

4.7 不明点の計算（図 4.1-1 作業フロー⑧）

不明点は現地で直接測量して座標値を修正することができない。「4.6 座標計算・任意座標区間の点検」において確認した不動点の座標を固定して不明点を境界測量時の観測距離・夾角により再計算し、公共座標に再現した。

不明点の計算を行うためには、図 4.7-1①で示すように連続する不動点を起点側と終点側で確認し、角度の補正を行う結合多角方式で計算を行う。但し、図 4.7-1②のように不動点が連続しない場合は、林野庁測定規程 89 条に基づいて、起点の角のみで補正を行うことができる。図 4.6-1③の 168 は、末端の点であり、隣接する一方向 167-2 とは点検距離しか確認ができないため、168～166-2 の区間はこの場合に該当する。計算方法の模式図と計算書を図 4.7-2、図 4.7-3 に示す。

なお、不動点が両端にある場合は、2 点固定によるヘルマート変換（※11）で計算する方法もある（図 4.7-1③）。図 4.7-1 で②の計算では不動点間の角度の補正が行われないため、相似形である③の結果とほぼ等しい値となる。

※11 縮率と平行移動による座標変換。計算前後の形状が相似形になる。

今回の計測範囲では、図 4.7-1 で③に該当する個所はなかったが①・②の状態でも③のヘルマート変換で計算することができる。古い測量成果はコンパスで観測されている場合があり角度の精度が TS ほど良くない。そのため結合多角方式では計算結果で精度が悪くなる場合があるが、ヘルマート変換では測角の影響がないため有効である。また、結合多角方式による計算では、角度・距離から座標の補正を行うため計算時間がかかるが、ヘルマート変換では座標の補正のみで、結合多角計算の 2/3 程度に短縮できるので作業効率も良い。今回の個所であれば結合多角方式による計算に 60 分かかったところ、ヘルマート変換では 40 分となった。

ヘルマート変換による計算方法は、林野庁測定規程には提示されていない方法であるが、用地測量では一般的に使用されている方法である（公共測量作業規程の準則-解説と運用第 600 条の解説）ので、試算を行った。図 4.6-1 中の 164-2・165 について結合多角方式による計算書とヘルマート変換での計算書を図 4.7-4、図 4.7-5 に示す。各計算結果の座標差は数 mm の差で、計算方法による大きな違いは見られなかった（表 4.7-1）。

