

悪環境下（樹木横・樹冠下）でのCLAS測位評価
～アンテナによるCLAS測位の影響～

アイサンテクノロジー株式会社
SIQ本部
基礎研究課

目的

- ✓ GNSS信号が減衰、遮蔽される環境下でのCLAS測位の振る舞いを検証
- ✓ アンテナによる測位結果への影響を評価

観測日

2010.09.29
01:00~06:00(UTC)

観測地



愛知県瀬戸市
海上の森



地点A: 樹木周辺



地点B: 樹冠下

使用機材

Receiver

receiver	manufacturer
AQLOC-Light	MELCO
MJ-3008-GM4-QZS	MSJ
AsteRx4	Septentrio
NetR9 ※	Trimble



Antenna

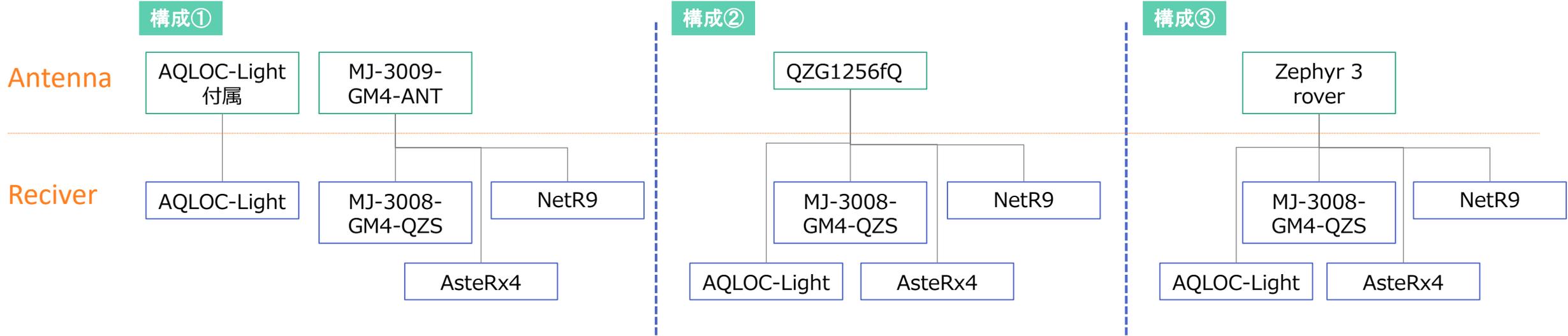
antenna	manufacturer
AQLOC-Light 付属	MELCO
MJ-3009-GM4-ANT	MSJ
QZG1256fQ	小峰無線電機
Zephyr 3 rover	Trimble



※ NetR9は今回の評価には利用していません。

実験概要：機器構成と観測時間帯

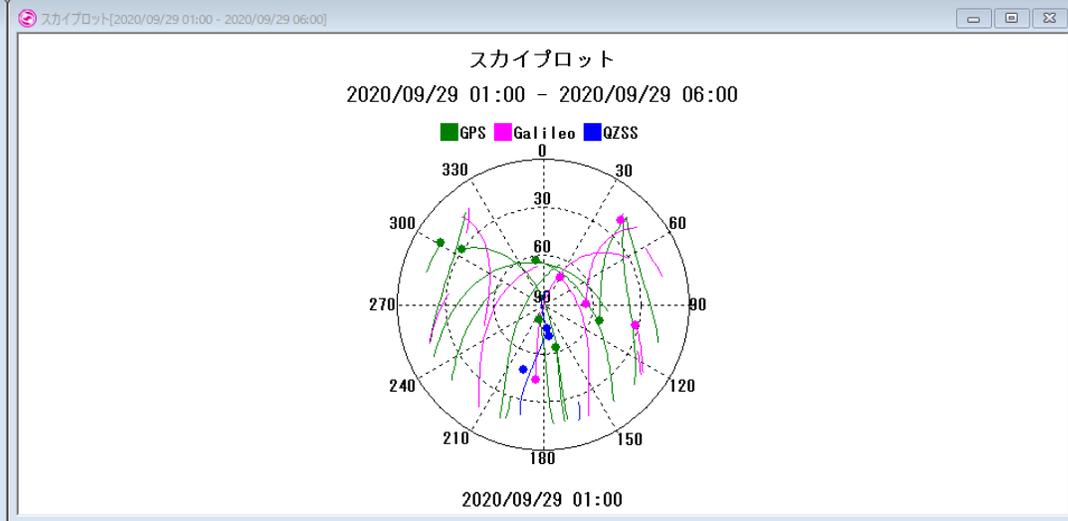
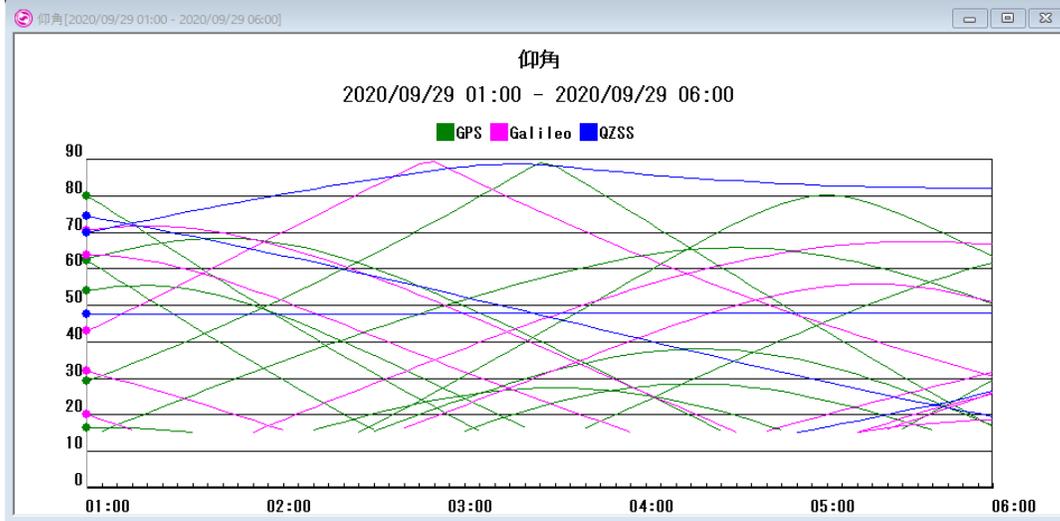
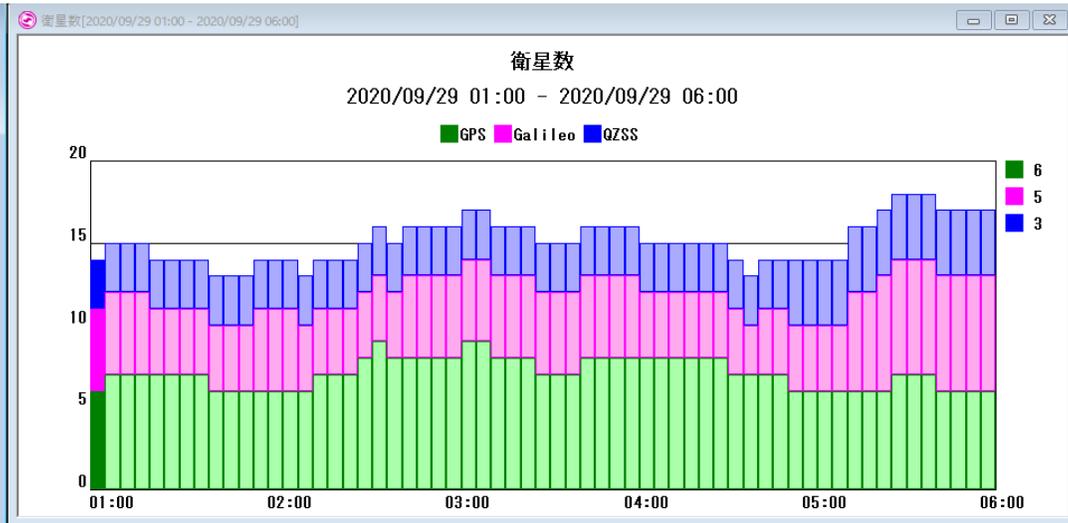
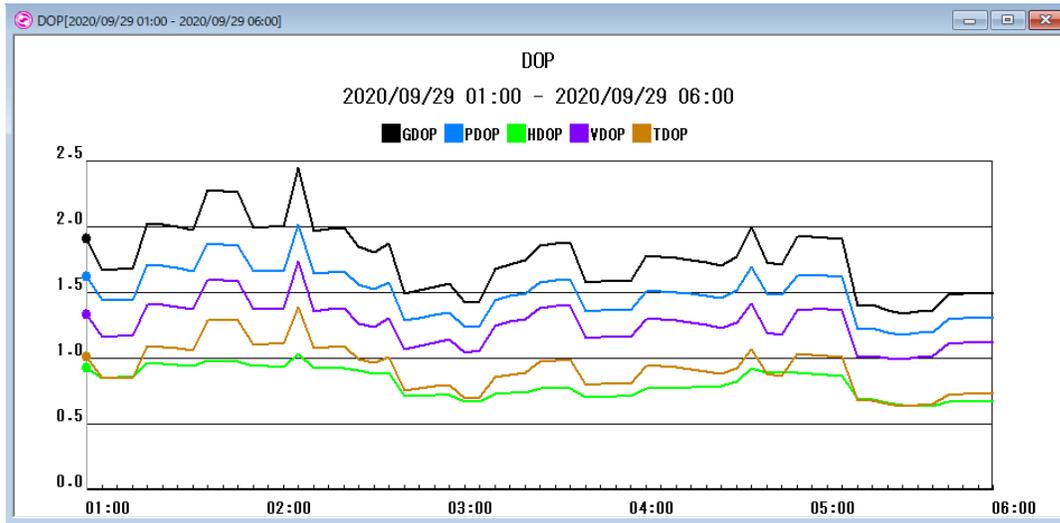
機器構成



