

## 第2回 災害リスク情報の利活用推進勉強会

# 衛星測位技術の現状と将来展望

東京大学大学院工学系研究科

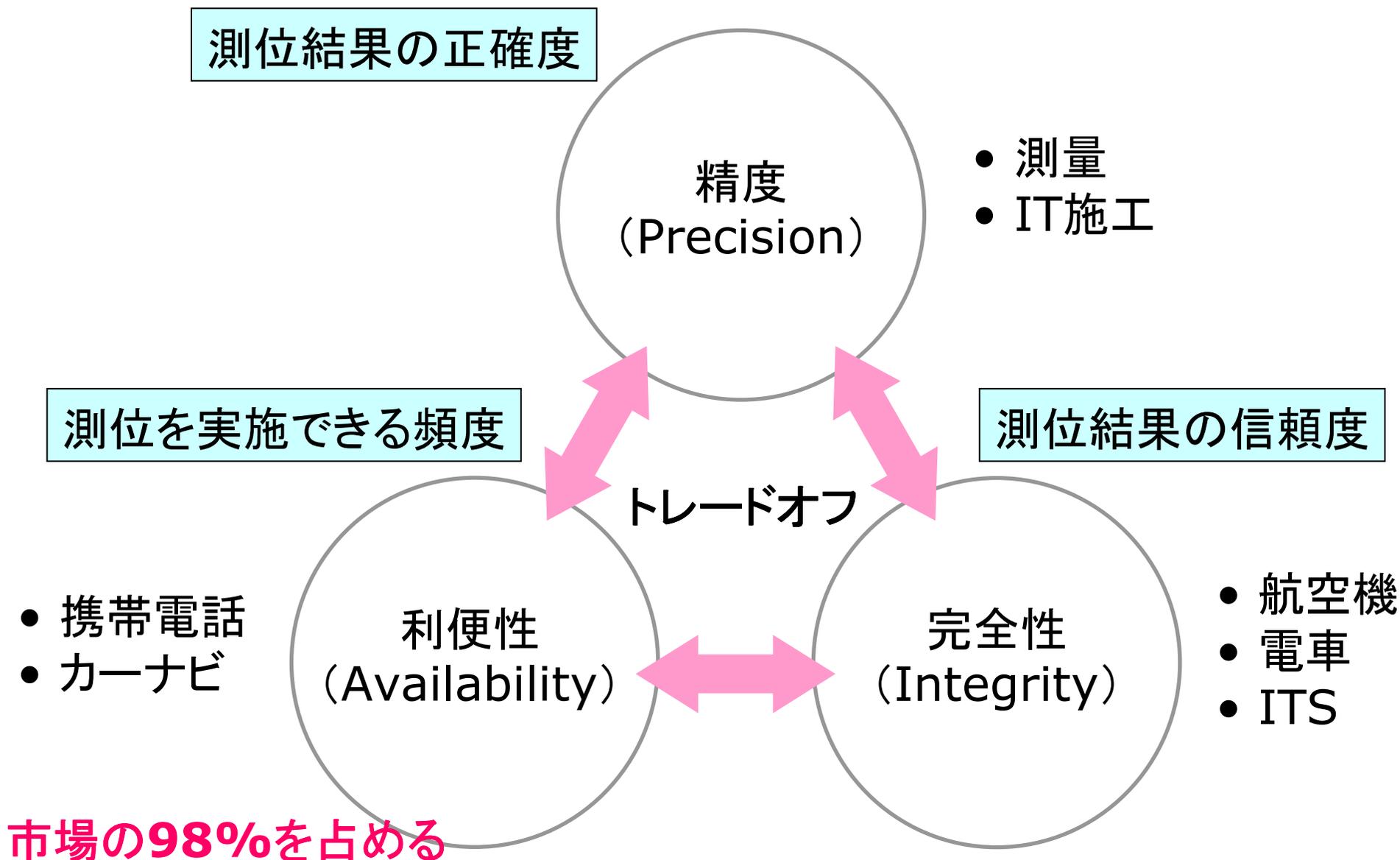
海老沼 拓史

---

## 衛星測位といえばGPS

- **Global Positioning System**の略
  - 人工衛星からの電波を利用して自分の位置を知るシステム（電波航法のひとつ）
    - 測位精度の低い民生信号と暗号化された軍用信号が提供されている.
    - 民生信号の利用は無料.
  - もうひとつ上位の概念 - **GNSS**
    - **Global Navigation Satellite System**の略
    - GPSは米国のGNSS
    - GPS以外にもGLONASS(ロシア), Galileo(欧州), Compass(中国), QZSS(日本)などが含まれる.
-

