

WIDE プロジェクト
2016年度 研究報告書

2017年3月

WIDE プロジェクト
代表： 江崎 浩

はじめに

インターネットは、地球上のすべての人とコンピュータをデジタル通信で相互接続し、接続される人とモノ(コンピュータが内蔵された物体)の数と多様度は、ますます拡大しています。膨大なデジタルデータ(=ビッグデータ)がオンライン化され、デジタル処理され、データが情報に変わり、その情報を用いて人とモノとが相互作用を起こす地球規模の巨大なエコシステムを形成しましたし、常に拡大・膨張を続けています。インターネットは、WEBという第1の波、情報検索という第2の波を経て、デジタルネイティブ・インターネットネイティブという第3の波へと突入しているのではないのでしょうか。IoT(Internet of Things)あるいはCPS(Cyber Physical System)とも呼ばれるサイバー空間と実空間の融合・統合は、Cyber-Twinの段階からCyber-Firstの段階に入りつつあります。また、コンピューティング機能の増大は、人間の能力をこえるような人工知能の能力が発現しつつあり、これが遍在化に向かっています。さらに、すべての人とモノが繋がることで、これまでのPUSH型の市場構造(Supply-Chain)は、PULL型の構造(Demand-Chain)へと急激な構造変化を起こしつつあります。ロングテール型のビジネス構造が、コンピュータネットワーク、特にインターネットによって、いよいよ一般化・汎用化しつつあるのではないのでしょうか。

2020年のオリンピック・パラリンピックの東京での開催に向けて、新IT戦略が策定されるとともに、2015年10月には「IoT推進コンソーシアム」がWIDEプロジェクト ファウンダーの村井純を会長として発足するなど、インターネットを前提にした社会インフラの高度化とスマート化が推進されなければなりません。2020年、さらに2050年に向かって、WIDEプロジェクトとして、我々の研究開発の成果をもとに、グローバル社会への貢献が期待されています。2016年5月・6月に伊勢志摩で開催された先進7か国によるG7サミットにおいては、ICT大臣会合での議論を経て、透明なインターネットの存在と整備が、グローバルなデジタルエコノミーの発展に欠かせないものであること、そして、サイバーセキュリティの拡充の必要性が宣言されました。インターネットが社会に広く普及し、商用のインターネットサービスが展開されている中、インターネットの「トラスト(Trust)」品質の向上が重要課題として認識されています。特に、江崎が理事を務めるISOC(Internet Society)では、Collaborative Securityと称する、インターネットおよびデジタルエコノミーに関係するすべてのステークホルダ(マルチステークホルダ; MSH, Multi Stake Holder)による連携・協調した対応の普及に向けた活動が展開されています。日本でも、IGCJ(Internet Governance Conference Japan)を発足させ、同様の活動を展開するための活動を活発化させています。G7での方向性は6月のOECD大臣会合、G20へと展開されました。また、G7サミットにおいては、グローバルな教育研究を目的としたインターネットテストベッドの継続的なアップグレードと拡大、さらに、グローバルに連携可能な人材が自由に交流可能な環境の必要性が共有されたことは、WIDEプロジェクトの活動をEncourageするものでもあります。

インターネットが一般化し産業・社会活動の基盤となったために、政府がインターネットのコントロールをナショナルセキュリティという観点・理由から強化しようとしています。この動きは、中国、ロシアなどだけでなく、今後米国においてもその傾向が強くなるのが懸念されます。このような観点からも、グローバルな研究開発ネットワークを自身で設計・実装・構築・運用する知見と経験を産みだし創生する環境の維持と発展の重要性を再確認しなければならないのではないのでしょうか。このような背景のもと、WIDEプロジェクトでは、華為技術社殿やシスコ社殿をはじめとした多くのWIDEメンバー組織の方々や、グローバルなパートナー組織の方々のご支援によって、WIDEインターネットの基幹部分の広帯域化と接続領域の拡大を続けてきまし

