

「NICT東北連携拠点開設記念」

～耐災害ICTと地域IoTへの展開～

耐災害ICT研究シンポジウム2018

講演予稿集

2018年3月26日（月）
TKPガーデンシティ仙台30階（AER30階）

主催；国立研究開発法人情報通信研究機構

— 目次 —

■ 基調講演

『リアルタイム津波浸水被害予測システムの研究開発』	1
～防災・減災に資するスーパーコンピューティングの取り組み～	

東北大学大学院情報科学研究科 教授 小林 広明

■ 講演

『ゲリラ豪雨の予測を目で』	14
---------------------	----

国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所
リモートセンシング研究室 室長 中川 勝広(工学博士)

『北国IoT ～積雪寒冷地域で有効な次世代広域道路状況ビックデータ提供IoTシステム』 ..	28
--	----

岩手県立大学 研究地域連携本部 特任教授 柴田 義孝

基調講演

『リアルタイム津波浸水被害予測システムの研究開発』 ～防災・減災に資するスーパーコンピューティングの取り組み～

小林 広明

東北大学大学院情報科学研究科 教授



<略歴>

1988年 東北大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了
(工学博士)
1988年～ 東北大学助手(工学部)
1991年～ 東北大学講師(工学部)
1993年～ 東北大学助教授(工学部)
1995年、1997年、2001年 米国スタンフォード大学客員助教授(電気工学科コンピュータシステム研究所)
2001年～現在 東北大学教授(情報シナジーセンター、情報科学科)、
情報シナジーセンター副センター長
2001年～2008 サイバーサイエンスセンターセンター長
2008年～2016 東北大学教育研究評議会評議員
2012年～2016

専門分野

高性能計算, コンピュータアーキテクチャ

大学院情報科学研究科教授

日本学術会議連携会員

文科省HPCI計画推進委員会委員

HPCIコンソーシアム理事

平成29年度「情報化促進貢献個人等表彰」文部科学大臣賞授賞

講演概要;

2011年3月11日の震災から7年目を迎え、東北地方では復興に向けた取り組みにより震災以前の生活を取り戻りつつあるが、この未曾有の震災を経験した被災地の大学として我々研究者ができることは、地震・津波・異常気象等の災害の発生のメカニズム明らかにし、災害を防ぐ「防災」と災害発生時の被害の最小化を図る「減災」に貢献できる研究成果を社会にいち早く還元することである。

本講演では、計算機科学者・理学研究者・工学研究者、そして自治体等に防災システムを実際に導入している企業の技術者が密接に連携して、関連自治体の協力も得ながら研究開発を進めている世界初のリアルタイム津波浸水被害予測システムについて紹介する。

本システムは内閣府の防災システムの機能の1つとして導入が完了しており、2018年4月から本格運用される。本システムにより、南海トラフ域で大規模地震が発生した際には、地震発生直後にスーパーコンピュータにより津波シミュレーションを実行して被害推計を直ちに行い、総距離6,000Kmにおよぶ太平洋沿岸地域における津波被害の推計を、地震発生から約30分以内に首相官邸に情報伝達を完了することができる。



東北大学



リアルタイム津波浸水被害予測システムの研究開発 ～防災・減災に資するスーパーコンピューティングの取り組み～

小林広明
東北大学

大学院情報科学研究科教授
サイバーサイエンスセンター長特別補佐

koba@tohoku.ac.jp

2018年3月26日

耐災害ICT研究シンポジウム2018



Hiroaki Kobayashi, Tohoku University

本日の内容

- ★ HPCに関する全国共同利用・共同研究拠点としての東北大学サイバーサイエンスセンターの役割
- ★ リアルタイム津波浸水被害予測システムの研究開発

東北大学サイバーサイエンスセンターの歴史

- ★ 1969年に日本で2番目の全国共同利用型大型計算機センターとして設立
 - 全国の学術研究者に汎用大型計算機を提供
- ★ 1985年よりスーパーコンピュータセンターとして活動
 - 大規模科学計算システムとしてベクトル型のスーパーコンピュータを運用
- ★ 2007年より文科省補助金事業としてコンピュータ資源を産業利用に提供開始
 - 民間企業のスパコン利用支援に着手
- ★ 2008年に情報シナジーセンターからサイバーサイエンスセンターへ改組
 - 2010年より「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」として文科省より認定を受け、2012年よりHPCIに資源提供を開始し、HPCに関する共同利用・共同研究拠点活動を強化

新システム設計



研究開発



SENAC-1 in 1958



First Computer in 1969



ACOS 1000 in 1982



SX-1 in 1985



SX-4 in 1998



SX-2 in 1989



SX-7 in 2003



SX-3 in 1994



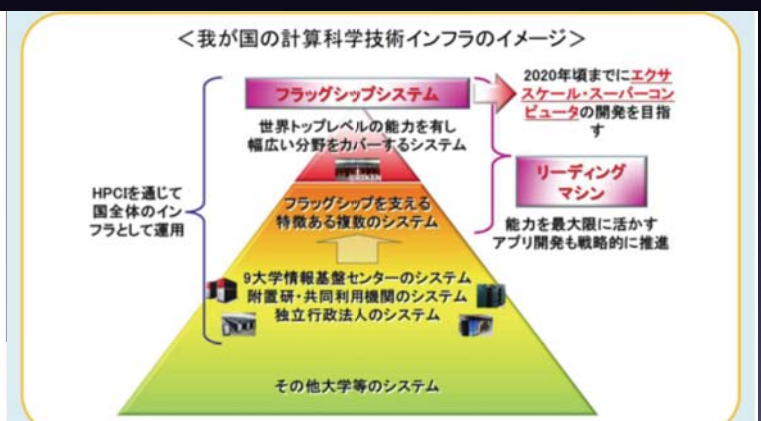
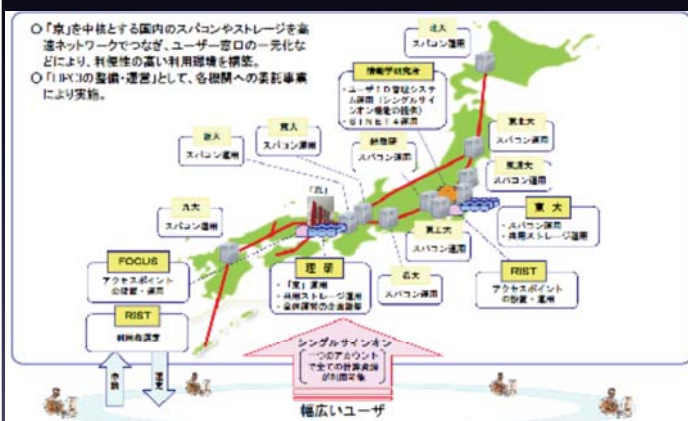
SX-9 in 2008

耐災害ICT研究シンポジウム2018

3

平成30年3月26日

我が国のHPC拠点としての 東北大学サイバーサイエンスセンターの目指す役割



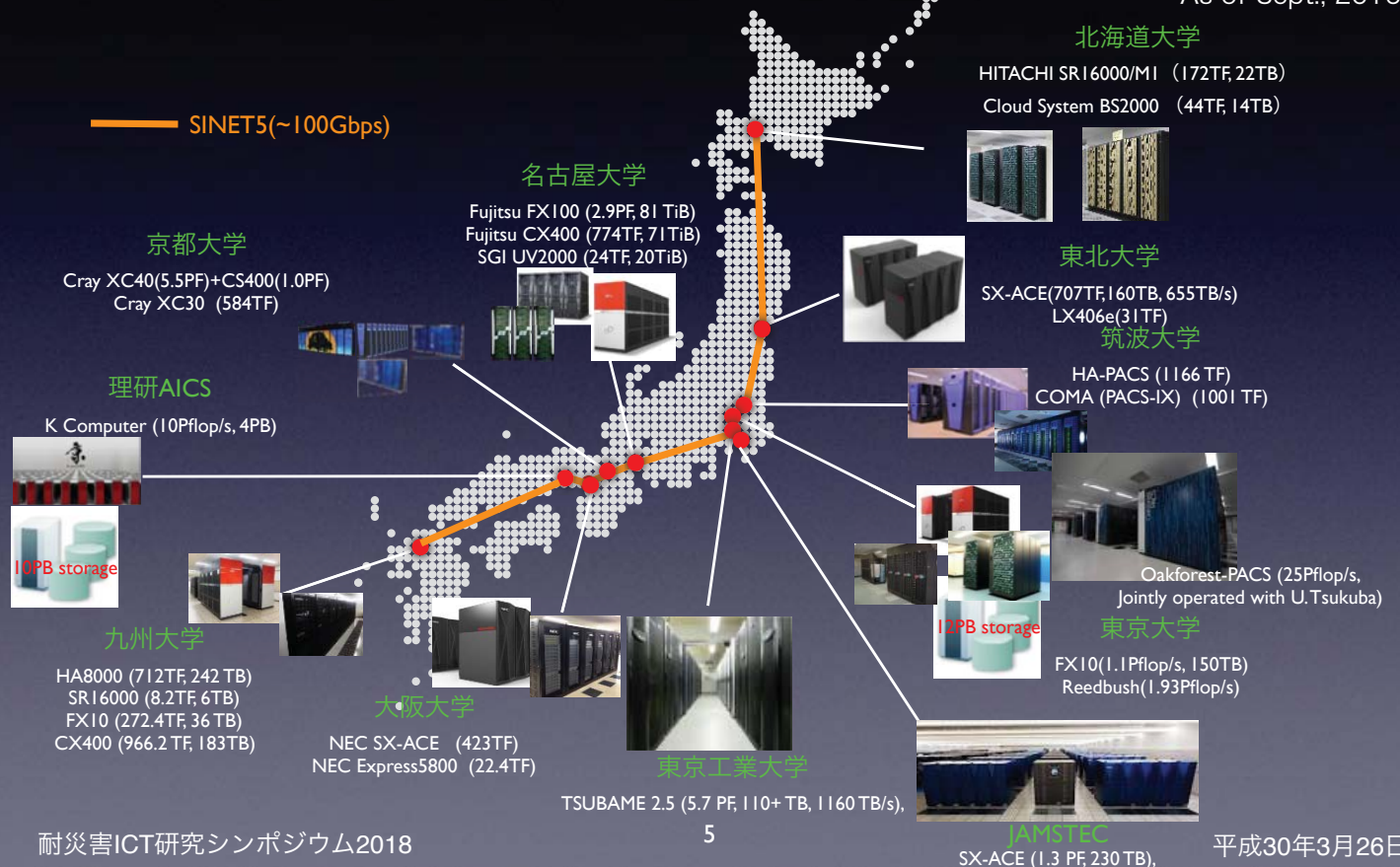
現在のHPCIシステムの安定運用・高度化への貢献

将来のHPCIシステム研究開発・構築への貢献

これらの取り組みを通じて、計算機科学・計算科学の両分野に精通した分野融合・横断型の人材育成

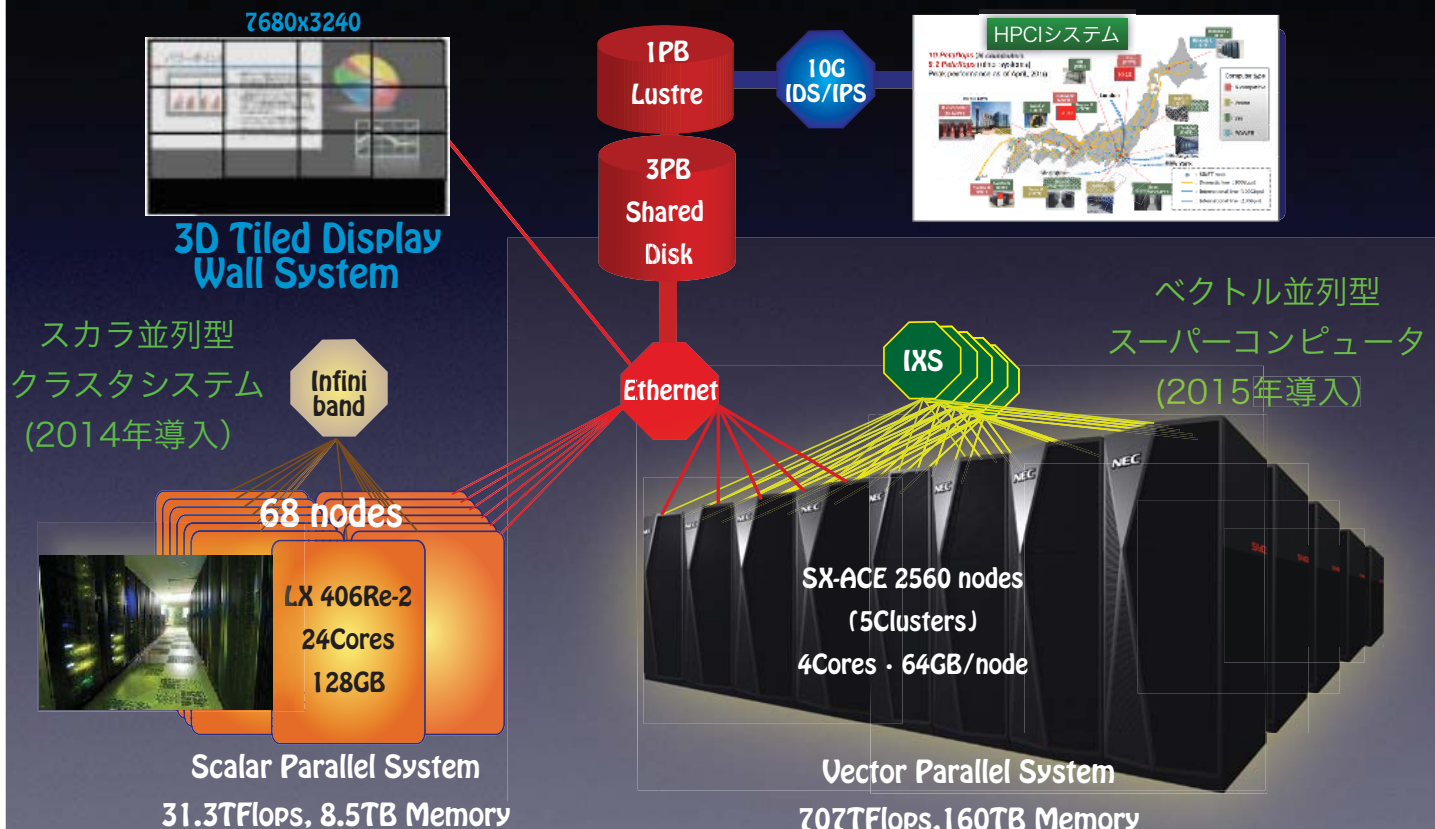
HPCI: ハイパフォーマンスコンピューティングインフラ

As of Sept., 2016



東北大学大規模科学計算システム

全国共同利用型スーパーコンピュータ設備の整備・運用・利用支援



スカラクラスタ・大規模ストレージ・可視化システム

スカラ型クラスタシステム

- 全体構成: 68-ノード構成 (136CPU, 1632 cores)

- 30.6Tflop/s
- 8.5TB memory
- Infiniband 5GB/sec

- ノード構成: 2 CPU SMP

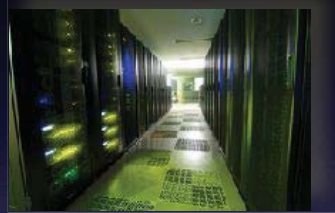
- 460.8Gflop/s
- 128GB Memory

- CPU 構成: Ivy Bridge (E5-2695v2)

- 12-core
- 2.4 ~ 3.2 GHz
- 230.4Gflop/s
- 30MB L3\$

- 提供ソフトウェア

- LINUX, C/C++, Fortran, Numerical Factory, MKL, MPI, OpenMP, Gaussian, GRRM11, Marc/Mentat, Mathematica, MATLAB



大規模ストレージシステム

- メインストレージシステム (3PB)

- NEC iStorage M300
- Scalable Technology File System (ScaTeFS)

- HPCI共有ストレージシステム (1PB)

- DDN SFA 12K-40
- Lustre File System

可視化システム

- 3D Tiled Display

- 3 x 4 Tiled Display (7280x3240)

- 可視化サーバ (4ノード構成)

- 2 x E5-2670 Xeon and Quadro K5000 / node

- 可視化ソフトウェア AVS/Express MPE



東北大学新スーパーコンピュータシステムの特徴

大幅な性能強化を省スペース・省電力で実現

		SX-9 (2008)	SX-ACE (2014)	性能向上比
	コア数	1	4	4x
CPU性能	理論最大演算性能	118.4Gflop/s	276Gflop/s	2.3x
	メモリバンド幅	256GB/sec	256GB/sec	1
	ADB容量	256KB	4MB	16x
システム性能・規模・消費電力	理論最大演算性能	34.1Tflop/s	706.6Tflop/s	20.7x
	総メモリバンド幅	73.7TB/s	655TB/s	8.9x
	総メモリ容量	18TB	160TB	8.9x
	最大消費電力	590kVA	1,080kVA	1.8x
	計算機室床面積	293平米	430平米	1.5x

量より質へのこだわり

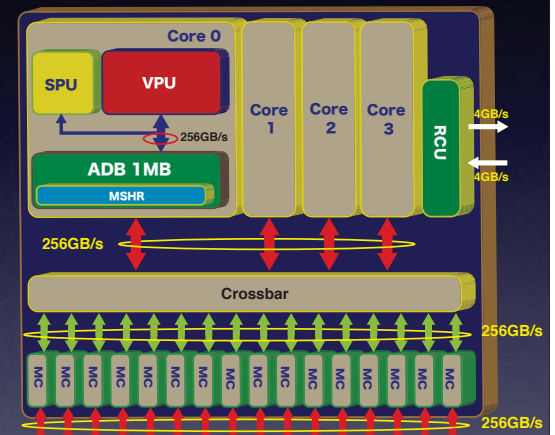
		SX-ACE(2014)	京(2011)	性能比
CPU (ノード) 性能	クロック周波数	1GHz	2GHz	0.5x
	コア性能	64Gflop/s	16Gflop/s	4x
	コア数/CPU	4	8	0.5x
	積和演算性能	256Gflop/s	128Gflop/s	2x
	メモリバンド幅	256GB/s	64GB/s	4x
	メモリ容量	64GB	16GB	4x

計算科学の多様な分野において萌芽研究から実用研究に対し
生産性の高いシミュレーション実行環境の構築をめざし、全国の利用者に提供

SX-ACE ベクトルプロセッサの特徴

- 4 ベクトル処理ユニット(VPU)とスカラー処理(SPU)ユニットから構成されるコアを4つ実装
 - VPU 性能272Gflop/s + SPU 性能4Gflop/s
 - コアあたり:68Gflop/s (VPU)+ 1Gflop/s (SPU)
 - ADB(Assignable Data Buffer): コア毎に用意される1MBプライベート オンチップキャッシュ (総容量4MB)
 - vector load/storeデータのADB配置をソフトウェアでコントロール可能
 - SX-9比4×容量
 - 512 entries (address+data) MSHR
 - 256GB/s to/from Vec. Reg.
 - 4B/F for Multiply-Add operations
 - 256 GB/s memory bandwidth, Shared with 4 cores
 - 1B/F in 4-core Multiply-Add operations
~ 4B/F in 1-core Multiply-Add operations
- 他のベクトル処理強化策
 - Out of Order execution for vector load/store operations
 - Advanced data forwarding in vector pipes chaining
 - Shorter memory latency than SX-9

SX-ACE Processor Architecture

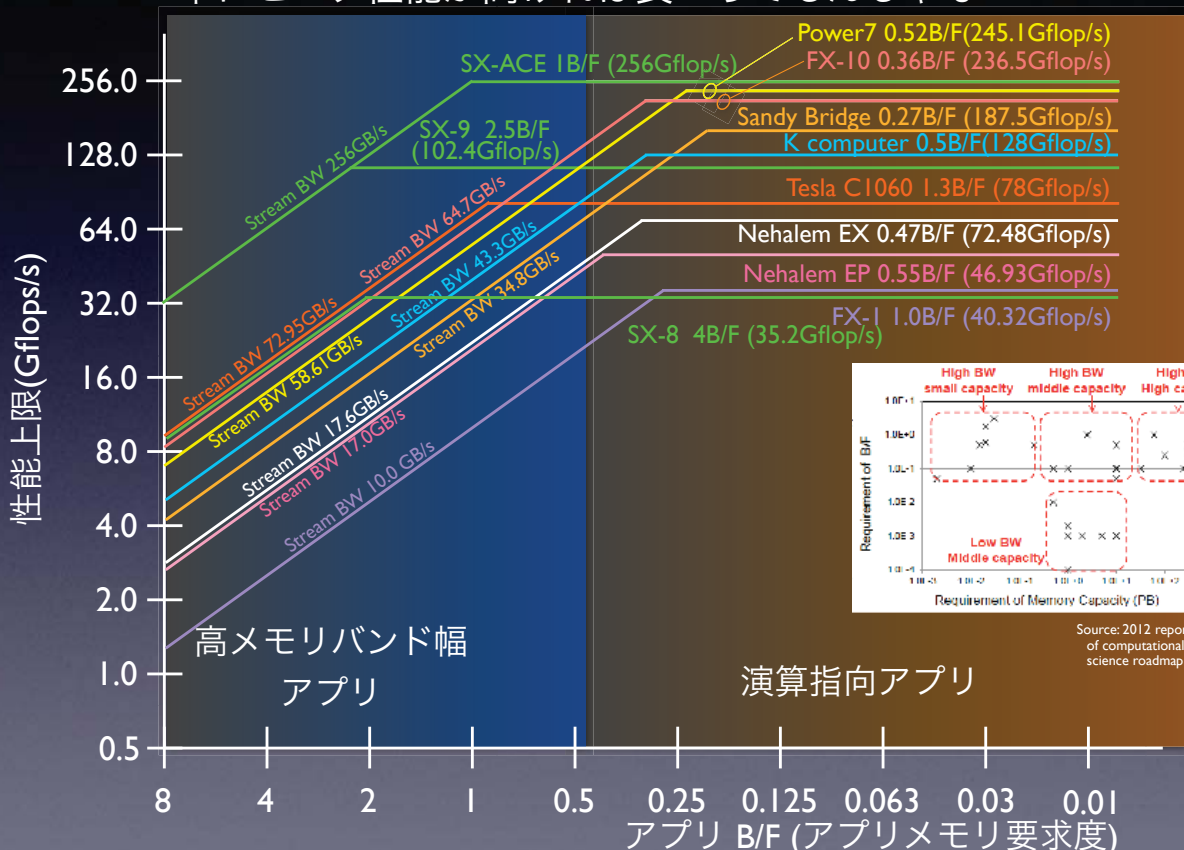


Source: NEC

なぜ我々はベクトル型（高メモリバンド幅）スパコンにこだわるのか？

スパコンに関する誤信と落とし穴：その1

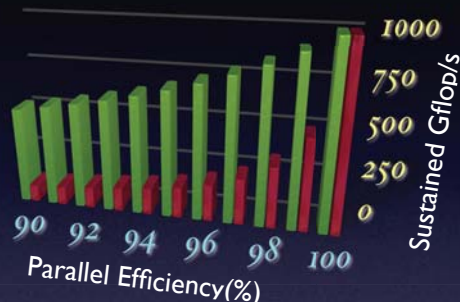
単にピーク性能が高ければ良いってもんじゃない



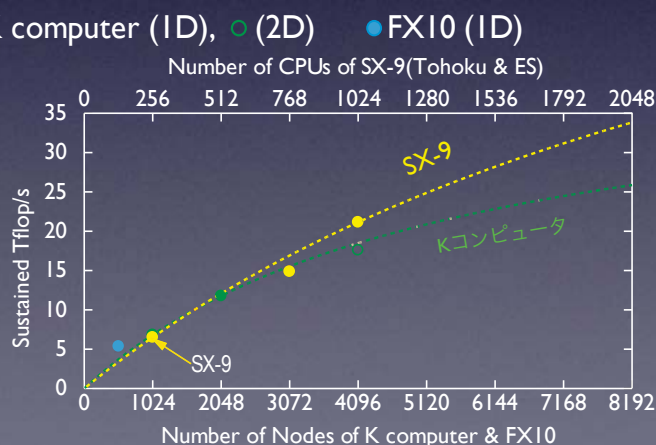
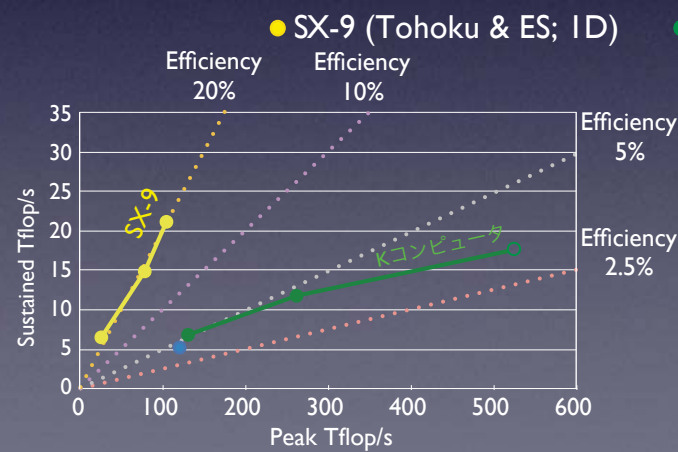
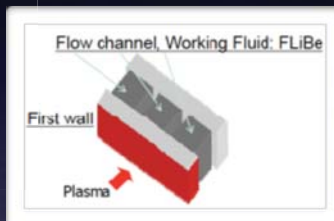
スパコンに関する過信と落とし穴：その2

単に数を増やせば良いってもんじゃない

- 100Gflop/s Core × 10 /socket
- 10Gflop/s Core × 100 /socket



超大規模数値計算に基づく核融合炉先進ブランケットデザイン条件における高精度 MHD 熱伝達データベースの構築 (山梨大学 山本教授とのJHPCN共同研究)



