

高精度衛星測位サービス利用促進協議会 標準化WG 2020年度 第3回会議資料

1. 「相対位置」の定式化に関する討議 …… 2
2. ISO/TC 20 国際標準化の進捗報告 …… 16

2020年11月19日

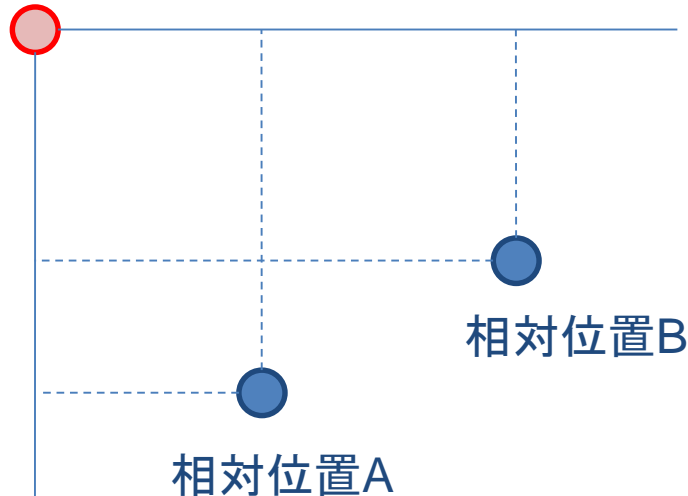
1. 「相対位置」の定式化に関する討議

「相対位置」定式化の概要

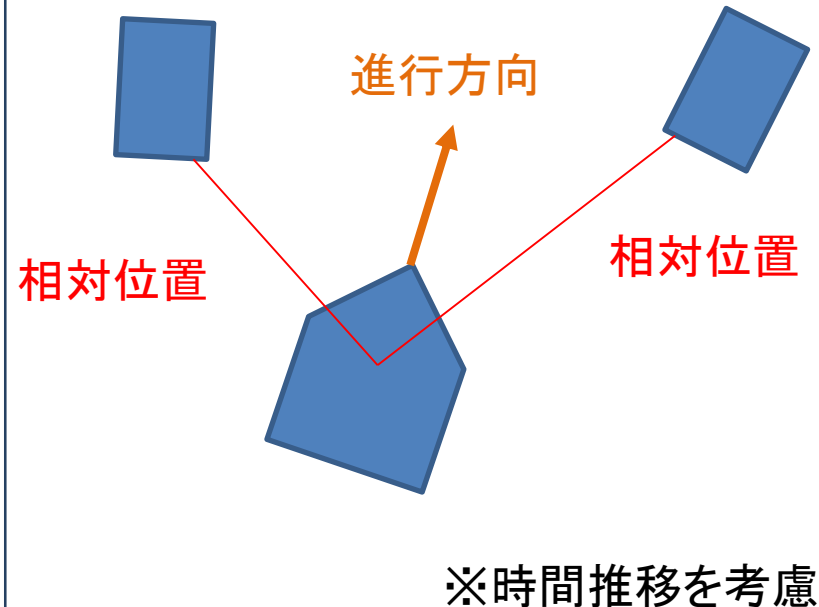
- 絶対位置よりも相対位置を使う場合が多いので、これについて定式化する。
 - ① アンカーポイント(局所基準点)からの位置
 - ② 移動する主体からの位置
- この2タイプは、測位産業の活性化のために両方とも必要である。

[A] ある基準点に対して相対的な位置

基準点 (アンカーポイント)



[B] ある移動体に対して相対的な位置



新しい要件: 茶色, 既存仕様にある要件: 黒色

- 端末ID, 相手の端末ID
- 時刻(UTC, 時分秒, 0.01秒)
- ローカル座標系
 - ① 移動体固定座標系(機首-U, 機首-D)
 - ② 移動空間固定座標系(進行方向-U, 進行方向-D) (e.g. ロボットアームの回転フレーム)
 - ③ アンカーポイント固定座標系(NEU, NED [UAV, 航空])
 - ④ 平面直角座標系, UTM [防衛省]
- 座標値(直交座標 $[X, Y, Z]$, 円筒座標 $[r, \theta, h]$, 極座標 $[r, \theta, \Phi]$)
- 移動体サイズ
- 移動体上の測定点位置
- 品質情報(測定方法、 σ 値)
- 方向・速度

[NOTE]

