



レジリエントな分散エッジクラウドの実現へ向けて —ダイハードネットワークの紹介—

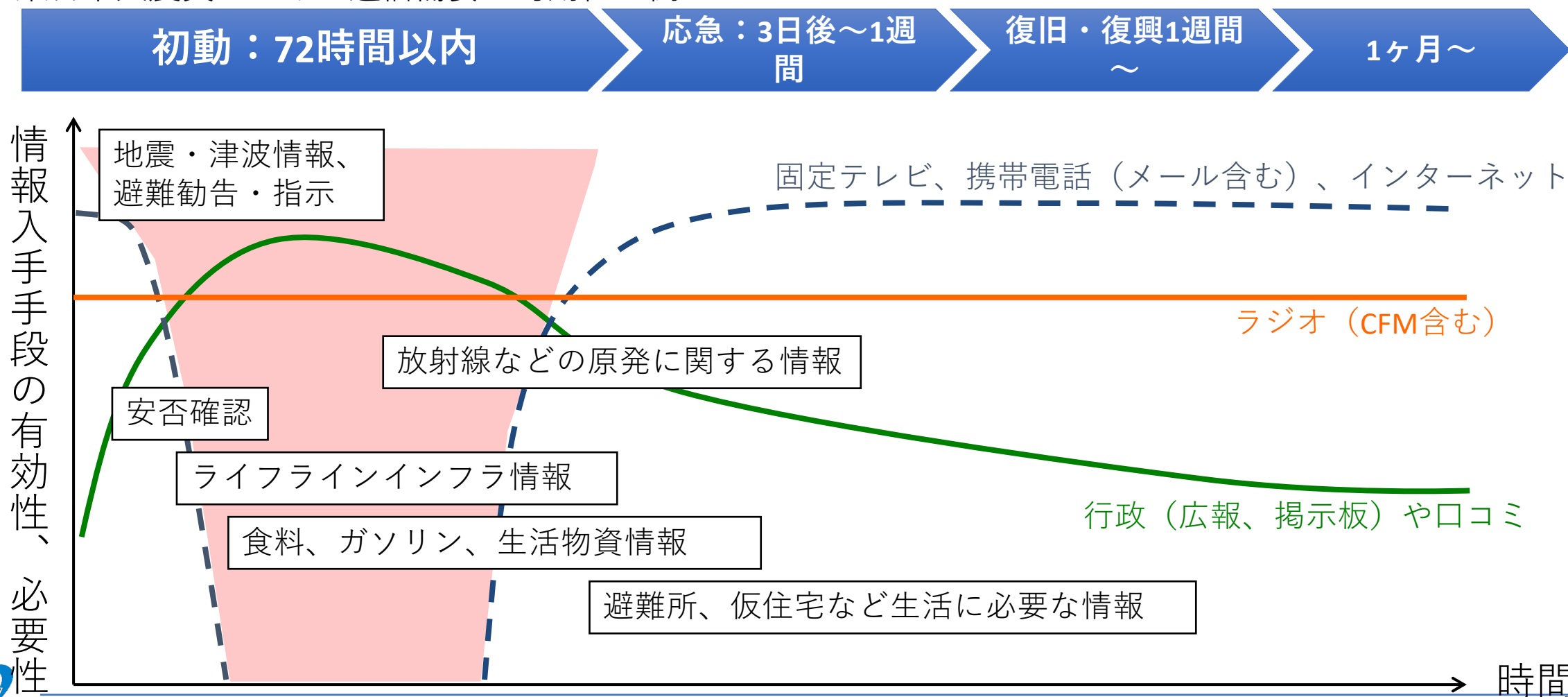
国立研究開発法人情報通信研究機構
ネットワーク研究所 レジリエントICT研究センター
サステナブルICTシステム研究室
大和田 泰伯

初動緊急期における通信の重要性

- 被災者が安否を確認する手段の8割以上が携帯電話※
- 携帯電話以外の通信手段の多様性が重要

※出展「LINEリサーチ」2021年2月22日
<https://research-platform.line.me/archives/37164286.html>

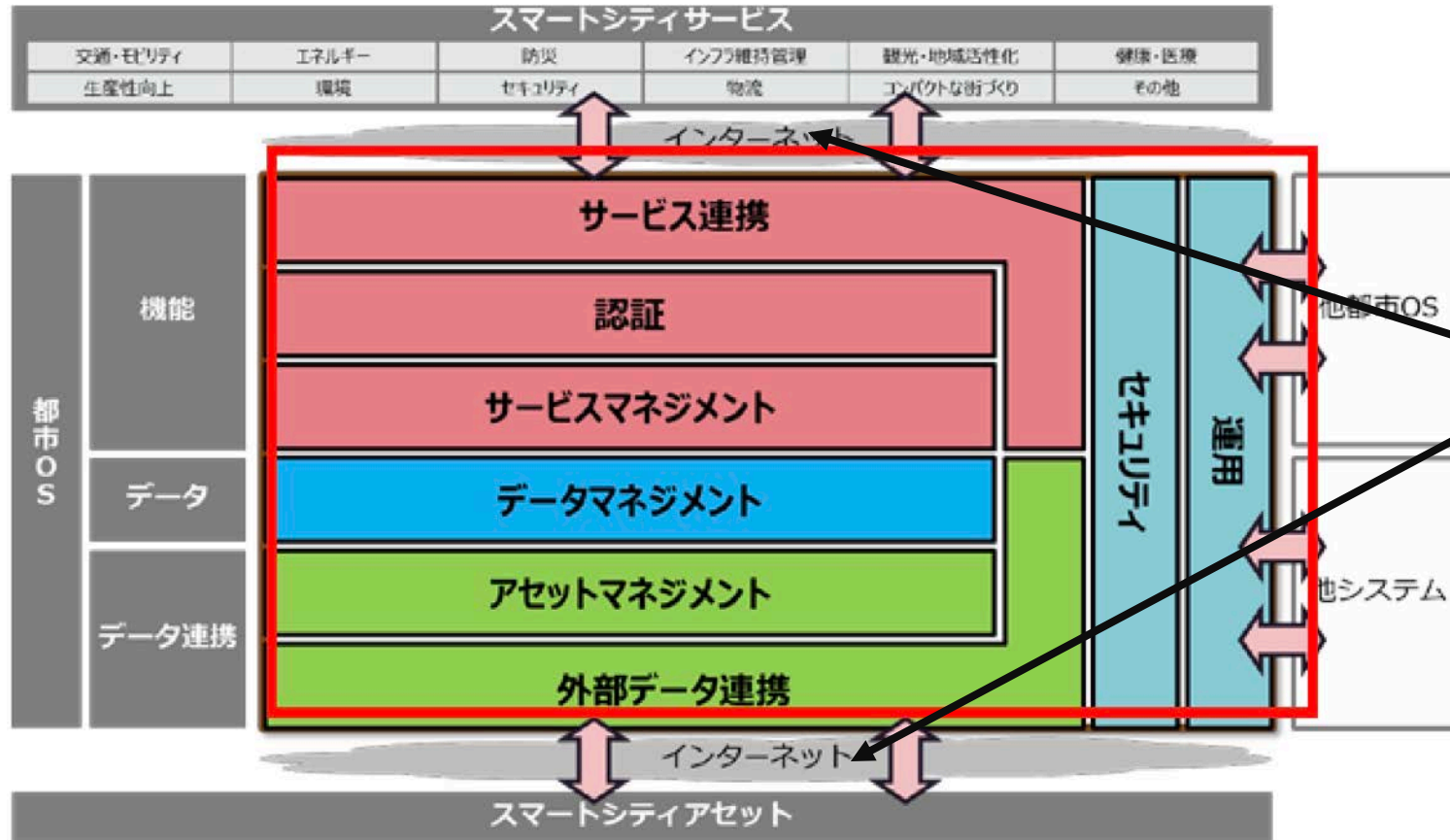
東日本大震災における通信需要と可用性の例



都市OSアーキテクチャ

都市OS※により、サービス間でデータ連携を促進するための全体アーキテクチャが定義
API/データモデル等 NGSI: REST/RESTful+HTTP/HTTPS, MQTT, CoAP, JSON, OAuth2.0, OpenIDConnect, etc...

