



GPS測位における マルチパス誤差の評価 Evaluation of multipath error on GPS positioning

東京商船大学

情報通信工学研究室

○鈴木崇史 久保信明 安田明生



GPS測位におけるマルチパス

- DGPS測位において、マルチパスによる誤差は除去することができない
- 全てのGPS測位の精度に影響する
- 受信アンテナ近傍に障害物があれば、コード位相に対し数 m 以上のマルチパス誤差が生じる
- GPS測位において、主な誤差要因となっている



本研究の目的

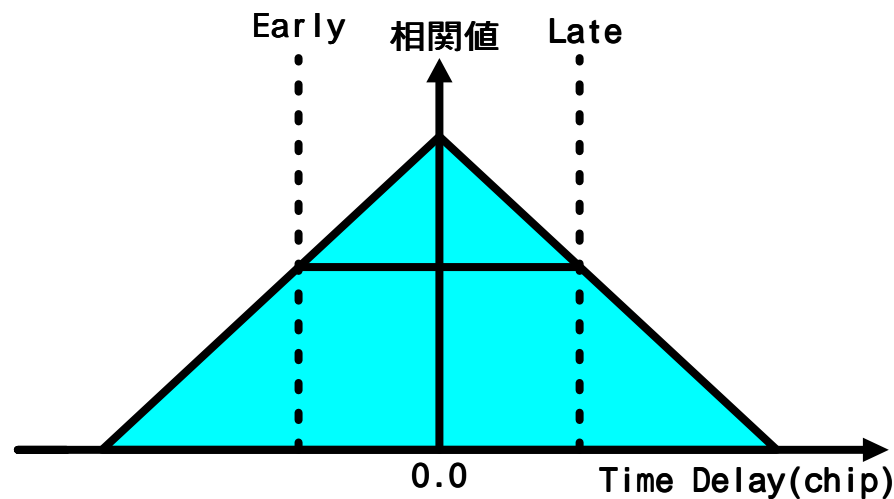
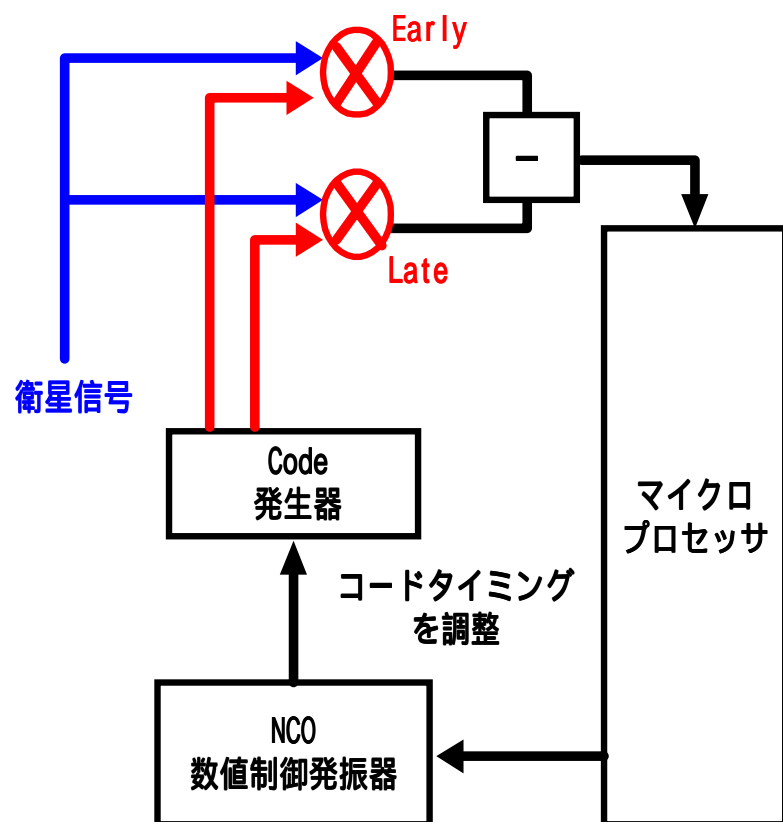
- マルチパス誤差推定

