

新しい情報ネットワーク基盤の商用化と研究開発の動向

電話は19世紀後半に発明され、「回線交換方式」と呼ばれる技術を基にして電話網を構成することで、重要な社会基盤としての役割を演じてきた。一方、テレビなどの放送網は、約100年前の無線通信の発明に端を発し、映像伝送の技術を核として今日に至っている。電話網の「回線交換方式」に対し1960年代初頭に「パケット交換」と呼ばれる方式が発明されインターネットが誕生した。この方式は、本来文字などのデータ通信を実現する目的で開発されたが、インターネットの発達に伴い、多様な通信を提供できるようになっている。特に、電話網が担ってきた音声通話とテレビ放送が担ってきた映像伝送という機能が、このパケット交換方式の上で実施できるようになったことから、電気通信に対する市場のニーズは通話からデータへと大きく変化し、本来電話のために整備されてきた社会基盤である電話網は大きな変貌を遂げつつある。

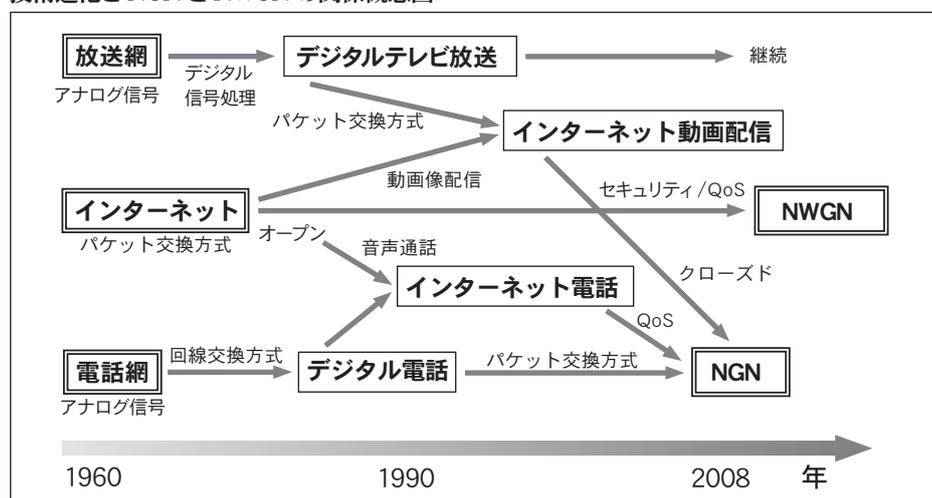
先進国の通信事業者および情報通信政策の担当者は、衰退しつつある音声通話の市場に代わり、情報通信基盤を「NGN」(Next Generation Network、次世代ネットワーク)に関心を持っている。これは、IP(Internet Protocol、インターネットプロトコル)と呼ばれる技術によって通信網を統一的に運用するというネットワークである。IPとは、インターネットのパケット交換方式における核となる技術である。先進国各国は、NGNに関する数多くの実験的運用を実施しており、日本でも2008年3月から世界に先駆けて商用サービスを開始している。

一方、これまで放送網や通信網が経てきた発展の経緯に捕らわれず、社会インフラとしてあるべきネットワークを検討する新世代ネットワークの研究が進んでいる。これをNGNと区別するために「NWGN」(New Generation Network、新世代ネットワーク)と呼んでいる。NWGNでは、ネットワークインフラをより長期的な観点で捉え、IPの発展形を検討の中心に据えつつ、ユビキタスネットワーク環境で想定される少量かつ高頻度の通信需要などへの対応も検討している。

本稿では、まず世界的な標準化の動向を踏まえ、各国のNGNに関する取り組みを述べる。つぎに、より長期的な展望に立って進められているNWGNのアーキテクチャに関する研究プロジェクトの概要を、米国・欧州・日本に関して紹介している。

今後の情報ネットワークのあり方を議論するために必要なことは、エンジニアのエキスパートの見識を問うことばかりでなく、広く他のエキスパートの知見を取り入れることである。ネットワークが他分野の研究開発に及ぼす影響の検討や幅広い分野のイノベーションを生み出す豊かな土壌となりうるような工夫が求められる。

技術進化とNGNとNWGNの関係概念図



科学技術動向研究センターにて作成

新しい情報ネットワーク基盤の 商用化と研究開発の動向

藤井 章博
客員研究官

山田 肇
客員研究官

1 はじめに

1-1

通信基盤のインターネット プロトコルへの統合という潮流

電話は19世紀後半に発明され、「回線交換方式」と呼ばれる技術を基にして電話網を構成することで、重要な社会基盤としての役割を演じてきた。一方、テレビなどの放送網は、約100年前の無線通信の発明に端を発し、映像伝送の技術を核として今日に至っている。電話網の「回線交換方式」に対し1960年代初頭に「パケット交換」と呼ばれる方式が発明されインターネットが誕生した。この技術は、本来文字などのデータ通信を実現する目的で開発されたもので、情報をパケットと呼ばれる細かい単位に分割し、それぞれにあて先アドレスを付与して伝送する方式である。このようにすることで、通信網を柔軟かつ効率的に利用することができる。

インターネット関連技術の発達に伴い、このパケット交換方式で、音声や高精細な映像を含む多様な通信サービスを提供できるようになっている。しかし、電話網による音声通話とインターネットによ

る「データ通信」、それからテレビ放送が担ってきた「映像伝送」という機能は、これまで、まったく異なるインフラによって提供されてきた。さらに、電話網には、有線の固定電話と無線の携帯電話が存在する。すなわち、現在の情報ネットワークという社会基盤は、一つに統合された社会基盤ではなく、それぞれ異なる設計思想と技術体系に基づいて発展してきた寄り合い所帯であると言える。

インターネットで利用されているパケット交換方式を用いることで、異なる生い立ちからなる通信基盤を統合的に運用しようという議論がなされている。上述した4種類の通信形態をまとめると次のようになる。

- (1) 電子メールやWeb情報の伝送などのデータ通信。(インターネット上でパケット交換方式により提供されている。)
- (2) 固定電話網による通話。(現在、大部分は従来の回線交換技術に基づいて運用されている。一部「インターネット電話」としてパケット交換網でも実現している。)
- (3) 放送網による映像や音声の配信。(基本的には放送網のイン

フラによって提供されており、一部の映像配信などが新しいサービスとしてインターネット上で提供されつつある。

- (4) 携帯電話網による移動体通信。(音声は電話網の技術による。また、電子メールやウェブ閲覧などはパケット交換の技術を利用している。)