耐災害ICT研究シンポジウム2018

Y. Yamamoto, Progress Report of JHPCN12 - NA14 平成30年3月26日

世界的なスパコン評価指標HPCGによる評価の取り組み

★ HPLの性能評価指標としての限界

- 実アプリケーションとの性能乖離

＊HPCシステムの研究開発をゆがめる？

- 長時間実行が必要

＊耐久試験, 信頼性評価にはよいかも？

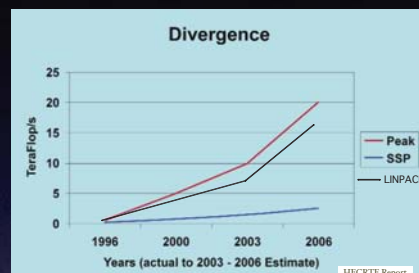
✓実アプリケーションの挙動に近い新しい評価指標が求められてきた

★ HPCG ベンチマークの誕生

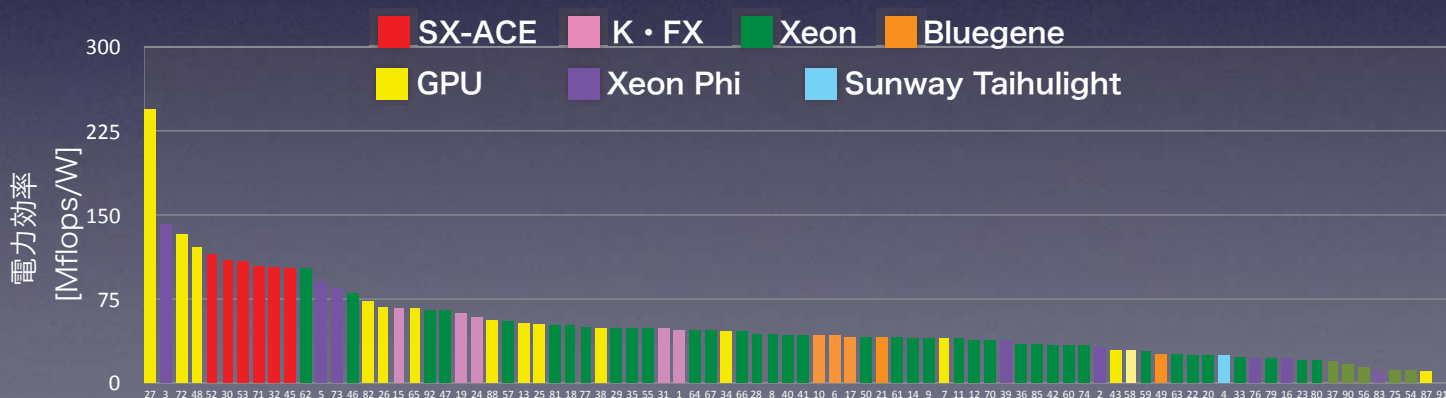
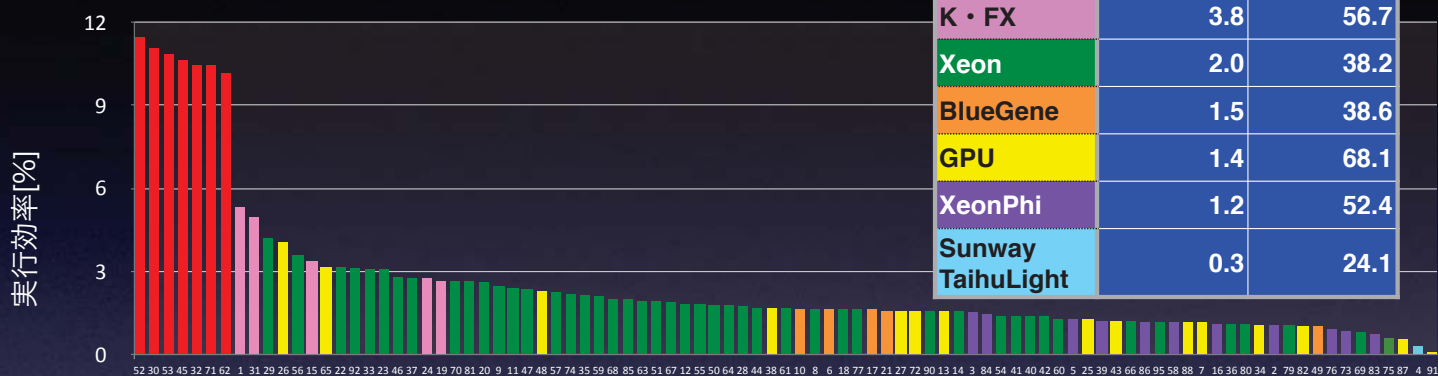
- 実アプリケーションで頻繁に使用される疎行列計算と通信の性能を重視

＊疎行列ベクトル積, 内積演算, 総和通信, 隣接間通信等

- アプリケーション最適化技術も評価の対象



HPCGベンチマークによるSX-ACE評価結果



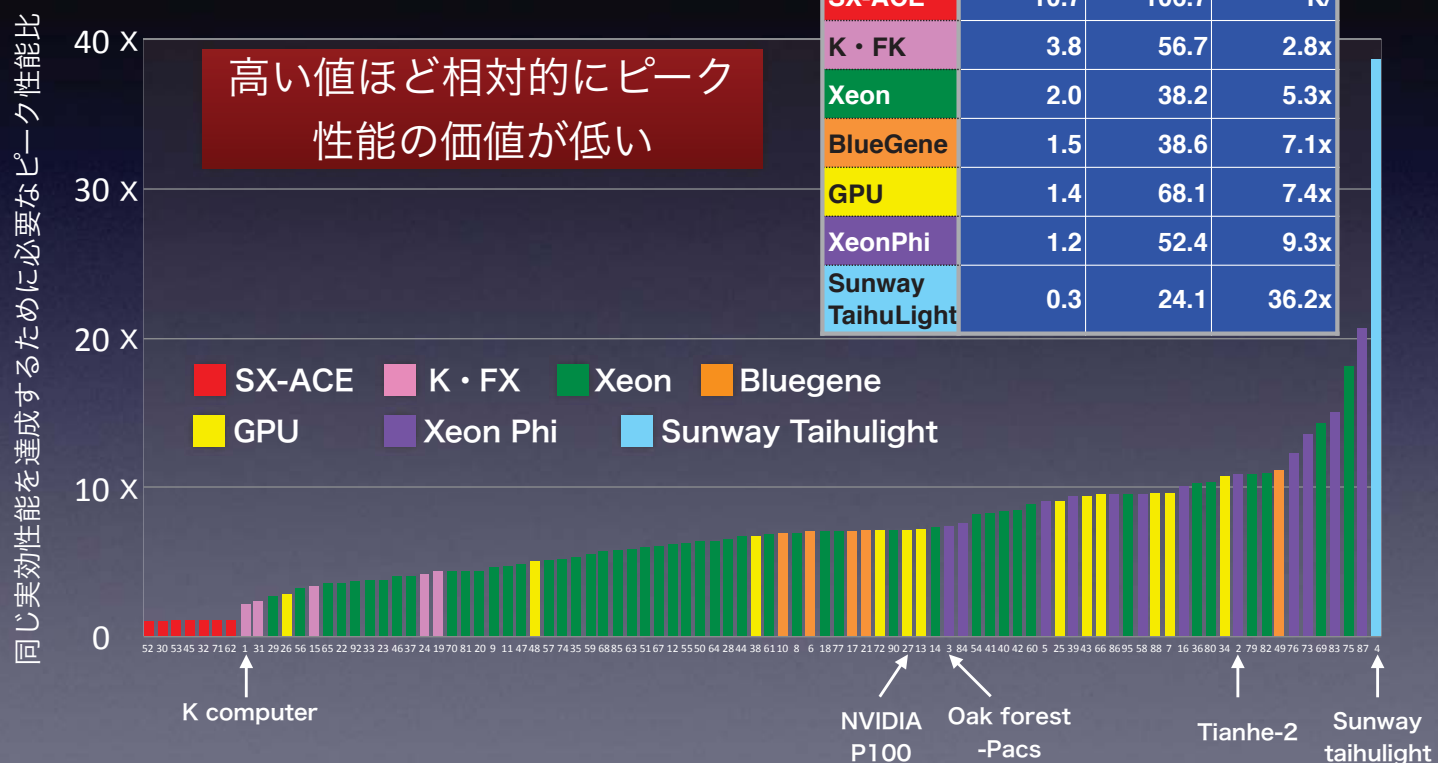
耐災害ICT研究シンポジウム2018

13

平成30年3月26日

実行効率比較：

高いピーク性能が必ずしも高性能を意味しない

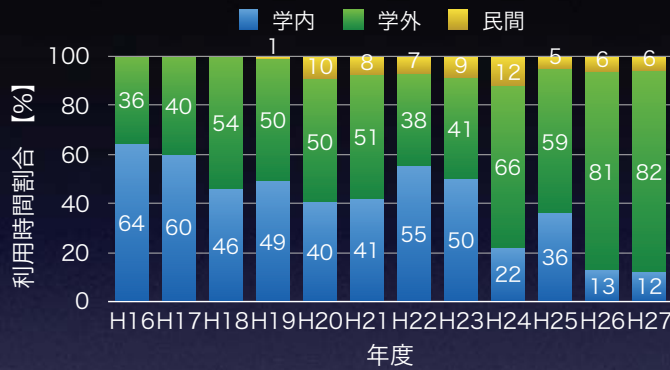


耐災害ICT研究シンポジウム2018

8

平成30年3月26日

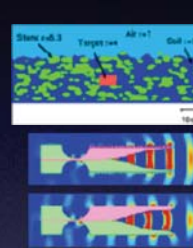
システムの利用状況・利用者の研究分野



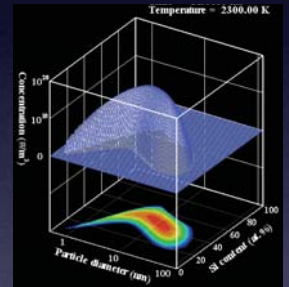
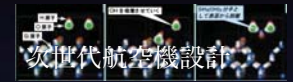
熱中症解析



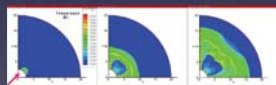
電磁解析



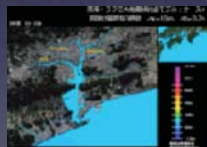
材料／物性



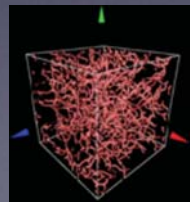
燃焼



地震津波



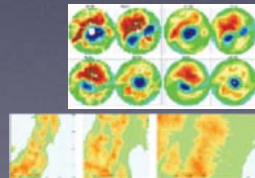
航空機設計



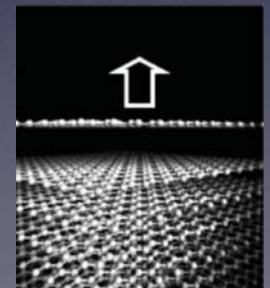
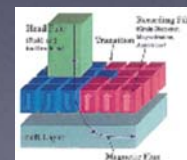
高効率タービン設計



気象／機構解析



垂直磁気記録



耐災害ICT研究シンポジウム2018

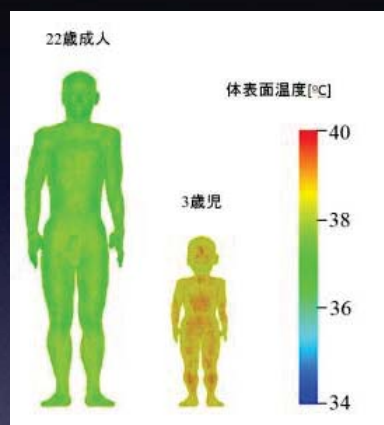
15

平成30年3月26日

成果事例：リアルタイム熱中症予測シミュレーション

1時間路上を歩行後の体表面温度の推定*

熱中症セルフチェック

<https://www.netsuzero.jp/selfcheck>


成果を社会へ展開

3時間後の体温変化を20秒以内にサイバーサイエンスセンターのスパコンで20秒で計算

*名古屋工大平田教授との共同研究

「環境、年齢、性別によって、熱中症発症のリスクが異なることを明らかにし、個人に応じたオーダーメイドのリスク評価が可能に」



耐災害ICT研究シンポジウム2018

9

平成30年3月26日

産業利用支援の取り組み



産学連携共同研究の取り組み事例 MRJ

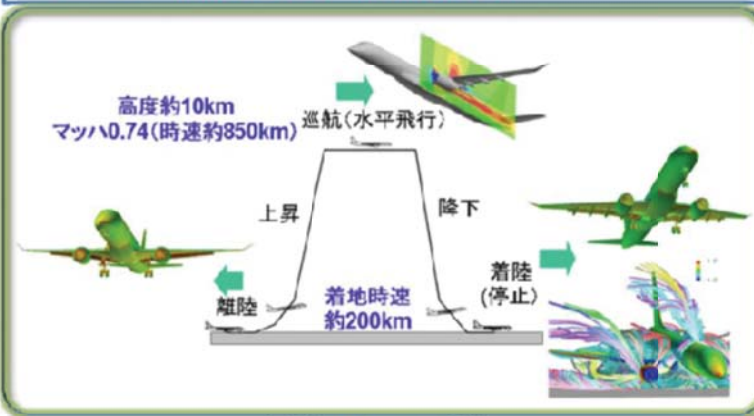
国内初のジェット小型航空機(MRJ)開発

環境負荷低減の為、同クラスで先行するジェット旅客機の燃費に対して、機体の軽量化・低抵抗化と新エンジンの搭載を含めて2割程度の燃費削減を目標とした機体MRJ (Mitsubishi Regional Jet) の設計開発

平成20年度より、東北大学のSX-9システムと東北大学工学研究科中橋教授が開発したTAS-Code (Tohoku Univ. Aerodynamic Simulation Code)を用いた全機全ミッションCFD解析を実施し、飛行試験前の最終版となる機体性能計算のための空力データを作成。MRJ開発スケジュールの維持に貢献

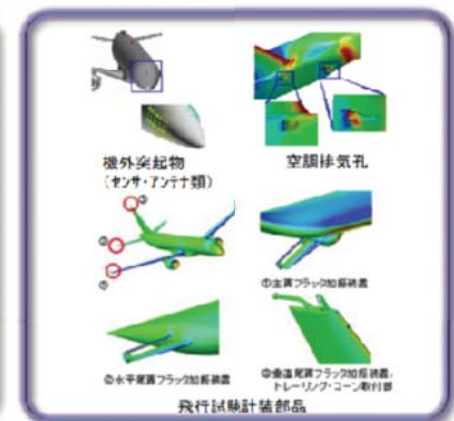


MRJ(参照: <http://www.mrj-japan.com/>)



全機全ミッションCFD解析

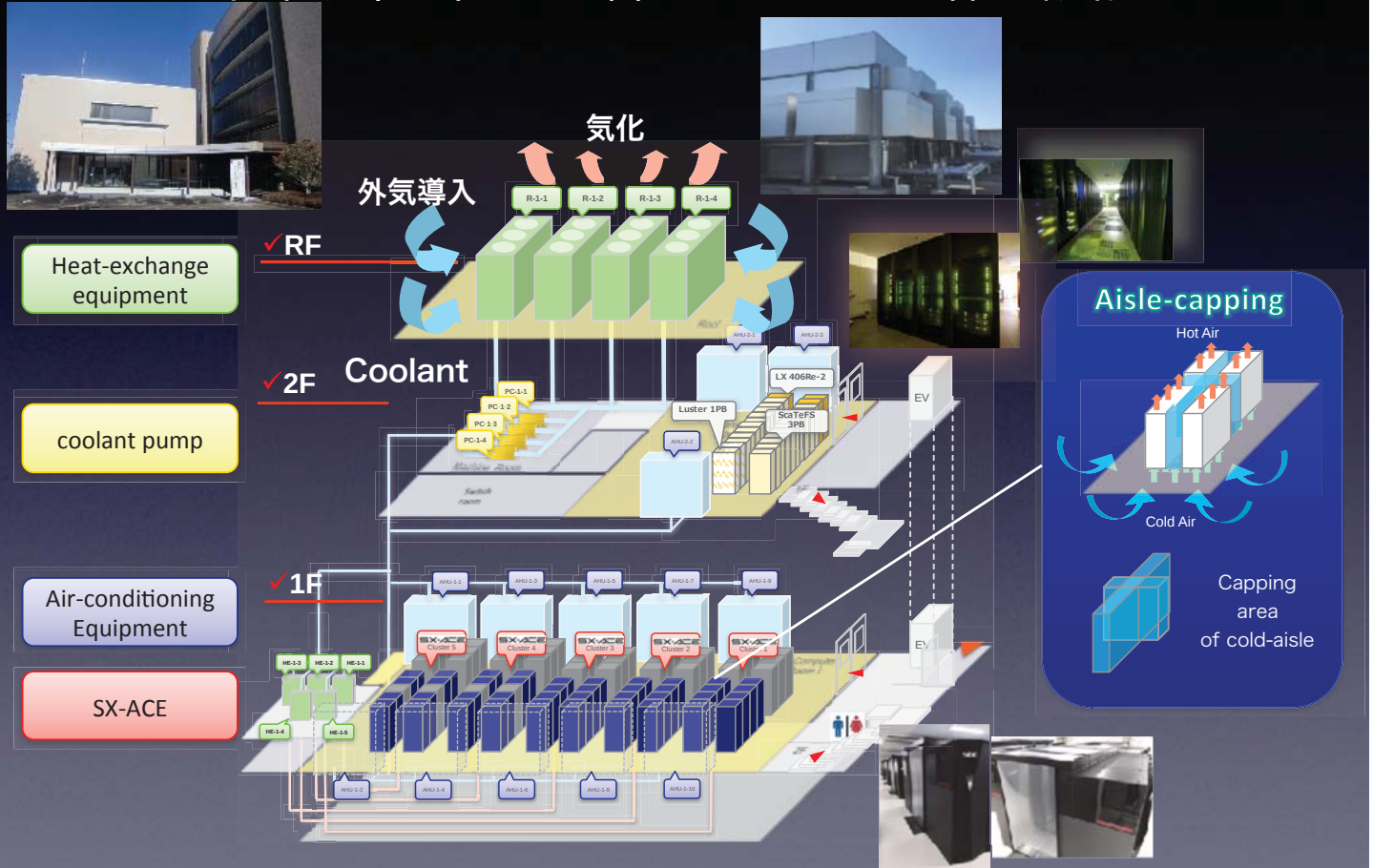
CFDの要素技術開発(非構造格子法の种子生成・解析技術の高度化、大規模並列解析等)によって、離陸⇒上昇⇒巡航⇒降下⇒着陸⇒停止という航空機の一連の運用ミッションに適用可能とし、全機全ミッションCFD解析技術を確立



詳細部品模擬CFD

従来は風洞試験機でも模擬が困難で、従来は増設及び経験に基づく簡易推算に頼っていた機体装備品の詳細部品をCFD解析において模擬し、機体構造設計のための詳細局所空力荷重設定や機体抵抗(雑抵抗)の高精度化に寄与

冷却効率を高めた省電カスパソコン棟の設備



耐災害ICT研究シンポジウム2018

19

平成30年3月26日

外気導入冷却の効果



耐災害ICT研究シンポジウム2018

11

平成30年3月26日



東北大学

「リアルタイム津波浸水被害予測システム の研究開発

21



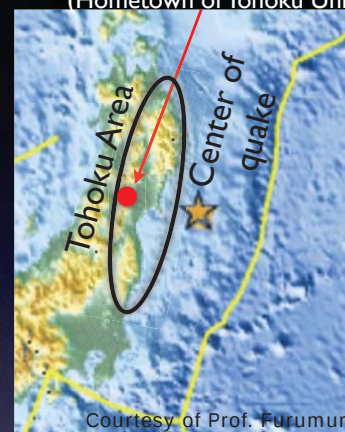
TOHOKU
UNIVERSITY

Hiroaki Kobayashi, Tohoku University

研究開発の背景：2011年東日本大震災による甚大な津波被害

- 2011年3月11日14時46分に発生、約30分後に大津波が襲来
- マグニチュード 9.0 (日本最大規模、世界第5位の規模)
- 死者行方不明者約20,000人(主に津波による)、10万人規模での仮設住宅避難
- 沿岸部では津波による膨大ながれき撤去に1年以上
- ガス、電気、水道、交通等の重要な生活・社会インフラの破壊、長期間にわたるこれらサービス停止、社会活動の停滞

Sendai, Miyagi
(Hometown of Tohoku Univ)



Courtesy of Prof. Furumura,
U. of Tokyo



Sendai Station



津波による甚大な被害



本事業の目的

- 東日本大震災における津波被害の教訓を踏まえ、世界最先端のシミュレーション・センシング・ICTを融合し、迅速かつきめ細やかな被害情報の推計・把握と配信によるG空間防災モデルを構築
- 沿岸部10mメッシュの分解能での「世界初」のリアルタイム津波浸水予測とG空間情報の活用による建物被害予測を、地震発生から20分以内に完了させ、実証自治体での災害対応の基盤情報に組み込み、準天頂衛星からのメッセージ送信や災害に強いワイヤレスネットワークを活用し、ユーザに対して確実に情報を配信

本事業の達成により

- ★平常時には自治体の津波想定や組織内訓練システムとして運用し、様々な津波被害発生シナリオ構築、より現実的な避難訓練、人員・資材の効果的な配分の検討に活用
- ★災害発生時には、リアルタイム情報提供に加え、社会情報（人口、建物、交通）を活用してリアルタイムで被害を推計し、迅速な初動対応・意志決定上の基本情報を提供

総務省 世界最先端のG空間防災モデルの確立に関する実証事業

★実証事業代表機関 東北大学災害科学国際研究所

●参加機関 東北大学サイバーサイエンスセンター・理学研究科・電気通信研究所・NICT・NEC・国際航業・NTTデータ・NTTコム他

★G空間シティ構築事業

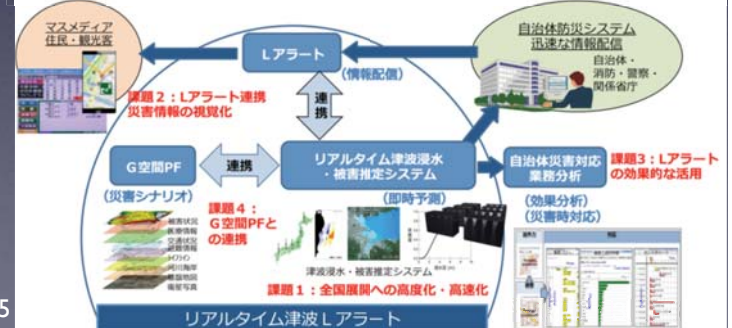
- ・「リアルタイム津波浸水・被害情報配信による自治体の減災力強化の実証事業」
- ・実証期間 2014年7月から2015年3月
- ・自治体（東松島市、石巻市、静岡市、高知市）と連携

★G空間防災システムとLアラートの連携推進事業

- ・「リアルタイム津波予測システムとLアラートの連携による「津波Lアラート」の構築と災害対策の高度化実証事業」
- ・実証期間 2015年7月から2015年12月

G空間情報とは

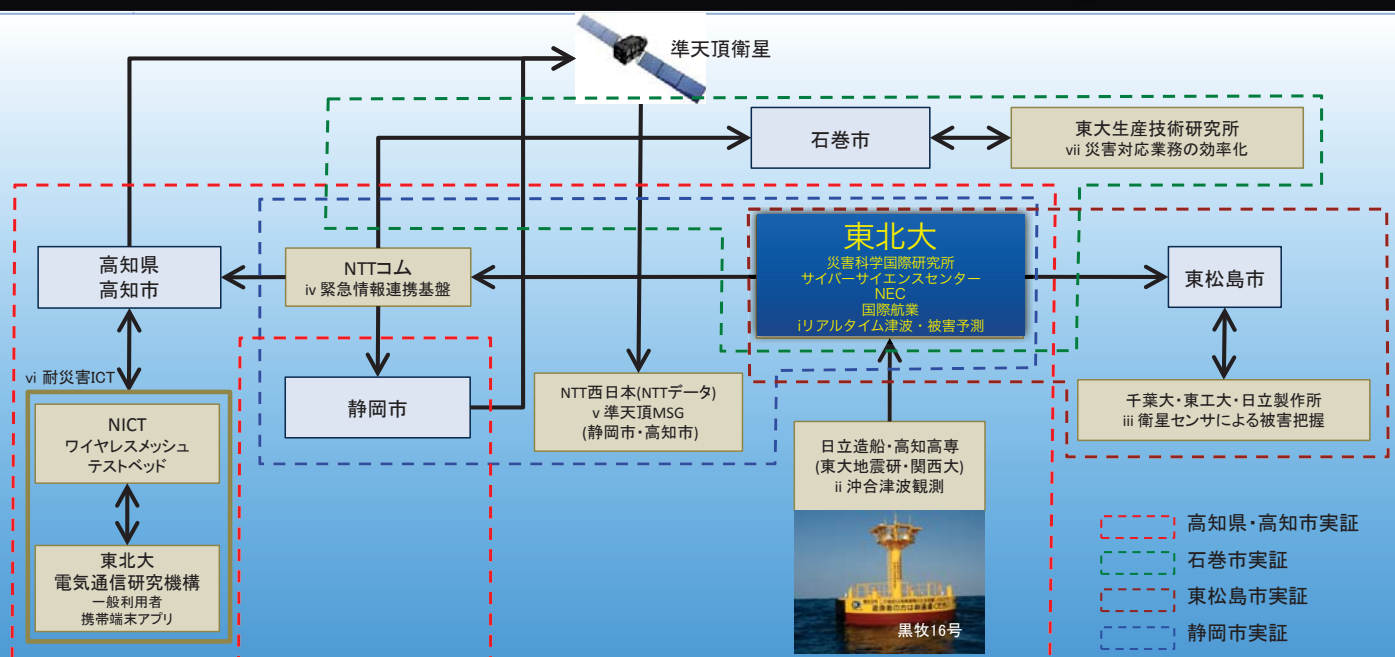
「地理空間情報技術 Geotechnology」を用いた「地理空間情報」



耐災害ICT研究シンポジウム2018

25

リアルタイム津波浸水・被害予測・災害情報配信による自治体の減災力強化の実証事業体制図

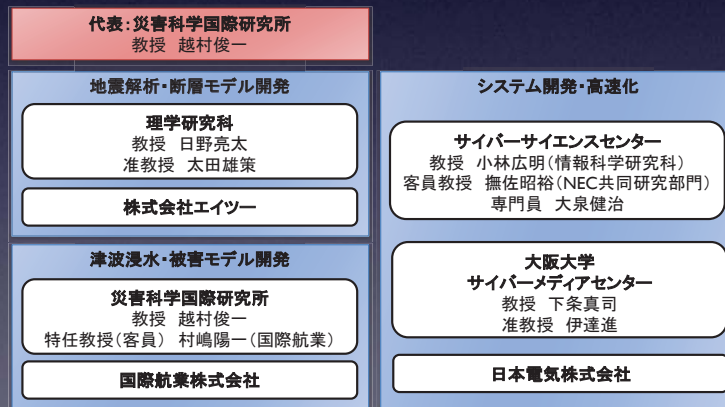


社会に役立つスーパーコンピュータ技術の創出： リアルタイム津波浸水・被害予測システムの研究開発

★目標： 10-10-10チャレンジ

- ・ 津波発生予測（断層モデル推定）を10分以内に完了する
- ・ 10m メッシュの津波浸水被害予測を10分以内に完了する

★開発体制



産学連携，理学・工学・計算科学の学際連携体制を構築

リアルタイム津波浸水・被害予測システムの概要

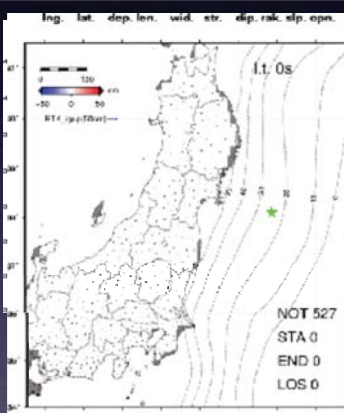
全体で20分以内！

7分程度

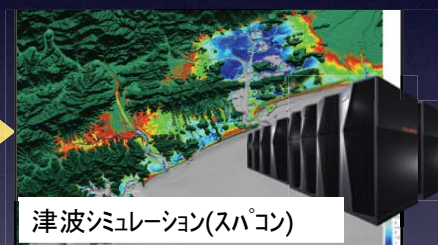
10分以内

4分程度

GPSデータによる震源推定



リアルタイム津波被害予測
シミュレーション



浸水・被害状況の可視化



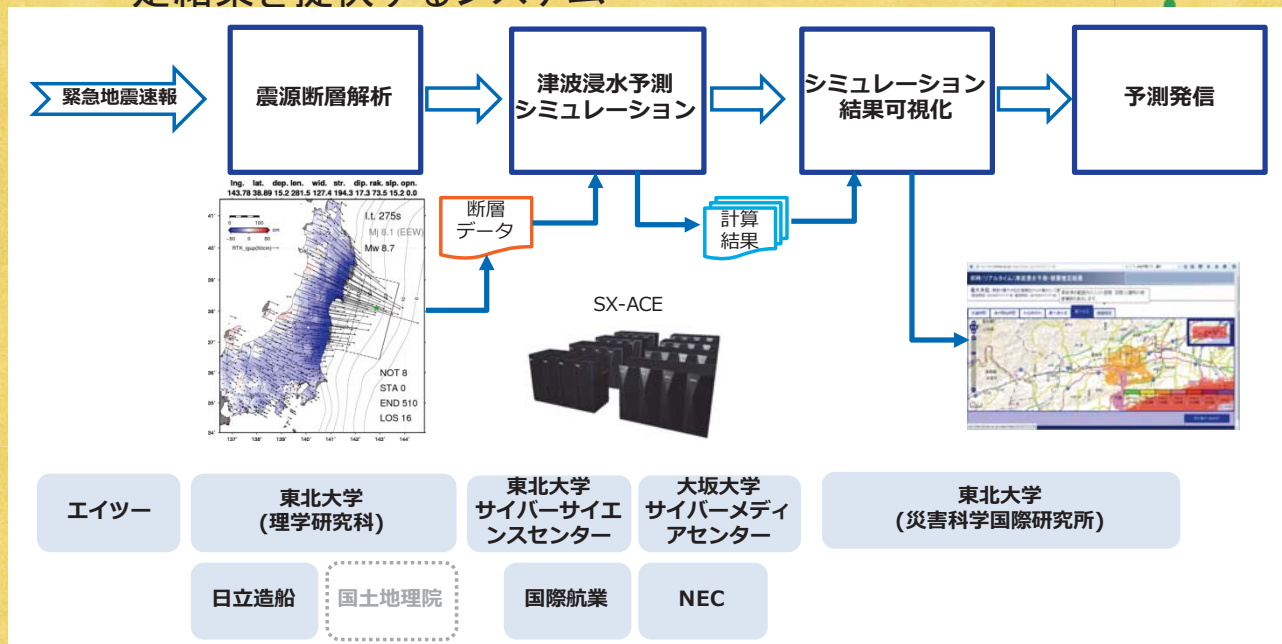
将来は準天頂衛星を使ってスマホ配信へ！

★様々な世界初

- ✓ 10メートル四方の精度での沿岸都市の津波浸水被害予測
- ✓ 世界最高クラスのスパコンを活用して、6時間分の津波浸水の様子とその被害予測を10分以内で実現
- ✓ GPS計測から、シミュレーション、可視化までを全自動で行い、
- ✓ 地震発生からトータル20分以内に結果をWebを使ってわかりやすく各自治体へ提供

