

# 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

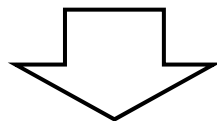
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- ドップラによる速度情報の利用
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

# 背景

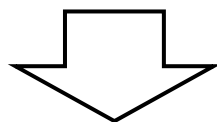
4

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

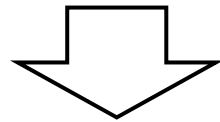


ハードウェアによるGNSS受信機の製作は、  
大学の研究室レベルでは困難な点が多い

※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

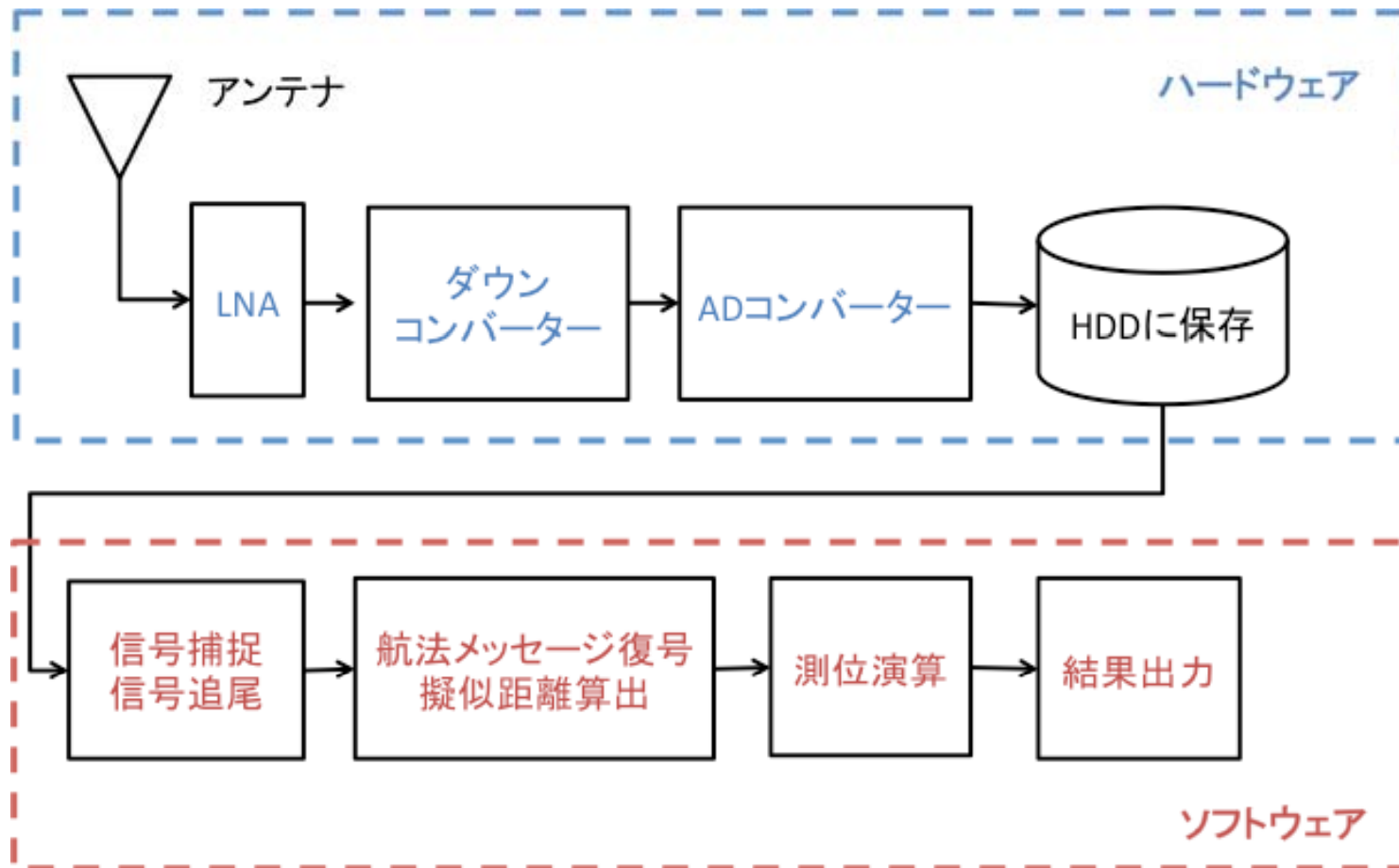
- マルチパス低減手法の実装(ストロボコリレータ)

