

レジリエント PNT ワークショップ 2026 年 7 月 29 日

パネルディスカッション

トランスクリプト(議事録版)

■有川 善久

それでは、これからパネルディスカッションに入ります。

まず私から、本日の議論を簡単に振り返りたいと思います。

第一部では、「PNT サービスへの脅威、干渉・スプーフィングの現状」について議論しました。

スカパーJSAT の三留様からは、国際的な枠組みは依然として模索段階にあり、2010 年代半ば頃から航空機搭載の GPS 受信機や GNSS 受信機への干渉が増加しているとのお話がありました。

また、JAXA 航空技術部門の藤原からは、民間航空機への影響も発生しているものの、パイロットが代替手段へ切り替えることで対応している現状が紹介されました。

さらに、研究開発部門の日高からは、JAXA 衛星搭載の GNSS 受信機に対する妨害やスプーフィング被害が急増しており、2025 年以降は指数関数的な伸びを示していることが報告されました。

KPMG の吉川様からは、GNSS のみに依存した場合、障害が発生すると経済的損失は 1 日当たり約 53 億円、1 か月規模では約 3 兆円に達する可能性があるとの試算が示されました。

これらを総合すると、まさに今、この脅威が私たちの目前に迫っている状況にあると言えると思います。

私としては、まず脅威の実態を正しく把握することが重要だと考えています。また、安全保障上の観点に加え、先ほど紹介された経済的影響についても十分に考慮する必要があると考えています。

この観点から、まずはアイスブレイクも兼ねて、中須賀先生にお話を伺いたと思います。国際的にも PNT レジリエンスの向上は喫緊の課題として位置付けられています。このような状況の中で、我が国としてなぜこの課題に取り組む必要があるのか、また今後どのような姿を目指すべきなのかについて、ご意見をお聞かせいただければと思います。

■中須賀 真一

我が国としてどうあるべきかという問いは簡単ではありませんが、取り組まなければならない理由は極めて明確です。

私自身も政府の委員会などに参加していますが、これまで準天頂衛星システムを社会インフラとして整備・発展させてきました。そして現在では、準天頂衛星だけでなく GPS を含む測位システム全体が、社会のさまざまな場面に深く組み込まれています。

インフラになるということは、それが機能しなくなったときに社会へ与える影響が非常に大きいということです。

典型的な例がインターネットです。利便性の高さから社会インフラとして定着し、多くの人々が当たり前のよう利用しています。しかし、その結果としてサイバー攻撃の対象となり、多くの人々や組織が大きな影響を受けています。

測位衛星システムについては、まだ日本国内では同様の事態は大きく顕在化していません。しかし、それはいつ起きても不思議ではありません。だからこそ、インターネット分野で得られた教訓を踏まえ、問題が起こる前に何を準備しておくべきかを考える必要があります。そのためには、準天頂衛星の機能向上や認証機能の導入だけでは十分ではありません。受信機を含む地上システム全体について、どのような対策を講じていくべきかを考えなければなりません。

例えば、GPS だけに依存しない仕組みを持つことは基本的に必要です。さらに、時刻同期の問題も重要です。現在では証券取引をはじめ、多くの社会インフラが高精度な時刻情報に依存しています。

つまり、インターネットで起きているような事態が測位システムでも発生し得ることを前提として、しっかりと対応策を進めていかなければなりません。

日本人は、問題が起きてから動き始める傾向があると言われますが、今回は違います。私たちは起こり得るリスクを十分に想像することができます。

だからこそ、そのリスクに対して今から行動しなければなりません。それがまさに今日のテーマです。

ぜひ皆さんと危機感を共有しながら、この課題に取り組んでいきたいと思っています。

■有川 善久

ありがとうございます。

先ほど片岡さんの自己紹介の中で、「便利なものに依存しすぎた結果、それがアキレス腱になっている」というご指摘がありましたが、非常に印象的な言葉だったと思います。

現在の PNT も、まさにそのような状況にあるのではないかと感じています。

片岡さん、この点について補足があればぜひお聞かせいただけますでしょうか。

■片岡 晴彦

まさにその通りで、PNT は現在、アキレス腱とも言える存在になっています。

例えば中国は、BeiDou 衛星を 40 機以上運用しており、東京上空で利用可能な測位衛星数を比較すると、GPS よりも BeiDou の方が多い状況にあります。

また、LORAN（ロラン）と呼ばれる地上系の電波航法システムについては、アメリカは 2010 年、日本は 2015 年に運用を終了しました。しかし、中国は PNT システムの一つとして LORAN を維持しており、さらに欧州方面へ向けてサービスエリアの拡大も進めています。

韓国も、北朝鮮による GPS 妨害への対応を念頭に LORAN を維持していますし、ロシアも同様です。イギリスについては、位置情報サービスは終了したものの、タイミング情報の提供は継続しています。

このように中国は、BeiDou に加えて LORAN も維持し、さらにタイミング情報については地上の光ファイバー網を活用するなど、包括的な PNT インフラの構築を目指しています。さらに言えば、BeiDou が利用できない状況であっても作戦運用を継続できるような体制を整えようとしているとも言われています。

