

NICTにおける非破壊検査及び モニタリング技術の研究開発

独立行政法人 情報通信研究機構
執行役 細川 瑞彦

平成25年12月17日

NICTが取り組む研究開発

GREEN

ネットワーク基盤技術

光通信、ワイヤレス通信、ネットワークセキュリティなどの技術の研究開発を進めることにより、

2. データの伝送・蓄積

性・安全性を備えた新世代ネットワークの実現を目指します。

ユニバーサルコミュニケーション基盤技術

多言語通信、超臨場感通信などの技術の研究開発を進めることにより、言葉の壁を越えたコ

3. データの分析・可視化

隔を実現を目指します。

電磁波センシング基盤技術

時空標準、電磁環境、電磁波センシングなどの技術の研究開発。電磁波を安全に利用するための計測技術、災害や気候変動要因等を高精度にセンシングする技術等の利用促進を目指します。

1. 電磁波によるセンシング

未来ICT基盤技術

脳・バイオICT、ナノICT、量子ICT、超高周波ICTなどの技術の研究開発を進めることにより、未来の情報通信にイノベーションをもたらす新たな情報通信概念と技術の創出を目指します。

FUTURE
REVOLUTION

概要

1. 電磁波によるセンシング

- テラヘルツ波による金属腐食・文化財等の調査技術
- マイクロ波による建造物の調査技術

2. データの伝送・蓄積

- Wi-SUN（省電力マルチホップ無線通信技術）
- NerveNet（サーバ機能付きメッシュネットワーク技術）
- ソーシャルビッグデータのための分散データベース技術（PIAX、軽量暗号）
- JGN-X（新世代通信網テストベッド）

3. データの分析・可視化

- WISDOM 2013（テキスト情報分析技術）
- Cross-DB Search（分野横断相関検索・可視化技術）

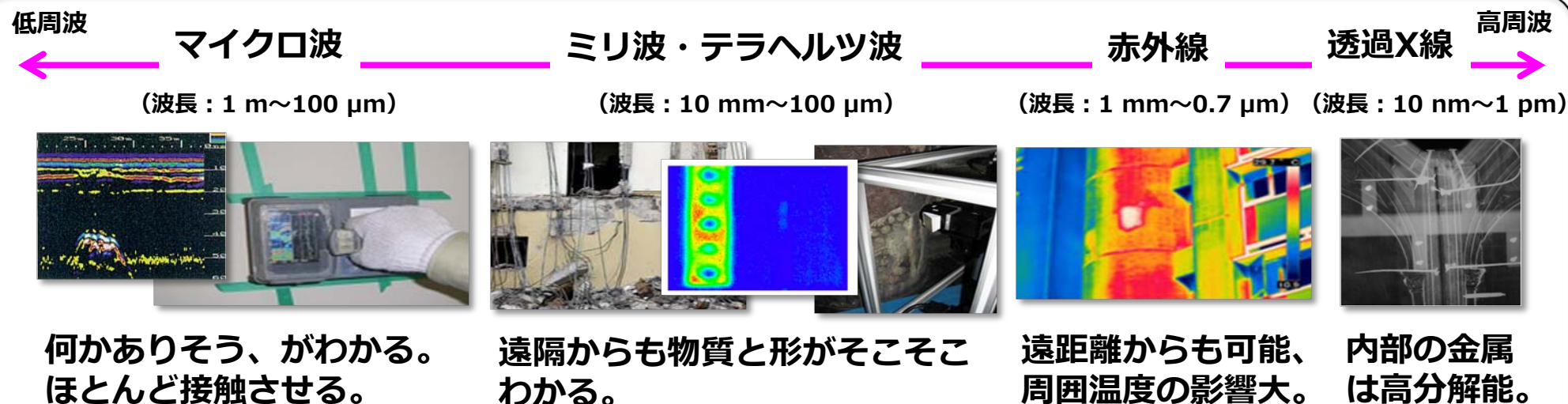
4. 全体像と実証・利活用の計画

- モバイル・ワイヤレステストベッド
- フィールド実証リスト

- 計測技術からデータ分析まで幅広い研究分野をカバー
- 情報通信が如何に社会と融合し役立っていくかが課題

1. 電磁波によるセンシング

マイクロ波、ミリ波・テラヘルツ波～可視光までの電磁波を用いて
様々な材料の表面状態や内部構造を細密に可視化、解析する技術



マイクロ波～テラヘルツ波の電磁波におけるNICTの技術

- マイクロ波 (5 ~ 20 GHz) により、木造建物の壁裏の柱やコンクリート壁内の鉄筋の状態を観測可能
→ 建造物の壁の裏の診断に有効
- ミリ波 (100 GHz) により、壁面の化粧板等を透過して、内部の柱の状態を観測可能
→ 木造建造物の診断に有効
- テラヘルツ波 (~10 THz) により、表面の層構造やベニヤ板のずれを観測可能
→ 表面近傍の高分解能な診断に有効

電波と光波の境界に位置する“0.1～10 THz”の電磁波を用いるセンシング技術の研究開発を実施

テラヘルツ波の特徴

- 波長が電波（ミリ波、マイクロ波）と光の中間
- X線より周波数が低く、安全性が高い
- 水や糖、シアン化合物ガスなどの物質（分子）はテラヘルツ帯の特定周波数の電磁波を吸収