観測時間帯

構成	地点A			地点B		
	開始	終了	観測時間	開始	終了	観測時間
構成①	1:25:22	2:00:49	0:35:27	3:49:40	4:20:19	0:30:39
構成②	2:05:27	2:31:08	0:25:41	4:22:49	4:55:30	0:32:41
構成③	2:34:58	3:01:48	0:26:50	4:59:29	5:31:20	0:31:51

事前確認：衛星の飛来予想

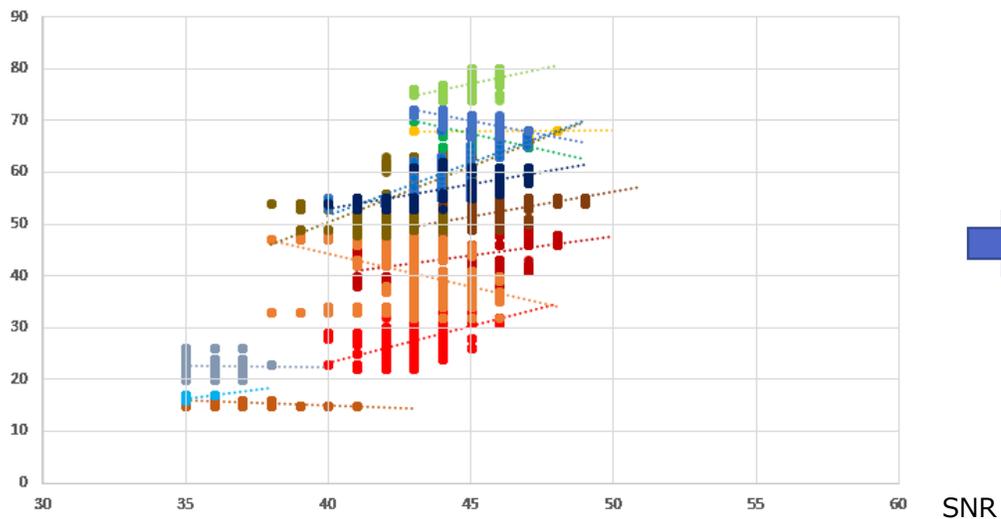


2020/09/29 01:00 ~ 06:00 海上の森駐車場近傍
対象衛星(GPS・Galileo・QZSS)

グラフ作成
Forecaster(GNSS-Explorer)

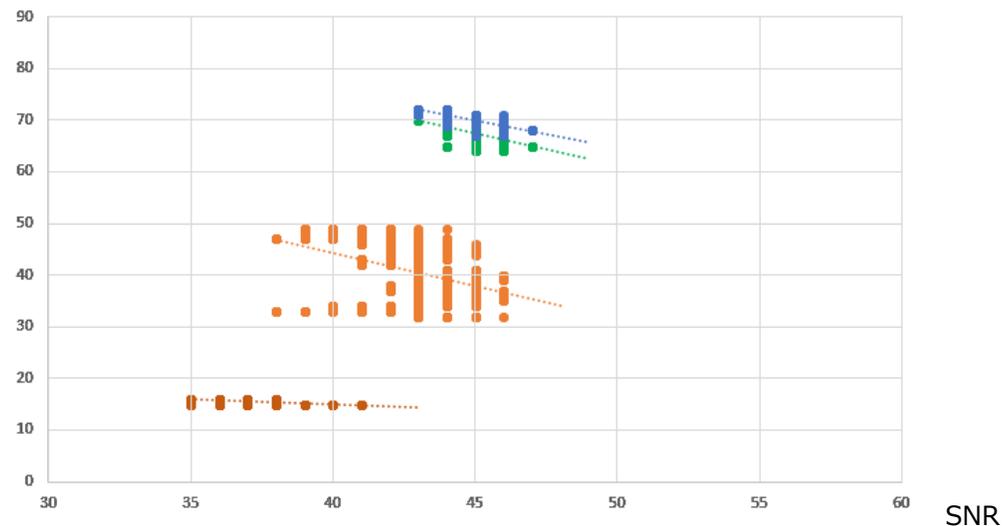
樹木横：仰角とSNR(1/2)

仰角



仰角

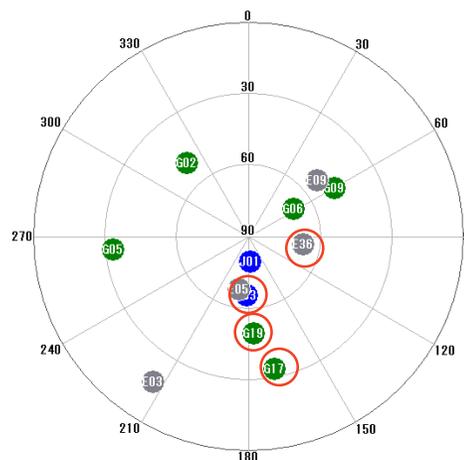
※受信機の設定の関係上、以降の評価は全てAQLOC-Lightを利用しています。



AQLOC-Light 樹木周辺での観測
(付属アンテナ)
可視衛星の仰角とSNRの関係のプ
ロット
破線は推定直線

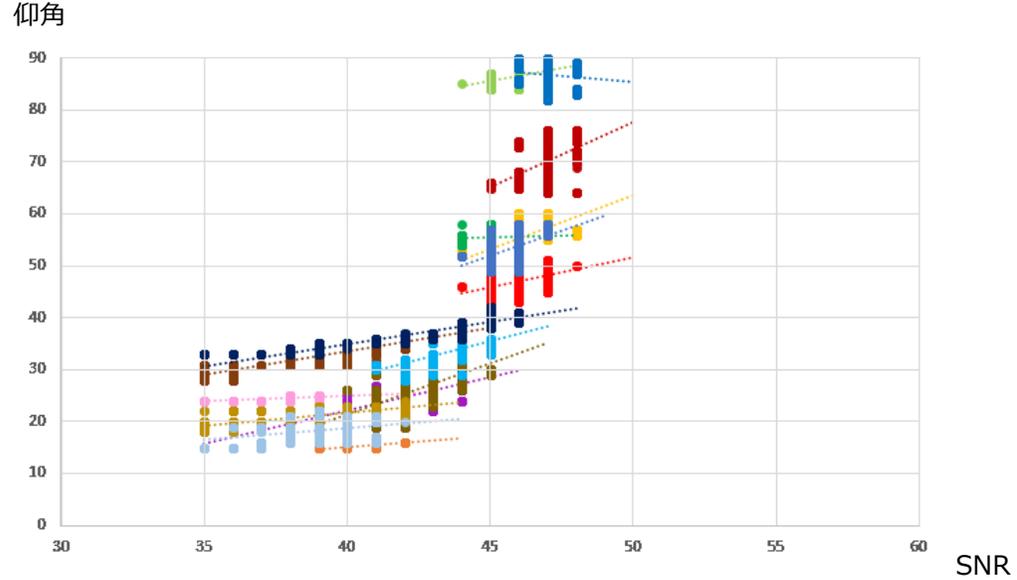
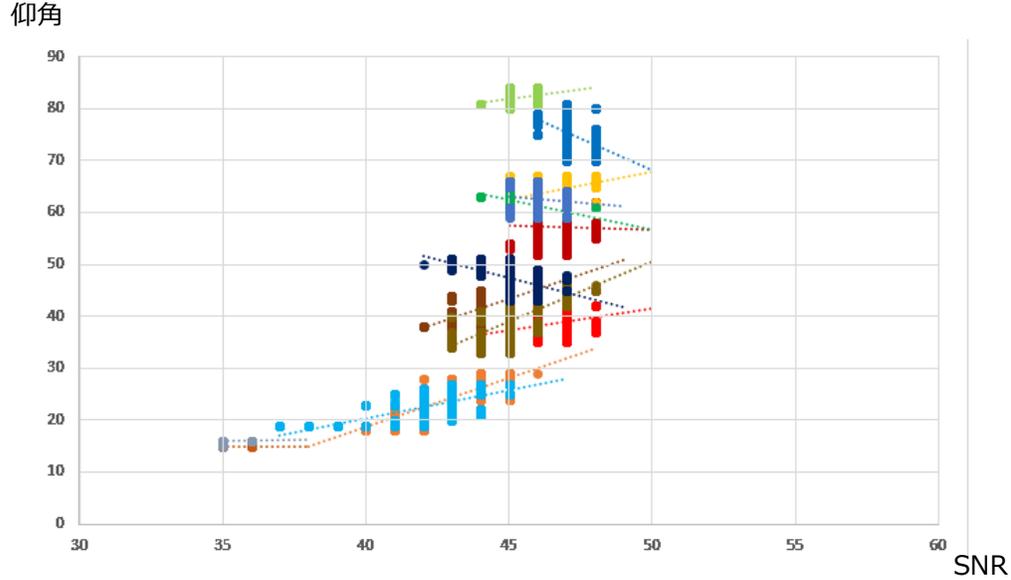
G02	J01	E03
G05	J03	E05
G06		E09
G09		E11
G12		E36
G17		
G19		