# 衛星測位システムの性能指標

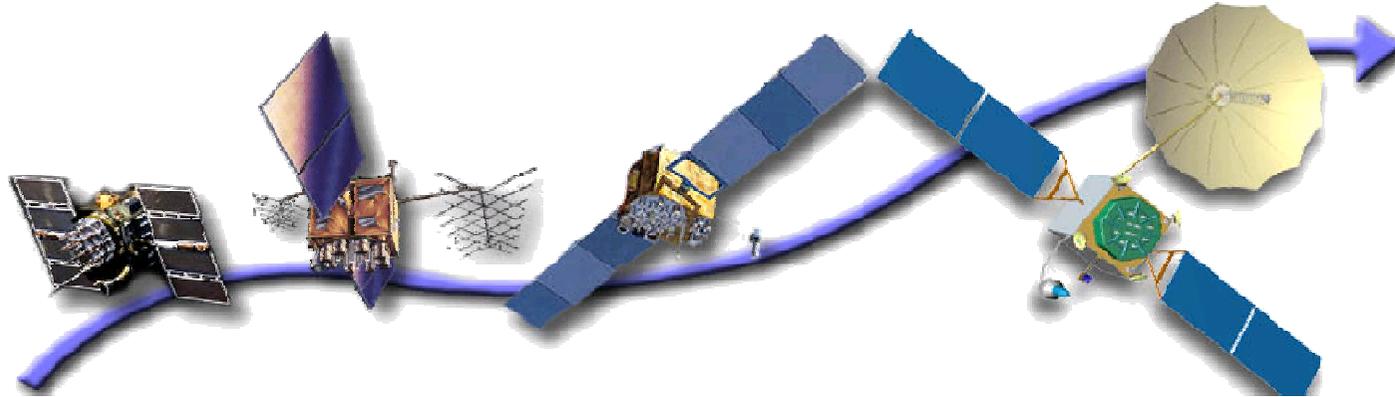


## 防災における衛星測位の活用

- 災害の影響を受けない宇宙インフラ。
  - 携帯電話ネットワークなどの地上インフラとは異なり、災害の影響を受けない宇宙インフラにより位置情報を得ることができる。
- 絶対位置を知ることのできる測位デバイス。
  - 土地勘のない場所であっても、地図上での絶対位置が提供される。
- GPS搭載の携帯電話の普及により、誰もが測位と通信を利用できる。
  - 緊急通報時に送信者の位置を知ることができ、迅速な救助が可能となる。
  - 反面、携帯電話ネットワークなどの地上インフラへの依存が高まってきている。

# GPS近代化

システム性能の向上, 防衛・民生利用の便益増強



## Block IIA/IIR

- 民生サービス
  - L1周波数のみ
  - C/AコードによるSPS
- 軍用サービス
  - L1, L2周波数
  - P(Y)コードによるPPS

## Block IIR-M, IIF

- 民生信号の追加
  - L2周波数(L2C)
  - L5周波数
- 軍用信号の追加
  - L5周波数
  - Mコード
- 耐妨害性能の向上
- 送信電力の調整機能

