

## IoT時代が到来する今、それを支える先進的 無線ネットワークシステムのしくみを学ぼう

コーディネーター 尾家祐二

近年の情報通信技術の加速度的な進歩によって、ネットワークの普及と更なる高度化が進み、今日では、大量の情報を多くの人が共有、交換することが可能になりました。社会の繁栄が、様々な分野の専門化、分業化と共にそれらの連携、交流、さらには共感によってもたらされていると捉えれば、個人や組織が互いに交流し合えるしくみは、今後もさらに重要性を増し、ネットワークが果たす役割も大きくなると考えられます。

すでに私達の生活に深く浸透しているインターネットは、1969年に初めての接続実験が行われてから、もうすぐ50年になるとしています。この間に、通信速度およびそれに接続されている計算機の本数は飛躍的に伸びました。当初の通信速度は数十～数百Kb/sでしたが、今では、九州工業大学のキャンパス間のネットワークでも数十Gb/sになっています。これは10万～100万倍ほどの増加にあたります。インターネットに接続される機器も、当初は大きな筐体に収納されたり、机の横などに置かれるような計算機が主でしたが、今では、スマートフォンや家電製品を含め様々なものが接続されています。そして、さらには、計算機によるインターネットから様々な「モノ」がつながるインターネットであるIoT (Internet of Things) へと変貌することが期待されており、接続される「モノ」の本数は数百億個にも達すると言われています。

インターネット利用の拡大とともに、より人に寄り添うネット

ワークとして、動く人をつなげ、さらに様々なものをつなげやすくする、無線化されたネットワークが普及してきたのは、自然な流れと言えます。そして、いまや無線ネットワークで運ばれる情報量は飛躍的に増加し続け、その急増に対応するべく、様々な技術が開発され、私達はその恩恵に浴しています。さらには、まさに今、新たな第5世代無線ネットワークシステムに関する研究開発が進められています。

IoT時代が到来すると言われている現在、関連技術の研究開発に従事する方々はもちろん、それを利用する方々が、IoTシステムを支える先進的な無線ネットワークシステムのしくみや技術に興味を持っていただければ、大変光栄です。そして、そのことは、IoTの今後の持続的な発展と浸透のためには、大変有益であると信じます。

本書では、まず基本的な質問として、

- ・無線ネットワークシステムはこれまでどのように活用され、今後どのように活用されるか？
- ・無線ネットワークシステムはどのようなしくみで実現されているか？
- ・無線ネットワークの利用が拡大する際の課題とそれをどのようにして解決しているか、またはしようとしているか？
- ・当然のこととして、利用者が移動しながら通信を継続できているが、そのしくみと必要な技術は何か？

を取り上げ、それらに答え、さらには新たな無線ネットワークシステムとして、次のようなネットワークを取り上げています。

- ・新たなつながり方として、無線で中継して通信し合う、無線マルチホップネットワークとは、どのようなネットワークか？
- ・新たな無線ネットワークとして、IoTのネットワークはどのようなネットワークか？

本書の著者である塚本和也さんは、10年以上にわたって無線ネットワークシステムに関する様々な課題に取り組んでいる若手研究者です。特に、3章で取り上げられている、無線の飛躍的な利用拡大に対応する技術としてのコグニティブ無線技術、また4章で取り上げられている、利用者が移動しながら、様々な無線ネットワークを利用し続けるためのしくみや通信技術に関する研究、さらに5章で取り上げられている、新たな無線ネットワークシステムである車両アドホックネットワーク研究などの分野において、精力的な活動を行っています。

本書では、著者の専門的な知識や実証実験の経験を活かして、無線ネットワークシステムの基本的なしくみと技術をわかりやすく紹介し、興味を継続させて、読み続けることができるように、身近なスマートフォンに搭載されている様々なネットワーク新技術にも触れています。さらには、この分野に興味を抱き、将来の研究開発者となる人達のために、最先端の技術および今後の展望も見据えた内容を含むなど、意欲的な構成になっています。

