
											二乗平均 残 差	最大値		二乗平均 残 差	最大値
C-1		2	1 次等角	0.00	0.00		8	5 元 2 次	0.14	-0.43					
C-2		10	2 次等角	0.22	0.49		17	5 元 2 次	0.78	-2.24	0.57	1.75	1.00	-2.24	
C-3		11	2 次等角	0.96	2.15		17	5 元 2 次	0.47	-1.22	1.10	2.15	0.42	-0.94	
C-4		12	2 次等角	1.20	2.12		17	5 元 2 次	0.91	2.01	1.30	2.12	1.16	2.01	
全 体		35		0.78	2.15		58		0.64	-2.24	0.98	2.15	0.34	-2.01	

表 4 ブロックの両サイドと中央附近に水準路線を通したと仮定し、タイポイントと標高点を用いてのブロック組成結果 (B-2 ブロック組成時)
Residuals at tie points after block construction using tie points and height control points (B-group)

与件 条件	実験 No.	平均計算に使用した位置の基準点				平均計算に使用した標高基準点				全チェックポイントの残差				備 考
		点 数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	点 数	変 換 式	平均誤差	最 大 値	位 置		標 高		
										二乗平均 残 差	最大値	二乗平均 残 差	最大値	
両サイド水準路線	B-1	5	2次等角	1.14	1.68	13	X方向 5元2次	0.51	1.44	1.14	2.24	1.49	4.32	図23参照
中央並びに両サイ	B-2	5	2次等角	1.23	1.88	18	X方向 5元2次	0.52	1.37	1.20	2.43	1.00	3.20	図24 "
ドに水準路線があ ると仮定した場合	B-3	5	3次等角	0.34	0.78	18	X 6元2次 Y 5元2次	0.49	1.40	1.17	2.47	0.90	2.83	図なし
	B-4	5	4次等角	0.00	0.00	18	X, Y方向 6元2次	0.39	1.12	1.34	2.48	0.85	2.53	図25参照
地域全体に水準 (全与件の高さを 使用)	B-5	5	2次等角	1.43	2.20	38	X方向 5元2次	0.60	-1.85	1.15	2.20	0.68	1.85	図26 "

表 5 「Bグループ」 基準点5点の他に所々水準測量を行なったと仮定した場合のブロック調整結果
Results of Block Adjustment of B-group under several conditions

パスポイント数 5点法 (1モデル合計10点となる)

タイポイント数 1モデルに片側平均1点

以上のような条件のもとに、その中の一部の基準点を位置または標高の与件として使い、他はチェックポイントとして、その残差を計算して見た。

実験は大別して2つに分かれ、[Aグループ]として、タイポイントのみで各コースを接続するものと、[Bグループ]として標高点がある程度あるものと仮定して、各コースの接続に、タイポイントと標高点を用いたものに分けた。

更に[Aグループ]では最悪の状態を想定してオープンの場合をシュミレーションしてみた。表3、表5は各

々の実験例に対する変換残差の平均と最大値および、チェックポイントの残差の二乗平均と最大値をまとめたものである。なお各々の残差分布については、図5～図26を参照願いたい。

7. 実験結果の考察

各コース毎に全与件を用いて行なった標準結果を見ると、38与件の平均誤差は、位置0.69m、標高0.63mで、最大値が各々1.54mと1.32mであり、平均誤差は各々、H/4,800、H/5,200。最大値でもH/2,100、H/2,500である。

Aグループの実験結果では、位置は四隅と中央の5点を用い、2次等角写像変換ではほぼ満足すべき結果と

与件 条件	実験 No.	C-1				C-2				C-3				C-4				備考
		位 置		標 高		位 置		標 高		位 置		標 高		位 置		標 高		
		二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	二乗平 均残差	最大値	
位置・標高共5 点の場合	A-3	0.92	1.62	1.71	-3.64	0.80	1.71	1.99	7.01	0.86	1.60	3.42	8.48	0.89	1.81	3.31	6.95	
基準点5点と両 サイド水準の場 合	B-1	0.87	1.54	0.83	-1.32	0.80	1.48	0.53	1.30	0.93	1.64	1.11	3.79	0.73	1.54	2.09	-3.52	
基準点5点と両 サイド及び中央 に水準がある場 合	B-2	0.96	1.66	0.28	-0.70	0.79	1.51	0.16	0.46	1.03	1.90	0.90	2.53	0.81	1.68	0.79	1.47	

