

日米・日欧との研究開発連携

西永 望

現在の社会基盤を構成する重要な技術の1つとなっているネットワーク技術は近年複雑化し、基盤全体を一国で研究開発するのは困難である。そのため、国際協調によるネットワーク技術の研究開発が重要となっている。NICTでは米国や欧州の政府機関と協力して、国際共同研究プロジェクトを推進している。本稿では、新世代ネットワーク分野で進めている米国と欧州との協力枠組みについて解説し、現在推進中の国際連携プロジェクトについて概説する。

1 はじめに

ネットワークの価値はユーザの数の二乗に比例する。これはメトカーフにより提唱された法則である。この法則によれば、ネットワークの価値を上げるためには可能な限り利用者を増やすことが重要である。そして国内だけでなく海外のユーザとも接続することがネットワークの価値を上げるには不可欠であろう。

国際間ネットワーク接続が海外との情報流通に必然であるならば、その研究開発もまた、国際連携により実施されるべきであろう。特にネットワーク技術は日々進化し、今となっては1つの組織、1つの国だけでは研究開発できないほど複雑化している。更に多くの国々、多くの組織で協力しながら、誰もが自由にお互いの研究開発成果を利活用することにより、巨大かつ複雑なシステムを開発する、オープンイノベーションスタイルの研究開発が提唱され、この手法により開発されたコンピュータのオープン OS、Linux が

我々の身の回りのネットワーク機器にも組み込まれている。ゆえに、新世代ネットワークの構築のためには、世界中の人々の共通した要求条件に合うネットワーク技術を研究開発段階から、多くの国々、多くの組織と連携した国際共同研究を推進することが重要となる。そのため、NICTでは新世代ネットワーク研究開発の推進とその実現を目指し、米国科学財団(National Science Foundation 以下 NSF)と欧州委員会(European Commission 以下 EC)との間で学術交流イベントや連携施策を実施してきた。ここでは欧州及び米国との連携について述べる。

