

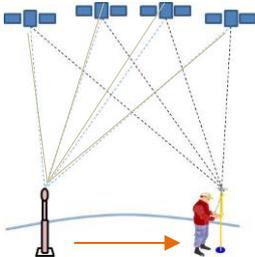
第5回 測位技術懇話会  
中央電気倶楽部(大阪・堂島)  
2017年7月21日

# 精密単独測位の社会実装 -標準化と国際動向-

一般財団法人 衛星測位利用推進センター(SPAC)  
技術開発本部 開発部長 浅里 幸起

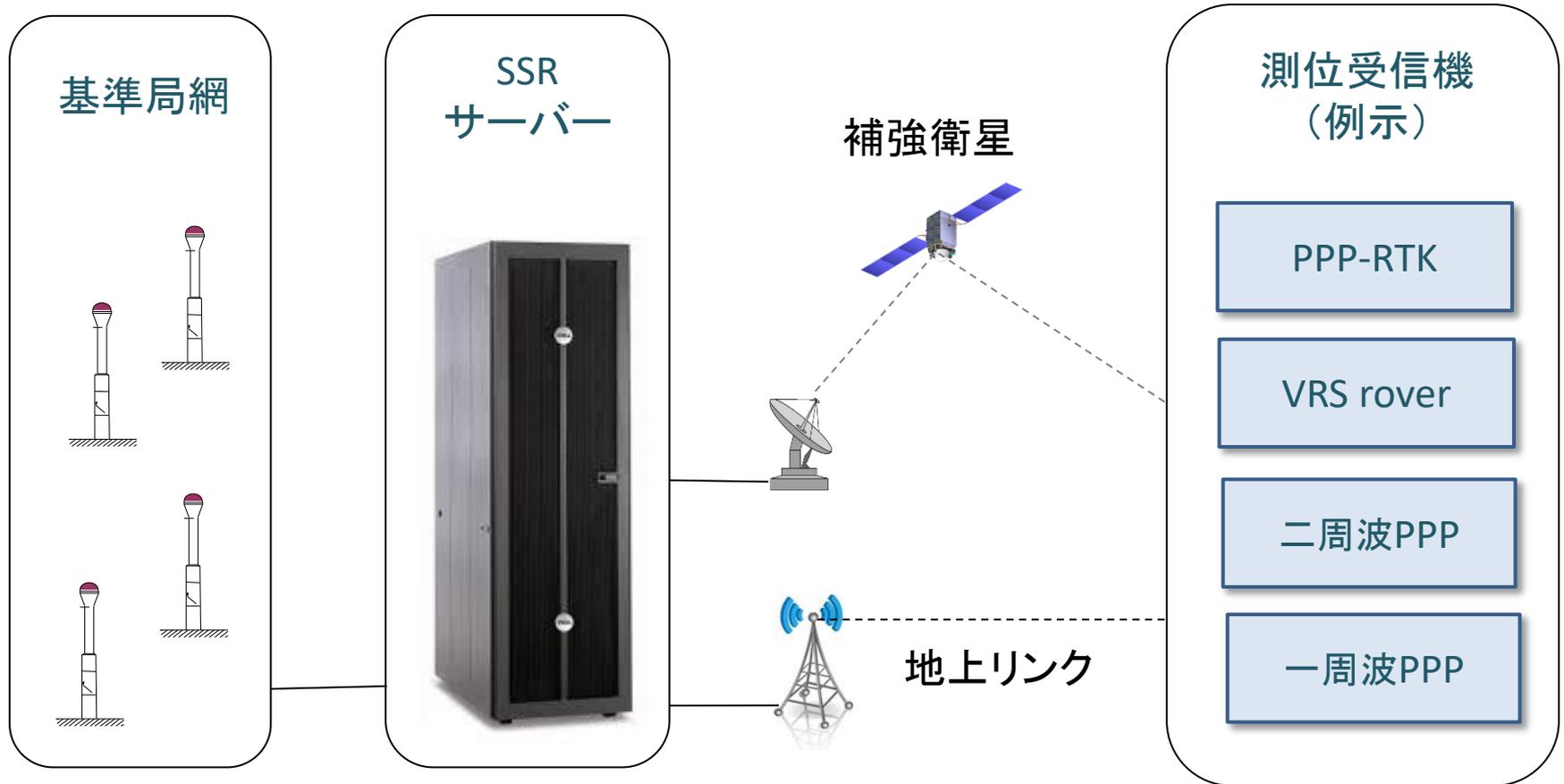
# 精密単独測位とは何を指すか

精密単独測位を直接的に定義した国際標準規格は見当たらない。しかし、ISOやRTCMは、その補強情報のコンテンツやフォーマットの規定があり、物理的意味の明らかな補正情報を陽に与える測位方式という点では一致が見られる。

	精密な相対測位	精密単独測位
基準局の構成	一つの基準局	多数の基準局
代表的測位方式	RTK	二周波PPP, PPP-RTK, PPP-AR
補強情報の表現形式	観測空間表現 Observation Space Representation	状態空間表現 State Space Representation
補強情報の内容	疑似距離 搬送波位相 	衛星クロック補正 衛星軌道補正 衛星コードバイアス補正 衛星位相バイアス補正 電離層遅延補正 対流圏遅延補正

