

# 電波利用料による研究開発等の評価に関する会合（第107回） 議事要旨

日時：令和4年3月8日（火）9：30～  
形式：Web会議にて開催

## 議 事 次 第

### 1 開会

### 2 議事

- (1) 周波数ひっ迫対策のための技術試験事務 継続評価
- (2) 周波数ひっ迫対策のための国際標準化連絡調整事務 継続評価
- (3) 電波資源拡大のための研究開発 継続評価
- (4) その他

### 3 閉会

## 1 開会

議事次第に基づき、事務局から配付資料の確認があった。

## 2 議事

### (1) 周波数ひっ迫対策のための技術試験事務 継続評価

各技術試験事務案件の担当者による説明後の主な質疑応答は以下のとおり。

#### ①放送用周波数を有効活用する技術方策に関する調査検討

○地上波の4Kに関する検討は、信頼できる調査であったと考える。映像圧縮技術について、BS4Kと比較し地上波4Kとの差は何か。

→衛星放送の映像符号化方式はHEVCという符号化方式で、今回検討している映像符号化方式の一代前の符号化方式となる。情報通信審議会の答申では、主観評価の結果、HEVCによる4K放送は、30Mbps程度必要だと言われていた。今回検討しているVVCの伝送容量は15~20Mbps程度で十分なのではないかという主観評価結果が出ている。

○実フィールドの検証において、天候等の環境の変化による実験結果や考察はあるのか。

→今年度は、特に福岡で海上伝搬を含めた長期電測を実施した。想定されるフェージングデータが取得できたことが今年度の大きな成果だと考えている。その他、気象条件において特に大きな変化は見られなかったため、これまで想定したフェージングマージンの妥当性が確認できたのではないかと考えている。

○LDMについてプリセット不可となった既存受信機が確認されているが、どのような原因と影響があるのか。

→原因としては、ULと言われる現行放送の変調方式を64QAMから16QAMにしたことで、既存受信機が追従しなかったのではないかと考えている。なお、今の受信機の性能は優れているため、多少伝送容量を下げたとしても現行の映像には影響はないと考えている。

#### ②良好な電波環境の維持のための設置場所測定方法の調査検討

○今年度達成した目標について、具体的に有意義なガイダンスとしてどのようなものがあるか。

→今年度は工場内の設備を対象に調査を行った。昨年度の医療機器の場合、構成がある程度分かっているが、工場に設置する加熱設備では、電源装置と誘導コイルに距離があり、それらをつなぐケーブルからのノイズがあつたりするので、それらへの検討が必要となる。それらの対応に関する新たな知見をガイダンスに反映した。

○この技試は例えばHFなら13.56MHz、UHFなら2.4GHzを中心とした周波数範囲が対象かと思つたが、両方とも幅広く対象としているのか。

→周波数については、高周波電流として利用するものとそれ以外の周波数を幅広く対象としている。誘導加熱は数十kHz、誘電加熱は2.4GHzなどが使われているところ、利用周波数とその周辺の周波数についても検討している。工場内の加熱設備では、コイルに流す電流の周波数以外の周波数のノイズも観測されており、それらも含めて取りこぼしがないよう調査を行っている。

○測定方法のガイドラインをまとめるということだが、既に敷設してしまったところで許容値をオーバーしている場合どのようにフィードバックがかかるのか。

→高周波利用設備の開設に当たってはまず総務省が漏えい電波の測定結果を確認するなどして審査している。仮に運用の変更等により、再測定が必要となってくるなら、ガイドラインを見て対応いただくといった方法があると思う。

### ③特定無線設備の放射測定における試験方法等に関する調査検討

○ポジショナーを使うのは、通常の測定では当たり前のような気がするが、測定要項にこういうポジショナーを使うとか、伝搬室はこうでないといけないというようなことを盛り込んでいこうと考えているのか。

→現状の測定方法は、受信アンテナをプラスマイナス50cmずらして測定する方式を基本としている。本技術試験事務においては、被測定器をポジショナーに設置し測定を行った。現状の測定方法と、ポジショナーを利用した方法について今後の実験も踏まえて、測定結果や工数などを踏まえて、適切な技適のための測定方法としての測定条件を決めていこうと思う。

○5Gを除く評価用機器について、様々なものが入って来ても問題ないのだろうか。

→ポジショナーを利用した測定を行っているので、大きさ、アンテナの形状によっては影響がある場合があると思う。現在実験中なので、それらの影響を考慮して来年度更なる検討を進めたい。

○5Gを除く測定で、写真を見るとアンテナを取り外せる形状になっている。これは従来の端子を使用した測定方式とアンテナを取り外す測定方式（OTA方式）のどちらでも良いということか。それともどちらかを選択しなければならないのか。

