

# 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）

担当課室名：総合通信基盤局 電気通信技術システム課

実施研究機関：日本電信電話株式会社、東京大学生産技術研究所、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、日本電気株式会社、株式会社KDDI総合研究所、東京大学情報学環、株式会社日立製作所  
研究開発期間：H22年度～H24年度 研究開発費：H22年 5.7億円、H23年 8.9億円、H23年度補正 13.4億円、計28.0億円

## 1. 研究開発概要

### 目的

「クラウドサービス」は企業のICT設備投資の負担軽減や情報処理の集約等による環境負荷低減効果が期待される場所であるが、その利用範囲の拡大に向けては、信頼性の向上（安定・確実なサービス稼働の維持）とともに、ネットワーク利用の拡大等に伴う通信トラフィックの急増への対応（消費電力の増大抑制）が重要である。

これらの課題に対応するため、本研究開発では、ネットワーク全体の省電力化を図りつつ、高信頼で高品質なクラウドサービスを実現するネットワーク制御技術を確立する。

### 研究開発目標

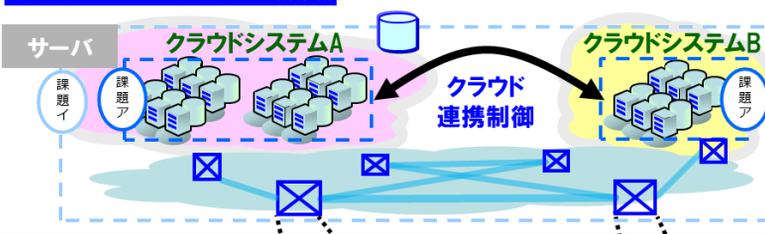
クラウドサービスの信頼性向上（安定・確実なサービス稼働の維持）と、ネットワーク利用の拡大（通信トラフィックの急増）に伴う消費電力の増大抑制を実現する高度なネットワーク制御技術である、「高信頼・省電力ネットワーク制御技術」の確立を目指し、当該技術の要素技術のひとつとして、クラウドサービスでの過剰負荷や障害発生時に、多種多様なサービスや利用者の要求に応じながら、複数のクラウドネットワークを柔軟かつ最適に連携させることにより、信頼性の高いサービス基盤を実現するための「高信頼クラウドサービス制御基盤技術」の研究開発を実施する。

### 政策的位置付け

IT戦略本部が取りまとめた「デジタル新時代に向けた新たな戦略～三か年緊急プラン～」（平成21年4月9日：IT戦略本部決定）において、「我が国が強みを持つデジタル技術関連の革新的な技術の研究開発を加速化し、デジタル技術を活用した新産業のシーズを創出することにより、我が国の国際競争力の強化を図る。

### 研究課題の概要

#### 課題(1) クラウドシステム基盤連携技術



#### 課題(1) ア・イの到達目標

仮想サーバ1000台規模の環境において、複数クラウドシステムにまたがった30分程度のディザスタリカバリ、および10分程度のスケールアウトを実現

#### 課題(1) -ア

##### クラウドリソース要件解析技術

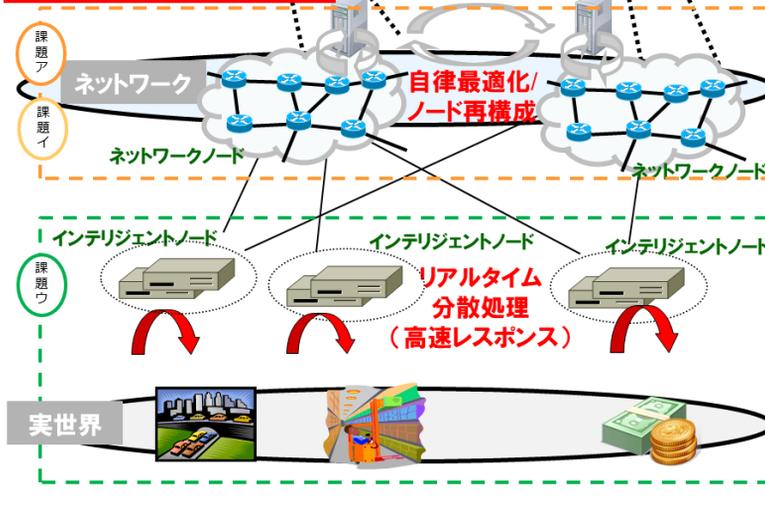
クラウドの状態を迅速に把握してサービス毎の影響度を解析し、ディザスタリカバリや負荷分散といった、復旧に必要なリソースの種類や量を即座に決定する技術の確立

