

慣性航法装置における GPS spoofingの影響について

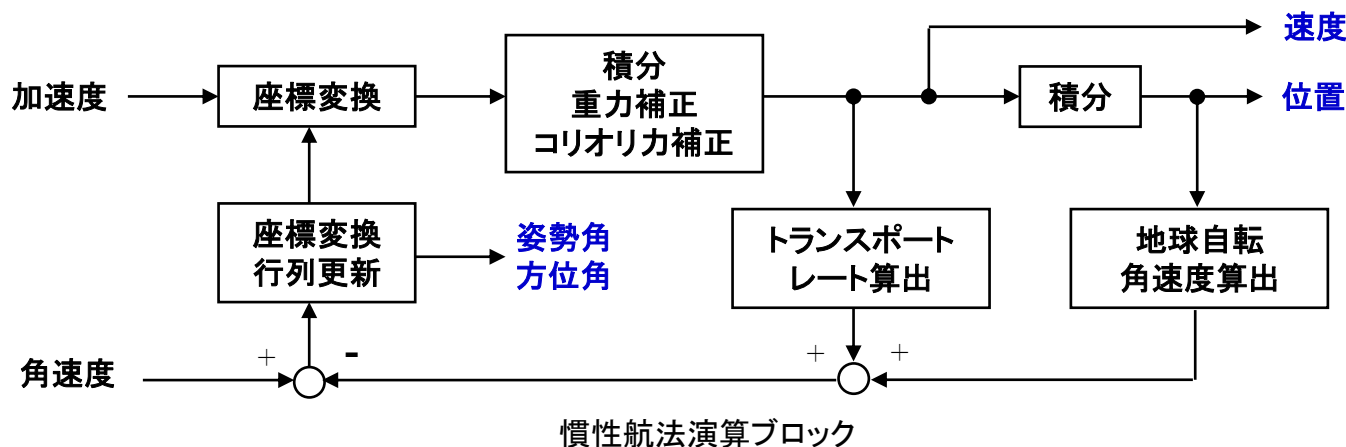
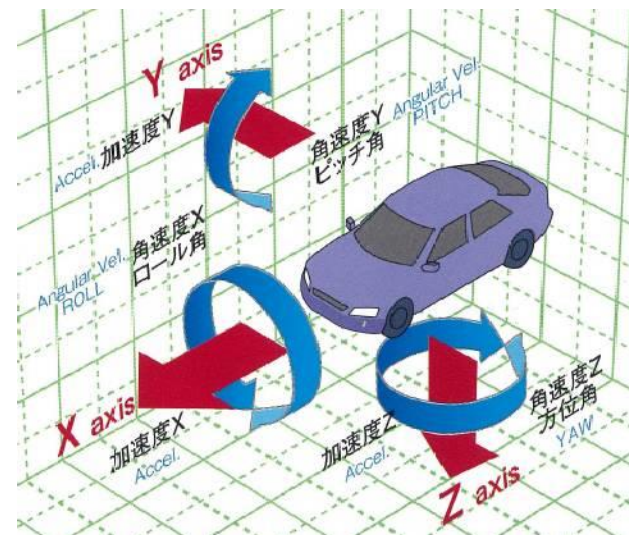
東京大学 空間情報科学研究センター 柴崎 亮介、Dinesh Manandhar
多摩川精機（株） 熊谷 秀夫、久保田 鉄也

発表内容

1. 慣性航法装置とセンサについて
2. GPS spoofingとは
3. 走行試験
4. 試験結果(途中経過)
5. まとめ・今後の方針

1. 慣性航法装置とセンサ(慣性装置とは)

- ・慣性航法装置は、3軸の加速度・角速度計にて姿勢角・速度・位置を計算する。
- ・その精度は、センサの精度に依存する。
- ・近頃は、加速度・角速度計以外のセンサ(GPS、車速)からの情報を併用して演算を行う併用演算も一般的である。



1. 慣性航法装置とセンサ(製品例とセンサ種別)

MEMS

機械式

光学式

(カタログ品)
・車両運動計測



価格(高)

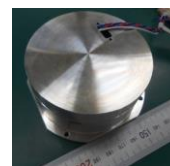


MEMS Gyro

Twin axis Rate Sensor

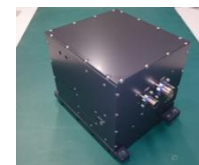


Fiber Optic Gyro



T16-E

Ring LASER Gyro



精度(高)