→空中線端子において測定するものとOTA方式の両方の整合性を確かめるために、両方測定できる無線設備を揃えた。端子があれば従来の測定方法の方が正確かつ迅速。OTAでしか測定できない場合のみ、OTA測定が使われることになろう。

#### ④静止衛星向けKa帯地球局の周波数共用技術に関する調査検討

○測定試験の航空機胴体のモックアップについて、高さが3mの巨大なものを作るイメージであるが、アンテナに対してそれほど大きいものが必要なのか。大きさの決め方について現在どのような検討段階なのかを教えていただきたい。

→大きさについては本技術試験事務で有識者にお集まり頂き開催している「Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システムの周波数共用技術に関する調査検討会」でご議論頂き、既に決定している。本日の評価会の資料に反映できなかったが、先月までに測定試験も終了しており、現在はその結果の評価等を実施しているところ。

○令和3年度は航空機・船舶向けであり、令和4年度は陸上向けとのことだが、測定方法は異なるのか。

→令和3年度は航空機についての測定試験を実施しており、上空を飛行し、アンテナの下に航空機胴体があるため、その影響を加味した測定方法としている。令和4年度の陸上向けは車両に搭載されることを想定しており、地上を走行するため、航空機とは異なる影響があるものと考え、車両を模擬した形での測定を予定。

○これまで、国際的な基準等の現行の技術的条件・共用条件の範囲内で測定試験を行っていると思うが、現行の基準そのものを変更するべく、基準自体に踏み込んで検討できないのか。例えば、諸外国の動向調査も踏まえて、踏み込んだ技術試験事務を行うことはできないのか。

→検討において国際的な基準も参考に検討をしているが、それに留まらず国内においてその距離をさらに縮めることができないかといった観点など、踏み込んだ検討も進めている。

#### ⑤X帯沿岸監視用レーダー等の高度化のための技術的条件に関する調査検討

○干渉シミュレーションを実施したことは分かったが、どのようなデータが得られ、どう判断したかが記載されていない。

→気象レーダーについては、諸元等は過去の情報通信審議会の結果等を参考にし、2局間の干渉レベルの平均をとるというやり方で評価。離調周波数で干渉レベルが落ち込むという問題が発生したため、直接波で評価を行う方法で再検討を行っているところ。船舶用レーダーについては、船舶用レーダー側の干渉除去機能で対応可能との結果が出ている。

○9850MHzが、周波数が最も離れていて問題がないのは分かったが、他の周波数はどうか。シミュレーションなので、他の周波数も色々検討できると思う。そういった検討をして、最終的に何MHz以上なら大丈夫という結論になるのではないか。

→ご指摘を踏まえ、他の周波数も検討する。

○固体型レーダーだけでなく、マグネトロンレーダーとの干渉もあるように思う。また、海上は波の影響等もあるため、いろいろな場所でデータ取りをして頂いた方がよい。

→了。

#### ⑥無線LANシステムの使用周波数帯域の拡張に伴う技術的条件の検討

○6425MHz以上の周波数については継続検討とのことだが、大きな問題は何か。

→放送事業者からはアプリケーションによる検討手法について、確率論で共用検討結果を導き出すことに抵抗があり、あくまでもシングルエントリーにて最悪値計算に基づき判断すべきとの主張がなされ、議論が平行線となった。公共用固定局においては、現運用の受信アンテナ特性は電波法関係審査基準にアンテナパターンが決まっており、サイドローブ特性の受信感度が高く、より多くの無線LANからの干渉量を受ける結果となった。来年度の共用検討では別のアプローチで臨む予定。

○今回5925-6425MHz帯は欧州と基準が同じとなっているが、欧州も固定局との共用検討結果を反映したものなのか。

→海外動向調査では、欧州でも6GHz帯無線LANの出力等については共用検討結果に基づき規定していると聞いている。なお、欧州（第1地域）では6425-7125MHzはWRC-23でのIMTの候補周波数帯となっており、EUでは無線LANの共用検討と、IMT候補周波数としての議論が並行して進んでいる状況にある。

○電通業務用固定局でシングルエントリーの場合に離隔距離が50km必要とあるが、共用

可能としているが大丈夫なのか。

→シングルエントリーで最悪値計算を行うと固定局のアンテナ正面で無線LANを使用した場合にはそれくらいの離隔距離が必要とのことだった。固定局のアンテナは高いところで使用されており、正対する可能性は非常に少ないだろうということとなった。なお、電通業務用固定局の運用者からは固定局のすぐ近くで無線LANが使用されないように運用制限を厳しくしてほしいと要望があったところ。

#### ⑦マルチベンダー基地局の相互運用性向上のための技術的検討

○来年度はミリ波帯の検討においては、OTAで確認するとのことだが、sub6波帯との違いは何か。

→ミリ波帯のOpen RANの基地局においても、十分な性能を発揮することを確認することが目的。高周波数帯となり、アンプや周波数逓倍器等が増えるため、各種基地局装置の基準が厳しくなるのではないかと予想している。

