

衛星測位研究会第2弾・Static 編 実証実験報告

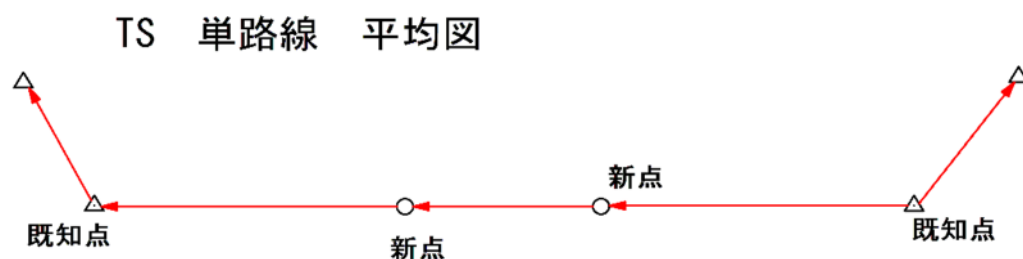
GNSS・Static ロガー「NSP-1」の実力

GNSS・Static ロガー「NSP-1」の実力を検証するため、現地に設置されている公共基準点（2級基準点～3級基準点）間に新点を2点設置して認定1級GNSS測量機にて、ネットワーク型RTK法による観測を行い、平均計算して新点座標を求めた結果と、GNSS・Static ロガー「NSP-1」を使って、測量、計算した結果を比較検証しました。

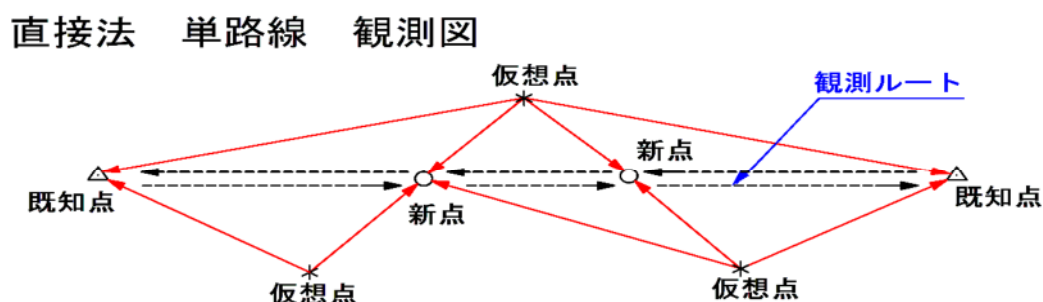
認定1級GNSS測量機を使つてのネットワーク型RTK法は、公共測量作業規定に則った単路線型平均網で、直接法と間接法を実施し、平均計算を認定プログラムで行い、結果を得ました。

まずは、公共測量作業規定に記載されている、単路線型の平均計画図の類型をおさらいしましょう。（ここは読み飛ばして結構です。）

① TS・単路線 平均図

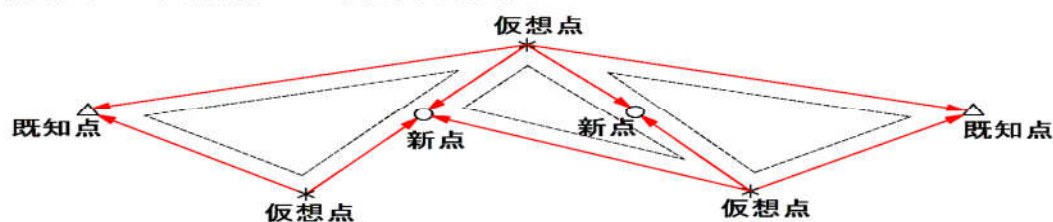


② ネットワーク型RTK・直接法 単路線 観測図



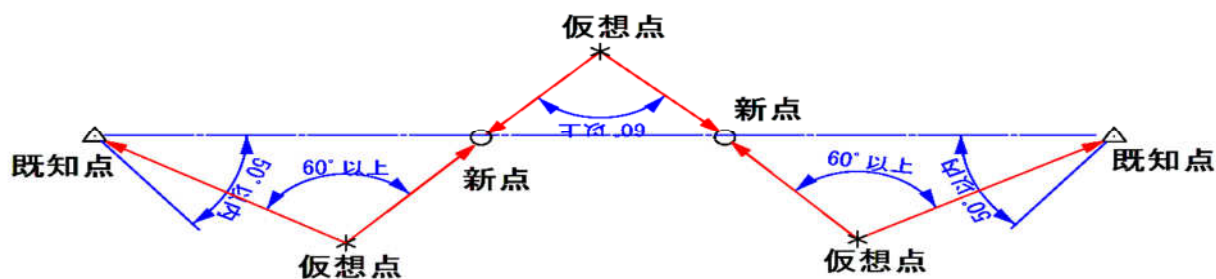
③ ネットワーク型 RTK・直接法 単路線 環閉合点検

直接法・単路線 環閉合点検



④ ネットワーク型 RTK・直接法 単路線 平均図

直接法 単路線 平均図



⑤ ネットワーク型 RTK・間接法 単路線 観測図

間接法 単路線 観測図



⑥ ネットワーク型 RTK・間接法 単路線 平均図

間接法 単路線 平均図



図のとおり、TS 法も、RTK 直接法も、間接法も既知点、新点の配点は同じですが、観測図や平均図が違います。

ネットワーク型 VRS 方式における基線ベクトルは直接法も間接法も VRS 点（仮想基準点）から観測点方向へのベクトルを求めているのですが、間接法は仮想基準点から観測点方向に求めたベクトルを観測点間方向のベクトルに変換しているわけで、観測点間ベクトルが直接観測できている訳ではありません。