※ 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

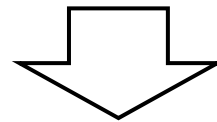


# 静止データと移動体データ

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

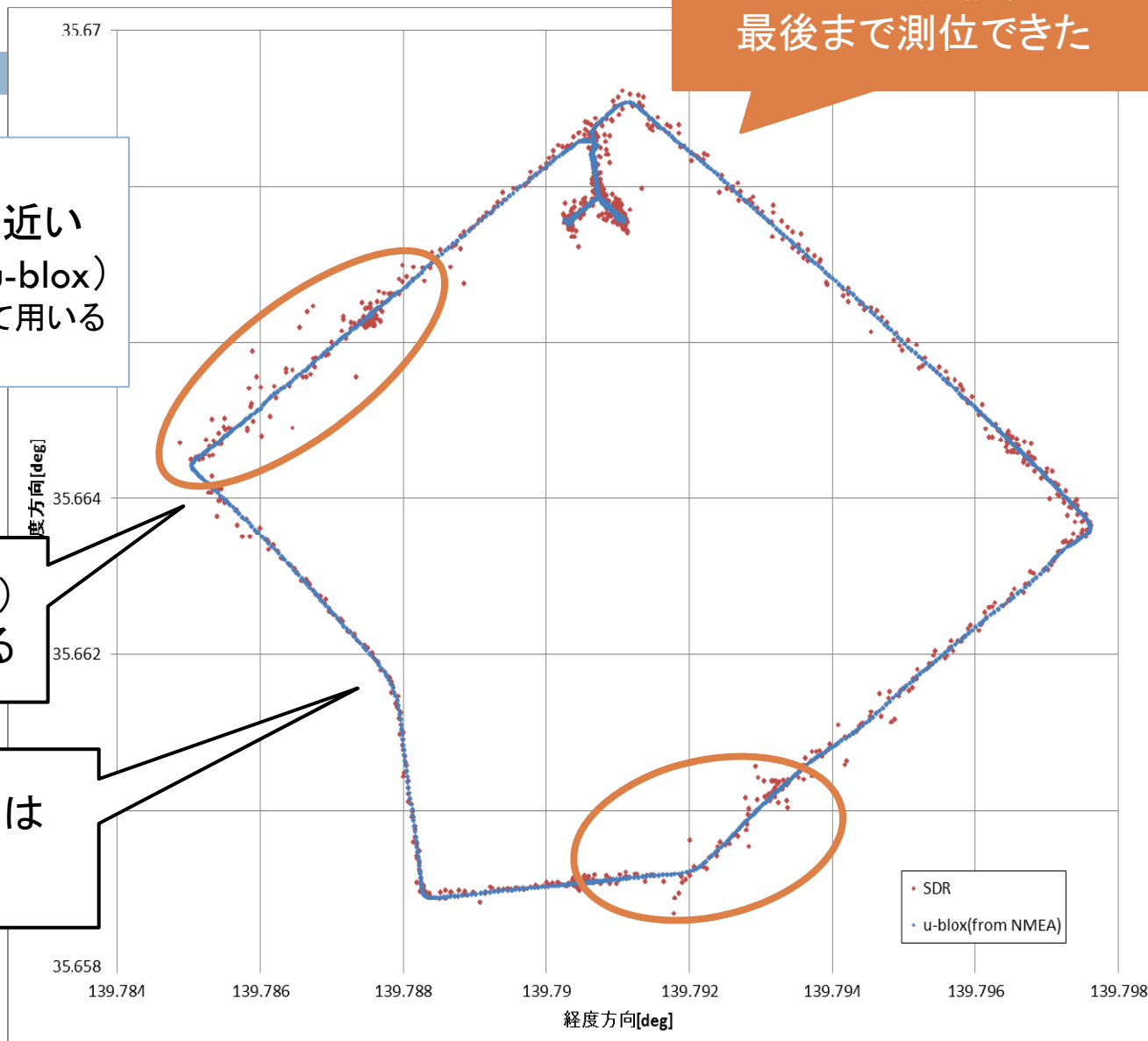
13

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



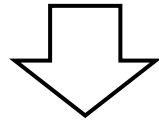
- 背景・目的
- ソフトウェア受信機とは
- 使用データ・測位結果
- **ドップラによる速度情報の利用**
- マルチパス低減手法の実装
- まとめ

