

測位システムの動向

ILA

池田 保

GPSの現状と課題

- 唯一無二化(移動体別システムからGPSへ)
- グローバル化
- 精密なUTC時間供給

- GPSの脆弱性への対応が早急に必要
- グローバルでの精度向上(デシメートル対応)

Volpe Reportの要旨

セーフティクリITICALなGPS利用にはある種の
防御が必要である

宇宙システムのエレメントに対する攻撃があり
得ないと考えてはならない(ラムズフェルド レポートの引用)

Volpe Report ; ボルペ国立運輸システムセンター (Volpe National Transportation System Center) によるグローバル・ポジショニング・システムに依存する運輸交通インフラの脆弱性に関する調査 (VULNERABILITY ASSESSMENT OF THE TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE RELYING ON THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

GPSの脆弱性

- 交通機関におけるGPSへの単独依存のリスクは、人命の安全、環境汚染、経済的損失に直結するものである。
- GPSシステムは現在、測位と精密タイミングの唯一の手段になりつつあり、妨害と干渉によりGPS信号が失われた時のリスクは増大している。
- 干渉と妨害だけでなく、衛星への直接攻撃、コントロール・セグメント(コロラド・スプリングスにある管制所)へのテロも考えなければならない。

如何にカタストロフィーを避けるか

- GPSの精度、信頼性、可利用性、インテグリティの向上は必要であるが、GPSが失われた際のカタストロフィーを避けるため、適切なバックアップが必要である。
- GPSのバックアップは同じ衛星システムではない
- 現時点ではロラン-C が候補。
- 自立型のものとしてはロラン C、慣性航法装置等とのハイブリット化(ユーザオリエンテッド)

GPSの測位異常

世界中でGPS狂った！

全地球測位システム(GPS)を構成する米国の衛星が今月二日(日本時間)に故障し、世界各地でGPSのデータが一時的に狂っていたことが十五日わかった。約三時間で回復したが、その間、計器上の船舶の位置が突然変わったり、火山の観測データの一部がなくなったりするトラブルが相次いだ。

日本の海上保安庁などに

よると、異常が起きたのは今月二日午前三時三十一分から同六時十九分までの間。GPSを構成する二十八基(現在は二十九基)の衛星のうち、二十二番目の衛星が故障して異常信号を発信したのが原因で、米国防総省がこの衛星を利用不能にして異常データは停止した。この間、

今月2日

米衛星に異常

北米やアジア、欧州、アフリカ、豪州など世界各国でGPSのデータが狂った。現在も衛星は利用不能な状態のままだが、他の衛星が機能をカバーしたためGPSは回復した。

日本では、東京・霞が関の海保本庁でGPSの誤差修正情報を船舶に提供する担当者が、

計測不能な異常データを観測。米沿岸警備隊に照会して衛星ト

ラブルとわかり、日本周辺海域に航行警報を出したが、太平洋上の日本の商船では、GPSの表示上の船の位置が突然西へ約六百キロ離れた洋上の小島に移ったり、三時間弱のうち船の位置が約三十回も転々と移り変わったりしたという。

GPSへの干渉と妨害

1 通常に生じる干渉

- ・ インターフェアレンス (INTERFERENCE)
- ・ シールドング (SHIELDING)

TV,ラジオ、携帯電話等との混信
ビル等による電波遮蔽

2 意図的な妨害

- ・ ジャミング (JAMMING)
- ・ スプーフィング (SPOOFING)
- ・ ミーコニング (MEACONING)
- ・ シャットダウン (SHUTDOWN)

