

NICT総合テストベッドのこれまでの取り組みと成果

— JGNから総合テストベッド、そして次世代の情報通信基盤へ —

青森大学 下條真司

本日の構成

- 1) JGNの時代（1999-）：研究開発ネットワークの確立
- 2) 総合テストベッドへの転換（2016-）：技術実証×社会実証
- 3) 運用と利活用を支えた体制

JGNの出発点（1999～）：目的と位置づけ

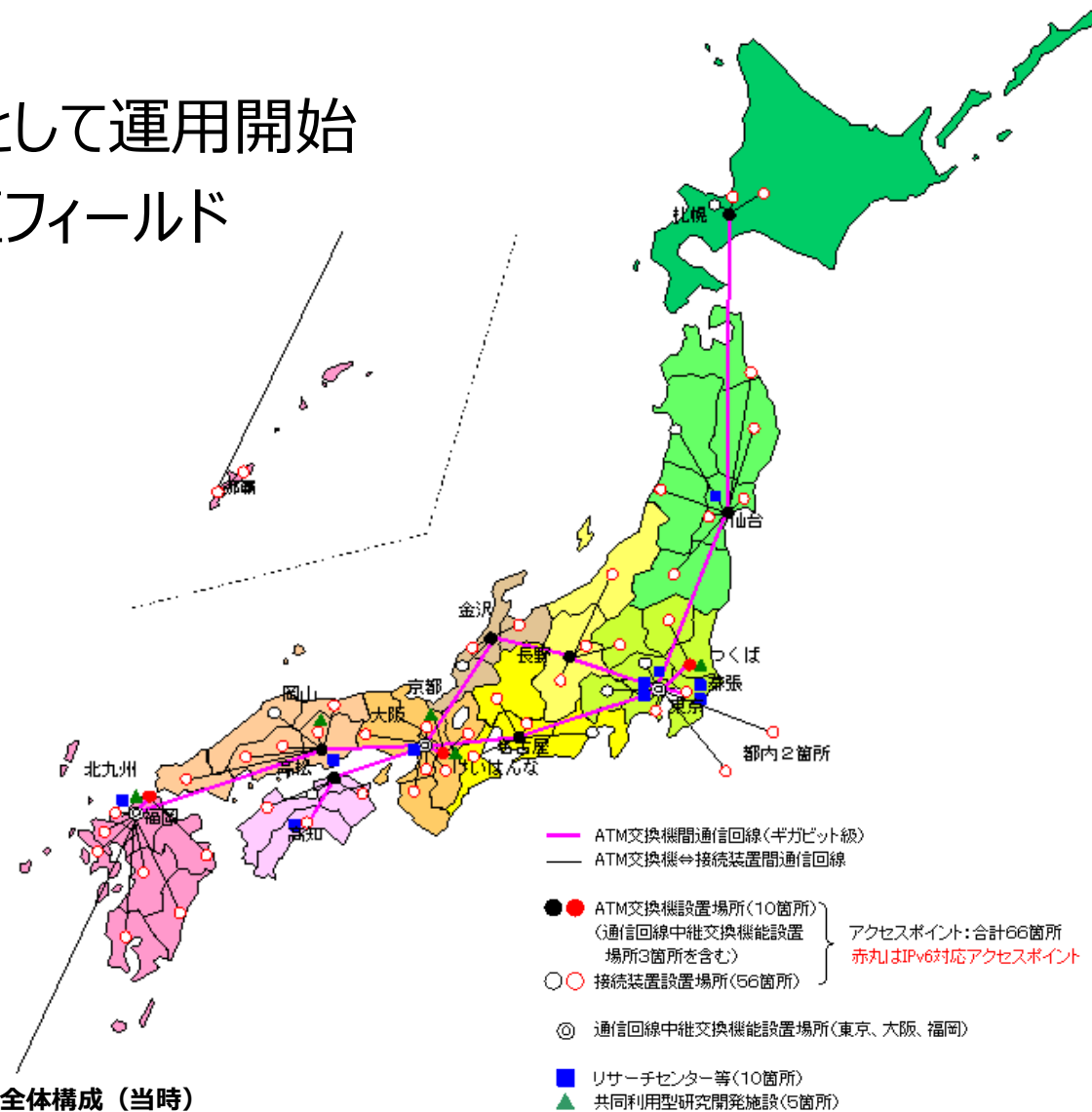
- 1999年：研究開発用の超高速ネットワークとして運用開始
- 2002年：IPv6本格運用。産学連携の実証フィールド
- 実ネットワークで試せる基盤を確立

JGNの変遷

1999年度に研究開発用ネットワークとして運用を開始したJGNは、時代ごとの技術動向を踏まえながらネットワーク機能・性能を順次拡充し、その運用を通じて、先端的なネットワーク技術の研究開発や多様なアプリケーションの実証実験等、幅広い研究活動を支援・推進しております。

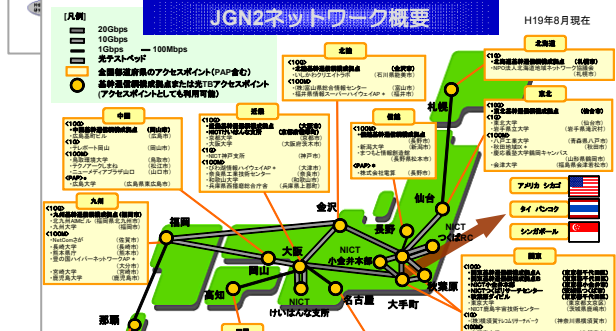
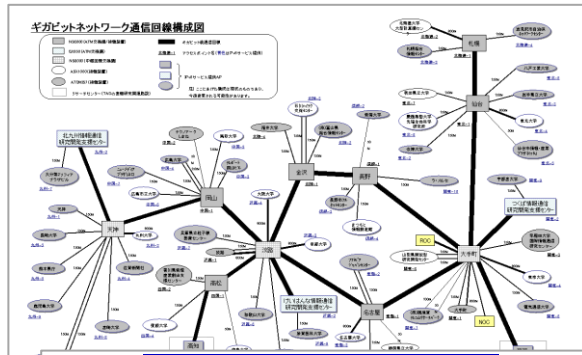


出典：<https://testbed.nict.go.jp/jgn/ja/info/about-jgn.html>



JGNのネットワーク全体構成 (当時)

出典：<https://testbed.nict.go.jp/jgn/ja/info/about-jgn.html>



JGN (H11~H16)

- 通信・放送機構において、全国規模のATM技術により**広帯域、長距離テストベッドネットワーク**を構築
- 分散リサーチセンター主導の産学官連携研究を推進



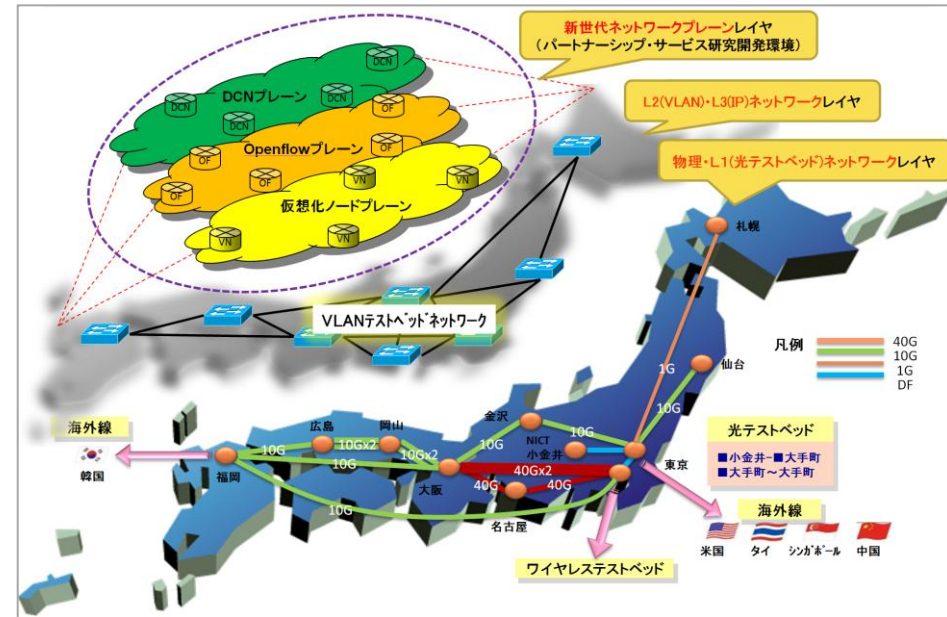
JGN2 (H16~H20)