# 精密単独測位は何を変えるのか

- ・放送型の測位補強でマスメーザに対して高精度測位を提供する。
- ・センチメートル級測位の利用範囲を拡大する。



測距信号受信

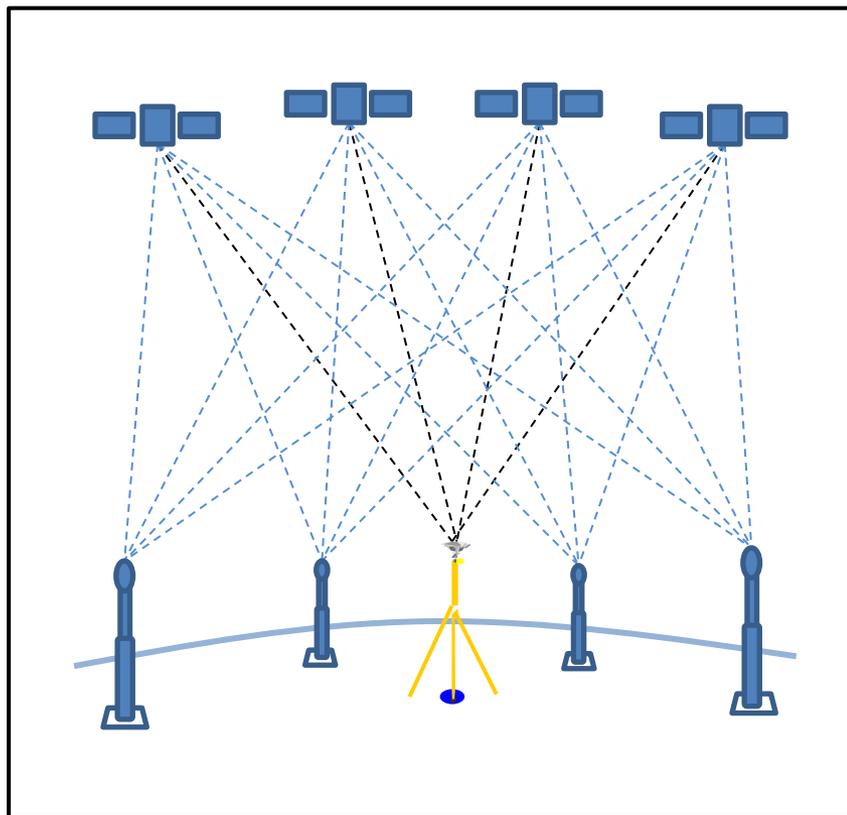
補強情報の生成

補強情報の配信

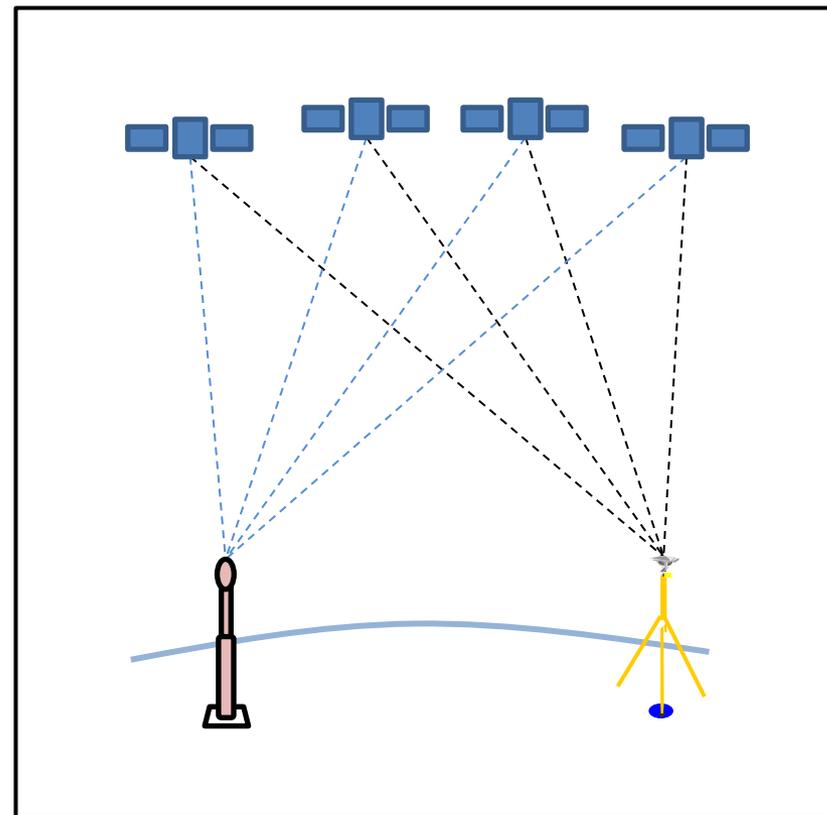
測位演算

トータルな測距のトポロジーに基づいて分類すると、論理的に整合する説明ができる。

## 単独測位?



## 相対測位?



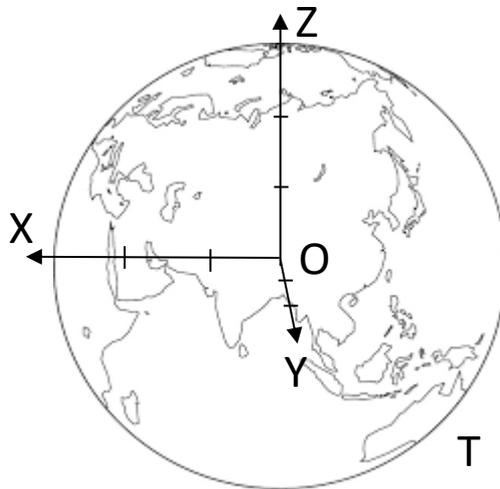
当懇話会における議論を、6ページに記録

# 基準点網は基準座標系を形成する

座標系は、原点と座標軸等からなる。しかし、地球の中心にある原点を見たり、マントルの中の座標軸に触れたりすることはできない。そこで、地表に基準局を建てて、座標を与えている。座標系の実現 (realization) が、基準点網である。

