

第1部

特集1 WIDE DESIGN

浅井 大史

第1章 はじめに

WIDEプロジェクトは、UNIXオペレーティングシステムの研究者グループが中心となり、大規模広域分散環境(Widely Integrated Distribute Environment)の構築を目指して1988年に研究活動を開始した。この研究活動の経緯と大規模広域分散環境の現状を前提に、WIDEプロジェクトでは、本来の目標をより具体的に見直し、新たな地球規模の分散環境であるWIDE DESIGN (WIDE Design of Environment for Services for Innovation of the Global Network)を提案する。本章ではWIDE DESIGNの目指すべき大規模広域分散環境とその実現に向けた活動を報告する。

第2章 インターネット前提社会とWIDE DESIGN

1969年のARPANETとUNIXの誕生から45年を経て、インターネットを前提としたグローバル社会の基盤の形成が実現した。インターネット前提社会とは、一定の課題が積み残されているとはいえ、基本的にはInternet Protocolによるデジタル情報の流通と共有が地球全体をカバーし、IPアドレスを識別子としたデジタルデータの交換に、全人類が参加する環境が整備された状態を呼ぶ。ここでのインターネットは、The Internet、すなわち、人類の参加する地球規模のデジタルネットワークは地球に唯一のものであり、広域な自律分散環境として協調的に、かつ、持続的に運用され続けるネットワークである。

WIDE DESIGNでは、インターネットとデジタルテクノロジーによるインフラストラクチャを完全な前提として、人の抽象化の再定義を軸に、新しいサービスのシステムの

設計を行い、新たな地球規模の分散環境の実現を目指す。WIDE DESIGNでは、人の抽象化を行い、地理的位置と時刻の流れによる空間を明確に定義し、それらに基づいた、デジタルデータの自由な共有と交換できる「サービス」の多様な開発と発展が行われるプラットフォームを環境としてデザインすることにする。WIDE DESIGNの環境は、人類の創造性により、あらゆるイノベーションの基盤となる。

また、WIDE DESIGNの基盤となる概念で、既に実現されている機能については、それらを統合する環境を前提とする。すなわちインターネットとデジタルテクノロジーによるインフラストラクチャとして、ほぼその使命を達成しているIPとTCPによるThe Internetの環境、つまり、グローバルに唯一のコンピュータネットワークであるレイヤー4以下のインターネット環境、また、IPアドレスとドメイン名、DNS、WEBアーキテクチャ、クラウドコンピューティング、仮想ネットワークと仮想計算機環境、などの機能は、WIDE DESIGNの基盤となる概念として統合する。

WIDE DESIGNでは、これらの環境・技術では実現されていない重要な機能に着目する。人の抽象化とIDの扱い、また、それに付随するメタデータなどの定義が重要である。また、実空間と仮想空間(サイバー空間)の完全な融合を前提として、時空間(経度、緯度、時刻)の様々な粒度と正確さを有機的に取り扱う必要がある。人の抽象化には、Mind、Body and Soulのすべての要素が組み込まれる必要がある。Mindは知としての人、Bodyは、身体としての人、Soulは感性としての人を意味する。これに基づいて、データの抽象化には、その所有者、各種権限、賞味期限、ライフサイクルなどが明確に定義できるシステムが必要となる。また、WIDE DESIGNでは、持続的で、自

律分散協調的な運用手法やそのための技術が提案され実現されなければならない。

WIDE DESiGNでは現在、前提としての機能(インターネット環境、特に、IPアドレスとドメイン名、DNS、WEBアーキテクチャ、クラウドコンピューティング、仮想ネットワークと仮想計算機環境)がWIDE DESiGNの前提としてどのように扱えるかを設計しつつ、新たに創造すべき機能(人(Mind、Body and Soul)抽象化とID、時空間の定義、安全:セキュリティ、安心:プライバシー、自律分散協調運用技術)を議論し、全体の設計を行っている。また、これらと同時並行的に、WIDE DESiGNの環境のグローバル展開シナリオを随時検討している。