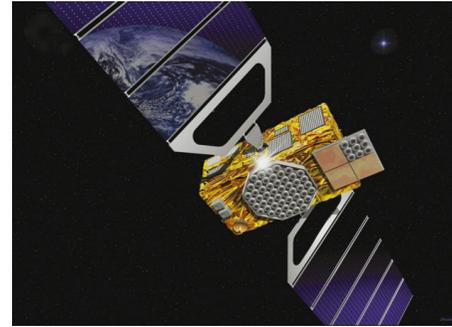
## Block III

- 耐妨害性能の向上
- 精度の向上
- 安定性の増強
- 利用保証
- 完全性の制御
- 新しい民生サービス
  - L1C

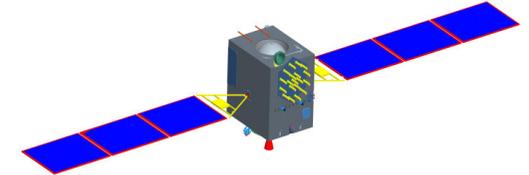
# 世界のGNSS



**GLONASS**



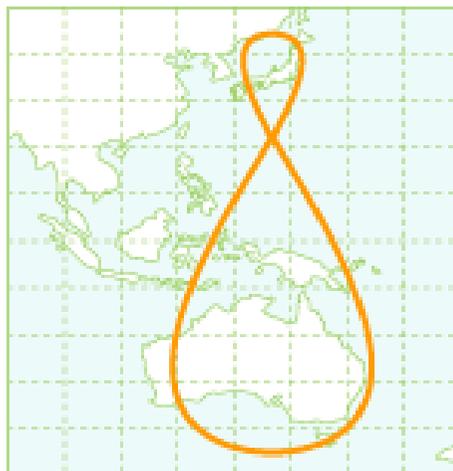
**Galileo**



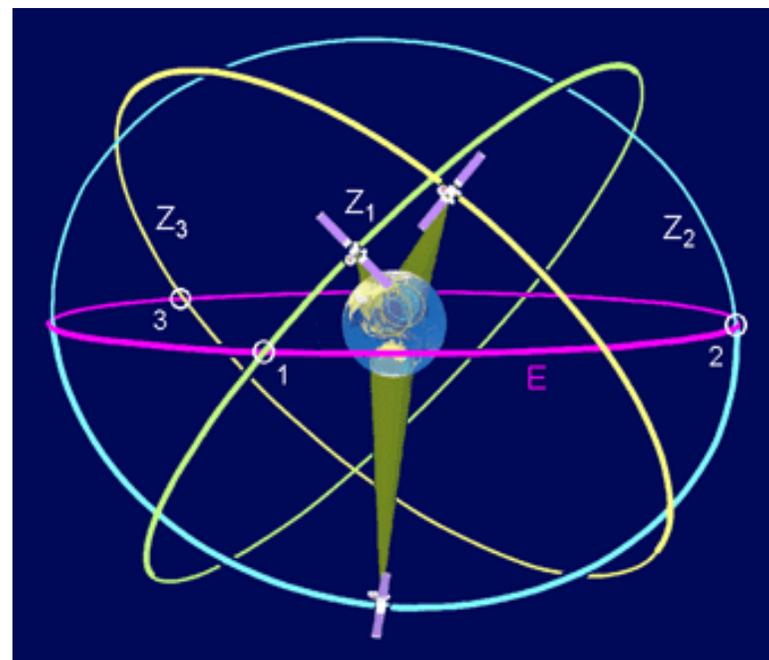
**Compass**

運用国	ロシア	欧州	中国
衛星数	21機(運用中)	27機+3機(予備) (2015年運用開始)	30機+5機(GEO) (2020年運用開始)
変調方式	FDMA	CDMA	CDMA
搬送波周波数 (MHz)	L1: 1598.1-1606.5 L2: 1242.9-1249.5 L3: 1201.7-1212.2	L1: 1575.42 E5a: 1176.45 E5b: 1207.14 E6: 1278.75	B1: 1561.098 B1-2: 1589.742 B2: 1207.14 B3: 1268.52
民生サービス	Standard Precision	Open Service	Open Service

## 準天頂衛星 (QZSS)



打上げ	ロケット:H-IIA(18号機) 打上げ:2010年9月11日
軌道	準天頂軌道
質量	4.1t(ドライ質量:約1.8t)
発生電力	5300W以上
衛星サイズ	3m(D)×25m(W)×6m(H)
設計寿命	10年(目標12年)