センシングへの応用

- マイクロ波、ミリ波、赤外線、可視光では検出できない対象物の測定が可能
- 医療分野を含めて幅広い用途に利用可能
- 遠隔で物質の特定が可能

金属腐食

- 塗装下金属表面の劣化診断（タービン翼等の鋼材発錆状態の測定）

文化財

- 絵画・壁画の調査・分析（絵の具の種類、断面構造の理解）

食品・不純物

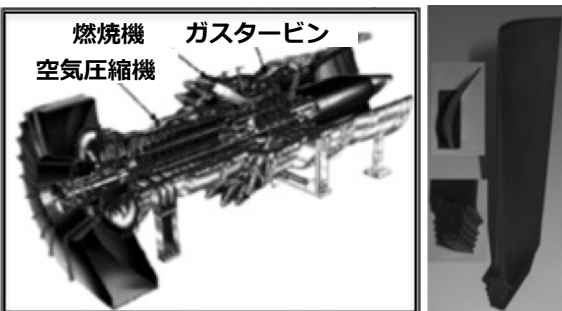
- 食品の包含物、残留農薬検査、封筒内の錠剤、小麦粉内の金属物

災害現場

- 火災現場の状況把握（煙内可視化と有毒ガス検出）

塗装下金属表面の劣化診断

- 火力発電用ガスタービン翼のセラミック製トップコートの膜厚および屈折率を定量的に計測可能（電力中央研究所）

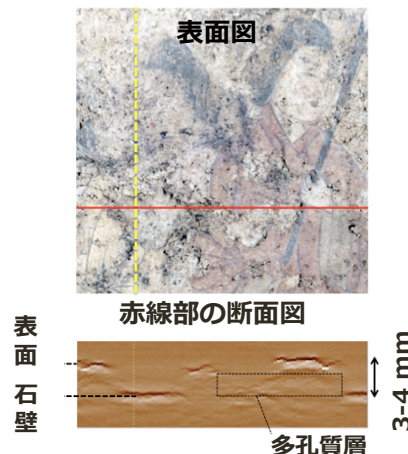


- 軽微な発錆部位の検出など、塗膜下鋼材発錆を顕在化前に早期検出可能
→ 長期実証試験を実施中

文化財の調査

高松塚古墳壁画の内部状態の調査

（文化庁研究助成による奈良文化財研究所との実施）

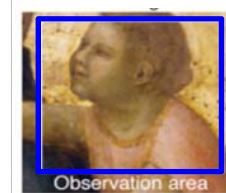


- “NHKサイエンスZERO ～高松塚古墳壁画の修復に挑む～”にて紹介
→ 高い湿度の中で下地内部からカルシウムが供給されたことで表面にカルサイトが形成された結果、下地の劣化が進行

