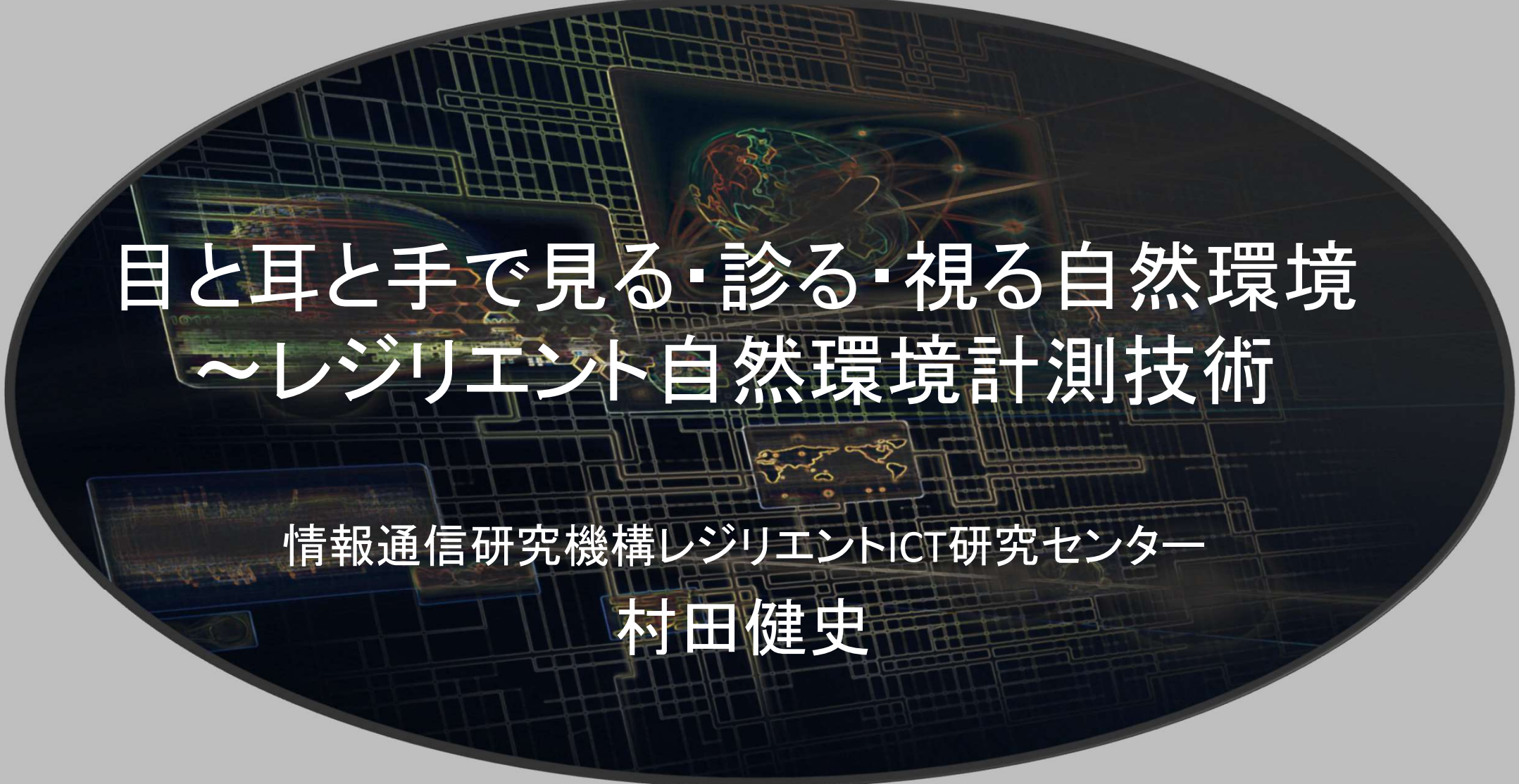




# 目と耳と手で見る・診る・視る自然環境 ～レジリエント自然環境計測技術

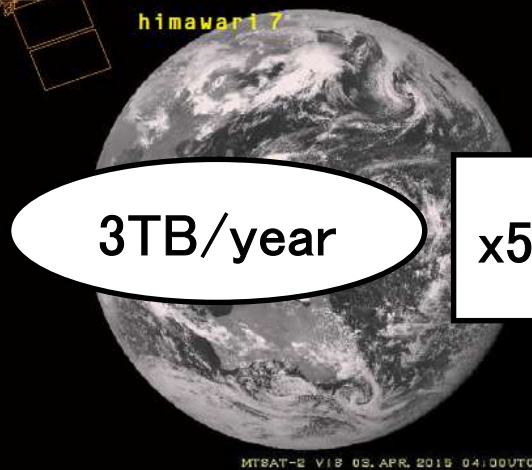
情報通信研究機構レジリエントICT研究センター

村田健史

滝沢賢一、西村竜一、菊田和孝、長妻努、東海林淳二(レジリエントICT研究センター)、  
山崎亮三、川鍋友宏、山本和憲、村上雄樹(テストベッド研究開発推進センター)、  
岩本正敏(戦略的プログラムオフィス)、水原隆道(クレアリンクテクノロジー)、  
小林一樹(信州大学)、深沢圭一郎(京都大学)、西村太志(東北大学)、  
松島健(九州大学)、渡部重十(北海道情報大学)

# From Himawari-7 to Himawari-8

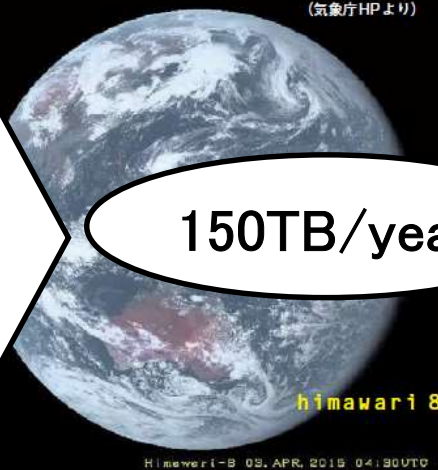
## 第2世代気象衛星



3TB/year

x50

## 第3世代気象衛星



150TB/year

H-7 data size is 3TB/year.

2015年4月3日のほぼ同時刻に撮影された、ひまわり7号（左）とひまわり8号の全球画像。これまでの白黒画像がカラー化されたことがよくわかる。

運轉多目的衛星新2号 (MTSAT-2) ひまわり7号

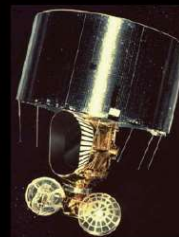
Himawari-7



(気象庁HPより)

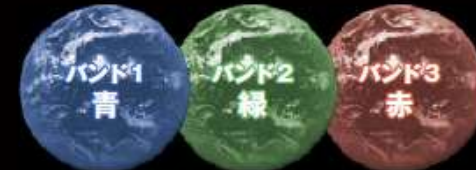
Himawari-8

静止気象衛星 (GMS) ひまわり



(気象庁HPより)

Band1 Band2 Band3



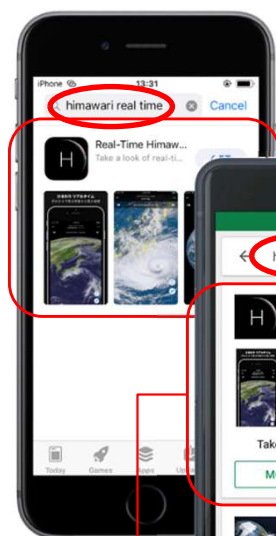
ひまわり8号は、バンド1～3の画像を合成してカラー画像をつくりだしている。

Color  
image

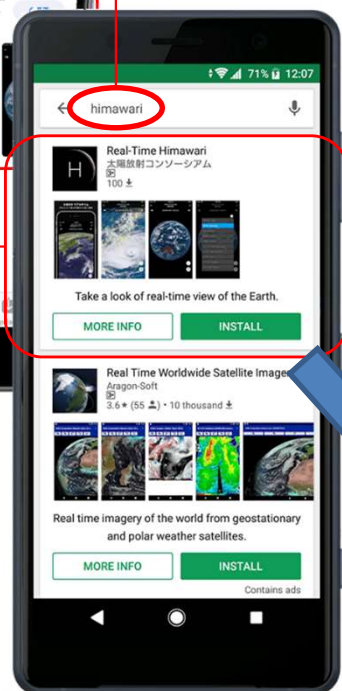
# ひまわりリアルタイム・スマホアプリ

Free Download on Apple Store & Google Play

## Apple Store



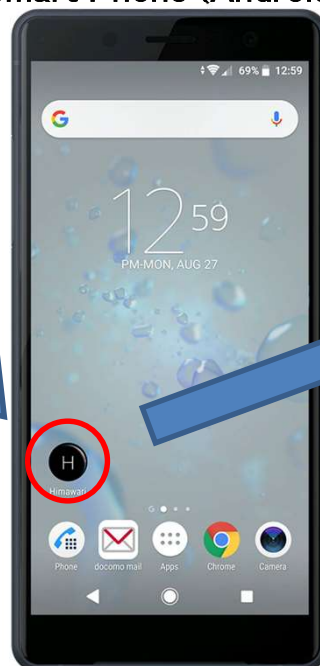
“ひまわり” or  
“ひまわりリアルタイム”