- NICTにおいて、**全国規模の仮想イーサネット**によるテストベッドネットワークを構築
- 広帯域化(10Gbps)、光テストベッド、国際連携の取り組みを開始



JGN2plus (H20~H23)

- 新世代ネットワーク技術(仮想化技術)**の取り組みを開始
- サービスプラットフォーム機能の強化(プロビジョニング、オーバーレイ通信、仮想ストレージなど)
- リサーチセンターの廃止、大手町に研究開発拠点を集約



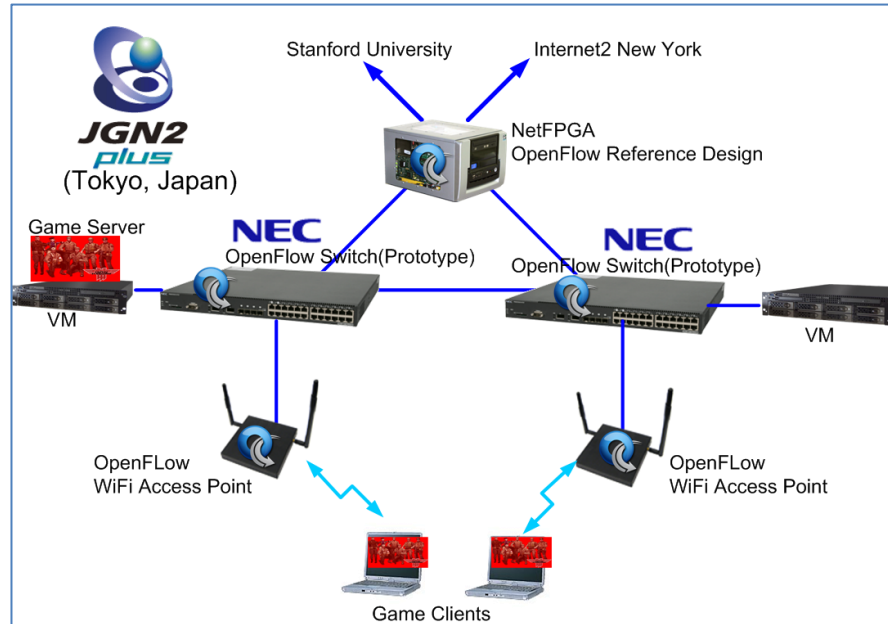
JGN-X (H23~)

- 自ら研究グループ**の立ち上げ、高度運用プロジェクトを通じた産官学連携での研究開発力の強化
- 新世代仮想化技術**(仮想化ノード、OpenFlow、DCN)のサービス展開と利活用、研究開発、国際展開の推進
- コア技術(MPLS)**ベースの基幹ネットワーク(IP仮想化サービス)の展開と仮想ネットワーク技術の融合
- StarBED³との融合**を通じて、シミュレーション、エミュレーション、広域実システム実験までシームレスに実現可能な夕無線統合テストベッドを目指す

世界に先駆けSDNを広域展開、実用化を推進

2008年にJGN2plusの米国回線を活用し 広域OpenFlow実証実験（NECと共同）

試作機器をJGN2plusで日米間相互接続、実検証



http://www.openflow.org/wiki/index.php/JGN2plus_Demo_Configuration

当時、SDN/OpenFlowはキャンパスNW程度の規模の環境への適用が想定されていた

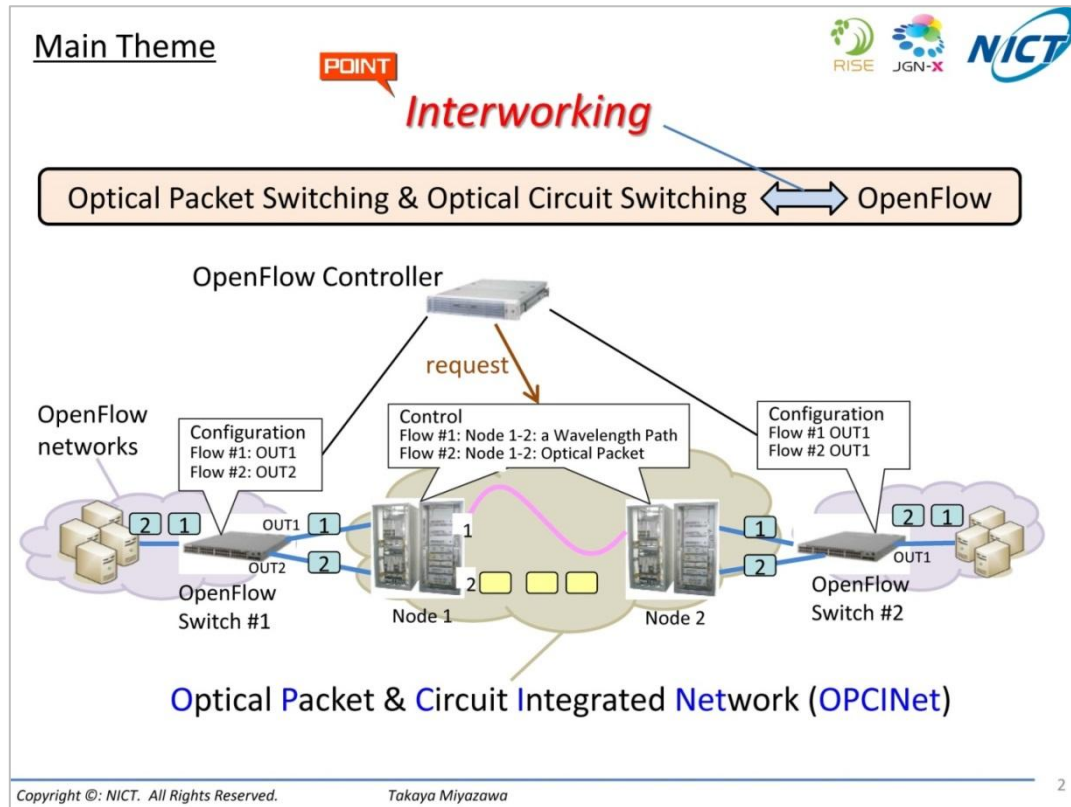
- SDN/OpenFlowの広域NWへの適用可能性に着目
- JGN上で実展開・実検証を重ね
RISEとしてテストベッド化

広域SDNの実用化へ

- NTTコミュニケーションズ：OpenFlowを活用した柔軟かつグローバルシームレスに利用できる企業向けクラウドサービスを提供開始（2012年6月報道発表）
- Google：データセンター間NWをOpenFlowで運用（2012年4月ONS2012にて発表）
- 研究開発は総務省の各種国プロ（例：O3プロジェクト）へ発展

日本発技術であるオール光NWのSDN適用 (NICT NWアーキテクチャ研と共同)

光パケット・光パス統合NWのSDN化 RISEとの制御連携技術を開発



産業界ベースの研究開発へ

光統合ノードを含めた異種相互
接続環境にて統合SDN制御を
実現予定

- コア (三菱)
- メトロ (NICT)
- アクセス (慶応大)
- コントローラ (KDDI研)