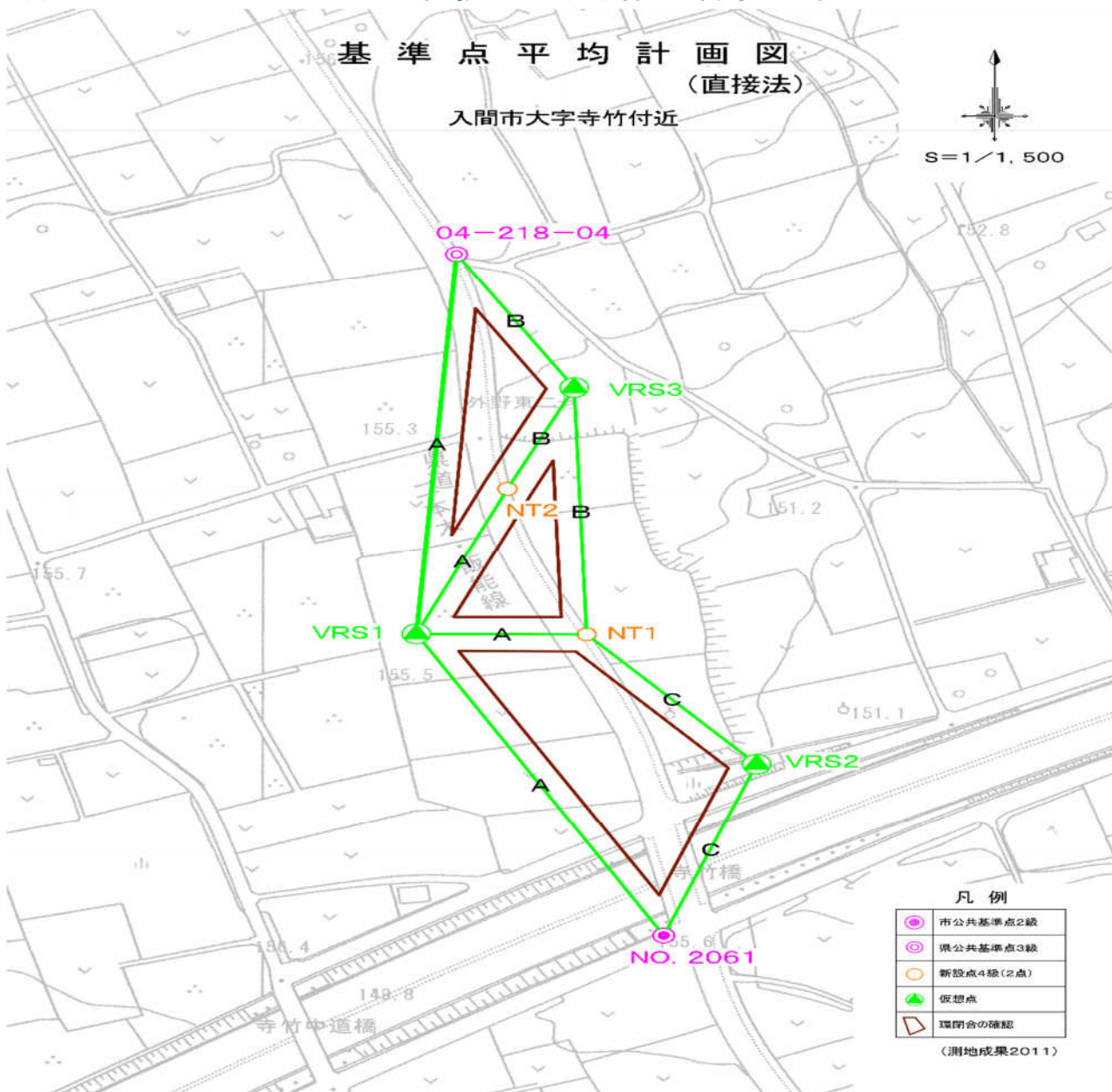
間接的に求めたベクトルについては往復較差の点検が必要ですが、平均図は TS 法と同じですっきりしています。

一方、直接法の方は、平均図における VRS 点（仮想基準点）は接点扱いとなり、現地には存在しませんが平均上存在します。あまり形がすっきりしません。

次が、今回実施した実験現場の観測図（直接法 間接法）です。

（これから先、読み飛ばしても結構です。結果だけ確認してください。）

今回のネットワーク型 RTK 直接法 単路線 環閉合点検



今回のネットワーク型 RTK VRS 直接法 観測手簿 観測記簿 抜粋

ネットワーク型RTK法測量観測手簿

世界測地系

観測日 : 2020年02月12日 JST
 セッション名 : 043A
 観測方法 : VRS-RTK-OTF
 使用した周波数 : GPS L1,L2/GLONASS L1,L2/QZSS L1,L2

観測点 : 固定点 観測点 : 移動点

観測点番号(名称) : 1(1)
 受信機名(No) : 受信機名(No): NetSurvRE(14JN6049)
 アンテナ名(No) : アンテナ名(No): NSAT1675-382(15MC6501)
 データ取得間隔 : 秒 データ取得間隔: 1秒
 最低高度角 : 度 最低高度角: 15度
 アンテナ高 : m(True Vertical)

移動点の観測状況

観測点No 観測点名称	アンテナ高(m)	観測開始時刻(JST)	共通受信衛星数	備考
		観測終了時刻(JST)		
0004 NO.2061	2.268	16:14:25	15(G8/R5/J2)	
		16:14:34		
0005 NT1	2.268	16:16:55	16(G9/R5/J2)	
		16:17:04		
0006 NT2	2.268	16:18:20	16(G9/R5/J2)	
		16:18:29		
0007 04-218-04	2.268	16:19:53	16(G9/R5/J2)	
		16:20:02		

ネットワーク型RTK法測量観測記簿

世界測地系

解析したソフトウェア : VRS-RTK
 使用した楕円体 : GRS80
 使用した周波数 : GPS L1,L2/GLONASS L1,L2/QZSS L1,L2
 観測方法 : VRS-RTK-OTF
 基線解析モード : ダブルデファレンスフィックス(セット内全データ)

セッション名 : 043A
 解析使用データ 開始 : 2020年02月12日 16時14分25秒JST
 終了 : 2020年02月12日 16時14分34秒JST
 最低高度角 : 15度
 気圧 : 1013hPa 温度 : 20°C 湿度 : 50%

観測点1 : 1(1) 観測点2 : 0004(NO.2061)
 受信機名(No) : 受信機名(No): NetSurvRE(14JN6049)
 アンテナ高 = m(True Vertical) アンテナ高 = 2.268m(True Vertical)

観測点1 緯度 : 35° 48' 19.66999" 観測点2 緯度 : 35° 48' 15.65573"
 経度 : 139° 20' 09.25003" 経度 : 139° 20' 12.06526"
 楕円体高 : 195.504m 楕円体高 : 195.534m

観測点1 X = -3928352.951m 観測点2 X = -3928453.935m
 Y = 3374636.141m Y = 3374629.706m
 Z = 3710821.768m Z = 3710721.441m

基線解の種類: FIX
 観測点 1 観測点 2 DX -100.984m DY -6.435m DZ -100.327m 斜距離 142.495m

分散・共分散行列(基線解析の分散・共分散)

DX 8.6741246E-006
 DY 6.3470182E-006
 DZ 9.1975233E-006

DY -6.7442520E-006
 DX 8.6741246E-006
 DZ 9.1975233E-006

DZ -4.2196853E-006
 DX 8.6741246E-006
 DY 6.3470182E-006

RMS: 0.002m

今回のネットワーク型 RTK VRS 直接法 環閉合差の確認

基線ベクトルの環閉合差

世界測地系

計算に使用した既知点:

緯度= 35° 48' 15.6557"

経度= 139° 20' 12.0653"

(単位:m)

観測点No 観測点名称		DX	DY	DZ	セッション名
0005 NT1	2 2	-55.275	-16.362	-42.829	043C
2 2	0004 NO.2061	-14.468	46.691	-57.337	043C
0004 NO.2061	1 1	100.984	6.435	100.327	043A
1 1	0005 NT1	-31.239	-36.774	-0.179	043A
閉合差($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) =		0.002	-0.010	-0.018	辺数: 4
閉合差($\Delta N, \Delta E, \Delta U$) =		-0.010	0.006	-0.017	
許容範囲($\Delta N, \Delta E, \Delta U$) =		0.040	0.040	0.060	

