

GNSSにおける新しいL5帯信号の マルチパス特性について

情報通信研究室

0821069 小林 裕幸

研究背景

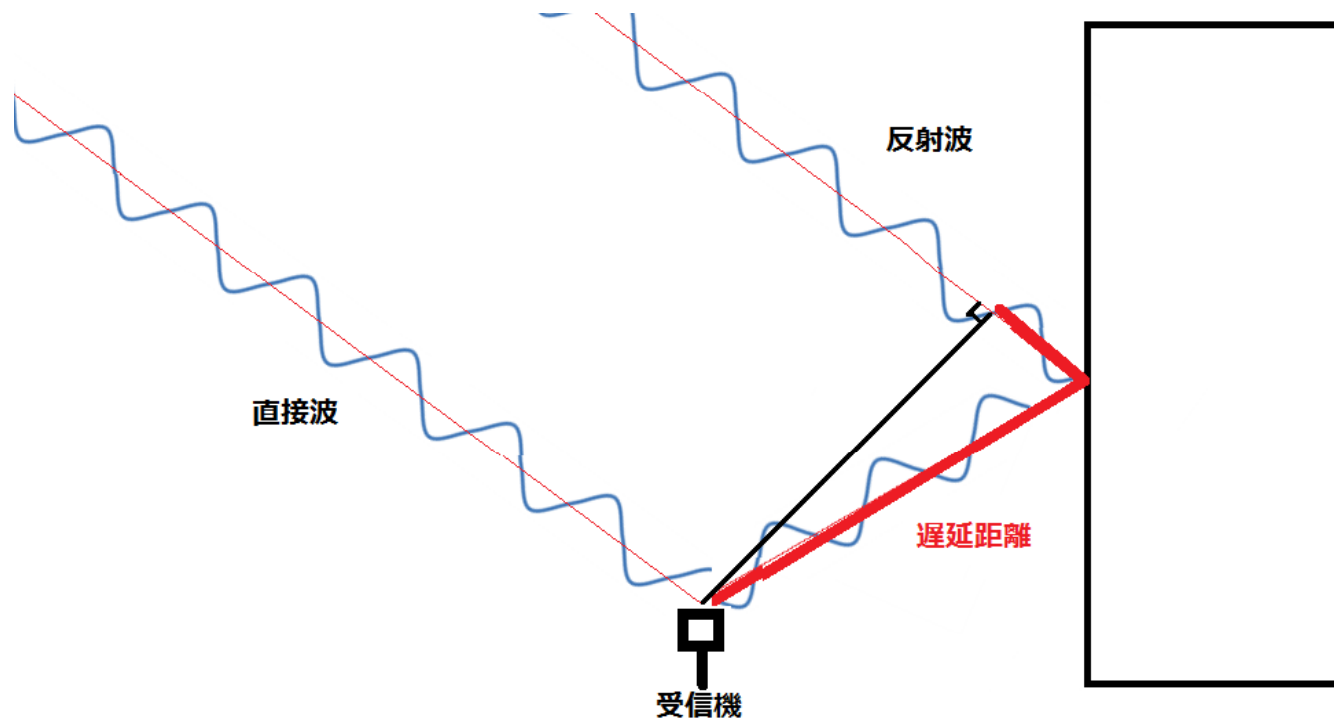
- 今までの衛星において利用可能な周波数はL1帯だけだったが、現在では準天頂衛星にも搭載されているL2CやL5帯が民間で利用可能となっている
- 当初はソフトウェア受信機でL5帯の信号捕捉・追尾の実装によりマルチパス特性の検証
→出来なかったため、既存の受信機によりL5帯のマルチパス特性を測定し、今後の可能性について検証

研究背景

- L1は1575.42MHz であり, **1.023Mcps**
これまでの衛星測位でメインで利用
 - GPS衛星32機+QZSS 1機で使用可能
- L5は1176.45MHz であり, **10.23Mcps**
近未来の衛星測位で利用可能になる
 - GPS衛星 2機+QZSS 1機で利用可能