ジョットの“バディア家の祭壇画”の調査

光学画像

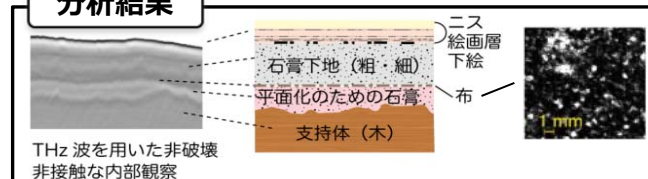
THz画像



絵の具の下の金箔

- 非金属のモノの界面と面情報、さらに粗密の界面まで可視化可能

分析結果



- X線CT等の既存の透過撮影では幾何学的な制約により困難な下地を含む絵画の内部構造を三次元で把握
→ 石膏2層からなる中世の技法であることを発見

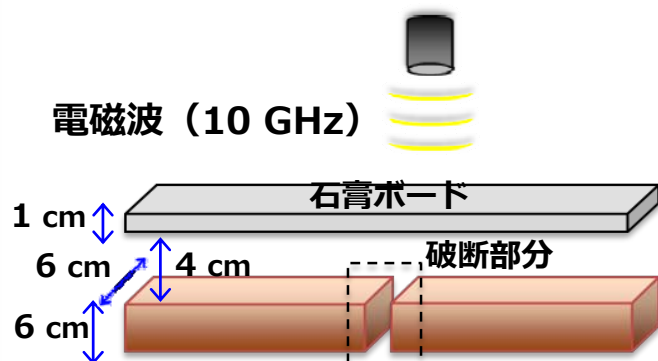
“5～20 GHz”の電磁波を用いるセンシング技術の研究開発を実施

木造建造物の壁裏の柱やコンクリート壁内の鉄筋の状態の観測

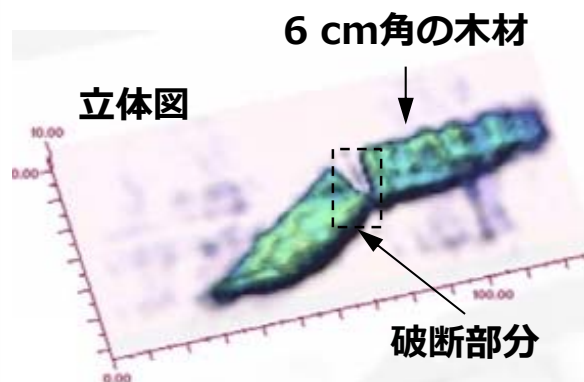
センシング装置

- 損傷を模擬した破断による隙間を検出可能

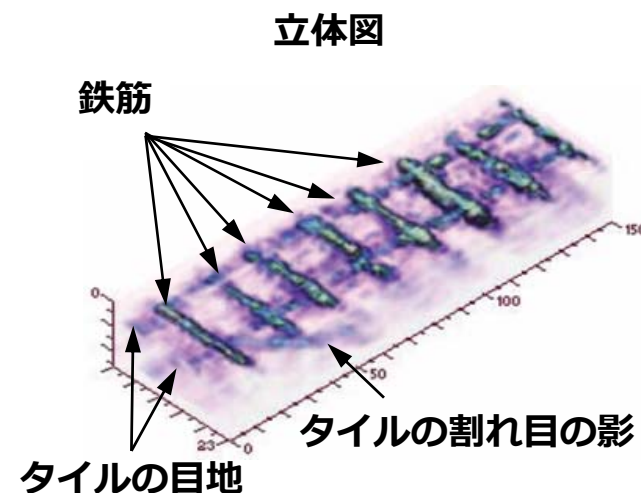
アンテナ・測定装置



壁の裏にある柱



コンクリート壁内の鉄筋



5 GHzの既存技術

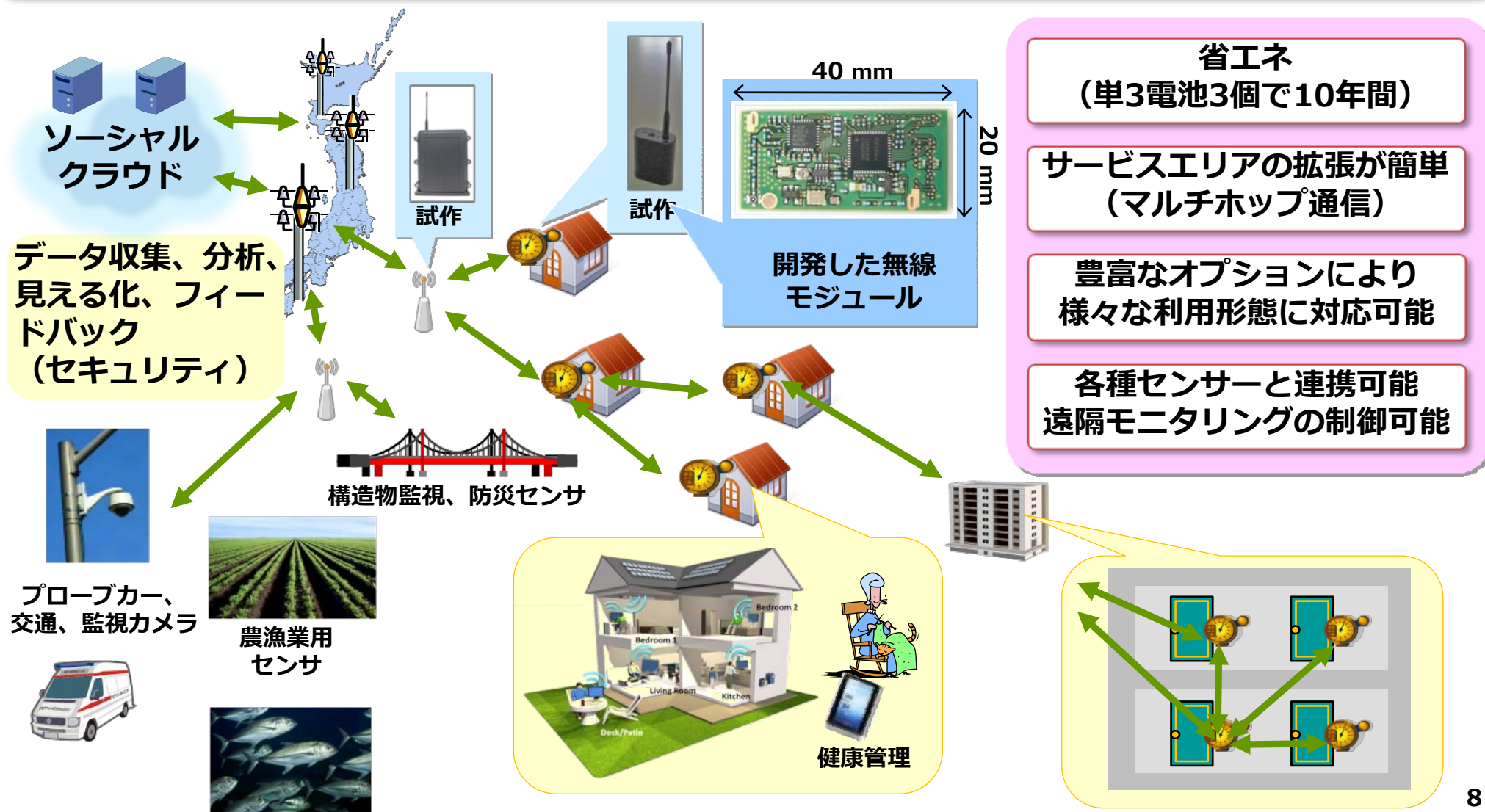
10 GHzで検出性能を確認

20 GHzで高分解能センシング技術を開発中

(今年度内試作機完成予定)

2. データ伝送・蓄積

- 各種メータ、カメラ等のセンサ、屋内外の様々な機器が柔軟に無線ネットワークを構成し、プライバシーやセキュリティに配慮して、情報収集、分析、見える化、フィードバック等を実施
- 人を含む社会全体の健康状態をモニターすることにより、安全で安心な社会を構築

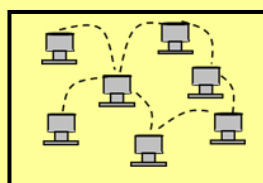


- 「Wi-SUN」規格をスマートメータのみならず、あらゆる環境モニタリング／センシング／制御を必要とするアプリケーションに適用することを考え、そのワイヤレステストベッドを整備予定
- 実証実験等を踏まえ多様なアプリケーションに対応する「Wi-SUN」仕様を開発

防災用センサーシステム 農業用センサーシステム



トンネル



交通用センサーシステム 住宅用センサーシステム



放送・通信連携 オープンプラットフォーム

自治体向け
安全・安心、防災・減災
サービス

公益サービス
への展開

①センサー情報収集

センサー
プラグイン



センサープラットフォーム

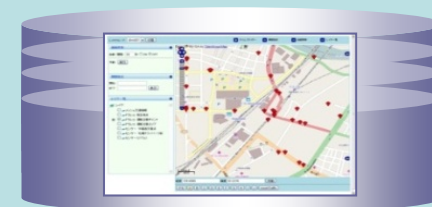
クラウド
への接続

②センサークラウドでの処理

地域一次産業関連
情報基盤
センサー情報管理基盤
(データセンタ)



③地域一次産業関連 情報基盤との連携



④分析データ提供

- エリア別
- センサ別

センサー情報

GIS情報

その他
事業領域
への展開

防災用途のサービス
(鉄道事業者用管理システム構築)

農業用途のサービス
(高付加価値型産品市場の構築等)

交通用途のサービス
(車両運行、配送管理)

住宅用途のサービス
(一括受電による電気料金の低減
化)

NICT方式の特徴

- 不必要な電波を出さない、また、受信時間の制御による省電力通信方式により、1ヶ月2000オペレーションで、単三乾電池3本程度で10年程度動作可能
- 無線機間で多段中継し（最大30ホップまで実証済み）、データをバケツリレーの形で一定距離のデータ収集局に収集可能
- 符号化方式やデータフレームの豊富なオプションにより、様々な利用形態に対応可能

