

# RTK - GPSの信頼性 に関する研究

海洋工学部 海事システム工学科  
航海コース 0621033  
白井友子

指導教員 久保 信明

# 研究の目的

RTK・GPSは、**リアルタイムで高精度(現在は1cm程度)**に位置決定が可能

## 現在の利用方法

- 地殻変動の調査
- 大規模建造物(橋・高層ビル)の建設
- 海上の大規模施設(海上空港・埋め立て)
- 測量(基準点の測定など)

上空視界が良好なところで利用されている

## 今後の利用方法

- 船の自動着岸
- 車の自動走行

など、ロボット化や無人化の進展が期待される

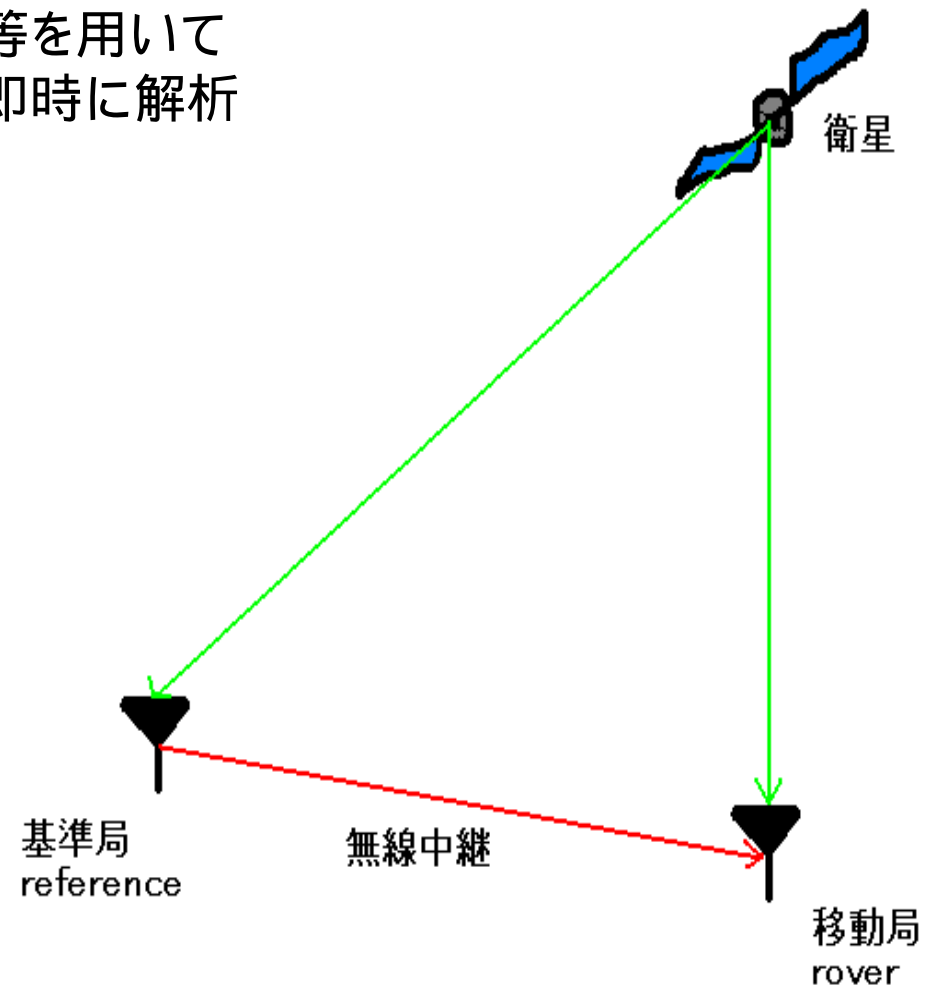
そのためには高精度な測位結果の**信頼性を100%に近づけることが重要となる。**

# RTK-GPSとは

既知点である基地局と未知点である移動局に設置したアンテナで同時にGPS衛星からの信号を受信。

基地局で取得した信号を、無線装置等を用いて移動局に転送し、移動局側において即時に解析を行うことで位置を決定する。

DGPSと異なる点は、擬似距離測定値の他に、**搬送波位相測定値**を利用するところである。位相は波長約19cmの100分の1の精度で観測できるため。



# 搬送波位相観測

$$\Phi(t) = \frac{1}{\lambda} \rho(t) + N + f\delta(t)$$

$\Phi$ : 位相 (cycle)