2 米国及び欧州の新世代ネットワーク関連研究開発状況

図1に米欧日の新世代ネットワーク関連研究開発の年表を示す。この図にあるように、現在のネットワークに代わる全く新しいネットワークの実現

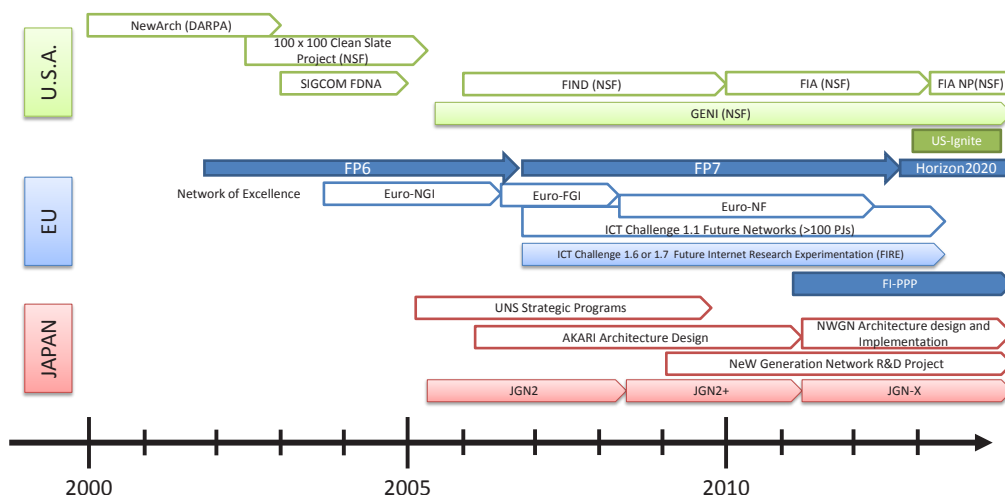


図1 米欧日の新世代ネットワーク関連研究開発年表

に向けた研究開発は米国から始まった。今世紀初めに現在のインターネットの持つアーキテクチャを抜本的に変え、新しいネットワークアーキテクチャを模索するプロジェクト NewArch が DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) の出資により始まった。その後、全く新しいアプローチ “Clean Slate Approach” による新しいインターネットのアーキテクチャの検討が推進された。100 × 100 Clean Slate プロジェクトは、ATM (Asynchronous Transfer Mode) や X.25、電話網がすべて IP に含まれた歴史を考えると、その IP を更に包含する全く新しいネットワークアーキテクチャが何か? を考えるプロジェクトであった。100 × 100 は 100 Mbps を 100 M (M は百万) に、の略である。こういった活動の中で、現在 SDN を実現する中心的技術 Openflow (2007 年より、Stanford 大学 Clean Slate Project にて研究開発) は生まれている。その後、49 の研究開発プロジェクトが FIND (Future Internet Design) プログラムによって NSF の資金で実行され、2010 年頃からそれらの結果をまとめた後継プログラム FIA (Future Internet Architecture、4 プロジェクト) 及びその後継 FIA-NP (Next Phase、3 プロジェクト) として実施されている。FIA-NP まで残った 3 プロジェクトに共通している技術的特徴は、コンテンツ/データ指向である。これはこれまでのインターネットにおける通信の根幹を成していた “情報の格納場所を示す識別子” を中心とした通信から、 “情報そのものにつけた識別子” によって通信を行うという新しいパラダイムである。米国は研究開発プロジェクトからでる研究成果をいち早く検証するためのテストベッドに対する投資も着実に実施している。GENI (Global Environment for Network Innovations) はその名の通り、ネットワークのイノベーションを起こすための環境であり、巨大な実験場と研究開発コミュニティのためのプレイグラウンドの両方の意味を持つ。GENI に必要な技術として最も重要なものは NW の仮想化とプログラマビリティである。多くのユーザが同時多発的に実験を実施する場合、実験ユーザ同士がネットワーク上で干渉を起こす (例えばアドレス空間の重なりやトラフィックの衝突) と実験が困難になる。そのため、ネットワークを仮想的に分離し、それぞれのユーザが自由にトポロジーや経路を決められるようにする必要があった。また様々なネットワークプロトコルを検証するためには、従来のソケットインタフェースによるプログラミングだけでなく、もっと低い層、例えばネットワーク層やデータリンク層もプログラムの対象となる。これら 2 つの要求を満たすテストベッドを新たに構築する必要があった。そのために、Openflow や Planetlab

といったネットワーク仮想化を実現するための技術が研究開発されたのである。現在では、GENI を用いたアプリケーション実証を推進するプログラム、US-Ignite^[4] が立ち上がり、医療、教育、エネルギー等、国の優先順位の高いアプリケーションを次世代インターネット上で実証するプログラムである。

欧州における新世代ネットワーク領域の研究開発は、EC が出資する FP と呼ばれるフレームワークプログラムによって大規模に実施されている。中でも第 7 次フレームワークプログラムでは、欧州委員会通信総局が年間 1 億ユーロ程度の研究開発投資を 2007 年頃から今日に至るまで継続的に実施してきた。現在ではその後継プログラム Horizon2020 がその役目を担っている。欧州委員会の FP による研究開発投資の特徴は多様性であり、ネットワークアーキテクチャ、光、無線のそれぞれの領域またはその融合領域に対して競争的研究資金として公募によりプロジェクトを採択している。多くの研究開発プロジェクトは 3 年程度の研究開発期間で、全期間での研究開発予算が数百万ユーロ以下の STREP (Specific Targeted Research Projects) と 1 千万ユーロ以上 IP (Integrating Project) の大型プロジェクトの 2 種類がある。欧州ではテストベッド構築のプロジェクトに関しても積極的に出資がなされている。欧州の新世代ネットワーク関連テストベッドは FIRE (Future Internet Research Experimentation) と呼ばれるプロジェクトで実施されている。FIRE も研究開発と同様 STREP と IP があり、IP はプロジェクト自身がそのテストベッドを利用するユーザを公募する仕組みを持っており、テストベッド開発とユーザを結びつける重要な枠組みとして機能している。さらに、欧州委員会は実証系の枠組みとして FI-PPP (Future Internet Public Private Partnership) と呼ばれる大型のプロジェクトに出資している。これは企業や自治体等が連携して、将来インターネット技術を用いたアプリケーション実証を行うプログラムで、欧州全体で 40 ヶ所以上に及ぶアプリケーション実証サイトを構築し、実証実験を進めるものである。平成 23 年からの 5 年間で欧州委員会は 3 億ユーロ、民間もほぼ同額の予算を拠出して進めている。

3 米国との連携

米国との連携は、米国内の大学と NICT 及び日本の産学との共同研究、並びに NICT と NSF との共同公募・共同ファンド事業が中心となっている。NICT と NSF の間では平成 19 年頃から、新世代ネットワークに関する研究開発の情報交換を実施していた。それをきっかけに研究者による研究情報交換を主たる目的