N: Northing

E: Easting

U: Upward

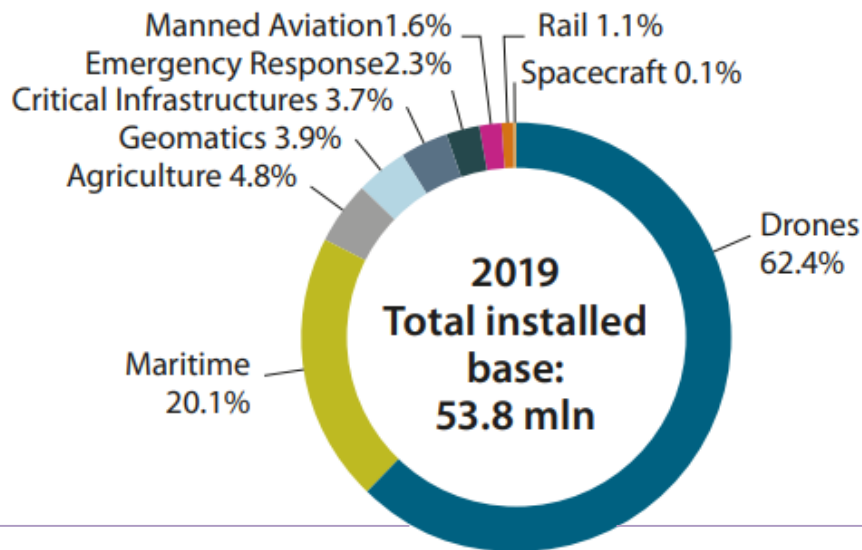
D: Downward

UAV: Unmanned Aerial Vehicle

UTM: Universal Transverse Mercator

衛星測位マーケットの状況（台数ベース）

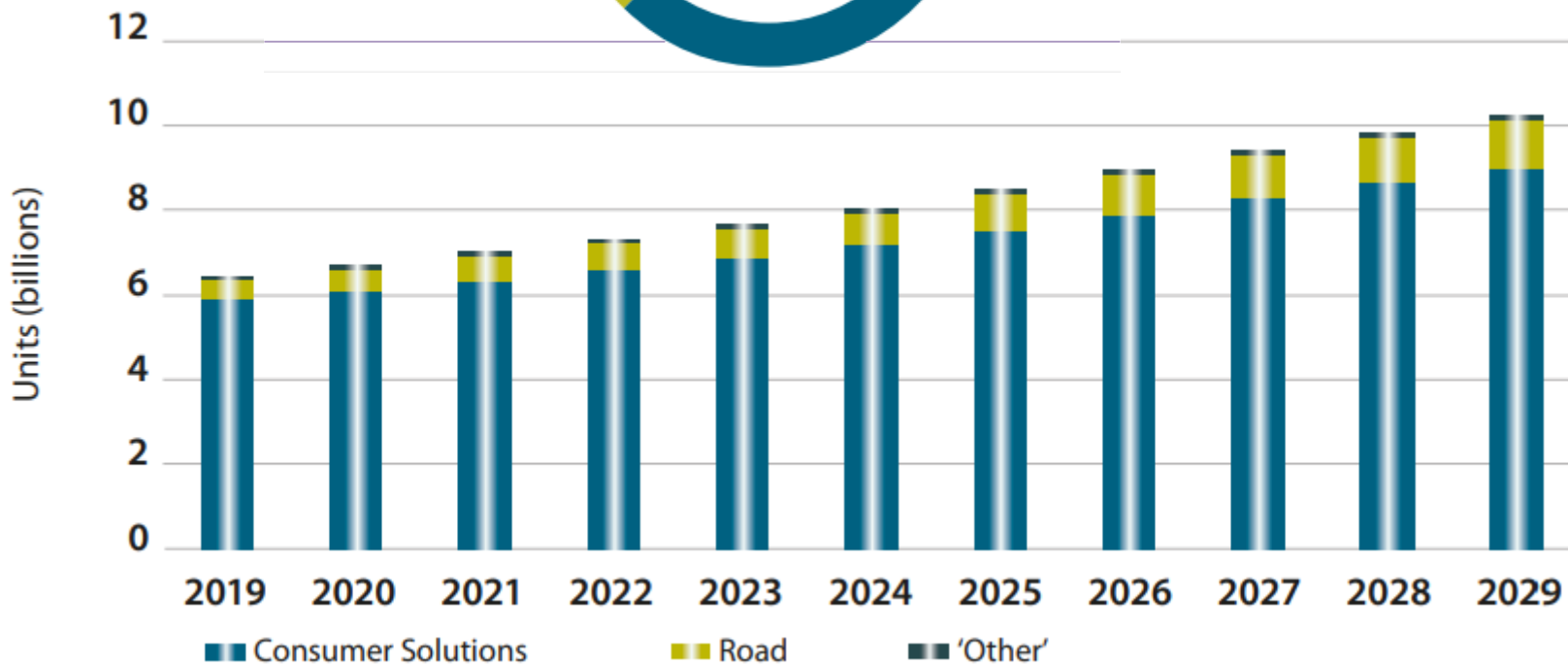
欧州連合
GNSS
Market
Report
2019



QBIC協議会の扱う市場

- ① Navigation
- ② Positioning
- ③ Timing

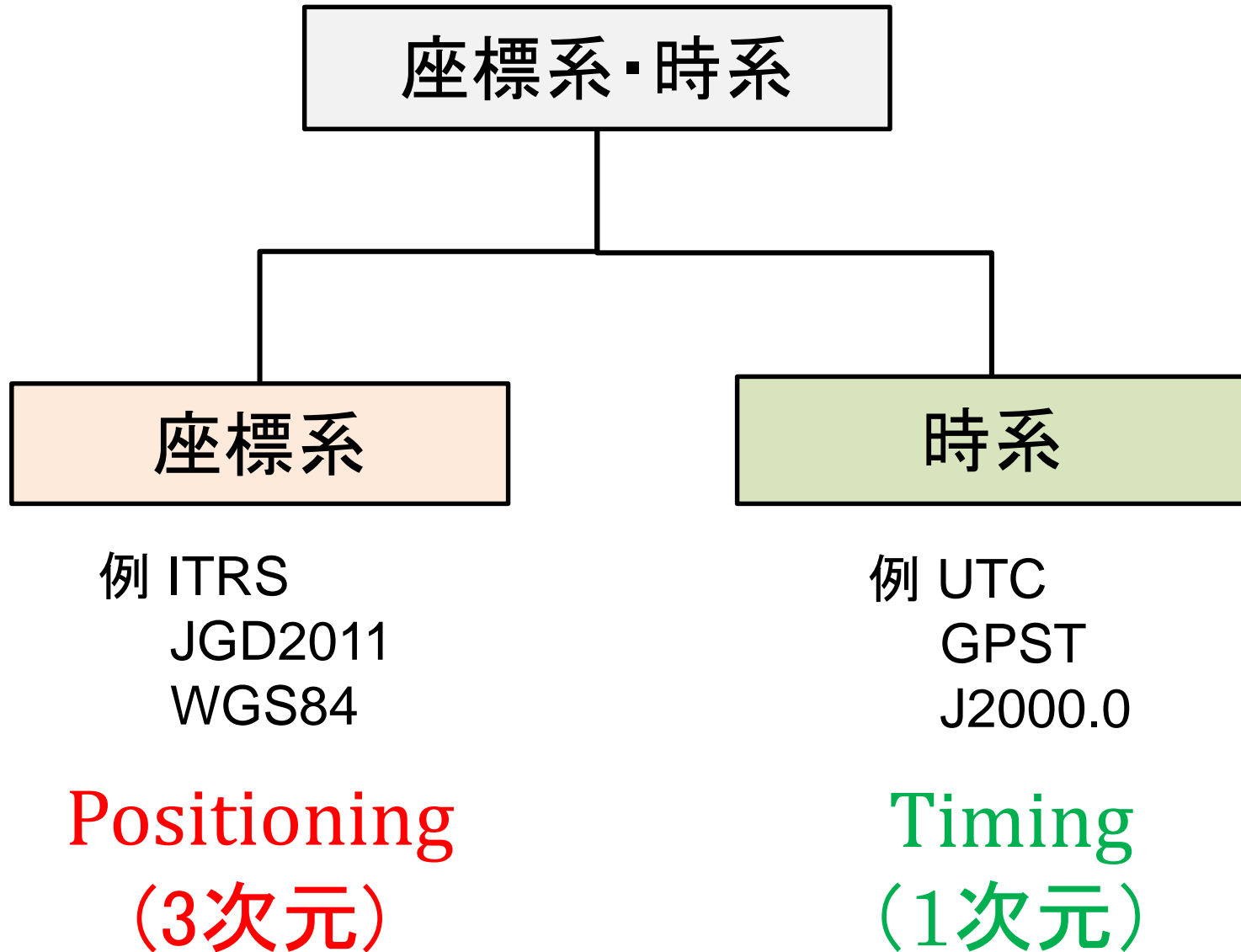
数量が多いのは①
②③も社会的に重要



Global installed base by segment

無償公開されている技術仕様書： 相対位置に関連する規格

- 宇宙航空研究開発機構
JAXA共通技術文書 JMR/JERG
<https://sma.jaxa.jp/TechDoc/>
(例) JERG-2-100-HB101 標準座標系・時系利用マニュアル
JERG-2-153 指向管理標準
- NASAを中心とした宇宙機関の国際連携
宇宙データシステム諮問委員会
CCSDS : Consultative Committee for Space Data System
<https://public.ccsds.org/default.aspx>
https://stage.tksc.jaxa.jp/ccsds/ccsds/CCSDS_overview.html (和文)
- 欧州の宇宙業界の連携
欧州宇宙標準化協力事業
ECCS : European Cooperation for Space Standardization
<https://ecss.nl/>



3. 基本事項

- ① 一般座標系
- ② 衛星座標系 → 移動体座標系
- ③ サブシステム座標系 → 観測(計測)座標系

3.1 座標系

本節では、指向管理で使用する座標系について概説する。指向管理で使用する座標系は、大きく、一般座標系、衛星座標系、サブシステム座標系に分けられる。一般座標系は、個別の衛星によらない一般的な環境の基準を表す座標系群である。衛星座標系は、個別の衛星における衛星レベルの基準を表す座標系群であり、サブシステム座標系は、個別の衛星におけるサブシステムレベルの基準を表す座標系群である。

1) 一般座標系

一般座標系には、主に、以下のような座標系がある。それぞれの座標系の定義の概要を、表 3.1 に示す。詳細な定義については、JERG-2-100-HB101 標準座標系・時系利用マニュアルを参照されたい。

- ・ 慣性座標系 (J2000.0、TOD、擬似 TOD 等)
- ・ 軌道基準座標系
- ・ 軌道座標系
- ・ 地球固定座標系 (WGS84、ITRF 等)
- ・ 地球楕円体 (WGS、GRS 等)

