

**大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する研究開発**  
**Research and development of network conversion of communication processing**  
**functions in large-scale communication congestion**

**代表研究責任者** 清水敬司 株式会社 NTT ドコモ

**研究開発期間** 平成 24 年度～平成 25 年度

**【Abstract】**

After a large-scale disaster such as the Great East Japan Earthquake, mobile networks face a massive number of call attempts for both voice and packet services. While such congestion is serious in a disaster area, it is usually not in distant locations.

This research project explored the approach to increase the capacity of communication processing functions in a congested area by utilizing the resources in uncongested distant locations, and performed an empirical study on large-scale evaluation facilities.

With the virtualization platform, the use of a mechanism to link communication processing functions between distant locations, the capacity of communication processing functions can be increased promptly so as to handle deviated demand of services occurred a large-scale disaster.

By using this capability, we explored a case where we increased the capacity of voice service and packet service by using a distant location.

This project also explored an application-side congestion control scheme that was suitable for emergency applications, such as information sharing and an M2M service.

The evaluation assumes a situation in which the overall system supports 175k Call/h for voice service and 452k Call/h for packet service, and a level of congestion exceeds the capacity.

The result shows that the capacity of voice service and packet service increased more than 1.7 times by linking the communication processing resources in two distant locations. This means that the overhead incurred for linkage could be suppressed less than 30% of the total resources. It also show application-side congestion control scheme worked for emergency applications as appropriate.

## 1 研究開発体制

- **代表研究責任者** 清水敬司 (株式会社 NTT ドコモ 先進技術研究所)
- **研究分担者** 西原基夫† (日本電気株式会社 クラウドシステム研究所†)  
林瑞泰†† (富士通株式会社 ネットワークソリューション事業本部††)  
永澤弘樹††† (NEC ソフトウェア東北株式会社プラットフォーム事業部†††)  
安達文幸†††† (国立大学法人東北大学大学院 工学研究科††††)  
森川博之††††† (国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター†††††)
- **研究開発期間** 平成 24 年度～平成 25 年度
- **研究開発予算** 総額 1,551 百万円

(内訳)

|          |                |
|----------|----------------|
| 平成 24 年度 | 平成 24 年度<br>補正 |
| 643 百万円  | 908 百万円        |

## 2 研究開発課題の目的および意義

東日本大震災では、東北地域で通常時の約 60 倍、東京 23 区内でも約 50 倍の通信要求が発生し、通信サービスを安定的に提供することが困難であった。一方、被災地から離れた地域では、大規模な通信混雑は発生していなかったという報告がある。

そこで、大規模な通信混雑が発生した際、通信混雑が発生し処理能力が不足している地域拠点の通信処理要求を、処理能力に余力がある他の地域拠点の資源を融通して処理することが可能になれば、迅速に大規模通信混雑を解消させ、安定運用が可能となる。

これを具体的に実現するには、通信インフラとして求められる通信品質の諸条件や信頼性を満たしつつ、大規模通信混雑時にネットワーク上に分散した地域拠点の通信処理資源を有機的に連携する制御技術、および、ネットワークの構成や通信処理資源の利用状況を網羅的に把握し、適切な制御を可能にする管理技術等が必要となる。「大規模災害時に被災地の通信能力を緊急増強する技術の研究開発基本計画書」では、「大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する研究開発」に関して、以下の 4 つの技術課題をあげている。

課題ア) 大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する要件の明確化

課題イ) 拠点間での通信処理の有機的連携制御 (通信処理機能のネットワーク化) 技術

課題ウ) 通信処理機能のネットワーク化における信頼性向上技術

課題エ) 通信処理機能のネットワーク化における通信状況可視化、管理技術

本研究開発では、上記技術課題の研究開発を通じて、例えば同規模の地域拠点が 2 つある場合を想定し、通信混雑が発生している 1 つの地域拠点へ通信混雑が生じていない他の地域拠点からその拠点の通信品質を維持したうえで余力のある通信処理能力を融通し、通信混雑が発生している地域の通信処理能力を 1.5 倍以上に増強すること、および、それを実現するシステムの構築・運用方法を示すことを到達目標としている。

## 3 研究開発成果

基本計画書に記載された本研究開発の到達目標は以下のとおりである。

各技術課題において所定の目標を達成することを確認するとともに、総合的な検証を行い、例えば同規模の地域拠点が 2 つある場合を想定し、通信混雑が発生している 1 つの地域拠点へ通信混雑が生じていない他の地域拠点からそれらの拠点の通信品質を維持した上で余力のある通信処理能力を融通し、通信混雑が発生している地域の通信処理能力を 1.5 倍以上に緊急増強することを目指す。

初年度に課題アとして実施した「通信処理能力のネットワーク化に関する要件」の検討の結果、必要となる技術課題を克服し効率の高い方式を採用することで基本計画書に記載された到達目標を上回る増強が可能であることが明らかとなった。そこで、「通信混雑が発生している地域の通信処理能力を 1.7 倍以上に緊急増強すること」を到達目標として再設定し、修正した各技術課題の実実施計画に基づき

研究開発を遂行した。基本計画書で記載されている技術課題の到達目標は、以下の章に記載するようにそれぞれ達成するとともに、それらの成果を有機的に結合することで、本研究開発全体として、基本計画書の到達目標を上回る成果を得た。

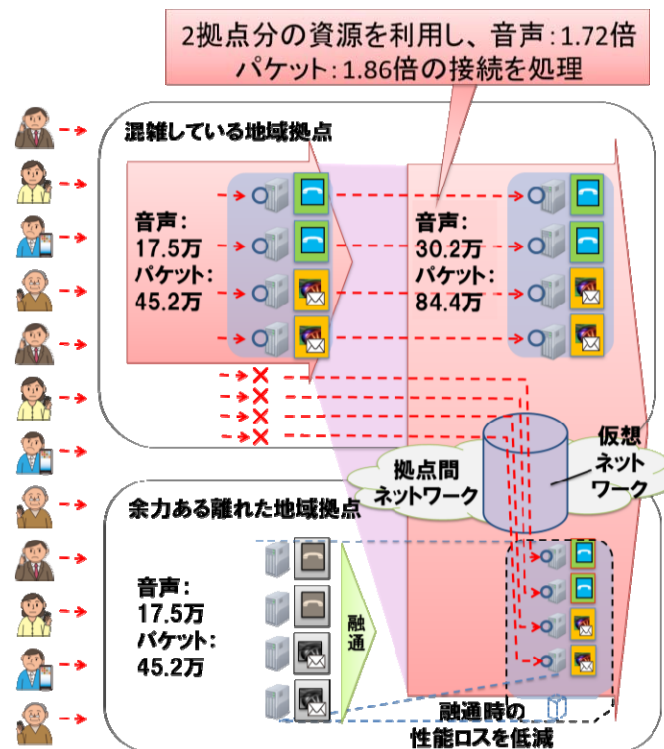


図 1 通信処理機能のネットワーク化の実証

図 1 は実証実験の概要を示している。各地域拠点には、音声通信は 17.5 万 Call/h、パケット通信は 45.2 万 Call/h の処理能力があるという想定の下で、混雑している地域拠点では、その処理能力では処理しきれないほどの音声通信、および、パケット通信の接続要求が発生している状況を模擬している。ここで、余力のある離れた地域拠点から、資源の融通を行うために、両拠点の間に仮想ネットワークを構築する。ただし、両拠点の間のネットワークは災害時には十分な品質を確保できないことを想定している。そのような環境において、仮想ネットワークによる伝達を効果的に制御することで性能ロスを 30%未満に抑え、混雑している地域拠点の処理能力を増強する。

混雑している地域拠点である拠点 A(東北)では、通信処理能力の融通前には音声通信は 17.5 万 Call/h、パケット通信は 45.2 万 Call/h の処理能力がある。その後、余力のある離れた地域拠点である拠点 B(関東)から通信処理資源を拠点 A(東北)に融通し、音声通信およびパケット通信に用いる通信処理資源を 2 倍に増強した。通信処理資源を融通後、拠点 A(東北)において、2 拠点分の通信処理資源を利用し、音声通信は 1.72 倍の 30.2 万 Call/h に、パケット通信は 1.86 倍の 84.4 万 Call/h に増強されたことを確認した。

### 3. 1 課題ア) 大規模通信混雑時における通信処理能力のネットワーク化に関する要件の明確化

想定したトラフィック条件を踏まえ、ネットワーク全体での疎通能力を大幅に向上させるため、通信処理機能のネットワーク化技術をネットワーク基盤へ導入することの有効性を検証する。また、平常時及び輻輳発生時において、確保すべき呼損率、遅延量などの通信品質指標について、通信処理能力(信号処理能力、同時接続数など)との相関を含め、通信処理機能のネットワーク化に関する一定の

達成すべき目標を設定する。

通信処理機能のネットワーク化技術をネットワーク基盤へ導入することの有効性を検証し、それを具現化するシステムの構築方法および達成すべき目標を設定するため、通信処理資源の連携により通信処理性能がどのように変化するかという点に着目し、その特性を明確化する検討を行った。

図 2 に示すように、地域拠点間の連携により通信処理資源を融通し増強する分析モデルを構築した。性能指標として連携ゲインに着目して、各地域拠点における最大収容時の通信処理要求の生起率からそれを定義し、遅延の許容時間と、各連携先拠点間のネットワークにおける往復遅延から算出する方法を導出した。この算出結果の分析により、連携ゲインは許容時間が大きいほど、また往復遅延が小さいほど大きくなる性能特性を持つことが明らかとなった。さらに、拠点数が 2 の場合について、対象となるトラフィックである EPC (Attach - Detach) および IMS (Register - Invite - Bye - De-register) の呼処理要求がともに輻轉時に平常時の 2 倍程度に増加すると想定して、それぞれの性能特性を分析した。その結果、EPC の場合、RTT が 13 ミリ秒、呼処理の許容時間が 120 ミリ秒以上の条件で、IMS の場合、RTT が 13 ミリ秒、呼処理の許容時間が 450 ミリ秒以上の条件で、拠点間連携により 1.7 倍以上の処理能力の向上が得られることを確認した。こうした性能特性の分析結果から、通信処理機能のネットワーク化技術をネットワーク基盤へ導入して異なる拠点間の通信処理資源を連携させることは、通信処理能力を増強するために有効であり、日本国内の地域拠点間で想定される通信品質の条件において、地域拠点のうち 2 つを連携させ、そこに 1 拠点分の 2 倍に相当する通信処理負荷をかける場合に、通信処理能力を 1.7 倍以上にできることが明らかとなった。

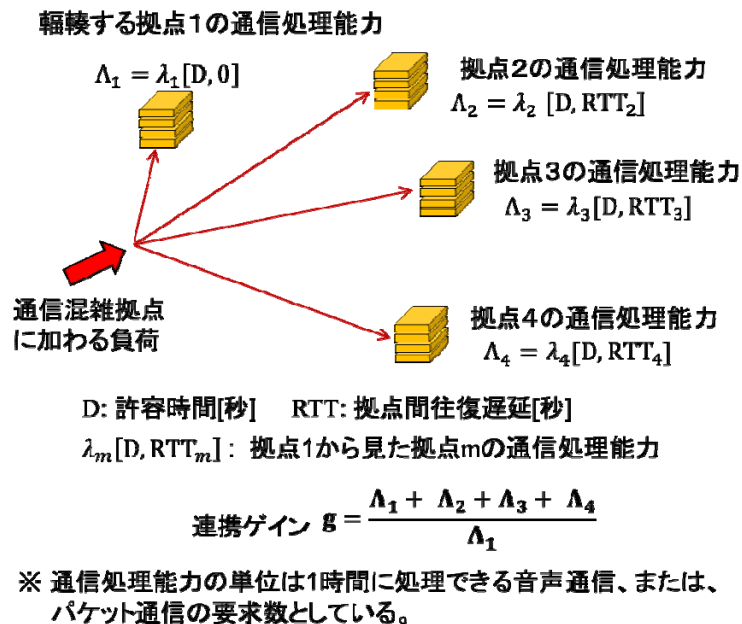


図 2 拠点間連携のモデルと連携ゲイン

また、平成 23 年度補正予算（第 3 号）による情報通信技術の研究開発の 1 つである「大規模災害時における移動通信ネットワーク動的通信制御技術の研究開発」にて研究開発した動的通信制御技術を拡張し、本研究開発が目指す、複数の拠点間で通信処理能力を融通できるようにする連携制御アーキテクチャを明らかにした。また、到達目標を実現するシステムの構築・運用方法を示す実証実験を実施するため、連携制御アーキテクチャに基づき必要となる実装仕様を策定し、インタフェース仕様書として取りまとめた。

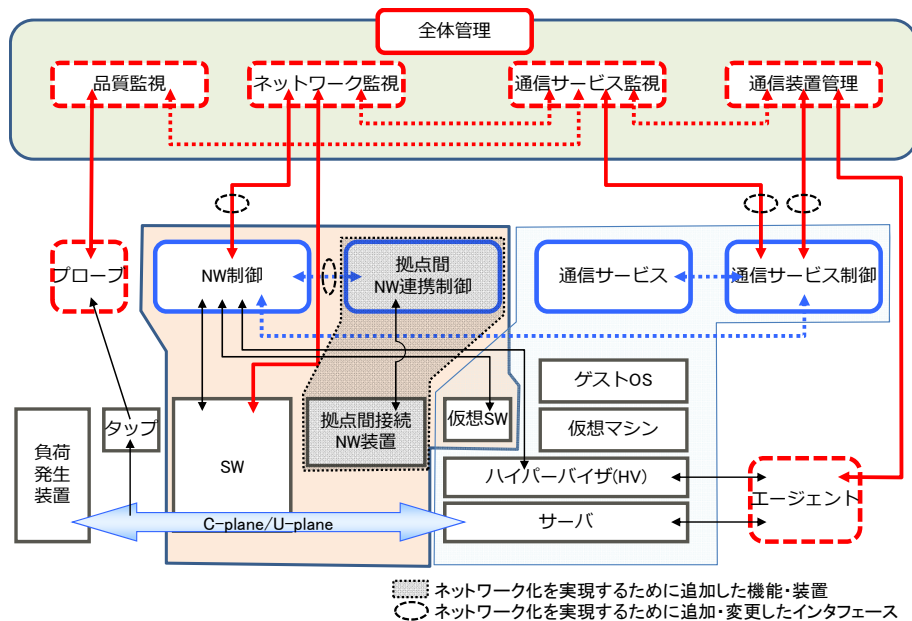


図 3 通信処理能力のネットワーク化を実現する連携制御アーキテクチャ

### 3. 2 課題イ) 拠点間での通信処理機能の有機的連携制御（通信処理機能のネットワーク化）技術

ア) の検討結果を踏まえ、地域拠点間での通信サービス処理の有機的な連携制御技術を確立し、音声通話、データ通信などの多様な通信サービスが混在する移動通信ネットワークを模擬した実証環境で、その有効性を検証する。そのため、通信処理機能のネットワーク化により、ア) の検討に基づく技術要件を満たした通信機能の有機的な連携制御が実現されることを実証する。