表 6 パスポイント、タイポイントの標準結果とブロック調整結果との較差

Residuals at tie points and pass points between the results of strip Adjustment and Block Adjustment

なったが、少々よくすぎた感がある。標高については、Bグループと比較すると劣っているが、9点あれば、充分とはいかないまでも、なんとかつかえると思う。オープンの例では、いづれにしても、基準点群から、離れる程悪くなり、実用にならないことがわかる。

Bグループは、位置はA-3と同じ5点にしぼり、水準が所々にあるものと想定した。当然のことながら、標高与点が多い程精度が上っていることがわかる。おもしろいことには、標高与件を多くして行くと、平面の変換残差が少しではあるが大きくなって行く。しかし全体の精度、即ち、チェック点の残差の二乗平均は良くなっている。

以上より実用に供するであろうと思われるものは、〔A-9〕～〔A-11〕（但し位置は5点でも可）、〔B-2〕～〔B-5〕であり、精度と経済性を考えるなら、〔B-2〕、〔B-3〕が最良のものと思う。

ちなみに、ブロック計算で得られたパスポイント、タイポイントの結果と、標準結果との較差を各コース毎に計算して見た。その二乗平均と最大値を表6に示す。

この実験では、高次式の使用はチェックポイントの残差を大幅によくするには役にたっていない。組成したブロックがすなおな2次の傾向であったことをものがたっている。

8. おわりに

今回の実験例は平面撮影地域のモデルケースであるが、もちろん線状の場合、環状の場合、またはクロスしているようなコースについても適用できる。以上のような実験例から見ても、オープンになるようなことは、極力さなければならぬ。また平面位置に対して、標高の精

度が大幅に悪いことにも注目してもらいたい。このことから、現地測量に際して、位置の基準点数より多くの標高点を設置すべきことがわかる。

目を転じて、国内の測量ならいざしらず、これからの海外への進出を考える時、基準点密度の低い未開の地の大規模な開発に際しては、いやがおうでもブロック調整の問題が出てくる。とりあえづの処置としては、骨幹コースの撮影をすることにより、しのぐことはできると思うが、モデル単位、コース単位の計算処理でなく、大容量の計算機を駆使して、ブロック全体

〔計算例〕

```

COURSE= 3 1
VO.  NAME P(XY)  P(H)
1  30121  1.0  1.0
2  30091  1.0  1.0
3  30011  1.0  1.0
4  30131  1.0  1.0
5  30181  1.0  1.0
6  35260  1.0  1.0
7  35021  1.0  1.0
8  35030  1.0  1.0

M=1:  18027.12

A= -0.996788696  B=  0.080076811  X0=  98490.822  Y0=  34893.042
VO.  NAME      (X)      (DX)      (Y)      (DY)      (DS)
1  30121  100015.560  -0.000  34996.530  0.000  0.000
2  30091  119584.670  0.000  34712.750  0.000  0.000
S=  0.000  S/ 2=  0.000

A=  0.000000081  B= -0.001551776  C=  0.000000063  D=  0.000223666
M0=  3390.345
VO.  NAME      (H)      (DH)
1  30121  90.457  -0.427
2  30091  8.521  -0.021
3  30011  104.468  0.172
4  30131  99.874  0.196
5  30181  122.022  -0.012
6  35260  75.505  -0.095
7  35021  22.954  0.096
8  35030  81.949  0.091
S=  1.110  S/ 8=  0.139.