第3章 WIDE DESiGNにおける「Service」と「Service Environment」

今日、世界中で様々なデータがデジタル化され続けている。データは日々蓄積され、その量は今後も加速していくと考えられる。蓄積されたデータを活用したサービスが毎日のように提案され、また消えていく状態である。これまで蓄積されてきた情報、またこれから手に入れるであろう情報を活用し、これまでになかったサービスを実現するためには、私たちの行動の中心となっている「人」を抽象化し、これまで考慮されてこなかった「地理的位置と時刻の流れによる空間」を考慮した情報をデジタルデータとして交換できるプラットフォームが必要になる。また、WIDE DESiGNが目指す、人の抽象化情報、時空間情報を統合した、あらゆるデジタルデータが自由に交換できるサービスプラットフォームを実現するためには、自由なデザインであることが根本的に重要となる。自由とは、データへのアクセスに制限がないこと、データの形式を誰もが把握できること、誰とでもどんなデータでも交換できること、データ交換プラットフォーム自体が自律分散協調的に運用されていること、そしてそれらのデータを利用して提供されるサービスもまた自由であることである。

WIDE DESiGNにおけるサービスとは、人を含む地球上の全てのモノとその活動によって、直接的あるいは間接的

に生み出された情報やサービスを、発見・取得・活用するためのフレームワークであり、WIDE DESiGNで提供するプラットフォーム上におけるデジタルデータの共有と交換により、人に新たな価値を提供するものと定義する。

現在のインターネットにおいても、オープンデータ(<http://www.opendata.gr.jp/>)、Open Government(<https://www.data.gov/open-gov/>)など、共有、交換されたデジタルデータにより新たな価値を提供する「サービス」は存在するが、インターネットはこれらのデータの交換に適したサービスフレームワークを提供していない。例えば、人またはデータを識別するIDや時空間情報について、共通の標準的な表現方法や交換方法(インターフェイスやプロトコル)が定義されていない。また、いわゆるSeven Layerモデルにおける、アプリケーションレイヤにおいて様々なアプリケーションフレームワークが提案され、その上にアプリケーションプログラムが作成されており、重厚なソフトウェアスタックがアプリケーションレイヤに構築されているというのが現状である。

WIDE DESiGNでは、これらの問題を解決し、「サービス」の開発と発展を目指し、サービス構築のために必要な共通基盤、すなわち、プラットフォーム(Service Environment)を定義・実装する。WIDE DESiGNでは、このService Environmentの要素として以下の5項目に着目し、この広域分散環境プラットフォームについての議論および定義・設計・実装を行う。

- ・ 人の抽象化とID: 人間生活を支援するサービスのオープンな基盤として設計されるサービス環境は、人間に関するデジタルデータを自由に扱える必要がある。そのため、データの所有者、各種権限、消費期限などの設定や運用を行うため、人間をサービスが柔軟に扱える形で抽象化する必要が生じる。人間には、Mind、Body and Soulの要素があり、これを基本として抽象化されるべきである。すなわち、サイバー空間に投影されるペルソナとしての人間(Mind)、実空間に存在する身体の間人としての人間(Body)と、実空間とサイバー空間にまたがり趣味嗜好によって善悪の判断を行う感性(Soul)である。サービスは、人のサイバー空間への投影されるペルソナ(Mind)と実空間に存在する身体

(Body)に対して提供され、両空間にまたがる人の感性(Soul)を満足させるものでなければならない。

- ・ 時空間の定義:実空間とサイバー空間において人間生活を支援するサービス環境は、時空間の再定義が必要となる。WIDE DESiGNのサービス環境では、サービスを提供するハードウェアと、サービスを利用する身体としての人間の時空間上の位置を管理把握し、必要に応じたサービスの提供が可能になるべきである。時空間における位置とは3次元空間上の位置と、時間軸上の位置を合わせた概念であり、WIDE DESiGNサービス環境では人間とサービス間の、時空間上の位置を管理する。時空間上の位置には、過去・未来・現在における、人とモノの緯度・経度・高度・時間が最低限含まれ、建物の階層や部屋といった、よりローカルな環境情報の定義も含まれる。
- ・ 安全:セキュリティ:人間生活の改善という目的を達成するために、実空間とサイバー空間において人間生活を支援するサービスが全て意図したとおりに動作する状況を維持することが必要である。そのために、第一にサービスが、人のサイバー空間への投影されるペルソナ(Mind)と実空間に存在する身体(Body)に損害を及ぼさないこと絶対条件である。第二に、サービスそれ自体が、設計者の意図どおりに、生活の支援を行う環境を維持することが必要である。さらに3つ目の要件として、サービスを可能とするハードウェア、ソフトウェア、デジタルデータのいずれについても、不正利用、誤用、災害被害から守られる必要がある。WIDE DESiGNサービス環境は、以上の安全に関する3つの要素を統合的に管理するオープン基盤である必要がある。
- ・ 安心:プライバシー:上記の実空間とサイバー空間において人間生活を支援するサービスが全て意図したとおりに動作する状況を維持すると共に、現在と未来において、それらが確実に達成されるという信頼を醸成する必要がある。そのため、実空間とサイバー空間にまたがる人の感性(Soul)を満足させる必要があり、技術だけでなく、行政的・法律的・教育的・外交的・経済的・文化的・芸術的なアプローチが求められる。