GPS をはじめとする PNT は現在非常に高い価値を持っており、社会や安全保障のさまざまな分野で不可欠な存在となっています。しかし、価値が高く依存度が大きいからこそ、逆にアキレス腱になり得るという側面があります。

そのような状況の中で、アメリカも GPS だけに依存する考え方から脱却しようとしています。米宇宙軍の取り組みでは、GPS に加え、準天頂衛星や Galileo など活用しながら、仮に妨害を受けた場合でも高い精度で位置情報を取得できる環境の構築を目指しているとされています。

PNT のレジリエンス向上は、今や各国にとって極めて重要な課題になっていると考えています。

■有川 善久

ありがとうございます。

非常に危機感の伝わるお話だったと思います。

そこで石田さんにお伺いしたいと思います。内閣府宇宙戦略推進事務局では、宇宙システムの脆弱性や抗たん性の向上に向けた取り組みが進められています。

また、PNT サービスのレジリエンス向上を考える上では、システム提供側だけでなく、ユーザー側の取り組みも重要な要素になると考えています。

こうした観点を踏まえ、PNT サービス全体のレジリエンス向上を今後どのように進めていくべきか、政策委員として政策決定に関わられたご経験からご意見をいただければと思います。

また、それに限らず、本日の議論全体を通じて感じられたことがあれば、ぜひお聞かせください。

■石田 真康

難しい問いですね。

私はまず、「レジリエンスを高めること」そのものではなく、「どこまで高めれば十分なのか」というゴールを明確にすることが重要だと思います。必要なレジリエンスの水準を、関係するステークホルダーがしっかり定義する必要があります。

中須賀先生がお話しされたように、宇宙はもはやフロンティアではありません。今や経済インフラであり、国家インフラとして位置付けられていて、その重要性について多くの人が認識し始めています。

そして、この議論に関連するもう一つの重要なテーマが、「主権的宇宙能力（Space Sovereignty）」です。

現在、このキーワードは世界中で議論されています。私も2週間前の SPACETIME に参加しましたが、「スペース・ソブリンティ」という言葉が何度も取り上げられていました。それだけ重要なテーマになっています。

ただ、「主権的宇宙能力とは何か」と問われると、その定義は国や組織によって異なります。

共通する考え方としては、安全保障や公共サービスの継続性が損なわれないことが挙げられます。しかし、その水準をどこまで求めるかは、日本、アメリカ、タイ、シンガポール、ヨ

ヨーロッパでは、それぞれ異なるはずです。

そう考えると、PNT レジリエンスを向上させるべきだという問題意識は共有されていて、
も、「どのレベルまで達すれば十分なのか」という共通認識は、まだ十分に形成されていないように思います。

その認識がないまま議論を進めると、「すべて自前で持てばよい」という意見も出てきます。しかし、主権的宇宙能力を追求することは、場合によってはコストの増大にもつながります。

その結果、商業宇宙活動の成立が難しくなったり、国家予算だけでは支えきれなくなったりする可能性もあります。

そもそも、あらゆる国がすべての宇宙能力を保有することは現実的ではありません。そのため、自国でどこまで保有するのかという議論と、相互運用性や国際協力の議論は、実は表裏一体の関係にあります。

だからこそ、まずはゴールを明確に定めることが重要だと思います。

レジリエンスを高めること自体を目的とするのではなく、「どのレベルに到達すれば産業界や国家として十分なのか」を定義しなければ、その実現手段に関する議論には進めません。LEO-PNT を導入すべきかどうか、GPS と QZSS に加えてさらに別のシステムが必要なのかどうかといった議論も、そのゴールが定まらなければ判断できないでしょう。

そのため、産業界、投資家、ユーザー、政府といった関係者が、それぞれの視点を持ち寄りながら、まず共通の目標を設定することが重要ではないかと考えています。

■有川 善久

ありがとうございます。

おっしゃる通りだと思います。

本日の議論の場で、LEO-PNT の是非そのものを結論付けることは難しいと思いますし、今ご指摘いただいたように、国際協力や、我が国における官民連携をどのように進めていくかが重要なポイントになるのだらうと思います。

そうした中で、第二部では「PNT サービスの抗たん性向上に関する国際動向」について、JAXA の小暮、村田から発表を行いました。

小暮さんにもぜひ補足いただきたいのですが、アメリカにおいても GPS を補完・代替するシステムの必要性が議論されています。また、単一の技術だけで完全な代替を実現すること

は難しく、複数の PNT 技術を組み合わせてレジリエンスを向上させる、いわゆる多層化が必要であるというお話だったかと思います。

この点について、改めてご説明いただけますでしょうか。

■小暮聡

おっしゃる通りです。

先ほどの石田さんのお話は、私自身とても納得感がありました。やはり「私たちはどこまでレジリエンスを高めればよいのか」というゴールを共有できなければ、結果としてコストだけが増えてしまう可能性があります。