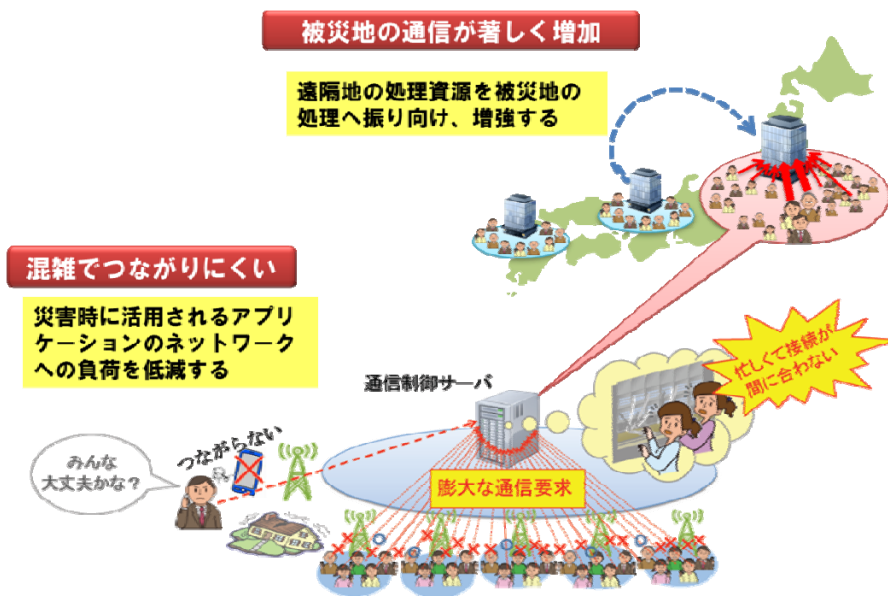


図 4 本研究開発で取り組んだ課題

図 4 に東日本大震災の経験を踏まえた移動通信ネットワークにかかわる課題の概況について示す。被災地を中心とした地域の音声通信の要求が著しく増加したこと、一方で、被災地から離れた地域ではそのような通信混雑は見られなかったことに着目し、遠隔地の通信処理資源を被災地へ振り向け、被災地の通信能力を増強する有機的な連携制御技術の検討を行った。また、東日本大震災の経験から災害時に

活用されるアプリケーションが注目を集めているが、これらのアプリケーションは、混雑によりつながりにくくなってしまうと本来の役割を果たすことができない。そこで、これらのアプリケーションのネットワークへの負荷を低減する仕組みの検討を行い、大規模通信混雑時における課題を多面的に捉えた課題解決に努めた。図 5 に本課題の構成を示す。

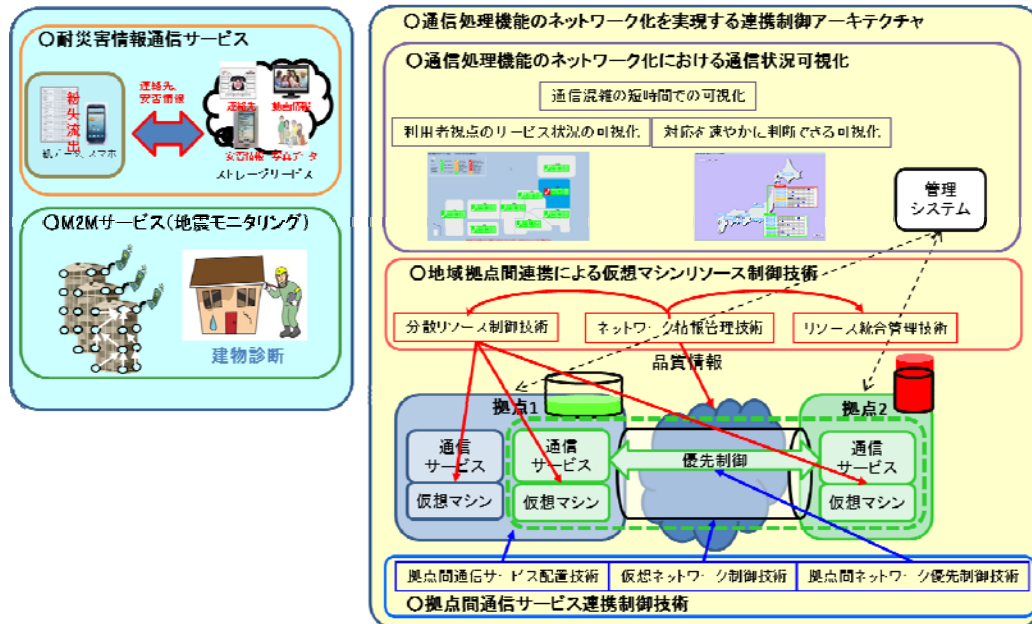


図 5 各課題の構成

遠隔地の通信処理資源を被災地へ振り向け、被災地の通信処理能力を増強するためには、音声通信等の接続処理を行う通信サービス制御、および、それが動作する物理的資源の割り当てを行う仮想マシンリソース制御が、被災地および遠隔地の資源の利用状況や拠点を結ぶネットワークの接続状況等に応じて、運用者の意図するとおりに的確かつ迅速に実行される必要がある。そこで本課題では、接続処理を行う通信サービス制御において、遠隔地にある通信処理資源を増強される拠点のものと同様に利用できるよう、拠点間に仮想ネットワークを構築するアプローチを検討する。災害直後のネットワークでは、例えば遅延やパケットロス等、その通信品質が十分でないことが想定される。そこで、それらを的確に把握して仮想ネットワークを構築し、適切に制御する技術を研究開発する。「仮想マシンリソース制御技術」では、ネットワークの通信品質を効率的に測定するとともに、それらを考慮した仮想マシンリソース選択を行う技術を実現する。「通信サービスの拠点間連携制御」では、拠点間に仮想ネットワークを構築し、それを適切に制御する技術を実現する。これらを連携させることで遠隔地の通信処理資源を振り向け、通信混雑が生じている拠点の通信処理機能を 1.7 倍以上に増強可能であることを実証する。また、「通信状況可視化」では、遠隔地の通信処理資源を用いた増強処理を的確に行うために、各拠点の資源利用状況や接続状況等の情報の管理を行う管理システムを構築し、運用者の意図するとおりに通信処理能力の増強を制御できることを実証するとともに、利用者が適切なサービスを選択することができるよう、利用者視点のつながりやすさを可視化する。

東日本大震災を受けて注目されている災害時に活用されるアプリケーションの中で、「耐災害情報通信サービス」および「M2M サービス」の 1 つである「地震モニタリングサービス」を対象に、災害直後の通信混雑時でも本来の役割を果たすことができるよう、ネットワークへの負荷を低減する仕組みについて検討し、その効果を実証実験により確認する。

### 3. 2. 1 通信サービスの拠点間連携制御技術

ある地域拠点の通信サービスのリソースが不足している場合、他の地域拠点のリソースを活用するために、拠点間の仮想ネットワークを動的に構築し、どの拠点のリソースであるかを意識せずに通信サービスの拡張を行うことのできる通信サービスの拠点間連携制御技術を確立した。実証実験により、音声通信呼処理（IMS）は、1.72 倍、パケット呼処理（EPC）は 1.86 倍を上回る増強ができることを確認した。これにより、他の拠点の通信処理資源を融通して混雑している拠点の通信処理能力を 1.7 倍以上に増強するという目標を達成した。

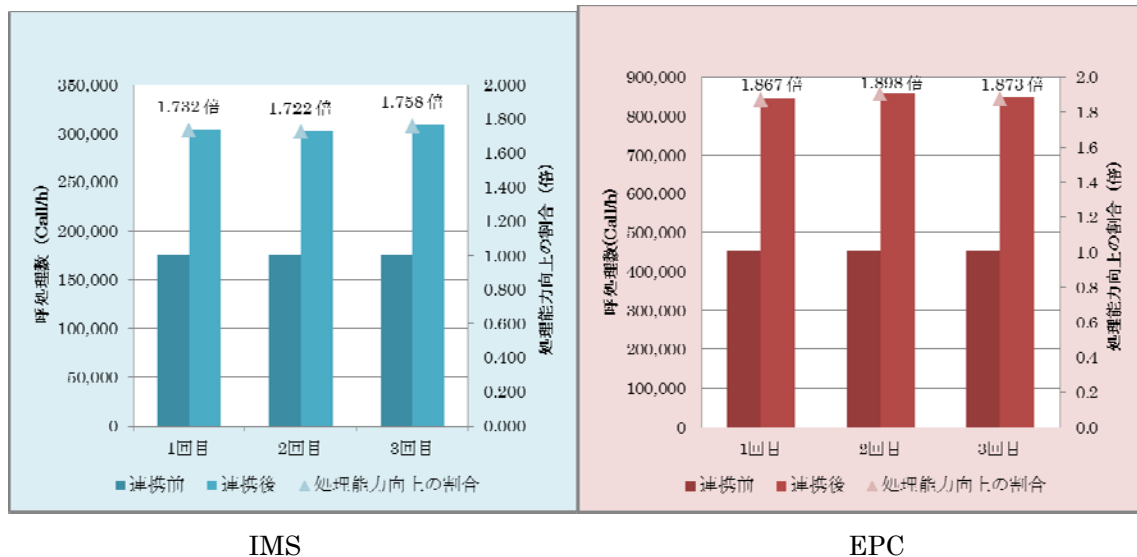


図 6 通信サービスの拠点間連携制御技術の成果

図 6 は実証実験での測定結果に基づく IMS と EPC の 1 時間あたりの呼処理数（Call/h）を示したものである。

具体的には、IMS の場合、連携前は約 17.5 万 Call/h の処理能力であったが、3 回の測定の結果、連携後にそれぞれ 304,140 Call/h（1.732 倍）、302,220 Call/h（1.722 倍）、308,460 Call/h（1.758 倍）に改善された。これらの測定値から信頼区間を求め、その結果から算出した最低値は 1.716 倍となった。

一方、EPC に関しては、連携前は約 45.2 万 Call/h の処理能力であったが、3 回の測定の結果、連携後にそれぞれ 843,934 Call/h（1.867 倍）、857,980 Call/h（1.898 倍）、846,747 Call/h（1.873 倍）に改善された。これらの測定値から信頼区間を求め、その結果から算出した最低値は 1.861 倍となった。

以下で、本課題で研究開発した技術の概要について述べる。

拠点には「呼処理機能モジュール」と、それを管理する「システム管理機能モジュール」を組み合わせたシステムが存在する。他の拠点のリソースを使って処理能力増強をする方法としては、システム単位で増強する方法と、機能モジュール単位で増強する方法の 2 つがある。本研究では、後者の機能モジュール単位で増強する方法により、基本計画書の目標である 1.5 倍を超える、1.7 倍以上の通信処理能力の向上を達成した。

機能モジュール単位で増強する場合、システム管理機能モジュールを拠点間で共有することで、システム単位で増強する場合に比べて呼処理機能モジュールに利用できるリソースが多くなり、利用効率を向上することができる。一方で、拠点間のネットワークには災害の影響で品質劣化が生じている場合があり、システム管理機能モジュールを拠点間で共有することにより、その影響を受けやすくなる。よって、機能モジュール単位での通信処理能力増強を可能とする技術とともに、拠点間のネットワークにおける品質への影響を分析し、それを最小限に抑えるための技術が必要となる。

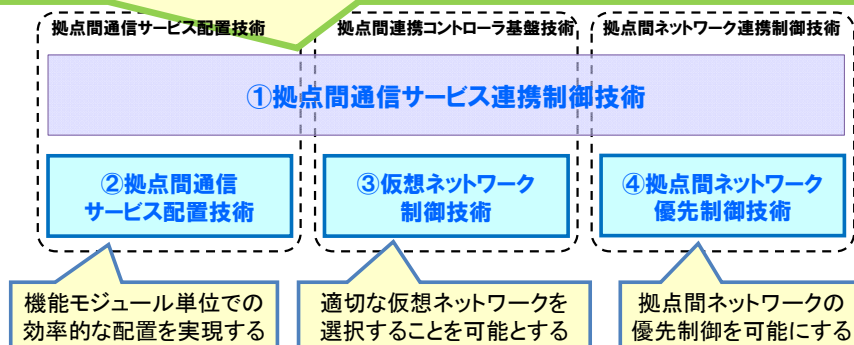
すなわち、拠点間連携による効率的な能力増強を実現するためには、「拠点間における機能モジュール単位での能力増強を可能とする技術」と「拠点間ネットワークで生じる性能劣化の影響を抑える技術」を両立する必要がある。このためには、以下の課題を解決する必要がある。

- 機能モジュール単位での増強を可能とするため、ある拠点のシステム管理機能モジュールから別の拠点の呼処理機能モジュールの管理を可能にする、透過的なネットワークを構築すること
- 機能モジュール単位で通信サービスを配置する際、通信サービスの配置制約や拠点間の通信品質の影響を考慮した、効率的な配置とすること
- 拠点ごとの仮想ネットワーク方式の特性や状態、通信サービスが必要とする要件を考慮して、適切な仮想ネットワーク方式を選択できること
- 震災等の影響で拠点間ネットワークの品質が劣化している場合、その影響による通信サービスの処理能力の低下を抑制すること

これらを実現する、以下の4つの技術の研究開発を行った。

- (1) 拠点間通信サービス連携制御技術
- (2) 拠点間通信サービス配置技術
- (3) 仮想ネットワーク制御技術
- (4) 拠点間ネットワーク優先制御技術

**拠点間に1つの透過的な仮想ネットワークを構成し、通信サービスを従来のシステム単位だけでなく機能モジュール単位で増強することを可能とする拠点間連携の基本技術を研究開発**



**通信サービスの性能向上のために、拠点間連携による性能劣化や拠点毎の構成の違いを解決するための各種技術を研究開発**

図 7 拠点間連携制御技術を構成する要素技術

以下に、(1)から(4)の個別技術の状況について述べる。

(1) 拠点間通信サービス連携制御技術

前述の機能モジュール単位での通信能力の増強を実現するために、拠点間に通信サービス単位の透過的な仮想ネットワークを構成し、拠点を跨いで機能モジュールを連携させ通信サービス処理を実行する、通信サービス連携制御技術を確立した。

機能モジュール単位で増強することにより、システム管理機能モジュール用リソースの追加が不要となり、他拠点から融通されたリソースを最大限に活用することが可能となる。

本技術では、拠点を通信サービスごとにトンネリングすることにより、通信サービスに対応した仮想ネットワークを拠点間で透過的に接続するとともに、異なる拠点の物理リソースを活用し、通信サービスを機能モジュール単位で配置し、通信処理能力の増強を可能とした。

(2) 拠点間通信サービス配置技術

拠点間連携時の拠点間ネットワークの品質劣化の影響を抑制するためには、拠点間の通信品質の



影響を考慮して、機能モジュール単位で通信サービスの効率的な配置案を決定する必要がある。

配置案を決定するには、あらかじめ静的に用意しておく方法と、動的に生成する方法の2つがある。静的に用意する方法では、リソースの利用状況が変化した場合に対応できず、動的に生成する方法では、適切な配置案の決定までに時間がかかる。このため、静的な方法と動的な方法の良いところを組み合わせた方式を採用し、通信サービスの配置案を動的に生成するとともに、システムの静的な情報（通信サービスの設計情報など）から構築した性能モデルに対して、通信品質の影響を反映した性能シミュレーションを実行することにより、短時間で適切な通信サービスの配置案を決定する方式を確立した。

