

## 第6章 最後に

近年、テラヘルツ無線に対する関心が国内外で高まり、無線LAN/PANの標準化の作業部会であるIEEE 802.15や、周波数割当を決めるITU-Rで議論が活発化している。このような背景のもと、平成21年9月、総務省近畿総合通信局において、テラヘルツ無線に関する国内初の調査検討会が発足し、平成22年4月に第1期の報告書を取りまとめた。平成22年9月に、第2期目の調査検討会が再開し、平成23年1月までに5回の会合を行った。加えて、平成23年2月に情報通信研究機構本部(小金井)と同けいはんな研究所との間を、高速光回線(JGN2plus)と高速無線回線(キャリア周波数120GHzを利用したテラヘルツ無線)で結び、遠隔医療を模擬した公開実験を行った。150名を超える参加者を迎え、テラヘルツ無線の有用性を十分にご理解いただいた。

以下に、今年度の検討会での議論の内容を総括する。

### 1) ライフ分野への貢献

まず、ライフ分野への貢献に関しては、私たちの生命に直結したニーズが考えられる「医療」と「災害報道」の領域で、テラヘルツ高速無線の適用について調査を行った。医療の現場では、私たちの想像以上に情報通信技術(ICT)の活用が進んでおり、特に無線技術のニーズとその高速化に対する期待が高いことが明確になった。肌や臓器などの色の忠実度・再現性は、高精細性と同様に重要であり、また最近、家電で話題の3D映像についても医療の分野では必要不可欠なものとなっている。さらに、医療分野ではリアルタイム性が最も要求され、高精細画像の場合、圧縮することによる遅延は好ましくない。手術現場でのワイヤレス化、リアルタイム手術情報のマルチチャンネル伝送と統合化、クラウド化された医療情報データベースアクセスへの即時化等、医療先進国家として豊かな社会を形成していく上で、高速無線技術が果たす役割は極めて大きいと言える。最後に、医療に従事されている医師の方々から、安価に実現できる技術の必要性を強調されていたことが印象深い。同じく高精細動画を日常的に扱う放送分野においては、「災害報道」への適用が、現場からの高速無線に対するニーズとして最も大きなものであった。想定される具体的なシーンとして、災害現場にヘリコプターで向かい、そこで取材した映像データを、受信設備のある基地局上に移動した後、瞬時に空中で転送するというものである。基地局からは光ネットワークで放送局までデータを送ることにより、速報性が大きく向上する。本報告書を取りまとめている中、はからずも、平成23年3月11日に起こった東日本大震災において、災害報道だけでなく、災害復旧といった面でも臨時の高速無線回線の必要性を再認識した。

### 2) グリーン分野への貢献

次に、グリーン分野への貢献について、無線機器の省エネ化の技術動向(Green of ICT)、ICTの活用による省エネ化(Green by ICT)、さらにICTの活用によるGreenへの貢献シナリオについて議論を行った。まず、無線機器の高速化がもたらす省エネ化の指標として、ビット当たりの消費電力(J/bit)を、これまでの様々な無線技術について比較してみると、高速化の進展とともに、ビット当たりの消費電力が減少していく傾向にある。従って、瞬時接続(間欠動作)と併用することにより、トータルの省エネ化につながる。また、周波数利用効率を高めるために、複雑なデジタル変

調方式を用いることが主流になりつつあるが、これはデジタル信号処理に負担をかけることになり、オーバーヘッドの電力増加をもたらす。従って、十分な広い帯域を確保できる可能性のあるテラヘルツ無線では、単純な変調方式で実現することが望ましい。

ICTの活用による省エネ化の可能性として、離れた場所(自宅やリモートオフィス)でICTを活用して仕事を行う「テレワーク」について議論を行った。日本国内のテレワーカーの比率は15%程度で、伸び率は横ばいである。その要因としては、セキュリティに対する不安、企業の管理体制の日本的慣習の壁の他、繋がりにくいネットワーク環境、不十分なダウンロード速度など、テレワークを活用できるレベルまでICTが進化していない点が指摘された。オフィスと変わらない高速ネットワーク接続環境を無線で提供できれば、利便性が向上し、テレワークの普及が一層促進されると期待される。東京都市圏(1都3県)で、在宅型テレワーカーが倍増した場合、公共機関による通勤交通量として2.7%が削減、通勤目的の自家用車が年間1350~2100万台削減されると見込まれている。