都市OS のスマートシティリファレンスアーキテクチャ



✓ 従来のクラウド型アーキテクチャ

✓ サービスやアセットへの接続方法は「インターネット」

※出展：スマートシティリファレンスアーキテクチャ ホワイトペーパー https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/a-whitepaper3_200331.pdf

都市OS自体のレジリエンス強化が課題

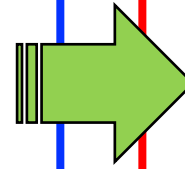
クラウド型サービスから、エッジプラットフォーム型サービスへ

従来のクラウド・IoT型サービス

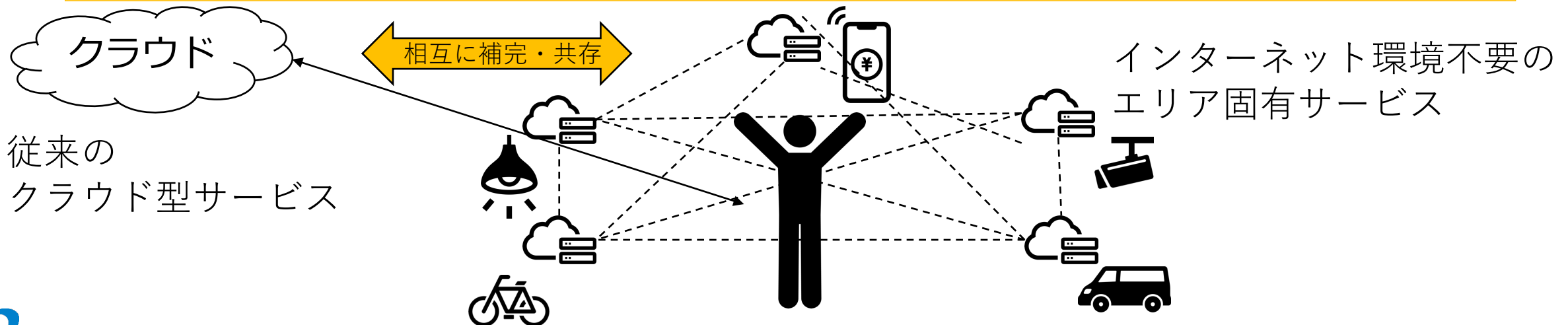
必要に応じた計算機リソースを割当可能
インターネットへ常時接続前提
世界のどこからでも利用可能
セキュリティ強化が必要
仮想化された計算機リソース

エッジプラットフォーム型サービス

計算機リソースは限定的
D2D、通信インフラ不要 常時接続不要
エリア限定
攻撃もエリア限定的
その場にある実リソースが使える



インターネットにつながらないが、周辺のノード同士が自律的にネットワークを構成し、連携しながら「そのエリア特有」のサービスを提供できる共通プラットフォーム



タフフィジカル空間情報通信基盤構築技術

社会的課題：

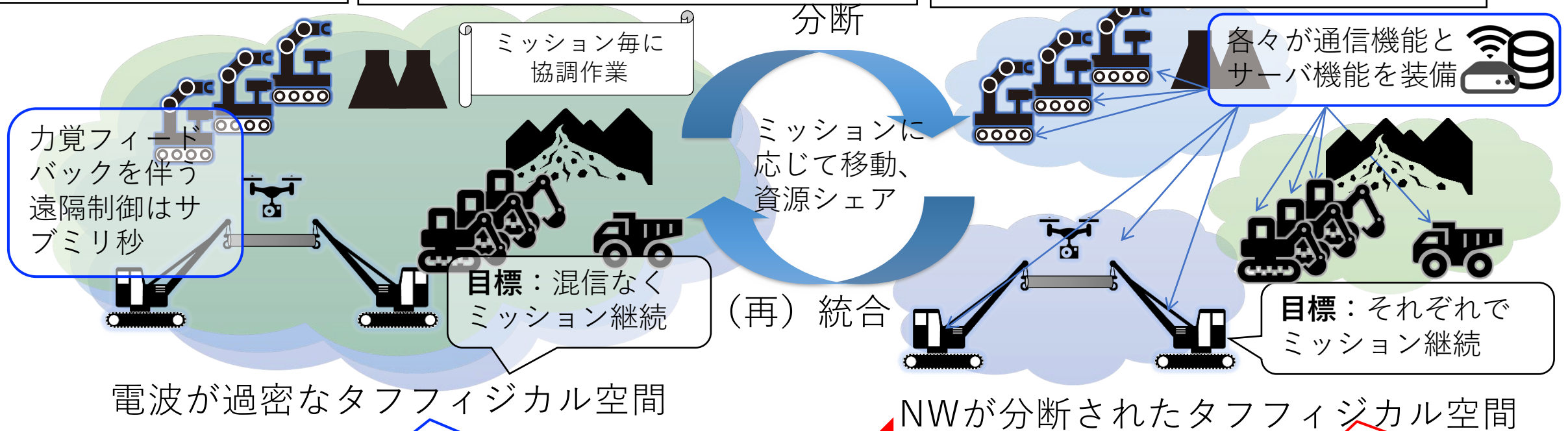
- 公共インフラの老朽化
- 労働人口の減少

社会課題からのニーズ：

- 群ロボットの遠隔制御
- 現場の自動化・省人化・安全性向上

ニーズに応えるための技術的課題：

1. 自己産出型エッジクラウド基盤
2. タフ環境適応無線アクセス基盤



タフ環境適応無線アクセス基盤
コア技術（電波伝搬予測、レジリエント無線アクセス技術）
• 自動化に向けたデータ取得、試作による実証

連携開発

統合実証

タフフィジカル環境
B5G基盤技術実証

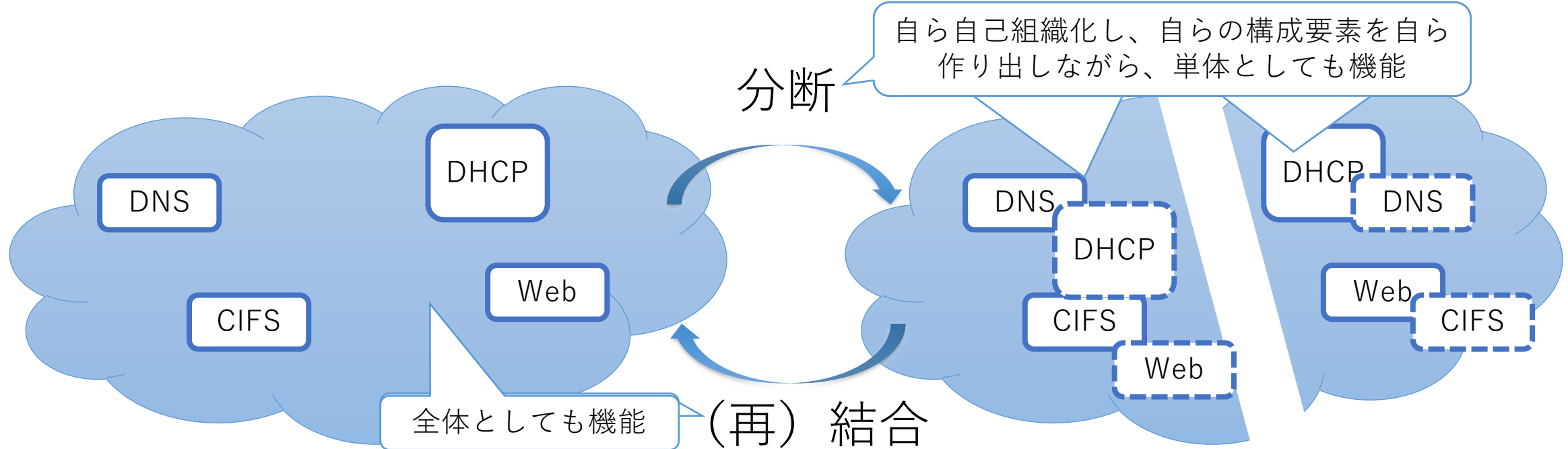
自己産出型エッジクラウド基盤
コア技術（動的再構成対応）
• 分散資源仮想化
• 自律的発見・活用
• 自律的再構成