# 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

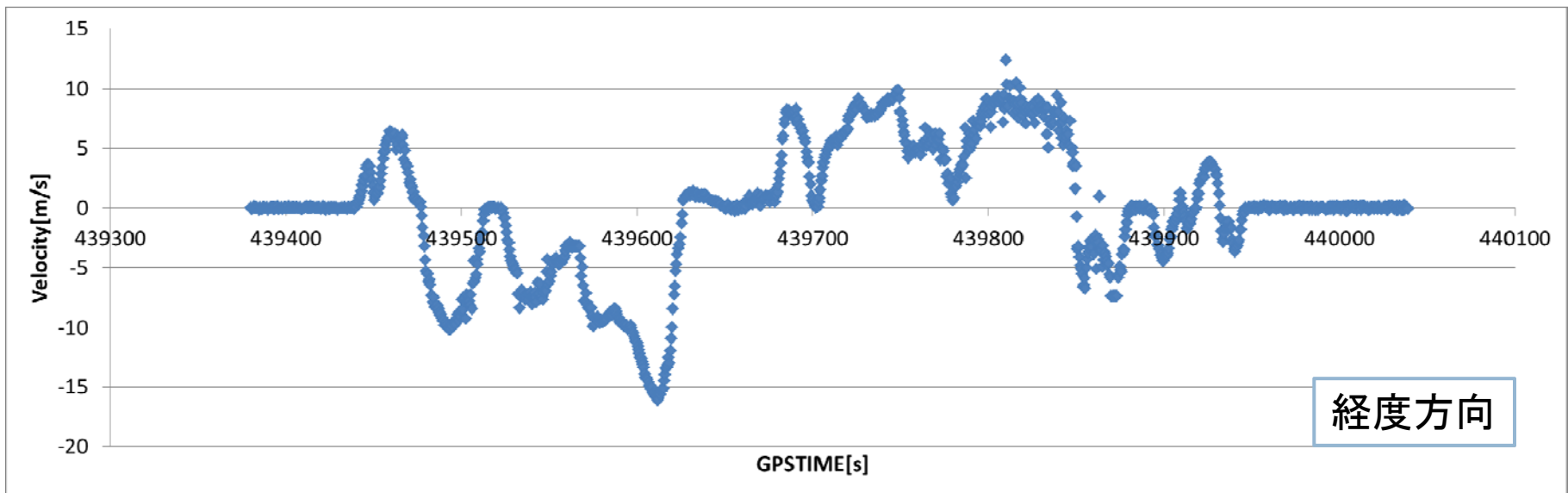
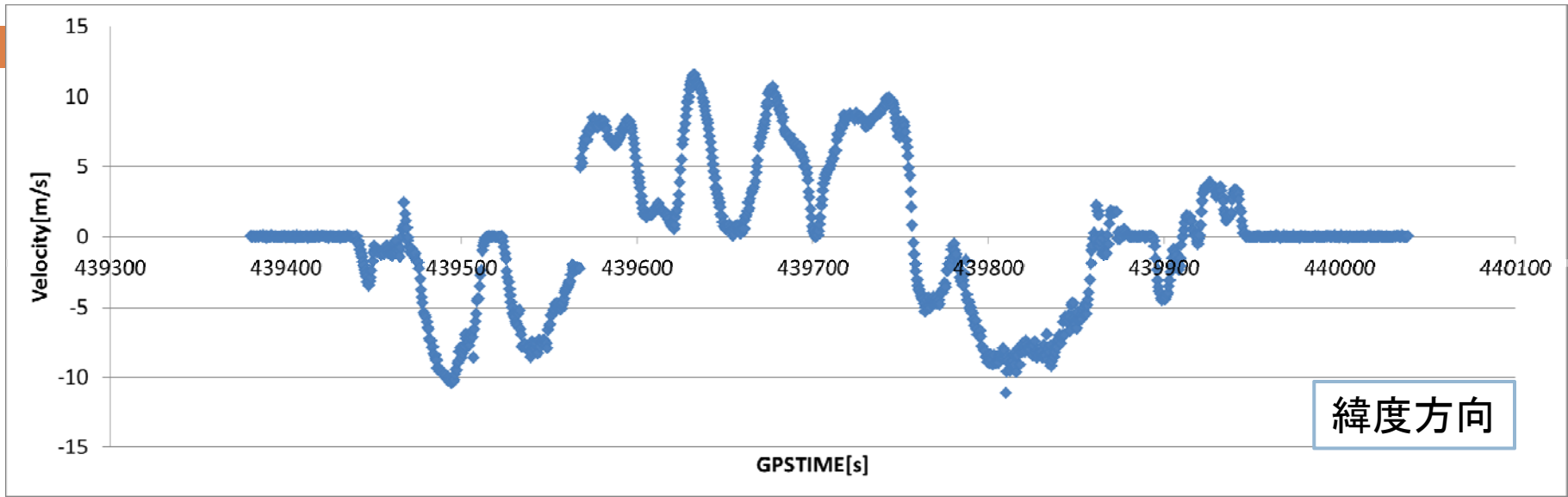
そこで...