```

計算例 1. 〔B-2〕 ブロック組成のための1コースの対地標定 (親コース)

Example of Absolute Orientation of the first strip for Block Construction B-2

COURSE- 5 3

NAME P(XY) P(H)

35251 0.0 1.0
 4015 1.0 1.0
 4035 1.0 1.0
 4055 1.0 1.0
 4075 1.0 1.0
 4095 1.0 1.0
 5011 1.0 1.0
 5021 1.0 1.0
 5041 1.0 1.0
 5061 1.0 1.0
 5081 1.0 1.0
 5101 0.0 0.0
 5121 1.0 1.0
 30231 1.0
 35071 1.0
 30341 1.0
 35091 1.0
 30261 1.0

M=1: 17403.12

COURSE- 4 2

NAME P(XY) P(H)

35251 0.0 1.0
 4016 1.0 1.0
 4041 1.0 1.0
 4061 1.0 1.0
 4076 1.0 1.0
 4091 1.0 1.0
 4111 1.0 1.0
 3035 1.0 1.0
 3055 1.0 1.0
 3085 1.0 1.0
 3105 1.0 1.0
 4091 0.0
 30261 1.0
 30221 1.0
 30131 1.0
 30231 1.0
 35030 1.0
 30191 1.0

M=1: 18701.62

A= -0.999358737 B= 0.031761979 C= 0.000000005 D= -0.000000003
 X0= 98568.577 Y0= 41829.961

NAME	(X)	(DX)	(Y)	(DY)	(DS)
4015	98398.840	0.229	40767.591	-0.171	0.286
4035	101876.680	-0.242	40667.422	0.036	0.245
4055	10594.559	0.036	40934.166	-0.323	0.325
4075	109314.918	0.594	40813.227	-0.772	0.974
4095	113267.466	-0.165	40680.027	1.409	1.419
5011	98585.683	0.012	39860.064	1.354	1.354
5021	100637.780	0.013	39737.111	-0.683	0.683
5041	104503.791	-0.714	40327.314	-0.905	1.152
5061	107866.245	0.243	40194.655	-0.953	0.984
5081	111681.077	0.021	40065.446	2.153	2.153
5121	118385.716	-0.028	40629.632	-1.145	1.145
S=	10.720	S/ 11=	0.975		

A= -0.999144958 B= 0.028098270 C= 0.000000023 D= -0.000000001
 X0= 98624.306 Y0= 36481.083

NAME	(X)	(DX)	(Y)	(DY)	(DS)
4016	98366.120	0.143	36671.954	0.133	0.195
4041	103825.527	-0.144	36806.777	-0.318	0.349
4061	108198.767	-0.319	36922.397	0.104	0.335
4076	110073.702	0.371	37453.826	0.324	0.493
4091	113846.538	0.062	36626.341	-0.305	0.062
4111	117566.565	-0.056	37056.716	0.090	0.106
3035	102188.050	-0.043	37205.914	-0.988	0.097
3055	106077.733	-0.114	37434.035	0.047	0.123
3085	112264.812	0.222	37943.309	-0.145	0.265
3105	116429.048	-0.123	38087.659	-0.143	0.189
S=	2.214	S/ 10=	0.221		

A= 0.000000178 B= -0.003039174 C= 0.000000035 D= -0.000012882
 X0= 3397.301 Y0= 3357.597

A= 0.000000153 B= -0.003523781 C= 0.000000187 D= 0.000091548
 X0= 3357.597 Y0= 3357.597

NAME	(H)	(DH)
35251	41.586	-0.466
4016	88.341	0.833
4041	5.174	-1.668
4061	57.841	0.399
4076	67.303	0.991
4091	60.436	1.250
4111	80.797	0.425
3035	81.822	-2.242
3055	47.682	0.029
3085	101.317	0.050
3105	101.423	-0.121
30261	508.138	0.342
30221	77.666	-0.576
30131	98.787	1.283
30231	73.799	0.761
35030	81.800	0.240
30181	123.540	-1.530

S= 13.207 S/ 17= 0.777

NAME	(H)	(DH)
35251	40.557	0.563
4015	7.663	-0.101
4035	7.899	0.113
4055	56.589	-0.637
4075	35.598	-0.019
4095	209.243	-0.936
5011	9.246	0.143
5021	70.588	0.244
5041	2.530	-0.258
5061	49.789	0.455
5081	131.157	0.368
5121	321.732	0.996
30231	74.784	-0.224
35071	35.456	-0.466
30341	505.086	-0.146
35091	38.369	1.131
30261	509.704	-1.224

S= 8.024 S/ 17= 0.472

計算例 2. [B-2] ブロック組成のための2コースの対地
 標定 (C-1 に接続した)