自己産出型エッジクラウド

自己産出（autopoiesis）※^{1,2}の概念をエッジクラウド構成へ適用

エッジクラウド構成のための自己産出の定義：

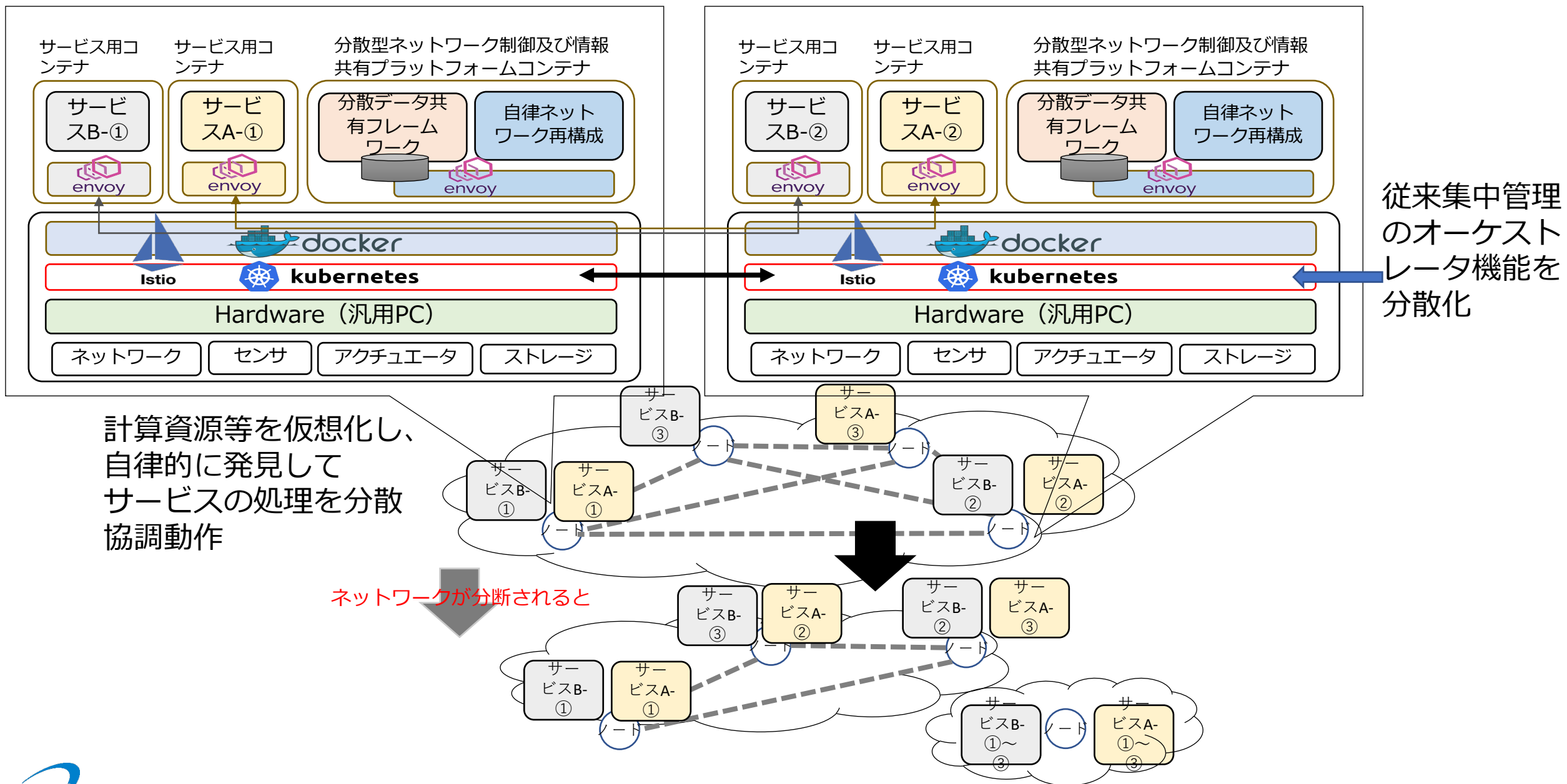
自らの構成要素を環境に応じて自ら作り出すことにより、分裂・融合が生じて、それぞれの集合全体として元の機能を維持できる性質もしくはその概念



※1 Varela, F.J., *Principles of Biological Autonomy*, 1979, Pearson Professional Education: NJ, [ISBN 0135009502](#).

※2 Maturana, H.R. and Varela, F.J., *Autopoiesis and Cognition: the Realization of the Living*, 1980, D. Reidel: Boston; Springer, [ISBN 9027710155](#);

要素技術の研究開発：コンテナオーケストレーションを用いた動的なネットワーク・サービス再構成技術



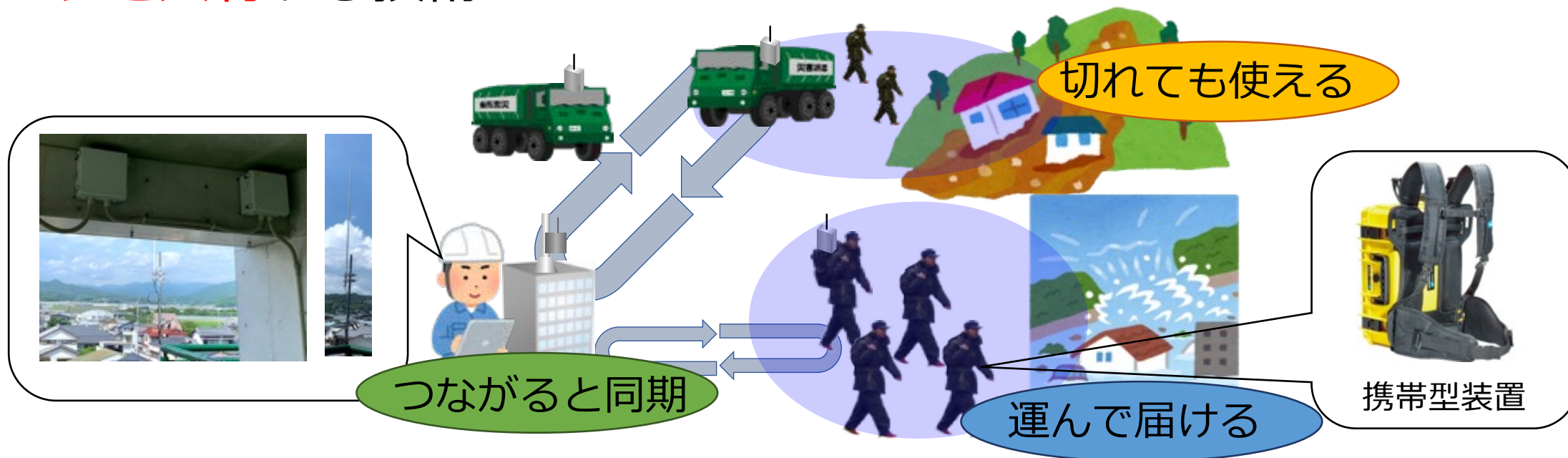
レジリエントな分散エッジクラウドの 応用事例

ダイハードネットワーク®

移動体による巡回型の情報収集、通信孤立してもローカルな業務継続を実現する



拠点毎や車両等に複数設置されたサーバ間を**使用可能な様々な通信手段**
 （移動体等との**すれ違い通信**含む）を**駆使して同期・連携し、遠隔地と**
データを共有する技術