GPS電波の受信を妨害

GPS電波もどきのダマシ電波を
GPS電波に誤差を加工して再送信
GPS衛星への直接攻撃

GPSバックアップとしてのロラン潜在能力性

<u>Parameter</u>	<u>Loran</u>	<u>GPS</u>
● Frequency	100 kHz	1.2-1.5 GHz
● Propagation	Groundwave	Line of Sight
● Chief Propagation Errors	Conductivity, troposphere variations	Iono delay variations*
● Penetration	Walls, ground, 6' seawater	Very little penetration
● Modulation	TD + CD	Spread spectrum CD
● Coverage	To ground level	To ground level
● Signal Strength	Relatively high	Very low by design
● Timing Basis	Triple Cesium	Rubidium at present
● Tx Location	Ground - stationary	Space - moving
● Utility: <u>Aviation example</u>	En route, terminal airspace Lateral-guided approach	En route, terminal airspace Lateral-vertical approach**
● User communities	Multiple (air, land, marine)	Multiple (air, land, marine)

- * Propagation errors are affected at different times and places by components of solar storms
- * GPS propagation variations are not correlated with Loran-C propagation errors.
- ** Vertical-guided "precision" approaches require WAAS or LAAS augmentations.

米国のロラン C政策の現状

“While the Administration continues to evaluate the long-term need for continuation of the Loran-C radionavigation system, the Government will operate the Loran-C system in the short term. The U.S. Government will give users reasonable notice if it concludes that Loran-C is *not needed* or is *not cost effective*, so that users will have the opportunity to transition to alternative navigation aids. With this continued sustainment of the Loran-C service, users will be able to realize additional benefits. Improvement of GPS time synchronization of the Loran-C chains and the use of digital receivers may support improved accuracy and coverage of the service. Loran-C will continue to provide a supplemental means of navigation. Current Loran-C receivers do not support nonprecision instrument approach operations.”