## Google Play

Real-Time Himawari  
Solar Radiation Consortium

## Smart Phone (Android8)



全球：  
30分遅れ

日本域：  
10分遅れ



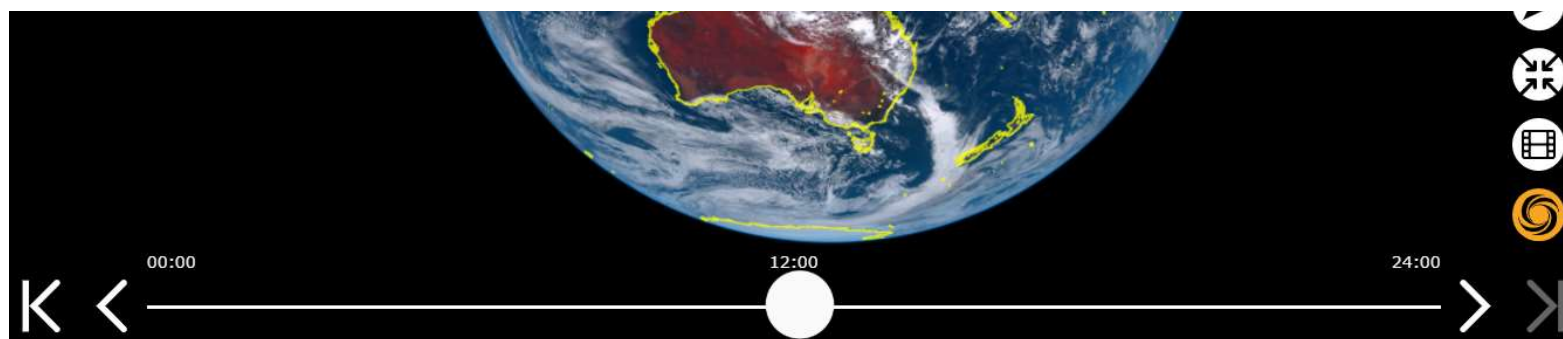
# ひまわりリアルタイム

<https://himawari.asia>

リアルタイム  
だけのアプリ



なぜ気象機関ではないNICTが  
ひまわりリアルタイムを開発したのか？





# Google Analytics



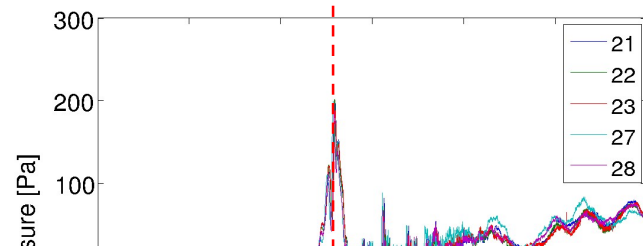
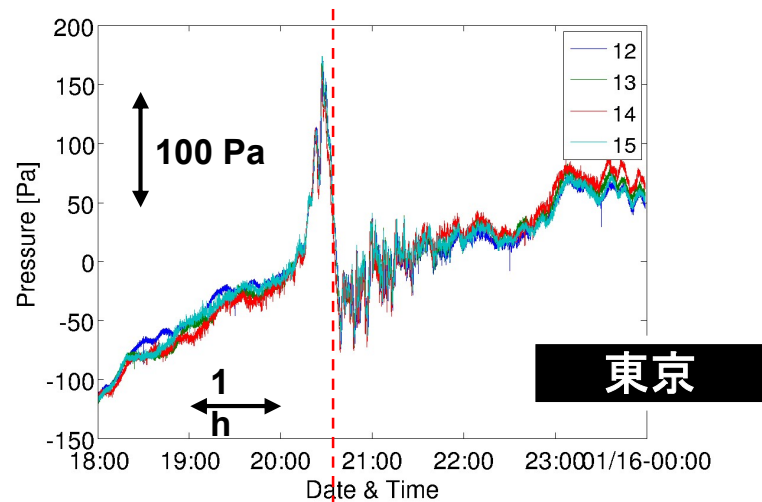
# 目で見ることの大切さ

## 2019年台風19号(千曲川)

長野県千曲市(千曲川)  
上山田文化会館カメラ



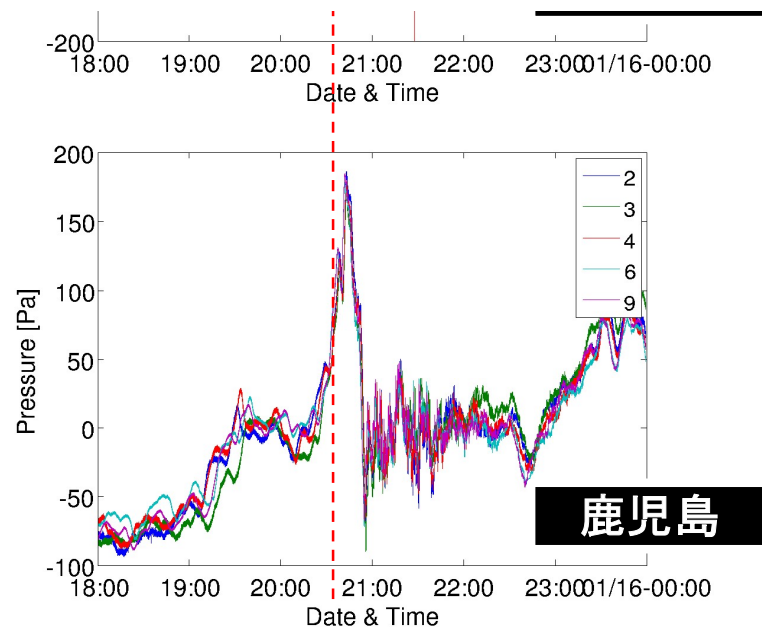
# トンガ海底火山噴火 第一波到来



## トンガからの測地線長

|    | 距離 [km]       |
|----|---------------|
| 東京 | 7,887 +129 km |

## 耳で聞くことの大切さ



国土地理院 測量計算サイト

<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/main.html>

トンガからの距離に近い順に  
それぞれの地域に音波が到来



# レジリエント自然環境計測プロジェクト

## Cyber-Physical : 実空間側 (Physical Space)



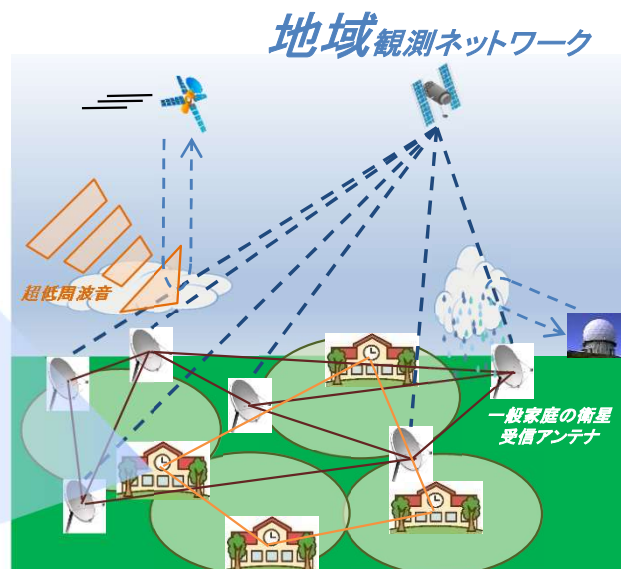
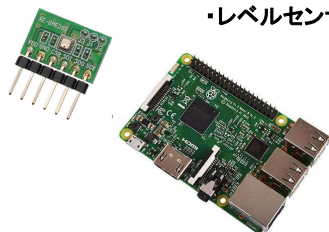
# 総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)

- 「**音波・電波**センサネットワークによる早期災害検出に向けた研究開発」(2017年度～2018年度)
  - ・ インfrasound観測による津波検出
  - ・ 家庭の衛星放送電波観測による降雨推定

階層化構造により分散処理可能な  
スケーラブル観測ネットワーク構築

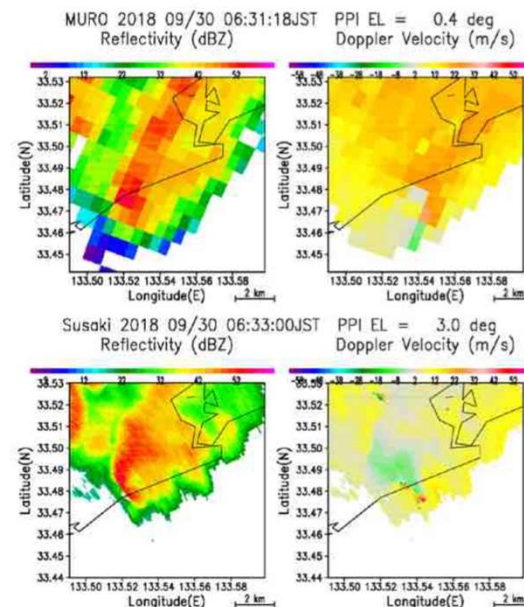
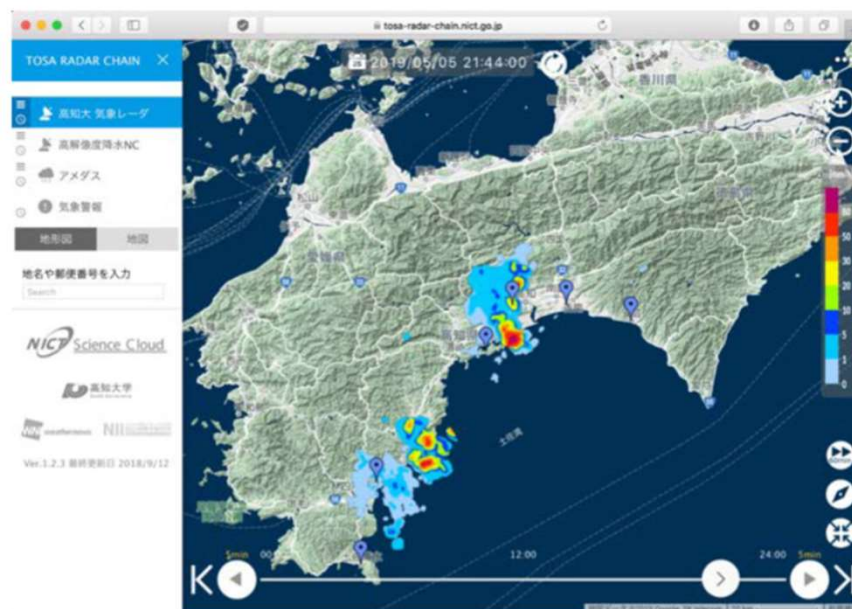
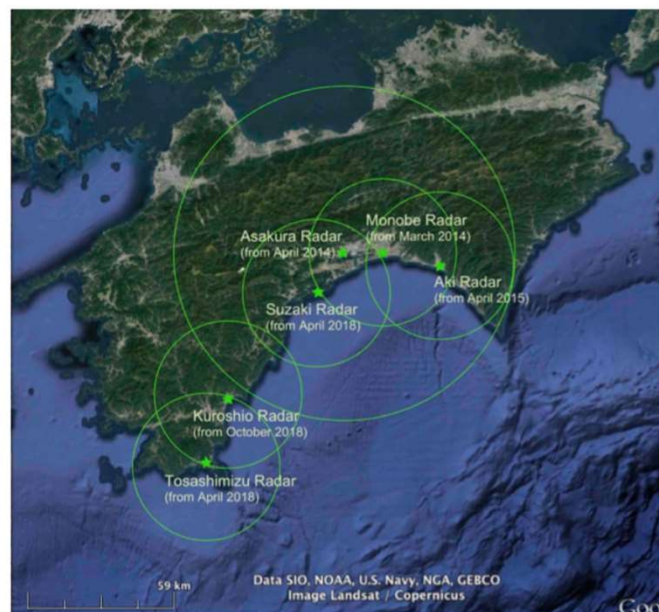
## 屋内観測モジュール

