1周波受信機を用いた高精度測位とその応用について

衛星航法工学研究室
0655025　湯浅　純一

本発表の目次

- 本研究の背景と目的
- １周波高精度測位
  - 概要
  - 問題点と解決手法
- 実験
  - 実験概要
  - 実験結果と考察
- 応用について
- 結論

本研究の背景と目的

- 高精度測位に対するニーズ
  - マシンコントロール
    - 精密農業
    - 大規模工事
    - ITS
    - 貨物管理
  - GIS
  - センサネットワーク

本研究の背景と目的

- 多周波の測量級受信機＋アンテナ

- 問題点
  - 受信機・アンテナが非常に高価
  - 輸出制限がある
  - 消費電力が多い
  - 大型・重量

本研究の背景と目的

- １周波測量級受信機＋アンテナで高精度測位
  - 相対的に安価
  - 輸出制限がない
  - 相対的に消費電力が少ない
  - 相対的に小型・軽量

- 問題点
  - 誤差要因を抑える一部の手法（電離層）が使用不可
  - 測量級1周波の受信機数が少ない
  - 高精度測位が可能なソフトウェアが見当たらなかった

本研究の背景と目的

- 安価な受信機で高精度測位
  - 高精度測位に使用可能な量産型1周波受信機の出現
  - 量的・質的な技術の発展により小型・軽量化
  - 使いやすく、優れたソフトウェアの出現

- 安価なアンテナと受信機で高精度測位
  - 最適な環境下で、アンテナを最適化
    - オープンスカイ
    - 短基線

本研究の背景と目的

- 安価なアンテナと受信機で高精度測位を行う
  - 安価なアンテナのアンテナパターンと測量級アンテナの差異の調査
- 応用可能性を検討

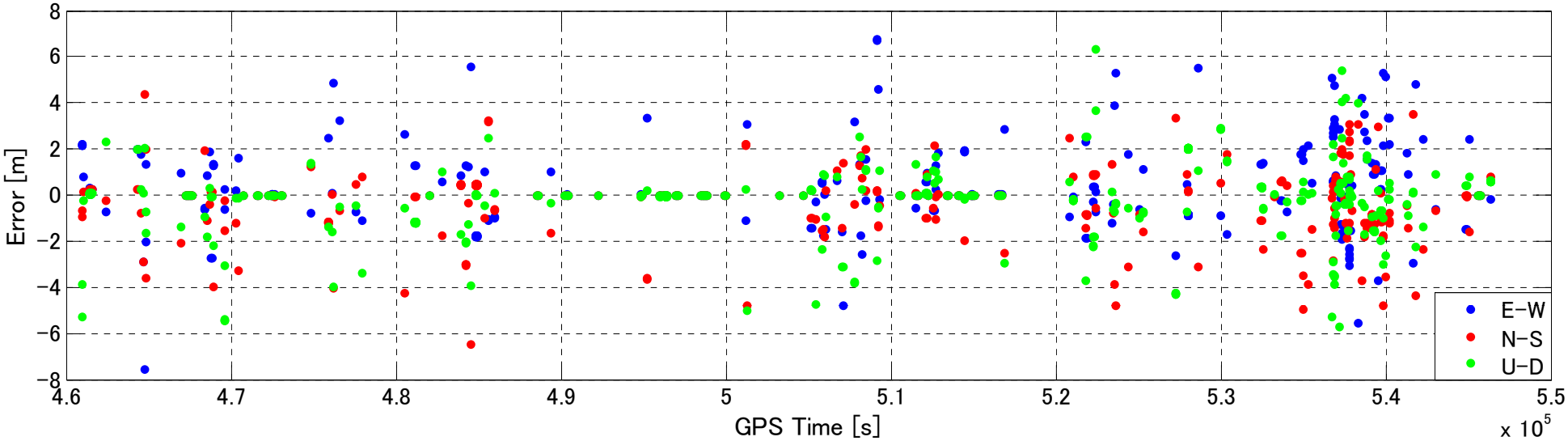
高精度測位とは

- K-GPS (Kinematic GPS)
  - ２台の受信機(移動局と基準局)
  - 搬送波位相を用いた測距
    - 整数不定性
  - 電離層
  - 反射波 (マルチパス)

  - 一般的な測位誤差は数cm
  - リアルタイムで行う場合(RTK-GPS)は通信リンクが必要

1周波高精度測位の問題点と解決手法

24h ANN-MS+LEA-4T



	ASR[%]	FIX [%]	FIX解 STD[cm]		
			E-W	N-S	U-D
安価	5.64	78.1	1.05	0.40	0.70
測量級	92.65	99.7	0.34	0.19	0.30

- ASR (Ambiguity Success Rate)
  アンビギュイティ決定成功率
- FIX率
  アンビギュイティが解けた中での正解率

1周波高精度測位の問題点と解決手法

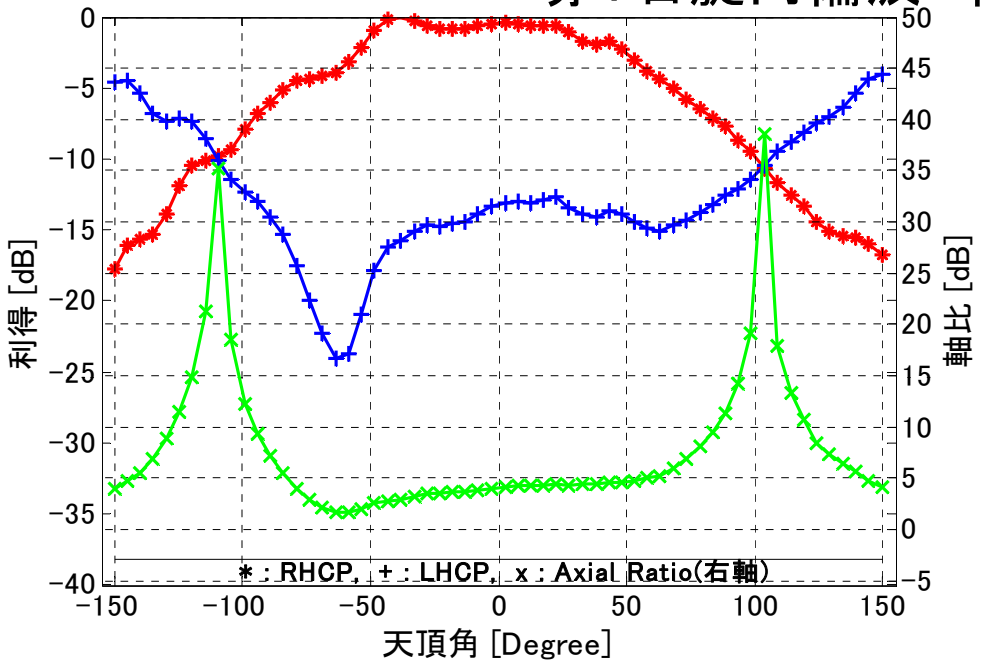
- アンテナパターン
  - 計測場所　電子航法研究所 電波無響室
  - 計測対象
    - NovAtel社製 GPS-600
    - ublox社製ANN-MS
  - 計測方法
    - 回転台を用いた自動計測
    - 送信アンテナ
      - ETS-LINDGREN社製ホーンアンテナ
    - 測定系
      - スカラネットワークアナライザ :アジレント製 8757D
      - 信号発生器:アジレント製 E8257DPSG

