

# ソフトウェア受信機による 移動体測位の評価と改善

0921026 篠原駿吾 / 担当教員 久保信明

# 発表の流れ

2

- 背景・目的
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- ドップラによる速度情報の利用
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

## □ 背景・目的

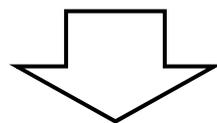
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- ドップラによる速度情報の利用
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

# 背景

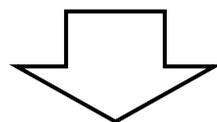
4

近年、様々なGNSS<sup>(※)</sup>衛星が打ち上げられ、  
GPS(米)以外にも4つ運用されている

→ GLONASS(露), Galileo(欧), BeiDou(中), QZSS(日)



GPS以外の測位信号を扱う研究が増加

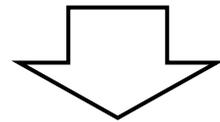


ハードウェアによるGNSS受信機の製作は、  
大学の研究室レベルでは困難な点が多い

※GNSS : Global Navigation Satellite System(全地球衛星測位システム)

そこで...

信号処理の一部をソフトウェア処理で代用できる  
**ソフトウェアGNSS受信機**を用いる研究者が増加



本研究室でも開発・評価を行なってきた

しかし...

使用する信号データは主に **静止データ** であった

理由：移動体データの解析は  
衛星からの信号が常に変化するため  
無理だろうという思い込みがあった

# 本研究の目的

6

ソフトウェアGNSS受信機の有用性を  
更に検証すべく...

- **移動体データ**を用いて評価

- 測位結果

- ドップラによる速度情報

- 測位結果の改善を試行

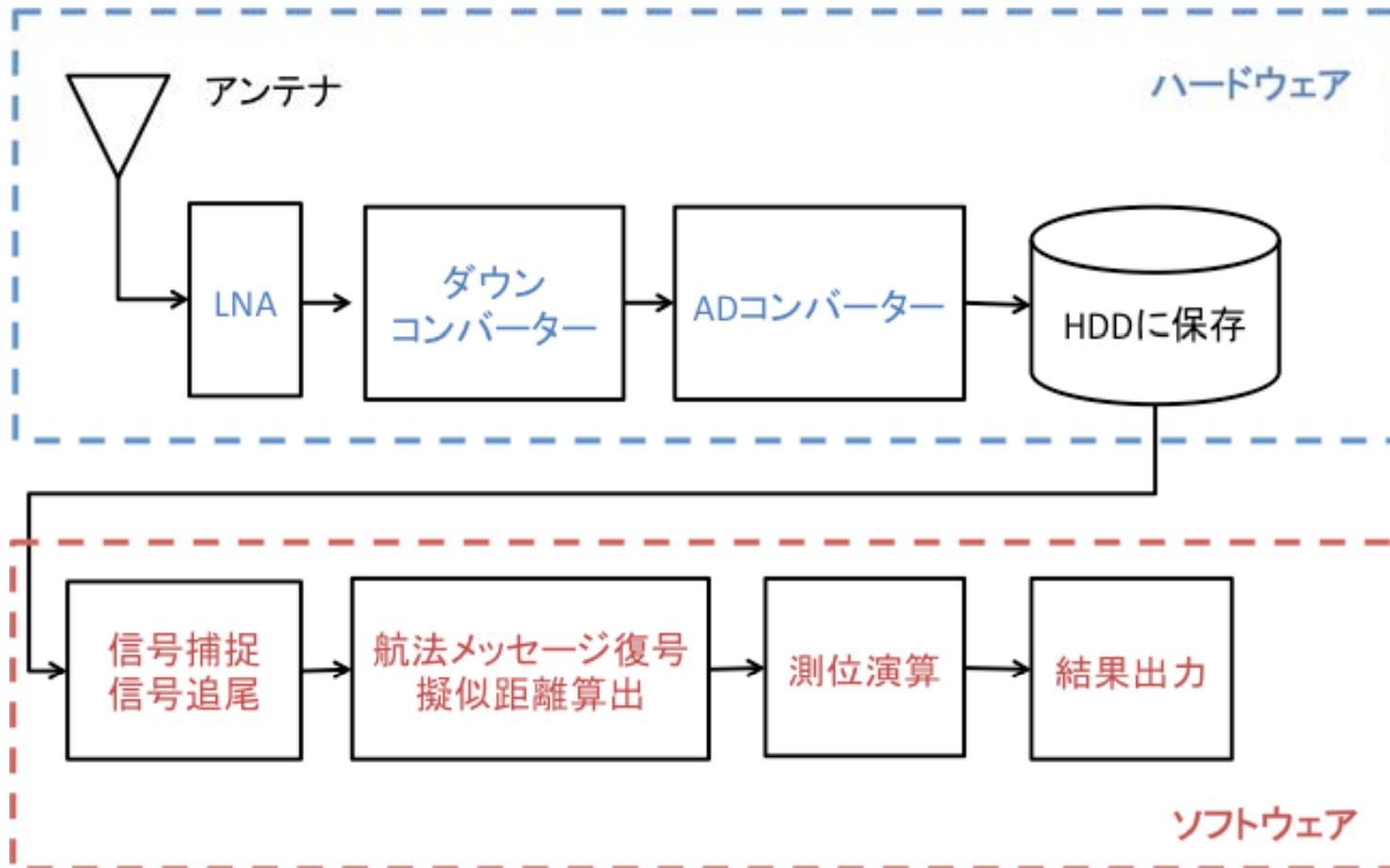
- マルチパス低減手法の実装(ストロボコリレータ)