#### 課題(1) -イ

##### クラウド間リソース融通技術

クラウド間で利用可能なリソースを相互に発見可能とする手段、クラウド間で必要なリソースを確保する手段、確保したリソースを用いてサービスを提供するための設定と機能の配備手段に係る技術の確立

#### 課題(2) クラウドネットワーク基盤技術



#### 課題(2) -ア・イの到達目標

1,000万セッション程度を扱うネットワークにおいて、ネットワーク状況を監視等し、自律的な最適経路制御（100ミリ秒程度）やネットワークノードの動的構成変更（10秒程度）を実現

#### 課題(2) -ア

##### ネットワーク自律最適制御技術

機器のトラフィック状況や経路確保状況等を取集・監視し、情報を集約するとともに、クラウドの提供に必要な帯域・品質等を確保するため、クラウドサービス単位で自律的に最適な経路制御等を行う技術の確立

#### 課題(2) -イ

##### ネットワークノード再構成技術

クラウド間の接続構成やポリシーの変更に伴い、セキュリティ・負荷分散・課金・認証・効率的アクセス収容等の機能や性能を動的に変更し、ネットワーク制御装置群における機能を再構成する技術の確立

#### 課題(2) -ウの到達目標

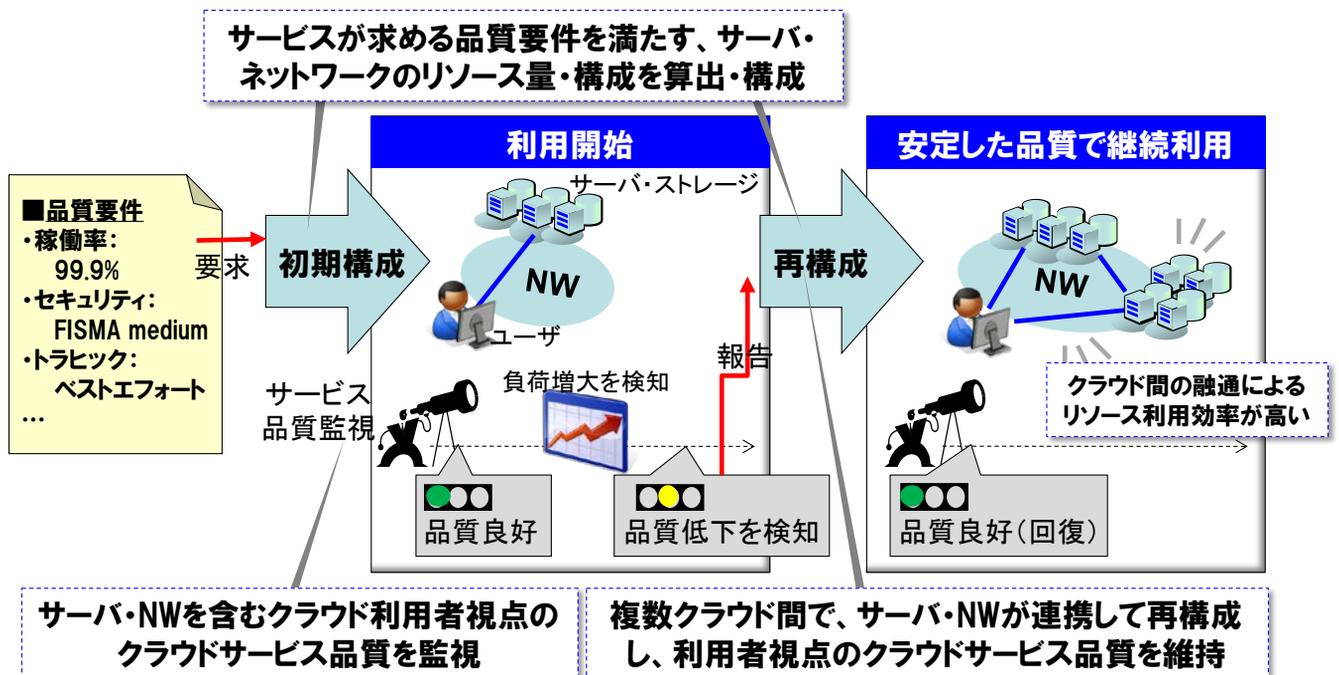
100万程度のセンサが配置されているネットワークにおいて、センサ情報を遅延時間10ミリ秒程度で解析し、障害発生時には数十ミリ秒程度のバックアップへの切り替え等を実現

