

# GPS測位におけるビル街でのマルチパスの影響についての考察

東京海洋大学

久保信明

近藤俊一郎

安田明生

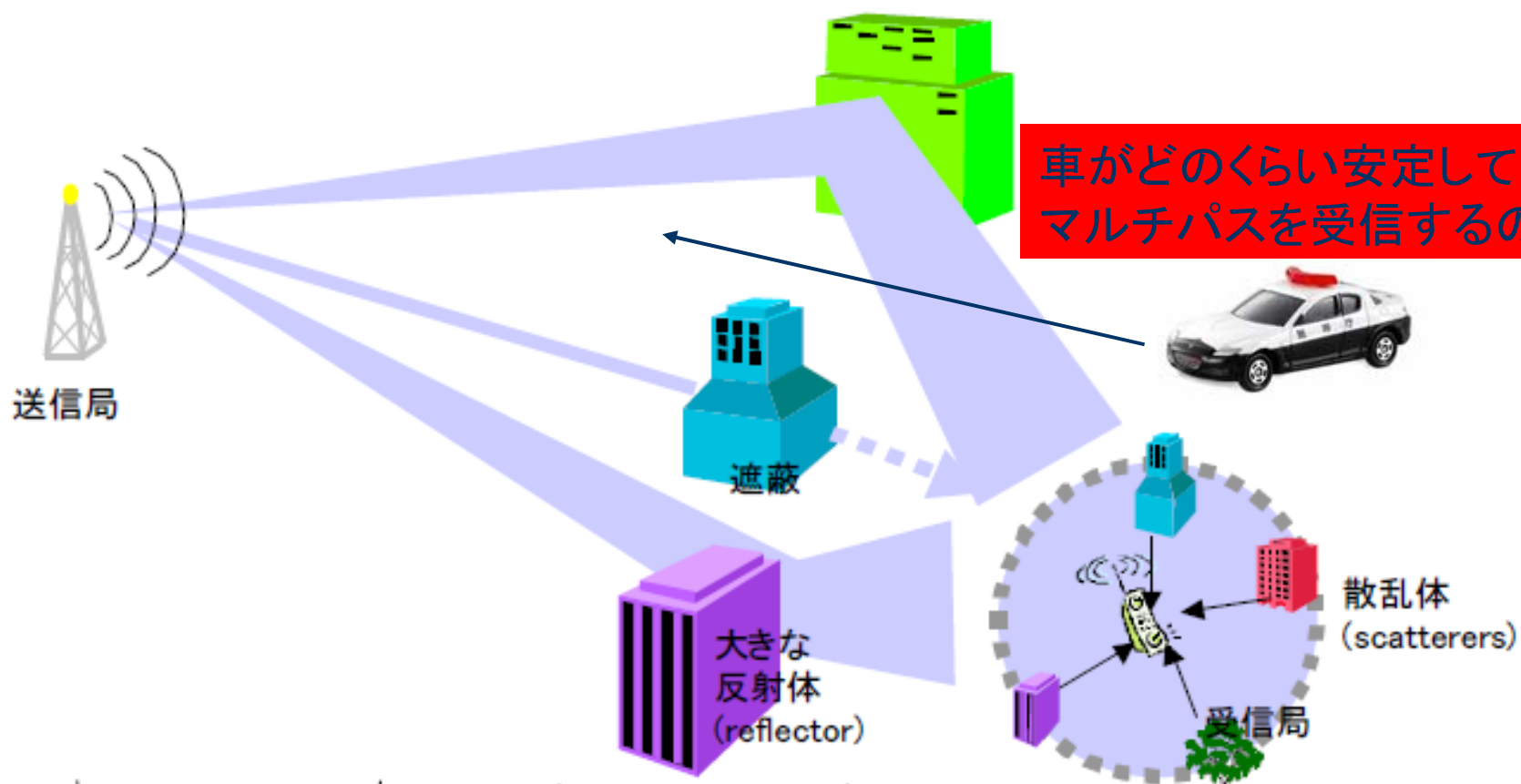
# マルチパスの影響

- GPS測位における測位精度劣化の要因の1つにマルチパス誤差がある。
- 受信機内部の信号処理でマルチパス誤差が発生するメカニズムは、追尾ループに目を向けると、静止の場合と移動の場合でやや異なる。
- マルチパスによる追尾誤差では、通常10秒以上にわたる比較的ゆっくりとしたコード波形の変化が問題になる。高速で移動している場合など、短時間で変化するマルチパス成分は、コード追尾の応答が遅いために平均化され、誤差として目立たない場合も存在する。