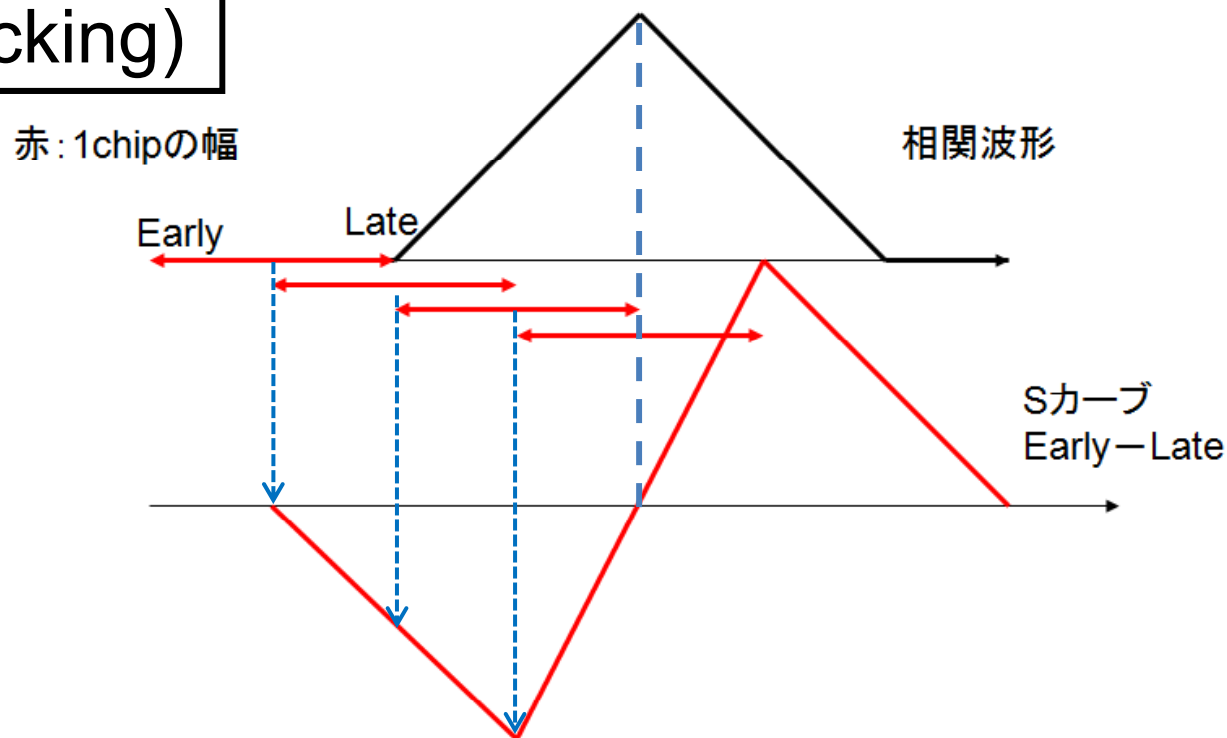
マルチパス誤差

- マルチパスとは
→送信された信号が直接受信されたのに対して
壁などの**障害物に反射されて入った信号**



マルチパス誤差

信号追尾
(Tracking)