・気圧センサ  
・レベルセンサ



# 総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)

- 「単一周波数の**小型気象レーダ**を複数用いた極端気象監視ネットワークのプロトタイプ構築」(平成 28 ~ 平成 30 年度)
  - Xバンド小型気象レーダー網
  - 同一周波数レーダーの非干渉技術





# NICTレジリエントICT研究センター 自然環境計測可視化・解析プロジェクト



## ①映像IoT技術高度化

### 高解像度(4K/8K)画像リアルタイム伝送・処理

- ・ 高耐候性シングルボードコンピュータによるフィールド型エッジ
- ・ 5Gの低遅延性を活かしたエッジ・クラウド融合ハイブリッドシステム
- ・ 映像空間とGIS空間のオーバーレイによる特徴点の地理情報抽出



エッジAI画像処理による降灰検出技術

映像空間とGIS空間のオーバーレイ技術

## 時空間GISによる自然環境データ可視化・解析プラットフォーム

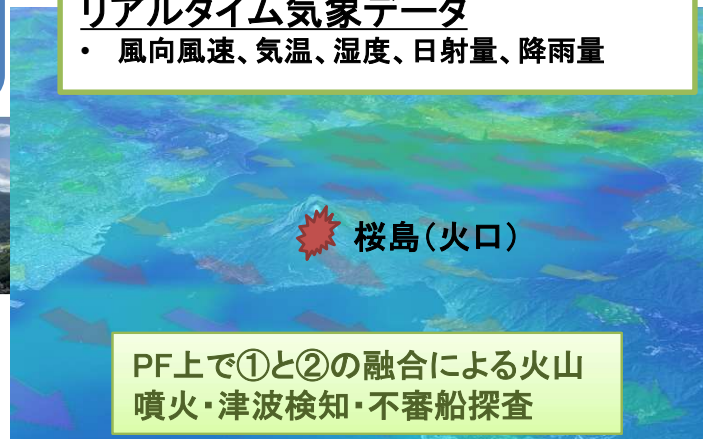
### ■基盤データ

#### オープン地理情報データ

- ・ 5m/10mDEM(数値標高モデルデータ):国土地理院、地質データ:産総研

#### リアルタイム気象データ

- ・ 風向風速、気温、湿度、日射量、降雨量



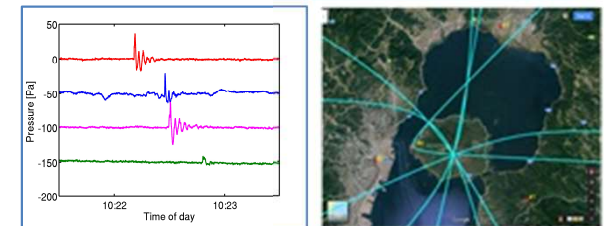
## ②インフラサウンド技術

### インフラサウンドセンサー網

- ・ 超低周波用MEMS観測装置開発
- ・ 音波源の高効率特定技術を活用するIoTセンサー網構築

### リアル音波伝搬シミュレーション

- ・ 実観測4次元S空間での超低周波音波伝搬シミュレーション



音波源の高効率特定技術

## インフラサウンド・映像IoT技術融合(時空間GISプラットフォーム)

- ・ フィジカル空間のセンサーデータと気象データ・地理データを用いたサイバー空間の音波伝搬シミュレーション／即時可視化(インフラサウンドサイバーフィジカル)
- ・ インフラサウンドと映像IoTの技術融合によるシナジー効果／**悪条件(夜間・霧・強風・降雨)時の状況把握性能向上**
- ・ 時空間GIS上にリアルタイムモニタリグシステム(自然環境サイバーフィジカル空間)

# インフラサウンド(超低周波音)

- インフラサウンドとは
  - 人間の可聴周波数(20Hz～20kHz)よりも低い周波数の音
    - 伝搬速度は通常の音速(340 m/s)に近い※
    - 波長が長く、減衰し難いため、遠くまで伝搬する

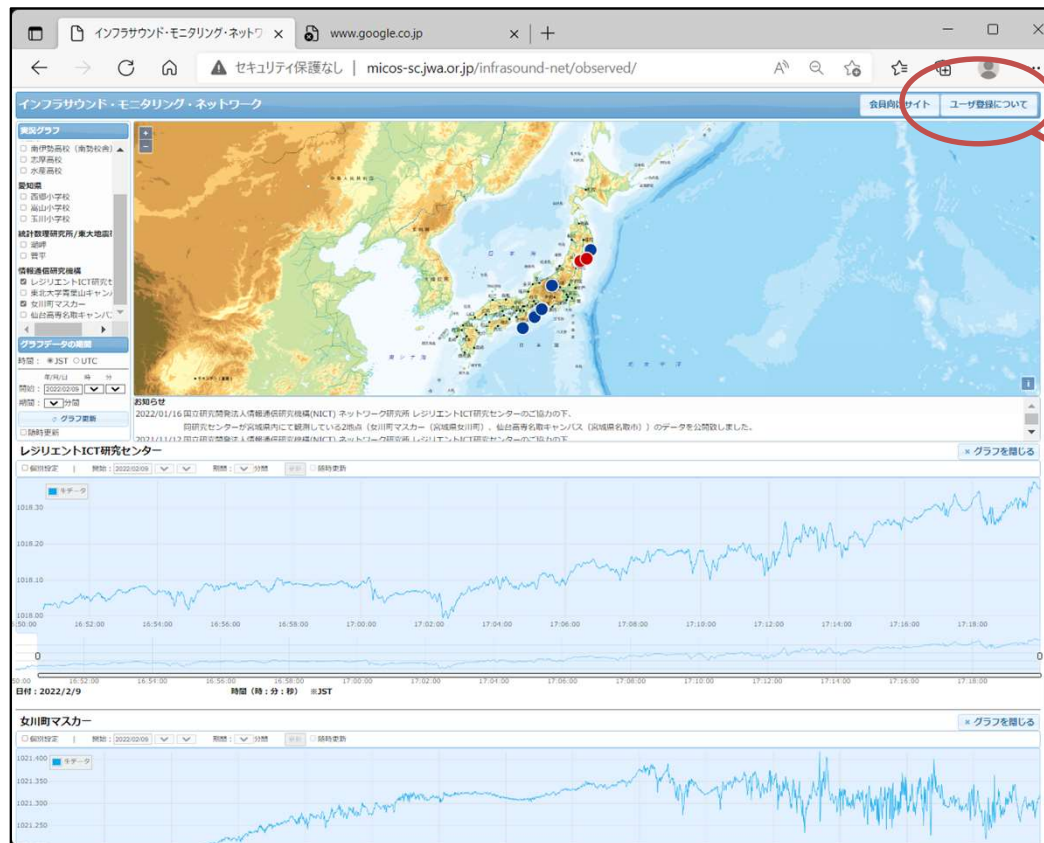
※伝搬モードにより310m/s程度のものも存在する



2022年2月現在における NICT  
による観測地域(数字は観測地点数)