$\rho$ : 擬似距離

$\lambda$ : 波長

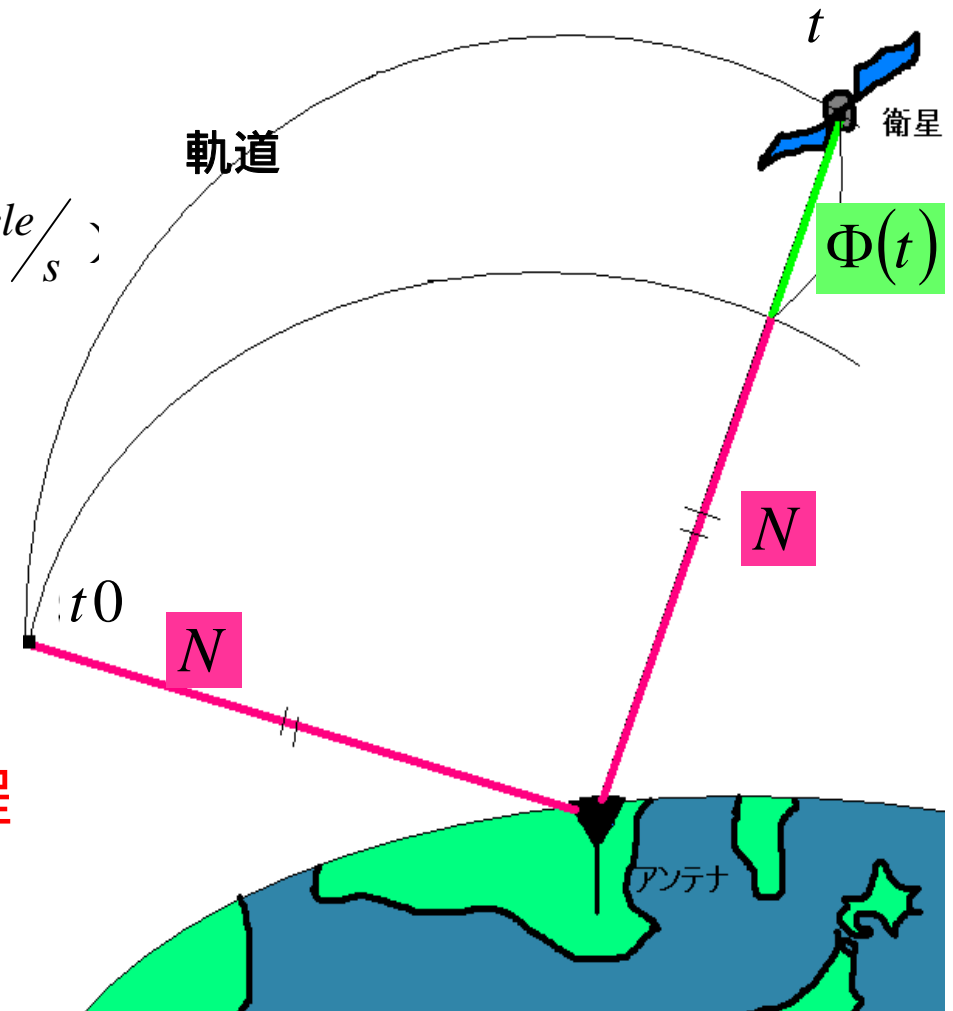
$N$ : 整数値アンビギュイティー

$f$ : 周波数 (1秒あたりのサイクル数  $\text{cycle/s}$ )

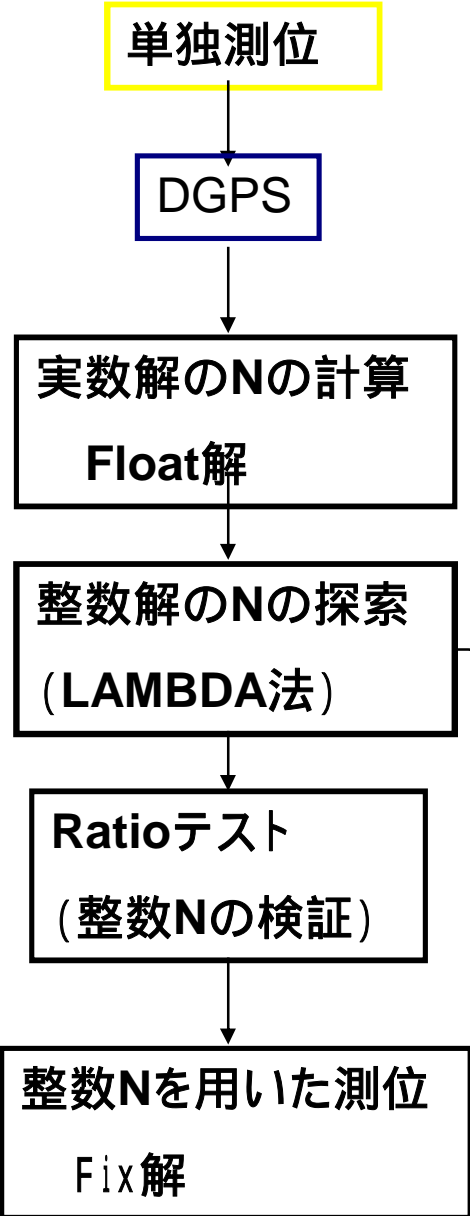
$\delta$ : 時計誤差 (s)

