

採択番号：19106

課題名：未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発

副題：防災・減災学的知見に基づく ICT システムの知的化に関する研究開発

## (1) 研究開発の目的

IoT 時代の到来により、様々な分野において既存システムのネットワーク化が進むことが見込まれる。そのため、ネットワーク機能が失われることで人々が受ける損害もより深刻なものとなることが危惧される。事実、2011年3月11日に発生した東日本大震災では、多くのネットワーク設備が損壊し、大きな混乱を招いた。災害発生直後は、安否確認や避難場所・避難方法に関する情報の伝達のためにネットワークへの通信需要が急増するほか、それ以降は避難所での生活に必要な情報や道路・鉄道などの交通情報の伝達など、ネットワークの果たすべき役割は非常に大きい。しかし、現行のネットワークは、地震や津波による基地局の損壊や伝送路の切断により機能が大幅に低下し、災害対応行動としての事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）のための必要最低限の需要にすら対応することは困難である。そのため、将来のネットワークには、災害発生後の災害対応行動に支障が発生することがないように、必要とされる通信能力を提供することが強く求められる。

東日本大震災以降、多くの機関・企業が災害に強い ICT システムの実現を目指し、様々な技術の研究開発を実施してきた。ICT システムを物理的制約から解放し、柔軟な利用を可能とするネットワーク仮想化技術である SDN（Software-Defined Network）や NFV（Network Functions Virtualization）などはその代表例である。また、損傷した ICT システム機器の代替として利用するための耐災害 ICT システムの開発が進んでいる。ゲートウェイ機能によって被災地に通信環境を提供する ICT カーや、基地局を介さずにスマートフォン同士が直接通信可能となる D2D（Device-to-Device）などが挙げられる。しかしながら、被災地の状況は災害規模と経過時間によって全く異なるため、その変化に追従するためにはネットワーク機能の動的設計論が必須であるが、この肝心の部分が欠落している。つまり、現状では仮想化技術や耐災害 ICT システムをどのように使いこなすのかといったインテリジェンスが存在しない。結果として、現行の ICT システムでは災害発生後に急増そして急変する需要を満たすことができない。

そこで、本研究開発では防災・減災学的知見を利用することにより、状況の変化に基づいた機能設計論を確立するとともに、それを実現するための基礎技術になると見込まれる自己最適化と分散協調によってネットワークを知的化するための研究開発を実施する。図 1 にそのアプローチの概要を示す。災害発生後、損壊した ICT システムの状態などを逐次モニタリングするなどして、状況をリアルタイムに把握しつつ、残留した ICT 機器を再構成することで ICT システムの機能回復が可能なのか、それとも新たに耐災害 ICT 機器の追加投入が必要なのかについて一定期間毎に判断する必要がある。この判断については、従来のシステム設計論に防災・減災学的な知見を導入することで可能にする。再構成によって回復が可能な場合、システムに対する需要と供給のバランスに応じてシステム内で自己最適化を図る。一方、ICT 機器の追加投入が必要な場合、ICT システム間の分散協調によって再構築を行い、需要と供給の落差が一定程度に落ちつき次第、再構成による自己最適化に移行する。以上の通り、本研究開発では、防災・減災学的知見を機能設計に取り入れ、理論モデルの構築から着手し、自己最適化と分散協調を軸とした知的化技術を確立する。