ダイハードネットワーク装置の仕様

固定ノード



可搬ノード



外寸(約):幅470×奥行357×高さ176mm, 重量約20kg



	仕様
Single Board Computer	Gateworks GW6300 OS:Ubuntu 16.04.05 (Linux 4.14.4) CPU:Cavium OcteonTX Dual Core ARM CPU @ 800MHz RAM: DDR3 1GB Storage: SSD 250GB
無線LANインターフェース(device driver)	Qualcomm AR9300 (ath9k) ×2 IEEE802.11aiの実装
デジタル簡易無線	waveCSR U7000UJC181 351.2～351.38125MHz (30CH) 4値FSK 4.8kbps RS-232C接続
LTEモジュール	PIX-MT100
データ共有基盤ソフトウェア	Scenargie Physical Scenargie Seane Manager
アプリケーション	スマートフォンアプリ連携（音声一斉同報、チャット、動態把握、写真動画共有等） 災害情報共有アプリケーション（WebGIS）

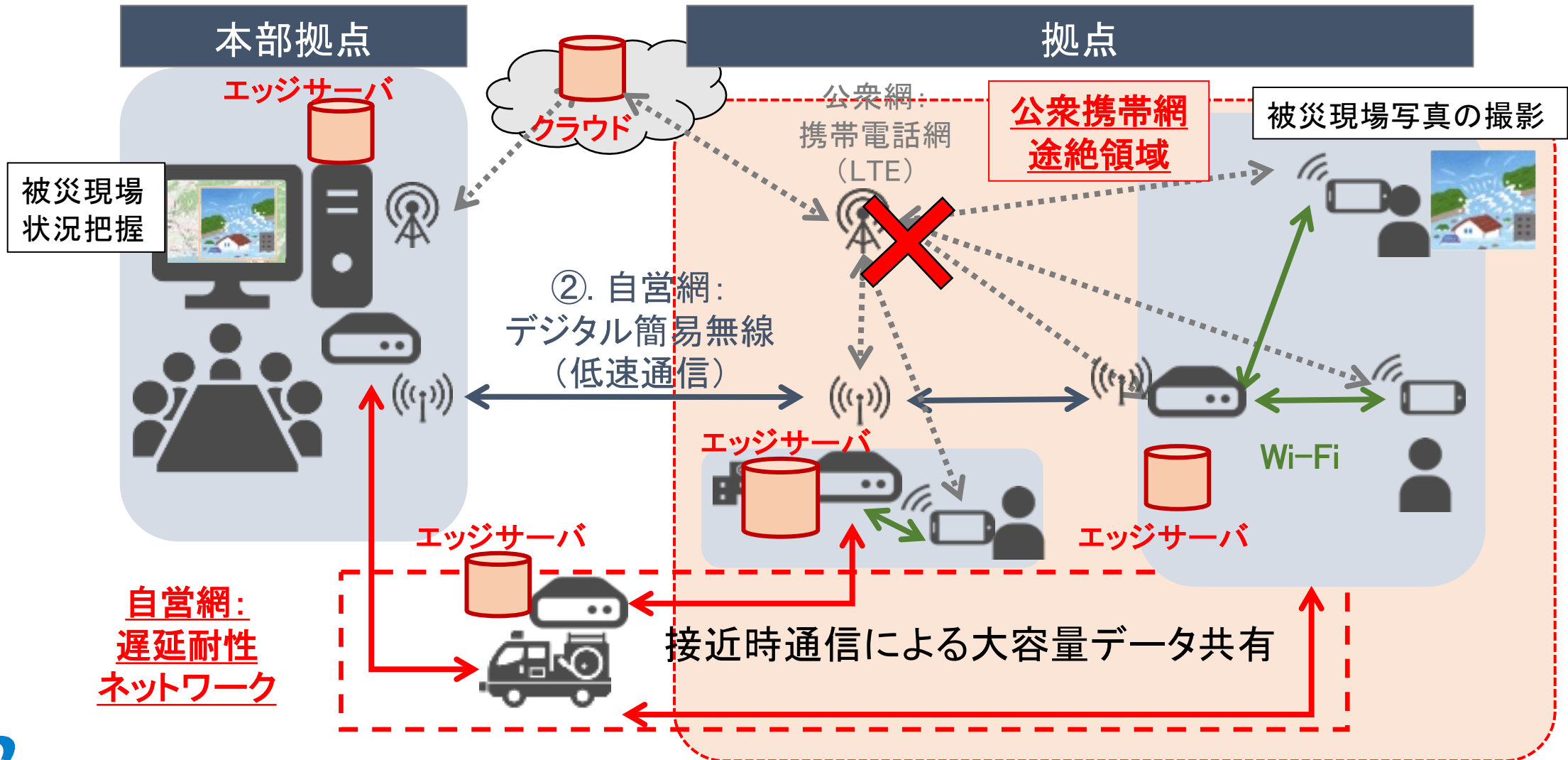
(株)スペースタイムエンジニアリングと共同出願知財を含む技術を
同社にて移転し、製品化

ダイハードネットワーク®の特徴と利用イメージ

特徴1: 拠点内処理
(分散エッジ処理基盤)

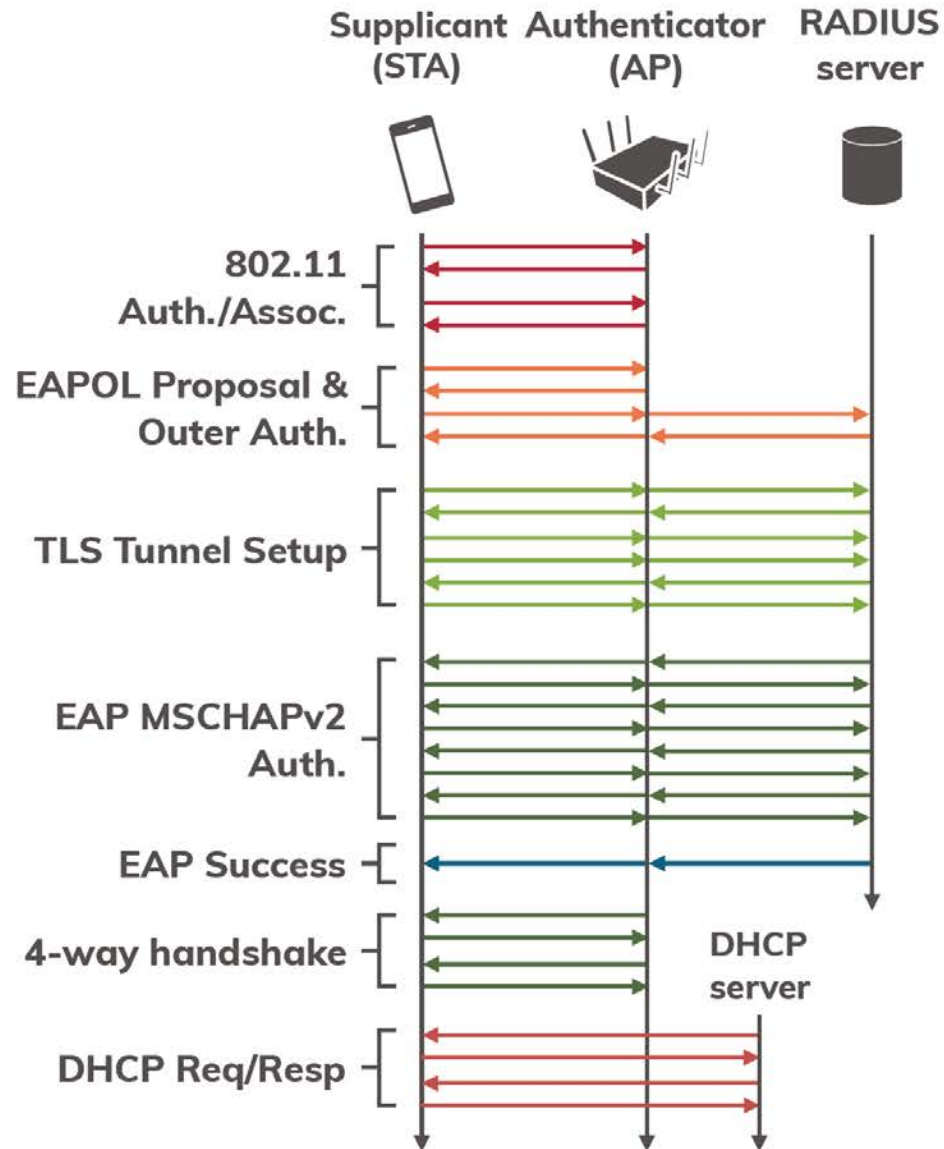
特徴2: 複数通信手段
(マルチアクセスNW)