$N$ は観測し始めた時の衛星と受信機との間の初期サイクル数(整数)であり、電波が途切れない限り不変である。

正確な整数 $N$ がわかれば、1cm程度の精度で測位できる

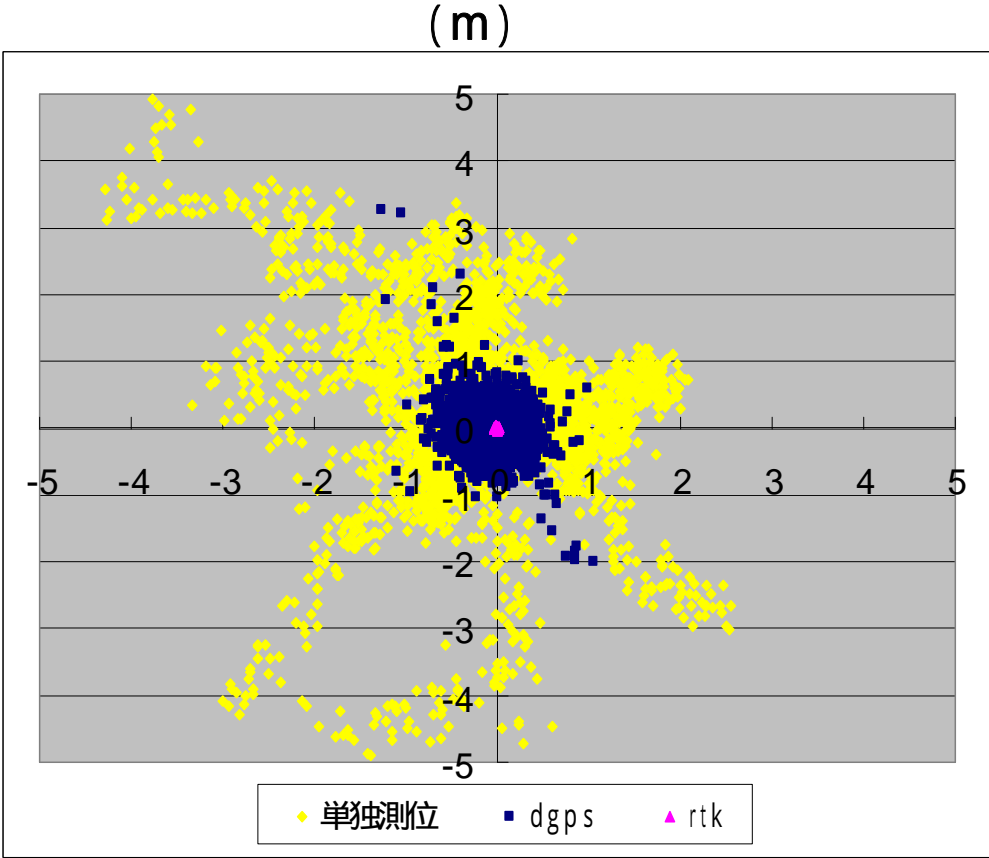


# 測位計算方法



擬似距離  
観測

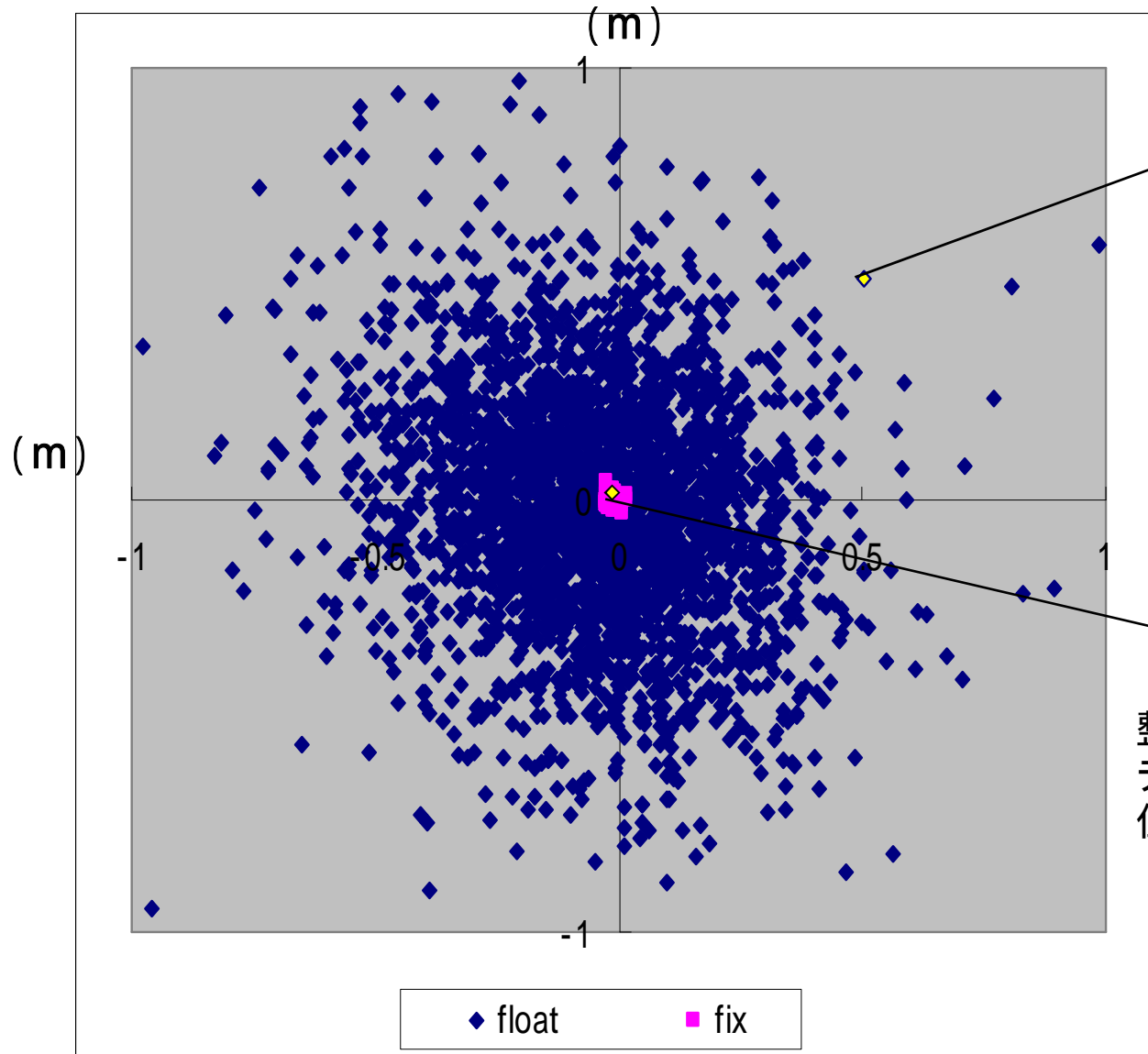
搬送波位相  
観測



水平方向の測位誤差例(1日分、GSIデータ)

移動体でもリアルタイムでもNが  
もとめられる RTK

# 可視衛星数11機の場合



実数解のNの測位結果 (Float解)

9545769.019
2979369.134
5362027.735
-2309704.351
3626877.27
7450378.991
2261098.892
4162434.338
-1812029.374
2811344.542

整数解のNでRatioテストを満足した測位結果 (FIX解)

9545769
2979368
5362026
-2309709
3626874
7450379
2261098
4162433
-1812033
2811342

