

GPS測位におけるマルチパス誤差 の低減手法に関する研究

衛星測位工学研究室

0655021 土本和彦

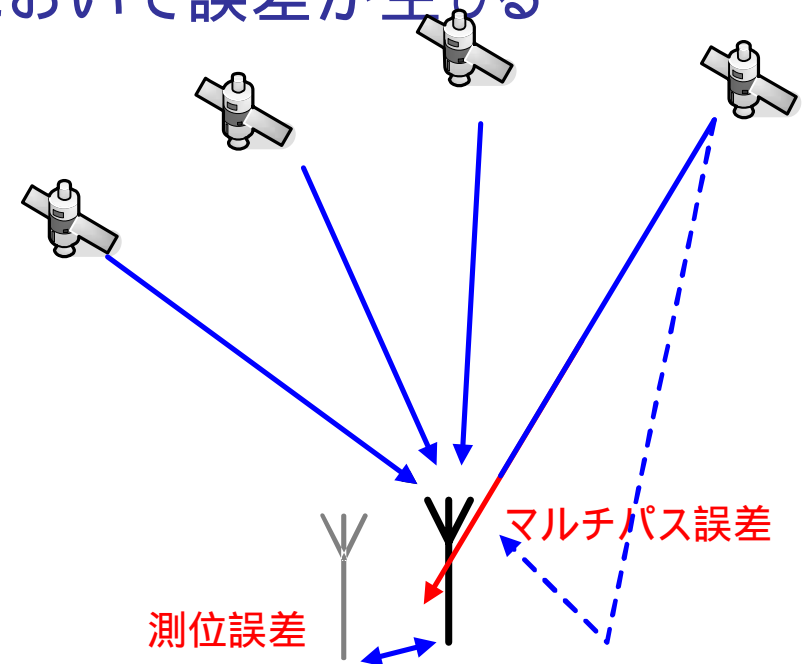
指導教官 澤田修治

研究の背景(1/3)

- マルチパスとは

- 衛星から送信された電波が建築物、地表等に反射・回折して複数の伝送経路から電波が受信される現象

受信アンテナと衛星間の測距において誤差が生じる



研究の背景(2/3)

- GPS単独測位における測位精度の劣化要因
 - 衛星時計、衛星軌道
 - 対流圏、電離層
 - マルチパス
- 都市部で測位を行なう場合
 - マルチパスが一番大きな問題となる

研究の背景(3/3)