特徴3: 移動体の活用
(耐遅延性NW、高速接続)

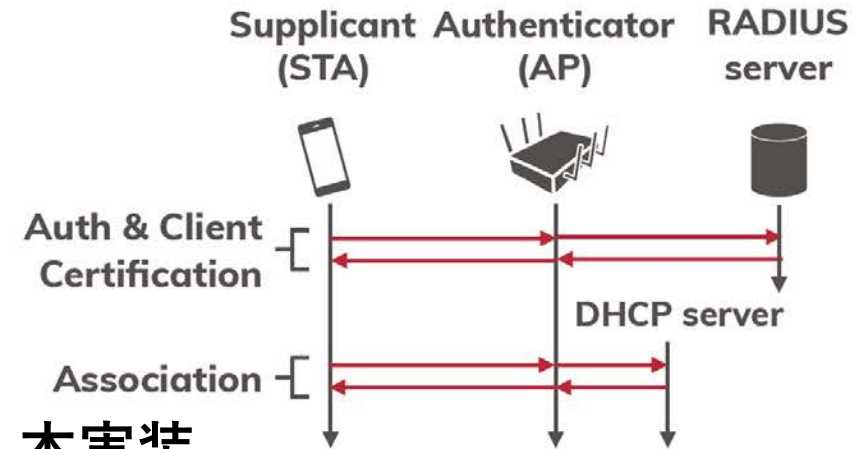


IEEE802.11ai (Fast Initial Link Setup)の実装

EAP-PEAP (MSCHAPv2)



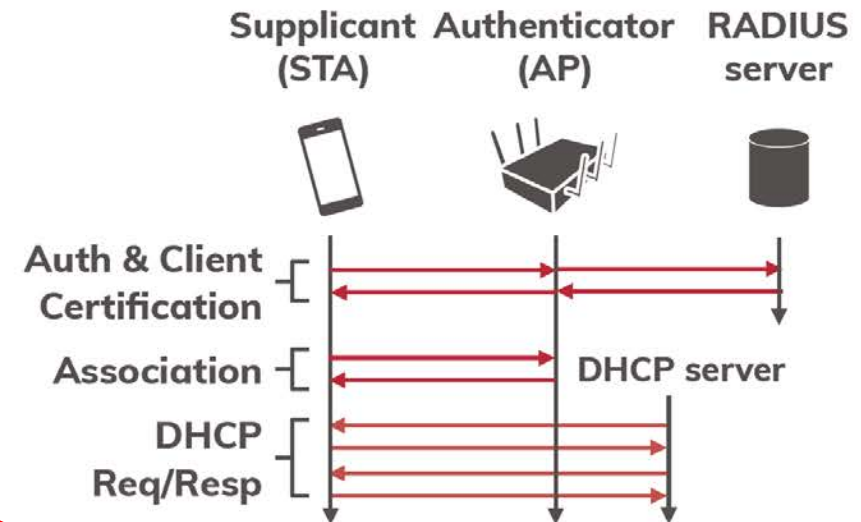
EAP-RP (FILS)



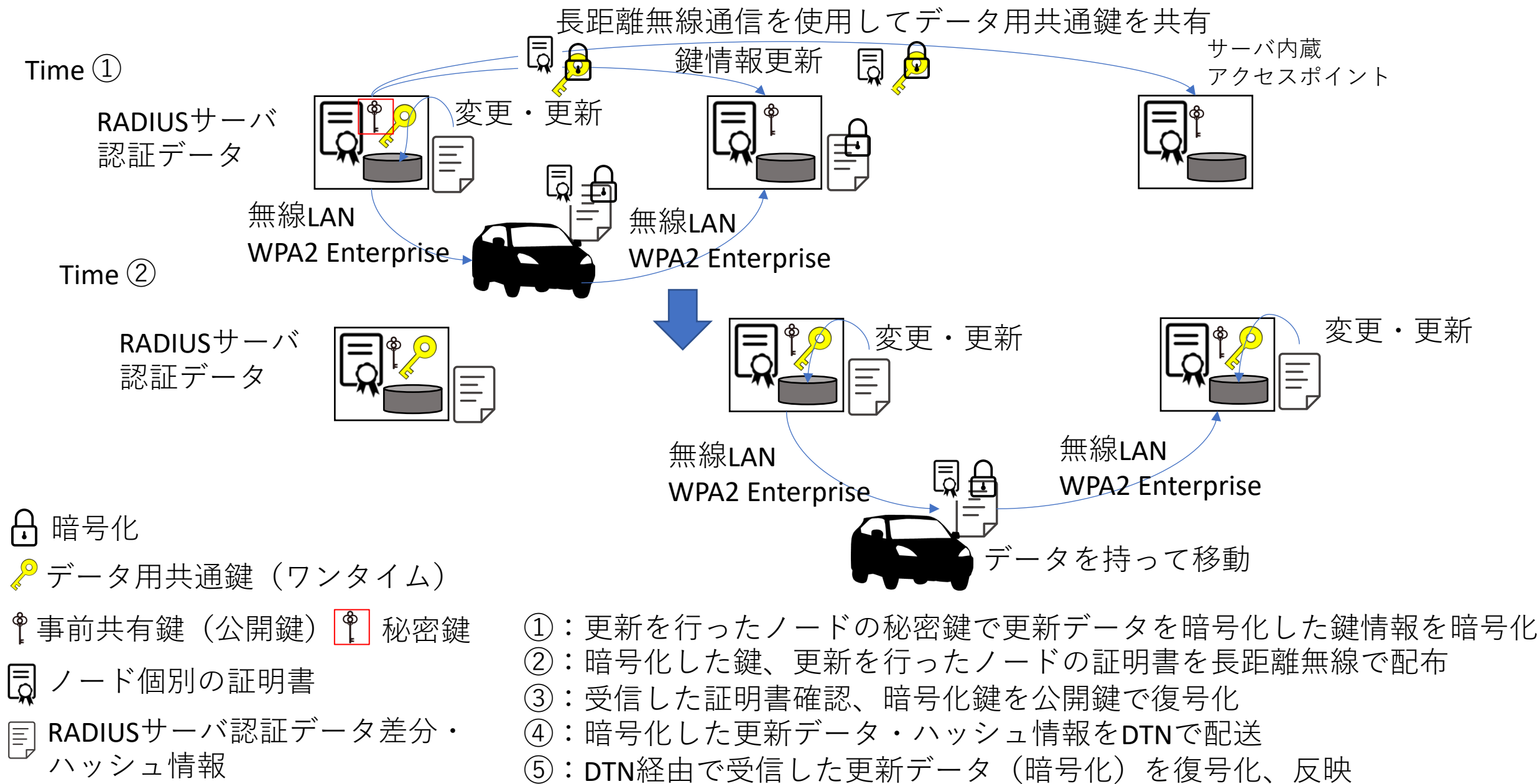
本実装

EAP-RP (FILS)

with the conventional DHCP



分散したRADIUSサーバ間の認証情報更新手順



走行車両間の接近時通信におけるデータ伝送実験

実験日時：2019年11月18日

実験場所：高知県香南市のいち動物公園付近

走行する車両間において、どのくらいのデータ量が通信可能かの計測試験を実施

比較：WPA2 Enterprise（EAP-PEAP +従来DHCP）、FILS（EAP-RP+従来DHCP）

データ伝送：TCP（TCP Fast Open 及び Tail Loss Probeを有効化）、100MBのファイル伝送
時速40km/hで走行しすれ違う車両同士でどれだけのデータ伝送が可能かを検証