JAXA の中でも、GNSS をまったく利用せず LEO-PNT を構築する場合のシステム構成と、GNSS を活用しながら構築する場合のシステム構成など、さまざまな選択肢を整理しようとしているところです。しかし、その前提として、「目指すべきゴールはどこなのか」という議論が非常に重要だと考えています。

その上で、先ほどの国際動向に関するお話ですが、ヨーロッパは Galileo という独自の衛星測位システムを整備する一方で、多層化や GNSS に依存しない PNT サービスの実現にも取り組んでいます。

彼らの考え方を一言で表すなら、「より良い GNSS と、GNSS 依存の低減（Better GNSS and Less GNSS Dependency）」と言えるのではないかと思います。

まず Galileo については、システムそのもののレジリエンスを高める取り組みを進めています。例えば、安全保障向け信号の整備やメッセージ認証機能の導入などを、他国に先駆けて進めてきました。準天頂衛星システムともほぼ同時期に認証機能の導入を進めていますし、さらなる認証強化にも取り組んでいます。

一方で、LEO-PNT のような新しいシステムや、GNSS を補完する代替的な PNT 技術についても、継続的に投資を行い、研究開発を進めています。

つまり、単純に一つの技術へ投資するのではなく、まず目指すべきゴールを明確にした上で、それぞれのシステムや技術に役割を割り当てながら全体のレジリエンスを高めていくという考え方です。

そのように、目標を明確にし、それぞれの技術の強みを生かしながら全体としてレジリエンスを向上させていく取り組みが、今後ますます重要になるのではないかと考えています。

■有川 善久

ありがとうございます。

冒頭では、なぜ PNT レジリエンスの向上が必要なのかという問題意識を共有したいと考えていましたが、既に「アキレス腱」という非常に分かりやすい表現で、その重要性は十分に共有されたのではないかと思います。

そうであるならば、次に議論すべきは、「どのようにレジリエンスを向上させるのか」、そして「何をゴールとするのか」という点になると思います。この点については、先ほど石田さんから重要な問題提起をいただきました。

その一つの方向性として、多層化や国際協力という考え方があるのだと思います。

また、本日の議論では、GNSS に依存するシステムと、GNSS に依存しないシステムについても話題になりました。

JAXA の村田からは、その具体例の一つとして LEO-PNT が紹介されました。ただ、質疑応答でも議論があったように、LEO-PNT はあくまで数ある対策の一つであり、それだけですべての課題が解決できるのかについては、引き続き検討が必要だと考えています。

さらに、安全性の観点から信号仕様の一部を非公開とすべきではないかという議論もありました。一方で、そのような方式を採用した場合、民間企業による独占的な仕組みにつながる可能性も指摘されており、この点についても慎重な議論が必要だと認識しています。

また、対策は常に相手との「いたちごっこ」になります。そのため、代替手段を一つに限定するのではなく、複数の選択肢を持つことが重要ではないかという意見もありました。

アークエッジ・スペースの保田さんに、LEO-PNT について補足的なご意見をいただきたいと思います。

本日の議論も踏まえ、現時点でお考えになっていることがありましたら、ぜひお聞かせください。

■保田 友晶

少し話を戻しながらお話ししたいと思います。

まず、石田さんがおっしゃった「主権」という観点は、非常に重要だと私自身も考えています。

多くの国が LEO-PNT の導入を検討している理由として真っ先に挙げるのは、測位精度や収束時間の改善ではなく、主権性の確保です。

実際、（ウクライナやイランの情勢を機に）ヨーロッパでは大きな衝撃が走りました。背景には、「本当に他国のシステムに依存し続けてよいのか」という問題意識があります。特に欧州では、重要なインフラを他国に依存することへの懸念が強まっているように感じています。

そのような中で主権性を考えると、石田さんがおっしゃった通り、一国だけですべてを担うことは現実的ではありません。何らかの形で役割を分担し、協力していく必要があります。一つのモデルとして考えられるのが、次世代戦闘機開発プログラムである GCAP（Global

Combat Air Programme) のような枠組みです。日本、イギリス、イタリアが協力し、人材、資金、インフラを共有しながら開発を進めています。そのようなモデルが LEO-PNT のレジリエンス強化や抗たん性向上にも応用できる可能性があるのではないのでしょうか。

そう考えたとき、民間事業者としてどのように行動すべきかという課題が出てきます。

ただし、どの国と協力できるか、あるいはできないかという判断は、民間企業だけで決められるものではありません。安全保障環境や地政学的な状況、さらには国と国との関係性も大きく関わってきます。

私たちも民間事業者としてさまざまな情報を収集し、各国政府機関ともコミュニケーションを取っています。しかし、海外で話をしていると、最終的には必ず「日本政府はどう考えているのか」という質問が出てきます。

民間がサービスを提供する場合であっても、「日本政府はそのサービスを継続的に支援するのか」「将来的に他国へのサービスが停止されることはないのか」といった点が確認されます。

それだけ PNT は重要なインフラになっているということです。

PNT は、電力、通信、金融といったさまざまな社会インフラを支える基盤となるインフラです。だからこそ、各国において官民の役割分担や関係性について、慎重かつ丁寧に議論していく必要があるのではないかと感じています。