具体的には、拠点間通信に起因する配置制約の複雑さ（通信帯域の確保や可用性制約）を解決する配置プランナーと、通信品質の影響（通信遅延やパケットロスなど）による性能劣化を考慮して最適な配置案を決定する性能シミュレータの設計および実装を完了し、実験評価によって配置案の妥当性を確認した。

### (3) 仮想ネットワーク制御技術

連携する各拠点で使われているネットワーク装置がすべて同じであるとは限らず、それぞれの拠点において異なる仮想ネットワーク方式（OpenFlow や VXLAN など）を採用していることがある。あるいは通信サービスごとに使用する仮想ネットワーク方式が異なることがある。このため拠点間連携では、拠点ごとに異なる仮想ネットワーク方式の特性や状態と、通信サービス（EPC/IMS）が必要とするネットワークの特性を考慮して、通信サービスの性能を向上するために設備や通信帯域を最大限に活かせる仮想ネットワーク方式を決定する必要がある。この課題に対して、ネットワークに関する設計情報／状態情報と通信サービスの要件から、仮想ネットワーク選択基準を定め、適切な仮想ネットワーク方式を自動的に決定することで、通信サービスの性能を向上する仮想ネットワーク制御技術を確立した。

### (4) 拠点間ネットワーク優先制御技術

拠点間連携においては拠点間ネットワークの品質劣化による通信サービスの処理性能への影響を速やかに低減する必要がある。しかし、通信状態を監視しつつ動的に最適化を行うような汎用的な優先制御では、制御結果をフィードバックしつつ最適解に近づけていくため、効果が出るまでに時間がかかる。つまり、最適な解を得ることとそれを得るまでの時間との間にはトレードオフの関係があると言える。災害時における対処という前提に立てば、解の最適性よりも解を得るまでの時間を短くすることがより優先される。このため、通信サービスのメッセージシーケンスなどの設計情報や通信品質に関する特性を考慮した優先制御により、通信サービスの性能低下の抑制を可能とする拠点間ネットワーク優先制御技術を確立した。

## 3. 2. 2 地域拠点間連携による仮想マシンリソース制御技術

通信サービスの拠点間連携制御技術により、他の地域拠点のリソースを活用するためには、拠点間のネットワークの品質を把握し、通信サービスを動作させる仮想マシンリソースの選択を行うことが必要となる。一般に、多くの通信リソースを使いきめ細かく測定することでネットワークの品質を高い精度で把握することができる。しかし、本研究開発で想定する災害時には十分な通信リソースを利用できないことが想定されるため、可能なかぎり少ない通信リソースで仮想マシンリソースの選択に必要な十分なネットワーク品質を把握する技術が求められる。そこで、本研究開発では、効率的にネットワーク品質を把握して仮想マシンリソース選択を行うことのできる仮想マシンリソース制御技術を開発し、

東北、関東 2 拠点の仮想マシンリソースを利用してパケットサービスと音声サービスを提供できることを実証し、当初の目標を達成したことを確認した。

さらに、本技術にネットワーク規模への対応技術、およびネットワークの遅延やパケットロス等、実ネットワークで発生しうる事象やその品質変動への対応技術を盛り込み、その有効性を確認した。

研究開発の背景について述べる。

他拠点の通信処理資源を活用して通信サービスの能力を増強する場合、その通信処理能力や通信サービス品質は、拠点間を結ぶネットワークの品質に影響を受ける。どの拠点の仮想マシンリソースを利用するかによって、影響を受けるネットワーク品質が異なり、結果として、通信サービスの通信処理能力に違いが発生する。そのため、ネットワーク品質を計測し、それを考慮して、適切な拠点の仮想マシンリソースを選択できる仮想マシンリソース制御技術が必要になる。

さらに、本技術を実際の運用に適用するために以下の a)、b) 2 つの点についての考慮が必要であることが明らかとなった。

- a) 災害時は、ネットワーク自体の被災によるネットワーク品質劣化や、トラフィックの増加／変動等に起因したパケットロス等の間欠的発生など、通常時と同等のネットワーク品質を期待できない状況が断続的に発生する可能性がある。
- b) 通信キャリアが扱うネットワーク規模を想定すると、ネットワーク規模の増大やネットワーク構成の多様化にともない増加するシステムの扱う情報量(概ね拠点数の 2 乗に比例して増える)を、システム実装可能な範囲に抑制できない可能性がある。

以上により、仮想マシンリソース制御の役割と考慮すべき事象に対応し、災害時においても安定した通信サービスを実現する仮想マシンリソース制御技術には、以下の 3 点の解決が重要である (図 8)。

- ① ネットワーク品質を加味した適切な仮想マシンリソース選択を可能にするために、ネットワーク品質情報量を抑制する。
- ② 多様な構成で大規模なネットワークにおいて通信サービスの品質劣化を回避するような仮想マシンリソースの再配置を可能にするために、十分な速さと精度でネットワーク品質劣化区間を絞りこむ。
- ③ 変動する拠点間のネットワーク品質について、サービス品質に影響を与えないように計測対象を絞りこみながら、運用上必要な計測の精密さを保ち、効率良く計測する。

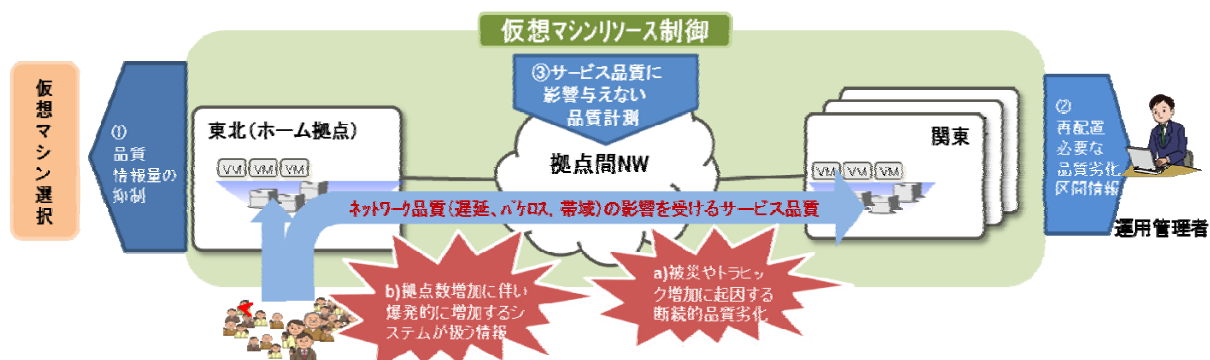


図 8 仮想マシンリソース制御の役割と課題

本研究開発において、①、②、③を解決する仮想マシンリソース制御技術を開発した。

本技術を構成する 3 つの技術とその結果を以下に示す。

(1) 『分散リソース操作制御技術』(①の解決)

各拠点のリソースと拠点間ネットワーク品質情報を管理し、通信サービスのリソース選択処理に利

用できるようにする技術を開発した。

他拠点のリソースを活用して通信サービスを増強する場合、その通信処理能力や通信サービス品質は、拠点間ネットワークの遅延やパケットロス等のネットワーク品質に影響を受ける。各拠点のリソースを選択する時、この拠点間のネットワーク品質情報が必要となるが、その情報量は拠点数の 2 乗に比例して増加するためリソース選択処理時間が増大し、システムの拡張性に問題を引き起こす。本技術では、リソースの融通を受ける拠点をホーム拠点と呼び、利用者のトラフィックがホーム拠点（図 8）に集約され、連携する他拠点からリソースの融通をうけるという考え方を導入する。この考え方により、リソースの選択に必要なネットワーク品質情報量を削減するために品質通知対象ネットワークを絞りこむ。その結果、拠点数の 2 乗に比例して増加する、リソース選択で扱うネットワーク品質情報量の増加を、拠点数に比例した増加に抑制できることを確認した。今回の実証実験で取り扱ったネットワーク品質情報は 2 拠点間で 204 項目あり、10 拠点のすべての拠点間では 9,180 項目となる。ホーム拠点の考え方を導入することにより 10 拠点を持つネットワークの場合で、1,836 項目となり、ネットワーク品質情報量を 1/5 に抑制できることを確認した。（図 9）

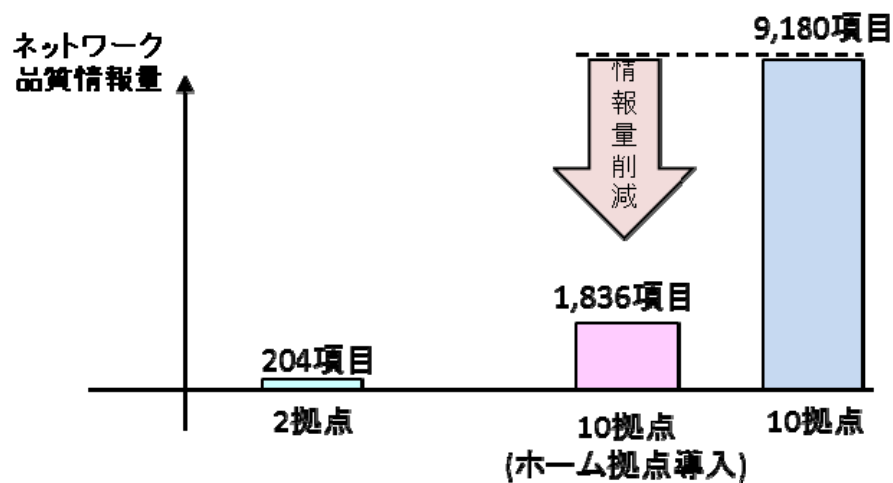


図 9 ホーム拠点によるネットワーク品質情報量の増加抑制

(2) 『リソース統合管理技術』(②)の解決

拠点間に跨って増強された通信サービスの運用中に拠点間ネットワークで品質劣化が発生した時には、通信サービスへのリソース再割り当てを行う等の対応が必要となる。適切な拠点のリソースを選択可能にするために、間欠障害を含む多様な品質劣化がネットワーク内のどこで起きているかというネットワーク品質劣化区間情報を運用管理者に提供する技術を開発した。ネットワーク品質劣化区間を分析する情報（品質劣化区間分析情報）は、分析パス（分析対象とするパス）毎の品質情報と分析パス構成装置情報からなり、その情報量は分析パス数に比例する。ホーム拠点の概念を導入することで劣化検出対象ネットワークを絞り込み(施策①)、さらに時系列データの類似度により同じ品質劣化に遭遇している分析パスをグループ分けして分析パスを絞り込む(施策②)ことで品質劣化区間分析情報量を削減し、より短い時間でネットワーク品質劣化区間情報を運用管理者に提供できることを確認した。具体的には、本技術を用いることにより、10 拠点を持つネットワークの場合で、品質劣化区間分析情報量を最大 1/30 に抑制できることを確認し（図 10）、さらに東北と関東の 2 拠点で構成する実証試験環境において 5 分以内で間欠障害に起因するネットワーク品質劣化区間を絞り込む判定が可能となることを確認した。

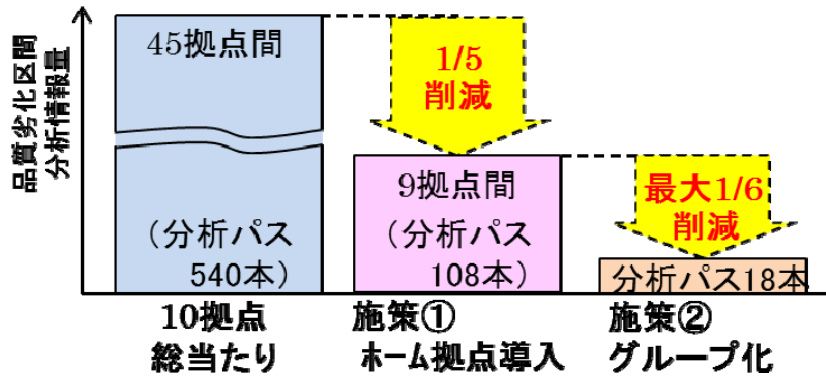


図 10 品質劣化区間絞りこみによる品質劣化区間分析情報量削減効果

(3) 『ネットワーク情報管理技術』(③の解決)

拠点間ネットワークの伝送遅延に加え、パケットロスを効率的に計測・提供する技術を開発した。計測精度と計測負荷はトレードオフの関係にあり、両者の関係を計測負荷（ネットワーク負荷としての試験パケット利用帯域と検出までの計測時間の積）と計測精度（障害のカバー率：障害発生パターンの内どの程度の発生パターンを検出できるかの割合）の比率で評価する方法を導入した。リソースの選択においてはネットワーク品質として不適なりソースが取り除かれることを保証できる計測精度を満足できればよい。品質劣化を検出することを目的にした計測パスの絞りこみ(施策①)、及び品質閾値に対し良否判定する計測方法(施策②)を導入して計測条件を決定することにより、計測負荷を削減した。

その結果、最小の計測負荷で計測できる方法を計測効率で評価決定する手法により、すべての経路を対象に品質値そのものを計測する場合と比較して、4桁の効率改善が得られる事を確認した。

(図 11)

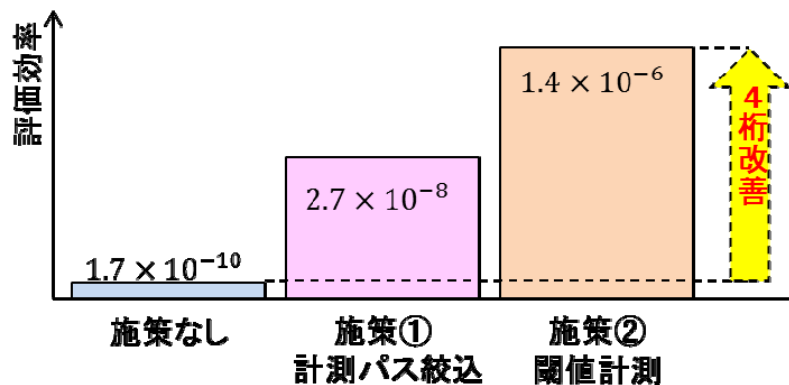


図 11 ネットワーク品質計測技術の効率化効果

3. 2. 3 大規模災害での通信混雑下における耐災害情報通信サービスの検証

災害時に必要となる情報を簡易に取得できる情報通信サービスは、情報の安全性を確保しつつ、どのような利用者でも直観的に利用しやすいものであることが期待されている。そのため、サービスの利用開始時に行う認証機能として、テキスト等によるパスワードではなく、高精細な画像など多くの通信量を必要とする方式が注目されている。しかし、災害時には安否確認等により通信混雑が発生するため、そのような状況下でも情報の安全性を確保しつつ簡易に情報を取得できるための技術が必要である。

そこで、本研究課題では、大規模災害での通信混雑下における耐災害情報通信サービスに注目し、(1) ユーザがアプリケーションを操作することに起因するトラフィック特性の検証とネットワークに対する影響の分析、(2) 画像処理による物体認識技術等を応用したマルチモーダル認証技術の研究開発と災害時の有益性についての検証、及び、それらを踏まえて、(3) 情報の安全性を確保しつつ通信混雑下においても利用性を損なわない認証方式の研究開発と災害時の有益性についての検証の3つの取り組みを行った。