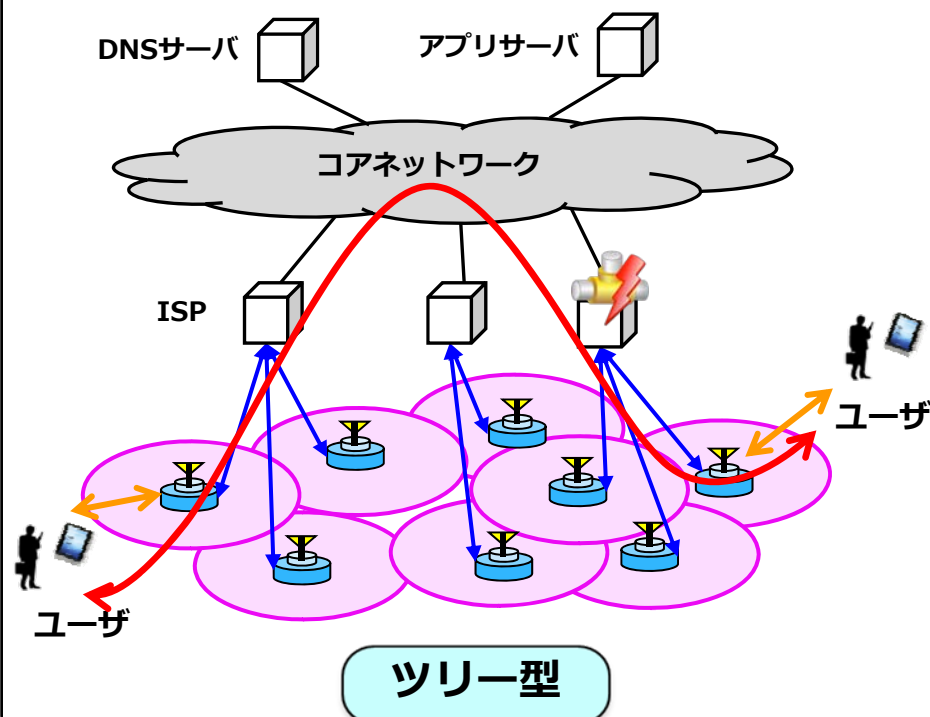
表：Wi-SUNと他の無線規格との比較

項目	無線LAN	モバイルWiMAX	Bluetooth	ZigBee	Wi-SUN
IEEE規格	802.11a/b/g/n	802.16e	802.15.1	802.15.4	802.15.4g
周波数帯	2.4 GHz, 5 GHz	2.5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	920 MHz
通信距離	数十 m ~ 数百 m	数 km ~ 十数 km	約1 m ~ 100 m	数 m ~ 数十 m	~ 500 m
伝送速度	~ 600 Mbps	~ 54 Mbps	~ 1 Mbps	~ 250 kbps	~ 400 kbps
変調方式	FHSS, DSSS, OFDM	OFDM	FHSS	DSSS	2GFSK/4GFSK
ペイロードサイズ	~ 64K バイト	~ 10260 バイト	~ 2745 バイト	~ 127 バイト	~ 2047 バイト
送信出力	~ 10 mW/MHz	~ 400 mW	~ 2.5 mW	~ 1 mW	~ 20 mW
トポロジ	スター	スター	スター (~ 7 ノード)	メッシュ (~ 65528)	メッシュ (~ 65528)
マルチホップ	可	不可	不可	~ 5 ホップ	~ 30 ホップ (実証済)
稼動時間	—	—	—	数年間 (単3形1本)	10年間 (単3形3本)
モジュールサイズ	27×30 (mm)	27×30 (mm)	14×19 (mm)	24×33 (mm)	20×40 (mm)

エネルギー/環境/防災/交通アプリケーションに関する地域情報のNerveNetモデルを利用した情報共有の実現

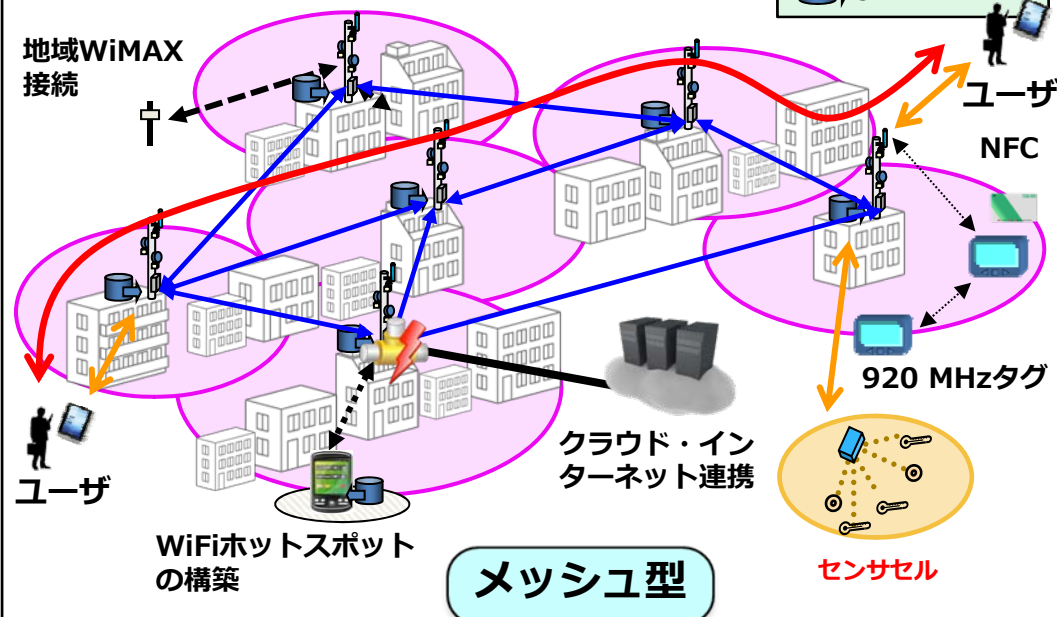
- 通常時はセンサを活用した安全・安心、地域情報の発信・共有アプリを中心に利用
- 非常時はメッシュネットワークを持つ利点を活かした通信網と情報システムにより、非常時サービスを提供

従来のネットワーク構成



NerveNetのネットワーク構成

- 公共建物屋上等に展開される基幹系ネットワーク
- 基地局 100基以内でのネットワーク構成が適当

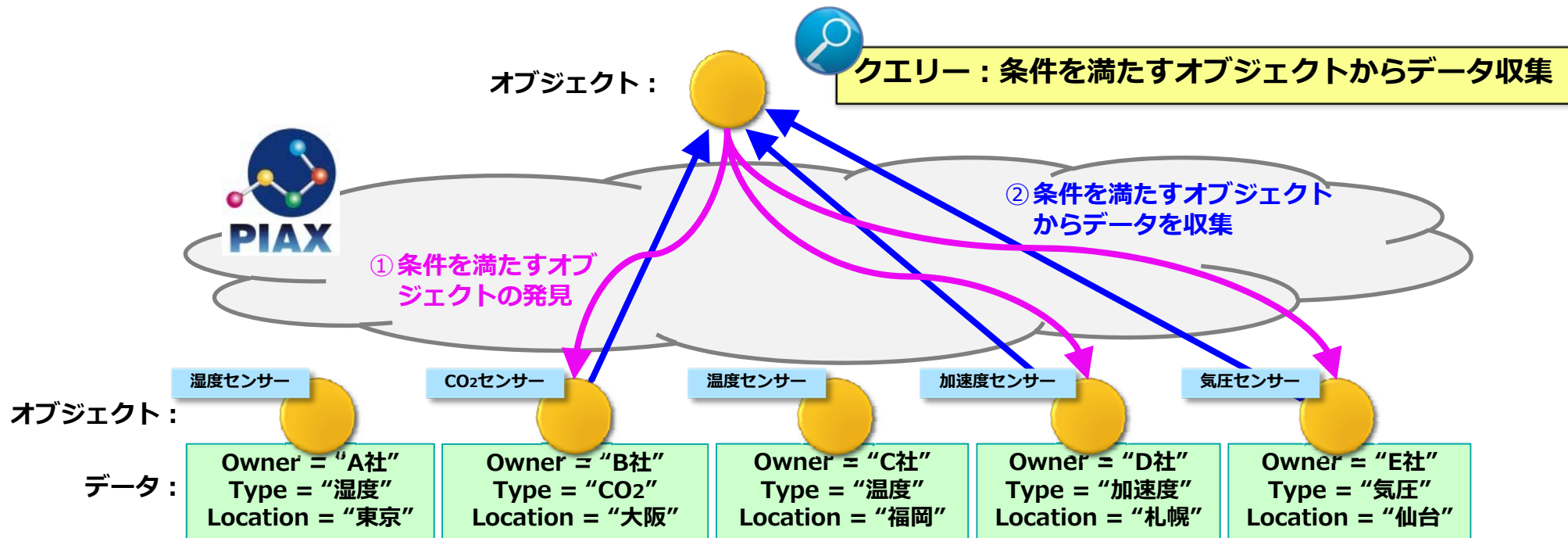


NerveNetのメリット

- ネットワークの一部のノードやリンクに障害が発生し、インターネットへの接続が失われた場合でも、NerveNetのみで宛先IPアドレスを解決し、生きているノードやリンクを経由して地域ネットワーク内でのユーザー間の情報共有が可能

