

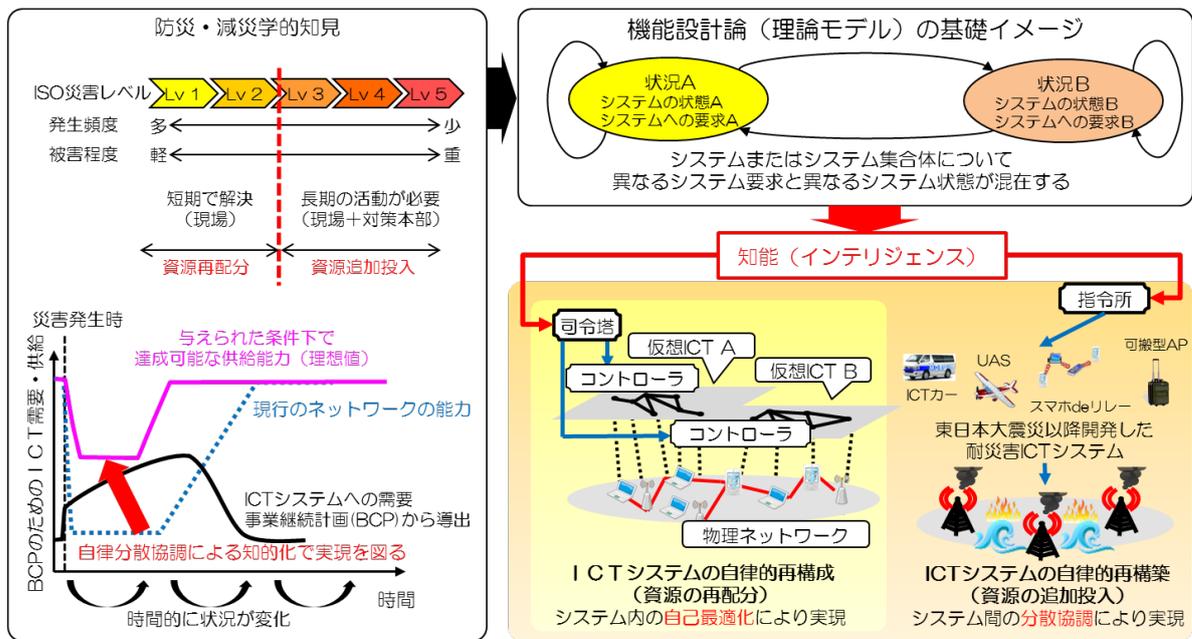
採 択 番 号       : 19106  
研究開発課題名   : 未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発  
副       題       : 防災・減災学的知見に基づく ICT システムの知的化に関する研究開発

### (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の場合、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 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。



(2) 研究開発期間

平成28年度から令和2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 (令和元年度 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 3: 知的化の要素技術  
3-b 分散協調技術の確立 (国立大学法人東北大学)  
3-c 2つの技術の統合と改良 (国立大学法人東北大学)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	7	3
	その他研究発表	12	5
	標準化提案	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	3	3

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目3：知的化の要素技術

本項目では、災害時の状態変化に対応できる知的 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、分散協調技術を開発する。自己最適化を実現する自律的再構成技術は災害環境におけるサービス品質を向上し、災害時に発生しうる多様な需要に対応することを目的としている。一方、分散協調システムを実現する自律的再構築技術は ICT システム間の協調により、災害環境で必須となる時空間的な接続性を確立することを目的としている。これらの実現のため、今年度は3-b 分散協調技術の確立及び3-c2 つの技術の統合と改良に取り組んだ。それぞれにおける取り組み内容は下記の通りである。

#### 3-b 分散協調技術の確立（国立大学法人東北大学）

本項目では自律的再構築技術に関する検討を行った。

本課題においては適用例として昨年度に引き続き、再生可能エネルギーで稼働するスモールセルネットワーク（EH-SCN：Energy Harvesting Small Cell Network）に着目し、システムを知的化するための検討を行った。EH-SCNでは、再生可能エネルギーの発電によりスモールセル基地局を稼働できるため、電力インフラが使用不可能となるような大規模災害での活用が期待されている。しかし、再生可能エネルギーによる発電のみにより安定的にネットワークを稼働させることは困難であるため、エネルギーを効率的に利用する手法を実装する必要がある。さらに、災害時の情報交換を正確に行うためには、サービスの品質を示す QoE（Quality of Experience）を高く保つことも重要である。今年度は特に、ネットワークの需要と状態の変化を考慮して機器を連携させることでネットワークの接続性を向上する自律的再構築アルゴリズムの開発を目的とし、AI を利用したネットワーク制御に関する取り組みを実施した。具体的には昨年度までに検討してきた電力制御手法に対して Q 学習を適用することで周辺環境の変化や需要に対して効率的に対応可能なアルゴリズムを構築した。

#### 3-c 2 つの技術の統合と改良（国立大学法人東北大学）

本項目では、項目3-aと3-bで確立する自律的再構成技術と自律的再構築技術の2つの技術を統合する上での課題について検討した。

本課題においては、両技術の統合のためのアプローチとしてモバイルエッジコンピューティング技術（MEC）に着目し、災害時に構築する ICT システム・ネットワークに対して MEC 技術を応用するための課題点について検討した。特にエッジサーバの配置問題に着目し、k-Means 法を利用するクラスタリング方式を利用した効率的な配置制御アルゴリズムの構築を実施した。また発展的な課題として、災害時に有効な MEC 技術と通信ネットワーク技術の適応例として MEC サーバを搭載した無人航空機により構築されるネットワークに着目し、要求されるコンピューティング処理によって発生される遅延と通信ネットワークにおいて発生するキューイング遅延、伝搬遅延等を総合的に加味して最適制御するためのアルゴリズム構築を実施した。

また最終年度に実施するテストベッドにおける統合実験の事前準備として、いくつかの実験機器を利用した簡易検証実験を実施した。同実験では最終的な総合実証実験で利用予定の NerveNet を利用してネットワークを構築し、その基本的な利用方法を習得すると共に、通信における基本特性等を計測した。