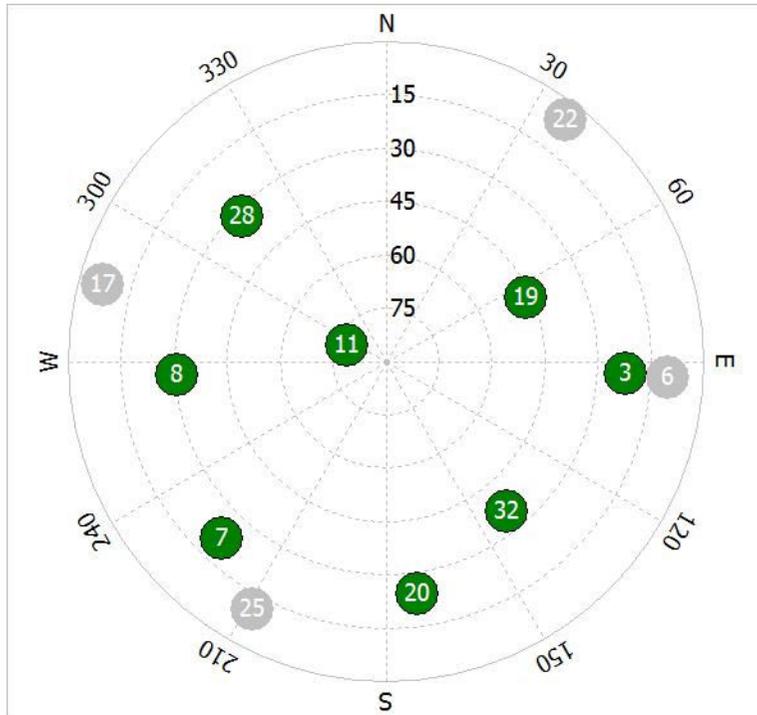


## QZSSによる測位サービス

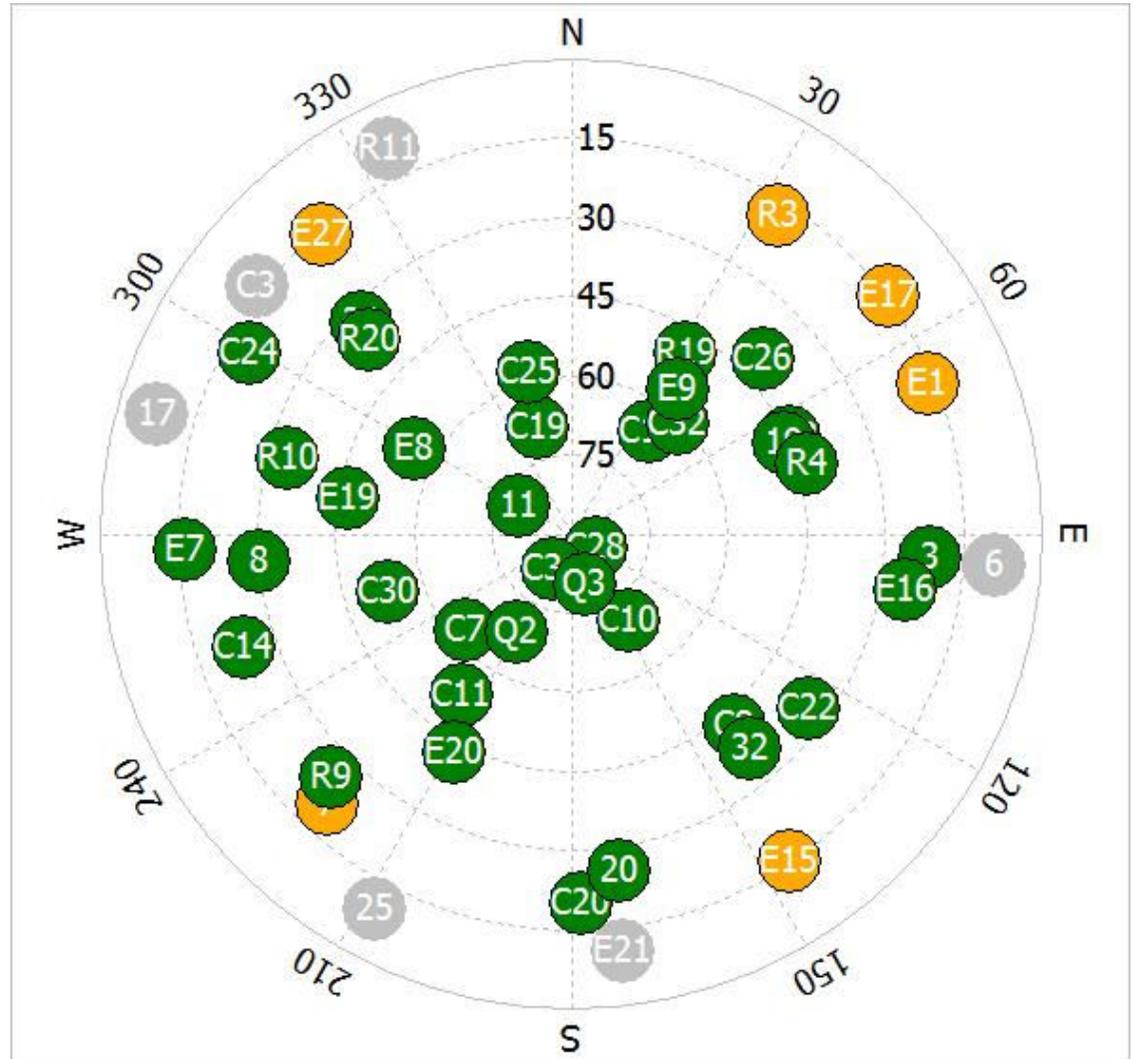
- GPS補完 = あたかもGPS衛星のように
  - 現在運用中のGPSと互換性のある測位信号が出せる機器をQZSS衛星に搭載し、GPSの衛星数を補い、利便性を改善する.
  - ビルの谷間であっても、天頂方向に必ず1機以上のQZSS衛星が観測できる(3機運用時).
- GPS補強 = GPS測位をパワーアップ
  - 地上で作られた位置の補正情報や、測位信号の信頼度情報などを、測位精度と併せて送信し、高精度で信頼性の高い測位を可能にする.
  - SBASより高精度な広域DGPS(L1-SAIF)に加えて、搬送波位相による高精度測位用の補強情報(LEX)も放送する.

