

# Asian Base Station Network Project Report

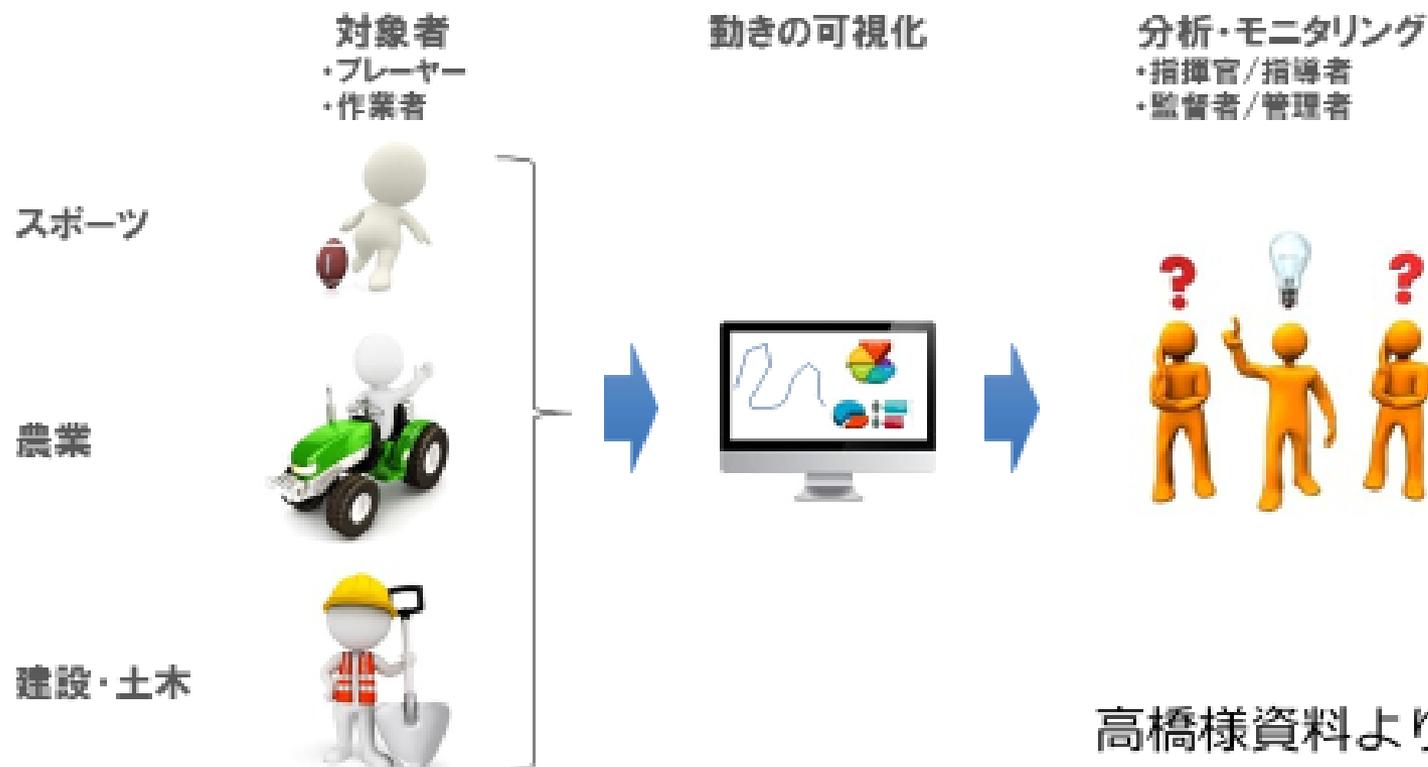
11/10/2015

Hiroko Tokura

# Collaborate with Sport Project

低価格・高信頼性RTKウェアラブルシステムにより、  
『人』の動きを高精度に測位し、各種パフォーマンスの向上に役立てる。

- ポイント**
- ① 単独測位に対する圧倒的な高精度
  - ② 従来のRTKシステムに対する低価格
  - ③ コンパクトなウェアラブル端末



# New problems

---



Antenna

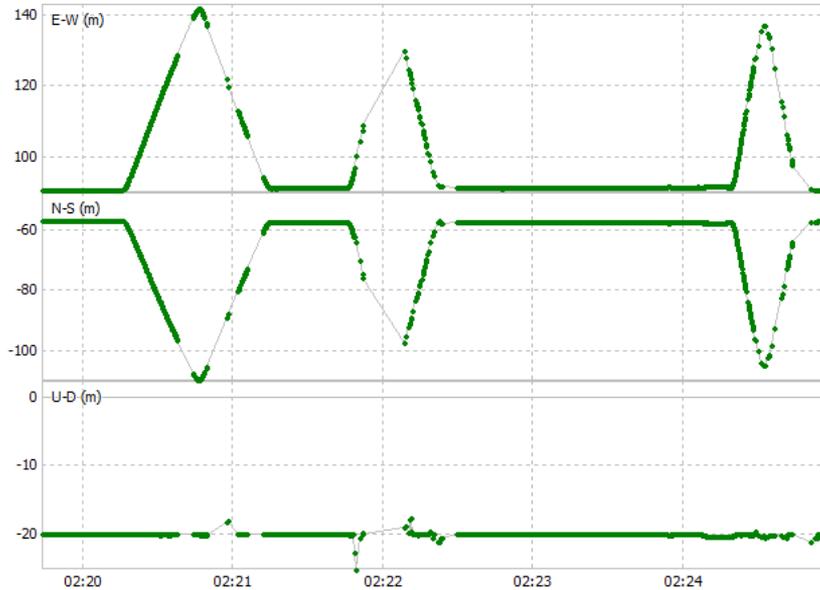
Receiver

## Conditions

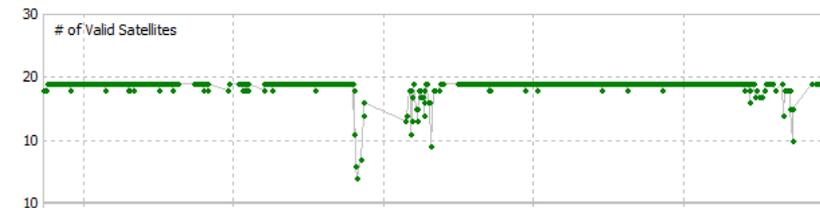
- Consumer grade Receiver (UBLOX-M8T)
  - Small and light for wearable
- **Full speed run**

# Results in the full speed run

Time series of  
3D Fix solution



Time series of  
Number of received satellites



- Satellites decreased in the case of full speed running



## Reason

- × Speed (vehicle and bicycle is ok)
- × Wearable (Low-speed run is also ok)
- ✓ Receiver ?