車両A始点

車両すれ違い地点

車両B始点

地図データ：国土地理院撮影の空中写真

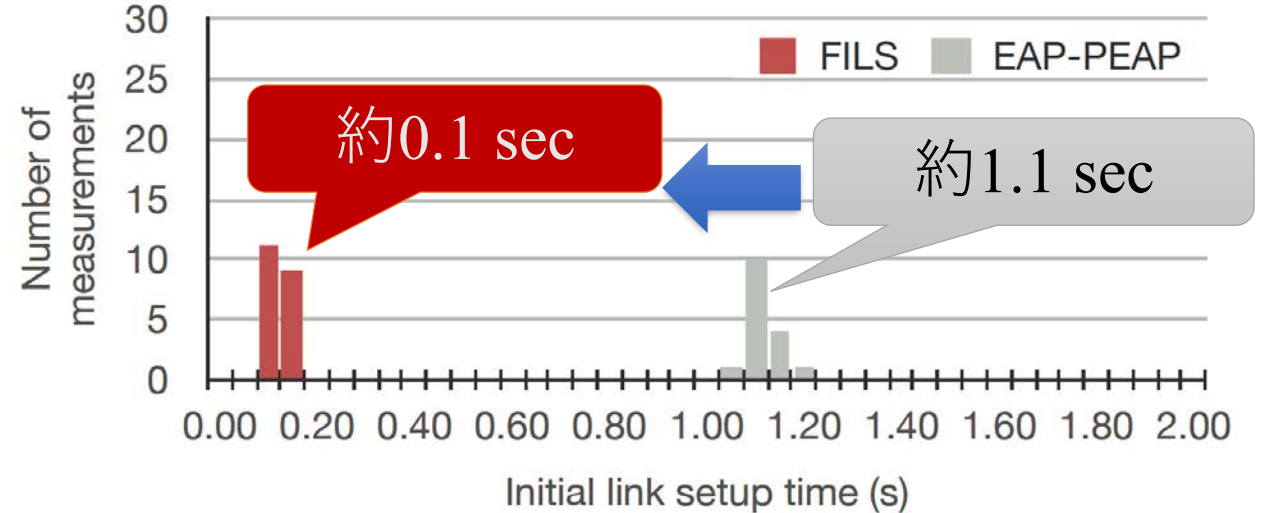
0m 100m

走行車両両間の接近時通信におけるデータ伝送実験の様子



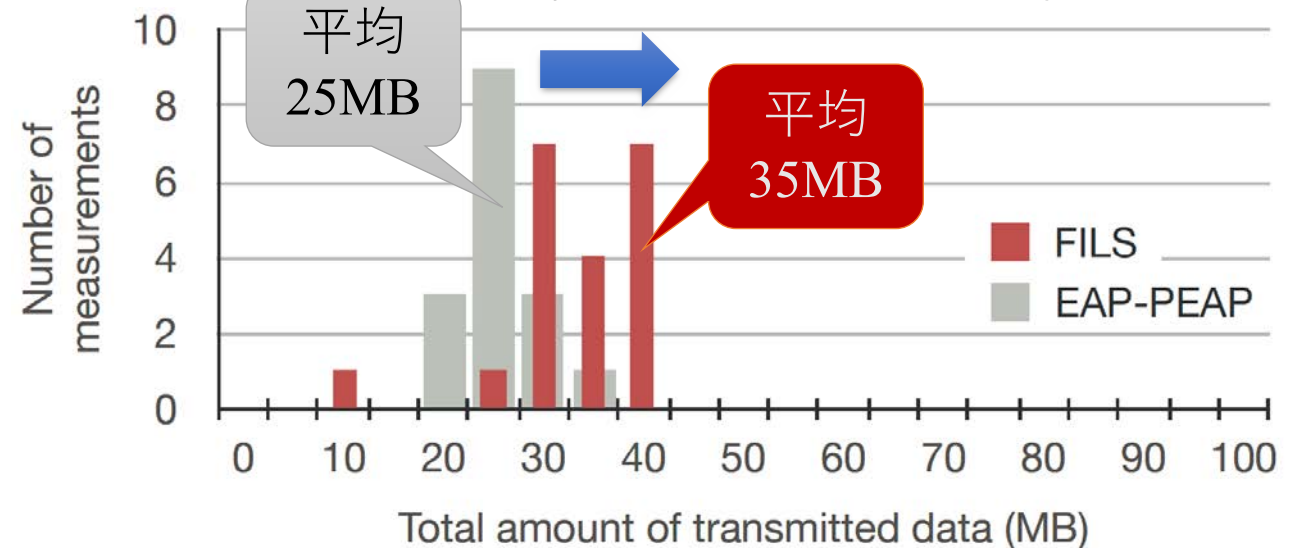
計測結果

初期接続時間の分布



FILSでは、従来方式に比べ約1/10 ほどの時間で接続完了

伝送データ量の分布



FILS利用に伴い、すれ違い時でもデータ伝送量が10MB近く増大

高知県香南市における実装事例・訓練利用事例

防災情報通信・管理システム

香南市委託研究（設計・評価）：NICT、STE Japan※共同受託
香南市委託事業（システムの実装）：STE Japan※にて受託

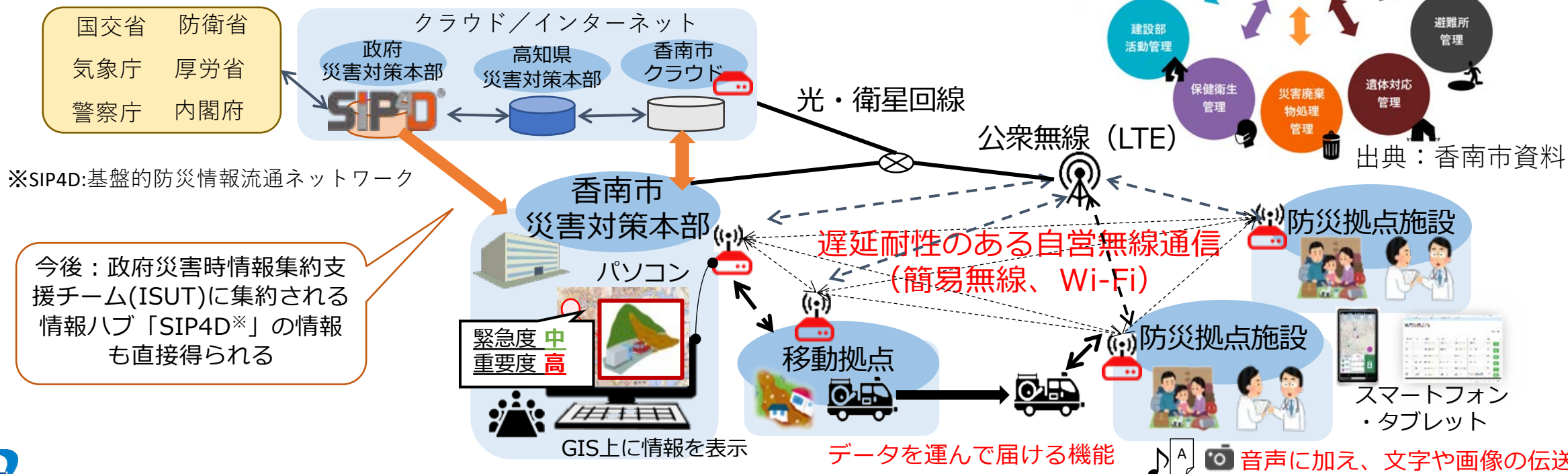
※ STE Japan :  SPACE-TIME ENGINEERING (株式会社スペースタイムエンジニアリング)

高知県香南市「防災情報通信・管理システム」概要

2020年度～：一般拠点37箇所、簡易拠点41箇所、移動拠点28箇所に順次システム設置。政府の情報ハブ（SIP4D※）との接続機能有。

ダイハードネットワーク®技術を適用して構成

各拠点や車両等に設置された**複数のサーバ間**を
複数の通信手段（LTE、簡易無線、Wi-Fi）で接続し
データを移動体が運んで届ける（**すれ違い通信**）機能も取り入れた
遅延耐性のあるデータ同期・連携を特徴とするシステム