- ・ 自律分散協調運用技術: WIDE DESiGNにおけるサービスは、自律的に動作するソフトウェアとハードウェアが、分散的に環境に配置され、人間の生活の質の向上という目的を共有しながら協調して動作することによって提供される。加えて、実空間とサイバー空間において活動する人間自体も究極的には、自律分散協調的な存在である。WIDE DESiGNでは、自律分散協調的なサービスと自律分散協調的な人間が、調和しながら生活の質を改善するための環境を設計する。

第4章 導入・普及シナリオ

本節では、WIDE DESiGNアーキテクチャの導入と普及シナリオをWIDE DESiGNアーキテクチャ・システムの前提となっているインターネットの導入と普及を整理しながら議論する。

WIDE DESiGNに基づいたシステムにおいては、地球全体を覆うコンピューティングリソースとセンサノードやアクチュエータノードなどすべてのデジタル機器のネットワーク化と協調動作が実現されなければならない。さらに、これらの動作は、中央集散的に管理制御することは不可能であり、ローカルおよびグローバルの両方において自律分散的な協調動作環境が構築管理運用され、持続的(Sustainable)な進化(Innovation)を実現するよう導入・普及シナリオが適用可能な基盤でなければならない。すなわち、「エコシステム」でなければならない。

エコシステムとは、「食物連鎖など生物の相互関係と、生物とそれを取り囲む無機的环境の間の相互関係を総合的に捉えた生物社会のまとまりを示す概念」であり、「エコシステムは周辺の状況などにより変化するが、その系の中で互いに働きかけて安定化する性質がある」(WikiPedia (<http://ja.wikipedia.org>)より)とされている。ビジネスにおいては、関係する企業組織がビジネス活動もにおいて協調と競争を行うことで、利益やイノベーションと創造を持続し、その構造を変化させていくことを意味している。エコシステムは、以下のシステムの要件を満足しなければならない。

- ・ 自立性 (Independency)
- ・ 自律性 (Autonomous)
- ・ 交流性 (Interaction、Interoperability)
- ・ 適応性 (Adaptability、Agility)

20世紀の最後の10年で社会基盤として普及したインターネットは、TCP/IP技術を核としてグローバル規模でオープン技術を適用したデジタル環境基盤を構成し、今後は、すべての産業領域のインフラとなるものと認識されている。インターネットの父として知られているRobert Kahn博士は、「インターネットは倫理的なシステム構造を言うのであって、TCP/IP技術を適用したスイッチやルータから構成される物理的なネットワークの実体を意味するものではない」と発言している。すなわち、WIDE DESiGNにおいては、具体的なデジタルネットワークシステムの技術仕様や実体だけではなく、WIDE DESiGNシステムの導入と普及、さらに、WIDE DESiGNアーキテクチャの物理システムへの適用にも適用されるような活動を展開しなければならない。

