

高精度測位システムの安全性要求に関する 技術仕様書ISO/TS22591の制定

三菱電機株式会社 鎌倉製作所 営業部

石原 隆一 (ISO/TS22591 プロジェクトリーダー)

1. はじめに

本技術仕様書は、経済産業省の助成金を受けた形で2016年より開発を開始した。当初は国際標準 (IS: International Standard) としての発行を志向したが、ISO/TC20 (航空機及び宇宙機) /SC14 (宇宙システム及び運用) の中での議論、調整の結果、まずは技術仕様書 (TS: Technical Specification) として内容を世に問うこととなり、2021年7月に発行された。

ISO/TC20/SC14では、1992年の発足以来、宇宙産業界を主体にした国際標準化活動が主であり、宇宙機 (衛星やロケット等) の設計、

試験、運用や管理、工程などの議論が中心で、衛星利用サービスが対象になることはほとんどなかった。

このような中、我が国が議長を務めるSC14のWG (ワーキンググループ) 1においては、「宇宙産業の拡大のために、宇宙機とアプリケーションをつなぐ役割となる『複合標準 (Combination Standard)』が必要である」との考えを2010年代の前半から提唱し、各国間で議論を重ねてきた。(図1-1参照)

現在、WG1の日本代表団は、宇宙機を利用した代表的なアプリケーションの一つである

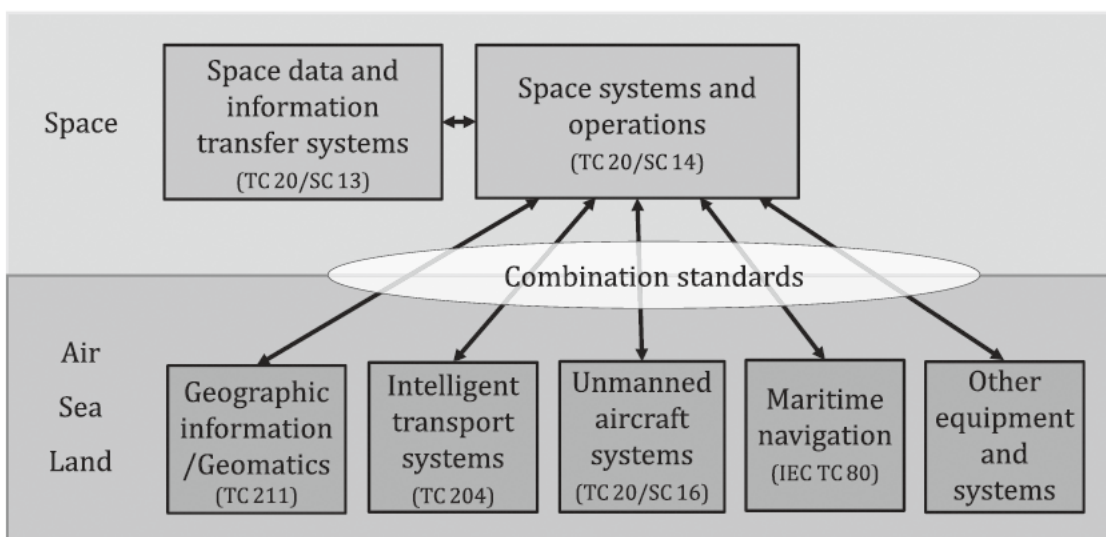


図1-1 宇宙機、衛星利用サービス (アプリケーション) および複合標準の関係

衛星測位システム（GNSS：Global Navigation Satellite System）に着目し、標準化活動を主導している。（表1-1参照）このような活動は、衛星測位利用分野での産業の裾野を拡げ、技術の海外展開を促進していくために極めて意義深いものとなる。

このうち、日本がプロジェクトリーダーを務めたISO18197（センチメートル級測位の衛星利用サービスに関する要求）が2015年に発行されたが、これをきっかけとして我が国が得意とする準天頂衛星関連の技術、ノウハウも活用したより衛星利用サービス側に近い標準の制定を目指すこととなり、2016年度初めより本プロジェクトがスタートした。

