

GLONASS暦精度の推移と Availabilityについて

東京海洋大学大学院

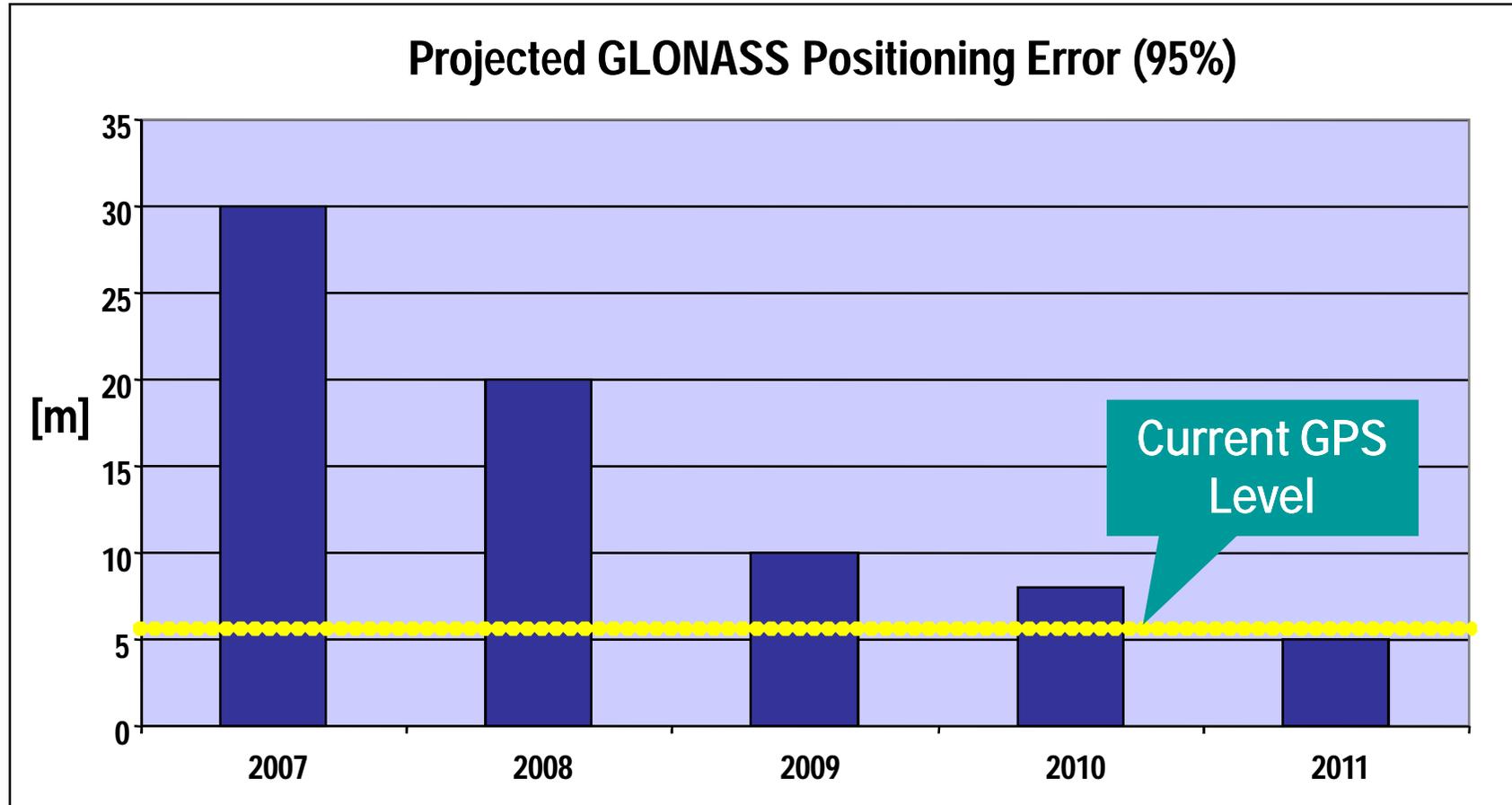
山田 英輝

GLONASSとは

GLONASS(Global Navigation Satellite System)は、ロシアが運用している衛星航法測位システムである。

	GLONASS	GPS
衛星数(現在)	17機	32機
軌道傾斜角	64.5度	55度
軌道面	3面(8機/面)	6面(4機/面)
周回周期	11時間15分	11時間58分
多重方式	FDMA	CDMA
軌道高度	19100km	20180km