# 日本気象協会 「インフラサウンド・モニタリング・ネットワーク」

## オープンデータ化による相互利用の推進



ユーザー登録により観測データ（数値データ）の利用も可能

2022年2月現在、国内12地点での観測データが利用可能（そのうち4地点をNICTが提供）

<https://micos-sc.jwa.or.jp/infrasound-net/observed/>

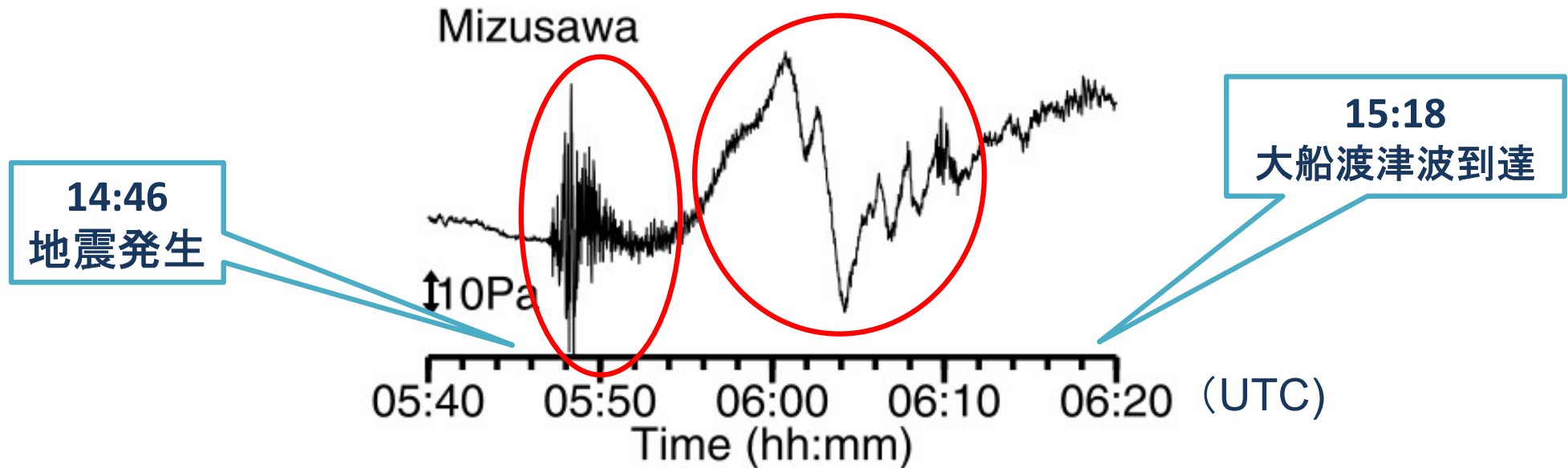


# 津波起源のインフラサウンド

- 2011年3月11日

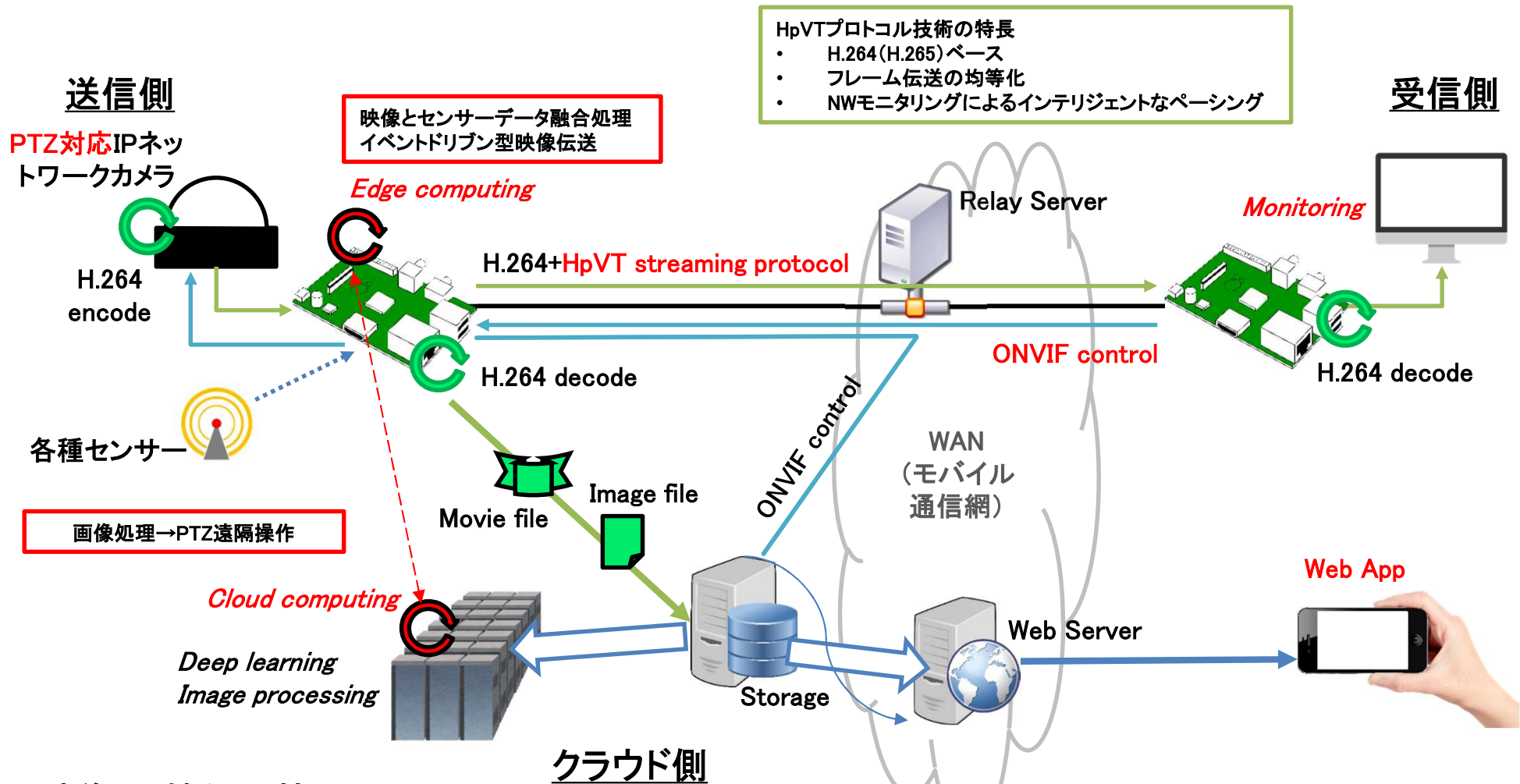
岩手県水沢市

H 1.7 min => 10 mHz  
└── 5.6 min => 3 mHz



N. Arai, *et al.*, "Atmospheric boundary waves excited by the tsunami generation related to the 2011 great Tohoku-Oki earthquake," *Geophysical Research Letters*, vol. 38, L00G18, 2011.

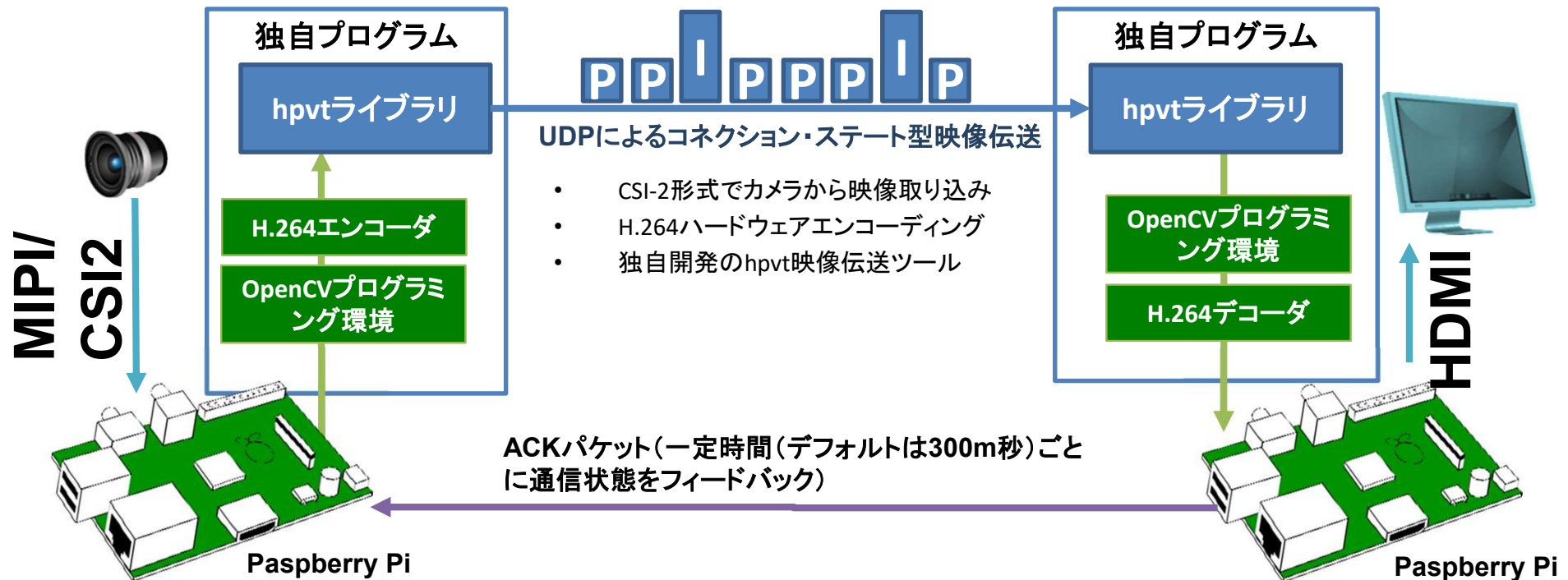
# 映像IoT技術



## 映像IoT技術の特長

- 独自HpVT映像伝送プロトコルによるモバイル通信網での高品質・低遅延映像伝送⇒特に動的なエンコードパラメータの変更が可能(帯域に応じて連続的にビットレートを変更可能)
- Onvif規格対応のIPカメラの遠隔地からの制御(ビットレート、フレームレート、**PTZ制御**など)
- RPi(またはJetsonなど)によるエッジコンピューティングとクラウドコンピューティングの同期(ハイブリッドコンピューティング)⇒特にエッジ側でH.264デコードにより特殊な動画像保存が可能(**たとえば10分毎に10秒(300フレーム)の動画像保存**)

# HpVTプロトコルと映像IoTが提供するユーザプログラミング環境



## hpvt (high-performance video transfer) 通信プロトコルの技術概要

- 1フレーム優先・可変ドロップフレームによりリアルタイム性を確保
- マルチパケット単位の前方向誤り訂正(FEC)によりパケット損失への耐性を確保(最大50%程度)
- RTTに依存した、パケットジッターやリオーダーへの耐性を持つ自己サイズ調整バッファ
- キャプチャ・再生時刻の厳密な管理と誤差補正(再生側で補正)
- フレームレートや解像度などの自動調整機能(実装中)



# 映像IoT技術オーバービュー

## HpVTプロトコル

- ワイヤレスネットワーク(特にモバイル通信)環境で高性能を発揮する映像伝送専用プロトコル
- 低遅延映像伝送／一定時間ごとに短い動画像伝送などプログラマブル設定

