

静止点における上空視界情報による マルチパス低減手法の評価

28 April 2016

日立造船株式会社

東京海洋大学

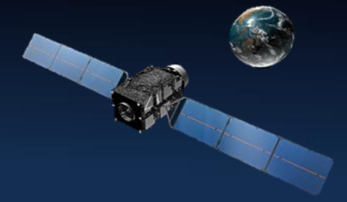
国土地理院測地観測センター衛星測地課

本研究は総合技術開発プロジェクトとして
国土地理院が実施したものである。

目次

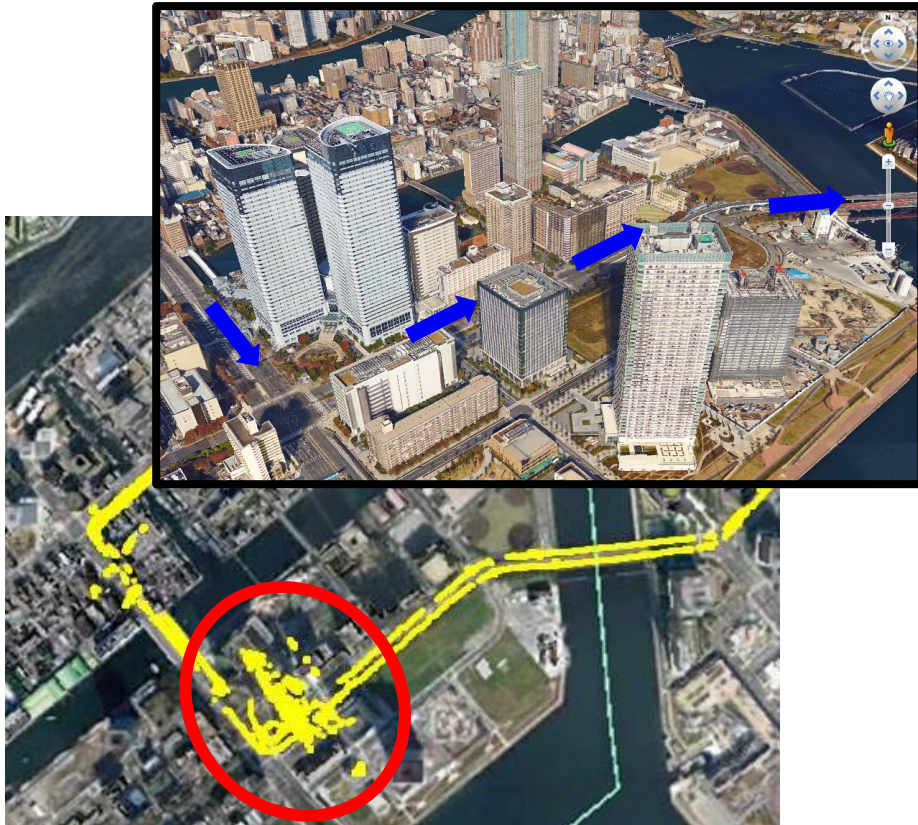


- 背景と目的



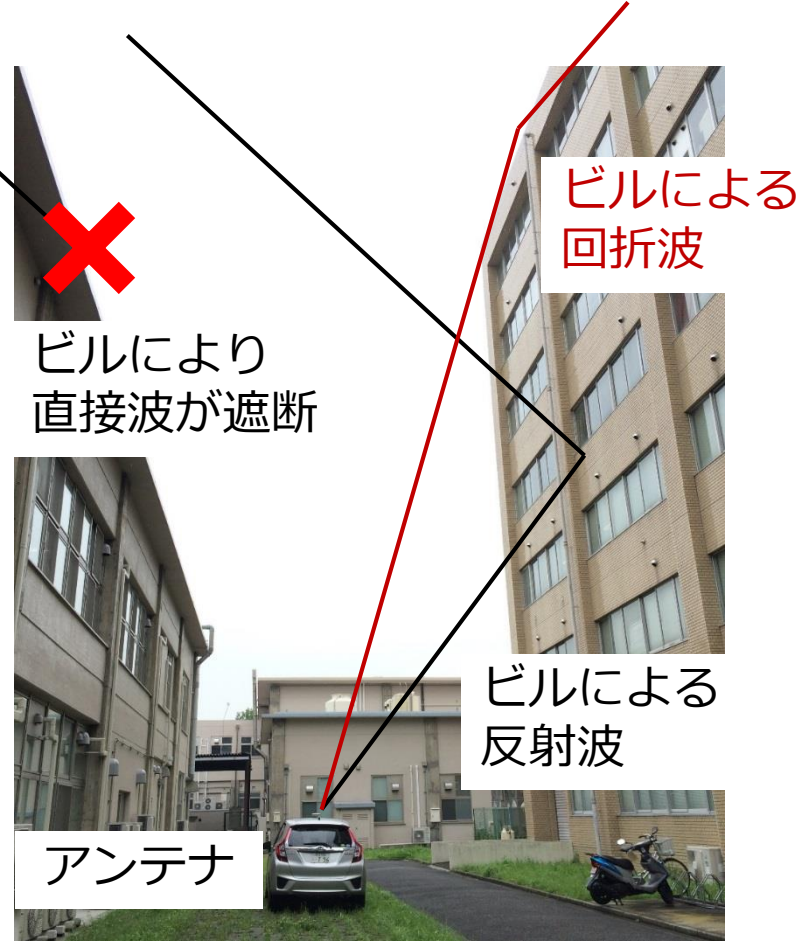
都市部におけるマルチパスの影響

車両による
ディファレンシャルGNSS 測位結果



- ✓ マルチパス誤差
- ✓ 可視衛星数の減少

NLOS信号(non-line-of-sight)
によるマルチパス例

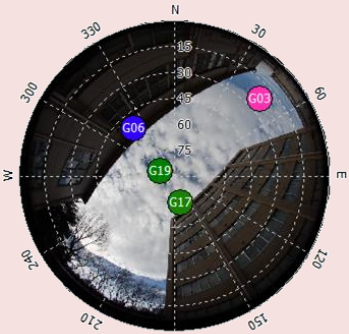


衛星選択によるマルチパス影響の低減



アンテナ

GPS衛星のみ

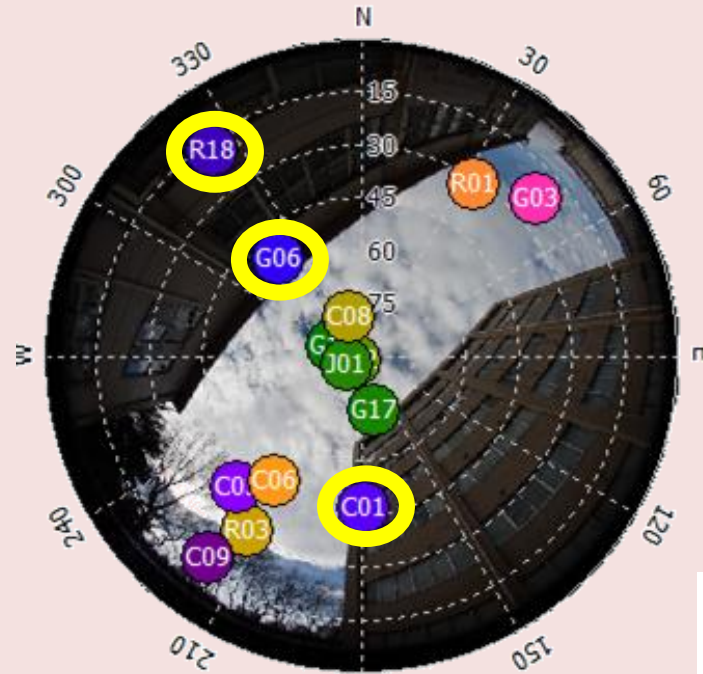


- G03: CL- : 39.0
- G06: CL- : 33.5
- G17: CL- : 47.0
- G19: CL- : 48.0

直接波 3
NLOS信号 1

SNR=...45 .. 40 .. 35 .. 30 .. 25 < 25 [dB-Hz]

GPS / QZSS / BeiDou / GLONASS



- G03: CL- : 39.0
- G06: CL- : 33.5
- G17: CL- : 47.0
- G19: CL- : 48.0
- R01: CL- : 41.5
- R02: CL- : 45.5
- R03: CL- : 43.5
- R18: CL- : 31.2
- J01: CL- : 46.8
- C01: CL- : 34.2