■有川 善久

ありがとうございます。

ここまでの議論を踏まえて、石田さんに改めてお伺いしたいと思います。

本日の議論では、「主権性」という非常に重要なキーワードが出てきました。この点も含めて、何か補足やまとめとなるご意見があれば、ぜひお聞かせください。

■石田 真康

まさに今、保田さんがおっしゃった通りだと思います。

例えば、アークエッジ・スペースが PNT 関連のシステムを開発し、それを各国に展開しようとした場合、相手国の考え方は国ごとに異なります。また、PNT は極めて重要なインフラであるため、そのシステムの信頼性を民間企業だけで相手側の信頼を獲得することは容易ではありません。

だからこそ、アークエッジと日本政府が一体となって海外展開を進めるような取り組みが重要になってきます。最近はこうした官民連携による海外展開も増えていますが、それは相手国にとってその技術やサービスの重要性が高いからこそ求められているものだと思います。

そういった意味では、官民連携は非常に重要な要素になるのではないのでしょうか。

一方で、多層化については、私はどちらかというと手段の議論だと考えています。

少し異なる例ですが、自動車メーカーのサプライチェーンの考え方を見ても、会社によって答えが違います。

一般的な自動車メーカーでは、デュアルソースが基本です。一つの供給元だけに依存するのではなく、仮に一方が止まった場合でも調達を継続できるよう、常に代替供給先を確保しています。さらに、それらを同じ地域に集中させないといったルールを設けている企業も少なくありません。

しかし、テスラ社は必ずしもその考え方を取っていません。可能な限り内製化することを重視しています。

なぜかと言うと、目的が異なるからです。テスラにとって最も重要なのは、自社製品を高い頻度で迅速にアップデートし続けることです。そのため、多くを外部に依存しては、そのスピードを維持することができません。

つまり、多層化が正しいのか、すべてを自前で持つべきなのか、あるいは自前化と多層化を両立させるべきなのかという議論は、結局のところ何を目的とするかによって答えが変わるということです。

その意味でも、まずは目指すべきゴールを明確にすることが重要です。そこが見えてくれば、多層化の必要性や LEO-PNT の位置付けも含め、議論はより整理され、建設的なものになっていくのではないかと思います。

■有川 善久

ありがとうございます。

それでは、議論を次のテーマに移したいと思います。

第三部では、「JAXA における PNT 抗たん性強化に関する研究開発」として、いくつかの取り組みをご紹介しました。

具体的には、先ほどから話題に上がっている LEO-PNT のシステム研究をはじめ、オンボード PPP 技術の研究開発、地上波測位向けの基地局時刻同期システム、QZSS と LEO 衛星群との同期技術、さらに「動く監視局」という新しいアイデアについてもご紹介しました。また、アレイアンテナを用いたヌルステアリング技術や、GNSS 受信機そのものの抗たん性を向上させるための研究開発についても説明がありました。

もちろん、これらは現時点で考えられている手段の一部であり、これだけで十分だと言い切れる状況ではないと思います。先ほども議論にあったように、対策は常に「いたちごっこ」の側面があります。

そのような中で、現在どのような取り組みが進んでいるのか、そして今後どのような展望を描いているのかについて、まず山元さんからお話いただけますでしょうか。

■山元 透

先ほど、GPS が社会のアキレス腱になり得るのではないかというお話や、PNT の抗たん性が損なわれることで社会システムに影響を及ぼす可能性があるという議論がありました。

その話を聞きながら、私が感じたことがあります。

私は自己紹介でも申し上げましたが、約 20 年にわたり人工衛星搭載 GPS 受信機の研究開

発に携わってきました。その中で強く感じるのは、GPS 受信機が人工衛星システムにおいて年々その重要性を増し、より中核的な存在になってきているということです。

初期の頃は、GPS 受信機は衛星のコアシステムから切り離された存在でした。取得したデータを地上に降ろして高精度軌道決定を行い、地球観測衛星で取得した画像の幾何補正などに利用する、いわば後処理のための装置だったわけです。オンボードのリアルタイムシステムに組み込まれているわけではありませんでした。

しかし、Selective Availability (SA) の解除や測位精度の向上、そして長年にわたる安定運用の実績によって、GPS 受信機は衛星システムの中核へと組み込まれていきました。

現在では、衛星内の時刻基準として利用されていますし、姿勢制御のクローズドループ制御にも活用されています。また、自律的な軌道制御にも利用されており、いわば人工衛星のエッジコンピューティングによる自律運用を支えるコアコンポーネントになっています。

そうした状況の中で、「これから抗たん性が損なわれるかもしれない」という議論がありましたが、私は少し違和感を覚えました。

なぜかという、先ほど日高からも発表がありましたが、JAXA の衛星はすでに影響を受けているからです。

日本国内にいと、紛争地域で行われているジャミングやスプーフィングの影響を直接受けることはほとんどありません。また、民間航空機も影響を受ける空域を避けて運航することで対応しています。