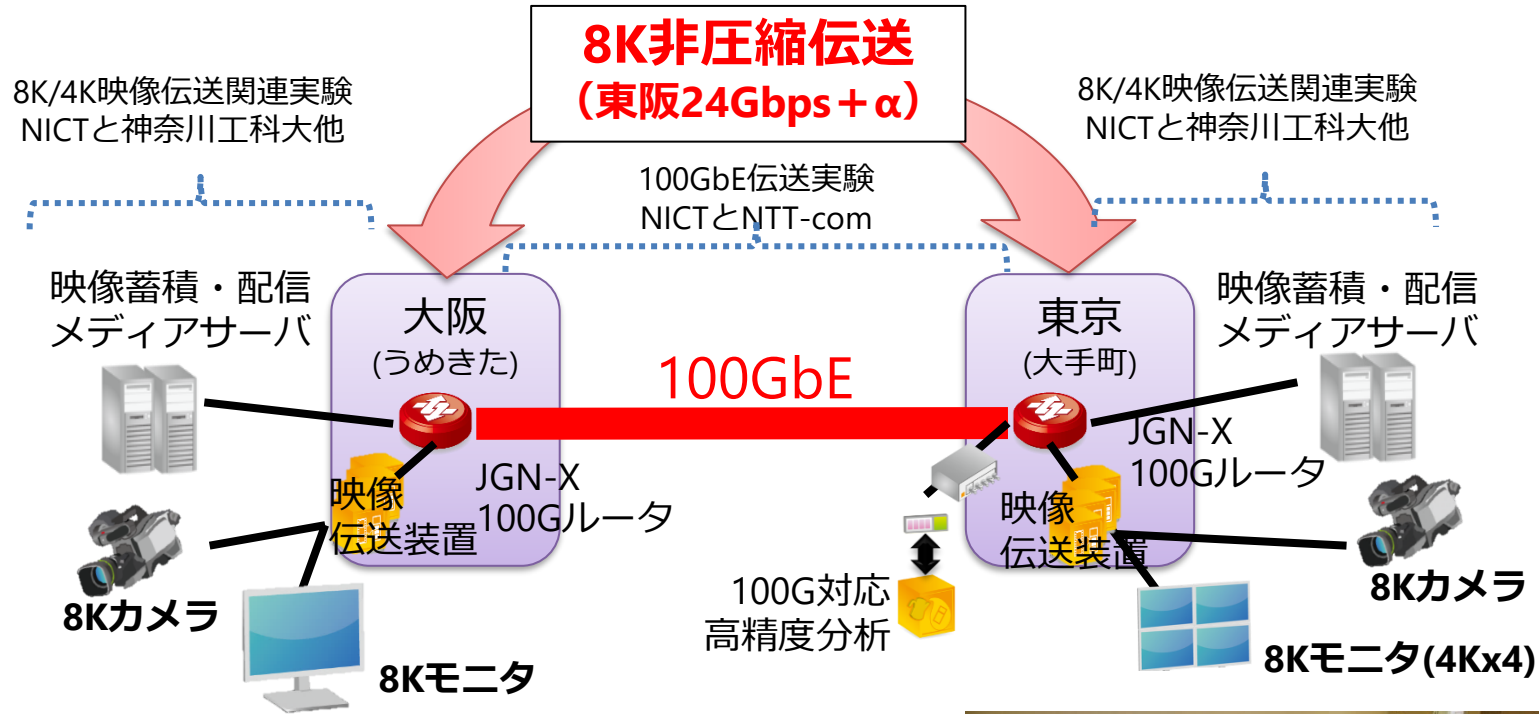
iPOP 2014にてデモを予定

将来的にはオール光NWの
SDNによる柔軟な制御手法
の確立へ

Takuya Miyazawa et al., "Experimental Demonstrations of Interworking between an Optical Packet and Circuit Integrated Network and OpenFlow-based Networks", in Proc. of Globecom Workshop on SDNOptics, 2013

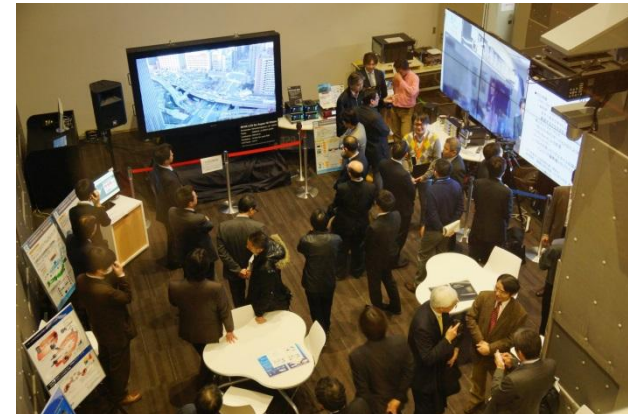
4K/8K実用化に向けた取り組み

8K非圧縮伝送：8K時代のNW化されたコンテンツ制作モデル実現へ



非圧縮8K映像を東京と大阪の間で伝送

- 8K映像の伝送帯域は24Gbps + α (誤り訂正)
 - 60p、12bit RGB、デュアルグリーン方式
- 8K映像伝送システム (神奈川工科大)
 - 100G伝送装置 (NICT/JGN-X)
 - 東阪100G回線 (NTT-com) で構築
- 2月5日に録画映像を伝送、2月7日にライブ映像を伝送 (うめきたで一般公開)



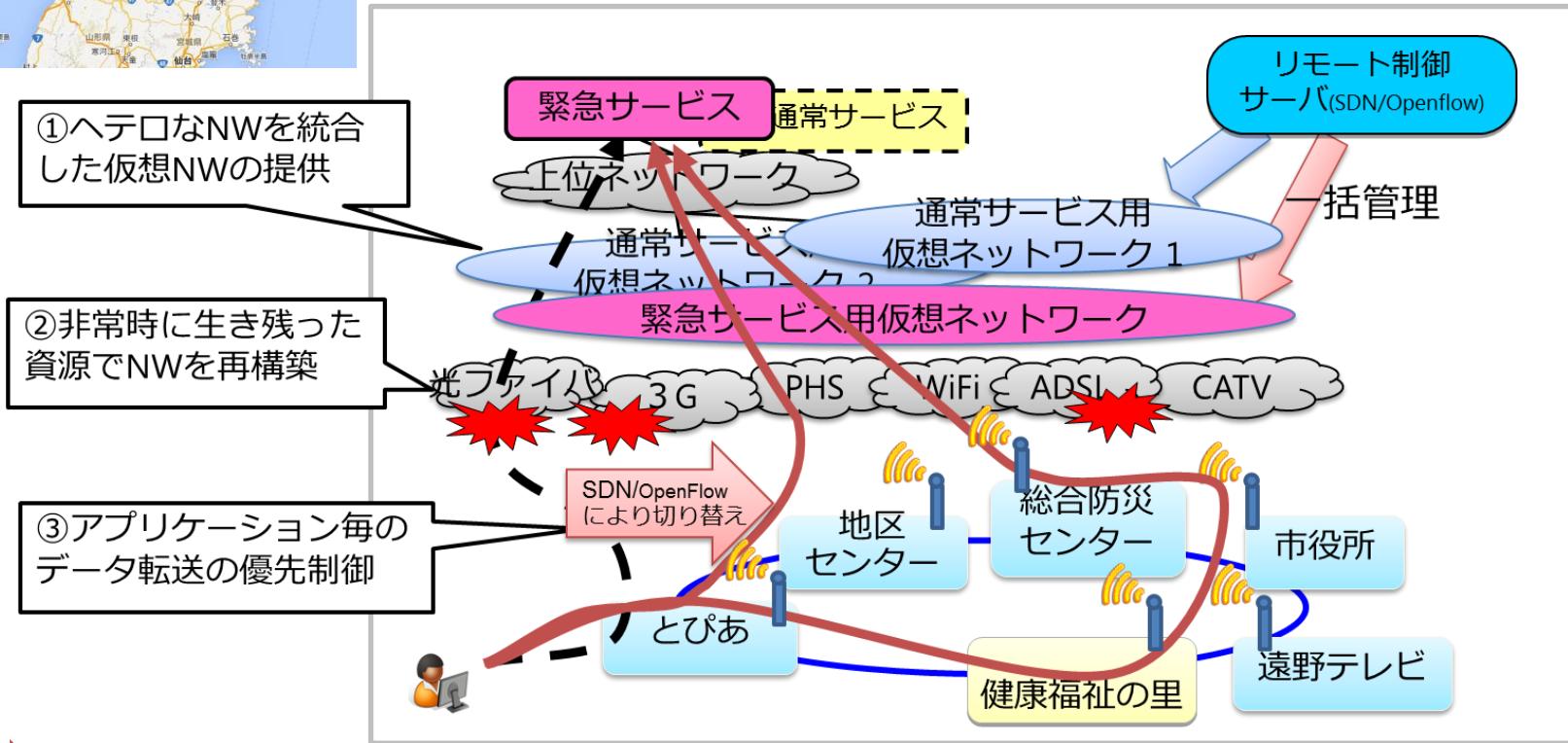
➡ **2020年 (東京オリンピック) の8K放送実用化 (エコシステム確立) へ**