#### (1) ユーザによる UI を通じたトラフィック特性とネットワークに対する影響の検証

実際のアプリケーションのトラフィック特性の分析を通じて、ユーザが操作を行っていない状態では、ネットワーク通信を行うアプリケーションは特有の周期的な通信を行うことを確認した。また、クライアント側で定期的にサーバに更新の有無の問合せを行う通信である同期処理は、ネットワーク通信を行うアプリケーションの一般的な仕組みであり、耐災害 ICT サービスアプリケーションにおいても採用している。本アプリケーションでは、3種類のデータ種別（連絡先情報、安否情報、動画情報）ごとに、同期を行っている。併せて、本研究開発では、ユーザが操作を行った際のトラフィックについて、災害時を想定して、ネットワークにどのような影響を与えるかの検証を行った。

その結果、アプリケーション特有の周期的な通信と、ユーザ操作が行われた時に発生する通信のタイミングが一致した場合に、接続要求が増大することが分かった。周期的な通信が、複数の端末で同時に行われる時間帯に、安否確認などのユーザ操作をともなう通信が集中すると、サーバにかかる接続要求による負荷が大きくなる。さらに、ユーザ操作時に認証のための通信が加わると、混雑が顕著になることが明らかとなった。

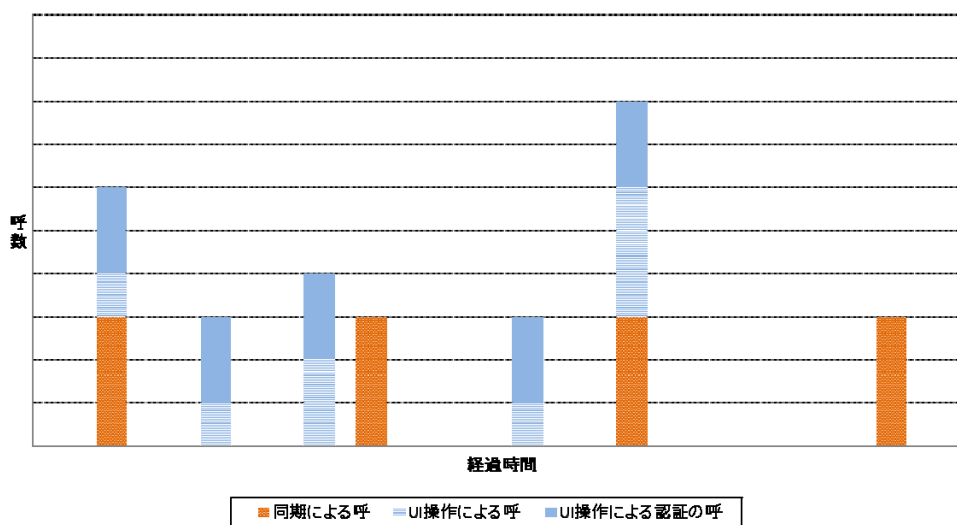


図 12 UI 操作と周期的な処理の発呼の状態

#### (2) 画像処理による物体認識技術等を応用したマルチモーダル認証技術の研究開発と災害時の有益性について検証

本研究開発においては、物体認識エンジンを使用したマルチモーダル認証技術を、重要度の高いデータへのアクセス時の認証方式として適用した。あらかじめカメラで撮影し登録した生体情報や所持品の画像と、認証時に撮影した画像を組み合わせることで、他人を誤って認証せず、かつ本人を誤って拒否する率を抑えることができることを確認した。

物体認識エンジンを使用するにあたって、評価環境に適合させるための調整を行い、エンジンがより機能を発揮できるような評価条件を検討した。

今回の検証においては、認証の動作を確認するために、スマートフォンで撮影した生体情報と所持品情報の2種類の情報を使用した。生体情報には手の甲の形状を用いている。手の甲の形状は、固定的で領域も広く、隆線や特徴点、テクスチャなど多くの特徴があり、安定して特徴を抽出することができる。しかしながら、登録情報との一致度の低い（照合スコアが低い）結果が得られた場合に、本人の認証要求が誤って拒否されるケースが発生する。そのため認証の結果、登録情報との一致度が低い場合は、本人の所持品情報の照合結果を補完し組み合わせることで、認証精度の向上を図ることを検討した。

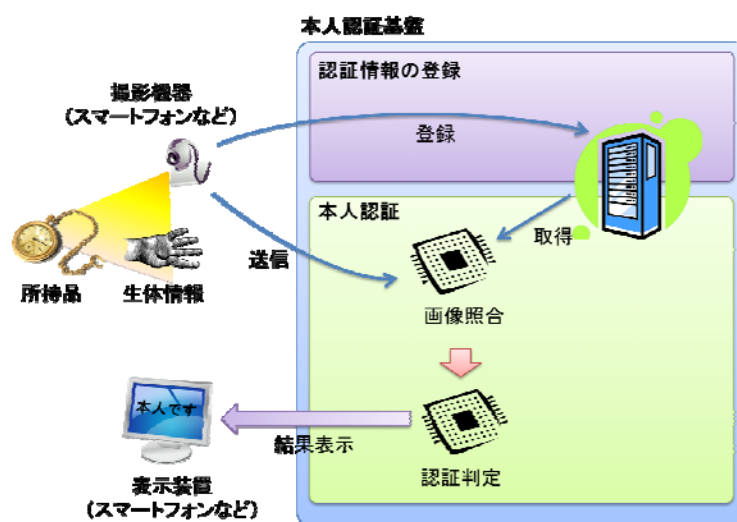


図 13 本人認証基盤技術の構造

以下のグラフは照合スコアの高い順に並べており、一定の閾値を超えた認証要求については本人と認証する。結果によると、上位4名については閾値以上の照合スコアが得られていることから、生体情報のみで本人と認証されたが、残りの認証要求については棄却される結果となった。

ここで、認証要求を棄却された6名について、所持品を追加情報として照合してスコアを求めたところ（例えば、重み0.05を掛けたものを加算）、以下のグラフに示すとおり、新たに4名が閾値を上回り、本人と認証される結果が得られた。

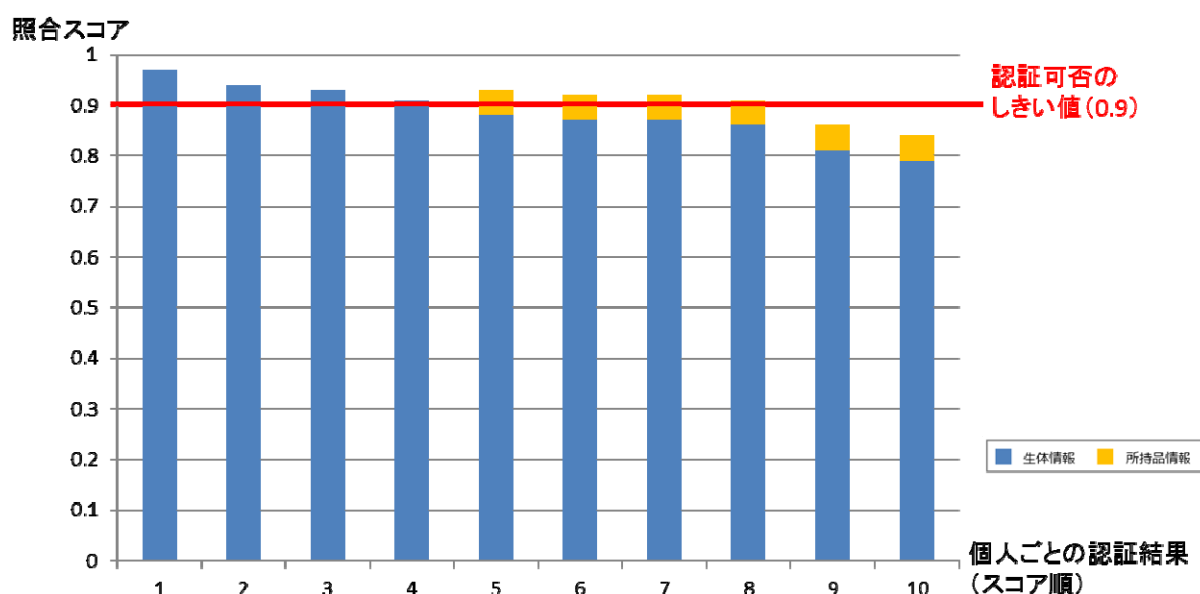


図 14 生体情報および所持品情報による認証結果

以上から、生体情報の認証に所持品情報の認証結果を組み合わせるマルチモーダル認証による本人

認証基盤を用いることで、専用の装置を必要とせず、かつセキュリティ強度の高い本人認証が可能であることを確認した。

### (3) 通信混雑下を模した実証環境下でのサービスアプリケーションの検証

災害時のユーザ操作として、サービスアプリケーションの搭載機能および安心・安全のためのセキュリティに着目して検証を行った。必要な情報共有サービスについて、あらかじめデータの重要度を3段階に分け、それぞれのレベルに合わせた認証方式を検討し、評価を行った。また、災害時など通信混雑下での利用効率を向上させるため、認証による通信量抑制とサービス利用とのトレードオフの関係から、通信量抑制のためにセキュリティ強度を影響のない範囲でやや下げる方式へと変更を行い、サービス継続に対して有効であることを検証した。

評価用の耐災害 ICT サービスでのアプリケーションを開発し、事前動作確認後に東北大学に構築した実証実験環境にて動作検証を実施し、サービス動作、および、ネットワークトラフィックを踏まえたサービスアプリケーションが効果的に動作することを確認した。

実証実験環境で発生させた輻輳状態の中で擬似クライアントにより認証処理を実行した際、図 15 のように認証成功率が低下し、最悪値では 69%まで低下した。これは、認証処理に関連する通信に関してパケットロスや応答タイムアウトが発生し、認証処理が失敗したためである。

その後、運用モードの切り替えにより、認証にともなう動作を端末内で閉じて実行させる災害モードで認証処理を実行した。災害モードへの切り替えが実施されたところから、認証成功率が 100%に改善されたことがわかる。

一般的に台数が多い場合には、通知が届いてからモード変更が行われるため、徐々に切り替えが発生して、成功率が改善されていく。

今回の実装において、認証処理に運用モード切り替えを加えることで、認証失敗によるサービスの利用性低下を改善することができた。

輻輳発生時にサービス処理を実行する際は、サービス固有のリトライ処理が有効に機能することにより、その効果としてサービス利用性が向上することを確認することができた。

10秒間あたりの認証成功率(%)

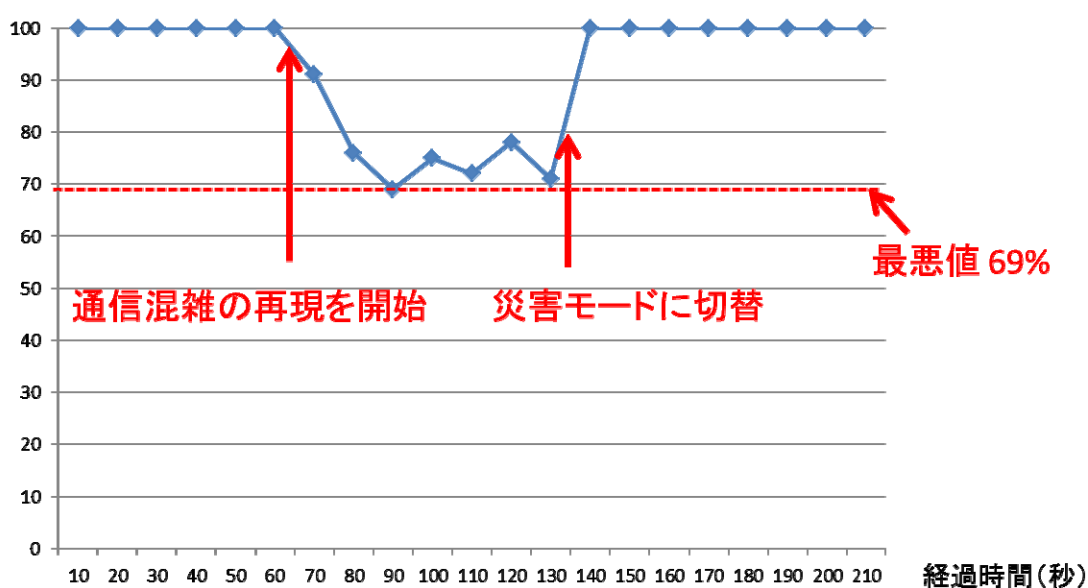


図 15 通信混雑時の認証成功率の推移

また、特に災害時に必要なアプリケーションを作成する際には、定時刻での同期処理はできるだけ

避け、ランダムなもの、あるいはユーザによる設定の可能な周期アクセスを実装する必要があると考えられる。その対応策の1つとして、本研究開発において設定した災害モードのように、通信処理の方式を変更することで通信のための発呼回数を削減する方式は有効である。

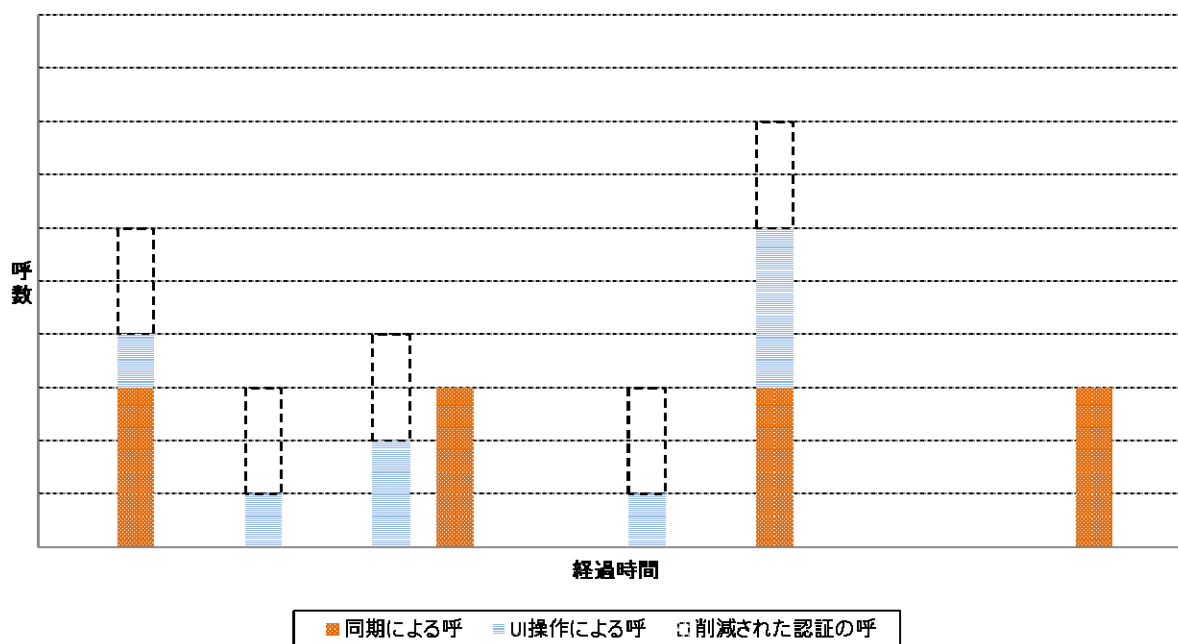


図 16 災害モード実行時での呼発生状態

### 3. 2. 4 大規模災害での通信混雑下における M2M サービスの検証

地震による災害に役立つ M2M サービスの1つとして、地震モニタリングサービスが検討されている。建物の各場所に多数のセンサを設置し、それらが取得した加速度データを集め、建物全体の揺れ方を分析することで建物の健全性診断を行う。仮にセンサが個々に移动通信網に接続されている場合、それらが一斉にデータ転送の要求を発信するため、特に安否確認等で通信混雑が発生する移动通信網に対して、さらに通信混雑を助長してしまう可能性がある。そこで、センサが取得したデータをローカル網によりシンクノードに集め、シンクノードのみが移动通信網を介してサーバに送信するアプローチを検討した。