しかし、人工衛星は違います。軌道上を飛行している以上、紛争地域の上空も必ず通過します。

そう考えると、宇宙システムが最初に影響を受けたのではないかと思います。

実際、JAXA では 2022 年頃に、静止衛星へ搭載していた GPS 受信機がジャミングやスプーフィングの影響を受けました。アンテナが地球方向を向いているためです。

当初は何が起きているのか分かりませんでした。

まず、測位に利用できる GPS 衛星の数が徐々に減っていったのです。

「これは何だろう」と。

最初に疑ったのは衛星内部の問題でした。他の機器が大きな計算処理を始めたことで EMC (電磁適合性) の問題が発生し、受信環境が悪化しているのではないか。または SBAS など信号構造が似ている補強信号の影響を受けているのではないか。さまざまな可能性を調べました。

しかし原因は分かりませんでした。

そうしているうちに、正常な測位ができなくなりました。さらに、その妨害電波の様相自体が時間とともに変化していることも分かってきました。日高の発表でも長期間の観測結果として示しましたが、受信している妨害信号の特徴が徐々に変わっていったのです。

そこで、私たちは徹底的に分析を行い、GPS 受信機のソフトウェアを書き換えました。

その結果、一旦は測位機能を回復させることができました。

測位が復活すると、クロックドリフトの推定が可能になります。さらにドップラー情報を組

み合わせることで、干渉波がどこから到来しているのかを幾何学的に推定できるようになりました。

そして分析の結果、ウクライナ戦争の開始に伴う電波環境の変化が大きく影響していることが分かりました。

つまり、「ジャミングを受けていた」ということです。

もちろん私たちを狙ったものではありません。しかし実際に影響を受けていたことが明らかになりました。

そのとき私が強く感じたのは、こうした対応ができた理由です。

私たちは NEC スペーステクノロジー社と共同で受信機を開発してきました。そのためソフトウェアの内部構造を理解していました。どのような信号を受けると受信機がどのような反応を示すのかも把握していました。

だからこそ、「これはこういう信号を受けているはずだ」「こう修正すれば測位を回復できるはずだ」と判断できたのです。

さらに、自分たちで軌道上の受信機のソフトウェアを書き換えることもできました。

それは単なる既製品ではなかったということです。

ジャミングやスプーフィングの手法は絶えず変化します。まさに「いたちごっこ」です。その変化に追従しながら分析し、対策を打つためには、受信機技術を根本から理解し、ソフトウェアに手を入れられる環境が必要になります。

新しい脅威が現れたときに、自ら分析し、対策を講じることができる技術基盤と開発現場を持っていることが極めて重要なのです。

その意味で、これまで受信機技術そのものの研究開発を続けてきて本当に良かったと感じました。

そうした技術を持つチームがあり、現場があること。それ自体が、これからの PNT レジリエンスを支える大きな強みだと思っています。

■有川 善久

ありがとうございます。

あと1時間くらい話が続きそうですね。ありがとうございます。ぜひ今後もそうした取り組みを進めていただければと思います。

■山元 透

そうした取り組みは、マルチ GNSS 受信機も含めて、これからも日本として継続していくべきではないかと思っています。

■有川 善久

ありがとうございます。

ちょうど次に、日本として国産の衛星搭載受信機を持つ意義や価値についてお聞きしよう

思っていたのですが、まさに今、その点についてお話しいただいたのだと理解しました。私自身、冒頭でも申し上げましたが、地球観測が専門です。地球観測衛星も GNSS 受信機に大きく依存しており、それを前提としたシステム設計になっています。だからこそ、GNSS 受信機がアキレス腱になり得るという点は、改めて強調しておきたいと思います。ありがとうございました。

もう一つの観点として、オンボード PPP 受信機に関する研究開発のご紹介もありました。衛星上でリアルタイムに高精度な位置決定が可能となり、自律的な位置把握も実現できるというお話でしたが、これによってどのような新しい応用や利用が考えられるのでしょうか。この点については、ぜひ五十里先生にお伺いしたいと思います。

■五十里 哲

はい。

オンボード PPP の話に直接関係するかは分かりませんが、山元さんのお話につなげる形で話ししたいと思います。

本日、JAXA の事例がいくつか紹介されましたが、私たちが運用している超小型衛星でも、実際に影響は受けています。一方で、超小型衛星に搭載している受信機は、JAXA の受信機とは違い、我々自身が内部構造を十分に理解しているわけではありません。市販品を利用しているケースが多いため、今回山元さんが紹介されたような対策を講じることは容易ではありません。

大学もそうですし、多くのベンチャー企業も同じ状況だと思います。実際には既に影響を受けているものの、それを修正する手段や、それに対応できるエンジニア・技術基盤が十分ではない場合もあります。

その意味では、これは JAXA だけの問題ではなく、宇宙分野全体に関わる課題だと考えています。

そうした中で、JAXA が進めているオンボード PPP の取り組みは、超小型衛星にも搭載可能な形で開発されており、しかも中身をしっかり理解した上で開発が進められています。さらに、ベンチャー企業とも連携しながら取り組まれている点は非常に素晴らしいと思っています。