- C03: CL- : 35.2
- C06: CL- : 42.0
- C08: CL- : 44.0
- C09: CL- : 30.2

直接波 11
NLOS信号 3

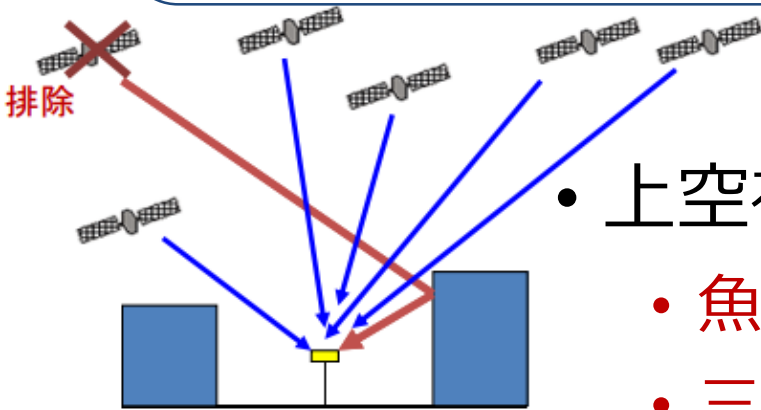
SNR=...45 .. 40 .. 35 .. 30 .. 25 < 25 [dB-Hz]

不可視衛星によるNLOS信号を排除することで
→マルチパス影響の低減可能



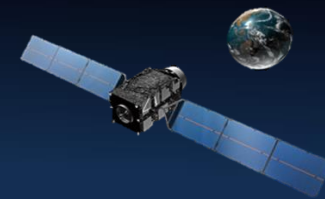
目的：測量などの静止点観測において

都市部の受信観測値にマスク処理を実施することでマルチパス影響を受けている観測値を排除、良好な観測値で測位を行うことで精度向上を目指す



- 上空視界情報による不可視衛星排除
 - 魚眼画像から上空障害物マスクを生成
 - 三次元地図情報から上空障害物マスクを生成
- 信号強度観測値の品質検定
 - あるべき信号強度から劣化判定マスクを生成

上空視界情報による不可視衛星の排除 魚眼画像から上空障害物マスクを生成



安原製作所 webサイトより
全周魚眼レンズ MADOKA180

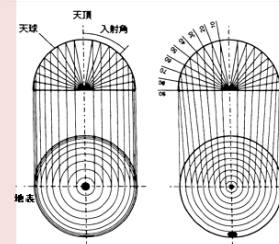


RTKLIB 2.4.3 b5以降

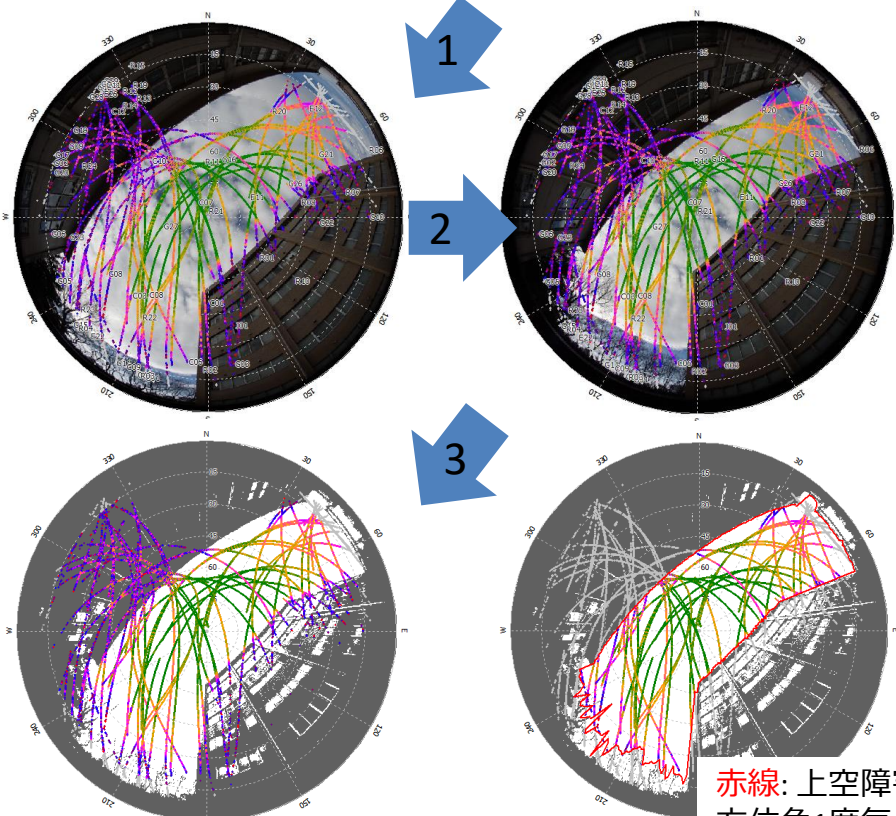
魚眼画像から上空障害物マスクを生成可能なソフトウェアを利用

マスク生成手順

1. 方位角調整
方位角を調整
2. 画像の歪曲補正
射影方式を衛星位置表現に合致するよう補正
3. 画像の二値化
二値化を行いマスク生成



射影方式



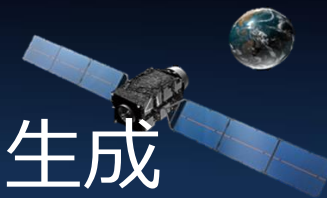
SNR=...45 .. 40 .. 35 .. 30 .. 25 < 25 [dB-Hz]