NovAtel GPS-600

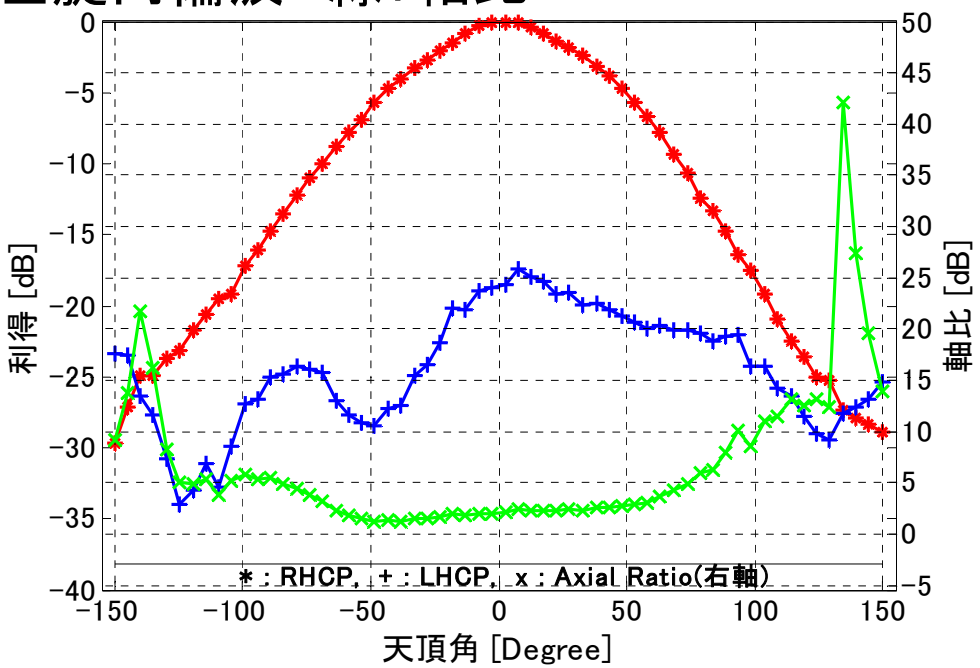
ublox ANN-MS

1周波高精度測位の問題点と解決手法

赤:右旋円偏波　青:左旋円偏波　緑:軸比



ublox社製 ANN-MS



NovAtel社製 GPS600

- 左旋円偏波の利得がANN-MSの方が高い
- 右旋と左旋の利得が逆転する角度がANN-MSの方が内側

- 軸比:楕円偏波における長軸と短軸の比
- 1(0dB)に近い方が受信電力の損失少

1周波高精度測位の問題点と解決手法

- アンテナ下部からの反射波の影響
  - 地面反射
    - 建物で反射した電波に比べ電力が高い

アンテナ下部からの反射波低減が必要

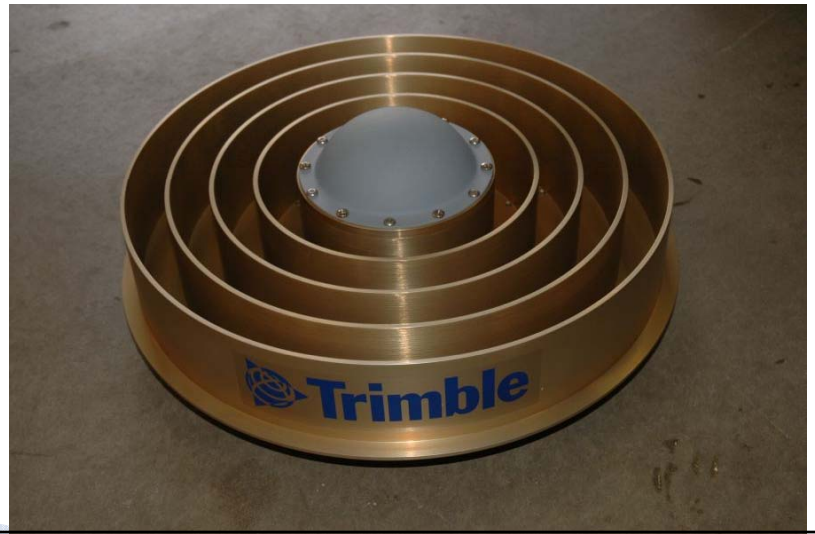
↓

グランドプレーン・チョークリング

1周波高精度測位の問題点と解決手法

- グランドプレーン
  - アンテナ下部に設置する導体の平面板
  - アンテナ下部からの電波を遮蔽
  - 素材としてアルミ合金、銅、金
  - 軽量・薄型
  - 電気伝導率が高い ⇒ 回折や反射

- チョークリング
  - グランドプレーン上に同軸穴を複数重ねた構造
  - 穴の深さは1/4λ
  - マルチパス除去性能が高い
  - 大きく重い
  - 高価



1周波高精度測位の問題点と解決手法

- グランドプレーンを採用
  - 軽量・薄型
  - 素材の入手性
  - 自前で作成可能

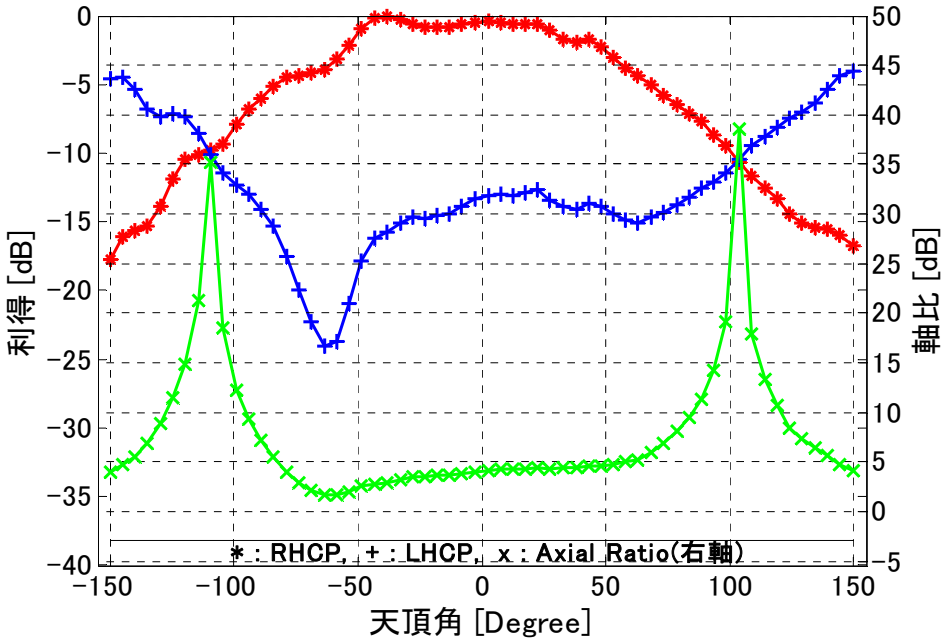
グランドプレーンが意図通りに働くかを検証
(電気的な最適化)