このようなローカル網では、一部のセンサの故障によりローカル網が途絶してしまうと、その先にあるセンサからの情報を収集できず、たとえ故障を想定してセンサが多く設置されていたとしても、健全性診断に十分なデータを確保できない可能性がある。このため、一部のセンサが故障しても自律的にデータ収集経路を変えることで、診断に必要なデータを可能な限り集める技術を検討した。その結果として、ローカル網の集約を行うセンサ間データ収集技術、および、一部のセンサが故障しても自律的に経路を変え、建物の健全性診断に必要な情報を可能な限り集めるデータ転送技術を考案した。

センサ間データ収集技術に向けて、伝送効率の高い TDMA 方式に着目し、TDMA 方式の特徴を維持しつつ、センサ数やトポロジの変動への対応が困難であった従来方式の技術的な課題に取り組み、拡張性と柔軟性を持つ方式を研究開発し (図 17 左図)、災害時に集中的に発生するデータを高効率に集約できることを確認した。加えて、センサ間のローカル網に冗長性を持たせ、故障が生じて経路を自律的に変更可能なデータ転送技術を開発し (図 17 右図)、開発した方式では、一部のセンサが故障しても、故障センサ周辺の局所的なデータ収集経路を自律的に変更することで、故障から回復可能なことを確認した (図 18)。

加速度センサを用いた地震モニタリングシステムセンサ基盤とセンサデータを収集・管理するローカ



ル網のデータサーバを試作し、センサ間データ集約方式の実証実験を行った。実証実験により、大規模災害時の通信混雑下における M2M サービスの影響を検証するとともに、M2M サービスによる移動通信網への負荷が軽減できることを検証した。

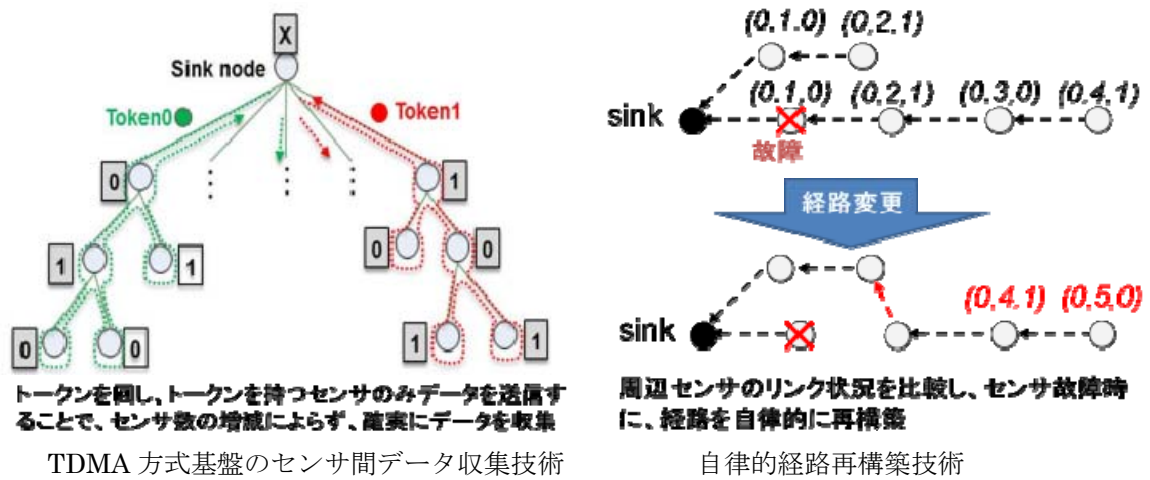
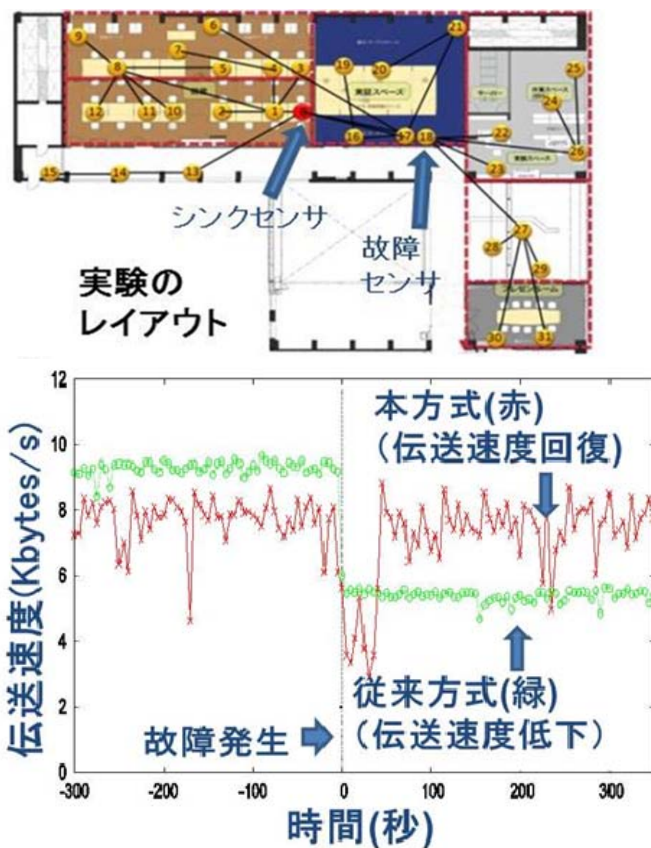


図 17 研究開発した技術の特徴



実証実験により、センサの故障時の自律的なデータ収経路変更技術を検証

図 18 開発した方式の実証実験結果

### 3. 3 課題ウ) 通信処理機能のネットワーク化における信頼性向上技術

通信処理機能のネットワーク化技術が導入されたネットワーク基盤において、状況に応じて要求され

る通信品質を満足することや地域拠点間で通信サービス処理の構成が変更されても通信機能の高可用性が維持されることの要件を明確化する。具体的には、通信処理機能のネットワーク化技術が導入されたネットワーク基盤において、ア) で示した平常時及び異常時の各種の通信品質指標が満たされること、異なる地域拠点間での冗長構成が維持されること等を明らかにする。

### 3. 3. 1 各地域拠点の通信サービスの品質を維持する技術

本研究課題では、拠点間連携制御技術により実行される通信サービスが、本技術を利用しない従来の場合と同等の通信サービス品質を維持するための課題を明らかにし、その解決方法の検討を行った。

拠点間連携制御技術を利用している本研究開発の通信サービスは、通常の通信サービスと異なり、**Hypervisor** と呼ばれるソフトウェアなど仮想マシンを構成する機能を利用している。通信サービスの品質を保証するためには、そのような **Hypervisor** などの性能を考慮して、総合的に通信サービスの品質を維持する仕組みが必要である。シミュレーション等による解析により、割り込み処理や通信サービスアプリケーションによる CPU の共有などソフトウェアの実行スケジュールにかかわる仕組みが通信サービスの品質を阻害する要因であることが判明した。また、典型的な通信サービスの 1 つである SIP サーバの処理において、この阻害要因を解消することにより、通信処理時間の劣化頻度を抑えることが可能であり、その目標として劣化頻度を 0.8% 以内に収めることを明確化した。

これに基づき、割り込み処理などの突発的な外乱を通信サービスの処理から分離することによって、通信サービスの処理時間の変動を抑えることができる、**Hypervisor** の処理オーバーヘッドを削減する方式（外乱要因の排除、仮想 CPU の処理時間の制御）、および通信処理要求の処理時間安定化方式（動的優先度変更方式、分離スケジューリング方式）を設計した。

当該方式を簡易実装し評価した結果、**Hypervisor** の処理オーバーヘッドを削減する方式については、仮想 CPU を割り付けている CPU に対して、外乱要因となる他のタスクや割り込みの処理を抑えることで、通信サービスの主要な信号である Invite 信号遅延の最悪値、およびバラつきが改善されることを確認した。また、仮想 CPU に対して適切な時間配分でスケジュールポリシーを変更することにより、最悪値が改善されることを確認した。また、通信処理要求の処理時間安定化方式については、分離スケジューリング方式を用いることで、あらかじめ決められたタスクの実行と同時に分離スケジューリングが作動し、通信サービス処理に必要なユーザプロセス・カーネルスレッドを他の処理と分離することにより、不必要なタスクによる外乱がなくなり、品質劣化頻度を通常の約 3% から 0.7% に削減できることが明らかとなった。これにより、先に示した通信処理時間の劣化頻度を 0.8% 以内に収めるという通信品質目標を満たせることを確認した。

### 3. 3. 2 地域拠点間連携による高可用性制御技術

拠点間連携制御技術による離れた拠点間での通信処理資源融通に加えて、災害による拠点設備の被災によりサービスが提供できない場合を想定し、そのような場合でもサービスを継続できる高可用性要件の検討を行った。通信サービスの可用性を実現するネットワーク化基盤が複数拠点に跨って構成される場合の可用性モデルを対象に、ITU-T で規定される可用性目標値を達成するために必要な高可用性技術要件を明確にした上で、それを満たす構成を模擬するプロトタイプソフトウェアを実装・評価することで、異なる拠点間での冗長構成が維持されることを検証し、当初の目標を達したことを確認した。

震災などで拠点被災によりサービスを提供できない場合の切り替え先として、拠点の離れた環境に待

機系システムを配備することが考えられる。従来のシステムでは、同一拠点に配備された待機系とのデータ同期完了を待って動作をさせている。この従来の仕組みのまま、拠点間に跨った冗長化構成を組むと、ネットワーク遅延の影響により、同期しきれないデータが運用系に滞留する、また、所定時間内に同期完了できない場合に再送を行うなどの処理が継続し、データ同期そのものに行えないことになる。よって、拠点間に跨ったリソースを使用するネットワーク化基盤において冗長構成を組む場合には、サーバ間でどのようにデータ同期を行うかという課題がある。

この拠点間に跨ったネットワーク化基盤の可用性を評価する数学モデル（評価モデル）を通信局舎のシステム構成をベースに構築し、アベイラビリティ、セッションカットオフレートの算出結果（評価・分析）から、可用性モデル（可用性を向上させるモデル）を規定し、以下の3つの高可用性要件を明確にした。

- ① 拠点間に跨った3重化の冗長構成をとること
- ② 1分以内にサーバの切り替えを完了すること
- ③ 5秒周期でデータ同期を行うこと

この際、可用性の定量的尺度としてアベイラビリティとセッションカットオフレートをを用いた。ITU-T Q.543 (DIGITAL EXCHANGE PERFORMANCE DESIGN OBJECTIVES) の可用性要件を参考にし、これらの可用性目標値をアベイラビリティが0.99999 (Five-Nine) 以上、セッションカットオフレートが $10^{-5}$ 以下とした。

上記3つの機能要件を有するプロトタイプを新たに開発した。

このプロトタイプを使用し、ネットワーク遅延のない待機系と、ネットワーク遅延のある待機系の2つの待機系サーバを配備し、運用系サーバにおいて同期周期パラメータを振らせてデータ同期性能（同期に要する時間とCPU使用率）を収集し評価を行った。

評価の結果、拠点間に跨るネットワークに配備したサーバ間での同期を模擬するデータ同期制御プロトタイプにおいて、設定したトラフィック条件・システム条件を満たす要件を明確にすることができ、作成したプロトタイプが有効に活用できることを確認した。さらに、考案した非同期型の通信による同期手法が有効であることを確認した。

### 3. 4 課題工) 通信処理機能のネットワーク化における通信状況可視化、管理技術

通信処理機能のネットワーク化技術が導入されたネットワーク基盤において、全ての管理対象の状況を網羅的に把握し、異常事象の検出及び管理者の確認に基づく復旧動作の実施を支援する通信状況の可視化・管理技術や利用者へ通信サービスの利用可否に関する情報等を適切に提供可能な通信サービス状況の可視化技術の管理情報モデルを確立し、その有効性を実施する。

#### 3. 4. 1 通信処理機能のネットワーク化における通信状況可視化

通信処理機能のネットワーク化技術が導入されたネットワーク基盤において、全ての管理対象の状況を網羅的に把握、異常事象の検出および管理者の確認に基づく復旧動作の実施を支援する通信状況の可視化や、利用者に対して通信サービスの利用可否に関する情報等を適切に提供可能な通信サービス状況の可視化をする管理情報モデルとしてサービスレベル可視化モデルを確立し、その有効性を実証した。

運用管理者に対しては、物理的な構成を意識させることなく通信サービスの混雑状況や通信処理能力の過不足を可視化し、また利用者に対しては、4つの通信サービス（電話、メール、インターネット、災害伝言板）を対象に混雑状況を可視化した。本技術を用いて、東北および関東の2つの拠点間に跨

て構築された通信サービス（音声通信サービスとパケット通信サービス）のサービス状況を、混雑事象が発生してから5分以内で可視化し、拠点間に跨る通信サービスの能力増強作業を行えることを実証した。以上により、当初目標を達成したことを確認した。

さらに、運用管理者向け運用画面の操作性について主観評価を実施し、実用上問題のないレベルに達しているとの評価（評価平均3.12）を得た。また利用者向け画面において100名を対象にアンケートを実施し、利用者向けに可視化した情報によって、利用者がどの程度サービス状況を理解し、それぞれの理解に応じてどのように行動するのかという傾向に関する知見を得た。

研究開発の背景について述べる。

1つの通信サービスが複数拠点の資源で構成され、かつその構成が時間とともに変化してゆくネットワーク化された通信サービスにおいては、その通信サービスの構成は非常に複雑なものになり、混雑状況等の把握が困難になる。こうしたネットワーク化された通信サービスを対象に、災害時の緊急な対応を可能にしたうえで日々運用していくための通信状況可視化技術には、以下の3点が重要である。

- ① 通信混雑状況を短時間で可視化する。
- ② 動的に変化するサービスの物理的構成を運用管理者に隠蔽して可視化し、どこの通信サービスにどれだけ通信資源を増強すべきか、また、その融通できる通信資源がどこにどれだけあるかをわかりやすく可視化し、運用管理者の速やかな対応を可能にする。
- ③ 混雑した通信サービスへの通信要求を減らす取り組みとして、利用者視点でつながりやすいサービスを選択可能にする。