として、平成20年10月に第1回将来ネットワークワークショップをアメリカカリフォルニア州のパロアルトで開催した(図2)。この会議は日本側32名、米国側24名が参加し、新世代ネットワーク分野の研究開発状況をそれぞれの国から発表し議論するワークショップとなり、日米双方が共同で実施する国際共同研究への期待が高まった。結果は¹⁾に詳しい。それを受け、翌平成21年12月に第2回日米将来ネットワークワークショップをホノルルで開催した(図3)。この第2回では、1) Future Network & Service Testbed、2) Network Science and Modeling、3) Substrate、4) Reliability and Securityの4テーマに分かれて、具体的な共同研究の可能性とテーマ設定に関する議論を実施し、参加者全体で議論するワークショップとなった。その具体化策として、NICTとNSFとの間で日米国際共同研究プロジェクトの発足のための議論を実施した結果、平成22年の春スタートを目標に、NICTとNSFが財政支援する共同プロジェクトの募集を行った。NICTでは、NICT外の日本の大学及び研究所を対象とした共同研究プロジェクトの公募とNICT内部での募集を実施し、国内で評価を行った後、米国NSFのスタッフと協議の上採択プロジェクトを決定した。NSFは小規模なプロジェクトを迅速にス

タートできる枠組みEAGER (Early Concept Grants for Exploratory Research)や既存の研究プロジェクトに追加配算できる仕組みを活用することにより、日米で合意した採択プロジェクトにファンドした。このようにして、最初の7つの日米共同研究プロジェクトが平成22年春に開始した。全7プロジェクトのタイトルと研究開発の位置づけを図4に示す。これら7プロジェクトは平成24年秋までに終了している。

平成24年11月に、上述の共同研究プロジェクトの終了報告と、日米連携による将来の共同研究課題の発掘を目的として、第3回日米将来ネットワークワークショップを東京で開催した(図5)。この会議は第2回の会合と同様、分科会形式で議論を実施し、23件の共同研究テーマ候補が示された。その結果を受け、日米での新世代ネットワーク/将来インターネットに関する共同研究を推進するために、NICTとNSFは共同で募集及び出資する共同研究プログラム、Joint Japan/U.S. Networking Opportunity (JUNO)の実施を決定し、実施についての共通理解をMoU (Memorandum of Understanding)として平成25年5月に記録・署名した。このMoUに基づき、NICTとNSFは平成25年秋に“将来ネットワークの実現に向けた超大規模情報ネットワーク基盤技術に関する研



図2 第1回日米フューチャーネットワークワークショップ



図4 新世代ネットワーク・将来インターネットに関する日米共同研究プロジェクト



図3 第2回日米フューチャーネットワークワークショップ

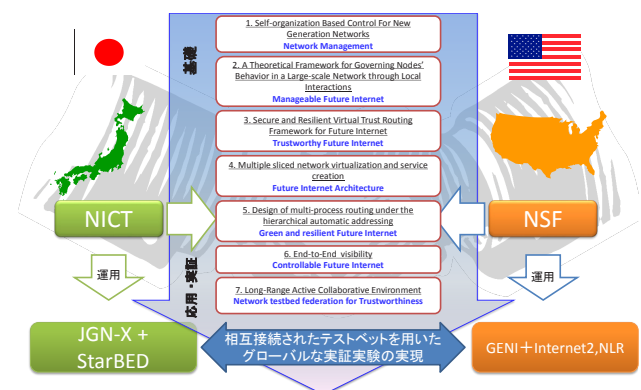


図5 第3回日米将来ネットワークワークショップ

究”のための研究課題を募集し、採択された共同プロジェクトに共同で資金提供することになった。JUNOの募集案内を図6に示し、採択課題一覧を表1に示す。JUNOは3年間のプロジェクトで、本原稿執筆時は2年目であり、日米共同での論文発出が行われている。第1回JUNO PI会合の内容には^[2]に掲載されている。

4 欧州との連携

欧州との連携は、欧州域内の大学及び企業との共同

研究開発、並びにNICTとECとの共同公募・ファンド事業が中心となっている。NICTとECの間ではNSFと同様平成19年頃から双方での研究開発状況の情報交換を実施しており、平成20年6月に第1回日欧シンポジウムをベルギーブリュッセルで開催した^[3]。このシンポジウムでは日欧それぞれの研究開発戦略を含み、包括的な研究開発情報交換を実施した。その後同様なシンポジウムを場所を日本に移して平成21年10月に開催した(第2回日欧シンポジウム)^[4]。その後、平成22年10月にフィンランド