システムの実装と役割

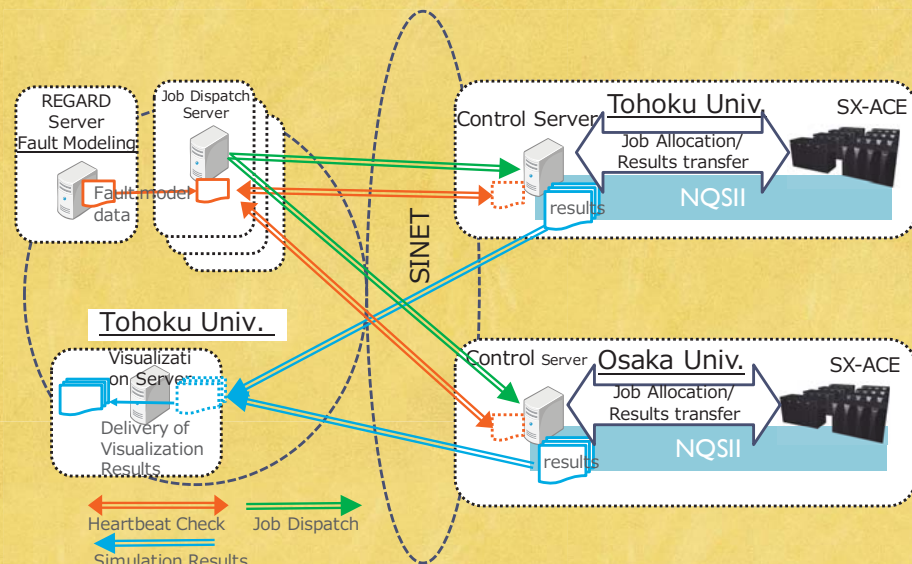
- ▶ 地震発生直後に即時解析を行い、20分以内に浸水・被害推定結果を提供するシステム



システム全体構成

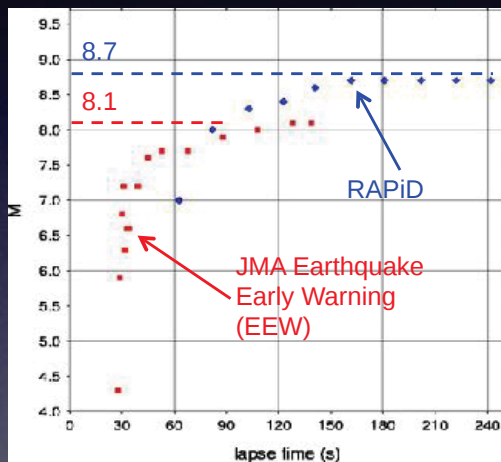
東西スパコン拠点によるシステムの二重化

日本全体を相補的にカバー

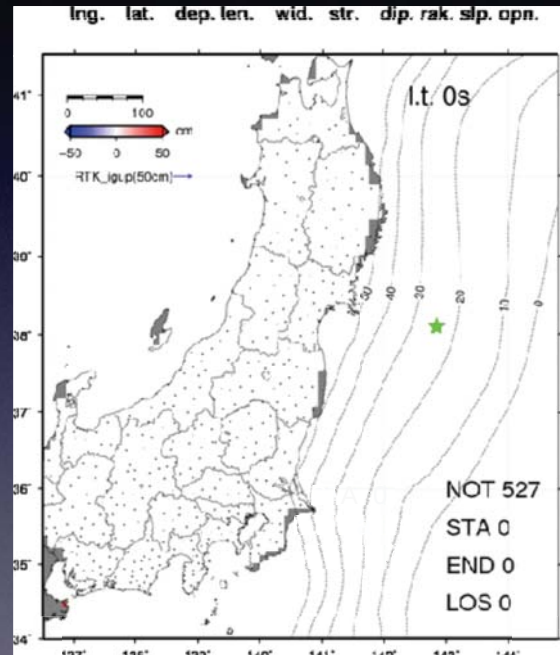


RAPiD: GPSデータをリアルタイムに活用して 高精度断層モデル推定の実現

マグニチュード推定過程



$M_{(EEW)}$ is saturated at M 8.1
RAPiD's M_w is converging to M 8.7 in 3 min.



津波浸水被害予測結果の可視化 自治体に提供される情報

優先順位	項目	イメージ	優先順位	項目	イメージ
1	到達時間		4	被害推定	
2	最大浸水深		5	浸水開始時間	
3	水位時系列		6	最大水位	

結果のアニメーション化（高知市の例）

南海トラフ巨大地震検討会モデル：ケース4

再現計算時間3時間 $\Delta x = 10\text{m}$ 、 $\Delta t = 0.2\text{s}$

0時間 0分 10秒

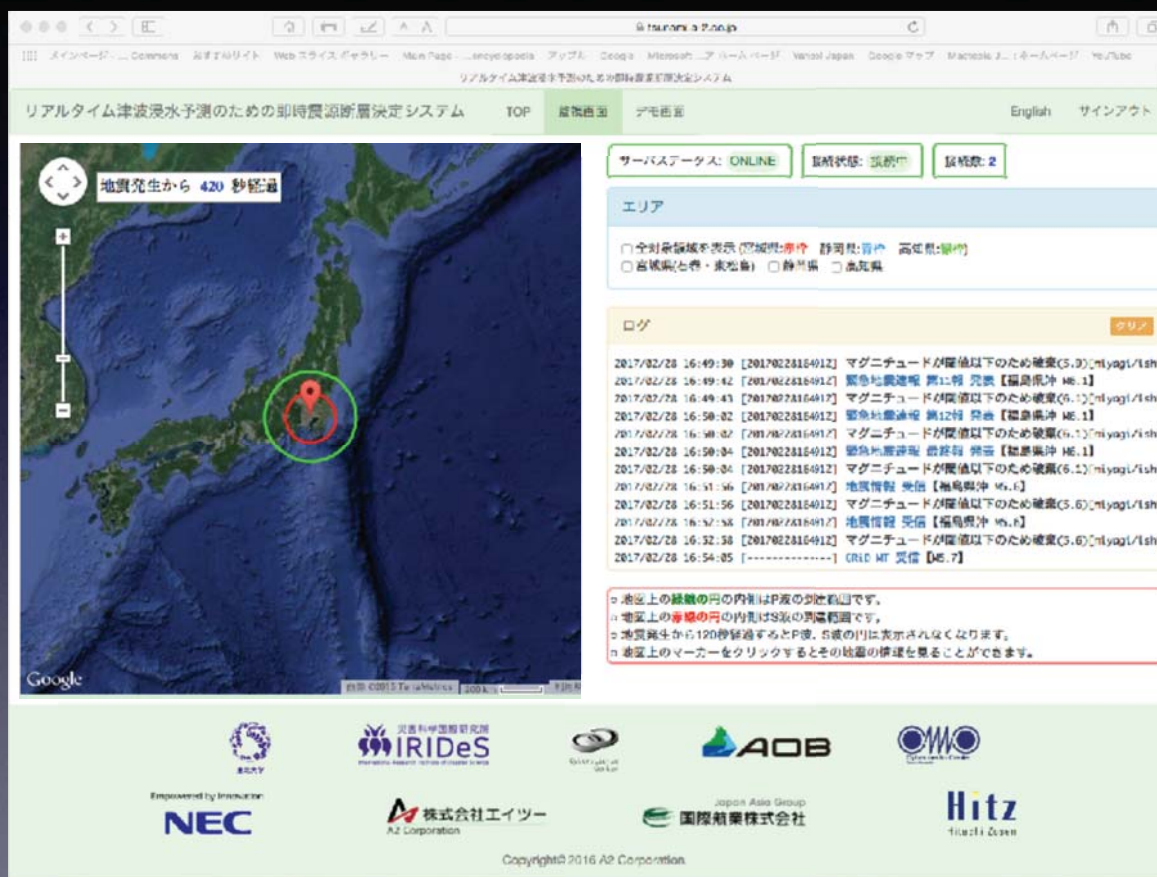


東日本大震災による津波被害シミュレーション結果の 3次元可視化（女川町）

地震発生から 32'00"
from earthquake



リアルタイム津波浸水被害予測システム（デモ）



耐災害ICT研究シンポジウム2018

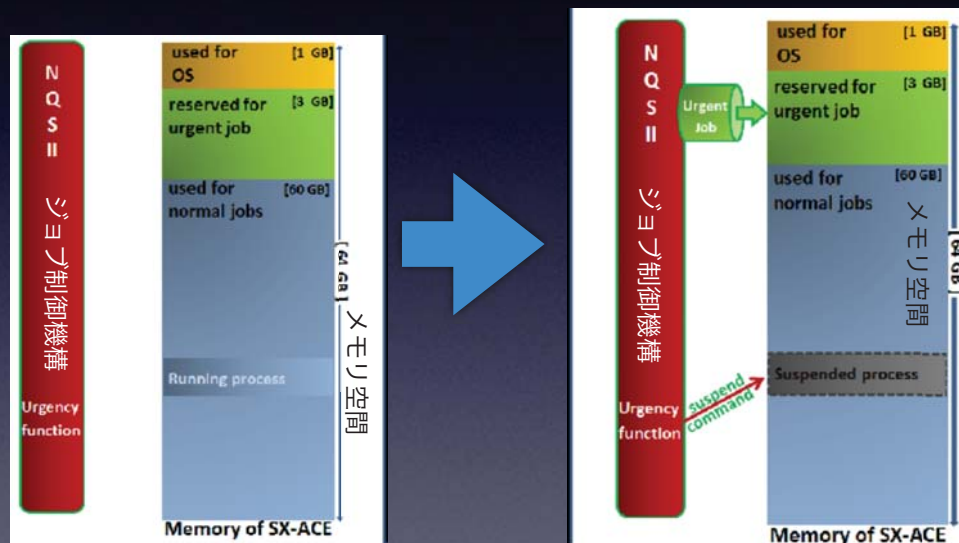
35

平成30年3月26日

緊急ジョブのリアルタイム実行

通常時は一般利用者の
プログラムを実行

大規模地震発生時は動いているプログラムを一時停止して、緊急ジョブとして津波シミュレーションプログラムを優先実行



耐災害ICT研究シンポジウム2018

19

平成30年3月26日

計算領域

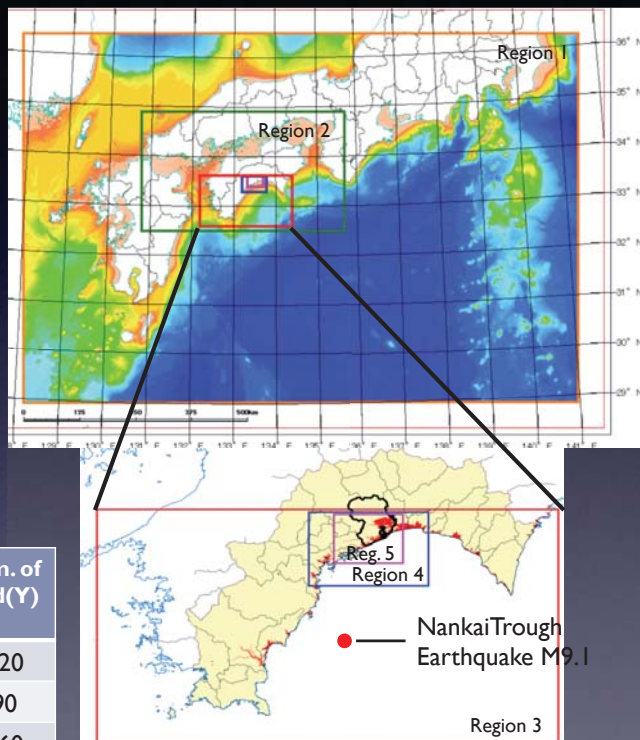
★階層型マルチレベルグリッドモデル

★計算領域（高知市の場合）

- 計算範囲1244km x 826km
- 10メートルグリッドまで5段階で計算領域を細分割
- 6時間分の津波浸水被害シミュレーションを実施

✓ $\Delta t = 0.2 \text{ sec.}$

Region	Grid Size (m)	Num. of Grid(X)	Num. of Grid(Y)
1	810	1536	1020
2	270	1680	990
3	90	2292	1260
4	30	1782	1188
5	10	3504	2364



津波浸水予測プログラム

★TUNAMIコード: Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigating Tsunami

- ユネスコ、国土交通省で採用されているモデル

★地震による海面水位の変動を入力として、津波が到達する時刻、津波の高さ等を計算

- 計算モデル：非線形長波理論
- 計算スキーム：Staggered leap-frog法

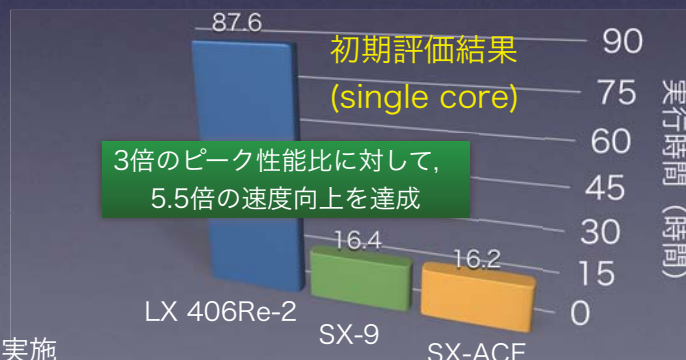
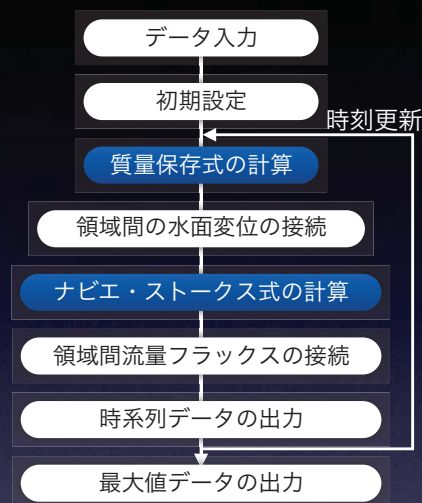
★プログラムの特徴

- Xeonサーバ用に開発されたコードがベース
- 質量保存の式とナビエ・ストークスの式において、計算負荷とメモリ負荷が非常に高い
- メモリバンド幅制約：B/F = 1.82 (単精度)

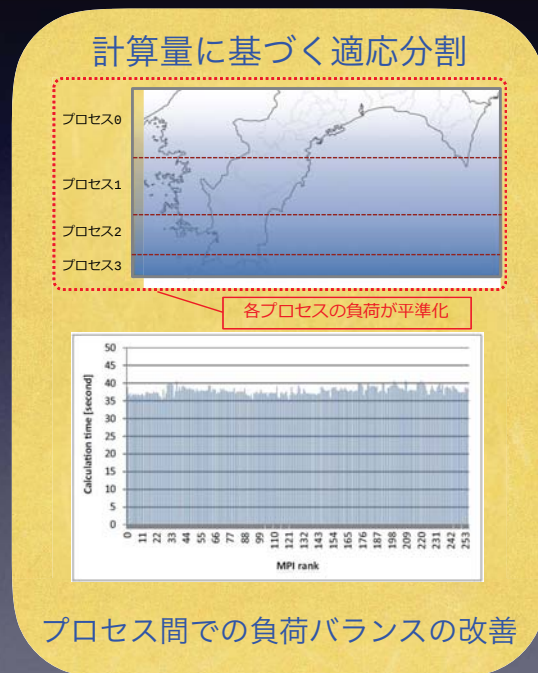
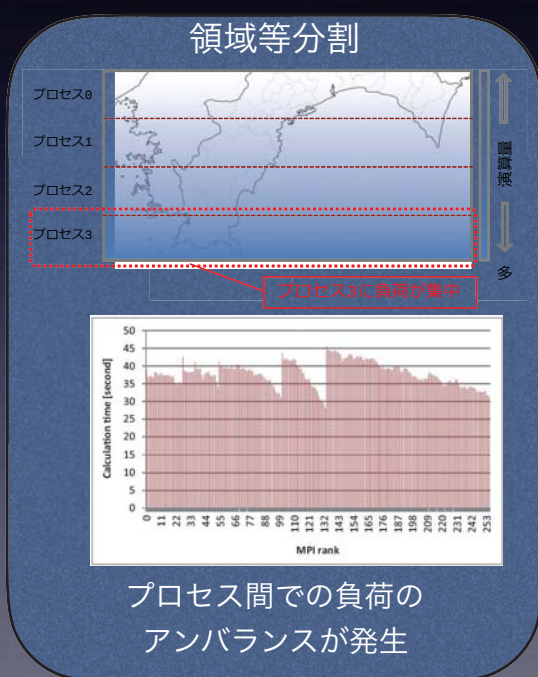
★チューニングのポイント

- ADBの効果的な活用
- 差分式での局所性活用
- 高ベクトル化率：99.6%, 平均ベクトル長:235
- ループ内条件式の削減, インライン展開等
- 計算領域の計算量を考慮した負荷バランスの実施

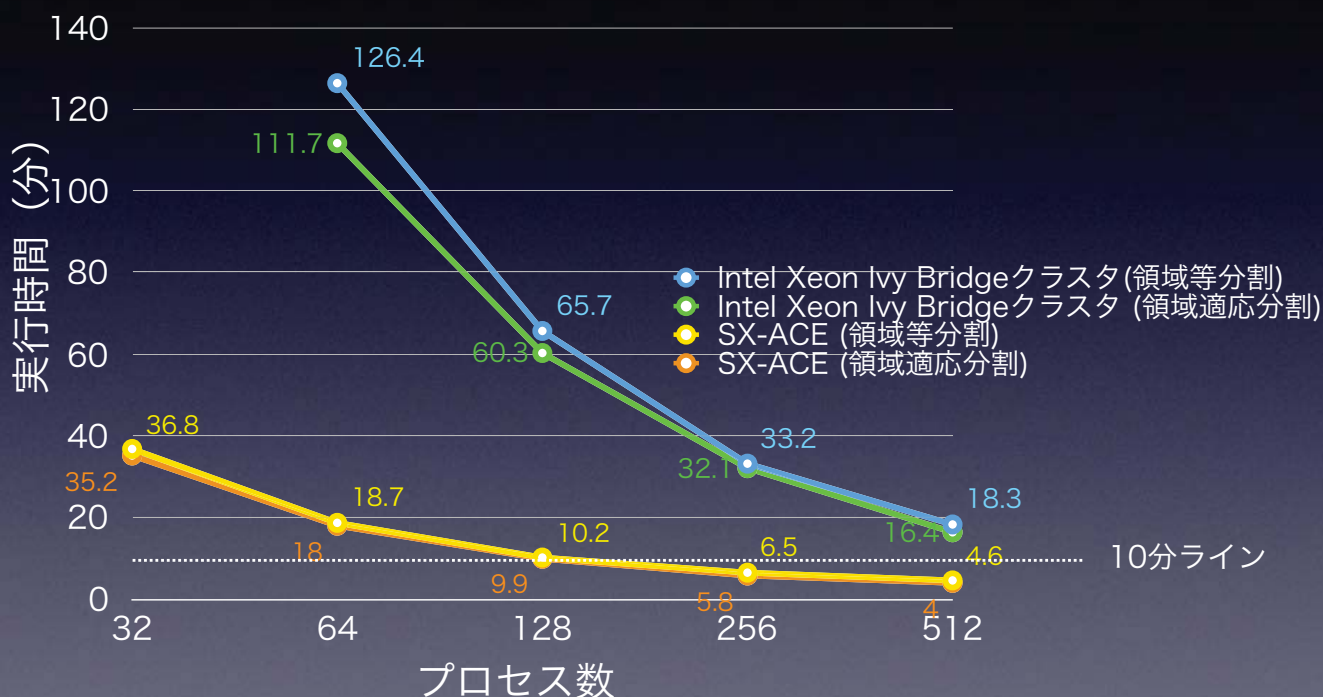
プログラムフロー



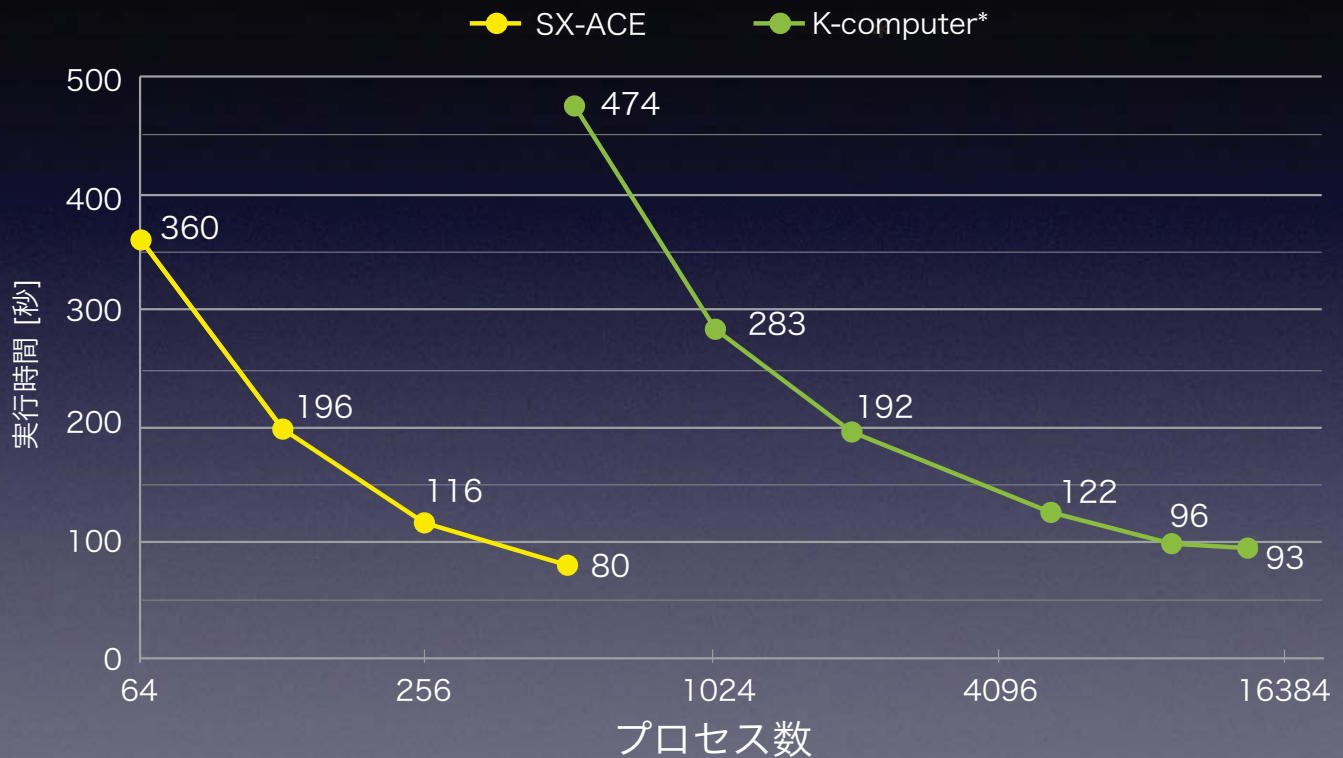
海域と陸域で演算量が異なりプロセス間で負荷のアンバランスが発生



津波浸水予測プログラムのスケーラビリティ評価 (高知市の例、6時間分のシミュレーション)

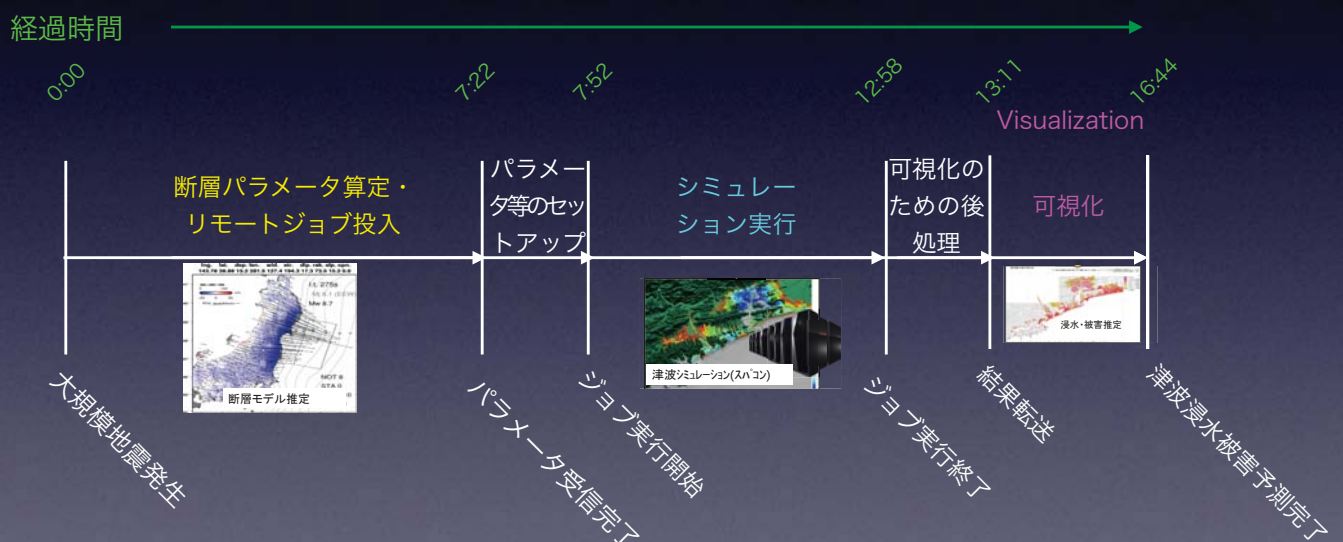


津波浸水予測プログラムのスケーラビリティ評価 (高知市の例, 2時間分のシミュレーション)



*Onishi et al. Near-field tsunami inundation forecast using the parallel TUNAMI-N2 model: Application to the 2011 Tohoku-Oki earthquake combined with source inversions, Geophysical Research Letter 42(2), p1083-1091, 2015.