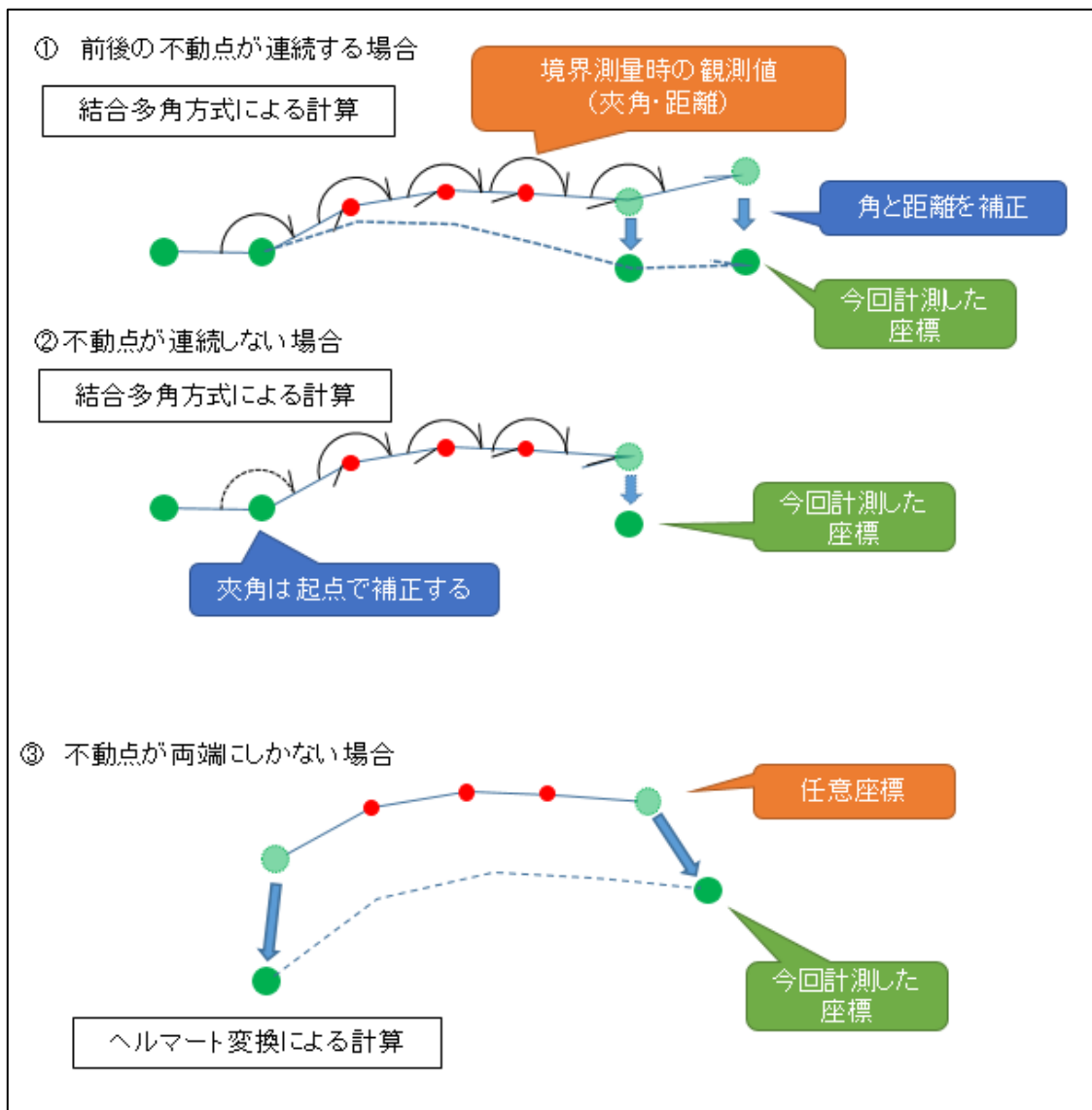


図 4.7-1 境界点（不明点）の計算方法

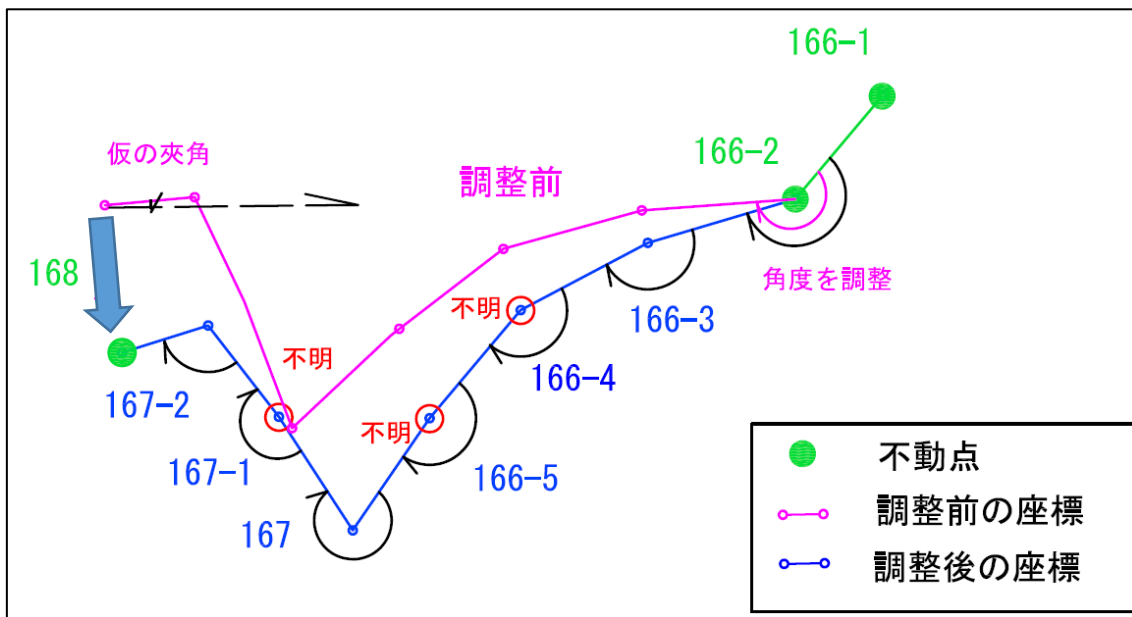


図 4.7-2 166-2～168 の計算-結合多角方式の模式図

方向角の較差が「0」になる値に調整する

不動点の座標

結合多角測量計算書 東濃 神坂 任意座標地区の再計算 (方向角・水平距離使用) 測地成果 2011									
NO	点名	夾角	水平距離	方向角	DX	DY	X	Y	点名
1	166-1			40.2621			-54502.948	39168.862	166-1
2	166-2	213.0647	23.0200	253.3308	-6.517	-22.085	-54518.210	39155.855	166-2
3	166-3	188.4500	21.4800	242.1808	-9.983	-19.025	-54524.727	39133.770	166-3
4	166-4	158.0500	21.0900	220.2308	-16.063	-13.671	-54534.710	39114.745	166-4
5	166-5	174.1900	20.2400	214.4208	-16.639	-11.529	-54550.773	39101.074	166-5
6	167-1	291.4700	20.2800	326.2908	16.909	-11.204	-54567.412	39089.545	167-1
7	167-2	175.1700	17.3000	321.4608	13.590	-10.711	-54550.502	39078.341	167-2
8	168	110.5200	13.4900	252.3808	-4.025	-12.879	-54536.912	39067.630	168
9		4.4144		77.1952			-54540.937	39054.751	168
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28	測角数	8	既知方向角	77.1952	結合点		-54540.937	39054.751	168
29	測距離	136.9000	観測方向角	77.1952	結合方向点		-54518.210	39155.855	166-2
30			較差	0.0000	結合差		0.007	-0.041	
31								0.042	
32					結合比		1/	3283	

夾角(観測値)

水平距離(観測値)

仮の夾角(夾角の観測値がないので、仮の値を入力する。)