この論文の背景(1/2) Projected GLONASS Performance



GLONASSでは、その測位性能を改善するためには、衛星軌道と衛星時計の決定精度を高める必要がある。

この論文の背景(2/2)

- GLONASSとGPSを統合することで中長基線相対測位で、アンビギュイティのFix率が向上するとの発表研究がある(2000年)。
- 1997年のSAが存在していた時点での発表であるが、複合単独測位でも、GPSのみよりも、測位精度が約1/2に抑えられているとの報告がある。

この論文の目的

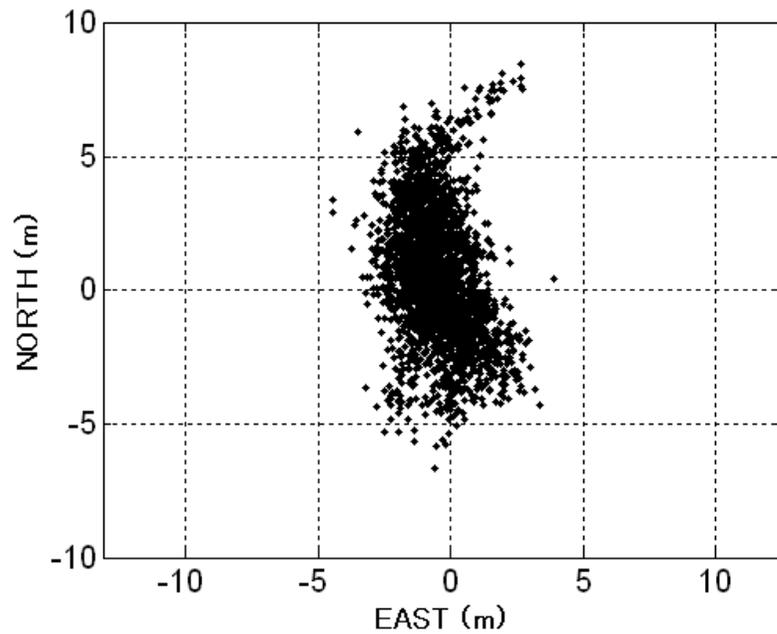
- 現時点でのGLONASS/GPS単独測位とGPSのみの単独測位精度の比較する。
- GLONASSとGPS複合測位によってアベイラビリティがどの程度改善するのかを評価する。
- GLONASS軌道誤差がここ3年間でどの程度変化しているかを定量的に評価する。

測位環境

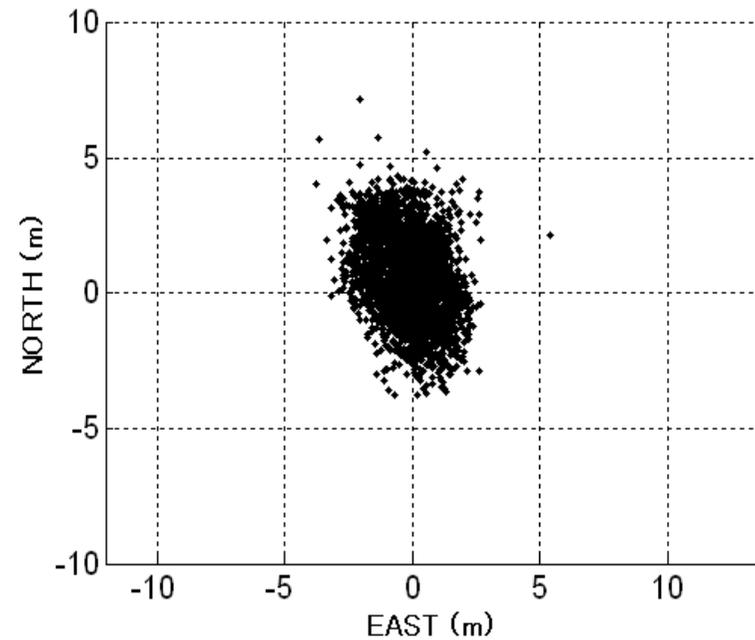
データ取得場所	東京海洋大学第四実験棟の屋上。
データ取得日時	2007年8月21日10時19分~ 22日8時50分(約22.5時間)
データ取得用受信機	LEGACY(JAVAD)
データ取得用アンテナ	LegAnt(JAVAD)
評価用プログラム	MATLABで作成。
アンテナ精密位置	後処理基線解析プログラムにより算出。
測位形式	C/Acodeを使用した複合単独測位。
電離層遅延モデル	klobuchar model
対流圏遅延モデル	ssastamoinen model