Connection between the first strip and
 the second in B-2

計算例 3. [B-2] ブロック組成のための3コースの対地
 標定 (C-2 に接続した)

Connection between the second strip
 and the Third strip in B-2

を一度に解くようなシステム開発とか、撮影の時点で、地上ステーションからの撮影点座標の自動観測、写真傾斜の測定等々、新しい技術の開発を進めて行く必要があると思う。

COURSE- 4

COURSE-210

NAME	P(XY)	P(H)
35271	0.0	1.0
30440	0.0	1.0
5035	1.0	1.0
5055	1.0	1.0
5075	1.0	1.0
5095	1.0	1.0
5115	1.0	1.0
5125	1.0	1.0
5135	1.0	1.0
6021	1.0	1.0
6041	1.0	1.0
6061	1.0	1.0
6081	1.0	1.0
6101	1.0	1.0
35071	1.0	1.0
35271	0.0	1.0
30440	0.0	1.0
35090	1.0	1.0
30401	1.0	1.0

NAME	P(XY)	P(H)
30091	1.0	1.0
30121	1.0	1.0
35251	1.0	1.0
35251	1.0	1.0
35271	1.0	1.0
30440	1.0	1.0
30091	0.0	1.0
30440	0.0	1.0
30221	1.0	1.0
30011	1.0	1.0
30131	1.0	1.0
35021	1.0	1.0
35260	1.0	1.0
35030	1.0	1.0
30181	1.0	1.0
30131	1.0	1.0
30231	1.0	1.0
35030	1.0	1.0
30181	1.0	1.0
30261	1.0	1.0
30231	1.0	1.0
35071	1.0	1.0
35090	1.0	1.0
30261	1.0	1.0
30341	1.0	1.0
35071	1.0	1.0
35090	1.0	1.0
30401	1.0	1.0

M=1: 19923.09

A= -0.997314959 B= 0.084815040 C= -0.000000040 D= 0.000000005
 X0= 99705.051 Y0= 45329.843

NAME	(X)	(DX)	(Y)	(DY)	(DS)
5035	102287.402	0.739	43982.019	0.176	0.759
5055	105715.791	-1.374	43714.748	-0.380	1.426
5075	110130.492	-0.569	44048.463	0.707	0.907
5095	112841.290	1.109	44133.703	1.810	2.123
5115	116516.563	0.589	44228.620	-0.243	0.638
5125	118472.404	0.104	43981.159	-0.341	0.357
5135	120072.335	-1.343	44483.898	-0.658	1.495
6021	100001.710	0.725	43212.965	0.734	1.032
6041	104079.052	-0.327	43311.414	-0.865	0.925
6061	107537.438	-1.548	43737.752	-0.941	1.811
6081	111329.783	0.801	43706.018	-1.126	1.382
6101	115481.105	1.094	43430.005	1.128	1.571

S= 14.426 S/ 12= 1.202

A= 0.000000177 B= -0.004163813 C= 0.000000089 D= 0.000783674
 H0= 3403.855

NAME	(H)	(DH)
35271	23.498	-0.168
30440	288.814	0.846
5035	23.700	0.166
5055	25.068	0.890
5075	40.468	-0.992
5095	143.380	-1.762
5115	334.444	-1.249
5125	337.270	1.511
5135	129.724	-1.634
6021	22.927	0.164
6041	2.222	0.046
6061	37.809	-0.398
6081	97.951	-0.597
6101	220.298	2.008
35071	35.898	-0.908
35090	38.473	1.027
30401	25.791	1.069

S= 15.456 S/ 17= 0.909

計算例 4. [B-2] ブロック組成のための 4 コースの対地
 標定 (C-3 に接続した)

Connection between the third strip
 and the fourth strip in B-2

M=1: 999.94
 A= -1.000105575 B= -0.000395362 C= -0.000000038 D= -0.000000008
 X0= 108997.559 Y0= 39781.579

NAME	(X)	(DX)	(Y)	(DY)	(DS)
30091	119586.205	-1.535	34713.830	-1.080	1.877
30121	100015.760	-0.200	34997.873	-1.343	1.358
35251	109628.429	0.241	40064.531	0.339	0.416
35251	109627.893	0.777	40065.119	-0.249	0.816
35271	101063.588	1.052	46036.949	0.701	1.264
30440	120337.844	-0.334	45685.508	1.632	1.666