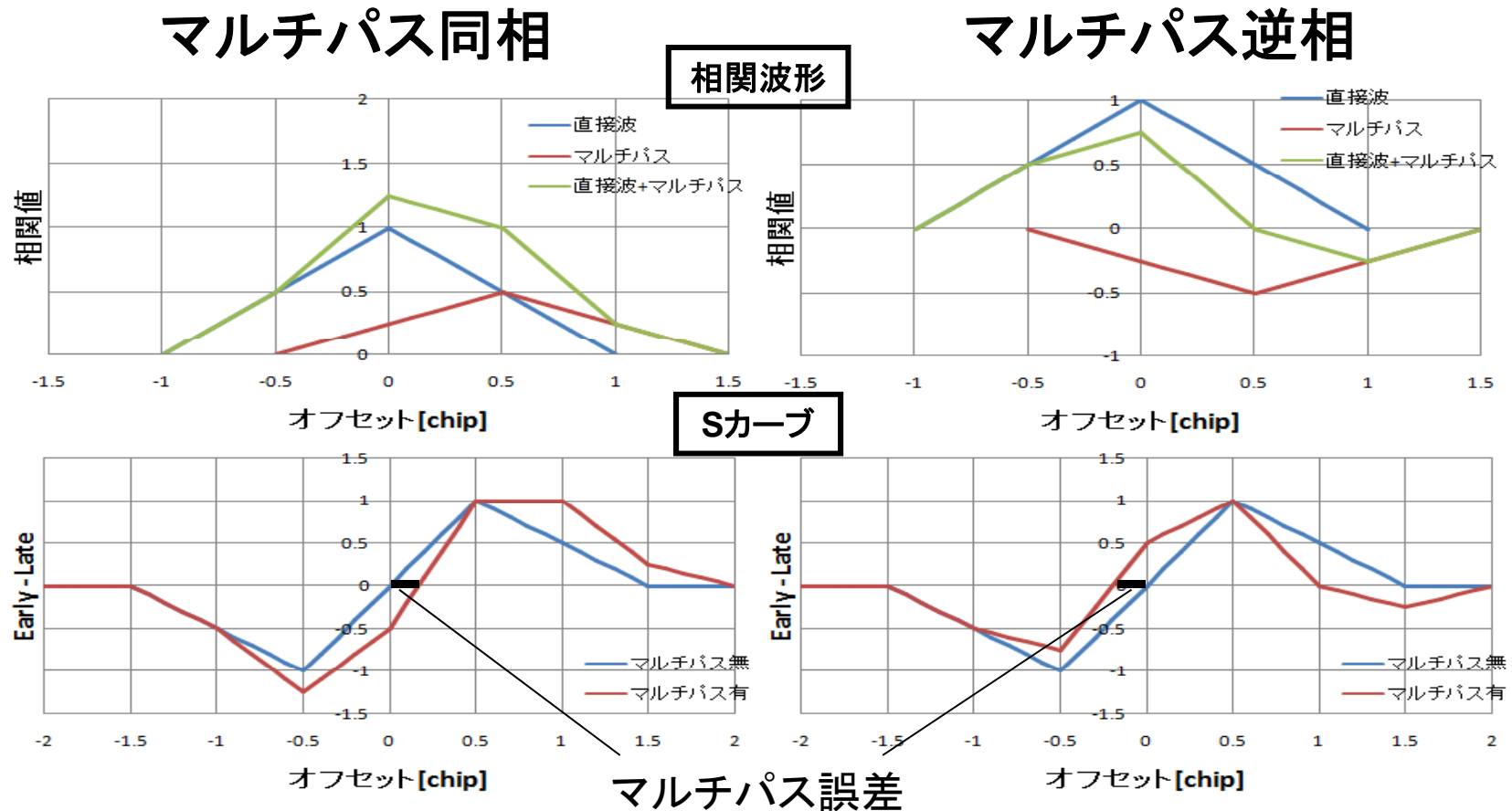


1chip幅(約293m)でEarly - Lateを行い, 0になった時の chipの中心を伝搬時刻を決める基準点とする

→疑似距離を決める上で重要

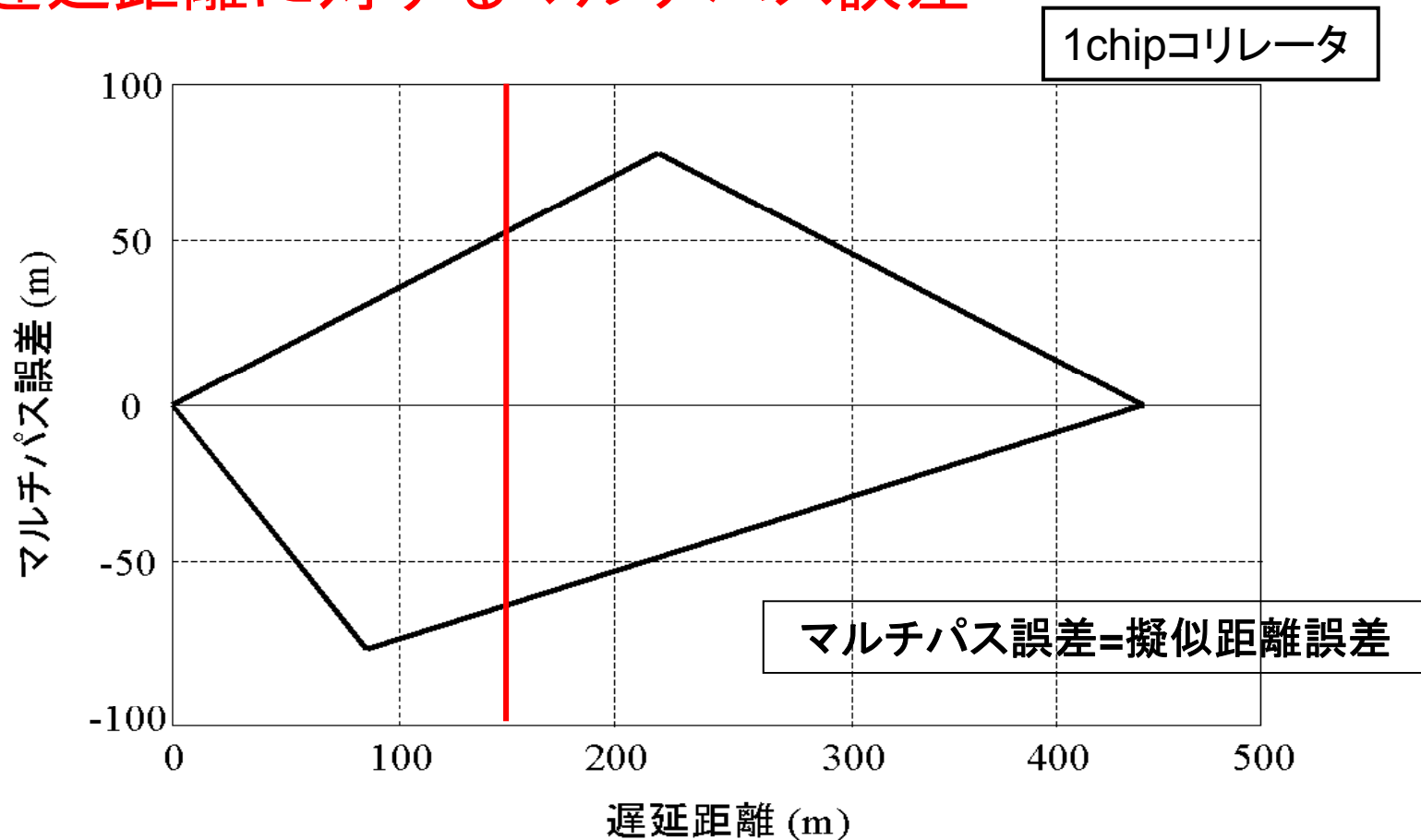
マルチパス誤差

マルチパスの直接波に対する振幅比が0.5,
0.5チップ(約150m)遅れた場合



マルチパス誤差

マルチパスの直接波に対する振幅比が0.5の時の
遅延距離に対するマルチパス誤差



擬似距離 - 搬送波による マルチパスの抽出

- L1・L5それぞれのマルチパス特性について比較
- **cc-difference**という**擬似距離 (code)**と**搬送波 (carrier)**の**差**をとることによって、擬似距離マルチパス誤差以外の誤差要因を取り除き、擬似距離のマルチパス誤差を推定する。この方法ではバイアスが残るが、ほぼ一定のためバイアスを無視して変動を観察する
- 擬似距離はノイズ・マルチパス誤差が大きいバイアスがほとんどない
- 搬送波はノイズ・マルチパス誤差が非常に少ないバイアスが存在する