た。このようなグローバルなネットワーク環境の整備と拡大は、今後も継続しなければなりませんし、WIDEインターネットを用いた、新しい段階の研究開発を起動させなければならないと考えています。

我々 WIDEプロジェクトは、1990年代後半に、IPv6に関する議論として行っており、インターネット自動車やスマートビルなど実践的な研究開発活動を展開してきました。当時の一番の懸念は、TCP/IPを実装したいろいろなシステムがインターネット産業以外の分野で導入・展開される場合に、これらが、インターネットに接続されない固有のサイロを形成し、固有の相互接続されないネットワークを形成し運営されることでした。現在のIoTは、グローバルな接続性を提供可能なTCP/IPは利用するかもしれないけども、Walled Gardenとよく言われる「保護された空間」を意図的に形成して、ユーザを囲い込む Vertical Lock-on のシステムが構築され、多数のFragmentされた空間を生成しようとしているのではないのでしょうか。この「保護された空間」で用いられるアプリケーションレイヤでの識別子などは、グローバル性や他の「保護された空間」との相互接続性を考慮しないものになってしまう場合が非常に多く見られます。さまざま組織がインターネットのFragment化への懸念を表明していますが、インターネットは、現在、地球上で唯一の共通のプラットフォームという重要な特性を維持できるかどうかの瀬戸際にあるように思えます。Fragmentを防止することこそがIoTの成功の必須条件のはずです。

我々は、毎年夏に開催している ボードメンバーを中心にした合宿において、今回は『Software Defined Infrastructure, SDN/NFV』をテーマとしました。ここでの議論では、クラウドコンピューティング時代の広域ネットワークと大規模データセンターにおけるネットワークの今後の方向性と研究課題の議論を行いました。IoTクラウド時代のデジタルインフラストラクチャの構築に向けた研究課題の整理です。

我々は、物理的に無限ではなく有限な実空間の上で、唯一の共有されるコモングの空間(=インターネット および「インターネット・バイ・デザイン」に基づいて形成される共有プラットフォーム)を、構築し運用していきながら、持続的なイノベーションを継続するような構造を維持しなければならないのです。まさに、21世紀のグローバルな自然と共生するサイバーシステム・人工構造体からなるエコ・システムの設計と構築を目指さなければなりません。

WIDEプロジェクトは、メンバー組織の皆様との産学連携コンソーシアムとして運用されています。企業における「目的基礎研究」でもなく、独創性・独自性を要求する「純粋基礎研究」でもない、「実践的基礎・応用研究」の環境を提供することで、従来の研究組織にない成果を創出してきました。これは、WIDEプロジェクト特有のプロジェクト統治モデルであり、今後も維持・発展させなければならないものであると考えています。

これまでのWIDEプロジェクトの活動にご参画ならびにご支援いただきました すべての皆様方、組織の方々に感謝と敬意を表しますとともに、ますますのご参画・ご協力・ご指導・ご鞭撻をお願い申し上げます。皆様方との協力・連携を礎として、新領域の開拓と安心・安全を実現する社会インフラの実現に向けた協調活動の拡大を皆様と推進できることを期待しております。

2017年3月

代表
江崎 浩

ごあいさつ

1985年、日本の大学間ネットワークをダイヤルアップのUUCPで繋いでいた研究グループであるJUNETは、専用線での常時接続を前提としたネットワークの構築を議論していた。当時、私が勤めていた東京工業大学の研究室では、電子メールと電子ニュース技術のネットワークをすでに全国規模で運用しており、我々は2つの使命を持っていた。

1つは、これまでの間欠型の接続ではない常時接続型のネットワークを国内に設置することである。もう1つは、この常時接続型のネットワークが海外のネットワークとグローバルに相互接続を果たし、世界規模のネットワークとなることである。このネットワークの構築に関する議論において、2つの課題があった。1つは、プロトコルの標準化で、常時接続の中でBSD4.2に使われていた通信プロトコルであるTCP/IPを使うのか、新しい通信プロトコルへの挑戦を続けていくのかを判断する必要があることである。もう1つは、JUNETで培った日本語ベースの電子メールの規格、つまり当時の日本語の処理を含んだ多言語環境を、どうやって世界的な標準として発展させていくのかを検討することであった。