## 映像IoTシステム

- HpVTとRPI(シングルボードコンピュータ)を用いた安価で高機能な映像伝送システム／リレーサーバ経由で4G/5G環境利用
- MIPI/CSI2対応カメラ利用タイプ(TYPE I/II)およびOnvif対応IPカメラを利用するタイプ(TYPE III)

## 鳥の目・魚の目・虫の目

- 映像IoTシステムを利用した都市見守りコンセプト

## 時系列画像(動画像・タイムラプス)

## パン・チルト・ズーム遠隔制御

- PTZ対応IPカメラ(TYPE III)の遠隔制御技術およびアプリケーション

## 映像ブレ補正技術

- 屋外設置映像IoTシステムで不可避な映像ブレ補正技術

## AI/DL画像処理技術

- Optical Flow, DeepSort, Magnificationなど。

## 大規模ステッチング技術

- エリアスキャン画像をつなぎ合わせて高解像度画像を生成する技術

## 3次元GIS連携

## 時系列画像のAI処理・情報抽出

# 映像IoT技術 都市環境見守りプロジェクト：交通量モニタリング





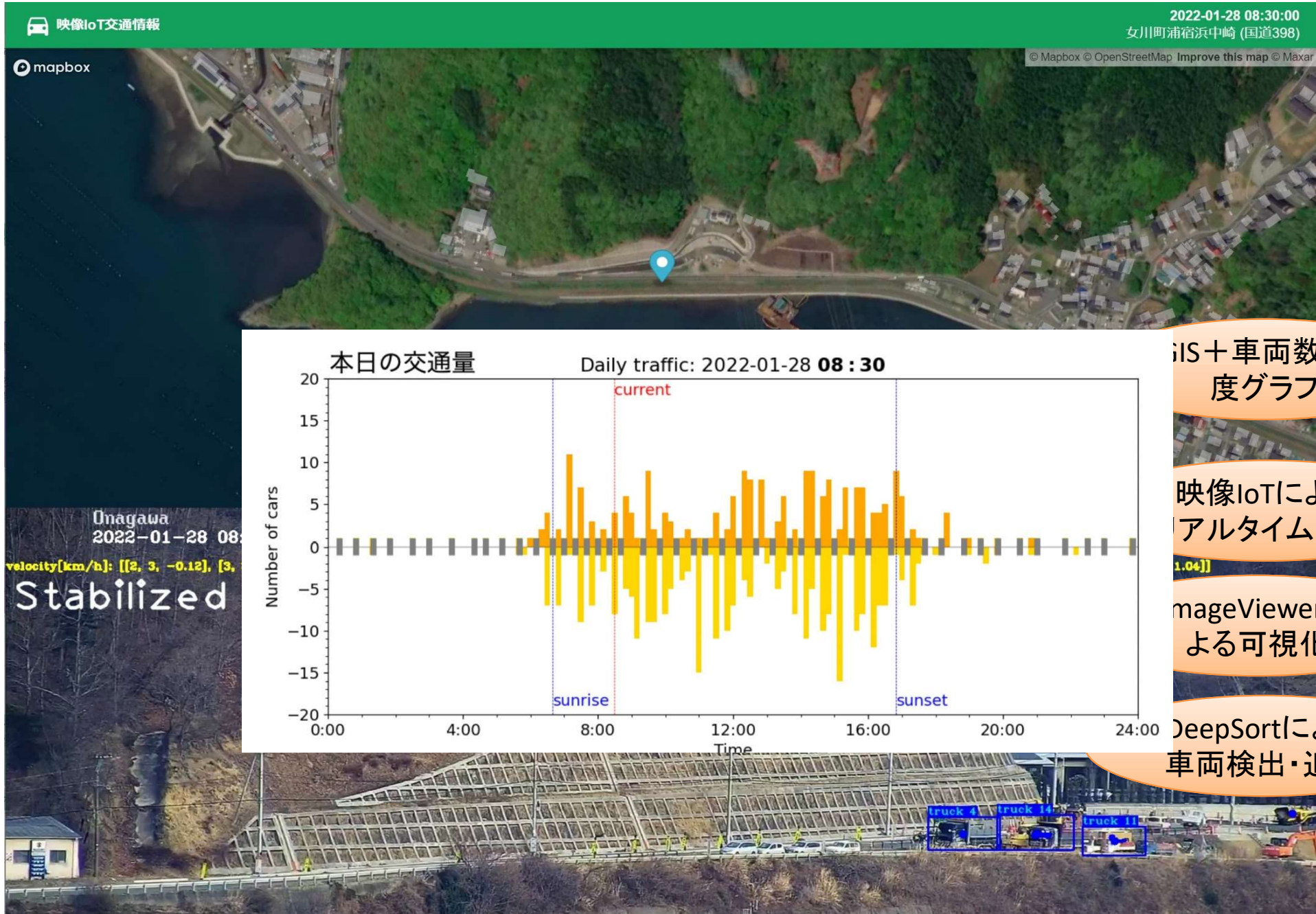
# 映像IoT技術 都市環境見守りプロジェクト：交通量モニタリング

DeepSortによる  
車両検出

宮城県女川町国道398号線



# 女川国道モニタリングWebアプリ





# 映像IoT技術 農業高校遠隔教育支援プロジェクト 牛舎映像(夜間赤外)



宮城県加美農業高校(NICT社会実証ファンド)

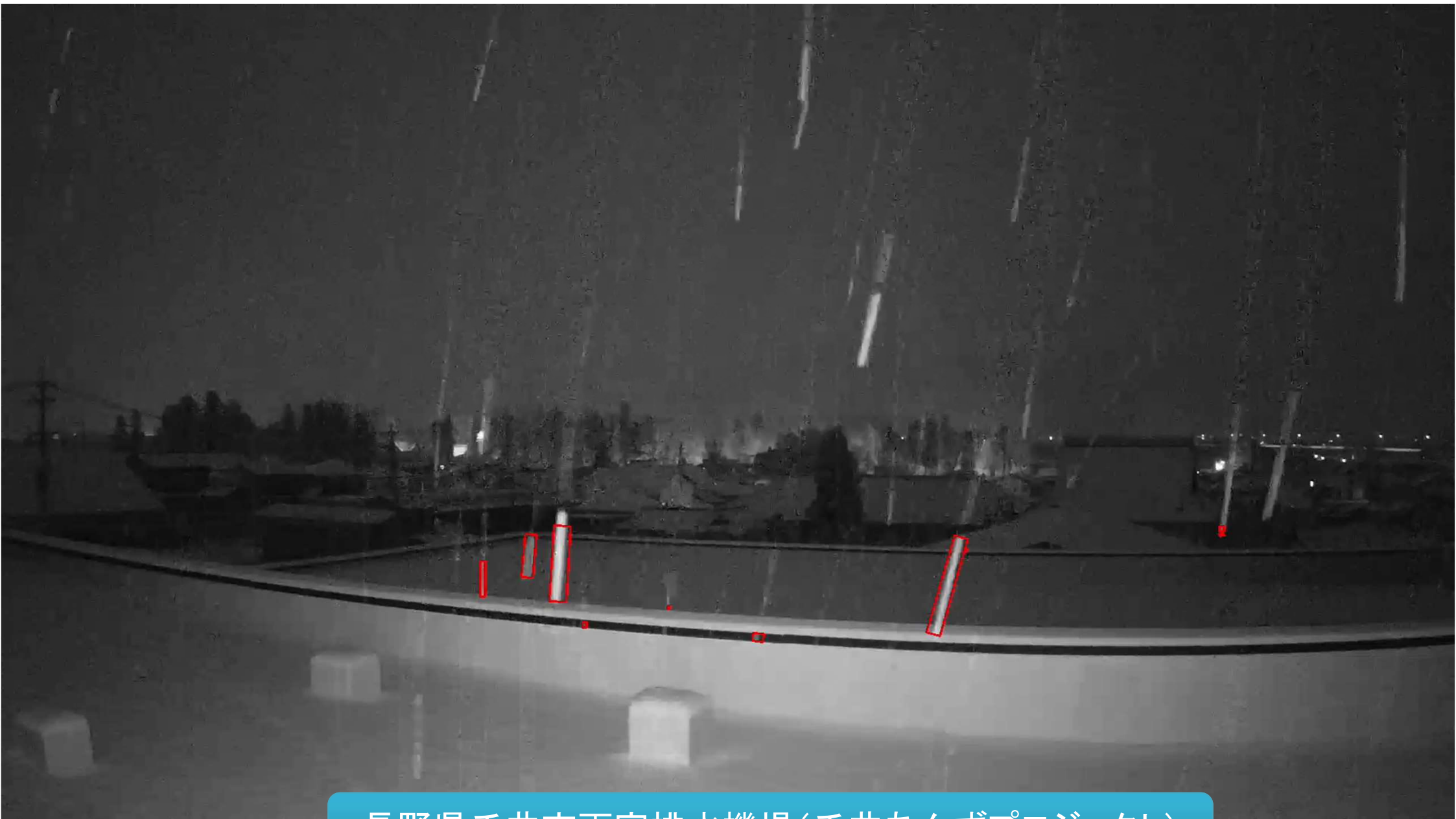
映像IoT技術  
農業高校遠隔教育支援プロジェクト  
牛舎映像(夜間赤外画像sparse Optical Flow)



宮城県加美農業高校(NICT社会実証ファンド)