本研究開発において、①、②、③を解決する通信状況可視化技術を開発した。

技術を構成する3つの技術とその結果を以下に示す。

#### 1) 『通信混雑を短時間で可視化する技術』（①の解決）

通信要求の増加による通信サービスの混雑状況を短い時間で分析・判定する技術を開発した。従来1時間以上かかる混雑判定について、実用上十分な精度を確保しながら判定時間の短縮を図った。判定時間を短縮するために、測定値3周期分を対象に混雑度を分析するロジックを用いて、揺らぎのある音声通信を対象として測定周期と精度（見逃し率）を検討し、本研究開発の実証環境下で実用上十分な精度を確保できる測定周期を、1分周期であると求めた。なお、見逃し率とは、混雑している状況において一時的な負荷の減少により混雑していないと判定してしまう割合である。

この可視化技術を用い、1分あたり10%ずつ増加するような負荷については、通信資源の処理能力の指標値を超えてから平均3.2分で混雑として可視化し、また1分あたり1%ずつ増加するような負荷については、通信資源の処理能力の指標値を超えてから平均4.2分で混雑として可視化できることを確認した。

#### 2) 『運用管理者が対応を速やかに判断できる技術』（②の解決）

運用管理者が速やか、かつ的確に通信サービス能力の増強、削減を判断することが可能な「通信サービスシステム可視化技術」を開発した。

ホーム拠点の概念を導入し、ホーム拠点上に仮想的な通信サービスシステムを構成することにより、物理的な構成変動を隠蔽してサービス状況を可視化した。

さらにリソース量と通信処理負荷を処理能力に換算して表現する、サービスレベル可視化モデルを規定して各拠点の通信サービスの混雑状況を可視化（図19）し、個々の通信サービスの構成に関わりなく通信資源増強を行えることを実証した。また、運用画面の操作性について主観評価を実施し、実用上問題のないレベルに達しているとの評価（評価平均3.12）を得た。

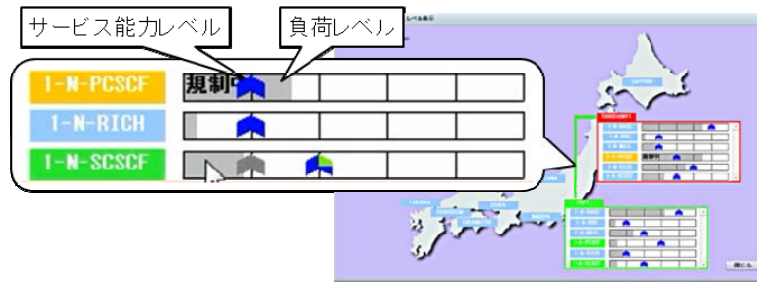


図 19 運用管理者向け可視化

3) 『利用者向けのサービス状況可視化技術』(③の解決)

通信サービスシステムの状況(処理能力、負荷、規制)を利用者視点のサービスのつながりやすさに変換して、利用者に対してサービスごとのつながりやすさを可視化する「サービス状況可視化技術」を開発し、4つの通信サービス(電話、メール、インターネット、災害伝言板)の混雑状況や能力の過不足を可視化した(図 20)。



図 20 利用者向け可視化

さらに、東北地域で電話サービスが最も混雑している状況を可視化した画面を用いて、100名を対象に利用者アンケートを実施し、利用者がどの程度サービス状況を理解し、それに応じてどのように行動するのかという傾向に関する評価を行った。

本技術の目的は、利用者視点でサービス状況を可視化することでつながりやすい通信サービスを選択してもらい、混雑した通信サービスへの通信要求を減らすことであった。利用者向けの可視化の表示内容を意図したとおりに理解した利用者は9割弱に達し、可視化の理解度としては高い評価を得られた。また、その内、7割強の利用者は比較的つながりやすいサービスを選択しており、取り組みの目的であった利用集中の緩和にも一定の効果が認められた。しかし、大変混雑していると認識しているにもかかわらず、電話サービスを選択する利用者も3割弱存在し、利用者がつながりやすさだけで通信手段を選択するのではないことが明らかとなった。

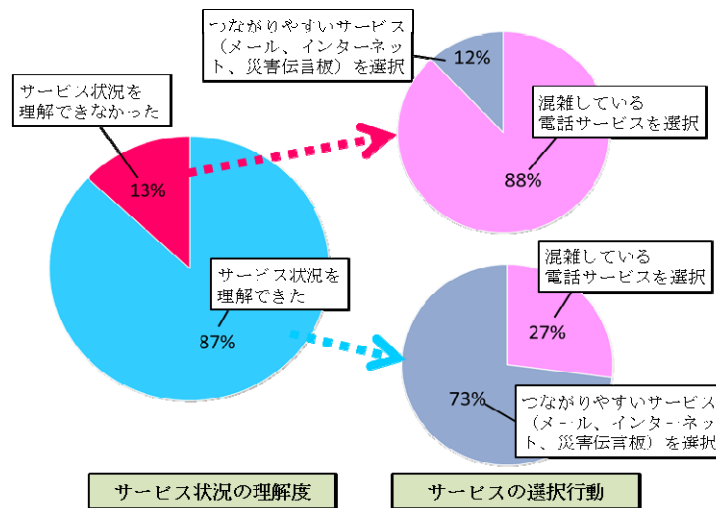
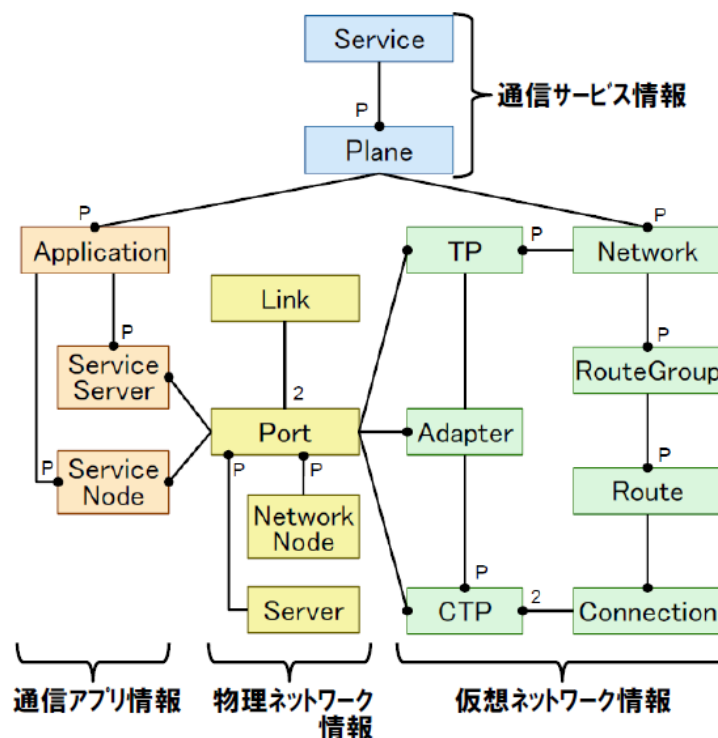


図 21 サービス状況の理解とサービス選択行動

### 3. 4. 2 通信処理機能のネットワーク化におけるレイヤ連携管理技術

大規模災害時には、利用者間の安否確認や社会インフラの被災状況確認等による通信混雑に加え、通信機器の被災による通信障害が発生する。その障害状況を迅速に把握し、ネットワークの一次復旧を急ぐことは、使えるネットワーク資源を増やし、通信混雑の緩和につながる。

本研究開発では、OpenFlow という新しい技術と従来の通信事業者のネットワークを構成する様々な通信技術を組み合わせて一元管理できるフローベースのネットワーク管理情報モデルを確立した (図 22)。また、このモデルを検証し、障害からの迅速な復旧を可能とするための基本技術を実現できる見通しを得、当初の目標を達成したことを確認した。



※ ServiceServer: 音声 (SIP) サーバ など、ServiceNode: eNB など  
 TP: Networkの端点 (Termination Point)、CTP: Connectionの端点  
 Adapter: Network (レイヤ) 間の接続を実現 (特性の違いを吸収)

図 22 フローベースのネットワーク情報管理モデル

このネットワーク管理情報モデルの主な特長を次に示す。

- 従来のモデルでは管理できなかった、OpenFlow に対応可能とした。  
レイヤによるネットワーク特性の違いを「Adapter」に集約することで一元管理を実現した。
- あらかじめ設計されている自動的な迂回経路への変更に対して高速に追従可能とした。  
「RouteGroup」という概念を用いて、オープンフローを含め 1 つ 1 つの経路が複雑な経路構成を有する場合の管理を実現した。

## 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

### 4.1 研究開発体制と研究開発スケジュール

移動通信ネットワークの設計、構築、運用に関わる知識と経験を持つ研究開発機関、および、災害の実情について十分な経験を有している東日本大震災の被災地域の大学や ICT 企業が持つそれぞれの強みを生かす実施計画を立案し、研究開発の円滑な進行、ならびに実用化に向けた研究開発活動につなげるために、各共同研究機関の研究開発部門の人材のみならず事業部門の人材も本研究開発に参画し、関連する分野に精通した優れた人材を効果的に投入できる体制を構築した。

東北または関東に拠点を持つ複数の研究機関による共同の取り組みであったため、代表研究機関が各研究機関の研究内容の詳細まで把握した上で、実施計画を週単位で詳細化した。

その上で、その適正な実施のため代表研究機関が中心となって稠密な進捗管理を実施することで、実験環境の構築、システム開発、実証実験を通じて、2 拠点間で通信処理能力を融通し、通信混雑が生じている拠点の通信処理機能を 1.7 倍以上に増強可能であることを確認した。

|   |   |
|---|---|
| 成果目標：大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する研究開発 |   |
| 課題ア)                                    | 大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する要件の明確化                              |
|   | ア) -1 通信処理における通信処理性能特性の明確化<br>実施機関：日本電気、NTT ドコモ                   |
|   | ア) -2 通信処理機能の仮想化における通信処理品質特性の明確化<br>実施機関：日本電気                     |
|   | ア) -3 ネットワーク化基盤における高可用性要件の明確化<br>実施機関：富士通                         |
|   | ア) -4 通信混雑下における耐災害情報通信サービスのトラフィック特性の明確化<br>実施機関：NEC ソフトウェア東北、東北大学 |
|   | ア) -5 通信混雑下における M2M サービスのトラフィック特性の明確化<br>実施機関：東京大学                |
| 課題イ)                                    | 拠点間での通信処理機能の有機的連携制御（通信処理機能のネットワーク化）技術                             |
|   | イ) -1 通信処理機能のネットワーク化を実現する連携制御アーキテクチャ<br>実施機関：NTT ドコモ              |
|   | イ) -2 通信サービスの拠点間連携制御技術<br>実施機関：日本電気                               |
|   | イ) -3 地域拠点間連携による仮想マシンリソース制御技術<br>実施機関：富士通                         |
|   | イ) -4 大規模災害での通信混雑下における耐災害情報通信サービスの検証<br>実施機関：NEC ソフトウェア東北、東北大学    |
|   | イ) -5 大規模災害での通信混雑下における M2M サービスの検証<br>実施機関：東京大学                   |
| 課題ウ)                                    | 通信処理機能のネットワーク化における信頼性向上技術   |
|   | ウ) -1 各地域拠点の通信サービスの品質を維持する技術<br>実施機関：日本電気                         |
|   | ウ) -2 地域拠点間連携による高可用性制御技術<br>実施機関：富士通                              |
| 課題エ)                                    | 通信処理機能のネットワークにおける通信状況可視化、管理技術                                     |
|   | エ) -1 通信処理機能のネットワーク化における通信状況可視化<br>実施機関：富士通                       |
|   | エ) -2 通信処理機能のネットワーク化におけるレイヤ連携管理技術<br>実施機関：富士通                     |

図 23 研究開発の実施体制



表 1 研究開発スケジュール

|  | 平成24年 |        |                |                |                |                |                |                |                |                | 平成25年 |    |           |           |
|--|-------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|----|-----------|-----------|
|  | 4月    | 5月     | 6月             | 7月             | 8月             | 9月             | 10月            | 11月            | 12月            | 1月             | 2月    | 3月 |           |           |
| 課題ア)：大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する要件の明確化  |       | 課題ア)ー1 | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           |       |    |           |           |
|  |       | 課題ア)ー2 | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           | 方式検討           |       |    |           |           |
|  |       | 課題ア)ー3 | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           |       |    |           |           |
|  |       | 課題ア)ー4 | 特性分析           | 特性分析           | 特性分析           | 特性分析           | 特性分析           | 特性分析           | 特性分析           | 特性分析           |       |    |           |           |
|  |       | 課題ア)ー5 | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        | 基本機能の設計        |       |    |           |           |
| 課題イ)：拠点間での通信処理機能の有機的連携制御(通信処理機能のネットワーク化)技術 |       | 課題イ)ー1 | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      | アーキテクチャ検討      |       |    |           |           |
|  |       | 課題イ)ー2 | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  | 拠点間連携制御基本方式設計  |       |    |           |           |
|  |       | 課題イ)ー3 | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           |       |    |           |           |
| 課題ウ)：通信処理機能のネットワーク化における信頼性向上技術             |       | 課題ウ)ー1 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 | 通信サービス品質保証方式設計 |       |    |           |           |
|  |       | 課題ウ)ー2 | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           |       |    |           |           |
| 課題エ)：通信処理機能のネットワークにおける通信状況可視化、管理技術         |       | 課題エ)ー1 | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           |       |    |           |           |
|  |       | 課題エ)ー2 | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           | 基礎検討           |       |    |           |           |
| 研究設備構築線表                                   |       |        |                |                |                |                |                |                |                |                |       | 設計 |           |           |
| 運営委員会                                      |       |        |                |                |                |                |                |                |                |                |       |    | 第1回 8月30日 | 第2回 1月29日 |

|  | 平成25年  |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 平成26年  |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 2月     | 3月     | 4月     | 5月     | 6月     | 7月     | 8月     | 9月     | 10月    | 11月    | 12月    | 1月     | 2月     | 3月     |
| 課題イ)：拠点間での通信処理機能の有機的連携制御(通信処理機能のネットワーク化)技術 | 課題イ)ー1 | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   |
|  | 課題イ)ー2 | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   |
|  | 課題イ)ー3 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|  | 課題イ)ー4 | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   |
|  | 課題イ)ー5 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 | 評価方法検討 |
| 課題エ)：通信処理機能のネットワーク化における通信状況可視化、管理技術        | 課題エ)ー1 | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   | 方式検討   |
| 研究設備構築線表                                   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 研究開発運営委員会                                  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

#### 4. 2 NICT との連携・テストベッド等の利用

実証実験システムは、東北大学を東北拠点として、また横須賀リサーチパーク（YRP）を関東拠点として、それぞれに1拠点分の設備を配置し、NICTと連携しYRPと東北大学の間をJGN-Xを介して接続した。実証実験環境の全体構成を図24に示す。