受信アンテナ近傍に障害物(反射物)があると想定した場合のマルチパス波による誤差を推定する

- DGPS測位精度比較

DGPS測位シミュレーションツールを作成し、想定した測位環境における測位結果の評価、実環境における測位精度との比較を行う

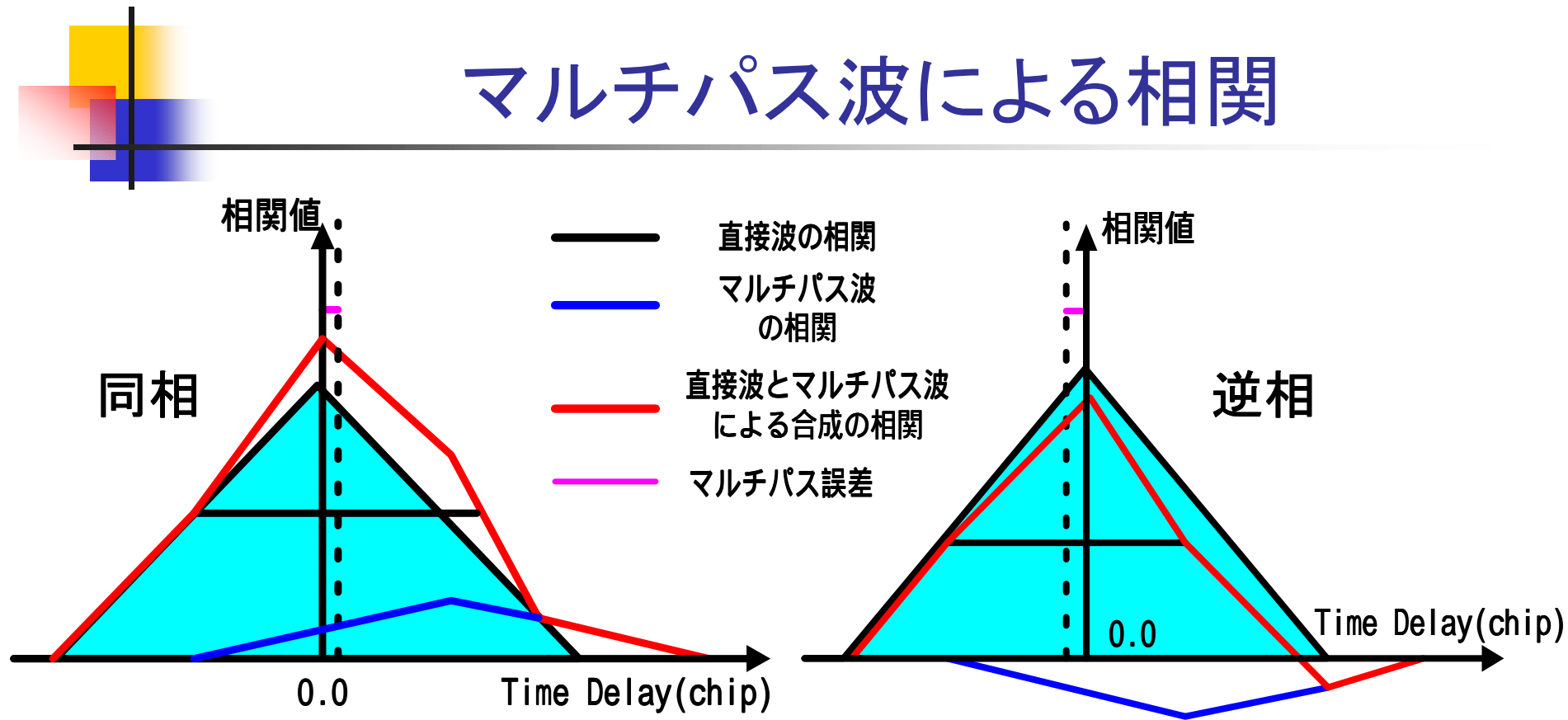
コード追尾におけるマルチパス誤差



直接波のみのコード相関図

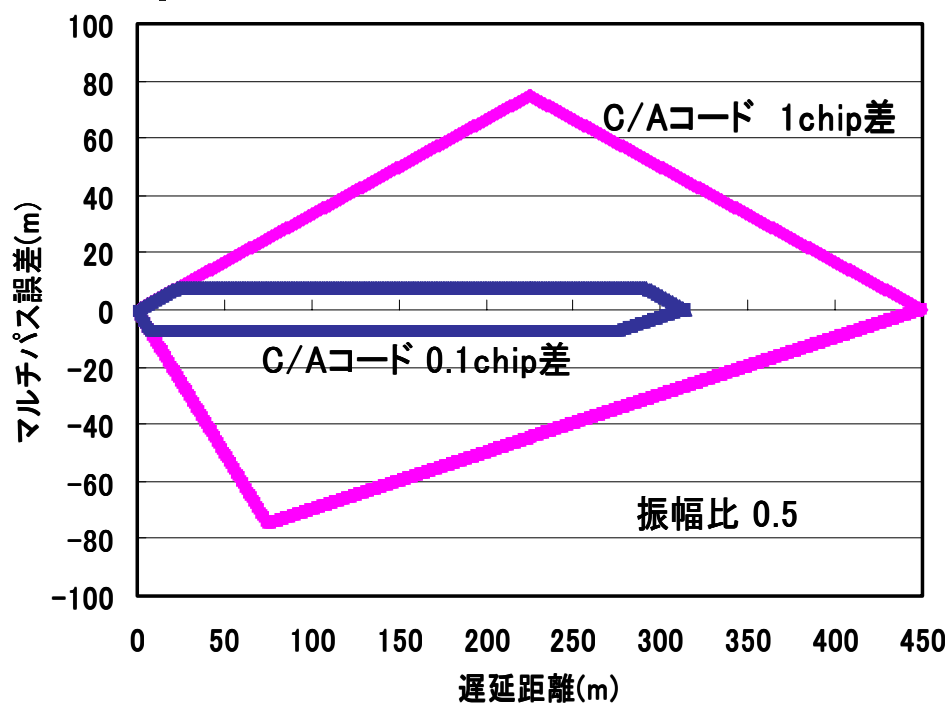
- **Early**と**Late**の相関値が等しいところで追尾
- 中心が追尾点