センサはMEMS/FOG/MRLGとあるが、高精度品(MRLG)は非常に高コスト。
MEMSを使った慣性航法装置ではGPSや車速などを利用した併用演算が必要となる。

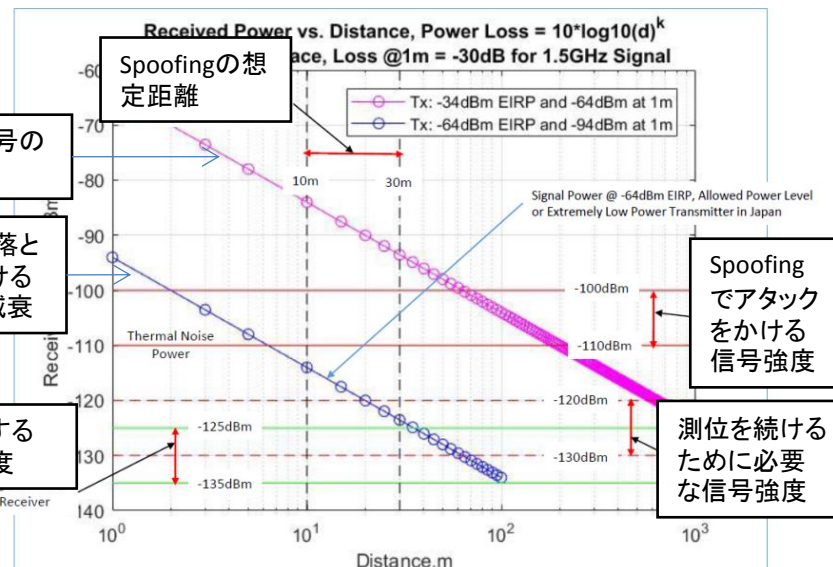
2. GPS spoofingとは



通常



Spoofing影響下



距離と信号強度の関係(1.5GHz)

Spoofersと呼ばれる欺瞞信号の作成・発信機から、欺瞞されたGPS信号を作成し放送することで、GPS受信機の測位結果を意図的に操作することができる。

この際、欺瞞(spoofing)したGPS信号は、通常放送されているGPS信号よりやや強い信号強度でアタックをかけることで、今まで測位に使用していたGPS信号をロストさせ、欺瞞された信号を追尾するようになる。