赤線: 上空障害物マスク
方位角1度毎の仰角として表現

- ✓ 樹木など建物以外も排除可能
- ✓ データ取得時に同時に撮影することにより建造物の増改築などに影響されない
- × 撮影、補正など作業負担の増加
- × 方位角、二値化など手作業

上空視界情報による不可視衛星の排除

三次元地図情報から上空障害物マスクを生成

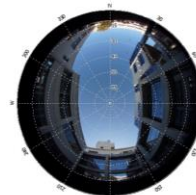


三次元地図情報および測位地点から上空障害物マスクを生成するソフトウェアを利用

ソフトウェアの操作画面



早稲田大学高等研究所 鈴木太郎助教 制作



魚眼カメラ画像

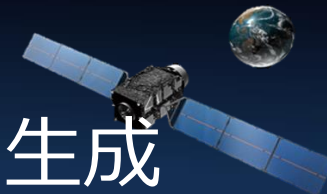
入力可能ファイル

- Kmlファイル
- シェープファイル

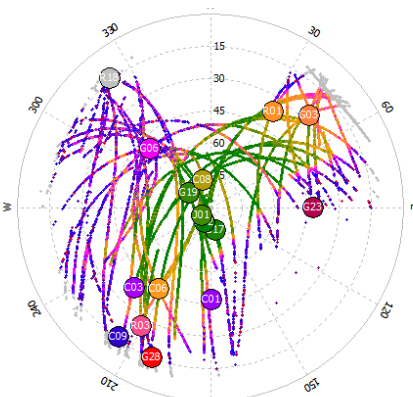
- ✓ 事前にマスクの生成が可能
- ✓ 自動で生成（作業負担は低い）
- × 樹木や遠方の建物、複雑な形状の建物の考慮
- × 入力測位地点の精度に依存

観測値の品質検定による衛星選択

あるべき信号強度から劣化判別マスクを生成

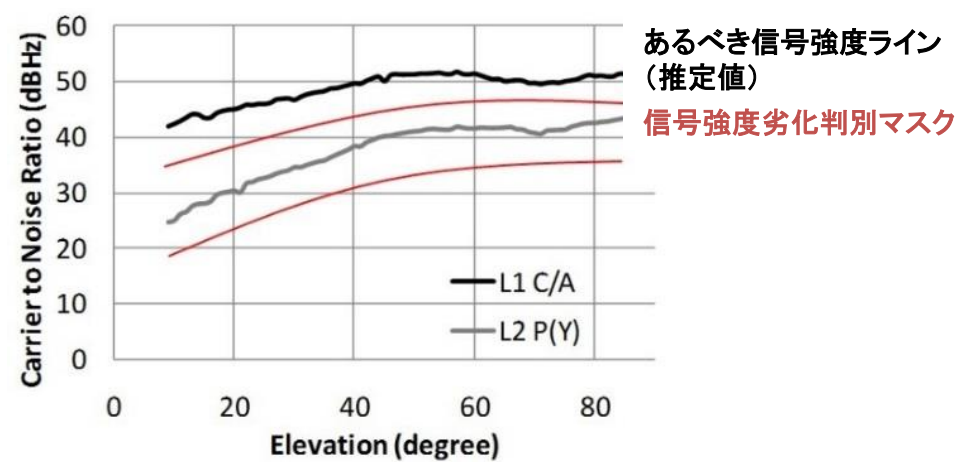


不可視衛星の信号強度は劣化

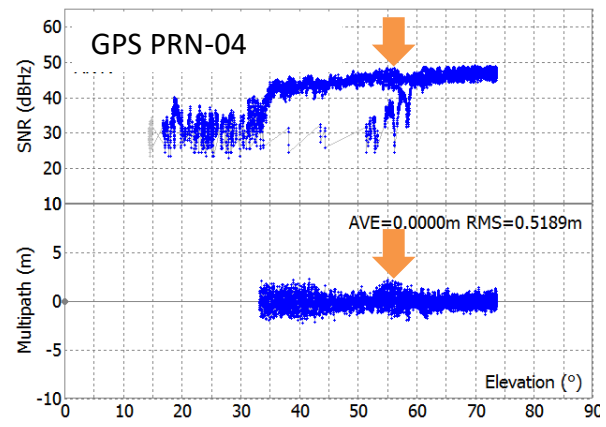
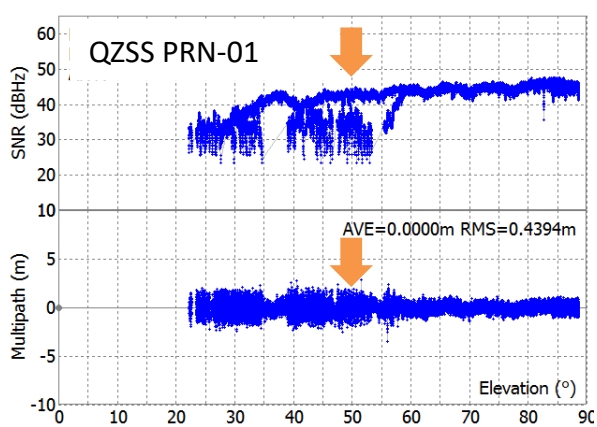


SNR=...45 .. 40 .. 35 .. 30 .. 25 < 25 [dB-Hz]

仰角毎あるべき信号強度およびマスク

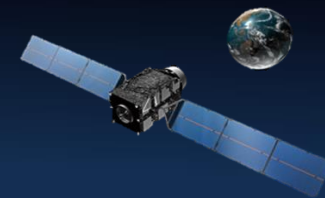


マルチパスによる信号強度劣化例



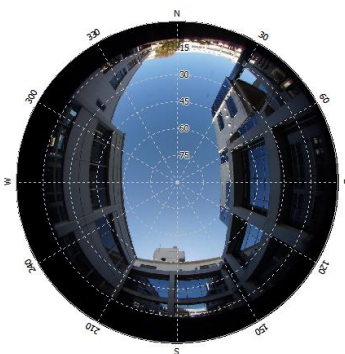
- ✓ 外部データが不要
- ✓ NLOS以外の劣化観測値の除外が可能
- × 受信機や取得環境によりあるべき信号強度ラインが異なる
- × 信号強度劣化判別マスクの生成方法