津波被害予測システムの実行フロー (高知市 6時間分のシミュレーションの場合)



11月22日発生した大規模地震での動作

マグニチュード7.4の地震発生・津波警報発令

05:59 地震発生：EEW受信
関係者へシステム起動のメール自動発信 06:00
メール内容：Run after 370sec.(2016/11/22 06:06:45) Type: EEW

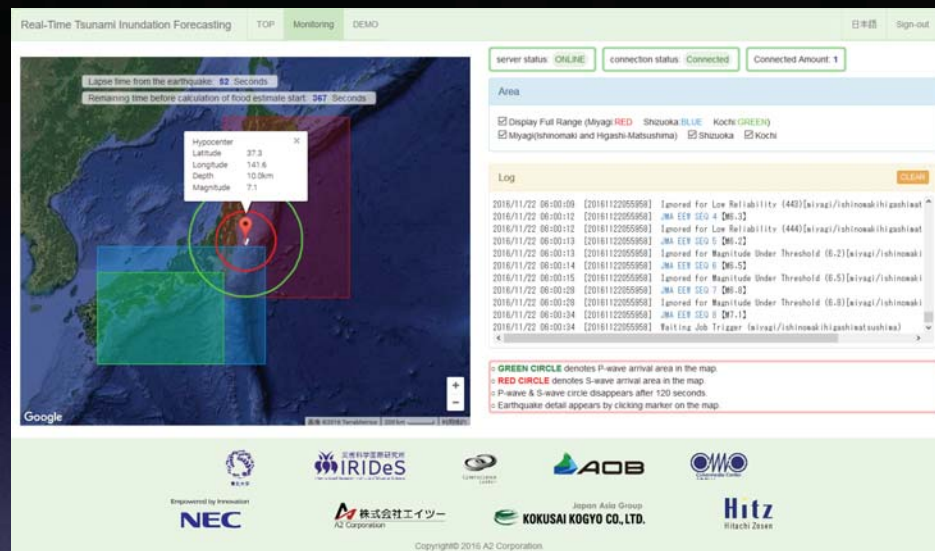
EEW：最終報
震源：福島県沖 北緯37.3度 東経141.6度 深さ10km Mj7.3
石巻市・東松島市での推定範囲内・規模と判断されEEW情報を元に推定実施

06:06 断層設定終了/東北大学および大阪大学の両拠点にてシミュレーション開始
06:10 両拠点での計算終了。実際の大規模地震発生時において、システムが正常に動作することを確認。



砂押川の津波遡上

システムの動作結果



内閣府向けリアルタイム津波被害予測システムの研究開発

★ 南海トラフでの地震発生直後に津波被害推計結果を政府に提供する。

- 地震発生後20分以内に推計処理を完了し、
- 内閣府（官邸）へ情報提供

★ 対象地震・地域

- 南海トラフ地震（静岡県から鹿児島県の沿岸域）
- 静岡県から鹿児島県にわたる6,000Km におよぶ太平洋沿岸地域における津波被害の推計を実施

★ 提供情報

- 30m精度の被害推計
- 浸水建屋棟数（県・市単位）
- 浸水域人口（県・市単位）

★ スケジュール

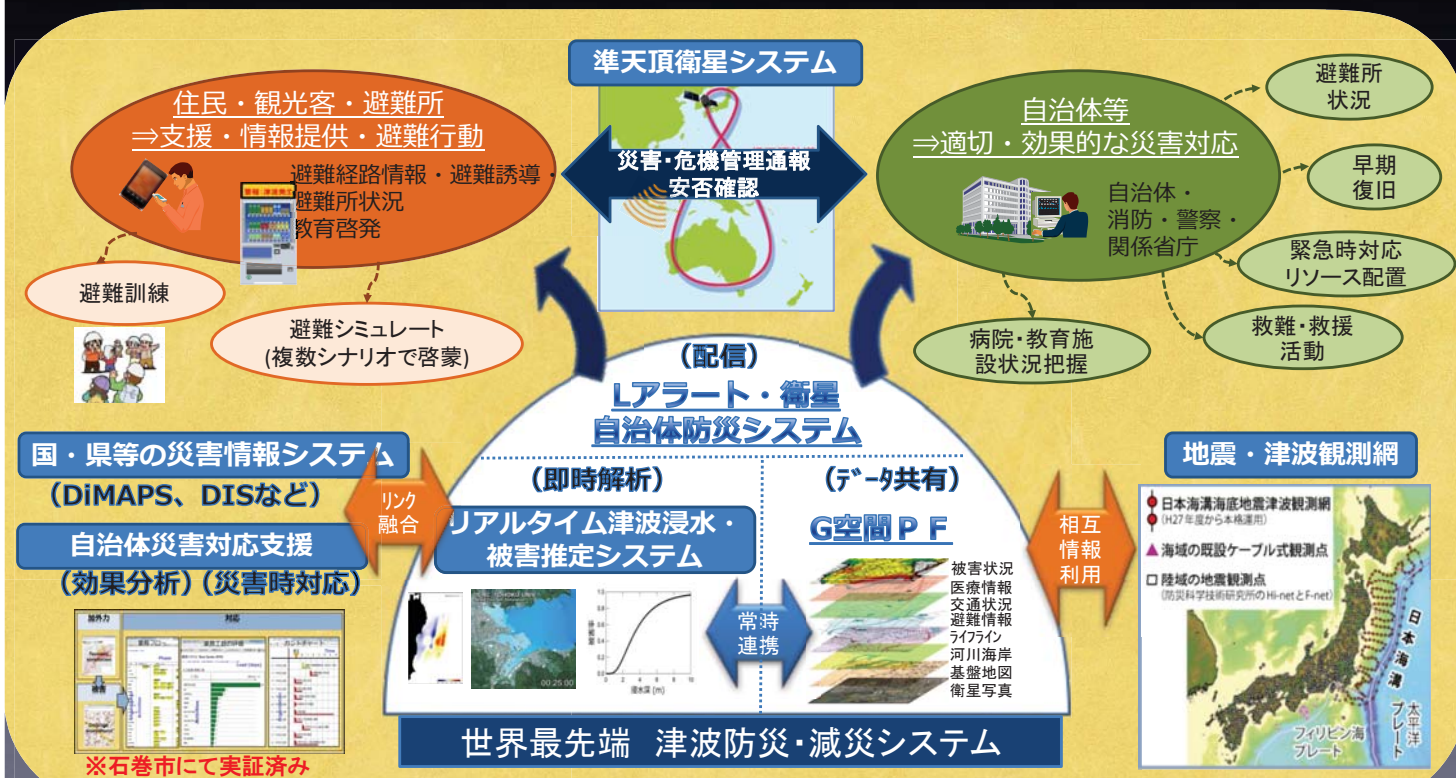
- ~H29.10 システム構築・内閣府納入
- H29.11~H30.3 試験運用
- H30.4～ 本運用



耐災害ICT研究シンポジウム2018

平成30年3月26日

まとめ：安全安心な社会の実現に向けた
リアルタイム津波浸水被害予測システムの社会実装に向けて

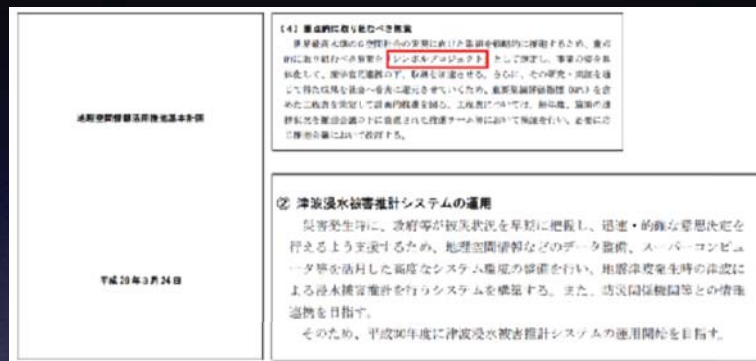


耐災害ICT研究シンポジウム2018

平成30年3月26日

内閣府津波浸水被害予測システムの構築事業から
「世界トップレベル研究拠点 災害科学」への貢献へ

平成29年3月24日閣議決定

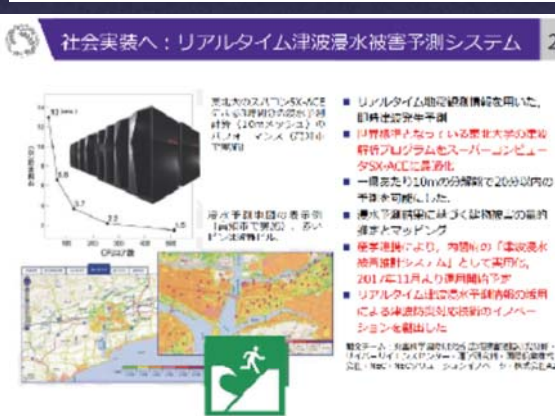
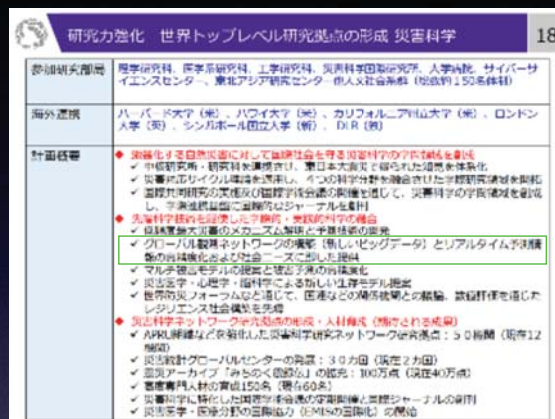


耐災害ICT研究シンポ



平成30年3月26日

「世界トップレベル研究拠点 災害科学」への貢献

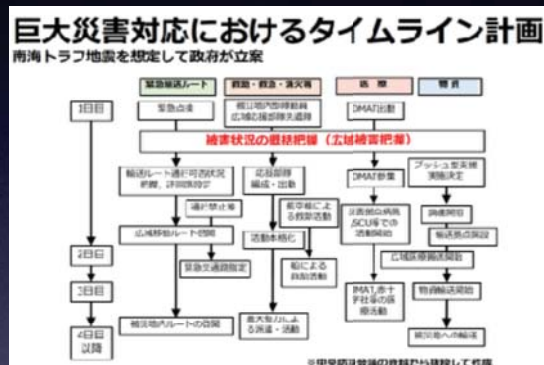


耐災害ICT研究シンポジウム2018

災害科学・医工学との連携

科研費基盤S 平成29年度～33年度

「理・工・医学の連携による津波の広域被害把握技術の深化と災害医療支援システムの革新」



目標を達成するための研究体制

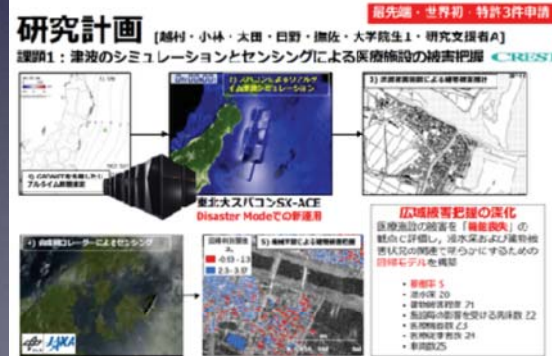
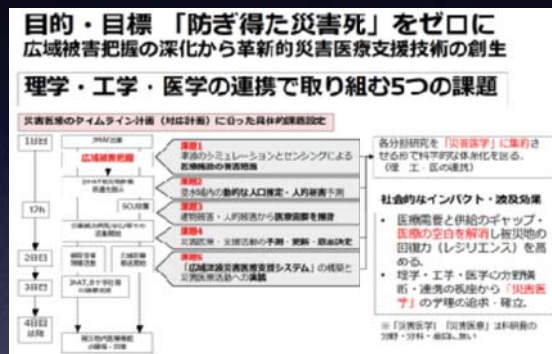
理学2名・工学5名・医学5名 (代表者・分担者7名・連携研究者4名)

- ・ 藤村俊一 (代表者・津波工学) *1
- ・ マス・エリク (分担者・災害工学)
- ・ 太田雄策 (分担者・災害工学、地震学) *2
- ・ 白野裕太 (連携研究者・救急医療学) *3
- ・ 小井田明 (分担者・計算機工学) *4
- ・ 熊倉雄裕 (連携研究者・計算機工学)
- ・ 藤崎高介 (分担者・空間情報工学) *5
- ・ 江川新一 (分担者・災害工学) *6
- ・ 金谷孝宏 (分担者・公衆衛生学) *7
- ・ 近藤久雄 (分担者・救急医療学) *8
- ・ 高田健秋 (連携研究者・災害工学)
- ・ 佐々木宏之 (連携研究者・災害工学)

国際的に高い評価を得ている理学・工学・医学の研究者が連携して取り組み、さらに高い評価を得る。

これまでの研究成果を踏まえ、さらに独創的・先駆的な研究に発展させる。

1. IVOGの非営利コミュニケーション・センター・アジア・津波WG議長、委員経験多数
2. 文部科学大臣賞、若手科学者賞受賞
3. 米国地球物理学会日本支部で最も影響力のある研究者選出
4. 我が国のスパコン研究を牽引
5. 国際大賞、Chinese Government Friendship Award受賞
6. 災害医療分野での国際協力多数、2016年アジア・パシフィック両国若手科学者賞受賞
7. Key Scientific Article賞 (Global Medical Discovery)
8. 災害医療の第一人者、DMA「事務局」



耐災害ICT研究シンポジウム2018

49

平成30年3月26日

東北大発産学連携ベンチャー企業 RTi-castの立ち上げ

★設立日：2018.3.1

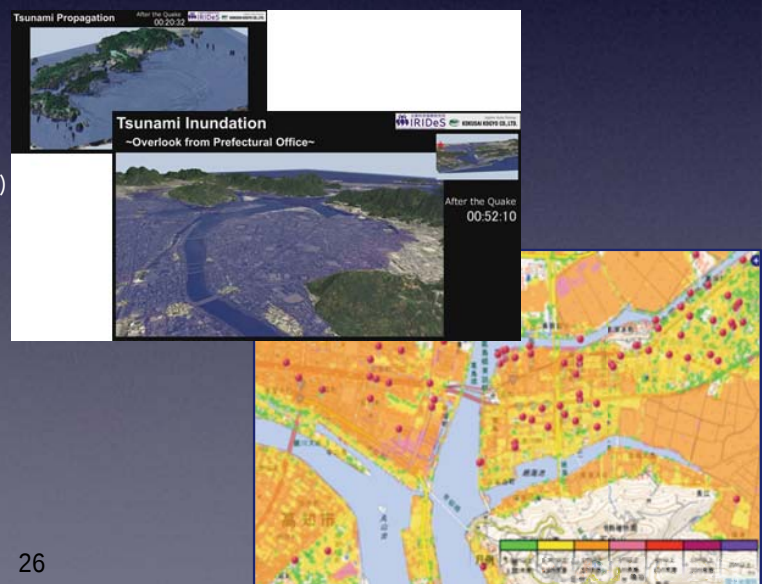
★所在地：仙台市

★主な事業内容

- ・ リアルタイム津波浸水・被害推定システムの構築・整備・運用
- ・ 同システム等を用いた予測情報、計算結果の提供
- ・ 災害およびその発生に関する研究・開発・教育・普及・啓蒙・コンサルティング

★出資団体

- ・ 国際航業株式会社
- ・ 株式会社エイツー
- ・ 東北大学ベンチャーパートナーズ(注)
- ・ 日本電気株式会社(注)
- ・ 他



(注)5月1日出資予定

耐災害ICT研究シンポジウム2018

26

さいごに：サイバーサイエンスセンターに 最新のスパコンを見に来てください！

- 平日の9時～5時であれば、スパコンとコンピュータ博物館の見学ができます。
- 事前申し込みをお願いします uketuke@cc.tohoku.ac.jp

バス停・駅からみたセンター外観



コンピュータ博物館



仙台駅から青葉山駅まで9分、駅から徒歩3分！



平成29年3月14日

情報処理学会分散コンピュータ博物館

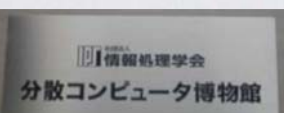
先端コンピュータ/ネットワーク機器の保存・展示の取り組み（アウトリーチ活動）

- 1998年からセンター導入コンピュータ/ネットワーク機器の展示を開始

- SENAC-1開発関係資料
- 汎用コンピュータ部品、システム筐体
- スーパーコンピュータ部品、システム筐体
- ネットワーク機器
- 関連資料（文献、マニュアル）

★ 大学関係者だけでなく、小中高生、一般の方へ広く公開

★ 2010.3.9に情報処理学会分散コンピュータ博物館として認定



研究会





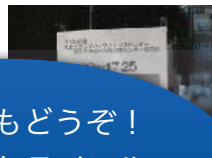
サイバーサイエンスセンタースーパーコンピュータの利用について ユーザー支援・講習会・利用相談

講習会(平成29年度19回実施)

- UNIX入門 (年3回)
- 大規模科学計算システムの利用法 (年3回)
- 並列プログラミングの概要とOpen MP プログラミング入門 (年2回)
- MPIプログラミング入門I&II (OpenMPとMPI, それぞれ年2回)
- SX-ACEにおける高速化技法の基礎+高速化ハンズオンセミナー (年2回)
- Fortran入門 (年1回)
- MATLAB入門 (年1回)
- 可視化システムの利用法 (年1回)
- ネットワークとセキュリティ入門 (年1回)
- Gaussian入門 (年1回)
- Mathematica入門 (年1回)
- MARC入門 (年1回)

企業の方もどうぞ！
無償利用トライアル
利用制度もあります。

- 大規模3次元可視化システムを活用した遠隔地への配信型講習会の実施
- 大阪大学
- 他大学での出張講習会の実施
- 岩手大学、弘前大学、山形大学、秋田大学、会津大学



大学での出張講習
年から)

大阪大学との講習会の遠隔
相互配信(2009年度)

プログラム相談・利用相談

uketuke@cc.tohoku.ac.jp

利用相談窓口・メールでの相談

プログラミング相談、ライブラリ、アプリケーション、統計解析、ネットワーク等の相談

講習会については:

<http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/guide/kosyu.cgi>

サイバーサイエンスセンターでは、皆様のシステムの利用・プログラムの開発・高速化等の支援に力を入れていますのでお気軽にご相談ください。

耐災害I

3月26日



謝辞

Hiroaki Kobayashi, Tohoku University

リアルタイム津波被害推定システム研究会

★東北大学

- 災害国際研究所 越村俊一教授
- 同 阿部 孝志産学官連携研究員
- 理学研究科 日野亮太教授、
- 同 太田雄策准教授
- サイバーサイエンスセンター 大泉健治専門員

★国際航業

- 村嶋陽一 (東北大学客員教授)
- 鈴木崇之
- 井上拓也



★NEC

- 撫佐昭裕 (東北大学客員教授)
- 松岡浩司 (東北大学サイバーサイエンスセンター協力研究員)
- 渡部 修 (東北大学サイバーサイエンスセンター協力研究員)

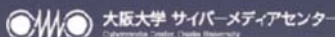


★NECソリューションイノベータ

- 佐藤 佳彦

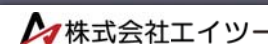
★大阪大学

- サイバーメディアセンター
- 下条真司センター長・教授
- 伊達進准教授



★エイツー

- 加地正明



東北大学サイバーサイエンスセンター

高性能計算技術開発 (NEC) 共同研究部門

- 滝沢寛之 教授
- 撫佐昭裕 客員教授 (NEC)
- 横川三津夫 客員教授 (神戸大学)
- 江川隆輔 准教授
- 百瀬真太郎 客員准教授 (NEC)
- 小松 一彦 特任准教授
- 佐藤雅之 助教
- 技術系職員



- 大泉 健治 (専門員)
- 小野 敏
- 山下 毅
- 齋藤 敦子
- 森谷 友映
- 佐々木 大輔
- サイバーサイエンスセンター協力研究員
- 愛野 茂幸 (NEC)
- 萩原 孝 (NEC)
- 松岡 浩司 (NEC)
- 渡部 修 (NEC)
- 磯部 洋子 (NEC)
- 政岡 靖久 (NEC)
- 曾我 隆 (NEC)
- 藤本 壮也 (NEC)
- 山口 健太 (NEC)
- 山本 敏孝 (NEC)

講演

『ゲリラ豪雨の予測を目指して』

中川 勝広

国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所
リモートセンシング研究室 室長（工学博士）



<略歴>

1998年 大学院博士課程修了

1998年 郵政省通信総合研究所(現NICT)に入所。

2006-2008年 GPM/DPR開発で米国航空宇宙局に長期出張(客員研究員)

2017年1月-11月 内閣府出向

2017年12月- 現職

マイクロ波リモートセンシングの研究として、沖縄偏波降雨レーダ、
人工衛星二周波降水レーダ、フェーズドアレイ気象レーダの研究開発に従事

講演概要；

近年、局地的大雨(いわゆるゲリラ豪雨)や竜巻・突風が局所的・突発的に発生し、各地で被害が発生しています。情報通信研究機構(NICT)では、人々に被害をもたらす気象現象の予測技術の開発を目的として、従来の気象レーダーに比べて10倍程度高速で降雨や風を測ることができるフェーズドアレイ気象レーダー(PAWR)を開発し、レーダーの実験運用が、関西、関東、沖縄で始まっています。

講演では、ゲリラ豪雨をもたらす積乱雲が急速に発達する様子や、このレーダーのデータを活用し自治体と連携して開発を進めているゲリラ豪雨対策支援システムなどを、最新の観測データを交えて紹介します。

ゲリラ豪雨の予測を目指して

耐災害ICT研究シンポジウム2018
2018年3月26日
TKPガーデンシティ仙台

情報通信研究機構 電磁波研究所
リモートセンシング研究室
室長 中川 勝広

本日の講演内容

- 豪雨の卵を素早く観測するフェーズドアレイ気象レーダ (PAWR)
- PAWRのデータ利活用について
 - ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）
 - スマホアプリによる豪雨予測配信（民間企業との連携）
 - ビッグデータ同化によるゲリラ豪雨予測（シミュレーションとの連携）
- 更なる精度向上を目指した二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ (MP-PAWR)
- 精密電波遅延量計測と精密時刻同期による、地デジ波を用いた水蒸気推定手法

フェーズドアレイ気象レーダ開発の背景

- ゲリラ豪雨や竜巻などの突発的な大気現象による被害が大きな社会問題に
- これらの大気現象は、積乱雲の急激な発達に伴って発生。
積乱雲発達の早期探知や予測は気象学研究の重要課題

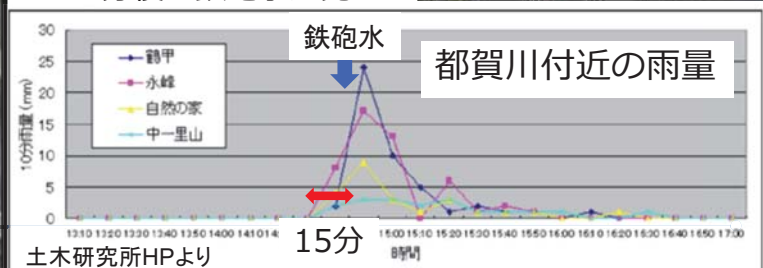
都賀川水難事故（平成20年）



越谷市付近で発生した竜巻（平成25年）

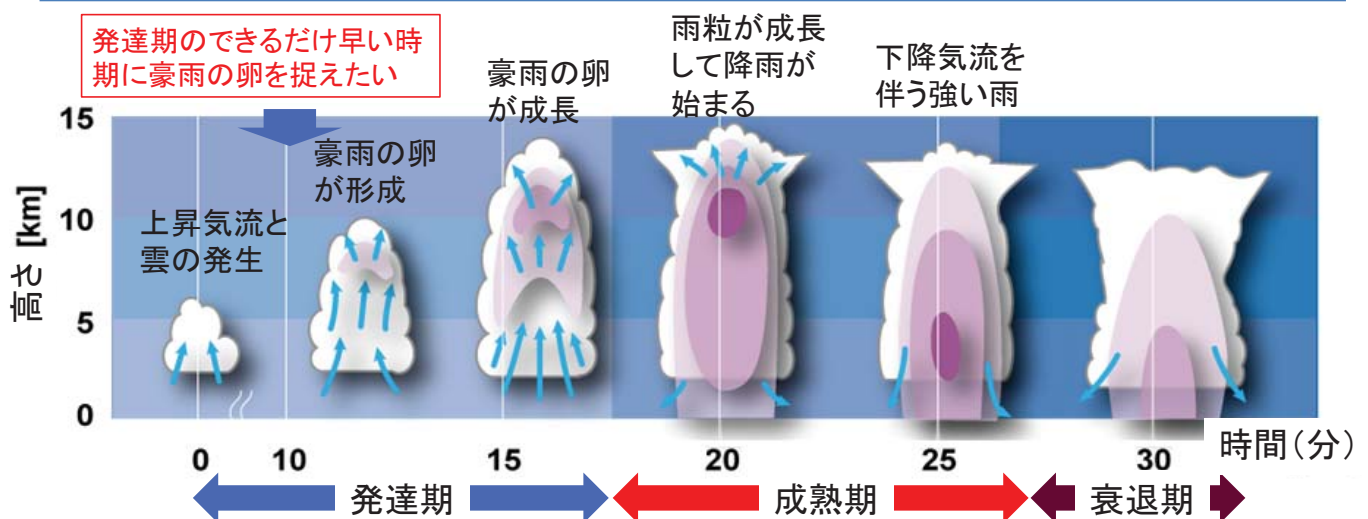


※雨が降り出してから僅か15分後に鉄砲水が発生



2

豪雨の卵を素早く見つけるには



- 典型的な積乱雲の一生は30分程度。積乱雲の中で雲粒が成長して雨粒となり地上に降ってくるが、地上に雨が降る10分前には、上空に成長した雨粒（豪雨の卵）が現れる。
- ゲリラ豪雨の早期検知のためには、この豪雨の卵をできるだけ素早く見つける必要がある。
- 気象レーダーで雨雲を3次元で観測（立体観測）する方法が有効だが、従来の気象レーダー（立体観測に5分かかる）では速さが足りなかった。
- このために、高速で観測できる新しい気象レーダを開発する必要があった。

新しい気象レーダの開発

- 2008年、NICTから高速3次元計測を可能とする新しい気象レーダのコンセプトデザインを提案し、その開発に関する委託研究を公募
 - ・ 総予算: 約7億円
 - ・ 研究開発期間: 2008~2012年 (5年間)
- 東芝と大阪大学による提案が採択され、開発がスタート
 - ・ 半径60km以内を、30秒の時間分解能で3次元計測。空間分解能は約100m
 - ・ 1次元のフェーズドアレイ技術とデジタルビームフォーミング技術により達成
 - ・ 5年以内の製品化を実現