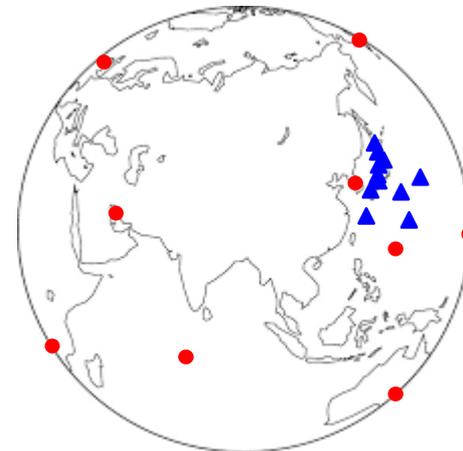
## Definition (概念)

Origin, Orientation, Scale, Time Evolution



## Realization (基準点)

- GPSモニタ局 : WGS84
- ▲ 電子基準点 : JGD2011



# 衛星測位の全体像説明の要請に応じて

弊財団には衛星測位に新規参入する人が来訪し、衛星測位の全体像説明を要請されます。そこで、ゼロベースで衛星測位を考え直し、説明を組み立てる必要があります。

本検討による分類	コード測位 (整数値バイアスを解決しない)	搬送波測位 (整数値バイアスを解決する)
<p>単独測位</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS SPS: 1周波単独測位</li> <li>・GPS PPS: 2周波単独測位</li> <li>・SBAS</li> <li>・二周波PPP</li> <li>・一周波PPP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PPP-RTK</li> <li>・PPP-AR</li> <li>・ネットワーク型RTK測位 (内部動作の視点)</li> </ul>
<p>コメント: こちらも基準点が存在しており、いわば「相対測位」なのではないか?                  応答: 地球上の多点を基準にした相対測位は、しばしば単独測位と呼ばれている。たしかに、単純に「単独測位」と「相対測位」に分けるのでは、説明は難しい。</p>		<p>コメント: 相対測位の観測値が、SSR補正に数値変換可能ならば、そもそも相対測位/単独測位と区別する必然がないのではないか?                  応答: 一点の基準点の観測値を元に補正するのと、多点の観測値をもとにSSR補正値を生成するのでは、実際に観測しているものが異なり、区別ができる。数値演算において変換可能である。</p>
<p>相対測位</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DGPS</li> <li>・QZSSサブメータ級測位</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RTK測位</li> <li>・ネットワーク型RTK測位 (ユーザインターフェイス視点)</li> </ul>

広く受容される説明には、もう一工夫必要

GPS SPS: Standard Positioning Service  
 PPS: Precise Positioning Service

PPP: Precise Point Positioning  
 AR: Ambiguity Resolution

# スマートフォンの搬送波位相出力

Developers		DESIGN	DEVELOP	DISTRIBUTE	検索	PLAY コンソール
Model	Android version	Pseudo-range data	Navigation messages	Accumulated delta range	HW clock	Global systems
Huawei Honor 9	7.0	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS
Samsung S8 (Exynos) <sup>1</sup>	7.0	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS GALILEO BDS
Samsung S8 (QCOM) <sup>2</sup>	7.0	yes	no	no	yes	GPS
Huawei P10	7.0	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS GALILEO BDS
Huawei Honor 8	7.0	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS BDS
Huawei Mate 9	7.0	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS BDS
Huawei P9	7.0	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS BDS
Pixel XL	7.0	yes	no	no	yes	GPS
Pixel	7.0	yes	no	no	yes	GPS
Nexus 6P <sup>3</sup>	7.0	yes	no	no	no	GPS
Nexus 5X <sup>3</sup>	7.0	yes	no	no	no	GPS
Nexus 9 (non cellular version) <sup>4</sup>	7.1	yes	yes	yes	yes	GPS GLONASS

<sup>1</sup> Exynos, EMEA devices, Models: G950F or G955F

<sup>2</sup> QCOM, USA devices, Models: G950U or G955U

<sup>3</sup> Raw measurements are provided only when a GPS position is available.