不動点の座標

方向角の較差

図 4.7-3 166-2～168-結合多角方式による計算

結合多角測量計算書 東濃 神坂 任意座標地区の再計算（方向角・水平距離使用） 測地成果2011									
NO	点名	夾角	水平距離	方向角	DX	DY	X	Y	点名
	164-4			40.2124			-54532.807	39200.882	164-4
1	164-3	198.02000	20.7000	238.2408	-10.842	-17.637	-54548.116	39187.703	164-3
2	164-2	156.02000	19.6800	214.2652	-16.225	-11.138	-54558.958	39170.066	164-2
3	164-1	190.49000		225.1636			-54575.183	39158.928	164-1
4	164								164
22									
測角数	3		既知方向角	225.1636		結合点	-54575.183	39158.928	164-1
観測距離	40.3800		観測方向角	225.1424		結合方向点	-54589.409	39144.564	164
			較差	0.0211		結合差	0.008	-0.012	
								0.014	
						結合比	1/2884		

結合多角測量計算書 東濃 神坂 任意座標地区の再計算（方向角・水平距離使用） 測地成果2011									
NO	点名	夾角	水平距離	方向角	DX	DY	X	Y	点名
	188-1			233.3142			-54502.948	39188.862	188-1
1	188	274.54000	41.8800	148.2338	-35.851	21.852	-54490.973	39185.062	188
2	185	257.20000	8.5700	225.4130	-5.983	-8.132	-54528.824	39207.014	185
3	164-4	174.42000		220.2124			-54532.807	39200.882	164-4
4	164-3								164-3
22									
測角数	3		既知方向角	220.2124		結合点	-54532.807	39200.882	164-4
観測距離	50.4500		観測方向角	220.2742		結合方向点	-54548.116	39187.703	164-3
			較差	-0.0818		結合差	0.020	0.004	
								0.020	
						結合比	1/2481		