↓

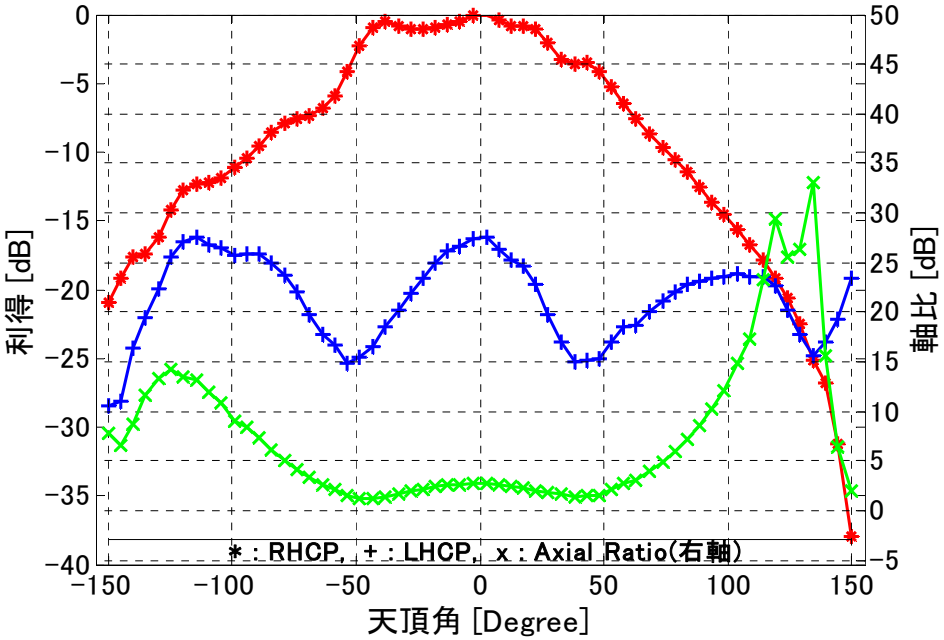
アンテナパターンの計測

1周波高精度測位の問題点と解決手法

赤:右旋円偏波　青:左旋円偏波　緑:軸比



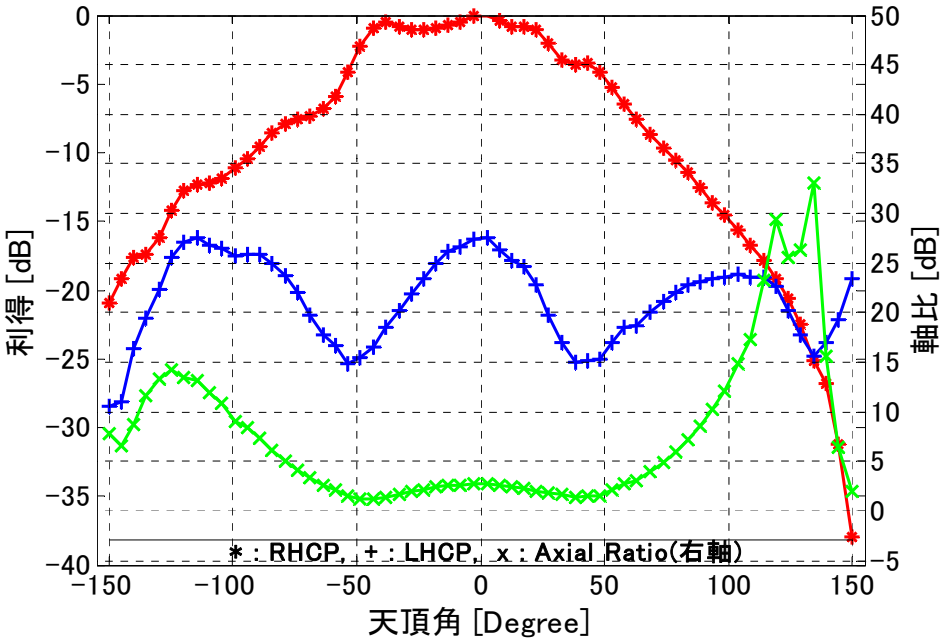
グランドプレーン 0cm



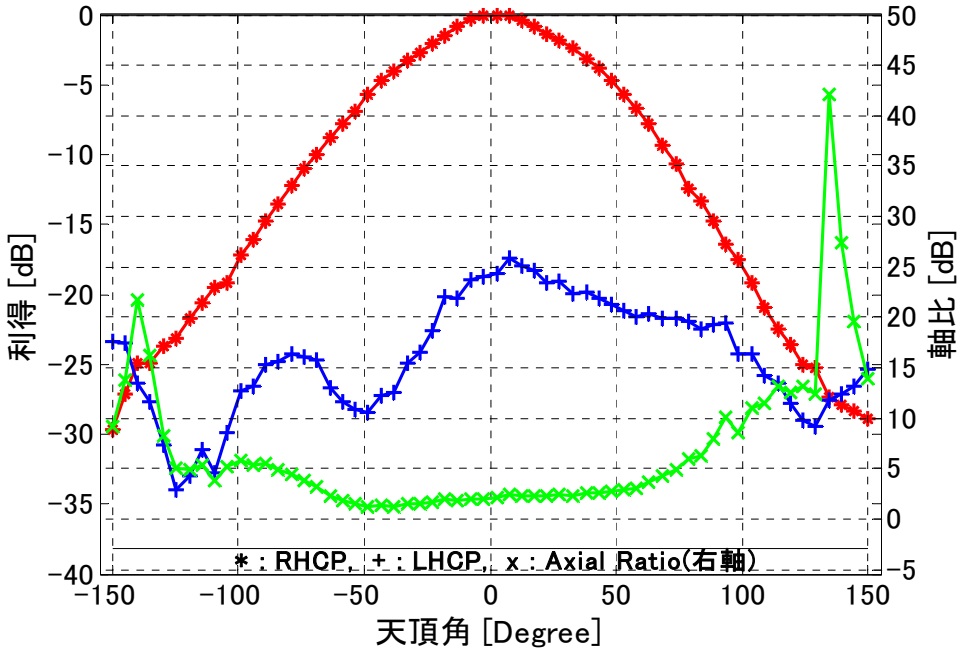
グランドプレーン 20cm

1周波高精度測位の問題点と解決手法

赤:右旋円偏波　青:左旋円偏波　緑:軸比



ublox社製ANN-MS
グランドプレーン20cm



NovAtel社製 GPS-600

実験概要

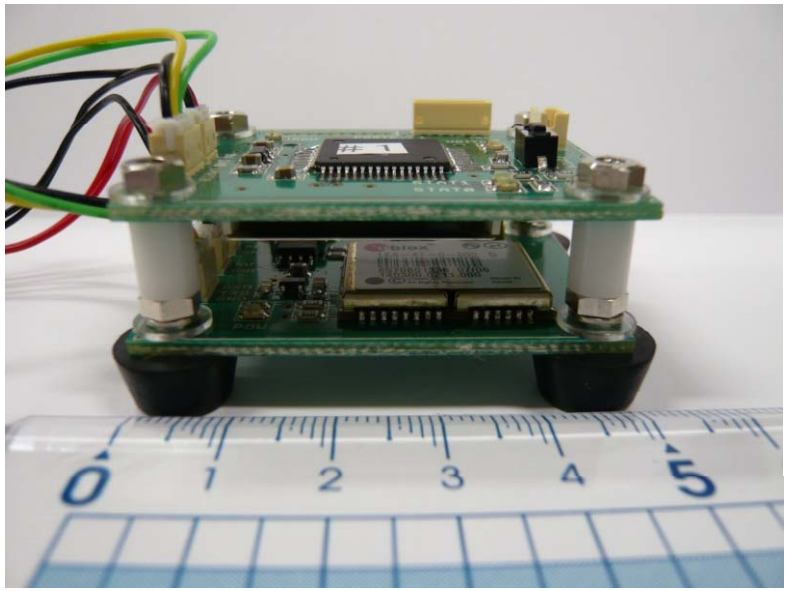
- 実験の目的
  - グランドプレーン径とASR・FIX率の関係を調査

- 実験の方法
  - グランドプレーン径を変えてデータを取得
  - データ取得時間：24時間
  - 実験場所：先端科学技術研究センター屋上
  - 基準局：先端科学技術研究センター屋上(基線長約10m)