# 30機近い衛星が上空にひしめくGNSS時代

現在



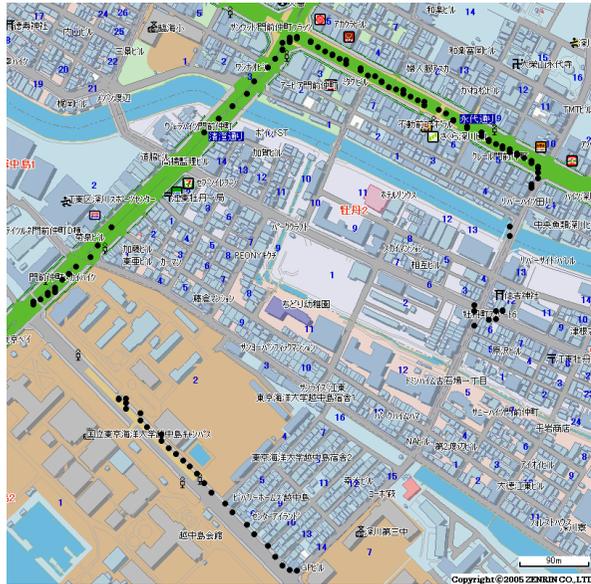
10年後?



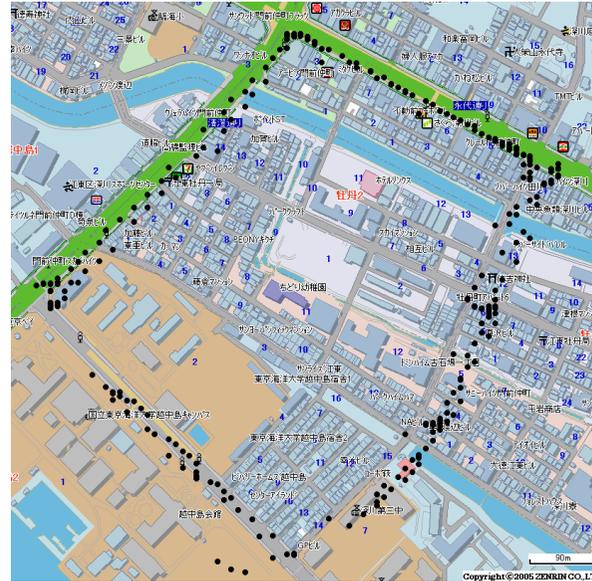
- Compatibility
  - GNSSの電波がお互いに干渉せず利用できる状態(利用するサービスは選択できない)
- Interoperability
  - ユーザーがより良いサービスを提供するGNSSを、どれかひとつ選択可能な状態
- Interchangeability
  - 複数のGNSSサービスを利用することで、測位精度を低減させることなく利便性を最大限に向上できる状態