4.1 EmulationからNativeへ

1990年台中盤、一般ユーザがインターネットを利用するために用意されたアクセス網は、電話サービスを用いたダイヤルアップ方式であった。WIDEプロジェクトは、1988年のプロジェクト創成の時に、ダイヤルアップ方式のコンピュータシステムから、デジタル専用線を用いた常時接続方式のコンピュータシステムへの挑戦を始めた。この成果が、21世紀のアクセス網を、ダイヤルアップ方式から常時接続型のブロードバンドインターネットへと変革・進化させるための根拠となった。WIDEプロジェクトは、ダイヤルアップ方式が、常時接続方式に代わることの本質的な違いを、自身で経験していた。すなわち、ネットワークの利用法が、まったく別次元に変化することである。言ってみれば、ダイヤルアップ方式を用いた20世紀のインターネットサービスは、1990年代学術ネットワークで展開されていたインターネットサービスの一部分を、Emulationしたものであった。

2000年頃に始まった、常時接続型のブロードバンドアクセス網の整備は、一般ユーザに“Native”なインターネットサービスの提供を実現したととらえるべきであろう。実

際、ダイヤルアップ方式の頃のサービスは、企業の宣伝・広告の延長線といった、B-to-C型の一方向性のサービスがほとんどであった。ところが、ブロードバンドアクセス網の整備とともに、C-to-C型のユーザ主導あるいはユーザ参加型の、まったく新しいサービスが次々と登場し、インターネットは、新しいメディアとして、社会に受け入れられ利用されるようになった。これは、サービスのEmulationの段階から、Native Serviceを提供する段階へと進化したととらえるべきもので、同時に、インフラも、Emulation型からNative型へと進化したととらえるべきであろう。

Emulationによる新サービスの実現方法としては、大きく、オーバーレイ型とゲートウェイ型とが存在する。上述したダイヤルアップ型のインターネットアクセスが、デジタル専用線を用いたサイト間の相互接続を経て、現在のインターネットネイティブ (Internet Native) なアクセス網およびバックボーン網への変化 (進化) は、オーバーレイ型システムにおいて、新サービスの導入と普及に伴い、下位網 (Under-lay Network) が提供していたサービスがEmulationあるいは消滅することによって、下位網が提供する機能が削除された形へと進化する行程である。

一方、ゲートウェイ型のシステムでは、既存システムを取り込みながら、クリーンスレートな新サービスと新システムを導入することを可能とする。ゲートウェイ型のシステムにおいては、ゲートウェイを介して相互接続される既存システムを新システムへと順次更新しながら新システムへの移行を実現するアプローチである。

WIDE DESiGNシステムの導入と普及にあたって、オーバーレイ型のシステム導入とゲートウェイ型のシステム導入の方法を、既存システムとの共存と大規模化を実現するべき、産業・ビジネス領域が存在することが考える。もちろん、オーバーレイやゲートウェイを必要とせず、まったく、独立にクリーンスレート型での新システムと新サービスの導入と普及が、不可能ではない場合が存在することを否定するものではない。

4.2 自営システムの構築と相互接続

インターネットは、キャンパス内に構築されたネイティブなクリーンスレートなサブネットワーク(=自営システム・自営網)を、自営線と広域電話網を用いたEmulated Lineを用いて構築された。自営網であるサブネットは、基本的に、自立性と自律性を持ち、自己投資によって設計・構築・運用されるものである。これら、サブネットを相互接続させることで、分散網を構築することに成功した。すなわち、自己投資に基づいた自律・自律システムが分散協調運用する形態であり、さらに、自営網・自営システムへの新技術の導入の自由度も同時に提供された構造となっていたがゆえに、グローバル規模でのシステムの導入と普及が実現されながら、継続的な進化を実現したものである。

WIDE DESIGNに基づいて設計・構築されるシステムも、自営システムへの自律的投資が、システム全体の高機能化と普及に貢献するようなエコシステムを形成するような導入・普及シナリオを、各産業・ビジネスセグメントに適した形で形成しなければならない。

4.3 Experienced Design

WIDE DESIGNアーキテクチャは、すべての産業・ビジネス領域に共通にかつ汎用に導入・普及・利用可能な詳細のシステム仕様が最初から提示されるべきものではないし、可能ではないと考える。インターネットを実現したTCP/IPアーキテクチャがそうであったように、基本技術と基本的なモジュール構成あるいはモジュール間のインターフェースの大枠を決め、その後は、実際にシステムの実装と運用を行いながら、実運用の経験(Experiences)をもとに、修正・変更・追加を行うシステム設計・実装・運用が行われるべきである。これを、Experienced Design(あるいはDevOps)と呼ぶ。Experienced Designの考え方に従って、技術仕様の変更・修正が行われていくことになるが、相互接続性を確保するような技術検証を含む運用が実現されなければならない。そのためには、ソースコードのオープン化が、可能な限り行われるような社会産業的コンセンサスが形成されるような努力が継続されなければならない。