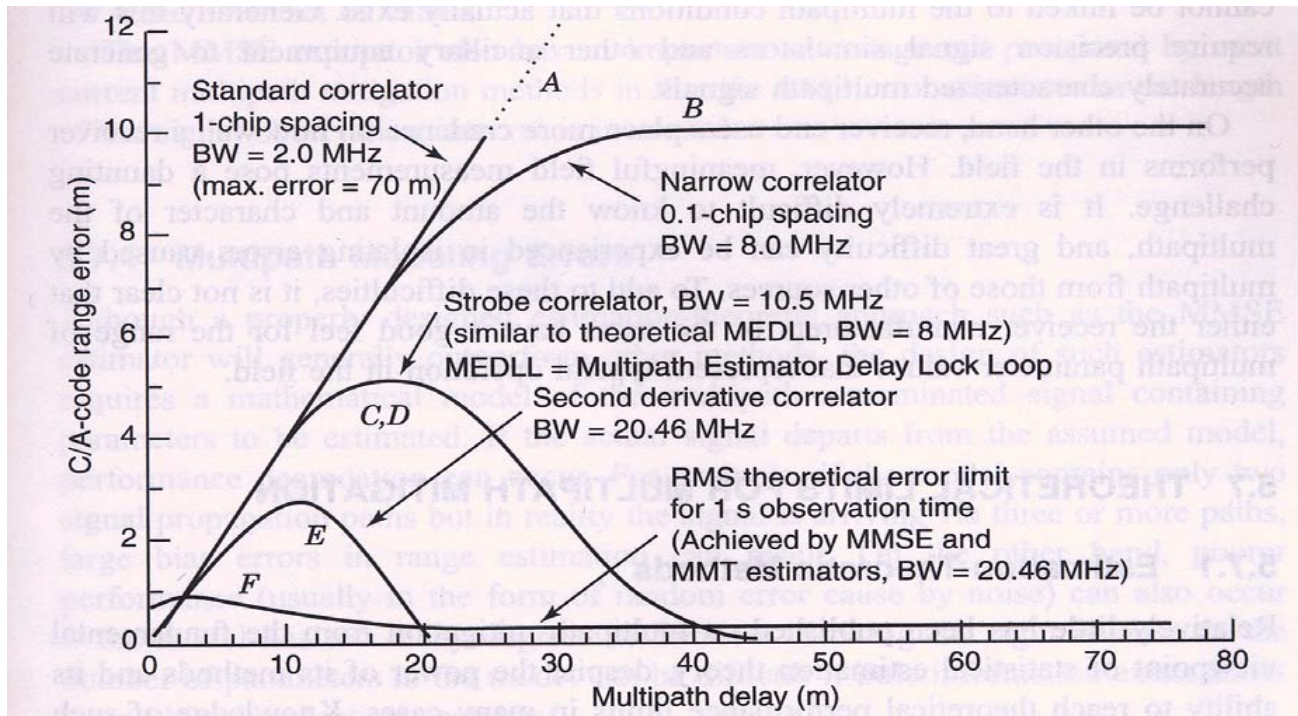
# 研究の目的

- マルチパスを受信機内部で低減する主な手法に、「ストロボコリレータ」や「マルチパス波を推定する手法」が存在する（高精度用で帯域が十分あり）。
- 「マルチパス波を推定する手法」では、相関波形等より推定することになるが、その性能はトップクラスである（遅延距離が10m程度以上のマルチパスの影響をかなり低減）。ただし、**信号が安定して受信されないと推定が困難**であり、移動体に適しているかどうかを検証する必要があった。→これを本発表の目的とする。
- 2つのポイント→
  - ・コード追尾ループのループフィルターの帯域幅
  - ・ビル街走行中、何秒間くらい安定して信号を受信できるか？