# 複数のGNSSを利用した複合測位

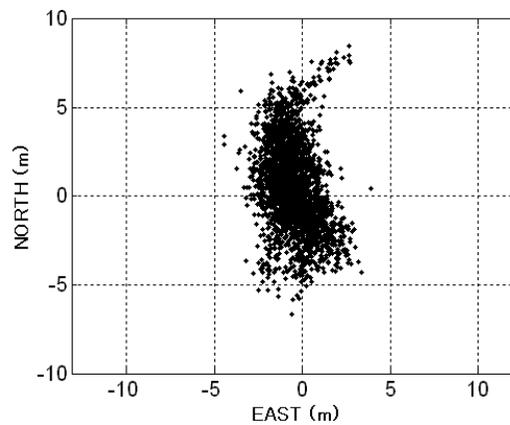
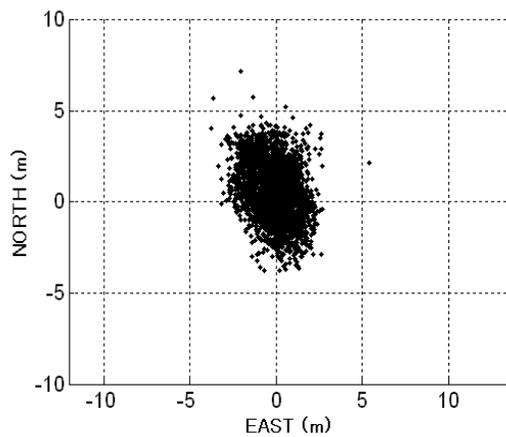
## GPS



