

GNSS測位における閾値による精度向上の検証

中西 慶¹・劉 ウェン²・山崎 文雄³

¹千葉大学工学部都市環境システム学科（〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33）

E-mail:acca2156@chiba-u.jp

²千葉大学大学院工学研究科助教（〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33）

E-mail:wen.liu@chiba-u.jp

³千葉大学大学院工学研究科教授（〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33）

E-mail:fumio.yamazaki@faculty.chiba-u.jp

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) による位置測位は、自動車の自動運転など様々な分野で今後ますます活用が期待されている。その際に、あらゆる場所でより高精度な位置測位が求められる。現在の GNSS 測位では、良好な条件で測位が行われたり、他の道路データや屋内における Bluetooth, WiFi などと組み合わせることによって、どこでも高精度な位置測位が可能になっている。しかし、トンネルの中や屋内、ビルに囲まれた場所などにおける GNSS 単独での測位には限界がある。その中で、日本では準天頂衛星が打ち上げられ、世界各国でも RNSS, GNSS 衛星が相次いで打ち上げられており、限界まで測位精度を高めようとする動きがみられる。本研究は、計算手法と使用データの条件による測位精度の向上を目的にしている。

Key Words : Global Navigation Satellite Systems, Elevation, Signal to Noise Ratio, Fixing Ratio

1. はじめに

米国のGPSに始まり、ロシアのGLONASS、日本の準天頂衛星、EUのGalileo、中国のCompassなど世界各国で様々な測位衛星が打ち上げられている。これらの衛星を総称としてGNSS (Global Navigation Satellite Systems)、またはRNSS (Radional Navigation Satellite Systems)と呼んでいる。

GNSSの測位には、地上から約2万km離れた上空を周回している衛星群 (Space Segment) と、地上からその衛星群を管理し、軌道情報や時刻情報などの衛星が送信するデータを作り出す施設 (Control Segment)、衛星から送られてくる信号を受信するための受信機とアンテナ (User Segment) の3つの要素が必要とされる¹⁾。

GNSS測位には最低4機の衛星を必要とするが、数が多ければ多いほどより正確な位置測位が出来ると言われている²⁾。しかし、仰角が低い衛星からの信号は、マルチパスや、長い距離を移動するために対流圏や電離層などの影響を受けやすく、精度が良いとは言えない^{3,4)}。また、都市部や山間部などでは、建物や木々に遮られてしまい、信号が捉えられても途切れ途切れになってしまったり、そもそも捉えることが出来なかつたりする (図 - 1)。これ

らの仰角が低い衛星は後処理の際に、仰角に閾値を設定することで切り捨てる。

また、SNR (Signal to Noise Ratio) と呼ばれる信号対雑音比に閾値を設定することにより、信号強度が弱く精度が劣る信号の切り捨てを行う。これら2つの閾値を使用し、2015年7月13日に千葉大学西千葉キャンパス陸上競技場で行ったGPS測位実験結果の精度向上を試みた。

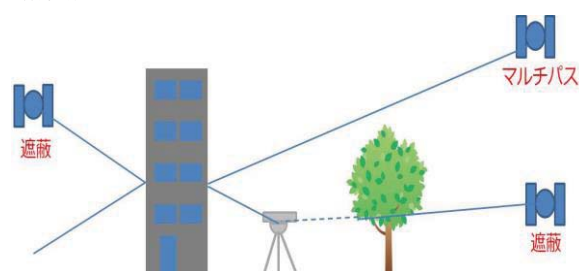


図-1 低仰角の衛星

2. 実験の概要

実験に用いたアンテナはNovAtel社製のGPS-702-GG、受信機はNovAtel (アムテックス) 社製のSTARBOX/OEM615内蔵モデルで、L1とL2の2周波でGPSとGLONASSの2衛星群の観測が可能である。

今回の実験ではL1とL2の2周波で観測されたGPS信号を使用した。

実験を行った時間は、GPS時間で02:19:37～02:50:11（日本時間で11:19:21～11:49:55）の約30分間であり、1秒間隔でデータを取得したため全観測データ数は1835個である。場所は図-2に示す千葉大学西千葉キャンパス陸上競技場である。