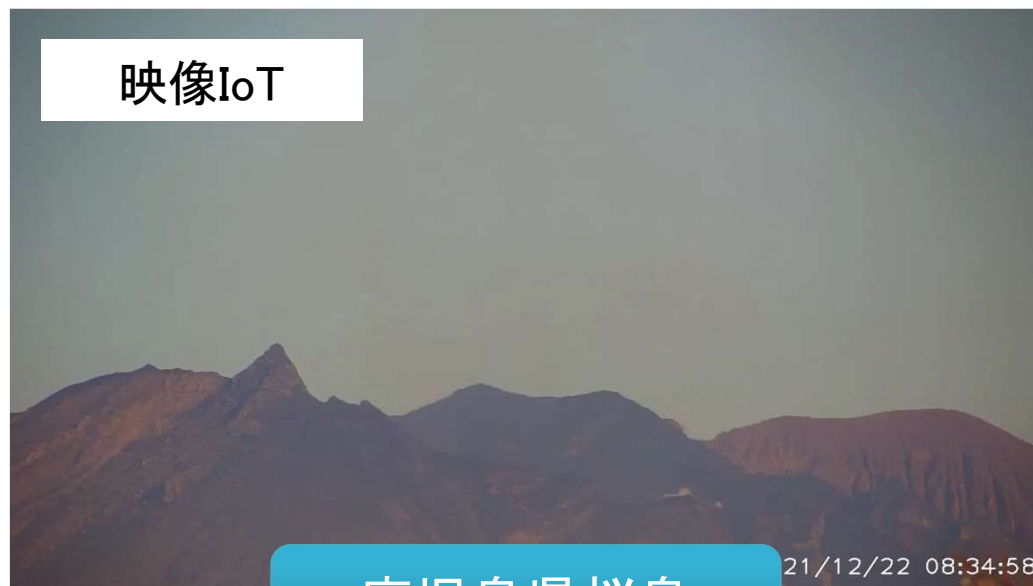
# 降雪検出(夜間:赤外→昼間:可視)



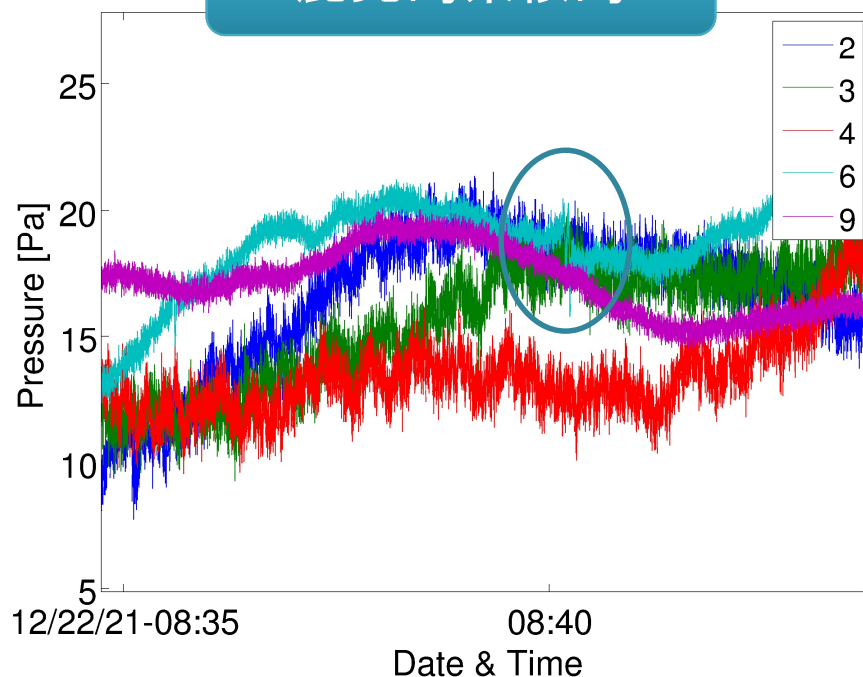
長野県千曲市雨宮排水機場(千曲あんずプロジェクト)

# 桜島火山活動モニタリング

映像IoT



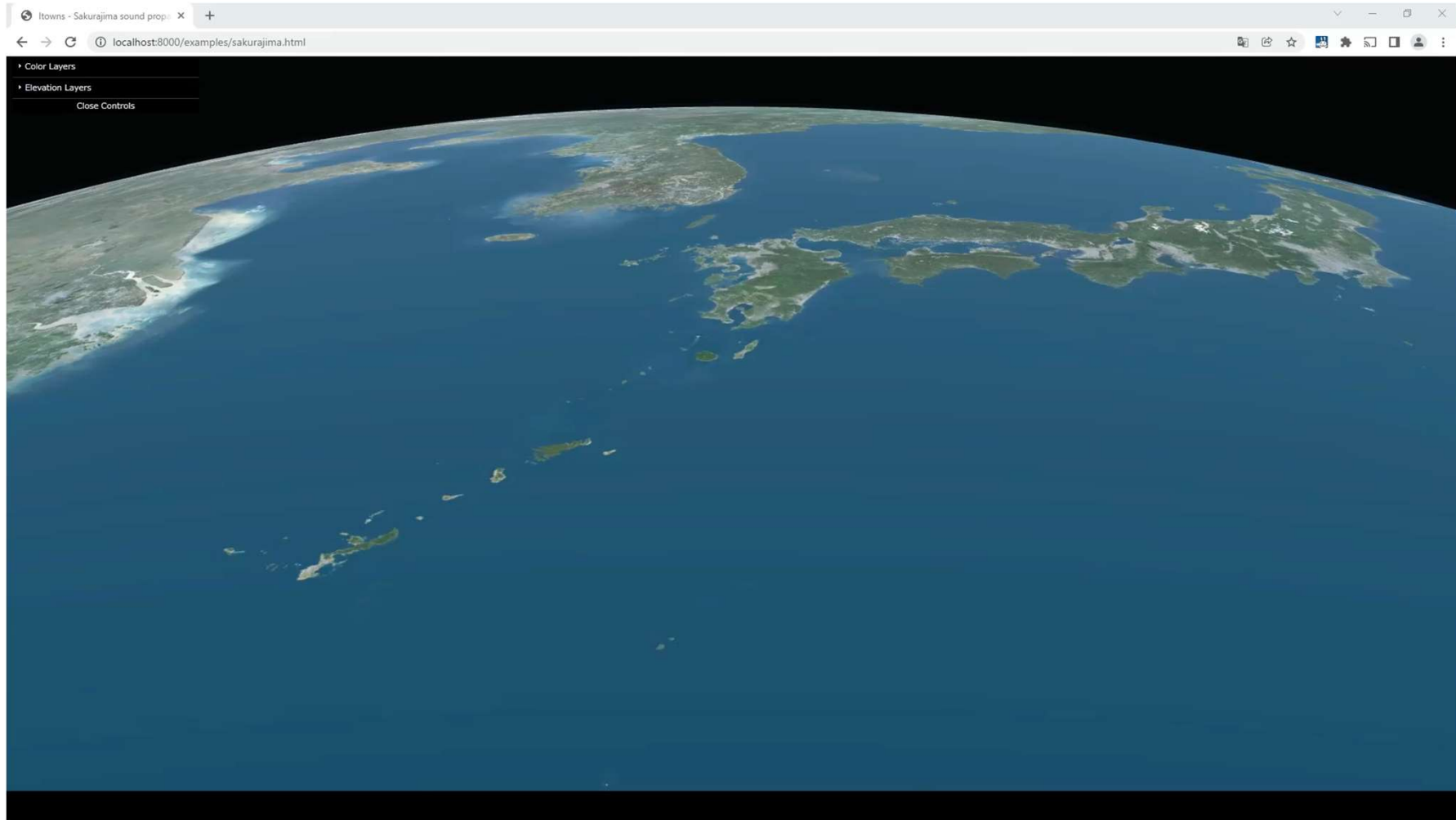
鹿児島県桜島



インフラサウンドセンサー

| 日時                    | 気象庁イベントリスト | インフラサウンド | 映像IoT |
|-----------------------|------------|----------|-------|
| 2021年12月20日<br>12時56分 | ×          | ○(6.高峠)  | ○     |
| 2021年12月21日<br>08時05分 | ○          | ×        | ○     |
| 2021年12月22日<br>08時38分 | ○          | ○(6.高峠)  | ○     |
| 2021年12月22日<br>13時17分 | ×          | ×        | ○     |
| 2021年12月22日<br>17時37分 | ×          | ×        | ○     |
| 2021年12月24日<br>17時29分 | ×          | ×        | ○     |
| 2021年12月28日<br>23時24分 | ○          | ○(全地点)   | ×     |
| 2022年01月01日<br>21時05分 | ○          | ○(全地点)   | ×     |
| 2022年1月2日<br>11時39分   | ×          | ×        | ○     |
| 2022年1月4日<br>12時17分   | ×          | ×        | ○     |
| 2022年1月5日<br>08時48分   | ×          | ×        | ○     |
| 2022年1月7日<br>01時43分   | ○          | ○(全地点)   | ×     |
| 2022年1月18日<br>03時24分  | ○          | ○(全地点)   | ×     |
| 2022年1月18日<br>23時24分  | ○          | ○(全地点)   | ×     |

# 桜島火山活動モニタリング 計算機シミュレーションと3次元GISマッピング



米国●●大インフラサウンドシミュレータとiTownsによる時系列3次元可視化



# 映像IoT技術 都市環境見守りプロジェクト: 遠隔PTZ操作

<https://www.youtube.com/watch?v=cNCGVany0BQ&feature=youtu.be>



茨城県筑波山カメラ



# 高精度PTZ(パン・チルト・ズーム)操作:フィールド実験

長野県千曲市城山公園カメラ  
(千曲あんずプロジェクト)