擬似距離 - 搬送波による マルチパスの抽出

- 2周波により電離層遅延量を除いた擬似距離マルチパス誤差を求める

$$\text{cc-difference L1} = P1 - 4.0915 * \Phi1 + 3.0915 * \Phi2$$

$$\text{cc-difference L5} = P5 + 3.5212 * \Phi5 - 4.5212 * \Phi1$$

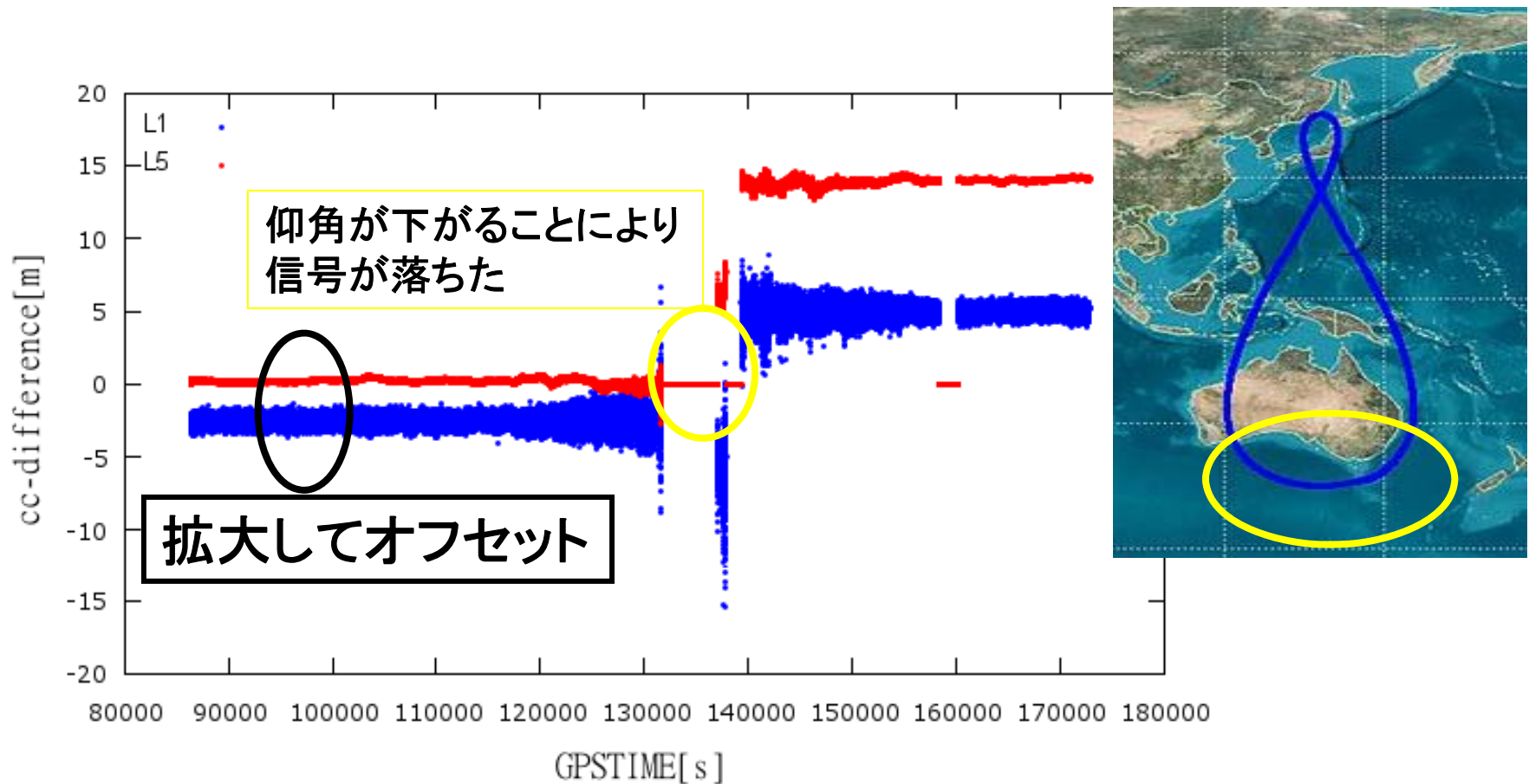
P: 擬似距離 Φ : 搬送波

実験(ノイズ特性)

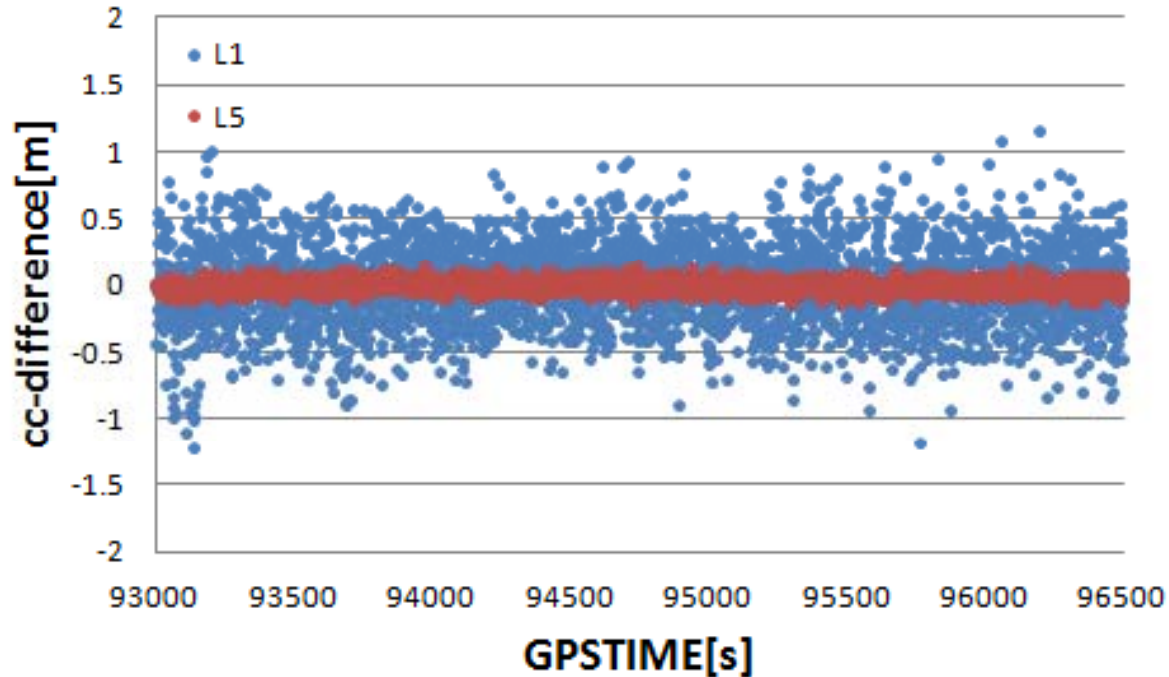
- ノイズ特性の精度を比較
→周りには壁もなく、マルチパスは非常に少ない屋上を使用
- 屋上：第4実験棟の屋上
- 実験日時：2012年1月9日 24時間データ
- 受信機：JAVAD社製(高精度受信機の1つ)
- QZSSを対象とする→ L1・L5を同時に送信

実験(ノイズ特性)

24時間のL1・L5それぞれのcc-differenceの推移



実験(ノイズ特性)



ここでのcc-differenceはほぼノイズ誤差

標準偏差 (GPSTIME93000~96500)

L1 : 約28.61 [cm]

L5 : 約 6.90 [cm]

実験(マルチパス特性)