PIAX (P2P Interactive Agent eXtensions)

- 非常に膨大な数の端末（各種センサーやデバイス）が存在する分散データベースの環境において、データやデバイス等のリソースを集約することなく、分散したままスケーラブルに検索し、データの配信・収集を効率的に行うことを可能とする

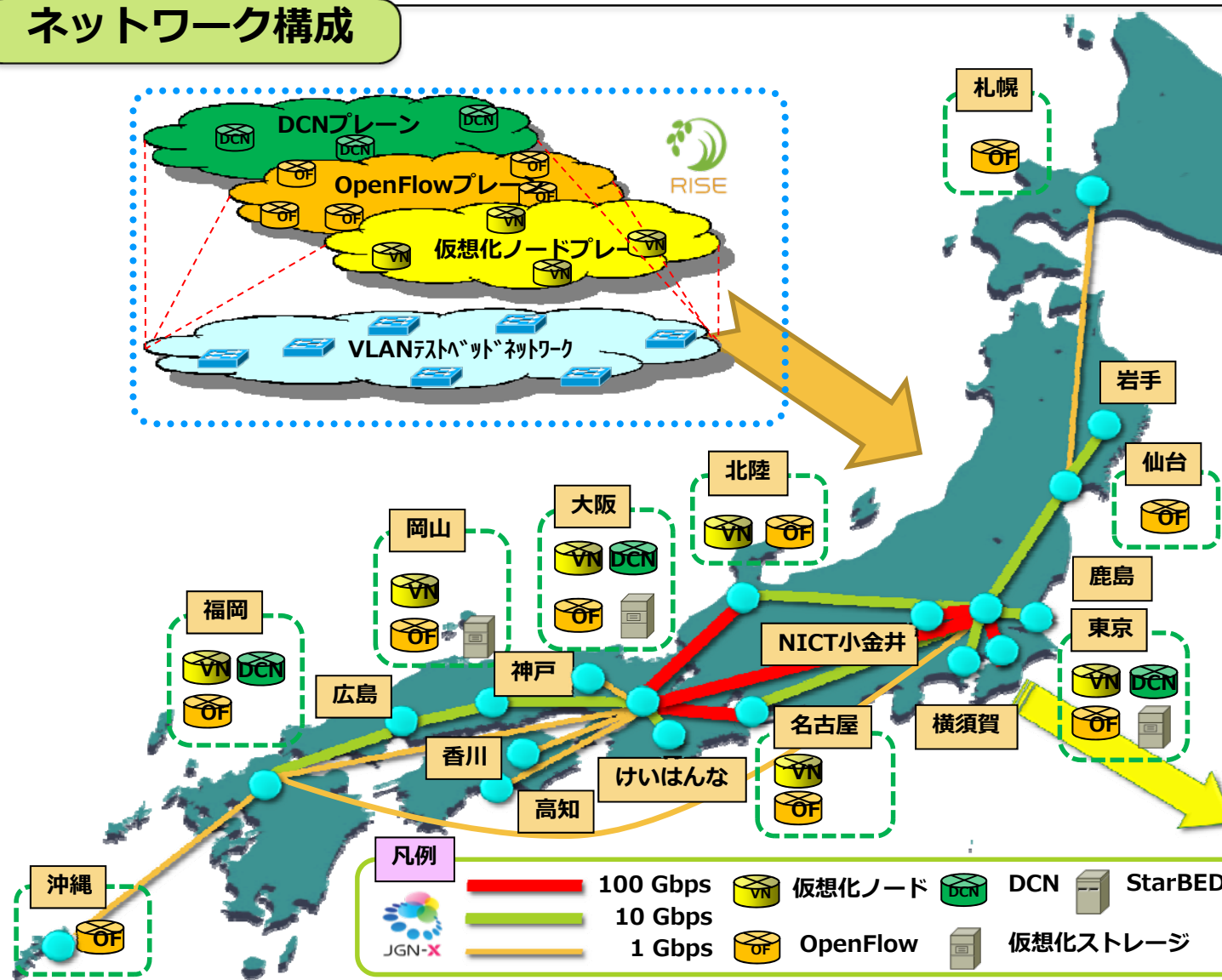
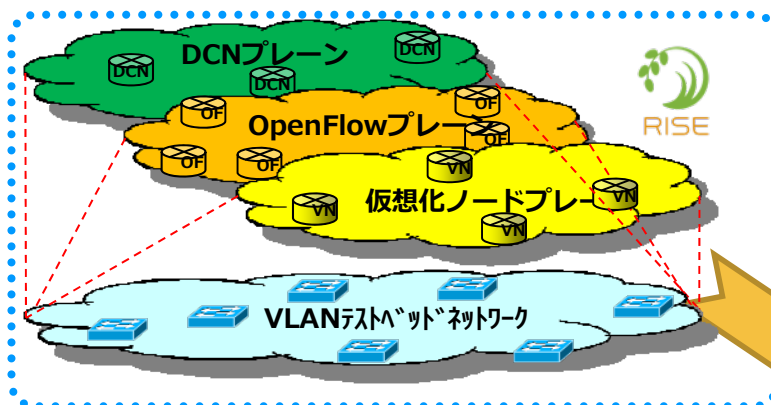


軽量暗号 (Lightweight Cryptography)

- ローエンドデバイスにおける小型ハードウェア実装での優位性を実証済
- クラウド上で高速に並列処理する実装法を構築予定

全国25カ所にアクセスポイントを有し、各拠点を結ぶ幹線区間は1Gbps～100Gbpsのバックボーンから構成される多様な実証実験が可能なテストベッドネットワーク

ネットワーク構成



JGN-X接続拠点

DCN	NICT鹿島	東京大学
	横須賀	大阪大学
	いしかわCL	九州大学
	NICT神戸	九州工業大学
	NICT北陸	東北大学
	NICTけいはんな	
	つくば	

