

電子基準点測位解に見られる誤差源の検討（第2年次）

実施期間

平成30年度

客員研究員

株式会社ジェノバ 今給黎 哲郎

1. はじめに

平成29年度の客員研究員報告では、電子基準点を利用したRTK測量及びネットワーク型RTK測量についての精度検証をネットワーク型RTK（VRS）の基準局密度に注目して実施した。今年度は、同じ地域・同じ時期の電子基準点データを用いて、直接RTK測量の場合の精度とネットワーク型RTK測量の精度について比較することで、ネットワーク型RTKの効果について検討した。

2. 研究内容

2.1 研究の概要

ネットワーク型RTKでは、周辺の複数基準局データを処理して、移動局（ローバー）近傍に仮想基準点を置いた状態の観測データを生成する。この場合、測位計算は仮想基準点における仮想観測データとローバーで受信されたデータの二重位相差に基づき行われ、電離層遅延・対流圏遅延といったローカルな誤差源については差を取ることで消去される。基準局が移動局の近くあることで、この効果はなお高くなると予想され、昨年度の検討でも基準局密度が高く、直近の基準局が近いほど精度が高いことが実証された。

複数の基準局のデータから仮想基準点データを生成すると、それぞれの基準局近傍の障害物や干渉電波源などの影響を受ける可能性がある。この影響は、複数の観測点のデータを使うことでも消去されないが、影響は平均化されて少なくなる可能性もある。今年度の研究では、複数の基準局から仮想基準点データを生成する効果について確認するために、直近の電子基準点のデータを用いてRTKを行った結果と、ネットワーク型RTKを行った結果を比較・検討を行った。

2.2 検証方法

昨年度検討を行った伊豆半島東部地域を対象として、引き続き検討を行った。ネットワーク型RTK結果についてはそのまま昨年度の結果を参照することとして、平均点間距離が6.2kmとなる高密度網1から、最大は平均点間距離117.7kmの網8までを対象としたデータを用いた。みなしローバー局としてはすべての網において「冷川峠 A」（000841）を採用したのも同様である。観測点が所属する網、各観測点とローバーの距離、網の中での最もローバー局に近い点、網の各点間の平均距離及びローバー点との平均距離と網中での直近の基準局と各点までの距離を一覧したものを表-1に示す。

検討対象は2017年10月23日から24日にかけての24時間分の観測データで、ネットワーク型RTKについては1秒エポックデータをLeica社のSpiderによりリアルタイムでの解析を行った結果であり昨年度報告したものと同一である。今年度は国土地理院でアーカイブしている30秒エポックデータを用い、ネットワーク型RTKに用いられた各観測局を起点としてみなしローバー局である冷川峠A点を終点とする後処理キネマティック解析を行った。解析に使用した衛星系はネットワーク型RTK解析

時に用いたものと同じく GPS と GLONASS で解析ソフトは RTKLIB を，起点の座標値には F3 解を用いた。

表-1 測位精度確認のための観測網設定，各網 5 点で構成（みなしローバー点は全て「冷川峠 A」）

No	点名称	ローバーとの 距離 (km)	網 (*は構成点, ○はそのうちローバーに最も近い点)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
131194	中伊豆 A	5.4	*	○						
93048	小室山	5.7	*							
95105	初島	13.7	*	*	*	*	○			
92106	宇佐美	6.4	*	*	○					
101183	伊東 A	3.3	○							
93062	伊東八幡野	9.4		*	*	○				
93046	大仁	9.8		*	*					
93049	天城湯ヶ島 1	13.8			*	*				
161217	湯河原 A	22.5				*	*			
960626	沼津	18.4				*				
051144	戸田 B	25.2					*			
93053	河津	23.2					*			
93051	大島 1	33.9					*	*	○	
93076	富士	40.3						*		
970814	下田 2	31.1						*		
950230	小田原	36.0						*		
960621	裾野 2	31.1						○		
93078	静岡 2	66.2							*	
990838	南伊豆 1 A	40.2							*	
93034	藤沢	55.2							*	
93070	富士吉田	65.0							*	
93092	榛原	80.7								*
960596	利島	51.1								○
93047	館山	72.5								*
93065	藤野	73.7								*
950275	大鹿	115.5								*
平均点間距離 (km)			6.2	12.7	15.2	22.1	35.5	48.2	70.2	117.7
ローバーとの平均距離 (km)			5.2	8.9	10.6	15.5	23.7	34.5	50.0	69.3
ローバーと直近基準局の距離 (km)			3.3	5.4	6.4	9.4	13.7	31.1	33.9	51.1
ネットワーク型 RTK の FIX 率 (%)			95.7	95.5	92.6	95.1	92.7	95.0	93.2	87.3
直近の基準局を用いた RTK の FIX 率 (%)			88.3	88.0	89.7	74.5	90.4	81.8	69.5	69.2
網全基準局を用いた RTK の FIX 率平均値			88.6	78.9	77.5	79.5	80.1	77.3	67.5	49.4