仰角が上がるとSNRも向上すると考えられるが、
G17,G19,J03,E36は逆の傾向が出ている。



これらの衛星は方向角90度～180のに配置
されていた、衛星となることから、仰角があ
る一定の高さの範囲で、樹木による減衰が
発生したと想定される。

樹木横：仰角とSNR(2/2)



AQLOC-Light 樹木周辺での観測(QZG1256fQ)
可視衛星の仰角とSNRの関係のプロット

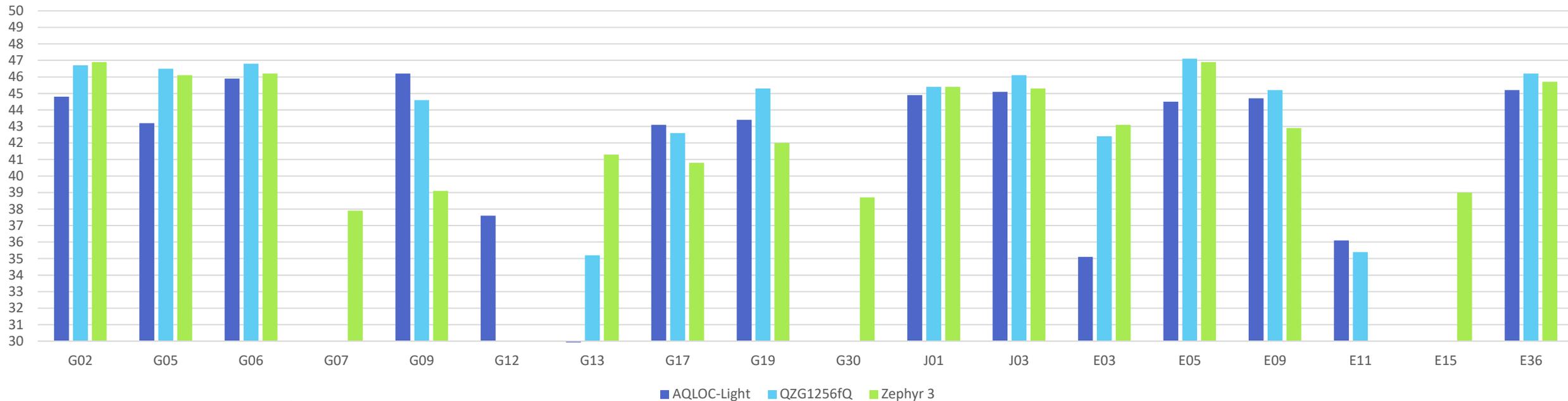
AQLOC-Light 樹木周辺での観測(Zephyr 3)
可視衛星の仰角とSNRの関係のプロット

AQLOC-Light 付属アンテナと比較し、高仰角衛星でSNRが低いものが殆ど無いという特徴がみられる。

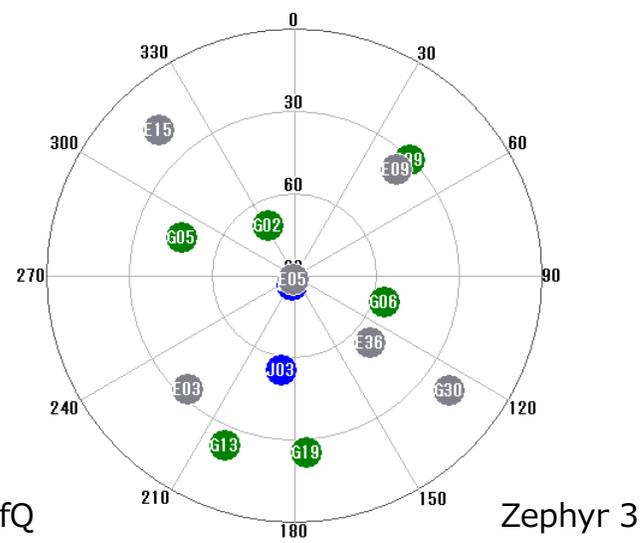
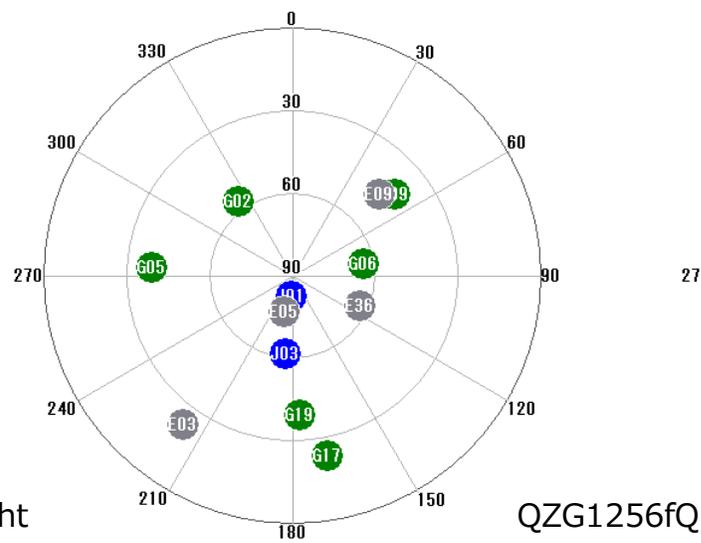
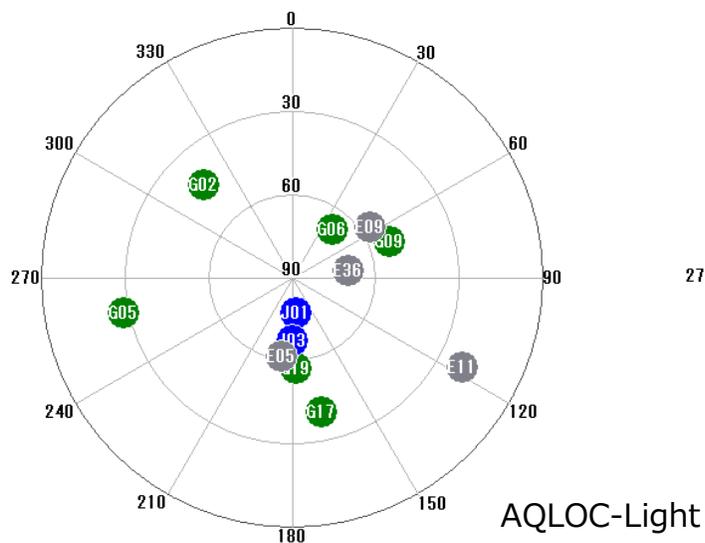
また、可視衛星数も、それぞれ増えている。

特にZephyr3では、顕著にその傾向がでており、高仰角になるほどSNRが減衰した衛星は、J03とE36しかなく、ともにAQLOC-Light 付属アンテナより、減衰幅はかなり少なくなっている。