#### 課題(2) -ウ リアルタイム分散処理技術

ネットワーク上に情報処理機能を分散配置して、情報発生源近傍のネットワーク上でのリアルタイム分散情報処理を行い、ネットワーク伝達経路を短縮すること等により、応答性の劣化等を大幅に低減する技術の確立

## 2. 研究開発成果概要

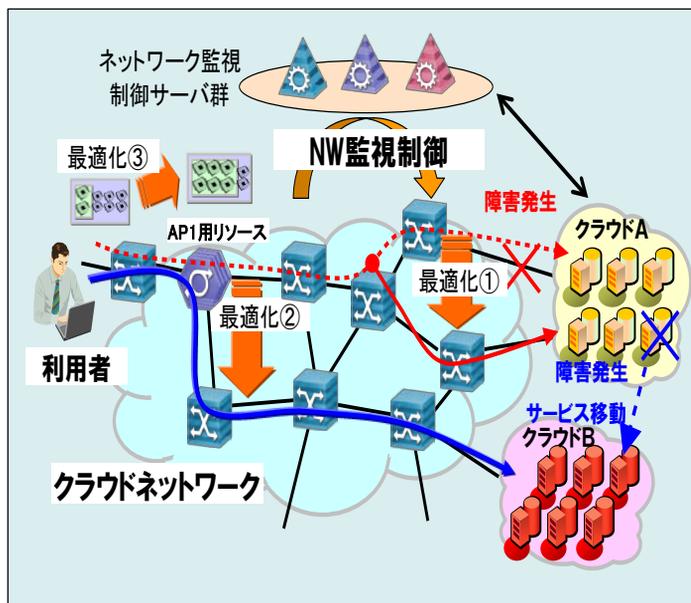
研究課題	到達目標	成果
課題(1) クラウドシステム基盤連携技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 障害や災害等によりクラウドシステムが停止した際、他のクラウドシステムに移行してサービスを引き継ぐ(ディザスタリカバリ)技術の確立</li> <li>✓ 負荷変動時に複数クラウドシステム間で動的にリソース融通を行い処理規模を拡大する(スケールアウト)技術の確立</li> </ul>	仮想サーバ1000台規模の環境で、30分程度のディザスタリカバリ、および10分程度のスケールアウトを実現
課題ア クラウドリソース要件解析技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ クラウドシステムの状態を迅速に把握してサービス毎の影響度を解析する技術の確立</li> <li>✓ 解析結果から各サービスの復旧に必要なクラウドリソースの種類や量を即座に決定する技術の確立</li> </ul>	自動的に必要な項目を設定した計測を行うシステム、処理量とサービスレベルの条件から要求性能の実現に適切な資源構成を推定するシステムを実現
課題イ クラウド間リソース融通技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ クラウドシステム間で利用可能なリソースを相互に発見可能とする技術の確立</li> <li>✓ クラウドシステム間で必要なリソースを必要に応じて確保する技術の確立</li> <li>✓ 確保したリソースを用いてサービスを提供可能な状態とするための環境設定とサービス機能の配備技術の確立</li> </ul>	<p>ユーザ要求に応じた品質を提供する階層型インタークラウドシステムの連携および複数クラウド連携I/Fの国際標準化を実現</p> <p>総延長3,000kmの全国規模テストベッドにおいて、IPv6ベースのインタークラウド上で、仮想サーバ・オートスケールを実現</p> <p>エンドエンドを接続する仮想NWを、要求に応じてオンデマンドに制御するAPIを実現</p>