(%)								
-----	--	--	--	--	--	--	--	--

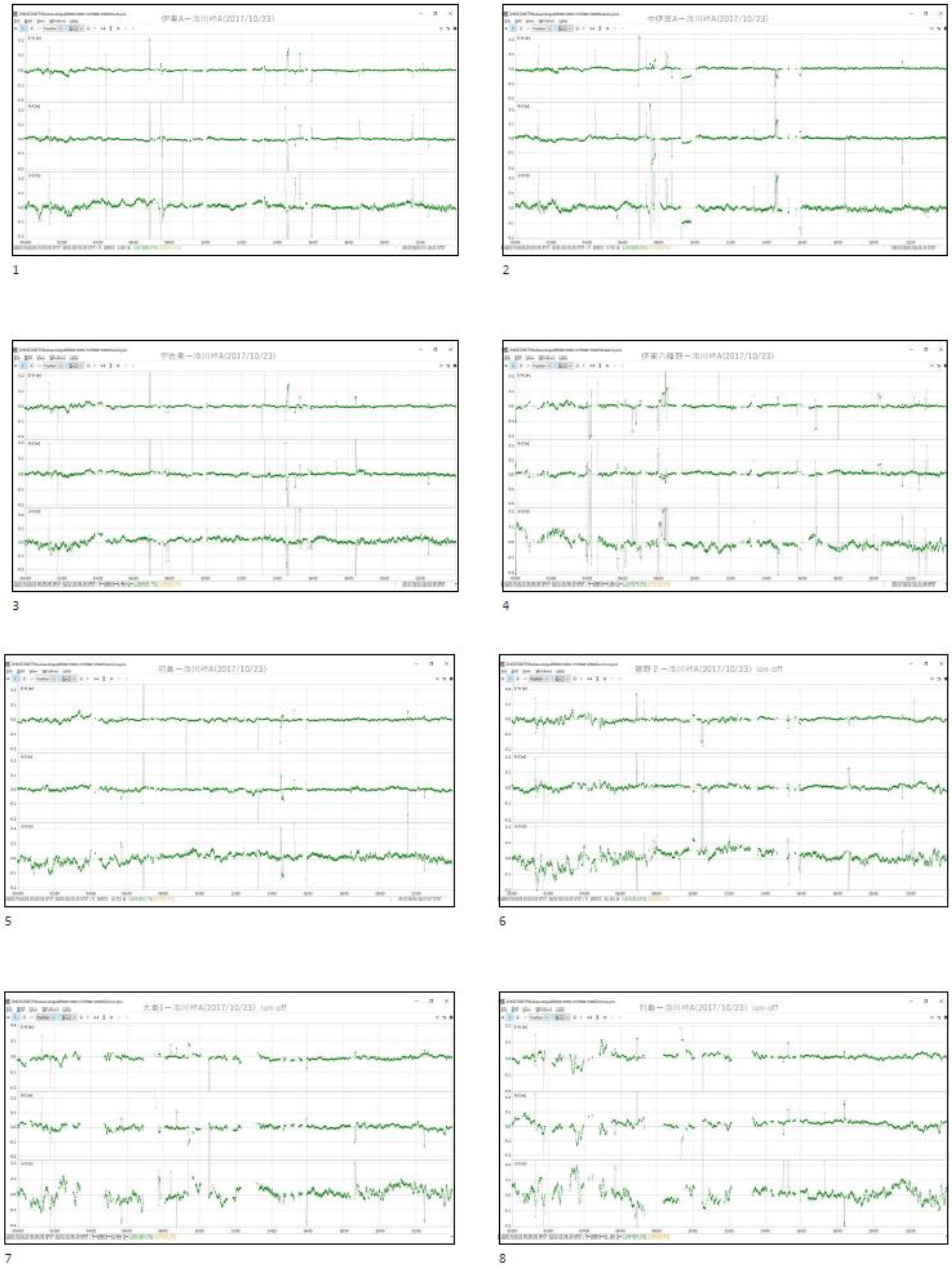


図-1 各網の代表点（最もローバー局に近い点）からの RTK 解析結果時系列．2017 年 10 月 23 日 00:00～24:00 (UT)．FIX 解のみをプロットした．上段左から網 1「伊東 A」，網 2「中伊豆 A」，2 段目左から網 3「宇佐美」，網 4「伊東八幡野」，3 段目左から網 5「初島」，網 6「裾野 2」，4 段目左から網 7「大島 1」，網 8「利島」

2.3 検証結果

各網の代表点から RTKLIB を用いて計算したローバー点の三次元測位解の時系列を図-1 に示す．FIX 率は表 1 の下段にまとめられているが，FIX 率はネットワーク型 RTK よりも低く，10km 以内の基線でも高々 80% 台である．最も FIX 率が高かったのは基線長 13.7km の「初島」－「冷川峠 A」基線であるが，それでも FIX 率 90.4% であり，「初島」局が直近で代表している網 5 のネットワーク型 RTK