樹木横：各衛星の平均SNRと衛星配置

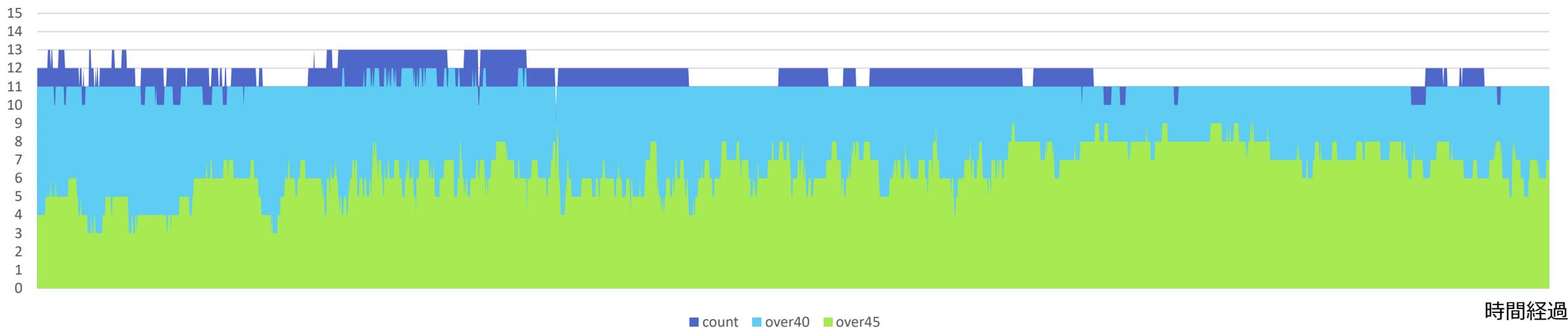


各観測（アンテナ）時のスカイプロット

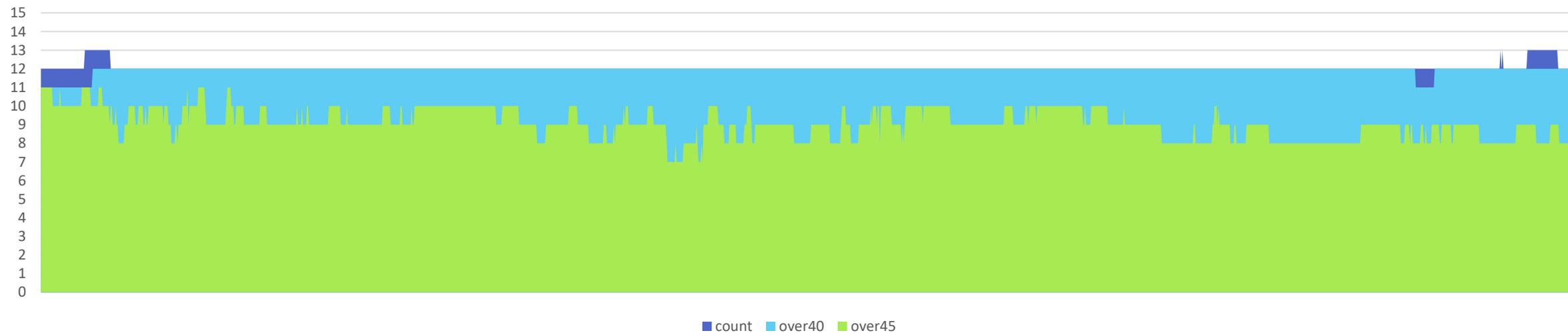


樹木横 : SNR毎の衛星数(1/2)

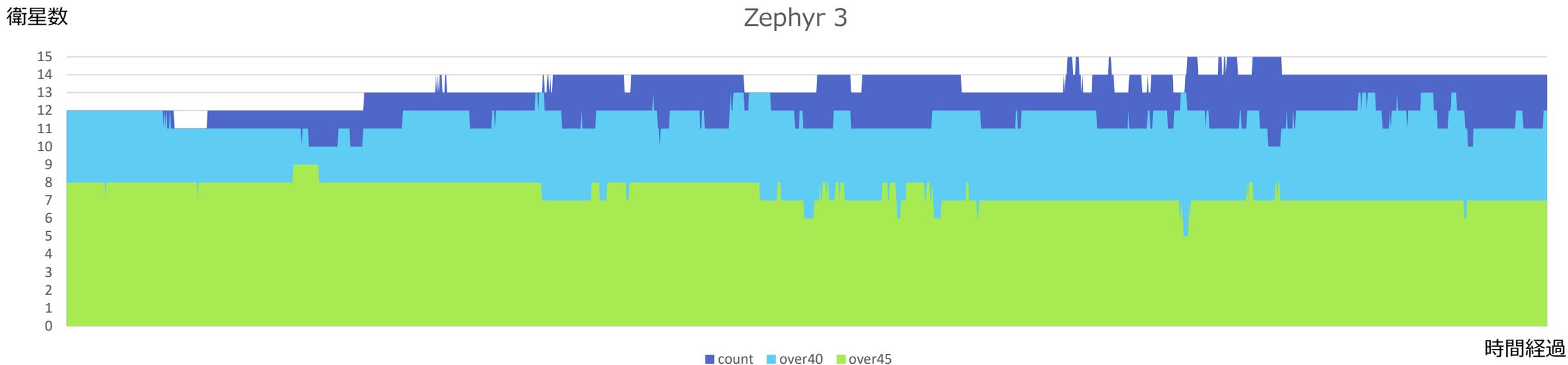
衛星数 AQLOC-Light 付属アンテナ



QZG1256fQ

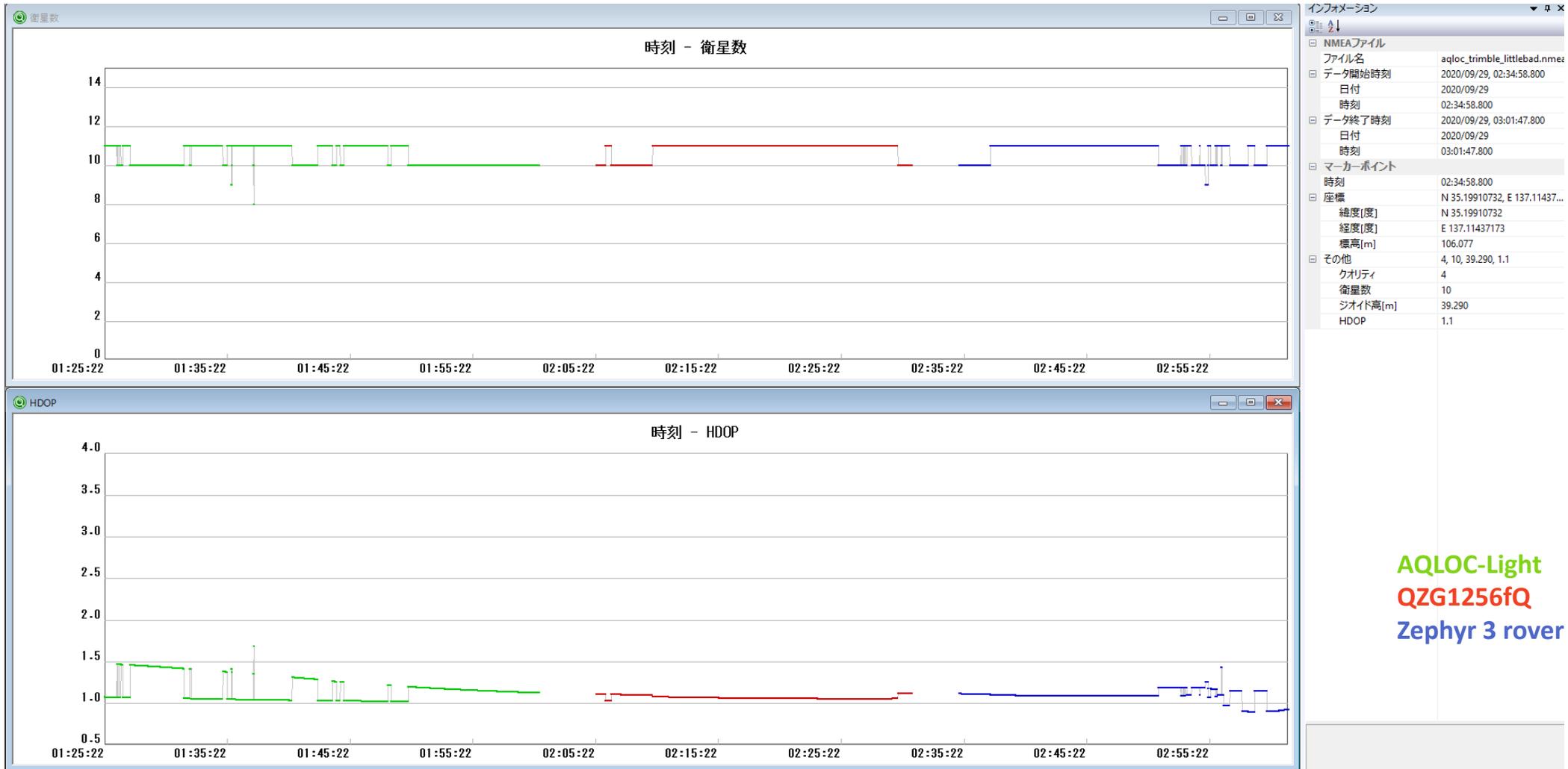


樹木横 : SNR毎の衛星数(2/2)