- マルチパス特性の精度を比較
 - 直接波に対して遅延距離を決め, シミュレータにより意図的にマルチパスを生成する
- 遅延距離に対するマルチパス誤差を見ていく
- 受信機 UBLOX(L1)・・・カーナビレベルの1つ
JAVAD(L1,L5)・・・高精度受信機の1つ
- 遅延距離は約100mまで測定
- マルチパスの信号は直接波に対して+3dB
 - 直接波に対する振幅比が約0.7

実験(マルチパス特性)

シミュレータ



受信機

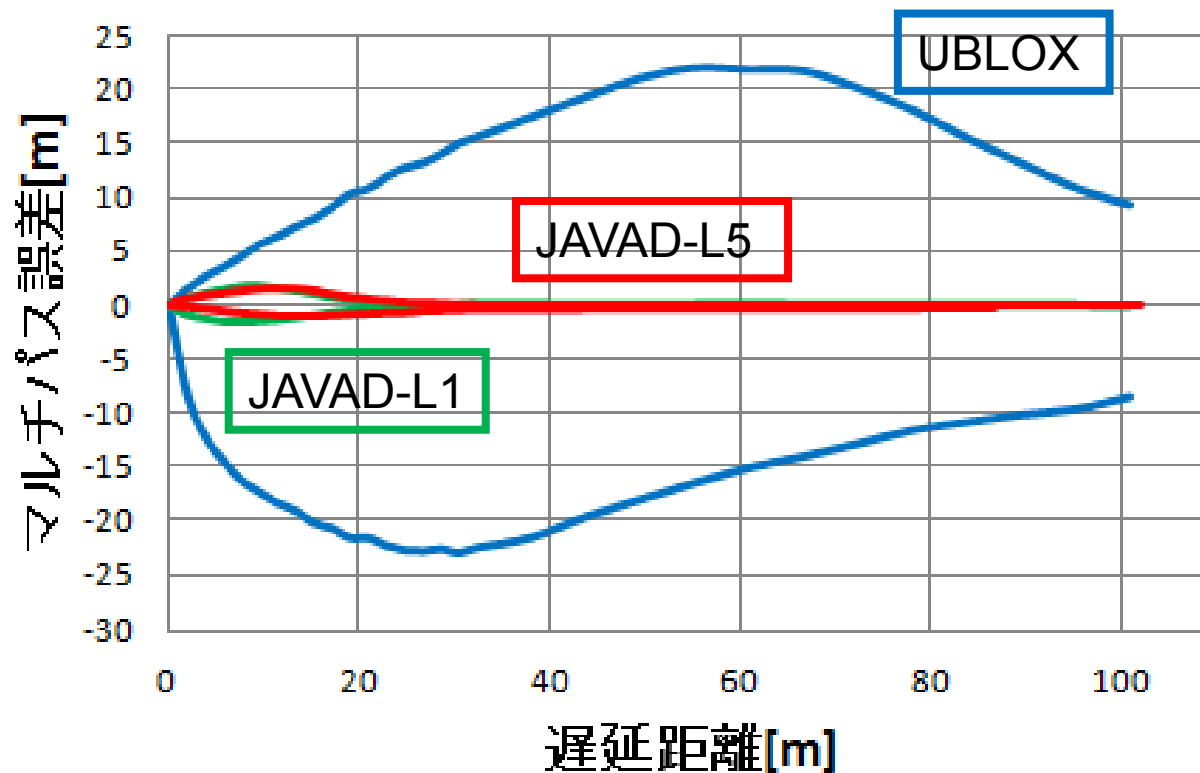
JAVAD



UBLOX

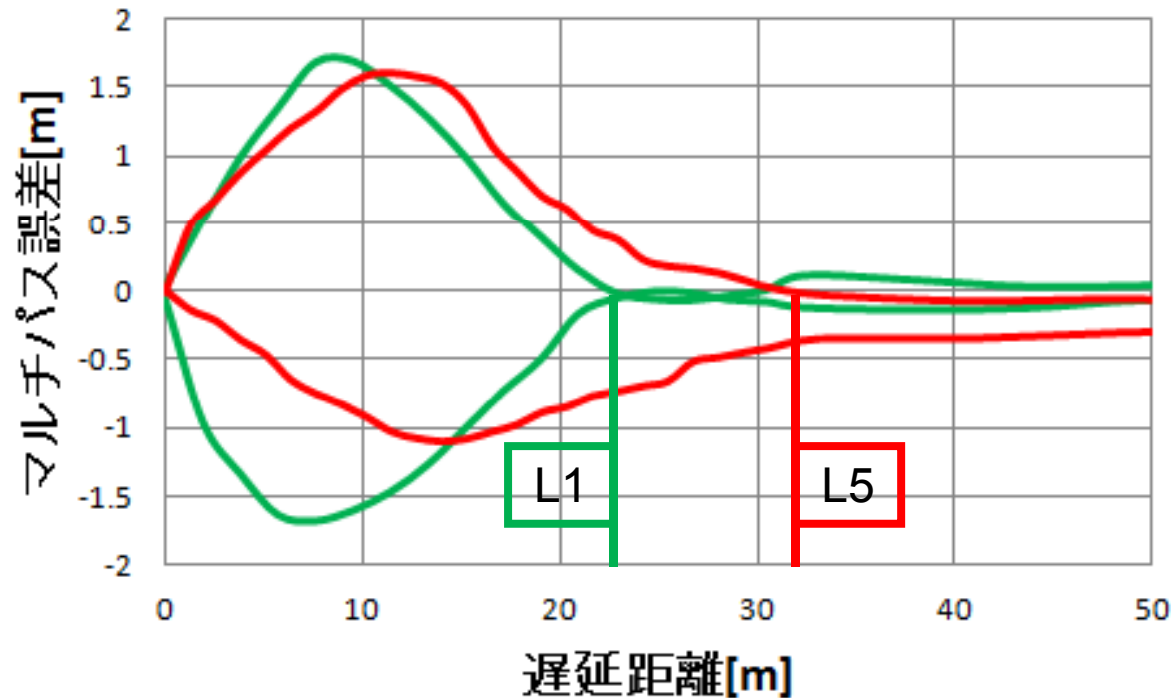


実験(マルチパス特性)