このようにタイプの異なる通信を実現するために、パケット交換を利用して統合的に通信基盤を運用しようとしているのが「NGN (Next Generation Network、次世代ネットワーク)」である。

本来電話のために整備されてきた社会基盤である電話網は、大きな変貌を遂げつつある。インターネットにおけるパケット交換方式の核となるのは、「IP (Internet Protocol、インターネットプロトコル)」と呼ばれる方式である。IPは、インターネットにおけるパケットの構造やネットワーク上の住所にあたるアドレスを規定したりするなど、インターネットのパケット通信における基本的な要素技術である。すなわちIPによるネットワークの統合的な運用がNGNの本質である。

固定電話網や移動体通信網とい

う既存の通信基盤をパケット交換方式であるIPに統合することによって、映像配信を含む多様な通信サービス機能を統一的に提供できるようになる。これによって、今までに無い新たなサービスが登場する可能性をも広げることにつながる。また、通信網がIPに統合されることで、音声通話サービスを提供するための設備の維持管理コストが削減できると言われている。

そこで、先進国の通信事業者および情報通信政策の担当者は、衰退しつつある音声通話の市場に代わり、通信基盤をIPで統一的に運用する「NGN」に関心を持っている。先進国各国は、NGNに関する数多くの実験的運用を実施しており、日本でも2008年3月から世界に先駆けて商用サービスを開始している。「NGN」という用語は、一部の通信事業者が自己の新サービスの宣伝文句にも利用しており、特定のサービスパッケージのような印象を受ける。しかし、伝送路設備を提供しない事業者にとっても、通信網のIP化は避けて通れない潮流であり、様々な対応が始まっている^{9, 10)}。

1-2

NGN サービスの開始

2008年3月、日本は世界に先駆けて、このNGNの商用サービスを開始している。関連するビジネスの動向を主導しているのは、日本では日本電信電話株式会社(以下「NTT」)、英国においてはブリティッシュ・テレコム社(British Telecom, 以下「BT」)などの大規模通信事業者である。

商用のNGNサービスの一例として、例えばNTTは、企業や家庭で光ファイバーの導入を前提として、図表1に示すようなサービ

図表1 NGN サービスの一例 (NTT)

サービス分類	品質	具体的なサービス内容
	光ブロードバンドサービス	
IP 電話	帯域保障	ひかり電話 テレビ電話
VPN (仮想私設網)	帯域保障	(将来提供予定)
	ベストエフォート	VPN
コンテンツ配信むけサービス	帯域保障	ユニキャスト マルチキャスト
	ベストエフォート	ユニキャスト マルチキャスト
イーサネットサービス	ベストエフォート	イーサネット

参考文献⁹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

スを開始している。利用者からみると、これらの商用サービスは、広帯域であるという利点があり、高精細な映像情報の伝送が可能となる。さらに、映像情報においては、通信の「品質保証」が重要である。これは、一定時間内に利用できるパケットの量を保障する「帯域保障」という機能を提供できるか否かに依存する。

インターネットは、本来の設計思想に基づく基本的な構造が、「ベストエフォート」(最大努力に基づく非保障型)と呼ばれるネットワークであり、利用できる通信帯域の保障は本来苦手としてきた。例えば、テレビ放送のような映像情報をインターネットを通じて配信する場合、この帯域保障がなされないと、連続して一定量の情報を送信できない場合も出てくる。そうになると、本来は高品質であるべきテレビ映像が乱れ、コマ落ちするといった問題が起きる。こうした現象は、映像情報を質の悪いインターネット上のアクセスにより閲覧する際に経験することである。

帯域保障を実現することは、2011年に導入されようとしている放送のデジタル化との関連において重要視すべき点である。放送コンテンツをデジタル化したスト

リーミング(情報配信)はすでに実現されているが、さらに帯域保障を実現できれば、インターネットというインフラが、放送網の役割を代替できる可能性を意味する。ただし、テレビ番組などを扱う放送事業者の側からみれば、既得権を失うことにつながりかねないため慎重な対応にならざるを得ないのが現状である。実際には、今後しばらくの間、通信網という社会基盤は、これまで放送網が担ってきた役割と補完関係を保ちつつ発展すると考えられる。現在、日本を始めとし各国で、通信事業者や放送事業者、さらにはコンテンツ制作の側に位置する事業者が、このように新たに生まれつつあるアプリケーション分野でビジネス上の覇権を取るべく競合している。

1-3

通信基盤のさらなる発展を目指して

より長期的な視点から、新しいネットワーク構成を研究・開発していこうという動きも近年活発になっている。すなわち、すでに商用的に提供されるNGNよりさらに未来

に目を向け、通信網という社会基盤のありかたを根本から議論することが始まっている。こうした新しいネットワークを、NGNと区別するために「NWGN (New Generation Network、新世代ネットワーク)」と呼ぶ。NWGNは、基本的にはIPを中心に検討されているが、必ずしもIPにとらわれないまったく新しい通信基盤の構想である。

NWGNの検討は各国の情報通信技術における研究開発の最重要課題の一つとなっている。米国のGENI(Global Environment for Network Innovations)や欧州の「Euro-NGI」などがその例であり、本稿で後述する。日本は、総務省と(独)情報通信研究機構(以下「NiCT」)が実施している「新世代ネットワークアーキテクチャ設計プロジェクト(通称「AKARIプロジェクト」)がそれにあたる¹⁶⁾。

NGNやNWGNのような新しい情報ネットワークに関する研究開発においては、前述したように本来異なる発達を遂げてきた通信網とその上で提供される多様なサービスを統合的に支援できるインフ

ラを構築することが課題となる。図表2にこのサービスの統一の過程の概観を示す。

図表2には、放送網・インターネット・電話網がNGNとNWGNに至る関係を概念的に表している。放送網や電話網とインターネットとの関係で節目となる要素として重要なものが2つ挙げられる。インターネット電話(VoIP: Voice over Internet Protocol)とインターネット上での動画配信である。それぞれ、インターネット上に、従来の電話網の機能と放送網の機能を導入するものである。現在「NGNサービス」と銘打って導入されようとしている機能は、既存の通信事業者によって推進される見込みである。すなわち、電話・データ通信・放送の三重奏はNGNの枠組みの中でQoS(Quality of Service、サービス品質)の保証やセキュリティ機能の強化をIPの世界に導入することによって進展する。