WIDEプロジェクトとして開始した新しい研究グループの最大の問題は、ダイヤルアップで電話回線の上にデジタルデータを載せていたJUNETに比べて、常時接続型のネットワークは9.6Kの専用線あるいは、64Kの専用線を用いておこなうため、莫大な費用が掛かることである。それに加えて国際通信の費用を考えると、とても実現できる夢ではないように思われていた。初期スポンサーの「割り勘」としてスポンサーとの協働で開始したWIDEプロジェクトの活動はこうしてスタートを切ることができた。

やがてその研究グループは、その名称を決めることになった。当時グループの全ての研究者はUNIXオタクであり、かつ全てのメンバーは既存概念への反骨心の塊であった。これを背景として、研究会の名称決定議論が続けられた。我々が愛してやまなかったBSDのUNIXは、カリフォルニア大学バークレー校が、当時電話会社の権威と思われていたUNIXを大学レベルで発展させ、TCP/IPを搭載して世界に広げていた。その権威の象徴がAT&TのSystem Vであり、大学ではこれに対抗してBSD4.2を作った。System Vが権威の象徴、BSD4.2は自由の象徴であった。1番最初は橘浩志氏(橘フォント作成者)の発案により、vinousという名前の研究会にすることが決まっていた。

これは、“V is not our system” という過激な意味が込められた名前であったため、「敵」を攻撃するような名前にするのはやめようという話になった。そこで、System V の「V」を2つ重ねた、つまり、Vよりはるかに良い、というビジョンを込めて、「W」から始まる言葉を研究会名にしようという議論がおこなわれた。さらに、研究会として、広域分散システムのOSが作りたいたいという思いから、System Vの権威主義から逃れる意味を込めて「W」を使った「WIDE(Widely Integrated Distributed Environment)」という名前がつけられた。

研究グループの名前が決まった後に、研究会のロゴ制作を行うことになった。WIDEのロゴの作成を依頼した松原健氏は、Bloomingdale'sのデザイナーであり、アメリカで活躍するトップ工業デザイナーであった。彼には、日本初・世界に通用する・知性を示すという意味合いを込めて依頼し、現在も使われているWIDEのロゴが誕生した。これは後に同じく松原氏に依頼した株式会社インターネットイニシアティブ(IIJ)のロゴの源流ともなっている。

さて、2016年度は、私にとってはG7への挑戦で始まった。G7に先立つ4月末に開催された情報通信大臣会合のコーディネーションが私のミッションであった。G7は政府レベルの会合であるが、ICTに関するミーティ

ングはマルチステークホルダーによる議論の場である。2016年はアメリカにおける契約に基づいて運用されていたインターネットのいくつかのルールの期限が切れるタイミングであり、この議論をおこなうために、ISOCの議長であるKathy Brownを招聘した。また、アメリカと日本が2000年まで牽引してきたインターネットの利用者増加の推移は、中国やインドなどの新興国の台頭に伴い人口比率に即したバランスが求められるようになった。インターネットのガバナンスにおける各国のバランスが大きく変わる中で、これまでインターネットに責任を持ってきた同胞的なインターネット先進国の役割の転換期となったことである。

さらに3つ目は、WIDEプロジェクトの起源とも言えるノンプロフィットの研究教育ネットワークに対する変化である。インターネットの成功と普及の結果、特に東南アジアの発展途上国では、国の支援が得られない、つまり商業ネットワークがあるために大学や研究機関のサポートなしでインターネットへの接続が可能な状況へのシフトが進んだ。私のアジェンダは、G7+1においてすべての発展途上国に対し、経済先進国がNRENのサポートを依頼するということであった。