# Consumer grade vs. Geodetic grade Receiver

---

## Conditions

- Same antenna, place and runner

Consumer grade receiver



Antenna

Receiver

Geodetic grade receiver

1.5Kg



Inside the back pack

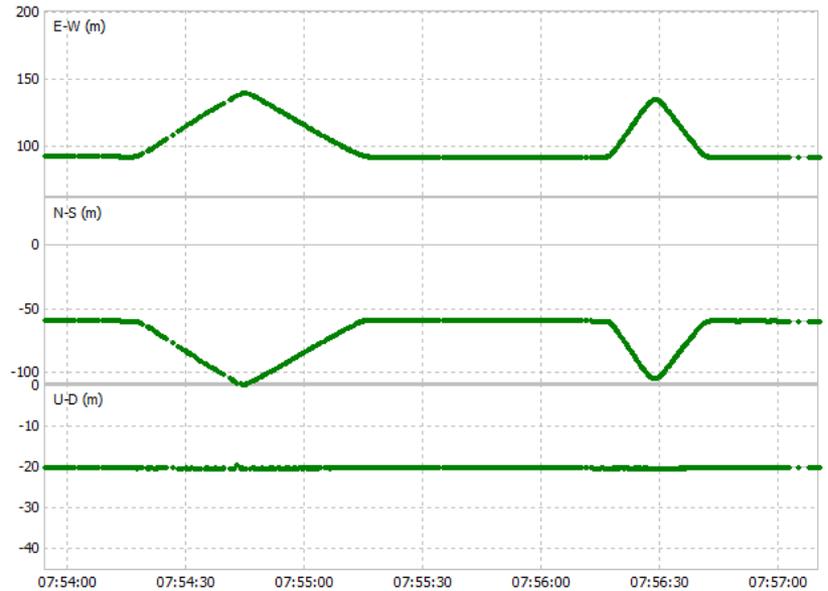
# Comparison results by two receiver

Time series of

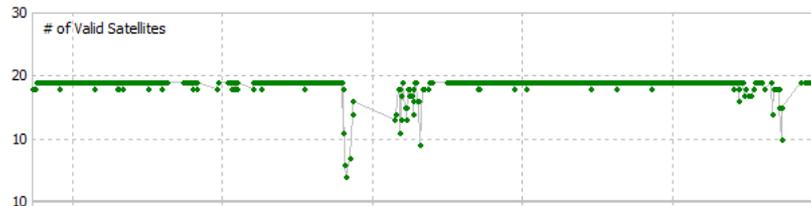
### 3D Fix solution by Geodetic grade



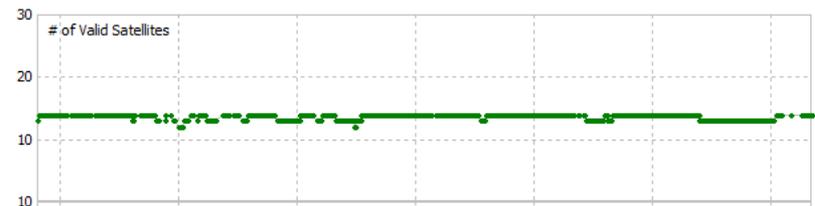
### 3D Fix solution by Consumer grade receiver