また、将来のテレワークを支える技術としてテラヘルツ無線を想定した場合、まずミリ波を用いたブロードバンド固定・移動通信の現状を知ることが重要である。現在、1対16のマルチアクセスが可能で最大1.2Gbit/sの固定無線と、航空機(高度8000m、速度280km/h)へのアクセスが可能で最大100Mbit/sの高速移動体無線が開発されている。

ICTによるグリーン(省エネ)化に対しテラヘルツ無線が如何に貢献できるかを議論するために、まず、その一般的な考え方とグリーンICTの現状を調査した。例えば、固定電話網については、環境負荷の70%が使用段階であり、そのうち70%(すなわち全体の50%)が、待機時間の消費電力である。IP電話も同様で、待機時の機器の省エネ化が必須である。インターネット接続の場合、ISDN、ADSL、FTTHを比較すると、FTTHが最も省エネで環境負荷が小さい。最後に、ケーススタディとして、テラヘルツ無線が導入された場合にどの程度の低炭素化(CO<sub>2</sub>削減)をもたらすかについての試算を行っている。当然、これだけでCO<sub>2</sub>の劇的な削減がもたらされることはないが、このような議論を継続的に展開し、仮説を検証していく必要がある。

### 3) 諸外国の動向、標準化および電波干渉

諸外国の研究動向については、欧米を中心に100~300GHz帯の無線通信実験が進められている。アプローチとしては、光技術を用いた送信機によるシステムで、ギガビットを超える性能が達成されている。電子部品によるものは、市販品(ダイオードが基本)のブロックを組み合わせたもので、伝送速度としては10Mbit/s程度に留まっている。今後、200~300GHz帯のMMIC技術による無線システムが登場してくることが予想される。また、国際標準化に向けた各種機関(ITU-R、IEEE802)の動向について調査した。2012年に世界無線通信会議(WRC-12)が予定されており、将来の周波数割当のために我が国からも積極的な参加が望まれる。さらに、(受動)観測業務との干渉問題を考える上で重要となる、電波天文の動向について調査を行った。今後、国内においては、100GHz~1THzを受動業務として利用している国立天文台等との議論を継続的に行い、周波数利用に関するコンセンサスを醸成していくことが重要である。

### 4) 各種要素技術の動向

最後に、テラヘルツ無線を実現するための要素技術について、今回は2つの観点から調査を行った。最初は、無線のフロントエンド(あるいはI/O)ではなく、信号処理のコアとなるシステムLSI

と集積化技術がどこまで進んでいるかについて議論した。現代の高速信号処理は、複数のCPUによるマルチコア(さらに将来はメニイコア)SoC(System on chip)がトレンドであり、さらに今後は、各種センサ、MEMS、化合物半導体などの異種デバイスを融合したシステムに発展していくと予想される。テラヘルツ無線をサポートするシステムにおいては、膨大なデータの伝送と信号処理の高速化を可能にする物理層が、メニイコアを核にしたプラットフォーム上に異種デバイスとともに集積されることになる予想される。

また、テラヘルツ無線を早期に実現できる可能性の高い化合物半導体デバイスの現状と課題について議論を行ったが、いずれにしても上記で述べたように、化合物半導体の単体で進化していくことはなく、異種デバイスの集積(ヘテロロジーニアスイнтеグレーション)が不可欠になるであろう。

足掛け2年、2期にわたる本調査検討会では、単に技術シーズの進展を議論するだけでなく、高速無線通信の将来ニーズについて世界の電波行政の動きを見ながら深く議論し、テラヘルツ無線の研究開発の重要性とその進め方をとりまとめた。今後、前回の報告書と同様に、本調査報告書をたたき台としてさらに議論を重ね、テラヘルツ無線の実現に向けて研究開発が活発化していくことを願ってやまない。