マルチパス波による相関

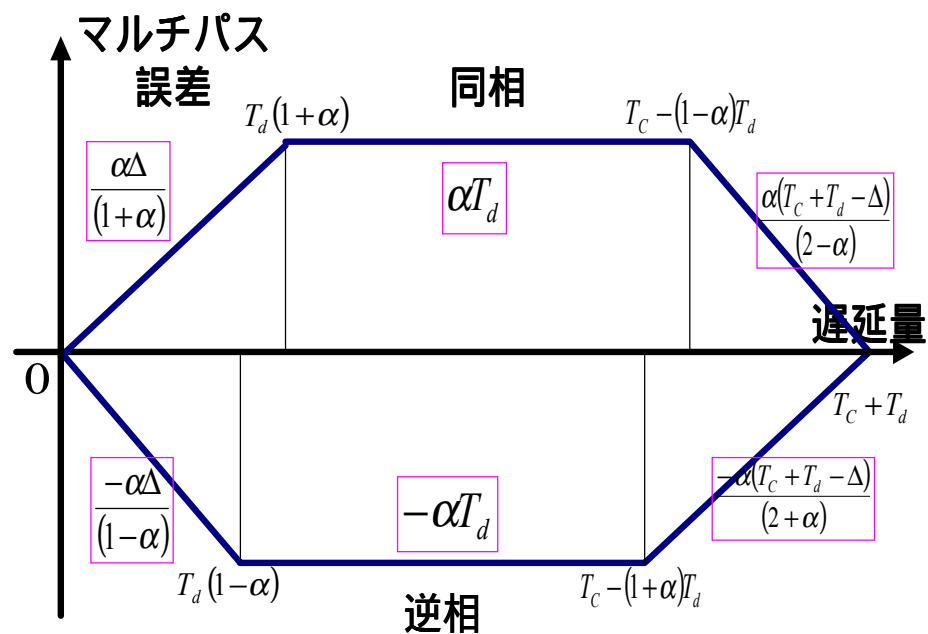


マルチパス波により相関関数は歪む
追尾点がずれる(マルチパス誤差)

遅延距離とマルチパス誤差の関係



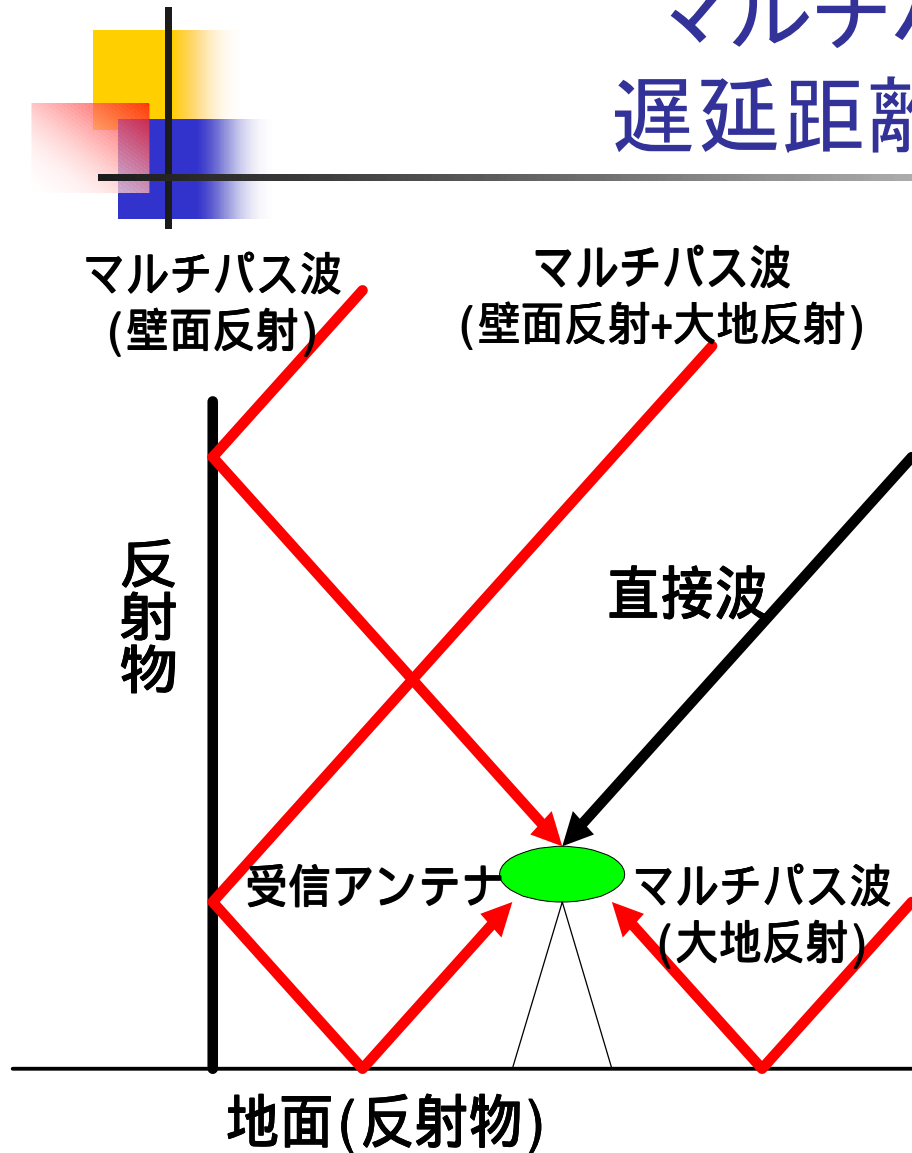
- 遅延距離に対するマルチパス誤差の最大値
- マルチパス誤差はこの最大値の範囲内で生じる