2. GPS spoofingについて(spoofers)

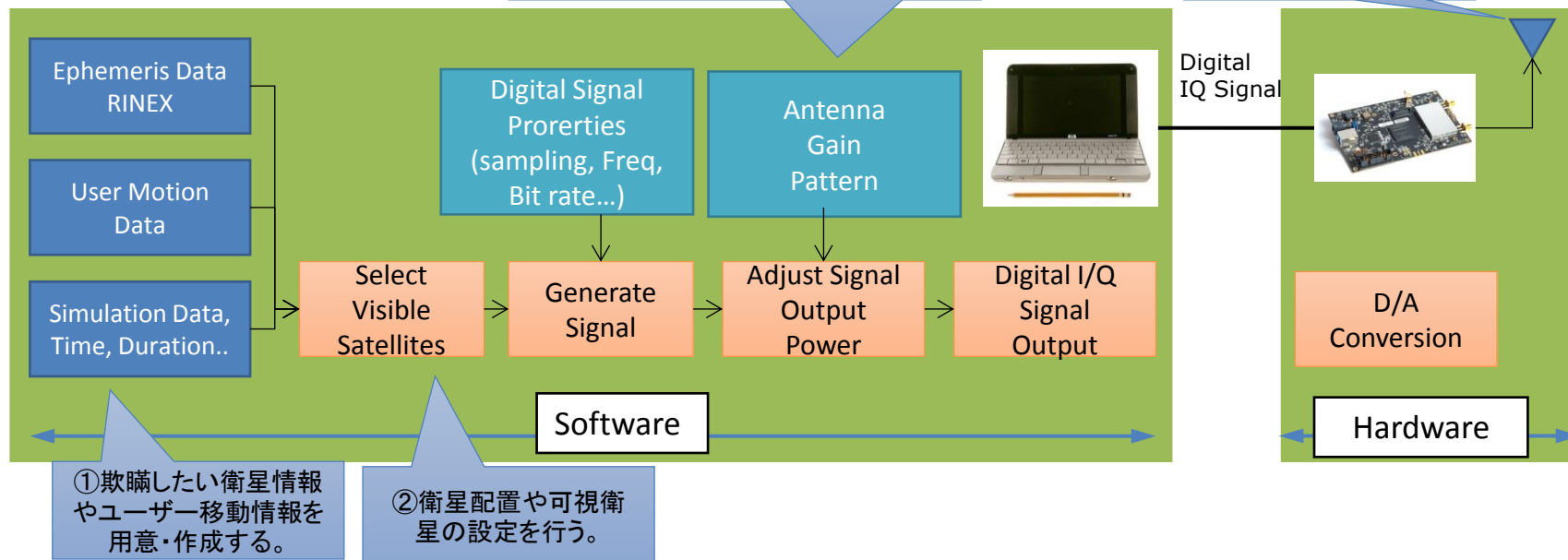
GPS シミュレータ
コスト: 数百万~



③信号強度やアンテナパターンを設定。
衛星から送信される信号強度よりやや
強く設定することで、受信機のロック・ト
ラックをspoof信号に向けさせる。

④実際のRF信号として
放送

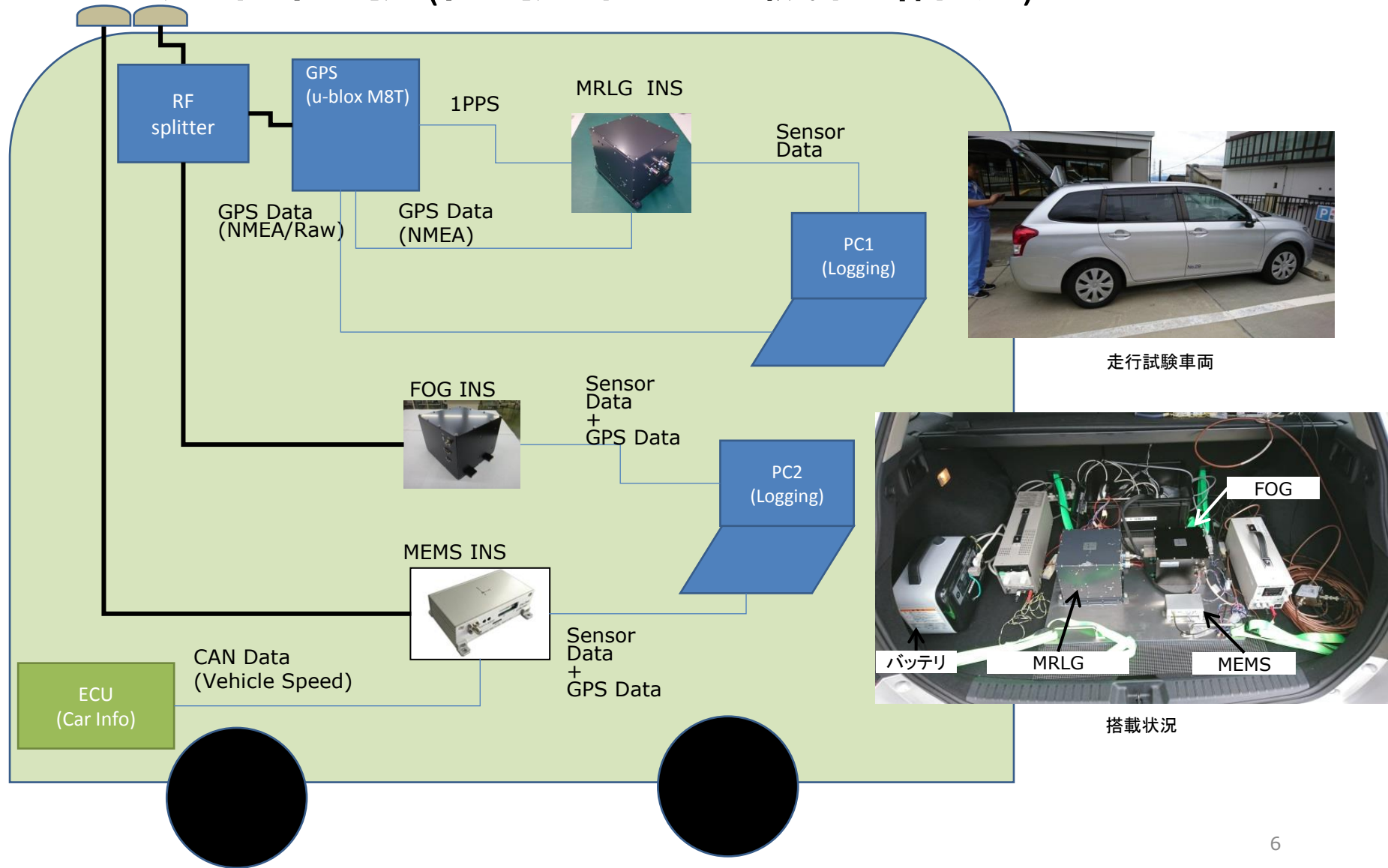
Spoofers
(SDR使用)
コスト: 3万~



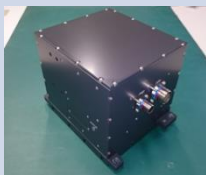
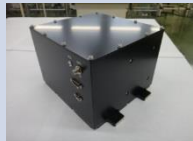
一般的なGPSシミュレータは非常に高価であるのに対し、SDR(ソフトウェア無線)を利用した場合、非常に低コストでGPSシグナルを生成することが可能。

低コストで入手しやすい機器にて生成可能であるため、今後の脅威として考えられる。

3. 走行試験(試験車両と機器構成)



3. 走行試験(搭載慣性装置)