- マルチパス低減技術
 - Narrow Correlator
 - Double-Delta Correlator
 - ドップラによる速度

通常マルチパス(直接波の振幅が遅延波の振幅より大きい)ことが前提の技術

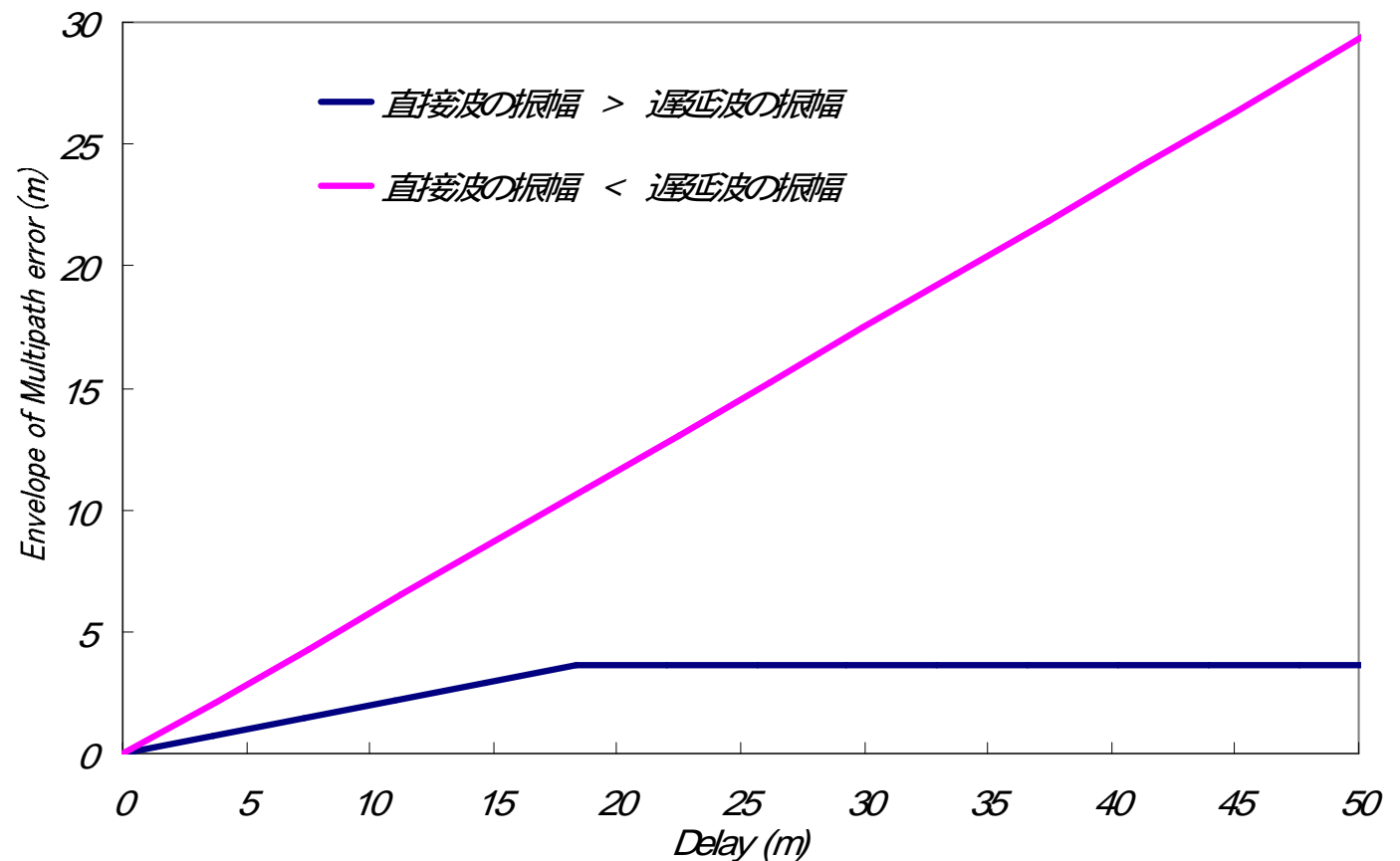
- 直接波より遅延波の振幅が大きいとき
 - 誤差を低減することができない

研究の目的

- 遅延波が支配的な場合における測位誤差の低減

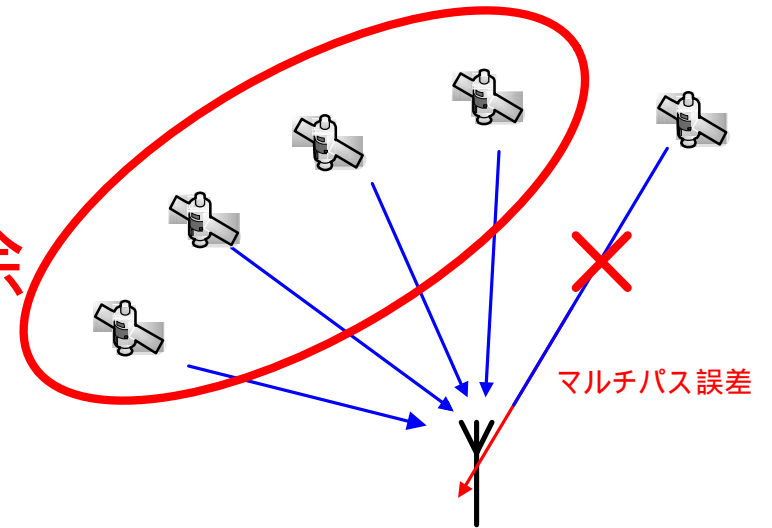
遅延距離とマルチパス誤差の関係

- 通常マルチパス誤差と比較して測距誤差が圧倒的に大きい

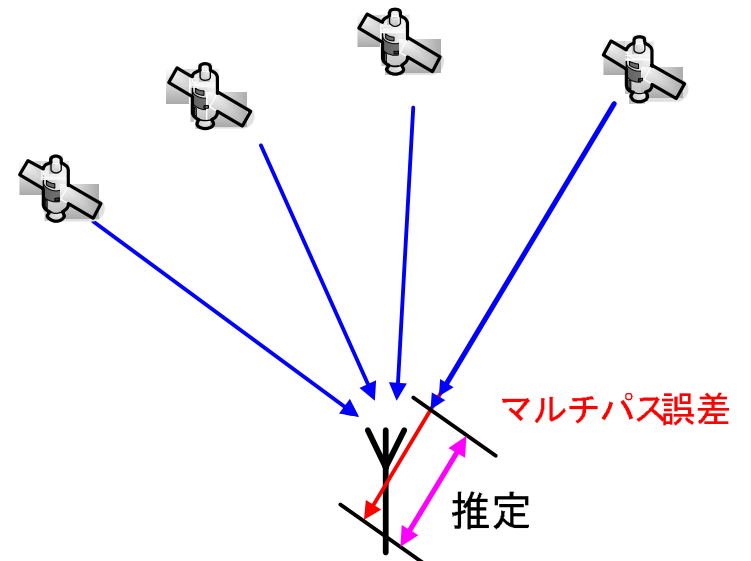


低減手法

1. マルチパスの検知 & 排除



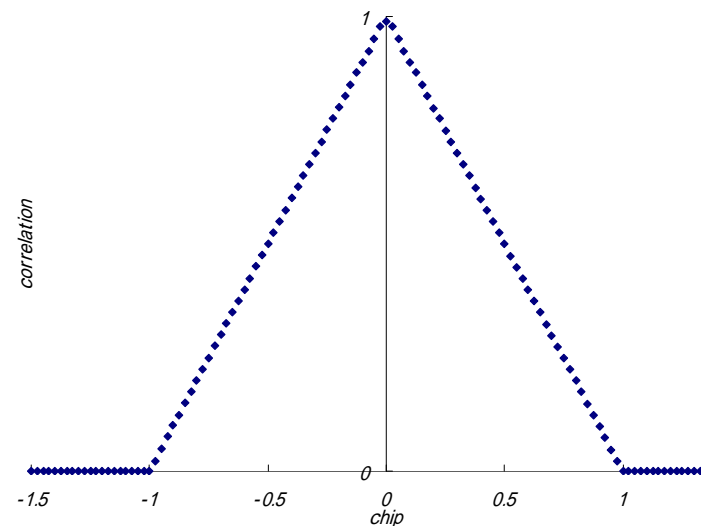
2. マルチパス誤差の補正



マルチパスの検知

通常を受信機の場合

- マルチパスを検知するのは困難
 - 信号強度
 - 擬似距離の変化率



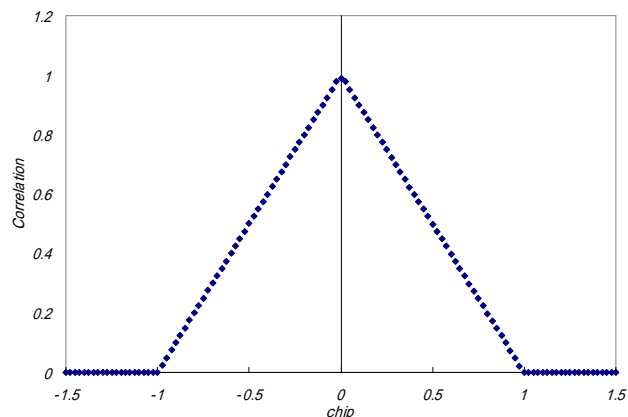
検知方法

- SQM受信機(古野電気製)で検知
 - トラッキングポイント周辺の相関値を出力

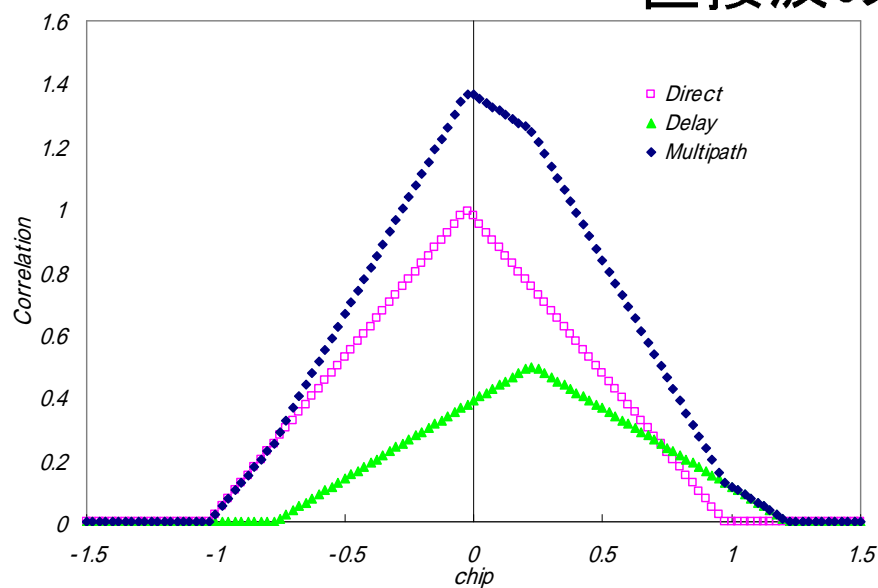
Bandwith	20MHz
Sampling frequency	40MHz
Spacing	0.1chip
Correlator type	Narrow
Multi Correlator	2ch