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

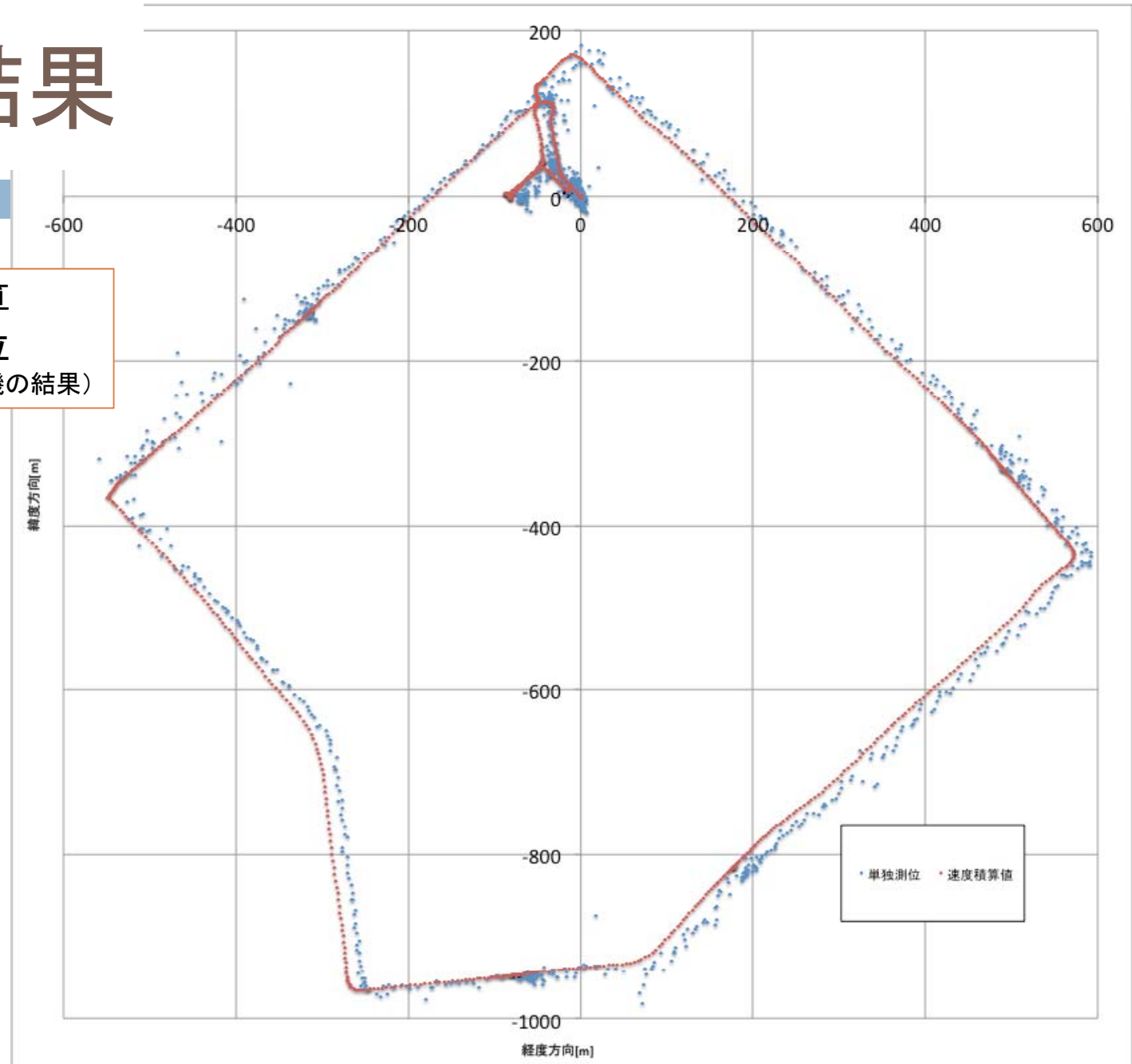




# 積算結果

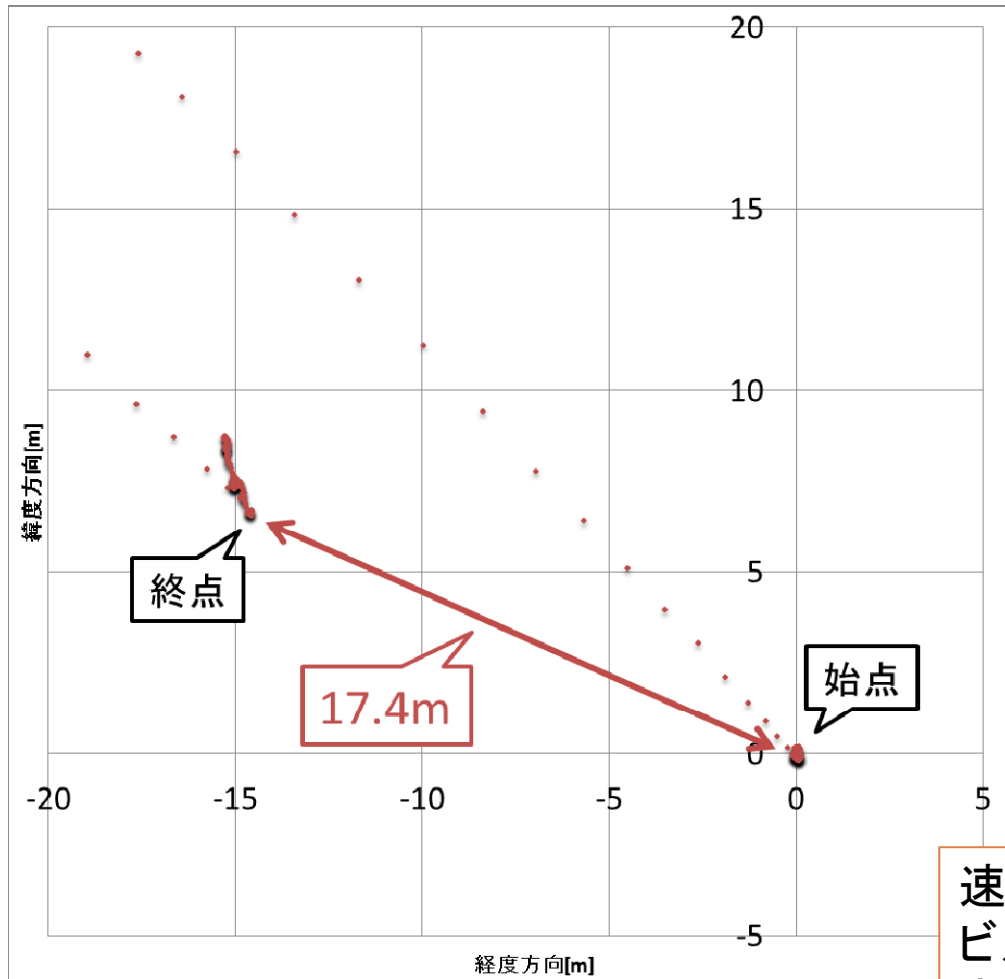
17

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)