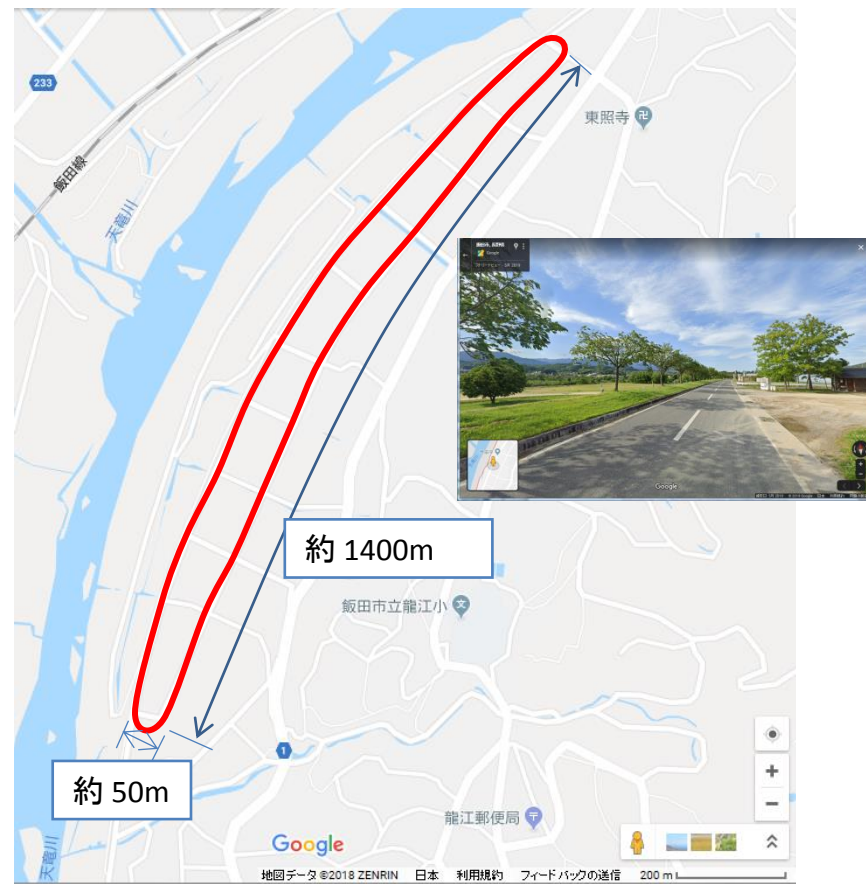
	慣性装置1	慣性装置2	慣性装置3
			
Size[mm]	230 x 172 x 178	202 x 133 x 121	112 x 82 x 36
Weight [kg]	7Kg以下	4Kg以下	0.3Kg
Acc Bias[mG]	<u>サーボ式</u> 0.5mG以下	<u>MEMS</u> 3mG	<u>MEMS</u> 5~10mG
Gyro Bias[deg/h]	<u>MRLG(リングレーザー)</u> 約0.01deg/h	<u>FOG(干渉型光ファイバ)</u> 約1.0deg/h	<u>MEMS</u> 30~100deg/h
演算方式	・純慣性演算 ・GPS併用演算 ・外部速度併用演算	・純慣性演算 ・GPS併用演算 ・外部速度併用演算	・GPS併用演算 ・CAN(車速)併用演算

3. 走行試験(テストコース)



