

# 新しいフェーズに入った衛星測位技術 を加速させる人材育成

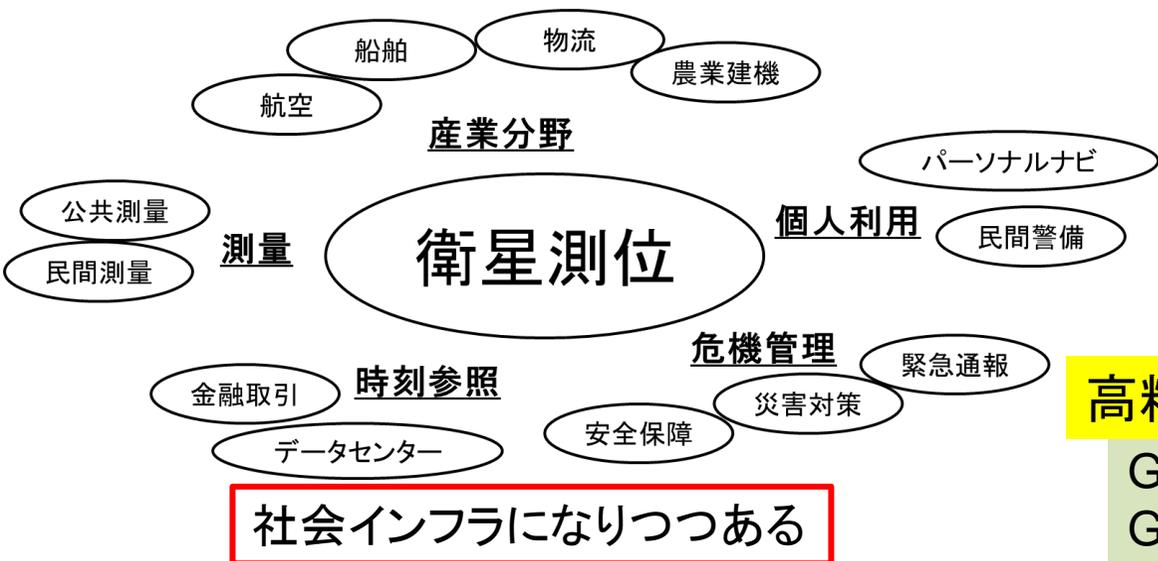
宇宙航空科学技術推進委託費 2021-2023

久保 信明(東京海洋大学)

海老沼 拓史(中部大学)

鈴木 太郎(千葉工業大学)

# 背景：インフラとしての衛星測位



移動体（陸海空）の  
自動化への流れが加速

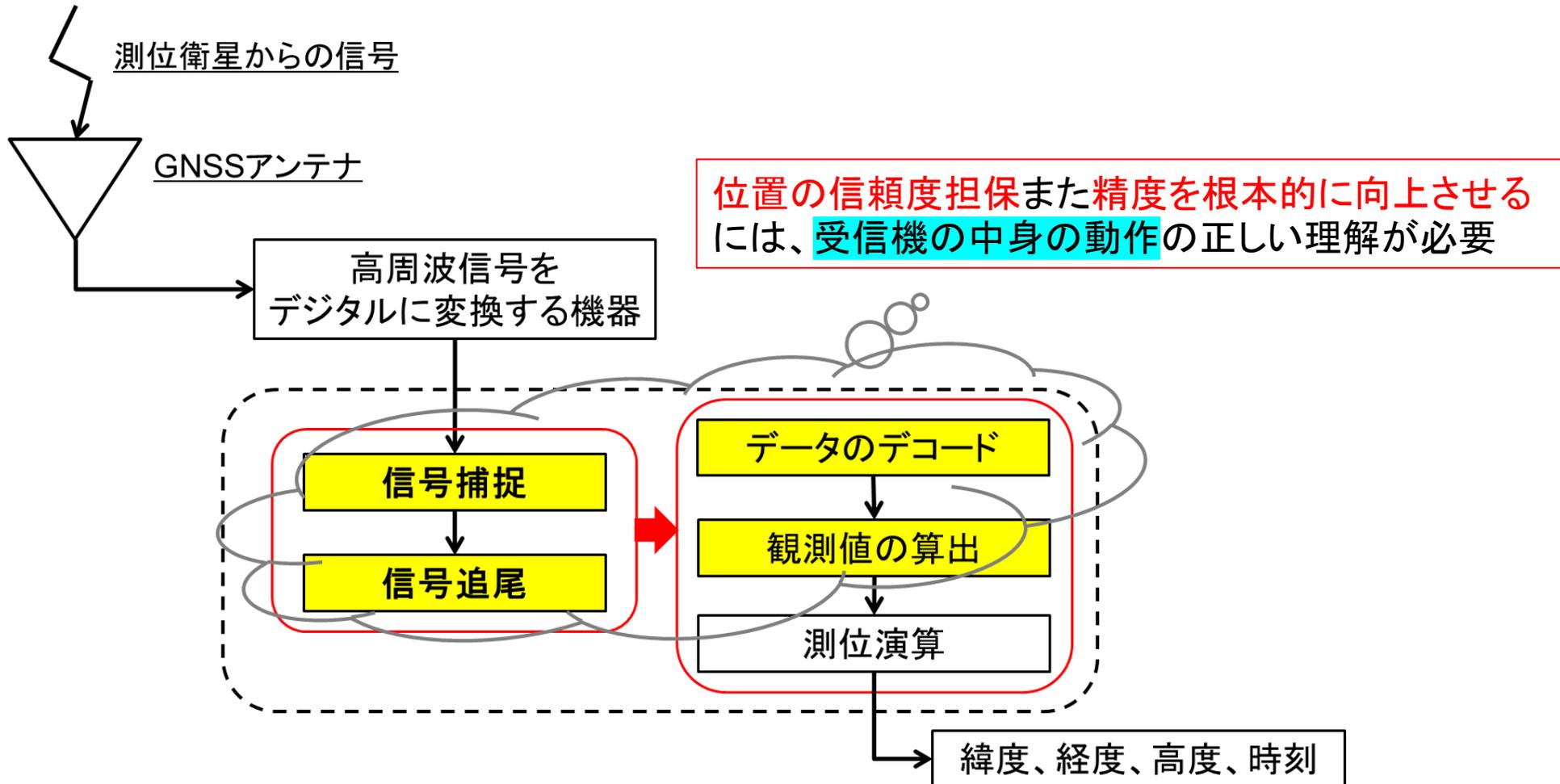
高精度の汎用化→高信頼・高安全

GNSSの位置の信頼度が求められる  
GNSSと他センサの統合が必須  
新たな脅威も出現（欺瞞、干渉）  
自律型移動体は陸海空と多岐にわたる  
→受信機の中身の理解が必須  
→国内に基盤技術を確保することが急務