S= 7.397 S/ 6= 1.233

A= -0.000000004 B= -0.000051849 C= -0.000000009 D= 0.000037143
 H0= 0.231

NAME	(H)	(DH)
30091	7.582	0.918
30121	90.640	-0.610
35251	41.821	-0.701
35251	40.793	0.327
35271	23.375	-0.045
30440	289.293	0.167
30221	77.656	-0.566
30011	104.732	-0.092
30131	99.923	0.147
35021	22.948	0.102
35260	75.601	-0.191
35030	82.019	0.021
30181	121.577	0.433
30131	98.836	1.234
30231	73.930	0.630
35030	81.869	0.171
30181	123.095	-1.085
30261	508.273	0.207
30231	74.916	-0.356
35071	35.446	-0.456
35090	38.690	0.810
30261	509.839	-1.359
30341	505.291	-0.351
35071	35.889	-0.899
35090	38.795	0.705
30401	26.220	0.640

S= 13.422 S/ 26= 0.516

計算例 5. [B-2] ブロック対地標定

位置は 2 次等角写像変換, 標高は 5 元 2 次

Absolute Orientation of Block B-2

COURSE-210

TABLE OF TIEPOINT DIFFERENCE

NAME	(X)	(Y)	(H)	(COJRSE)(X)	(Y)	(H)	(DX)	(DY)	(DX 2)	(DY 2)	(DS 2)	(DS)	(DH)
30011-T	99420.87	32877.78	104.73110	20.84	76.58	4.64	0.03	1.20	0.00	1.43	1.43	1.20	0.09
30031-T	101753.24	32849.11	96.33110	53.28	48.30	97.10	-0.04	0.81	0.00	0.66	0.66	0.81	-0.77
30041-T	107114.55	33136.80	25.58110	14.90	36.67	25.31	-0.35	0.13	0.12	0.02	0.14	0.37	0.27
30051-T	106183.23	34820.74	77.53110	83.57	20.16	77.20	-0.34	0.58	0.11	0.34	0.45	0.67	0.33
30061-T	112364.09	34681.18	29.00110	64.29	80.37	27.77	-0.20	0.81	0.04	0.65	0.69	0.83	1.23
30071-T	115734.96	35149.17	25.86110	35.09	48.18	24.74	-0.13	0.99	0.02	0.97	0.99	0.99	1.12
30091-T	119586.20	34715.83	7.58110	84.67	12.75	8.50	1.53	1.08	2.36	1.17	3.52	1.88	-0.92
30121-T	100015.76	34997.87	90.64110	15.56	96.53	90.03	0.20	1.34	0.04	1.80	1.84	1.36	0.61
30131-T	98424.37	36882.73	98.84110	22.73	82.15	0.07	1.64	0.58	2.69	0.34	3.02	1.74	-1.23
30141-T	102462.66	37134.85	89.08110	61.86	34.05	88.53	0.80	0.80	0.63	0.64	1.28	1.13	0.55
30151-T	104826.94	37320.29	81.51110	26.97	19.84	82.13	-0.03	0.45	0.00	0.20	0.20	0.45	-0.62
30161-T	112887.23	38676.37	148.04110	87.61	76.05	47.75	-0.38	0.32	0.15	0.10	0.25	0.50	0.29
30171-T	115559.06	38544.56	189.14110	58.94	44.07	88.67	0.12	0.49	0.01	0.24	0.25	0.50	0.47
30181-T	118302.34	37499.38	123.10110	3.19	98.44	22.01	-0.69	0.94	0.43	0.89	1.31	1.15	1.09
30221-T	99367.54	39117.20	77.66110	65.76	17.05	77.09	1.78	0.15	3.18	0.02	3.20	1.79	0.57
30231-T	102958.80	40438.01	74.92110	57.94	38.36	74.56	0.86	-0.35	0.74	0.12	0.86	0.93	0.36
30241-T	107801.55	39616.96	67.09110	1.78	16.33	67.35	-0.23	0.63	0.05	0.40	0.46	0.68	-0.26