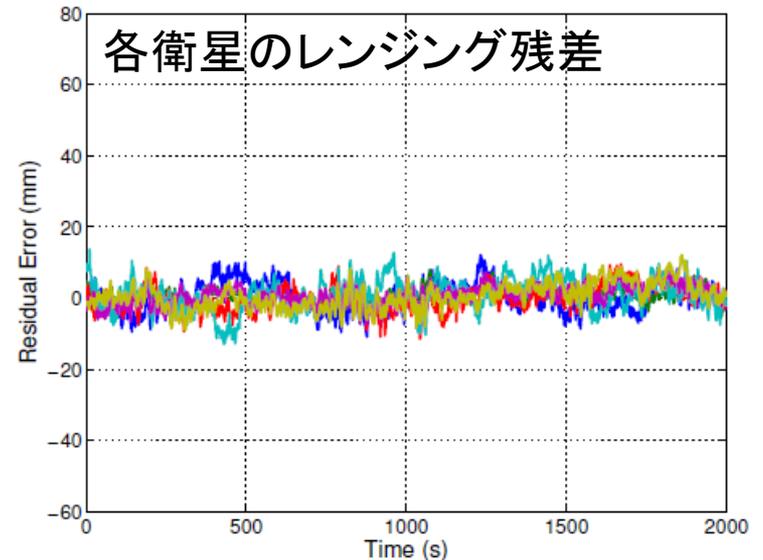
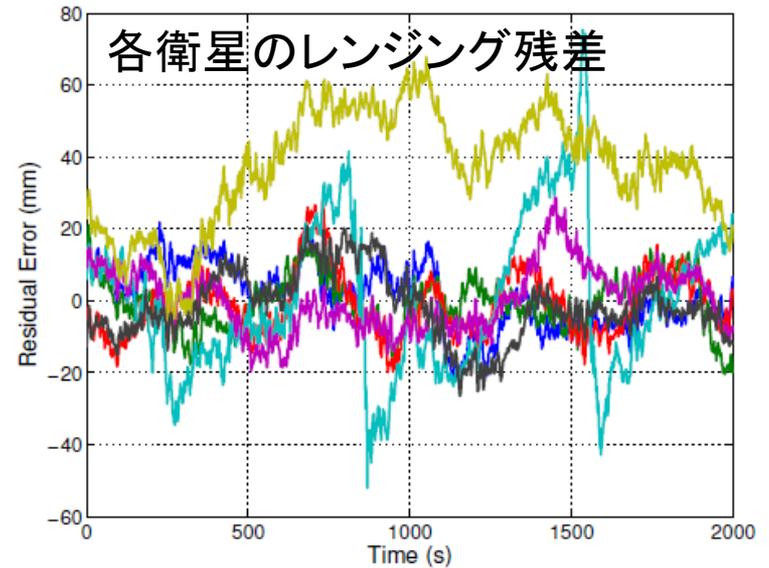
<sup>4</sup> No duty cycling. Works only on the non cellular version of Nexus 9.

出所:

<https://developer.android.com/guide/topics/sensors/gnss.html>

# スマートフォンでセンチメートル精度

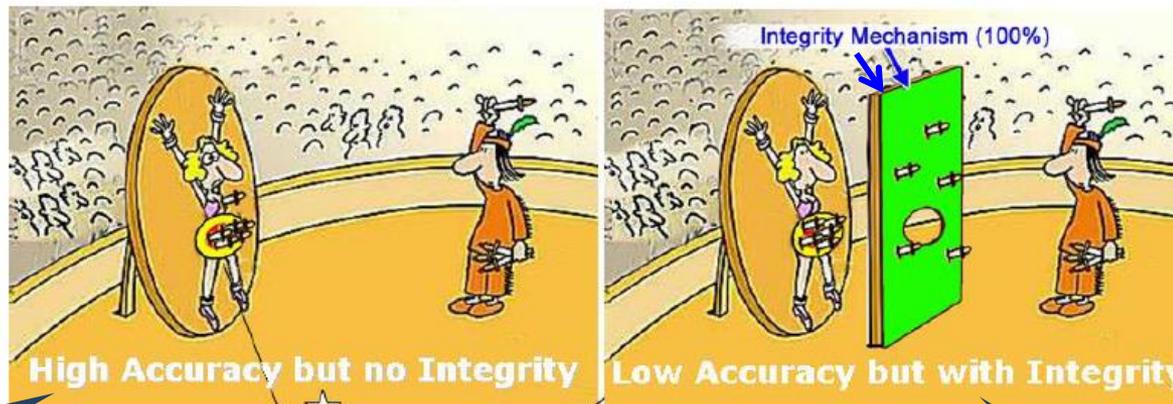
スマートフォンに搭載されたGNSSチップの搬送波位相を使うことで、センチメートル級測位が実現できることが報告されている。



(出典: テキサス大学, ブロードコム社, 2014)

日欧GNSS官民ラウンドテーブル(2016年6月)における欧州側プレゼンより:  
「位置のインテグリティは、高い精度よりも重要」

### POSITION INTEGRITY IS MORE THAN HIGH ACCURACY (LESS FORMAL)



High Accuracy but no Integrity

Low Accuracy but with Integrity

高精度で、  
インテグリティなし

低精度で、  
インテグリティあり



8 cm	18 cm
99%	100%

Accuracy (e.g. error at 95%)

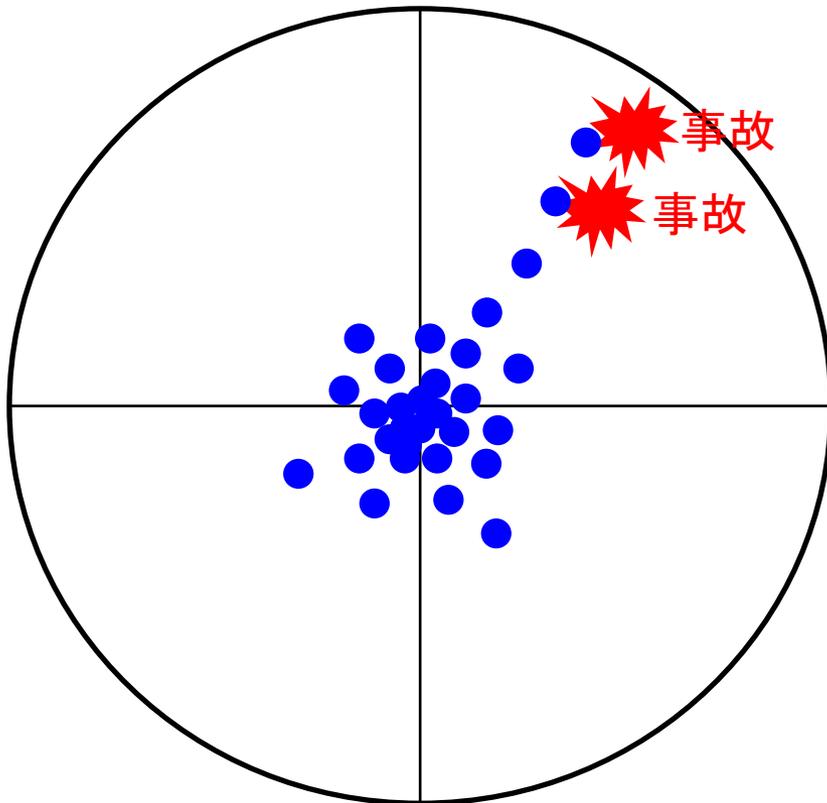
Integrity (percentage inside the yellow circle)