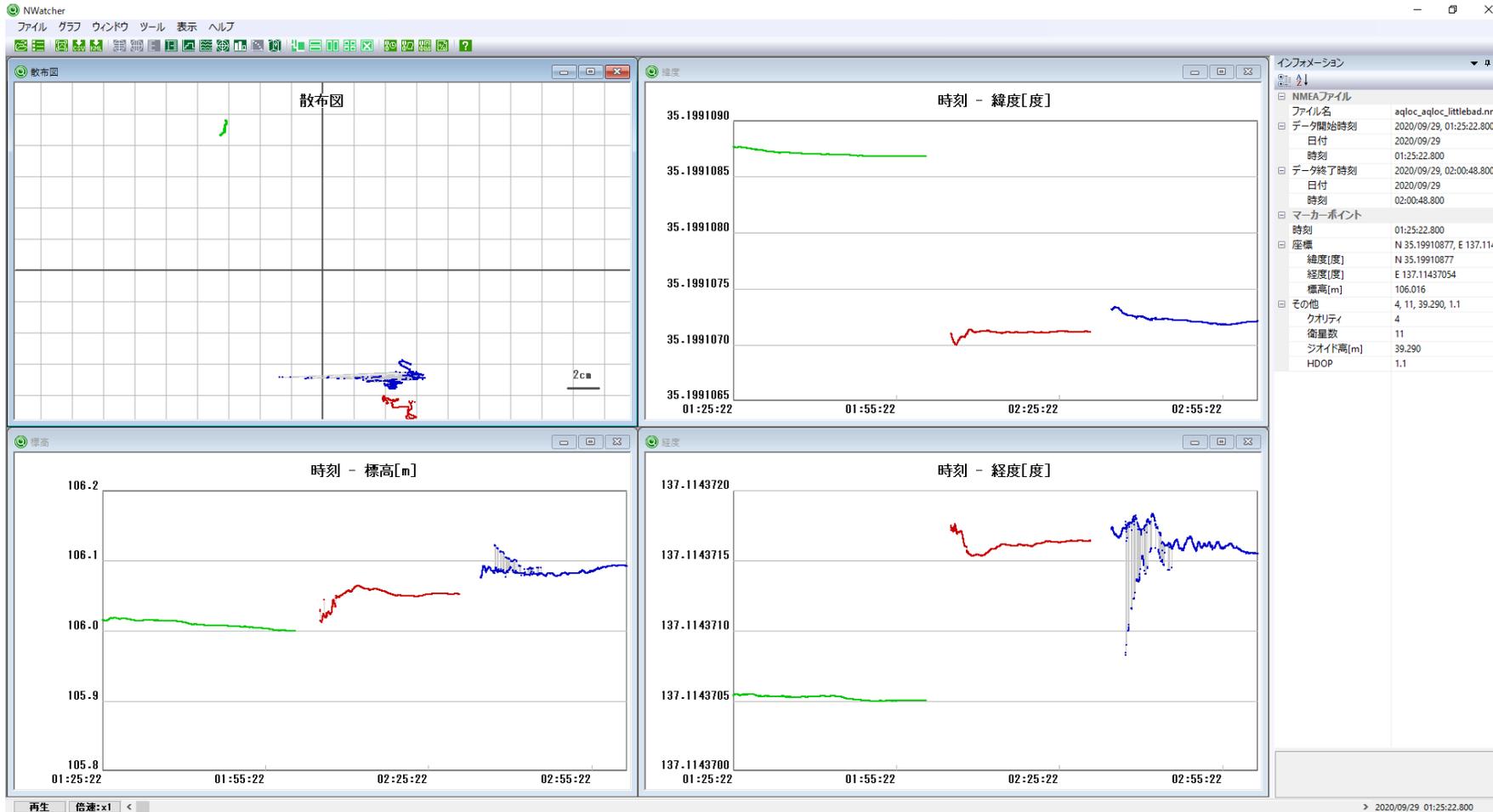
countは可視衛星数、over40,over45はその内数での、それぞれSNRが40以上、45以上の衛星数を示している。
つまり青い部分（count）が多いほど、SNRの低い可視衛星が多かったことになる。
Zephyrは可視衛星数が他のアンテナより多いが、これらはSNRが40以下の衛星をより多く補足している事を示している。
またQZG1256fQでは12個の、AQLOC-Light付属アンテナでは11個のSNR40以上の衛星が、安定して可視となっている。
この2つのアンテナは、Zephyrと比べ、SNRが低い衛星を補足しにくいと言える。

樹木横：使用衛星数とHDOP



使用衛星数と、HDOPの関係は通常はひっくり返すと同じような傾向になる。Zephyrでの観測は、若干異なる様相を見せている。QZGが可視衛星の数と、使用衛星数がほぼ同じ数であったのに対し、付属アンテナでは可視衛星数(SNR40以上) に対して、若干使用衛星数が低い傾向がみられる。

樹木横：測位



AQLOC-Light
QZG1256fQ
Zephyr 3 rover

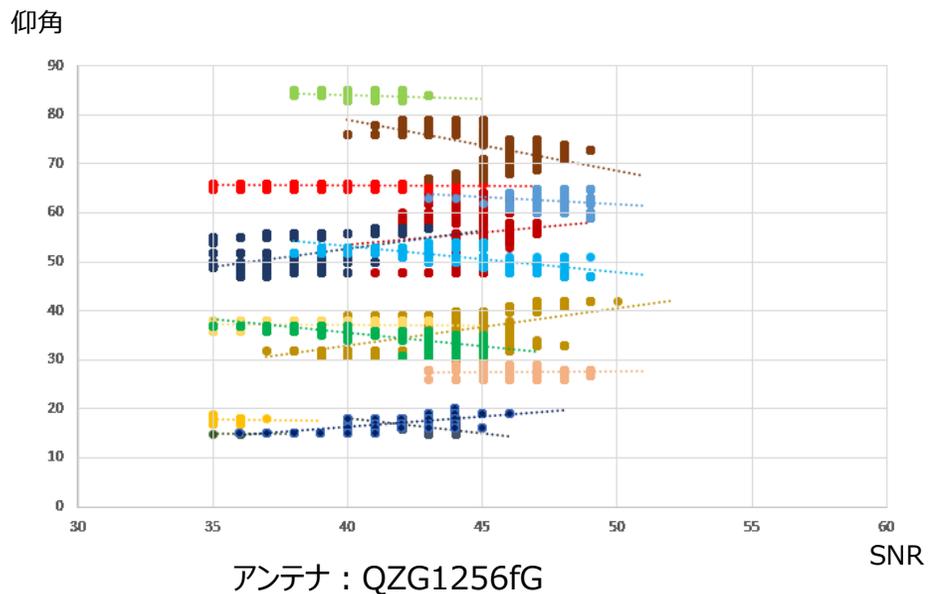
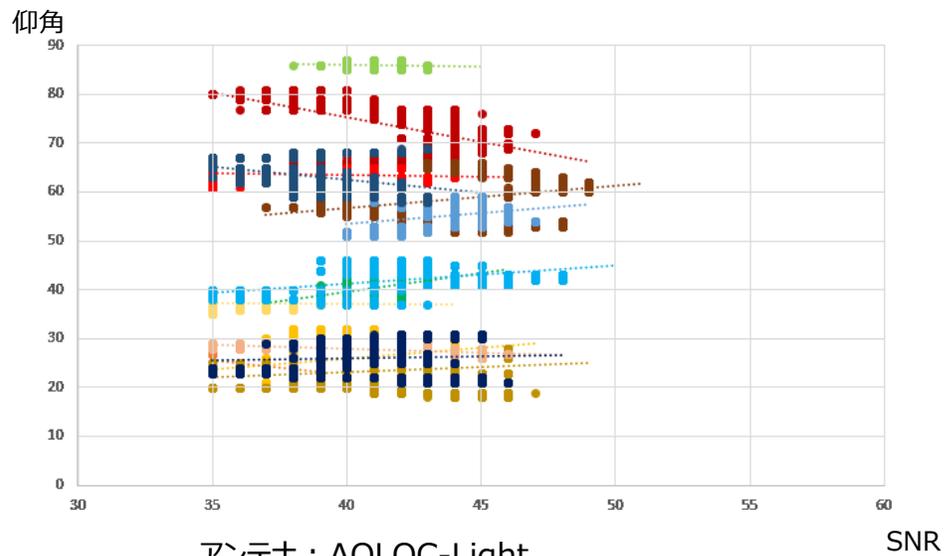
	付属アンテナ	QZG1256fQ	Zephyr 3
Fix率	100.0%	100.0%	100.0%
2DRMS[m]	0.006	0.010	0.021
垂直標準偏差[m]	0.006	0.010	0.007

測位結果の収束は、AQLOC-Lightの付属アンテナが安定していた。
※AQLOC-Light付属のアンテナは設置の関係上、水平方向にオフセットをとった個所に設置している。

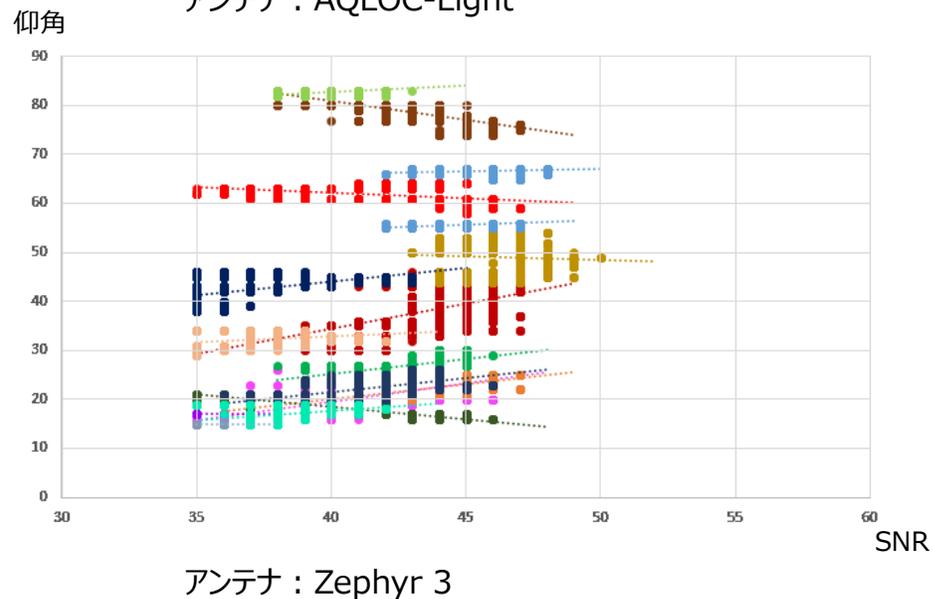
受信機の電源を入れたままアンテナを入れ替えており、QZG1256fQおよびZephyr 3が前半で乱れているのは、実験のやり方が影響したことが否めない。