※ 以後、ソフトウェアGNSS(GPS)受信機を「ソフトウェア受信機」と呼称する。

- 背景・目的
- **ソフトウェア受信機とは**
- 使用データ・測位結果
- ドップラによる速度情報の利用
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

# ソフトウェア受信機とは

8



# ソフトウェア受信機の利点

9

- 対応するフロントエンド(数万から10万円程度)さえ用意できれば、PC上のソフトウェアによって、**どのようなGNSS信号でも柔軟に対応可能**

- ユーザでも容易に**信号処理の様子が確認可能**

通常の実受信機では、信号処理の様子をユーザが確認することはほぼ不可能

※リアルタイムでの処理に劣るという欠点はある

- 背景・目的
- ソフトウェア受信機とは
- **使用データ・測位結果**
- ドップラによる速度情報の利用
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

# 使用データ

11

測位年月日	2012年9月7日
測位時間	11:03 AM~11:14 AM(約11分)
走行コース	本学越中島キャンパス周辺道路
使用 フロントエンド	Fraunhofer ・バンド幅13MHz ・サンプリング周波数40.96MHz
解析レート	2Hz

## 【主な障害物】

- ・相生橋(鉄橋)
- ・ビルの谷間(月島・豊洲)
- ・街路樹(越中島通り)

衛星の配置も1日の間で悪いほうであった

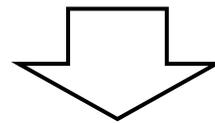


# 静止データと移動体データ

12

	静止データ(オープンスカイ)	移動体データ
信号品質の変動	なし (基本的に安定)	あり (大きく変動することもあり、不安定)
マルチパス	ほとんどなし	あり
使用可能衛星数	比較的多い (急には変動しない)	4機未満になることも (障害物などで急に変動)

移動体データは静止データと比べて厳しい



信号復帰処理等を備えていないプログラムで  
どこまで測位ができるか？

# 測位結果

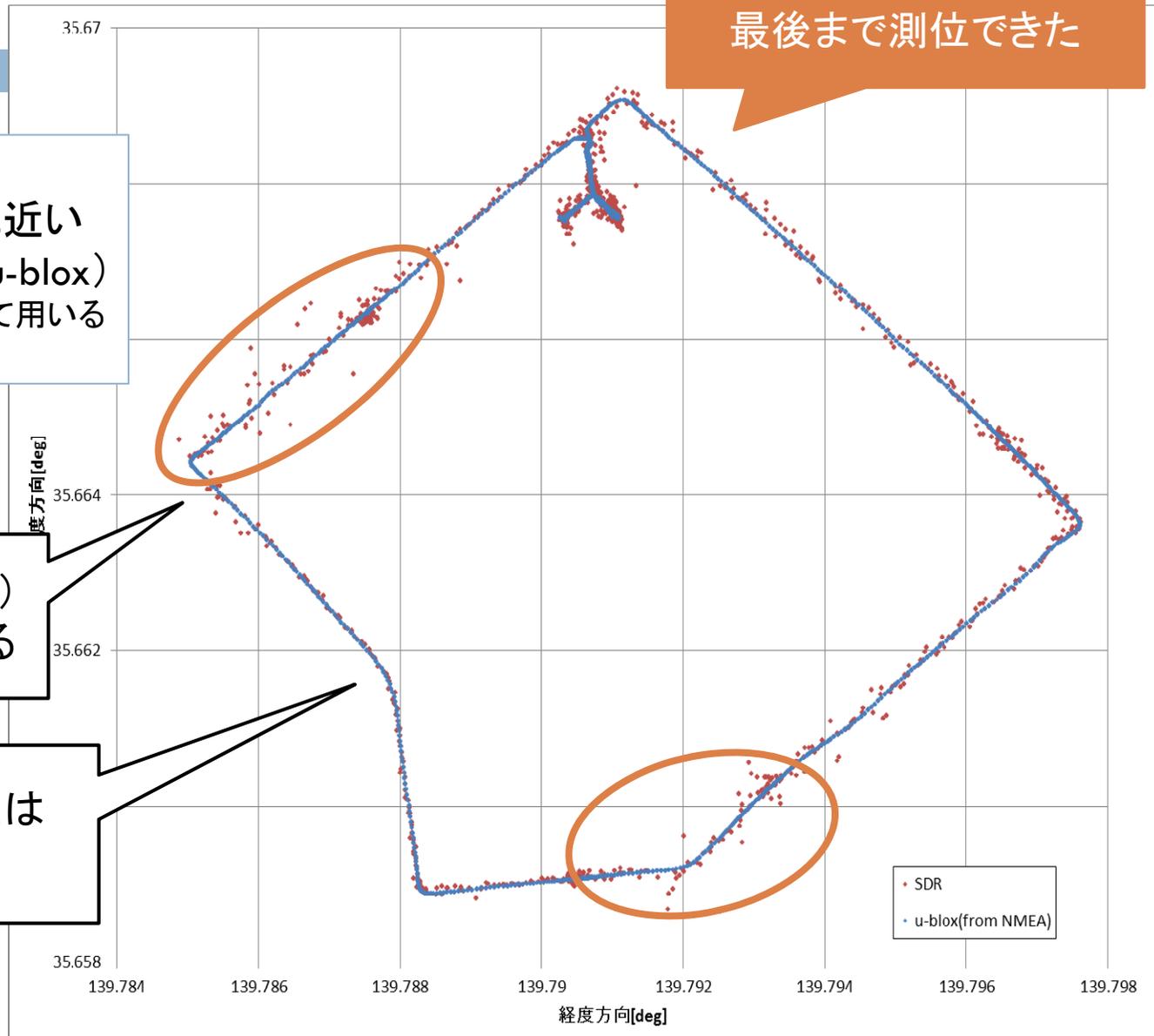
13

赤色・測位結果  
青色・安価かつベストに近い  
市販受信機(u-blox)  
・レファレンスとして用いる  
・数m以内の誤差

ソフトウェア受信機でも  
最後まで測位できた

ビルの谷間(月島・豊洲)  
に大きな飛びがみられる

見晴らしのいい高架上は  
遜色ない結果



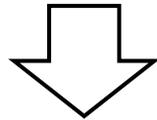
- 背景・目的
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- **ドップラによる速度情報の利用**
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