Would you rely on the more accurate knife thrower?

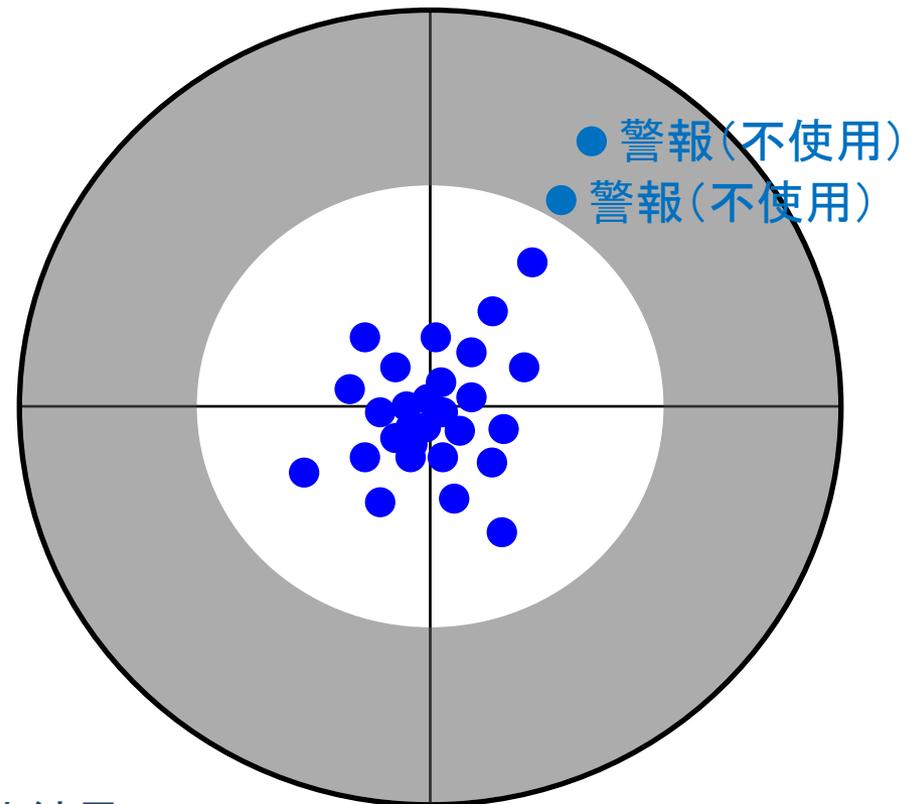
## (2) 安全性確保とインテグリティ

安全性が課題となる衛星測位においてインテグリティは精度よりも重要

インテグリティなし  
(アウトライヤーを区別できない)



インテグリティあり  
(アウトライヤーを区別する)