水平方向の測位誤差例 (1日分、GSIデータ)

# 信頼性

**FIXと判定した解が、本当に正しい解であったかどうかは極めて重要**

FIX解はRatioテストを満足した解。ただし条件に左右される。

正しいFIXとはFIXした解の候補の中で、一定の誤差範囲内に収まるものとした。ここでの信頼性は

$$\text{信頼性}(\%) = \frac{\text{正しいFIX回数}}{\text{FIX回数}} \times 100$$

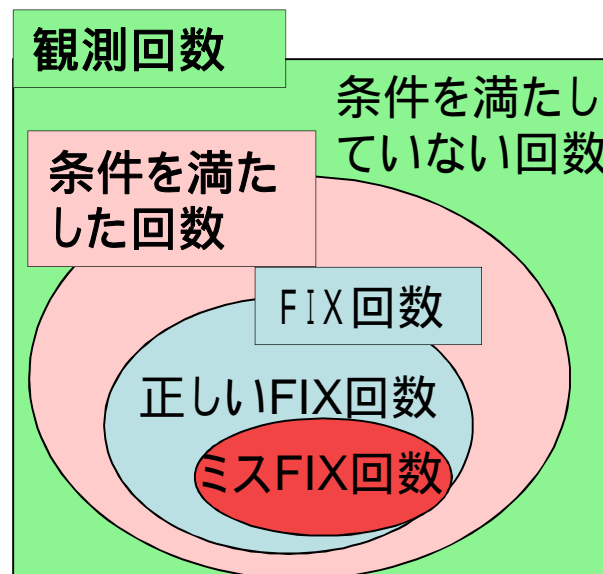
< 条件例 >

衛星の配置 (HDOP 10 以下)

衛星の仰角 (10 度以上)

可視衛星数 (4 機以上)

信号強度 (30 dB 以上)



# 実験概要 (静止、移動体)

2周波(L1,L2)用のアンテナを使用してRINEXデータを取得

## < 静止実験 >

- 場所: 学校
- 時間: 12時間
- 内容: 静止点における測位
- 基準局: 第5実験棟屋上南側
- 1Hz

## < 移動体実験 >

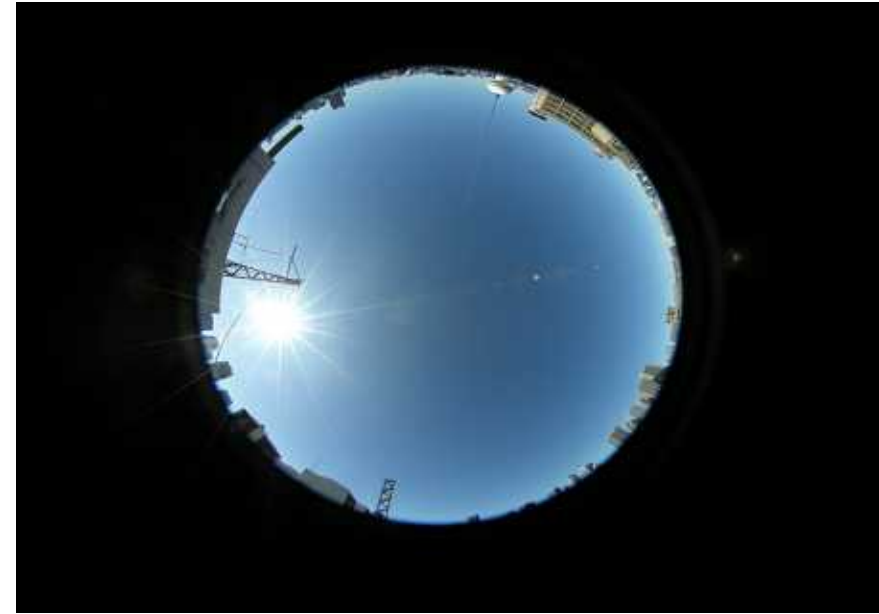
- 場所: 名古屋  
名古屋駅周辺のルート
- 内容: 車の屋根にアンテナを取り付けて移動させる
- 基準局: 名古屋工業大学
- 5Hz