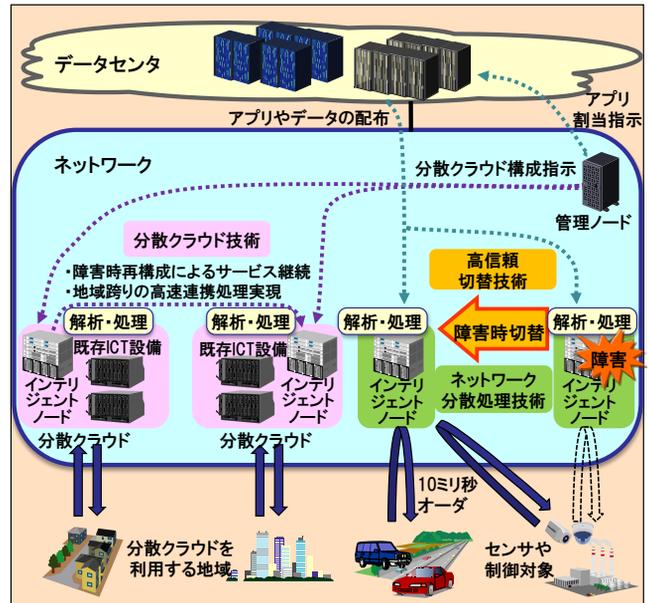
課題(1)の概要

## 2. 研究開発成果概要

研究課題	到達目標	成果
課題(2) クラウドネットワーク基盤技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ クラウドシステム上で展開される個々のクラウドサービスに対して、サービスごとに求められるネットワーク諸条件に応じて、ネットワーク機器及びネットワークノードを制御し、高信頼性で柔軟性の高いクラウドネットワークをリアルタイムかつ自律的に行うための技術の確立</li> </ul>	<p>1,000万セッション程度を扱うネットワークにおいて、ネットワーク状況を監視等し、100ミリ秒程度の自律的な最適経路制御や10秒程度でのネットワークノードの動的構成変更を実現</p> <p>100万程度のセンサが配置されているネットワークにおいて、センサ情報を遅延時間10ミリ秒程度で解析し、障害発生時には数10ミリ秒程度でのバックアップへの切替等を実現</p>
課題ア ネットワーク自律最適制御技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ クラウドサービスの提供に必要な通信帯域・品質等が確保できない場合、クラウドサービス単位で、自律的に最適な経路制御等を行う技術の確立</li> </ul>	<p>経路数100万を想定したクラウドネットワークでの障害に対して、多重障害を考慮した経路制御を100ミリ秒程度で実現</p>
課題イ ネットワークノード再構成技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 効率的なアクセス制御やアクセス堅牢性確保のため、クラウド間の接続構成やポリシー変更に伴い、ネットワークの機能や性能を動的に変更し、ネットワークノードにおける機能を再構築する技術の確立</li> </ul>	<p>サーバ75台の大規模環境において、サービス品質劣化検出時に、再配置最適化計算を含む27,000アクティブセッション(※)の構成変更を10秒以内で実現</p> <p>※1,000万セッションの災害ピーク時の呼量を5拠点で処理する場合の1拠点の呼量</p>
課題ウ リアルタイム分散処理技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 大量のセンサ情報がクラウドシステムに集中した場合においても、ネットワーク上に情報処理機能を分散配置して、情報発生源近傍でのリアルタイム分散処理を行い、ネットワーク伝達経路を短縮すること等により、応答性の劣化等を大幅に低減する技術の確立</li> </ul>	<p>100万程度のセンサが配置されるネットワークにおいて、センサ情報の解析・処理を10ミリ秒程度、障害発生時に数10ミリ秒程度でのバックアップへの切替を実現</p> <p>1,000台規模のインテリジェントノードと既存ICTシステムによるローカル処理を実現</p>



課題(2) ア、イの概要



課題(2) ウの概要

### 3. 成果から生み出された経済的・社会的な効果

#### <成果の社会展開に向けた取組状況>

① 終了評価時の成果展開方針	
標準化の推進	「クラウドシステム基盤連携技術」の研究開発成果を基に、インタークラウドのフレームワークならびに詳細仕様について、ITU-T SG13へ寄書提案活動を継続する。これにより、クラウド関連サービスへの本技術普及の土台作りを推進する。インタークラウド勧告案について、平成25年11月の勧告化合意を目指す。
事業化の推進	受託機関において、本研究開発で確立した要素技術を活用することで、新たなクラウドソリューションや製品化の検討を行い、新規ビジネス機会の創出を目指す。

② ベンチマーク (数値目標)			
項目	目標	実績	
特許取得	6	35	
事業化	クラウド事業への適用	3	7
	製品化・商用化	5	5
情報発信・技術普及	8	73	