○平均遅延時間20秒はどことどの遅延時間か。

→End to Endの遅延時間であり、マルチベンダー基地局に起因する遅延時間ではない。

○ミリ波についてOTAをする理由は。予算の規模が大きいが、備品費10億円の内訳と理由は、人件費の内訳は。

→Sub6帯の基地局では、ケーブル接続での評価も可能であったが、ミリ波帯においてはフェーズドアレイの動作確認も必要であり、OTAによる測定でないとRFを取得出来ない。備品費の金額については、複数のOpen RAN基地局の準備やOpen RAN基地局の動作確認をする装置が特殊であり、試験環境の構築に要する費用を積み上げている。また、実測の試験についても、複数の組み合わせによるマルチベンダー基地局において、各種試験条件をふりながら試験を実施するため、多くの工数を要している。

#### (2) 周波数ひっ迫対策のための国際標準化連絡調整事務 継続評価

各連絡調整事務案件の担当者による説明後の主な質疑応答は以下のとおり。

#### ①多様化する空域利用に係る電波利用技術の国際協調のための国際機関等との連絡調整事務

○WP5B会合対応の成果報告において、周波数登録の資料を使った議論が出来ないという話だが、どのような理由で参照が出来ないのか。主張がよくわからなかった。

→周波数登録原簿（MIFR）が完全ではないと指摘する国がある一方、そうではなく原簿は完璧なものだと主張する国もあって議論が対立している。このことからSG5では審議を一旦中断せざるを得ない状況になっており、WP5B内で妥当性が確認できるまで文書の審議は中断するという判断が下された。我が国としてはMIFRを使うのに問題はないという立場であり、審議が再開されるような働きかけをしていきたいと考えている。

○MIFRに載っていないような運用をしている国も結構あるということか。

→そのとおりである。

○衛星を使ったUASの制御では、現在で言うところロシアやウクライナといったところでも関係があると思うが、議論の進展に否定的な意見があるイラン及びロシアについて、これらの国は中立を保っているのか。それとも議論は止まっているのか。

→本件は新勧告草案に対する直接的な反対意見といったものではなく、そもそもWRC-19において、WRC-23の議題として議題1.8を設定したことに対する妥当性といったところから意見の対立が起きている状況であり、我が国としては、このような状況下でも議論が進んでいくような形で寄与できるように対応していきたい。ただ、根本的な意見対立が解消されるまでは中々進まないのではないかと考えている。

## ②板状電子走査アレイアンテナの国際標準化のための国際機関等との連絡調整事務

○資料中に、来年度計画の記述が少ないが、どういう計画となっているのか。

→引き続き板状電子走査アレイアンテナの国際標準化等に向けて、ITUやAPTなどの国際会合に出席し、各議題に対応する。また、ヘリテレの保護を働きかけることにも注力していく予定である。

○アレイアンテナ自体の標準化という立てつけだが、衛星が切り替わる際のハンドオーバーの時間の課題の解決など、運用面での標準化自体はどう考えているか。用途や運用面を考えながら進めるとよいと考える。

→アレイアンテナ自体の標準化以上の部分は今後の検討事項である。研究開発動向等を踏まえつつ、今後、ITU-R SG4会合などで検討の可能性はある。

○情報通信審議会以外の場でも検討は行われるのか。

→審議会の構成員には有識者の先生方の他、多くの企業等から参加しており議論が行わ

れているところである。それ以外では、寄書作成の段階やそれ以前に、必要に応じて関係者間で検討を行うことはあり得る。

### ③大容量通信時代に向けた固定無線システムの高度化のための国際機関等との連絡調整事務

○本連絡調整事務において、ITUやAWGの会合へOAMの研究開発（ミリ波帯における大容量伝送を実現するOAMモード多重伝送技術の研究開発）の成果が反映されているとの理解で良いか。

→研究開発の成果の一部が反映されている。

○実用性の観点ではウォークスルースキャニングシステムだと思うが、3つの課題「大容量固定無線通信技術の国際標準化」「275GHz以上の高周波数帯（テラヘルツ帯）の実用化に向けた国際標準化」「固体素子型レーダーの国際競争力向上に向けた国際標準化」のうち、重点的に取り組んでいるのはどの課題か。

→ウォークスルースキャニングシステムを含むテラヘルツ帯の無線標定業務とテラヘルツ帯の固定業務の特定について、重点的に取り組んでいる。

○同一の会合で3つの課題が議論されているのか。

→電波伝搬分野についてはSG3で議論されている。

### ④空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの国際標準化に向けた国際機関等との連絡調整事務

○WPTで2.4GHz帯、5GHz帯を使用するが、他国も同じような方向を向いているのか。

→利用周波数帯については、諸外国も同じような方向を向いている。なお、ITU-Rにおいて、米国からはより高い周波数帯の使用検討についても報告されているが、影響評価調査がまだ十分ではないといった議論がなされている。