低軌道衛星（測位含む）の利用の本格化

宇宙開発へ民間企業の参入が本格化。低軌道測位衛星（米国、中国）が注目  
→従来の国家的測位インフラ+コンシューマ向けの測位インフラへ  
→低軌道測位衛星の場合、GNSSの受信機開発も新たに必要  
→世界的に日本の競争力が低下（アジアで中国が台頭）  
→高セキュリティ利用でGNSS受信機がブラックボックス（人材育成が極めて重要）

# 具体的に何を伝授するか



従来ハードウェアのブラックボックスであった点線枠部をソフトウェアで実現する  
→ソフトウェア受信機と呼ばれる部分

# 課題の概要

- 実施しようとする内容、達成目標

- ①衛星測位用のソフトウェア受信機の開発と教材準備、学生への伝授

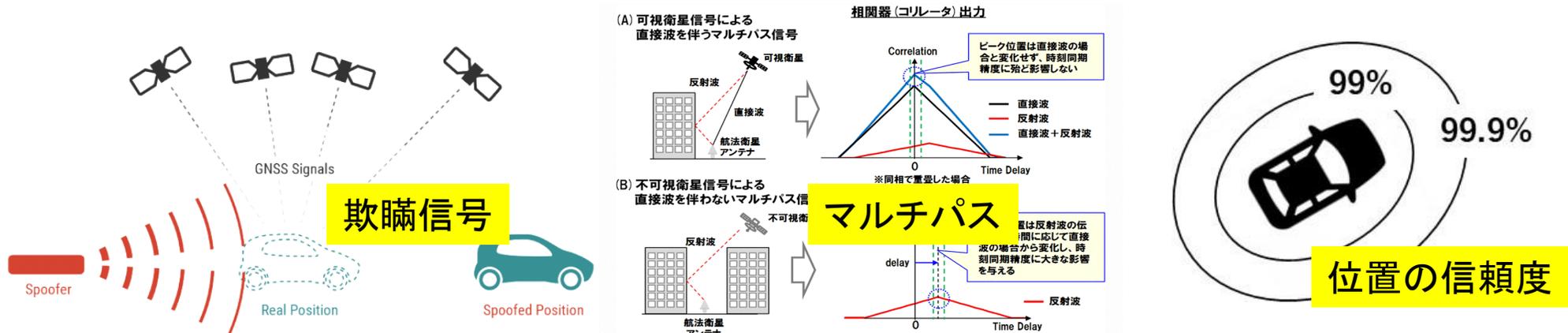
- ②学生自らが改良できるレベルになるための指導

- ③測位精度だけでなく高信頼・高安全な位置情報への意識転換

- 予想される結果と意義

- ①以下に列挙したような喫緊の課題を本質から解決できる学生の育成

- ②彼らが企業で活躍することで、国内衛星測位分野での競争力が向上



# 目標

- 衛星測位用のオープンなソフトウェア受信機及び測位演算部の開発を行い、学生らに提供する機材及び教材を整える
- 学生らに伝授する場を提供し、ソフトウェア受信機の改良等を自らの手で実行できる学生を、3年間で10名以上輩出する。さらに本受信機のリアルタイム化やFPGA化に対応できる学生を3年間で3名以上輩出
- ソフトウェア改良につながる所定の課題を与え、コンテスト形式で、学生間で競争する場を提供。**企業専門家による定期的な進捗確認（毎年2回）**

上記は感染状況を考慮しオンラインでの実施も想定

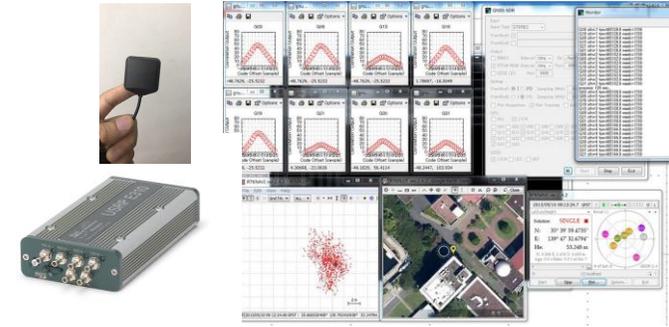
- **業務終了後**、申請者らが企業の資金を原資として、**共同研究による開発・改良を継続**し、国内関連企業へのフィードバック。測位航法学会等を通じて、**学生への伝授の場を1年に1回以上提供**

# スケジュール(各年度)

令和3年度:申請者らがプラットフォームと教材を開発

プラットフォームの開発 (MATLAB、C等)

プラットフォーム用教材の作成 (英語教材も作成)



令和4年度:全国の大学・高専学生の受け入れ、セミナー、実習を開催

参加学生の募集 (10名以上)

セミナーを実施 (1.5時間×15コマ) →集中講義で1日×3

コンテストの紹介 (習熟度を測りつつより高みへ)

高周波アンテナ測定試験の実習 (電波の入口であるアンテナも重要)



令和5年度:発展的テーマの取り組み、シミュレータ実習、コンテスト開催

発展的課題への挑戦 (企業の持つ課題へつなげる)

GNSSシミュレータの実習 (シミュレータに慣れる)

コンテストを開催 (学生の選抜)



# 実施体制と役割分担

課題名称:新しいフェーズに入った衛星測位技術を加速させる人材育成  
ビジョン・特色:利便性+信頼性の高い位置情報を提供するために必要な衛星測位技術を人材育成の観点より加速させる