実験では、図-3に示す通り①の直線タータン、②のトラックを受信機とアンテナを背負い歩いて観測し、③のグラウンド内では台車の上にアンテナと受信機を設置して観測を行った（図-4）。

解析方法として、相対測位の一つであるキネマティック法を用いた。その際の基準点情報として、日本GPSデータサービスより購入したGEONET千葉花見川（No.950225）の1Hzサンプリングデータを使用した。また、緯度（35.65720507°）、経度（140.04809914°）、標高（43.744696349m）の位置情報は国土地理院ホームページの電子基準点データ提供サービス⁵⁾より拝借した。

この基準点データを利用して、キネマティック測位を行った。解析には、東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科の高須知二が開発されたRTKLIB ver2.4.2を使用した⁶⁾。

観測時点と電子基準点の基線長は、約5.8kmであった。Fix解の決定方法に関しては、ContinuousとFix and Holdの2種類を試した。Continuousは連続してFix解の探索を行い、Fix and Holdは一旦妥当と思われるFix解が得られたら、拘束条件を強くして、解をなるべく固定するものである。受信状態が良好の場合はFix and Holdで良いが、受信状態があまり良くない状態でFix and Holdを選択すると、違う座標値が固定されてしまう恐れがある⁷⁾。



(a) ルート①の実験風景と周りの様子



(b) ルート②の実験風景と北側の様子



(c) ルート③の実験風景と周りの様子

図-4 観測時の写真



図-2 対象地域

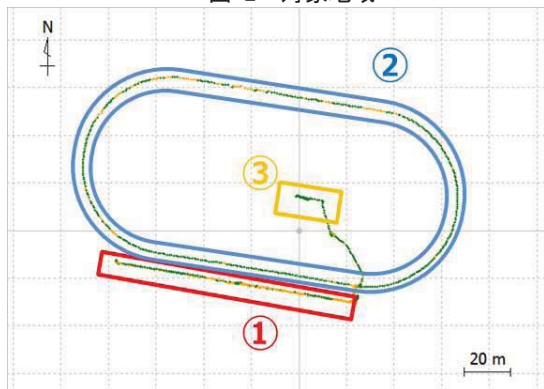
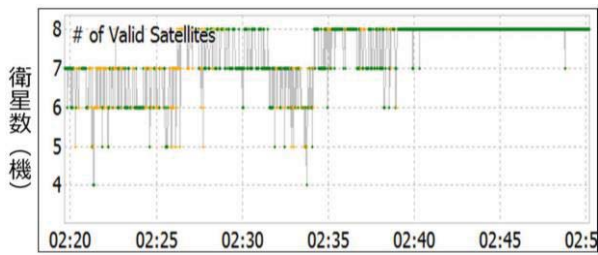


図-3 実験のルート

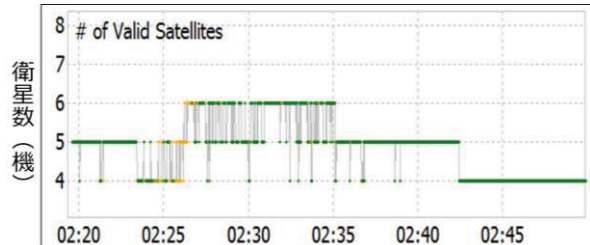
3. 解析過程

仰角の閾値（仰角マスク）を設定した際の捕捉衛星数を図-5に示す。図-5(a)は、全ての衛星を捕捉できた15全を閾値に設定した場合、(b)は4衛星以上を常に捕捉できた中で最高の高度である30以を閾値に設定した場合の捕捉衛星数の時間変化である。この2つの仰角を解析に用いた。

図-6は、L1帯とL2帯の全8衛星からのSN比の時刻推移を表した図である。これらの図を参考にして、SN比の閾値（SNRマスク）には、L1に30,35,40dBの3つの値、L2に30,35dBの2つの値を設定した。dBHzとは仰角マスク2つとSNRマスク5つを用いて、ContinuousとFix and Holdの2種類を組み合わせた計36種の設定による解析を試みた。