表1-1 日本が主導するGNSS関連国際標準

No.	題目	備考
ISO 18197	センチメートル級測位の衛星利用サービス	2015年発行
ISO/TS 22591	安全要求のある高精度測位システムの衛星利用サービス	2021年発行
CD 24246	GNSS測位補強センターの要件	
WD 24245	GNSS受信機デバイスコード	
PWI	位置情報交換フォーマット	
PWI	衛星測位（PNT）サービス	

注. CD：Committee Draft 委員会原案

WD：Working Draft 作業原案

PWI：Prereminally Work Item 予備業務項目

2. 本技術仕様書の概要

本技術仕様書は、除雪や農作業などの地上走行を伴う作業において測位を利用したシステムを構築する際、考慮が必要となる安全要求を制定したものである。本技術仕様書内容を参考にシステムを構築することで、経験／

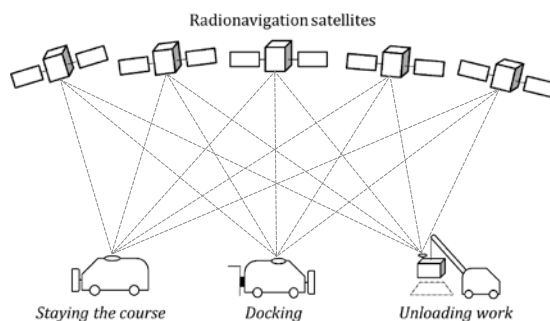


図2-1 ISO/TS22591で対象となるシステムのイメージ

スキルが不十分な場合や視界確保が困難な場合においても、安全に運用を行えることを目指した。

図2-1に本技術仕様書の対象となる測位利用システムのイメージを示す。

本技術仕様書では表2-1に示すように、7つの安全要求を要求レベルとともに定義し、システム構築における指針とするよう要求している。この要求を守ることで、システムの安全性が確保可能になるとともに、必要となる各種のセンサやサブシステムの国内外での取引が促進され、高精度測位関連業界全体への活性化効果が期待できると考えている。

表2-1 7つの安全要求

要求No.	項目名	要求レベル
1	高精度地図データの使用	必須
2	測位品質の表示	必須
3	経路上の障害物への衝突回避	推奨
4	経路からの脱落回避	推奨
5	排出作業による被害回避	推奨
6	他車両／歩行者への衝突回避	推奨
7	GNSS使用不可時の測位補完	必須

3. 活動経緯

本プロジェクトは、わが国の高精度測位関

連技術の海外展開促進を支援することを戦略目標として、まずは除雪用の測位アプリケーション（除雪作業支援システム）にスコープを限定し、2016年より標準の開発をスタートした。

以下、本標準の新規提案からTS発行に至るまでの経緯を述べる。

3.1 新業務項目提案（NP）としての承認

新業務項目提案（NP：New Work Item Proposal）においては、①高精度地図の利用、②高精度測位の利用、③衛星経由補正情報の利用、④補正情報生成センターの利用、という4点の要求を主眼に置いた内容で提案し、2017年3月からの最初の国際投票に臨んだ。雪の多い地域を有する国々からの賛同が得られ、結果として賛成5（日、仏、露、中、ノルウェー）、反対2（米、独）、棄権6となり、参加7か国中5か国の賛成（2/3以上の賛成）を得て、次ステップへ進むことを認可された。

3.2 委員会原案（CD）の詳細内容調整

2017～2018年度にかけては委員会原案（CD：Committee Draft）の作成を実施した。これに伴い以下の調整を行った。

- 除雪作業支援システムはGNSSを利用するものの、地上アプリケーションであり、TC20/SC14の分野にふさわしくないとのコメントを受けた。これに対し、宇宙システムはそもそも地上も含めたマルチ・セグメントのシステムであることを主張し、理解を求めた。
- 補正情報関連の要求（③衛星経由補正情報の利用／④補正情報生成センターの利用）は、各国インフラのシステム整備事情があり、要求の標準化は困難であるとのコメントを受けたので、検討の結果、取り下げを了承した。
- CDの内容が「除雪支援」という単一アプ

리케이션にフォーカスした内容となっており、ISO標準としてはふさわしくないとの指摘を受けた。これに対しては、各種の高精度測位アプリケーションにおいて除雪支援の分野が最も厳しい安全条件を必要とする点、および今後他分野にも展開可能な点を説明し、理解を求めた。