受信されたマルチパスの性質を知ることができる

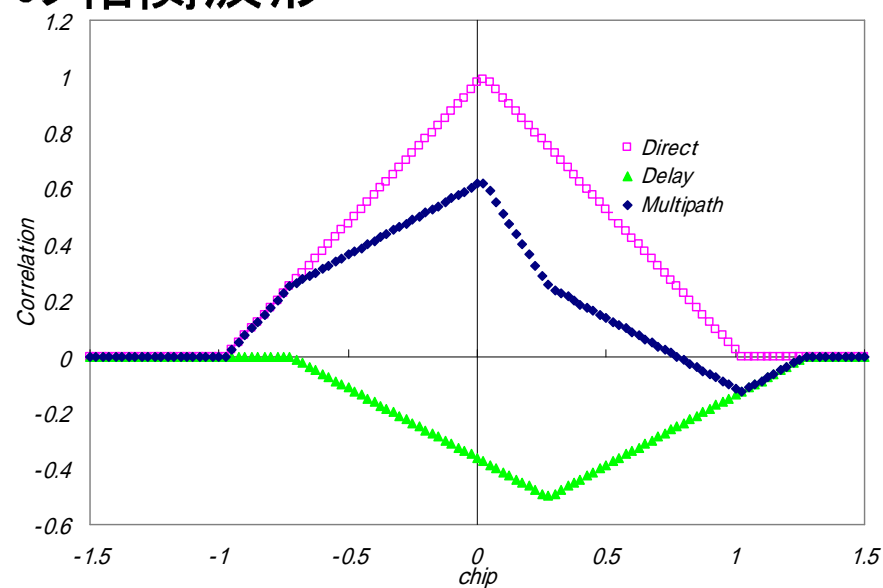
コード相関の波形



直接波のみの相関波形

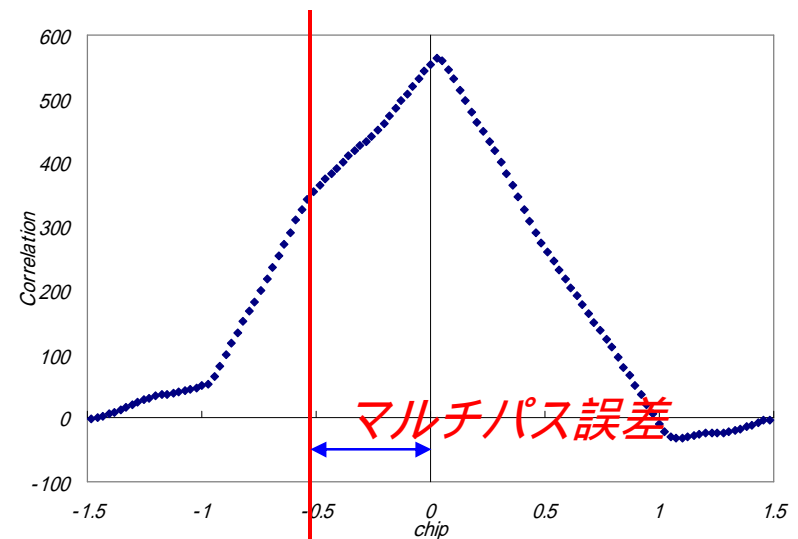
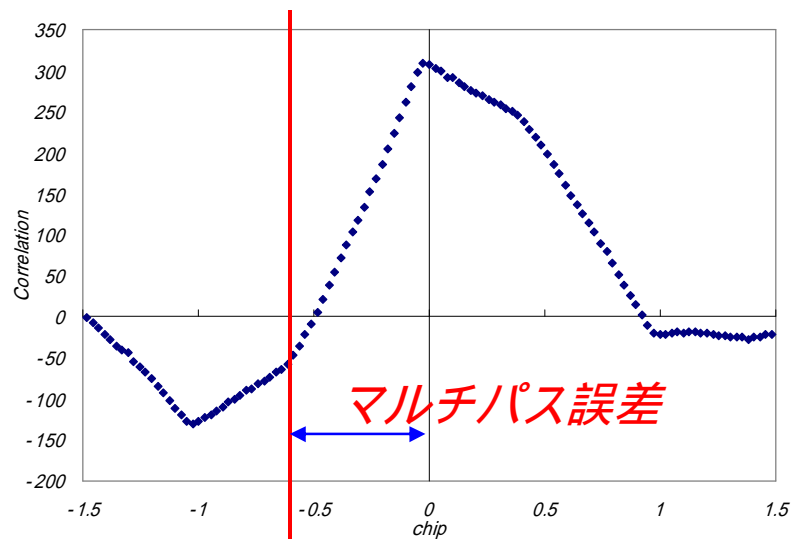
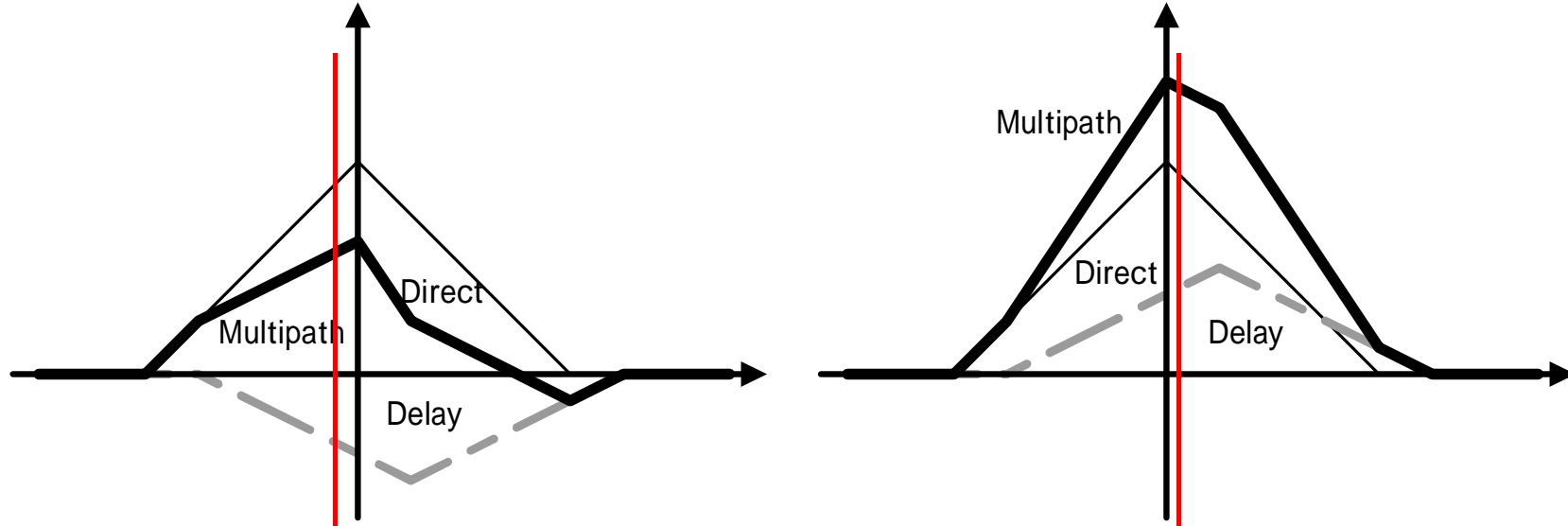