テストコース

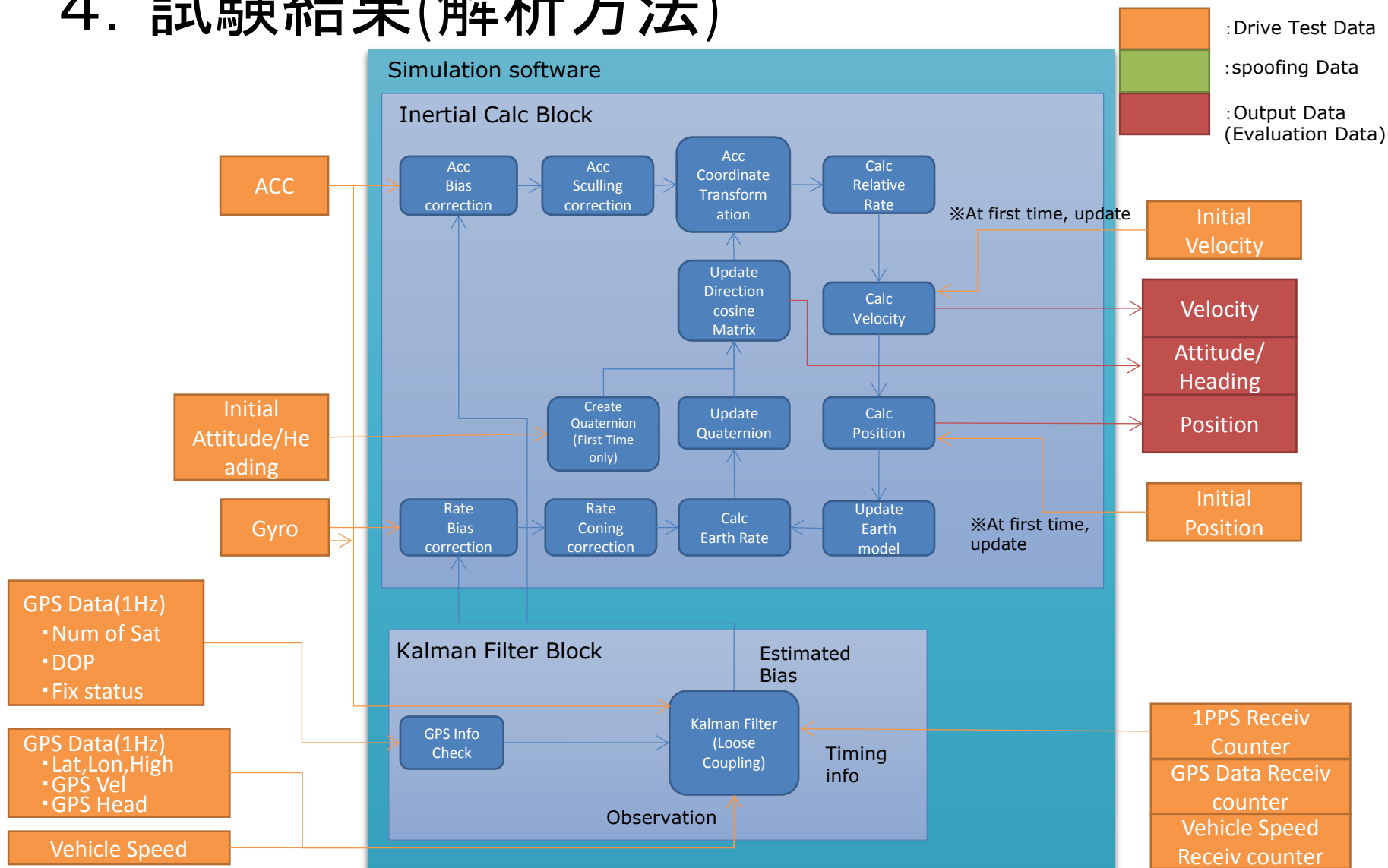
長野県飯田市龍江付近



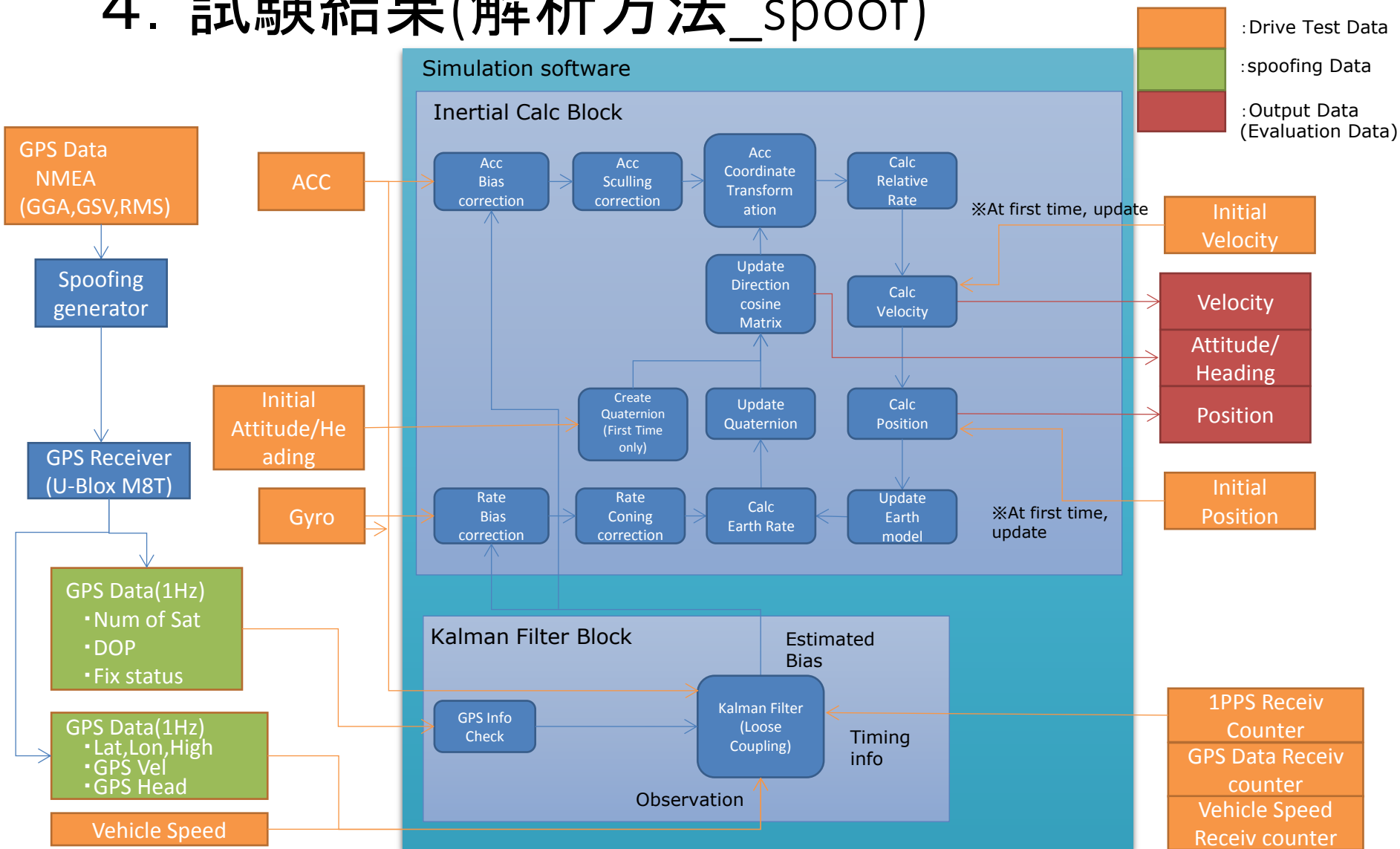
約 1400m