少し質問から外れるかもしれませんが、石田さんのお話にも関連して感じていることがあります。

私たちは宇宙分野にいますので、山元さんがおっしゃったような影響を非常に強く感じています。しかし、日本国内で生活している多くの方々は、現時点ではあまり影響を実感していないと思います。

一方で、海外で事業を展開している航空会社や海運関係者などは、既に影響を感じているかもしれません。

つまり、「宇宙」「グローバルな地上利用」「日本国内の地上利用」では、それぞれ置かれている状況が異なるということです。

そのため、それぞれの領域ごとに何を目標とするのかを明確に定義する必要があるのではないかと思います。

正直に言うと、本日の議論ではそれらが少し混在していたように感じており、私自身も多少の違和感を持っていました。

例えば、日本国内の地上利用については、MetCom 社のような地上系の議論が重要になるでしょう。一方で、グローバルな視点では LEO-PNT や国際連携の議論が中心になると思います。そして宇宙については、受信機そのものや衛星側の対策を強化していくことが重要になるでしょう。

このように、それぞれのレイヤーを分けて整理し、その上で目標を設定していくことが重要ではないかと感じました。

■有川 善久

ありがとうございます。

本日のまとめと言ってもいいくらいのお話だったと思います。

先ほどご紹介した JAXA の地球観測衛星における GNSS 受信機のジャミングやスプーフィングの状況ですが、おそらく同じようなことが、日本の民間企業やベンチャー企業が運用している衛星でも起きているのではないかと思います。

しかし、そのような情報を集約し、共有する場は現時点では存在していません。

今、五十里先生がおっしゃったように、宇宙セグメントにおける問題の実態や現状を正しく把握するためには、まずそうした情報を集める仕組みが必要なのではないかと感じています。

そのような理解でよろしいでしょうか。

■五十里 哲

そうだと思います。

宇宙分野の課題という観点で言えば、民間企業や大学、もちろん JAXA も含めて、それぞれが受けている影響に関する情報を集約し、現在どのような状況にあるのかを継続的にモニタリングする機能は、是非必要だと思います。

また、そのための手段として、例えばモニタリング専用の超小型衛星コンステレーションのようなものを構築し、監視を目的とした小型衛星群を運用するという考え方もあり得るのではないかと考えています。

■有川 善久

ありがとうございます。

次いで、第四部では民間企業の取り組みをご紹介します。

保田さん、補足したい点などありましたらお願いいたします。

■保田 友晶

第四部では民間事業者の視点からお話しする機会をいただきましたので、民間事業者としての考えを少し述べさせていただきたいと思います。

現在、この市場には非常に大きなチャンスが広がっていると感じています。

測位分野に関して言えば、おそらく 20 年から 30 年に一度とも言える大きな変革が、まさに今起きようとしています。各国の政府や宇宙機関では、従来の中軌道衛星システムに加えて、低軌道衛星を組み合わせた多層的な測位インフラや時刻同期インフラの構築に向けた取り組みが始まっています。

もちろん、まだ全体像が完全に固まっているわけではありません。しかし、大きな方向性としては確実にそちらへ向かっており、実際に数百億円規模の予算が投入され、研究開発も進められています。

一方で、五十里先生がおっしゃったように、どの課題に対してどのような解決策を適用するのかについては、もっと丁寧に整理していく必要があります。

また、世界を見渡しても、どの課題を政府が担い、どの課題を民間が担うのかといった役割分担は、まだ十分に整理されている状況ではありません。

だからこそ、今は大きなチャンスがあるとも言えます。

「この課題にはこうした解決策がある。この領域は国が担うべきで、この領域は民間が担うべきである」といった提案を、自ら発信できる余地がまだ十分に残されています。

私たちは衛星事業を行う会社ですので、地上における測位や時刻同期の現場で何が課題になっているのかを、必ずしもすべて把握できているわけではありません。

しかし、これだけ大きな可能性が広がっているタイミングだからこそ、多くの方々と議論を重ねながら、さまざまな提案を世界に向けて積極的に発信していきたいと考えています。

そして、今日のこの議論の場が、その第一歩になることを期待しています。

■有川 善久

ありがとうございます。

ここで、ぜひ久保先生にお話を伺いたいと思います。

JAXA 宇宙戦略基金において、「ユビキタスな自律移動社会を支える次世代 PNT 技術開発」として研究拠点が採択され、これから本格的に立ち上がっていくと理解しています。

大学を中心とした測位研究拠点が立ち上がる中で、PNT レジリエンス向上に向けた取り組みの構想について、ぜひお聞かせいただければと思います。

また、本日のパネルディスカッション全体を踏まえて、他のパネリストや会場の皆さまへのご質問などがありましたら、ぜひお願いいたします。

■久保 信明

ありがとうございます。

特に質問というわけではないのですが、今日のパネリストの皆さんのお話は、私自身、むしろ参加者として非常に参考になる内容ばかりでした。

また、本日 13 時からの発表を通じて強く感じたのは、JAXA が筑波だけでなく航空分野も含め、まさにオール JAXA 体制でレジリエント PNT に取り組んでいるということです。その点は非常に強く印象に残りました。