遅延波が同相

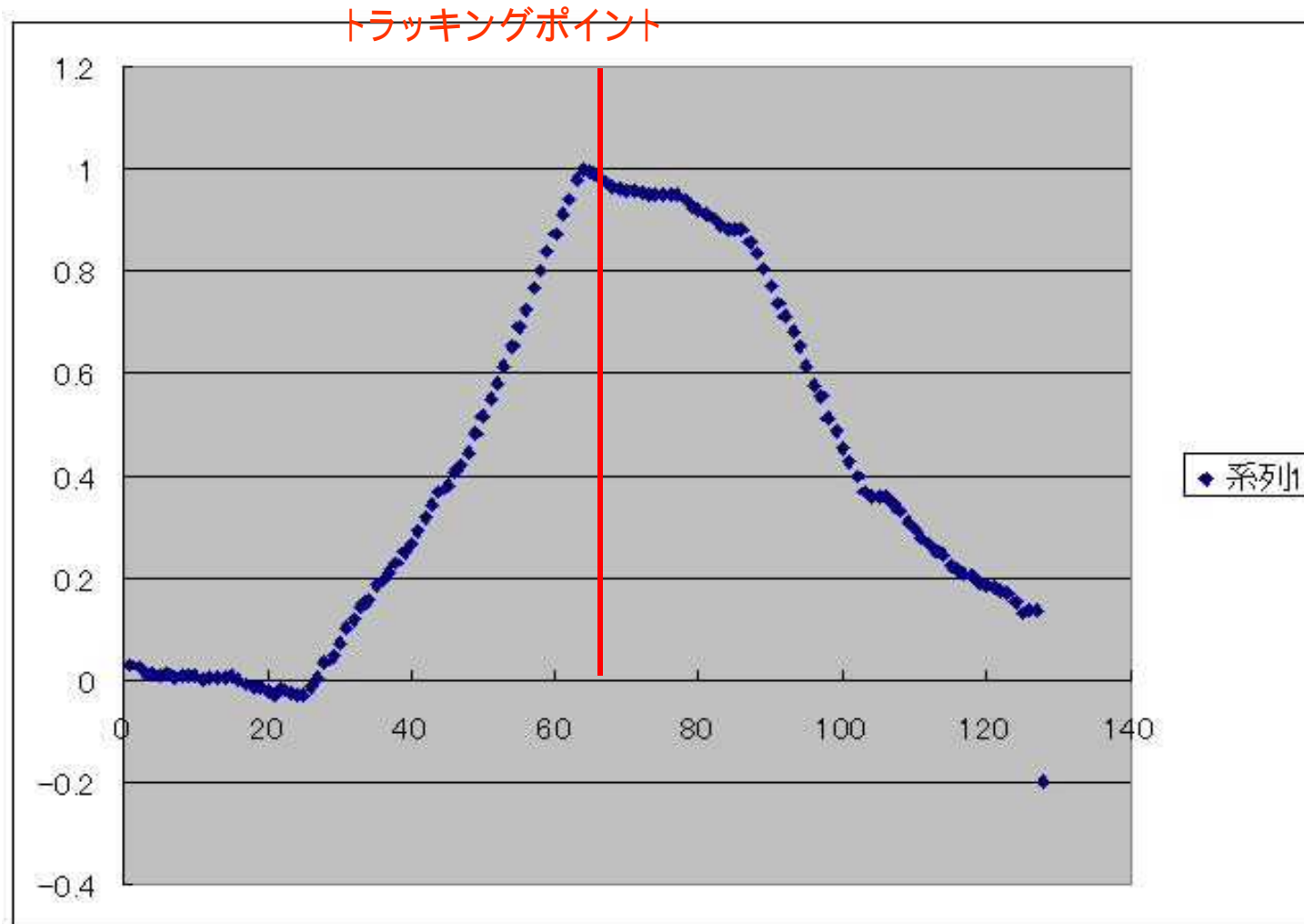


遅延波が逆相

遅延波が支配的なマルチパス (1/2)

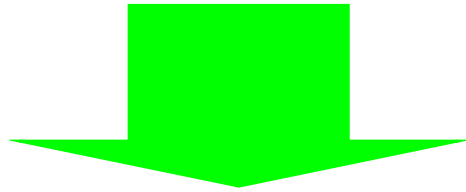


遅延波が支配的なマルチパス (2/2)