その後、2019年2月より本CDに関する賛否の投票が行われ、同4月に結果が公表された。その結果、賛成2（日、露）、反対2（米、独）、棄権9となり、参加4か国中2か国の賛成に留まったため、残念ながらこの時点では一旦否決となった。要因は主に、「除雪支援アプリケーションにフォーカスし過ぎている点」が標準としてふさわしくないという反応になったことと考える。

3.3 CDの承認と技術仕様書（TS）の登録

2019年4月の投票結果を受け、2019年度以降、さらに以下の調整を実施した。

- 除雪支援アプリケーションのみにフォーカスせず、スコープを拡大することに日本側として合意した。具体的には農機や道路クリーニング、IT施工などにも言及し、他国メンバーの懸念の払拭を試みた。
- スコープが広がったことにより、本内容を国際標準（IS：International Standard）とするには更なる議論、時間が必要との指摘を受け、ISではなくまずは技術仕様書（TS：Technical Specification）としての登録とする旨を提案した。

上記の調整を経て修正した新しいCDにて、2020年9月より再度賛否の投票を実施した。その結果、賛成7（日、米、仏、伊、中、カザフスタン、ブラジル）、反対0、棄権6、という投票結果を獲得し、ISO/TS 22591としての登録の認可を得ることができた。

4. 技術仕様書記載内容の紹介

本技術仕様書では表2-1に示す7つの安全要求を定義し、システム構築における指針とするよう指示するとともに、各要求の要求レベル（必須項目／推奨項目）を明確にしている。例えば安全要求1においては高精度な地図を利用することを、安全要求2においては、測位の品質表示を行うことを、いずれも必須項目として要求している。

また、必要となる測位精度によって作業を4つのWork Categoryに分けた。各カテゴリにおいて、測位精度と地図精度を規定している。（表4-1参照）

- Work Category 1：車道外側線が見えるように除雪する、燃料供給ステーションへドッキングするなど。作業対象物のサイズ目安は0.1～0.25m。
- Work Category 2：路側帯や歩行エリアを除雪するなど。作業対象物のサイズ目安は0.25～0.5m。
- Work Category 3：交差点エリアを除雪する、経路の幅や凹凸を簡易に整えるなど。作業対象物のサイズ目安は0.5m～1m。
- Work Category 4：幅広のコース内へ留まり続けるなど、作業対象物のサイズ目安は1m以上。

表4-1 Work Categoryと必要地図精度および測位精度

Work Category	地図精度 (RMS)	水平測位精度 (RMS)
1	≤0.1 m	≤0.1 m
2	≤0.25 m	≤0.25 m
3	≤0.5 m	≤0.5 m
4	≤1 m	≤1 m

以下に本技術仕様書の核となるシステム要求（第7章）の記載内容を紹介する。

(1) 高精度地図データの使用（安全要求1）

(ア) 地図データの精度

カテゴリごとに、表4-1の内容にて地図精度を要求。MMS（Mobile Mapping System：付録Bにて詳述）と呼ばれるシステムが有効である点を紹介している。

(イ) ユーザインタフェース

インタフェースとして以下3点の設計を必須事項として要求している。

- 移動体位置、方位、経路上地物までの距離
- 周囲環境の表示内容
- 測位品質の表示（安全要求2）

また、以下3点については、推奨事項として提示している。

- 経路上地物への近接時の警告（安全要求3）
- 経路上からの逸脱に関する警告（安全要求4）
- （雪や泥、煙など）の排出作業の禁止エリアに関する警告（安全要求5）
- 他車両や歩行者への近接時の警告（安全要求6）

(ウ) 地図データのメンテナンス

地図データについては、更新周期を規定することを必須事項として要求している。

(2) 高精度な測位

(ア) 測位精度

測位精度については、地図精度同様に、カテゴリごとに表4-1の内容にて要求している。付録Cにて各種の測位補正システムを紹介し、これらにより効果的な測位精度の向上が図れる点についても紹介している。