α = 直接波に対するマルチパス波の振幅比(反射係数)
 Δ = 直接波に対するマルチパス波の遅延距離
 T_c = C/A コードの 1bit の長さ(およそ 300m)
 T_d = コリレータ間隔(Early と Late のチップ差)の半分

T_c, T_d は決まるので、遅延距離 Δ 、振幅比 α 、位相差を求める

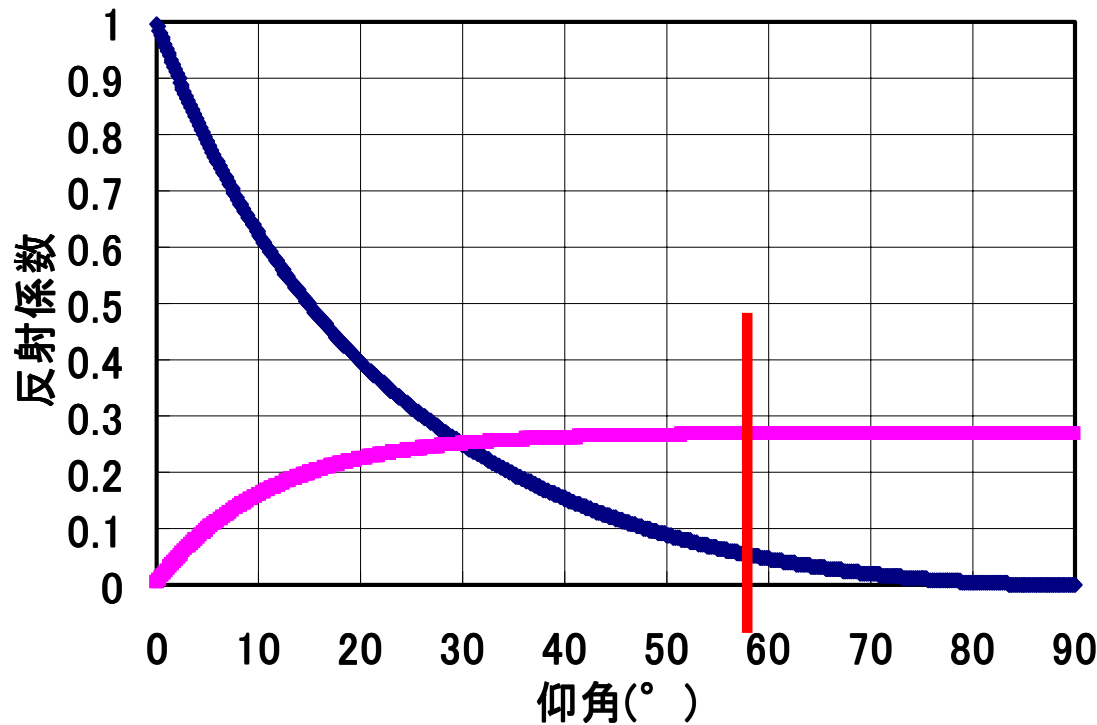
マルチパス誤差の推定 遅延距離、位相差の算出



- 衛星位置、受信アンテナ位置、反射物の配置から反射物上の反射点を求め、直接波に対する遅延距離を算出
- 位相差は遅延距離による
(1周期=360度=0.19m:L1)
- 反射は鏡面反射とし、3つの伝搬モデル