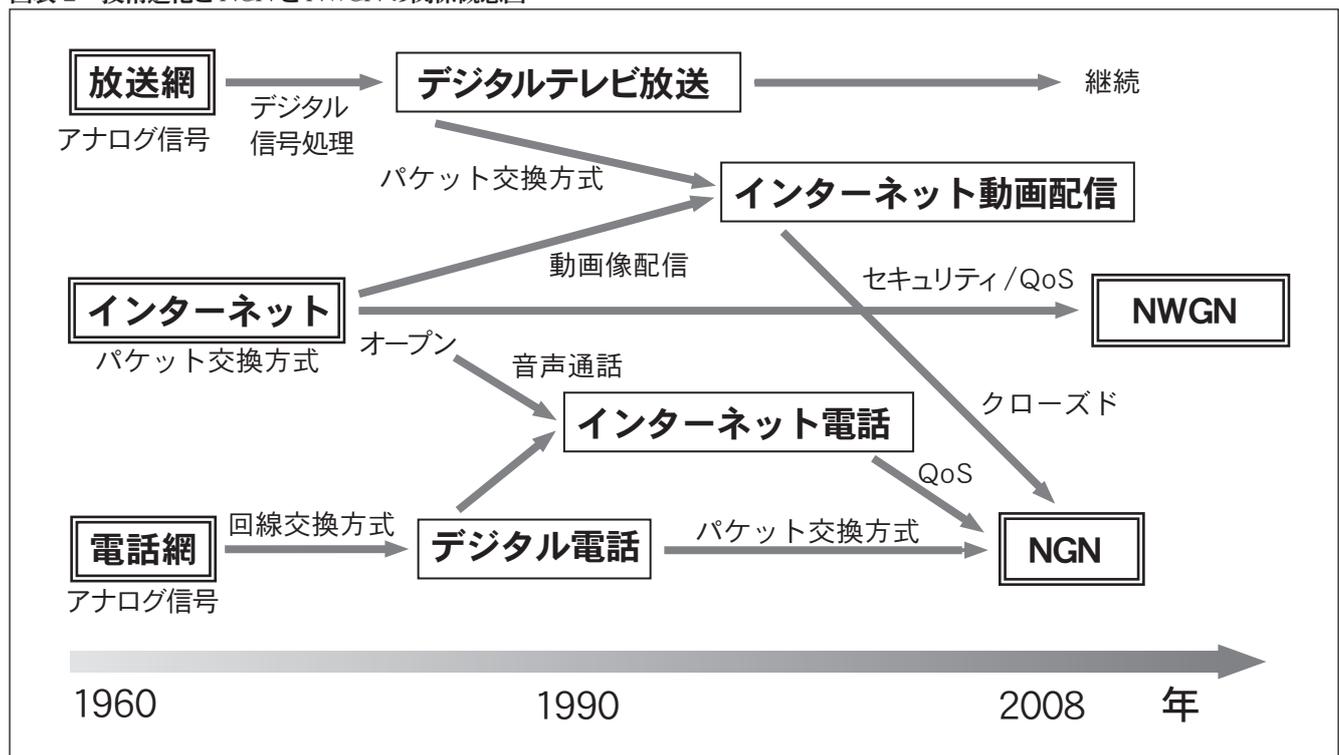
このようなNGNの実用化と並行して、今後は、NWGNの研究が進むであろう。NWGNでは、ネットワークインフラをより長期的な観点

で捉え、IPをさらに進化させることなどを検討の中心としながら、ユビキタスネットワーク環境が実現する場合に想定される少量の情報で頻度の大きな通信などへの対応なども視野に入れて検討している。

パケット交換方式を取るインターネットは、誰でも通信網に参加できるという、いわゆる「オープン」なネットワークとして発達してきた。一方、電話網は国策企業によって「クローズド」な環境で発達してきたと言える。NGNは、特定の通信事業者が提供するクローズドなサービスと言える。一方、NWGNでは、インターネットが本来持っており、これまでの発展の原動力となってきたオープンな環境を活用しようとしている。

次章以下では、IP技術を核として通信インフラに本質的な変化をもたらしつつある技術の潮流について述べる。2章でITU-Tを中心に各国の通信ベンダーが参画して進められている商用のNGNについて概説し、3章でより長期的な展望を持って進められているNWGNの研究開発について述べる。

図表2 技術進化とNGNとNWGNの関係概念図



科学技術動向研究センターにて作成

2 商用 NGN の動向

2-1

通信に対するニーズの変化と 通信事業者の対応

通信に対する先進諸国の市場のニーズは 1990 年代後半から大きく変化し始めた。通話からデータへというのが大きな変化である。総務省の情報通信統計データベースによれば、固定系、移動系(携帯電話)・IP 電話のすべての合計で、通話回数・通話時間共に減少の傾向が顕著である。2000 年度には総通話回数が 1448 億回、総通話時間が 70.3 億時間であったものが、2005 年度には 1211 億回、43.6 億時間になり、それぞれ 16%と 38%の減少である。この結果、「金のなる木」だったはずの通話(電話サービス)は、通信事業者にとって重荷となり始めている。

同データベースによると、この一方で、ブロードバンド契約者によるトラフィック総量の推計値は、2004 年 9 月には 269 ギガビット/秒であったものが、2008 年 5 月には 880 ギガビット/秒と 3 倍以上の伸びを見せている。ブロードバンド・インターネットを用いたテキスト・画像・音楽・映像などの配信サービスも急激に成長している。IP を利用して音声信号を送信する VoIP (Voice over Internet Protocol) と呼ばれる技術も登場し、音声通話もインターネット上で送受信できるようになった。この結果、電話とインターネットを分けて提供する必然性は薄れてきた。さらに、NGN の枠組みで構想されている帯域保障の機能が VoIP に付加されれば、料金に応じて会話の音質や遅延時間の有無を制御することが可能となる。

通信に関する新たな市場ニーズ

の台頭に呼応して、国内の通信事業者の事業戦略にも変化が出てきた。電話サービスのためのネットワークについては、必要最低限の維持・管理を行うのにとどめ、設備更新といった投資を控えるようになった。それを反映して、交換機の市場規模が急激に減少している。情報通信ネットワーク産業協会の調べによれば、交換機の国内生産総額は 2007 年には 1427 億円で、2005 年の 2009 億円から二年間で 29%も減少した。しかし減少したとはいえ、音声通話には依然として大きなニーズが存在する。そこで VoIP を利用して通話もインターネット上で行うようにして、電話とインターネットのネットワークを統合しようという考えが生まれてきた。それが NGN であった。