水平方向誤差

GLONASS+GPS



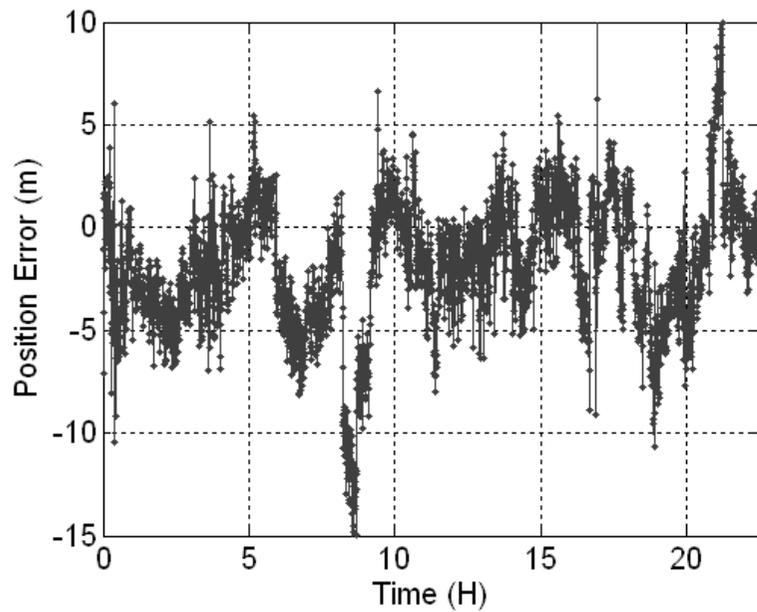
Only GPS



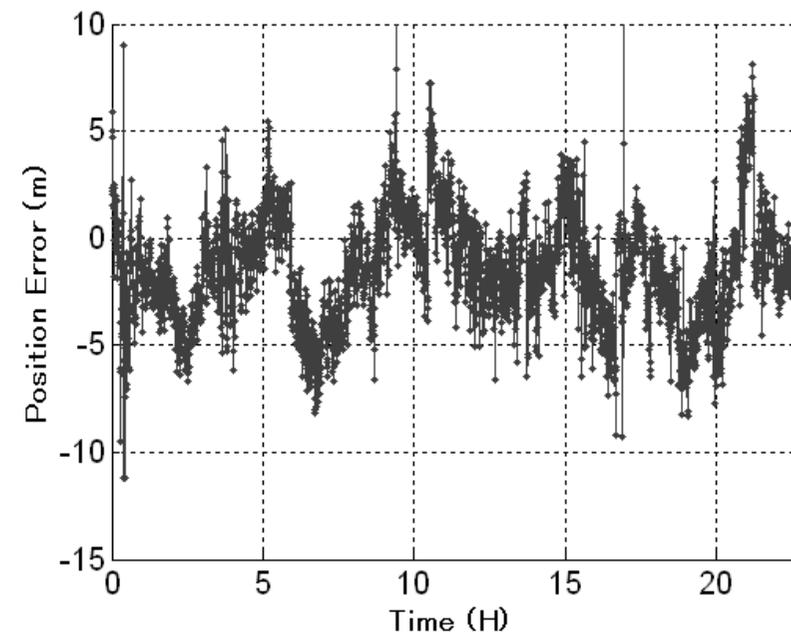
	GLONASS+GPS	Only GPS
2drms(m)	5.53	4.10
HDOP	0.86	0.97