マルチパス誤差の推定2

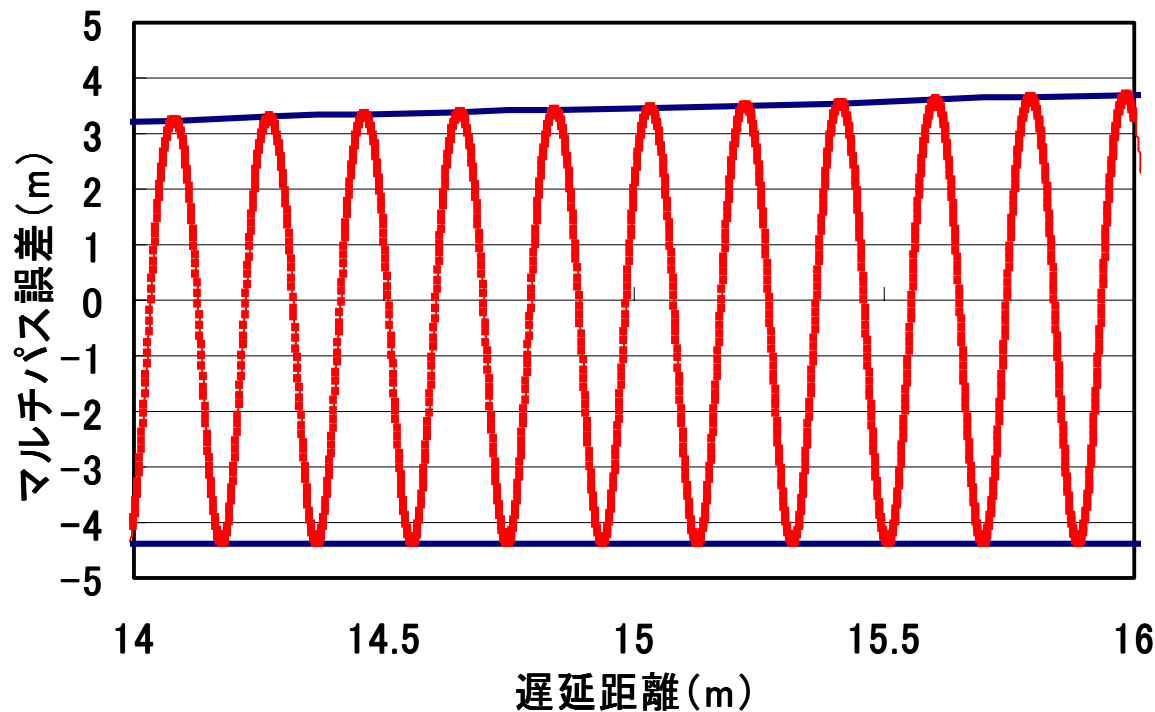
振幅比の決定



衛星の仰角と反射係数の関係
(反射物:コンクリート)

- 反射物の材質と、衛星の仰角から反射係数を算出
 - 反射係数を直接波に対するマルチパス波の振幅比とする
 - ブルースター角よりも小さい: 青色
 - ブルースター角よりも大きい: 赤色
- 〔 コンクリートの場合 〕
およそ58度

推定したマルチパス誤差



青:遅延距離に対するマルチパス誤差の最大値

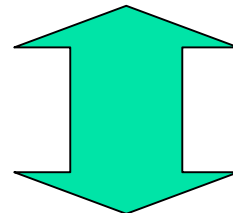
赤:推定したマルチパス誤差

- 遅延距離**14m**から**16m**のときのマルチパス誤差
- **Narrow**コリレータ (コリレータ間隔**0.1chip**) を用いた場合
- 振幅比は一定(**0.2**)



DGPS測位精度比較

測位シミュレーションツールを用いた**DGPS**測位



比較

受信アンテナ近くに反射物(壁)がある場所での**DGPS**測位

- 基準局、移動局アンテナの位置
- 衛星位置、測位計算に使用する衛星
- 測位時間、測位時刻
- 反射物(壁)の配置

実際に測位した
ときの状況と同じ



測位シミュレーションツール

- 短基線長(100m以内)におけるDGPS測位シミュレーション
- 衛星位置はアルマナックの情報より算出
- 基準局、移動局のアンテナ位置をあらかじめ設定
- 擬似距離 = 衛星位置と移動局位置間の距離(真の距離) + 誤差成分(白色雑音 + マルチパス誤差)
- 電離層伝搬遅延、対流圏伝搬遅延は無視



実際のDGPS測位

- 取得日時:2003年7月4日(20分間)、8月8日(40分間)
- 基準局アンテナの位置:7月4日、8月8日とも同じ
- 基線長:およそ93m(7月4日)、およそ71m(8月8日)
- 取得データ:擬似距離、搬送波位相、衛星位置
- 取得データ間隔:1秒
- 使用受信機:ノバテル社製RT-2受信機