### Number of received satellites



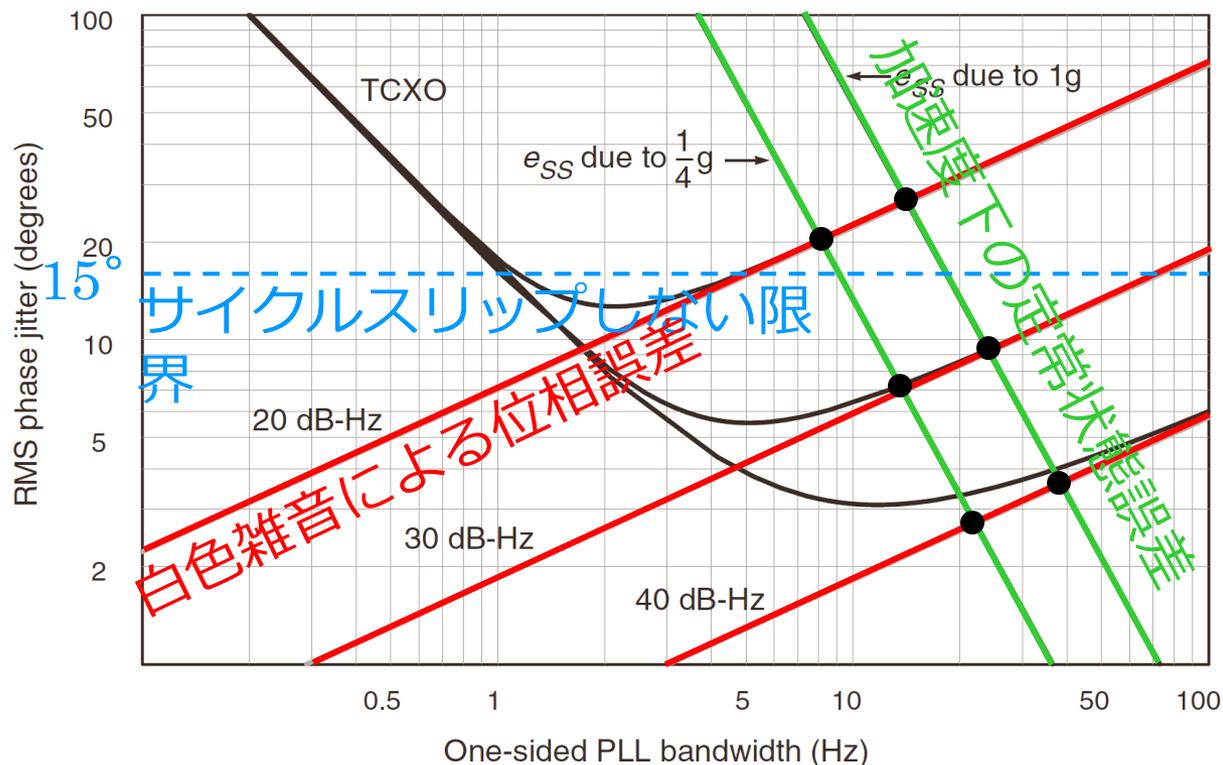
### Number of received satellites



# Differences between those receiver

## ループ帯域幅の選定

● 動作点



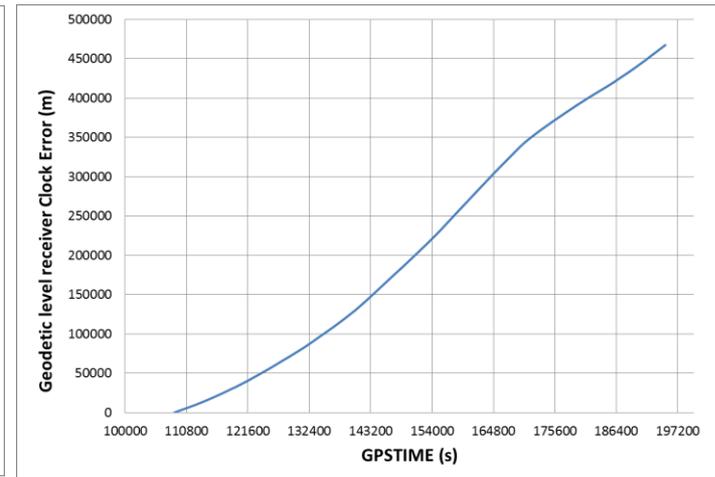
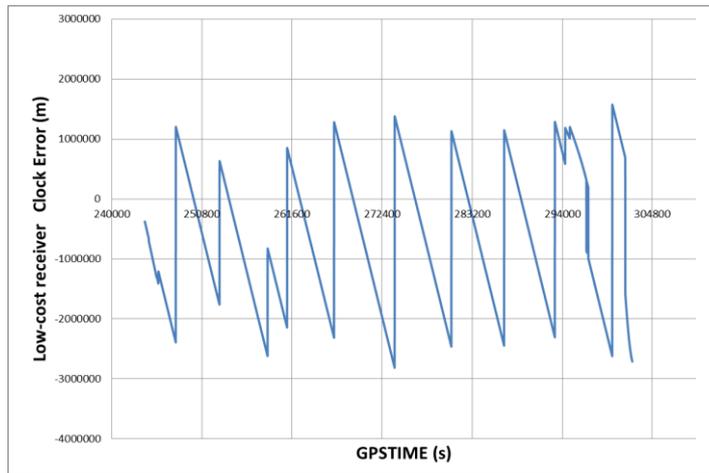
従来PLLの帯域幅と位相雑音の関係を示した (TCXO)。サイクルスリップしない限界値は約15度 (縦軸) であるが、位相雑音が10度に近づくと15度を越える割合が増加するため、現状の追尾限界信号強度は加速度1g・帯域15Hzと仮定して30dBHz前後である。この図でINSによる効果は動作点をより左下に移行でき、原子時計による効果は、白色雑音のラインより急激に乖離するTCXOと違い、白色雑音のラインに近い性能となる。よって、外乱が存在しても帯域を狭めることが容易になる。

UBLOX受信機の場合次スライドのクロック結果のように、TCXOの中でも良い部類ではないため、この図の黒のラインより早く乖離するかもしれません。そうすると1G程度でも不安定といえます