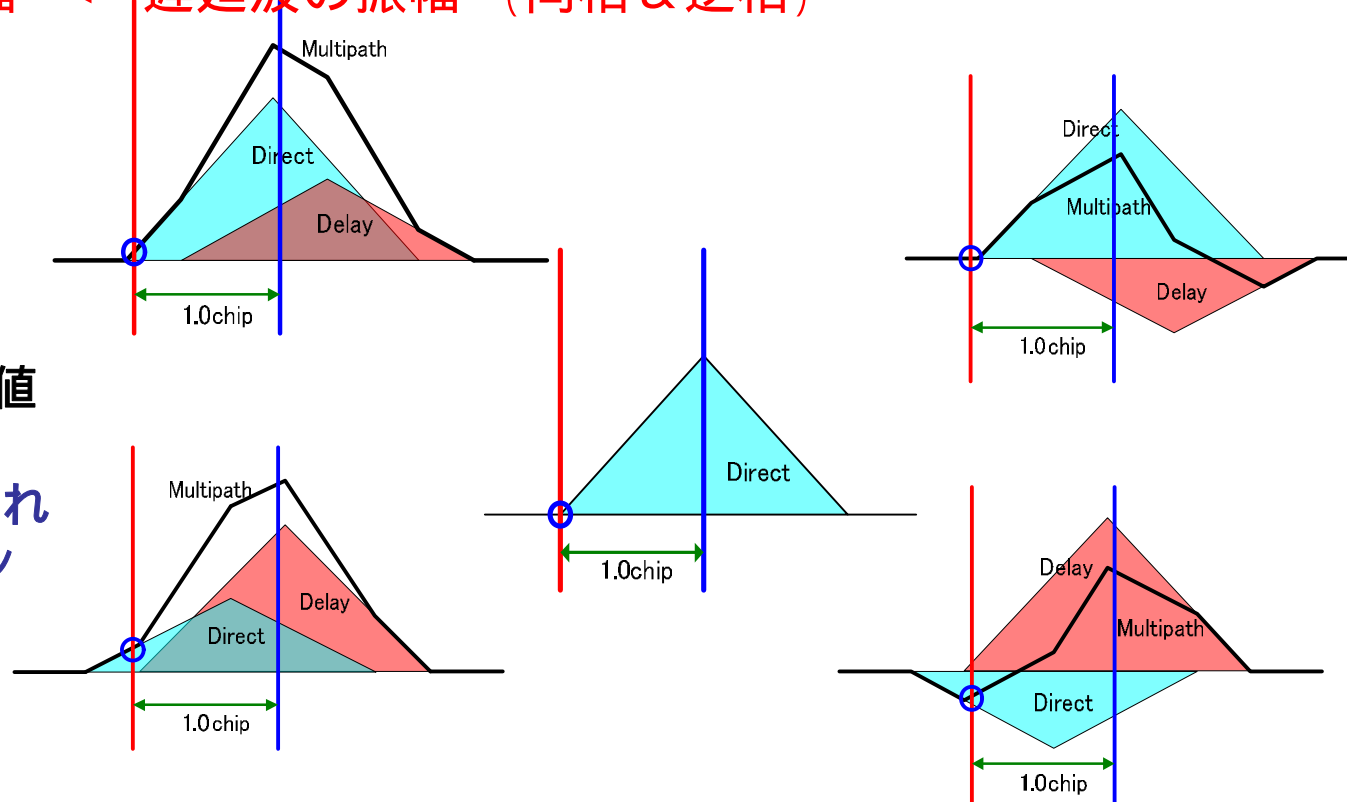
検知手法

- 相関波形の形状を5つのパターンに分類
 - 直接波のみ
 - 直接波の振幅 > 遅延波の振幅 (同相 & 逆相)
 - 直接波の振幅 < 遅延波の振幅 (同相 & 逆相)