主管実施機関:東京海洋大学

研究代表者:久保信明

役割:全体統括、衛星測位技術の高度化、ソフトウェア受信機の開発、工学系学生向けの教材の開発・受け入れ、学生や企業若手人材に向けたセミナーの実施、受信機性能コンテストの開催

全体マネジメント体制:研究代表者が課題の全体マネジメントを行い、運営会議(年3回以上)により進捗管理

外部への情報提供や対話。セミナー開催、HPの開設整備、実施プログラムの公開、学生受け入れ募集、外部企業、研究機関の有識者による教材や学生の評価

研究協力機関

国立研究開発法人海上・  
港湾・航空技術研究所

研究協力者:坂井丈泰

役割:高周波アンテナ測定実験の支援

測位航法学会

研究協力者:安田明生

役割:セミナー、コンテスト開催の支援、学会発表に参加される技術者・研究者からのフィードバック

学会に参加されている多くの技術者・研究者のフィードバックが極めて重要

共同参画機関

中部大学

共同参画者:海老沼拓史  
役割:プラットフォーム開発(ハード)の責任者、GNSSシミュレータの提供、セミナー講師、発展課題支援

千葉工業大学

共同参画者:鈴木太郎  
役割:ソフトウェア受信機開発(ソフト)の責任者、セミナー講師、発展課題支援

申請者らの教材+学生の成長の指標を企業・研究機関の方に客観的に評価頂く

企業

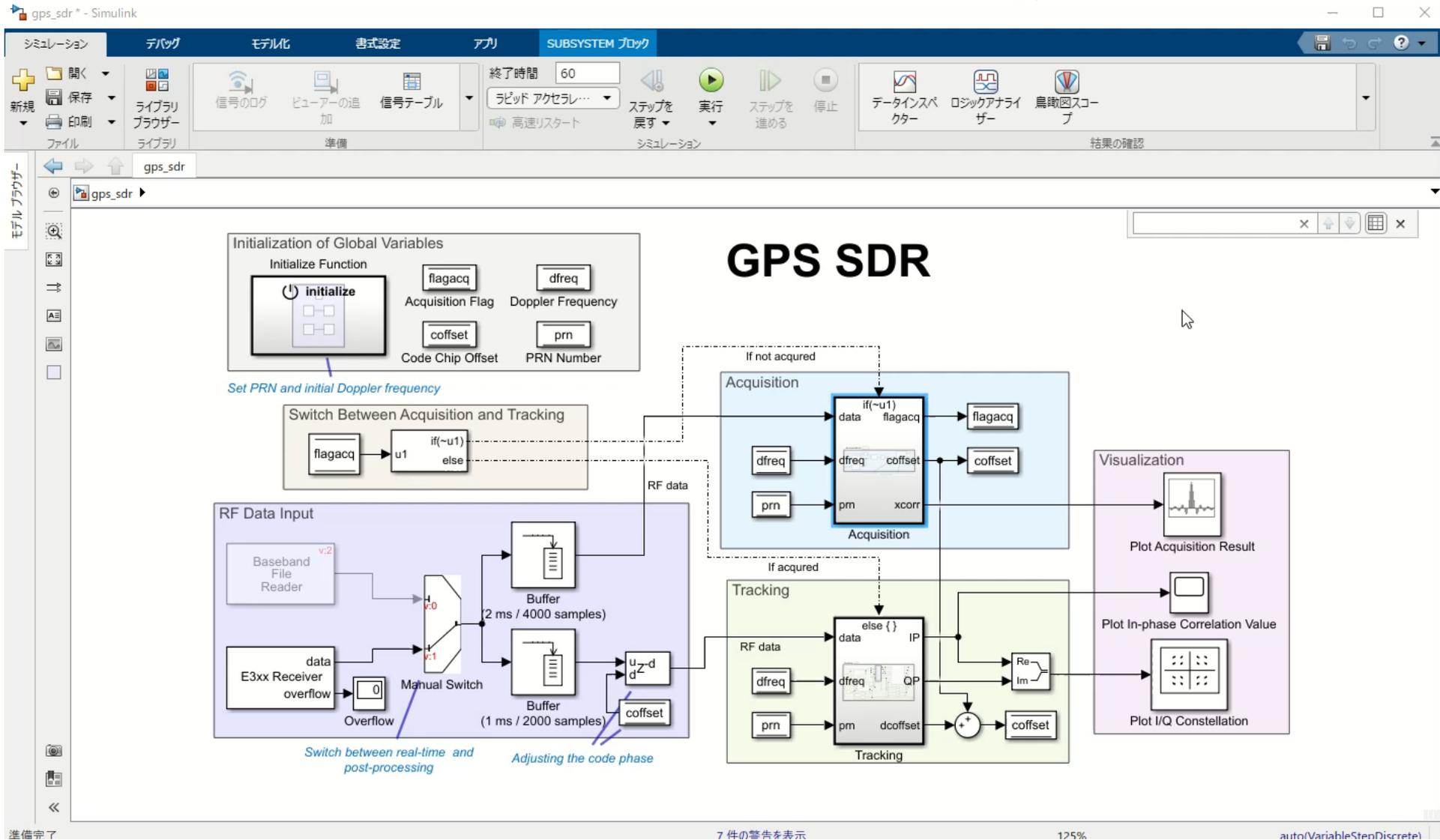
その他  
研究機関

# 講師陣と準備状況

- 海老沼先生 : GNSSシミュレータの開発、FPGA化
- 鈴木先生 : SDRLIBを開発、今回のSDR開発の主担当
- 久保 : GNSS SDRのセミナーを複数回担当
- 他大学のSDR経験のある教員、受信機開発企業のエンジニア、受信機に詳しいコンサルタントに依頼済み
  
- **本プロジェクトに重要となるフロントエンドは高須様の協力を得てMAX2771 (2周波)の利用が可能→発展的課題**
- **セミナーではL1帯で可能なより汎用的な製品を配布**
- **またどのような周波数でも対応できるUSRP E310を準備**