2020年頃には、“兆を超える”オブジェクト(端末や情報等)がネットワークに接続されるといわれています。本研究課題ではこの超大規模数のオブジェクトによって引き起こされる様々な将来的な課題の内、

A: 遍在する超大規模数のオブジェクトを収容する新たなネットワークのモデル化および設計技術、
 B: 移動する膨大・高密度なオブジェクトを扱った効率的かつセキュアな情報サービスを構成するためのモバイルコンピューティング・ネットワーク技術
 C: 超大規模数のオブジェクト間におけるコミュニケーションを省エネルギーかつ効率的に実現する光ネットワークのアーキテクチャおよび通信制御技術

の三課題について、日米共同のチームで研究することを目標としています。

課題A: 遍在する超大規模数のオブジェクトを収容する新たなネットワークのモデル化および設計技術

新しいパラダイムによる超大規模数のオブジェクト間の高効率な通信を実現するため、生物モデル、統計・解析、カオス理論等の情報科学分野における成果を取り込んだネットワークのモデル化や、既存の情報通信ネットワーク基盤の構成等にとられないネットワーク設計法や評価手法等に関する基盤的な技術の確立を目指す

課題B: 移動する膨大・高密度なオブジェクトを扱った効率的かつセキュアな情報サービスを構成するためのモバイルコンピューティング・ネットワーク技術

超大規模情報ネットワークにおいて、移動するオブジェクトを扱った安全かつ効率的なモバイルコンピューティング・ネットワークを実現するための基盤技術の確立を目指す。

課題C: 超大規模数のオブジェクト間におけるコミュニケーションを省エネルギーかつ効率的に実現する光ネットワークのアーキテクチャおよび通信制御技術

省エネルギー化や高信頼化を可能とする技術として有力な光ネットワーク技術を対象とし、広帯域・低遅延化のみならず、移動するオブジェクトに合わせたフローやコネクションの移動をも考慮し、超大規模数のオブジェクト間のコミュニケーションを省エネルギーかつ高信頼、低コストで効率的に収容する光ネットワークアーキテクチャおよび通信制御技術の確立を目指す。

- 研究開発期間: 平成25年度度契約締結日から、平成28年度9月末日までの3年間(平成25年度10月開始、平成28年度9月末終了とする)
- 採択件数: 4件程度
- 予算: 初年度は、1件当たり最大7.5百万円/年度を上限。2、3年度目は、1件当たり最大10百万円/年度を上限とし、最終年度は最大5百万円/年度を上限。
- 体制: 本公募は、日米共同での研究開発プロジェクト(以下、共同プロジェクト)に委託。共同プロジェクトの日本側研究機関に対してはNICTが、米国側研究機関に対してはNSFが研究資金の提供を実施。

図6 JUNOによる研究開発公募 将来ネットワークの実現に向けた超大規模情報ネットワーク基盤技術に関する研究

表1 JUNO 採択課題一覧

	プロジェクト名	日本機関	米国機関	領域
A	無数の端末を接続するための高エネルギー効率および超高密度無線ネットワークに向けて Towards Energy-Efficient Hyper-Dense Wireless Networks with Trillions of Devices	東北大学	・Florida International University ・University of Miami	1.Network Design
B	超大規模モバイルアプリケーションのための次世代コグニティブセキュリティ技術 Cognitive Security: A New Approach to Securing Future Large Scale and Distributed Mobile Applications	東北大学 慶應義塾大学 NTT	・Virginia Polytechnic Institute and State University	2.Mobility
C	ACTION:トランスポート、IP、及び、光ネットワークと連携するアプリケーション ACTION: Applications Coordinating with Transport, IP, and Optical Networks	電気通信大学 慶應義塾大学	・The University of Texas at Dallas ・University of Virginia	3.Optical
D	階層化エラスティック光パスネットワークの研究開発 Cost-effective and scalable architecture for multi-granular optical networks	名古屋大学	・George Washington University	3.Optical
E	将来インターネットに向けた位置情報を用いた経路制御と識別子を用いたパケット転送制御機構(LORIF) Location-based Forwarding and ID-based Routing (LORIF) for the Future Internet	NICT	・University of Massachusetts Amherst Liberty University	1.Network Design
F	スケーラブル・リアルタイムサイバーフィジカルシステムのための仮想モバイルクラウドネットワーク Virtual Mobile Cloud Network for Realizing Scalable, Real-Time Cyber Physical Systems	NICT	・Rutgers University	2.Mobility
G	光パケット・光バス統合ネットワークにおけるサービス提供モデルおよび多用途型ネットワーク資源制御技術 Service Offering Model and Versatile Network Resource Grooming for Optical Packet and Circuit Integrated Networks	NICT	・North Carolina State University	3.Optical