30261-T	115000.48	40977.72	509.84110	0.30	79.52	8.48	0.18	-1.80	0.03	3.23	3.27	1.81	1.36
30271-T	119824.51	40233.06	377.99110	24.86	34.71	75.26	-0.35	-1.65	0.13	2.74	2.86	1.69	2.73
30311-T	108552.35	42492.28	73.49110	53.67	92.01	73.54	-1.32	0.27	1.74	0.07	1.81	1.35	-0.05
30321-T	110630.70	42804.11	159.27110	31.51	4.66	59.44	-0.81	-0.55	0.66	0.30	0.96	0.98	-0.17
30331-T	116319.08	43513.29	318.87110	18.72	15.64	19.58	0.36	-2.35	0.13	5.54	5.67	2.38	-0.71
30341-T	119211.33	43360.25	505.29110	11.62	62.66	4.94	-0.29	-2.41	0.08	5.80	5.88	2.43	0.35
30391-T	104955.95	45840.15	24.52110	55.96	39.90	25.29	-0.01	0.25	0.00	0.06	0.06	0.25	-0.77
30401-T	108256.78	45587.07	26.22110	56.68	87.38	26.86	0.10	-0.31	0.01	0.09	0.10	0.32	-0.64
30431-T	117362.10	46841.87	16.06110	63.43	42.29	15.77	-1.33	-0.42	1.77	0.17	1.95	1.40	0.29
30440-T	120337.84	45685.51	289.29110	37.51	87.14	89.66	0.33	-1.63	0.11	2.66	2.78	1.67	-0.37
35021-T	108847.00	33700.34	22.95110	47.15	99.27	23.05	-0.15	1.07	0.02	1.14	1.16	1.08	-0.10
35030-T	110774.24	37429.90	81.87110	74.10	29.45	82.04	0.14	0.45	0.02	0.20	0.22	0.47	-0.17
35041-T	106590.42	40410.24	65.27110	90.73	9.32	64.45	-0.31	0.92	0.10	0.84	0.94	0.87	0.82
35061-T	98860.33	43591.50	48.32110	59.94	92.50	45.12	0.39	-1.00	0.15	1.00	1.15	1.07	3.20
35071-T	101641.73	43792.04	35.89110	41.61	92.83	34.99	0.12	-0.79	0.01	0.62	0.64	0.80	0.90
35081-T	104396.62	42713.73	48.45110	96.28	14.55	46.80	0.34	-0.82	0.11	0.68	0.79	0.89	1.65
35090-T	107069.75	43708.44	38.80110	69.48	8.31	39.50	0.27	0.13	0.07	0.02	0.09	0.30	-0.70
35101-T	111022.08	44776.12	55.44110	23.01	76.62	57.08	-0.93	-0.50	0.86	0.25	1.11	1.06	-1.64
35251-T	109627.89	40065.12	40.79110	28.67	64.87	41.12	-0.78	0.25	0.60	0.06	0.67	0.82	-0.33
35260-T	108257.53	35822.60	75.60110	57.27	21.99	75.41	0.26	0.61	0.07	0.38	0.44	0.67	0.19
35271-T	101063.59	46036.95	23.37110	64.64	37.65	23.33	-1.05	-0.70	1.11	0.49	1.60	1.26	0.04

SIGMA = 54.72 37.97

ROOT(SIGMA/N) = 1.20 1.00

MAX. = 2.43 3.20

計算例 6. [B-2]のブロック調整結果のチェックポイント残差表

(航三整理のタイポイント較差表プログラムを使用)

Residuals at check point after Block Adjustment B-2

図 5. 各コース毎に全与件を用いて調整した時の結果 (標準結果) 位置=乗平均残差=0.69m 最大値=1.54m
標高 " =0.63 " =-1.12
Results of Strip Adjustment with full control points (Standard Case)

図 6. 標準結果のタイポイント残差 位置の二乗平均残差=1.10m 最大値=2.40m
標高の " =1.00 " =-2.30
Residuals at tie points in the Standard Case