2-2

NGN の起源

1990 年代後半に、先進諸国の多くの通信事業者は NGN の可能性に気付き研究を始めた。この NGN を実際に利用しようと積極的に動き出したのは、第三代携帯電話の標準化を進めたグループであった。そこではまず、移動体通信における IP の導入の可能性の検討、特に、利用者の移動に伴うアドレスの運用方法などについての検討がなされた¹⁾。こうした検討作業は、新しい移動体通信の規格として結実していくことになる。第三代携帯電話の国際標準は 2000 年代に入ってからすぐに利用可能になった。しかし、第三代の世界普及は遅れており、第二代の携帯電話のほうが世界的に広まり続けている。GSM Association がま

とめた 2008 年 9 月 22 日付の速報値によると、携帯電話の利用者は世界中に 38 億 406 万人で、そのうち、古い第二代 GSM (Global System for Mobile) の利用者が 30 億 5913 万人と 8 割を占め、しかもその利用者はこの一年半で 8 億人以上も増加している。

特にアジア・南アメリカ・アフリカ・東ヨーロッパで利用者を増やしている。これらの地域には固定電話が少なく、そこに初めての通信手段を敷設しようとするとき、電話線を引くよりもコストが安い。これが、GSM が選択され急増している原因である。

第二代は、第三代と比べると投資額が三分の一で済む。第三代移動通信を普及させるには、この差を縮める必要がある。このための切り札の一つとして提案されたのが、コア・ネットワークをインターネット技術で組み立てて投資額を節約する、という考え方であった。インターネット用の通信機器は、比較的に安価に供給できるため、音声の移動体通信にもこれを利用しようとするものである。このことをネットワークのオール IP 化と呼ぶ。このような取り組みが活発化した経緯から IMS (IP Multimedia Subsystem, IP マルチメディア・サブシステム) という国際標準が策定された。これが NGN の起源といえよう。

IMS では、音声を含めたマルチメディアセッションの制御プロトコルとして IP を利用する SIP (Session Initiation Protocol) が採用された。ウェブサイトを開覧するような場合には、URL (Uniform Resource Locator) という半角 30 文字程度のリクエストを送ると、大量のテキストや画像などが返信されてくる。これに

対して通話の場合には、通話元と通話先は、送信するデータ量という観点で対等な関係になる。そのように対等な関係を持つ二者の間でのデータの送受信をスムーズに行うために開発されたプロトコルがSIPである。こうした技術によって携帯電話においても通信網のIP化に向かっている。

2-3

NGNの国際標準化

NGNを実現するための通信規格等は、国際標準化機関であるITU-Tを中心に、各国の通信事業者が参画し、これらのサービスを提供するために商用的な観点で検討されている。図表3はこの規格においてNGNに求められている主要な特徴的機能である。

第三世代携帯電話の標準化を主導してきた機関であるETSI (European Telecommunications Standards Institute)は、移動通信系でのオールIP化を、固定網にも拡張しようと動き出した。それがTISPAN (Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking)という通信規格に関する勧告である。

TISPANに関わる標準化活動で成果を挙げ始めたETSIは、その成果をITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)に持ち込み、NGNとして国際標準化に乗り出した。2004年10月に開催されたITU-Tの総会では、NGNの標準化が最重要課題として位置づけられ、その後の国際的な議論の起点となった。

最初のITU-T勧告は「General overview of NGN」と題し、通称「Y.2001」と呼ばれている。2004

図表3 NGNの主な特徴

	特徴
1	IPによるオール・パケット型のネットワーク
2	ブロードバンドの能力、多様なラストワンマイル技術のサポート
3	トランスポート（伝達網）とサービスの分離
4	制御機能とサービスを完全に分離
5	音声を始め、映像やデータなどの多様なマルチメディア・サービスを、積み木のように提供
6	同一のサービスは、ネットワークにどうつないでも、いつでも同一のサービスと感じられるようにする仕組み
7	ネットワークの品質やユーザーの持つ端末機器に応じて、エンド・ツー・エンドでサービス品質（QoS）を保証
8	加入者を特定して、IPアドレスや、IP網でのルーティングを与える仕組み
9	既存ネットワークとの相互運用性を確保
10	多様なサービスプロバイダーに対して制約のない自在なアクセスが可能
11	ユビキタスなアクセスなど、高度なモビリティを実現
12	固定網と移動網に対応して、シームレスな通信を提供
13	緊急時の対応、プライバシーやセキュリティの確保といった、規制などへの準拠

ITU-Tの勧告などを基に科学技術動向研究センターにて作成

年12月に発行されたこの勧告ではNGNの枠組みやアーキテクチャ・モデルが定義されている。この勧告によると、NGNは次のように定義されている。

「NGNとは、電気通信サービスを提供することを目的として、広帯域でしかもQoS(サービス品質)の制御が可能な、いろいろなトランスポート技術を活用したパケット・ベースのネットワークである。NGNは、サービス関連の機能がトランスポート関連の技術と独立しているが、お互いに連携してサービスの提供がなされるネットワークである。またNGNでは、利用者はいろいろなサービスプロバイダーを選択することができ、自由にアクセスできるようになる。さらに、汎用的なモビリティをサポートするため、ユーザーに対して一貫性のある、ユビキタスなサービスを提供することができる。」

この定義は、やや抽象的である。IPへの統合がNGNの本質であることには変わりないが、このITU-Tの「定義」は、各国の通信事業者の置かれている異なる状況を配慮し、含みをもたせてあるといえる。

2-4

NGNに関わる実験の状況

NGNについて先進各国では数多くの試験的な運用が実施されてきた。この状況は多くの資料に取りまとめられているが、OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)が整理したものを図表4として掲載する¹⁾。NGN実験を実施している国は、オーストリア・カナダ・フィンランド・フランス・ドイツ・イタリア・日本・韓国・ポーランド・英国・米国と分散している。これに象徴されるようにNGNはすでに先進国共通の話題になっており、日本が特に先行しているわけではない。また図表4からは、通信機器メーカーがパートナーとして協力している姿も読み取れる。