ロラン政策決定の作業項目

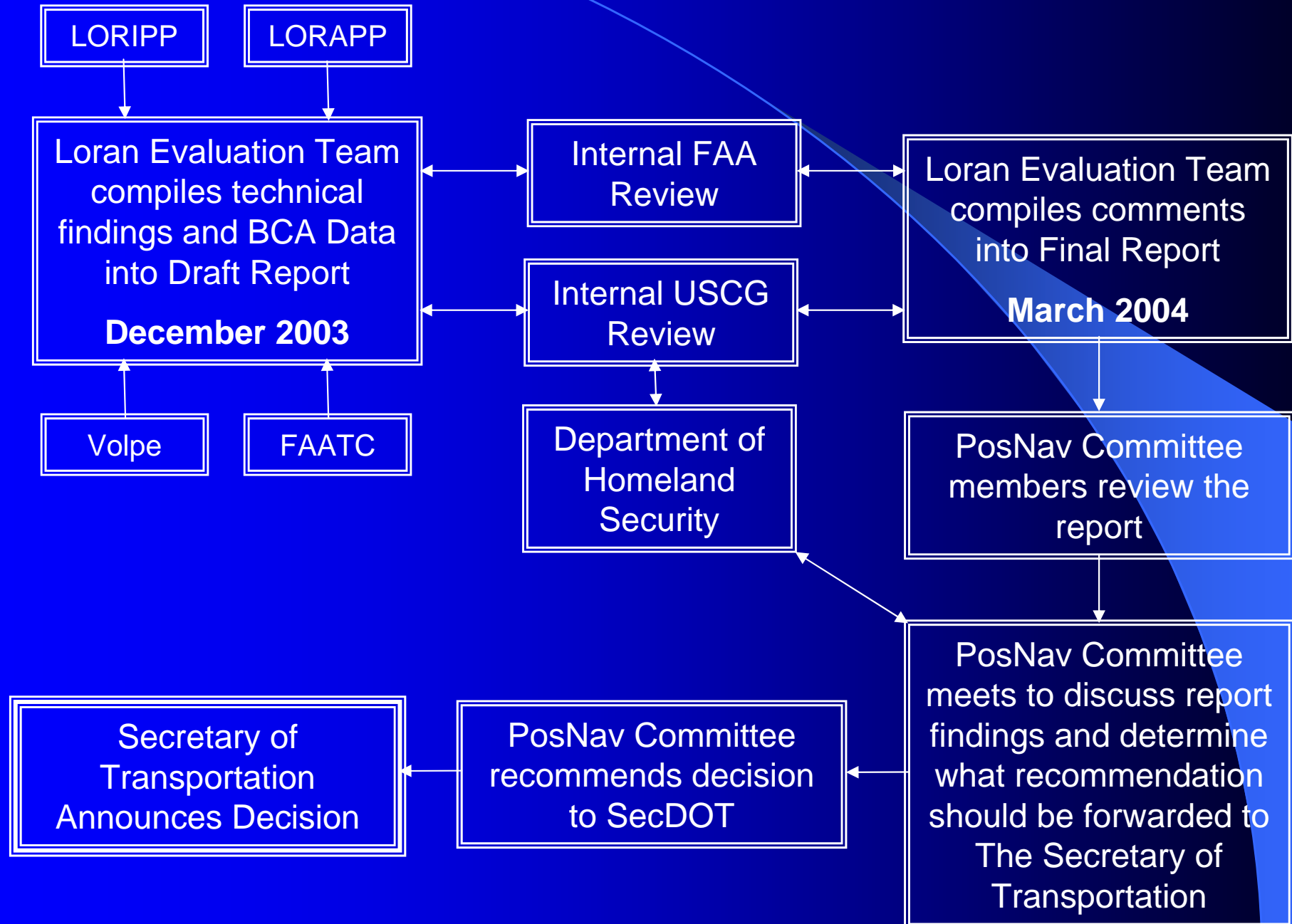
Action

1. Determine if Loran can provide the accuracy, availability, integrity, and continuity to support non-precision approach for aviation and harbor entrance and approach for maritime.
2. Determine if Loran can provide benefits to timing and frequency users.
3. Determine if Loran can provide navigation, timing, and frequency benefits in a cost effective manner (i.e., B/C >1.0).
4. Review results of evaluation and make recommendation to Secretary of Transportation.
5. Announce US Gov't Decision regarding future of Loran.

Responsibility

1. Loran Evaluation Team will provide report to the Department of Transportation NLT 31 March 2004.
2. Loran Evaluation Team will provide report to the Department of Transportation NLT 31 March 2004.
3. Loran Evaluation Team will provide report to the Department of Transportation NLT 31 March 2004.
4. Positioning and Navigation (PosNav) Committee of the Department of Transportation
5. Secretary of Transportation

ロラン政策決定プロセス



航空アプリケーション

Performance Requirement

Value

● Accuracy (target)	307 meters
Accuracy (minimum)	802 meters
● Alarm Limit (target)	556 meters
Alarm Limit (minimum)	926 meters
● Integrity	10^{-7} /hour
● Time-to-alarm	10 seconds
● Availability (minimum)	99.9%
Availability (target)	99.99%
● Continuity (minimum)	99.9%
Continuity (target)	99.99%

(Source: FAA Loran Evaluation Report, June 2002)

航空用GPS/Loranハイブリット受信機



- **Flight Testing Results will be reported out on Thursday**
- **Integrated GPS/Loran receiver for general aviation also being developed by Free Flight Systems and Locus**

船用アプリケーション

Performance Requirement

Value

● Accuracy (target)	10 meters, 95%
Accuracy (threshold)	20 meters, 95%
● Alarm Limit (target)	25 meters
Alarm Limit (threshold)	50 meters
● Integrity (target)	3×10^{-5}
● Time-to-alarm	10 seconds
● Availability (threshold)	99.7%
Availability (target/VTS)	99.9%
● Continuity (threshold)	99.85% over 3 hours
Continuity (target)	99.97% over 3 hours