最先端NW技術応用で地方自治体との連携を推進



SDNを応用した「非常時に役立つNW」

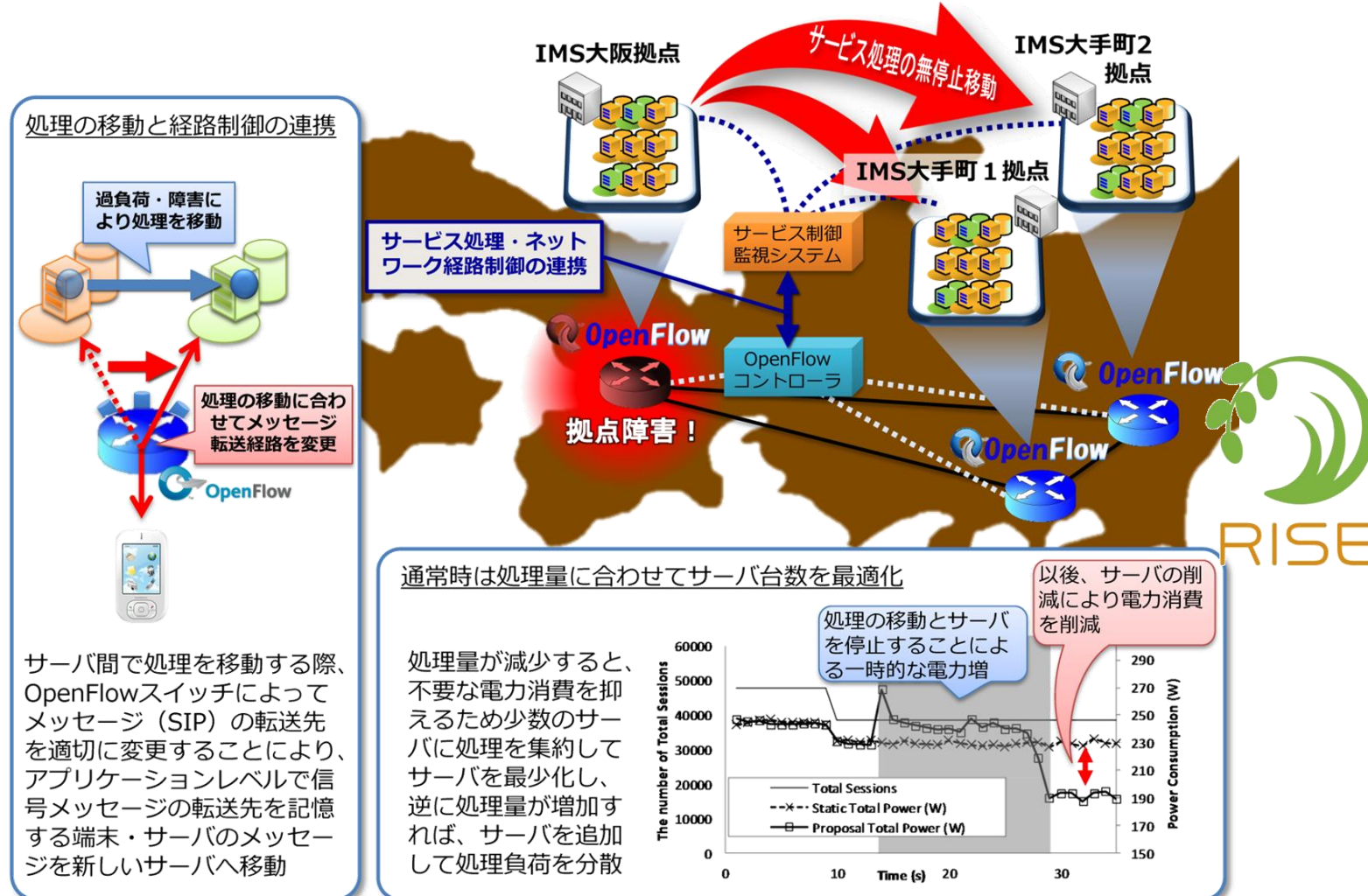
- 遠野市、日本電気、NICTの共同プロジェクト
- 複数のアクセス網を利用した回線の多重化
- リモート制御による、迅速かつ柔軟なNW構築



➡ 遠野モデル（災害時後方支援都市での耐災害ICTインフラモデル）への発展

RISEの広域実環境を生かしキャリアSDN技術の確立へ

総務省委託研究（KDDI研究所受託）の実証実験サポート



総務省委託研究 平成23年度0155-0200「広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発（高信頼クラウドサービス制御基盤技術）」

➡ **（特に）モバイルキャリアはSDN/NFVを積極的に導入を検討し、5Gアーキテクチャの実現に向けた研究開発が進行中**

地方における先進的取り組みをサポート

南海トラフ大規模災害に備えた仮想化技術による地域間連携医療情報NW

研究実施機関

研究機関名：高知工科大学、岩手県立大学、
高知医療センター（予定）

実施期間（予定含む）

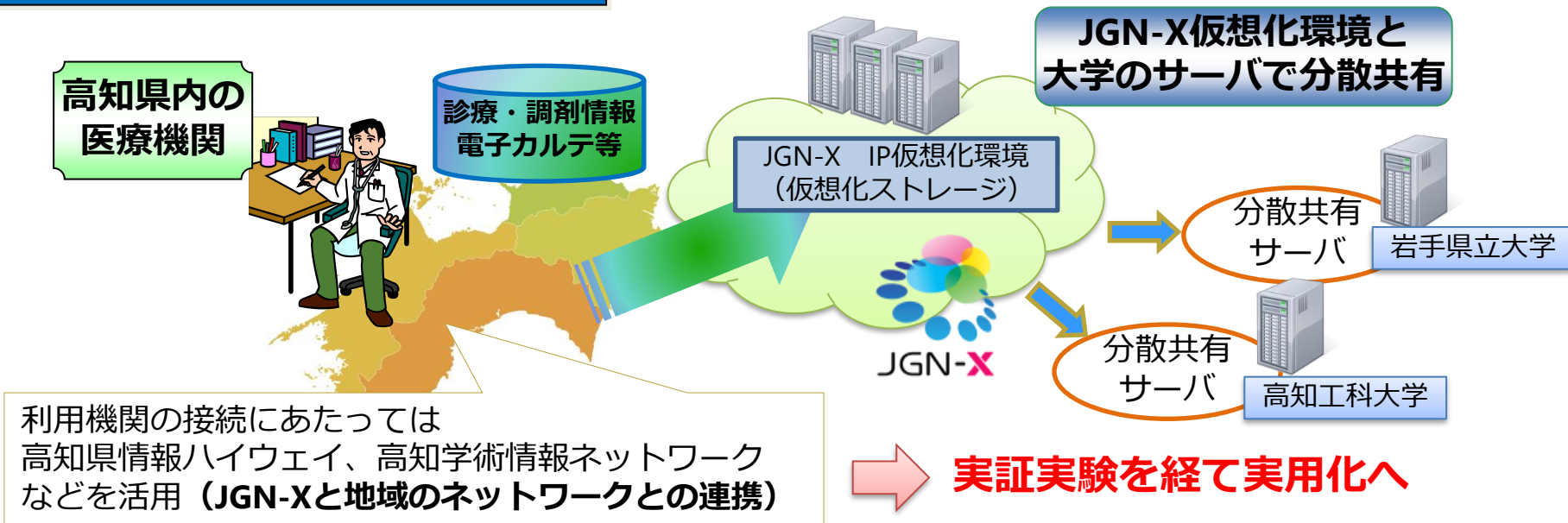
- 2012年度：IP仮想化環境の構築および評価
- 2013年度：情報分散共有の実証と評価
- 2014～2015年度：実証実験による評価