NGN実験は二種類に分けられる。第一は通信ネットワーク自体を構築する実験で、サービス品質について検証するなどというのもこの分類に入る。他方はNGNでのサービスについての実験で、フィンランドのエリザコミュニケーション社、韓国のKT社、米国のクエスト社などが後者に取り組んでいることがわかる。

2-5

欧米における NGN の導入状況

英国では、2001年に国内の通信基盤に関するビジョンである「UK Online: the broadband future」が公表された²⁾。2004年9月にはブレア首相(当時)が「2008年までに希望する全ての家庭にブロードバンドを提供する」と表明した。欧州諸国の中では比較的ブロードバンド化に力を入れていると言える。通信事業者としてBTが電話網の完全IP化を表明するとともに、ブロードバンド化に注力している。BTは、今までサービスごとに個別にネットワークを構築してきた。その数は16にも達する。将来的には、これをブロードバンドのIP網に統一する予定である。同社が構築する次世代ネットワークは21CNと呼ばれている³⁾。投資総額は100億

図表4 各国における NGN 関連の実験状況

通信事業者 (国名)	実施した実験の状況	パートナー企業
テレコム オーストリー (オーストリア)	2年間にわたる準備実験	
ベルカナダ (カナダ)	「イノベーションセンター」をはじめとする研究開発センターの運営	ノーテル
テリアソネラ (フィンランド)	NGNとプラットフォームを開発済み	テルラボ
エリザ コミュニケーションズ (フィンランド)	NGNのアーキテクチャとプロトコルの研究 NGNと新しい通信サービス研究開発プロジェクトの開始	
フランステレコム (フランス)	NGN実験の推進	
	通信品質(QoS)のモニタリングシステムの開発	
	固定と移動を相互運用するNGNアーキテクチャの開発	シーメンス
	NGNアーキテクチャの開発済み	アルカテル
ドイツテレコム (ドイツ)	パイロットプロジェクトの構築	アルカテル、シーメンス
テレコムイタリア (イタリア)	テレコムイタリア研究所の開設	
NTT (日本)	レゾナントコミュニケーションネットワーク (RENA)を中心とした研究開発プログラムの推進	
KT (韓国)	NGNテストベッドの構築	ルーセント
	ソフトスイッチ開発プロジェクトの発足	LG
	アプリケーションサービスを試験するプラットフォームの開始	インテル・コリア
ポーランド通信 (ポーランド)	NGN研究開発プロジェクトの開始	フランステレコム
BT (英国)	技術とセールスの対応関係の確立	シスコ
クエスト (米国)	ブロードバンドビジネスとしてのマルチメディアサービスの開発	シスコ

参考文献¹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表5 KPNにおけるオールIP化の目標と達成状況

All-IP update

Good progress on objectives of March 2005 strategy

	Objectives March '05	Achievements
Attack	<ul style="list-style-type: none"> Drive new revenue streams 	<ul style="list-style-type: none"> 517k VoIP customers, over 2.0 mn broadband customers 265k DVB-T customers, IPTV capability in place Business VoIP and VoIP Connect launched Applications in narrowcasting, healthcare and security Intended merger with iBasis ADSL coverage 99%, ADSL2+ coverage 57% and VDSL pilots
Defend	<ul style="list-style-type: none"> Maintain leading share in traditional markets Leverage scale advantage through wholesale markets 	<ul style="list-style-type: none"> Successful CPS winback, market share traditional up to 67% Simplified pricing schemes traditional consumer voice New business pricing schemes, stabilizing voice market share Wholesale ADSL launched
Exploit	<ul style="list-style-type: none"> Achieve structurally lower cost base Fixed-Mobile integration 	<ul style="list-style-type: none"> FTE reduction and savings on track to meet overall objectives IT organization centralized, partly outsourced Implementation of Ethernet backbone and platforms for VoIP, IPTV and business applications Directional support from OPTA for All-IP New organizational structure with enhanced customer focus

34p

出典：参考文献^{4,5)}(2006年度末の業績発表資料による)

ポンド(2兆5千億円程度)であるという。この21CN計画に基づいて、南ウェールズ地方からネットワークのIP化が開始された。BTの計画では、2007年から2011年の4年間にわたって、毎週11万5千の利用者を切り替えていく。5500の加入者線交換機は100のメトロノードに接続され、さらにそれが14箇所コア・ネットワークに結ばれるようになっている。

同様の動きはフランスやドイツ、イタリアにもあるが、特にオランダの動きはNGNとはどうあるべきかを考える上で象徴的である。次に、比較的先進的なオランダの状況について図表5をもとに述べる。同国の通信事業者KPN社では、すでにネットワークのオールIP化が開始されている。この計画には、道路に置かれたキャビネットと呼ばれる接続点までを光ファイバーで接続することも含まれ、キャビネットの総数は28000で、投資総額は9億ユーロである。NGN化によってもたらされる運用経費の節減は総額で8.5億ユーロと計算されており、投資効果としてつじつまが合う金額である。また、2007年からKPNは、新規の顧客に対してできる限り光ファイバー接続を提供するという方針をとっている²⁾。NGNの実現には新たな設備投資が必要である。その増分は、長期的には運用経費の節減として回収できる。このようなロジックに立ってKPNはNGN化を進めている。

米国の動きは欧州に比較すると総じて遅い。しかし、いくつかの通信事業者はブロードバンドを通じてテレビ放送を提供するIPTVのサービスに乗り出している。ケーブルテレビよりも多数のチャンネル、デジタル録画機能、ウェブ経由でのデジタル録画の制御などが「売り」になっている。

映像配信と言ったサービスまで提供するか、それともNGNと言

う通信環境を提供するにとどめるか、と言ったビジネスモデルについては、各国の通信事業者で対応が分かれている。現在は利用者の反応を見ながら最適なビジネスモデルを作り出していくという模索の時期にある。

2-6

アジアにおけるNGNの導入状況

アジアで最も熱心にNGNに取り組んでいる国は韓国である。韓国ではNGNは、BcN (Broadband convergence Network、ネットワークのブロードバンド化)と呼ばれている。ブロードバンドインフラ整備に関する政策として、2004年に「u-Korea 推進戦略」が公表され、通信・放送・インターネットの間でシームレスなインフラとして広域統合網BcNを構築し、2010年までに2000万人の加入者への接続を可能にするという目標が掲げられた。