# 学校の静止実験データ

3号館前

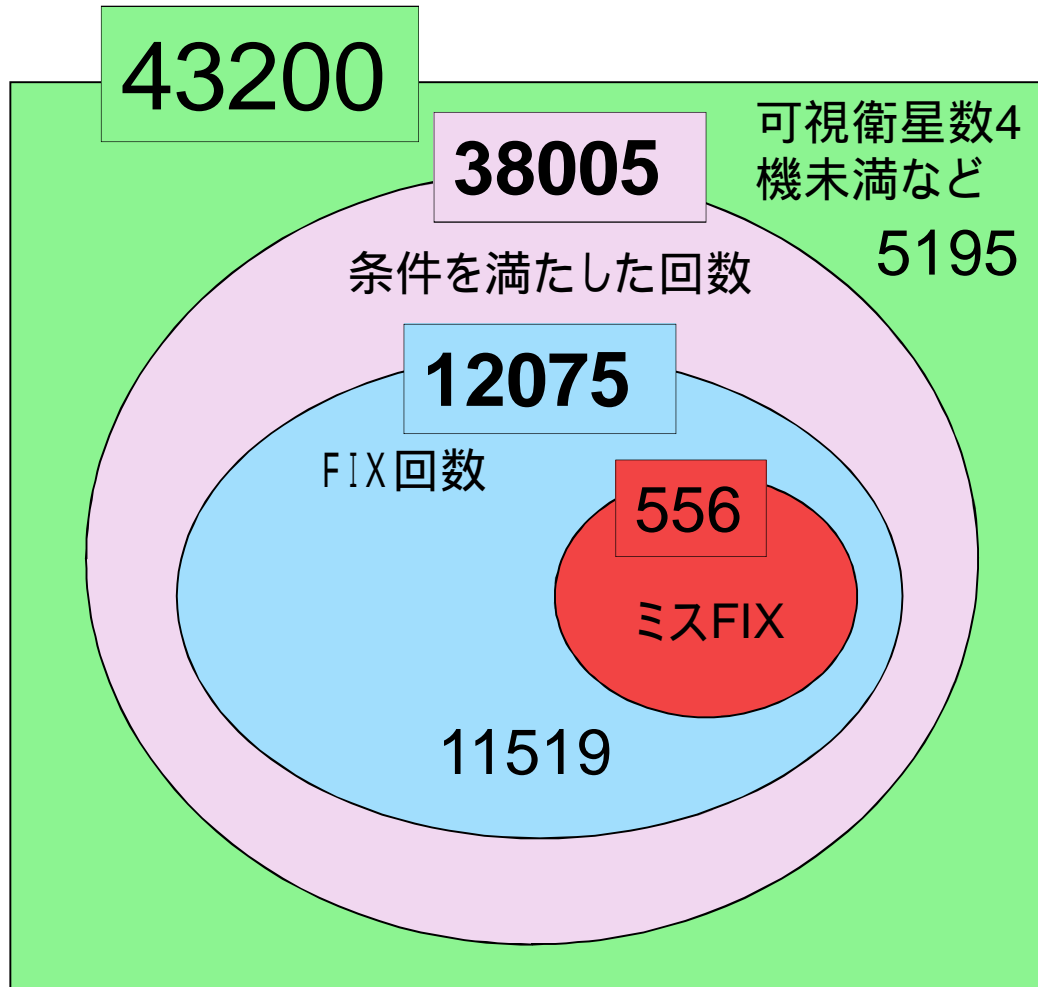
第5実験棟屋上



- 衛星の配置が同じ時間帯のデータを使用
- 3号館前では電波を遮る物があるため、  
可視衛星数の減少  
衛星配置が悪くなる  
マルチパスの影響  
などが考えられる  
RTKの利便性が屋上と比べて損なわれる