データ取得 5地点の環境

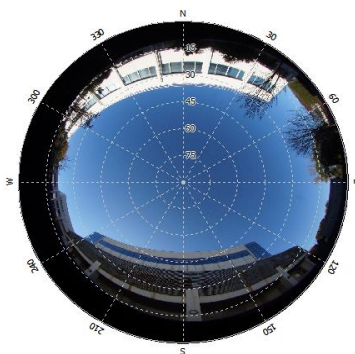


各地点の魚眼レンズカメラによる上空画像

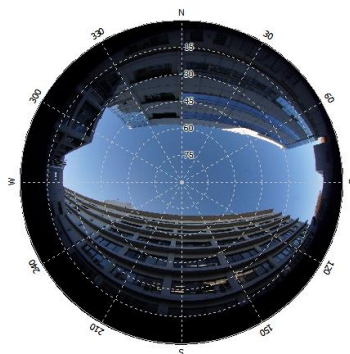
地点A



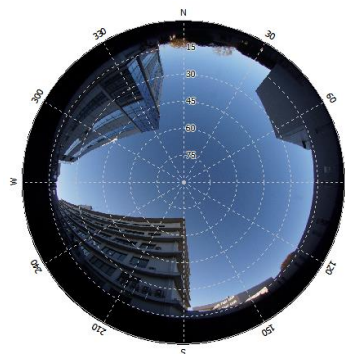
地点B



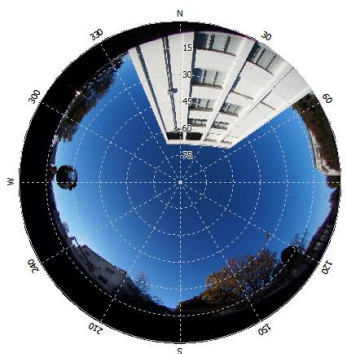
地点C



地点D



地点E

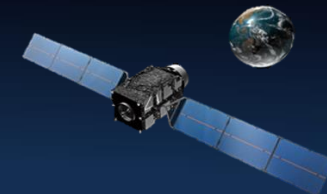


* 画像上部は北

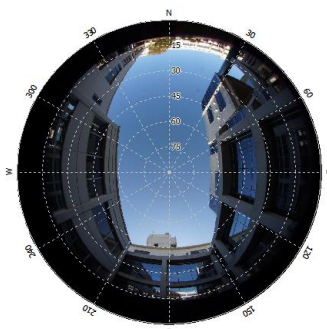


	データ取得環境
期間	A 2015-12-09 07:09:30 ~ 12-10 07:05:30 (約1日)
	B 2015-12-22 07:53:30 ~ 12-23 07:53:00 (1日)
	C 2015-12-09 07:09:30 ~ 12-10 07:09:00 (1日)
	D 2015-12-21 06:54:00 ~ 12-22 06:53:30 (1日)
	E 2015-12-21 06:54:00 ~ 12-22 06:53:30 (1日)
場所	国土地理院構内6地点 (ROVER:5, BASE:1)
受信機	JAVAD DELTA
アンテナ	JAVAD GrAnt-G3T
衛星系	GPS, GLONASS, QZSS, Galileo, BeiDou (2周波)

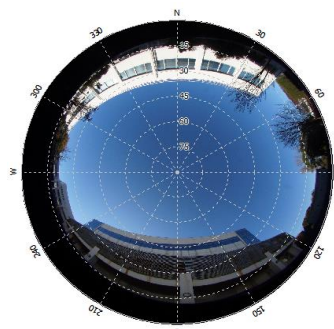
5地点の環境と解析条件



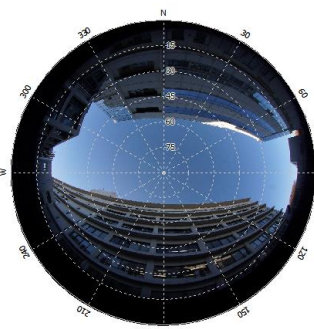
地点A



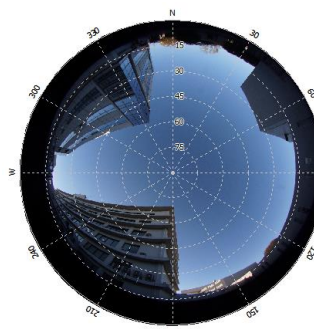
地点B



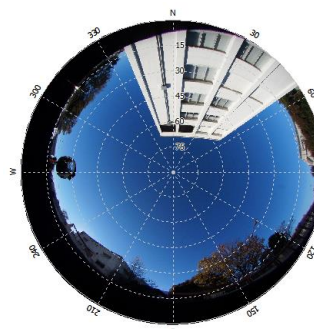
地点C



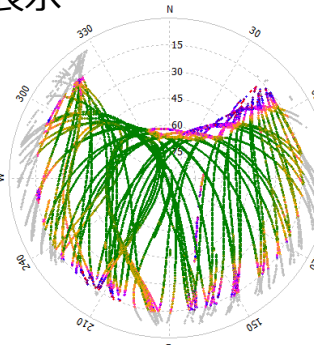
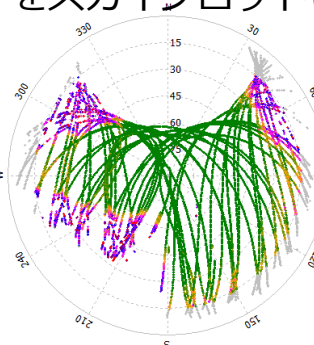
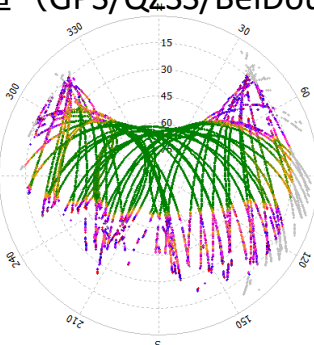
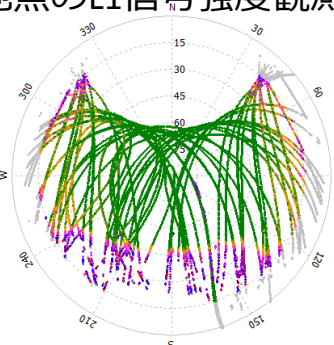
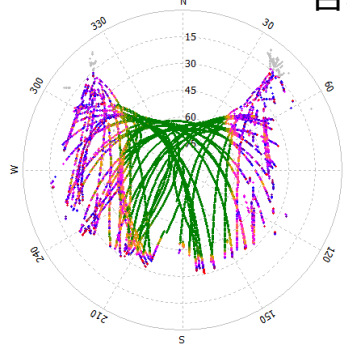
地点D



地点E



各地点のL1信号強度観測値（GPS/QZSS/BeiDou）をスカイプロットに表示



SNR=...45 .. 40 .. 35 .. 30 .. 25 < 25 [dB-Hz]

- ✓ 解析にはGPS/QZSS/BaiDouを利用
- ✓ 解析地点の真値は後処理RTK-GNSSにて算出

解析手順

1. 取得観測値にそれぞれのマスク処理を実施
2. マスク後の観測値を用い測位を実施

解析手法：2周波瞬時RTK-GNSS

解析条件 AR：LAMBDA法

FIX解判別：Ratio test (閾値 3)