## GPS+GLONASS



測位に利用できる衛星数の増加により、利便性は向上している。

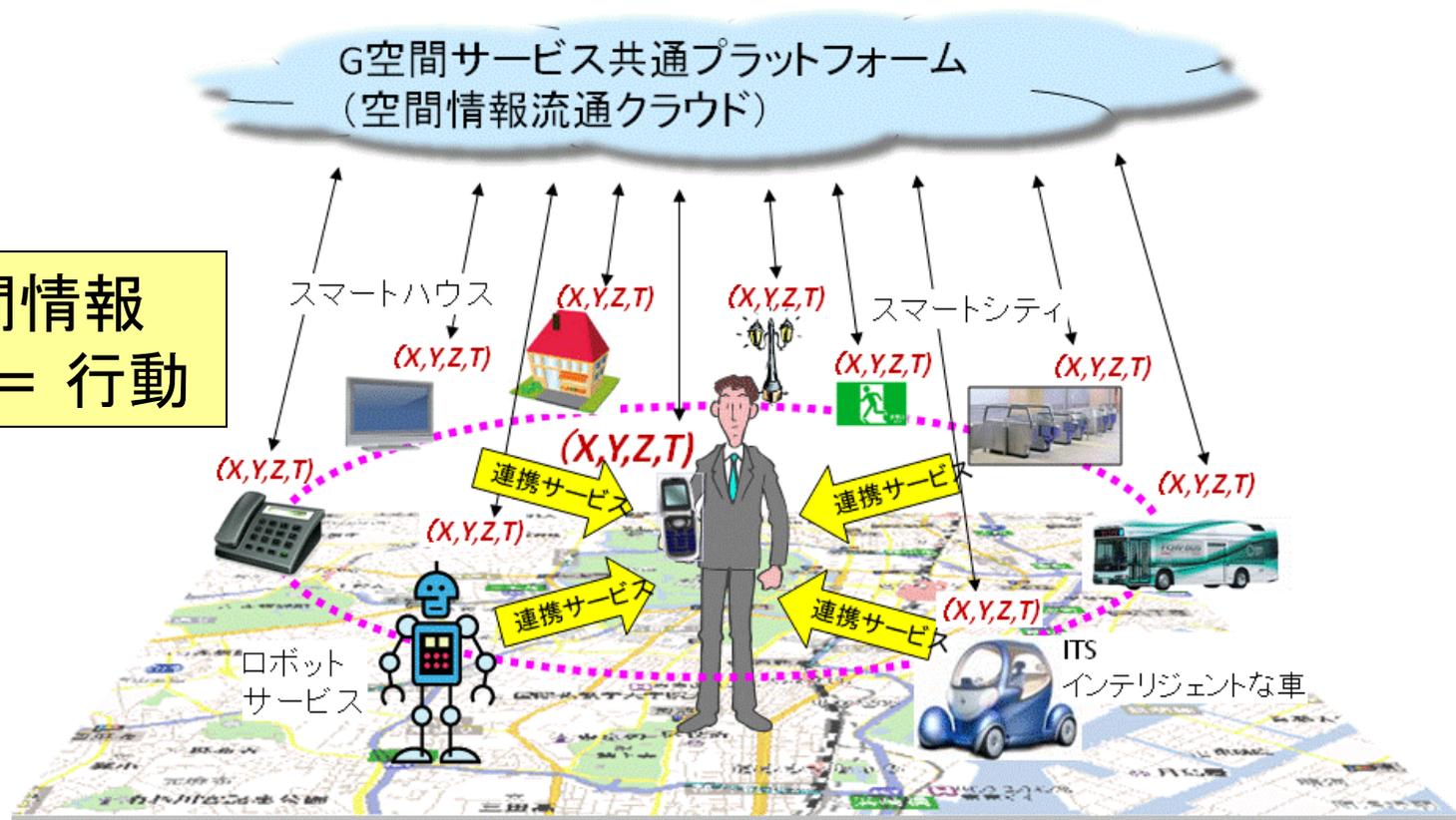


システム間で衛星位置精度や座標系が異なるため、測位精度が劣化している。

# G空間

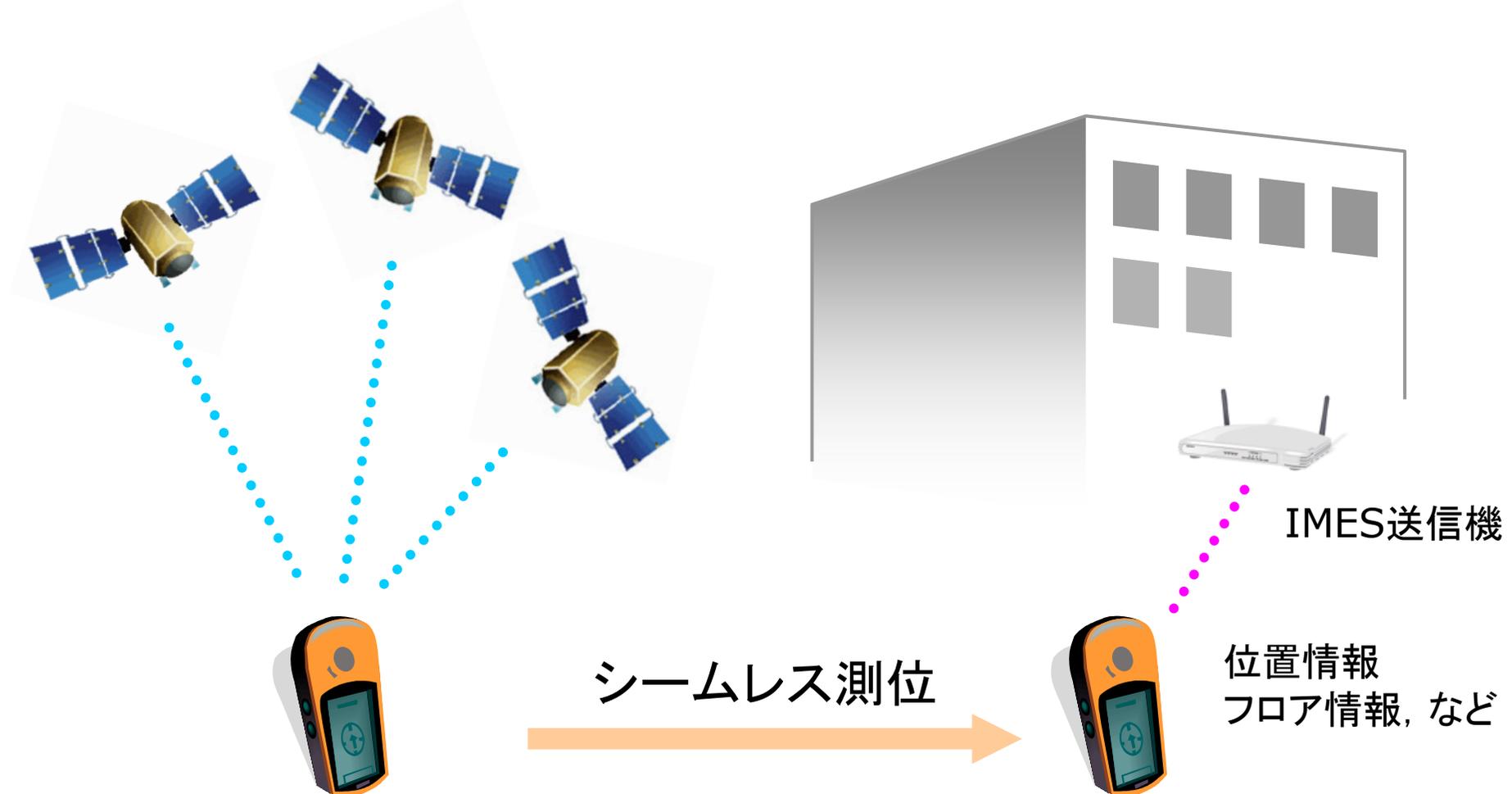
シームレス測位で得られる大容量の地理空間情報(G空間情報)を自由に発信・流通できるプラットフォームを通じて, ITS, スマートハウス, スマートシティ, ロボットサービスなどに提供.