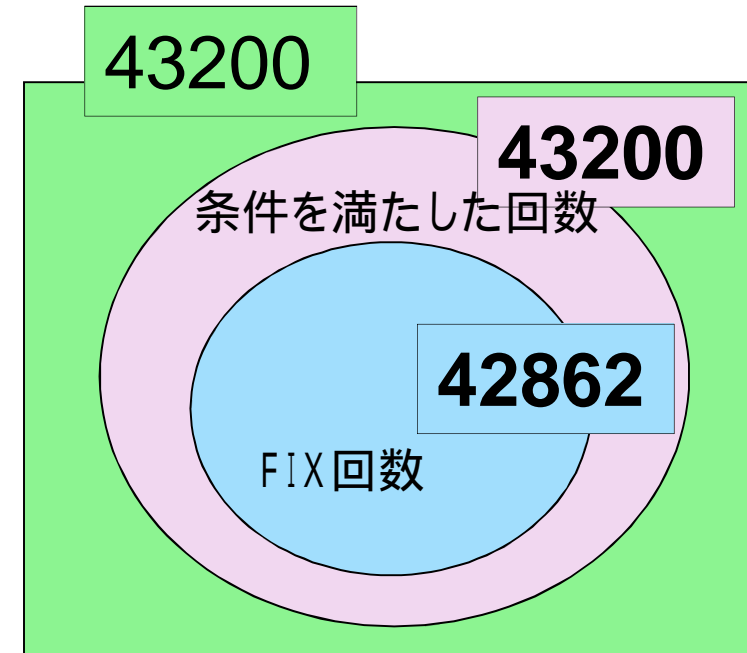
# 結果

3号館前での12時間のデータ



信頼性95.4%

屋上での12時間のデータ

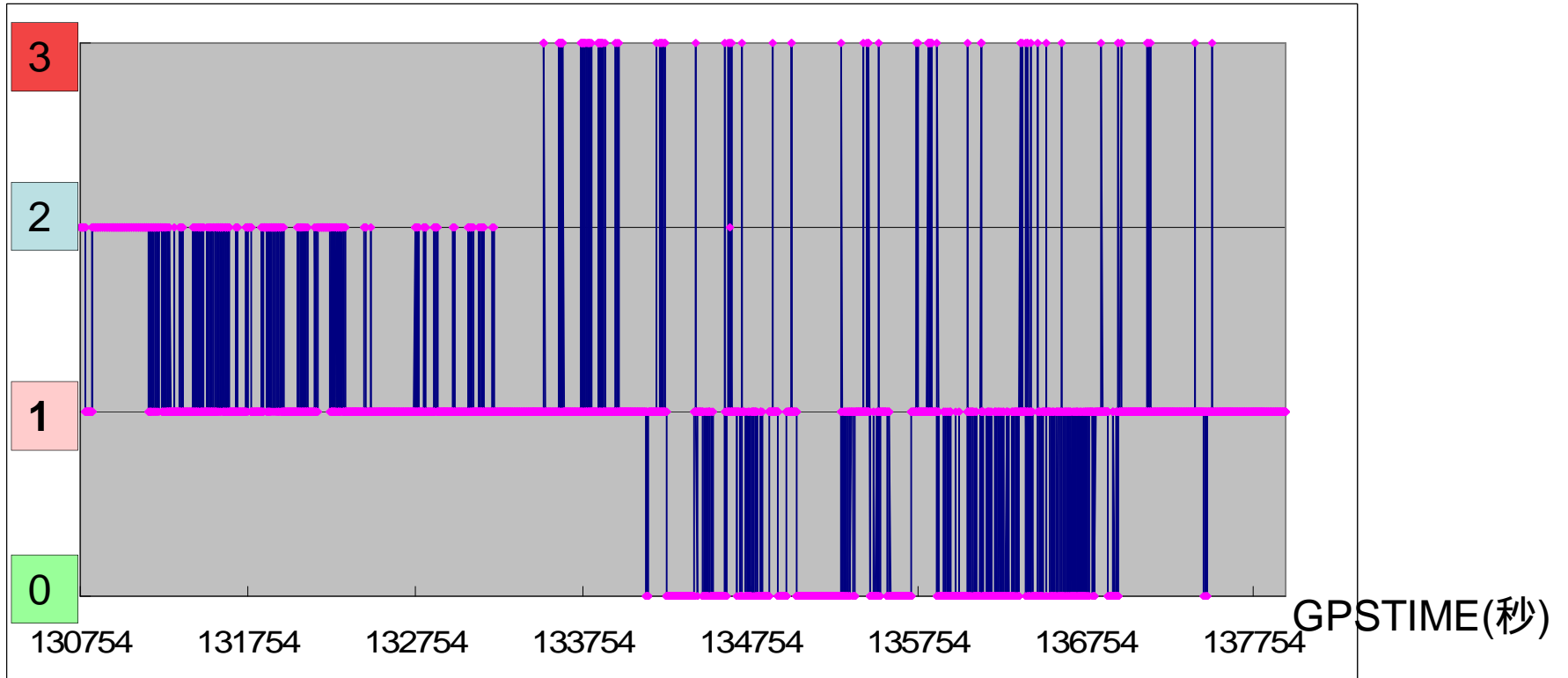


信頼性100%

(=ミスFIXなし)

今回は水平方向10cm、垂直方向20cm以上の誤差をもつFIX解をミスFIXとした。

# ミスFIXの連続性 (3号館前での12時間のうちの2時間分のデータ)



0 条件を満たしていないエポック (21.7%)

1 条件を満たしたエポック (63.9%)

2 正しくFIXしたエポック (12.6%)

3 ミスFIXしたエポック (1.8%)

このようにミスFIXは連続して起こっていた。(残りの10時間も同様)ミスFIXはもともと条件が悪く、FIX解の少ない時間帯に多くみられる。ここで示した2時間のデータについてミスFIXの原因を調べた。