光テストベッド

- 小金井-■ 大手町
- 大手町~大手町

海外線の帯域

日本~米国	: 10 Gbps
日本~韓国	: 10 Gbps
日本~香港(中国)	: 10 Gbps
香港~シンガポール	: 2.4 Gbps
シンガポール~タイ	: 1 Gbps

海外線



凡例

	100 Gbps		仮想化ノード		DCN		StarBED
	10 Gbps		OpenFlow		仮想化ストレージ		
	1 Gbps						

3. データ分析

テキスト情報分析技術

特徴

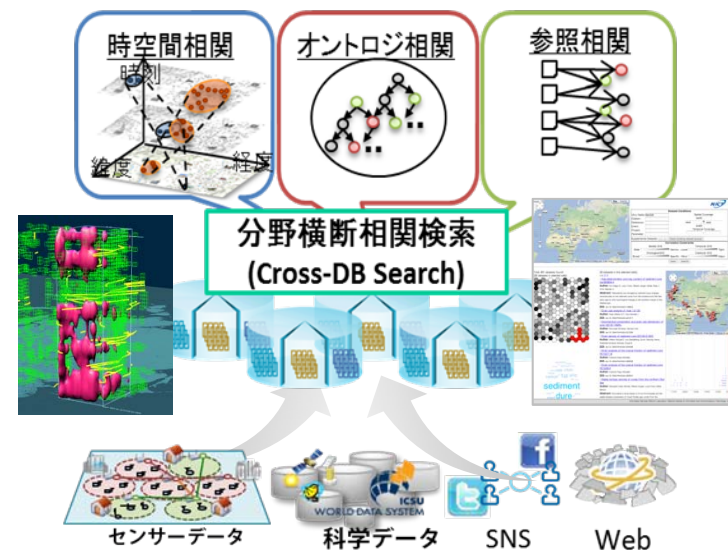
- セマンティック技術を応用した独自開発の「自然言語処理エンジン」の飛躍的な発展により、大量のWeb、SNS等の情報を意味的に深く分析し、価値ある情報や仮説を提供する技術
- 大規模災害時のSNSやWebから社会インフラ情報や危険情報を抽出（例：個人宅の植木が覆い被さって見通しの悪い交差点、出口の三叉路が予測不能で危険なトンネル等）
- 将来的にはセンサー情報や科学技術文献とのリンクを可能とし、情報や仮説の裏付けを取る



分野横断相関検索・可視化技術

特徴

- 自然環境の物理センシングからSNSによる社会センシングまで、異種・異分野のセンサー情報を様々な相関に基づき横断的に検索したり可視化する技術。ある自然現象に沿って起きる様々な出来事に関するデータを網羅性高く見つけだすことに適している
- 個別に収集された様々なセンサー情報を横断的に組合わせて利活用するために必要な技術

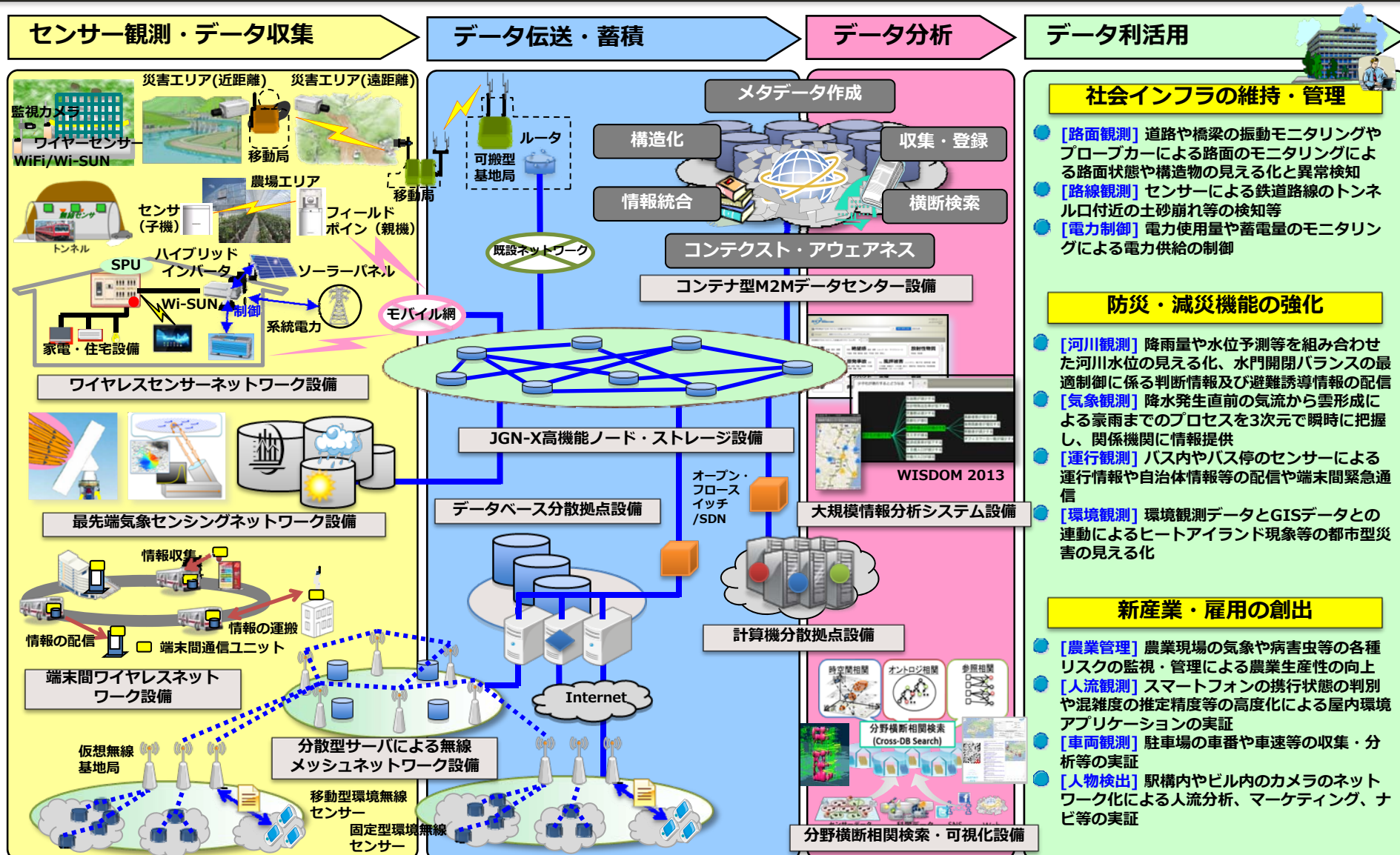


4. テストベッドの全体像 及び実証・利活用の計画

モバイル・ワイヤレステストベッドの全体像

河川、橋梁、道路、建物等に多様なセンサーを配備し、有無線ネットワークを通して集めた大容量のデータを大規模データセンターで高度分析することにより新たな価値を生み出し、「社会インフラの維持・管理」、「防災・減災機能の強化」、そして「新産業・雇用の創出」に貢献

