

電子基準点測位解に見られる誤差源の検討（第3年次）

実施期間 令和元年度

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測量およびネットワーク型RTK測量についての精度検証をネットワーク型RTKの基準局密度に注目して実施した。平成30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。今年度はさらに同じ観測データについてマルチパス等のデータ品質指標に基づく前処理を行うことで測位解の精度がどの程度改善されるかを検討した。

2. 研究内容

2.1 研究の概要

平成30年度までの研究では、ネットワークRTK（VRS）による解析の方が、10km前後の短い基線においても、直接RTKによる解析よりもFIX率や標準偏差といった指標から精度・安定性の高い解析が行えていることを確認した（今給黎,2018）。令和元年度の研究では、マルチパスに関する指標に基づき観測データから特定の衛星信号を除去することで解析結果がどの程度改善されるかを検討した（今給黎,2019）。対象としてはこれまで2年間の研究対象としてきた「冷川峠A」を中心として「小室山」（基線長5.3km）と「初島」（基線長13.7km）を選んだ。平成29年度の検討でネットワークRTKでミスFIXがみられた時間帯において、平成30年度の単基線によるRTKでも「冷川峠A」－「初島」の基線ではFloat解になっており、考察では「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としていた。

今回の異常信号除去では池田（2019）によるcc-difference指標を用いた手法を採用した。cc-differenceは、疑似距離（code）のマルチパス誤差と搬送波位相（carrier）のマルチパス誤差の差を取った指標である。観測エポックごとにcc-differenceを計算し、その平均値からの偏差を見ることでアンビギュイティの影響を除去し、マルチパスの変化を追跡して異常値が生じているかどうかを見ることが可能となる。通常の解析手順で仰角マスクを変えただけの設定と比較して、cc-differenceによる異常値を除去した場合、FIX率や標準偏差などの指標でどの程度結果が改善されるかを検討した。

2.2 検証方法

池田（2019）による手法では、疑似距離と搬送波位相のマルチパスをそれぞれの衛星についてエポックごとにcc-differenceを計算し、その平均値からのエポックごとの差分を求めて偏差の大きいエポックをマルチパスの影響が大きい異常値として抽出・除去する。また、1周波のみの衛星についてもデータから除外する。今回の解析では、先行年度の解析と条件をそろえるため、L5帯の信号は用いずのL1帯、L2帯の信号のみを対象としてこのデータスクリーニングを実施した。図-1に観測データから異常値の除去を行う手順を示す。異常衛星信号を除去したRINEXデータと元のRINEXデータをそれぞれ用いて、RTKLIB2.4.3b31によるキネマティック解析を行って、結果を比較した。

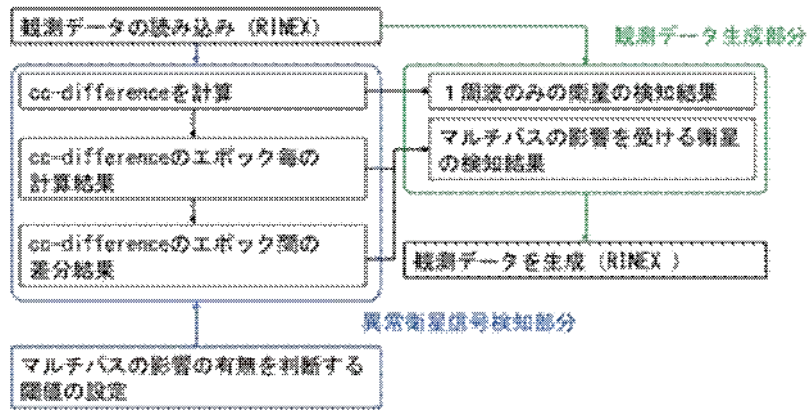


図-1 異常衛星信号の検知と観測データの生成手順 (池田,2019)

2.3 検証結果

「冷川峠 A」 - 「小室山」と「冷川峠 A」 - 「初島」の基線において、それぞれ生データのみを用いた場合と cc-difference による異常値除去を行ったデータを用いた場合について、RTKLIB による後処理解析を実施した。それぞれ仰角マスクを 10 度、15 度、20 度、25 度、30 度にとった場合の FIX 率（全エポックに対して）と FIX 解の SD 値をまとめたものが表-1 および表-2 である。