# イメージ図

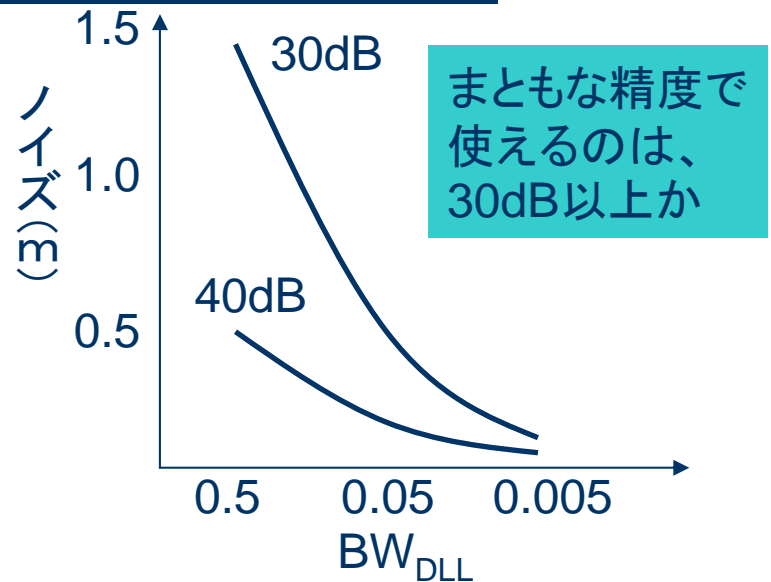
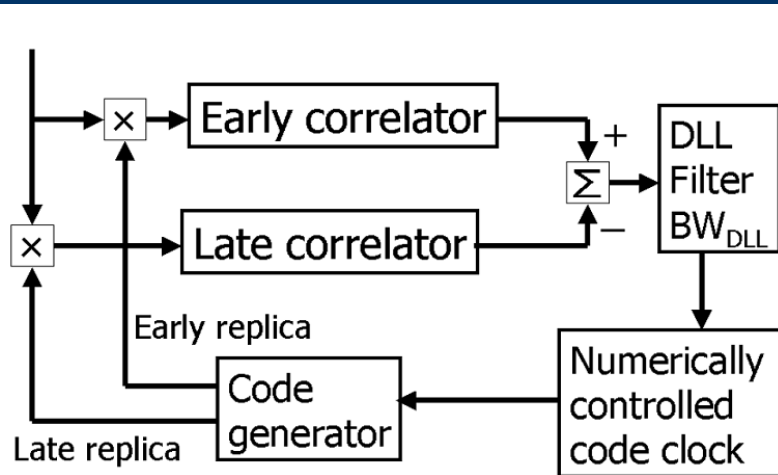


# 各種コリレータの性能比較



各種コリレータによる、マルチパス波の振幅比が0.5のときの、マルチパス誤差と遅延距離との関係図(同相のみ)

# 一般的な追尾ループと ループフィルターの帯域幅



擬似距離雑音の精度は、 $BW_{DLL}$  (ループフィルターの帯域) に依存。狭くすると雑音を取り除く効果が増す一方、急激な距離変化に追尾するのが困難。→搬送波レート支援を受けることにより、追尾特性を失わずに  $BW_{DLL}$  を狭くすることが可能。レート支援  $BW_{DLL}$  の通常値は、0.5Hzから0.005Hzあたりに設定。この逆数から、ステップ応答に2秒から200秒かかる。重要な点は、**短時間で変化するマルチパス成分は、応答の過程で平均化され誤差として目立たない可能性があること。**

# 高精度受信機による実際の 都市部走行データ(車)

- 受信機はノバテル社製OEM4。遅延距離が30-40m以上のマルチパスの影響を低減可能
- アンテナもノバテル社製GPS700(右旋用)
- 海洋大から川崎の等々力まで2Hzで取得
- 仰角45度以上(4個程度)に可視衛星が多い時間帯
- ゼンリンの地図を利用
- $BW_{DLL}$ は0.5Hzに設定
- DGPSによる水平結果をプロット(HDOPと信号強度でプロットを制限  
→本来の擬似距離の精度をチェックするため)  
6636エポック(全体)  
5404エポック(衛星4個以上)  
4903エポック(HDOP5未満、信号強度の差6dB未満)→プロット図