測位環境



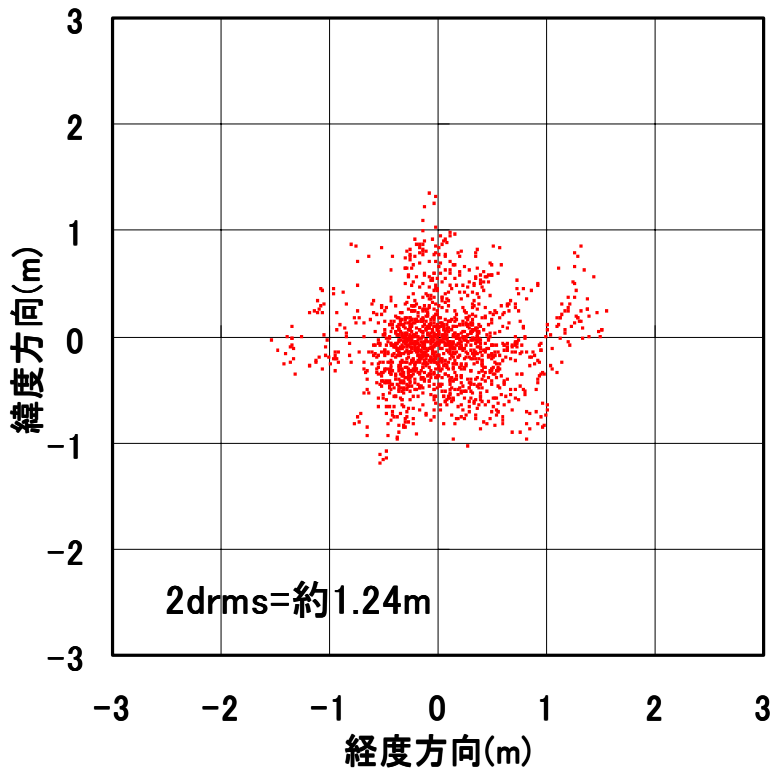
7月4日の測位:**2つの壁に囲まれている**

8月8日の測位:**3つの壁に囲まれている**

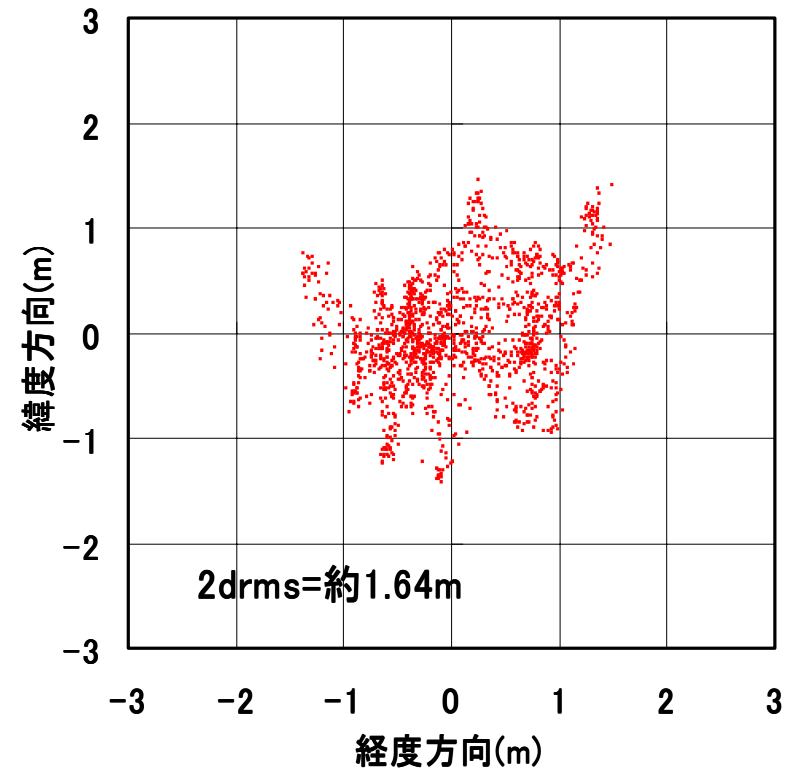
壁の高さ:およそ**10m**

受信アンテナの高さ:約**1.14m**(7月4日)
約**1.8m** (8月8日)

7月4日のDGPS測位結果 (水平方向)

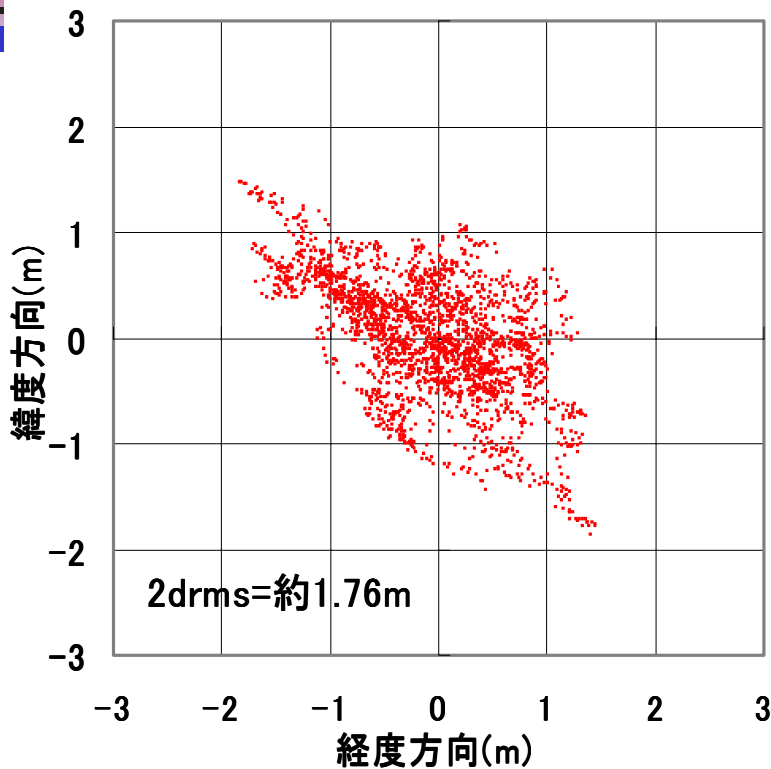


実際に測位した測位結果



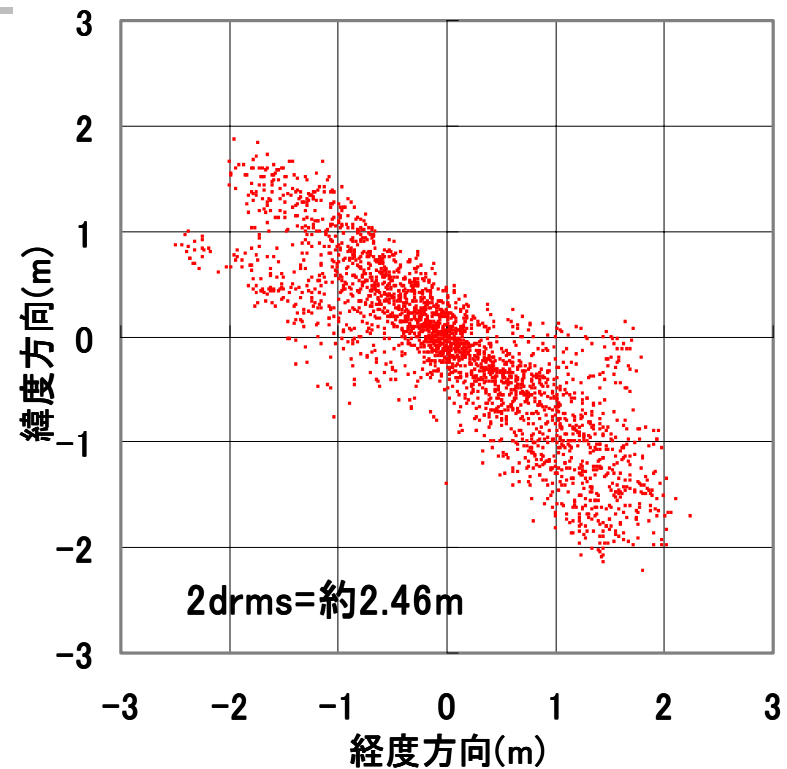
測位シミュレーション
による測位結果

8月8日のDGPS測位結果 (水平方向)