実験概要

- 使用したアンテナと受信機

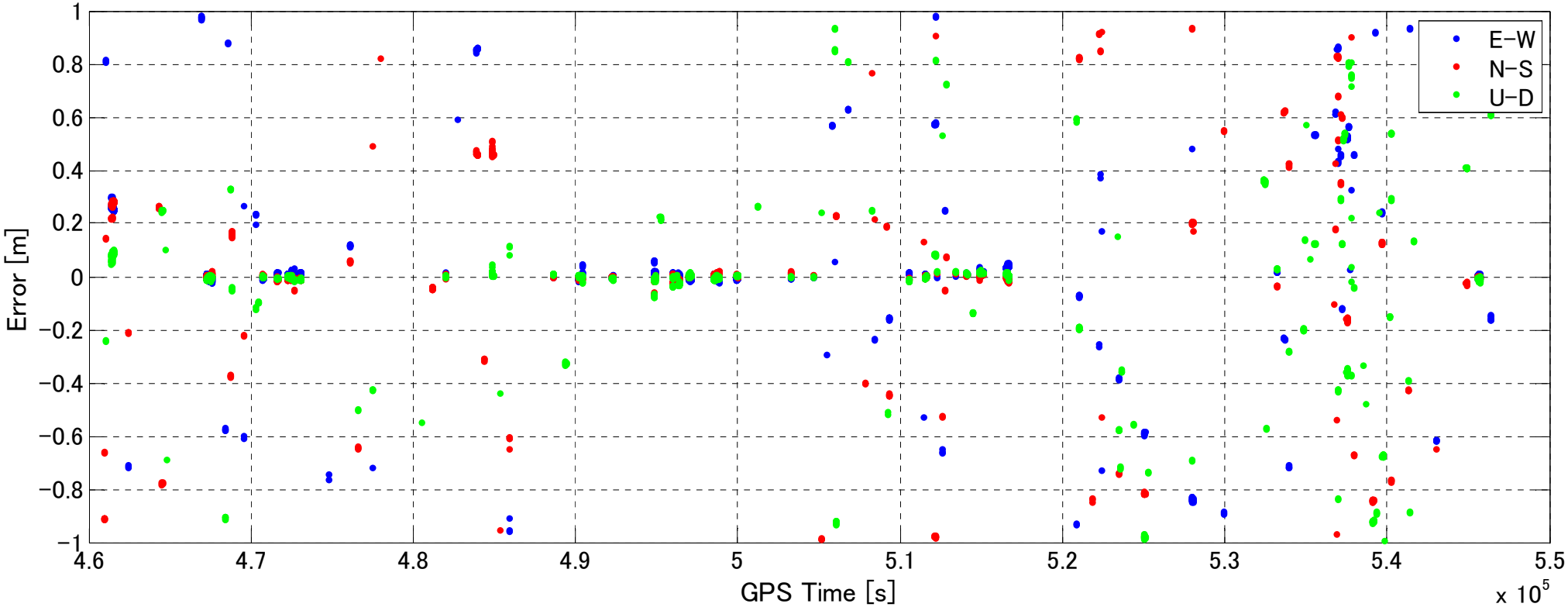
局	アンテナ	受信機
移動局	ublox製 ANN-MS	ublox製 LEA-4T
基準局	JNS製 Choke-Ring Antenna	NovAtel製 OEM3