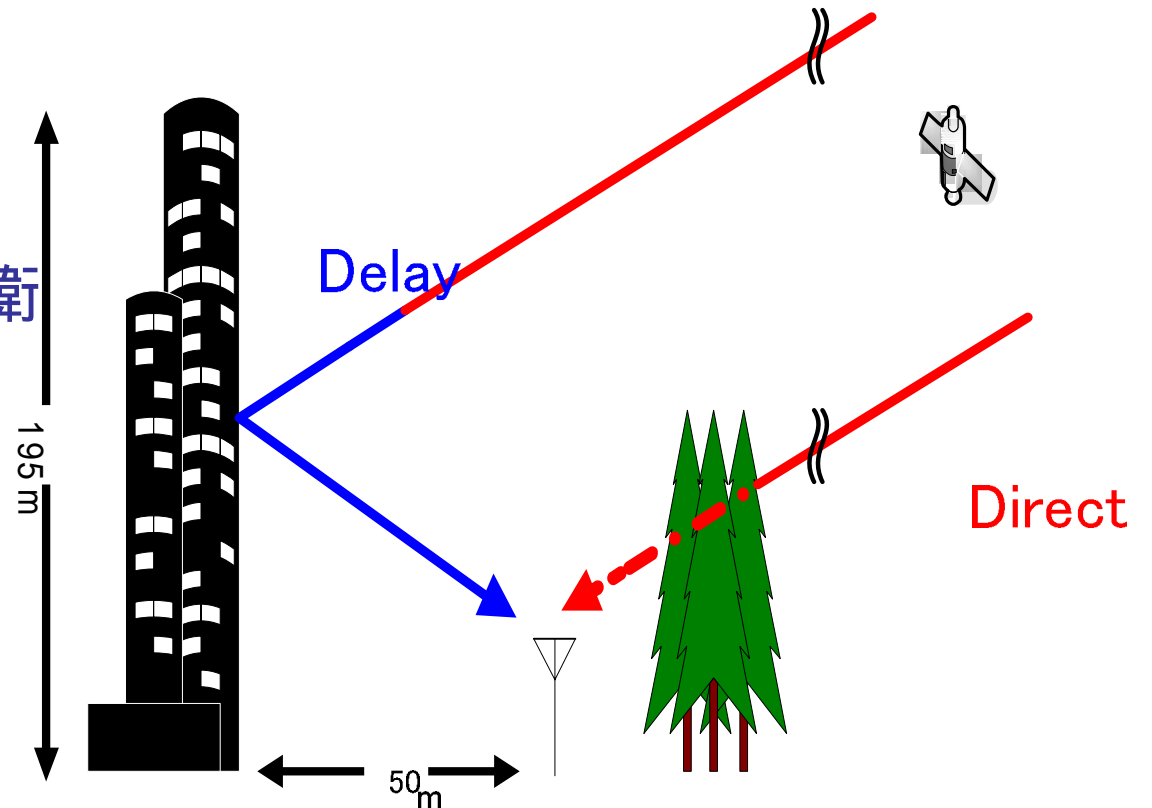
トラッキングポイントから
1.0chip前の地点の相関値

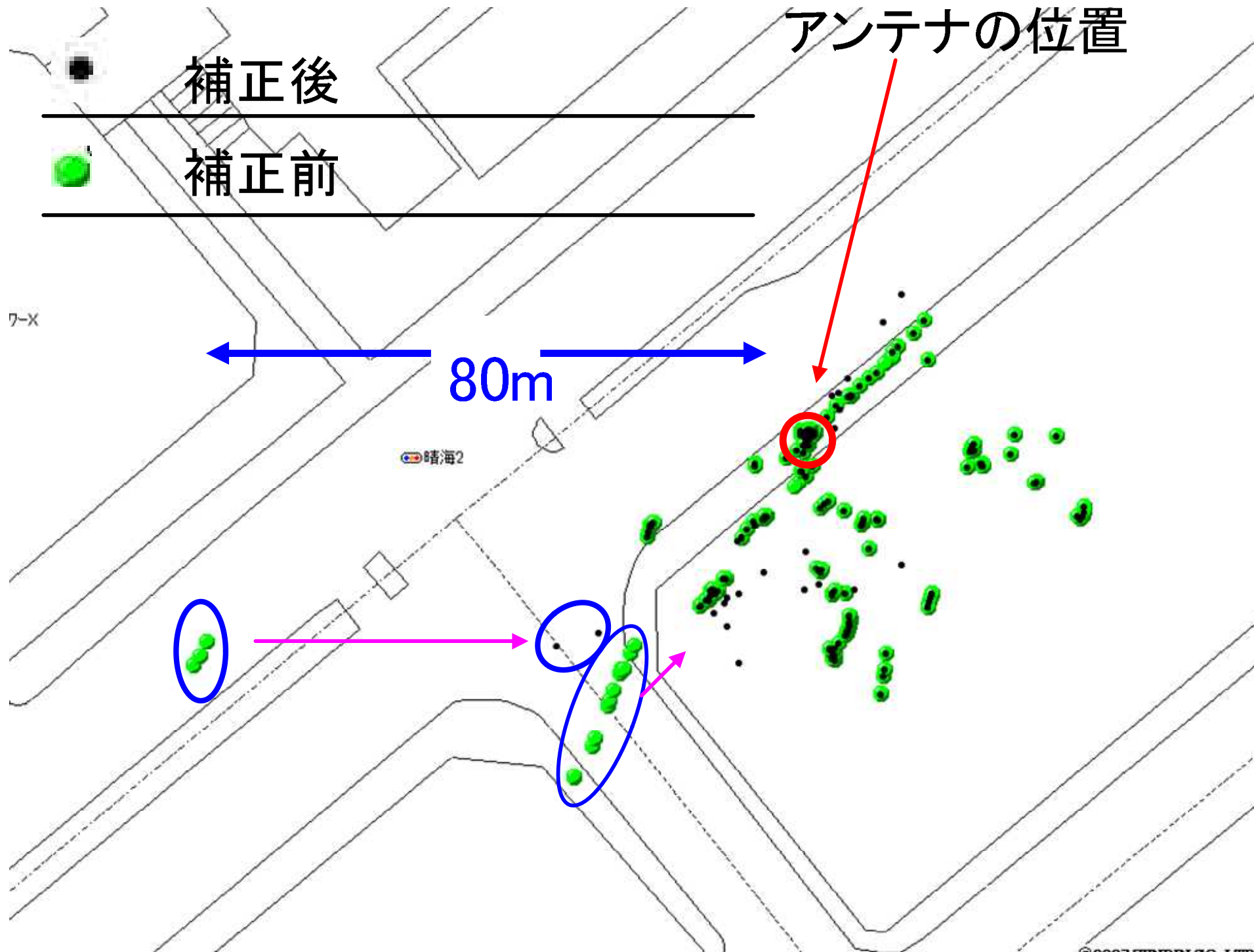
遅延波が支配的に受信されて
いる場合、他のパターン
と比べて相関値が大きい



実験

- 実験目的: 遅延波が支配的なマルチパスを受信し、それを相関波形から検知し、測位誤差の低減に効果があるかを試す
- 時間 : 6分(静止)
- 衛星数 : 7機
- 北西に高層ビル
- 南西、南東方向にある2衛星の相関波形をモニタリング
 - 仰角: 20 ~ 30° 付近
 - 測位地点と衛星の間に森





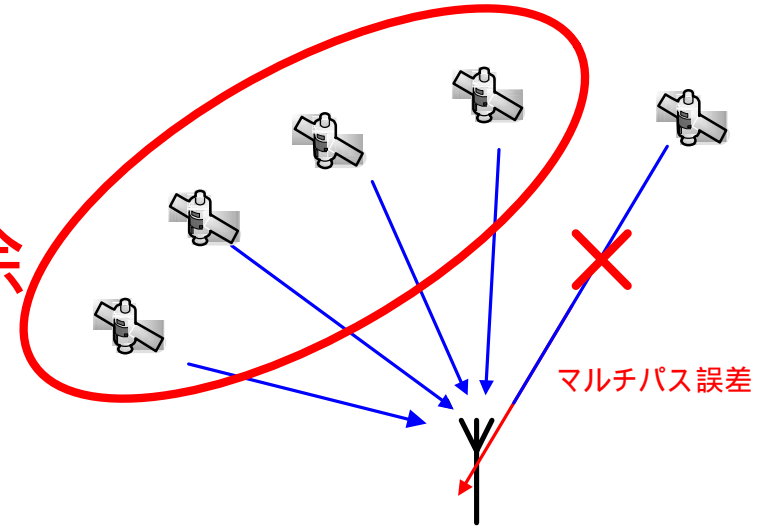
考察

- 誤差の大きい測位結果を低減することができたが、全体的な測位誤差は大きい
 - その他の衛星のマルチパス誤差
 - 検知が2衛星のみ
 - 衛星配置の悪化
- また6分間に衛星数が4機未満となる時間帯があり、測位率が低下した

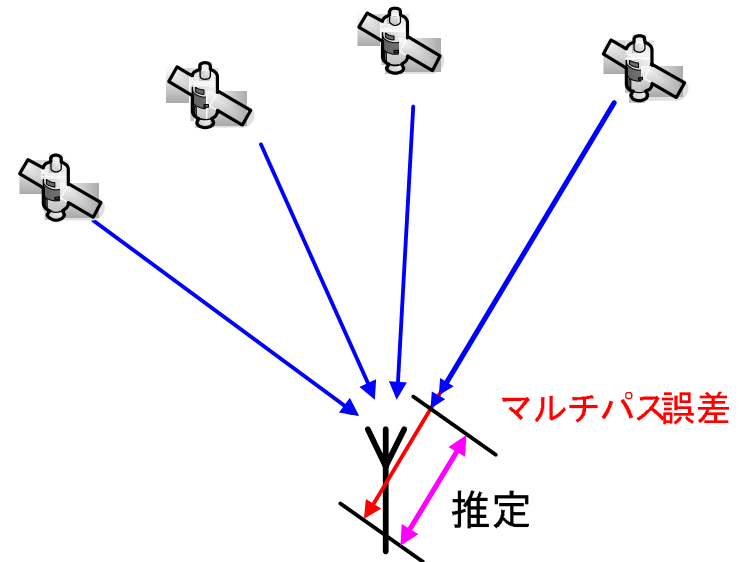
場合によってはマルチパス誤差を推定し
補正する必要がある

低減手法

1. マルチパスの検知 & 排除



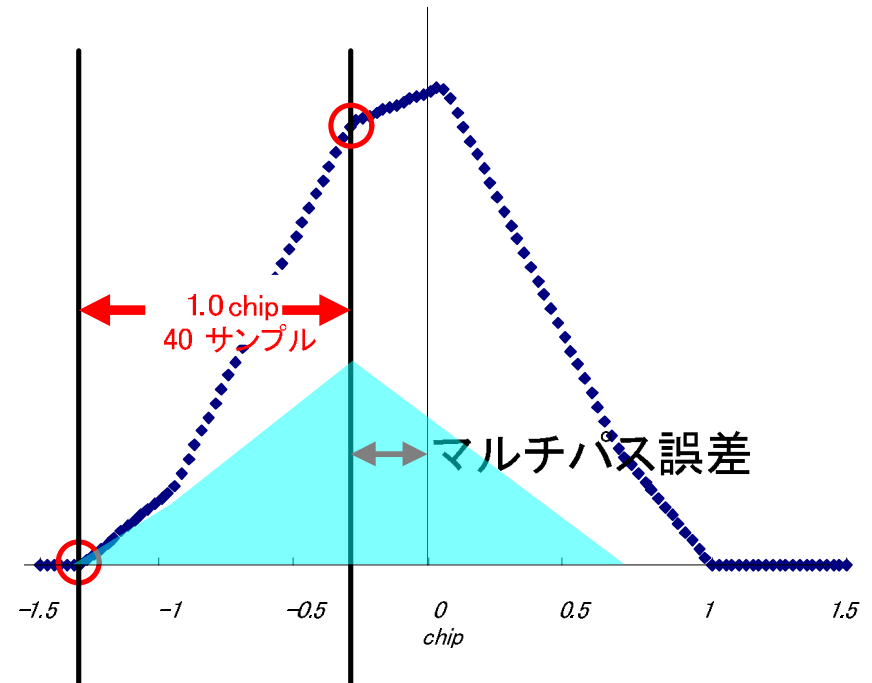
2. マルチパス誤差の補正



マルチパス誤差推定方法 (1/2)