高知県香南市災害医療訓練における利用例

訓練日時: 2019年11月17日(日) 13:00～15:00

訓練想定: 南海トラフ地震により多数の傷病者が発生、市は災害対策本部及び医療調整本部を設置、県の医療調整支部と連携。のいち中央病院前には救護所を開設し、患者のプレトリアージをした後、中・重症度エリア、継承エリア、一般医療エリア、医療投薬エリア、介護福祉エリア等のエリアへ振り分けそれぞれ対応する。

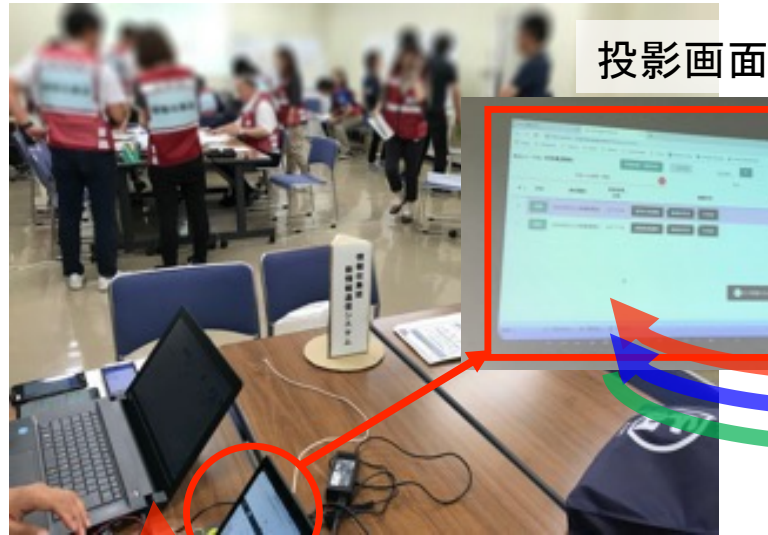
参加者数: 11組織※¹、約100名

場所: 香我美トレーニングセンター

※¹ 香美郡医師会、野市中央病院、香美香南歯科医師会、薬剤師会香長土支部、看護協会、自主防災組織(11団体)、防災士、NICT、中央東福祉保健所、香南市(消防、防対、高齢、福祉、健対)、スペースタイムエンジニアリング

高知県総合防災訓練でのシステム利用の様子

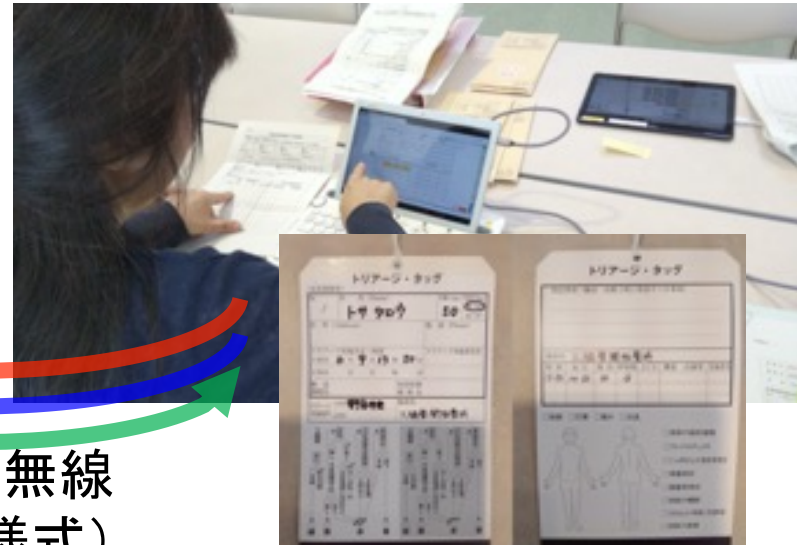
医療調整支部



投影画面

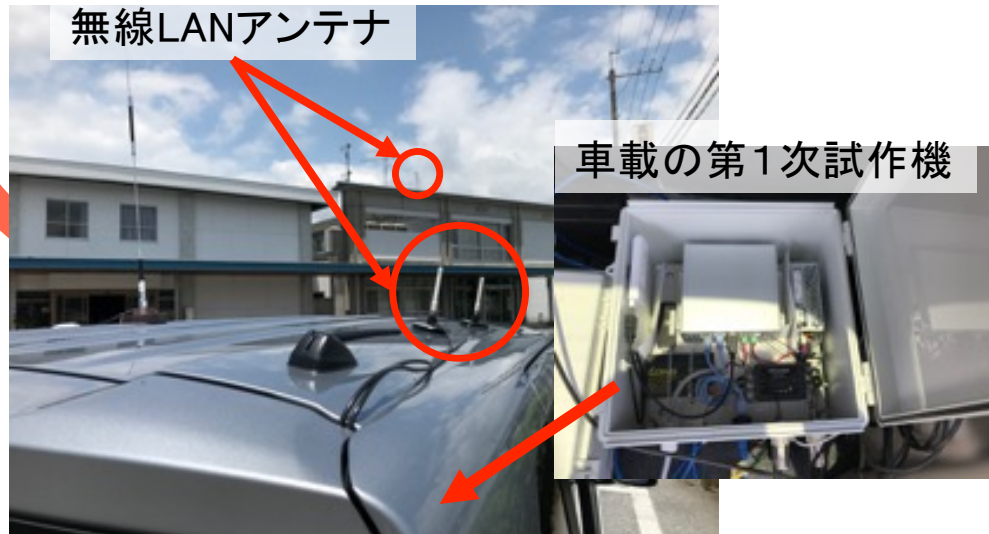
簡易無線
(県様式)

救護病院・救護所



送信写真

遅延耐性
ネットワーク
(高解像度写真)
(車で約15分移動)



無線LANアンテナ

車載の第1次試作機

拠点の位置関係



高知県中央東福祉保健所

医療調整支部

簡易無線による
県様式の送付
(リアルタイム)

香南市災害対策本部

車両による
付加情報伝送
(遅延あり)