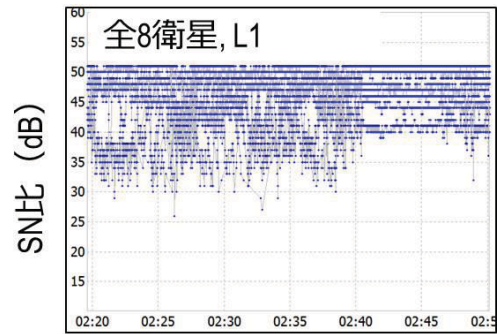
(a) 仰角 15°



(b) 仰角 30°

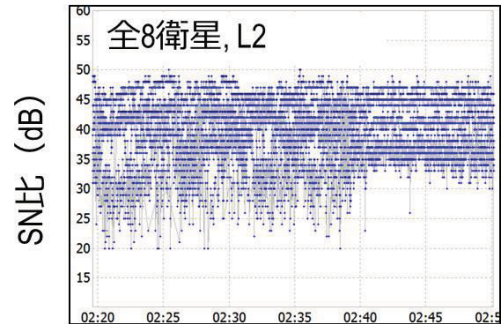
図 - 5 仰角の閾値 15° のと 30° での捕捉衛星数

解析結果は表-1に示す．精度を測るうえでFix解を特定できた個数の多さが一つの指標であり，Fix解の数が多い順，に赤→橙→緑→青とした．Fix率は高いほど精度が良いが，Fix率を高めることで，測位出来た解の数（エポック数）が減少される．Fix率が高くかつエポック数が減少していないものを判別するため，Fix解を特定できた個数が有効な指標と考えた．



時間

(a) L1 帯



時間

(b) L2 帯

図-6 L1 と L2 帯の SN 比

今回の解析結果を検討すると，仰角が15°以上の全衛星を解析に使うよりも，仰角が30°以上の衛星

表-1 解析結果

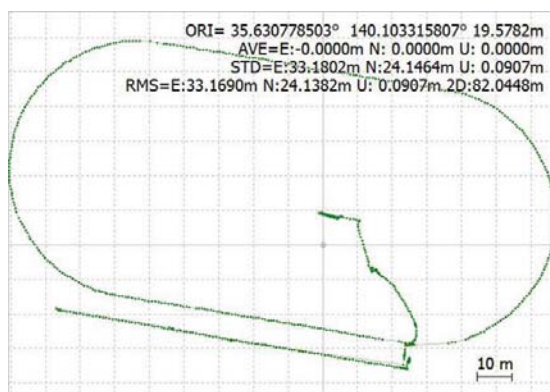
仰角マスク [°]		SNRマスク[dBHz]		Fix決定方法							
				Fixing Ratio	# of Epoch			Fixing Ratio	# of Epoch		
					Fix	Float	Total		Fix	Float	Total
15	35	—	70.7%	1297	538	1835	76.6%	1405	430	1835	
15	40	—	73.0%	1338	495	1833	78.1%	1432	401	1833	
15	45	—	72.3%	1251	479	1730	80.7%	1396	334	1730	
15	35	30	72.4%	1328	507	1835	76.8%	1409	426	1835	
15	40	30	77.9%	1428	405	1833	80.3%	1471	362	1833	
15	45	30	76.1%	1317	413	1730	83.2%	1439	291	1730	
15	35	35	67.4%	1237	598	1835	75.9%	1393	442	1835	
15	40	35	87.5%	1604	229	1833	91.3%	1674	159	1833	
15	45	35	84.6%	1463	267	1730	92.9%	1607	123	1730	
30	35	—	88.1%	1590	214	1804	92.3%	1665	139	1804	
30	40	—	90.3%	1580	169	1749	95.4%	1668	81	1749	
30	45	—	94.6%	1399	80	1479	98.5%	1457	22	1479	
30	35	30	88.1%	1590	214	1804	92.0%	1660	144	1804	
30	40	30	90.7%	1586	163	1749	95.7%	1673	76	1749	
30	45	30	94.1%	1392	87	1479	98.8%	1461	18	1479	
30	35	35	85.4%	1541	263	1804	93.0%	1677	127	1804	
30	40	35	91.9%	1607	142	1749	95.7%	1673	76	1749	
30	45	35	97.6%	1444	35	1479	99.6%	1473	6	1479	