(イ) 測位方式

測位方式は、補正情報の入力やIMU（Inertial Measurement Unit）／画像センサなどを用いた複合測位を行うことにより、高

精度な測位を用いることを必須事項として要求している。

(ウ) 補正情報の受信

補正情報の受信を行うことを必須事項として要求している。なお、効果的な補正情報の受信方式として、衛星経由で補正情報受信を行うシステム（付録Dに詳述）についても紹介している。

(エ) 測位品質（安全要求2）

測位品質を可能な限り正確に算出し、表示することを必須事項として要求している。例として、衛星数、HDOP（Horizontal Dilution of Precision）、測位ステータス（FIX、フロート、単独測位など）、補正情報受信状況などを列挙している。

(オ) 複合測位の利用（安全要求7）

GNSSの不可視エリアを経路上に含む場合、IMU、オドメータ、地磁気センサなどを利用した複合測位を用いることを必須事項として要求している。

(カ) リアルタイム性

システムとしての測位誤差が大きくなると経路から逸脱する恐れがあるため、誤差バジェットを以下の数式にて提示し、システム誤差が過大にならないように測位更新レート（更新周期）を検討するよう要求している。

$$e_s = e_p + e_m + v t_p$$

ここで

e_s システム測位誤差

e_p 測位誤差

e_m 地図誤差

v 目的物（経路上のエッジなど）に対する運用（走行）速度

t_p 測位更新レート（更新周期）

経路上から逸脱しないようにするには、運用速度によって測位更新レートを（速度

が速い場合は短い周期に）決定することが必要となる。

(キ) 測位可用性の改善

作業のターゲットとなるエリアにおける測位の可用性をあらかじめ調査し、測位が不可能なエリアにおいては、RFID（Radio Frequency Identification）や各種センサによる経路エッジ抽出などを行い、測位誤差のキャンセルを行うことを推奨事項として提示している。

なお、付録として以下を記述している。

- 付録A：アプリケーション例の紹介
本技術仕様書を適用するアプリケーションとして以下の3例を記述している。
 - ・除雪作業支援システム
 - ・農機（トラクター）運転支援システム
 - ・ブルドーザー運転支援システム
- 付録B：MMS（Mobile Mapping System）
一般的なMMSのシステム構成、機能概要に関する紹介を実施。
- 付録C：測位補正
各種測位補正システムについて紹介している。（SBAS、DGNSS、RTK-GNSS等）
- 付録D：衛星利用測位補強サービス
センチメートル級測位が可能な衛星を用いた広範囲な補正情報配信システムについて紹介している。

5. 今後の予定

本プロジェクトは、今回のISO/TS 22591としての発行を持って一旦の区切りとなったが、最終目標であるIS（国際標準）化に向けては道半ばである。TSは制定から3年後に定期見直しが行われるが、本プロジェクトについても3年後の2024年にはIS化を目指して再度修正を行い、各国との調整に臨む予定である。

引き続き国内の関連技術者と連携し、関連技術の海外展開を促進しつつも、海外の技術者からの支持も得られるような国際標準の制定を目指し活動していく。

6. おわりに

衛星測位システムは2018年に日本の「みちびき」の稼働開始に伴い、センチメートル級補強サービスを誰もが無償で受けることができる時代となった。しかしながら、「みちびき」を用いた測位システムの長所、短所については意外にも一般には浸透しておらず、場所／時間を問わず万能な測位システムであるかのような誤解を持たれる場合も少なくない。そのような中で重要となるのが「標準化」であり、短所の補完方法も含めて、セットアップ方法、使用方法などを全体システムとしてドキュメント化が可能である。標準内容を反映した製

品が増え、価格が下がれば、日本の「みちびき」をはじめとした高精度測位システムの恩恵を誰もがより簡易に享受することが可能となる。

ISO TC20/SC14ではQoL (Quality of Life) という言葉で盛んに議論しているが、GNSSをはじめとした宇宙システムを持って人類の「日常生活の向上」に資することができるよう、今後も国内外での議論を継続していきたい。

参考文献

- (1) 古川敏雄、永島敬一郎、衛星を利用した高精度測位サービスの国際標準の紹介、『航空と宇宙』（一社）日本航空宇宙工業会、735, 33-38, 2015
- (2) 浅里幸起、新しい社会づくりを加速する衛星測位の国際標準化、『航空と宇宙』（一社）日本航空宇宙工業会、800, 1-5, 2020