UBLOXは遅延距離100mでもマルチパス誤差が出ている
一方JAVADはL1・L5ともに30m程でマルチパス誤差がなくなっている → 次のページでJAVADのデータのみを拡大 15

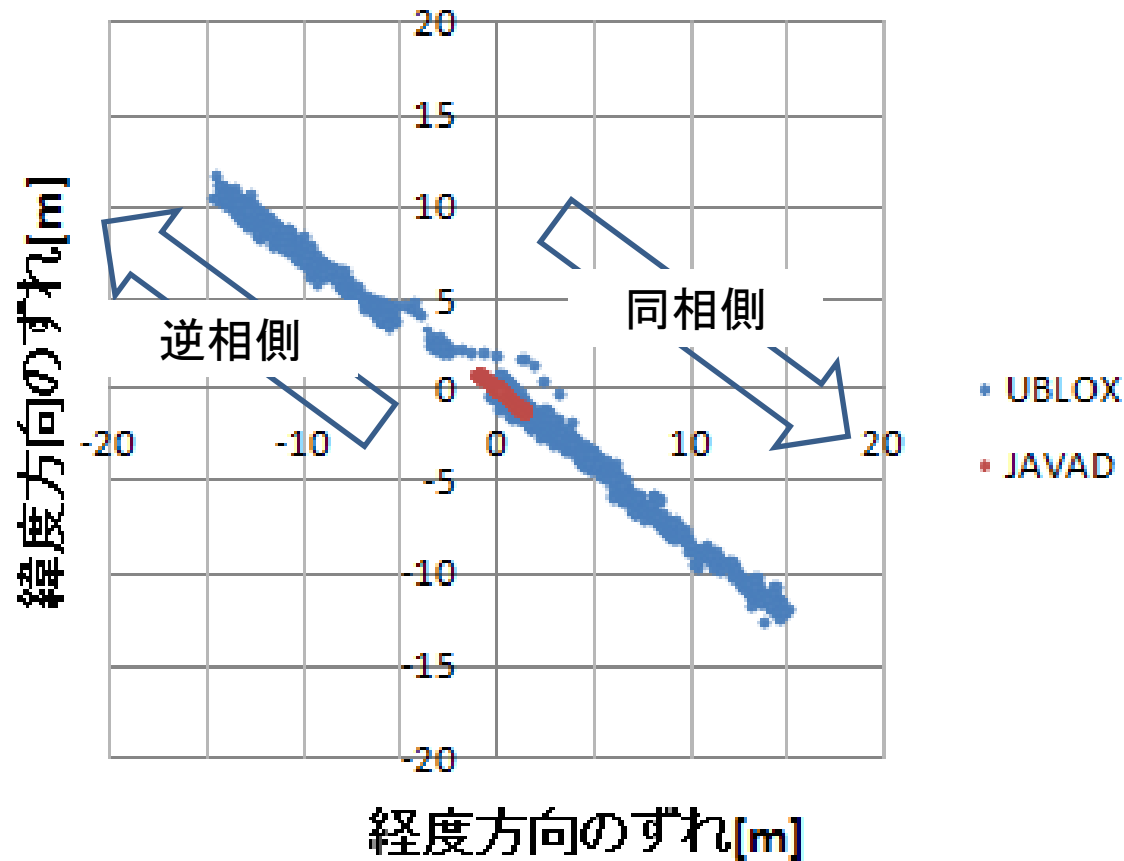
実験(マルチパス特性)



なぜかL5よりもL1の方が精度が良かった
→L1の精度を高める技術によるもの

実験(測位結果)