# 開発中のリアルタイム動作状況

鈴木先生発表資料2021/6/25 総合大会



# 募集対象

- 審査委員の方々より、この分野のプロフェッショナルをと要望がありました
- 学生(大学、高専)だけでなく、GNSSに関連する企業の若手の方も募集しています
- 詳細はHP (<https://gnss-learning.org/>) に更新します
- 質問などある場合、遠慮なく担当の3名いずれかへメールください

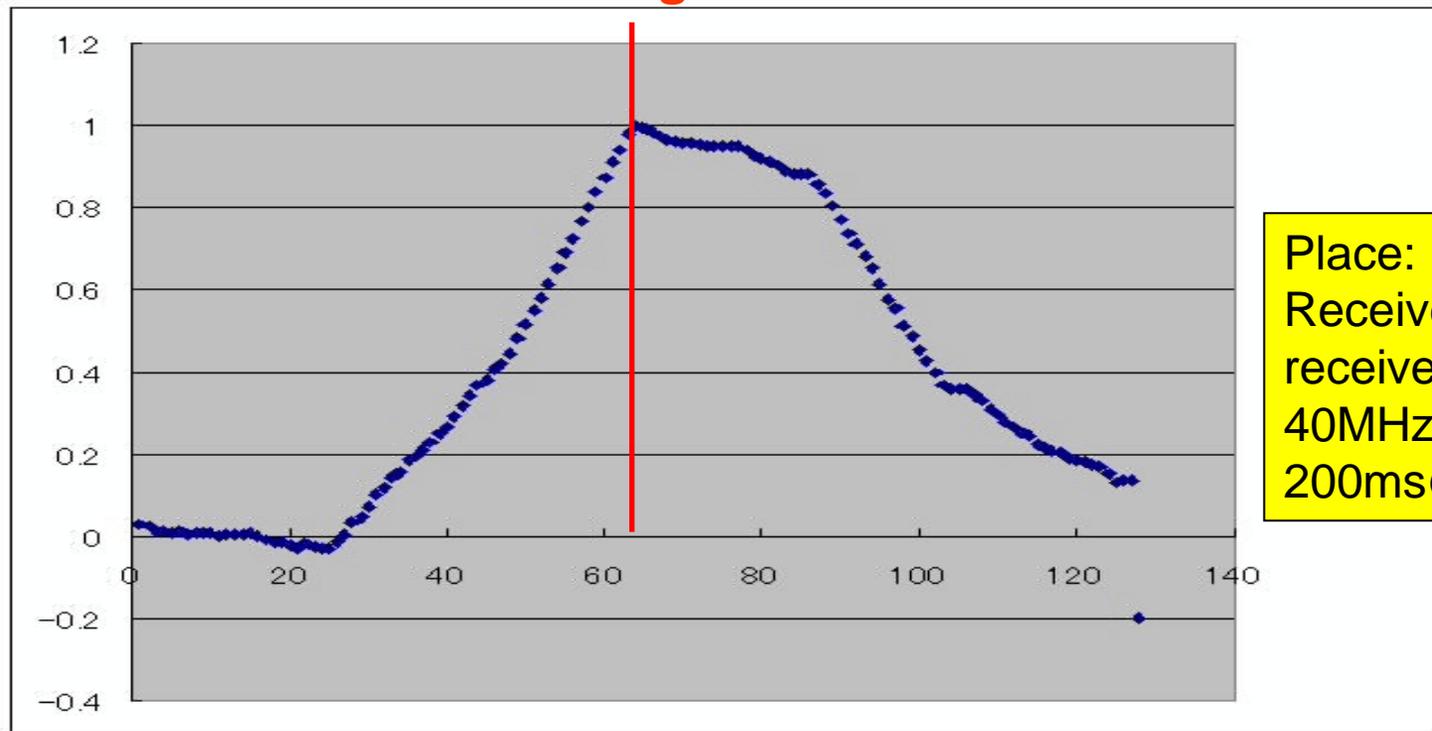
# 受信機の動作を理解すると良い点

- 市販受信機より出力される、観測値がどのように生成されているかイメージできる
- 欺瞞信号等の対策を信号処理部で対応可能
- マルチパス等の低減案を信号処理部で対応可能  
(+アレイアンテナの利用)
- ロバストな信号追尾のための他センサとの統合
- 新しい測位衛星(LEO含む)への対応が可能

# Animation of Correlation

(car stopped at traffic signal in urban canyon)