このu-Korea 推進戦略に描かれた計画は挑戦的である。ADSLの1000倍の速度(10メガビット/秒を10ギガビット/秒にする)が目標とされ、光ファイバーによってそれを実現しようとしている。このように韓国がNGNに力を入れるのは、最先端のインターネット技術を一早く手に入れることによって、情報通信の世界市場で優位に立とうという思惑からである。韓国では、NGN関連技術の市場規模は世界全体で1800億ドル/年にいたると試算されている。すなわちネットワーク関連市場全体の5割を越すまでに成長すると想定している。

また、韓国はITU-TにおけるNGNの標準化に対して数多くの寄書を出している。筆者の一人が、Telecommunications Technology

Associationを2007年秋に訪問した際、関係者に直接聞いたところによると、次のような談話を得た。

「韓国政府は多くのプロジェクトに資金を出しているが、その成果評価の指標の一つが、どの程度国際標準化に貢献したか、である。この評価指標があるために、韓国の企業はITU-Tにたくさん寄書を出している。2005年には114件を提出して、そのうち102件が受け入れられた。2006年には150件の提出で、146件が受け入れられている。2007年にはさらに増えるはずである。」

すなわち、政府からの資金提供の成果として国際標準への貢献度を積極的に評価するということである。NGNの国際標準化では欧州が主導権を握っている状況にある。こうした状況を背景とすると、韓国の関係者からのこうした説明は興味深い。

次に、中国では固定通信事業者による総投資額は、2005年時点で年額254億ドルである。この投資によってNGNの整備が進められている。平行して移動通信網でもIP化が進展中である。中国でのビジネスに、外資の通信機器メーカーなどが積極的に乗り出している。また国際海底ケーブルの敷設に関しても外資との協力が進んでいる。

香港の標準化団体(Telecommunications Standards Advisory Committee)のコメントもNGNの推進に積極的である。「NGNは、従来の公共電話網と接続され、徐々に公共電話網の機能を代替する。長期的に見れば、従来の公共電話網は完全に消え去らなければならない」とのレポートを公表している⁶⁾。

シンガポールにおける移動系の次世代ネットワークは、Next Generation National Infocomm Infrastructure (Next Gen NII) と呼称される。シンガポール政府は、2006年に概念設計の提案募集を開

始した⁷⁾。Next Gen NII は、当面 100 メガビット / 秒、その先には 1 ギガビット / 秒で利用者を接続するという挑戦的なものであった。この高速接続は、当然のことながら、高精細のテレビ放送などの映像通信をもサポートすることを想定したものである。投資総額は 12 億 US ドルと計算されている。

インド政府は 2005 年の段階で NGN の必要性に気づき、それを促

す政策を取り始めた。NGN は通信事業者だけでなく、消費者、特に過疎地の消費者に大きな影響を与えると政府は推測している。2006 年には規制当局が、次のような点を強調したレポートを発表している⁸⁾。

「政府は、NGN でのサービス(音声、データ、映像)が全国規模で一つの免許で実施できるようにしたいと考えている。このことに合わせて、過疎地の中小通信事業者が、

その地域での NGN サービスの免許を得ることができるようにする。相互接続やアンバンドリングの促進によって、全国規模と過疎地のサービスが両立するというのが、規制当局の考えである。」また「過疎地に NGN を普及させるため電波免許の条件を緩和する」との方針を打ち出した。

3 NWGN 研究の動向

3-1

NWGN の基本的な考え方

これまで述べた NGN の構想が既存の通信事業の発展の上に描かれているのに対して、今後各国が推進する NWGN の研究では、まったく新しいネットワークアーキテクチャを研究するとしている。これまで放送網や通信網が経てきた発展の経緯に捕らわれず、白紙からあるべきネットワークの理想を追い求める。その後で現在からの移行を考えるという立場をとっている¹⁶⁾。

新しいネットワークアーキテクチャを研究する上で最も重要な課題は、ネットワークのセキュリティである。現在のインターネットは、その本質的な設計思想においてセキュリティ上の脆弱性を内在している。このことは、ネットワークがオープンな状況で発展してきたことに起因する。NWGN では、こうした脆弱性を極力排することで、安全・安心な社会基盤となる。このためには、ネットワーク上の住所に対応するアドレスに関する技術体系の見直しや通信主体が移動することに関するより進んだ対応などが必要となる。その際、ネッ

トワークの管理に関して、これまでのインターネットには無いクローズドな要素を入れなければならない。インターネットは、これまでオープンな環境で多岐にわたって発展したといえる。NWGN では、これまで培われた多様なアプリケーションを包含でき、さらなる進歩にも柔軟に対応できなければならない。このような一見相反する要求に対応するネットワークでは、それを構成する各種基盤技術の選択が柔軟に行え、単純な構造の元で統合できるという特性を備える必要がある。以下では、こうした NWGN の研究開発への取り組みの動向を述べる。

3-2

日本の AKARI プロジェクト

AKARI(Architecture Design project that illuminates the path to the New Generation Network) プロジェクトは、NiCT が 2007 年より実施している研究プロジェクトである¹⁶⁾。このプロジェクトの目的は、「2015 年に新世代ネットワークを実現することを目指し、そのためのネットワークアーキテクチャを確立し、それに基づいたネッ

トワーク設計図を作成すること」である。以下 AKARI プロジェクトの文書を参考にその設計思想の概要を述べる。

まず AKARI プロジェクトでは、ネットワークの設計にあたって、「現在のしがらみに捕われずに、白紙から理想を追い求める。」としている。これは、本稿の冒頭に述べた電話・データ通信・放送がこれまで経てきた歴史的発展の経緯に捕らわれずに、社会インフラとしてあるべきネットワークのグランドデザインを検討する、ということである。図表 6 に AKARI プロジェクトが掲げる研究目標を列挙する。

これらの研究の目的は、「ネットワークアーキテクチャ」を設計することに帰着される。「アーキテクチャ」とは元来、建築学の用語であり「ネットワークの基本的な構造」というほどの意味である。AKARI では、理想とするアーキテクチャは、次の三つの原則に基づいて構成されるべきであるとしている。

- (1) KISS (Keep It Simple, Stupid)
- (2) 持続的な進化可能原則
- (3) 現実結合原則

こうした考え方は、後述する海外の NWGN 研究プロジェクトに

においても重視されており、同様の方向性のもとで研究が進められている。情報ネットワークの現状を前提とし、今後の発展を展望すれば、欠くべからざる要因と思われる。それぞれについて中身を説明する。