表-1 「冷川峠 A」 - 「小室山」基線における生データと cc-difference 処理を行った結果の比較

Elevation Cutoff(deg.)			10	15	20	25	30
Fix率(%)	Raw		64.7	85.1	95.3	97.6	93.6
	cc-difference		98.0	99.1	98.9	97.7	93.6
SD(cm)	Raw	NS(cm)	1.9	0.9	5.5	0.9	1.2
		EW(cm)	1.4	0.9	2.8	0.8	1.0
		UD(cm)	5.1	2.1	7.4	2.0	3.4
	cc-diff.	NS(cm)	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1
		EW(cm)	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9
		UD(cm)	1.8	1.8	1.9	3.1	2.6

表-2 「冷川峠 A」 - 「初島」基線における生データと cc-difference 処理を行った結果の比較

Elevation Cutoff(deg.)			10	15	20	25	30
Fix率(%)	Raw		60.6	84.0	93.3	97.1	93.4
	cc-difference		93.9	97.7	98.4	96.4	93.3
SD(cm)	Raw	NS(cm)	1.3	1.1	3.0	1.4	1.7
		EW(cm)	1.1	1.0	2.1	1.4	1.3
		UD(cm)	3.4	2.8	4.3	3.1	4.4
	cc-diff.	NS(cm)	1.4	1.5	1.5	1.8	1.8
		EW(cm)	1.1	1.1	1.1	1.5	1.4
		UD(cm)	3.0	3.0	3.0	5.0	5.3

両基線において、cc-difference 処理を行った後の解析の方がほとんどの場合 FIX 率は高くなっていることがわかる。特に低仰角の衛星のデータも使う仰角マスク 10 度、15 度のケースではその効果が顕著である。SD については、必ずしも cc-difference を行ったケースの方が精度が良くなっている

が、全体としてはデータスクリーニングの効果が出ているといえる。

図-2、図-3 は「冷川峠 A」－「初島」基線で、仰角マスク 15 度での解析を行った時系列であるが、図-2 の原データによる解析では FIX 解が得られなかった 0400 時付近、1000 時付近、1800 時付近でも cc-difference 手法によると FIX 解が得られているのが確認できる。解析ログを確認すると、0400 時および 1000 時では衛星数は 7 機以上使われているが、原データによる解析では Float 解となっている一方、cc-difference 手法ではほとんどのエポックで FIX 解が得られている。1800 時台では衛星数が 5 機まで減少しているエポックがあり、原データによる解析でも Float 解が多くなっているが、cc-difference 手法ではこれもほとんどが FIX 解が得られている。