垂直方向誤差

GLONASS+GPS



Only GPS



	GLONASS+GPS	Only GPS
Vertical RMS(m)	3.68	2.99
VDOP	1.33	1.48

- Availabilityの評価
 - 評価環境
 - 評価手法
 - 結果及び考察

評価環境

- データ取得場所: 東京海洋大学第四実験棟の屋上。
- 2007年8月21日10時19分 ~ 22日8時50分(約22.5時間)

評価方法

評価方法

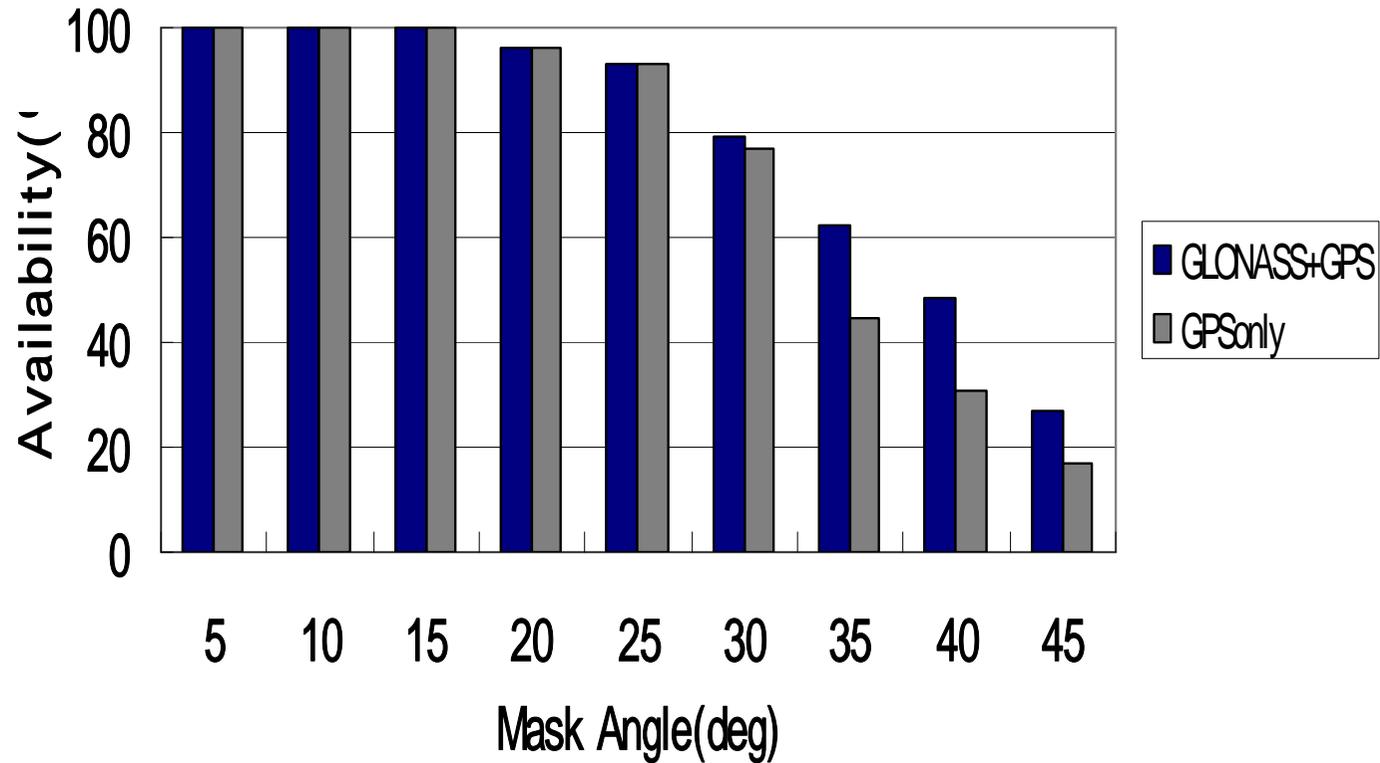
仰角のマスク角を変化させて、以下の式で測位可能エポックの割合を求め、それをAvailability評価の基準にした。