図 7. 1 コースを親として接続した場合のタイポイント残差〔A グループブロック組成時〕

位置の二乗平均残差=1.03m 最大値=2.16m

標高の " =0.74 " =-1.69

Residuals at tie point in the case of A-group

図 8. 1 コースを親として接続したままのチェックポイントの位置残差

〔A グループブロック組成時〕 位置 二乗平均残差=6.31m 最大値=12.40m

Residuals at check points in the case of A-group

図 9. 1 コースを親として接続したままのチェックポイントの標高残差
 [A グループブロック組成時] 標高 二乗平均残差=9.64m 最大値=-29.69
 Height residuals at each point in A-group

図10. [A-1] 位置与件 4 点 1 次等角写像変換 二乗平均残差=3.73m 最大値=7.31m
 標高与件 4 点 3 元 1 次変換 " =6.91 " =10.32
 Results of Block Adjustment A-1

図11. [A-2] 位置与件4点 2次等角写像变换 二乗平均残差=1.11m 最大值=1.96m
(高さは[A-1]と同じ)

Results of Block Adjustment A-2

図12. [A-3] 位置与件5点 2次等角写像变换 二乗平均残差=1.09m 最大值=1.79m
標高与件5点 X方向5元2次变换 〃 =2.77 〃 =8.69

Results of Block Adjustment A-3

図13. [A-6] 位置与件 7点 2次等角写像変換 二乗平均残差=1.01m 最大值=1.86m
 標高与件 7点 X, Y方向 5元 2次
 Result of Block Adjustment A-6
 " =1.87 " =7.05

図14. [A-9] 位置与件 9点 2次等角写像変換 二乗平均残差=0.96m 最大值=2.16m
 標高与件 9点 X, Y方向 5元 2次
 Result of Block Adjustment A-9
 " =1.50 " =4.98

図15. 〔A-12〕 右下オープン 位置与件 4点 1次等角写像変換 二乗平均残差=3.19m 最大値=6.56m
 標高与件 6点 X方向4元2次変換 " =6.16 " =19.62
 Result of Block Adjustment A-12

図16. 〔A-13〕 右下オープン 位置与件 4点 2次等角写像変換 二乗平均残差=1.89m 最大値=5.19m
 標高与件 6点 X, Y方向4元2次変換 " =7.33 " =25.84
 Result of Block Adjustment A-13

図17. 「A-14」 右下オープン 位置与件 6点 1次等角写像変換 二乗平均残差=3.12m 最大値=6.20m
 標高与件 8点 X方向4元2次変換 " =5.66 " =18.27
 Result of Block Adjustment A-14

図18. 「A-15」 右下オープン 位置与件 6点 2次等角写像変換 二乗平均残差=1.85m 最大値=5.20m
 標高与件 8点 X, Y方向4元2次変換 " =6.16 " =22.10
 Result of Block Adjustment A-15

図21. [A-18] 右半分オープン 位置与件 6点 2次等角写像変換 二乗平均残差=1.29m 最大値=3.32m
 標高与件 8点 X,Y方向4元2 " =4.42 " =15.70
 Result of Block Adjustment A-18

図22. [A-19] 右半分オープン 位置与件 6点 2次等角写像変換 二乗平均残差=1.29m 最大値=3.32m
 標高与件 8点 X 5元2次, Y 4元2次 " =8.27 " =21.25
 Result of Block Adjustment A-19

图23. [B-1] 位置与件 5点 2次等角写像变换 二乘平均残差=1.14m 最大值=2.24m
 标高与件 13点 X方向5元2次变换 " =1.49 " =4.32
 Result of Block Adjustment B-1

图24. [B-2] 位置与件 5点 2次等角写像变换 二乘平均残差=1.20m 最大值=2.43m
 标高与件 18点 X方向5元2次变换 " =1.00 " =3.20
 Result of Block Adjustment B-2

図25. [B-4] 位置与件 5点 4次等角写像変換 二乗平均残差=1.34m 最大值=2.48m
 標高与件 18点 X, Y方向 6元2次
 " =0.85 " =2.53
 Result of Block Adjustment B-4

図26. [B-5] 位置与件 5点 2次等角写像変換 二乗平均残差=1.15m 最大值=2.20m
 標高与件 38点 X方向 5元2次変換
 " =0.68 " =-1.85
 Result of Block Adjustment B-5