Tracking Point



Place: 丸の内  
Receiver: SQM  
receiver (ENRI)  
40MHz サンプリング  
200msの積分

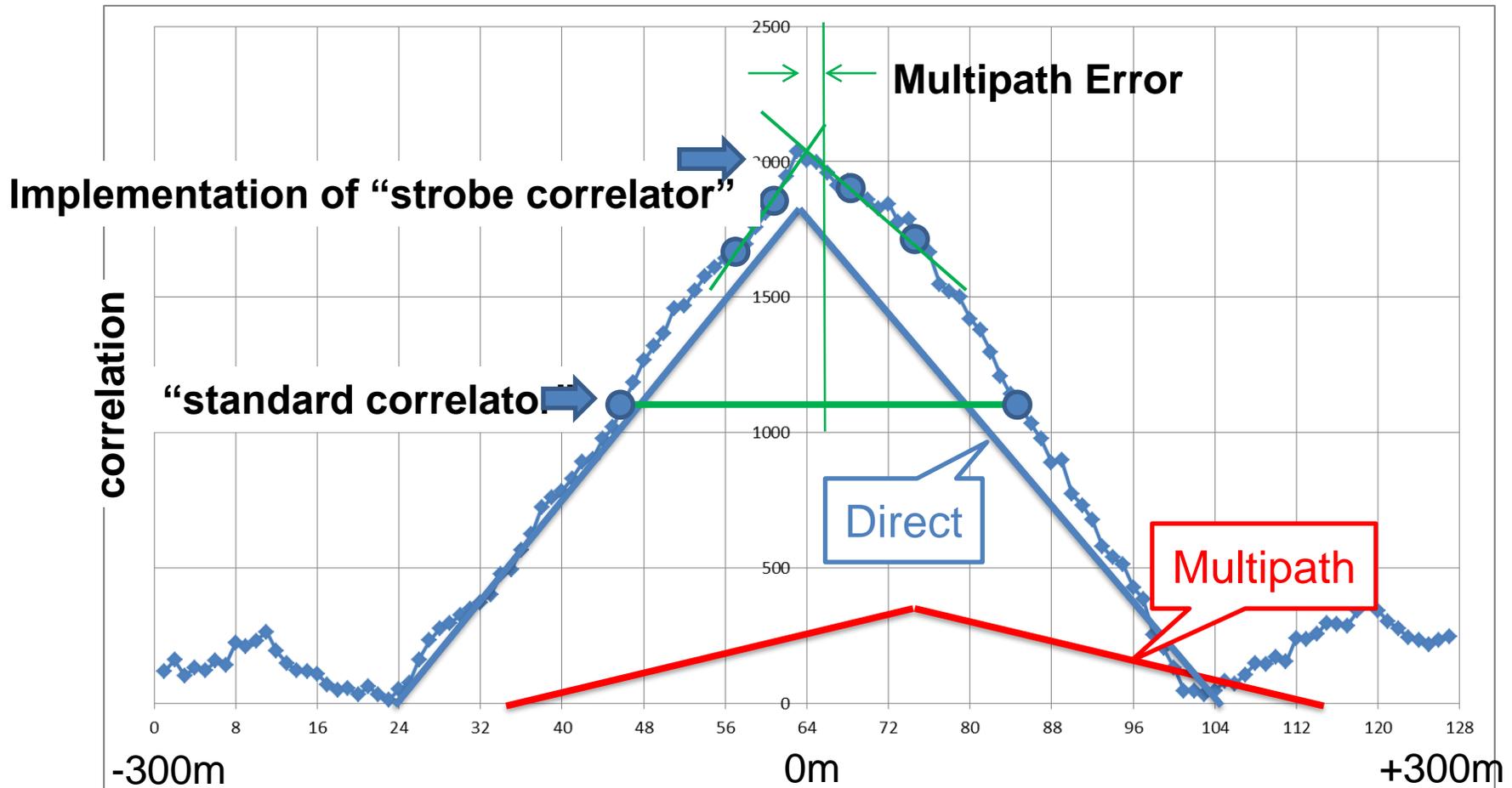
NLOSや強いマルチパスをイメージで判断できる  
→現象をとらえて、信号処理部をどうすべきか考える

鈴木先生はこの相関波形より機械学習でのマルチパス判別を提案

# Example of “particular signal case”

---B4 student study : multipath mitigation---

従来より利用されているストロボコリレータの実装



# 測位精度の改善

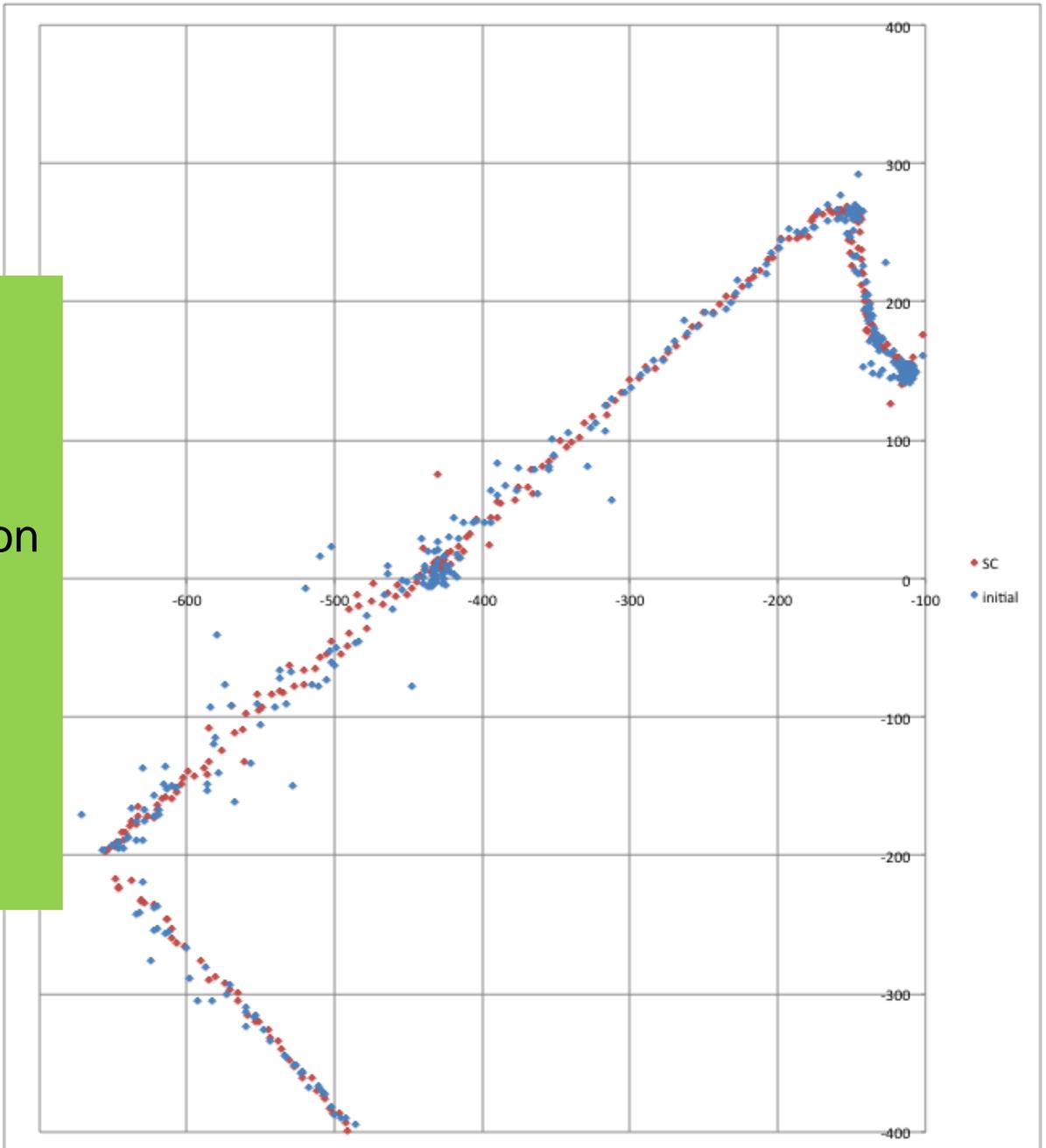
SDRのIFデータを  
海洋大周辺で取得(月島)