② 衛星座標系 → 移動体座標系

2) 衛星座標系

使用される衛星座標系とその定義は、厳密には、衛星毎に異なるものの、代表的な衛星座標系には、以下のような座標系がある。それぞれの定義を、表 3.2 に示す。

- ・モデル基準軌道座標系
- ・センサ基準軌道座標系（地球センサ、GPS 受信機、等）
- ・制御基準座標系（制御基準軌道座標系、制御基準慣性座標系、等）
- ・センサ基準座標系（スタートラッカ）
- ・姿勢決定座標系
- ・衛星座標系
- ・衛星固定座標系

TC 20/SC 14 では satellite → spacecraft

③ サブシステム座標系 → 観測(計測)座標系

3) サブシステム座標系

使用されるサブシステム座標系とその定義は、厳密には、衛星のサブシステム毎に異なるものの、代表的なサブシステム座標系には、以下のような座標系がある。ここでいうセンサには、姿勢センサとミッションセンサの両方がある。それぞれの定義を、表 3.3 に示す。

- ・センサ座標系、センサ基準座標系、センサ固定座標系、センサキューブ座標系、センサ光軸座標系
- ・センサ CCD 座標系、センサ CCD 局所座標系
- ・センサ機械座標系、センサ電気座標系
- ・アンテナ座標系、アンテナ基準座標系、アンテナ固定座標系
- ・アンテナ送受信機座標系、アンテナ送受信機局所座標系
- ・アンテナ機械座標系、アンテナ電気座標系

表 3.1 一般座標系の定義

名称	定義	備考
慣性座標系	軸方向を慣性空間に固定した座標系。X 軸を Epoch の真春分点方向、Z 軸を Epoch の真赤道面に垂直で北極方向を正とする方向、Y 軸をこれらに垂直。原点は一般に地球中心。このうち、J2000.0 慣性座標系は、Epoch を力学時 2000 年 1 月 1 日 12 時に取る。TOD 慣性座標系は、J2000.0 慣性座標系から、地球の歳差、章動を考慮した現時点における慣性座標系。擬似 TOD 座標系は、GPS 受信機の出力を定義する簡易的 TOD 座標系で、WGS84 座標系から地球自転補正 UTC だけ座標変換したもの	擬似 TOD 座標系から TOD 座標系への変換のためには、地球の極運動の補正が必要 注:TOD True of Date 赤道面座標系
軌道基準座標系	昇交点での軌道座標系に一致。原点は昇交点	
軌道座標系	衛星の軌道運動とともに回転する座標系。原点は真の衛星軌道における衛星質量中心、Z 軸は地球中心方向、Y 軸は軌道面ベクトルと逆方向、X 軸はこれらに直交	

慣性空間に
固定した座標系

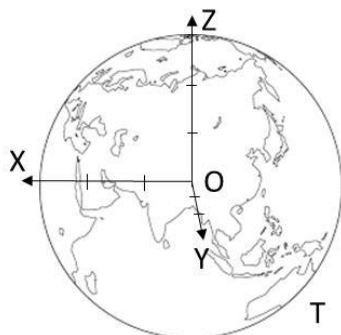
重力軌道に
固定した座標系
→ 経路に
固定した座標系

<p>地球固定座標系</p>	<p>地球に固定され、地球の回転運動とともに回転する座標系。原点は地球中心、X 軸は地球回転パラメータ計算のために国際時報局により定義されている X 軸方向、Z 軸は国際時報局が地球回転パラメータを計算するために基準とする Z 軸である慣用自転軸に並行</p>	<p>左記は WGS84 地球固定座標系の定義。他に、ITRF 地球固定座標系などがある</p>
<p>地球楕円体</p>	<p>地球のジオイドの形を近似した回転楕円体で、地球の形を代表するものとして使用。中心は地球の重心に、短軸は自転軸に一致</p>	<p>WGS84 楕円体、GRS80 楕円体を用いることが多い</p>

天体(or地球)に固定した座標系

Definition

Origin, Orientation, Scale, Time Evolution



Realization

• Reference station (example)



絶対座標は
相対座標に
包含される

表 3.2 衛星座標系の定義

名称	定義	備考
モデル基準軌道座標系	軌道座標系を規定する衛星軌道が、真の衛星軌道ではなく、軌道モデルにより計算で求められる軌道座標系。原点は軌道モデルにより算出される衛星軌道推定値における衛星質量中心、Z 軸は軌道モデルにより求められる地球中心方向、Y 軸は軌道モデルにより求められる軌道面ベクトルと逆方向、X 軸はこれらに直交	通常、衛星に搭載した計算機により計算される
センサ基準軌道座標系	軌道座標系を規定する衛星軌道ないしは相対的地球中心方向が、真の衛星軌道ではなく、搭載センサの計測値より求められる軌道座標系。原点は計測値より推定される衛星質量中心、Z 軸は計測値より推定される地球中心方向、Y 軸は計測値より推定される軌道面ベクトルと逆方向、X 軸はこれらに直交	搭載センサには、地球センサや GPS 受信機などがある

計測と制御が座標系を形成

制御基準座標系	姿勢制御・指向制御の制御目標として、衛星内で算出・設定される座標系	制御目標や使用する姿勢センサによって制御基準軌道座標系や制御基準慣性座標系などがある
センサ基準座標系	姿勢センサやミッション機器（ペイロード）の取り付けられた指向方向を代表するものとして、地上でアライメント測定で決定される座標系。原点はキューブミラー、X軸、Y軸、Z軸は、それぞれキューブミラー測定結果で定義される衛星X軸方向、衛星Y軸方向、衛星Z軸方向	
姿勢決定座標系	衛星の姿勢を規定し、姿勢決定がなされる座標系。原点は衛星重心で、X軸、Y軸、Z軸は、それぞれ軌道上で決定される衛星X軸、衛星Y軸、衛星Z軸	一般に軌道上で初期運用後に規定される
衛星座標系	衛星本体に固定された座標系。原点は衛星重心、X軸、Y軸、Z軸は、それぞれ、姿勢センサ基準座標系の各軸に平行	
衛星固定座標系	衛星本体に固定された座標系。原点は衛星分離面の中心線と分離面の公転、X軸、Y軸、Z軸は、設計時に規定される機械的X軸、機械的Y軸、機械的Z軸	

**計測と制御が
座標系を形成**

表 3.3 サブシステム座標系の定義

名称	定義	備考
センサ座標系	姿勢センサやミッション機器 (ペイロード) の指向方向を表すものとして、軌道上で使用される座標系	
センサ固定座標系	センサ単体に固定された座標系	
センサキューブ座標系	センサのキューブミラーを表す座標系。センサ光学基準座標系と同じ	
センサ光軸座標系	光学センサの場合の光軸を表す座標系。一般にセンサの指向方向を表す	
センサ CCD 座標系	CCD を持つ光学センサにおいて、CCD 面上に規定される座標系	
センサ/アンテナ機械座標系	センサ/アンテナの機械的取付を表す座標系。原点はセンサ/アンテナの機械的インタフェース点 (取付点)、X 軸、Y 軸、Z 軸は、衛星固定座標系の各軸に平行	
センサ/アンテナ電気座標系	センサ/アンテナの電氣的機能・性能を表す座標系	センサであれば光軸座標系、アンテナであれば原点をアンテナ面中心、1 軸をアンテナボアサイトに取った座標系とすることが多い