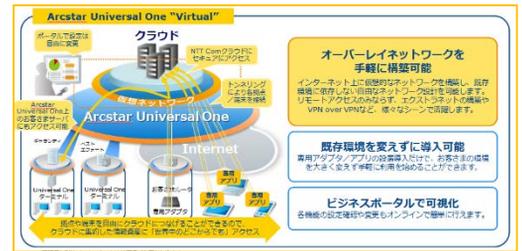
#### <新たな市場の形成、売上げの発生、国民生活水準の向上>

##### 【課題(1)クラウドシステム基盤連携技術】

- ✓ 平成24年度よりクラウド構築ソリューション「フルオープン仮想化基盤構築ソリューション」として事業化・商用化(クラウド事業者への適用7件)。…… NTTデータ
  - 導入企業において、複数部署のクラウド統合管理等によるリソースの効率化、コスト低減、信頼性向上につながるとともに、**プライベートクラウド市場の開拓・拡大に大きく貢献**。

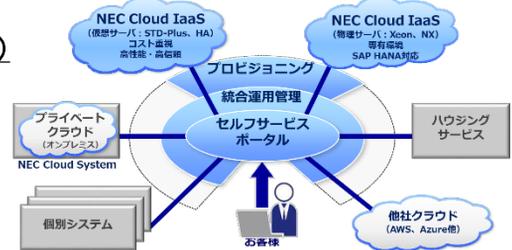


- ✓ 平成26年度より仮想ネットワークサービス「Arcstar Universal One Virtual」として商用化(多店舗ユーザや社内インフラへの接続等をニーズとした複数企業に導入済)。…… NTTコミュニケーションズ
  - クラウド利用時の迅速かつセキュアなネットワーク構築(アジア、北米、欧州地域でも接続可能)につながるとともに、**仮想ネットワーク市場の開拓・拡大に大きく貢献**。



##### 【課題(2)クラウドネットワーク基盤技術】

- ✓ 平成26年度よりクラウド基盤サービス「NEC Cloud IaaS」として商用化
- ✓ 平成27年度より通信事業者向け仮想化IMS (IP Multimedia Subsystem) ソリューションとして商用化(大手通信事業者から10件の商用案件を獲得)。…… NEC
  - キャリア向けSDNソリューションを拡充するとともに、H32年度には1.5兆円と予想されるNFV市場への拡大を予定。
- ✓ クラウドで収集するデータパケットにそのペイロードの種別などの情報を明示的に示すタグを付加し、ネットワーク内でそのタグ情報に基づき経路選択や優先制御が可能なネットワーク装置展開により、**クラウドのデータ収集機能の品質向上に貢献**。…… 東京大学情報学環
- ✓ クラウドと利用者間やクラウド間の**長距離TCP通信を高速化する「WANアクセラレータ」を製品化**(平成30年度までに、5モデルを発表、国内4件・海外10件(計14件)導入)。…… 日立製作所
  - グローバルな製造企業や研究機関を中心に、日々更新される大容量データをより短時間で転送することが可能となり、**大陸間を含む複数拠点を跨いだ業務生産性の向上に大きく貢献**。





ハイエンドモデル



リモートバックアップモデル  
(1Gbpsタイプ、150Mbpsタイプ)



オフィスモデル



ソフトウェアモデル

日・英・米・独・中・印・インドネシア・タイ・マレーシアの研究機関、企業等へ導入

#### <知財や国際標準獲得等の推進>

- GICTF (Global Inter-Cloud Technology Forum) と連携し、デジュール標準として「ITU-T Study Group 13 (SG13)」において、**インタークラウドの上位概念 Y.3501 (2013/05)**、ならびに**仕様フレームワーク Y.3511 (2014/03) の勧告化を達成**。… NTT
- サービス継続と仮想NW技術との融合を目指し、デファクト標準として「ETSI NFV」において**NFVシステムの信頼性・可用性向上要件 NFV-REL 001 (2015/01)**、ならびに**NFVシステムの信頼性指標 NFV-REL 003 (2016/04) の勧告化を達成**。… KDDI総合研究所
- トラフィック種別に応じてトラフィック制御を行う「情報伝送システム、情報通信装置、情報伝送装置、及びプログラム」や「情報処理装置に障害が発生した際の系切替方法」、「情報処理装置の通信遅延要件等に基づく選択方法」をはじめとする特許を多数取得(**国内26件、海外9件の計35件**)。