タンペレで開催された第3回日欧シンポジウム^[5]では、共同研究プロジェクトの発足を目指し、Internet / Network Architectures、Test Beds、Network / Computation Service Platforms、Mobility and Greenの4テーマについて、分科会形式で議論した。その結果、22件の共同プロジェクト提案書が作成された。これを元に、第4回日欧シンポジウムを日本で開催し^[6]、共同研究開発すべき課題について議論し、研究開発テーマの具体化を図った。こうして日欧共同公募第1弾は、以下の3件について公募を実施することとなった。ア)物のインターネットとクラウドサービスによる新しいサービスプラットフォームの研究開発(Extending the cloud paradigm to the Internet of Things - Connected object and sensor clouds within the service perspective)、イ)日欧テストベッド接続による国際共同実験(Global scale experiments over federated testbeds: Control, tools and applications)、ウ)低消費電力型コンテンツ指向ネットワーク技術の研究開発(Green & content centric networks)。日欧共同公募第1弾は平成24年秋に行われ、各課題1プロジェクトずつ、合計3プロジェクトが採択され、平成25年春から3年間のプロジェクトとして研究開発を開始している。ア) ClouT^[7]、イ) Felix^[8]、ウ) Green ICN^[9]。さらに日欧双方から、この枠組みによる継続的な共同研究開発が期待され、日欧共同公募第2弾を検討することになり、平成25年4月にベルギー ブリュッセルで日欧連携研究開発プロジェクトに関する議論を行うワークショップを開催した^[10]。そこでは、Internet of Thingの検証用テストベッドを用いた日欧間での実証実験について議論がなされた。その結果を受けて大規模スマート ICT サービス実証基盤を用いたアプリケーション実証として、平成26年1月から共同公募を行い、採択されたプロジェクトが平成26年10月より36ヶ月のプロジェクト期間で研究開発を実施している(FESTIVAL^[11])。また平成26年10月には、日欧共同公募第3弾に向けた研究開発テーマを議論する第5回日欧シンポジウムが開催され^[12]、本原稿執筆時は第3弾に向けた調整が進められている。

5 まとめ

本稿では、新世代ネットワークの研究開発における日米及び日欧の連携施策について述べた。諸外国との共同研究開発を推進するためには、1)外国人研究者との積極的な研究討議、意見交換を実施するワークショップの設定、2)研究者同士の議論から導かれる質の高い研究テーマに関するアイデアとそれを戦略的に選択する課程、3)共同研究開発促進のためのファ

ンディングスキームと共同での採択評価、等が必須となる。国際共同研究開発の重要な成果の1つとして、人材育成がある。国際共同研究を通して、国際的に活躍できる人材を育成する共に、構築したネットワークを生かして、更に研究開発が促進されることが期待できる。そのような人材を育成することも研究開発成果の交際競争力強化に大きく貢献できると考える。原稿執筆時はほとんどの共同研究開発プロジェクトが進行中であり、まとめる段階に至っていないが、現時点で共同での論文執筆やITUへの標準化提案等が実施されている。

【参考文献】

- 1 D. Medhi and P. A. Freeman, "Research Challenges in Future Networks: A Report from US-Japan Workshop on Future Networks," ACM Computer Communication Review, Vol. 9, No.3, pp.35-39, July 2009.
- 2 <http://www.nict.go.jp/en/nrh/nwgn/JUNO1stPIMTGE.html>
- 3 <http://www.ict-fireworks.eu/events/fire-events/1st-japan-eu-symposium.html>
- 4 http://www.prime-pco.com/nict-nwgn/events/2ndEUJsymposium/index_j.html
- 5 <http://www.ict-fireworks.eu/events/other-events/eu-japan-event.html>
- 6 <http://www.prime-pco.com/4thJEU Symposium/>
- 7 <http://clout-project.eu/ja/>
- 8 <http://www.ict-felix.eu/?lang=ja>
- 9 <http://jp.greenicn.org/>
- 10 http://cordis.europa.eu/fp7/ict/future-networks/eujapan2013_en.html
- 11 <http://www.festival-project.eu/ja/>
- 12 <http://www.ict-fire.eu/events/past-events/5th-eu-japan-symposium-in-ict-research-and-innovation.html>



西永 望 (にしなが のぞむ)

ネットワーク研究本部ネットワークシステム
総合研究室室長
博士(工学)
新世代ネットワーク