○屋内利用が前提であると思うが、屋内で利用するとなると、電波の有効利用や人体への影響等も検討する必要があると思うが、この点についての議論は進んでいるか。

→国内では、無線周波数共用等の検討を行い、運用上管理すべき事項や設置環境について規定することとしている。また、必要に応じて運用調整を行い対応することとしている。これらの検討結果についてはITU-Rにも打ち込んでいる。米国では個別認証の形で進められているが、いずれにしても無線システムとの干渉を回避するよう検討が進

められている。

○研究段階だと思うが、ミリ波帯でビームを絞って効率的にエネルギーを伝送しようとする動きがあるところ、そこまで踏み入れないのか。周波数帯が5GHz帯で留まっている理由は何があるか。

→2.4GHz帯及び5.7GHz帯は、日本ではビームフォーミングで給電を行う形式となっている。ビームを絞ってより効率的に、より大容量の電力を伝送したいとの要望があったので、そうした技術を実現するための条件を検討している。諸外国について、米国の海外メーカ（Ossia社等）も2.4GHz帯でビームフォーミングの方式を進めているところである。

#### ⑤Connected Automated Vehicleに必要な無線通信技術の国際標準化のための国際機関等との連絡調整事務

○5.9GHz帯の国内の検討状況はどのようになっているのか。

→今年度まで総務省の技術試験事務の中で放送事業者との共用可能性などを検討している。必要な情報は入力していきたい。

○ミリ波帯での検討について、具体的な周波数はどこか。レーダーのみを扱うのならば、案件名が無線通信技術とある点に照らして適切か疑問。

→国内では76GHz帯ミリ波レーダーについて検討を行う作業班を立ち上げたところ、その検討に資する調査を行っている。また、通信についても検討されており、欧州では自動運転の車間通信にミリ波帯を使用することを目標に周波数割当ての検討がなされている。

○CAVのアプリケーションへの寄与とはどのようなものか。

→ITS（高度道路交通システム）に係る通信の検討では、必ずその先に具体的なアプリケーションがあつての通信方式となる。範囲が広く、自動運転では自動車業界との連携も非常に重要であるため、情報の齟齬がないように進めており、ユーザーを念頭に置いた通信方式の開発を行っている。

#### ⑥WRC-23に向けた移動通信の国際協調のための国際機関等との連絡調整事務

○日本と海外で考え方が異なる点はあるか。

→日本が推す議題の中では、議題1.4 HIBSのIMT活用に関する議論でHIBSと他システムと

の共用検討に関する意見があった。

○国際標準化会合を日本招聘する目的は何か。

→過去WRC会合の直前に会合を招聘している。今まで参加できなかった企業が参加できること、日本の推進している議題について深い議論できる等のメリットが挙げられる。

○体制についての説明がなかったため、体制について説明されたい。

→電波産業会、ソフトバンクが主に担当している。IMT-2030については、Beyond 5G推進コンソーシアム 白書分科会が関わっている。

### (3) 電波資源拡大のための研究開発 継続評価

各研究開発案件の担当者による説明後の主な質疑応答は以下のとおり。

#### ①仮想空間における電波模擬システム技術の高度化

○かなり実用的なものが出来ていると思うが、このエミュレータを作る時の年度毎によってスケーラビリティ、台数がずいぶん大きく変わっていくと思う。その拡張性に関して、技術的な問題や課題はあるのか。

→拡張性に関しては、台数が増えるにつれ計算機を分散化していく必要性があり、そのときにエミュレーションする無線機間を連携させるための情報の受け渡しが非常に難しい。さらに100台エミュレーションするとして、2台の実機と98台の計算機上の仮想機を連携するときの情報の受け渡しを遅延等なくエラスティックに行うようにすることが課題であり、特にタイミング調整が難しい。

○令和3年度は20億円使用しているが、来年度はどの項目にどのくらい使用し、総額はどのくらいになるか。

→今年5G NR、Wi-Fi、Wi-SUNという3つのシステムに関してエミュレーションを開始することができた。現状エミュレーションを行ったものと実験の動作が同じ特性が出るのか、もしくは計算機シミュレーションと同じ特性が出るのかというバリデーションを行っている。今回6つのユースケースを対象にしているが、3年目の目標としては、この中からいくつか選択したユースケースによって、一気通貫でエミュレーションを動作させることができないかと考えている。また、エミュレーションを複数台でしっかりと実施でき、実機とつながるということに注力しようと思っている。5G NR、Wi-Fi、