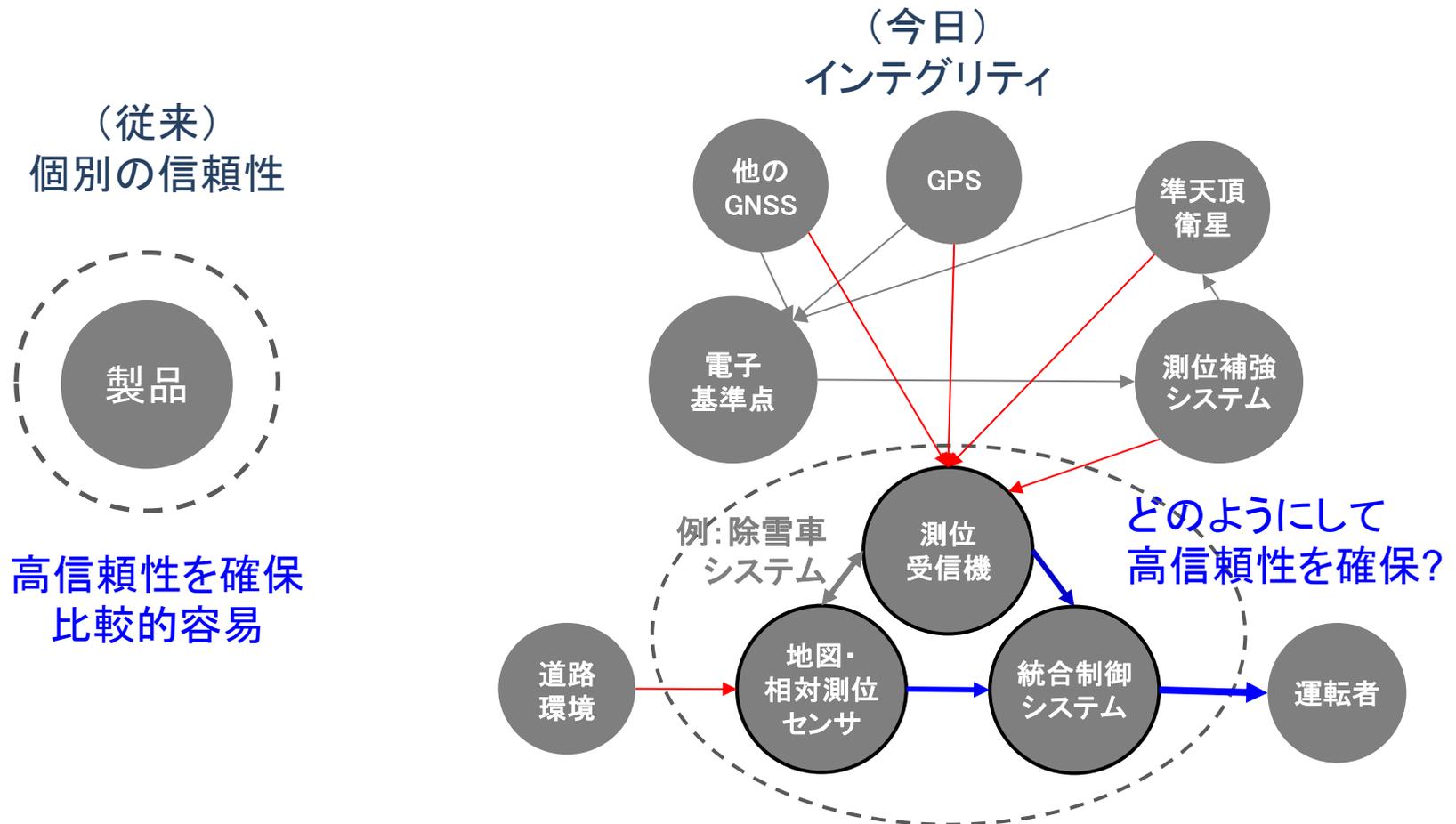


● 測位結果

### (3) インテグリティとは何か

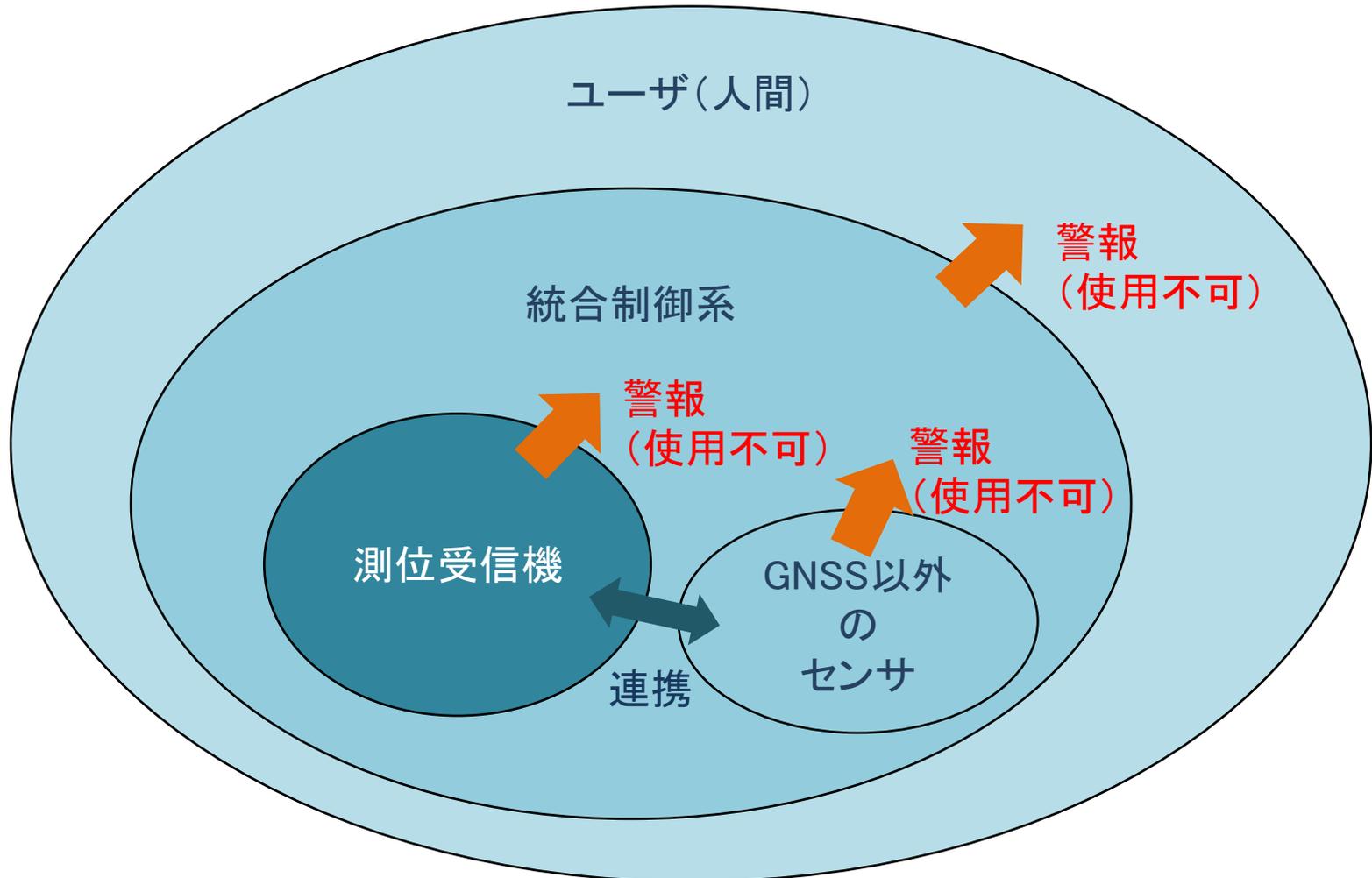
インテグリティ(Integrity)は、ラテン語の「integer(完全な)」に由来する英単語で、「抜けのないこと」をいう。システムでは欠損や不整合がないことを示す。