フェーズドアレイ技術により、これまでのパラボラアンテナを回して観測するレーダーに比べて、10倍高速で、10倍高密度な観測ができるようになった。

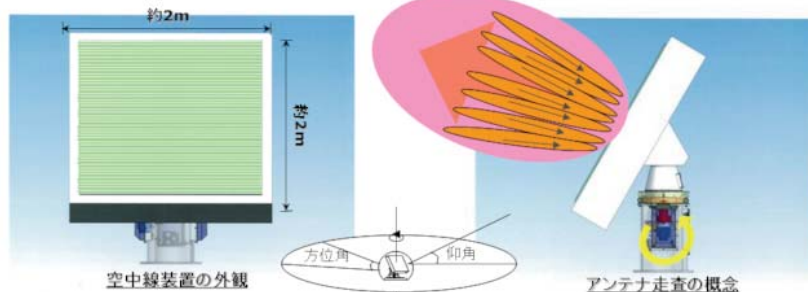


素早く観測するための技術

1次元のフェーズドアレイ技術とデジタルビームフォーミング技術により、30秒間で、半径60km、高さ14kmの範囲の雨雲を高速で3次元観測

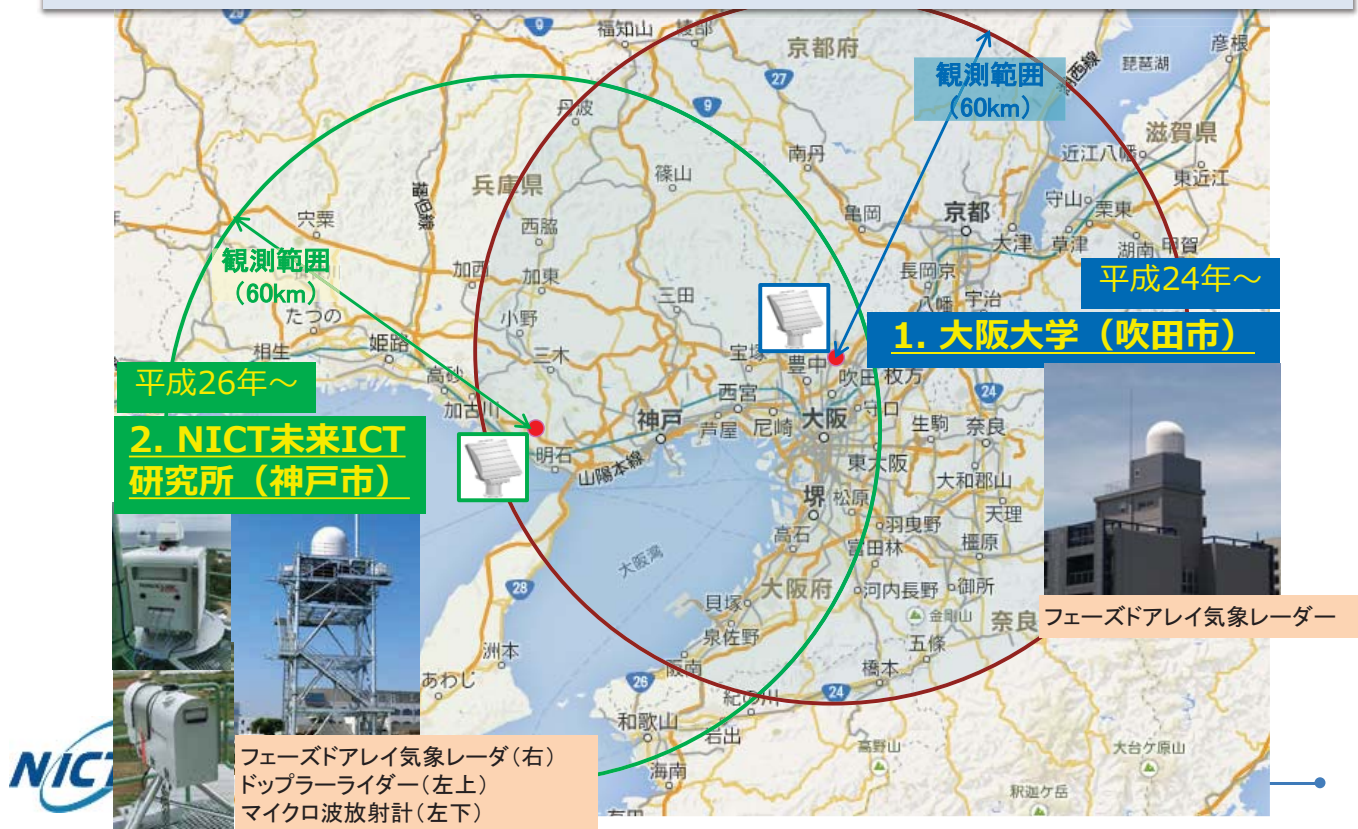


フェーズドアレイ気象レーダ外観
(NICT未来ICT研究所: 神戸)



フェーズドアレイ気象レーダ実証フィールド

大阪・神戸に2基のフェーズドアレイ気象レーダを設置し実証実験進行中
○観測領域の広域化 ○2台のレーダによる複合観測(正確な雨量推定、風速場の推定)

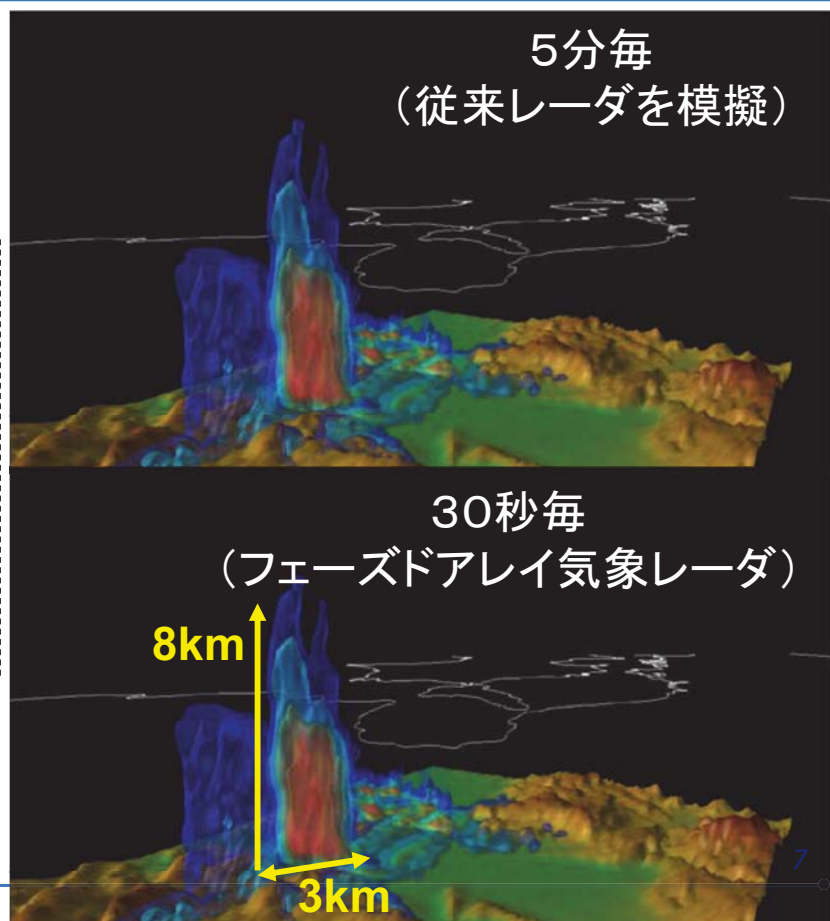


6

PAWRで捉えた豪雨の立体構造

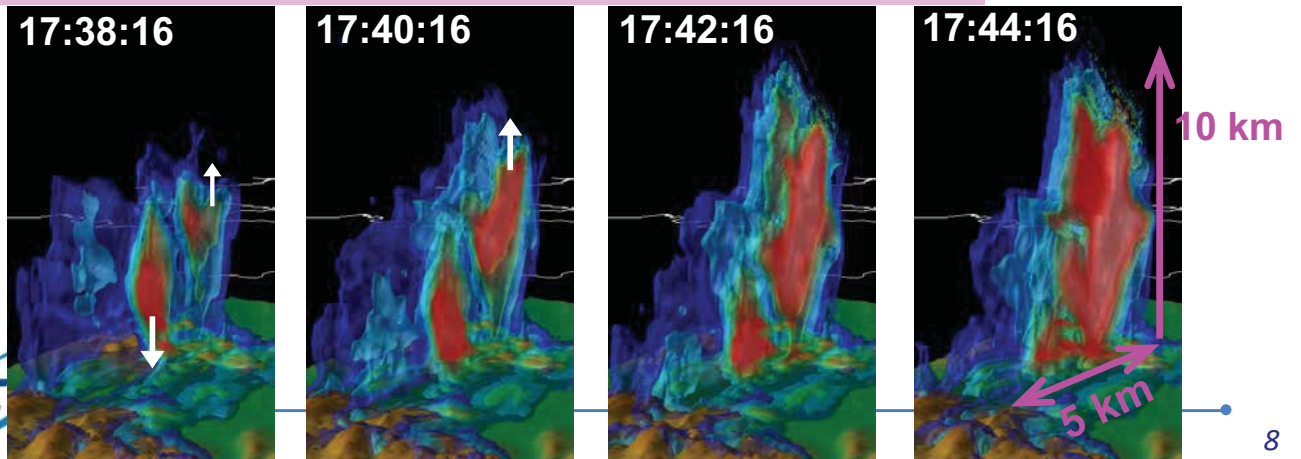
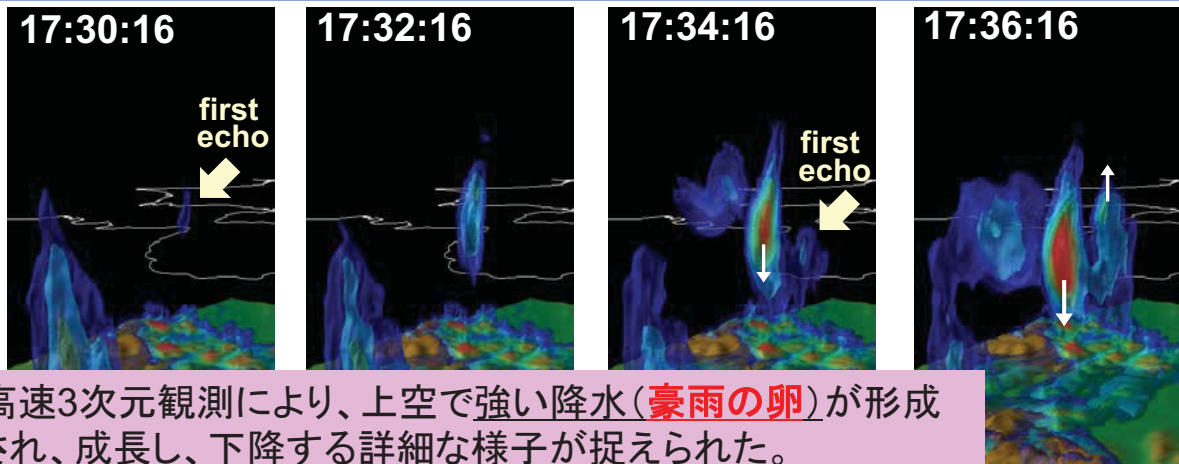
フェーズドアレイ気象レーダ
と従来の気象レーダとの観
測スピードの比較

事例: 平成24年07月26日
17:20:16～18:10:46
(300倍速で再生)
場所: けいはんな付近を北東
方向から眺めた降雨の
3次元構造
カラー: 雨の強さを表し、赤い
色の部分で強い雨が
降っている。



7

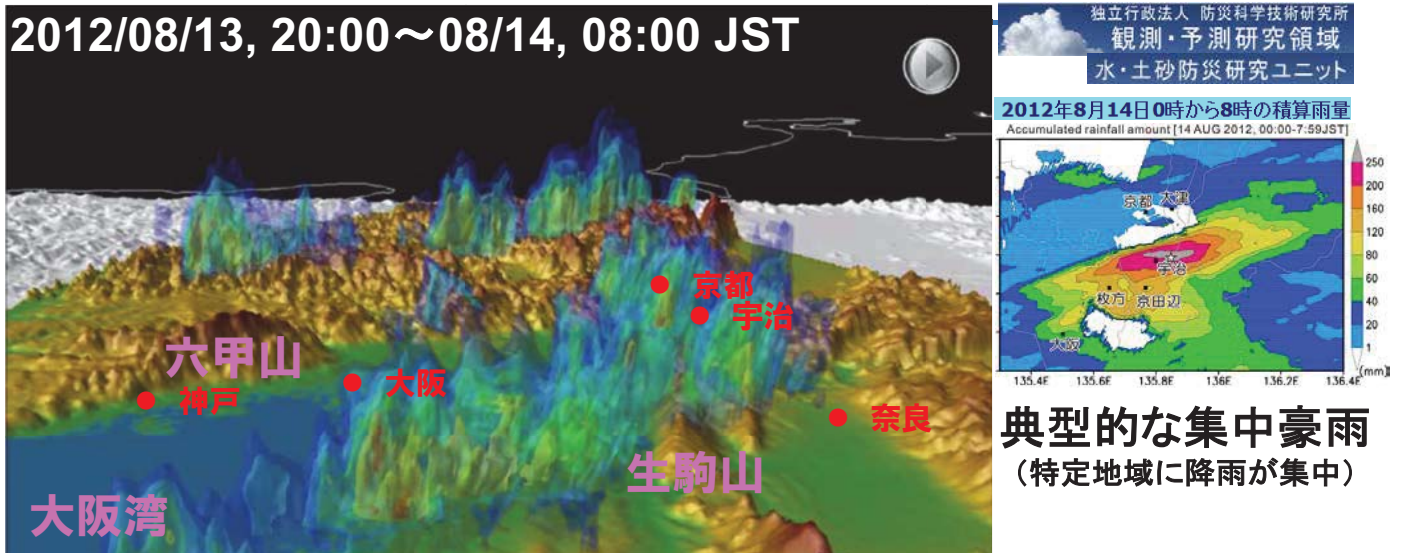
豪雨の卵の形成・成長・落下



8

宇治豪雨 (2012年8月13日～14日)

2012/08/13, 20:00～08/14, 08:00 JST



34

9

本日の講演内容

- 豪雨の卵を素早く観測するフェーズドアレイ気象レーダ (PAWR)
- PAWRのデータ利活用について
 - ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）
 - スマホアプリによる豪雨予測配信（民間企業との連携）
 - ビッグデータ同化によるゲリラ豪雨予測（シミュレーションとの連携）
- 更なる精度向上を目指した二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ (MP-PAWR)
- 精密電波遅延量計測と精密時刻同期による、地デジ波を用いた水蒸気推定手法



10

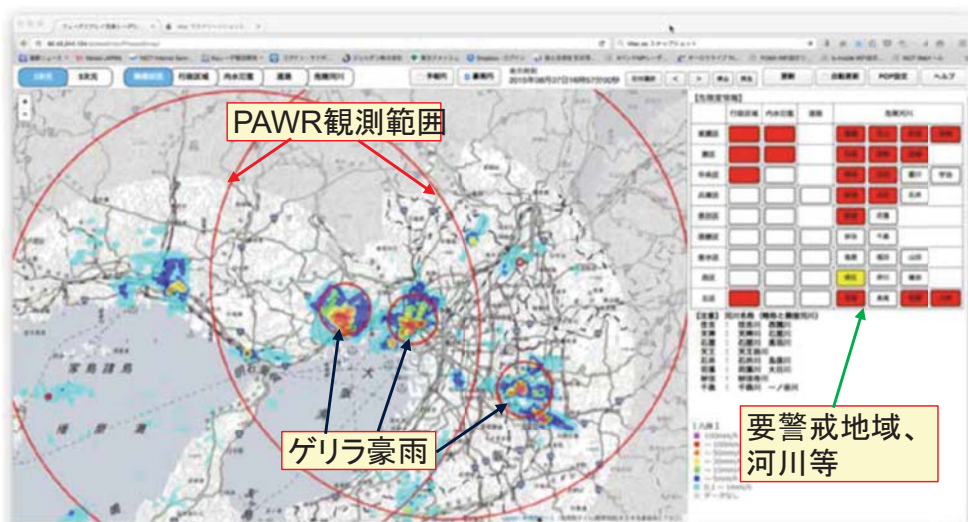
ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）

早期探知技術と自治体ハザードマップを統合し、ゲリラ豪雨災害対策支援へ

- 30秒毎に降雨の3次元分布を把握し、ゲリラ豪雨の早期探知を短時間で実現
- ゲリラ豪雨の早期探知結果と地域のハザードマップや危険箇所（アンダーパスなど）をリアルタイムに統合し、注意・警戒を視覚的に表示
- 業務内容に応じた関係担当者には個別にメールで注意・警戒を送信



ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）



携帯メール画面 携帯端末画面

ゲリラ豪雨対策支援システム（管理者画面）

- 「フェーズドアレイ気象レーダ等による観測データの利活用に関する覚書」を平成27年1月17日に神戸市と締結
- 神戸市でゲリラ豪雨対策支援システムの評価会を実施



神戸市における評価会の様子平成28年3月

12

スマホアプリでの配信実験（民間との連携）

『3D雨雲ウォッチ ～フェーズドアレイレーダ～』
豪雨の危険性を、いち速くスマホのプッシュ通知でお知らせ。

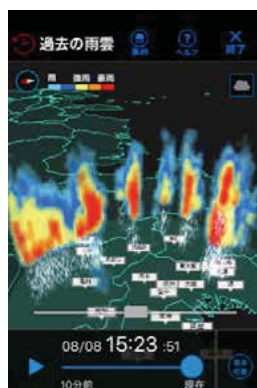
ライブレンジャー天気

対象地域：大阪府、兵庫県
PAWRを中心とする
80 km × 80 km地域

①PUSH通知例



②3D雨雲レーダ例



③真上から見た例



【豪雨速報】 10:10 AM
【豪雨速報】 現在地周辺の上空で大量の雨粒を観測。豪雨の可能性があるので、3Dレーダーで雲の中の雨粒の動きをご確認ください。

- 民間の気象予報会社等と共同で実施
- レーダの特徴を生かした雨雲の3次元構造のリアルタイム表示と、プッシュ型の大雨予測通知
- 実際のサービスとして新しいレーダがどこまで使えるか、一般の方の生の意見を聞きながら検証できるツール。



CREST研究課題（研究代表者：三好建正@理研AICS）

「ビッグデータ同化」の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証

全体目標： 100m分解能で 30秒毎に更新されるリードタイム30分の数値予報の実証

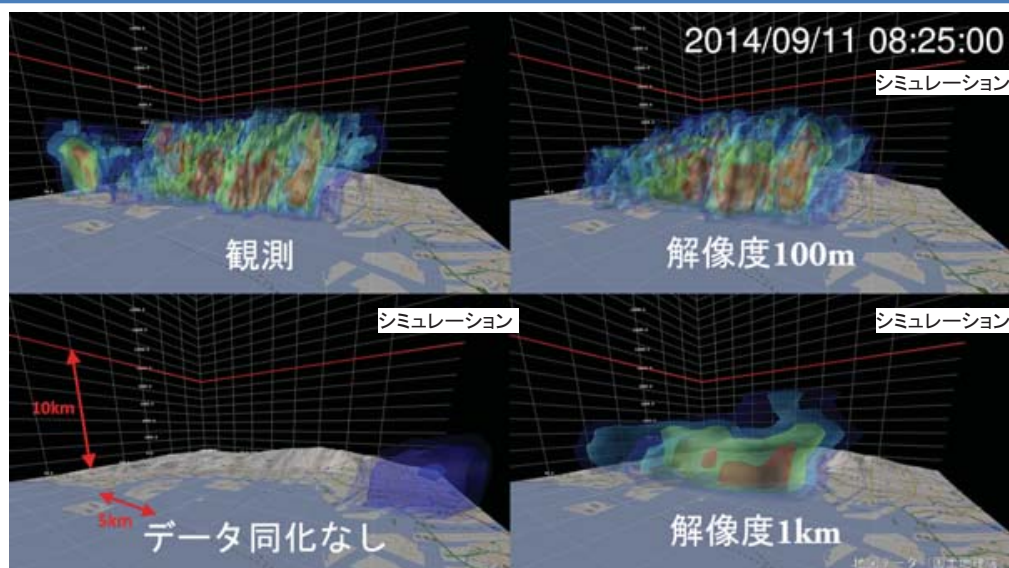
佐藤G目標： PAWR観測データのリアルタイム品質管理・高速データ処理の研究開発



ゲリラ豪雨のピンポイント予報 (100m分解能)
30秒ごとにアップデートされる30分予報！

14

「京」にて世界最大規模のビッグデータ同化実験



2014年9月11日午前8時25分の神戸市付近における雨雲の分布

左上：フェーズドアレイ気象レーダーの実測データ。

左下：データ同化をしないシミュレーションの結果。

右上：解像度100mの「ビッグデータ同化」によるシミュレーション結果。

右下：解像度1kmのデータ同化によるシミュレーション結果。

右上の解像度100mの「ビッグデータ同化」によるシミュレーション結果は、左上の観測データをよく再現している。右下の1kmのデータ同化によるシミュレーション結果は、観測データが表す雨雲の内部構造を詳細に表すには不十分である。左下は30秒ごとの観測データを同化しない場合を示し、観測データに対応する雨雲が現れない。なお、強い雨ほど赤く示している。

本日の講演内容

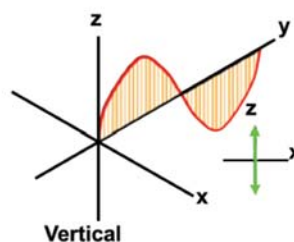
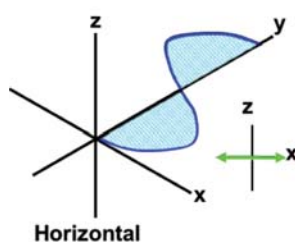
- 豪雨の卵を素早く観測するフェーズドアレイ気象レーダ (PAWR)
- PAWRのデータ利活用について
 - ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）
 - スマホアプリによる豪雨予測配信（民間企業との連携）
 - ビッグデータ同化によるゲリラ豪雨予測（シミュレーションとの連携）
- 更なる精度向上を目指したマルチパラメータ（二重偏波）フェーズドアレイ気象レーダ (MP-PAWR)
- 精密電波遅延量計測と精密時刻同期による、地デジ波を用いた水蒸気推定手法



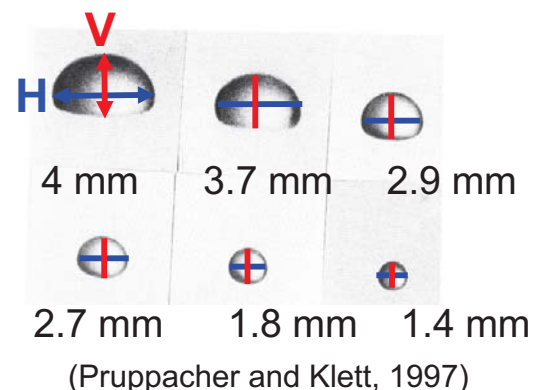
16

偏波レーダによる雨量推定の高精度化

- 偏波レーダ
 - 水平（H）方向に振動する電波と垂直（V）方向に振動する電波の両方を用いたレーダ
- 水平偏波観測と垂直偏波観測の比や伝搬位相差を測ることにより、雨量推定の高精度化や雨滴粒径分布の推定に用いる。



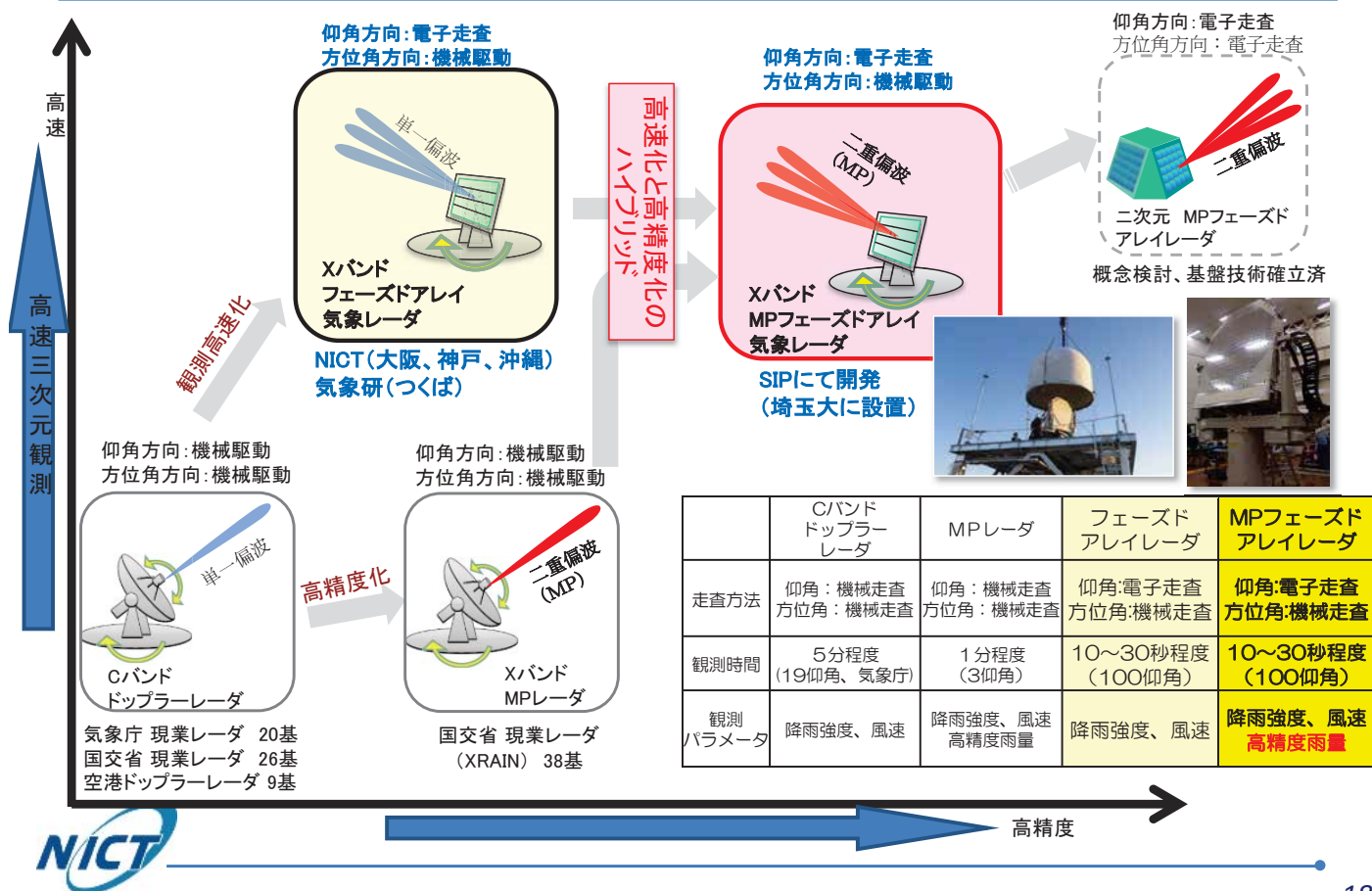
雨滴のサイズと形状の関係



38

17

気象レーダの高精度化へ向けた展開



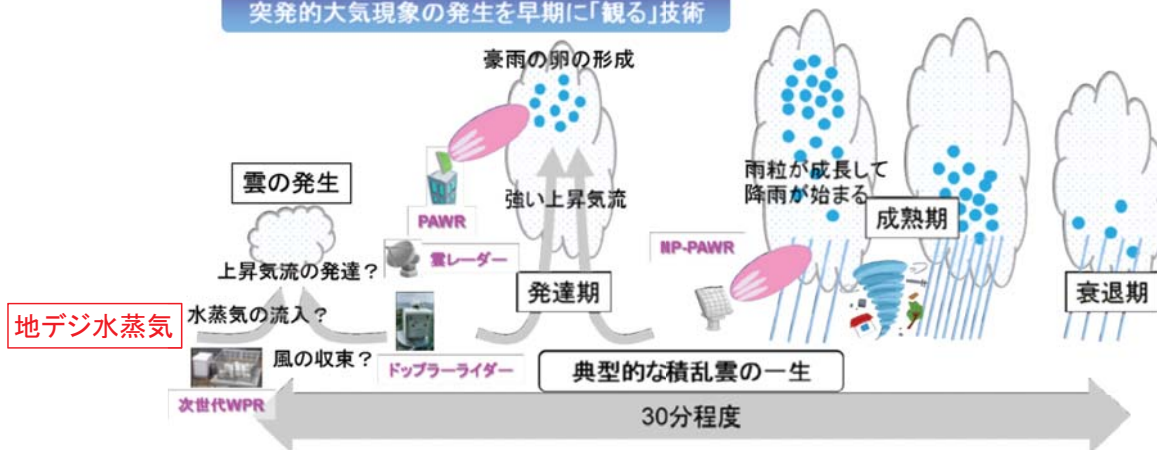
18

本日の講演内容

- 豪雨の卵を素早く観測するフェーズドアレイ気象レーダー (PAWR)
- PAWRのデータ利活用について
 - ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）
 - スマホアプリによる豪雨予測配信（民間企業との連携）
 - ビッグデータ同化によるゲリラ豪雨予測（シミュレーションとの連携）
- 更なる精度向上を目指したマルチパラメータ（二重偏波）フェーズドアレイ気象レーダー（MP-PAWR）
- 精密電波遅延量計測と精密時刻同期による、地デジ波を用いた水蒸気推定手法