ここで実際のプロット図を参照→都市部移動体にも関わらず、走行路から大きくずれるケースはわずか。停止時にずれる。

# ビル街の電波環境の解析

- 3Dレイトレース法(RapLab)を用いた、電波伝搬の解析ツールを用いて影響を予測。GPS衛星は**十分遠方**として設定。
- **反射1回、回折1回**まで考慮。
- 受信アンテナは2周波用**市販製品のパターン**を使用
- 信号強度は、直接波が届いている場合に、**最大で50dB程度**になるように設定。
- ビル群は適当に配置。
- **直接波が届いている電波を前提に解析。**
- 遅延距離が50m以上、信号強度が直接波よりも**20dB～30dB(自身で判定)**以上低い回折波や反射波は無視。



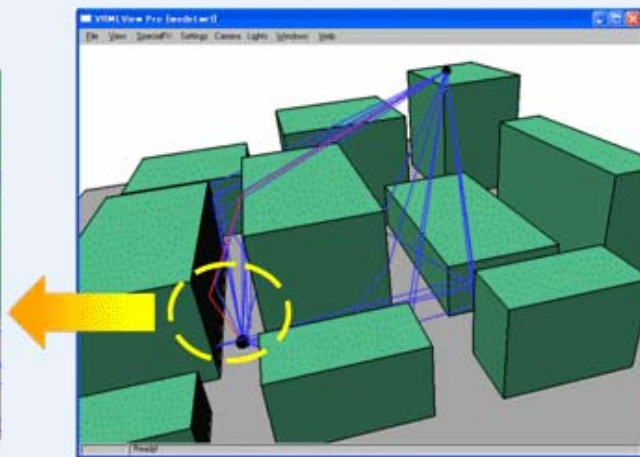
# RapLabについて

## RapLabとは?

### - RapLabとは

建物や屋内のモデルにTx(送信機),Rx(受信機)を設置し、電波の経路をシミュレーションすることが出来ます。

- ・電波を可視化してパスを見ることができます
- ・伝搬損失、受信レベルをグラフ化して見ることができます
- ・経路の詳細がわかります



## 機能

### - 全体フロー

#### 入力部

##### 建物モデルの作成

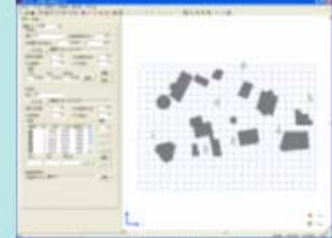


汎用パッケージソフト『SketchUp』※によるモデルの3次元簡易入力を実現

※『SketchUp』は@Last社のソフトウェアです。

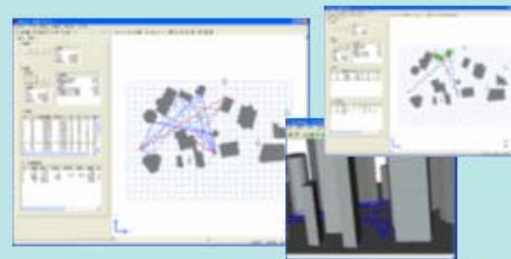
#### 計算部

##### 3Dレイトレーシングの計算エンジン

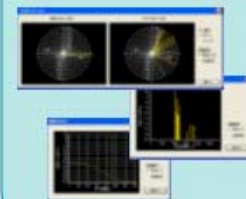


#### 評価部

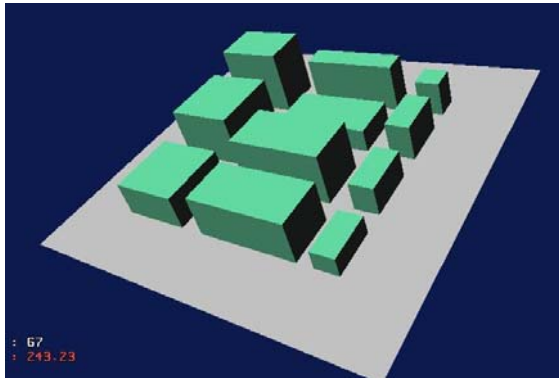
##### 計算結果表示



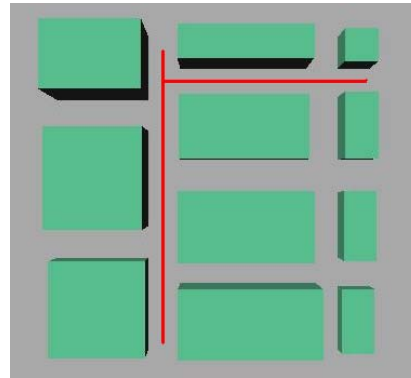
##### グラフ表示



# 今回の解析対象の概観



斜め上から見た図



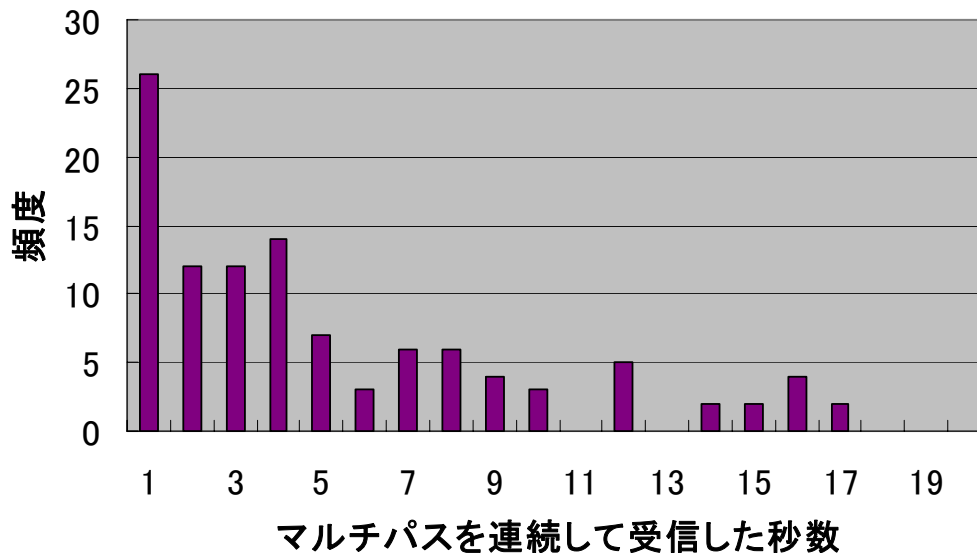