距離を観測：
GNSS, RADAR
角度を観測：
CAMERA
慣性量を観測：
IMU, INS, GYRO

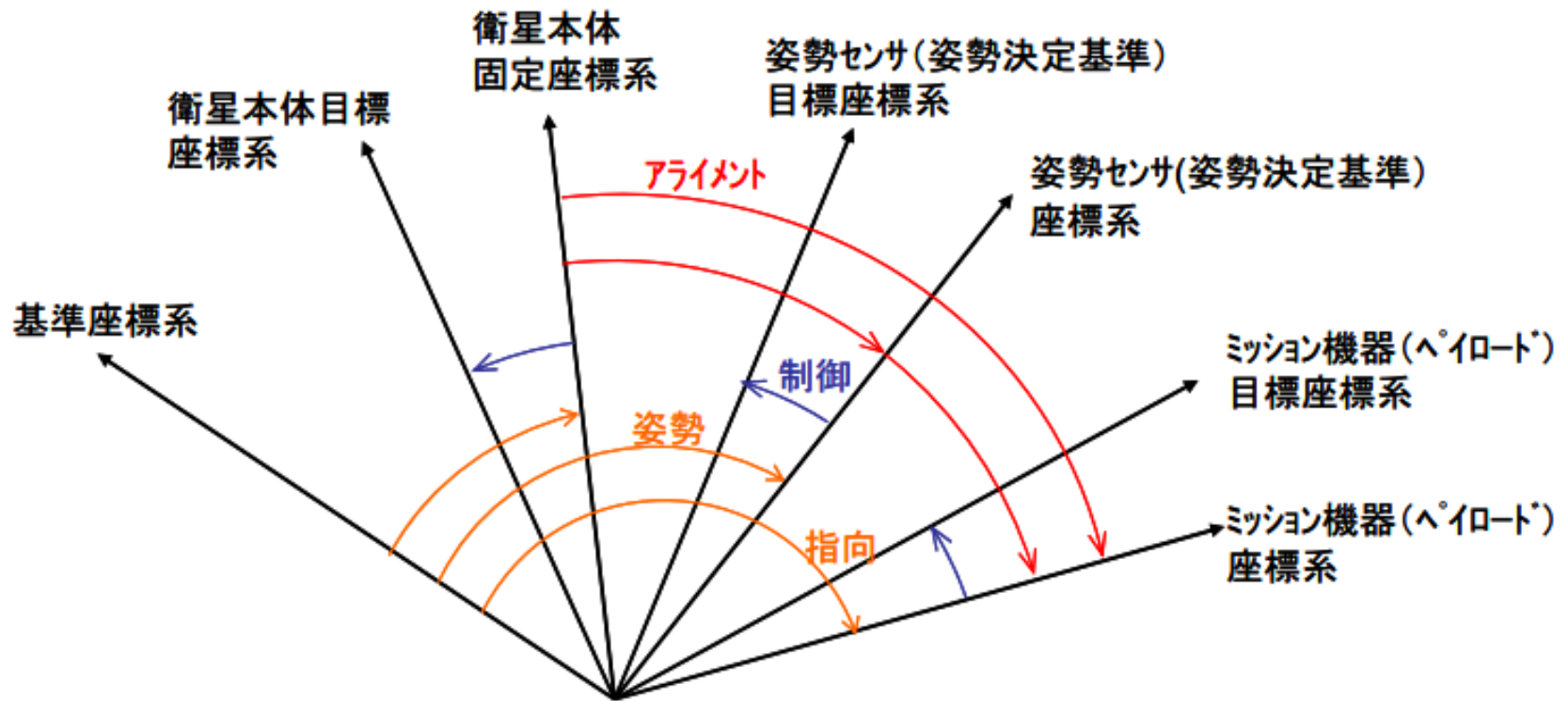


図 3.1 主要座標系間の関係 (指向、姿勢、アライメントの概念と決定、制御)

2. ISO/TC 20/SC 14 標準化の進捗報告

ISO/TC 20/SC 14 GNSSプロジェクト状況

No	題目	Stage	締切	発行
1	IS 18197:2015 センチメートル級測位の衛星利用サービス Space based services requirements for centimetre class positioning (原形:みちびきCLAS)	IS 開票済	2020-09-03	2020 更新
2	DTS 22591 安全要求ある高精度測位システムの衛星利用サービス Space-based services for a high accuracy positioning system with safety requirements (元除雪車)	DTS 投票中	2020-12-02	2021 (TS)
3	CDC 24246 GNSS測位補強センターの要件 Requirements for GNSS positioning augmentation centres	CDC 投票へ	2021 Feb	2021
④	WD 24245 GNSS受信機デバイスコード(QBIC提案) GNSS receiver class codes	WD 作成中	2021 June	2022
⑤	PWI 位置情報交換フォーマット(QBIC提案) Space-based services for positioning information exchange	PWI NPへ	2021 May	2024
⑥	PWI 衛星測位(PNT)サービス Space-based positioning, navigation and timing services	PWI NPへ	2021 June	2024

PWI (Pre-Work Item) → **NP** (New Proposal) → **WD** (Workng Draft) → **CD** (Committee Draft) → **IS** (International Standard)

D-: Draft, -C: with Comments

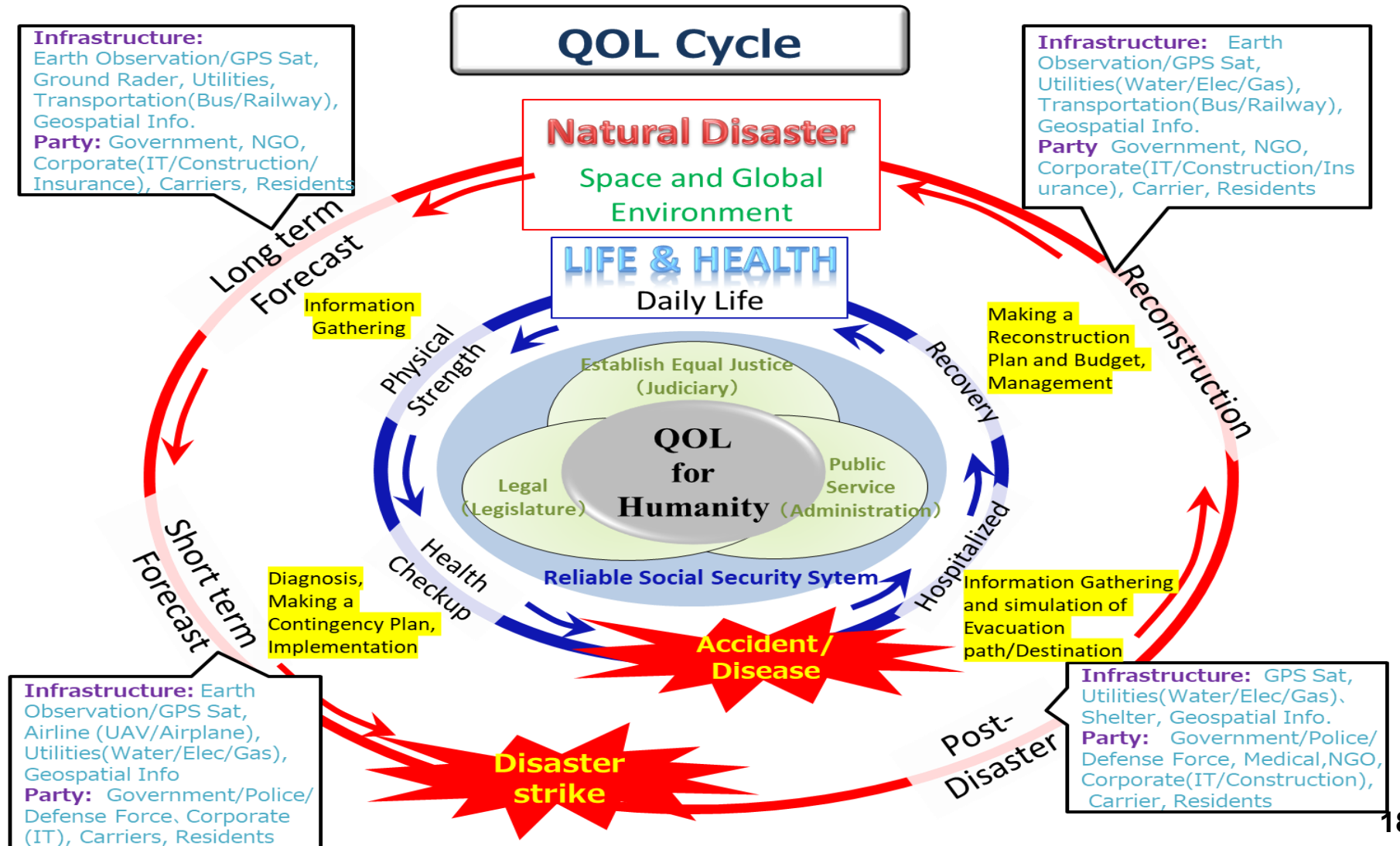
→ **TS** (Technical Specification) →

Space systems for Quality of Life (QOL)