こうして幕が開いた2016年は、これまでWIDEが推進してきたIoTが大きくなうねりを生じており、先端的な役割を担ってきたWIDEの責任は当然大きい。結果として、基本法の設立をはじめ、総務省と経済産業省が連携して推進するIoT推進コンソーシアムの舵取りや、オープンデータやビックデータ、AIなどに関する研究開発、政策の推進の役割を担うことになった。

また、サイバーセキュリティの課題に対する関心は、年金システムの個人情報漏洩を機に大きな関心を集めた。IoTやビックデータなどによるインターネットの新しい期待とともに、サイバーセキュリティへの関心が大きくなった。サイバーセキュリティに対するWIDEプロジェクトの対応も故・山口英のリーダーシップにより先頭的に取り組んでいた背景もあり、彼の跡を継いだ多くのNAISTの弟子達のうちの一人、門林雄基はサイバーレジリエンス構成学研究室の中心的な役割を担うなど、WIDEプロジェクトの多くの活動は、サイバーセキュリティに関する産官学の連携を担う役割を果たしている。

2016年の夏には、WIDEプロジェクトで活躍をした卒業生を含めたメンバーによって開発が進められた「Pokémon GO」の全世界的な流行があり、2020年の東京オリンピック・パラリンピックを担う日本のチームがリオオリンピック・パラリンピックを機に構成され、その本格的な体制を作るなど、社会の中でデジタル技術やインターネットを前提にした未来に対する挑戦が始まっている。インターネットが世界をつなぐグローバルなサイバー空間の基盤であることを考えると、そのリーダーであったアメリカでの大統領交代や、イギリスをはじめとしたヨーロッパ諸国での変化を踏まえ、グローバルな空間での発展に対する大きな責任もWIDEプロジェクトは担わなければいけない。

こうした30年を通して発展してきたWIDEプロジェクトは、現在40年の年齢の幅を持つインターネット社会の専門集団となった。WIDEプロジェクトが研究活動を続けてこられたことは、スポンサーの皆様、メンバーの情熱と力によるものである。心から感謝するとともに、この大きな使命を目前に新しい力を結集することを約束して、ファウンダーとしての挨拶とする。

2017年3月

ファウンダー

村井 純

WIDEプロジェクト報告書2016年度 目次

第1部	特集1 インターネット的なセキュリティに対する考え方	8
第2部	特集2 AI ³ プロジェクトの歩み	21
第3部	特集3 Software Defined Mediaコンソーシアム	27
第4部	特集4 100Gbps級ネットワーク	41
第5部	特集5 ネットワーク相互接続の実証実験	47
第6部	特集6 StarBED4プロジェクト：ICT技術の検証基盤から IoT技術の検証をも可能とする検証基盤へ	57
第7部	クラウドコンピューティング基盤の構築と運用	59
第8部	ウェブアプリケーションのセキュリティ技術の研究	61
第9部	サイバーセキュリティ情報交換技法	62
第10部	環境情報の自律的な生成・流通を可能にするインターネット	63
第11部	医療・災害医療現場での情報技術活用技術の研究	65
第12部	ネットワークおよびソフトウェア技術者・研究者連盟	66
第13部	公開鍵証明書を用いた利用者認証技術	67
第14部	分散型量子計算のネットワーク応用技術	69
第15部	Integrated Distributed Environment with Overlay Network	71
第16部	自動車を含むインターネット環境の構築	72
第17部	ネットワークトラフィック統計情報の収集と解析	75
第18部	実ノードを用いた大規模なインターネットシミュレーション環境 の構築	76
第19部	ネットワーク管理とセキュリティ	77
第20部	JB Project	79
第21部	大規模な仮設ネットワークテストベッドの設計・構築とその運用	80
第22部	DNS extension and operation environment	83
第23部	M Root DNS サーバの運用	86
第24部	WIDEネットワークの現状	88
	参考文献	89
	執筆者一覧	91
	研究者一覧	92
	協力組織一覧	100