Wi-SUNに関して、候補としては、ITS、スマートメータ、5Gのシステムの3つに注力して予算を配分している。

○エミュレータを作るとは価値があると思う。報告書を見ると、知財とか標準化に関しては目標よりかなり少ない。論文を書くことは難しいかもしれないが、ノウハウ的な特許や標準化の活動にもっと注力して頂きたい。このようなシステムは、日本だけでなく、海外にも展開するために、特許や標準化が極めて重要である。

→特許に関しては、先生のおっしゃる通り。標準化に関しては、エミュレーションの標準化の進め方を議論しているところである。特にエミュレーションをビジネス化するために、ビューワを様々な会社が切り出して作れるようにするなどが重要である。今後、エミュレータとビューワのインタフェースの標準化について必要になるかと考えるが、標準化団体がどこになるのかなどの検討が必要である。

## ②不要電波の高分解能計測・解析技術を活用したノイズ抑制技術の研究開発

○30GHzといった高い周波数帯でのノイズ抑制について挑戦的な研究をされている。ただし、10GHz以上における測定結果の比較についてのばらつきについて、今後どのように改善するのか。

→その点、我々も非常に重要だと思っている。比較に用いたニッケルジंक（NiZn）フェライトでは10GHz以上の透磁率虚部はほぼ0（ゼロ）なので、誤差15%で計測できても値が小さすぎてノイズ抑制には有用でない。開発材料やカルボニール鉄といった、10GHz以上で透磁率虚部が大きく、誤差の影響が直接ノイズ抑制性能に反映される磁性材料を使い、10GHzを超える周波数帯については検証したい。15%以下の誤差の定義についても検証していく。来年度も頂いた意見を踏まえて進めていきたい。

○高周波ノイズを抑制するために磁性体や誘電体などの材料を検討するにあたり、誘電率や誘電正接の高周波特性も考慮されていると思うが、何か問題点はあるか。

→透磁率虚部や誘電正接によってノイズが落ちるのは良いが信号受信レベルも落ちるのではないかという指摘はよく頂く。ノイズや信号の経路や周波数帯をしっかりと把握した上で、フロントローディング設計手法として落とし込んでいく。例えば、プリント基板への応用における平面・空間の最適配置を設計することにより、信号品質を維持したノイズ低減に結び付ける。

○実験でドローンを使って一部通信がうまくいかないことを経験したことがある。コン

トロールチャネルの周波数帯は対策がされていて、それ以外のところが対策されていないということで、本研究開発を行うという背景か。使用周波数が2.4GHz以外にあるのか分からないが、他でも問題になっているのか。

→本研究開発は、ドローンに特化したものではなく、汎用性の高い技術についての研究開発であることを前提で回答する。複数の無線システムが干渉するということは経験している。ドローンは目視外かつ遠隔に運用される方針であり、携帯電話機で一般化されている通信干渉の指標に倣い、ドローン機体にもそのような要件を設定する必要がある。この点で不要電波とドローンの利用する無線通信の干渉に着眼した本研究開発の取組は非常に重要である。携帯電話の周波数帯を使用していく上でも、本研究開発による分析が欠かせない。

### ③集積電子デバイスによる大容量映像の非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

○試作したRFフロントエンドはQPSKなど実際の無線信号を利用して評価されたのか。

→通信実験は今まさに実施している最中となり、データレートを上げる条件を探索しているところ。

○機械走査、フェーズドアレイ、円筒レンズを組み合わせることでE面H面ビームを制御しているが、最終年度にはE面H面両方ともフェーズドアレイの形に変えていくのか。

→最終年度にも変更はなく、1軸は機械走査、もう1軸はフェーズドアレイを予定している。ホーンアンテナを1次元に並べることも変更なく、3つ～8つまで増やすことを考えている。

○送信方と受信方においてトランシーバー単体でクロック再生、キャリア再生を含めた形でデモンストレーションは可能か。

→システム側としては問題ない。回路側としてもクロックリカバリー回路・キャリアリカバリー回路を一体化して組み込む予定。

### ④多様なユースケースに対応するためのKa帯衛星の制御に関する研究開発

○衛星と地上の接続システムについて、どのように連携して開発しているか。

→各課題の各社がお互い連絡会議をなど行いつつ開発、評価を行っている。

○静止軌道衛星ではなく低軌道衛星でネットワークを結ぶことが主流になりつつある昨今、本研究開発で培った技術はどのように活用できるか。

→衛星地上接続技術や搭載機器のフレキシブルリソース制御技術が低軌道衛星にも活用できる。

○数理モデルが2つあるが、それぞれのメリットとデメリットを教えて欲しい。

→トラヒック需要予測モデルの更新タイミング最適化モデルは、トラヒック需要量の変動傾向が変化する状況に対応できる点がメリットである一方、予測精度を向上させるには一定量以上の実トラヒックデータ等を集める必要がある点がデメリットである。通信リソース制御の切替タイミング最適化モデルは、時間を固定インターバルで区切って用いる場合よりも割りリソースの無駄を削減できるという点がメリットである一方、割りリソースの無駄の削減度合いはトラヒック需要予測における予測精度に依存する点がデメリットである。本研究課題では両モデルを連携して利用しつつ、上記のデメリットを解決しつつ割りリソースの無駄の削減を図る。