計算に使用した既知点:

緯度= 35° 48' 15.6557"

経度= 139° 20' 12.0653"

(単位:m)

観測点No 観測点名称		DX	DY	DZ	セッション名
3 3	0005 NT1	-47.415	35.398	-82.428	043B
0005 NT1	1 1	31.239	36.774	0.179	043A
1 1	0006 NT2	10.257	-42.417	48.259	043A
0006 NT2	3 3	5.919	-29.752	33.995	043B
閉合差($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) =		0.000	0.003	0.005	辺数: 4
閉合差($\Delta N, \Delta E, \Delta U$) =		0.003	-0.002	0.005	
許容範囲($\Delta N, \Delta E, \Delta U$) =		0.040	0.040	0.060	

計算に使用した既知点:

緯度= 35° 48' 15.6557"

経度= 139° 20' 12.0653"

(単位:m)

観測点No 観測点名称		DX	DY	DZ	セッション名
0007 04-218-04	3 3	-46.080	-4.702	-44.408	043B
3 3	0006 NT2	-5.919	29.752	-33.995	043B
0006 NT2	1 1	-10.257	42.417	-48.259	043A
1 1	0007 04-218-04	62.274	-67.468	126.660	043A
閉合差($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) =		0.018	-0.001	-0.002	辺数: 4
閉合差($\Delta N, \Delta E, \Delta U$) =		0.007	-0.011	-0.013	
許容範囲($\Delta N, \Delta E, \Delta U$) =		0.040	0.040	0.060	

今回のネットワーク型 RTK VRS 直接法

仮定網平均計算 抜粋

三次元網平均計算

世界測地系

(観測方程式)

現場名 = 衛星測位研究会第2段実験報告

本計算における橢円体原子

長半径 = 6378137.00000
扁平率 = 1/298.2572221010

単位重量当たりの標準偏差 = 2.3135333144

分散・共分散値 = 基線解析結果

スケール補正量 = 0.0e+00

B0 = 354815.6558, L0 = 1392012.0655 における
水平面内の回転 = 0.0″
 ξ = 0.0″
 η = 0.0″

計算条件 = 仮定網
ジオイド補正 = あり
ジオイド名称 = 日本のジオイド2011(Ver2.0)

計算日 20/03/04

座標の計算結果

世界測地系

観測点No 観測点名称	座標成分	座標近似値	補正量	座標最確値	標準偏差 (m)
0004 NO.2061	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 15.6558″ 139° 20′ 12.0655″ 195.564m	0.0000″ 0.0000″ 0.000m	35° 48′ 15.6558″ 139° 20′ 12.0655″ 195.564m 39.991m 155.573m	0.0000 0.0000 0.0000
0005 NT1	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 19.6703″ 139° 20′ 11.1718″ 195.183m	0.0003″ 0.0001″ 0.043m	35° 48′ 19.6706″ 139° 20′ 11.1719″ 195.226m 39.999m 155.227m	0.0042 0.0026 0.0103
0006 NT2	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 21.6121″ 139° 20′ 10.2653″ 195.011m	0.0003″ 0.0002″ 0.038m	35° 48′ 21.6124″ 139° 20′ 10.2655″ 195.049m 40.003m 155.046m	0.0048 0.0030 0.0127
0007 04-218-04	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 24.7340″ 139° 20′ 09.6723″ 195.648m	0.0000″ 0.0003″ 0.025m	35° 48′ 24.7340″ 139° 20′ 09.6726″ 195.673m 40.009m 155.664m	0.0049 0.0030 0.0108
1 1	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 19.6700″ 139° 20′ 09.2500″ 195.504m	0.0002″ 0.0003″ 0.032m	35° 48′ 19.6702″ 139° 20′ 09.2503″ 195.536m 40.003m 155.533m	0.0041 0.0018 0.0087
2 2	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 17.9500″ 139° 20′ 13.1000″ 195.491m	0.0002″ 0.0007″ 0.037m	35° 48′ 17.9502″ 139° 20′ 13.1007″ 195.528m 39.992m 155.536m	0.0036 0.0019 0.0067
3 3	B L 橢円体高 ジオイド高 標高	35° 48′ 22.9600″ 139° 20′ 11.0100″ 195.503m	0.0001″ 0.0007″ 0.071m	35° 48′ 22.9601″ 139° 20′ 11.0107″ 195.574m 40.004m 155.570m	0.0047 0.0027 0.0110

今回のネットワーク型 RTK VRS 直接法 実用網平均計算 抜粋

三次元網平均計算

世界測地系

(観測方程式)

現場名 = 衛星測位研究会第2段実験報告

本計算における楕円体原子

長半径 = 6378137.00000

扁平率 = 1/298.2572221010

単位重量当たりの標準偏差 = 3.1340698416

分散・共分散値 = 基線解析結果

スケール補正量 = 0.0e+00

B0 = 354815.6558、L0 = 1392012.0655 における

水平面内の回転 = 0.0"

$\xi = 0.0''$

$\eta = 0.0''$

計算条件 = 実用網

ジオイド補正 = あり

ジオイド名称 = 日本のジオイド2011(Ver2.0)

計算日 20/03/04

座標の計算結果

世界測地系

観測点No 観測点名称	座標成分	座標近似値	補正量	座標最確値	標準偏差 (m)
0004 NO.2061	B	35° 48' 15.6558"	0.0000"	35° 48' 15.6558"	0.0000
	L	139° 20' 12.0655"	0.0000"	139° 20' 12.0655"	0.0000
	楕円体高	195.564m	0.000m	195.564m	0.0000
	ジオイド高			39.991m	ms= 0.000
	標高			155.573m	mh= 0.000
0005 NT1	B	35° 48' 19.6703"	0.0003"	35° 48' 19.6706"	0.0038
	L	139° 20' 11.1718"	-0.0001"	139° 20' 11.1717"	0.0031
	楕円体高	195.183m	0.028m	195.211m	0.0116
	ジオイド高			39.998m	ms= 0.005
	標高			155.213m	mh= 0.012
0006 NT2	B	35° 48' 21.6121"	0.0003"	35° 48' 21.6124"	0.0042
	L	139° 20' 10.2653"	0.0000"	139° 20' 10.2653"	0.0035
	楕円体高	195.011m	0.023m	195.034m	0.0145
	ジオイド高			40.004m	ms= 0.006
	標高			155.030m	mh= 0.015
0007 04-218-04	B	35° 48' 24.7340"	0.0000"	35° 48' 24.7340"	0.0000
	L	139° 20' 09.6723"	0.0000"	139° 20' 09.6723"	0.0000
	楕円体高	195.648m	0.000m	195.648m	0.0000
	ジオイド高			40.009m	ms= 0.000
	標高			155.639m	mh= 0.000
1 1	B	35° 48' 19.6700"	0.0002"	35° 48' 19.6702"	0.0032
	L	139° 20' 09.2500"	0.0002"	139° 20' 09.2502"	0.0020
	楕円体高	195.504m	0.014m	195.518m	0.0075
	ジオイド高			40.003m	ms= 0.004
	標高			155.515m	mh= 0.008
2 2	B	35° 48' 17.9500"	0.0002"	35° 48' 17.9502"	0.0042
	L	139° 20' 13.1000"	0.0007"	139° 20' 13.1007"	0.0026
	楕円体高	195.491m	0.036m	195.527m	0.0086
	ジオイド高			39.992m	ms= 0.005
	標高			155.535m	mh= 0.009
3 3	B	35° 48' 22.9600"	0.0001"	35° 48' 22.9601"	0.0036
	L	139° 20' 11.0100"	0.0005"	139° 20' 11.0105"	0.0028
	楕円体高	195.503m	0.055m	195.558m	0.0117
	ジオイド高			40.004m	ms= 0.005
	標高			155.554m	mh= 0.012