ublox製 LEA-4Tロガー

ublox製 ANN-MS

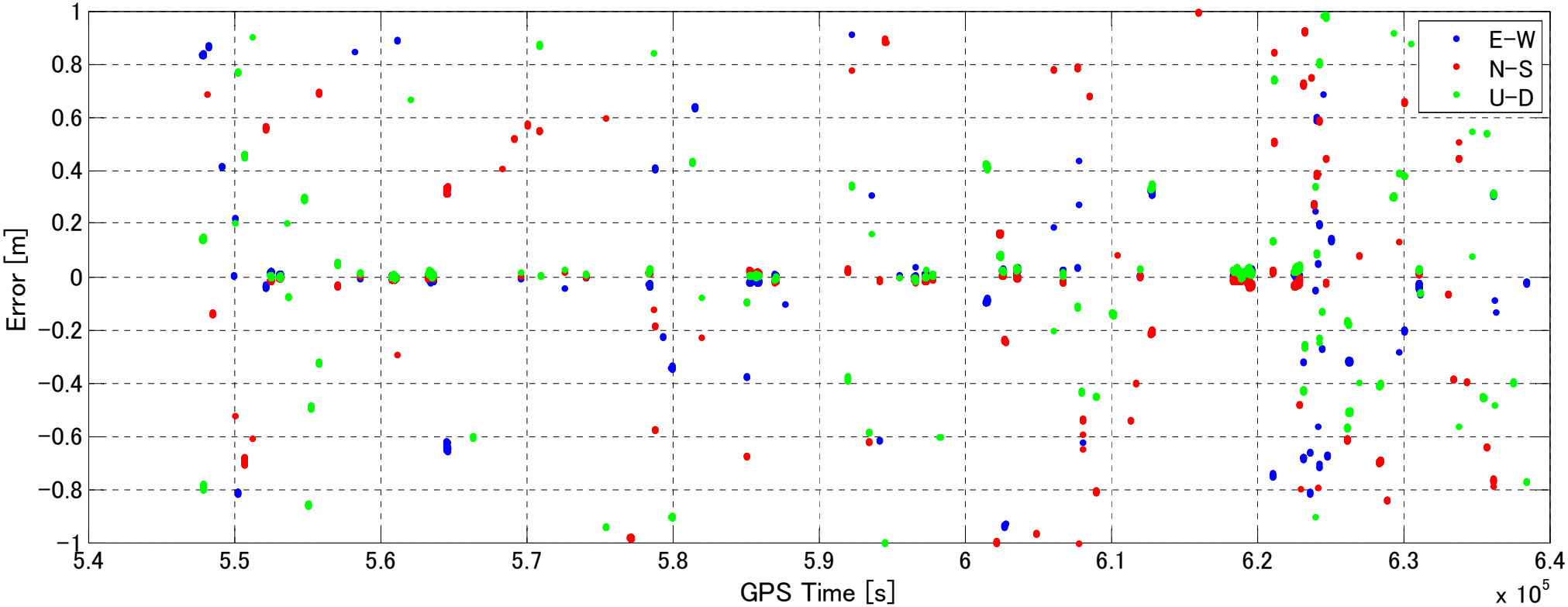
実験結果



グランドプレーン：なし

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
5.64	78.1	1.05	0.40	0.70

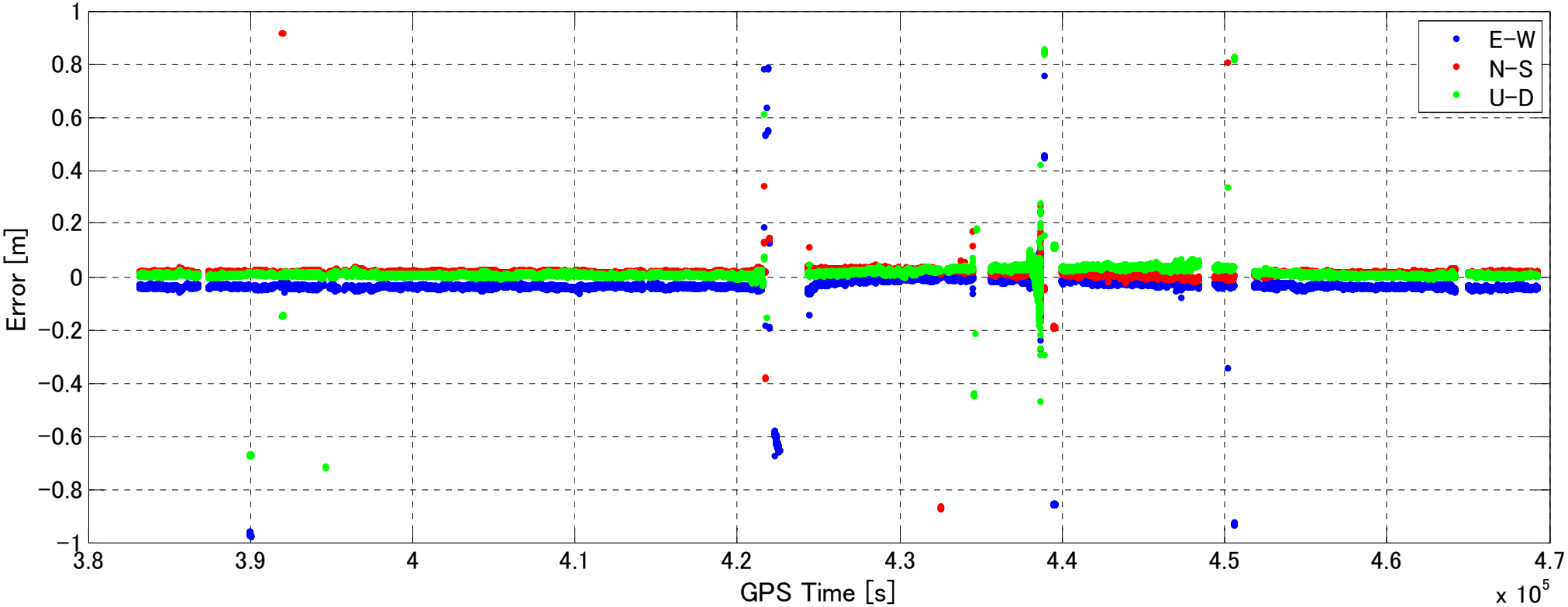
実験結果



グランドプレーン：6cm

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
6.06	73.3	0.27	0.30	1.33

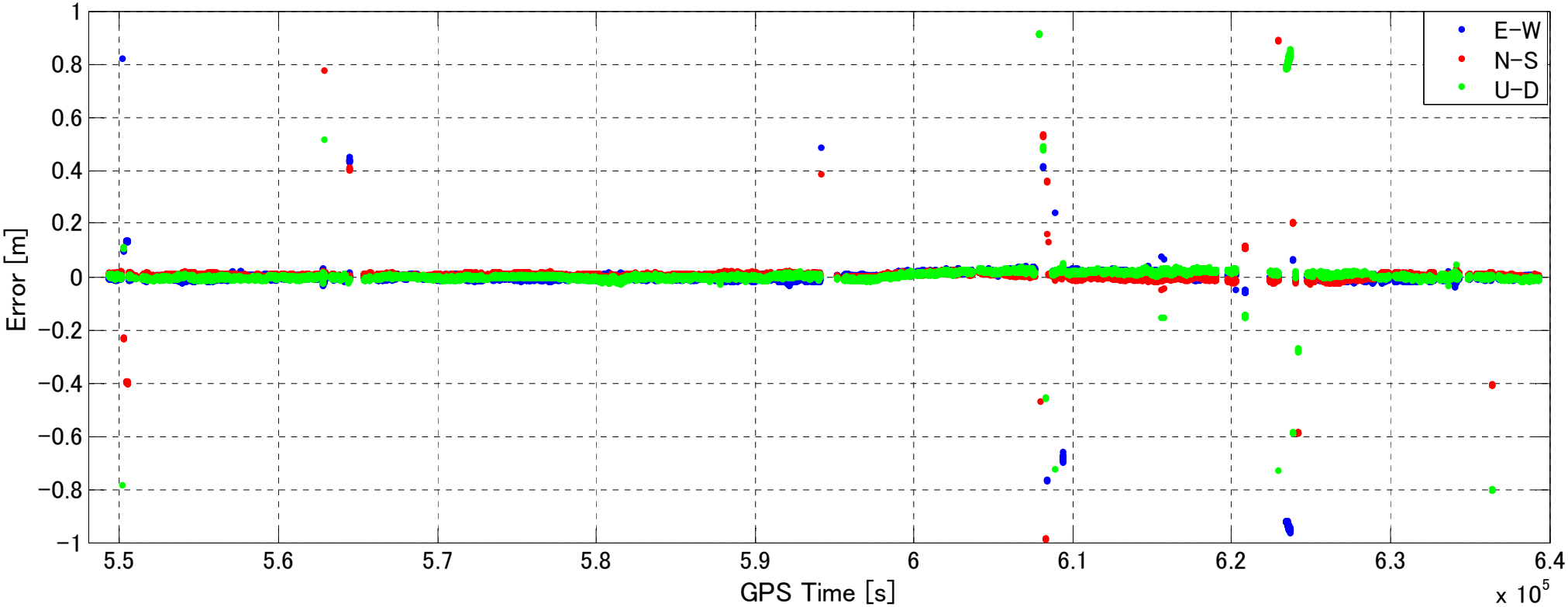
実験結果



グランドプレーン：10cm

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
78.4	99.2	0.29	0.17	1.48

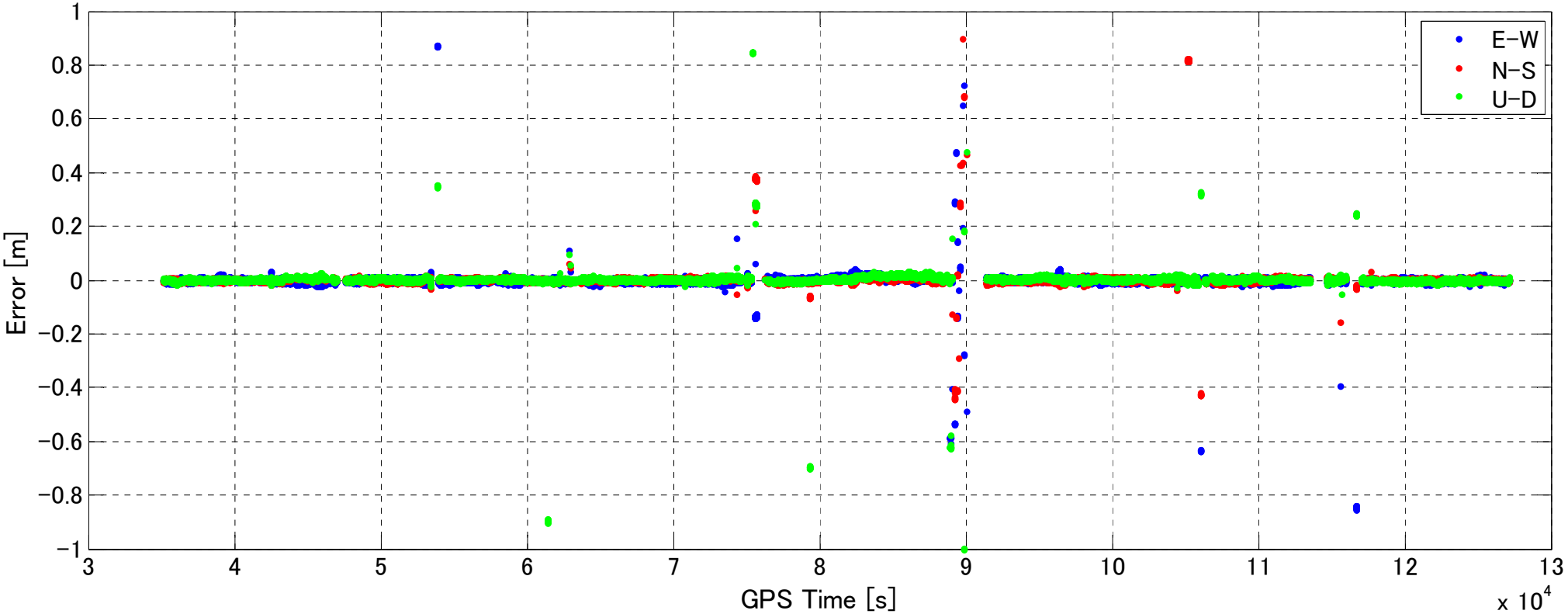
実験結果



グランドプレーン：15cm