樹冠下：仰角とSNR

可視衛星の仰角とSNRの関係のプロット

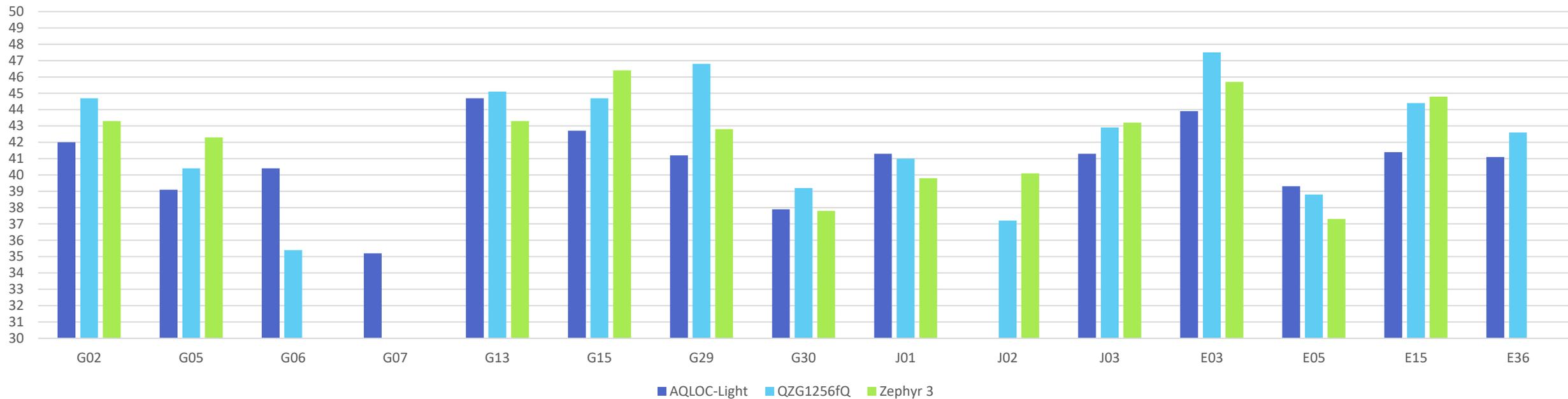


G02	J01	E03
G05	J02	E05
G06	J03	E08
G07		E13
G13		E15
G15		E25
G18		E36
G24		
G29		
G30		

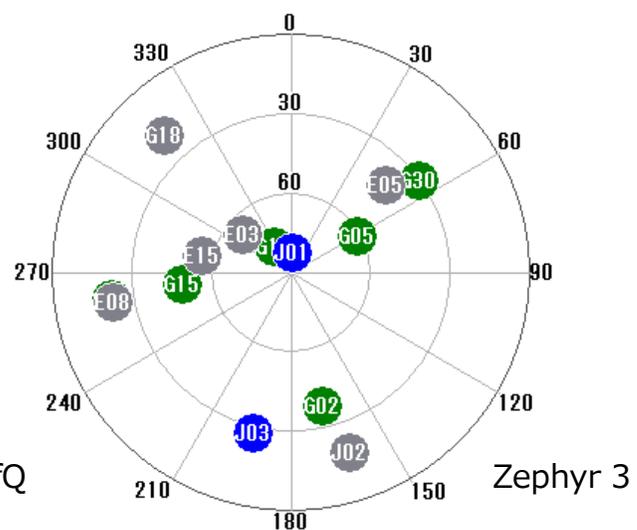
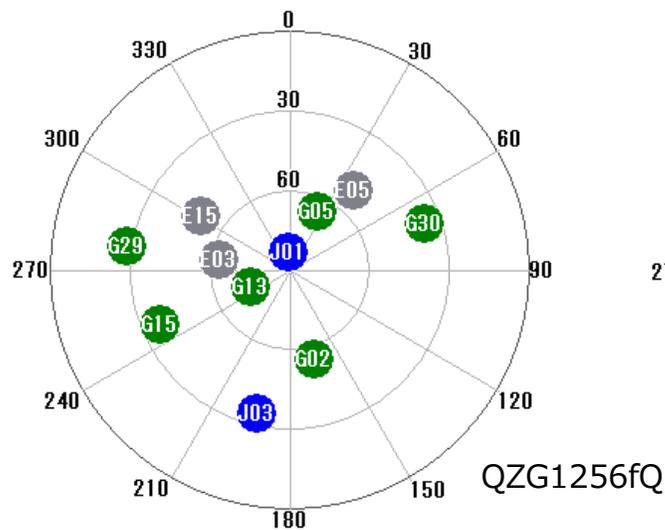
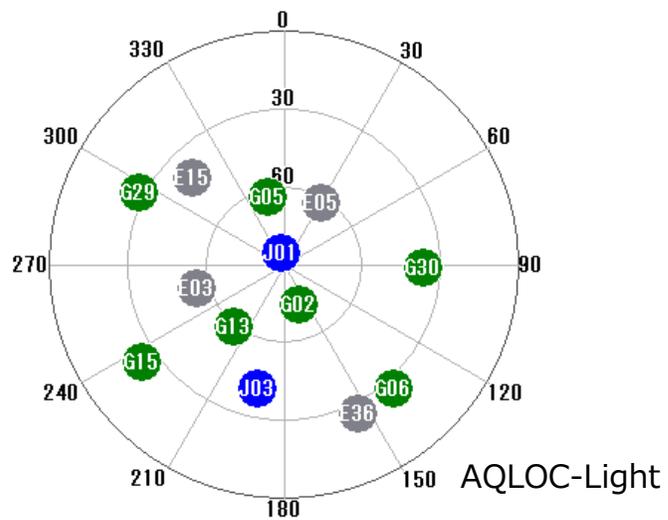


樹冠下での観測は、SNRの振れ幅が大きいという特徴がみられることから安定していないことが判る。

樹冠下：各衛星の平均SNRと衛星配置



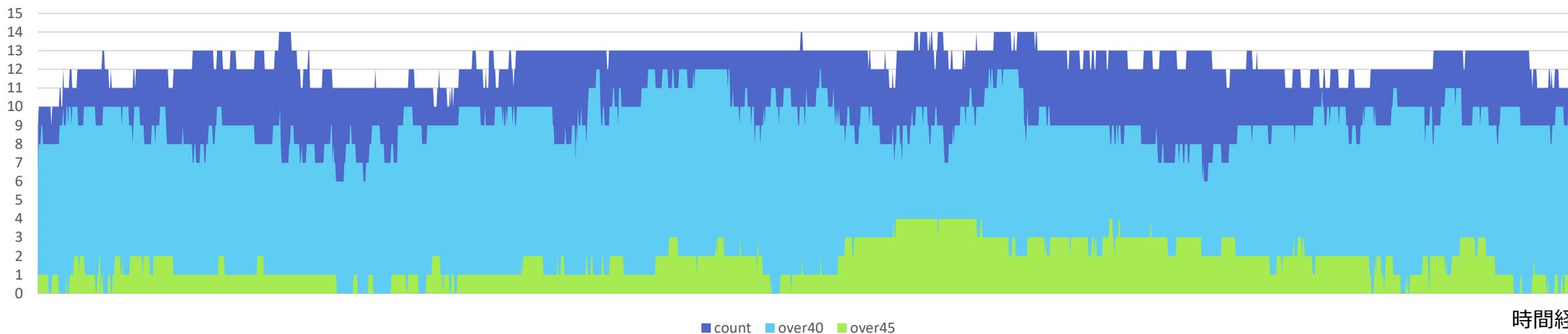
各観測（アンテナ）時のスカイプロット



樹冠下：SNR毎の衛星数(1/2)