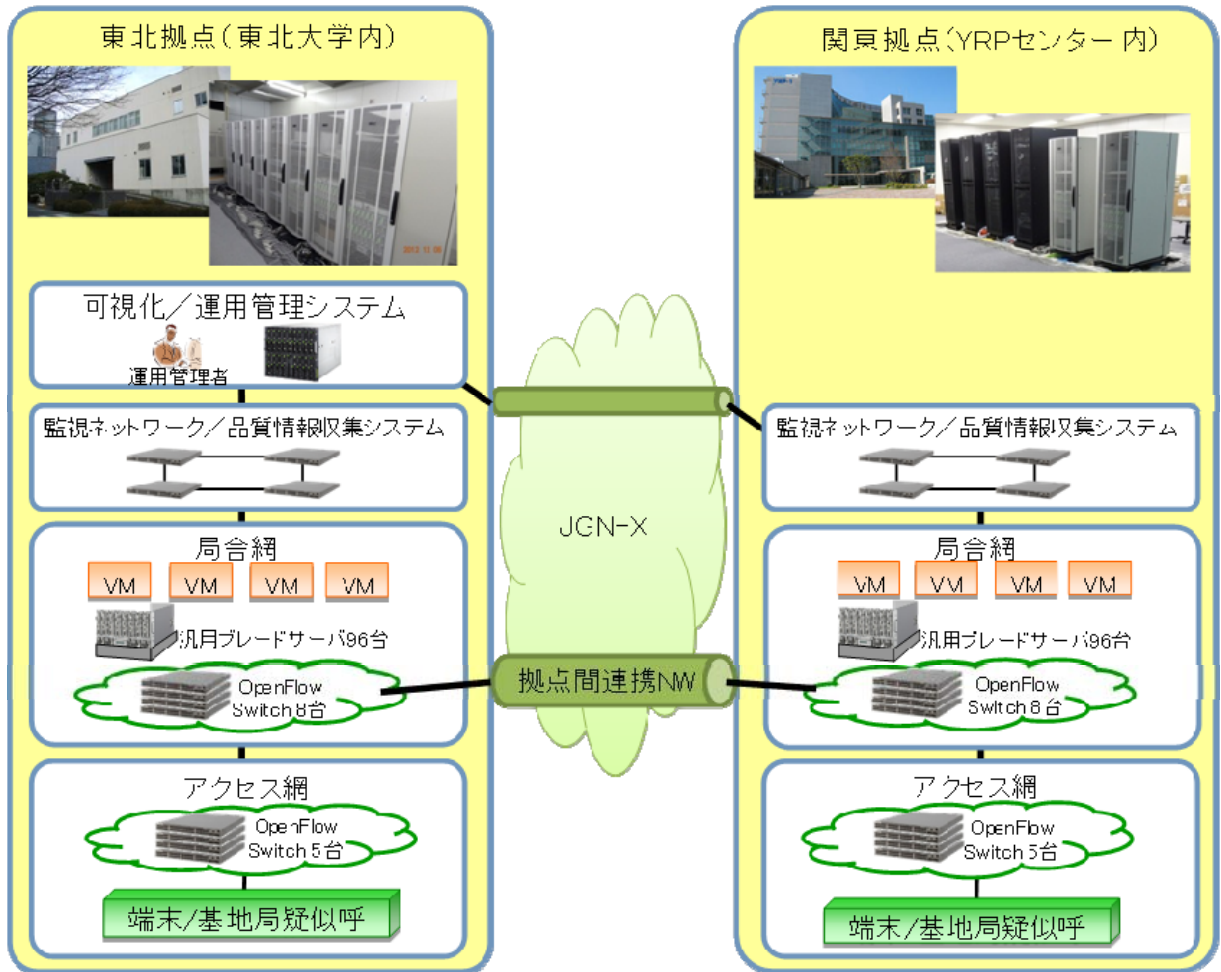


図 24 全体システム構成

#### 4. 3 国際標準化の取り組みについて

ETSI (The European Telecommunications Standards Institute) の NFV-ISG (Network Functions Virtualisation Industry Specification Group) において、本研究開発で検討の対象とした、離れた拠点間での通信処理資源を融通するための技術を含む仮想化管理機能の検討が行われている。本研究開発の成果を基に、詳細文書の作成作業に貢献し、2013 年度後半で 23 件の提案を行った。

Open Networking Foundation (ONF) では、Architecture & Framework Working Group において、2013 年度後半より Northbound API 基本アーキテクチャ案の策定に係る Architecture Overview Document の作成に貢献した。また、Configuration and Management Working Group においても、2013 年後半より、OpenFlow の設定管理に係る標準化提案 (OF-CONFIG 1.4~) に係る Notification Framework Document の作成に貢献した。

#### 4. 4 研究開発運営委員会等について

##### 4. 4. 1 研究開発運営委員会の開催

本研究開発の実施にあたり、研究開発の方針、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方、研究開発プロジェクト管理等について助言を得ることを目的とした、外部の学識経験者、有識者、行政関係者等で構成する「通信処理機能のネットワーク化技術のための研究開発運営委員会」を運営した。

表 2 に示す学識経験者、有識者、行政関係者等により委員を構成し、表 3 に示すように 4 回の委員

会を開催した。

表 2 委員一覧

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| 鶴 正人  | 九州工業大学 情報工学部 教授             |
| 山崎 憲一 | 芝浦工業大学 デザイン工学部 教授           |
| 西永 望  | 情報通信研究機構 ネットワークシステム総合研究室 室長 |
| 前田 洋一 | 情報通信技術委員会 代表理事専務理事          |
| 高橋 裕  | 仙台市 経済局 局長                  |

(敬称略)

表 3 委員会の開催日時・場所

|       | 開催日時                 | 開催場所                   |
|-------|----------------------|------------------------|
| 第 1 回 | 平成 24 年 8 月 30 日 (木) | 仙台国際センター 小会議室 8        |
| 第 2 回 | 平成 25 年 1 月 29 日 (火) | 東北大学 さくらホール 大会議室       |
| 第 3 回 | 平成 25 年 7 月 12 日 (金) | エッサム神田ホール 201          |
| 第 4 回 | 平成 26 年 1 月 31 日 (金) | NEC ソフトウェア東北株式会社 1 階講堂 |

4 回の委員会では、研究開発の進捗状況に応じて、技術的な側面に加えて成果の表現方法や、研究開発の進め方について多くの有益な助言を得た。

第 1 回委員会では、研究開発内容の概要について説明を行った。これを受けて、委員より、以下の観点から検討を行うよう指摘を受けた。

- 成果目標「通信能力を増強する」ことについて、一般市民等にも理解しやすいような説明の仕方を検討すること
- 「大規模災害時に被災地の通信能力を緊急増強する技術の研究開発」という観点に立った場合の、リアルタイム性や高可用性に対する要件の明確化を行うこと

第 2 回委員会では、進捗状況、技術要件の明確化に係る成果見通し等について説明を行った。委員から、それぞれの課題に設定した目標が確実に達成できる見通しであり、適切に研究開発が進められていること、今後研究成果が有効に利用されるよう、研究開発期間およびその後の継続的な研究を実施する方法を併せて検討計画していくことなどの助言を得た。

第 3 回委員会では、進捗状況、課題解決に資する実証実験の取り組み方針等の説明を行った。これを受けて、委員より、以下の観点から検討を行うよう指摘を受けた。

- 災害時の拠点間ネットワークに関する想定や前提条件を明確にしたうえで技術検討を進めること
- 拠点間の連携には標準化をともなう技術要素が含まれると予想されるので、標準化活動を視野に入れて検討を進めること

第 4 回委員会では、進捗状況、実証実験の成果および見通し等について説明を行った。これを受けて、委員より、以下の点について助言を受けた。

- 顧客や利用者にとどのように見えるかという観点を考慮して説明を工夫すること
- 災害というコンテキストで検討しているが、汎用的に利用可能な成果も見られるので、広い視野での成果展開を期待したい

#### 4. 4. 2 耐災害 ICT 研究協議会への参画

本研究開発の進捗管理、成果の情報共有、外部への情報発信、標準化推進等を行うことを目的として設置された耐災害 ICT 研究協議会および耐災害 ICT 研究シンポジウムに参画し、以下に示すとおり研究開発内容の報告を行った。

表 4 耐災害 ICT 研究協議会・シンポジウムでの報告内容

|                            | 開催日時                   | 発表内容                                  |
|----------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 第 2 回<br>耐災害 ICT 研究協議会     | 平成 24 年<br>10 月 26 日   | 研究開発の進捗状況について説明を行った。                  |
| 第 2 回<br>耐災害 ICT 研究シンポジウム  | 平成 25 年<br>3 月 25、26 日 | 研究開発内容の概要および研究開発を通じて得られた結果について説明を行った。 |
| 耐災害 ICT 研究センター開所<br>シンポジウム | 平成 26 年<br>3 月 3 日     | 研究開発内容の概要および研究開発を通じて得られた結果について説明を行った。 |

#### 4. 5 人材の確保・育成に係る取り組み状況

人材の確保については、研究開発の円滑な進行、ならびに実用化への研究開発活動につなげることを目的とし、各共同研究機関の研究開発部門の人材に加え、事業部門の人材も本研究開発に参画する体制により、研究開発を推進した。その結果、3GPP 準拠のシステムによる実際のネットワークに近い環境の下で、実用的な研究成果が得られた。

#### 4. 6 研究成果の情報発信

本研究開発の成果については、各研究機関がそれぞれ、電子情報通信学会や情報処理学会等国内外の学会・フォーラム・シンポジウム等での発表、招待講演、論文誌への投稿、社内外の展示会、およびプレス対応等を実施した。

2013 年 10 月 2 日には、大規模災害時における新たな通信混雑緩和技術の実証実験を開始した旨の報道発表を、共同研究機関各者の連名により行った。また、この発表に合わせて研究内容を広くレクチャーするシンポジウムを企画し、関連の研究者や報道関係者が集まる CEATEC というイベントに併催して行った。その結果、本報道発表の内容に対して、以下のような報道機関やメディアによる掲載を得ており、報道発表により本研究開発の取り組みを広く情報発信する目的を達成できたと考える（掲載リストは、13 参照）。

### 5 研究開発成果の社会展開のための計画

#### 5. 1 国際標準化の取り組みについて

本研究開発で実証した技術分野の標準を議論する、米国を中心とする団体 ONF（Open Networking Foundation）における、アーキテクチャの検討を行う Architecture & Framework Working Group、および、制御管理の仕組みの検討を行う Configuration and Management Working Group において、引き続き活動に参画し、Northbound API や設定管理等の技術内容の方針付けを実施する。

同じく本研究開発で実証した技術分野の標準を議論する、欧州を中心とする標準化団体 ETSI（The European Telecommunications Standards Institute）の NFV-ISG（Network Functions Virtualization Industry Specification Group）において、引き続き活動に参画し、仮想化管理機能等に関する発行文書の作成作業を進める。

## 5. 2 実用化に向けた取り組みについて

本研究開発で検討した技術は音声通話やメール等の通信サービスを提供する通信事業者により利用されることが想定され、それを目指しさらなる技術開発を進める。

今回の研究開発で基本となる要素技術が確立されるが、その後、多様な周辺技術とともに商用製品に搭載する取り組みが進み、それらの機能が充実されていくことが必要である。そのような周辺技術には、本研究開発で取り組んだ通信サービスの品質の維持に必要な仕組みや長期間サービスを継続できる信頼性を実現する（可用性を確保する）仕組みがある。それぞれの技術は国際標準として採用され、市場において低廉な機器が普及していくことも併せて必要となる。

また、本研究開発の技術は、小規模な通信事業者に利用されるソリューションにも適用できるものとして、併せて検討を行っていく。

## 5. 3 波及効果について

本研究開発は移動通信ネットワークを対象としているが、音声の通信処理に同様の仕組みを利用して固定の音声電話サービスへの適用することが可能であるため、広く災害や輻輳に強い通信ネットワークの構築に資することが期待される。また、当研究開発で開発した技術は、大規模災害時における通信処理リソースの緊急増強を目的としているが、大規模災害に限らず、通信事業者が直面する日常の予測不可能な通信混雑への対策としても利用が可能である。現在の通信サービスは、予想されるトラフィックに対して十分な余裕を持った通信処理リソースをあらかじめ用意することで必要とされるサービス品質を提供するよう設計されているが、同時に余剰な通信処理リソースを保有することになり、効率性に課題がある。本研究開発の技術を利用し必要なリソースを他の拠点から割り当てる方法により、余剰な通信処理リソースを削減し、効率を高められる可能性がある。

## 6 査読付き誌上発表論文リスト

## 7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

- [1]J. Liu・M. Suzuki・D. Lee・H. Morikawa（東京大学）、“High Throughput Data Collection with Topology Adaptability in Wireless Sensor Network”、Proceedings of the 12th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2013)（フィラデルフィア、アメリカ） pp. 343-344（2013年4月9日）
- [2]J. Liu・M. Suzuki・D. Lee・H. Morikawa（東京大学）、“A Token Scheduled High Throughput Multi-channel Data Collection Protocol for Wireless Sensor Network”、Proceedings of IEEE 77th Vehicular Technology Conference (VTC2013-Spring)（ドレスデン、ドイツ） pp. 1-5（2013年6月4日）
- [3]J. Liu・M. Suzuki・D. Lee・H. Morikawa（東京大学）、“Implementation and Evaluation of Token-Scheduled Collection Protocol in Wireless Sensor Network”、Proceedings of the 19th Asia Pacific Conference on Communications (APCC)（デンパサール、インドネシア） pp. 172-177（2013年8月30日）

## 8 その他の誌上発表リスト

- [1]菅原智義・水越康博（NEC）、“大規模災害時の移動通信サービスの輻輳解消に向けた研究開発の取り組み”、NEC 技報 Vol.65 No.3/2013 pp120-124（2013年2月28日）

## 9 口頭発表リスト

- [1]岩田淳（NEC）、“OpenFlow/SDN technologies for cloud and for Flexible and Cost-effective transport”、MPLS2012 International Conference - SDN & Inter-Cloud Summit（ワシントン DC、アメリカ）（2012年11月1日）
- [2]水越康博（NEC）、“柔軟なキャリアネットワーク基盤を実現する OpenFlow/SDN 技術”、光ネットワークシステム技術第171委員会（東京）（2012年11月27日）
- [3]滝田亘（NTT ドコモ）、“災害に強い新たなモバイルネットワークー防災対応・モバイルネットワーク・オープンフロー/SDN・ネットワーク仮想化ー”、新社会システム研究所セミナー（東京）（2012年12月17日）
- [4]清水敬司・岩科滋・中村哲也・滝田亘（NTT ドコモ）、“柔軟な移動通信ネットワーク実現への課題とアプローチ”、電子情報通信学会情報通信マネジメント研究会（長崎）（2013年1月17日）
- [5]伊藤康一（東北大学）・札野欽也（NEC ソフトウェア東北）・青木孝文（東北大学）・加藤拓弥（NEC ソフトウェア東北）、“一般物体認証に関する基礎的検討”、2013年暗号と情報セキュリティシンポジウム（京都）（2013年1月23日）
- [6]山田祥之・藤波誠・宮尾泰寛・水越康博（NEC）、“スマートフォンから生起されるパケットの特性分析”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月19日）
- [7]小比賀亮仁・菅原智義（NEC）、“仮想化環境における通信処理要求の処理時間安定化方式”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月19日）
- [8]徳永真也・村合正明・兎耳山俊吾（富士通）、“ネットワーク化環境における高可用性要件の検討”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月19日）
- [9]Jinzhi Liu・Makoto Suzuki・Doohwan Lee・Hiroyuki Morikawa（東京大学）、“Topology Adpatability