図 4.7-4 結合多角計算書

現場名: 林野庁-神坂地区

移動原点: X = -11819.434 Y = 28294.988 回転角: 0-14-54

平均二乗誤差: MX = 0.00037 MY = 0.00001 伸縮率: 1.000072868

変換定数: a = 1.000063465
b = 0.004336804 =1/13,723

計算式: $x = aX + bY + x_0$ $y = -bX + aY + y_0$

変換前				変換後			
点番	点名	X座標	Y座標	点番	点名	X座標	Y座標
205	B164-1	-42799.340	10677.650	→	305	C164-1	-54575.183 39158.928
207	B164-3	-42772.400	10706.540	→	307	C164-3	-54548.116 39187.703
206	B164-2	-42783.160	10688.860	→	306	C164-2	-54558.954 39170.069

移動原点: X = -11831.347 Y = 28305.448 回転角: 0-14-21

平均二乗誤差: MX = 0.00042 MY = 0.00042 伸縮率: 0.999752005

変換定数: a = 0.999743299
b = 0.004172078 =1/4,032

計算式: $x = aX + bY + x_0$ $y = -bX + aY + y_0$

変換前				変換後			
点番	点名	X座標	Y座標	点番	点名	X座標	Y座標
208	B164-4	-42756.960	10719.800	→	308	C164-4	-54532.607 39200.882
210	B166	-42715.250	10704.150	→	310	C166	-54490.973 39185.062
209	B165	-42751.000	10725.960	→	309	C165	-54526.623 39207.015

図 4.7-5 ヘルマー特変換計算書

表 4.7-1 ヘルマート変換と結合多角計算の較差

点名	ヘルマート変換による			結合多角による			座標較差	
	x1	y1	伸縮率(※12)	x2	y2	結合比(※13)	dx	dy
C164-2	-54558.954	39170.069	1/13723	-54558.958	39170.066	1/2864	0.004	0.003
C165	-54526.623	39207.015	1/4032	-54526.624	39207.014	1/2461	0.001	0.001

※12 伸縮率：ヘルマート変換における変換前後の図形の大きさの比率

※13 結合比：結合多角計算における、結合差と観測距離（路線長）の比率

4.8 公共座標区間の点検と座標計算（図 4.1-1 作業フロー⑨⑩）

任意座標区間とつながる公共座標区間（北側・南側）について、中部森林管理局のデータである日本測地系の座標値は、世界測地系への変換を行っている。この座標値を今回の GNSS による計測値と、比較・点検を行った（図 4.8-1）。

北側の地区、南側の地区は今回計測した座標値 0.6～0.8 m 程の位置誤差があった。これは、地籍測量：山地（乙 2）の許容範囲（公差）1.5 m を満たす値である。移動ベクトルの方向は、北側で北西、南側では南西方向であり、結果的に南北で約 0.6 m の距離の差が生じている。北側地区と南側地区は任意座標区間を挟んで異なる測系であり、それぞれの測系での計測誤差で生じた較差が、今回の計測で生じた約 0.6 m の主な原因と考えられる。（誤差の原因として、今回の計測における誤差が考えられるが、2 級図根点の標準偏差 9 mm、4 級図根点の結合差は 23 mm であり、誤差の原因としては小さいと考えられる。）

北側地区の 3 点は、点間距離は 1/1000 以内だが夾角は 3 分を超過している。較差のベクトルの方向はほぼ同じであるが、境界点 168 のみが 0.08 m 程短いため夾角に影響が出ている（ベクトルの差 0.084 m・点間距離 26.591 m→角度差 10'52"になり夾角の差 11'00"とほぼ同じ値になる）。このことから境界点 169、169-1 を不動点とした。