仰角マスク：15度

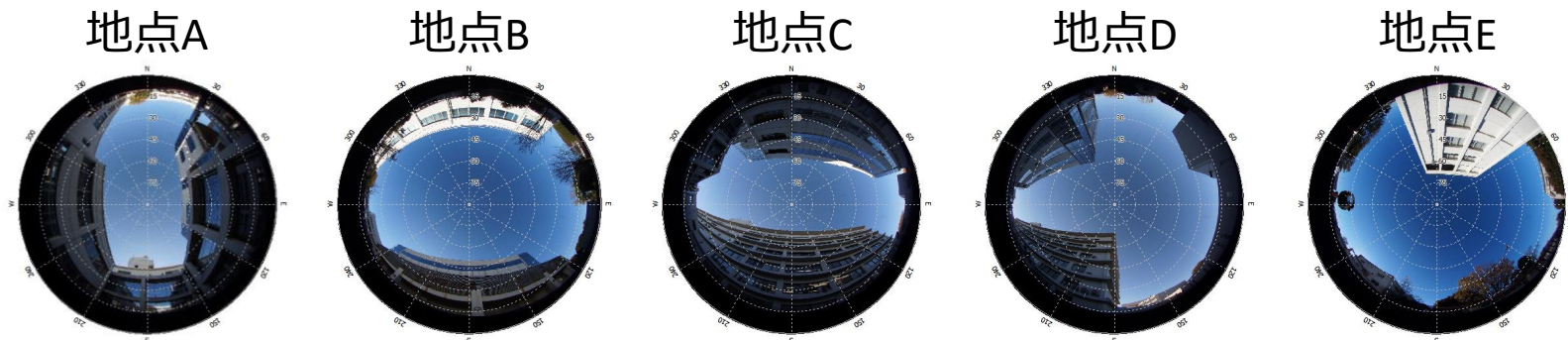
フィルタ、ホールド等は一切使用せず

評価項目

24時間データを用い通常RTK-GNSS及び各手法の利便性、信頼性を評価

評価のための実証実験 5地点の解析結果-1

$$\text{利便性} = \frac{\text{FIX解数}}{\text{全工ブロック数}}, \quad \text{信頼性} = \frac{\text{信頼のおける解 * 数}}{\text{FIX解数}}$$