4.4 導入から普及へ

新しい技術が社会に受け入れられ実際に利用されるまで(導入段階を経て普及段階へと進展する)には、以下の5つの段階を経なければならない。

1. デモンストレーション(Demonstration)

Proof of Conceptが目的であり、不安定なシステム。持続的動作は期待できない。

2. プロトタイプ(Prototype)

持続的動作が期待できるが、安定な動作は期待できない。運用は、設計・開発者でないと難しい。

3. テストベッド(Testbed)

安定な動作を実現するためのシステム修正が行われる。運用は、設計・開発者意外のものが参画するのが前提。

4. プロフェッショナル(Professional)

商用システムサービス(General Service)に必要な安定性と運用性のための開発が行われる。商用展開に必要なコストダウンや障害対策なども研究対象となる。

5. コマーシャル(Commercial)

商用サービスシステム。サービス停止は、原則許されない。

WIDE DESIGNに基づいた、各産業・ビジネスセグメントにおけるシステムは、この5段階のステップを意識しつつ、新技術・新サービスの導入から、普及に向けた取り組みが戦略的に実施されなければならない。

4.5 情報空間を分断させない

インターネットは、グローバルな情報空間の形成に成功し、グローバルに情報の共有を可能とする基盤を形成した。しかし、今後、インターネット技術が、さまざまな産業セグメントで利用される過程において、さまざまな理由から、これらのシステムが、グローバルなインターネット空間から切り離される傾向も多くなりつつある。グローバルな情報空間のフラグメント化である。

インターネットは情報の流通と共有を促進することで、新しい情報の利用法と市場の創造を推進するという、インターネットがその有効性を証明したエンド・ツー・エンドアーキテクチャの思想に基づいた基盤の整備を継続しなければならない。

4.6 物理空間のインターネット化への挑戦

上述したように、「インターネットは倫理的なシステム構造を言うのであって、TCP/IP技術を適用したスイッチやルータから構成される物理的なネットワークの実体を意味するものではない」(by Robert Kahn博士)であり、WIDE DESiGNアーキテクチャの考え方は、情報通信・情報処理システム以外のインフラシステムにも適用可能である。

たとえば、コンテナ・パレットを用いた荷物の配送システムは、コンテナ・パレットがデジタル化による情報の抽象化とIPパケットの導入に対応し、輸送媒体・蓄積媒体への非依存性と輸送されるものに関する制約の排除を実現していると捉えることができる。現在、荷物の配送システムには、3Dプリンターに代表される生産機能の汎用化と、生産物に依存しないで設計図という生産物を抽象化可能なデジタルオブジェクトの出現と導入によって、物流に関する大革命が起ころうとしている。この3Dプリンターに代表される物流・生産システムの革命は、インターネット(アーキテクチャ)を前提としたWIDE DESiGNアーキテクチャに基づいて、その具体的な設計と構築・運用が行われなければならない。

あるいは、スマートグリッドに代表されるスマートグリッドやスマートシティにおいては、エネルギーを「蓄積」可能なコンポーネント(蓄電池など)が、導入されることで、インターネットが(回線と比較して)実現した非同期システム化と自律動作性を実現しようとしていると捉えることができる。また、「エネルギー」の抽象化が行われることで、エネルギーの輸送媒体と蓄積媒体への非依存性と輸送されるものに関する制約の排除が実現されようとしていると捉えることができるであろう。

このように、現在のインターネットを構成する物理網ではなく、インターネットと接続される物理システム

自体へのWIDE DESiGNアーキテクチャの適用も重要な、WIDE DESiGNアーキテクチャの導入・普及の方向性と考えられる。

第5章 WIDE DESiGNの実現にむけて

5.1 2014年秋の研究会における議論

WIDE DESiGNの実現にむけて、WIDEボードメンバにより2014年9月4日にWIDE DESiGNの詳細設計に向け、本章で上述したServiceおよびService Environmentの定義などをまとめたWhite Paper (v0.9)を発行した。このWhite Paperを元に、2014年9月9日から12日にかけて開催されたWIDE秋の研究会(合宿)においてBoard PlenaryおよびBoFを計3日間に渡り開催した。初日のBoard Plenaryでは、White Paperの詳解と質疑応答を行い、2日目および3日目にオープンディスカッションによる議論を行った。