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
80.7	99.4	0.06	0.68	0.49

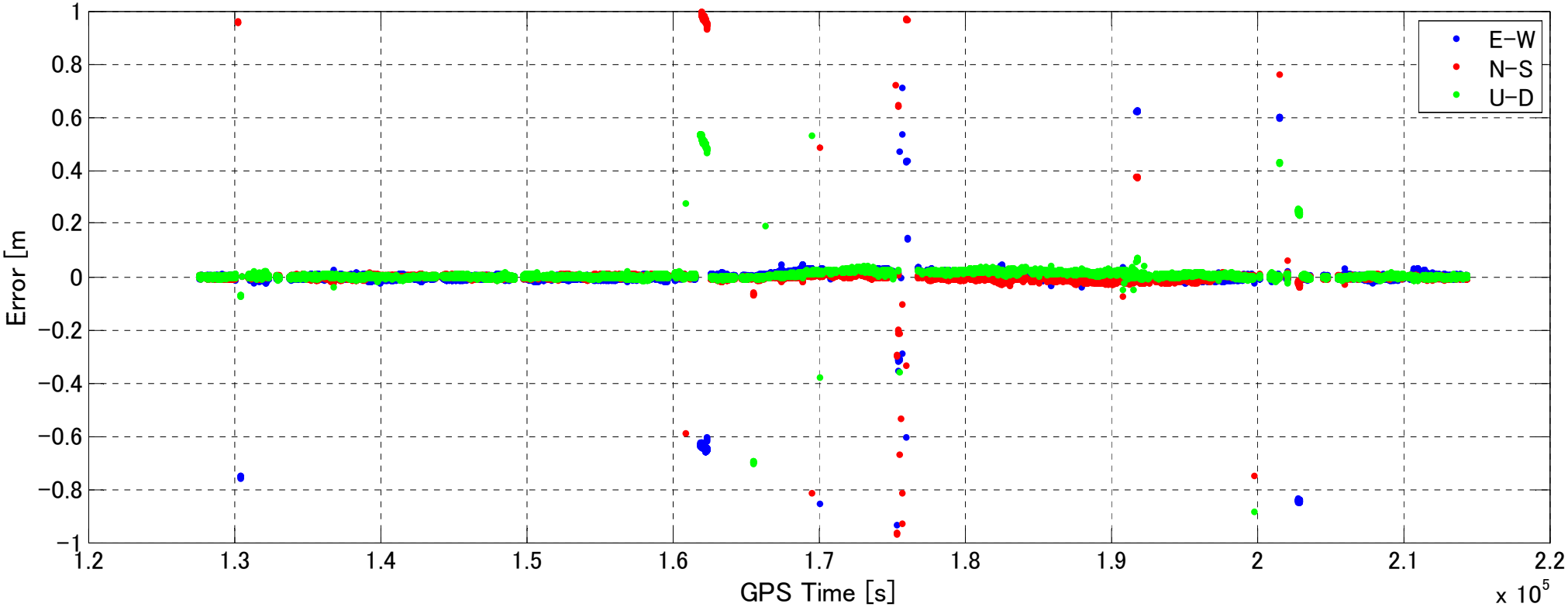
実験結果



グランドプレーン：20cm

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
88.2	99.5	0.10	0.21	0.39

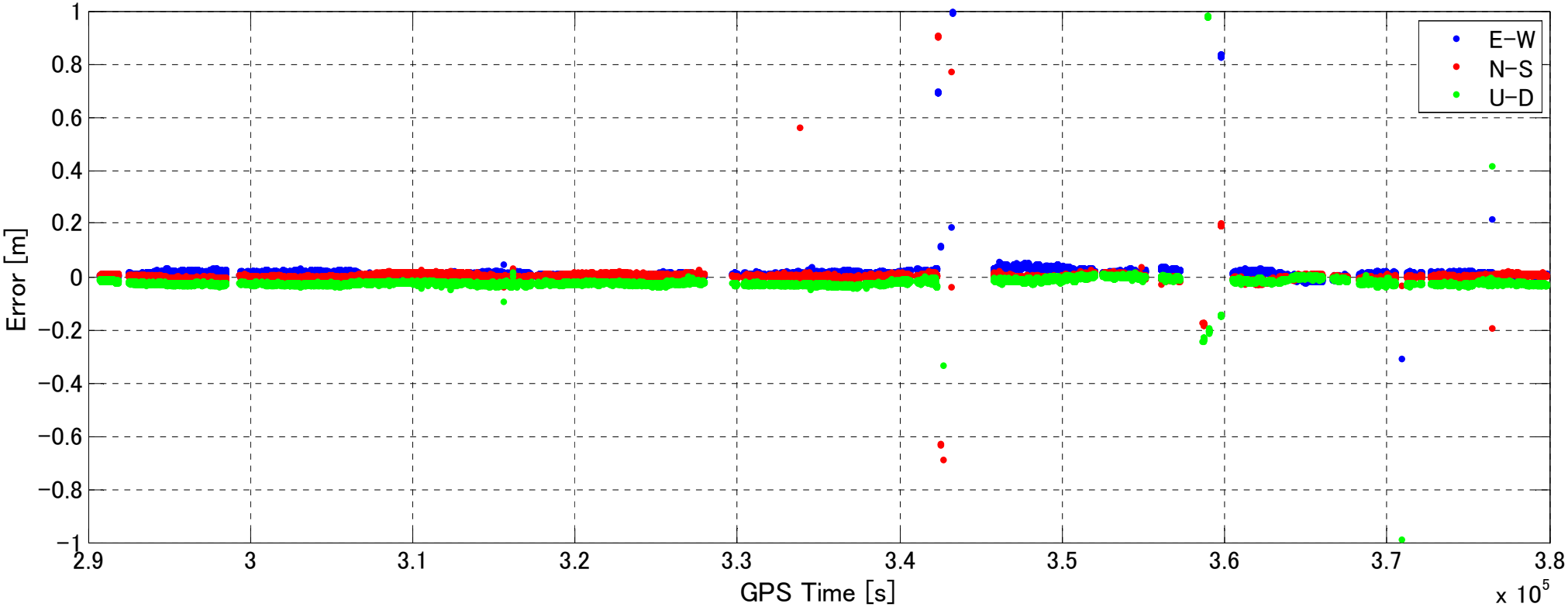
実験結果



グランドプレーン：30cm

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
86.8	99.5	0.17	0.04	0.75

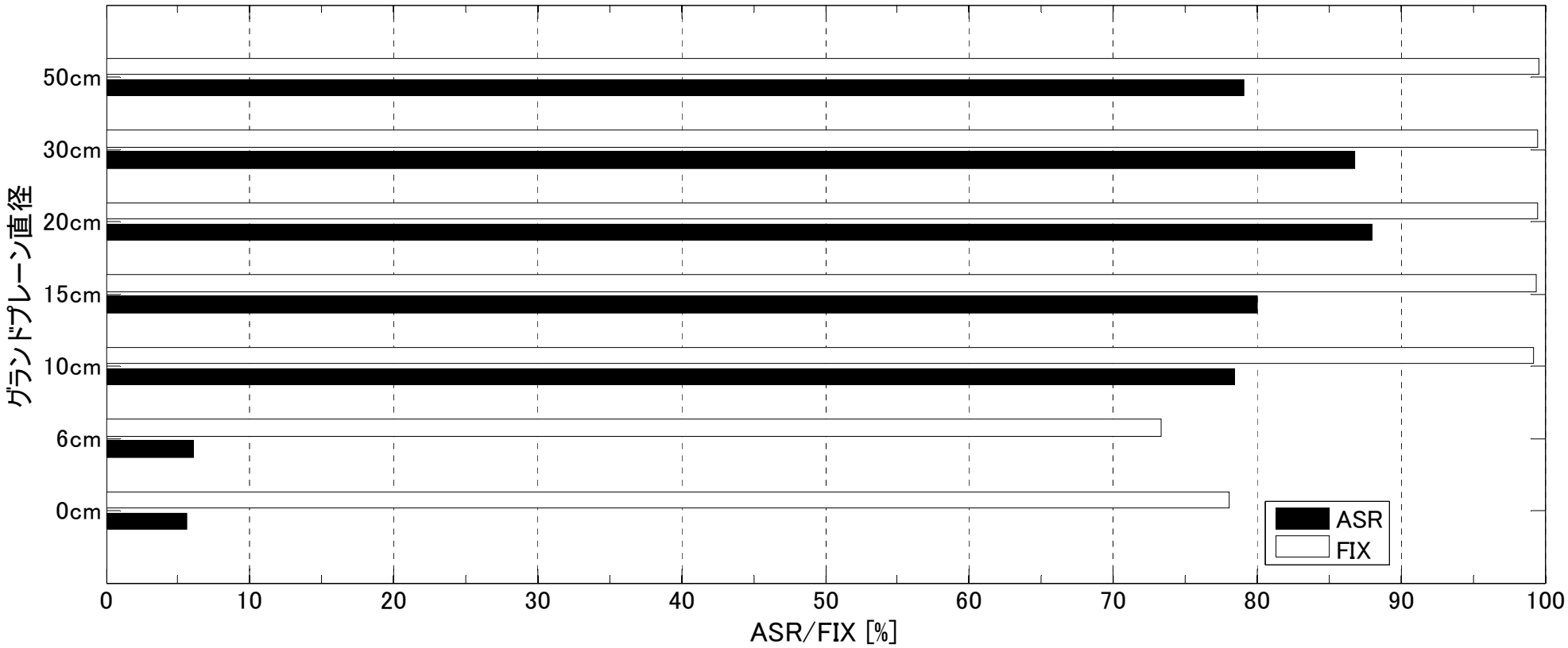
実験結果



グランドプレーン：50cm

ASR[%]	FIX率[%]	FIX解STD [cm]		
		E-W	N-S	U-D
79.1	99.6	3.30	1.96	0.62

実験結果