実は私も、朝一番で研究室のメンバーに連絡して、「これは絶対に聞いておいた方がいい」と伝えていました。そのくらい意義のある内容だったと思います。

一方で、衛星システムそのものについては、準天頂衛星をはじめとして、三菱電機さんや NEC さん、JAXA の皆さんが中心となって取り組まれています。そのため、私たちの拠点としては、どちらかと言うと受信機やソフトウェアの側面から支援できる取り組みを進めていきたいと考えています。

私自身、この分野に長く携わってきましたが、JAXA をはじめ、中須賀先生がご在籍され、現在は五十里先生が所属されている東京大学は、航空宇宙分野など、本当に優秀な研究者や技術者が各所で活躍されていると感じています。

その中で、「東京海洋大学としての役割は何なのだろうか」ということを考えてきました。また、今回なぜ私たちの事業が JAXA 宇宙戦略基金に採択されたのかということも改めて考えました。

その答えの一つは、これまで比較的独立して活動していた多くの優秀な研究者を、海洋大がある程度束ねてきたことではないかと思っています。さらに現在では、50 代、60 代だけでなく、30 代、40 代にも国際的に活躍できる研究者が育ってきています。

今回採択された事業の拠点には、8 大学と 3 企業、合計 11 機関が参画しています。決して少なくない規模ですが、そうした皆さんと連携しながら、本日議論された課題に対して、特にユーザー視点に立った受信機やソフトウェアの開発で貢献していきたいと考えています。例えば、先ほどから話題に出ている NEC さんのオンボード受信機についても、私たちにとって非常に親和性の高い分野です。実際に先ほども NEC さんとお話ししましたが、今後さまざまな形で連携できるのではないかと思います。

また、日本郵船さんもホルムズ海峡などで実際に影響を受けており、現在は JAXA 宇宙戦略基金の関係者を通じてデータの共有も進みつつあります。

そうしたデータを活用しながら、この PNT 拠点として、実際にどのような影響が生じているのか、船舶分野において今後どうあるべきなのかといった情報発信も行っていければと思っています。

実は現在、11 機関以外にも参画を希望する大学から声をいただいています。ただ、あまりに規模が大きくなりすぎても運営が難しくなります。

振り返ると、私がこの分野に入った 25 年前は、本格的に取り組んでいる大学は立命館大学と東京海洋大学くらいしかありませんでした。そこに JAXA 航空部門の辻井先生や張替先生がいらっしゃる、そういう状況だったと思います。

それが今では、参加したいという研究者や大学がこれだけ増えてきました。これは測位分野の研究コミュニティが確実に広がってきた証拠だと思います。

今後どのようにコミュニティを運営し、発展させていくかについては、JAXA とも相談しながら進めていきたいと考えています。

■有川 善久

ありがとうございます。

JAXA 側から小暮さんに今回の取り組みに対する期待も含めてお話いただければと思います。

その後に、中須賀先生にも大学側への期待について一言添えていただければと思います。

■小暮 聡

大学にはぜひ、より先端的で、かつユーザーに近い領域に取り組んでいただきたいと思います。

また、私たちが最も期待しているのは人材育成です。これは、おそらくこの拠点の重要なミッションの一つだと思っています。

私たちも、この分野全体の人材マーケットを大きくしていく活動に積極的に取り組んでいきたいと考えています。そして、そこで育った人材に活躍していただくことで、市場そのものをさらに拡大していきたいと思っています。

ぜひその点については、一緒に取り組ませていただきたいと思います。

今年度から JAXA では、測位分野に関するインターンシッププログラムを 3 件立ち上げています。今年は十分に周知できていなかった部分もあるかもしれませんが、来年度以降はぜひ研究拠点とも連携しながら進めていきたいと考えています。

ぜひ今後ともよろしく願いいたします。

■中須賀 真一

ありがとうございます。

先ほどからの議論にもありましたが、私は以前から、研究コミュニティを強化しなければならないと考えてきました。

事業推進委員会や測位ワーキングなど、さまざまな場で議論をしてきましたが、例えば GNSS 関係の国際シンポジウムに行くと、アメリカからは 1,000 人規模、中国からも 1,000 人規模で参加者が集まります。一方、日本からの参加者は 10 人から 15 人程度ということも珍しくありません。

つまり、それだけ研究コミュニティの母体が小さいということです。

これは、新しいアイデアを生み出す力という意味でも、あるいは現在発生しているさまざまな GNSS 関連の課題を解決する研究力という意味でも、まだ十分とは言えません。