#### ⑤5G基地局共用技術に関する研究開発

○準ミリ波では17%、Sub6では2%の低消費電力化とあるが、2種類の周波数帯で、キャリア間干渉抑圧による低消費電力効果はかなり異なるのはなぜか。

→現状、準ミリ波の方は干渉抑圧技術が使われていないところ、本研究開発で適応した。一方でSub6では既に干渉抑圧技術が導入されており、本研究開発ではデジタル処理部分を低消費電力化するという提案方式により更に2%の改善効果を得ることが確認できた。

○アンテナ利得を上げることでその分、出力を下げるのが可能ということだが、このアンテナ技術は共用RUに限らず活用できるか。

→そのとおり。

○元々のテーマとしては「2オペレータで共用すること」により、電力の増加を2倍から1.5倍に抑えるような低消費電力化を目指すものだが、アンテナ利得を上げることも低消費電力の効果があるということか。

→広帯域化しつつ、アンテナ利得を上げることも組み合わせて、共用と低消費電力化の両立を図っている。

#### ⑥リアルタイムアプリケーションを支える動的制御型周波数共用技術に関する研究開発

○IoT特有のトラフィックパターンについて、論文の投稿等は行ったか。

→現時点ではまだ評価できていないため、論文投稿は行っていないが、標準化のパラメータの提案は行っており、国際会議で採択されている。

○ターゲットの絞り込みが重要と思われるが、具体的なターゲットと優先順位を教えてください。また、どんな方法かも教えてください。

→ターゲットは工場で、ニーズが高まっているAGV、動画等を送るための大容量高速伝送アプリや高精細検査装置等が混在する環境を想定している。優先度の比率的には1 : 2 : 3であり、検査装置が一番多く、AGVが一番少ないが、時間によっても変わる。制御データを早く送れば良いというわけではなく、実際の検査の結果を待ってデータを送る。工場のプロセス、端末や移動体の位置を考慮し、うまく切り分けている。

#### ⑦電波の有効利用のためのIoTマルウェア無害化／無機能化技術等に関する研究開発

○事業化について、本システムをどのように活用するのか。各所にデータを配布することだが、事業化と運用は具体的にどうするのか。また、研究開発終了後はどう対応するのか。

→課題アとイで異なる。課題アについては、研究で得られたデータを関係者に共有し、世界中に発信する形で研究成果を活用する。来年度で本プロジェクトは終了するが、以降も研究を続け、得られたデータはNICTをベースに活用する。課題イの無害化・無機能化については、ISPや、機器ベンダー等と連携し、監視システムやスマートファクトリー等に組み込む形での事業化を目指している。

○課題ア①Cにおいて、不正通信の抑制効果をシミュレーションしているが、どの程度の効果が見込まれるのか。

→実際に攻撃として観測されたマルウェアの実データと、ISPからの注意喚起の結果の実データを元にシミュレーションを実施した。実データを用いたものと近似した結果となり、最終的には目標値である不要通信の6割削減を現実的な数値として実現出来る見込みである。

○予定を前倒しての特許実績1件は結構な成果。論文数についても、査読付き、口頭発表等多数発表されており、新規性があるから学術文献になると思慮。発表のタイトル等を見ると、従来の技術より優れた様々な手法を提案しているものと理解。他方、それに対して知財の登録が1件は少ない印象だが、出願漏れ等はないか。

→御指摘のとおり、特許は1件になっているが、新規性があっても特許としてよいかと

うかは判断が必要。本プロジェクトの成果について、マルウェアへの具体的な対策を講じるもののため、マルウェアの対策または対策そのもののメソッドを特許の形で公表すると逆効果になる可能性がある。他方、新規性があるものについて、次年度はニュートラルなものについて特許化できるか検討する。

#### ⑧安全な無線通信サービスのための新世代暗号技術に関する研究開発

○共通鍵暗号については、高速・大容量に対応しており、すばらしい成果だと考える。

一方で、IoTにおいては、容量の少ないデータのやり取りが大部分を占めると想定され、本研究の成果を活用できるのか。

→データをまとめて暗号化する等、IoTにおいても一定の性能を発揮できると考えるので、方式を検討してみたい。今年度は初年度ということもあり、高速な共通鍵暗号の設計に注力した。