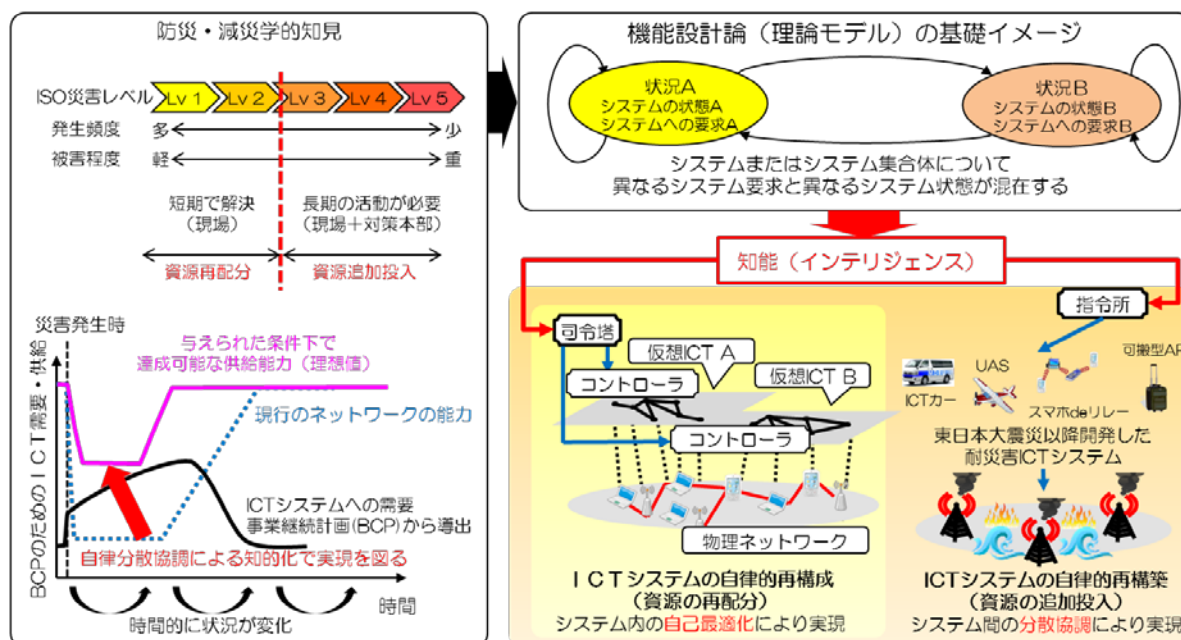


図1. 本研究開発のアプローチ

(2) 研究開発期間

平成 28 年度から平成 32 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

国立大学法人東北大学 電気通信研究機構 <代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 70 百万円 (平成 29 年度 14 百万円) ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1: ICT システムの評価方法

1-b. ICT システムへの要求と性能のモデル化 (国立大学法人東北大学)

1-c. ICT システムの有効能力の評価法の確立 (国立大学法人東北大学)

研究開発項目 2: ICT システムの状態検知

2-a. 状態パラメータの選定 (国立大学法人東北大学)

2-b. 状態パラメータの解析 (国立大学法人東北大学)

研究開発項目 3: 知的化の要素技術

3-a. 自己最適化技術の確立 (国立大学法人東北大学)

3-b. 分散協調技術の確立 (国立大学法人東北大学)

(6) 特許出願、論文発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	3	2
	その他研究発表	6	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1： ICT システムの評価方法

1-b. ICT システムへの要求と性能のモデル化

災害時における状況毎に ICT システムへの要求は異なることが想定される一方、ICT システムの性能も状態に応じて変動する。したがって、各状態における ICT システムへの要求および性能に関して検討を行い、そのモデルの構築を目標とした。

昨年度に実施した、フェーズ A (常備 ICT・常用 ICT の知的化)、フェーズ B (外部からアドオン可能な ICT の知的化) の要求および性能の検討に引き続き、本年度はフェーズ C (ICT インフラ自身の知的化) での要求と性能に関して検討を行い、知的な ICT インフラにおいて動的な状態変化を認識し、対応するフレームワークを構築した。成果として、このような新しい耐災害 ICT システムのフレームワークを発表した論文が学術論文誌 IEEE Network に採録された。

1-c. ICT システムの有効能力評価法の確立

研究開発項目 1-b で得たモデルを用いて ICT システムの有効能力を導出する方法を考察し、ICT システム間で有効能力の比較が可能な評価軸を導入することを目標とした。

本年度の検討により、時間の経過による状態変化を考慮した有効能力評価モデルを構築した。このモデルを用いて、耐災害無線メッシュネットワークで実施した実証実験の結果を評価し、実データへの適用性を確認した。

研究開発項目 2： ICT システムの状態検知

2-a. 状態パラメータの選定

ICT システムの状態を定めるために有用なパラメータの選定を目標とした。選定に当たっては防災・減災学的見地を考慮し、その特性だけではなく、パラメータ値を取得するためのオーバーヘッドや、パラメータの統計処理にかかるオーバーヘッドなど、実際のネットワークシステムを介することによって発生し得る問題についても検討した。

2-b. 状態パラメータの解析

研究開発項目 2-a で選定した ICT システムの状態を定めるパラメータの解析方法の検討を行うことを目標とした。物理・MAC レイヤーにおける通信状態やユーザ分布といった複数の異なる環境情報が複合的に ICT システムの状態を決定づけることが予測されるため、本年度は多次元的にこれらの情報を扱う解析方法に関する初期検討を行った。

研究開発項目 3： 知的化の要素技術

知的 ICT システムを形成するための 2 つの要素技術、つまり自己最適化技術と分散協調技術の開発を目標とした。本項目は次年度以降の実施予定であったが、項目 1 と 2 の検討を進める中で、これらの技術について具体化を図る必要があり、前倒しで予備検討を進めてきた。

3-a. 自己最適化技術の確立

ICT システムのサービス品質の向上を目指す技術として、検知した状態における ICT システムへの要求と有効能力の差分を最小にするように自己システムの構成を最適化する自律的再構成技術の確立を目標とした。

要求と状態の変化を考慮してサービス品質を向上するアルゴリズムの検討および開発を行い、実際のネットワークを介してそれを実行する上での問題についても検討した。成果として、国内外での学会における研究発表を行った。

3-b. 分散協調技術の確立

ICT システムの時空間的な接続性の向上を目指す技術として、ICT 機器を連動させてユーザの接続性を保証する自律的再構築技術の確立を目標とした。

要求と状態の変化を考慮して接続性を向上するアルゴリズムの検討および開発を行い、実際のネットワークにおいて機器の連携を実行する上での問題についても検討した。成果として、発表論文が学術論文誌 IEEE Transactions on Vehicular Technology に採録され、国内の学会における研究発表を行った。