救護病院・救護所

1km

防災情報通信・管理システムを用いた公衆網途絶時の情報共有試験



香南市「防災情報通信・管理システム」を用いたSIP4Dとの連携機能

道路啓開情報

● 中重度エリア @香南市役所

通信テスト

補助画面

道路啓開 Off On

道路名
規制内容
規制原因
開始日時
終了予定日時

高知東部自動車道
全面通行止・封鎖（工事）
維持工事
10/29 06:00
10/29 15:00

削除

道路名
規制内容
規制原因
開始日時
終了予定日時

県道51号
時間通行止
修繕工事
10/1 17:40
11/1 01:20

削除

2 km

通信途絶を想定した医療救護所における表示画面

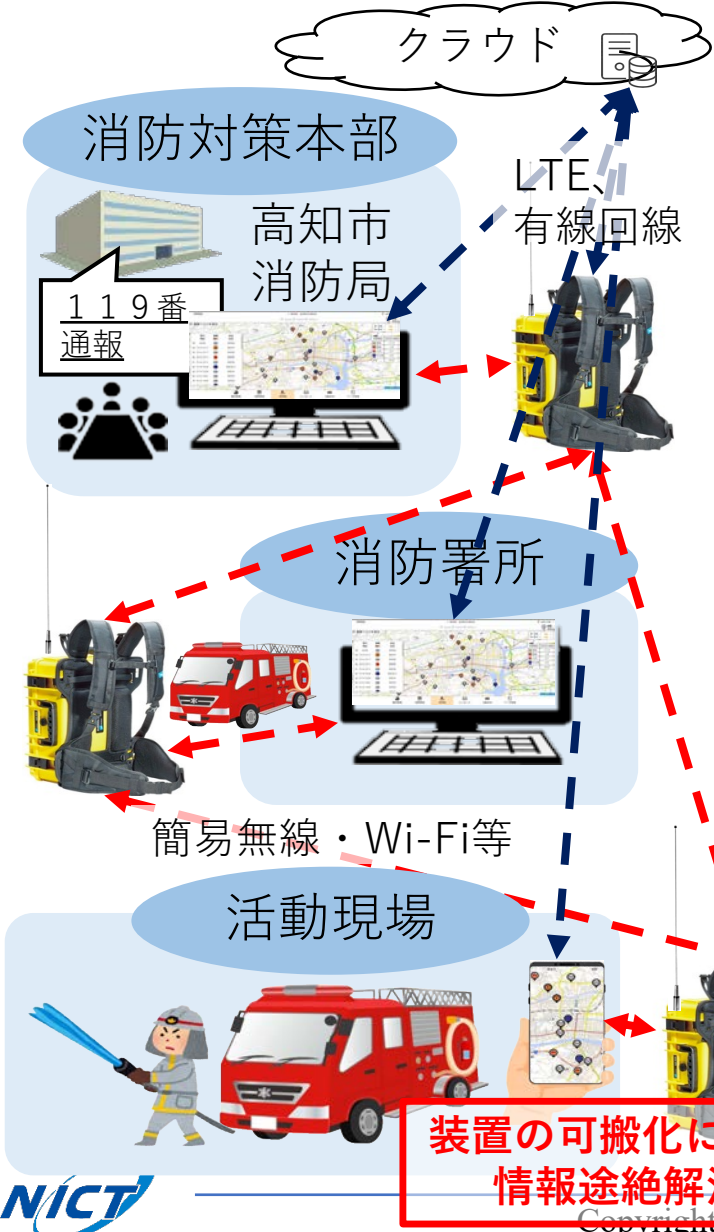
高知県高知市消防局における導入事例・訓練利用事例

災害時オペレーションシステム

- ※STE Japanが高知市消防局へ納入したシステムを用いた事例
- ※本システムにはSTE Japan／NICTの共同出願の知財が含まれています

高知県高知市消防局「災害時オペレーションシステム」

市内活動範囲全域をカバーし、公衆通信網途絶時もオペレーション可



2021年5月14日 高知市消防局 図上訓練にて撮影



2021年5月14日 高知市消防局図上訓練にて撮影

←→ LTE、有線回線
 ←→ 簡易無線・Wi-Fi等

指令で受けた119通報(事案)の一覧

時刻	通報種別	状況	対応状況	備考
08:39	火災	未対応		
08:38	火災	未対応		
5/14 15:17	火災	対応中		救急5(中央署)見守り中...
5/14 15:17	火災	対応中		23歳女性、手すりまで...
5/14 15:11	火災	対応中		他部員 4 5 0 2
5/14 15:11	火災	対応中		34歳男性、転倒し...
5/14 15:11	火災	対応中		高圧 5 8
5/14 15:06	火災	対応完了		倒木による両車線通行止...
5/14 15:05	火災	対応中		CPA、高圧急病
5/14 15:01	火災	対応中		警報 1 0 1 4 - 5
5/14 14:59	火災	未対応		警報西約一丁目 1 7 - 1、2歳の子、手すりから...
5/14 14:57	火災	未対応		自宅の階段が壊れ、86歳...
5/14 14:54	火災	未対応		神田 1 3 1 1 - 1
5/14 14:50	火災	未対応		80歳女性、入所者、下...
5/14 14:49	火災	対応中		警報西約一丁目 1 4 - 9



※「緊急防災・減災事業債制度(緊防債)」の活用事例です。

アプリケーションシステム納入: STE Japan

通信途絶時におけるSIP4Dを用いた情報共有 を可能とする技術

ポータブルSIP4D

防災科学技術研究所（NIED）、(株)国際電気通信基礎技術研究所（ATR）との共同開発

ポータブルSIP4D※

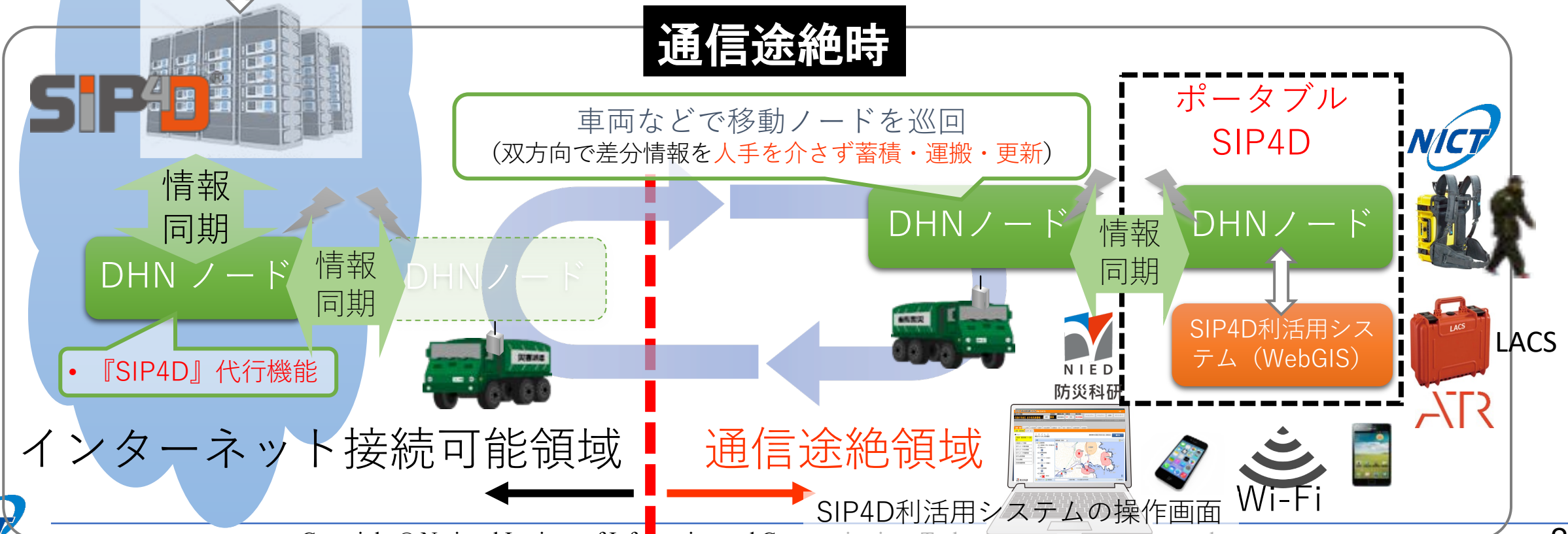
※SIP4D：基盤的防災情報流通ネットワーク（防災科研）
災害情報や防災情報を政府、地方自治体、災害対応者が
共有するクラウドシステム、その活用が防災基本計画に記載。

- ポータブルSIP4D：ダイハードネットワーク(DHN)ノードによるSIP4D代行機能と『SIP4D利活用システム（WebGIS サーバ）』を組み合わせたシステム

通常時



通信途絶時



陸上自衛隊第5旅団災害対処訓練における技術の展示・紹介



まとめ

- レジリエントな分散エッジクラウドの実現へ向けた現在の研究開発の取り組みを紹介
- ダイハードネットワークのコンセプト、実装例を紹介
 - IEEE802.11aiの実装
 - 簡易無線やLTE、Wi-Fi接近時通信の組み合わせにより、複数のローカルなアプリケーションサーバ間の非同期通信による情報同期共有を実現
 - 高知県香南市における実装事例と訓練利用
 - 高知市消防局での導入・利用事例
- ポータブルSIP4Dとしての実装事例の紹介

謝辞

本発表には、戦略的イノベーション創造プログラム第2期『国家レジリエンス（防災・減災）の強化』課題Ⅰ「緊急・避難活動支援統合システムの研究開発」と香南市委託研究「香南市防災情報通信・管理システム開発業務」（業務番号 防第31061号）、国立大学法人静岡大学との共同研究における研究開発成果や業務内容が含まれています。また、本発表にあたり、資料や技術等をご提供をいただいた、株式会社スペースタイムエンジニアリング、国立研究開発法人防災科学技術研究所、株式会社国際電気通信基礎技術研究所の関係各位に深く感謝する。