# ドップラによる速度情報利用

15

受信機から出力されるドップラ周波数から  
速度ベクトルが計算可能

非常に正確  
(誤差数cm/s)



それらを積分すると変位となり、  
プロットすると走行した軌跡が現れる

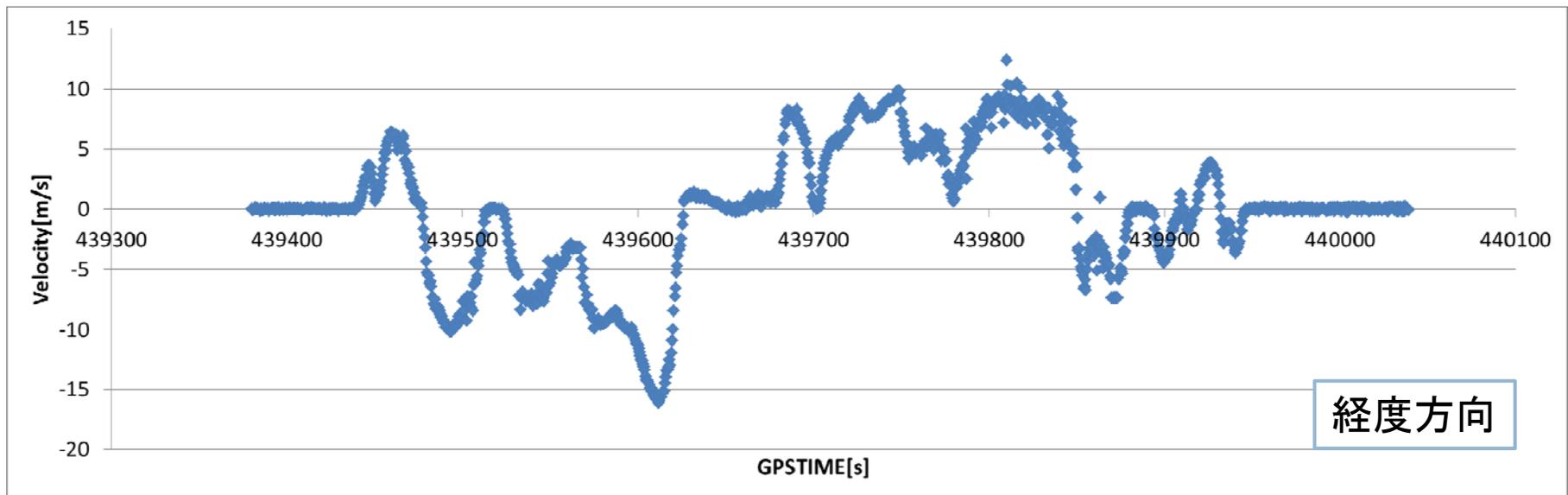
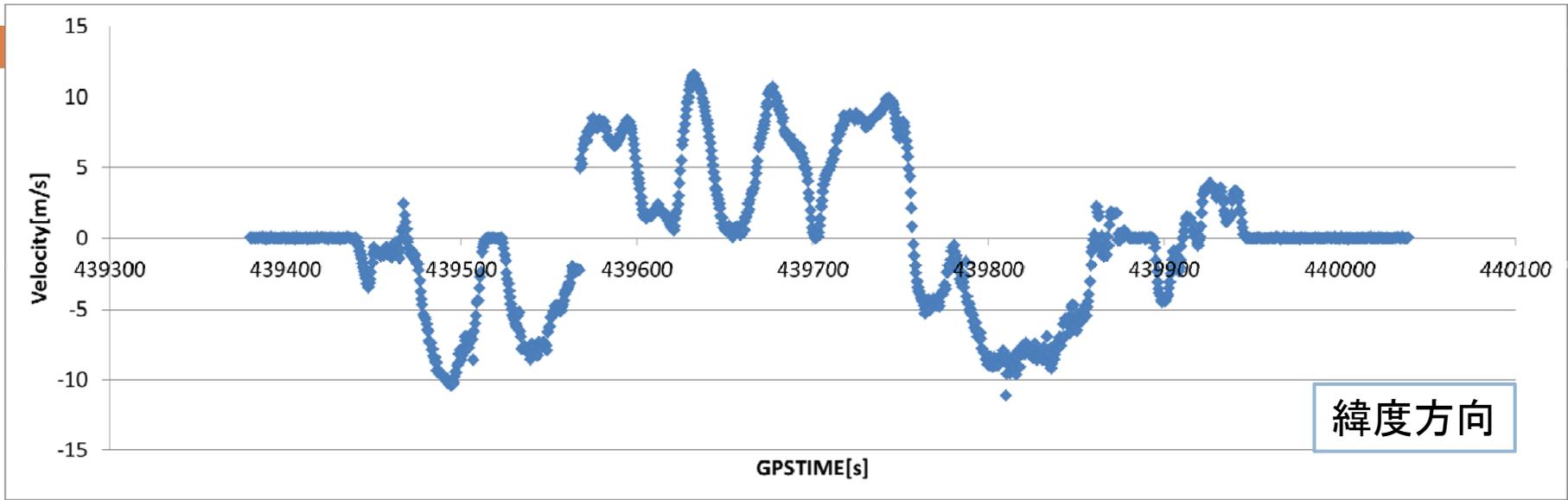
そこで...