今日の機械システムは、単体で信頼性・安全性を示すことは困難で、他の要素との相互作用の中で、自分の出力の信頼度を通知することが求められる。



## (4) 使用不可時の適切な警報

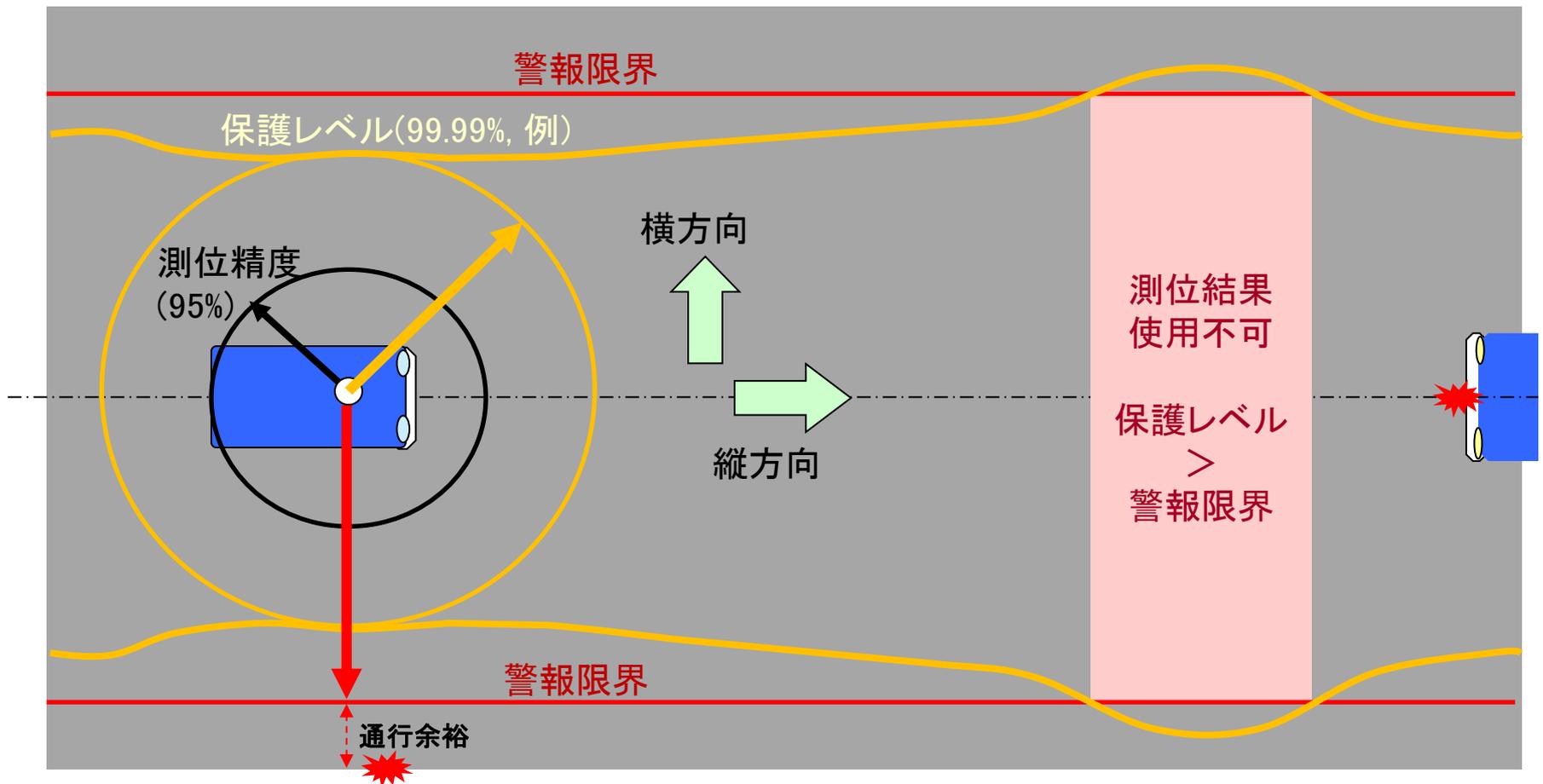
使用不可の状況の時、みずから警報を出し、上位系に伝えることが必要



(参考) QZSS CLAS では、品質指標 (URA, Quality Indicator) が配信されている

## (5) 保護レベルと警報限界

レンジ品質指標を用いて「保護レベル」を計算し、警報限界と比較する。下図では、横方向の保護レベルと警報限界について示している。保護レベルが警報限界を超えた時、測位結果は使用不可とする。