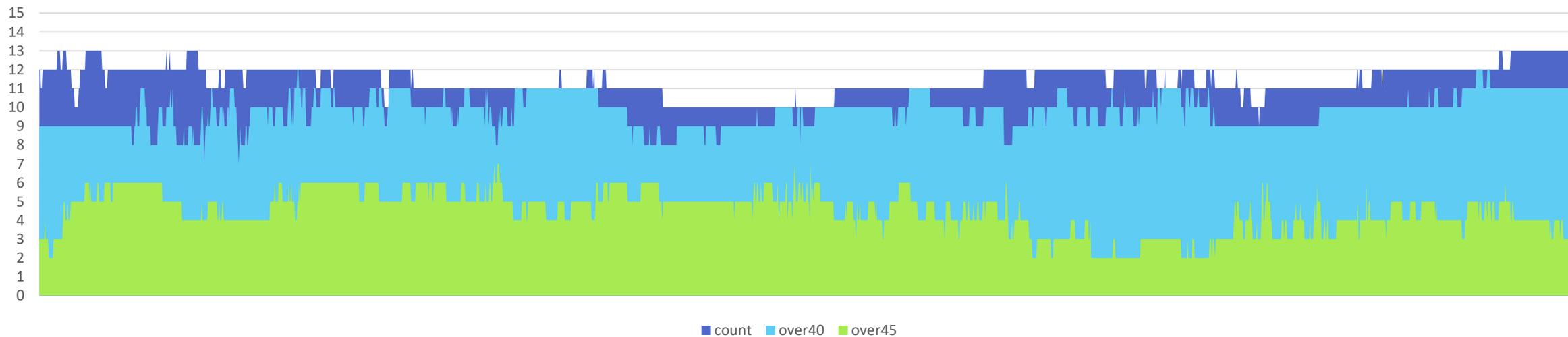
衛星数

AQLOC-Light付属アンテナ

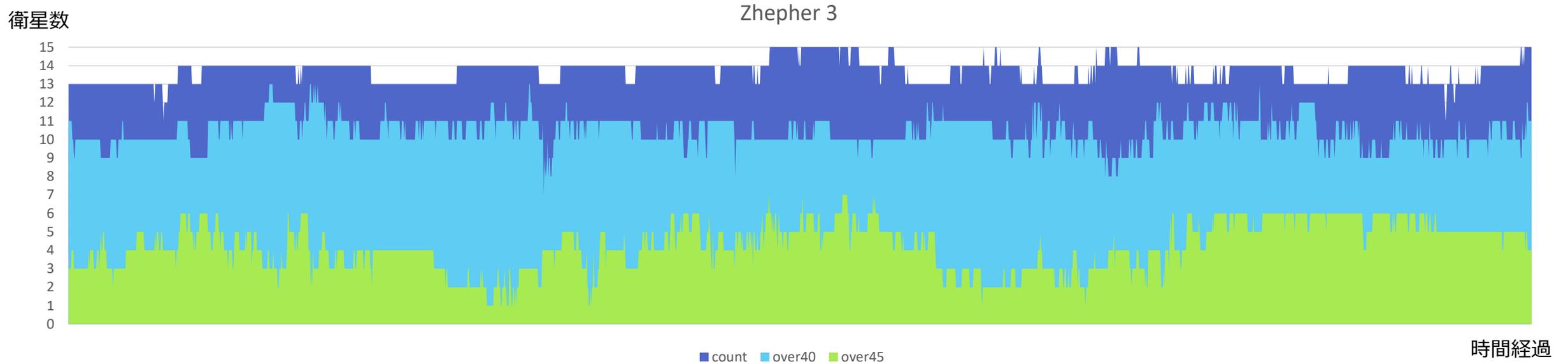


時間経過

QZG1256fG

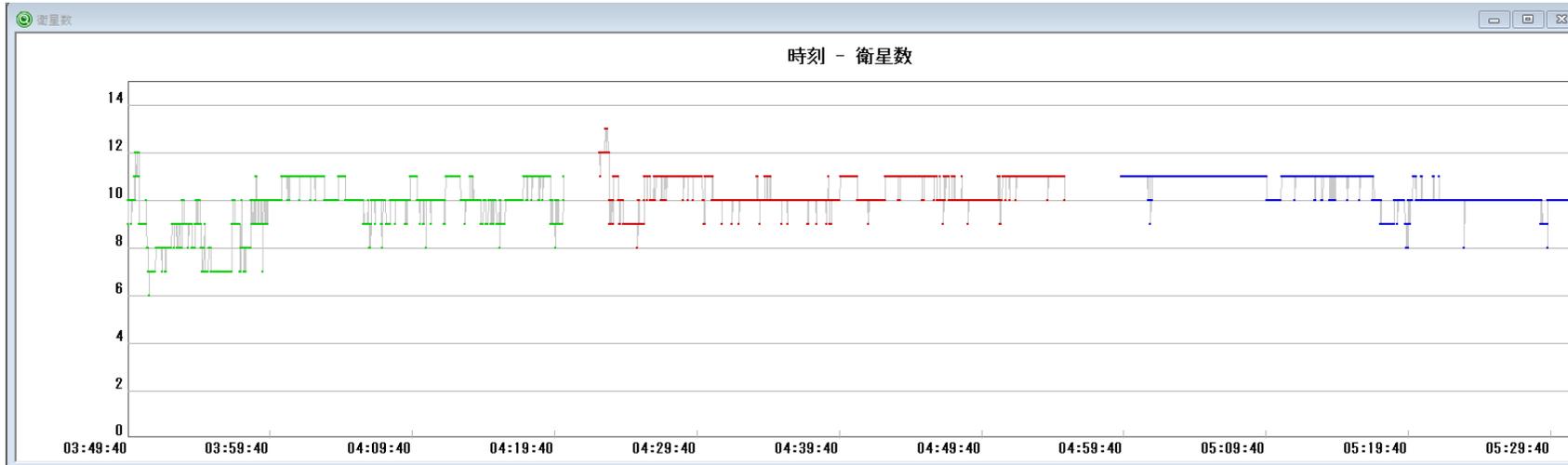


樹冠下：SNR毎の衛星数(2/2)

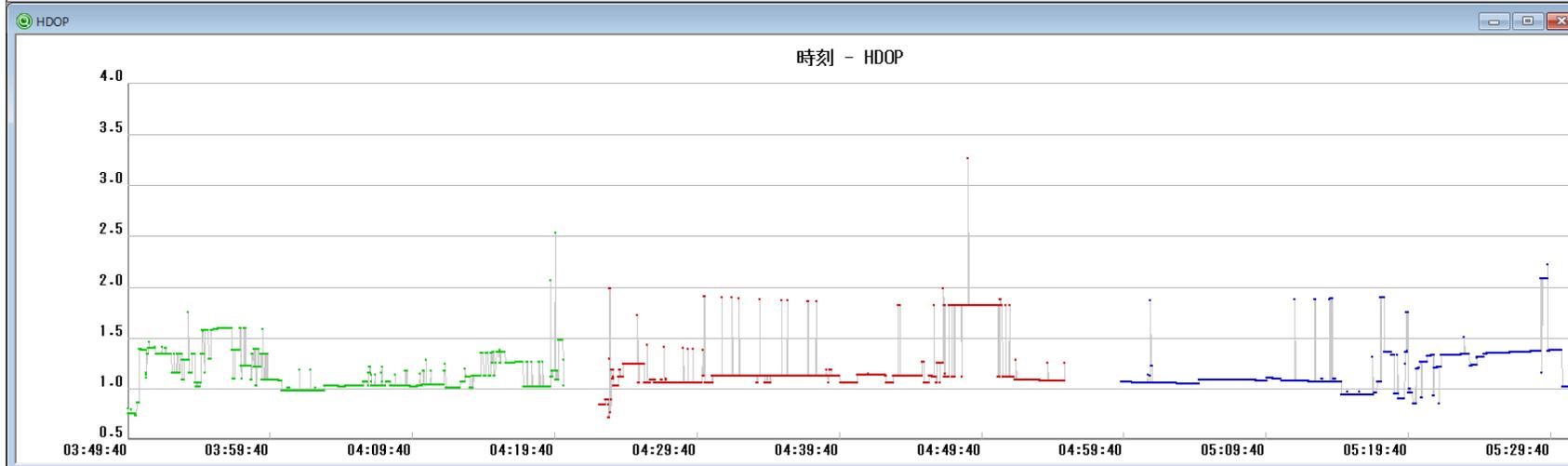


樹冠下の場合、可視衛星数が減るだけでなく、安定していないことが確認できる。SNR40,45以上の衛星数も揺らいでいることから、たとえ可視であっても安定して受信ができていないわけでは無いことがうかがえる。
可視衛星数ではZephyr3、SNR45以上ではQZGが、樹冠下でも比較的よかった。