南側地区は夾角の点検はできないが、較差のベクトルは 2 点ともほぼ同じ方向で点間距離は 1/1000 以内であることから、境界点 160、159 を不動点とした。

試みに、境界測量の計測時の角度と距離を使い、中部森林管理局の公共座標を既知点とする結合多角方式で再計算を行ったが、結合比 1/110 結合差 3.736m と許容値を大幅に超過した（図 4.8-2、図 4.8-3）。また、今回 GNSS で計測した座標を固定点として同様の計算を試みたが、結合比 1/152 結合差 3.990 m となった（図 4.8-4）。測系の境での観測値が影響しているものと考えられる。

境界点の不明点個所で直接距離・角度が計測できていない個所がある場合は、結合多角方式による再計算よりもヘルマート変換による計算が有効である。従って、北側と南側の不動点 2 点を固定したヘルマート変換で公共座標（世界測地系 測地成果 2011）求めることとした（図 4.8-5、図 4.8-6）。計算結果の伸縮率：0.99795（1/488）であった。

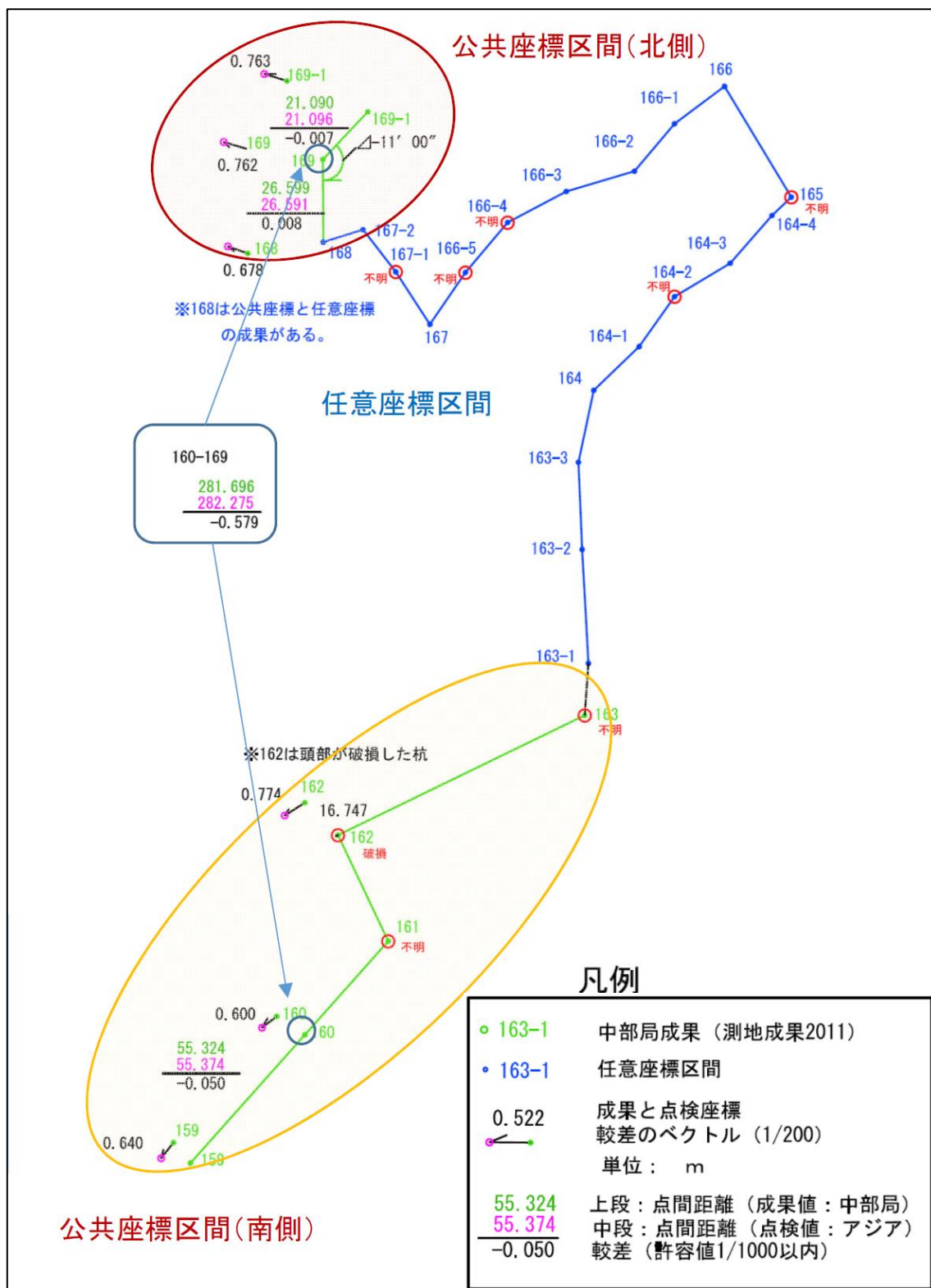


図 4.8-1 公共座標区間の点検

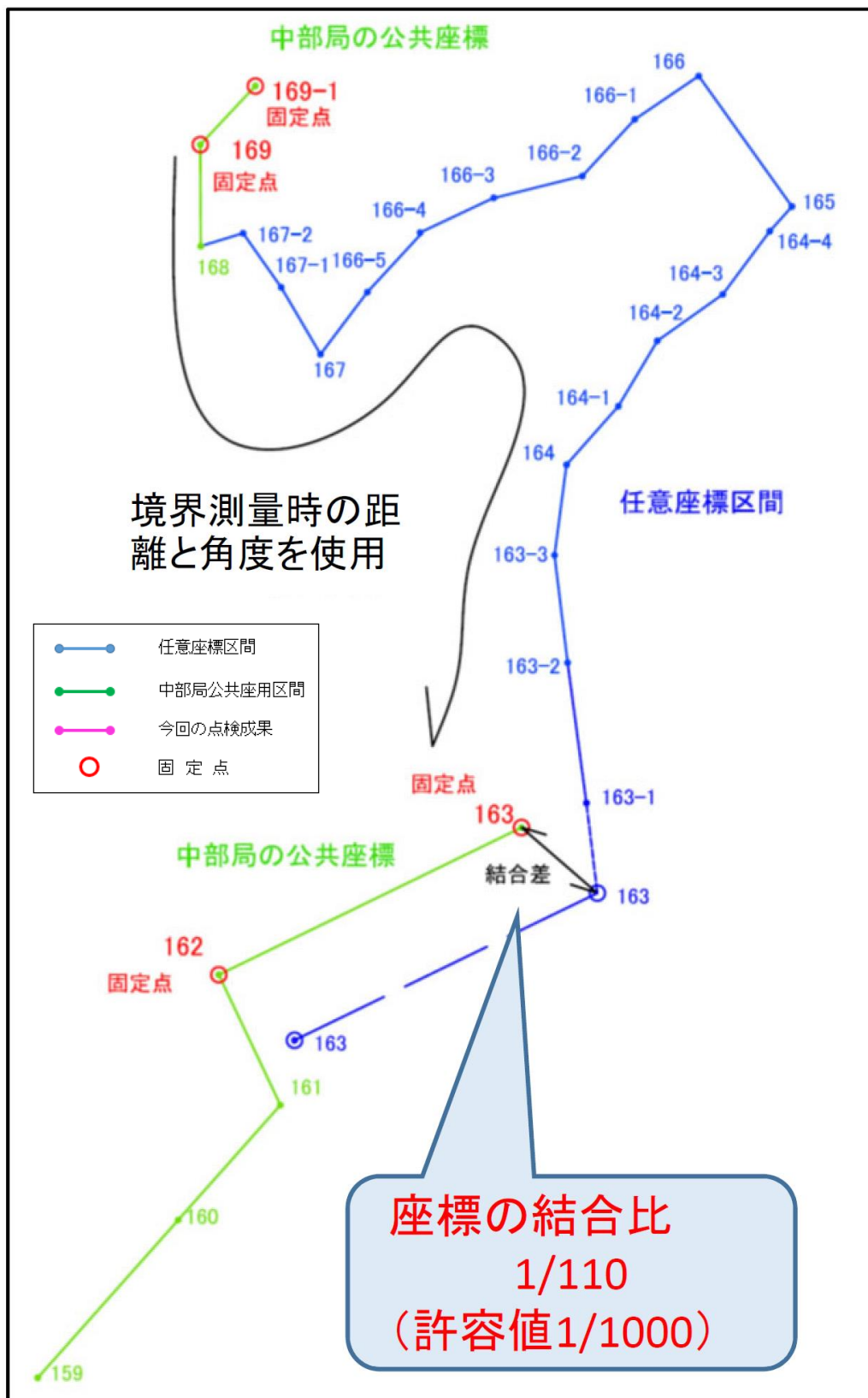


図 4.8-2 任意座標区間の公共座標（中部局）による再計算（試算）

結合多角測量計算書 東濃 神坂 任意座標地区の再計算 (方向角・水平距離使用) 測地成果2011										
NO	点名	夾角	水平距離	方向角	DX	DY	X	Y	点名	測点番号
169				359.4155			-54514.565	39055.250	169	25
1	168	73.08000	13.4900	72.4957	4.025	12.77	-54541.164	39055.390	168	24
2	167-2	249.08000	17.3000	141.5759	-13.571	10.512	-54537.139	39089.164	167-2	