**(1) KISS 原則
(Keep It Simple, Stupid)**

“Keep It Simple, Stupid”とは、インターネット開発の黎明期にある開発プロジェクトのリーダーが部下に指示した言葉であると言われている。ネットワークを構成するルータなどの機器の仕様が複雑化すると、特定技術をもとにベンダーが市場を囲い込むということが生じかねない。この言葉の意味は技術仕様を極力簡潔に保つことで、ネットワーク環境の構築のために「オープンな参加」の可能性を保障するという考え方を表している。

多様性や拡張性、さらには信頼性を増すためにも、KISS 原則はネットワーク全体にすべてに通じる大原則でなければならない。ネットワークが提供する機能の高度化を狙えばアーキテクチャの複雑化を招きかねない。この原則は、安易な複雑化を戒めている。AKARI プロジェクトでは、この原則を堅持するために、「エンド・ツー・エンド」、「結晶合成」、「共通レイヤの原理」と呼ばれる研究開発上の原理的思考方を導入するとされている。

(2) 持続的な進化可能原則

インターネットが商用に利用されるようになった 1990 年代前半以降に登場したアプリケーションの多様性の豊かさを振り返ると、この原則の重要性はよく理解できる。例えば携帯電話での Web ページの閲覧などは、携帯電話が登場した当初は想定されていなかったアプリケーションである。

AKARI プロジェクトの文書によると「新世代ネットワークアーキテ

図表 6 AKARI プロジェクトの研究目標

- (1)ペタビット級バックボーン、10G FTTH、e-Science
- (2)1000 億デバイス、M2M、100 万放送局
- (3)競争原理とユーザ指向
- (4)頼れる(医療、交通、緊急)、99.99%(フォーナイン)
- (5)安全—安心(プライバシー、金融、食品追跡、災害)
- (6)豊かな社会、障害者、高齢化社会、ロングテール
- (7)地球環境・人間社会モニタリング
- (8)通信放送融合、Web2.0
- (9)経済的インセンティブ(ビジネス・コストモデル)
- (10)エコロジー、持続社会
- (11)人類の可能性、ユニバーサルコミュニケーション

参考文献¹⁶⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

クチャでは、ネットワークが進化し発展するために必要な持続可能なネットワークを設計することが必要となろう。ネットワークはシンプルな構造にし、エンドノードやエッジノードにおいてサービスの多様性を確保することが重要である。」とされている。また、「これまでのインターネットにおいてもこの原則が保たれてきた。アドレスの体系を共有しつつ、その一部分である自らが構築するネットワークは独自に運営できたことが多様な発展を生み出す柔軟な環境を提供してきたと言える。新しいネットワーク環境においても斬新なアプリケーションの開発が促されるような拡張性のあるアーキテクチャであるべきだ。」とも書かれている。

AKARI プロジェクトでは、「自己組織型ネットワークの設計」、「ロバストな大規模ネットワークの構築」、「トポロジが変動するネットワークのための制御」「スケーラブルな分散型制御」「オープン性」といった観点からこの原則に則った開発を進めるとされている。

(3) 現実結合原則

現在のインターネットにおける技術的課題の多くは、ネットワークアドレス空間上に存在する「エンティティ(通信者)」と現実社

会のそれと乖離してしまうことによって生じると言える。端的な事例は、不正な電子メールの送信元を偽造することができ、犯人を特定しにくくなっているということである。また、アドレスの運用管理の観点から、近い将来に利用が拡大すると考えられるセンサーネットワークの構築において、物理アドレッシングと論理アドレッシングの分離が必要になる。特定の場所で大量のアドレスが利用され、利用期間が短期であるような場合が想定される。このとき、多数の通信デバイスの認証やトレーサビリティの要求を満たす必要がある。そこで、「物理アドレッシングと論理アドレッシングの分離」、「双方向認証の実現」、「追跡可能性の付与」が重要な研究課題であるとされている。

3-3

米国の GENI プロジェクト

GENI(Global Environment for Network Innovations)は、米国 NSF(National Science Foundation)が研究資金を出資し、次世代ネットワークとその応用について大規模な研究を実施するプロジェクト

である¹⁴⁾。2007年秋からの5年間で4億ドル規模の研究資金を次世代情報ネットワークの研究に投資する。

約1年半にわたる実施計画に関する議論を集約し、2007年4月25日付で「研究計画」「システム要求要件」「機能設計」「実装計画」などからなる「プロジェクト実行プラン」が公開され、同年9月には5年間の研究プロジェクトが開始された。GENIでは、センサー、光エレクトロニクス、システムオンチップ、大規模高速演算、大規模データベース、新アルゴリズム等の研究・開発を通じて情報ネットワークの将来像を既存のインターネットの枠組みに捉われないうで研究する。また、GENIの物理層は、無線網等を含む多様なネットワーク機器から構成される。一方、アプリケーションではソフトウェアの管理機構のもとでネットワークを利用する実験が相互運用できるようにする。これを可能とするために、実験や研究開発を行うサブプロジェクトに関して、次の四つのキーワードが重要である。

①サブプロジェクトのコンポーネントは、いかなるネットワーク環境にも対応できるよう「プログラム可能」であること。②複数のコン

ポーネントを実装する「仮想化」ができること。これにより広範囲で連続性のある運用を想定した実験が可能となる。③末端の端末やユーザーが「シームレス」に実験に参加できること。実運用段階の実装を実現することで、漸進的な改善が可能となる。④コンポーネントは「モジュラー型」の構造を持ち、新しい技術の追加削除を柔軟に行えること。これはダイナミックな運用に耐えるためである。

GENIプロジェクト立案の中心的な役割を演じたのは、NSFにおけるCISE(Computer & Information Science and Engineering)と呼ばれる部局であった。ここは、計算機科学、通信工学、情報科学、情報工学の振興を目的としている。CISEのもとで、情報ネットワークと分散システムの学者らがワークショップを重ねて議論を行ってきた。

3-4

欧州のEuro-NGI プロジェクト

欧州では、科学技術基本計画にあたるFP6(6th Framework Programme)の主要プロジェクトの一つとして、Euro-NGI

(Next Generation Internet)と呼ばれるプロジェクトが、2003年より実施され、後継のFP7の枠内でもEuro-FGI(Future Generation Internet)という名前で継続して実施されている¹⁵⁾。