ONVIF (raw)  
P: + 0.076  
T: + 0.817  
Z: + 0.104

PTZ値





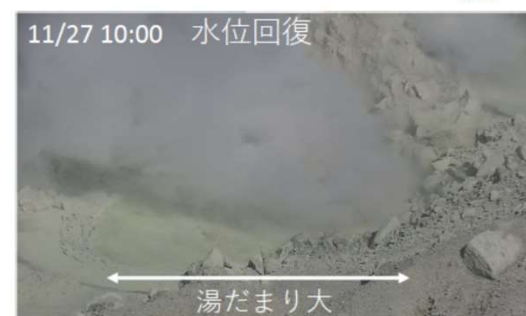
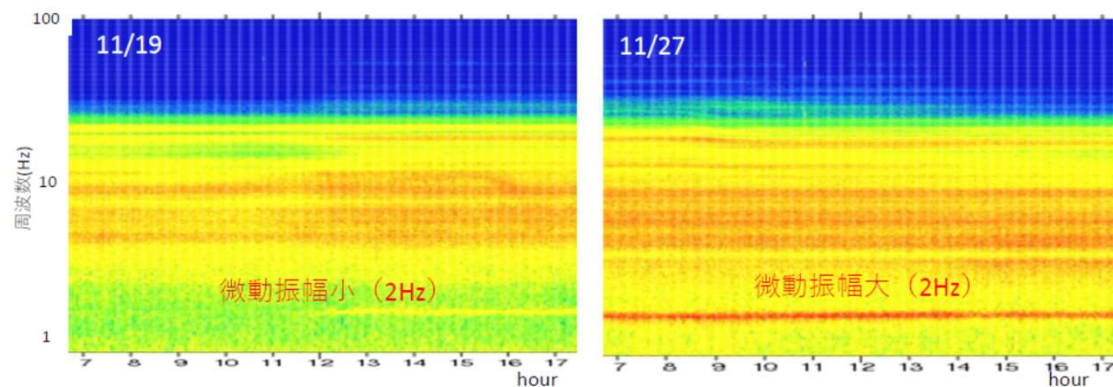
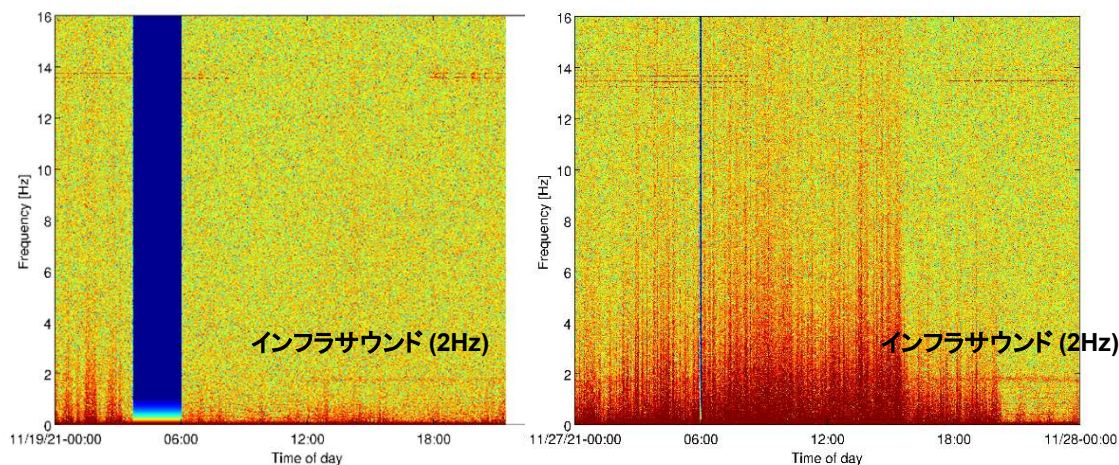
# 映像IoTによる河川(水位)監視

長野県千曲市(千曲川) 城山公園カメラ(PTZ)





# 目と耳と手で見る：火山（火口）監視システム



宮崎県えびの高原



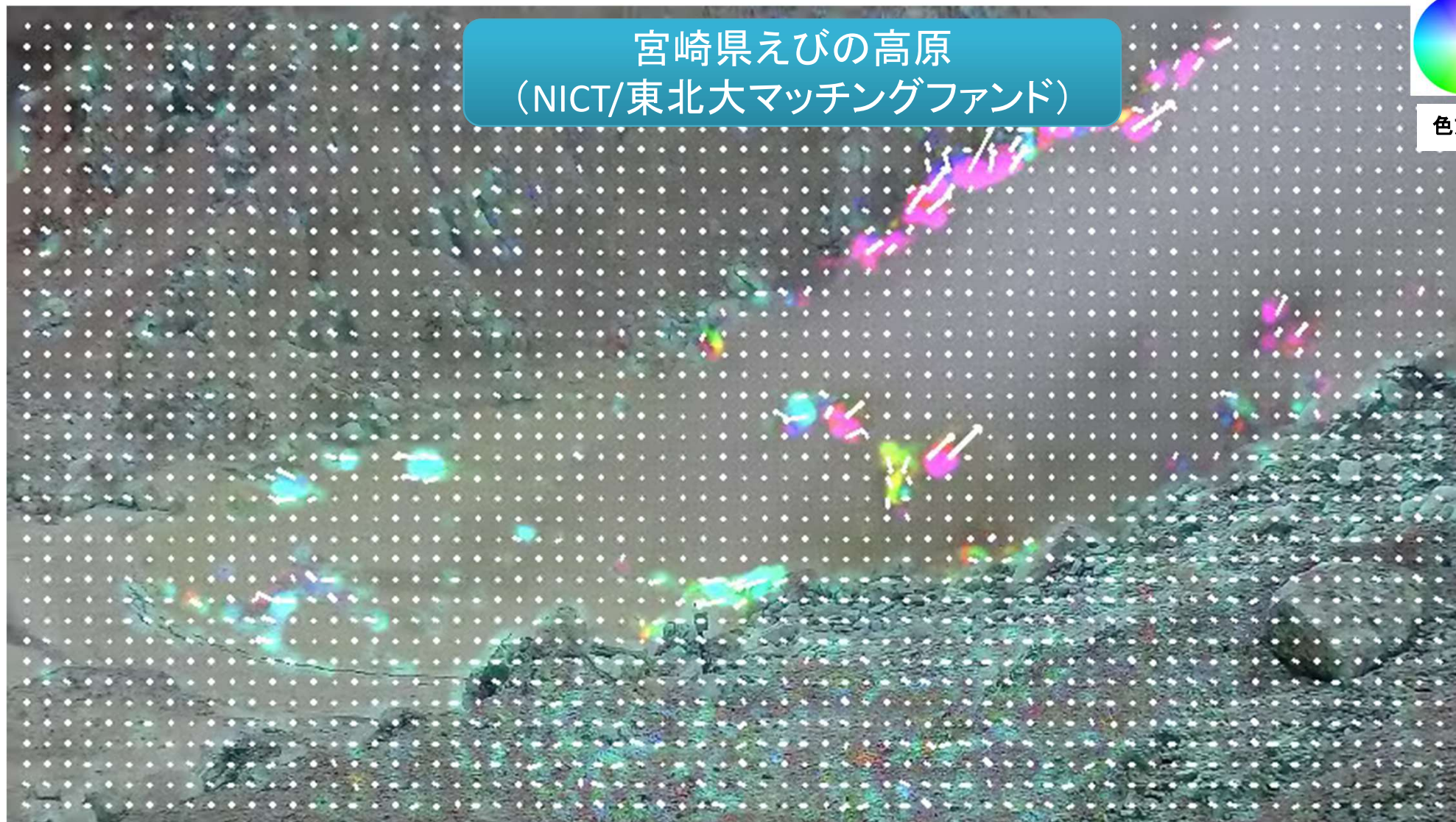
# 火山(火口)監視システム Optical Flowによる噴出物・噴煙可視化



宮崎県えびの高原  
(NICT/東北大マッチングファンド)