ソフトウェア受信機で算出された  
**速度情報を積算、その結果をプロット**  
することで、速度情報の有用性を検証することにした

※ 但し、速度が出力できないとき(全体の1.7%)は、  
速度の補完(前2値の平均)を行った

# 速度情報

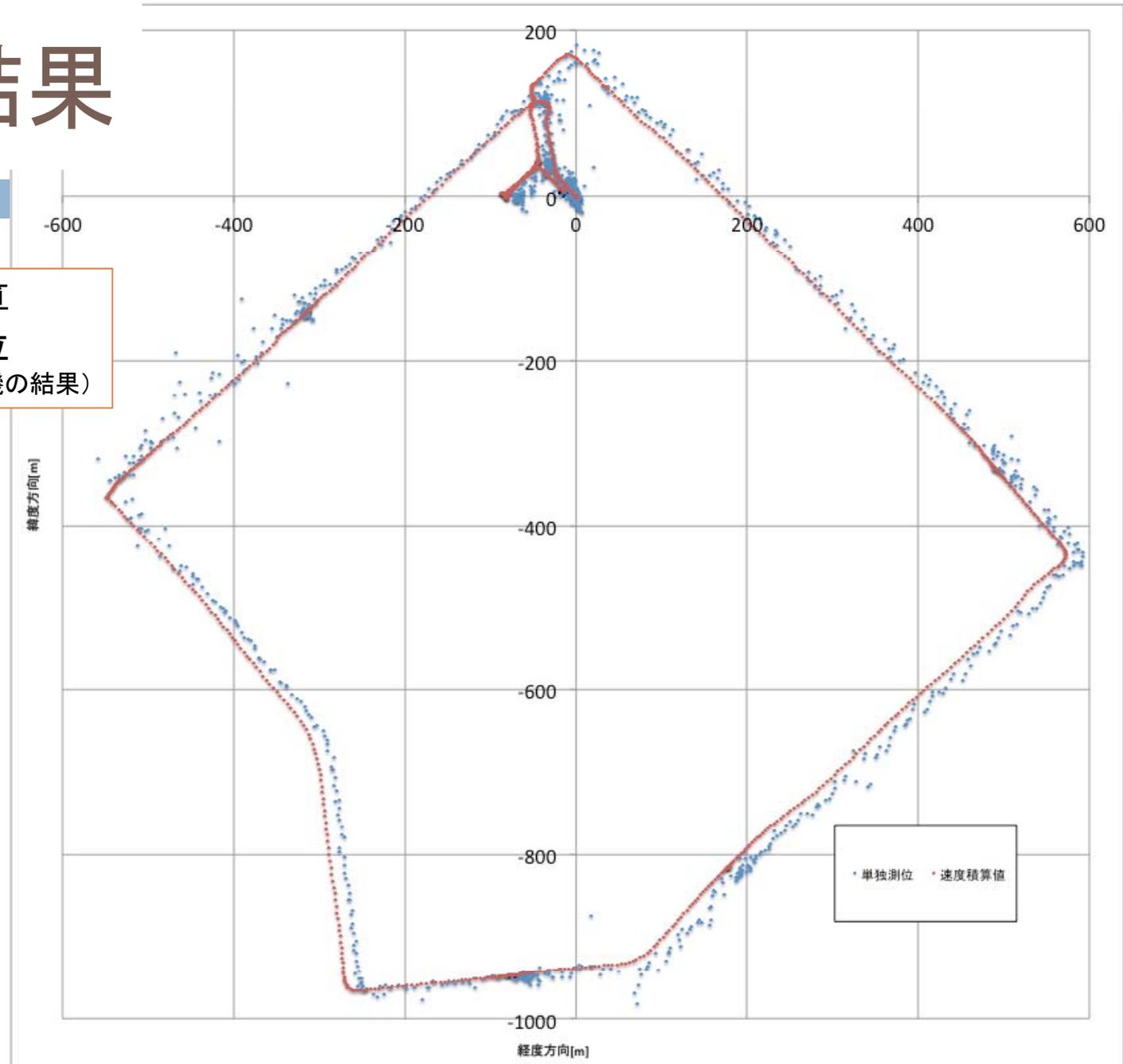
16



# 積算結果

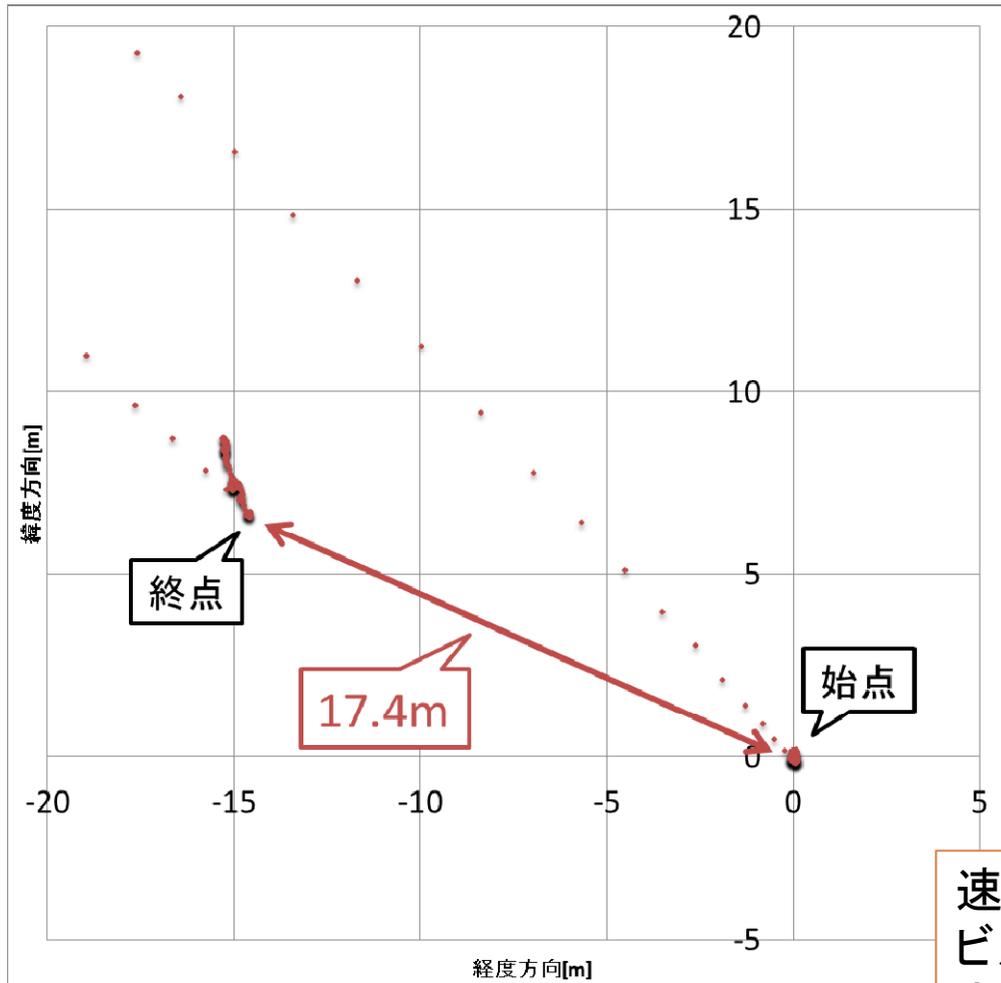
17

赤色...速度積算  
青色...単独測位  
(共にソフトウェア受信機の結果)



# 始終点間の距離

18



- ・原点から積算を開始
- ・始点と終点はほぼ同じ位置



終点は原点付近に来る