観測回数

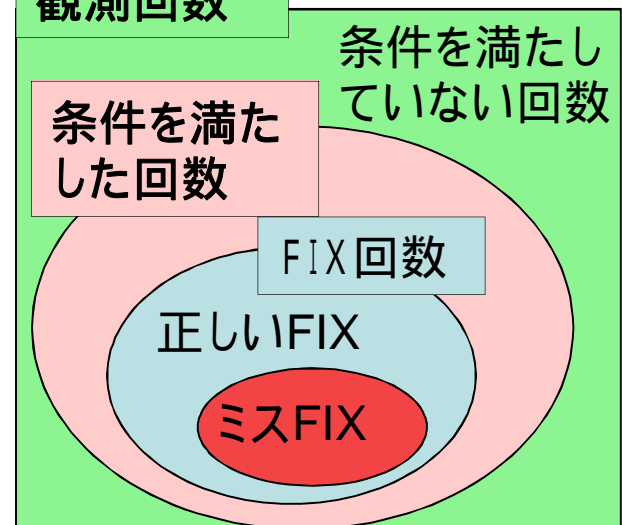
条件を満たした回数

条件を満たしていない回数

FIX回数

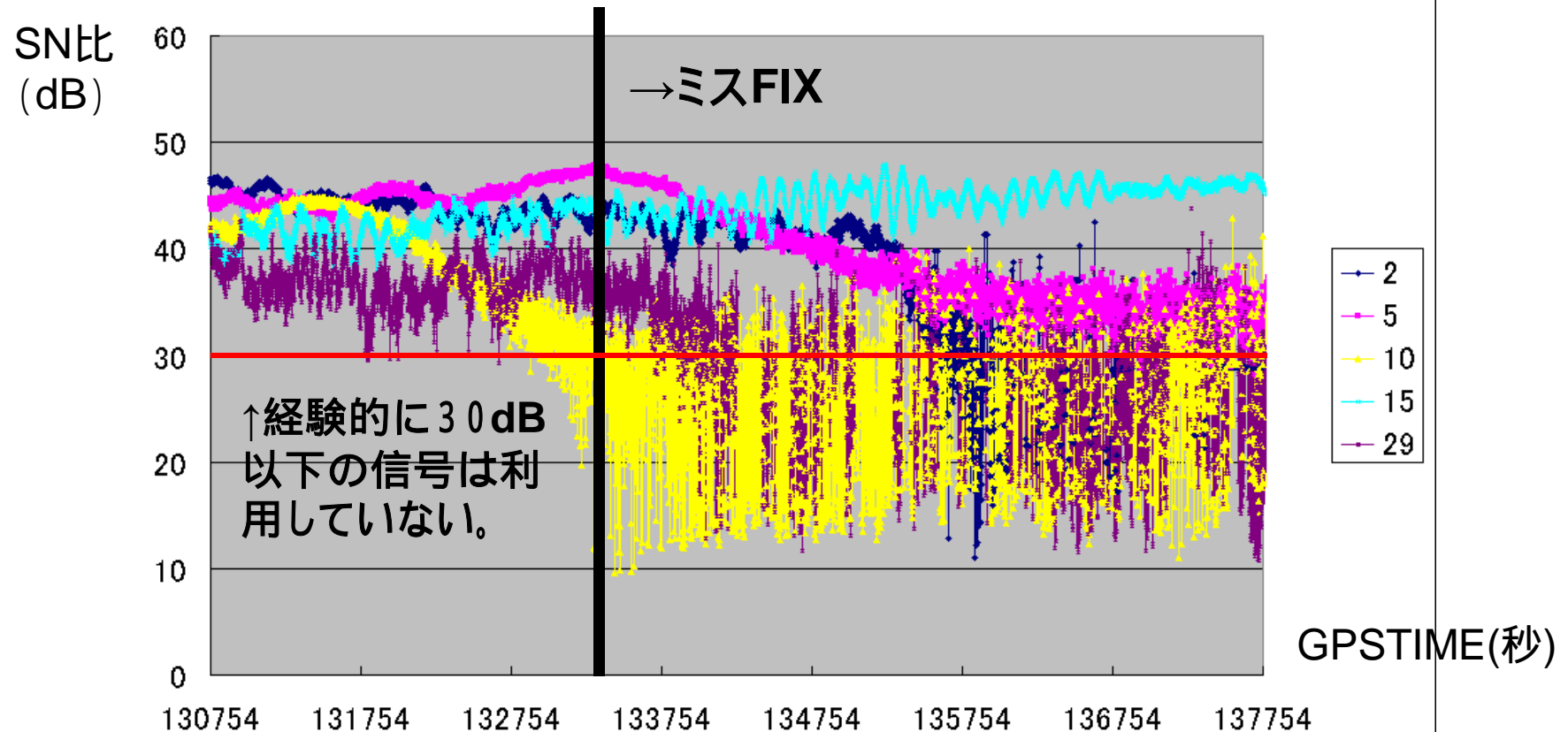
正しいFIX

ミスFIX



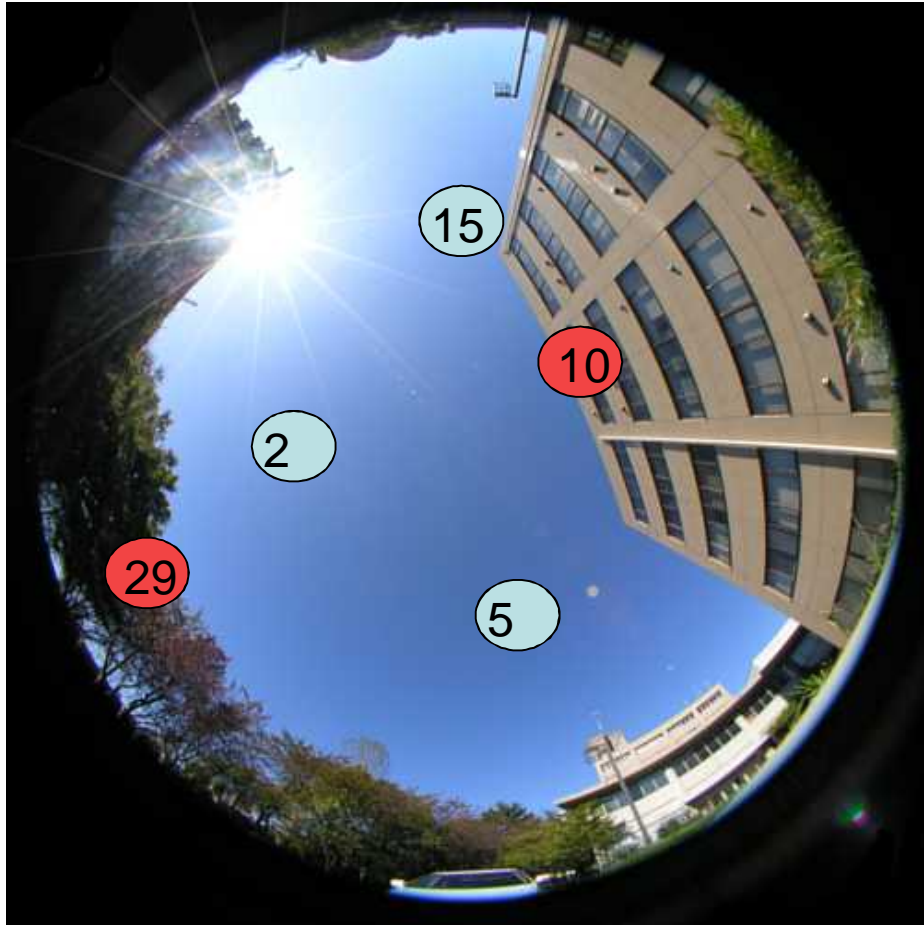
# 3号館前でのミスFIXの原因

可視衛星の信号強度を示した。ミスFIXが連続した時間帯から10、29番衛星のL2帯の信号強度が異常であることがわかる。信号強度の低い信号にはノイズやマルチパスが多く含まれる。