## 4. 成果から生み出された科学的・技術的な効果

### 【課題(1)クラウドシステム基盤連携技術】

- 物理サーバと仮想サーバを統一的環境でモニタリングするシステムは、クラウドで実行される**大量で多量のアプリケーション性能測定へ発展した。**

### 【課題(2)クラウドネットワーク基盤技術】

- SDN製品Programmable Flowとクラウド基盤Open Stackを連携させるソフトウェアを開発し、**コンピュータとネットワークが融合したデータセンサ基盤を実現した。**
- トラフィック経路制御技術は、5Gで使用されるトラフィック種別に応じてトラフィック制御する**ネットワーク・スライシングで有効な技術として適用を推進している。**
- リアルタイム分散処理技術は、**エッジコンピューティングを支えるためのデータ収集基盤技術や高信頼化技術等の新たな基盤技術の確立に繋がった。**

## 5. 副次的な波及効果

### 【課題(1)クラウドシステム基盤連携技術】

- 開発技術をGICTFに適宜インプットするとともに、ITUやDistributed Management Task Force(DMTF)を始めとする国内外関連団体への標準提案、リエゾン、機能追加等を推進することで、**クラウド産業全体を活性化・底上げした。**
- 本技術の一部をOpenStackへ提供することで、**クラウド技術の利用範囲が一般企業へ飛躍的に拡大**、研究成果を利用した事業展開が認められ、**OpenStack SuperUser AwardをNTTグループが日本企業として初受賞した。**

### 【課題(2)クラウドネットワーク基盤技術】

- OpenStackにおけるOSS活動を推進する中で、コミュニティにおいて**世界的に認知される技術者を育成した。**
- 通信プロトコルの高度化や高信頼化、運用管理に関する研究者が育成され、**5Gインフラ向けのクラウドやIoT等に関する領域の次世代を担う研究で活躍が期待**できる。
- リアルタイム分散処理技術の情報発信を通じ、国内外の通信・電機メーカーによる**エッジコンピューティングの研究開発トレンド醸成に寄与した。**

## 6. その他研究開発終了後に実施した事項等

### <周知広報活動の実績>

- 研究開発終了後、論文・口頭発表、その他誌上发表等、計47件を実施
- INTEROP Tokyo 2013において口頭発表(NTTデータ)する等、一般に対しても積極的に情報を発信
- 日本データベース学会でDBSJ論文賞(東京大学)を、日本ソフトウェア科学会で優秀論文賞(NEC)を受賞

### <その他の特記事項に係る履行状況>

基本計画書の(研究開発終了後も実施すべき)特記事項	履行状況
①国際電気通信連合(ITU)等の国際標準化機関・団体への提案やフォーラム等の民間ベースの活動を積極的に行い、技術仕様の国際標準化、オープン化に取り組むこと。	①「ITU-T Study Group 13(SG13)へ標準化提案を積極的に行い、インタークラウドの上位概念(Y.3501)、仕様フレームワーク(Y.3511)の <b>2件の勧告化を達成。</b> ②サービス継続と仮想NW技術との融合を、「ETSI NFV」へ標準化提案を積極的に行い、NFV-REL 001、NFV-REL 003)の <b>2件の勧告化を達成。</b>
②有識者や当該技術の将来の利用者となる企業等との意見交換及び実証実験、評価・改良等を可能な限り行うこと。	①研究成果を生かし、「OpenStack」に機能を追加することで、クラウド産業の発展に寄与。②更なる社会展開の拡大を目指すため、本プロジェクトの基本概念を継承したWAN向けSDNの事業化を検討中。③WANアクセラレータ導入企業と意見交換を行うことで、データ転送時間短縮に有効であることを確認。

## 7. 政策へのフィードバック

### <国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性>

本研究開発によりクラウド連携技術を確立したことが、クラウドサービスを支える基盤構築と産業市場の創出・拡大につながり、広域災害時のサービス早期復旧を可能とするなど**国民生活の安全・安心の実現に大きく貢献。**  
**クラウドの有効性と重要性が社会的に広く認識されたことを踏まえると、重要かつ社会的意義があった。**

### <プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取組み等に関する今後の政策へのフィードバック>

本研究成果を、パブリッククラウドや異業種間クラウド等での更なる利用やサービス拡大につなげるための情報セキュリティ技術の研究やトラフィック需要増加や自然災害といった我が国事情に適応したクラウドサービスのさらなる高信頼度化が必要である。

また、5G、IoTの時代には、多様なサービスにおけるシステムのライフサイクル全体で解決すべき課題も登場することから、社会的課題やニーズに対応した研究開発推進が望ましく、また、成果を世界展開するために戦略的な国際標準化も必要であり、産官学連携での遂行が必要となる。