実際に測位した測位結果

真値からのずれの平均値は
18cm/32cm程度



測位シミュレーション

による測位結果

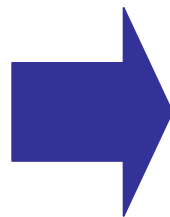


コードにおけるマルチパス誤差比較

- 壁面による反射の影響を受けている衛星のマルチパス誤差を推定
- 実際の測位におけるマルチパス誤差と比較

実際のマルチパス誤差

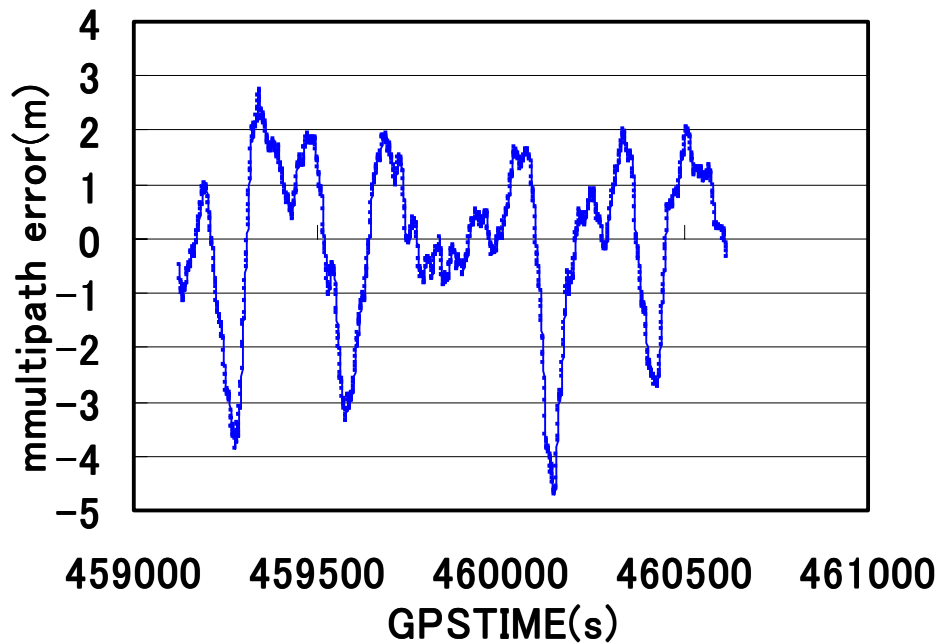
- 搬送波位相(Carrier)
最大で**4.8cm(L1)**
- コード位相(Code)
数**10cm**から**数m**以上
(L1)