今回のネットワーク型 RTK 直接法 成果票 精度管理表

基準点成果表

世界測地系(測地成果2011)

座標系番号:9

観測点No 観測点名称	緯経度	平面直角座標	三次元直交座標
0005 NT1	B= 35° 48' 19.6706 " L= 139° 20' 11.1717 " 楕円体高= 195.211	X= -21469.080 Y= -44907.506 標高= 155.213	X= -3928384.202 Y= 3374599.380 Z= 3710821.613
0006 NT2	B= 35° 48' 21.6124 " L= 139° 20' 10.2653 " 楕円体高= 195.034	X= -21409.121 Y= -44929.957 標高= 155.030	X= -3928342.705 Y= 3374593.733 Z= 3710870.046
0004 NO.2061	B= 35° 48' 15.6558 " L= 139° 20' 12.0655 " 楕円体高= 195.564	X= -21592.922 Y= -44885.694 標高= 155.573	X= -3928453.957 Y= 3374629.716 Z= 3710721.461
0007 04-218-04	B= 35° 48' 24.7340 " L= 139° 20' 09.6723 " 楕円体高= 195.648	X= -21312.843 Y= -44944.356 標高= 155.639	X= -3928290.681 Y= 3374568.672 Z= 3710948.436

精度管理表(別表1)

三次元網平均計算の残差

世界測地系

基線解析辺			仮定三次元網平均						三次元網平均	
自:	至:	辺長(斜距離)	DX		DY		DZ		斜距離の残差	
			残差	許容範囲	残差	許容範囲	残差	許容範囲	残差	許容範囲
1 1	0004 NO.2061	142.495	-0.001	0.020	0.000	0.020	-0.004	0.020	—	—
1 1	0005 NT1	48.252	-0.003	0.020	0.008	0.020	0.008	0.020	—	—
1 1	0006 NT2	65.064	-0.002	0.020	0.005	0.020	0.004	0.020	—	—
1 1	0007 04-218-04	156.438	-0.004	0.020	-0.003	0.020	-0.002	0.020	—	—
2 2	0004 NO.2061	75.345	-0.001	0.020	0.002	0.020	0.005	0.020	—	—
2 2	0005 NT1	71.815	-0.001	0.020	0.000	0.020	-0.001	0.020	—	—
3 3	0005 NT1	101.467	-0.002	0.020	0.000	0.020	-0.001	0.020	—	—
3 3	0006 NT2	45.562	-0.001	0.020	-0.001	0.020	-0.001	0.020	—	—
3 3	0007 04-218-04	64.168	0.015	0.020	-0.009	0.020	-0.009	0.020	—	—

精度管理表(別表2)

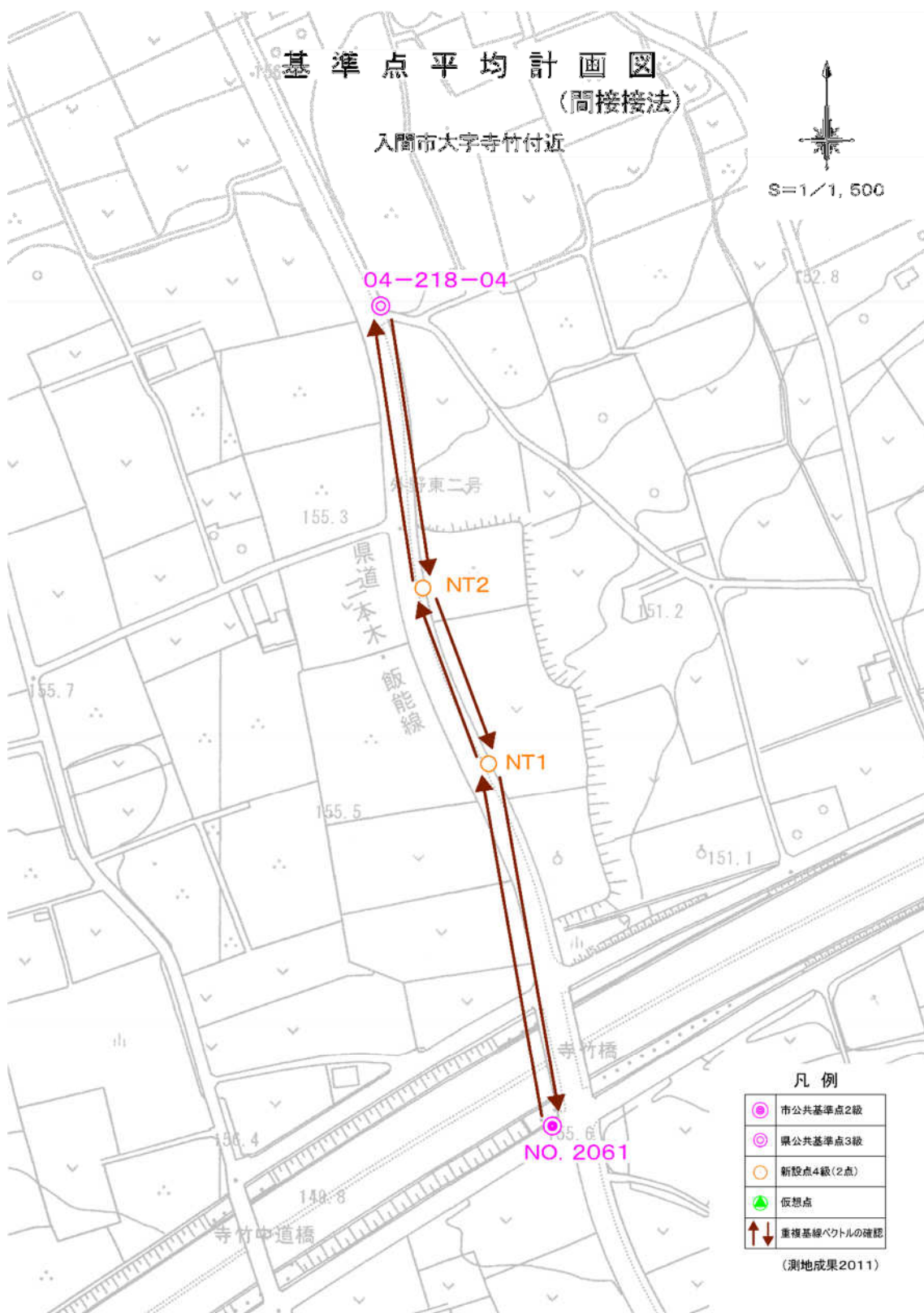
新点位置の標準偏差

世界測地系

新点名	水平位置		標高	
	標準偏差	許容範囲	標準偏差	許容範囲
0005 NT1	0.005	0.100	0.012	0.200
0006 NT2	0.006	0.100	0.015	0.200