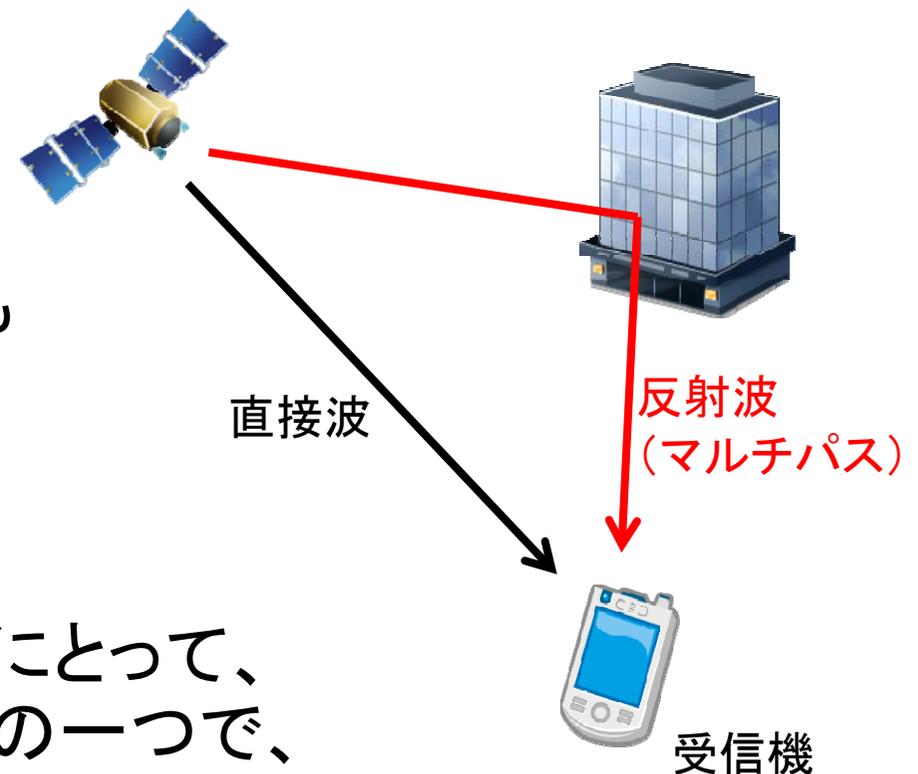
速度補完部分があることと、  
ビルの谷間を走行したことを  
考慮すると非常にいい結果である

- 背景・目的
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- ドップラによる速度情報の利用
- **マルチパス低減手法の実装**
- まとめ

# マルチパスとは

20

- ビルなどの障害物に  
反射・回折された電波
- マルチパスは直接波よりも  
伝搬距離(時間)が長い
- 伝搬距離(時間)を求め、  
測位を行なっているGNSSにとって、  
測位誤差を生む主要因の一つで、  
最後まで残る誤差と言われている