概要/成果（目標）

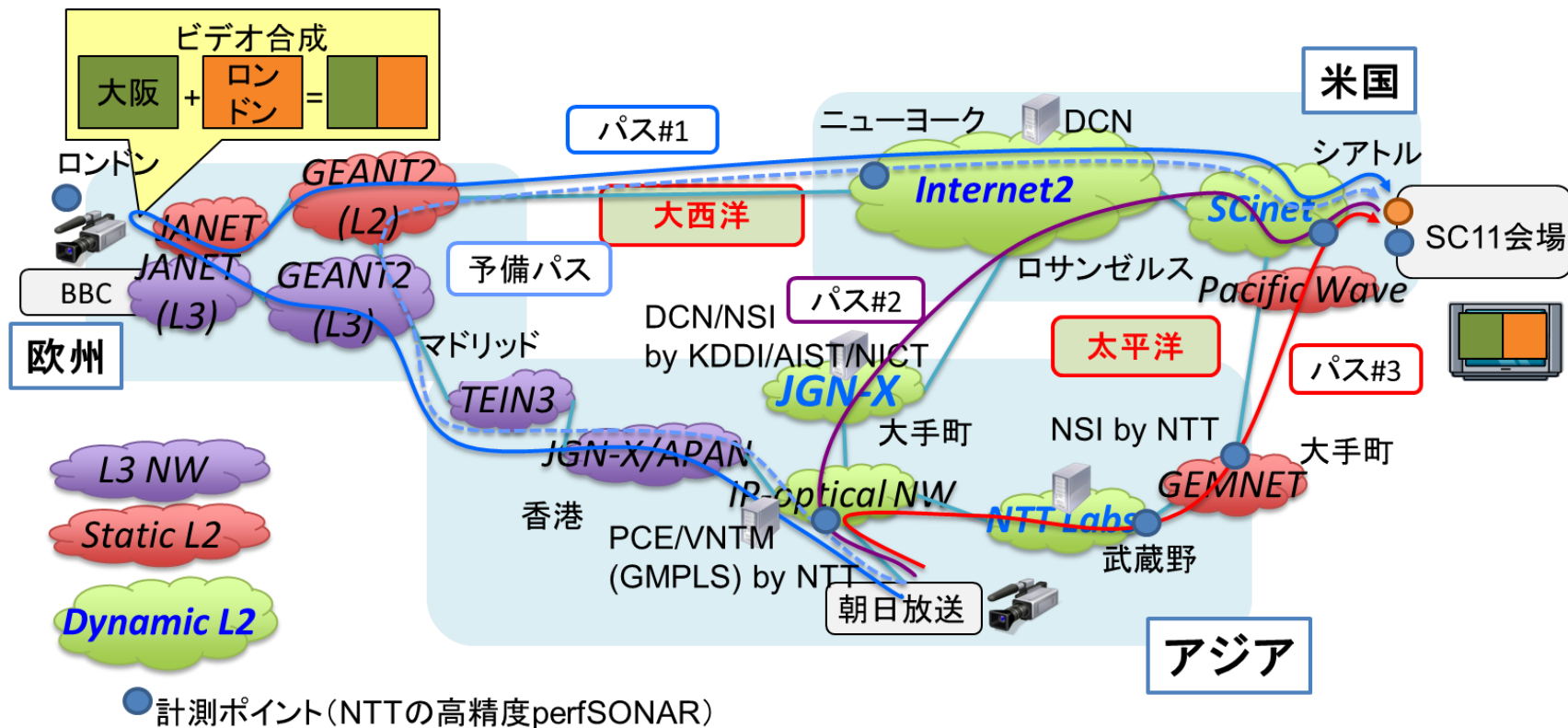
研究の概要：南海トラフで想定されている巨大地震などの広域大規模災害に備えて、平常時には医療機関からの電子カルテ、処方・調剤や患者本人からの服用履歴（おくすり情報BANK）などの医療情報を安全に広域に分散・共有し、大規模災害などが発生した非常時には衛星や無線、モバイル網も含めて動的に通信経路を再構成してアクセスできる仮想化サーバ上の医療情報の利用を可能にする。

成果・目標：おくすり情報などの必要な医療情報を被災地など制約のある環境でも確実に利用できるようにするため、**仮想化技術などを活用した地域間医療情報ネットワークシステムの研究開発**を行う。

テストベッドの活用シーン



JGNの国際接続を生かし 日本発技術のグローバル展開モデルを検証



- SC2011にて高帯域サービス向け動的制御技術をデモンストレーション
- アジア、米国、欧州のテストベッドが連携し、仮想NW環境を構築
- NTTのNSI技術、PCE/VNTM技術、高精度PerfSONAR技術、KDDI/AISTのDCN/NSI技術を連携動作 (PCE: Path Computation Engine、VNTM: Virtual Network Toplogy Manager)

➡ **放送局中継NW向けサービスのPCE技術による高度化
(NTTコミュニケーションズが検討中)**

JGNの海外連携におけるアプローチ



欧米



研究開発で競争力を向上

- テストベッドの相互接続
 - Internet2/NDDI/GENI、GEANT/FIRE、SCのデモ
- 共同研究PJとの連携
 - 日米 (NSF)
 - 日欧 (FP7)

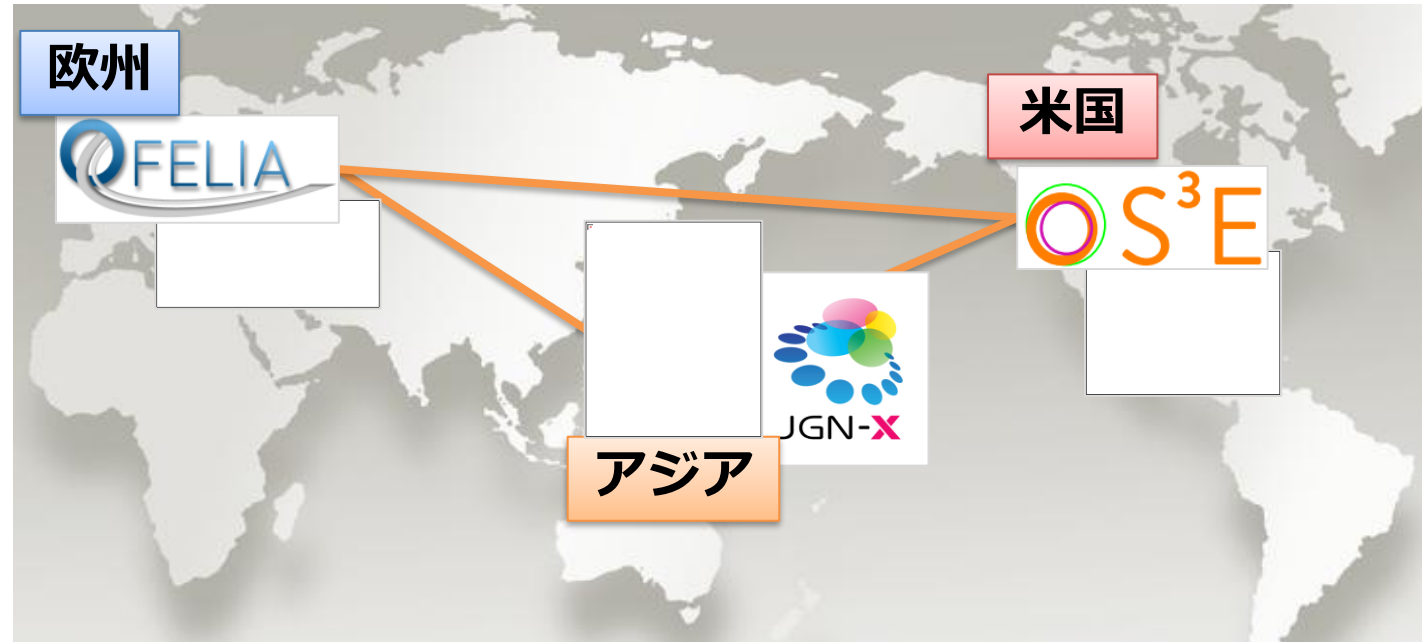


(東南) アジア

日本の先進技術を展開

- アジア回線を生かし、日本の実証実験を展開
 - 雪まつり、APANなど
- 先進インフラの管理運用での協業を通じて技術移転
 - RISEの展開 (インターン生受入れ、ハンズオン)
 - APAN/TEINとの連携 (APAN FI Testbed WG等の運営、PerfSONAR展開)