今回のネットワーク型 RTK VRS 間接法 単路線

重複する基線ベクトル往復較差点検



今回のネットワーク型 RTK 間接法 重複ベクトルの較差確認

セット間較差の点検及び座標計算							世界測地系
座標系番号：9							(単位：m)
観測点No 観測点名称	座標	1セット	2セット	セット間較差	許容範囲	平均値	セッション名 1セット 2セット
0001 NO.2061	X	-21592.928	-21592.925	-0.003	0.020	-21592.927	043A 043B
	Y	-44885.703	-44885.701	-0.002	0.020	-44885.702	
	標高	155.560	155.542	0.018	0.030	155.551	
0002 NT1	X	-21469.087	-21469.083	-0.004	0.020	-21469.085	043A 043B
	Y	-44907.512	-44907.510	-0.002	0.020	-44907.511	
	標高	155.198	155.179	0.019	0.030	155.189	
0003 NT3	X	-21409.127	-21409.129	0.002	0.020	-21409.128	043A 043B
	Y	-44929.959	-44929.964	0.005	0.020	-44929.962	
	標高	154.996	154.989	0.007	0.030	154.993	
0004 04-218-04	X	-21312.853	-21312.855	0.002	0.020	-21312.854	043A 043B
	Y	-44944.368	-44944.368	0.000	0.020	-44944.368	
	標高	155.625	155.626	-0.001	0.030	155.626	

今回のネットワーク型 RTK 間接法 成果票 精度管理表

基準点成果表				世界測地系(測地成果2011)
座標系番号：9				
観測点No 観測点名称	緯経度	平面直角座標	三次元直交座標	
0002 NT1	B= 35° 48′ 19.6706″	X= -21469.080	X= -3928384.204	
	L= 139° 20′ 11.1718″	Y= -44907.503	Y= 3374599.377	
	楕円体高= 195.210	標高= 155.211	Z= 3710821.611	
0003 NT3	B= 35° 48′ 21.6125″	X= -21409.118	X= -3928342.696	
	L= 139° 20′ 10.2656″	Y= -44929.949	Y= 3374593.715	
	楕円体高= 195.014	標高= 155.010	Z= 3710870.037	
0001 NO.2061	B= 35° 48′ 15.6558″	X= -21592.922	X= -3928453.957	
	L= 139° 20′ 12.0655″	Y= -44885.694	Y= 3374629.716	
	楕円体高= 195.564	標高= 155.573	Z= 3710721.461	
0004 04-218-04	B= 35° 48′ 24.7340″	X= -21312.843	X= -3928290.681	
	L= 139° 20′ 09.6723″	Y= -44944.356	Y= 3374568.672	
	楕円体高= 195.648	標高= 155.639	Z= 3710948.436	

新点位置の標準偏差				世界測地系
精度管理表(別表2)				
新点名	水平位置		標高	
	標準偏差	許容範囲	標準偏差	許容範囲
0002 NT1	0.001	0.100	0.003	0.200
0003 NT3	0.001	0.100	0.003	0.200

直接法 間接法 成果座標値（平面直角）及び標準偏差の比較

直接法

点名	X	Y	標 高	標準偏差 (水平)	標準偏差 (標高)
NT1	-21469.080	-44907.506	155.213	0.005	0.012
NT2	-21409.121	-44929.957	155.030	0.006	0.015

間接法

点名	X	Y	標 高	標準偏差 (水平)	標準偏差 (標高)
NT1	-21469.080	-44907.503	155.211	0.001	0.003
NT2	-21409.118	-44929.949	155.010	0.001	0.003

以上が、認定 1 級 GNSS 測量機を使って、ネットワーク型 RTK 直接法と間接法を実施した結果です。

成果座標値には、多少の差があります。

現場での作業時間は、直接法で 15 分程度、間接法で 10 分程度（観測時間というより移動に要する時間です）

ネットワーク型 RTK 法は作業時間が短い事と、ワンマンで作業ができることが大きな魅力です。環境が良ければ単点観測でも実精度 1~2 cm 以内は実感できますが、住宅際等、環境が精度に及ぼす影響がまちまちです。又、単点観測のみでは精度確認ができません。（2 点間の距離確認はできますが）

公共測量作業規定に規定された、既知点との整合を持たせる観測方法であれば、精度確認はできます。

さて本題はこれからです。

GNSS・Static ロガー「NSP-1」の実力を検証するため、上記の結果と、GNSS・Static ロガー「NSP-1」を使って、測量、計算した結果を比較検証しました。