(インフラ情報)

計測

解析・表示

制御



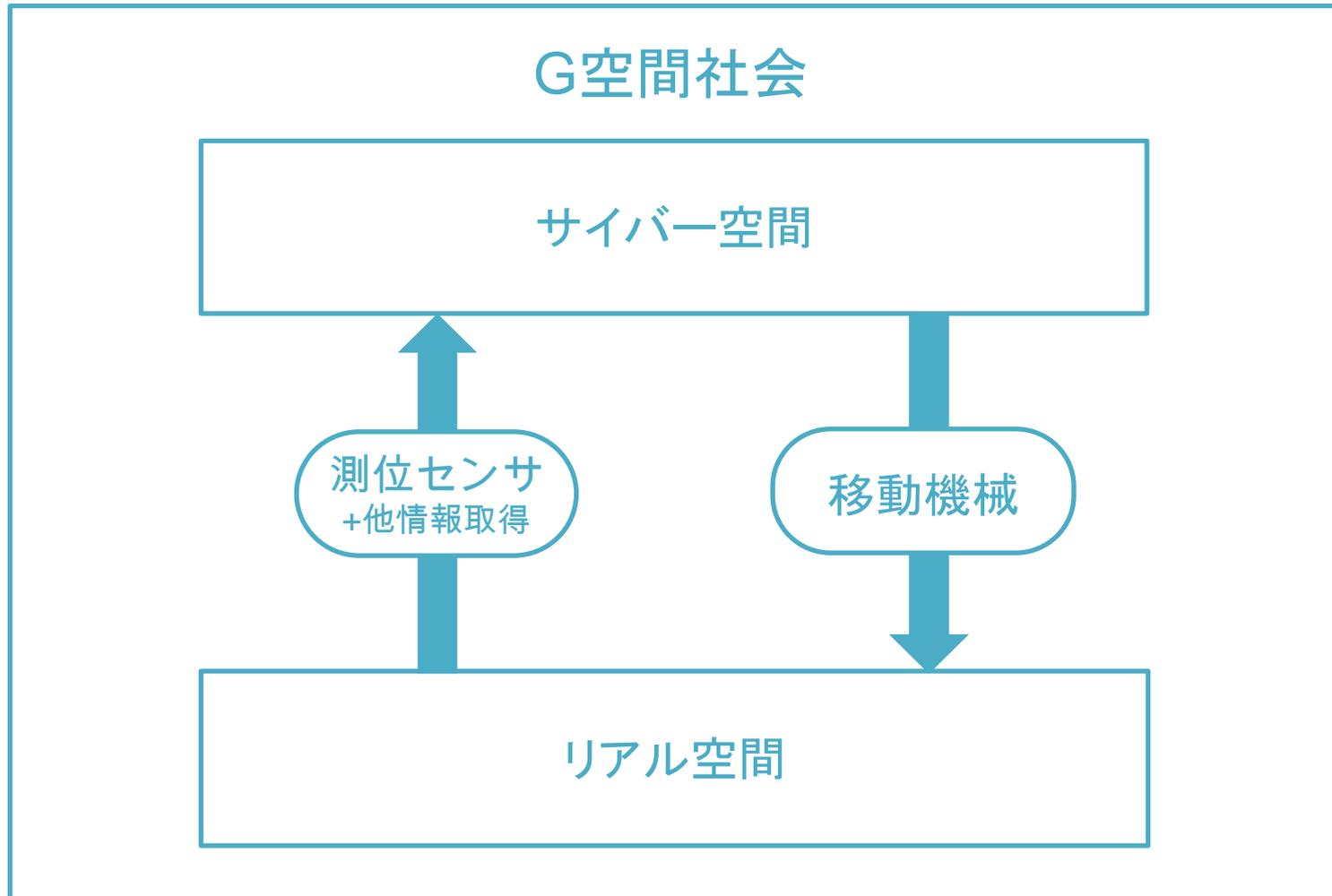
- ・QZSS補強
- ・A-GNSS
- ・ネットワークRTK
- ・二周波PPP
- ・SBAS
- ・海保DGPS
- ・航法メッセージ

- ・コード受信機
- ・搬送波受信機
- ・慣性航法複合
- ・屋内測位複合
- ・リモセン
- ・カメラ
- ・LIDAR/ミリ波

- ・マップ表示
- ・観測画像
- ・ナビ
- ・GIS
- ・3次元地図
- ・地理情報DB
- ・G空間クラウド

- ・建設機械
- ・農業機械
- ・自動車運転支援
- ・物流機械
- ・自動操縦・操船
- ・ドローン
- ・ロボット

リアル空間の位置情報をセンサでサイバー空間へつなぎ、解析し計画立案、自動機械を制御し、リアル空間の課題を解決する。



- 準天頂衛星インフラが整備されることで、日本における精密単独測位の社会実装が本格化する見通しとなった。
- 精密単独測位と従来技術の関係を正確に理論立てる必要がある。
- ネットワーク型RTK測位が相対測位と分類できるのは、ユーザインタフェースの視点においてである。
- 準天頂衛星のセンチメートル級測位 (CLAS) は、精密単独測位とネットワーク型RTK測位の両方の性質を備えている。
- スマートフォンの搬送波位相情報を用いたアプリケーションの創出が期待されている。
- 補強配信サービスが提供するインテグリティ情報を用いた信頼度の高い測位手法の発達が望まれる。
- サイバーフィジカル空間の計測・制御の視点は、課題を解決に有効である。