- 遅延波が支配的な相関波形であっても、**直接波は伝搬遅延していないため、早く相関が現れる**
→直接波が受信されている限り、**相関の立ち上がりは一定**
- 相関の立ち上がりからピークまでの間隔は1.0chip
→使用しているSQM受信機では40サンプル分

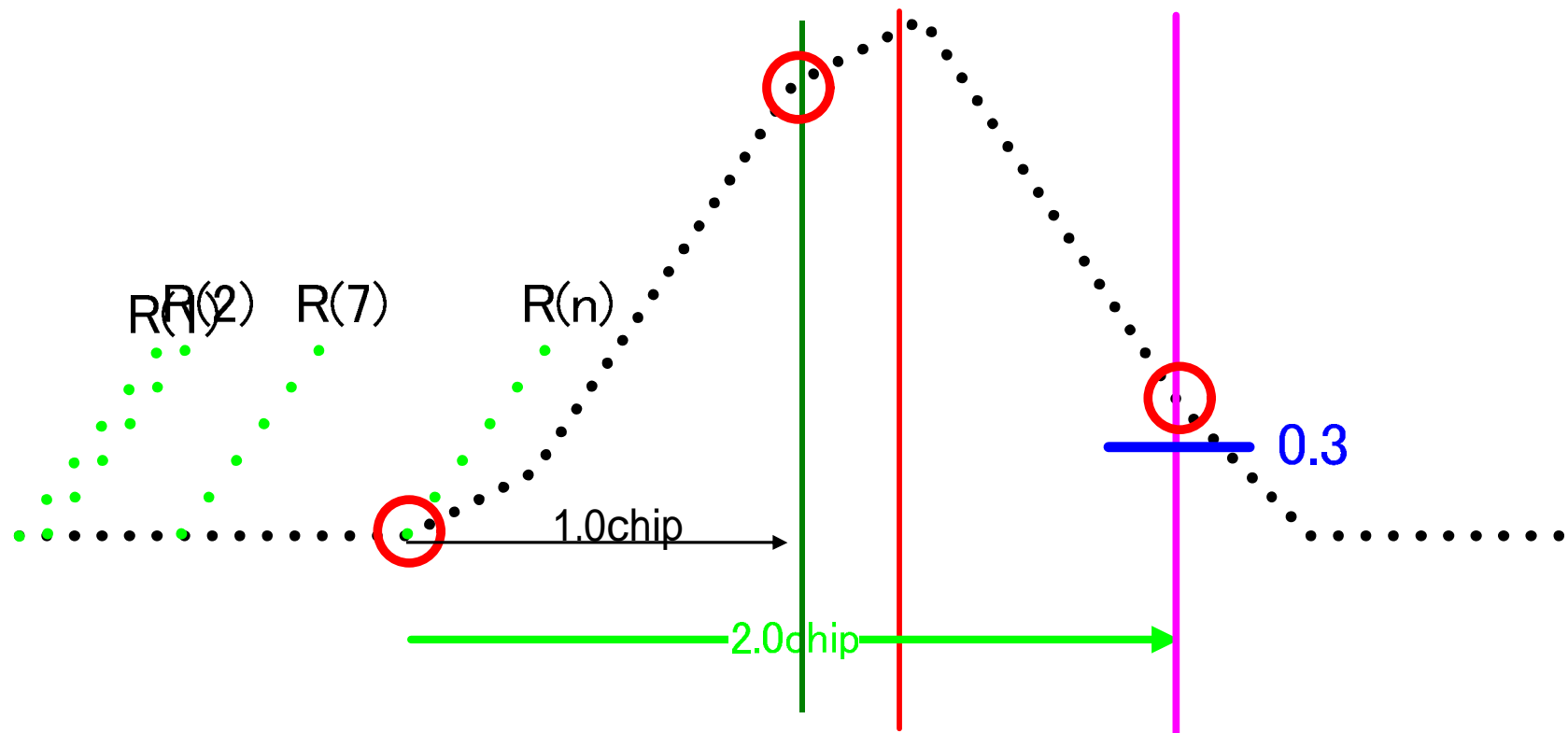
相関の立ち上を推定できれば、直接波のピーク(真のトラッキングポイント)を決定することができる



マルチパス誤差推定方法(2/2)