○100Gbpsのスループットを達成したのは世界初とのことだが、どのようなハードウェアを利用したのか。

→市販PCのCPUであるIntel Core i7で既存方式を含めて評価した結果、今回の共通鍵暗号方式のみが100Gbpsを達成している。スマートフォン向けのSnapdragonやApple社のCPU等でも評価しており、いずれの環境でも既存方式と比較して、数倍の性能が出ている。

○スループットはハードウェアにも依存するので、同一のハードウェアで既存方式と比較する方が分かりやすいのではないか。

→ご指摘の通り、論文等ではハードウェアに依存しない指標として、サイクル/バイト（1バイトのデータを処理するのに必要なCPUサイクル数）を用いている。本研究開発では、5G/6G時代の共通鍵暗号として、100Gbps程度のスループットを目指しており、実測スループットとして100Gbpsを超えた点を成果として強調している。

#### ⑨無線・光相互変換による超高周波数帯大容量通信技術に関する研究開発

○今後課題となる点はどこか。

→技術課題アは化合物半導体を作って実装し、電波を送信するところが一番難しい。RFIC自体だけでなく導波管などへの実装技術も重要。技術課題イは要素技術としてオール光型テラヘルツ発生は研究進捗でできそうだが、検出の変換効率を高める工夫

やオール光型受信のシステムが課題。技術課題は各要素技術の取組とシステム化のバランスが課題。非常に高い周波数で実際に利用できるシステムをアンテナ指向特性なども含めて構築する点が課題。国際標準化も重要。

○光で信号処理するのが特徴だが、テラヘルツ無線信号が伝搬して受信する無線システムで、変復調はどのように検討・想定しているか。

→変復調は光OOK信号をスイッチでオンオフするため、OOKを検討している。

○かなり広帯域で出力が低いと思うが、距離はどの程度を想定しているか。

→100mを想定。回線設計としてマージンはとれている。

#### ⑩ アクティブ空間無線リソース制御技術に関する研究開発

○IRSについて、グラウンド板との間隔を変化させて反射方向を変化させるとのことだが、リアルタイム性は確保できるのか。

→駆動方法についてはいくつかあり、一つはグラウンド板との幅を機械的にギアで制御することを想定している。応答速度や追従性については来年度の検討に含めさせて頂ければと思う。

○レイトレーシングについて、LIDAR等により電波の到来方向を測定しているとのことだが、対象物が移動した場合再度の測定が必要となるのか。

→リアルタイム性をどこまで確保するかについては課題がある。まずは動かないアクセスポイント等の準静的な機器を捉える。もう一つはAGVに測定機器を搭載しレイトレースを行うことで環境の変化分を反映させる。現時点では一分間など一定の間隔で端末を追従することを想定している。指摘された点については、来年度以降の検討に含めさせて頂く。

○フィルムアンテナを床に敷き詰めて位置を推定するとのことだが、これは、分散アンテナを床に敷き詰めるというコンセプトか。センサーを大量に設置する必要があるのか。

→ご認識のとおり、フィルムアンテナを床に多く敷く必要がある。現在、その間隔等の検証を行っている。

#### ⑪ HAPSを利用した無線通信システムに係る周波数有効利用技術に関する研究開発

○色々成果を上げているが、国際標準化に関しては元々の目標が0件だが実績として

は提案20件、標準化の公開を3件しているということで、これはこのような機運が世界的に高まってきたというような背景があるのか。

→目標については提案書及び計画上で具体的な成果の項目の中に国際標準化の件数という項目がなかったため0件になっている。一方で国際標準化の取り組みとしては当初から目標としていたため、数値上は0件ではあるがしっかりと取り組みを進めていった結果である。その中で国際標準化については3件の国際標準化が達成できたものであり、非常に大きな成果だと考えている。機運が高まったというのもあるが、気運を高めたのは我々の研究開発であり、世界がそれに乗かってきた形になる。それにより今回国際標準化を達成したと理解している。

○成層圏で実際に実験しているということだが、当初は高度20kmで実験するという予定だった。それが14kmになった理由は何か。また、本年度は準成層圏で実験をしているが来年度は20kmでやる予定があるのか。

→当初より今年度は高度14kmにおいて、成層圏下層での実験を計画しそれを進めていた。来年度はHAPSの機体会社のエアバス社との調整の結果、20kmでのQバンドの実験が困難になったため、来年度はQ帯電波の分析と最終年度における課題の洗い出しを進めていきたいと考えている。

○HAPSを利用して無線通信システムを構築しており、成果を上げていると認識しているが、連携する部分で固定通信と移動通信の共通課題があると思うが、電波伝搬に関するものと理解しているが具体的に教えてほしい。