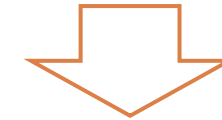


# 始終点間の距離

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

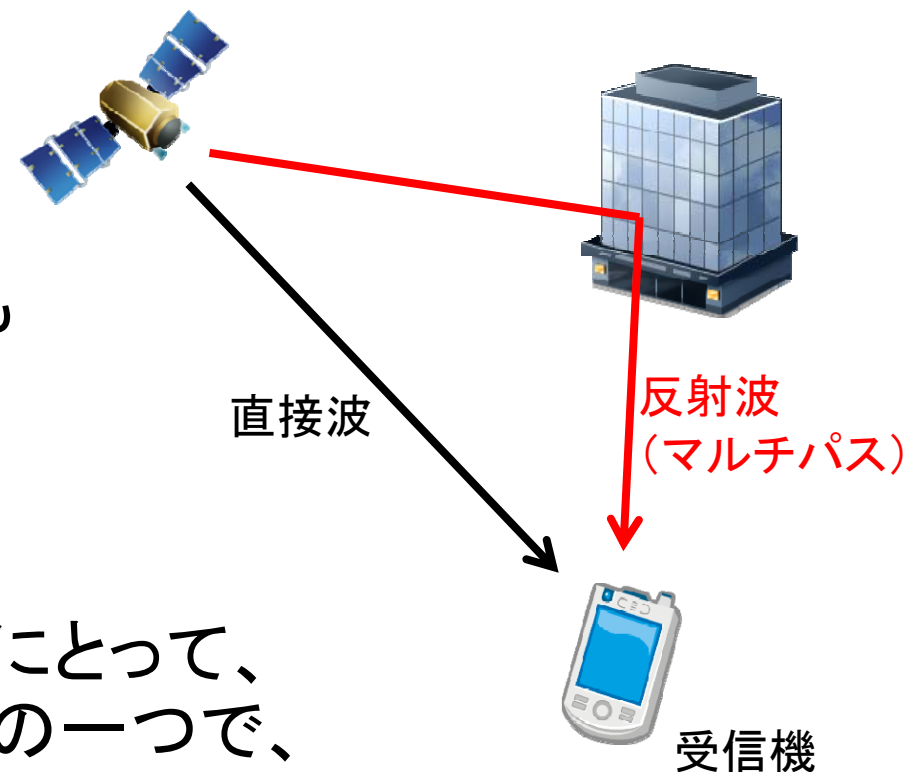
速度補完部分があることと、  
ビルの谷間を走行したことを  
考慮すると非常にいい結果である