作業手順は次のとおりです。

① 短縮 Static 観測・単路線・既知点間 ΔX , ΔY , ΔZ 較差の配分（簡易的平均）

観測計画図を確認してください。

『NSP-1』を使用した短縮Static観測計画図

入間市大字寺竹付近



S=1/1,500

観測手順

『NSP-1』を3台使用する方法。

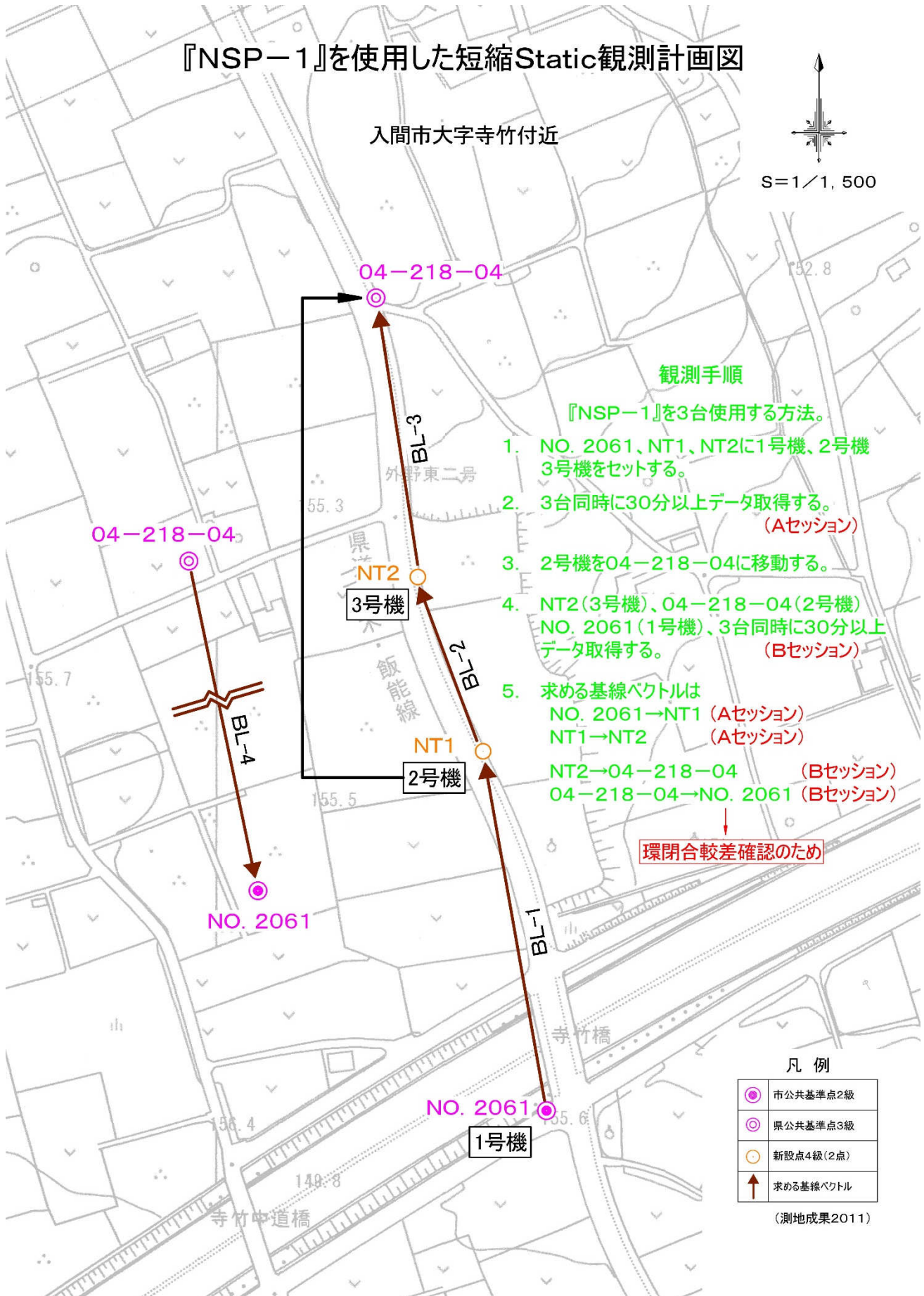
1. NO. 2061、NT1、NT2に1号機、2号機、3号機をセットする。
2. 3台同時に30分以上データ取得する。
(Aセッション)
3. 2号機を04-218-04に移動する。
4. NT2(3号機)、04-218-04(2号機)、NO. 2061(1号機)、3台同時に30分以上データ取得する。
(Bセッション)
5. 求める基線ベクトルは
NO. 2061→NT1 (Aセッション)
NT1→NT2 (Aセッション)
NT2→04-218-04 (Bセッション)
04-218-04→NO. 2061 (Bセッション)

環閉合較差確認のため

凡 例

	市公共基準点2級
	県公共基準点3級
	新設点4級(2点)
	求める基線ベクトル

(測地成果2011)



② U-blox・Rawdata を RINEX 形式に変換する。

GNSS 衛星から受信した Rawdata（生 data）は受信機メーカー毎に形式が異なります。
NSP-1 に搭載した GNSS 受信モジュール NEO-M8T は U-blox 社製なので U-blox・Rawdata を
GNSSdata の共通フォーマット RINEX 形式に変換する必要があります。

*** 操作方法是前回の実践マニュアルを参考にしてください。**

③ RTKPOST で基線ベクトル解析を行う。

*** 操作方法是前回の実践マニュアルを参考にしてください。**

今回求める基線ベクトルは下記のとおり

基線ベクトル	起点	終点
BL-1	NO. 2061	NT1
BL-2	NT1	NT2
BL-3	NT2	04-218-04
BL-4（環閉合の確認）	04-218-04	NO. 2061

平均計画として起点～（BL-1）～（BL-2）～（BL-3）～終点の各観測ベクトル成分 DX、DY、DZ の合計値と 起点～終点 2 点間の既知点座標ベクトル成分 DX、DY、DZ の較差を各ベクトルに配分する計画とします。～詳しくは後で解説

各ベクトル成分 DX、DY、DZ を求めるために各点の 3 次元直交座標値を観測結果として求める必要があるため、RTKPOST では X/Y/Z-ECEF（地心直交座標値）が出力するように設定します。

*** 設定方法は前回の実践マニュアルを参考にしてください。**

地心直交座標値を出力するためには起点座標値も地心直交座標値でなければなりません。

起点の NO. 2061（既知 2 級基準点）の成果を緯度、経度、標高、ジオイド高から地心直交座標値に変換しておく必要があります。

国土地理院の「測量計算サイト」を利用します。

<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/main.html>

主な RTKPOST、OUTPUT の設定

* Solution for Static Mode は Ratio が最高潮に達した時点の結果のみを表示する Single を選択

* X/Y/Z-ECEF（地心直交座標）で出力

④ 実際の観測・計算結果

RTKPL0T 出力帳票

BL-1

N0. 2061 (既知 2 級基準点) から NT1 (新点) 方向へのベクトルにより NT1 の地心直交座標値を求めたもの。

起点座標値は既知の N0. 2061 の地心直交座標値

```
BL-1
% program      : RTKPOST ver. 2.4.3 b31
% inp file     : E:\Desktop\2号機\2号機S1.obs
% inp file     : E:\Desktop\1号機\1号機S1.obs
% inp file     : E:\Desktop\2号機\2号機S1.*nav
% obs start    : 2020/02/21 14:35:12.0 JST (week2093 452130.0s)
% obs end      : 2020/02/21 15:10:12.0 JST (week2093 454230.0s)
% pos mode     : static
% freqs        : L1
% solution     : forward
% elev mask    : 15.0 deg
% dynamics     : off
% tidecorr     : off
% ionos opt    : broadcast
% tropo opt    : saastamoinen
% ephemeris    : broadcast
% navi sys     : gps glonass qzss
% amb res      : fix and hold
% amb glo      : on
% val thres    : 5.0
% antenna1     : ( 0.0000  0.0000  1.9940)
% antenna2     : ( 0.0000  0.0000  2.0680)
% ref pos      : -3928453.9570  3374629.7160  3710721.4610
%
% (x/y/z-ecef=WGS84, Q=1:fix, 2:float, 3:sbas, 4:dgps, 5:single, 6:ppp, ns=# of
satellites)
% JST
% x-ecef(m)    y-ecef(m)    z-ecef(m)    Q    ns
sdx(m)  sdy(m)  sdz(m)  sdx(m)  sdy(m)  sdz(m)  age(s)  ratio
2020/02/21 14:35:12.000 -3928384.2201  3374599.3781  3710821.6148  1  9
0.0007  0.0007  0.0007 -0.0006  0.0005 -0.0005  0.00  999.9
```