位相誤差の小さい(なるべく下寄りの)動作点を選ぶ

# Differences between those receiver

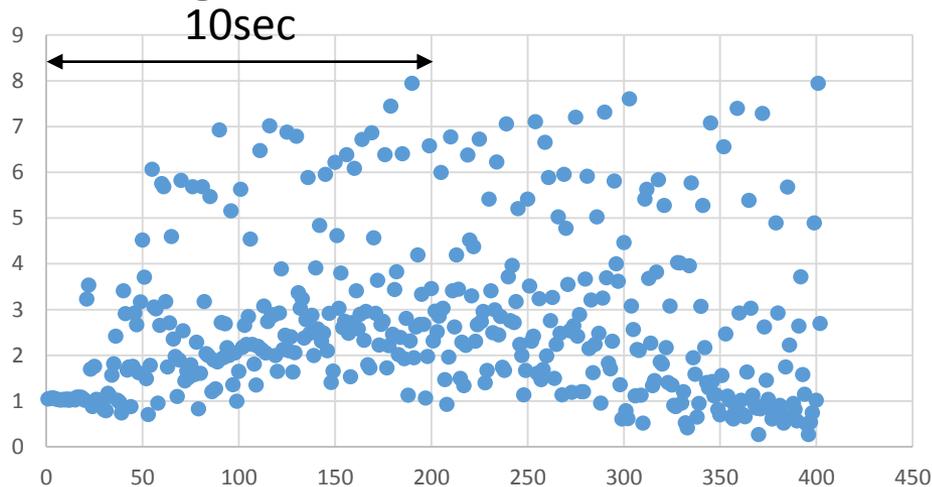
## Receiver Clock Error



Type	Clock error in 24 h	Convert to distance
Low-cost	162.6ms	48780km
Geodetic-level	1.5ms	450km
Rubidium	0.00172ms	0.516km

# 3D-Gravitational value

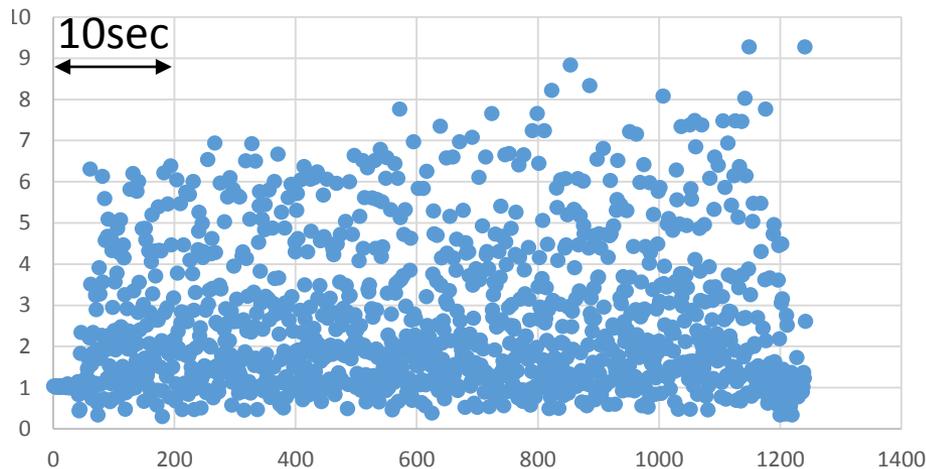
100m running track



3D accelerometers was settled  
on the back of the runner

Average 2.7 G  
Maximum 8.0 G

400m running track



Average 2.6 G  
Maximum 9.3 G

Data provided by 高橋様

# Wearable RTK System

## Conclusions and future work

---

### Conclusions

- Moving of runner is loaded with high gravitation
- High gravitation load produced lack of data in consumer grade receiver (Carrier phase observation)

### Future work

- Find moving limitation of consumer grade receiver using accelerometers
- Find stable device or way for receiver

- 
- Thank you!

## PLLの外乱要因と追尾特性

外乱要因	ループ帯域 (等価雑音帯域幅)	
	狭い	広い
ユーザーの運動	×	○
白色雑音	○	×
クロック変動	×	○

各外乱に対する追尾特性のバランスを取るため  
最適なループ帯域の選定が必要

## 二次ループの定常状態誤差

ユーザーの運動に対して

ステップ, ランプ(等速): 追従できる

パラボラ(等加速度): 定常状態誤差は以下となる

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta(t) = \frac{k_G g \cdot 360}{4\lambda B_{\theta,1}^2} \quad \text{degrees}$$

PLLは位相誤差が15度以上になるとロックを外しやすい  
従って

追従限界 [g]	帯域幅 [Hz]
1	17.6
0.25	8.8

# 白色雑音下におけるコスタスループの性能

位相誤差の分散は以下となる

$$\text{var}(\Delta\hat{\theta}) = \frac{B_{\theta,1}}{C/N_0} \left( 1 + \frac{1}{2T_{co}C/N_0} \right) \text{rad}^2$$

二乗損失の項

二乗損失は $C/N_0$ が25dB-Hz以上では問題にならない  
GPS信号は通常30dB-Hz以上である