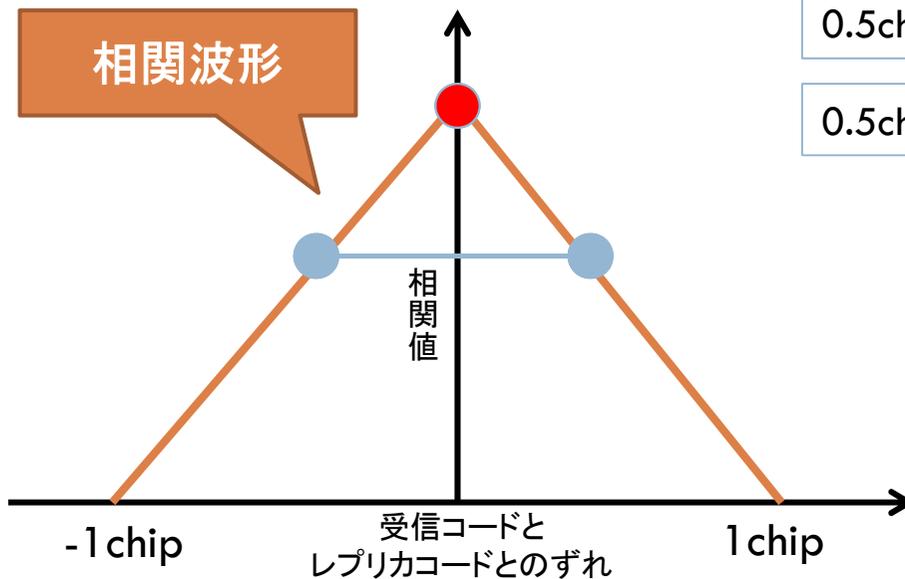


# コード追尾

21

GPSではDLL(Delay Lock Loop)を利用し、  
コードを追尾してコード位相誤差を求めている

受信コードとレプリカコードを  
掛け合わせることで  
相関値を算出

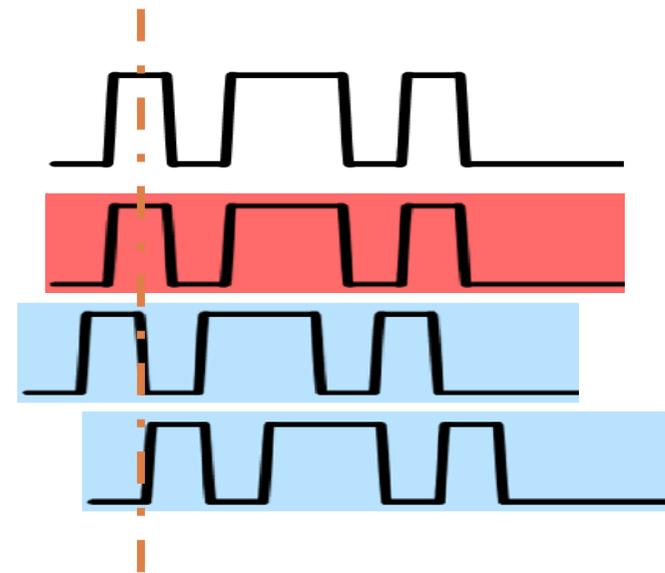


受信コード

レプリカコード  
(受信機内で生成)

0.5chip進み

0.5chip遅れ



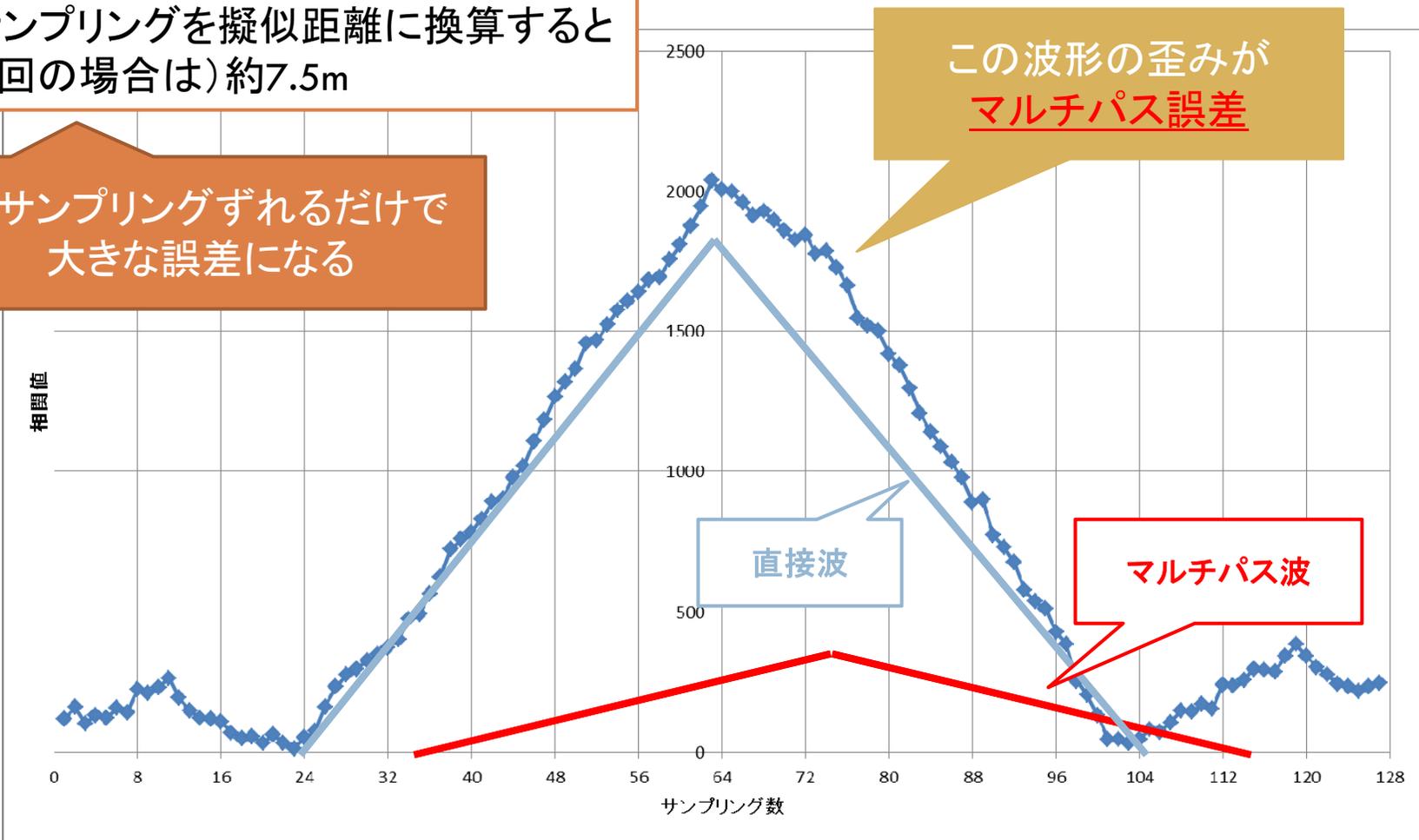
2個の相関器で相関を取り、  
その2値が同値になるように  
コードのずれを修正(追尾)しており、  
と同時に相関波形のピークが  
ずれないようにしている