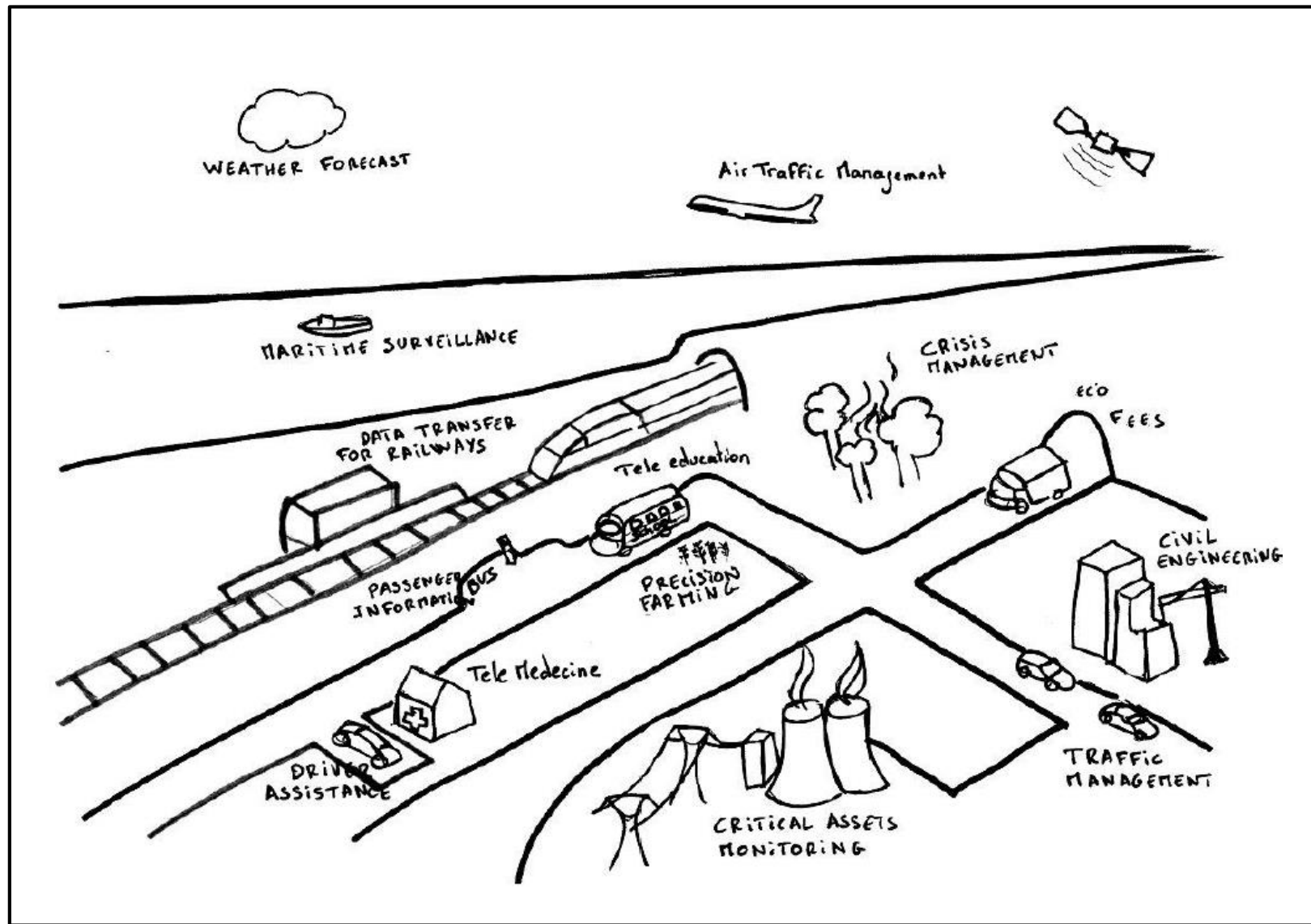
TC20/SC14/WG1

永島敬一郎コンビナー(東京海上火災)

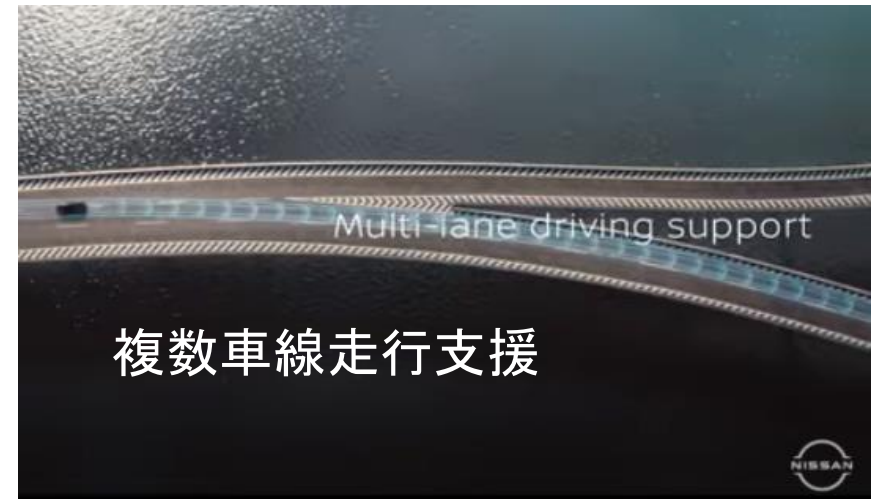
Space systems and its service standards have been developed toward Quality of Life for Humanity.