評価式

$(\text{測位可能エポック数} / \text{全エポック数}) \times 100(\%) \quad \dots$

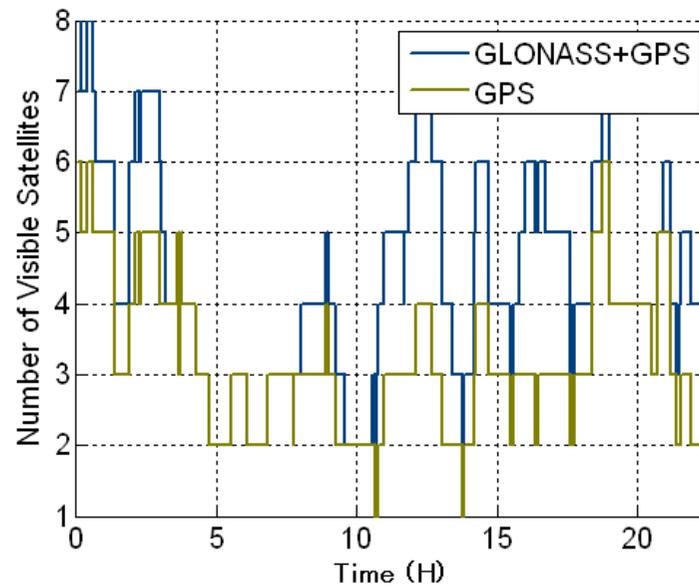
可視衛星数4個以上を基準にして測位可能かどうかを判定した。

評価結果



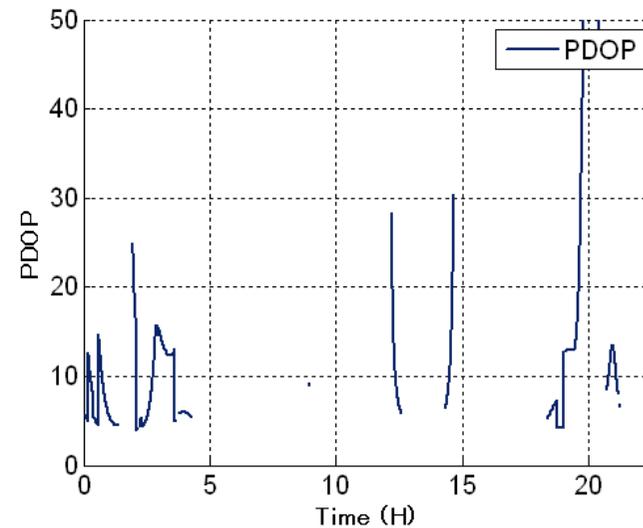
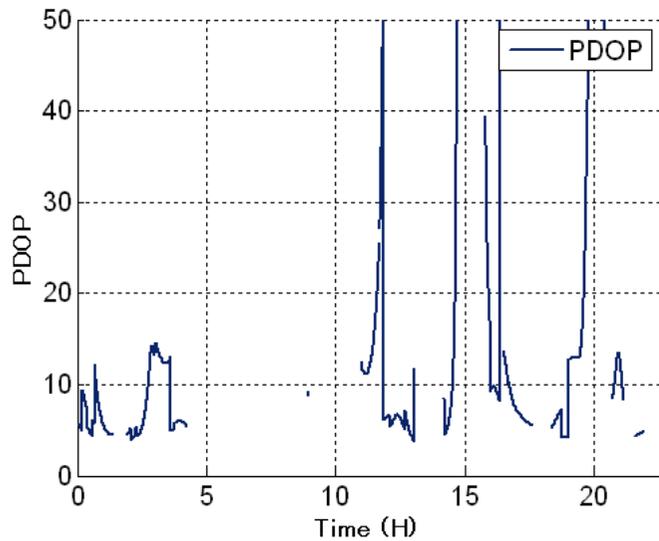
マスク角40度では、複合測位では、GPSのみより17.8%だけアベイラビリティが改善した。