を制限した方が多いFix解の結果となった。また、L1帯のSNRマスクによる効果は大きく、とくに35dBと40dBの場合を比較すると、ほぼすべての場合でFix解の数が増加した。逆に、40dBと45dBの場合では、閾値の値を大きくとりすぎることによって、Fix解の数が極端に減少してしまうことが確認された。L2帯のSNRマスクでは、全てにおいてエポック数の減少が見られなかった。Fix解の数は減少する場合もあったが、ほぼすべての設定で増加する傾向にあった。このことから、L2帯のSNRマスクを使用することは有効であると考えられる。

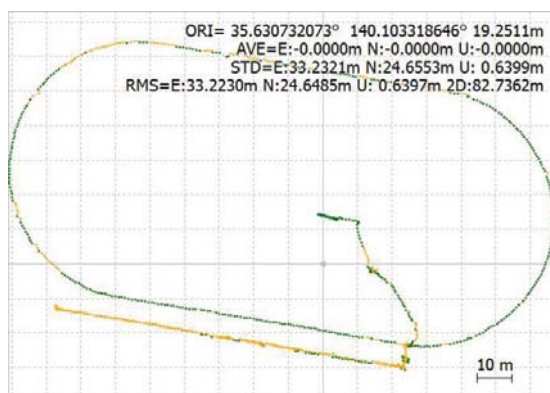
また、すべての場合においてContinuousよりFix and Holdの方が精度が良くなることが確認された。これは今回の観測が、比較的条件的の良い場所で行われたためであると考えられる。

4. 閾値あり・なしの比較検討

表-1に示す閾値を設定したケースのうち、一番



(a) 閾値あり



(b) 閾値なし

図-7 測位解のプロット

Fix解の数が多かった仰角マスク30°以上、SNR L1マスクが35dB、SNR L2マスクが35dBの場合と、閾値を設定しなかった場合の比較を行った。

図-7の(a)は閾値を設定した場合の解析結果である。この時の南北、東西と鉛直(NS, EW, UD)方向の標準偏差の平均は、Fix解が0.9cm、0.7cmと2.2cmであり、Float解が1.2cm、4.5cm、43.5cmであった。(b)は閾値を設定しなかった場合の解析結果である。この時、3方向における標準偏差の平均は、Fix解が0.5cm、0.4cm、1.2cmであり、Float解が3.1cm、6.8cm、9.0cmであった。閾値ありのFix解での標準偏差は、閾値なしの場合よりも若干大きくなった。これは、閾値を設定することで使用衛星数が4~6機に減ってしまい、精度が低下したためと考えられる。閾値を設定した方が、Fix解の数が増え全体として精度が良くなると言える。しかし、Fix解に限定して見ると標準偏差が若干大きくなることから、その分だけ精度は低下しているといえる。

5. まとめ

本研究では、千葉大学西千葉キャンパスで行ったGNSS観測のデータを用いて、解析に閾値を設定することによるFix解測位精度の向上が確認された。しかし、仰角とSNRの閾値設定により使用できる衛星数が減少し、Fix解が多く特定できたものの、その精度低下が見られた。今後は、衛星数減少による精度低下をなくすためにもマルチGNSSによる解析を試みる必要があると考える。

参考文献

- 1) Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics, <http://www.gps.gov/systems/gps/> (2015/11/26閲覧)
- 2) 土屋淳, 辻宏道: 新・GPS測定の基礎, pp20, 日本測量協会, 2002
- 3) 安田明生: GPS技術の展望, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J84-B No.12, pp.2082-2091, 2001
- 4) 久保信明, 安田明生: 単独測位におけるマルチパスの評価と精度改善方法, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J84-B, No.12, pp.2123-2131, 2001.
- 5) 国土地理院:電子基準点データ提供サービス, <http://terras.gsi.go.jp/> (2015/12/09閲覧)
- 6) RTKLIB: Documents, http://www.rtklib.com/rtklib_document.htm (2015/12/09閲覧)
- 7) 測位衛星による高精度測位技術の研究開発 <http://gpspp.sakura.ne.jp/index.shtml> (2015/12/09閲覧)