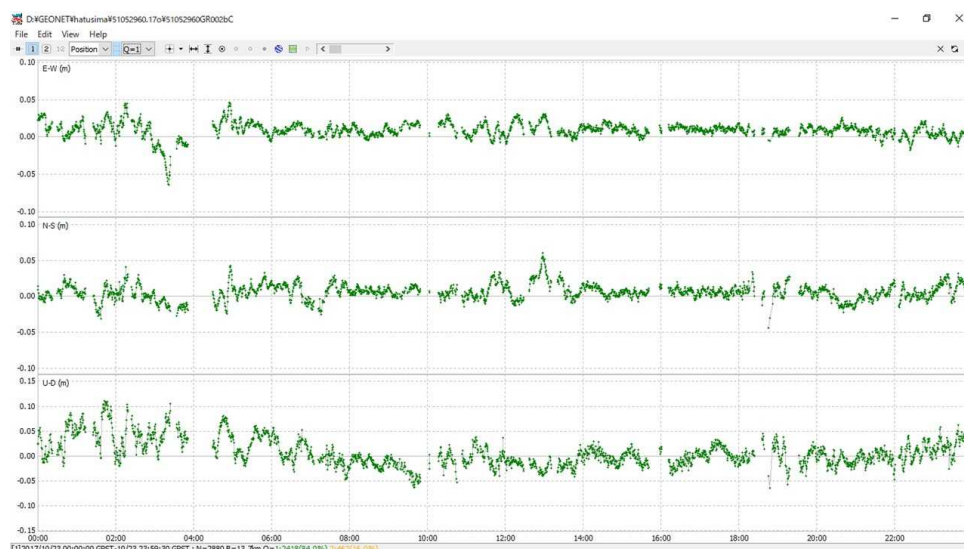


図-2 「冷川峠 A」－「初島」基線の時系列。仰角マスク 15 度。原データの解析結果

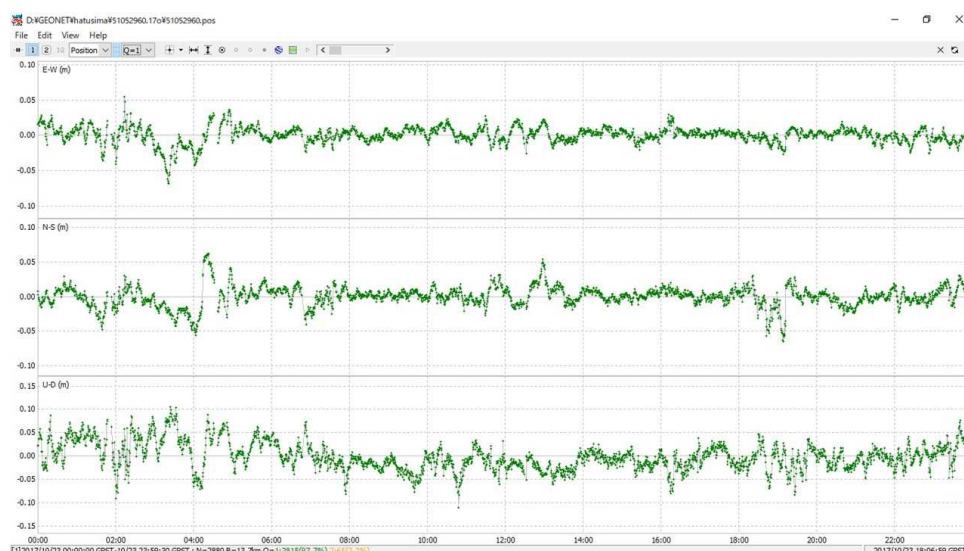


図-3 「冷川峠 A」－「初島」基線の時系列。仰角マスク 15 度。cc-difference 手法処理後の解析結果

3. 結果に関する考察

cc-difference 手法では、エポックごとに信号の品質をマルチパス指標により判定するので、仰角が低くとも品質がよければ採用して測位計算に用いることになる。上下方向の座標値は、仰角マスクを

高くすると衛星配置の偏りが生じて VDOP 値が悪くなるため、精度が低下する。衛星配置の点だけ見れば、低仰角の衛星のデータを使う方が有利ではあるが、マルチパスの影響が大きくなるため、通常は必ずしも上下成分の精度はよくなる。cc-difference 手法により、このパーター関係を克服して上下成分のばらつきが小さくなったと考えられる。一方、仰角マスクを高くすることで FIX 率は改善されるが、実際は衛星数が少なくなって測位解が得られないエポックも存在する。経験的にこのパーター関係があるので、仰角マスクは 15 度から 20 度を選択しているものであるが、cc-difference 処理により仰角マスク 10 度でも FIX 率 90%以上で、上下方向のばらつきも 5km 程度の基線で 2cm 以内、14km の基線で 3cm という精度が得られたことは、この手法の有効性を示すものと言える。

4. 結論

キネマティック GNSS 解析において、元データの解析を行う前処理として、エポックごとにマルチパス指標に基づいて品質の悪い衛星信号を除外する cc-difference 手法は、特に低仰角の衛星のデータを用いる解析において有効である。今後は、これまで解析結果のばらつきが大きかった特定の電子基準点のデータを再解析するなどして、その有効性をさらに検証していきたい。

参考文献

- 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 年度調査研究年報，214-218，
<http://www.gsi.go.jp/common/000205323.pdf>.
- 今給黎哲郎(2019)：電子基準点測位解に見られる誤差源の検討(第 2 年次)，平成 30 年度調査研究年報，
228-232，<https://www.gsi.go.jp/common/000220245.pdf>.
- 池田隆博(2019)：電子基準点における異常衛星信号の検知手法に関する検証，測位航法学会全国大会
予稿集，https://www.gnss-pnt.org/wp-content/uploads/2020/02/10_taikai2019_Ikeda.pdf.