地上デジタル放送波を用いた水蒸気推定

突発的大気現象の発生を早期に「観る」技術

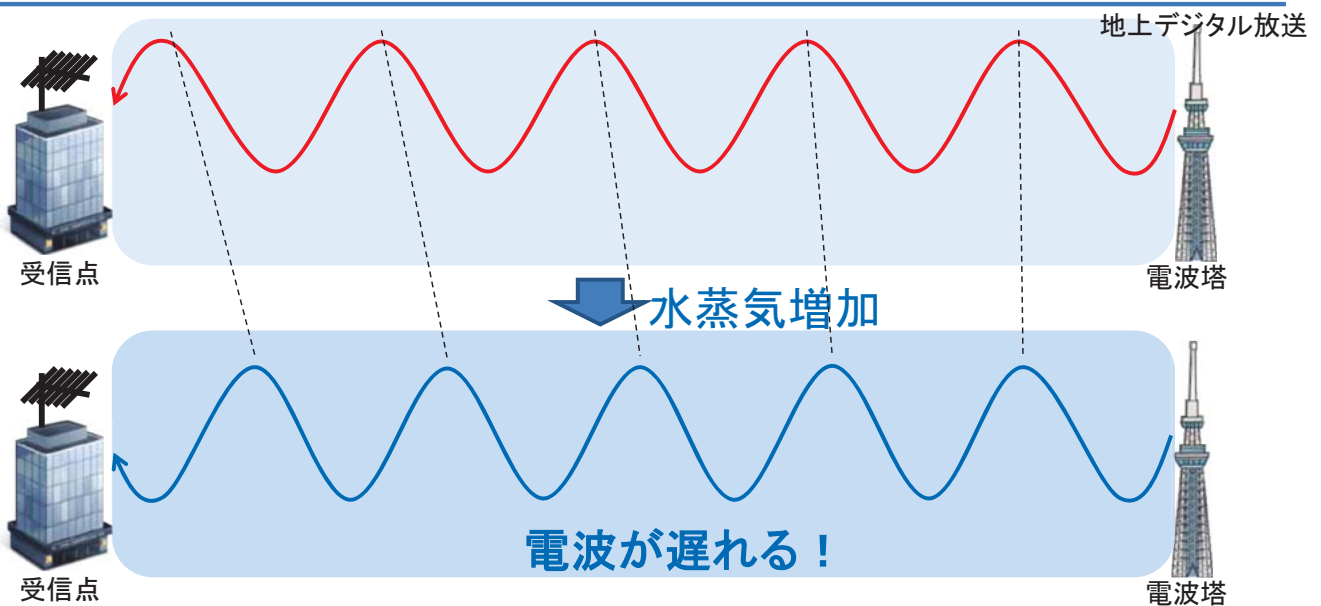


ゲリラ豪雨の予測に関して更にリードタイムを稼ぐために、風の収束や水蒸気量の空間分布を測定する



20

地デジ波を用いた水蒸気観測の原理



例えば、5 km離れたところで電波を受信する場合、水蒸気が1%増えると電波の到着は約17ピコ秒(5mm)遅れる

微小な電波の遅れを測って水蒸気を推定する

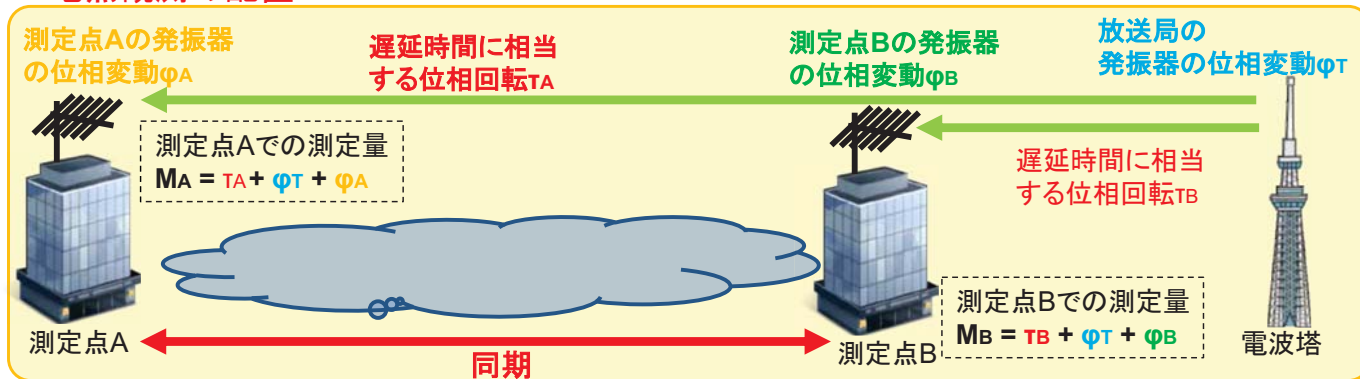


ただし、この精度を議論する場合、測定に用いる発振器の位相変動(位相雑音)が大きな誤差要因となる

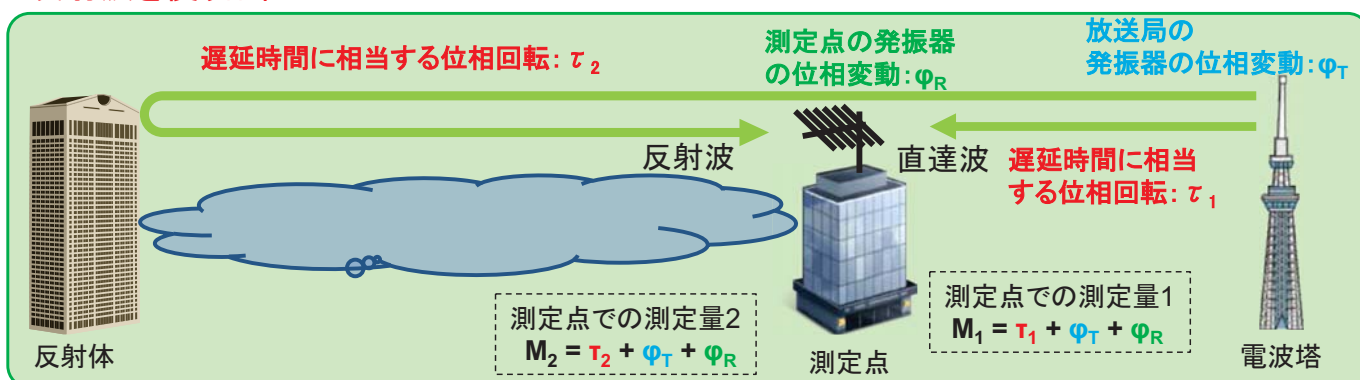
21

2つの観測配置(発振器の位相変動による誤差を解消)

2地点観測の配置



反射波を使う配置



配置の条件に制約はあるが、うまく反射体が見つかる場合は**同期不要**で観測できる

22

伝搬遅延(位相変動)の精密測定



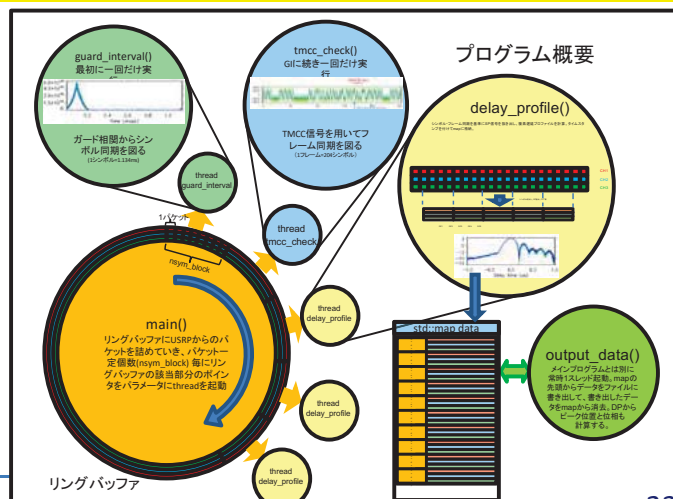
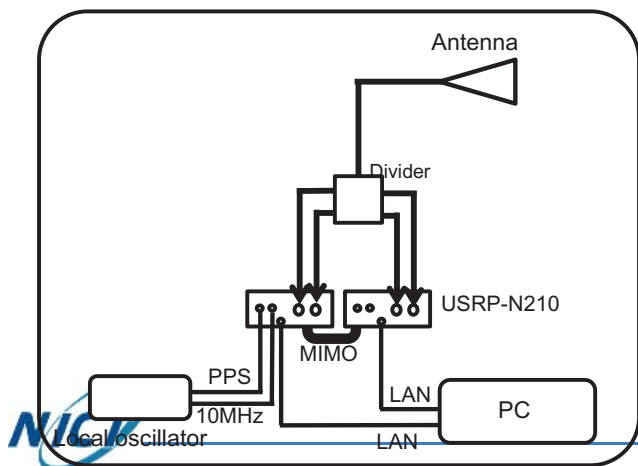
リアルタイム位相変動測定装置を開発

地デジOFDM信号を復調してSP信号から遅延プロファイルを計測。その位相を用いて遅延を精密測定

主な構成要素

- ・USRP-N210(ソフトウェア無線デバイス)
- ・組込PC
- ・基準信号発生器
- ・地デジ用アンテナ(市販品)

どの放送局に対しても安定して長期観測が可能



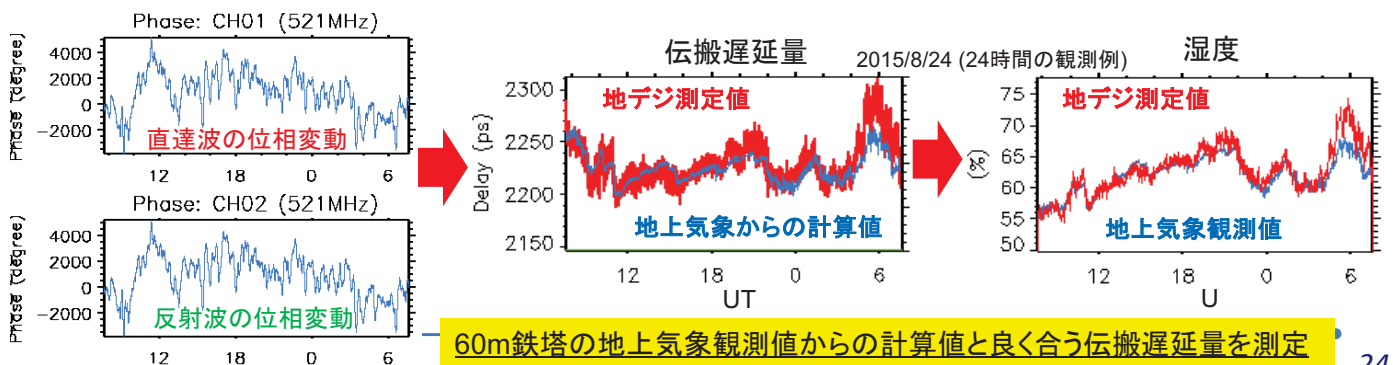
41

23

反射波を用いた水蒸気量推定の実証に成功

地デジ放送波を用いた水蒸気遅延の測定例

反射波を用いて同一地点で測定(同期不要の観測手法)



24

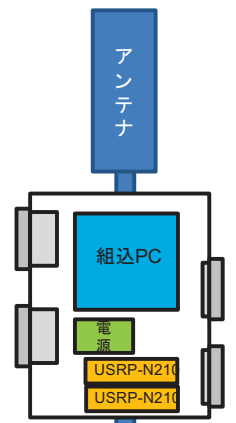
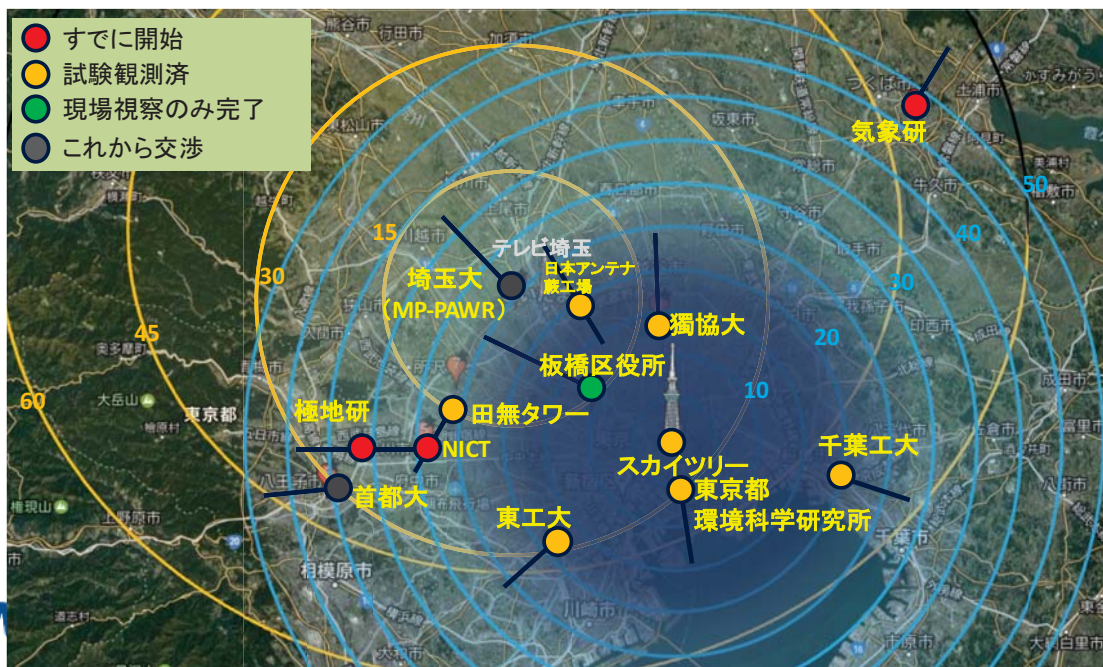
平成30年度の計画

- 10箇所の観測装置を構築予定
- 観測候補地

多点展開

⇒ 水平面内水蒸気モニター

NICT小金井、気象研(つくば)、極地研、スカイツリー、板橋区役所、
獨協大、埼玉大、気象衛星センター、首都大学東京、防災科研観測地点...



25

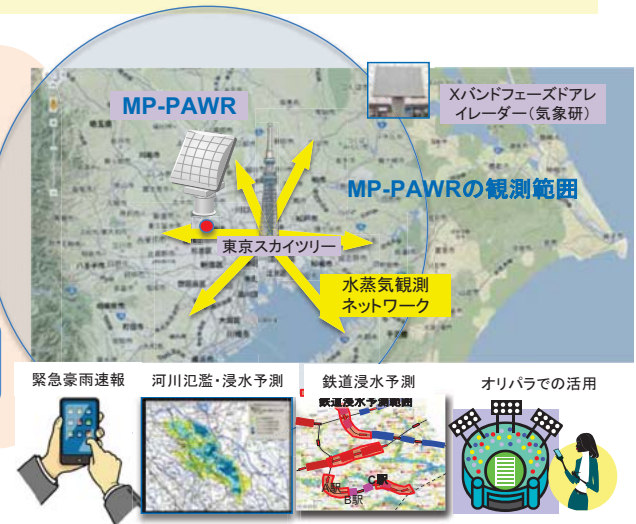
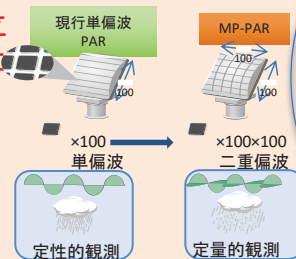
東京2020オリパラに向けた取り組みとして

- 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」において二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ（MP-PAWR）と地上デジタル放送波を用いた水蒸気量推定システムを開発
 - 府省連携として、防災科学技術研究所・鉄道技術総合研究所等が参画
- MP-PAWRは平成28年末日途で完成させ、平成29-30年度に首都圏において豪雨等の予測の実証実験予定
 - － 平成32年の東京2020オリンピック・パラリンピックでの活用を目指す。

二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ（MP-PAWR）

- 観測の高速化と高精度化の両立
- 送受信器用チップの高集積化によるコスト低減

MP-PAWRは二重偏波機能による高精度観測（降水量の定量的な観測）を実現。ただし、現行単偏波PAWRに比べて送受信器用のチップが100倍必要で構成が複雑。



26

まとめ

- 従来の気象観測では捉えきれなかったゲリラ豪雨を引き起こす積乱雲の急発達を、高速に3次元で観測するためにフェーズドアレイ気象レーダ（PAWR）が開発されました。
- 関西地域にPAWRを中心とする気象観測のスーパーサイトが構築され、気象災害の正確な予測を目指した、産官学の、共同研究が始まっており、自治体向けの「豪雨対策支援システム」の開発や、スマホアプリによる一般向けの豪雨情報・予測配信実験などが行われています。
- 東京2020オリパラにむけた取組として、更なる精度向上を目指したマルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ（MP-PAWR）の開発が現在進められています。（日本の優れた気象観測技術＋気象サービスの海外への見本市）
- 地上デジタル放送波を用いた水蒸気量推定などの新しい気象観測手法を開発に成功し、実証実験が始まっています。



43

27

講演

『北国IoT ～積雪寒冷地域で有効な次世代広域道路状況 ビッグデータ提供IoTシステム～』

柴田 義孝

岩手県立大学 研究・地域連携本部 特任教授



<略歴>

1976 年 上智大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程修了、
工学修士(1976年)
1985年 カルフォルニア大学大学院理工学研究科計算機科学専攻博士課程修了、
Ph.D. in Computer Science(1985年)
1985年 米国Bell通信研究所専任研究員
1989年 東洋大学工学部情報工学科 准教授
1997年 東洋大学工学部情報工学科 教授
1988年 岩手県立大学ソフトウェア情報学部 教授およびメディアセンター長
2007年 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科 専攻主任
2012年 岩手県立大学理事・副学長・地域連携本部長
2016年 岩手県立大学研究地域連携本部 特任教授 現在に至る

専門分野

ワイヤレス通信ネットワーク、・耐災害情報ネットワーク、IoT技術、高度交通システム

講演概要；

本講演では、過疎化・高齢化が加速する寒冷地域や山間地域において、慢性的な悪条件の道路環境での運転と劣悪通信環境から開放され、住民の安心・安全な生活を維持するための地域モビリティを実現するために、車両に最新の多様なIoTセンサと異種規格の複数無線によるコブニティ無線を搭載し、これらのセンサデータをリアルタイムに車載サーバに取込み、ビッグデータとして道路状況を的確にかつリアルタイムに分析し、その結果を先進的な車車間(V2V)通信や車路間(V2I)通信方法によって相互に交換・伝達することにより、広域で連続的な道路状況を車両間で注意喚起を可能とする次世代広域道路状況ビッグデータ提供システムとその応用(スマート農林水産、アクティブ観光、健康サービス、MaaS等)を開発について説明する。

北国IoT ～積雪寒冷地域で有効な次世代広域道路状況ビッグデータ提供IoTシステム～

岩手県立大学 研究地域連携本部

特任教授 柴田義孝

shibata@iwate-pu.ac.jp

2018年3月26日

1

アウトライン

- 1. 背景
- 2. モビリティネットワーク
- - ・これまでのワイヤレスネットワーク
 - ・次世代ワイヤレスネットワーク
- 3. 研究目的
- 4. システム構成とアーキテクチャ
 - ・路面状態センシング
 - ・センサーデータ収集と共有
 - ・車車間・路車間通信
 - ・広域道路状況ビッグデータと注意喚起アプリケーション
- 5. 寒冷地域道路ビッグデータ・インタフェースシステム
- 6. アプリケーションシステム
- 7. まとめ

背景

- 日本の国土の60%以上は寒冷地域
- 慢性的な悪条件の道路環境事情（路面凍結、吹雪、圧雪、ホワイ、洪水、雪崩等）
- スタットレスタイヤの効き目なく、スリップ事故が多発
- 運転者の高齢化や異常気象による交通事故の上昇一方、
- 寒冷地域は都市部と較べて劣悪通信環境が多い（山間部の道路で携帯電話の不感帯地域が多い）
- 一旦災害が発生すると通信環境も最悪



よりの確で迅速に道路環境情報を提供可能とするシステムの構築とサービス運用が必須

3

地域の道路状況

どのようにして検出し共有するか？



106急行バス（盛岡市-宮古市）内から見た今冬の国道106号線。峠付近の積雪・路面凍結が安全運航の障害の一つ。また利用者ニーズの例として県外からくる貸し切りスキーバスの運転者にとってのスキー場までの道路凍結情報やバス利用観光客へのタイムリーな観光情報が不足している。



国土技術政策総合研究所 研究資料より

4

寒冷地の道路状況

豪雪



凍結道路



ホワイトアウト



5

道路上の落下物や障害物



6

背景

一方,

- 多様なセンサによる路面状況を検出する技術の可能性
- 多様な周波数帯の次世代無線技術の標準化
 - IEEE802.11ac/ad/ah/ai/ax/ay
 - 低コスト、低消費電力、ライセンスフリー
 - 長距離通信 (1~10km)
 - 大容量通信 (~6.93Gbps)
- エッジコンピューティング技術
- モビリティ通信技術
 - 車車間・車路間通信 (V2V, V2I)
 - 遅延耐性ネットワーク技術 (DTN)
 - Software Defined Network (SDN)

これらの技術を組み合わせることにより、高性能で高効率なモビリティネットワーク基盤の実現が期待される

7

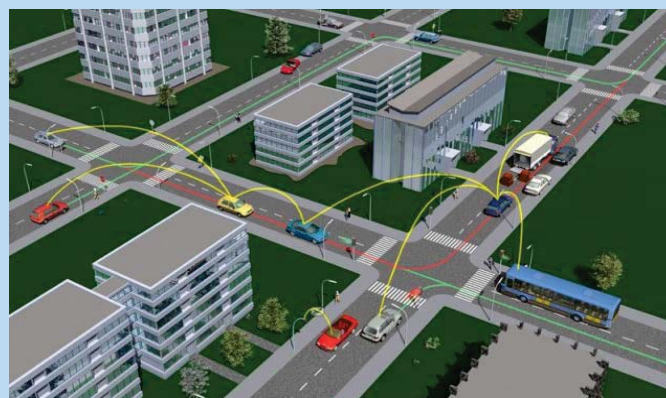
モビリティ通信のイメージ



Vehicle-to-Vehicle(V2V)



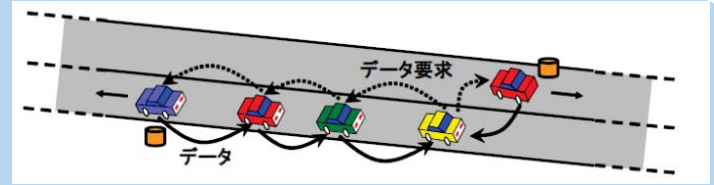
Vehicle-to-Infrastructure(V2I)



Multihopping
In case of N=2

8

V2V and V2Iにおける通信条件



- 長距離通信(1~20Km)
- すれ違い時の大容量データ転送(~Gbps)
- 自動アンテナ指向性制御
- 高速ネットワーク接続確立(~数百msec)
- センサデータのリアルタイム処理
- 劣悪通信環境の考慮(携帯不感帯や不安定、災害直後)

9

これまでのワイヤレス通信ネットワークの限界

- Wi-Fi (IEEE802.11a/b/g/n at 2.4GHz, 5GHz)
 - FWA (5GHz, 22/26 GHz, 38GHz)
 - Mobile Wi-Max(6GHz)
 - 3G, LTE(0.8~1.5GHz)
 - Satellite (45GHz)
-
- 高速無線ネットワークは通信距離が短い
 - 長距離無線ネットワークはデータ転送容量が小さい
 - アンテナ指向性は固定
 - ネットワーク接続確立時間が長くて不安定(数sec.~数10sec.)
~数100msec)

10

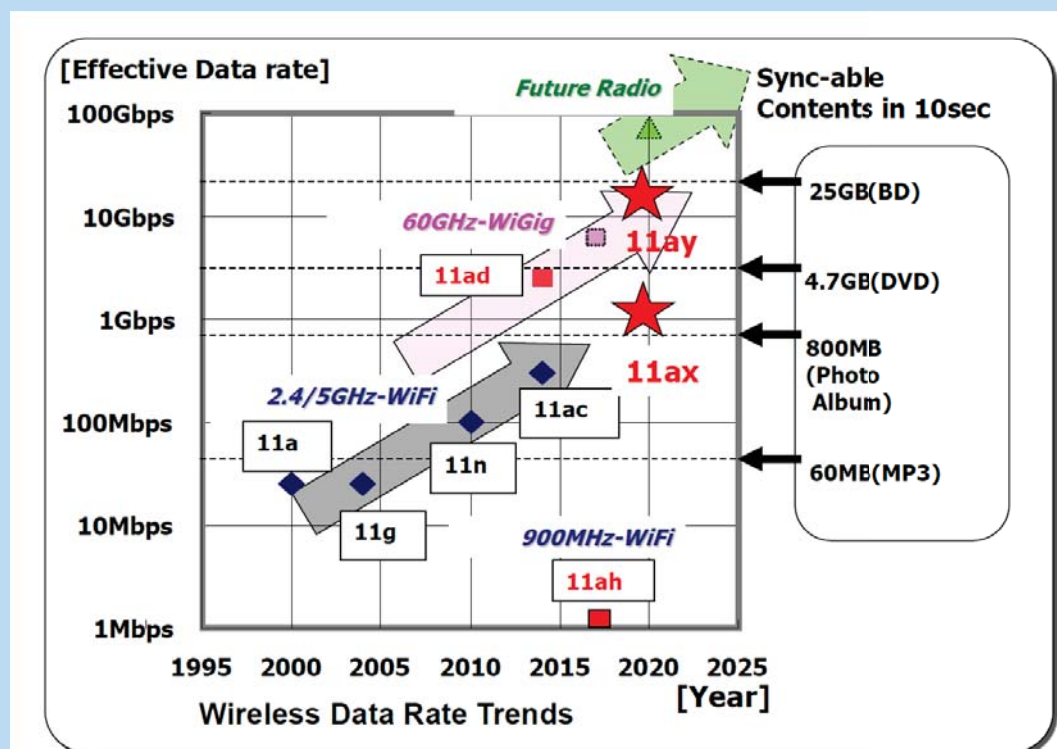
次世代無線ネットワーク: IEEE802.11xx

- 802.11ac 5GHz, high-throughput(max. 6.93Gb/s), beamforming
- 802.11ad 60GHz, high-throughput, beamforming
- 802.11ah 920MHz, low-power, long distance
- 802.11ai Fast Initial setup link (<2msec), highspeed security and authentication protocol
- 802.11ax Compatible to IEEE802.11/a/b/g/n/ac, High efficient Ave. throughput for one user
- 802.11ay Successor to the 802.11ad, high-throughput (>20Gbps)