- 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

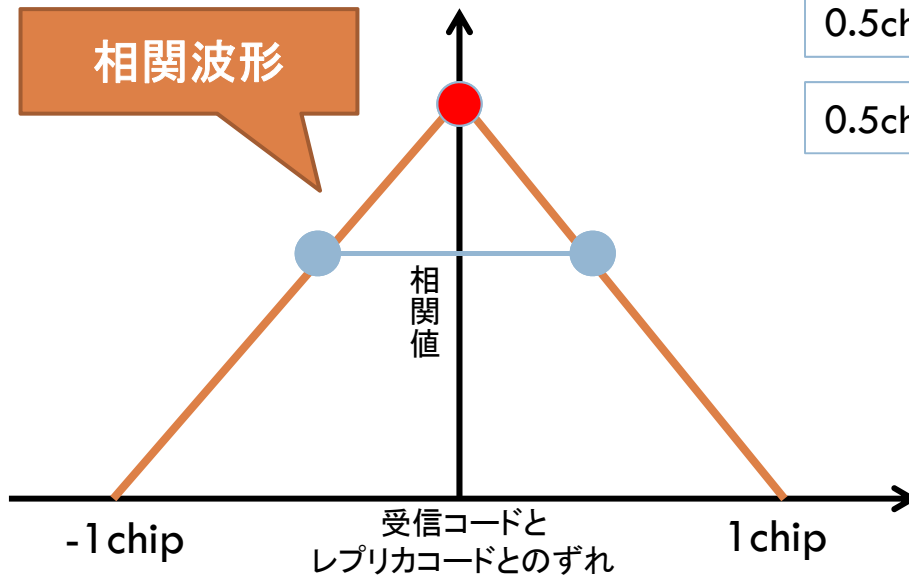


# コード追尾

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

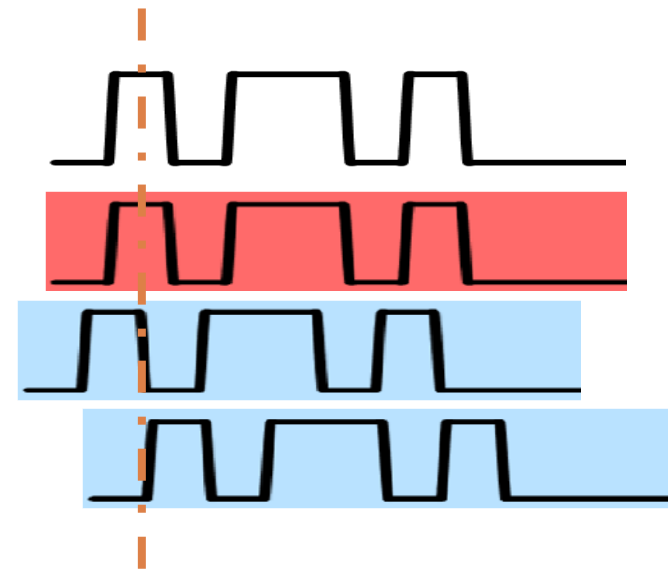


受信コード

レプリカコード  
(受信機内で生成)

0.5chip進み

0.5chip遅れ



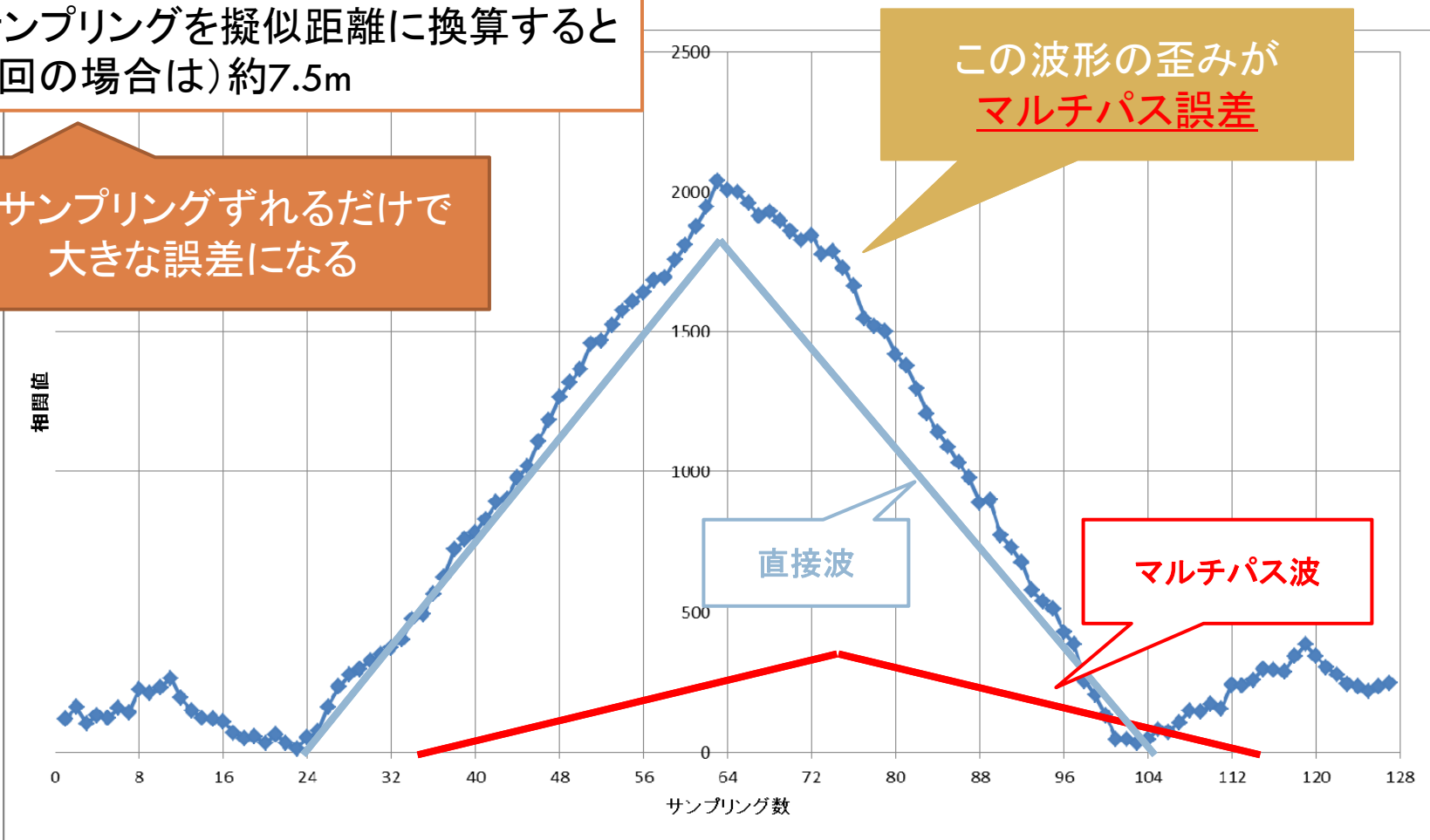
2個の相関器で相関を取り、  
その2値が同値になるように  
コードのずれを修正(追尾)しており、  
と同時に相関波形のピークが  
ずれないようにしている