広域SDN（RISE）をグローバルに相互接続 日本のSDN研究のプレゼンスを向上



- **米国：OS³E（Internet2上のSDNによる仮想回線サービス）と相互接続**
 - RISEコントローラの機能をOS³Eコントローラに組み込み、動作を検証
- **欧州：OFELIA（GÉANT上のSDNテストベッドサービス）と相互接続**
 - RISEスライスとOFELIAスライスを相互接続し、日欧をまたぐSDN環境を実現
- **アジア（タイ、シンガポール）：RISE/JGN-Xを展開**
 - JGN-Xアジア回線を活用し、RISE（NEC製スイッチで構成）を展開、その構築・実証実験で協業、さらにはインターンを受け入れ技術移転

日本のSDN技術を東南アジアへ積極的に移転 Future Internet Workshop @Thailand (2013/12/3-4)

主催

タイNECTEC/Uninet (当センターMoU締結先)

背景と目的

- SDN/OpenFlowテストベッドRISEの拠点をタイ、シンガポールに整備
- NECTEC、UninetよりSDN/OpenFlow技術についてインターン生を受け入れ
- **タイ国内での新世代NW技術の研究開発、SDNインフラ展開を推進**

プログラム

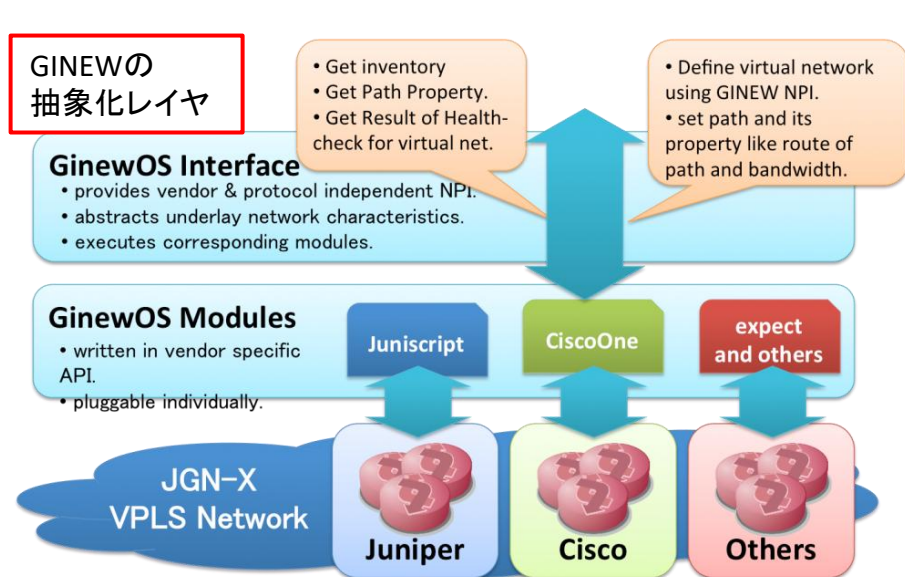
- TEIN4 Thailand Launch EventおよびFuture Internetワークショップ
 - NICTからはワークショップ内での講演、RISEの利用方法などを紹介
- **SDN/OpenFlow講習会 (当センターのインターン生によるタイ語でのNEC製ソフトウェアの講習)**



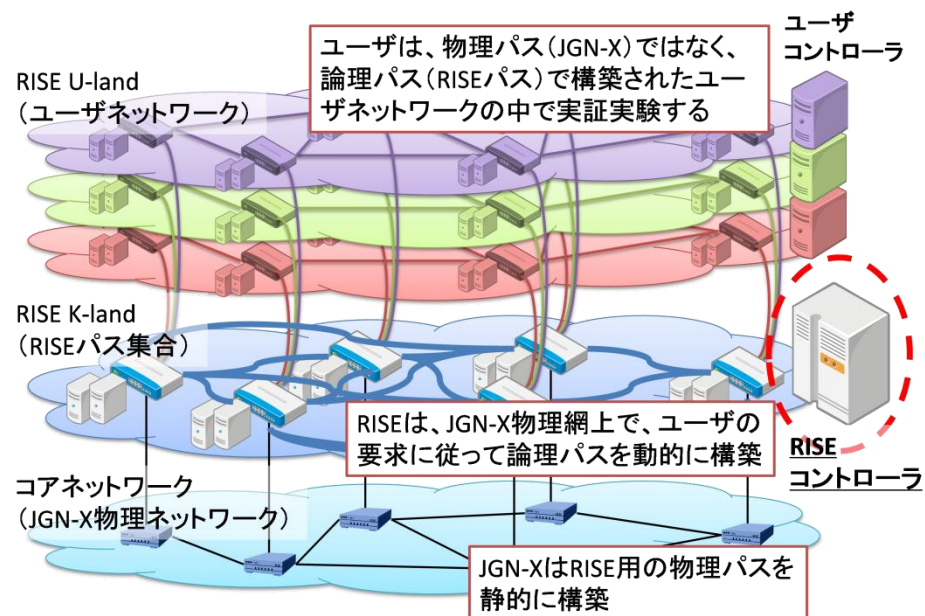
研究成果 – 平成23年4月からの進捗（中期計画）

＜実施結果＞（SDN高度化技術）

- IP仮想化サービスの統合インタフェースの実現: 下位インフラにおける高度なノウハウを要するVPLSインフラの管理運用を容易化するため、機器間の管理運用IFの差異を吸収し、抽象ネットワークモデルを提供する統合インタフェース（GINEW）を開発
- OpenFlow/SDNテストベッドRISEの動的環境構築の柔軟化、高速化を実現: RISEでJGN-X物理インフラの制約にとらわれず、自由なネットワーク構築をSDNにより実現、RISE 3.0としてサービス開始（予定）