これらの新しいネットワークを組み合わせることにより、高性能で高効率な無線ネットワークを実現可能

11

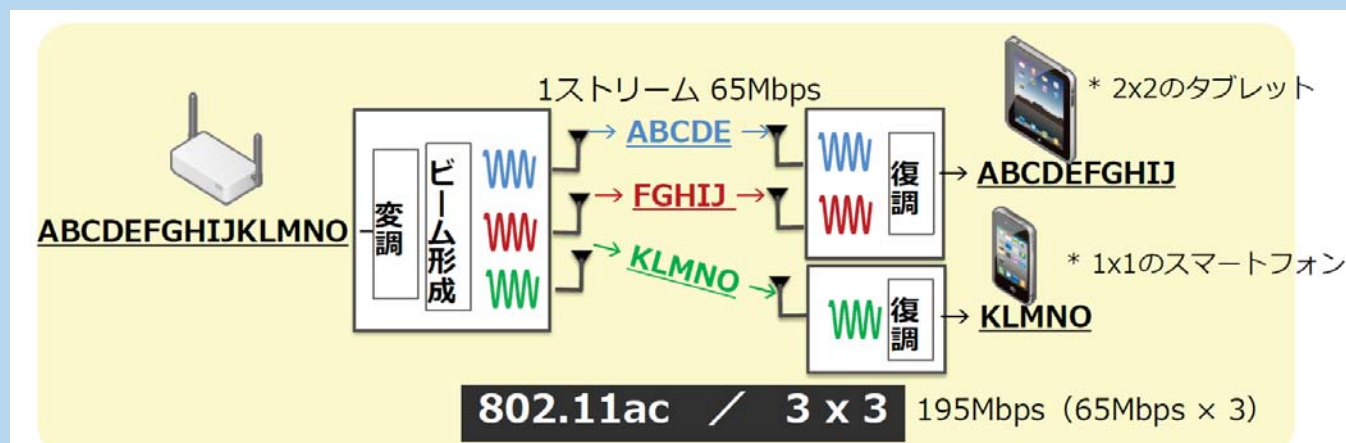
無線ネットワークのパラダイムシフト (IEEE802.11x → IEEE802.11xx)



12

IEEE802.11ac

- ・Mu-MiMO: 複数の端末が同時に通信可能となり、転送速度がN倍向上
- ・Channel bonding: 複数のチャンネルを束ねて一つの大きなチャンネルに可能
- ・Beamforming: アレイアンテナによる、電波障害を低減



13

IEEE802.11ah (LPWA)

- サブギガ帯 (920MHz) の使用 (ノイズの影響小)
- 長距離通信可能 (1~20km)
- 低消費電力 (電池で1年駆動)
- 多数のセンサを接続 (6000)
- BroadcastingやMultihopping
- Wi-Fi (2.4G, 5G) やIEEE802.11acを相互接続
- IoT、ホームネットワーク、モビリティネットワークの応用に利用
- Low data rate (0.1~1Mb/s)

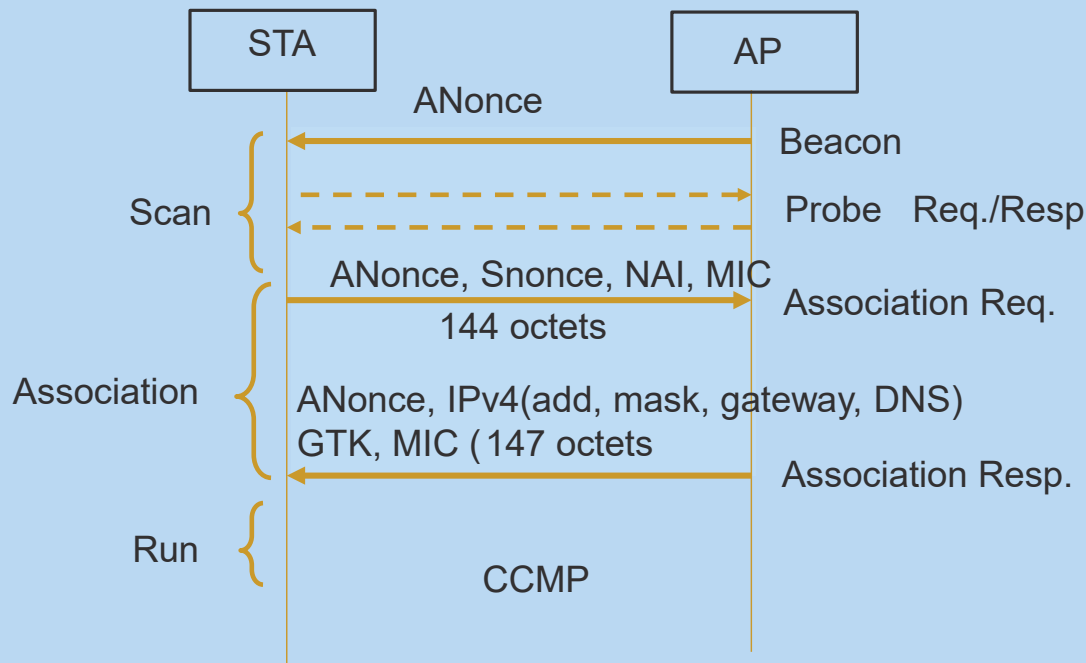


14

IEEE802.11ai:

Fast Initial Link Setup(FILS):

- ・SSID, Key, Security, Authentication, IP ad. mask, gateway, DNS等を1ショットで完了
- ・通信接続が(2msec)で確立



15

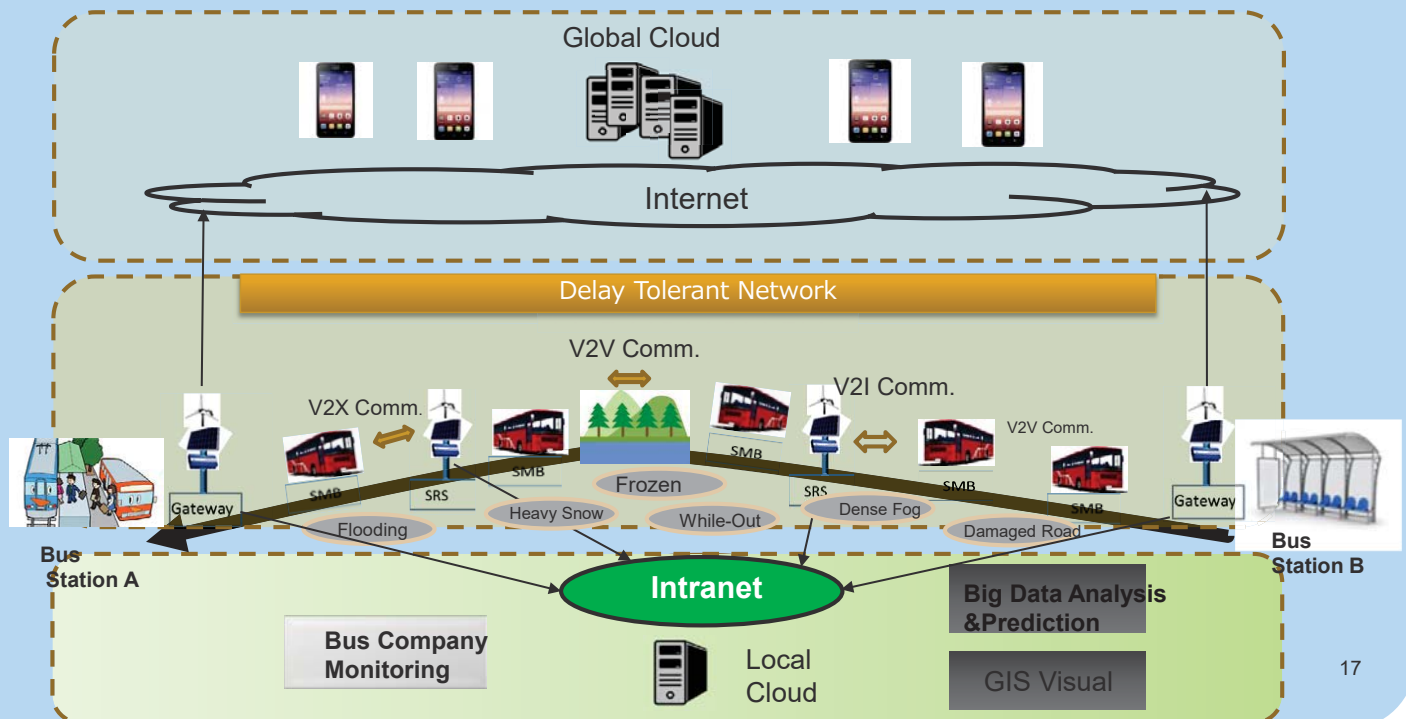
研究開発の目的

- 劣悪通信環境において、モビリティを知的センサおよび通信媒体として捉え、安全・安心なモビリティ社会のための次世代広域道路状況ビッグデータ提供出来るネットワークインフラ構築とその応用を実現すること
 - ー 多様なセンサデータのAIによる多様な道路面状態(凍結、圧雪、乾燥面、湿面等)のリアルタイム判断の実現
 - ー 異種規格のコグニティブ無線による長距離の車車間、車路間通信の実現
 - ー 携帯電波不感帯や劣悪通信環境でも、遅延耐性ネットワーク(DTN)を実現
 - ー モバイルクラウド搭載による多様な応用の実現
 - ー 寒冷地域の交通安全への貢献

16

広域道路状況ビッグデータ提供IoTシステム

- Smart road side wireless nodes(SRS)
- Smart mobile wireless nodes(SMB)
- Internet gateway(GW)
- Based on V2X and Delay Tolerant Network(DTN)



17

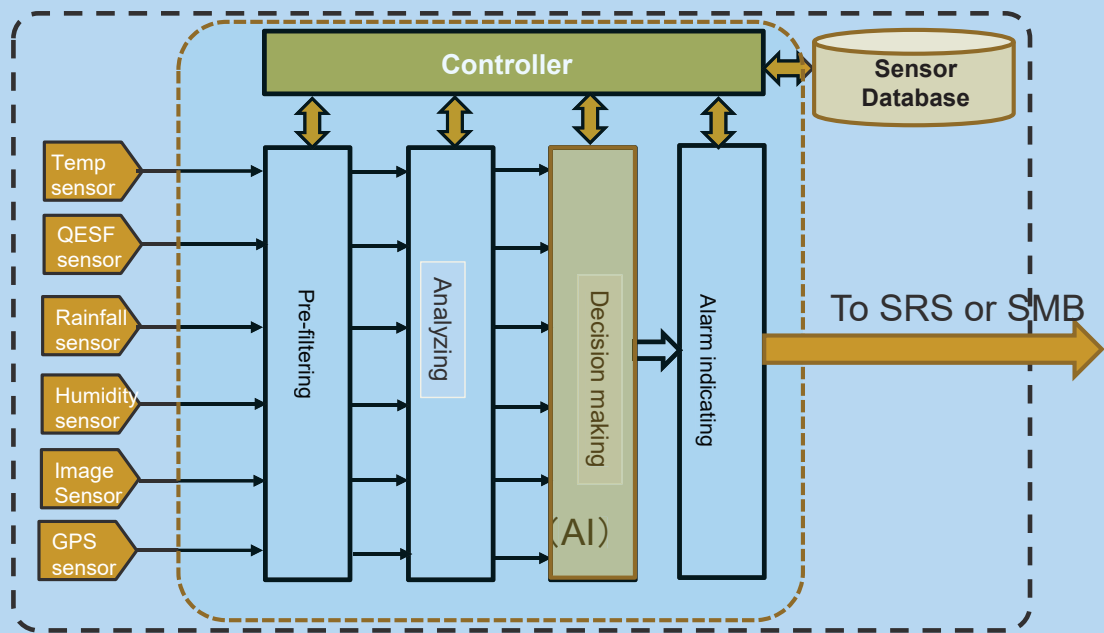
開発システムの構成



53

18

多様なセンサによる道路状況センシングユニット



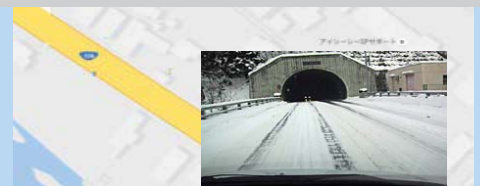
- Controller: Followed control for each processing step
- Pre-filtering : Synchronization and prefiltering noise
- Analyzing : Auto-correlation and mutual correlation and spectral analysis
- Decision Making : Decision for road condition (dry, wet, rainy, snowy, icy roads and white-out))
- Alarm indicating : Indication of alarm with various road conditions

19

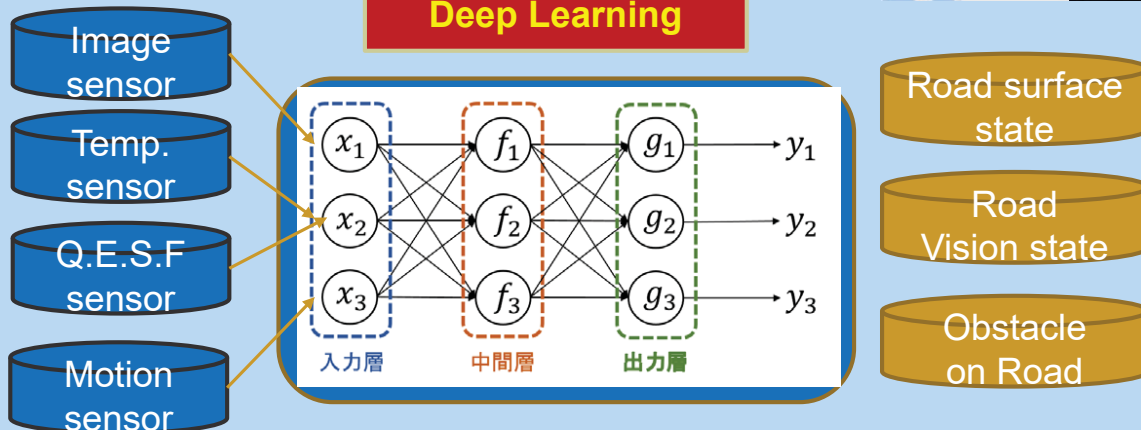
AIによる道路状況判定



Attention to 500 m ahead !!

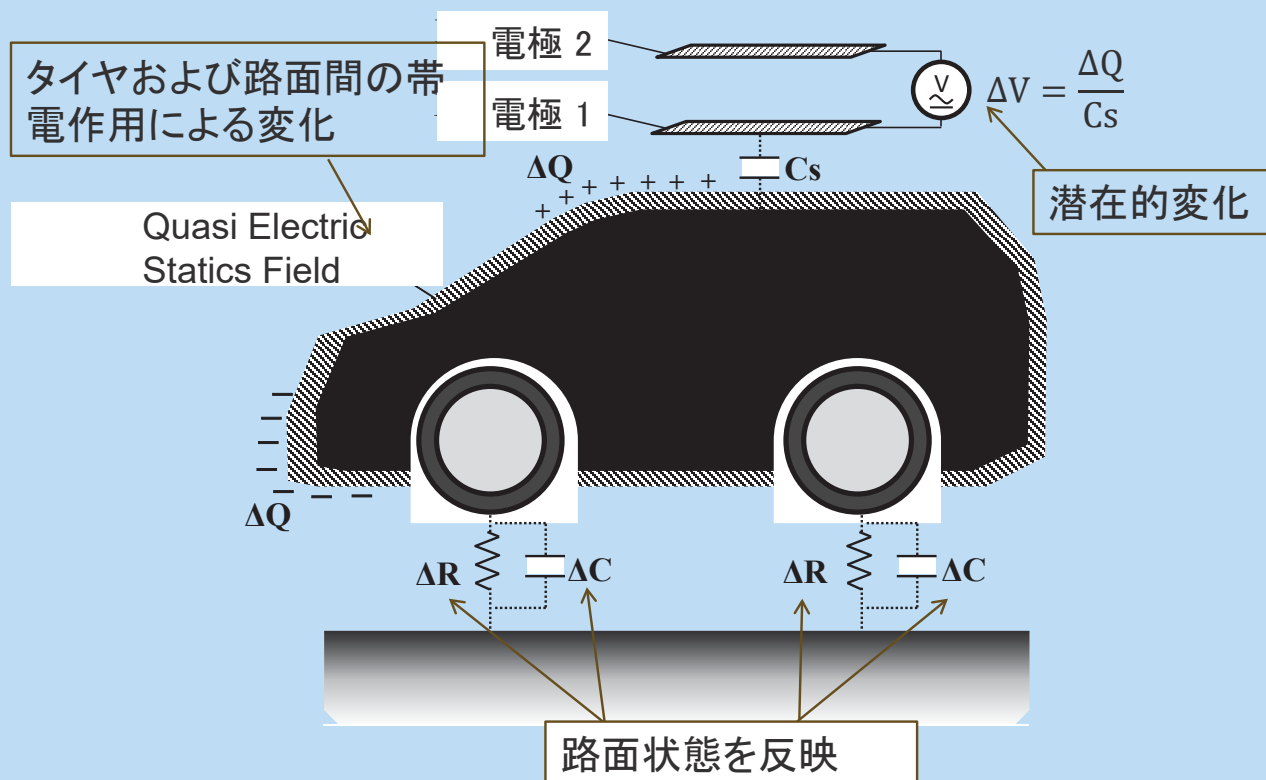


Deep Learning



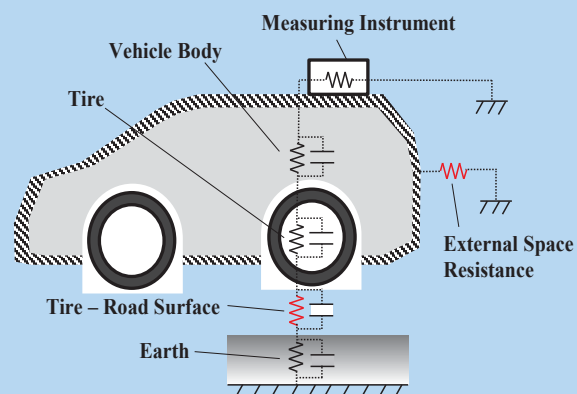
20

準静電界センサによる凍結路面センシング



21

準静電界センサによる凍結路面センシング



22

実験結果

■統計的解析

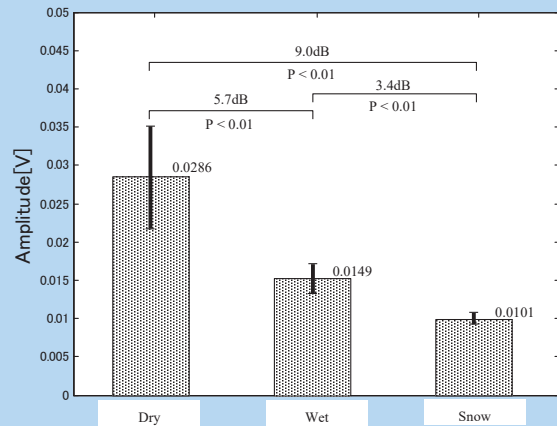
- 乾燥路と湿潤路間の電圧比 5.7dB
- 湿潤路と積雪路間の電圧比 3.4dB
- 乾燥路と積雪路間の電圧比 9.0dB
- ⇒ 99% 以上の識別率

■周波数解析 (FFT)

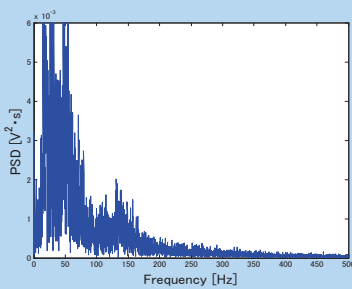
⇒ 異なる特徴のスペクトルを確認

■時系列解析

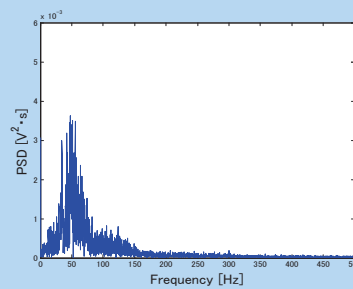
⇒ 湿潤路から凍結路の振幅変化を確認



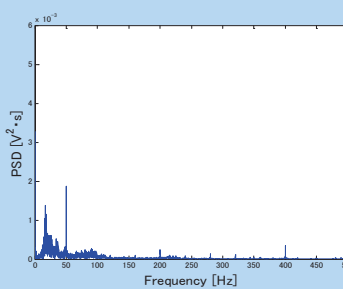
乾燥路・湿潤路・積雪路の統計的解析



(a) 乾燥路

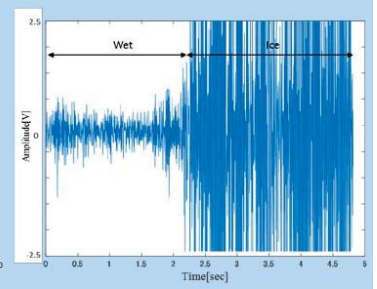


(b) 湿潤路



(c) 積雪路

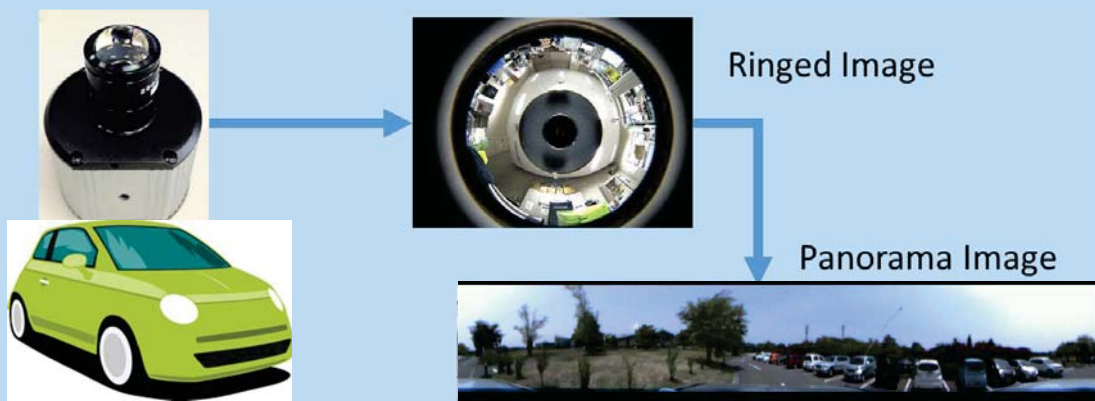
乾燥路・湿潤路・積雪路の周波数解析



(d) 湿潤路から凍結路
時系列解析 23

全方位カメラセンサによる障害物の同定

- 全方位カメラセンサから環状画像のキャプチャ
- 環状画像からパノラマ画像への変換
- パノラマ画像から路面障害物の同定



路面センシング成果と課題

成果

- 各センサからのリアルタイムデータ(1secごと)の取得を可能
- 準静電界センサ単独によるオフラインで路面状態(乾燥路、湿潤路、積雪路、凍結路)を90%以上を判定可能

課題

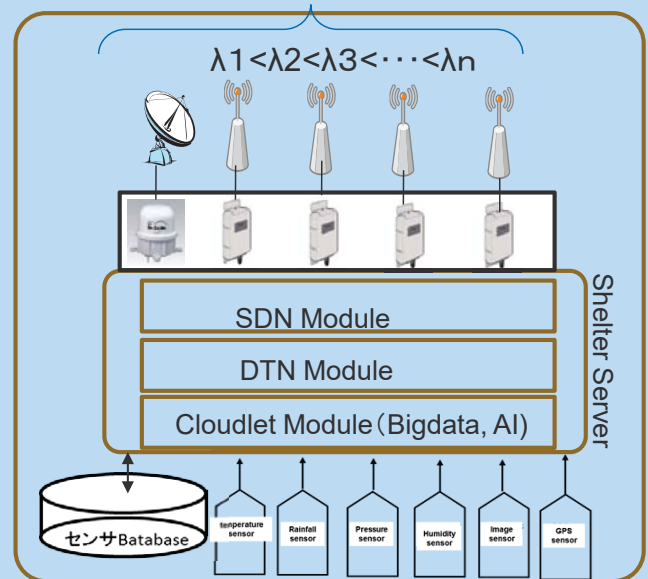
- 全てのセンサを組み合わせ、リアルタイムで路面状態の判断する必要がある
- 準静電界センサの自動車ごとに自動補正の必要性
- 地域の気象などのオープンデータの考慮

25

スマートモバイルステーション(SMB)

- V2V, V2I 通信機能
- 多様なセンサ装備
- 車載サーバでビッグデータ分析して道路状況を判断し、分析結果に応じて注意喚起を指示
- 対向対向車間で注意喚起データを交換
- コグニティブ無線ネットワークサポート機能
- SDNによるモビリティとの車路間通信機能
- DTNプロトコルによる劣悪通信機能
- クラウドレットによる多様なデータ蓄積機能

各種無線ネットワークによるコグニティブ無線(対向車へ)



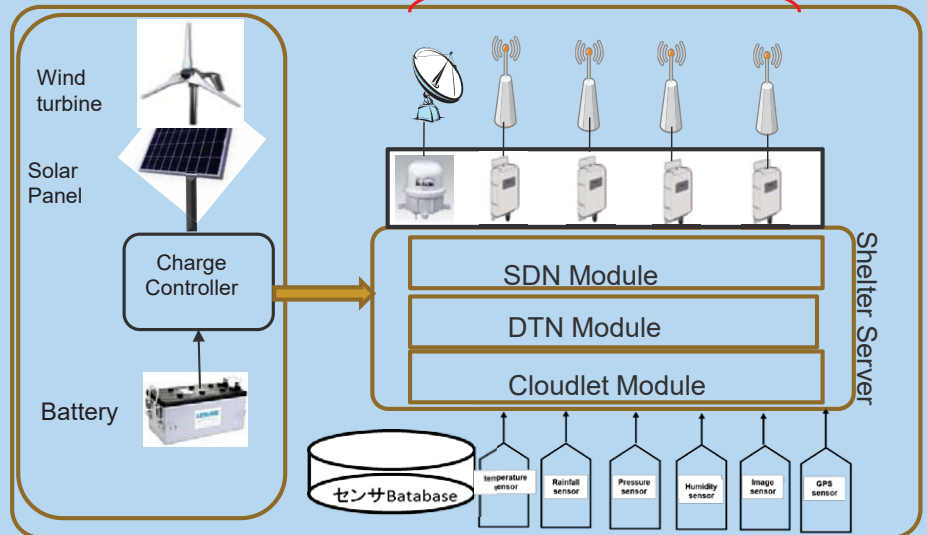
26



スマートリレーシェルタ(SRS)