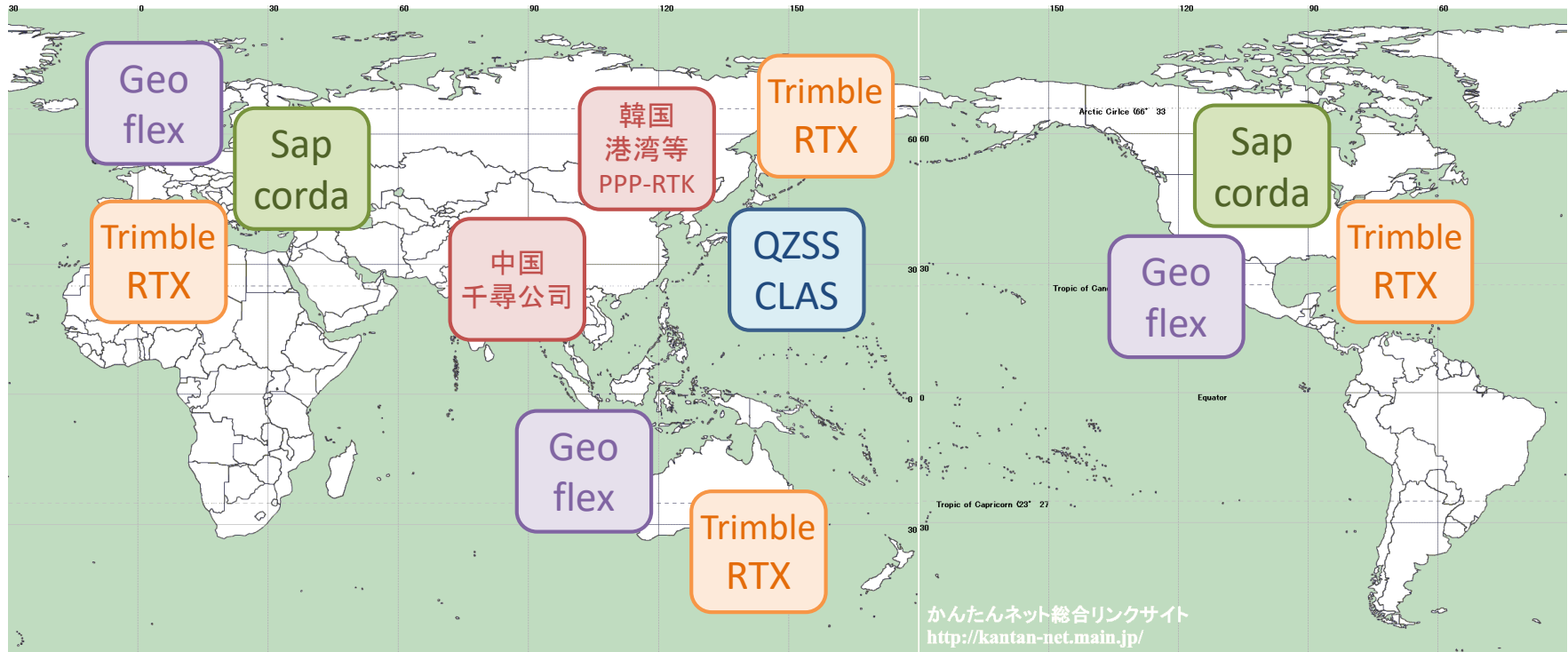
ISO TC 20/SC 14/WG 1 has discussed the promotion of space-based services since 2011.



日産 アリア(2021)



CLASの方式であるPPP-RTK測位は世界に普及している(地上配信含む)
5G仕様が規定されている3GPP規格にも制定されている。



- Geoflex <http://www.geoflex.fr/?lang=en>
- Sapcorda <https://www.sapcorda.com/>
- Trimble RTX Fast <https://positioningservices.trimble.com/wp-content/uploads/2019/02/Trimble-RTX-FAQ-2020-Brochure.pdf>

Paolo Santato 博士 ISO中央事務局より (Matteo Natale 氏よりコンタクト)

日本提案で2015年に発行した ISO 18197:2015 センチメートル級測位の衛星利用サービスに対するコメント:

「適用範囲を拡張し、低低空を飛ぶ無人航空機の航法センサ誤差(NSE)を含むべきである。

この規格は、ISO/WD 24355 無人航空機の飛行制御系を補完できるかもしれない。その規格は、飛行技法誤差(FTE)をカバーする見通しである。」

TC20/SC 14 委員会回答:

ISO 18197は今のタイミングでは修正できないが、新しい規格提案「衛星測位(PNT)サービス」に盛り込んではどうか？



Miguel Ortiz 氏 (エッフェル大学) フランス航空宇宙標準局 (BNAE) の紹介
[※ IEC TC 80 (船舶) 年内協議]
位置情報交換について

- NMEA-0183 に **integrity domain** の情報を付加したい。
- ISO TC204 (ITS) が最近 **TS 21176** を発行
"Cooperative intelligent transport systems (C-ITS) — Position, velocity and time functionality in the ITS station".
Software interface としてのGNSSデータのための交換プロトコル
ASN.1 (Abstract Syntax Notation One): Basic notation の仕様
- **ASN.1**
電気通信やコンピュータネットワークでのデータ構造の表現・エンコード・転送・デコードを記述する標準的かつ柔軟な記法である。マシン固有の技法などに依存せず、曖昧さのない記述を可能とする形式規則を提供する。
(Wikipedia)



Geoff Reech 氏 (NASA) TC 20/SC 14議長の部門の担当者

日本「他のTC/SCでは、航法の安全に関する衛星測位の全エリアをカバーできない。TC20/SC14で取り組む必要がある。」との意見を受けて、

「その理由付けは、正しいといえる。

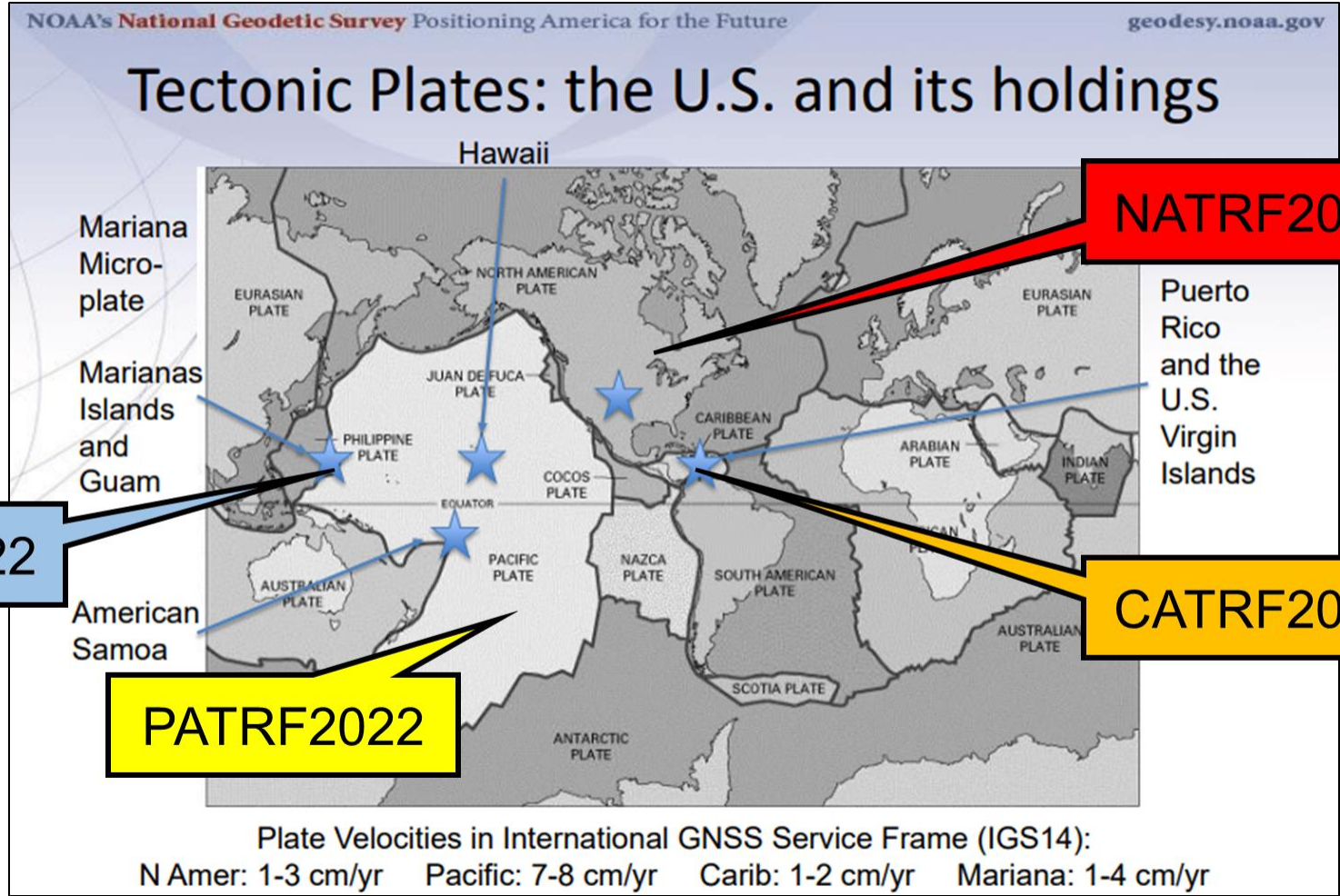
ISOの他の委員会に対して、衛星利用という立場から、**リーダーシップ**を発揮する余地が潜在的にあると思う。