既知点 (N0. 2061) 座標値を地心直交座標値
に変換したもの

BL-1 終点 (NT1) の地心直交座標値
BL-2 の起点座標値となる。



RTKPL0T 出力帳票

BL-2

NT1(新点)からNT2(新点)方向へのベクトルにより求めたNT2の地心直交座標値
 起点座標値はBL-1より得られたNT1の地心直交座標値

```

BL-2
% program      : RTKPOST ver. 2.4.3 b31
% inp file     : E:\Desktop\3号機\3号機S1.obs
% inp file     : E:\Desktop\2号機\2号機S1.obs
% inp file     : E:\Desktop\3号機\3号機S1.*nav
% obs start    : 2020/02/21 14:33:52.0 JST (week2093 452050.0s)
% obs end      : 2020/02/21 15:11:32.0 JST (week2093 454310.0s)
% pos mode     : static
% freqs        : L1
% solution     : forward
% elev mask    : 15.0 deg
% dynamics     : off
% tidecorr     : off
% ionos opt    : broadcast
% tropo opt    : saastamoinen
% ephemeris    : broadcast
% navi sys     : gps glonass qzss
% amb res      : fix and hold
% amb glo      : on
% val thres    : 5.0
% antenna1     : ( 0.0000  0.0000  2.0200)
% antenna2     : ( 0.0000  0.0000  1.9940)
% ref pos      : -3928384.2201  3374599.3781  3710821.6148
%
% (x/y/z-ecef=WGS84, Q=1:fix, 2:float, 3:sbas, 4:dgps, 5:single, 6:ppp, ns=# of
satellites)
% JST
% sdx(m)  sdy(m)  sdz(m)  x-ecef(m)  y-ecef(m)  z-ecef(m)  Q  ns
% 2020/02/21 14:33:52.001  -3928342.6990  3374593.7265  3710870.0488  1  9
% 0.0007  0.0007  0.0007  -0.0006  0.0005  -0.0005  20.00  999.9
    
```

BL-1の終点座標値(NT1)がBL-2の起点座標値となる。

BL-2終点(NT2)の地心直交座標値
 BL-3の起点座標値となる。



RTKPL0T 出力帳票

BL-3

NT2(新点)から 04-218-04(既知点)方向へのベクトルにより求めた 04-218-04 の地心直交座標値

起点座標値は BL-2 より得られた NT2 の地心直交座標値

```
BL-3
% program      : RTKPOST ver. 2.4.3 b31
% inp file     : E:\Desktop\2号機\2号機S2.obs
% inp file     : E:\Desktop\3号機\3号機S2.obs
% inp file     : E:\Desktop\2号機\2号機S2.*nav
% obs start    : 2020/02/21 15:15:42.0 JST (week2093 454560.0s)
% obs end      : 2020/02/21 15:51:12.0 JST (week2093 456690.0s)
% pos mode     : static
% freqs        : L1
% solution     : forward
% elev mask    : 15.0 deg
% dynamics     : off
% tidecorr     : off
% ionos opt    : broadcast
% tropo opt    : saastamoinen
% ephemeris    : broadcast
% navi sys     : gps glonass qzss
% amb res      : fix and hold
% amb glo      : on
% val thres    : 5.0
% antenna1     : ( 0.0000  0.0000  2.0030)
% antenna2     : ( 0.0000  0.0000  2.0200)
% ref pos      : -3928342.6990 3374593.7265 3710870.0488
%
% (x/y/z-ecef=WGS84, Q=1:fix, 2:float, 3:sbas, 4:dgps, 5:single, 6:ppp, ns=# of
satellites)
% JST
% sdx(m) sdy(m) sdz(m) sdx(m) sdy(m) sdx(m) age(s) ratio
2020/02/21 15:15:42.000 -3928290.7024 3374568.6789 3710948.4384 1 9
0.0009 0.0010 0.0009 -0.0009 0.0007 -0.0007 0.00 871.8
```

BL-2 の終点座標値 (NT2) が BL-3 の起点座標値となる。

BL-3 終点 (04-218-04) の地心直交座標値
BL-4 の起点座標値となる。

RTKPL0T 出力帳票

BL-4

04-218-04 の (観測座標値) から N0.2061 方向へのベクトルにより求めた N0.2061 の地心直交座標値

起点座標値は BL-3 より観測により得られた 04-218-04 の地心直交座標値 (既知座標値は使用しません)

この観測は BL-1 から BL-2, BL-3, BL-4 により到達する終点が、イコール起点であることから、観測ベクトルによる座標値の閉合差を確認するのが目的で、既知座標値との較差確認を目的としていません

```

BL-4
% program      : RTKPOST ver. 2.4.3 b31
% inp file     : E:\Desktop\¥1号機¥1号機S2.obs
% inp file     : E:\Desktop\¥2号機¥2号機S2.obs
% inp file     : E:\Desktop\¥1号機¥1号機S2.*nav
% obs start    : 2020/02/21 15:17:42.0 JST (week2093 454680.0s)
% obs end      : 2020/02/21 15:52:22.0 JST (week2093 456760.0s)
% pos mode     : static
% freqs        : L1
% solution     : forward
% elev mask    : 15.0 deg
% dynamics     : off
% tidecorr     : off
% ionos opt    : broadcast
% tropo opt    : saastamoinen
% ephemeris    : broadcast
% navi sys     : gps glonass qzss
% amb res      : fix and hold
% amb glo      : on
% val thres    : 5.0
% antenna1     : ( 0.0000  0.0000  2.0680)
% antenna2     : ( 0.0000  0.0000  2.0030)
% ref pos      : -3928290.7024 3374568.6789 3710948.4384
%
% (x/y/z-ecef=WGS84, Q=1:fix, 2:float, 3:sbas, 4:dgps, 5:single, 6:ppp, ns=# of
satellites)
% JST
% x-ecef(m)    y-ecef(m)    z-ecef(m)    Q    ns
sdx(m)  sdy(m)  sdz(m)  sdx(m)  sdy(m)  sdz(m)  age(s)  ratio
2020/02/21 15:17:42.000 -3928453.9577 3374629.7185 3710721.4620 1    9
0.0009  0.0010  0.0009 -0.0009 -0.0008 -0.0007 20.01 844.5

```

BL-3 の終点座標値 (04-218-04) が BL-4 の起点座標値となる。

BL-4 終点 (NO. 2061) の地心直交座標値
BL-1 起点座標値との閉合較差比較



⑤ 閉合差の確認

今回の観測では、往路=BL-1～BL-2～BL-3 復路=BL-4

往路の起点=復路の終点なので、往路のベクトル成分量の合計値と復路のベクトル成分量の較差は閉合差となります。

各点の地心直交座標値から点間のベクトル成分 Δx , ΔY , ΔZ を計算します。

今回の観測計算結果は下記のとおり

基線ベクトル 閉合差の点検

既知点間ベクトル成分 (dX,dY,dZ)			
No	No.1	No.4	
点名	NO.2061	04-218-04	
種別	起点	終点	④ (dX,dY,dZ)
	既知	既知	
X	-3928453.957	-3928290.681	163.276
Y	3374629.716	3374568.672	-61.044
Z	3710721.461	3710948.436	226.975