Blue plots -> Initial results

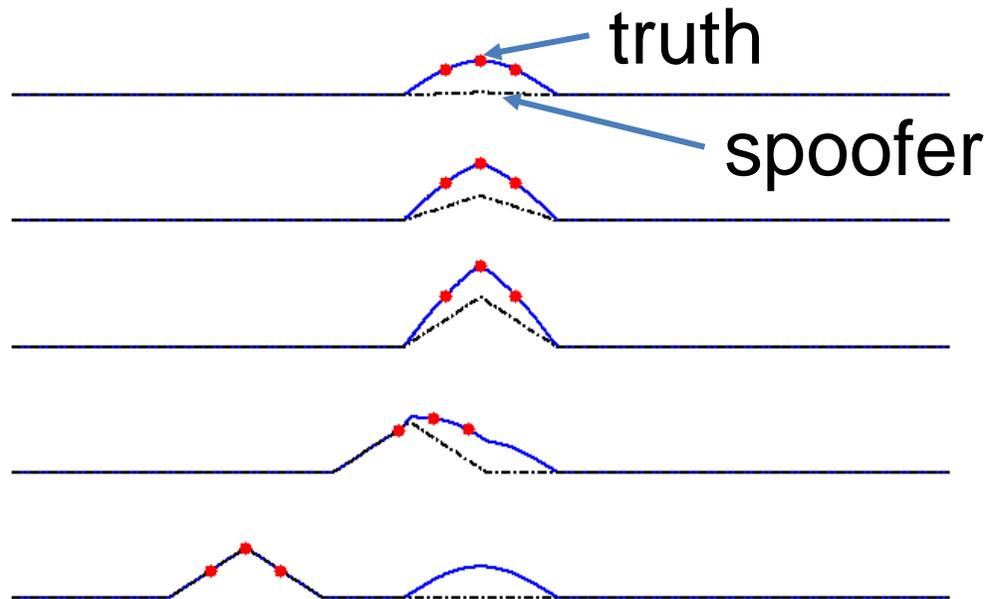
Red plots -> After implementation



卒論の課題であったが、実際に  
ストロボコリレータを組み込む  
ことで、都市部での精度が  
多少なりとも改善した。



# Receiver Design, Signal Processing



Receiver/spoofing attack sequence viewed from a victim receiver channel.  
Spoofing: black dash-dotted curve; sum of spoofing and truth: blue solid curve; receiver tracking points: red dots.

# Alternate Radionavigation

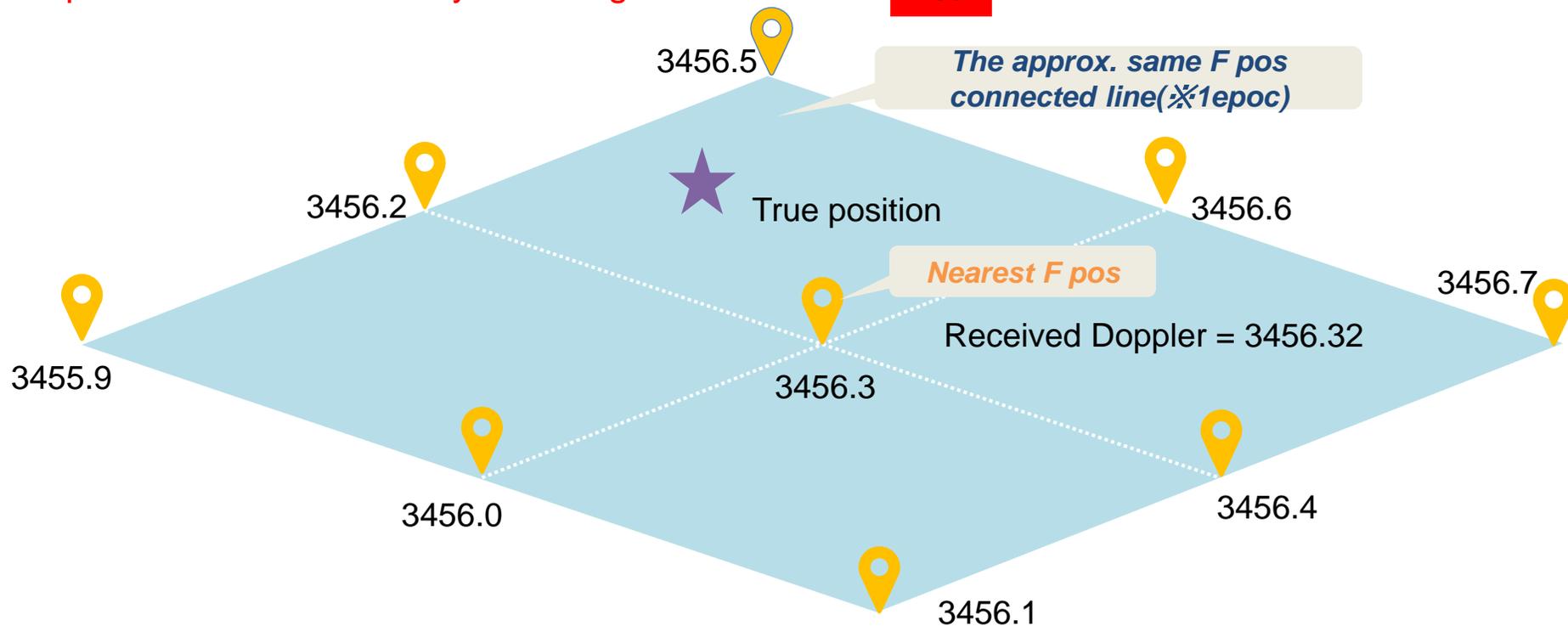
## Fingerprint like positioning using only Doppler frequency of LEO