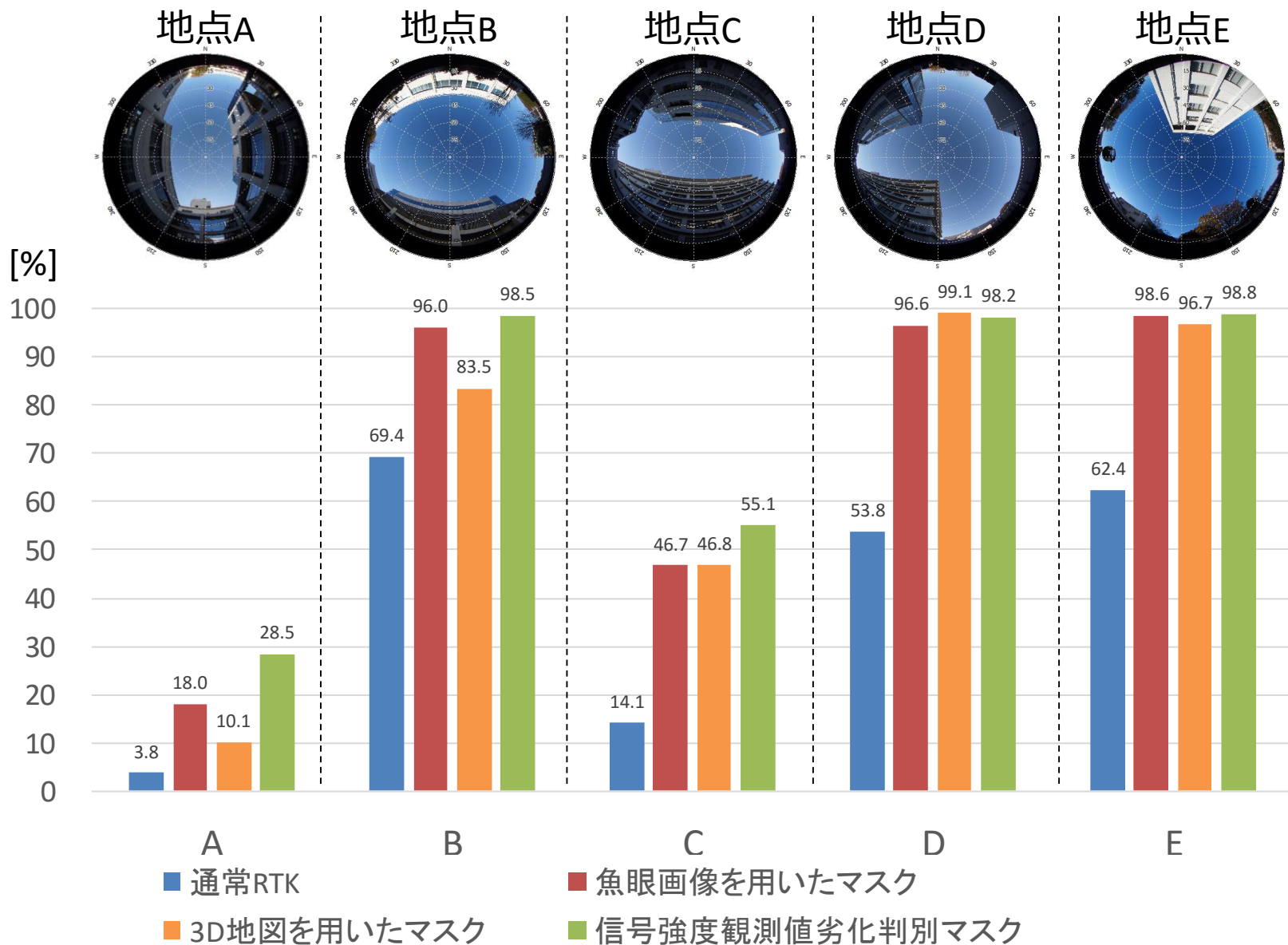


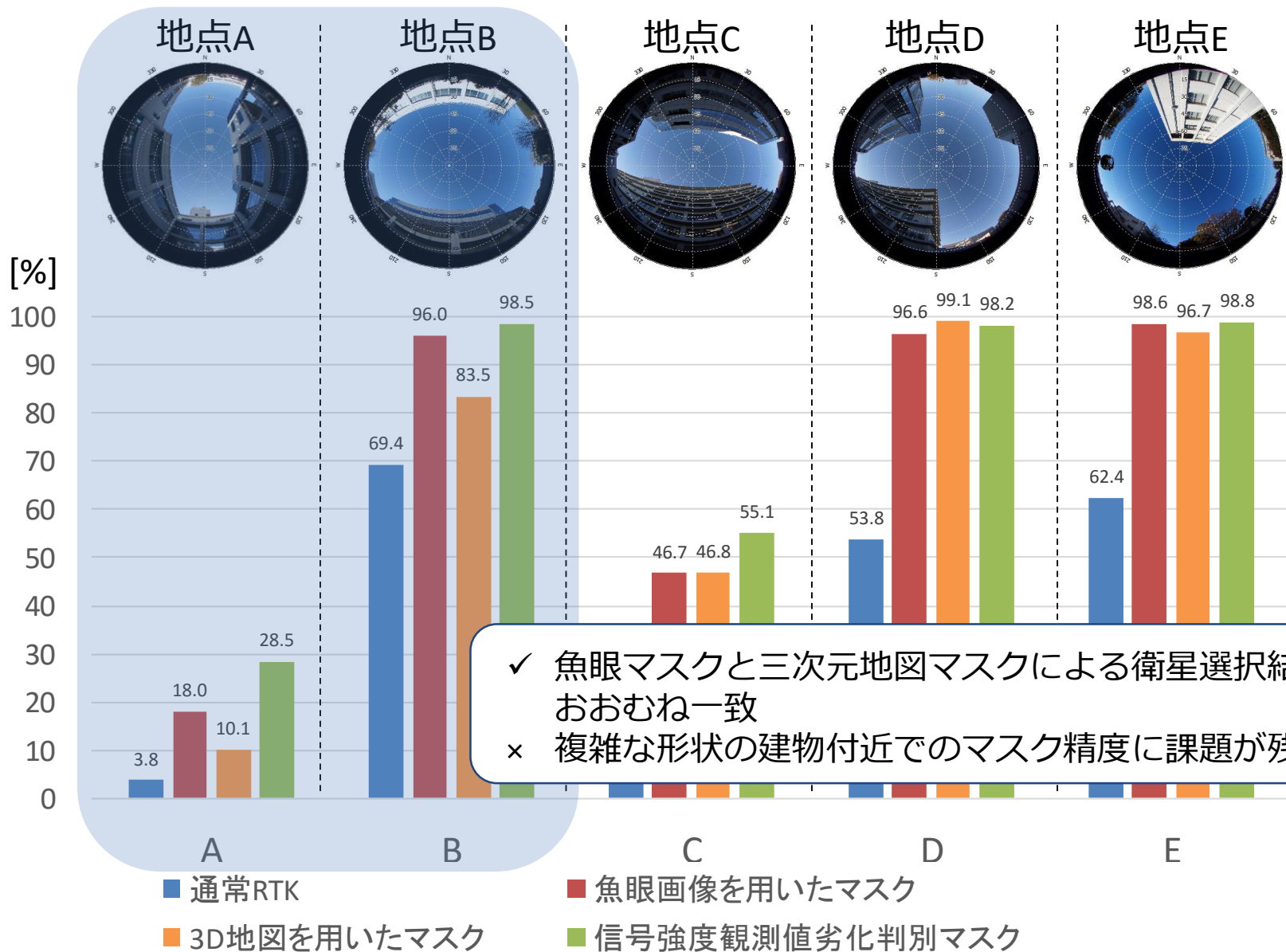
	地点A		地点B		地点C		地点D		地点E	
可視衛星平均数 合計 GPS+QZSS/BeiDou	9.93 5.02 / 4.91		13.96 7.58 / 6.38		9.49 6.28 / 3.21		11.78 7.11 / 4.67		14.47 8.26 / 6.21	
	利便性	信頼性	利便性	信頼性	利便性	信頼性	利便性	信頼性	利便性	信頼性
通常RTK	3.8%	88.9%	69.4%	100.0%	14.1%	96.6%	53.8%	99.9%	62.4%	100.0%
魚眼画像	18.0%	100.0%	96.0%	100.0%	46.7%	99.4%	96.6%	100.0%	98.6%	100.0%
3D地図	10.1%	99.7%	83.5%	99.9%	46.8%	99.7%	99.1%	100.0%	96.7%	100.0%
信号強度	28.5%	99.9%	98.5%	100.0%	55.1%	99.7%	98.2%	100.0%	98.8%	100.0%

* 信頼のおける解：水平絶対誤差が10cm以内、高度方向絶対誤差が20cm以内であった解と定義

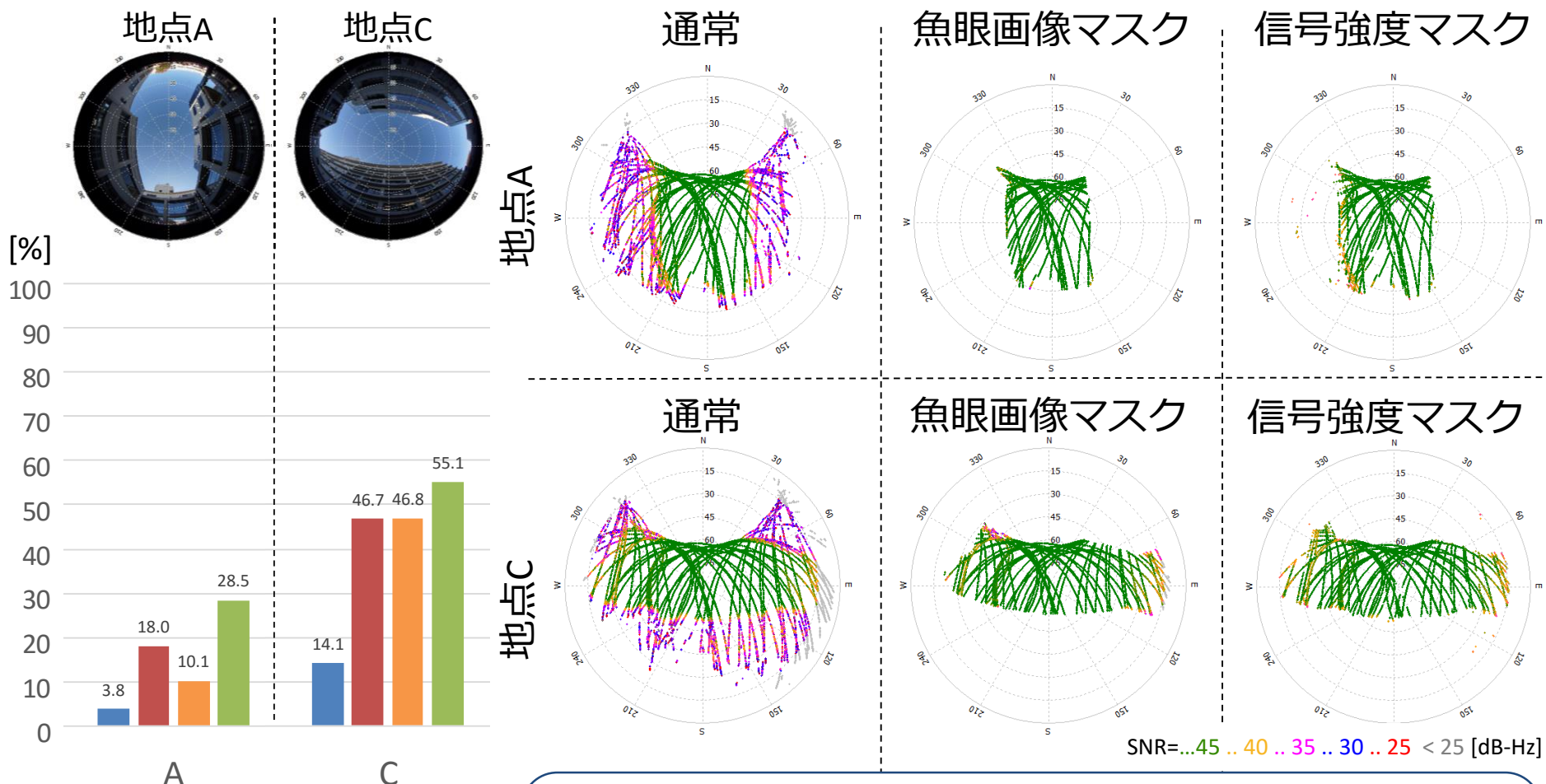
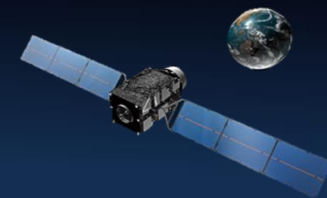
5地点の解析結果-2 利便性