* 一般入力事項

* 既知点の三次元直交座標を入力

* RTKPOSTによる基線解析結果を入力

往路の観測ベクトル成分 (dX,dY,dZ)									
No.1	No.2		No.2	No.3		No.3	No.4		
NO.2061	NT1		NT1	NT2		NT2	04-218-04		
起点	終点	① (dX,dY,dZ)	起点	終点	② (dX,dY,dZ)	起点	終点	③ (dX,dY,dZ)	⑥ =①+②+③
既知座標	計算座標①		計算座標①	計算座標②		計算座標②	計算座標③		
-3928453.957	-3928384.220	69.737	-3928384.220	-3928342.699	41.521	-3928342.699	-3928290.702	51.997	163.255
3374629.716	3374599.378	-30.338	3374599.378	3374593.726	-5.652	3374593.726	3374568.679	-25.047	-61.037
3710721.461	3710821.615	100.154	3710821.615	3710870.049	48.434	3710870.049	3710948.438	78.389	226.977

復路の観測ベクトル成分 (dX,dY,dZ)		
No.4	No.1	
04-218-04	No.2061	
起点	終点	③ (dX,dY,dZ)
計算座標②	計算座標③	
-3928290.702	-3928453.958	-163.256
3374568.679	3374629.718	61.039
3710948.438	3710721.462	-226.976

往復観測ベクトル成分の 較差 (観測精度の確認)	
⑥+③	
Δ X	-0.001
Δ Y	0.002
Δ Z	0.001

往路の観測ベクトル成分 と既知点間ベクトル成分 の較差	
④-⑥	
Δ X	0.021
Δ Y	-0.007
Δ Z	-0.002

結果

往復基線ベクトルの閉合差は $\Delta X = -0.001$ $\Delta Y = 0.002$ $\Delta Z = -0.002$

往路の観測ベクトル成分 dx, dy, dz と既知点間ベクトル成分 dx, dy, dz の較差は $\Delta X = 0.021$ 、 $\Delta Y = -0.007$ 、 $\Delta Z = -0.002$ となりました。この較差を各基線ベクトルに配分します。

⑥ 平均計算

平均計算は観測ベクトル成分と既知点間ベクトル成分の較差を各基線ベクトル量に応じて配分する**単純な平均計算**です。

平均計算は次のとおり

単 路 線 型 簡 易 平 均 計 算

既知点間ベクトル成分 (dX,dY,dZ)		
No.1	No.4	④
NO.2061	04-218-04	
起点	終点	
既知	既知	
-3928453.957	-3928290.681	163.276
3374629.716	3374568.672	-61.044
3710721.461	3710948.436	226.975

- * 一般入力事項
- * 既知点の三次元直交座標を入力
- * RTKPOSTによる基線解析結果を入力
- * 簡易平均結果

往路の観測ベクトル成分 (dX,dY,dZ)									
No.1	No.2	①	No.2	No.3	②	No.3	No.4	③	Ⓑ=①+②+③
NO.2061	NT1		NT1	NT2		NT2	04-218-04		
起点	終点		起点	終点		起点	終点		
既知座標	計算座標①		計算座標①	計算座標②		計算座標②	計算座標③		
-3928453.957	-3928384.220	69.737	-3928384.220	-3928342.699	41.521	-3928342.699	-3928290.702	51.997	163.255
3374629.716	3374599.378	-30.338	3374599.378	3374593.726	-5.652	3374593.726	3374568.679	-25.047	-61.037
3710721.461	3710821.615	100.154	3710821.615	3710870.049	48.434	3710870.049	3710948.438	78.389	226.977
Ⓒ=Ⓐ-Ⓑ									
ΔX,ΔY,ΔZ									
0.021									
0.000129									
-0.007		0.000115							
-0.002		-0.000009							
		①補正			②補正			③補正	
		dX,dY,dZ			dX,dY,dZ			dX,dY,dZ	
		69.746			41.526			52.004	
		-30.341			-5.653			-25.050	
		100.153			48.434			78.388	226.975

No.1	No.2	①補正	No.2	No.3	②補正	No.3	No.4	③補正	
NO.2061	NT1		NT1	NT2		NT2	04-218-04		
起点	終点		起点	終点		起点	終点		
既知座標	補正計算座標①		補正計算座標①	補正計算座標②		補正計算座標②	補正計算座標③		
-3928453.957	-3928384.211	69.746	-3928384.211	-3928342.685	41.526	-3928342.685	-3928290.681	52.004	163.276
3374629.716	3374599.375	-30.341	3374599.375	3374593.722	-5.653	3374593.722	3374568.672	-25.050	-61.044
3710721.461	3710821.614	100.153	3710821.614	3710870.048	48.434	3710870.048	3710948.436	78.388	226.975

地心三次元直交座標から緯度、経度、標高 変換計算

<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/transf.html>

緯度、経度から平面直角座標への変換

<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2xyf.html>

NT1			NT2		
緯 度	+35° 48' 19.67060"		緯 度	+35° 48' 21.61284"	
経 度	+139° 20' 11.17209"		経 度	+139° 20' 10.26515"	
楕円体高	195.215m		楕円体高	195.017m	
X座標	-21469.080		X座標	-21409.108	
Y座標	-44907.496		Y座標	-44929.961	

⑦ 「NSP-1」の実力は（結果検証）

GNSS・Static ロガー「NSP-1」を使って観測計算した結果と認定 1 級 GNSS 測量機にてネットワーク型 RTK 法（VRS 直接法、VRS 間接法）による観測及び平均計算して新点座標を求めた結果を比較検証してみます。

平面直角座標系で比較

点 名	手 法	X	Y	楕円体高
NT1	VRS 直接法	-21469.080	-44907.506	195.211
	VRS 間接法	-21469.080	-44907.503	195.210
	NSP-1 単路線	-21469.080	-44907.496	195.215
NT2	VRS 直接法	-21409.121	-44929.957	195.034
	VRS 間接法	-21409.118	-44929.949	195.034
	NSP-1 単路線	-21409.108	-44929.960	195.017

以上が結果です。

新点 NT1、NT2 につき、公共測量作業規定に基づき求めた結果と **NSP-1 を使った単路線型短縮 Static^{もど}擬き**に基づき求めた結果の較差は 1 cm 程度あるものの、それなりに良い精度で治まっている感があります。

⑧ 「NSP-1」今後の課題と研究

Static 測位は、ある程度長い距離の測定が最も効果的な活用法だと思います。

次回の実証実験では、既知基準点 4 点を使って Y 型配点の観測及び平均計算（単純平均ですが）行ってみたいと思います。

衛星測位研究会第 4 弾・実証実験報告

この際には、多くの方に現地に参集いただきたいと思います。

その前に

前回、衛星測位研究会第 1 弾・実践マニュアルの追伸で、お知らせいたしております電子基準点を使って「NSP-1」1 台で測位する方法について、遅れておりますが、**衛星測位研究会第 3 弾**としてまとめます。

まとめ次第、ご連絡いたします。