4次元時空間情報  
位置+時間 = 行動



## IMES(Indoor Messaging System)

GPSと同じ信号で位置情報やフロア情報を放送するアクティブなRFタグ。GPSが受信できる端末であれば、システムの切換えを意識しないシームレスな測位が実現できる。



## アシスト型GPS (A-GPS)

携帯電話ネットワークを利用して、GPS衛星の位置情報や信号のタイミング情報を取得することで、高感度な高速測位を実現している。GPS信号が遮断された場合であっても、携帯電話基地局の位置を利用した測位が可能である。



## 無線LANによる測位

- 無線LANのアクセスポイントの位置情報を利用
  - 新しいインフラの整備が軽微
  - 測位精度は1～50m程度
- すでに実サービスが提供されている
  - クウジット「PlaceEngine」
  - スカイフックワイヤレス「Wi-Fi Positioning System」



## 屋内測位技術の比較(1)

	利点	欠点
A-GPS	携帯電話端末による高感度な高速測位を実現	携帯電話網などネットワークへの接続が必要
GPS以外の測位 無線LAN	新たなインフラの整備が軽微	アクセスポイントの位置情報を得るためネットワークへの接続が必要
IMES	GPS受信機のみで屋内外のシームレス測位を実現	電波が微弱なGPS信号にとって妨害電波となる可能性がある
RFIDタグ QRコード	タグ側に電力供給が不要でありロバスト	ユーザーがタグの場所まで移動しなければならない

## 屋内測位技術の比較(2)

	ネットワークへの アクセスが不要	新しいインフラの 整備が不要	受動的な測位
A-GPS	× 携帯電話網が必要	○	○
無線LAN	× インターネットが必要	△ アクセスポイントの 位置情報が必要	○
IMES	○	×	○
RFIDタグ QRコード	○	×	×

## まとめ

- 衛星測位は、いまや不可欠なインフラとなっている。
  - 今後5年～10年で測位衛星の数は倍増し、利便性が劇的に向上する。
  - しかし、ユーザーがその恩恵を受けるためには、運用国間での国際協力が必須となる。
  - 位置情報＋ネットワークの組合せにより、人やモノの動きをリアルタイムで流通させることで、新たなサービスの創出が期待される。
  - 「いつでも、どこでも」位置情報が得られるシームレス測位が次のステップへのキーとなるが、屋内測位における技術面での課題は多い。
-