$$\text{利便性} = \frac{\text{FIX解数}}{\text{全エポック数}}$$





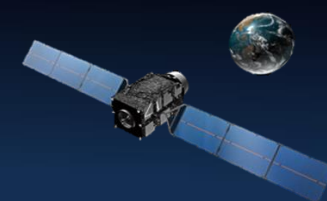
マルチパス環境の厳しい2地点について検証 上空視界情報による不可視衛星の排除



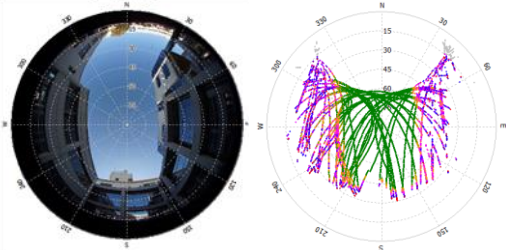
- 通常RTK
- 魚眼画像を用いたマスク
- 3D地図を用いたマスク
- 信号強度観測値劣化判別マスク

- ✓ 魚眼画像、信号強度マスク処理後の観測値を比較
- ✓ 両者とも通常と比較し、明らかに劣化している紫色部分は排除できている

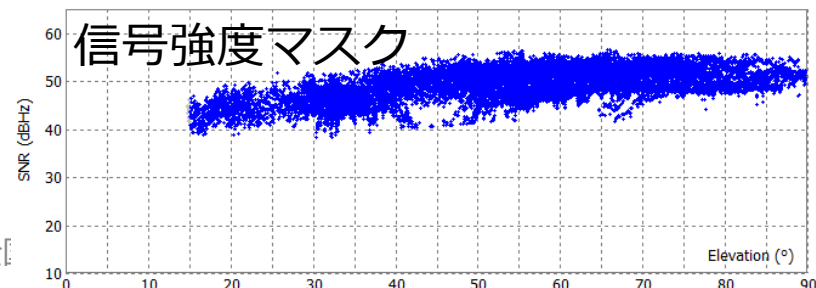
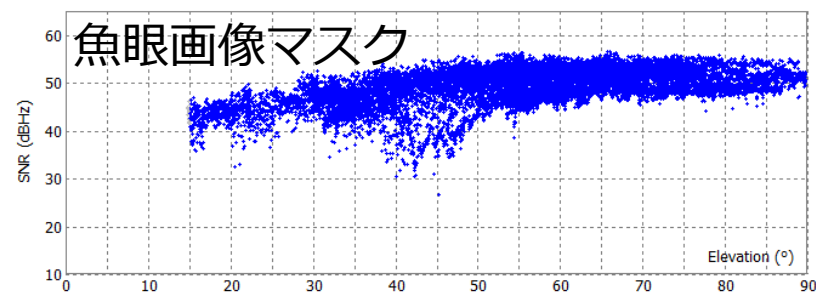
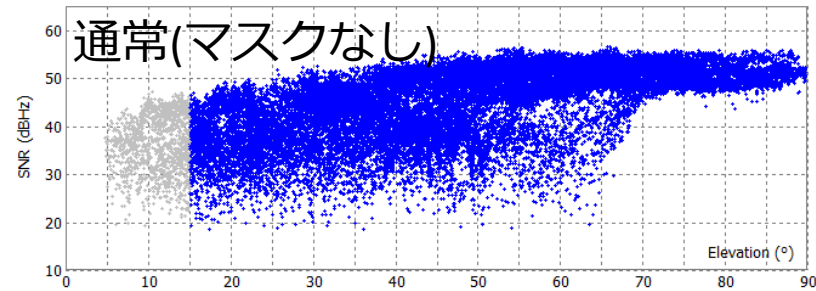
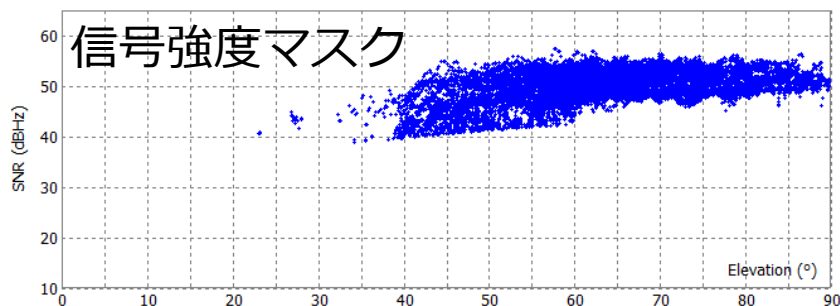
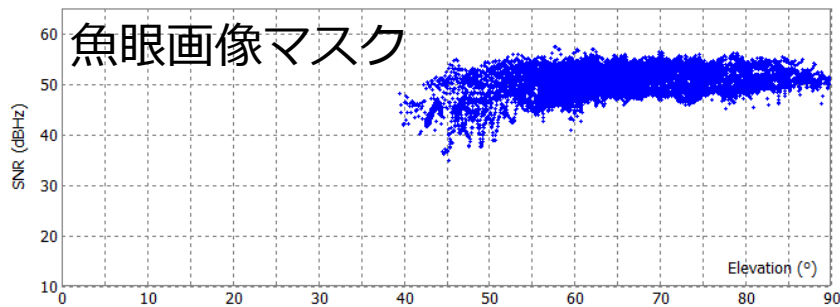
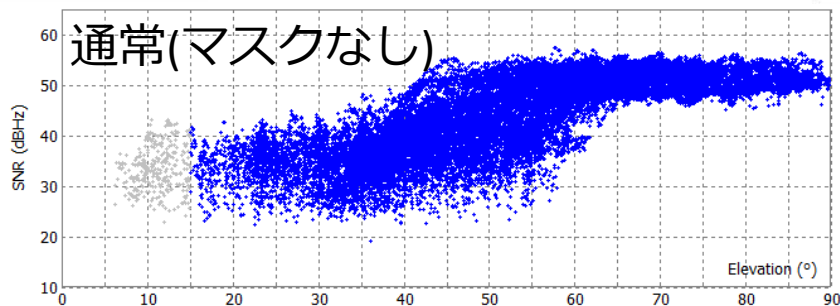
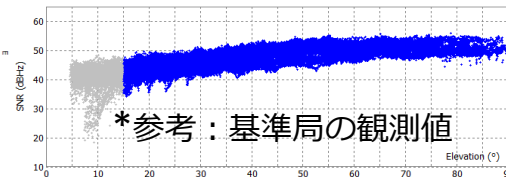
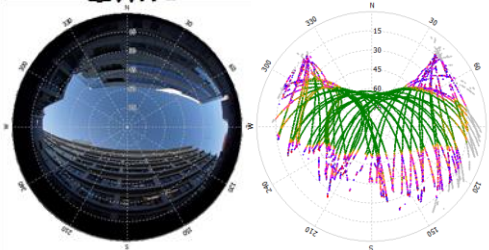
マルチパス環境の厳しい2地点について検証 仰角に対するL1信号強度を比較