- グランドプレーンの直径と、ASR・FIX率間で相関
  - アンテナパターンから、地面反射波の影響
- 直径20cmの時が最適

応用について

- 静止点測位
  - 高精度
  - 省電力・小型軽量・低価格
  - 最適な環境下

- 沿岸域におけるセンサネットワーク

応用について

- 沿岸域におけるセンサネットワーク
  - 気温・水温・塩分濃度・波高センサ
  - 波力・太陽光を利用した自己発電装置
  - ノード間通信（Zig Bee）
    - ZigBee:低速・通信距離短(～数百m)

- 超音波通信
  - 海面と水面での反射波によるフェージング（浅海域）
  - 海底に設置したセンサの情報収集
  - 高精度位置情報を用いた通信制御
  - 海底などのセンサデータを収集可能

結論

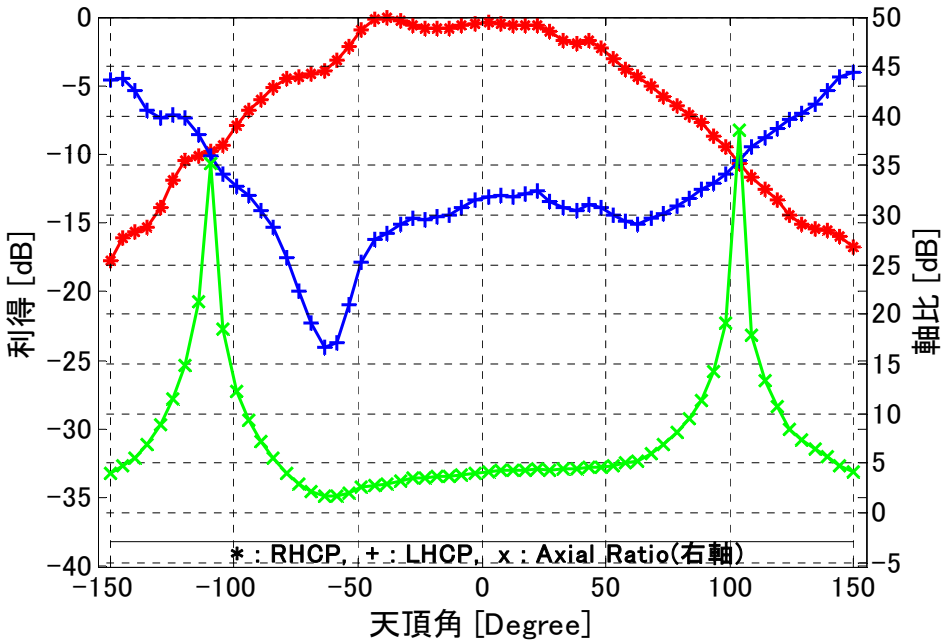
- 安価なアンテナの問題点
  - 地面反射波の影響を測量級アンテナと比較して受け易い
- グランドプレーンを用いることにより、大幅にASRおよびFIX率が向上
- 実験結果より20cmのグランドプレーンが最適
- 高精度位置情報の応用可能性