# 相関波形からマルチパスを眺める

22

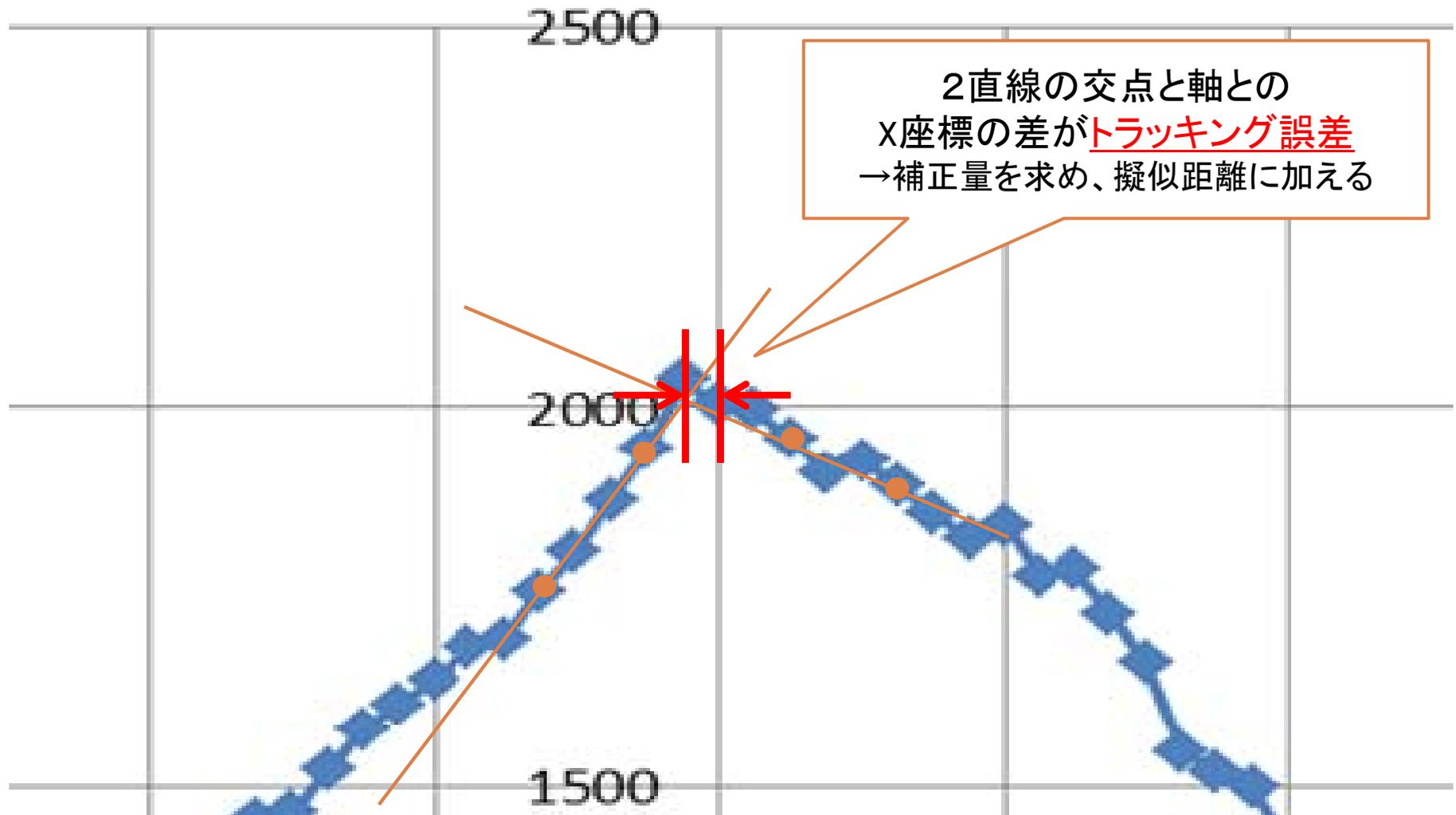
1サンプリングを擬似距離に換算すると  
(今回の場合は)約7.5m

数サンプリングずれるだけで  
大きな誤差になる



# ストロボコレレータの原理

23

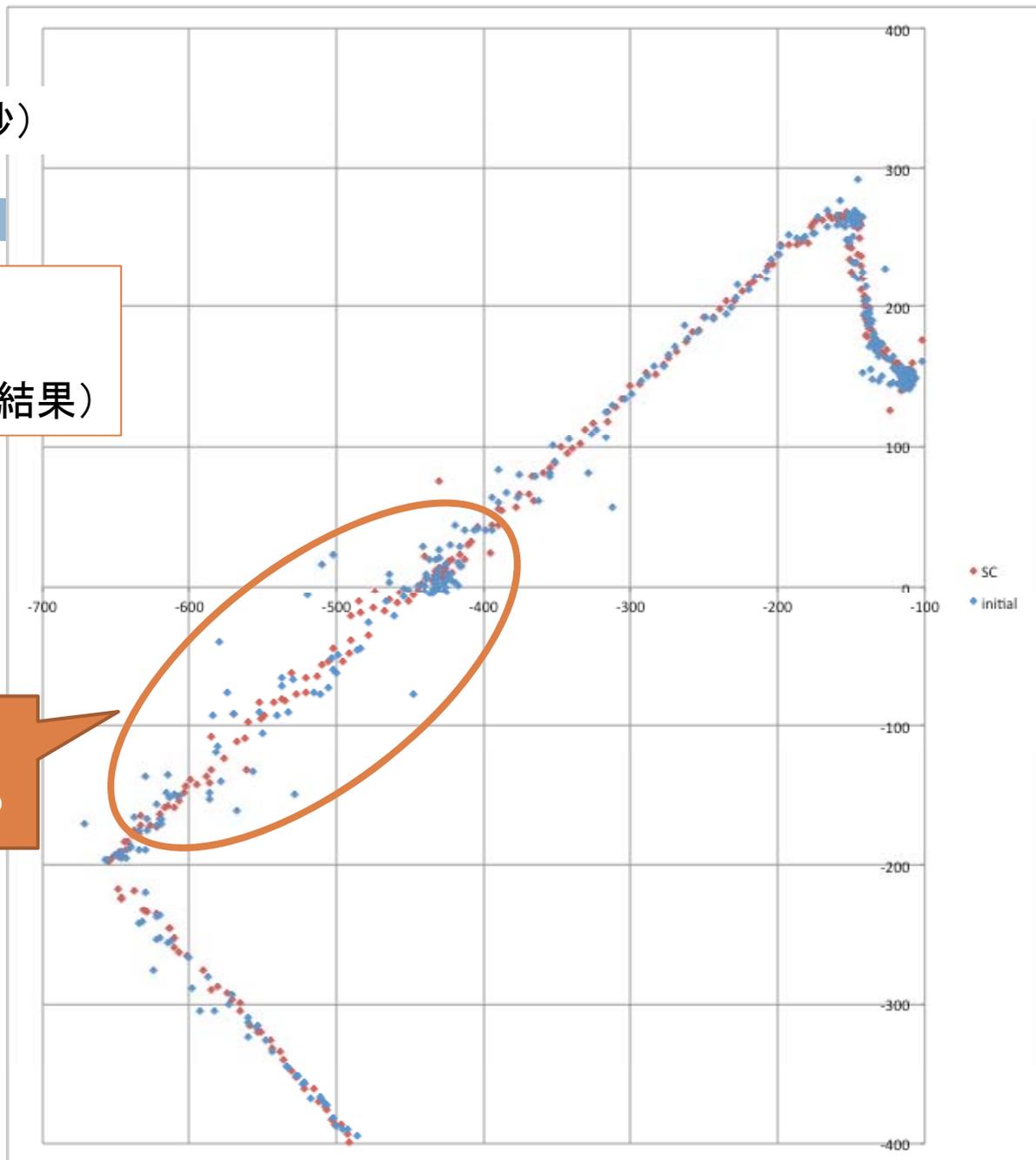


# 結果 (最初の210秒)

24

赤色...実装後  
青色...実装前  
(共にソフトウェア受信機の結果)

ビルの谷間(月島)で  
大きな改善がみられる



- 背景・目的
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- ドップラによる速度情報の利用
- マルチパス低減手法の実装
- **まとめ**

# まとめ

26

- 移動体データにおいても  
ソフトウェア受信機で測位することができた  
→より実体に即した環境での評価が可能
- ソフトウェア受信機から出力された速度情報は  
非常に精度の高いものであることを確認
- ストロボコリレータの実装により  
ビルの谷間などの悪環境での測位精度が向上

ご清聴ありがとうございました

# 今後の課題

28

- 通常の受信機と比べると、測位精度に関して改善の余地は十分にある  
→今後も改善を続けていく予定
- プログラムの高速化(研究効率向上のため)
- 本来の目的である、**GPS以外のGNSS衛星を用いた移動体測位の実現**

# DLL

29

- 具体的には以下の判別式を用いて、コード位相誤差を求めている

- $$\frac{(I_E^2 + Q_E^2) - (I_L^2 + Q_L^2)}{(I_E^2 + Q_E^2) + (I_L^2 + Q_L^2)}$$