1. Received Doppler frequency is determined by the position
2. We prepare a Doppler map according to the grid position
3. Compares the received Doppler with prepared one
4. The position is determined by matching them

Simulation

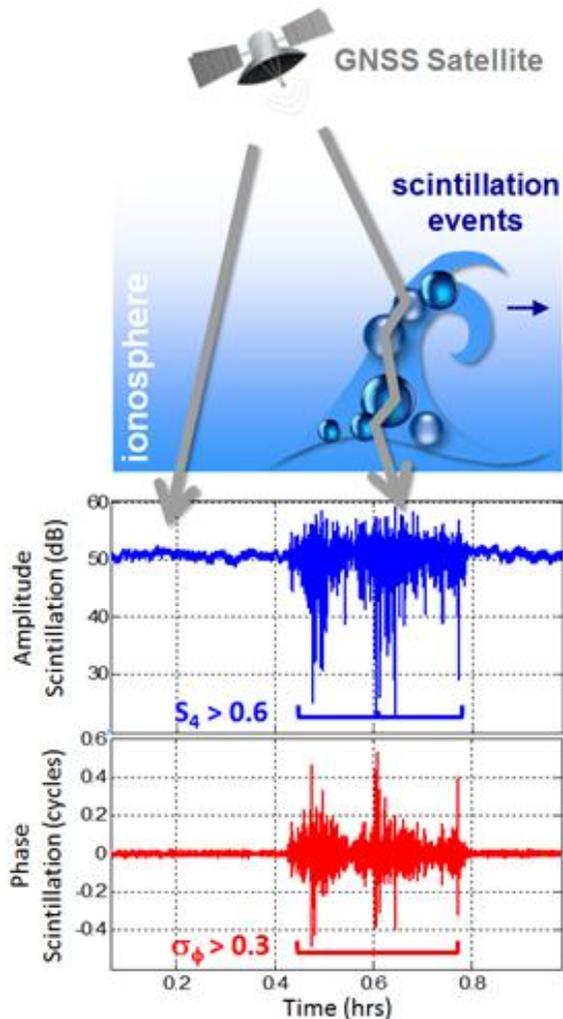


Real



現存するLEO衛星の信号仕様がわかれば、SDRでプロトタイプ受信機を開発できる

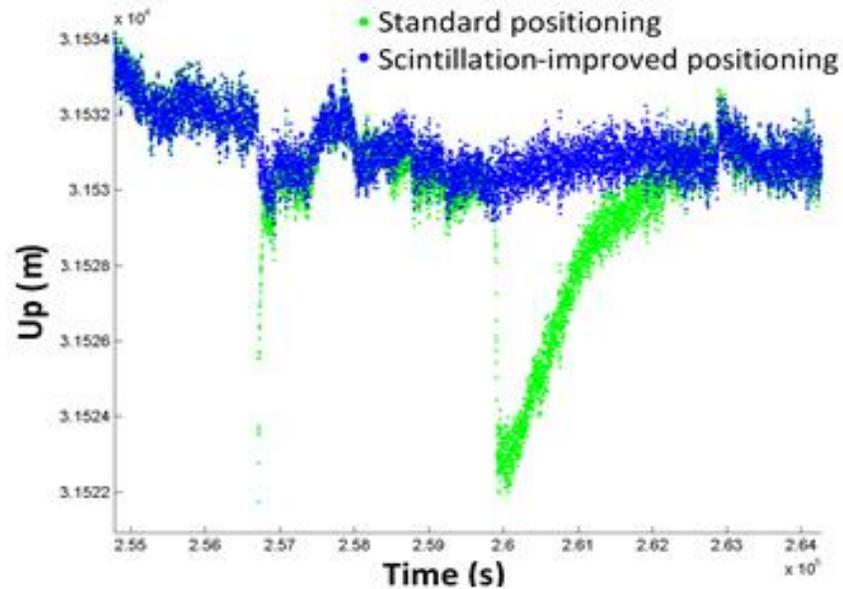
# 電離層シンチレーションモニタリング



Data supplied by J.-M. Sleewaegen, Septentrio, Belgium

振幅指数

位相指数

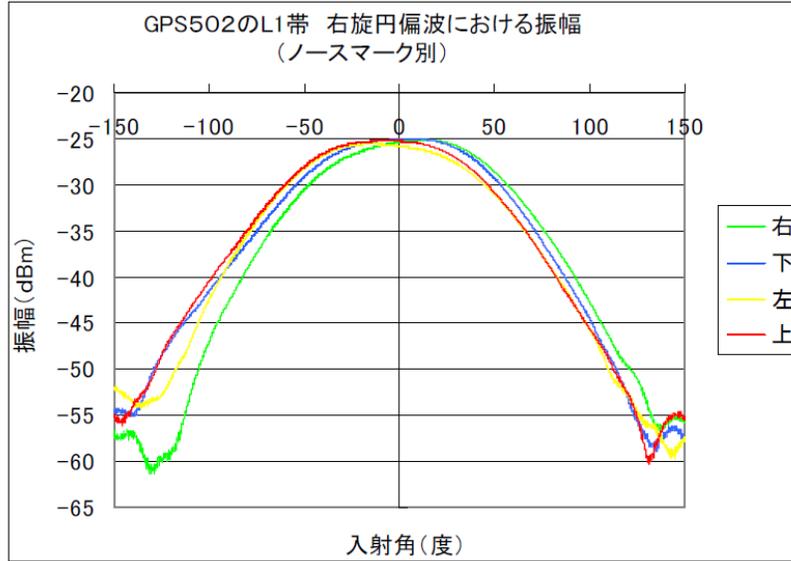


The height of a static PolRxS receiver with and without scintillation-improved algorithms.  
(Supplied by: B. Bougard from data collected as part of the CIGALA project, Brazil)

府立大におられる辻井先生はこのシンチレーションに対応した航空機用受信機の開発を実施 (SDR利用)