約 50m

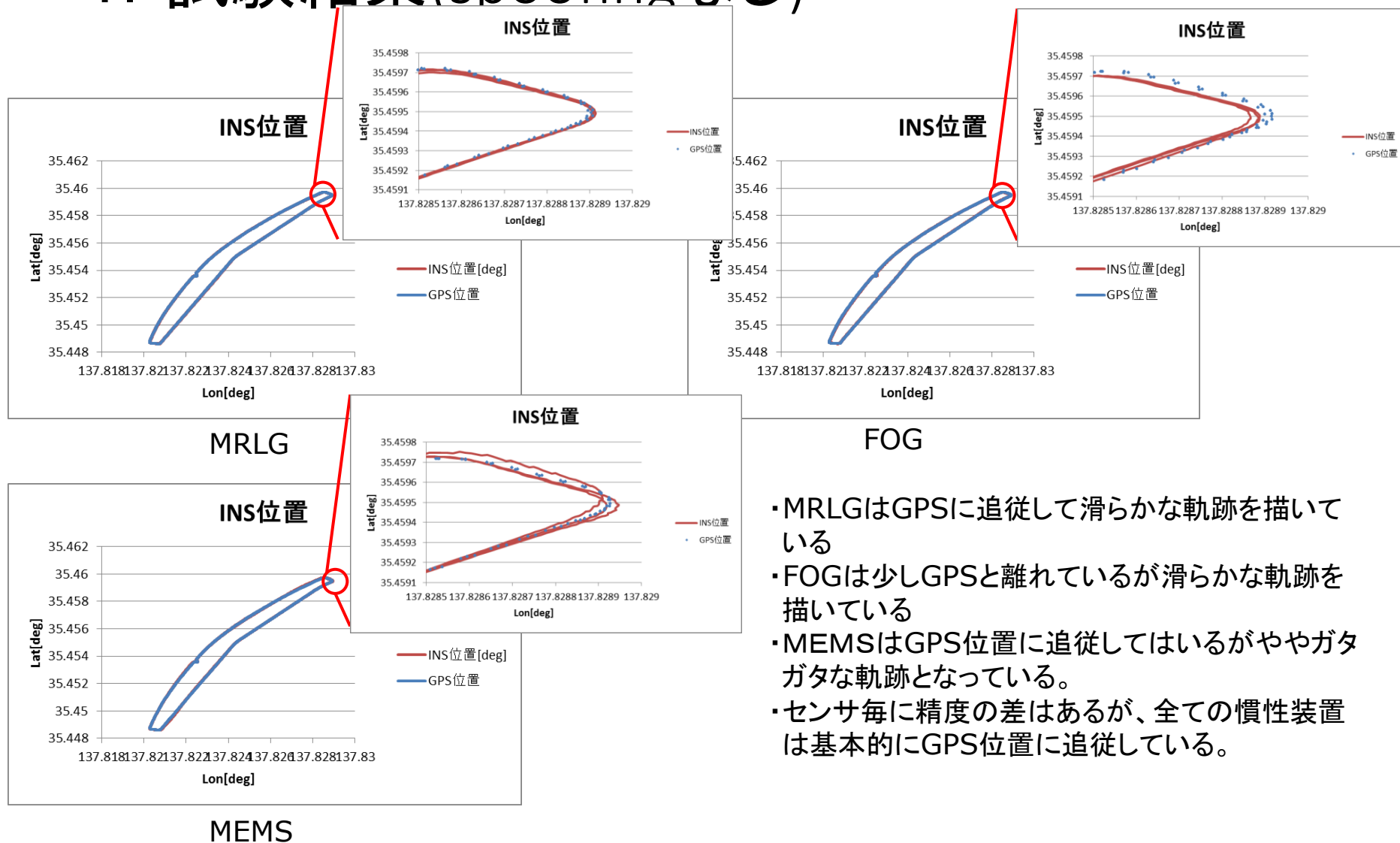
4. 試験結果(解析方法)



4. 試験結果(解析方法_spoof)



4. 試験結果(spoofingなし)