可視衛星数とPDOP マスク角40度



GLONASS+GPS

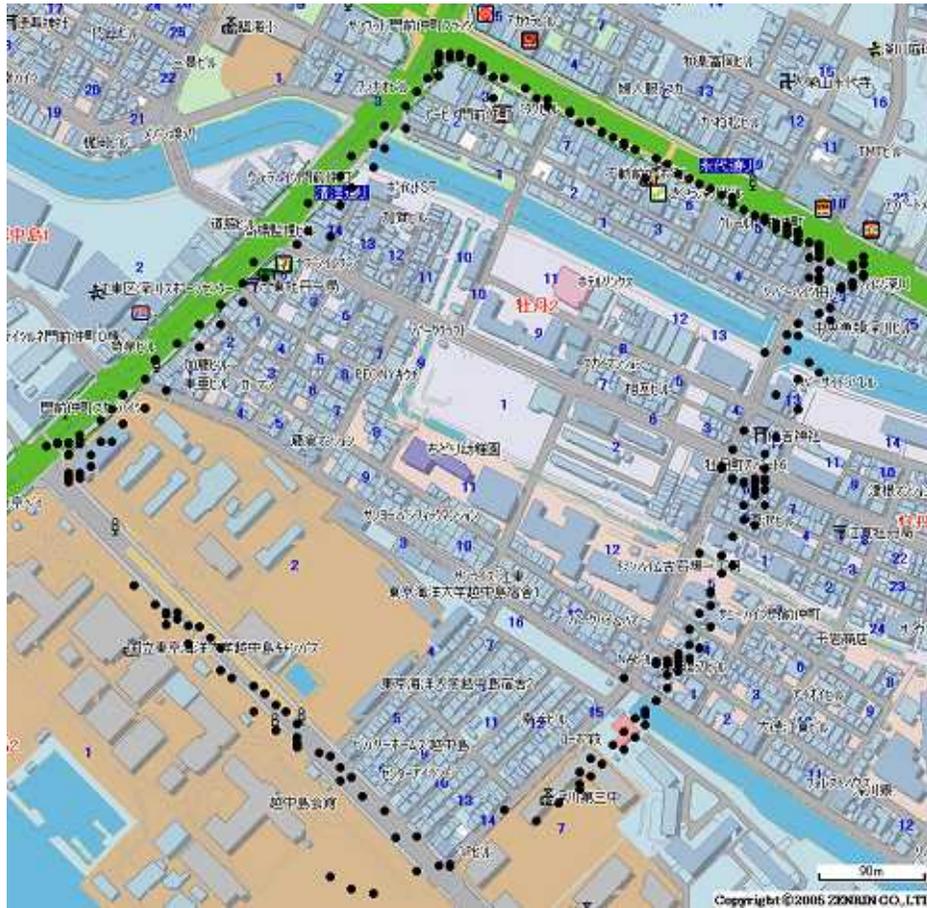
Only GPS



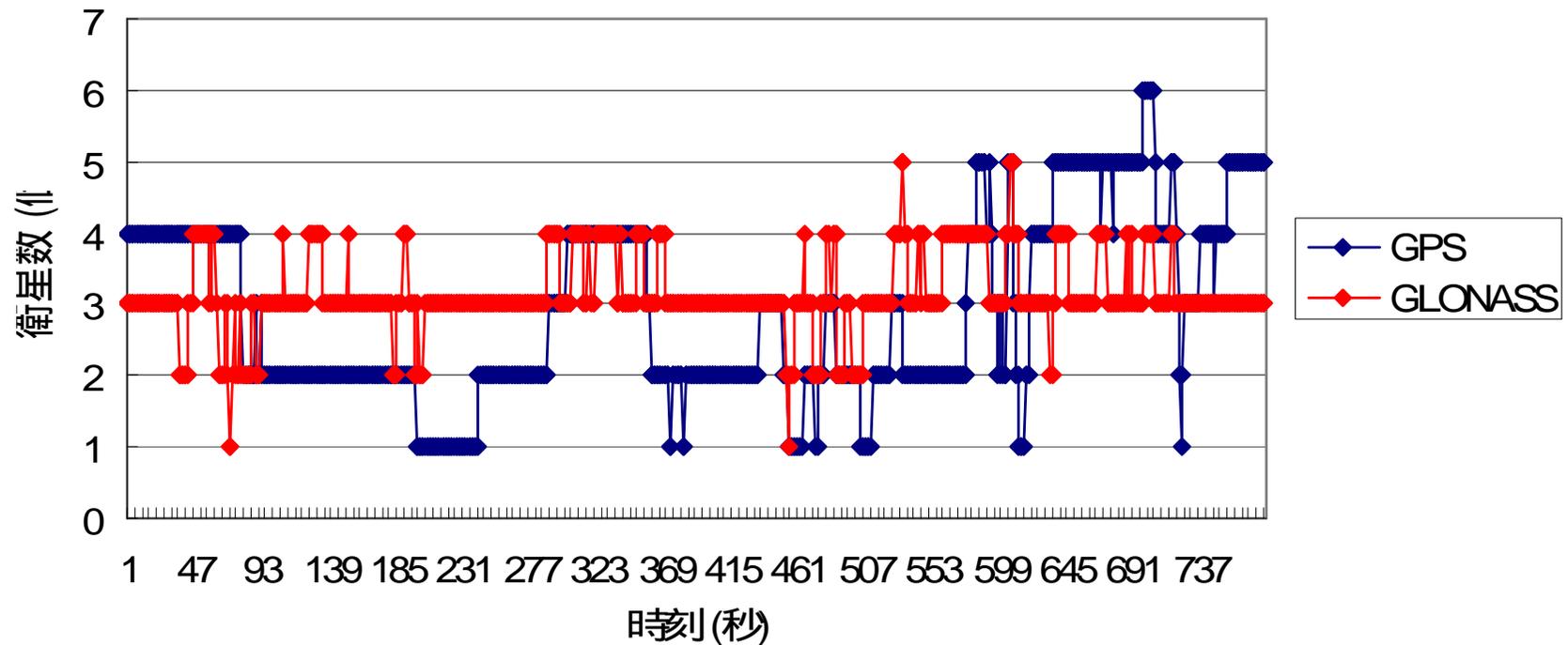
評価環境

- 2007年10月2日18時43分～18時55分
- 東京海洋大学越中島駅周辺市街地2周。

GLONASSの効果