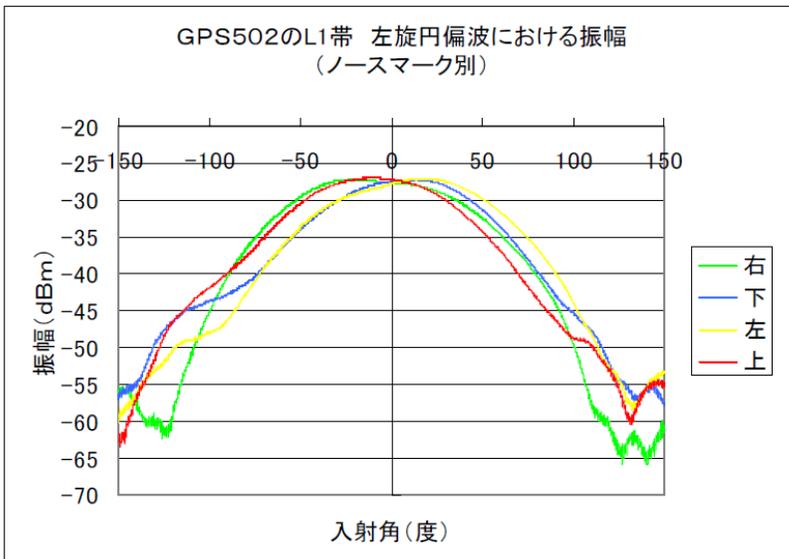
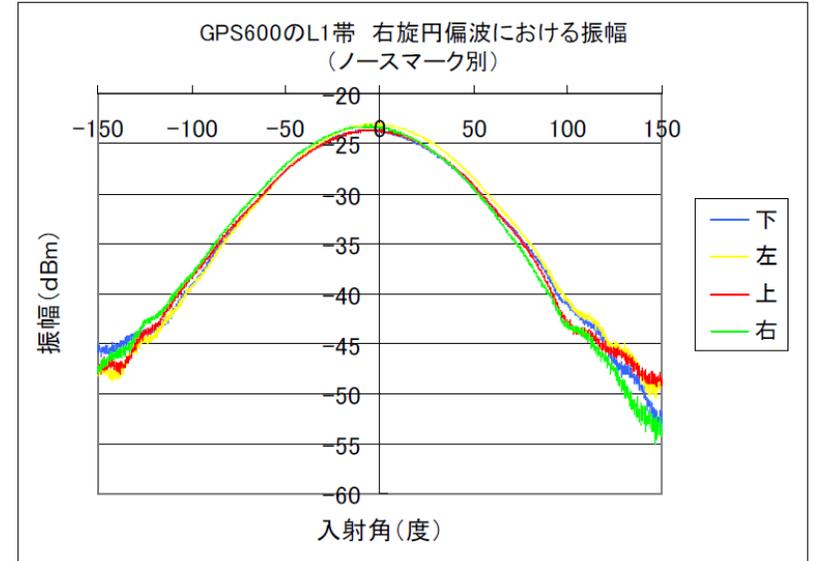
# 電波暗室でのアンテナパターン測定

こちらが当時旧アンテナ

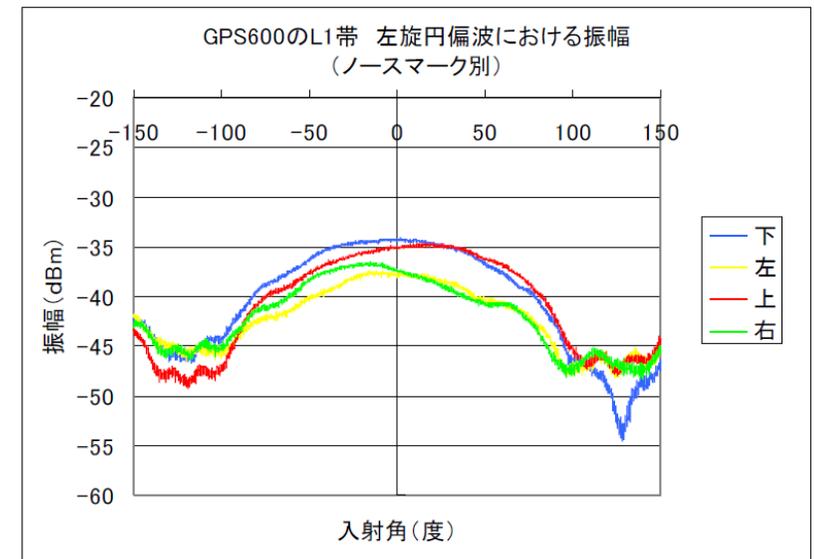


右旋円偏波  
での利得

こちらが当時新しいアンテナ

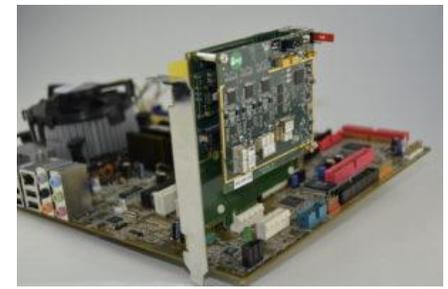


左旋円偏波  
での利得



# ドイツでの例 (GOOSE)

GOOSE is meant as a rapid prototyping solution for the development of GNSS receivers.



FPGAの部分以外オープン

- 60 hardware channels
- Up to 25 Hz raw data output (code, carrier, navigation data)
- Supported signals: almost available
  - **Galileo OS-NMA** implemented
- Open GNSS Receiver Protocol (OGRP<sup>®</sup>), fully documented with parsing tool using CONVBIN from RTKLIB as RINEX converter
- C++-API to access the tracking I&D values and to close the tracking loops
- Logging of tracking I&D values
- 10 MHz reference input/output, PPS output
- 1 Ethernet port, 2 full speed USB ports
- Digital recording and playback of front-end IF samples in real time

# まとめ

- ・ 測位演算＋信号処理部を見通せる人材の育成
  - ・ 新しい衛星に対応した受信機開発
  - ・ 国際競争力
- 
- ・ 学生さんには少しハードルが高そうに見えますが、集中して数か月でも取り組めばおもしろくなってきます。大学の単位にはなりません、ぜひこのプログラムを利用して頂ければと思います。