3	167-1	184.43000	20.2800	146.4101	-16.882	10.967	-54550.710	39078.676	167-1	
4	167	68.12600	20.2400	34.5403	16.665	11.408	-54567.591	39089.643	167	
5	166-5	185.41000	21.0900	40.3504	16.084	13.541	-54550.927	39101.051	166-5	
6	166-4	201.55000	21.4800	62.3006	9.987	18.871	-54534.842	39114.592	166-4	
7	166-3	191.15000	23.0200	73.4508	6.515	21.905	-54524.856	39133.463	166-3	
8	166-2	146.51000	20.0700	40.3610	15.302	12.891	-54518.341	39155.368	166-2	
9	166-1	193.07000	20.1600	53.4312	11.994	16.080	-54503.039	39168.259	166-1	
10	166	274.54000	41.8800	148.3714	-35.620	21.451	-54491.045	39184.339	166	
11	165	257.20000	8.5700	225.5715	-5.931	-6.233	-54526.665	39205.790	165	
12	164-4	174.42000	20.3500	220.3917	-15.373	-13.431	-54532.595	39199.557	164-4	
13	164-3	198.02000	20.7000	238.4119	-10.691	-17.861	-54547.968	39186.126	164-3	
14	164-2	156.02000	19.6800	214.4321	-16.112	-11.377	-54558.660	39168.265	164-2	
15	164-1	190.49000	20.2000	225.3223	-14.084	-14.589	-54574.772	39156.888	164-1	
16	164	145.59000	23.7000	191.3125	-23.146	-4.936	-54588.855	39142.299	164	
17	163-3	165.33000	28.1800	177.0426	-28.053	1.199	-54612.002	39137.363	163-3	
18	163-2	179.18000	36.8500	176.2228	-36.658	2.017	-54640.054	39138.562	163-2	
19	163-1	187.09000	16.7900	183.3130	-16.704	-1.175	-54676.712	39140.578	163-1	
20	163	240.33000		244.0432			-54693.417	39139.403	163	
21	162								162	
22										
23										
24										
25										
26										
27	測角数	20	既知方向角	244.0432	結合点		-54693.417	39139.403	163	5
28	測距離	414.0300	観測方向角	244.0355	結合方向点		-54731.965	39060.103	162	4
29			概差	0.0037	結合差		1.329	-3.521		
30					結合比			3.763		
31								1/ 110.027		
32										
33										

図 4.8-3 結合多角測量の計算書