そのため、研究力を強化するには、まず研究コミュニティそのものをしっかり作っていく必要があるという話を、これまでも繰り返ししてきました。

なかなか実現できずにいましたが、今回、久保先生を中心として一つのコミュニティが立ち上がり、大変期待しています。

ぜひこの機会に、日本における研究コミュニティを強化していきたいと思います。

先ほど8大学が参画しているというお話がありましたが、こうした取り組みで重要なのは、やはり研究資金がしっかり流れることです。

研究資金があつてこそ研究が進みますし、学会発表もできます。人材も育ちます。

そういう意味では、まだ十分な資金があるとは言えません。JAXAの中でも同じで、まだまだ強化していかなければならない部分だと思っています。

■小暮 聡

残念ながら、有川が冒頭で申し上げた通り、私たちはこの分野の重要性や必要性について、まだ十分に発信できていないとは言えません。

今後は、こうした取り組みの重要性をより積極的にアピールしながら、JAXAの中でも関連する予算や交付金が拡充されるよう働きかけていきたいと考えています。

また、このようなワークショップの場を通じて、今回も政府関係の皆さまに現地およびリモートでご参加いただいておりますが、現在起きている脅威や課題、そして私たちが何をすべきなのかを共有していくことが重要だと思っています。

そうした議論を積み重ねながら、最終的には必要な研究開発や人材育成に十分な資金が投入されるような環境づくりにつなげていきたいと考えています。

■中須賀 真一

その通りですね。

PNTは今まさに重要な社会インフラになりつつあり、非常に重要なタイミングを迎えています。そのため、この分野に必要な予算をしっかり確保し、その予算を活用して人材育成も着実に進めていかなければなりません。そうした体制を構築していくことが重要であり、その必要性を関係各所に訴えていきたいと思っています。

今回のシンポジウムは、そのための大変良い機会だったと考えています。これをきっかけとして、取り組みをさらに前進させていきたいと思っています。ぜひJAXAにも引き続き頑張りたいと思います。

また、久保先生を中心とした拠点が立ち上がったことで、たとえ各大学に十分な研究環境がなくても、その拠点に集まることで研究に取り組める環境が整いつつあります。インターシップの受け入れも含め、このような拠点を核として多くの研究者や学生が集まり、活発な研究活動が展開される環境を作っていくことは非常に重要だと思っています。

■小暮 聡

基金の採択事業の中でも、研究開発そのものと、このような拠点の運営は少し性格が異なると思います。基金の運用についても、これから考えていかなければならないことがあると思っています。

そのため、拠点と JAXA、あるいは産業界も含めて、産官学で連携しながら取り組めるような仕組みやルールを、これから作っていくことも大切だと思います。

JAXA 基金だけではなく、さまざまな枠組みで考えていく必要があると思います。

■有川 善久

そろそろお時間となりましたので、今後ともぜひ議論を続けさせていただきたいと思います。

今回は、第 1 回レジリエント PNT ワークショップとして開催いただきましたが、皆さまの問題認識や、我が国として目指すべき姿について認識を共有するという点で、非常に有意義な会になったのではないかと思います。

また、最後のパネルディスカッションについても、ほとんど進行表や台本がない中で、これだけのパネリストの皆さまに議論いただき、大変重要なキーワードや論点が数多く得られたと感じています。

こうした議論を、半年あるいは 1 年といった期間を通じて継続的に積み重ねていくことが大切だと思います。

それでは最後に、小暮さんからお願いいたします。

■小暮 聡

今回は運営面で、各プレゼンテーションの時間も非常に短かったですし、先ほど五十里さんからもご指摘があったように、レイヤーの整理が十分ではなかったと思います。

例えるなら、机の上に料理を一度に並べたような状態だったので、次回はもう少し整理して、きちんとしたコース料理としてお出しできるようにしたいと思います。

それぞれのテーマについて、「これはこういう課題で、ゴールはここです」という形で整理した上で議論できる場にしていきたいと思います。

次回は半年後、年度末頃でしょうか。現在進めている研究の成果も少しずつ出てくると思いますので、そのアップデートも含めて、このような場をぜひ設けたいと思っています。

その際は、ぜひまた皆さまにご参加いただければと思います。

■有川 善久

自らハードルを上げる発言がございましたが、ぜひ次回も楽しみにご参加いただければと思います。

それでは、パネルディスカッションはお時間となりました。

パネリストの皆さまに、盛大な拍手をお願いいたします。

ありがとうございました。
どうもありがとうございました。
それでは最後に、全体の締めをお願いいたします。

■小暮 聡

それでは、これだけ盛り上がった後に私が締めるのも少し恐縮ですが、今回はリモートでご参加いただいた皆さまも含め、本当にありがとうございました。

私自身、質問が少し少なかったかなと感じています。それはプレゼンテーションの時間が短かったことも一因かもしれません。

フォームはしばらくオープンしておきたいと思いますので、本日お帰りになってからでも、「そういえばあの点はどうだったのだろう」と思われたことがありましたら、ぜひご質問やコメントをお寄せいただければと思います。

また、もう一点お知らせがあります。今回の発表資料や、パネルディスカッションでの議論のサマリーについても、何らかの形でウェブサイト等に掲載し、皆さまにご活用いただけるようにしたいと考えています。

そちらについても改めてご案内いたしますので、ぜひ続報をお待ちいただければと思います。

それでは、これをもちまして閉会とさせていただきます。
本日はご参加いただき、本当にありがとうございました。