本研究会では大きく、WIDE DESiGNの前提としているInternetの本質について、プラットフォームの抽象化について、およびインターネットにおける課題の3点について深い議論が行われた。

まず、WIDE DESiGNの前提としているInternetの本質とは「レイヤー 1からレイヤー 3/レイヤー 4 (TCP/IP)のこと」を意味するのか、もしくは「End-to-Endで繋がること」を意味するのか、ということを議論したが、これについては本研究会で明確な答えを得ることはできなかった。しかし、現在、End-to-Endで繋がるネットワークはTCP/IPのみであるため、これを前提としてWIDE DESiGNを設計することは自然であるという一定のコンセンサスを得ることはできた。

WIDE DESiGNはあらゆるサービスの基盤となるService Environment (プラットフォーム)の実現を目指しているため、プラットフォームの抽象化についての議論も深く行われた。まず、プラットフォームの抽象化には、グローバルで協調可能な仮想化および抽象化が必要であるという意見が共有できたが、サービスに対する要求、特にポリシーやプライバシーは時代・世代により変遷するため、「単

一」のプラットフォームを定義することは不可能であるということが議論された。そこで、プラットフォームとして抽象化を行うのではなく、時代・世代の変遷により柔軟に変化可能な抽象化した「Framework (枠組み)」により実現することが望ましいという結論を得た。この視点は非常に重要であり、例えば、時代・世代の変遷によりプラットフォームも変化していくWebにおいては、固定のプラットフォームを定義することなく、WebとしてのFrameworkを定義することで柔軟な環境を実現している。

本研究会の最後に、WIDE DESiGNで実現するサービスのイメージを具体化するために、現状のインターネットにおける課題(不満)をBoF参加者間で共有した。BoF参加者からあげられた課題は大きく「今すぐに解決できる課題」と「熟考・技術革新が必要な課題」とに分けられ、後者を実現することがWIDE DESiGNの設計・実装における課題と結論づけた。これらの課題としては「点と点で通信しているため、可能性を狭めている(液体にIPアドレスを付けられない)」や「サービスモデルが欠如している(何でも作れるが、サービスモデルが乱立)」、「仮想化された資源上でも物理資源(スペック)を気にする必要がある」などの課題があげられた。

5.2 2014年冬の研究会における議論

2014年12月12日から13日にかけて開催されたWIDE冬の研究会においてもBoFを開催し、WIDE DESiGNの議論を行った。本研究会では、あらゆるモノがインターネットに接続され情報を共有・交換されることを想定しているInternet of Things (IoT)をユースケースとしてあげ、WIDE DESiGNの定義するService Environmentにおける5つの要素である人の抽象化とID、時空間の定義、安全(セキュリティ)、安心(プライバシー)、自律分散協調運用技術について議論した。

本研究会では、まずIoTにおける通信がどのようなセマンティクスで行われるかという議論が行われ、ここでイディオムとスキーマを共通理解として定義することが重要という意見があった。このイディオムとスキーマを人手で定義していくことは不可能であるため、WIDEプロジェクト内で集められるデータに基づき、自動的または軽量な方法でこれを行う方法を今後検討していくことと

なった。

5.3 今後の活動

今後の活動としては、大きく3つのことを行う。まず、1つ目としては、WIDE DESiGNに関係する関連技術や従来研究を調査することで、White Paperを拡充し、今後このWIDE DESiGNおよび関連する研究に取り組むWIDEメンバーにとっての教科書のようなドキュメントを作成することである。2つ目としては、WIDEで収集できるデータを集める方法を検討し、このデータに基づいてWIDE DESiGNの設計・実装を試行錯誤できるようにすることである。最後に、WIDE DESiGNのFrameworkをプロトタイプとして実装し、その上でアプリケーションを開発できる基盤を整えることである。