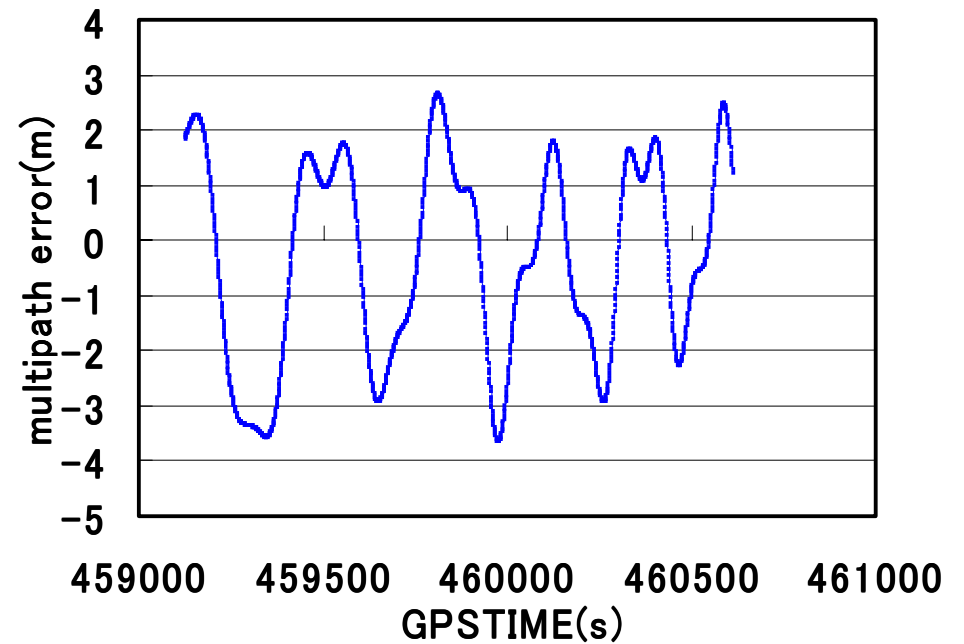
搬送波位相(Carrier)と
コード位相(Code)の差

・バイアスを持っているので
一定時間の0平均をとる

7月4日の実験における 30番衛星のマルチパス誤差

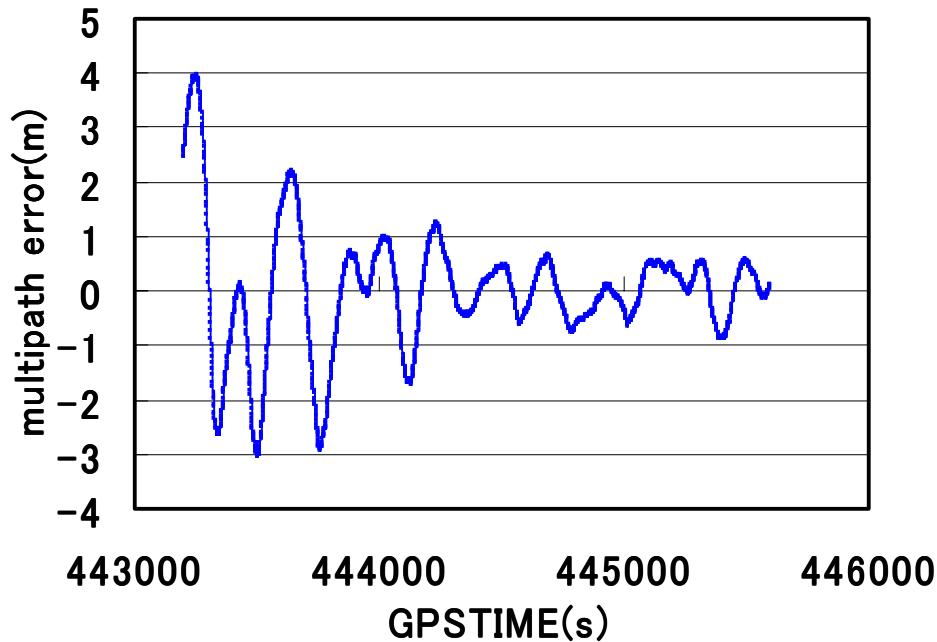


実際のマルチパス誤差

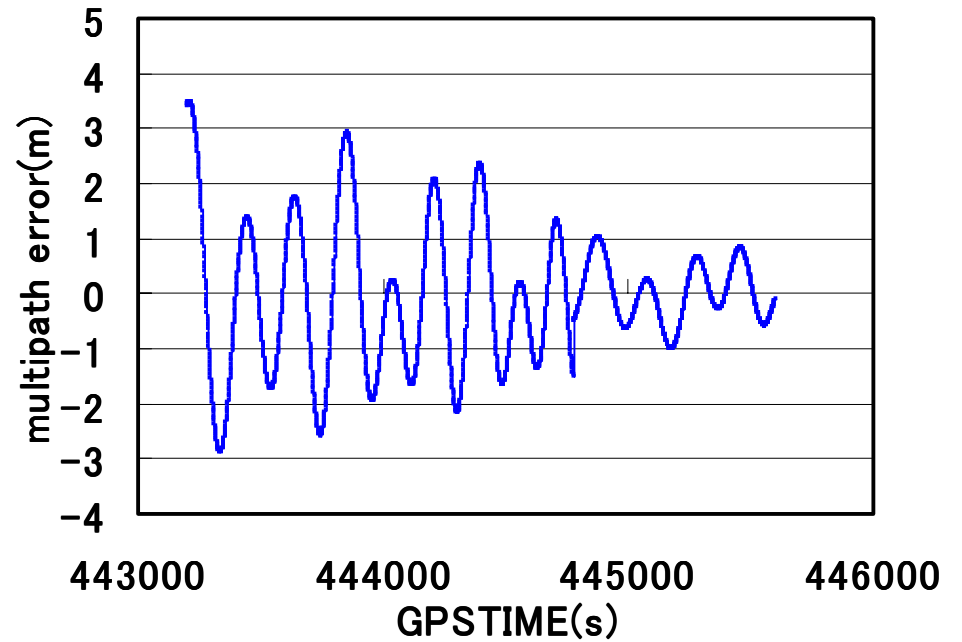


推定したマルチパス誤差

8月8日の実験における 18番衛星のマルチパス誤差



実際のマルチパス誤差



推定したマルチパス誤差



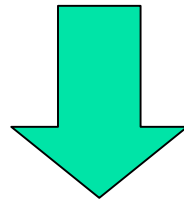
まとめ1

- 受信アンテナ近傍に2つの壁と3つの壁があるときのDGPS測位結果、マルチパス誤差を比較
- 7月4日、8月8日の実験において、共に実際に測位した測位結果と測位シミュレーションによる測位結果では、測位結果の分布が類似した
- 壁の反射によるマルチパス誤差において、実際に測定されたマルチパス誤差と推定したマルチパス誤差は完全に一致せず



まとめ2

- 本実験では実際の測位において、反射物(壁)が完全なコンクリートの水平面ではなく、窓や突起物などがあるため、予測不可能なマルチパス波も存在する



- 実際のマルチパス誤差を正確に推定することは困難
- しかし、DGPS測位結果はある程度予測できる



今後の課題

- 長時間データの解析
- ビル街、街中など、マルチパス環境における測位について、測位結果の予測、推定したマルチパス誤差の調査