→共通課題について、移動通信側の中での共通課題と言うことであり、今回は課題カ、キ、クとあるが電波伝搬推定のところは移動通信側の課題カの時間同期や課題キの干渉回避、課題クの干渉キャンセル技術といったものの正しい提案方式や正しい評価をする上で、共通課題という風に設定している。そのため、移動通信側で検討を進める上での共通課題という位置づけになっている。

## ⑫第5世代移動通信システムの更なる高度化に向けた研究開発

○多くの成果を上げている。標準化はどうなっているか。

→課題アでは、適応型RANのネットワーク制御で、RAN装置の制御について0-RAN Allianceにて標準化を進めている。課題イでは、APT/AWGにミリ波を使ったITSシステムを提案している。課題ウのFull-Duplexは、3GPPでは議論が進んでいない。802.11も

見ているが、標準化をスタートするまでは至っていない。

○低遅延等の5Gに求められている性能を満たしたまま高度化する必要がある。ミリ波帯では高エネルギー効率を実践しているが、低遅延性を保証したまま実現できるのか。  
→ミリ波の大容量性を活かした取組を推進しており、遅延時間も低く抑えるように進めている。

○課題ウのFull-Duplexでは、Sub-6GHzだけなのか、ミリ波もターゲットなのか。  
→令和3年度に、ミリ波である28GHzでの検討を行っており、シミュレーションでは63%の性能向上、すなわち、平均1.2倍以上の周波数利用効率が得られている。ミリ波とSub-6GHzの両方で検討している。

### ⑬同期・多数接続信号処理を可能とするバックスキッタ通信技術の研究開発

○サブキャリアを使って多重化とすることで、リーダライタは高度なものということは分かったが、RFIDの方は従来のものとどういう違いがあるのか。

→周波数チャンネルを決めてデータストリーミングを行うという違いがある。

○特許の申請はどのような状況か。今年度学会発表した新規性のある技術について特許申請漏れないか。何か戦略があるのか。

→質問器の方は標準化の中で特許をロイヤリティフリー又はRANDにすることで、なるべくオープンにしていこうと考えている。端末の方は去年の成果で出願した。

○課題イのアンテナ設計については比較的一般的な技術なのか。

→既存の特許との絡みもあるため、一般的な技術で設計を行うこととしている。

### ⑭100GHz以上の高周波数帯通信デバイスに関する研究開発

○特許については申請見込であるのか。

→その通りである

○課題ウについて、300GHz帯でインジウムリンとガリウムナイトライドの2種類を検討しているが、インジウムリンに決定したのか。

→年度末の最後まで検討を行うが、現時点での見込みとしてはインジウムリンが有力である。

○その場合、課題ウの来年度の計画はどのようになるのか。

→ガリウムナイトライドで300GHzのパワーアンプを検討するのではなく、100GHzのパ

ワーアンプは別途検討しており、100GHzのパワーアンプの後段にミキサーを入れるなどして300GHzにアップコンバートすることを検討している。

#### ⑮基地局端末間の協調による動的ネットワーク制御に関する研究開発

○最終目標は課題アとイかけあわせたものなのか、個別のものか。

→アは応答速度、イの2は伝送容量としてそれぞれ設定している。その場に応じた不感地帯をカバーする方法として、IRS、中継装置のそれぞれで適切に目標を設定している。

○IRSについて液晶3種類を試行錯誤して、1秒以下を達成できたということだが、最終目標の0.7秒以下はどのように模索していくのか。

→色々な構造の高分子を設計して入れている。高分子構造を少しずつ変えて試していく。継続してIRSの応答の高速化に取り組む。

○課題アについて、どの程度周波数を離隔すれば、隣接周波数への影響を抑圧できるか。

5Gで割り当てられている帯域についてコンポーネントキャリアで分かれている場合もあるかと思うが、他キャリアへの干渉を抑えるという意図ではないのか。

→隣接周波数の他のサービスへの干渉による影響を抑えることを意図している。

#### (4) その他

事務局から、今後のスケジュールについて説明があった。

### 3 閉会

以上

電波利用料による研究開発等の評価に関する会合（第107回）  
構成員出欠一覧

	氏名	所属	出欠
座長	笹瀬 巖	慶應義塾大学 教授	出席
座長代理	橋本 修	青山学院大学 名誉教授	出席
構成員	岩井 誠人	同志社大学 教授	出席
〃	井家上 哲史	明治大学 専任教授	出席
〃	大柴 小枝子	京都工芸繊維大学 教授	出席
〃	加藤 寧	東北大学大学院 情報科学研究科長	欠席
〃	太郎丸 眞	福岡大学 教授	出席
〃	長谷山 美紀	北海道大学大学院 副学長	欠席
〃	前原 文明	早稲田大学 教授	出席
〃	山尾 泰	電気通信大学 客員教授	出席