このプロジェクトには、欧州の主要研究機関が国を超えて参画している。Euro-NGIの計画書によると、図表7に掲げる10の目標設定のもとで実施されている。

研究プロジェクトのマネージメントの観点から、欧州の最大の課題は、領域内の研究活動を無駄なく総合的に展開し、研究成果の集約を図ることである。このために「仮想的な研究センター(Virtual Center of Excellence)」を構築し、そこに各地の研究で得られた知識の集約を図ろうとしている。そのために遠隔地域間の会議システムやWebを介した専門家向けのチャットルームの開設などを駆使して効果的な研究者のネットワーク形成と知識の共有化を図っている。もちろん実際に会う交流の重要性が忘れられているわけではなく、博士課程の学生指導を異なる研究機関に所属する教授が指導するなど、大学院レベルの研究において相互交流が実行されている。

図表7 Euro-NGI 計画書による目標設定

- 1) 欧州で進行中の研究から得られる知見の蓄積を統合的に管理・推進する。
- 2) 参加各国の協調のもとで強力に研究を推進する。
- 3) 研究手法や実験のためのプラットフォーム、ツールなどを共有する。
- 4) 研究会の頻繁な開催。
- 5) 知識マネージメント等を導入し、研究者間の情報交換を支援する。
- 6) 博士課程学生と研究者の流動性の確保。
- 7) 欧州共通の大学院の設置。
- 8) サマースクールを通じた若手研究者の育成と情報交換。
- 9) 優れた研究成果の公開と情報発信。
- 10) 産業界との協力体制の強化。

参考文献¹⁵⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

4 むすび

次世代のネットワークの研究開発に関する課題を検討するために、もう一度、図表6に挙げた日本のAKARIプロジェクトの研究目標をみてみると、純粋に技術的な研究目標と考えられるものはせいぜい(1)と(2)であり、大半は制度上の改革や市場における競合によって洗練されることが想定されるような中身である。

本稿では、通信分野の次の技術進化を牽引するのは、技術の観点からは、ネットワークのIP化である点を述べてきた。しかし、IP化へのもっとも強いニーズを持っているのは、インフラへの投資を最適化したいと考える通信事業者である。利用者にとっては、広帯域化や帯域保障などが宣伝されているが、一般ユーザーにとってはIP化へ移行することの利点が分かりにくいというのが実際のところである。

図表6中の非技術要因によって左右される目標((3)～(11))は、現実社会でのアプリケーションに強く関係がある。これらの研究目標を達成するためには政策上の意思決定やビジネスとしての市場性の検討などのアプローチが不可欠と思われる。

例えば、(8)の「通信放送融合」と言う問題を取り上げて見れば、帯域保障された通信サービスが適正な価格で提供されれば、インターネットが現在のテレビの機能を代替できるばかりではなく、新たなサービスやビジネスが成立する可能性がある。通信放送融合は、技術的な課題というよりは政策課題である。

インターネットと言う社会基盤はすでに多くのグローバル企業を生み出してきた。今後、帯域保障やユビキタスという視点が加わることで使用者の利便性が増すだけでなく、現時点では想像し得ない新た

な産業を生み出す可能性もある。

今後の情報ネットワークのあり方を議論するために必要なことは、エンジニアのエキスパートの知見を問うばかりでなく、広く他分野の専門化の見識を求めることが必要である。多くの分野におけるイノベーションは、ネットワークという社会基盤抜きには考えられない。そこで、NWGNが他分野の研究開発に及ぼす影響の検討や、幅広い分野のイノベーションを生み出す基盤の役割を担うための方策を議論することが求められる。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、品川萬里科学技術政策研究所科学技術動向研究センター客員研究官には、貴重なご討論と関連資料の提供をいただきました。ここに記して感謝の意を表したいと存じます。

参考文献

- 1) Working Party on Telecommunication and Information Services Policies, "Next Generation Network Development in OECD Countries," OECD (2005) : <http://www.oecd.org/dataoecd/58/11/34696726.pdf>
- 2) UK Cabinet Office, "UK Online: the broadband future," : http://www.connectingsw.net/uploads/ukonline_1.pdf
- 3) "What is 21CN?," : <http://www.btplc.com/21CN/Whatis21CN/index.htm>
- 4) KPN, "4th Quarter Results, 2006," : http://www.kpn.com/upload/1863237_9475_1170923304042-KPNQ406a.pdf
- 5) KPN, "Annual Report 2006," : http://www.kpn.com/upload/1786687_9475_1173767749534-KPN_Annual_Report_and_Form_20-F_2006.pdf
- 6) Telecommunications Standards Advisory Committee, "Overview of Next Generation Network," : <http://www.ofta.gov.hk/en/ad-comm/tsac/ts-paper/ts2005p13.pdf>
- 7) Computer World, "Next Gen NII," : <http://www.computerworld.com.my/ShowPage.aspx?pagetype=2&articleid=3614&pubid=3&issueid=86>
- 8) Telecom Regulatory Authority of India. : <http://www.trai.gov.in/>
- 9) 「NGN」の五里霧中、週刊ダイヤモンド(2008年3月1日)
- 10) NTT技術ジャーナル : <http://www.ngs-forum.jp/library/journal.html>
- 11) 清貞智会、山田肇「移動通信システムの研究開発動向」科学技術動向、No.1、2001年4月号
- 12) 小笠原敦「ブロードバンド時代の次世代コンテンツ配信技術」科学技術動向、No.31、2003年10月号
- 13) 藤井章博「インターネットルータの技術動向一次世代通信インフラの整備に向けて」科学技術動向、No.33、2003年12月号

- 14) GENI(Global Environment Network Innovations) ウェブサイト：<http://www.geni.net/>
 - 15) Euro-NGI ウェブサイト：<http://www.eurongi.org/>
 - 16) AKARI プロジェクトウェブサイト：<http://akari-project.nict.go.jp/>
-

執筆者



藤井 章博

客員研究官

法政大学 理工学部 応用情報工学科 准教授



工学博士。分散コンピューティングと通信プロトコルの研究に従事した後、電子商取引システムの構築プロジェクトを実施。現在、情報通信技術のイノベーションが経営や政策に与える影響に興味を持つ。



山田 肇

客員研究官

東洋大学 経済学部 社会経済システム学科 教授



慶應大学大学院工学研究科修士課程修了。同大学より工学博士号。マサチューセッツ工科大学より技術経営修士号。NTTにて研究直接業務を推進後、研究戦略立案などのマネジメント業務に従事。2002年より東洋大学経済学部教授。