- 自立電源の供給機能
- V2I 通信機能
- 多様なセンサ装備
- 車載サーバでビッグデータ分析して道路状況を判断し、分析結果に応じて注意喚起を指示
- 対向対向車間で注意喚起データを交換
- コグニティブ無線ネットワークサポート機能
- SDNによるモビリティとの車路間通信機能
- DTNプロトコルによる劣悪通信機能
- クラウドレットによる多様なデータ蓄積機能

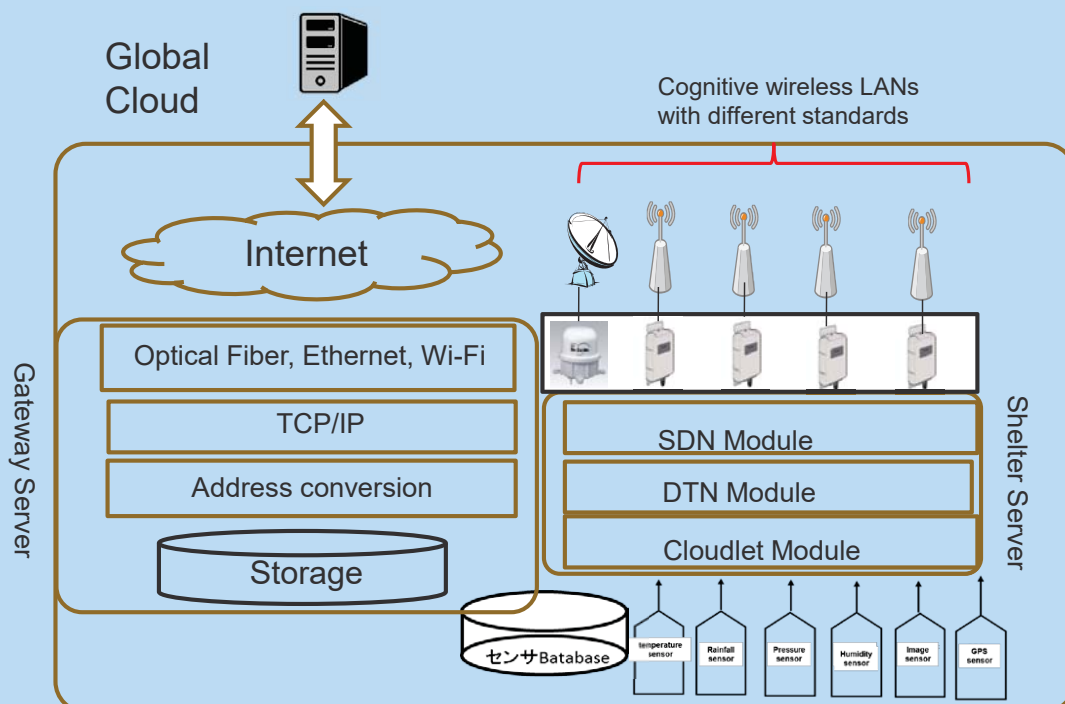
自立電源供給



27

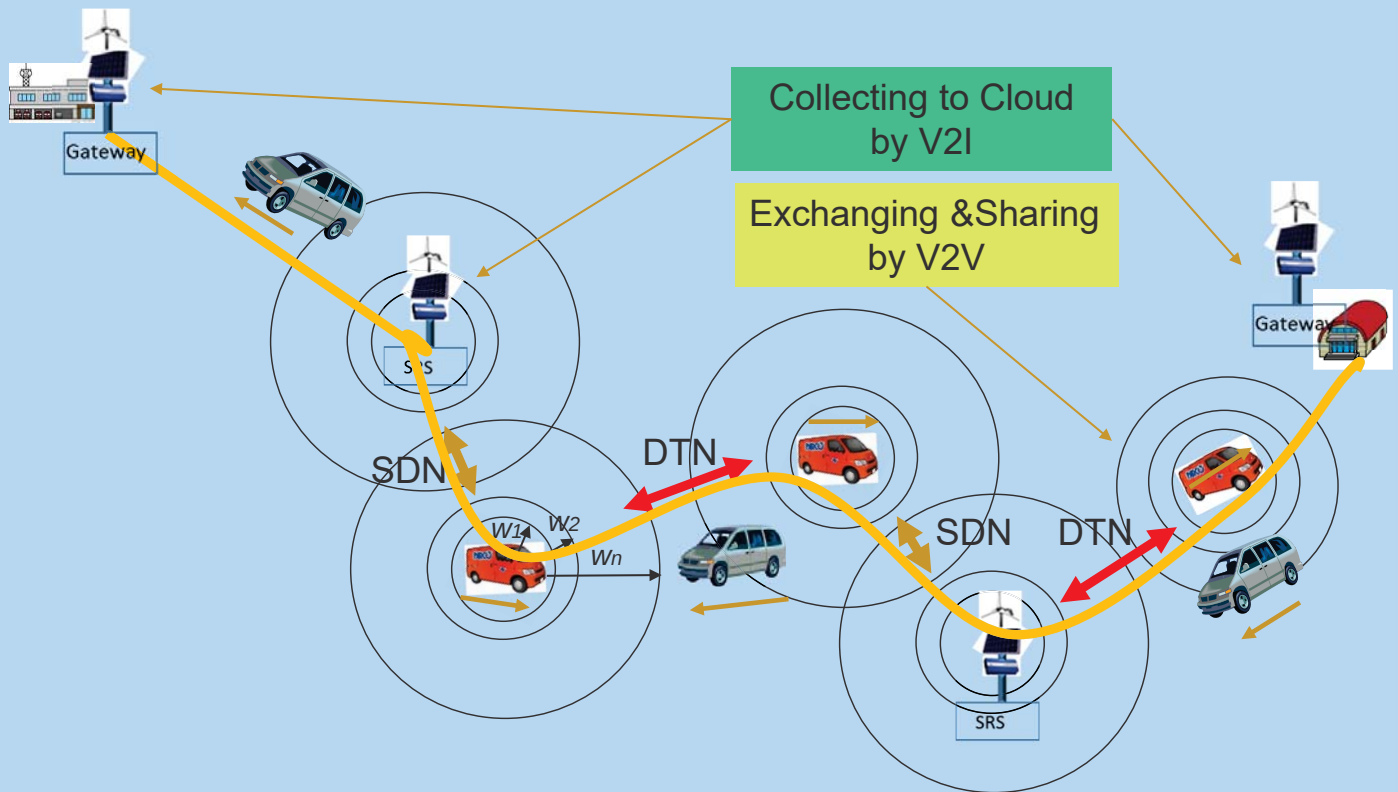
ゲートウェイステーション(GWS)

SMBおよびSRSからのすべてのデータをInternet経由でグローバルクラウドに転送
グローバルクラウド上のデータの同期および分散機能



28

SDN と DTNとの統合機能



29

V2V, V2Iによる通信インフラの特徴

■ 利点

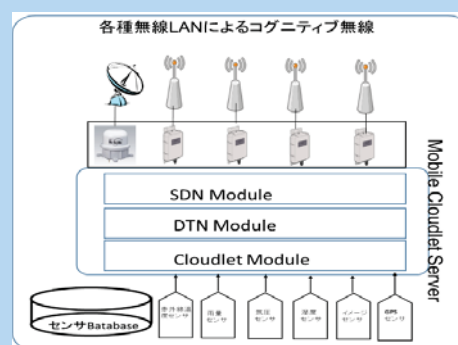
- SDNにより通信リンクの最適な無線リンクの動的な選択が可能
- V2Vによる車車間でのリアルタイム通信
- 劣悪通信環境でもDTNによりモビリティをメッセージフェリーとして通信
- クラウド
- インフラ整備が低コストで実現
- 震災直後でも利用可能
- 簡単に広域に拡張可能
- 自立電源により外部電源が不用

■ 欠点

- データ転送にDTNによる遅延が発生する
- end-to-end(モビリティ⇄クラウド間)の高速データ転送が困難

30

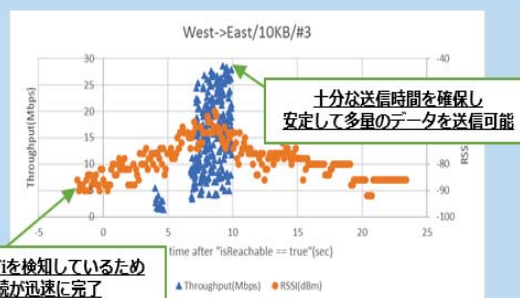
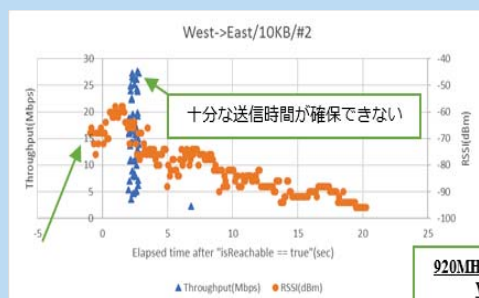
SRS and SMBによるV2I通信実験



31

V2I通信実験結果

車車間・路車間通信 (Wi-Fi + 920MHzによるコグニティブ無線)



920MHzで予めWiFiを検知しているためWiFiとの接続が迅速に完了

Wi-Fi のみ(最大通信距離は80m)

Wi-Fi +920MHz(通信距離は約1Km以上)

通信成果と課題

成果

- コグニティブ無線(2波長通信: Wi-Fi+920MHz)で従来の1.5倍の総データ転送量を達成
- 最大通信距離を従来100mから1Kmに延長を達成
- 通信確立のセキュリティや認証に必要な手続きを一括で完了できるプロトコルを実現

課題

- 最大通信距離と総データ量をさらに向上させるため、波長=2以上のコグニティブ無線(720MHz, 5GHz, 38GHz, 60GHz)の組み込み
- アンテナ指向性を自動調整できるBeamformアンテナの開発

33

広域道路状況ビッグデータと注意喚起システム



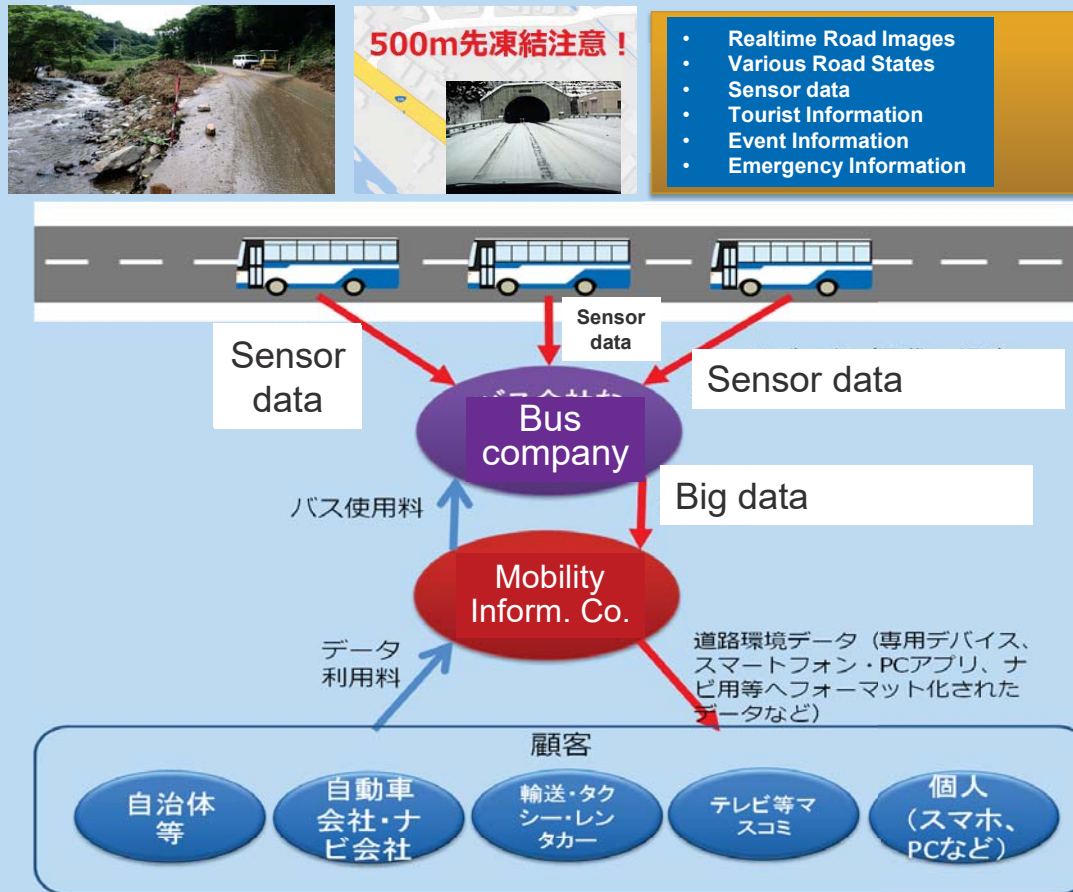
バス運行会社での広域道路監視システム



ドライバーへの注意喚起システム

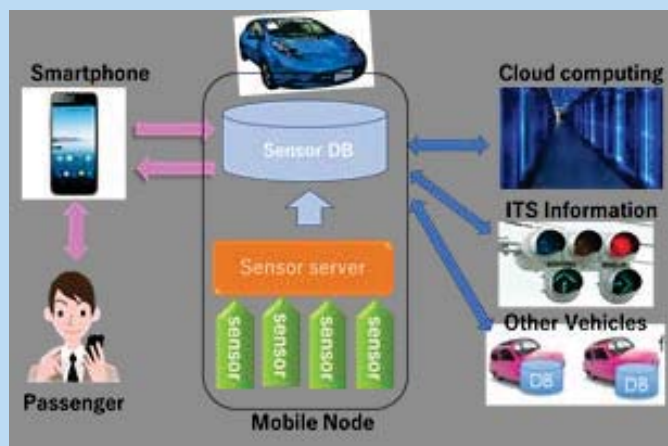
34

Mobility as a Service (MaaS)



35

道路状況ビッグデータサービス

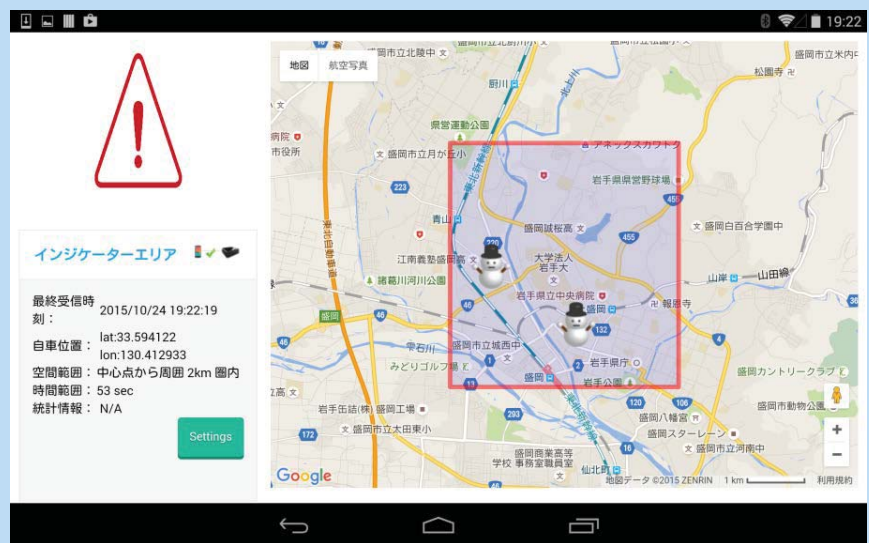


36

一般利用者への提供アプリケーション



注目領域の登録機能



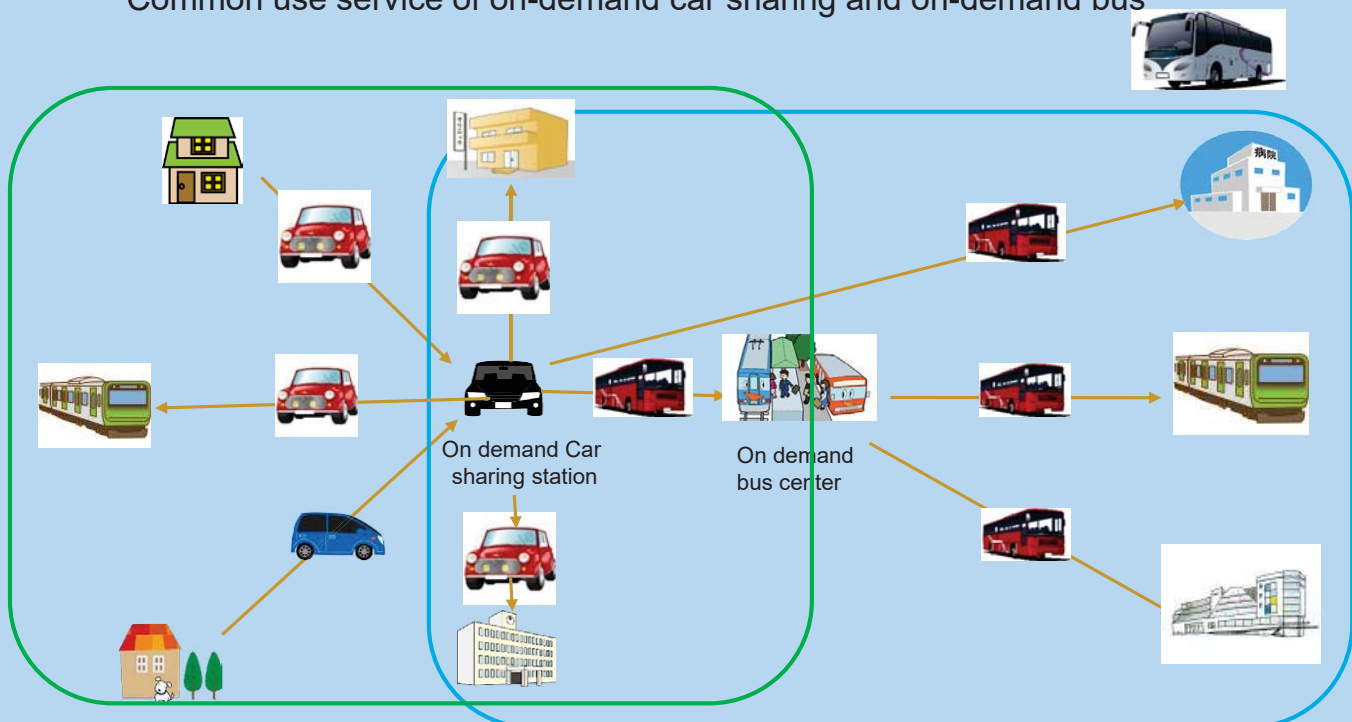
GIS上への凍結情報の表示・注意喚起機能

- 他車の車載サーバに記録された路面凍結情報を車車間通信で授受可能
- 自車サーバが受け取った路面凍結情報を用いて注意喚起可能

37

地域オンデマンドカーアンドバスシェアリングシステム

Common use service of on-demand car sharing and on-demand bus



38

観光地ナビゲーションシステム(平常時)

Navigation of Best
Sightseeing Route

Navigation of driving
roads and parking places

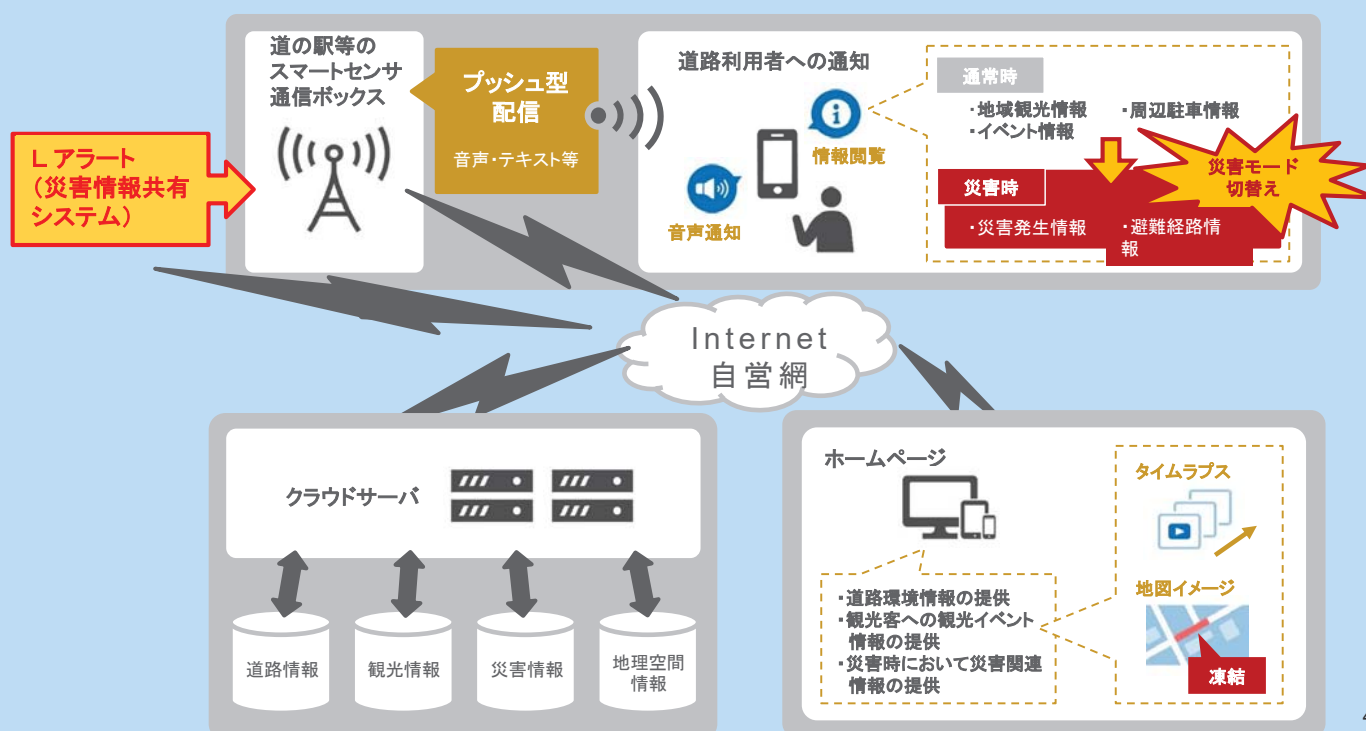
Automatic announcement of
POI(Point of Interest)



- Push Typed Tourist Information from SRS
- Navigation of Tourist to POI by Smart Phone and Tablet
- multilingual interpreter by AI Speakers

39

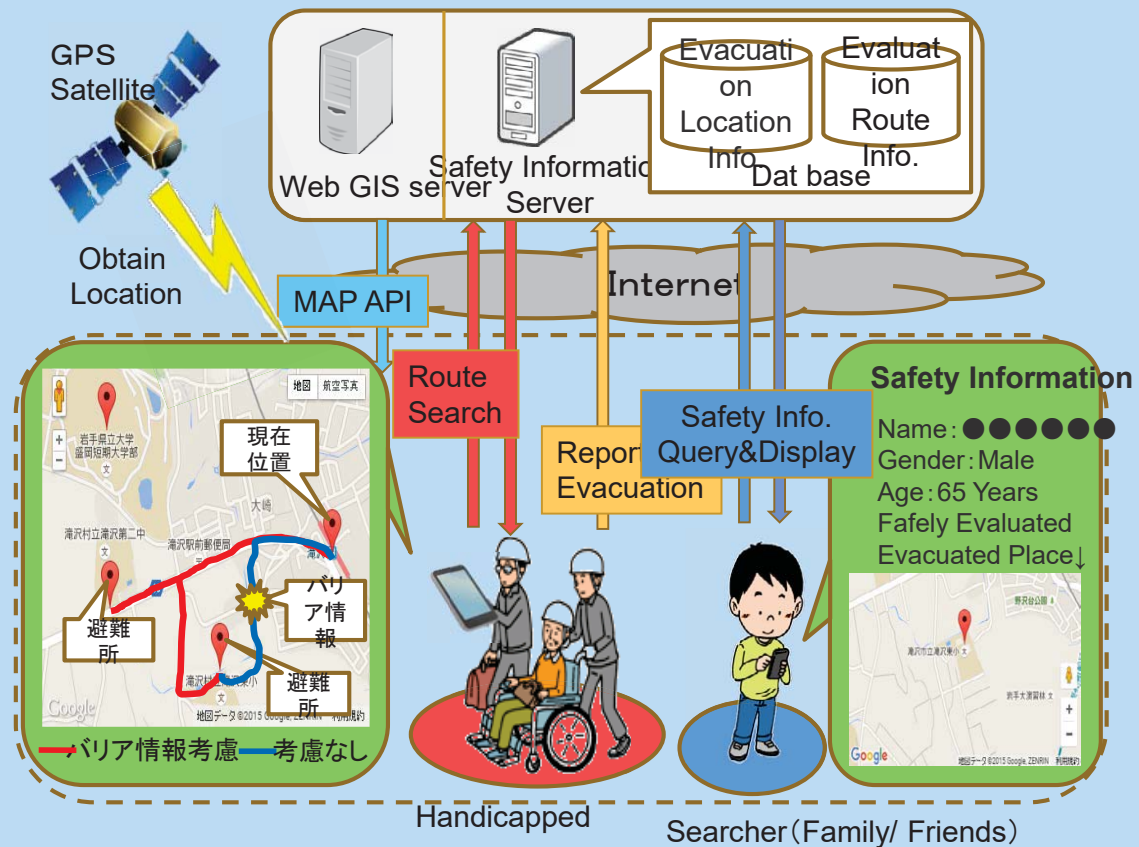
観光地ナビゲーションシステム(災害時)



64

40

緊急時の住民ナビゲーションシステム



41

地域内コミュニティネットワーク

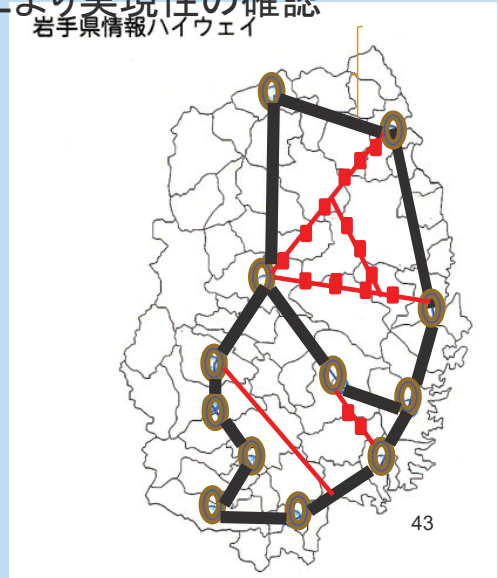
- ・ シニアカーによる自動運転
- ・ ヘルスケア、看護、保健での移動用
- ・ ショッピング、役場、職場への移動用
- ・ 災害時の避難所への移動用
- ・ スマートレジデンスの実現



42

まとめ

- 高齢化が加速する寒冷地域(北国)において、安全・安心なモビリティ社会のための次世代広域道路状況ビッグデータ提供システムとその応用を提案
- 多様なセンサ技術、IoT技術、次世代無線ネットワークによる情報インフラ構築
- プロトタイプを構築して機能性および性能評価により実現性の確認
- 現在、より広域で実用性を目指した社会実験およびその上での有効な応用を検討



Thank you for your attention

<お問い合わせ先>

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）
耐災害ICT研究センター 企画連携推進室
〒980-0812

宮城県仙台市青葉区片平2-1-3

TEL : 022-713-7511 FAX : 022-713-7587

E-mail : resil-sympo2018@ml.nict.go.jp