ノイズやマルチパスの影響が大きくても偶然30dB以上になってしまい測位に利用されてFIXと判定してしまう解がある。

# ミスFIXが起こった時の衛星配置



衛星配置は良いが

10番衛星は仰角が高いが障害物による回折波が原因

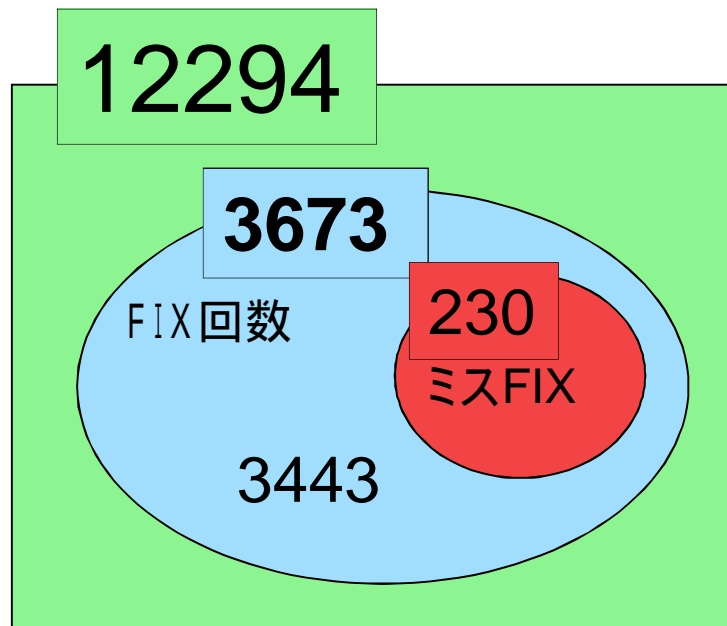
29番衛星は仰角が低く、障害物による反射波が原因

本来ならば測位に使用してしまうと精度が低下するためたとえ30dB以上であっても測位に使用しない方がよい信号がリアルタイムで、かつ移動体では容易に判断できない。

# 移動体解析結果

移動体では正確な位置がわからないので、

高精度受信機,距離計,ジャイロを利用したPOSLVという豊田中央研究所所有のシステムによるレファレンス解(100%の出力、10cm程度以内の精度)と比較して今回は50cm以上の誤差をもつ解をミスFIXとした。

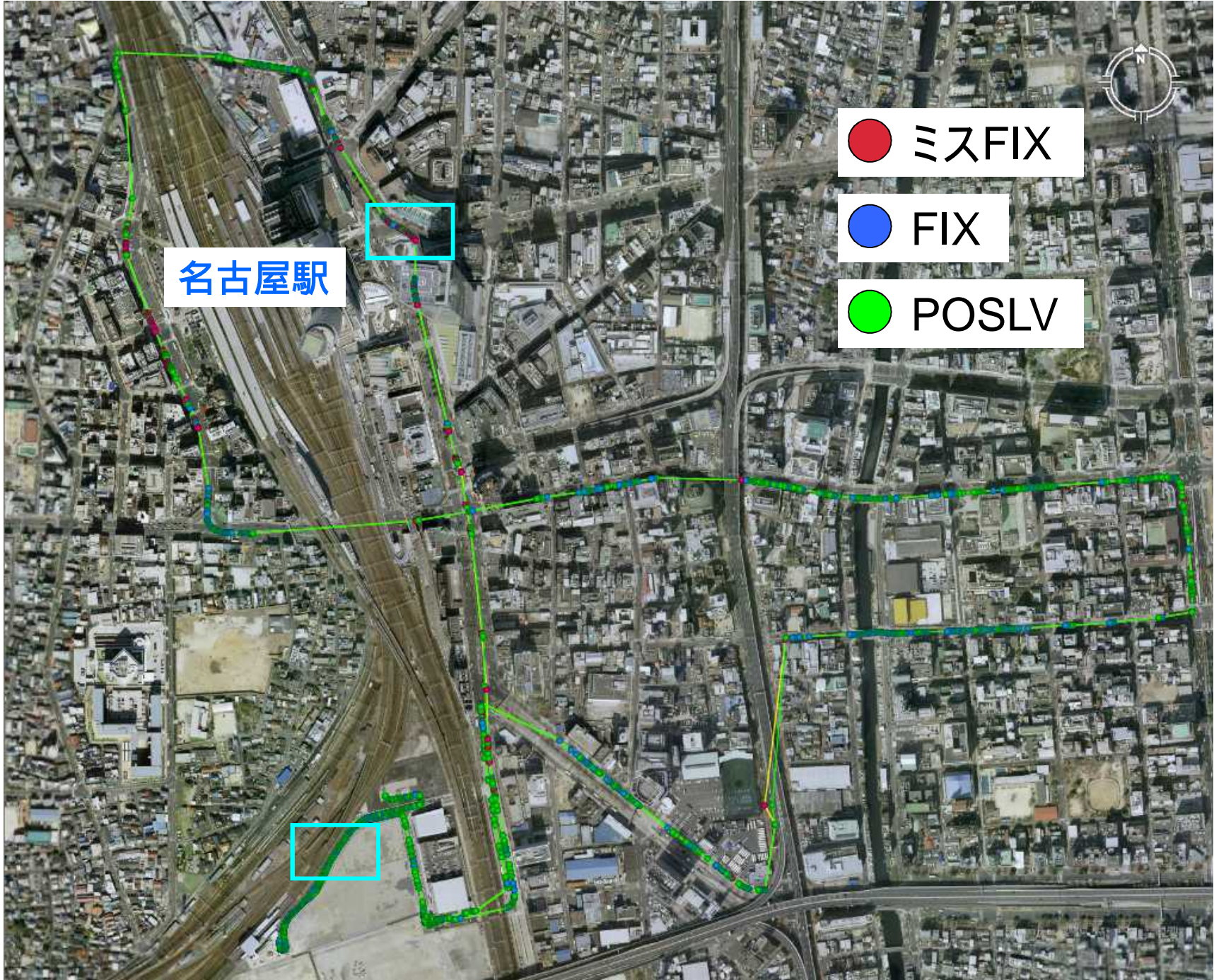


5 Hzでデータを取得

信頼性

93.7%





# 考察

- FIX解の誤差、ミスFIXの原因は  
可視衛星数  
衛星配置  
マルチパスやノイズによる測定値への影響  
が考えられる。
- ミスFIXは条件の悪い時間帯に連続して現れる(特に静止データの場合)。



# まとめ

適切な受信機やアンテナを用いれば、上空視界のよい場所でLAMBDA法とRatioテストによる測位結果は、ほぼ100%の信頼性をもつ。上空視界の悪い場所ではミスFIXが起こり信頼性が低下する。

# 課題

- 移動体でのミスFIXの原因を調査すること
- リアルタイムで条件の悪い衛星を自動的に判断すること