当委員会の国際標準にとって、このような調整活動が役に立つだろう。」

TC 20/SC 14/WG1で、このコメントは共有された。



CGSIC
民生GPS
サービス連絡会
North
American
Terrestrial
Reference
Frame



© 2018
U.S. NOAA NGS

航法の視点

- 3次元
- Present time
- 地図不動

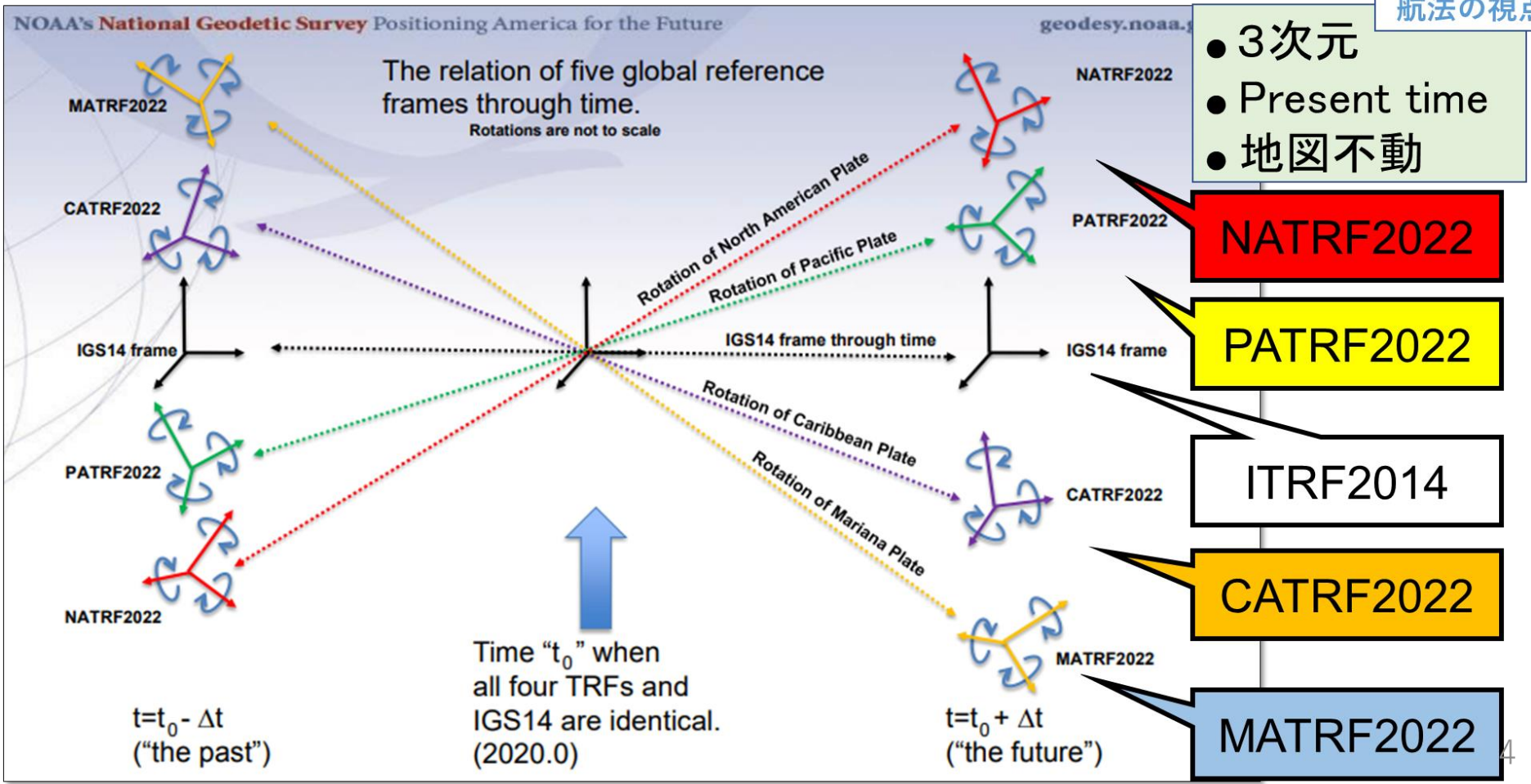
NATRF2022

PATRF2022

ITRF2014

CATRF2022

MATRF2022



2018年11月に国際航法学会(IAIN) World Congress 2018 が千葉・幕張で開催された。準備会合にて、日本の基準座標系の議論があり、会長から、

『2011年の座標では、航法の安全は確保できない。』

という指摘があった。

Navigation からみた 基準座標系の条件

- 現時点 present time
- 3次元(4次元ではない)
- 地図不動



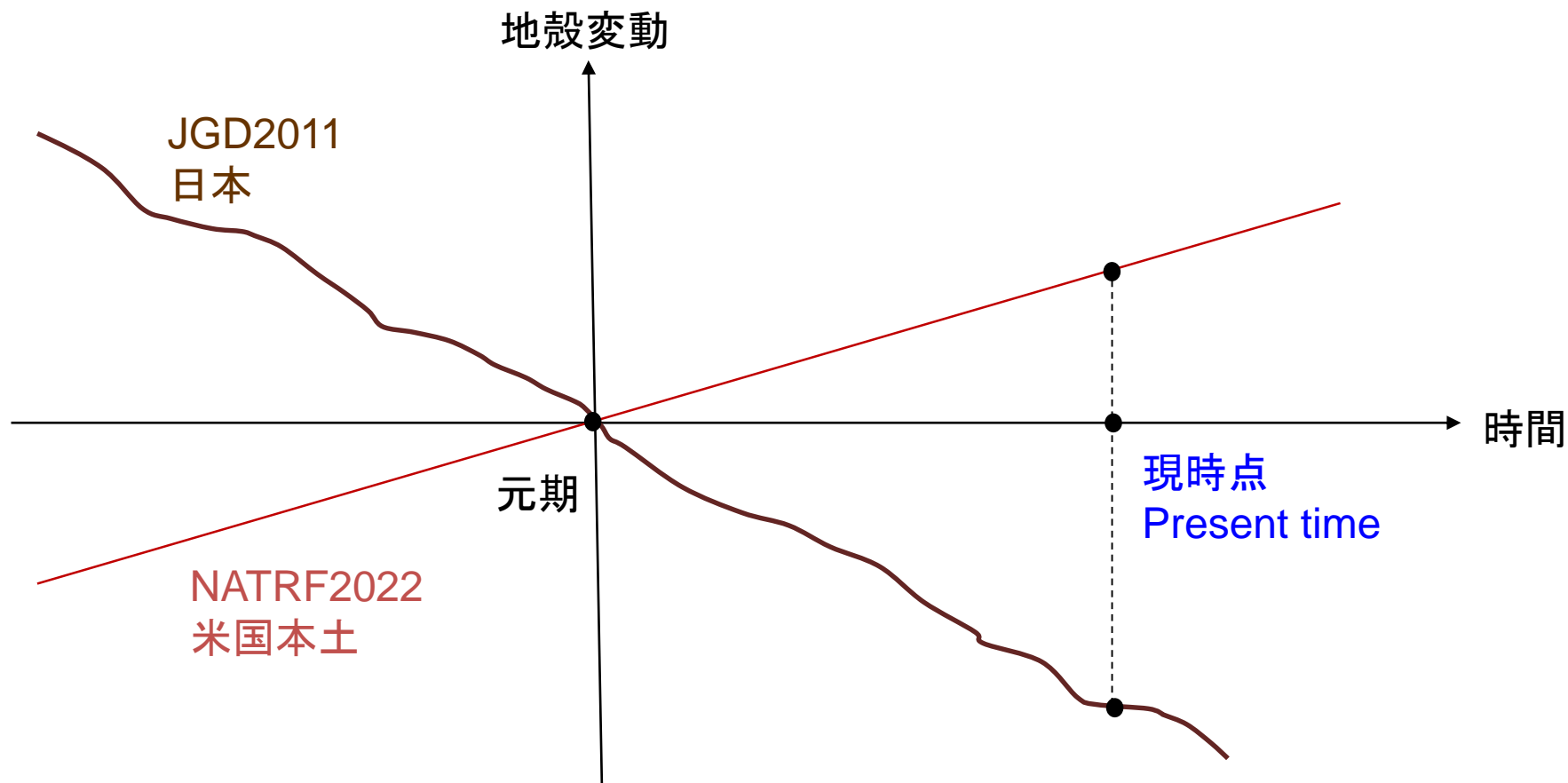
The 16th World Congress of the
International Association of Institutes of Navigation 2018