ご清聴有難うございました

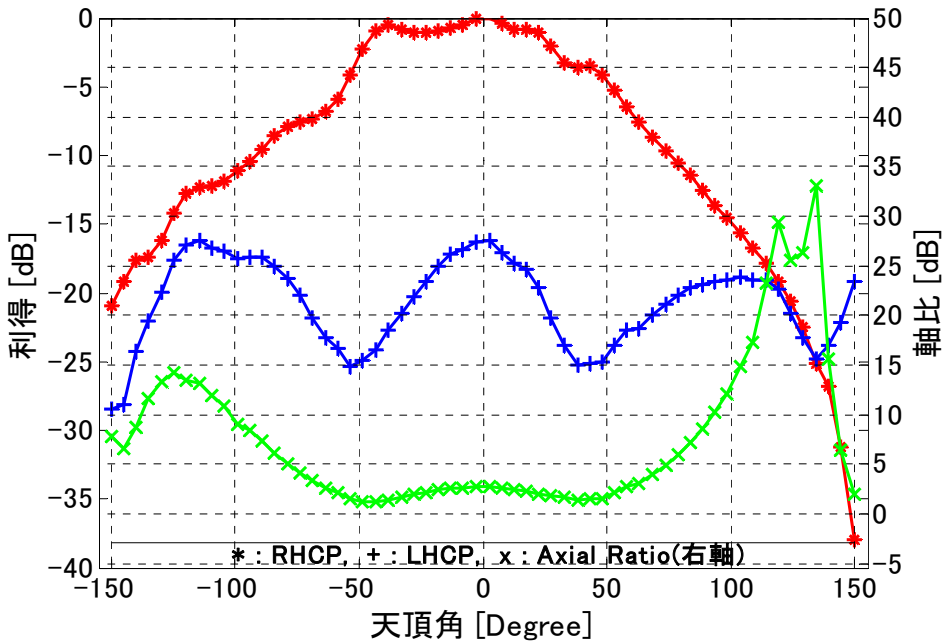
マスク角

- 全ての結果において15度に設定

赤:右旋円偏波　青:左旋円偏波　緑:軸比



グランドプレーン 0cm

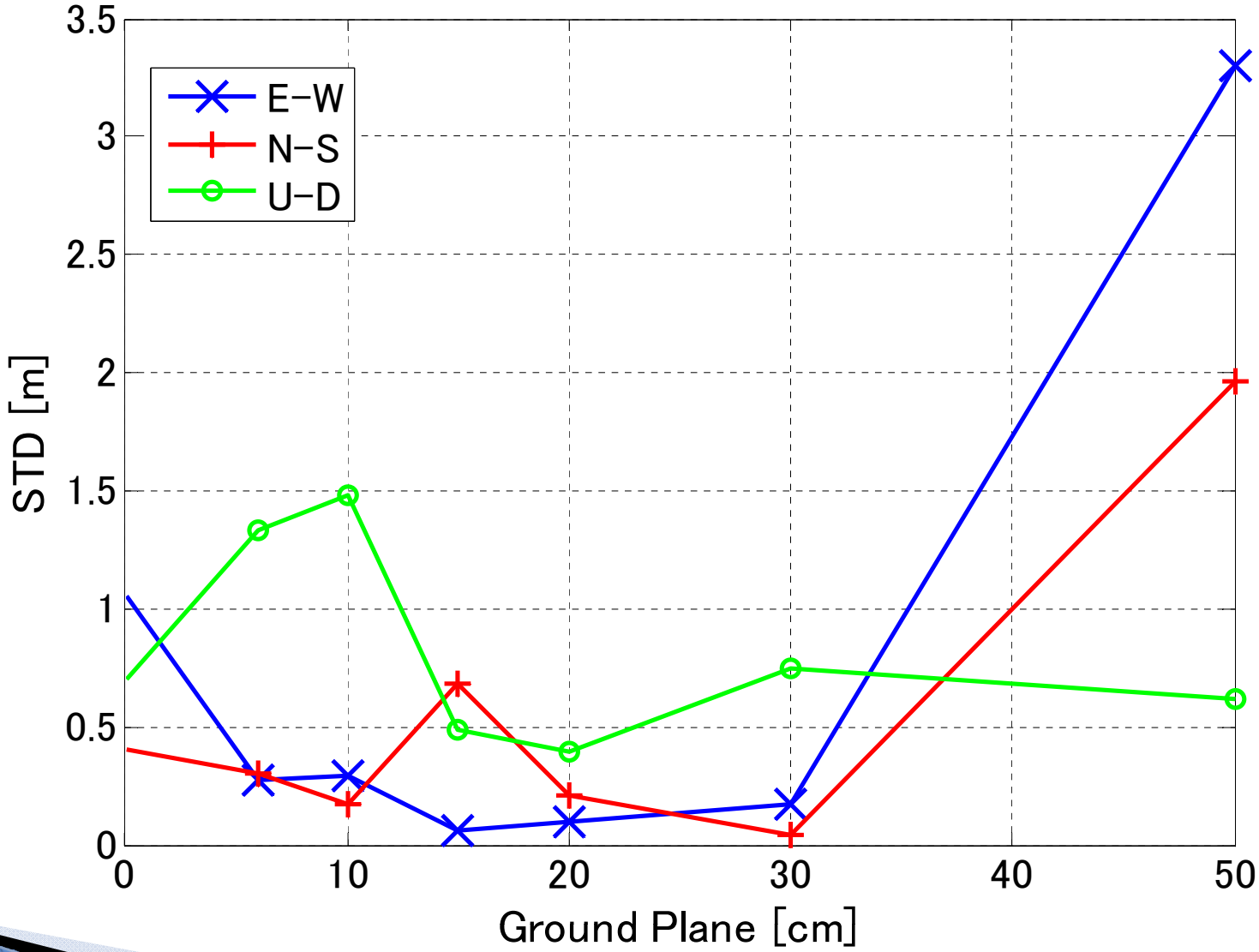


グランドプレーン 20cm

軸比

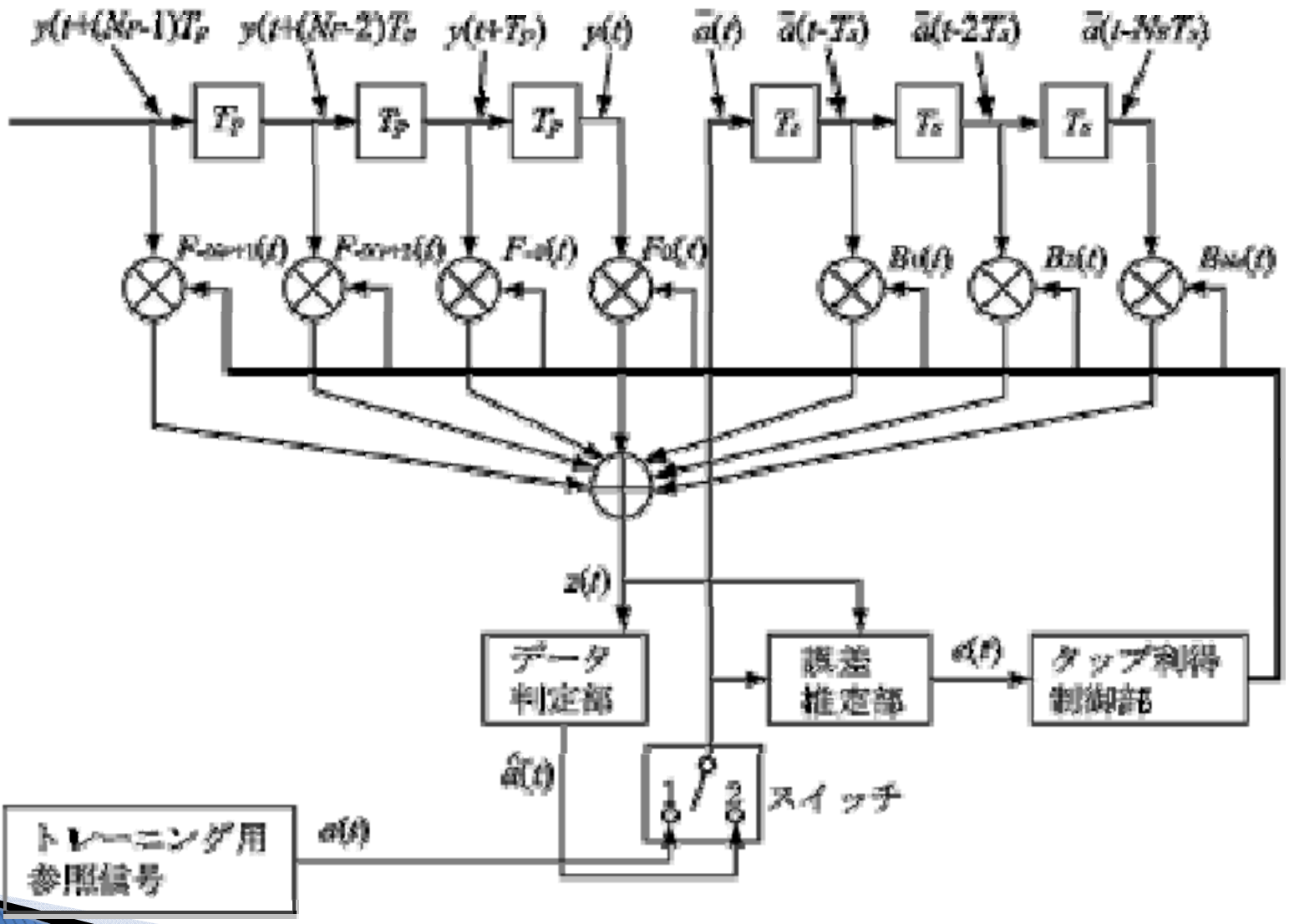
- 右旋円偏波のアンテナでも左旋円偏波の成分も出力
  - 合成により、楕円偏波になる
- 軸比は、楕円の長軸と短軸の比
- 軸比とは、右旋円偏波と左旋円偏波の成分の利得を表す1指標
- R＝(Er＋El)/(Er−El)　(Er,Elは右左旋の利得)
  - 長軸≫短軸…→1　右旋円偏波
  - 長軸≒短軸…… → ∞　直線偏波
  - 長軸≪短軸…→−1　左旋円偏波

実験結果（測位結果誤差）



反射波(導電率)

	大地の比誘電率	大地の導電率[S/m]
海水	80	10^4
淡水	80	10^3
湿地	10–15	5*10^–3
感知	4–15	4*10^–4

大地の比誘電率が大きくなると、反射の影響が大きくなる
誘電率が小さければ減衰が大きくなる
反射面によっても大幅に変化する

DFE 判定帰還型等価器