衛星数の変化(市街地走行時)



測位率

Only GPS : $(300/781) \times 100$ 38%

GPS+GLONASS : $(681/781) \times 100$ 87%

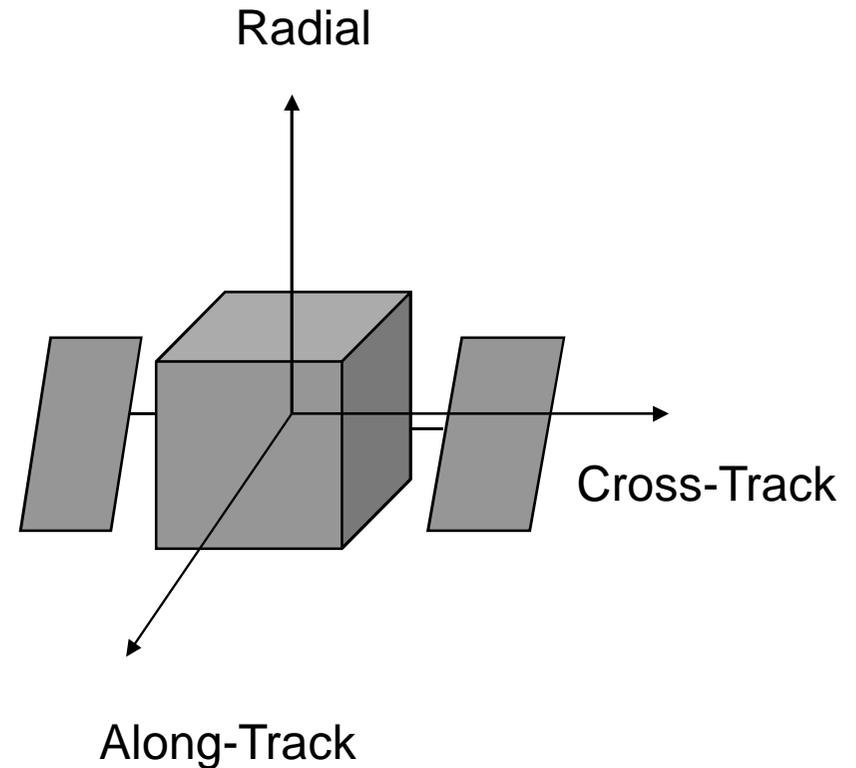
- GLONASS暦誤差の評価
 - 評価目的
 - 評価手法
 - 結果及び考察