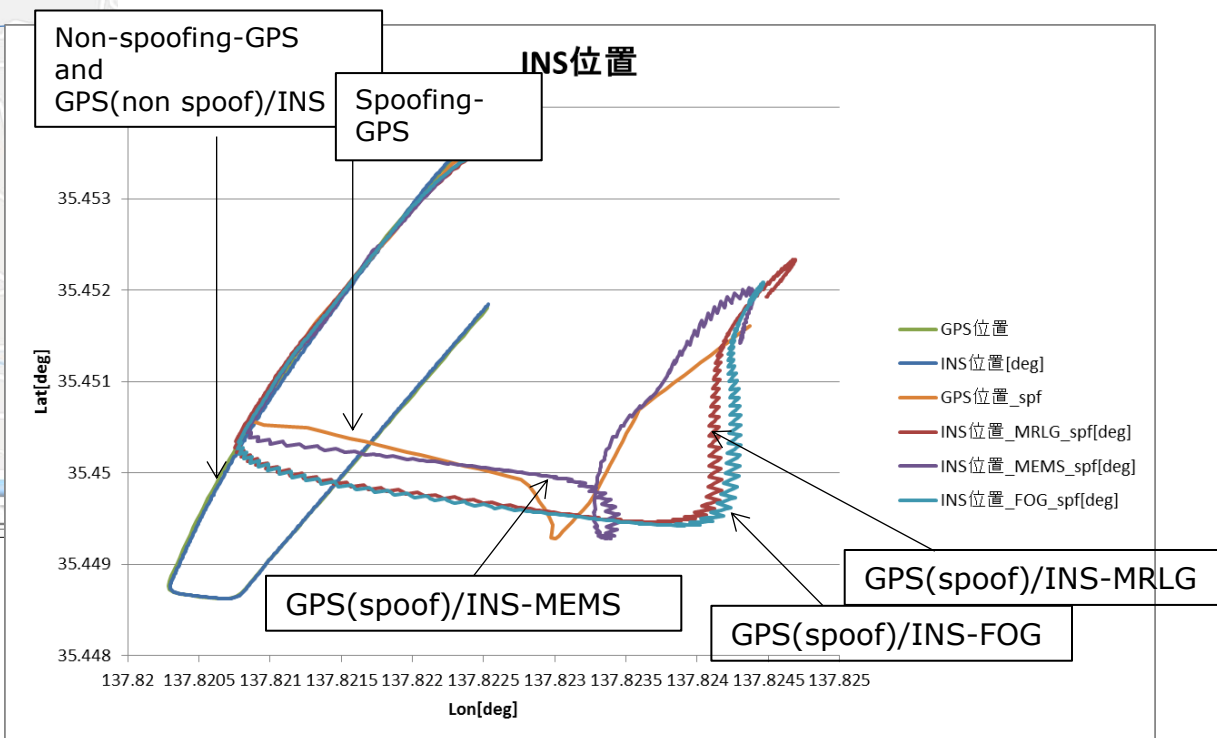


- ・MRLGはGPSに追従して滑らかな軌跡を描いている
- ・FOGは少しGPSと離れているが滑らかな軌跡を描いている
- ・MEMSはGPS位置に追従してはいるがややガタガタな軌跡となっている。
- ・センサ毎に精度の差はあるが、全ての慣性装置は基本的にGPS位置に追従している。

4. 試験結果(spoofingあり)



- ・MRLG, FOGは真値に対しやや粘るものの、最終的にGPS位置に追従してしまう。
- ・MEMSは積極的にGPSに追従している。
- ⇒総じて、全ての装置でspoofingの影響を受けることが分かった。



5. まとめ、今後の取り組み

- 現状、GPSがspoofingされたら 慣性航法装置の位置計算結果は、GPSの測位結果に追従してしまう
(spoofかセンサ誤差による位置誤差か判断付かないため)
- 今回のGPS併用は「Loose coupling」であったが、「Tight Coupling」であれば、観測値が増える(衛星数分の疑似距離、搬送波位相)ため、spoofingされた衛星を除外して併用航法演算を継続できるのではないかと？
⇒立命館大学 久保教授にご協力いただいております。
- QZSSに搭載する予定の「認証(Authentication)」も現在話題に上がっているが、これに対応すればより安全な慣性航法装置になるのでは？

御清聴ありがとうございました