マルチパスを含んだ擬似距離を利用した単独測位



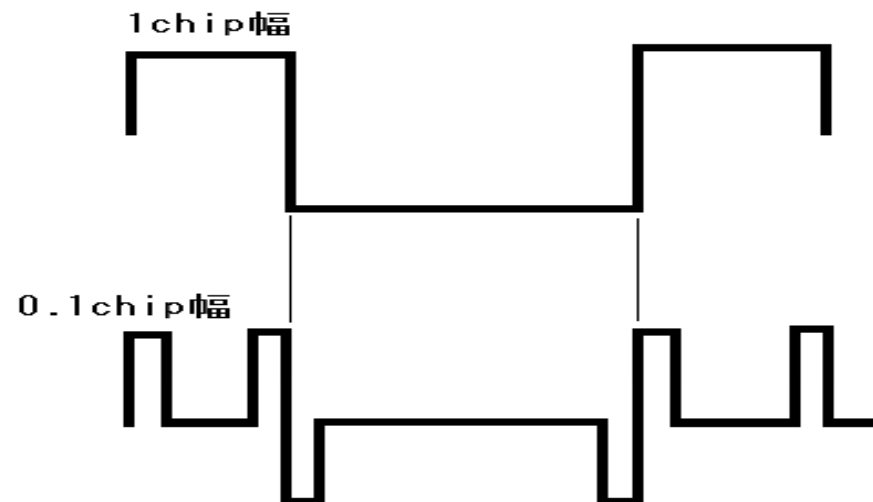
→マルチパス特性がそのまま測位に反映

考察

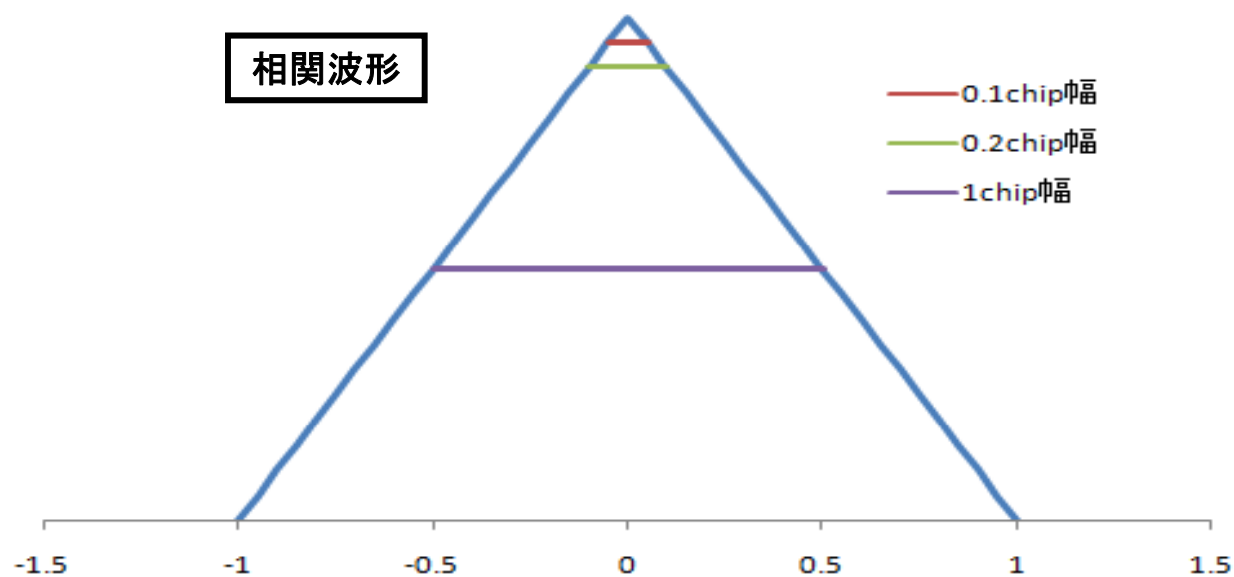
- 同じL1の受信でも受信機によって精度の違いが存在
 - JAVADではL5よりもL1の精度が良い
- L1でもL5と同等やそれ以上の性能を出せる技術がある
- ストロボコリレータ

考察(ストロボコリレータ)

- ストロボコリレータは受信機内部で使われるコリレータの種類の中の1つ
- レプリカコードと呼ばれる相関波形を形成するときに使用するコードに特徴をもつ

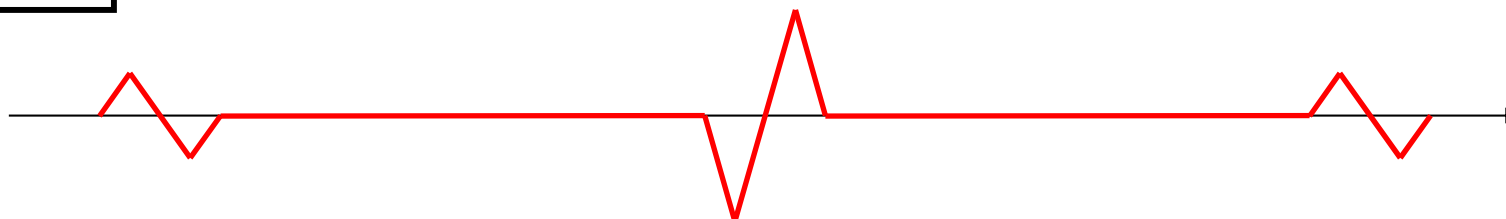


考察(ストロボコリレータ)



0.1chip幅の値 $\times 2$ - 0.2chip幅の値を行うことで...

Sカーブ



大部分でマルチパスの影響を受けない

考察(L5のマルチパス特性)