評価目的

GLONASS軌道(公称)誤差(RMS)

	GLONASS	GLONASS-M
Along-Track	20m	7m
Cross-Track	10m	7m
Radial	5m	1.5m
3DRMS	22m	10m

GLONASS-ICD(2004)より引用



- ・2007年現時点のGLONASS軌道誤差は、公称値(2004年)と比較して、どの程度改善されているか？
- ・GLONASS-Mは、Legacy GLONASSよりも、本当に軌道精度の改善があるのか？
- ・GPSの放送暦とどの程度差があるのか？

評価手法

□ 評価方法

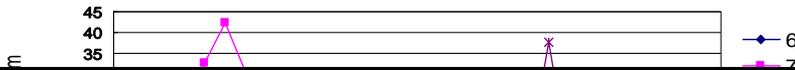
- ・IGSの精密軌道暦と放送暦のECEF座標(x,y,z)との差分を求め、Radial, Along-Track, Cross-Trackへ座標変換する。
- ・これらの二乗和の平方根(3DRMS)を軌道誤差として算出した。
- ・IGSが提供する精密暦のノルム誤差は公称15cmであり、これを誤差評価の基準であると仮定した。
- ・IGSの軌道座標は、衛星の重心で定義されているため、アンテナ位相中心オフセット値を加えた。

□ 評価式

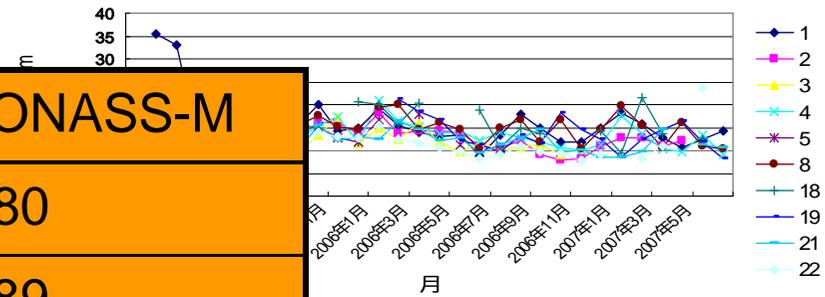
$$\text{軌道誤差(3DRMS)} = \text{mean} \left(\sum_{n=1}^{1\text{month}} \sqrt{(x_n - x_{n,0})^2 + (y_n - y_{n,0})^2 + (z_n - z_{n,0})^2} \right)$$

結果

GLONASS-M確率



GLONASS確率



	GLONASS	GLONASS-M
2005	13.20	13.80
2006	13.03	12.89
2007	12.95	12.10
Nominal(2004)	22	10

	GLONASS	GLONASS-M	GPS
2007	12.95	12.10	2.58

まとめ

GLONASS+GPS複合単独測位をGPSのみの単独測位と現時点での測位精度比較とアベイラビリティの改善がどの程度あるのかを評価した。

GLONASSの測位性能劣化の主要因である軌道誤差が、現時点でどの程度の誤差レベルなのかを過去3年間のIGSのデータを用いて定量的に評価した。

測位精度の面では、複合単独測位はGPSのみの単独測位よりも劣るが、マスク角の高い環境や市街地を自動車で走行する場所では、可視衛星数増加により測位率が上がりアベイラビリティの改善を確認できた。

GLONASS暦の誤差は、ここ3年間で1~2m程度しか改善が見られなかった。また、現時点ではGLONASS暦誤差はGPS暦誤差よりも依然として5倍程度大きいことがわかった。

今後の課題

- GLONASS精密暦を使用してGPS/GLONASS複合単独測位精度を評価する。
- GLONASS衛星の時計精度を推定し、軌道精度のより定量的な評価を試みる。
- 極域の観測データから、極域でGLONASSの効果がどの程度あるのか調査する。