- Enabled High Throughput Wireless Sensor Network”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）、（2013年3月19日）
- [10]元木顕弘・鳥居隆史・菅原智義（NEC）、“仮想化された通信サービスの拠点間連携制御方法の検討”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月20日）
- [11]岩田淳（NEC）、“情報通信ネットワークにおける新世代技術の動向”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月20日）
- [12]岩田淳（NEC）、“最新の OpenFlow 技術とこれから期待される応用”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月21日）
- [13]藤波誠・山田祥之、宮尾泰寛・水越康博（NEC）、“スマートフォンアプリに起因する通信混雑シミュレーション”、電子情報通信学会総合大会（岐阜）（2013年3月22日）
- [14]滝田亘（NTT ドコモ）、“災害時の通信混雑を低減し音声通信等を繋がりやすくする研究開発”、ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2013（セミナー）（東京）（2013年5月29日）
- [15]岩科滋（NTT ドコモ）、“大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する研究開発”、ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2013（展示）（東京）（2013年5月29-31日）
- [16]中村寛（NTT ドコモ）、“通信ネットワークの今とこれから～仮想化技術が拓く未来のネットワーク～”、GITI フォーラム（東京）（2013年6月5日）
- [17]三浦衛（東北大学）・札野欽也（NEC ソフトウェア東北）・伊藤康一・青木孝文（東北大学）、“Performance evaluation of phase-based correspondence matching on GPUs”、SPIE Optics + Photonics 2013（サン・ディエゴ、アメリカ）（2013年8月28日）
- [18]沼田絵梨子・木村大地・河津正人（NEC）、“複数階層マシン上におけるアプリケーションの性能予測のための階層性能モデルの検証”、第12回情報科学技術フォーラム（鳥取）（2013年9月5日）
- [19]壬生亮太・鳥居隆史・菅原智義（NEC）、“通信サービスの拠点間連携制御技術”、電子情報通信学会ソサイエティ大会（福岡）（2013年9月18日）
- [20]J. Liu・M. Suzuki・D. Lee・H. Morikawa（東京大学）、“Reliable Data Collection Using Tokens in Wireless Sensor Network”、電子情報通信学会ソサイエティ大会（福岡）（2013年9月19日）
- [21]岩田淳（NEC）、“通信要求の変動に柔軟に対応するための通信サービスの仮想化への取り組み”、IEICE 東京支部シンポジウム（CEATEC JAPAN 2013）（千葉）（2013年10月3日）
- [22]清水敬司（NTT ドコモ）、“ネットワーク仮想化技術を用いた柔軟なコアネットワーク実現への取り組み”、IEICE 東京支部シンポジウム（CEATEC JAPAN 2013）（千葉）（2013年10月3日）
- [23]大橋正彦（富士通）、“複数拠点に跨る仮想化通信リソースの可視化”、IEICE 東京支部シンポジウム（CEATEC JAPAN 2013）（千葉）（2013年10月3日）
- [24]清水敬司（NTT ドコモ）、“柔軟な移動通信ネットワーク実現にむけた取り組み”、電子情報通信学会ネットワークシステム研究会（北海道）（2013年10月17日）
- [25]岩田淳（NEC）、“Software Define 化がもたらす新たなパラダイム”、2013年度東京大学情報理工学研究所 創造学連携講義 I（東京）（2013年10月31日）
- [26]岩田淳（NEC）、“Software-Defined Networking 技術の最新動向と今後の展望”、電子情報通信学会通信方式研究会（北海道登別市）（2013年11月14日）
- [27]尾上誠蔵（NTT ドコモ）、“スマートライフのパートナーへ”、DOCOMO R&D Open House 2013 基調講演（神奈川）（2013年11月22日）
- [28]滝田亘（NTT ドコモ）、“耐災害モバイルネットワークの研究開発動向～NFV／オープンフロー／

SDN の最新動向と今後の展望～”、新社会システム研究所 ワイヤレス&モバイル戦略特別セミナー（東京）（2014年1月20日）

[29]中村哲也(NTT ドコモ)、“DOCOMO's Challenges for Network Virtualization in Mobile Networks”、Open Networking Summit 2014（サンタクララ、アメリカ）（2014年3月4日）

[30]門脇保・永澤弘樹・郷健一・鈴木健一・小梨貴史・渡辺俊勝・成田陽広（NEC ソフトウェア東北）、“通信混雑下でのモバイルサービスアプリケーションの考察”、第76回情報処理学会（東京）（2014年3月13日）

[31]多賀尚仁・窪田好宏・牧野篤博・赤坂和弘（富士通）、“仮想化した通信処理リソースの可視化技術”、電子情報通信学会 2014年総合大会（新潟）（2014年3月18日）

[32]降矢龍浩・村合正明・浜田智幸・町田芳則（富士通）、“拠点間に跨った仮想通信処理リソース制御の検討及び評価”、電子情報通信学会 2014年総合大会（新潟）（2014年3月18日）

[33]小峰浩昭・大橋正彦・水口有（富士通）、“フローネットワーク管理情報モデルに関する検討”、電子情報通信学会 2014年総合大会（新潟）（2014年3月18日）

[34]中村哲也（NTT ドコモ）、“ETSI ISG NFV の最新動向と NTT ドコモの取組み”、新社会システム研究所 ワイヤレス&モバイル戦略特別セミナー（東京）（2014年3月19日）

[35]岩田淳(NEC)、“SDN/NFV の最新動向と NEC の取組み～多様な広域ネットワークへの SDN/NFV の適用へ向けて～”、新社会システム研究所 ワイヤレス&モバイル戦略特別セミナー（東京）（2014年3月19日）

## 10 出願特許リスト

[1]伝宝浩史（NEC）、通信システム、仮想ネットワーク管理装置、通信ノード、通信方法及びプログラム、日本、2012年11月22日

[2]沼田絵梨子（NEC）、仮想化システムの性能予測装置、性能予測方法およびコンピュータ・プログラム、日本、2013年1月7日

[3]網代育大（NEC）、仮想マシンの割当処理を行う情報処理装置、仮想マシン割当方法及びそのためのプログラム、日本、2013年2月18日

[4]山田祥之（NEC）、周期性検出方法、周期性検出装置および周期性検出プログラム、日本、2013年2月28日

[5]小比賀亮仁（NEC）、リクエスト処理時間安定化システム、リクエスト処理時間安定化方法、仮想マシン環境及びプログラム、日本、2013年3月12日

[6]鳥居隆史（NEC）、情報処理システム、及びアプリケーションの移転方法、日本、2013年3月15日

[7]村本智宏・小川淳・水谷当良（富士通）、品質監視における状態管理の効率化方式、日本、2013年9月20日

[8]川口金司・大橋正彦・荒井奈津子・三輪光彦（富士通）、動的に変化する品質データに対する時間軸を考慮した可視化方式、日本、2013年10月20日

[9]沼田絵梨子・木村大地（NEC）、性能予測装置、性能モデル生成方法およびプログラム、日本、2014年1月23日

[10]沼田絵梨子・木村大地（NEC）、性能予測装置および性能モデル生成方法、日本、2014年1月29日

[11]阿部哲・福田純一・今井隆士・兎耳山俊吾（富士通）、拠点間マイグレーションによる自動経路設定方式、日本、2014年2月20日



- [12]鳥居隆史 (NEC)、通信制御装置、通信制御方法、及び、通信制御プログラム、日本、2014年3月3日
- [13]壬生亮太・鳥居隆史 (NEC)、ネットワークシステムと拠点間ネットワーク連携制御装置及びネットワーク制御方法並びにプログラム、日本、2014年3月7日
- [14]門脇保・小梨貴史・札野欽也 (NEC ソフトウェア東北)・青木孝文・伊藤康一 (東北大学)、識別データ処理装置及び識別データ処理方法、日本、2014年3月14日
- [15]降矢龍浩・天野浩司・外山達也・山岸雅彦 (富士通)、解凍時間を考慮した VM イメージ圧縮ファイル転送順序制御、日本、2014年3月20日
- [16]村合正明・梁昌基・飯島規夫・大江崇 (富士通)、複数サーバのネットワーク環境における監視方式、日本、2014年3月20日
- [17]山崎敬広・中村哲也・田村基・岩科滋・清水敬司 (NTT ドコモ)、リソース管理装置およびリソース管理方法、日本、2014年3月25日
- [18]山崎敬広・中村哲也・田村基・岩科滋・清水敬司 (NTT ドコモ)、ノード検索装置及びノード検索方法、日本、2014年3月26日

## 1 1 国際標準提案・獲得リスト

- [1]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000083、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [2]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000086、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [3]ETSI・NFV #5、NFVMAN(14)000100、既存技術 (OpenStack) への要求条件分析、2014年2月18日提案、2014年3月5日修正提案
- [4]ETSI・NFV #5、NFVMAN(14)000101、既存技術 (OpenStack) への要求条件分析、2014年2月18日提案、2014年3月5日修正提案
- [5]ETSI・NFV SWA #43、NFVSWA(14)000093、VNF 障害管理、2014年3月6日提案、2014年3月13日修正提案
- [6]ETSI・NFV SWA Rapporteurs#1、NFVSWA(14)000035、汎用 VNF の定義、2014年2月5日提案、2014年2月18日修正提案
- [7]ETSI・NFV SWA #44、NFVSWA(14)000102、VNF 間インタフェースと接続形態、2014年3月13日提案
- [8]ETSI・NFV SWA Rapporteurs#1、NFVSWA(14)000028、VNF インタフェース、2014年2月5日提案、2014年2月5日修正提案
- [9]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000067、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [10]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000068、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [11]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000069、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [12]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000070、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案

- [13]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000071、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [14]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000072、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [15]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000073、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [16]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000074、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [17]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000075、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [18]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000076、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [19]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000077、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [20]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000078、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [21]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000079、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [22]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000080、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [23]ETSI・NFV MAN #45、NFVMAN(14)000081、保守運用インタフェース、2014年2月12日提案、2014年2月18日修正提案
- [24]ONF Config-Management WG、Notification Framework document、2013年12月14日提案
- [25]ONF Architecture and Framework WG、architecture overview document、2013年12月19日提案
- [26]ONF Architecture and Framework WG、NBI related documents handed over to newly set-up NBI WG、2013年12月19日提案

## 1 2 参加国際標準会議リスト

- [1]ONF・ONF Member Workdays、サンタクララ（アメリカ）、2013年4月18～19日
- [2]ETSI・NFV #2、サンタクララ（アメリカ）、2013年4月22～23日
- [3]ETSI・NFV #1 Rapporteur、ソフィア・アンティポリス（フランス）、2013年6月17～19日
- [4]ETSI・NFV #3、ボン（ドイツ）、2013年7月24～26日
- [5]ETSI・NFV #2 Rapporteur、ウォルサム（アメリカ）、2013年9月11～13日
- [6]ONF・ONF Member Workdays、ミルブレイ（アメリカ）、2013年10月10～11日
- [7]ETSI・NFV #4、サニーバール（アメリカ）、2013年10月30日～11月1日
- [8]ETSI・NFV MAN Rapporteur #2、ミュンヘン（ドイツ）、2014年1月14～16日
- [9]ETSI・NFV SWA Rapporteur #1、マドリード（スペイン）、2014年2月5日
- [10]ETSI・NFV MAN #45、オンライン、2014年2月12日
- [11]ETSI・NFV #5、マラガ（スペイン）、2014年2月18～21日
- [12]ETSI・NFV SWA #43、オンライン、2014年3月6日

[13]ONF・ONF Member Workdays、サンタクララ（アメリカ）、2014年3月6～7日

[14]ETSI・NFV SWA #44、オンライン、2014年3月13日

### 1.3 報道発表リスト

#### (1) 報道発表実績

[1] “携帯コア網を仮想化し災害に強く世界でも類を見ない試みが進行中”、2012年9月1日

[2] “大規模災害時における新たな通信混雑緩和技術の実証実験を開始～ドコモ、NEC、富士通、NECソフトウェア東北、東北大学、東京大学による共同研究～”、2013年10月2日

#### (2) 報道掲載実績

[1] “ドコモなど、災害時通信緩和技術実験”、FujiSankei Business i、2013年10月3日朝刊

[2] “NTT ドコモなど、大規模災害時における新たな通信混雑緩和技術の実証実験を開始”、日刊工業新聞、2013年10月2日

[3] “ドコモなど、大規模災害時の通信混雑緩和技術の実証実験”、ケータイ Watch、INTERNET Watch（インプレス）、2013年10月2日

[4] “ドコモ・NECや東大・東北大ら、災害時における通信混雑の緩和技術を実験開始”、RBB TODAY、2013年10月2日

[5] “ドコモ、大規模災害時に通信混雑を緩和する技術を研究—3社2大学と共同で”、ITmedia Mobile、2013年10月2日

[6] “ドコモ、東北大学など、大規模災害時における新たな通信混雑緩和技術の実証実験を開始”、WirelessWire News、2013年10月2日

[7] “産学6団体が共同研究、大規模災害時の通信混雑を緩和する実証実験を本日10月2日から開始”、mobileASCII、2013年10月2日

[8] “災害時通信緩和技術の実証実験 ドコモやNECなど”、SankeiBiz、2013年10月3日

[9] “東京大学やNECら、大規模災害時における新たな通信混雑緩和技術の実証実験”、マイナビニュース、2013年10月3日

[10] “ドコモなど6者、電話やメールなど通信混雑緩和技術の実証実験を開始”、Yahoo!ニュース、Livedoor News、2013年10月3日

## 研究開発による成果数

|                         | 平成 24 年度    | 平成 25 年度     | 合計           |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 査読付き誌上発表論文数             | 0 件 ( 0 件)  | 0 件 ( 0 件)   | 0 件 ( 0 件)   |
| 査読付き口頭発表論文数<br>(印刷物を含む) | 0 件 ( 0 件)  | 3 件 ( 3 件)   | 3 件 ( 3 件)   |
| その他の誌上発表数               | 1 件 ( 0 件)  | 0 件 ( 0 件)   | 1 件 ( 0 件)   |
| 口 頭 発 表 数               | 13 件 ( 1 件) | 22 件 ( 2 件)  | 35 件 ( 3 件)  |
| 特 許 出 願 数               | 6 件 ( 0 件)  | 12 件 ( 0 件)  | 18 件 ( 0 件)  |
| 特 許 取 得 数               | 0 件 ( 0 件)  | 0 件 ( 0 件)   | 0 件 ( 0 件)   |
| 国 際 標 準 提 案 数           | 0 件 ( 0 件)  | 26 件 ( 26 件) | 26 件 ( 26 件) |
| 国 際 標 準 獲 得 数           | 0 件 ( 0 件)  | 0 件 ( 0 件)   | 0 件 ( 0 件)   |
| 受 賞 数                   | 0 件 ( 0 件)  | 0 件 ( 0 件)   | 0 件 ( 0 件)   |
| 報 道 発 表 数               | 1 件 ( 0 件)  | 6 件 ( 0 件)   | 7 件 ( 0 件)   |
| 報 道 掲 載 数               | 0 件 ( 0 件)  | 10 件 ( 0 件)  | 10 件 ( 0 件)  |

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注 3 : 「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む) に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。) を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など) は、「口頭発表数」に分類する。

注 4 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む) を計上する。

注 5 : PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注 6 : 同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。