- L5がL1のストロボコレレータ並の性能を
持てる理由

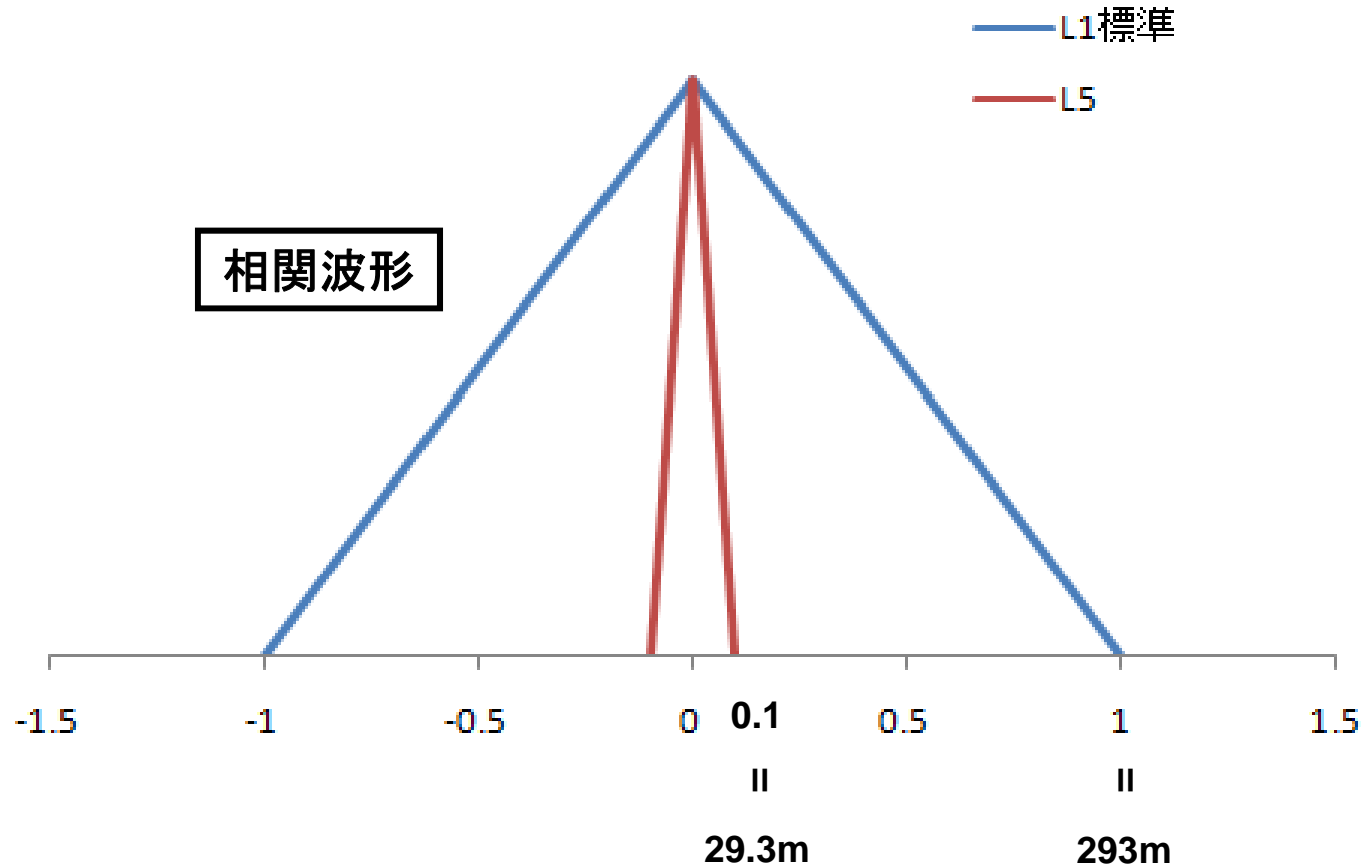
→両者のチップレートの違いから生まれる

$$L1 : 1.023\text{Mcps} \doteq 1\mu\text{s}$$

$$L5 : 10.23\text{Mcps} \doteq 0.1\mu\text{s}$$

- 相関波形を見るとチップレートによる違いが
分かりやすい

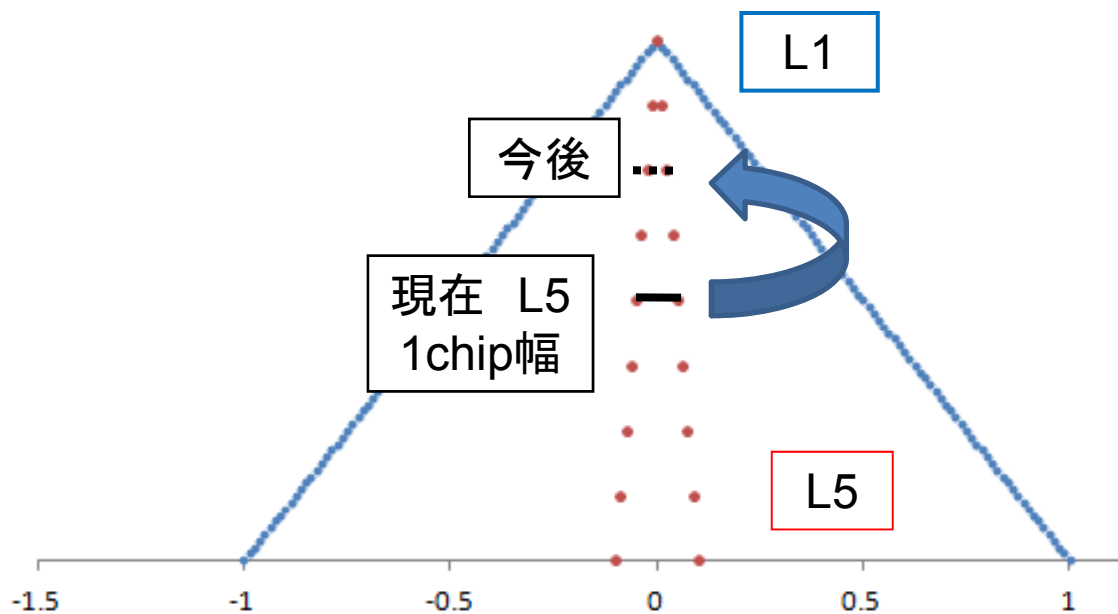
考察(L5のマルチパス特性)



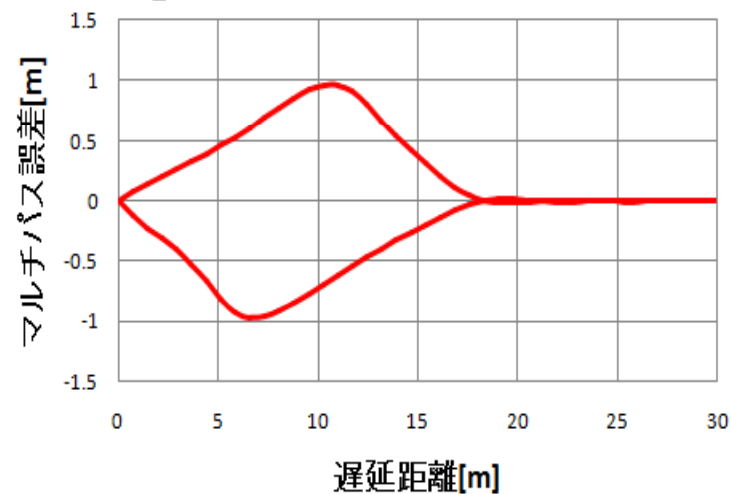
L5はL1と比較すると標準で-0.1~0.1chipの相関波形となる
→L1の標準の1/10の幅

考察(L5の課題)

80Mサンプリングの時のL1とL5の相関波形の点数の例



もし現在の1/2(0.5chip幅)で
できたら...



サンプリング点数の少なさや帯域の制限により
L5のコリレータに工夫ができない?

まとめ

- L5は標準でL1よりも優れたマルチパス特性を持っている
- しかしコリレータなどの技術を用いることでL1でもL5と同等やそれ以上の性能が出せることが確認できた
- 今後の進歩ではL5の特性が更に良くなる

ご清聴ありがとうございました