# 相関波形からマルチパスを眺める

22

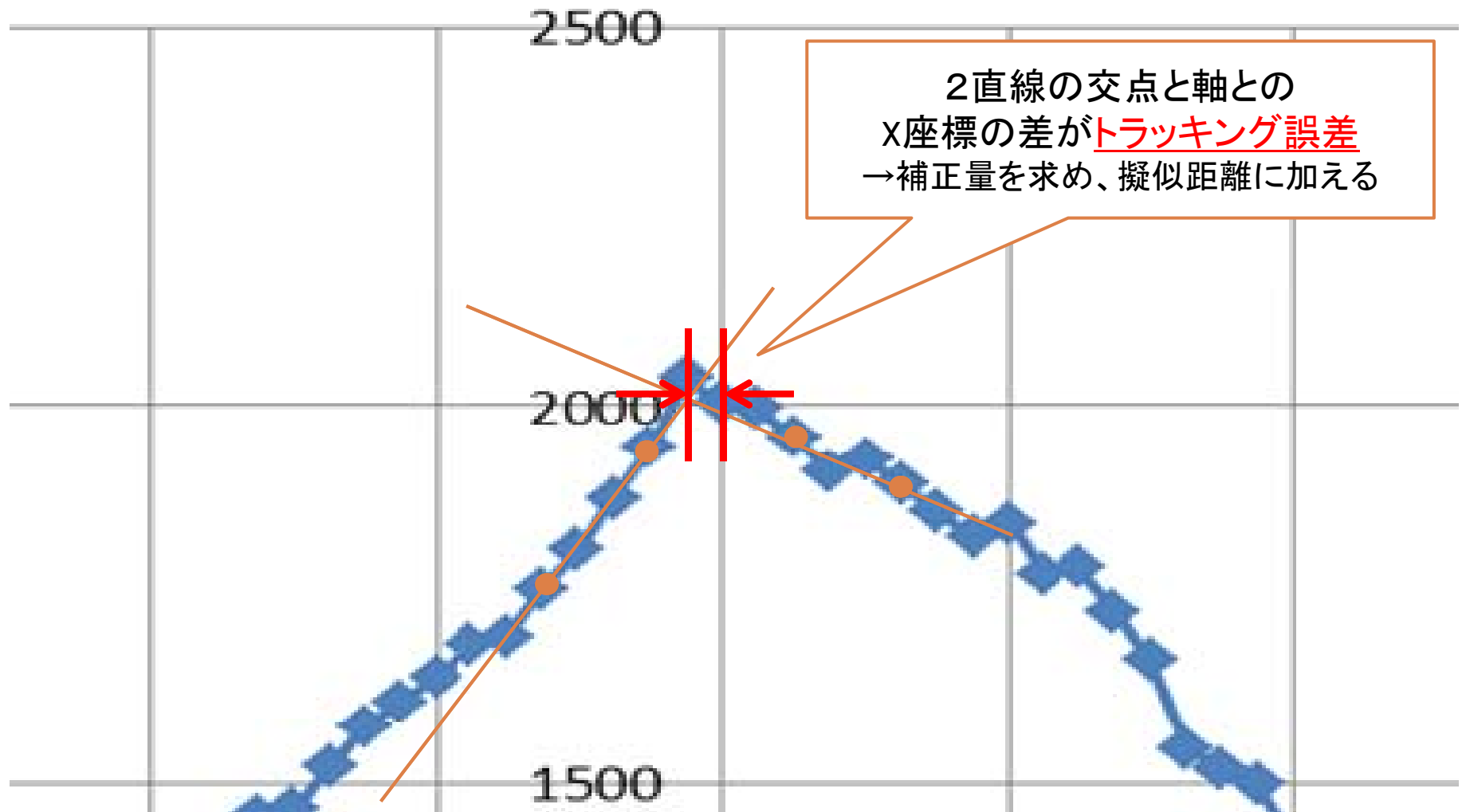
1サンプリングを擬似距離に換算すると  
(今回の場合は)約7.5m

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