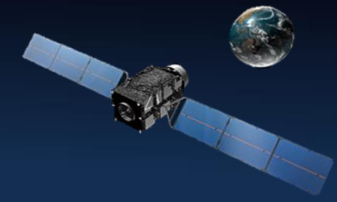
地点A



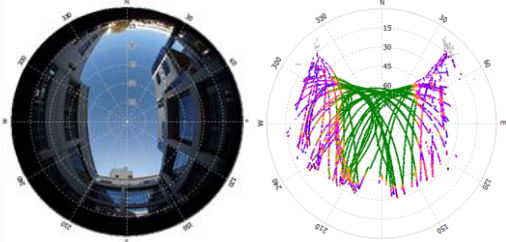
地点C



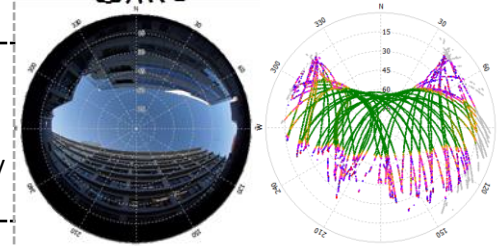
マルチパス環境の厳しい2地点について検証 FIX解有無の時刻にて衛星配置を比較



地点A



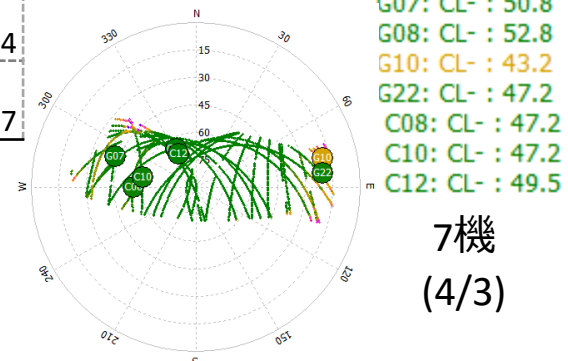
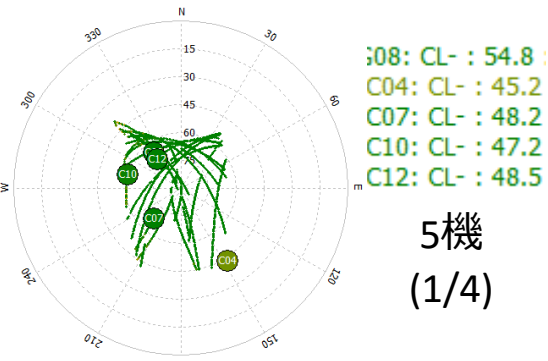
地点C



	地点A		地点C	
	利便性	可視衛星 数平均 合計 GPS+QZSS/ BeiDou	利便性	可視衛星 数平均 合計 GPS+QZSS/ BeiDou
通常RTK	3.8%	9.93 5.01/4.91	14.1%	9.49 6.28/3.21
魚眼画像	18.0%	4.79 2.48/2.31	46.7%	5.94 3.80/2.14
信号強度	28.5%	5.63 2.87/2.77	55.1%	6.22 4.05/2.17

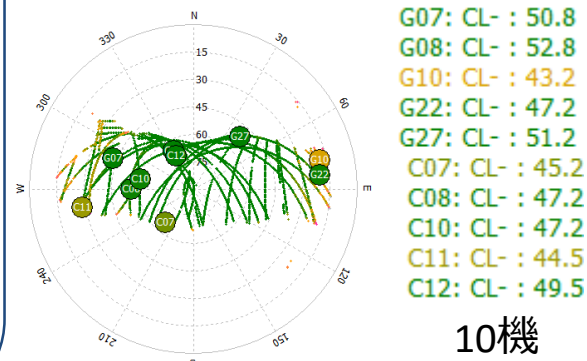
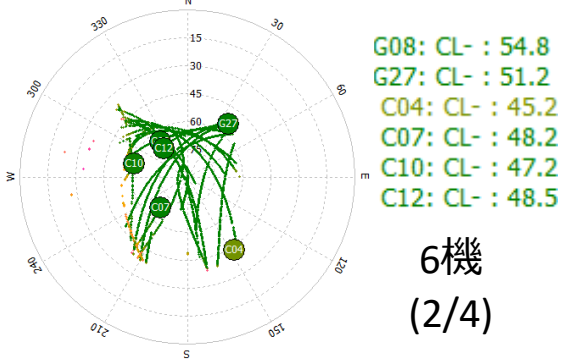
魚眼画像マスク FIX解NG

魚眼画像マスク FIX解NG



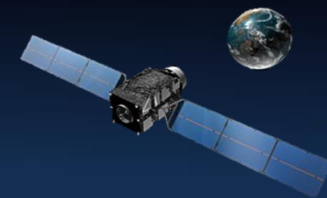
信号強度マスクFIX解OK

信号強度マスクFIX解OK



- 両地点にてFIX解の差が出た時刻の衛星数、配置を比較
- マルチパス環境の厳しい地点ではマスクにより衛星数が減少
- 測位不可または精度の劣化が生じる

まとめ



- 衛星選択手法の提案、評価
 - 評価した3手法において、従来のRTK測位と比較し、効果が見られた
 - 上空視界情報による衛星選択は有効であり、3D地図情報の有効活用が可能である
 - 信号強度を用いた観測値の品質検定においても良好な結果が得られた
- 著しいマルチパス環境である2地点において詳細な検証を行った
 - 衛星数と精度のバランスが重要であり、最適な衛星群選択は課題

ポイント1：マルチGNSSによる高仰角衛星数の確保が重要である
ポイント2：RTKLIBの新しいVisualization機能は研究効率をアップする



ご清聴ありがとうございました

本研究のデータ及び解析の大部分は総合技術開発プロジェクトとして
国土地理院が実施したものである