真上から見た図

赤線部分を時速10kmで走行  
(1秒間に約2.5m進む)  
ビルのかたまりの縦横は100m  
道幅は9~10m

GPS衛星はまんべんなく解析  
するために下記のように設定  
仰角は45、60、75度  
方位角は0から360まで30度ごと  
(全て同じ距離になるように)

赤線部分を時速10kmで走行したときの電波状況进行分析。研究の目的にもあったように、**どのくらいの秒数、安定した(同じ構造物からの影響)マルチパス信号が受信されるかを確認した。**

# 解析結果



| 仰角         | 45  | 60  | 75   |
|------------|-----|-----|------|
| 直接波を受信した割合 | 37% | 58% | 100% |

上記は、時速10kmの場合の結果なので、40kmの場合は、連続して受信する秒数は単純に4分の1になると予想される。このような状況以外にも、測位精度に悪影響を与えそうな状況は見られた。特に反射波のみや回折波のみなどである。

# 考察

- 実際のビルの壁は鏡面ではないことを考えると、安定したマルチパスを連続して受信する秒数は、前スライド結果よりも少ないはず。
- 渋滞もしくは停止している場合を除いて、前述のマルチパスを推定する技術を適用することは、推定が大変なわりに効果は少ないと考えられる。例えば、 $BW_{DLL}$  を 0.05Hz (20秒のスミージング) に設定すると、時速40kmで走行している場合、ほとんどのマルチパスは雑音の中に埋もれるはずである。
- 上記の結果は、前スライドで確認した実データによる移動体のDGPS測位結果が妥当であることを示唆している。

## まとめ

- 移動体における、都市部でのマルチパスの状況を分析し、同じ構造物からの安定したマルチパスは長く続かない(時速40kmで5秒以内程度)ことを確認した。→更なる調査が必要。
- マルチパス波を推定して取り除く技術は、その性能はトップレベルであるが、現段階では移動体では性能はでない。→更なる改善が必要。
- 都市部での移動体では、既にも実施されているように、反射波のみの電波や回折の大きな電波を判別することによる効果のほうが大きい。