での FIX 率 92.7%より低い。FIX 率は必ずしも基線長が短いほど良いわけではなく、ここには表れないが網 2、網 3 に含まれる「大仁」観測点からの基線は基線長 9.8km であるにもかかわらず FIX 率が 52%である。「大仁」はアーカイブデータのインデックスで見てもこの日を含めて前後 1 週間でもデータ取得率 89%以下と低い数字を示し（他の点は概ね 90%以上）点の周辺環境に問題がある可能性がある。また昨年のネットワーク型 RTK 結果でも「大仁」を含む網 3 でミス FIX を起こしており、この点のデータ品質の悪さが影響したことも想像される。

網 1 から網 8 までの各観測網で得られた測位解の精度指標を表-2 で示す。解のばらつきを示す標準偏差(以下「STD」という。)は、網 1 から網 8 まですべての基線でネットワーク型 RTK より大きく、特に上下方向の精度が悪くなっている。表-2 では FIX 解のみを集計しているが、明らかにミス FIX で 20cm 以上平均値から外れた異常値が少数であるが含まれている。水平方向の南北・東西両成分において STD が 3cm 未満であるような基線がほとんどなく、上下成分では 10cm を超えている。ネットワーク型 RTK ではこれらの網でも上下成分の STD が 2cm 未満であったことと比較すると異常値の処理を再検討する必要があると思われる。平均値と F3 解との差(偏差)は網 1 から網 8 までほとんどが水平成分で 1cm 以下であり、この範囲では非常に良好な再現性を示している。

表-2 各観測網で得られた測位解の精度指標

網番号	番号	点名	dN(m)	dE(m)	dH (m)	N_STD(m)	E_STD(m)	H_STD(m)	N_rms(m)	E_rms(m)	H_rms(m)
1	101183	伊東A	-0.0049	0.0005	-0.0398	0.0495	0.0274	0.1448	0.0497	0.0274	0.1502
2	131194	中伊豆A	-0.0064	-0.0072	0.0257	0.0462	0.0281	0.1409	0.0467	0.0290	0.1432
3	92106	宇佐美	-0.0020	-0.0045	-0.0451	0.1020	0.0616	0.1912	0.1020	0.0618	0.1965
4	93062	伊東八幡野	-0.0117	0.0011	-0.0043	0.0527	0.0419	0.1788	0.0540	0.0419	0.1789
5	95105	初島	-0.0055	-0.0029	-0.0678	0.0383	0.0256	0.1105	0.0387	0.0257	0.1297
6	96061	裾野2	-0.0064	-0.0077	0.0257	0.0695	0.0458	0.1647	0.0689	0.0461	0.1626
7	93051	大島1	-0.0085	0.0072	-0.0111	0.0463	0.0298	0.1145	0.0471	0.0306	0.1150
8	960596	利島	0.0017	0.0011	0.0097	0.0754	0.0490	0.1558	0.0778	0.0495	0.1561

3. 結果に関する考察

基線長の長短は FIX 率の高さに多少の相関はある（長いものほど FIX 率は低下しがち）が、そのみが決定的な要因ではない。基線長 30km を超える「裾野」基線での FIX 率が 81.8%あるのに、10km 未満の「伊東八幡野」基線の FIX 率が 74.5%であることなど、個別の点の観測環境によるところが大きいとみられる。一方でネットワーク型 RTK では個々の観測点の環境に起因する誤差要因が平均化されるため、網の配点密度が高いほどばらつきが小さくなる効果がでている。昨年度の検討で網 3 の時系列に 13 時ころにミス FIX がみられたが、今回の単基線による RTK でも当該時間帯は float 解となっていて、この領域全体というより、「冷川峠 A」のデータ品質がこの時間帯低下していた疑いがある。ただ、ネットワーク型 RTK ではその影響を最小限に限定できているという効果は網 1、網 2、網 4、網 5 では十分 FIX 解が得られていることから想像される。網 5 までは共通の基準局として電子基準点「初島」あり、「初島」－「冷川峠 A」で全局の中でも最良の FIX 率を得られていることもここまでの網のネットワーク型 RTK 精度が高いことに関係していると思われる。個別の基線における精度評価については、ミス FIX による異常値を除去した上での再検討が必要と考える。

4. 結論

電子基準点を利用した直接 RTK 測量では、基準局の点間距離が十数 km 程度であれば FIX 率 80%～90% 台は達成できて平均値は static 解析に十分近い値が得られるが、ネットワーク型 RTK 測量の方がさらに高い安定性を示す。ある作業地域での RTK 測量の精度・安定性を求める場合、電子基準点密度を高める効果よりは、ネットワーク型 RTK 測量による効果を検討するべきであろう。

参考文献

細谷素之（2013）：GNSS 配信における測位異常とその対策について（報告），測位航法学会ニューズレター 第IV巻第3号，9-10

今給黎哲郎(2018)：電子基準点測位解に見られる誤差源の検討，平成 29 年度国土地理院調査研究年報，214-218，<http://www.gsi.go.jp/common/000205323.pdf>