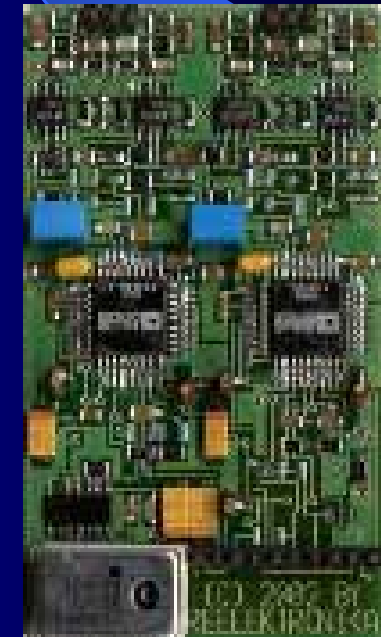
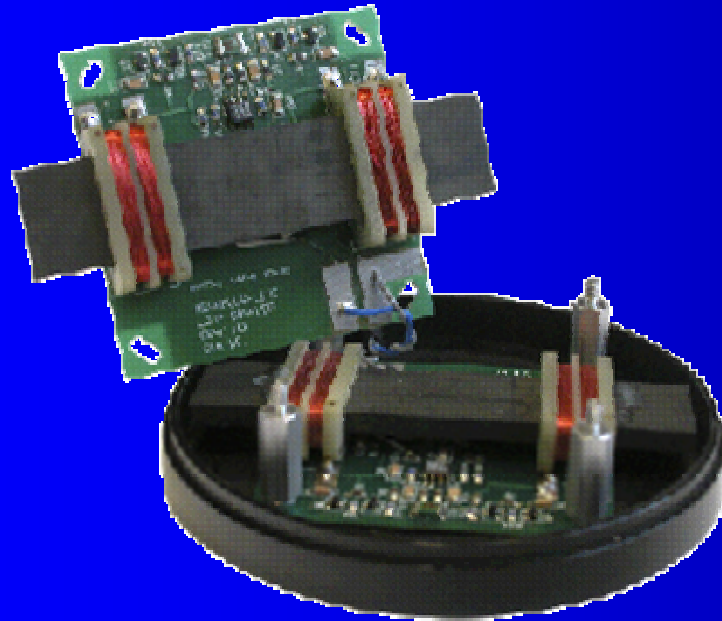
(Sources: FRP, DOT Task Force, TASC DGPS Mission Needs Analysis: Harbor Entrance and Approach, IMO Resolutions A.815(19) and draft revisions to A.860(20))

船用GPS/Loranハイブリット受信機



Signal Processor
77 x 51 mm

Front End & ADC
77 x 47 mm



Megapulse/Reelektronika/Koden · Sena共同開発中

掃海業務アプリケーション

ドイツ海軍の掃海業務

母船一隻と掃海艇4隻の運用形態

無線操縦の無人掃海艇の位置センサーを開発

位置センサーとしてGPSとLORAN / EUROFIX

GPSの位置精度はDGPS

GPSのデータが失われても自動的に位置精度が維持される

ドイツ海軍による評価実験



母艦



無人掃海艇



GPS/Loran評価画面

ワールドワイドでデシメートルの精度 (SKYFIX XPシステム)

SDGPS - サテライトDGPS

高精度

- 10cm - 水平面 (1 - 68%)

- 15cm - 垂直面 (1 - 68%)

1つの補正情報で世界中をカバー

基準局の有効範囲は無制限 - シームレスに世界中をカバー

すべてのSkyFix Beamsが利用可能

(インマルサット衛星を使用)