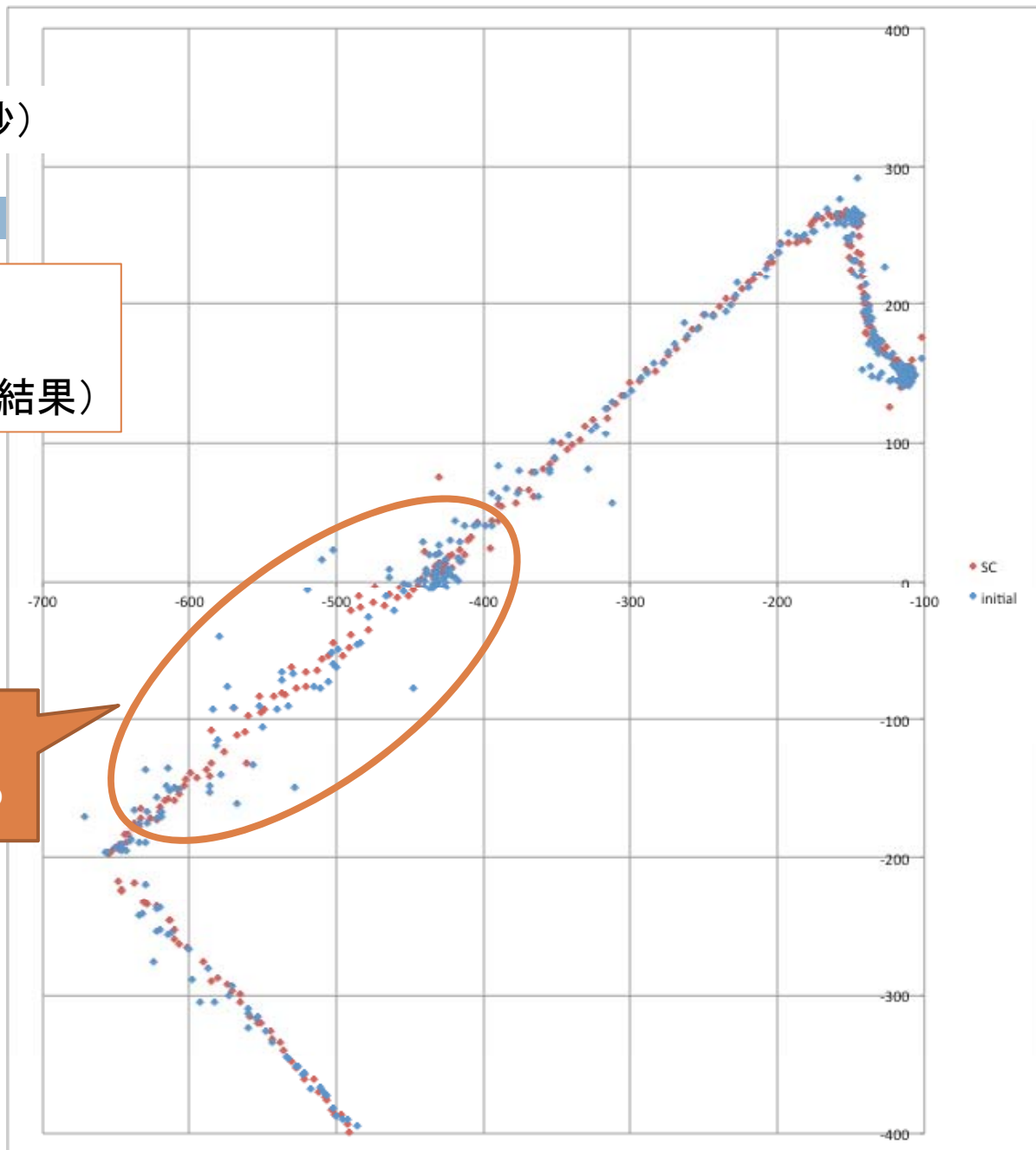


# 結果 (最初の210秒)

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

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