データ観測・収集・伝送・蓄積・分析データの流れ



ソーシャルビッグデータの高度分析による新しい価値の創造

社会的課題の解決や新サービスの創出等に貢献するため、NICTのワイヤレス通信、ネットワーク等の技術の確立・活用を目指した実証実験を計画中

主なフィールド実証

1. 構造物監視モニタリング実証実験

- 構造物センサーの振動データ等による固有振動数等の算出や異常監視に資する技術実証

2. 路面監視センサー活用実証実験

- プローブカーによる収集データからの路面状態の見える化や異常検知に資する技術実証

3. 交通関連実証実験

- 交通情報、車両情報のデータを収集・蓄積・検索・照合・分析することによる公共・公益サービスまたは民間で利用できるアプリケーションの開発

4. 住宅エネルギーマネージメント実証実験

- 住宅に太陽光発電や発電量管理システムを設置し、家庭内の電力制御に資する技術実証

利活用計画

- テストベッドの共同利用のため協議会を発足予定

NICT技術の紹介

- 計測からデータ分析まで、情報通信の幅広い研究を実施
- 電磁波による非破壊、非接触計測、先進的テラヘルツセンシング
- センサーからのデータ伝送、Wi-SUN、NerveNet、JGN-X
- セキュリティ、テキスト分析、データ分析も

社会インフラモニタリングについて

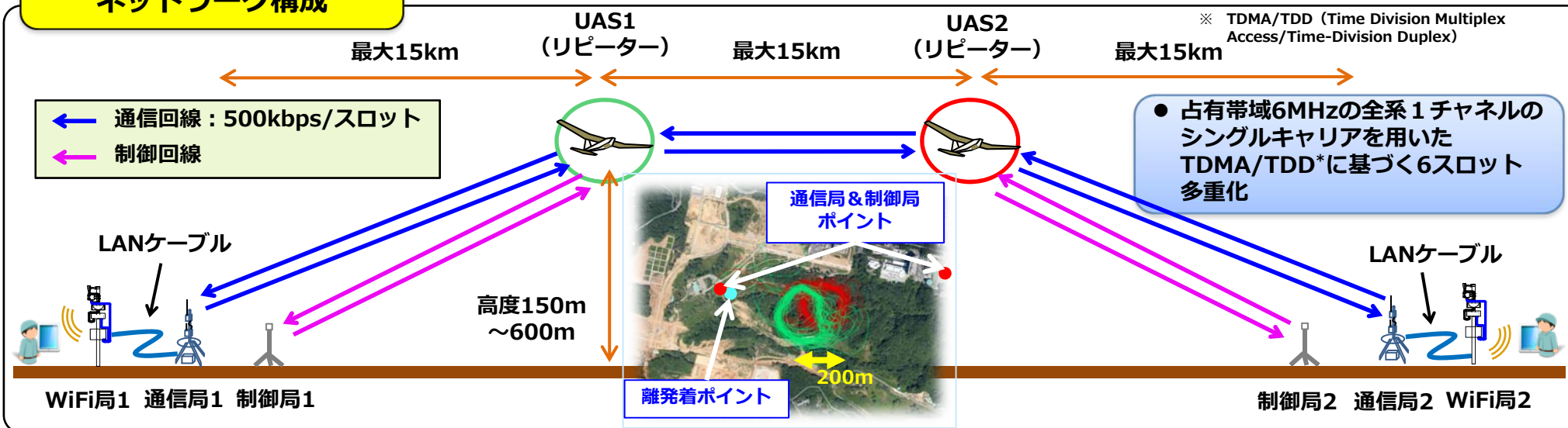
- 情報通信の様々な技術が、如何に現実社会と融合し、役立っていくかが大きな課題と認識
- 社会インフラモニタリングはこの意味での重要テーマ
- 国交省を始めとする他機関との連携を強化しつつ、NICTの強みを活かして貢献

以降、參考資料

無人航空機を使った無線リレー通信システム

高度150m～600mに無線中継器（リレー）を搭載する無人航空機（UAS）を巡回飛行させ、例えば孤立地域と対策本部の2地点間を伝送速度500kbpsの無線回線でつなぐことで、災害時におけるネットワーク孤立地域に対して通信手段を提供する。

ネットワーク構成



UAS機体の主要諸元

名称	PUMA-AE (米国エアロバイロメント社製)
翼長・機体重量	2.8 m、5.9kg
ペイロード	500 g
連続飛行時間	2～4時間
耐風速	25ノット (13m/s)
最高飛行高度	5,000 m (実証実験では200～400mを飛行)
動力	バッテリー駆動、電動プロペラ
運用方法	手投げ発進、GPS自律飛行、自律帰還、失速回収



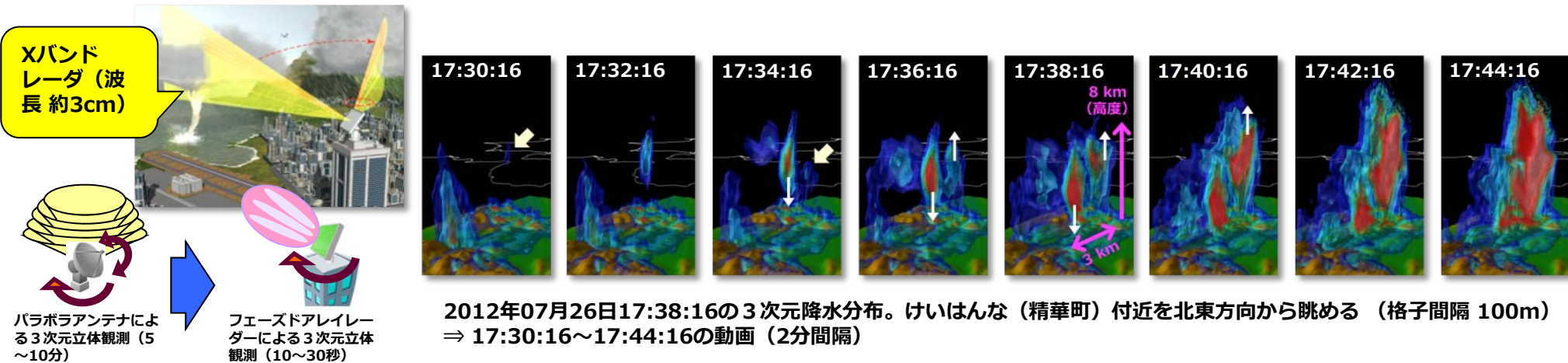
UAS搭載中継器の主要諸元

名称	通信モジュール (NICT開発)
サイズ・重量	W90 x D100 x H116 (mm)、約500g
周波数・帯域幅	2.3 GHz、8 MHz (内、ガードタイムに2MHz)
通信方式	6スロット多重TDMA/TDD、MSK、符号化率1/2
伝送速度 (情報)	3Mbps (全系) / 500kbps (スロット当り)
アンテナ	$\lambda/4$ ホイップ型 (水平面内無指向性)
送信出力	2 W
同期方法	GPS利用