既存のSkyFix ハードウェアとコンパチブル

SKYFIX XPの補正

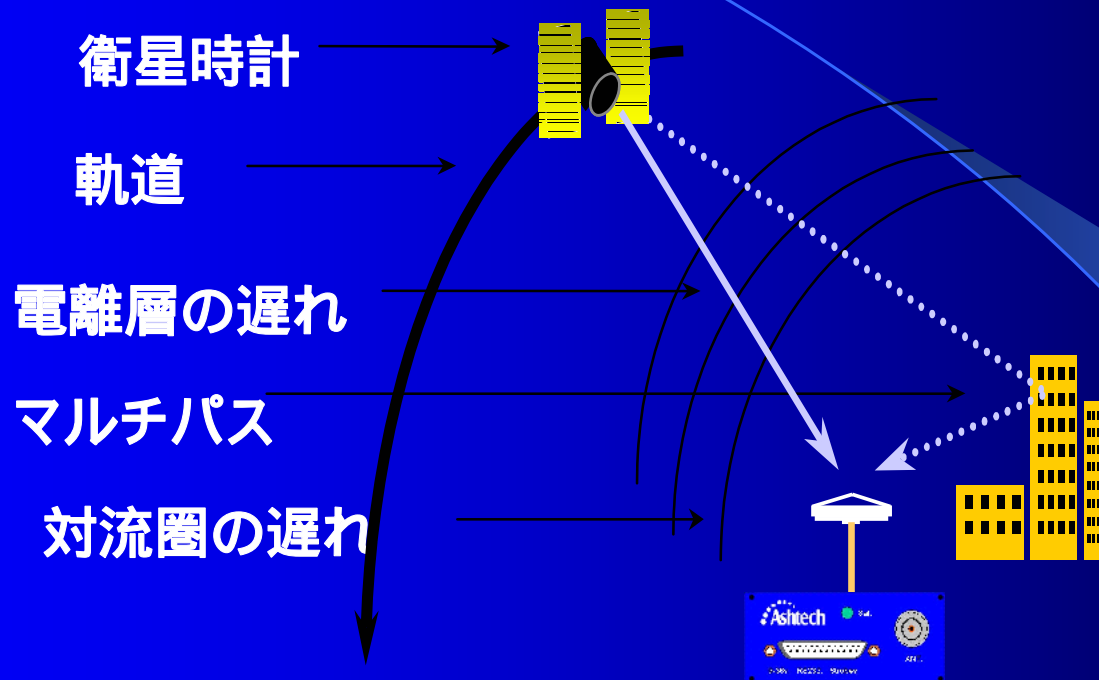
従来のDGPS (SkyFix Premier)

- ・ 基準局から地理的に制限のある地域の補正值を生成
- ・ 単一ブロックにおいて、GPSの誤差をRTCMフォーマットにて伝送
- ・ MultiFix 3ソフトウェアは複数の基準局からの補正值を結合
- ・ 重み付けした最小二乗法を用いて最適解を計算
- ・ 電離層フリーのDGPSサービス(例えば、Premier)は電離層補正をRTCMメッセージにて伝送

SDGPS - サテライトDGPS (SkyFix XP)

- ・ 世界中に網羅された基準局は、すべての衛星を同時に追跡
- ・ 各衛星におけるそれぞれの誤差原因を特定し、独自に補正
- ・ すべての衛星の補正は単一の補正情報として結合
- ・ 電離層の遅れと他の誤差は、二周波GPS受信機とMultiFix 4ソフトウェアを使用して測定
- ・ XPによる補正と電離層の観測に基づいてGPSの擬似距離を補正
- ・ 「Error Free」のGPS測位値を計算