- 推定方法

- コードの相関波形の傾きに近いサンプリング周波数40MHzの一次関数と相関波形の間で左から相関係数を求める
- 相関値が最大となった点が相関の立ち上がり

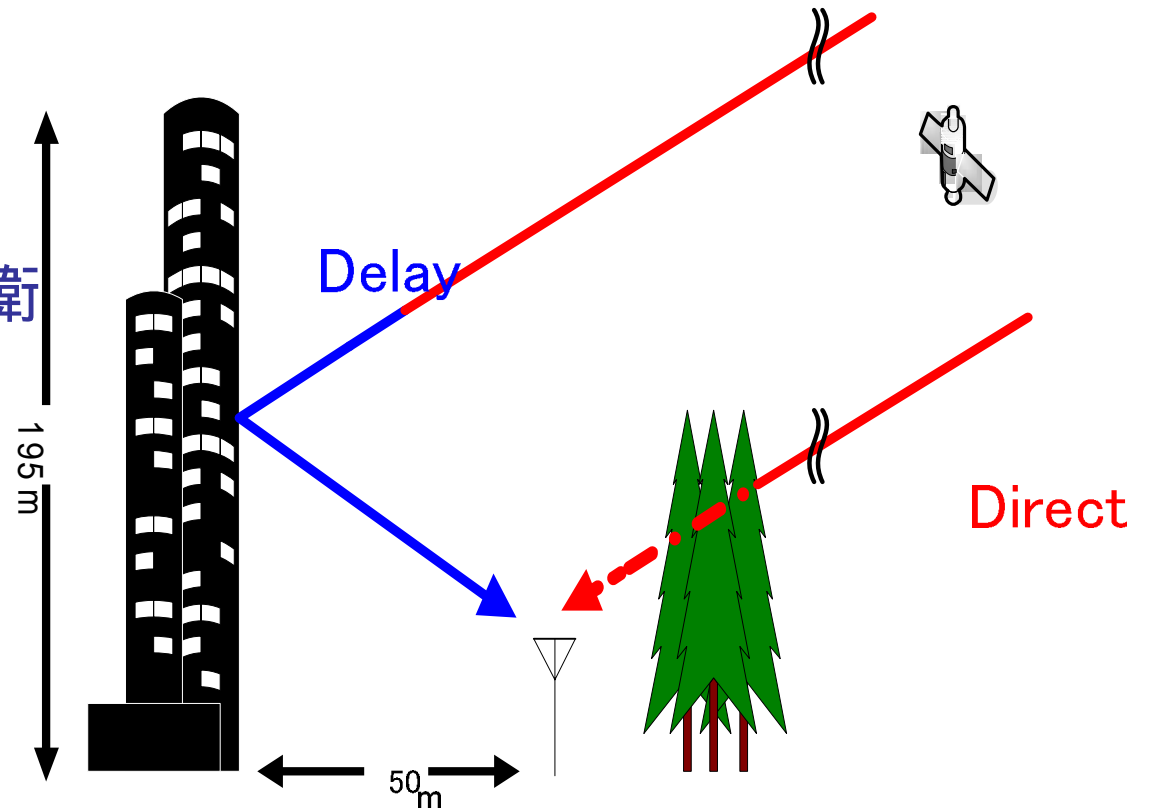


アルゴリズムの検証

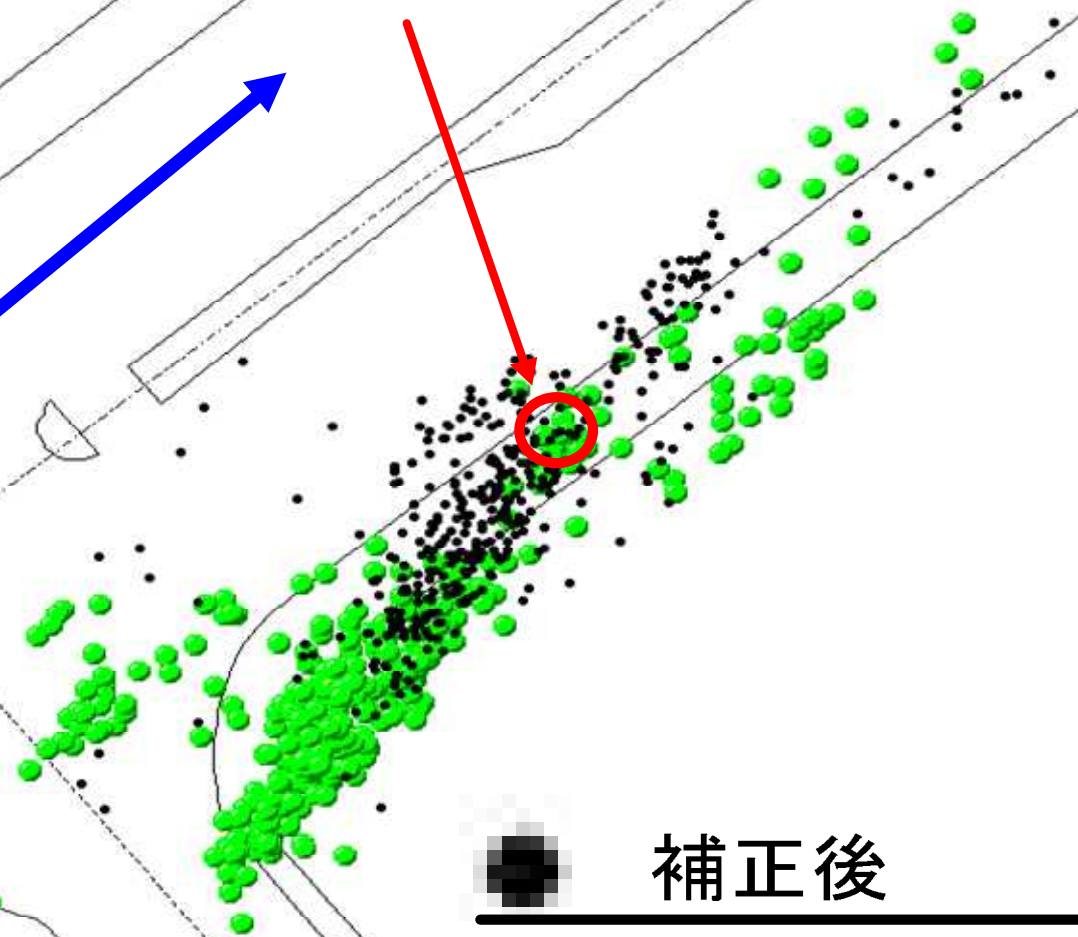
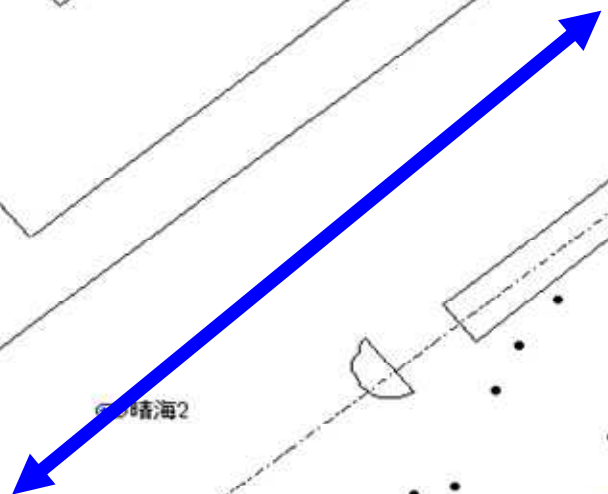
- 遅延波が支配的な場合、マルチパス誤差を推定することが可能かどうか実験した
 - GPSシミュレータで支配的となる遅延波を1衛星から17秒間発生させた
 - 正確にマルチパス誤差を推定することができれば測位結果は真値付近に収束しているはずである

実験

- 実験目的: 遅延波が支配的なマルチパスを受信し、相関波形からマルチパス誤差を推定するためにデータを取得した
- 時間 : 30分(静止)
- 衛星数 : 6機
- 北西に高層ビル
- 南西、南東方向にある2衛星の相関波形をモニタリング
 - 仰角 : 20 ~ 30 ° 付近
 - 測位地点と衛星の間に森



アンテナ位置



補正後



補正前

まとめ

- 相関波形の立ち上がりから、遅延波が支配的なマルチパス誤差の推定を行なった
 - シミュレータのデータにおいて、マルチパス誤差を補正し測位結果を真値に近づけることができた
 - しかし、補正後もある程度バイアスの持っており、通常の測位結果まで近づけることはできなかった。
- 原因
- サンプリング周波数の関係上7.5mの分解能でした求まらないため
 - 実データにおいてもマルチパス誤差の推定を行なった
 - →全体的に真値に近づき補正効果が見られた

結論(1/2)

- マルチパスによる測位誤差を低減させるため2種類のアプローチを試した
 1. マルチパスの検知 & 排除
 2. マルチパス誤差の補正
- マルチパスの検知 & 排除
 - 大きな測位誤差を低減することができた
 - 全体的な測位誤差は少し改善した程度
- 原因
 - SQM受信機のモニタリングが2衛星に限られているため、全衛星に対して補正を行なえていない
 - 通常のマルチパス誤差が残っている

結論(2/2)

- マルチパス誤差の補正
 - シミュレータのデータでは、補正した衛星を測位計算に使用しても、大きな測位誤差とならない程度にマルチパス誤差を補正できた
 - 実データにおいても全体的に真値に近づけることができ、この実験のデータにおいてはアルゴリズムの有用性が証明できた