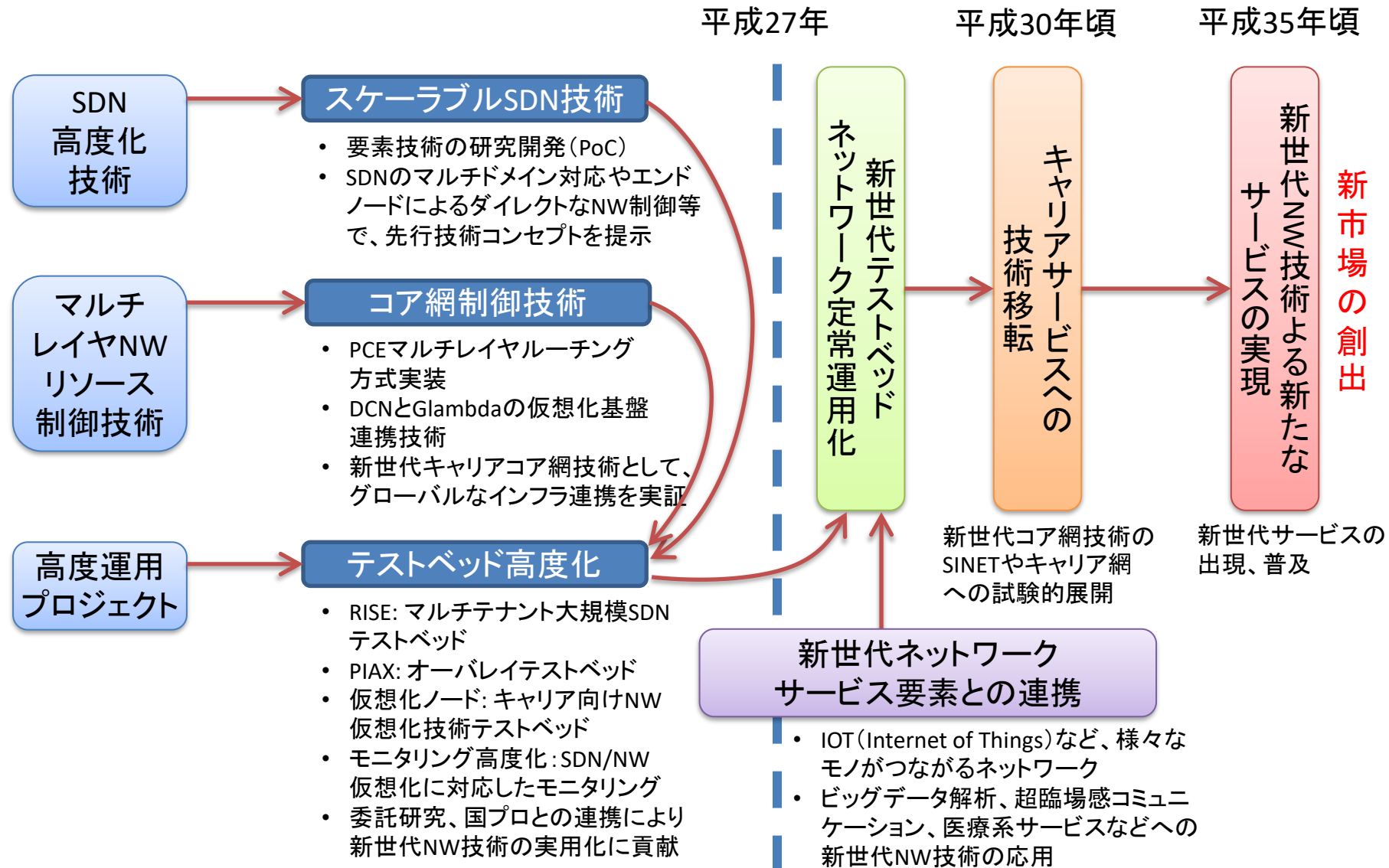


GINEWの機能コンセプト: IP仮想化サービスの中核技術であるVPLSの機器ベンダーごとに異なる操作系IFを抽象化、統合化し、上位の抽象ネットワークモデルを提供することで、管理運用を容易にし、JGN-XのNOCに動的仮想L2ネットワーク構築技術として導入（予定）



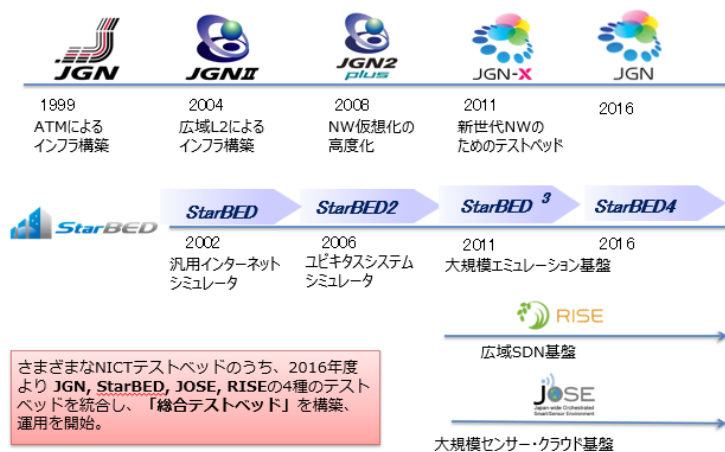
RISE3.0のアーキテクチャ: ユーザが求めるOpenFlowネットワークを物理制約を超えて自由に構築する機能をRISEコントローラとして実装、SDNテストベッドの柔軟な構築を従来の下位ネットワークのトンネルで実現するのではなく、SDNをテストベッドに適用することで実現

研究開発の成果による社会に対する便益の目標（アウトカム目標）

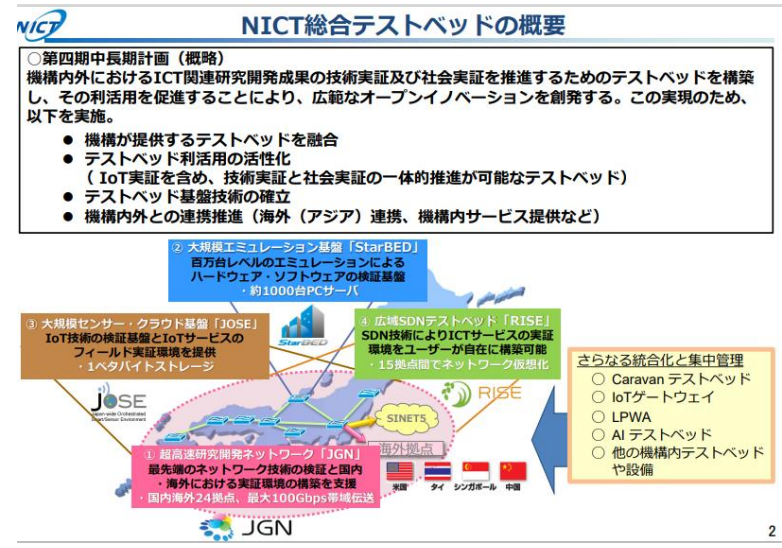


総合テストベッドへの必然（2016～）

- 社会実装にはネットワークだけでなくIoT・クラウド・データ等が必要
- 第4期中長期：JGN（超高速研究開発ネットワーク）、StarBED（大規模エミュレーション基盤）、「JOSE（大規模センサー・クラウド基盤）、RISE（広域SDNテストベッド）を統合し、IoT実証を含め、技術実証と社会実証の一体的推進が可能なテストベッド「総合テストベッド」として構築
- IoTゲートウェイ／キャラバン／LPWA等を追加し現場志向を強化



さまざまなNICTテストベッドのうち、2016年度よりJGN、StarBED、JOSE、RISEの4種のテストベッドを統合し、「総合テストベッド」を構築、運用を開始。



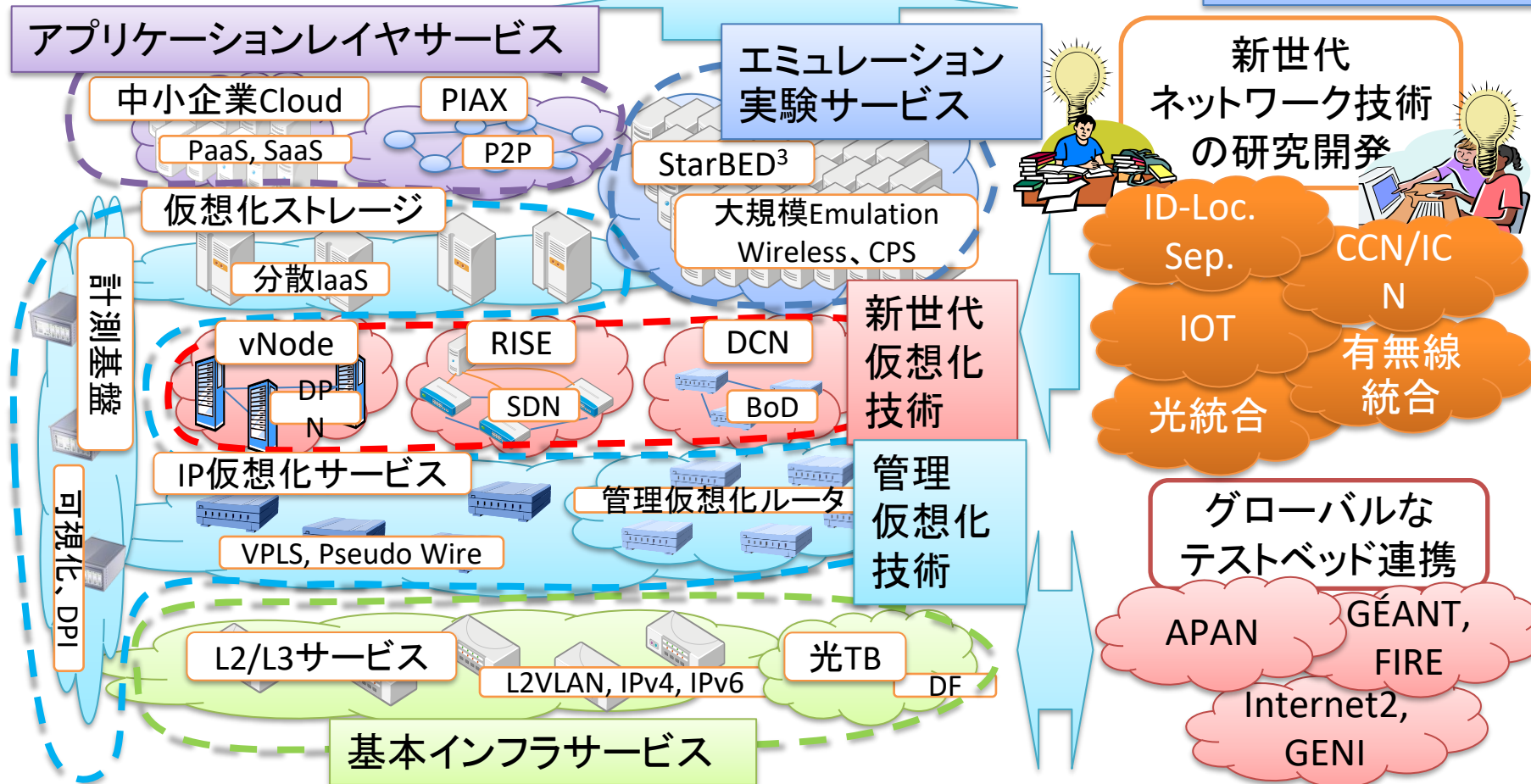
新世代NW技術をJGN-X上に展開、統合管理運用技術を実現し、新世代NW技術の研究開発環境の高度化を図る