GPSの誤差発生源



軌道
時計(衛

各衛星を追跡することによって、軌道誤差を補正 衛星の復旧

時計
電離層

星の軌道が安定した時)に定期的に軌道誤差をアップデート
世界中に展開された基準局で、高精度に時計誤差を補正
二周波GPS受信機は電離層誤差を補正

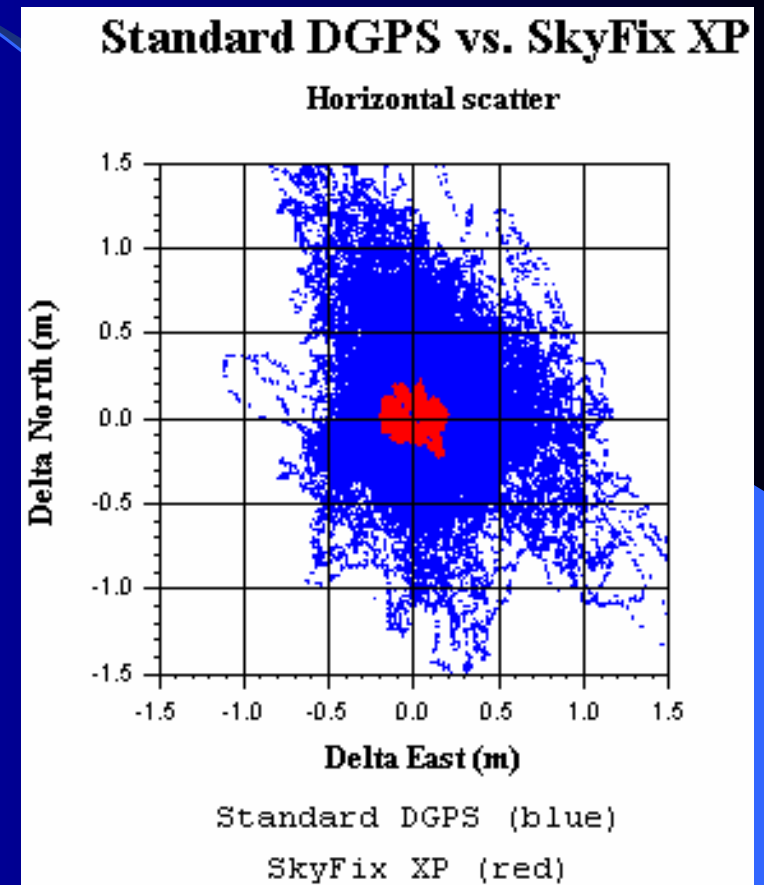
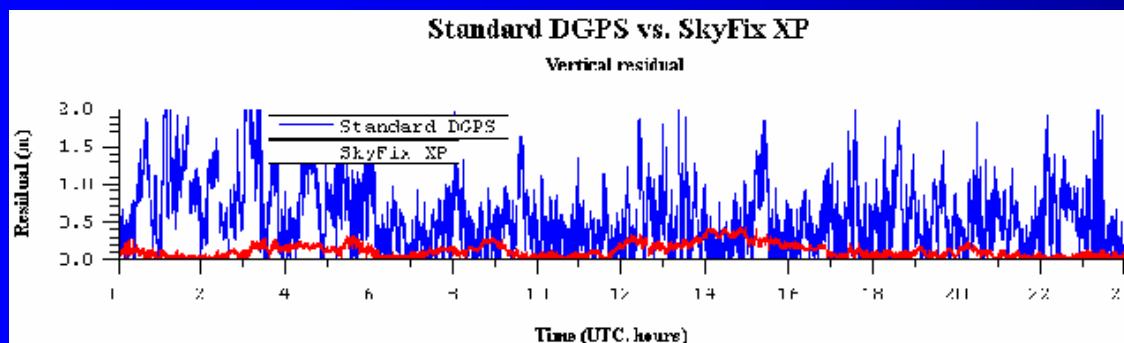
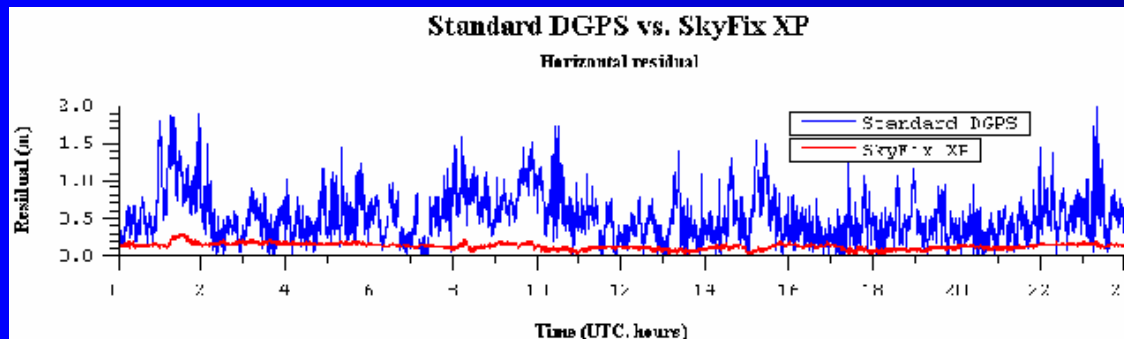
対流圏

対流圏モデルとGPS遅れの測定により、対流圏の遅れを補正

マルチパス

Thales ZX-センサ二周波GPS受信機はStrobe Edge相関器技術でマルチパスを除去

SDGPSとDGPSの測定比較



- 24 時間分布 Norwich (イギリス)