樹冠下：使用衛星数とHDOP



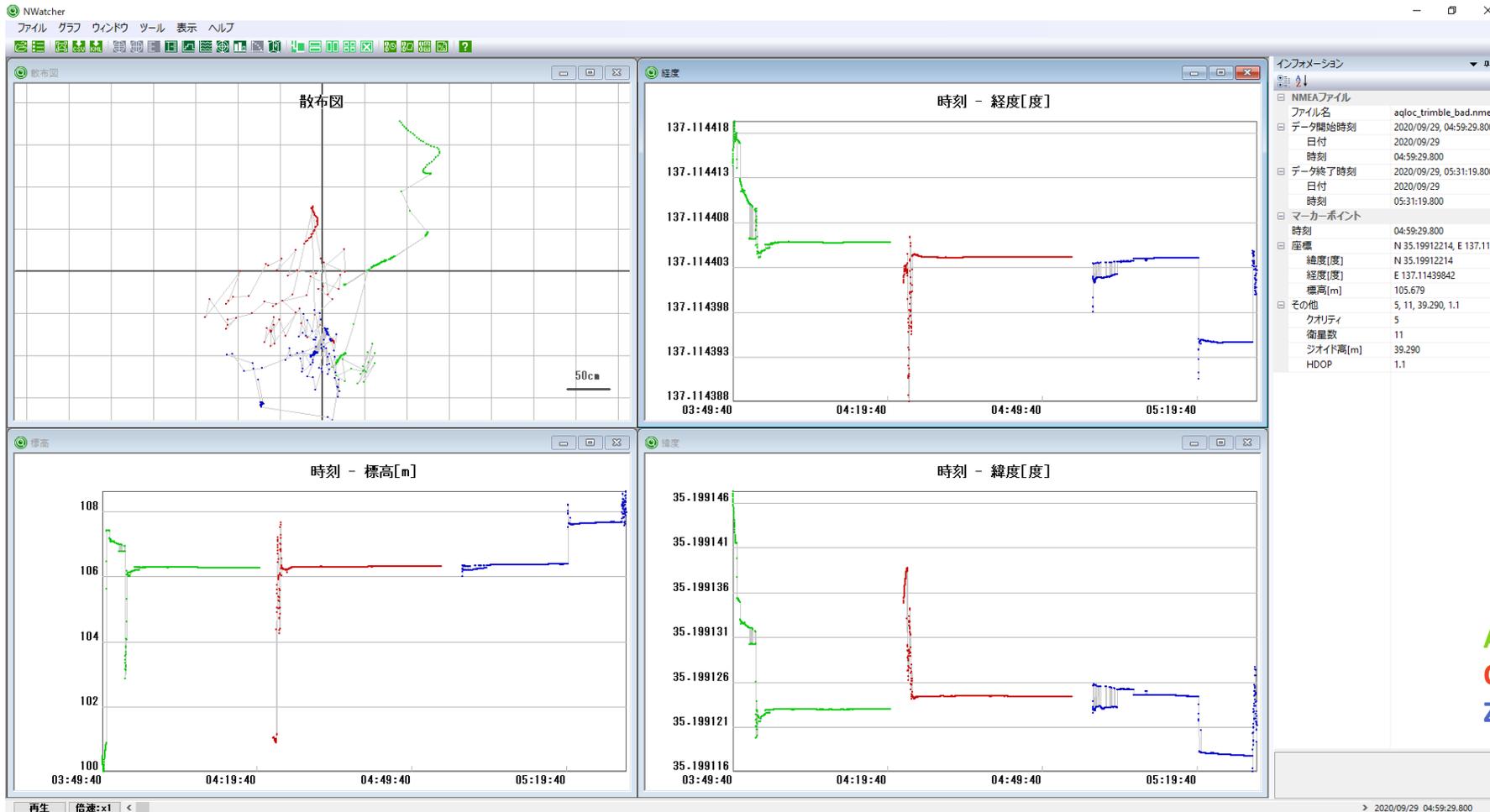
インフォメーション	
NMEAファイル	
ファイル名	aqloc_trimble_bad.nmea
データ開始時刻	2020/09/29, 04:59:29.800
日付	2020/09/29
時刻	04:59:29.800
データ終了時刻	2020/09/29, 05:31:19.800
日付	2020/09/29
時刻	05:31:19.800
マーカーポイント	
時刻	04:59:29.800
座標	N 35.19912214, E 137.11439...
緯度[度]	N 35.19912214
経度[度]	E 137.11439842
標高[m]	105.679
その他	5, 11, 39.290, 1.1
クオリティ	5
衛星数	11
ジオイド高[m]	39.290
HDOP	1.1



AQLOC-Light
QZG1256fQ
Zephyr 3 rover

可視衛星数同様、使用衛星数も変動をしている。樹木横に対し、一瞬衛星数が減るという症状がどのアンテナでも頻繁にみられる。このことは、常に不安定（可視と、非可視の間を揺れている）な衛星が存在している事を示している。衛星数が減ることになるが、こういった衛星を除去して測位計算を行うことで、測位結果が安定する可能性がある。

樹冠下：測位

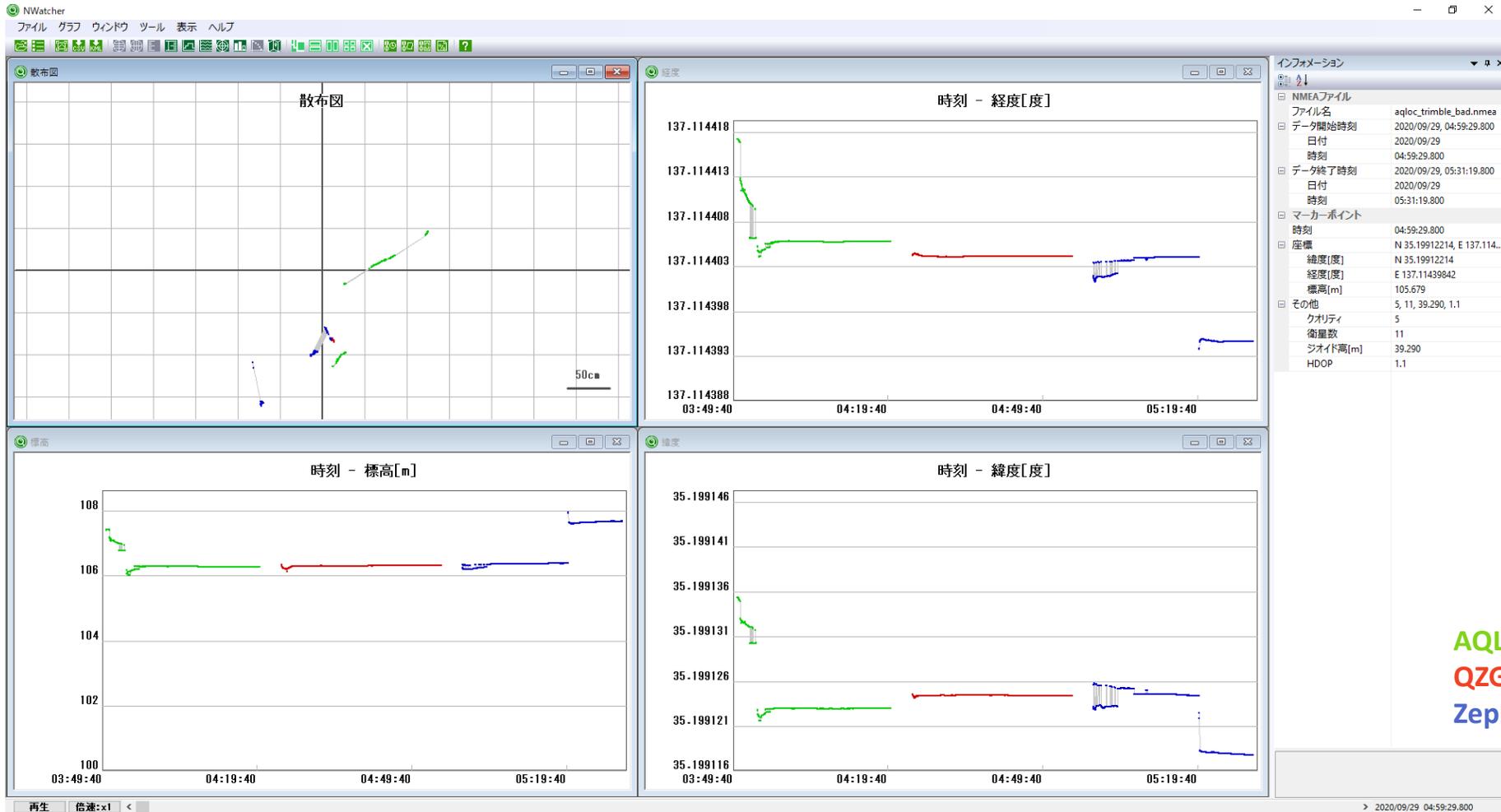


AQLOC-Light
QZG1256fQ
Zephyr 3 rover

	付属アンテナ	QZG1256fQ	Zephyr 3
測位率	100.0%	100.0%	100.0%
2DRMS	1.108	0.522	1.030
垂直標準偏差	1.025	0.807	0.651

単独測位、Float解を含む測位結果
樹冠下ではFix解以外の解も存在し、樹木横と比較して、測位性能が大きく下がった。
しかし、本実験では樹冠が濃くなかったためか、測位率は100%となっている。

樹冠下：測位(Fix解のみ)



AQLoc-Light
QZG1256fQ
Zephyr 3 rover

	付属アンテナ	QZG1256fQ	Zephyr 3
Fix率	96.1%	95.0%	96.6%
2DRMS	0.797	0.013	1.036
垂直標準偏差	0.268	0.020	0.619

樹冠下ではQZG1256fQが好成績であった。
悪環境下にも関わらず、水平で1.3cm、垂直で2.0cmと、オープンスカイ同等の測位が出来ている。

今回の実証実験は、同じ個所での同じ受信機で実施しており、各アンテナ評価では、時間的な差異による衛星配置の影響が存在するため、同一条件下でのアンテナの性能比較評価ではない。
それを加味したうえでも以下のことが確認できた。

- ・樹木横、樹冠下でも、多少の遮蔽、減衰であれば、CLASを利用した高精度測位は可能。
- ・アンテナが、測位結果に及ぼす影響は比較的大きく、同じ受信機でもアンテナを変えることで測位性能が大きく変わる。
- ・高感度で、より多くの衛星を取得できるイコール測位結果が良いとは限らない。
- ・各衛星を安定した状態で受信できることが、安定した測位に必要。

利用する目的、環境に対して、アンテナと受信機の組合せの最適化を図ることで、CLASの高精度測位が、より利用しやすくなると考えられる。

今回は設定の関係で、AQLOC-Light以外の受信機が準天頂衛星の静止衛星のCLAS信号（17機対応に向けた試験信号）を利用してしまったため、紹介するには至らなかったが、今後は新CLAS信号や、減衰に強いとされるL5信号も含めて実証実験を行い、今まで、衛星測位が苦手としていた環境下でも、利用できるようにする方法を模索したい。