Science, Technology, and Practice to Resilient Navigation

Date: 28 (Wed.) November - 1 (Sat.) December, 2018
Venue: Makuhari Messe
Host Institute: Japan Institute of Navigation (JIN)

航法の安全を確保するためには、現時点の座標を利用する必要がある。
ISO 19161-1:2020は、二次実現(国家座標)は、3次元であると規定している。
JGD2011の時間は何に固定されているのか？

航法の安全を確保するためには、**現時点 (present time)** と考える必要がある。



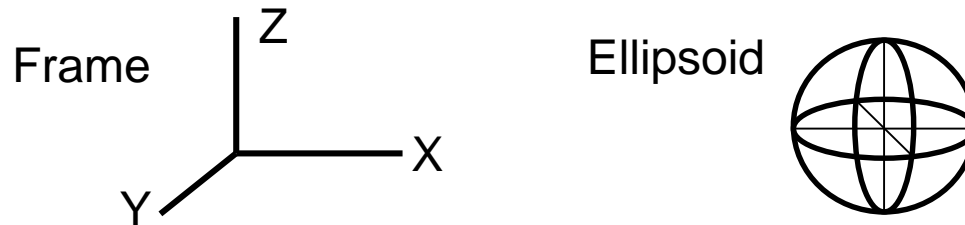
国家座標

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix}}_{\text{並行}} + \underbrace{\begin{pmatrix} 1 + D & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 + D & R_x \\ R_y & -R_z & 1 + D \end{pmatrix}}_{\text{回転}} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + \underbrace{\begin{pmatrix} S_x \\ S_y \\ S_z \end{pmatrix}}_{\text{歪み}}$$

「**航法の安全**」を確保することは、**事故を防止**することである。
事故は局所的に発生する。局所的に成立すれば、利用できる。

⇒ Navigation 分野としては、国家座標も、Present Time の
3次元座標と認識できる。

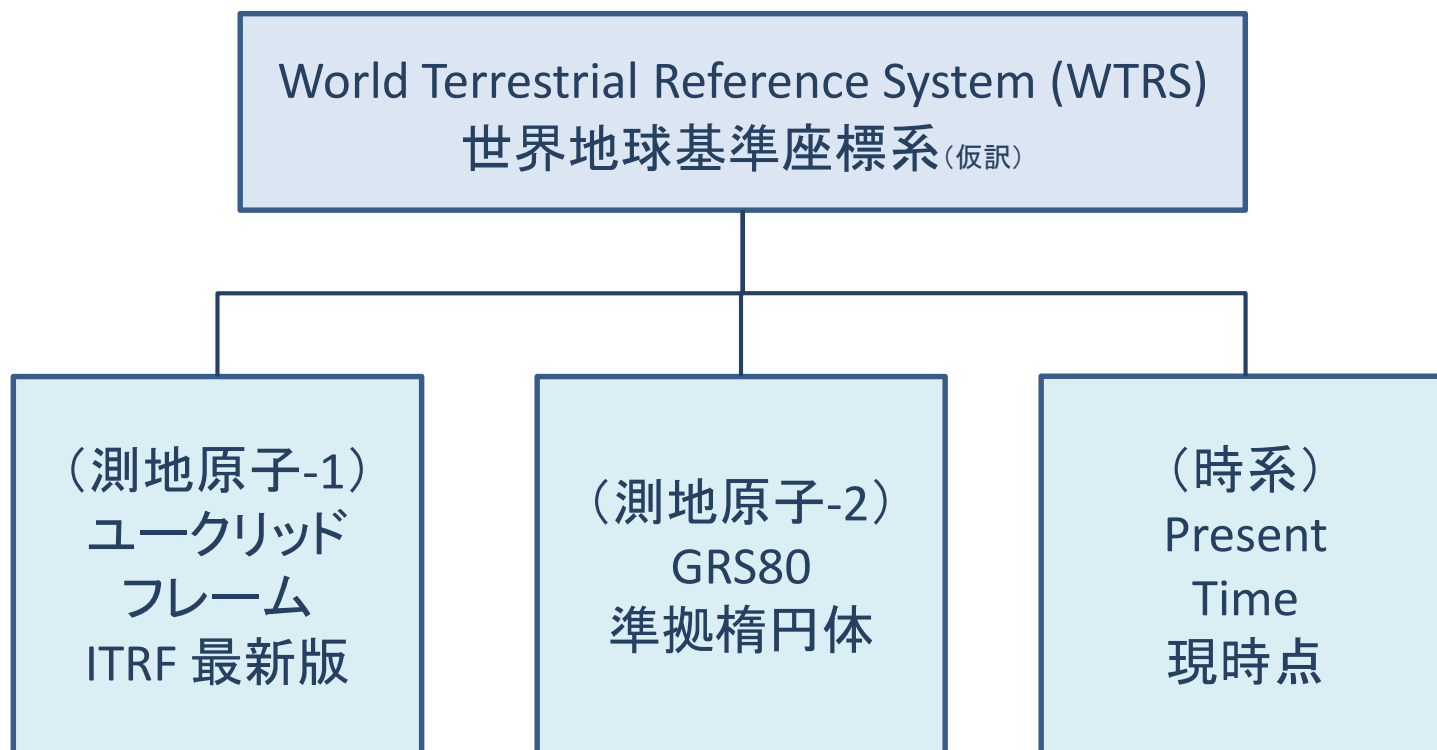
- ITRFは、ユークリッド空間と定義されている。緯度・経度を表現できない。ITRF-LatLonHt 等の書き方もあるが、規定ではない。これは、一つの測地原子 (datum) であって、総合システムではない。従って、ITRFは総合システムである WGS84 の代替にはならない。



- 測量では、JGD2011 という総合システムが定着している。自動運転用3D-HDマップも公共測量にて JGD2011 が使われている。
- 海空の航法 (海保・航空局等) では、WGS84 という総合システムが使われている。これは、米国防総省 地理空間情報局 (NGA) の監督下にある。しかし、WGS84には、世界的に測地学・測量学の立場から批判がある。米国の影響力が相対的に低下している。
- 日本のJISの 測地原子 (datum) 論 は、問題の解決策を説明するのに役立つ。
- 問題解決の方法は・・・

航法基準(Navigational reference) の確立 (案)

PWI : Space-based positioning, navigation and timing (PNT) services に反映。
ISO/TC 20/SC 14/WG1から提案。ISO 19161-1 Geodetic reference と調和。
発行目標 2024年。普及目標 2034年。



WTRSは、WGS84を継承する総合システム
年代番号は付けなくても可と定義。付ける場合は、使用したITRFを継承する。