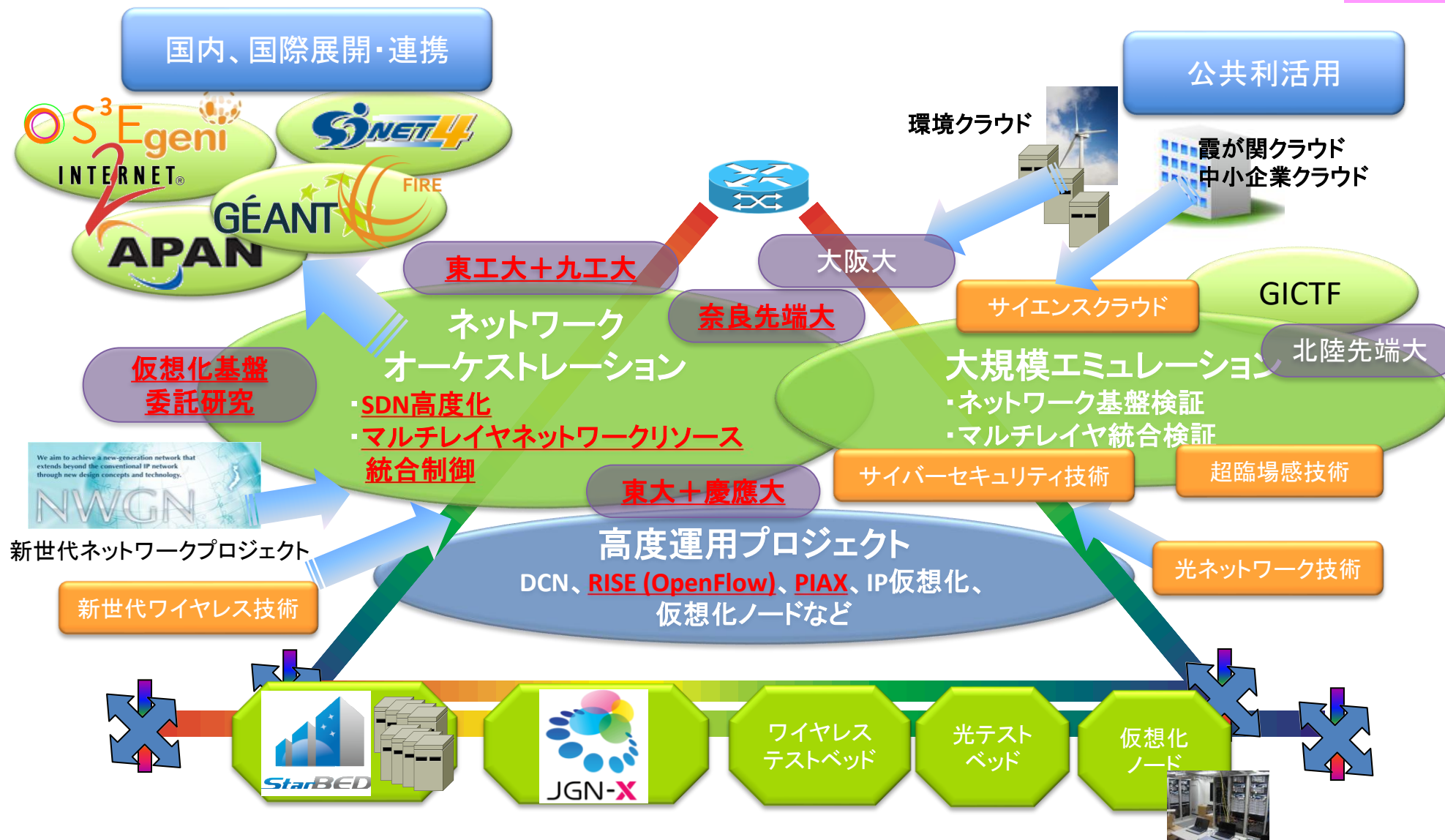
新世代ネットワークサービスの実現

NWオーケストレーション

各技術が閉鎖系を作るのではなく、APIを通じて連携する開放系をテストベッド上に構築する



再掲



JGN-Xは役に立ったか？ by Gemini

JGN-X（2011年～2015年度）におけるSDN（Software Defined Networking）の取り組みは、現在のクラウド基盤や5G、さらにはOpenFlow以降のネットワークプログラマビリティの発展において、極めて重要な役割を果たしました。

単なる「流行り」で終わらず、現代のインフラにどのように血肉となっているのか、いくつかの側面で整理します。

1. 世界最大級の「OpenFlow広域テストベッド」としての実績

JGN-Xの最大の手柄は、理論上の概念だったOpenFlowを、日本全国および国際間（JGN-Xの海外拠点）で**「実際にパケットを流せる巨大な実験場（RISE）」**として構築したことです。

相互運用性の検証: 多くのベンダー製品を混在させ、SDNがマルチベンダー環境で動作することを証明しました。

実運用ノウハウの蓄積: ソフトウェア制御による経路切り替えの遅延や、コントローラの負荷など、シミュレーションでは見えない「現場の課題」を洗い出しました。

2. 現在のクラウド・データセンター技術への継承

JGN-Xで培われたSDNの知見は、GoogleやAWSといったハイパースケーラーの内部ネットワークや、一般企業向けの**SD-WAN（Software-Defined WAN）**に直結しています。

オーバーレイ技術の普及: OpenFlowそのものは下火になりましたが、「物理インフラを意識せずに論理的なネットワークを動的に作る」という考え方は、現在のVXLANやEVPNといった技術の標準化に大きな影響を与えました。

3. 5Gおよびネットワークスライシングの基盤

現在の5Gネットワークの根幹を支える**「ネットワークスライシング」**（用途に応じてネットワークを仮想的に切り分ける技術）は、JGN-Xで行われていた仮想化技術とSDN制御の延長線上にあります。

JGN-Xで試行錯誤された「リソースの動的な割り当て」や「分離（Isolation）」の技術がなければ、現在の5Gの柔軟な運用は実現していなかったと言えます。

4. 国内の技術コミュニティと人材の育成

これが最も大きな功績かもしれません。JGN-Xを通じてSDNに触れた学生や若手研究者が、現在、通信キャリアやITベンダーのアーキテクトとして第一線で活躍しています。ネットワークを「設定するもの（CLI）」から「プログラムするもの（API）」へとマインドセットを変えた人材を輩出したことは、日本のネットワーク業界にとって計り知れない資産となりました。

結論：JGN-Xは「踏み台」として成功した

JGN-XのSDNプロジェクトは、「ネットワークの民主化（ソフトウェア化）」を加速させるための強力なカタパルトでした。現在の「Intent-Based Networking」や「AIによる自律型ネットワーク」も、JGN-X時代に「ネットワークをどう記述し、どう制御すべきか」を議論し尽くした土台の上に成り立っています。