以下では、本書の概要について、各章ごとに紹介します。まず第1章では、無線ネットワークシステムを、少し離れた所から眺めることで得られる様々な情報が提示され、私達の生活に深く浸透している現状を再確認するとともに、時間軸を遡り、今日の無線ネットワークシステムに至るまでの技術の発展の過程と目覚ましい普及を理解し、さらには時間軸を未来に延長して、将来の状況を想像することができる機会が提供されています。東日本大震災の教訓を生かした災害対応無線LANサービスの取り組みの紹介、さらにはIoTについても触れられ、時宜を得た内容になっています。

つづいて第2章では、無線ネットワークシステムの内部に視点を移し、それを実現するためのしくみと技術に焦点を当てています。

携帯電話システムは技術的に著しい進歩を遂げており、主な技術の変化に伴って、「世代」という言葉で、その違いが表現されています。アナログ通信が用いられていた第1世代からデジタル通信に変わった第2世代は、とりわけ大きな変化でした。今、まさに第5世代の携帯電話システムの研究開発が行われているところですが、本章では大容量化を実現するための、これまでの様々な技術革新について詳細に説明されています。私達に身近なもう一つの無線ネットワークである無線LANについても、その技術が詳細に説明されています。さらには、今や生活必需品となったスマートフォンに搭載されている最新無線LAN技術やテザリング機能を用いて、利用者自身がネットワークを構築する新しい通信形態についても紹介され、読者に広く興味を持っていただける内容になっています。

そして、第3章では、無線通信にとって最も重要な資源である無線周波数資源に着目しています。無線ネットワーク利用が急増する今日において、情報を運ぶ無線周波数資源の特徴を改めて理解し、さらなる利用の増大に対応するための課題と解決するための努力について理解を深める内容になっています。電波は、周波数によって、単位時間あたりに運べる情報量と電波の届く距離が異なるため、通信に適した周波数帯は大変限られています。すなわち、通信に利用可能な周波数資源は私達の貴重な財産であり、日本では総務省が管理しています。したがって、それを有効活用するための努力は、今後さらに重要性を増すものと考えます。コグニティブ無線技術は、周波数資源を共有化することによって効果的に利用する技術として今後活用が期待されており、最新情報が紹介されています。

第4章で着目しているのは、人が移動しながら通信を継続するしくみです。今後は、携帯電話、高速無線LAN等、様々な無線ネットワークシステムを利用することが可能となるため、適切なネット

ワークの選択と切り替えを行うことが必要になります。その際に、インターネット通信において生じる可能性がある課題とその解決のための努力を紹介しています。インターネット技術は、当初、移動しない端末を想定して設計されており、移動への対応のために、様々な技術が追加されています。それらの技術が紹介されています。

以上の章で扱っていた無線通信は、携帯電話システムでは基地局、無線LANではアクセスポイント（AP）と端末（STA）の間の通信でした。これに対し第5章では、基地局やAPなどのインフラ（基盤）に頼らないネットワークであるアドホックネットワークを扱っています。無線通信インフラからの電波が届かず通信できない場合でも、物理的に近い端末の間で通信可能なネットワークです。したがって、通信可能な領域を拡大できる技術であるとも言えます。IoTネットワークとして普及が期待されるセンサネットワーク、常にはつながっていなくても通信可能な遅延耐性ネットワーク（DTN）、今後さらに進化が期待される車両ネットワークなど興味深い事例が取り上げられています。

第6章では、今、多くの関心を集めている「モノのインターネット（IoT）」が取り上げられています。様々なものがネットワークに接続される時代について、日本ではかつてユビキタスネットワークという名称で、研究開発が活発に行われていました。2005年のITU Internet Reportのタイトルは、まさに“‘The Internet of Things’”でした。そこでは日本におけるユビキタスセンサネットワーク等の研究開発状況も紹介されています。実空間の様々な情報をネットワークで集めて処理し、そして実空間のモノを制御するシステムであるCyber-Physical System（CPS）などもその延長上にあります。

そして今日、Industry 4.0 などの具体的な応用事例の実現に向け IoT が注目を集めています。本書の第 6 章では、想定される IoT サービスとそれらの実現に向けた課題が紹介されており、今後この分野を学ぶ方の参考になるでしょう。

最後になりましたが、本書を通して、無線ネットワークシステムに興味を持つ方がさらに増え、人に寄り添い、人の活動を支援する無線ネットワークシステムがさらに発展することを願い、結びの言葉と致します。