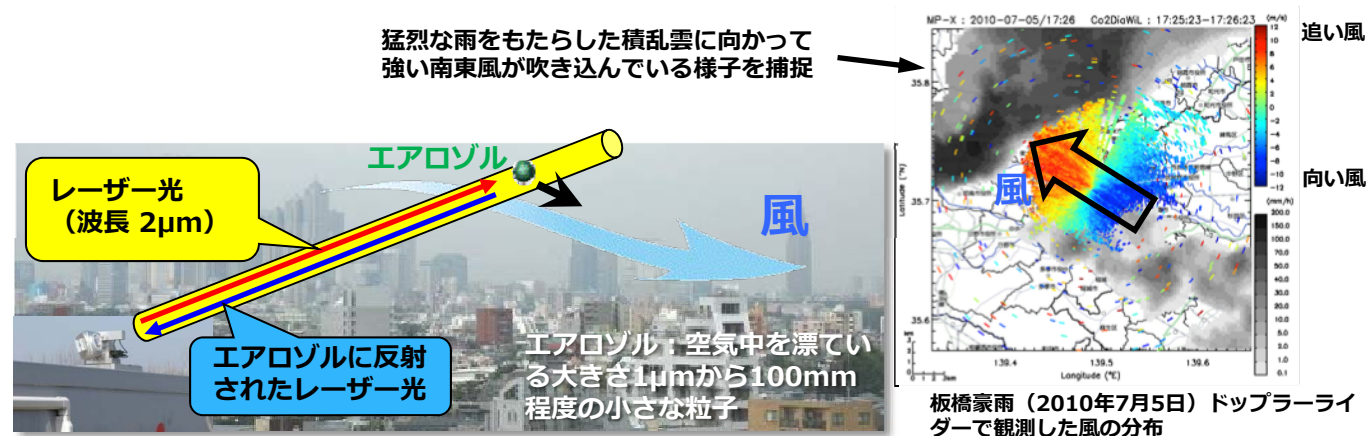
フェーズドアレイレーダ

- 10秒以内に100m以下の分解能で3次元観測（半径15～60km、高度14kmまで）でゲリラ豪雨のタマゴを10分前に探知。

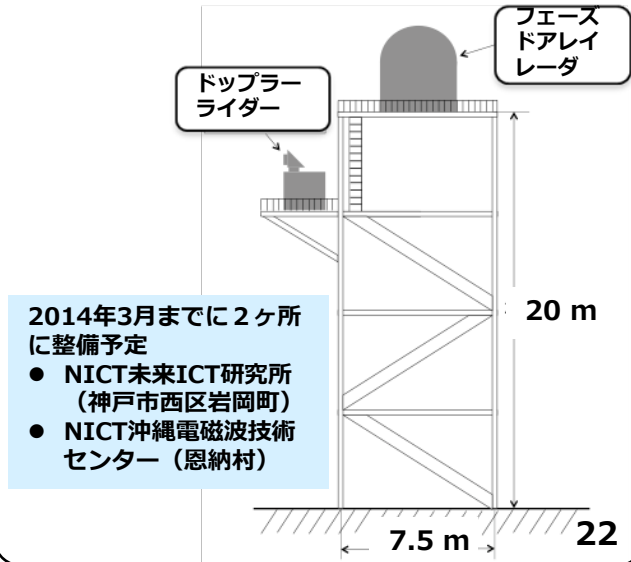


ドップラーライダー

- 大雨をもたらす大気の流れ（＝風）を測ることができ、局地的豪雨の事前予測に役立つものと期待。



最先端気象システム



- 噴煙や雲の影響を受けることなく地表面の観測が可能
- 観測データの機上高速処理技術を開発し、これまで観測後1日程度要していた偏波疑似カラー画像の提供時間を10分程度まで大幅短縮することに成功

Pi-SAR2と光学カメラの観測結果の比較



- 平成25年8月18日に発生した桜島昭和火口での爆発的噴火に伴い、桜島周辺の緊急観測を8月20日に実施
- 爆発的噴火の2日後(8月20日)に噴煙が立ち上る昭和火口とその周辺の地表面を上空約9,000mから観測

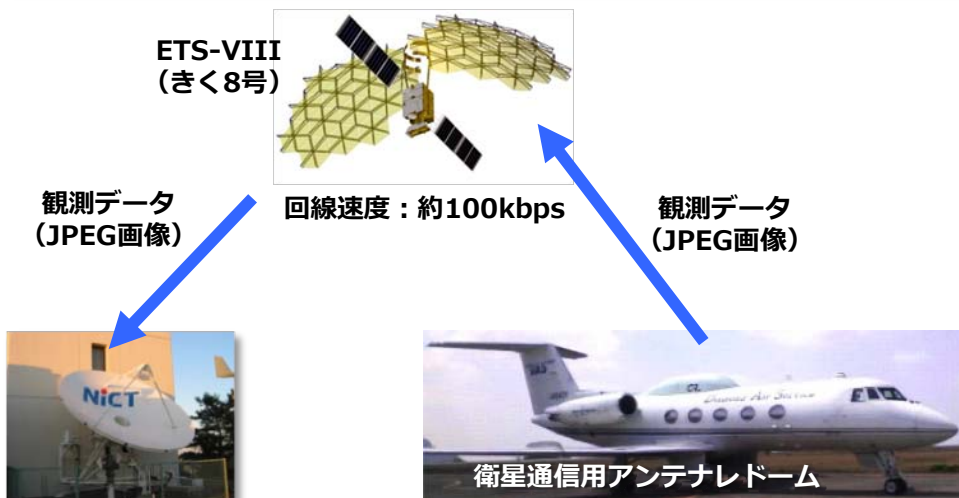
Pi-SAR2の性能

高精度航空機SARの開発 (Pi-SAR2)

- 30cmの識別能力 (世界最高性能)
- 2つのアンテナで立体視することができる
- 電波の振動の向きを使った詳細な分析可能
- 一度に5km~10kmの幅での観測

機上で高速に画像化後、衛星経由で地上に伝送

通信衛星による観測データのリアルタイム伝送



(イメージ図)