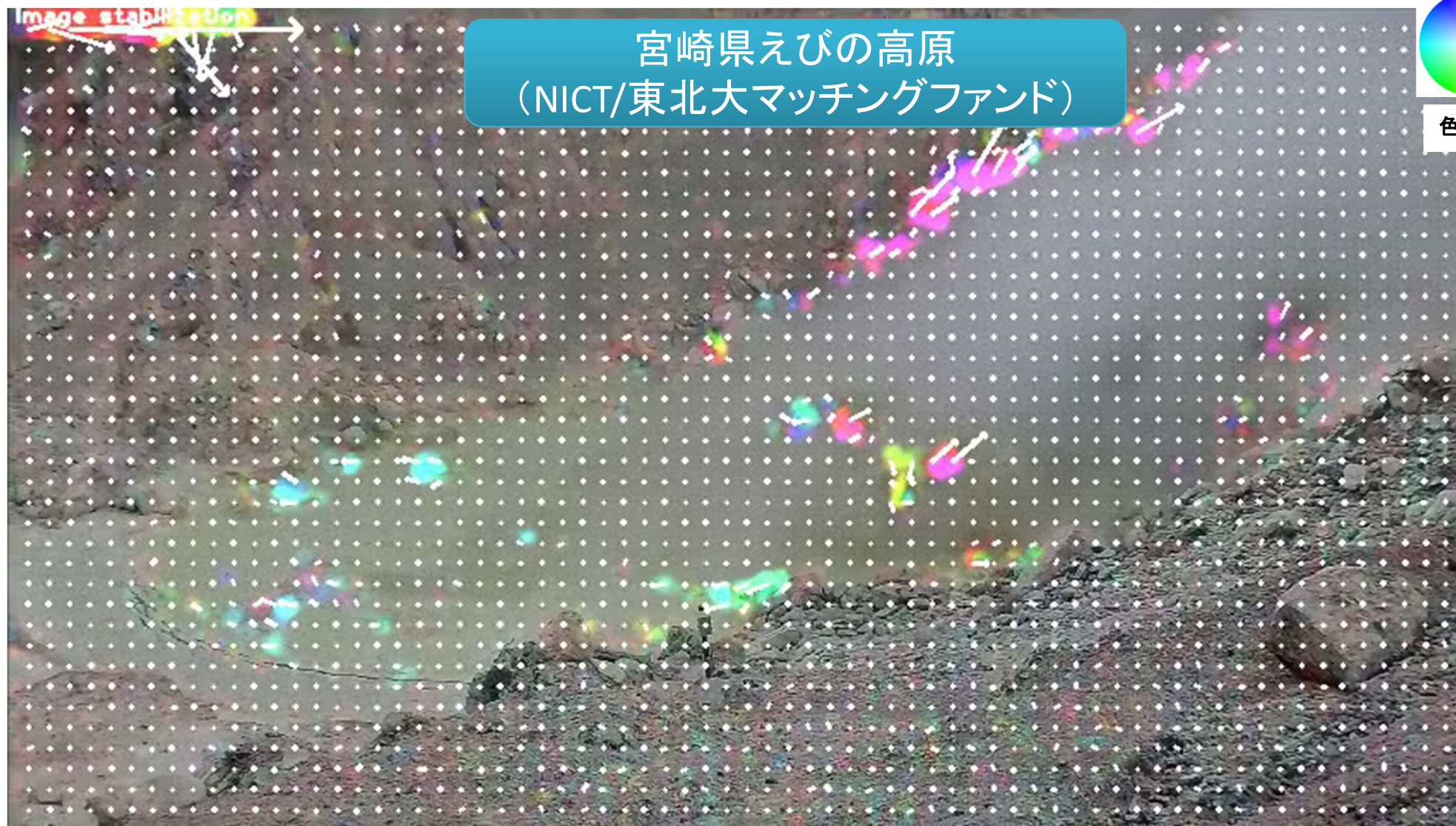


# 火山(火口)監視システム Optical Flowによる噴出物・噴煙可視化





# 火山(火口)監視システム Optical Flowによる噴出物・噴煙可視化 ブレ補正適用後





# ブレ補正前(タイムラプス画像)

ブレ補正前

長野県千曲市城山公園カメラ  
(千曲あんずプロジェクト)



2021/02/12 11:23:55



# ブレ補正後(タイムラプス画像)

ブレ補正後

長野県千曲市城山公園カメラ  
(千曲あんずプロジェクト)



2021/02/12 11:23:55



# 映像IoT技術 都市環境見守りプロジェクト: 煙探知

Detection (0.000536, 0.903778, 0.068667)  
Position: (1010, 498)

[2] f11 /image/camera005\_V003F:126

長野県千曲市姨捨公園カメラ(千曲あんずプロジェクト)

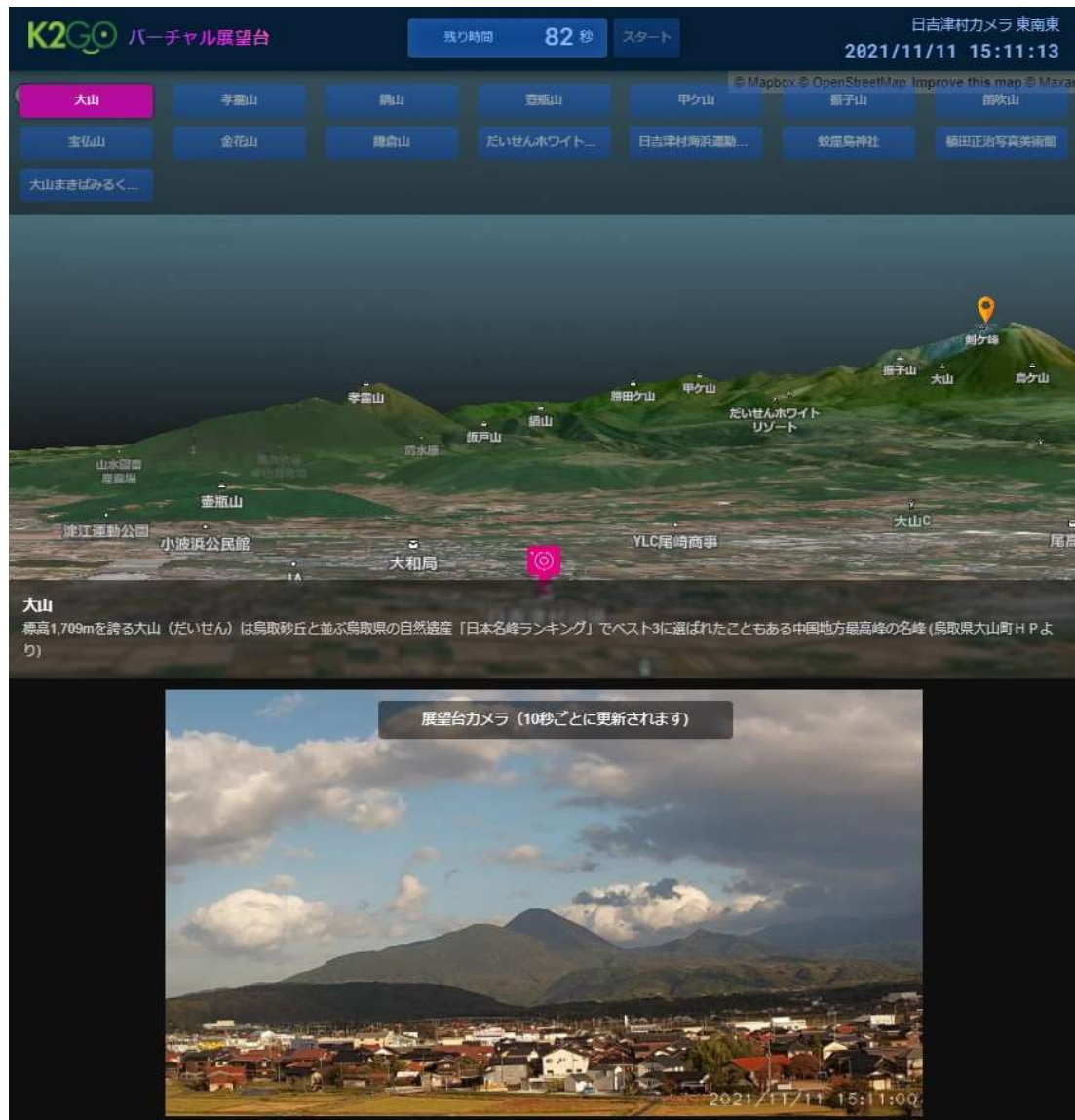


# 映像IoT+3D WebGIS

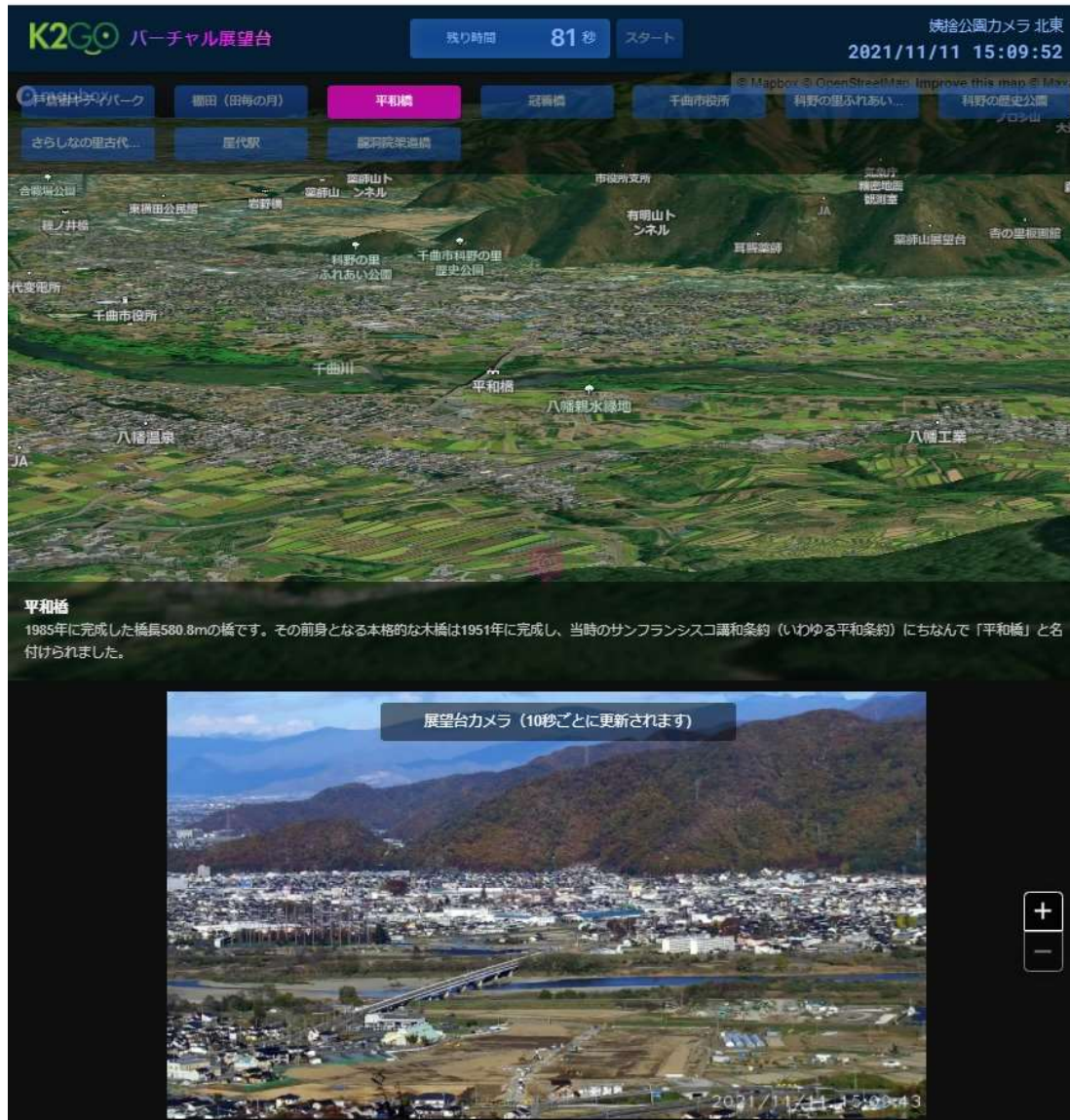
web

## バーチャル展望台Webアプリ

web



鳥取県日吉津村・日吉津カメラ



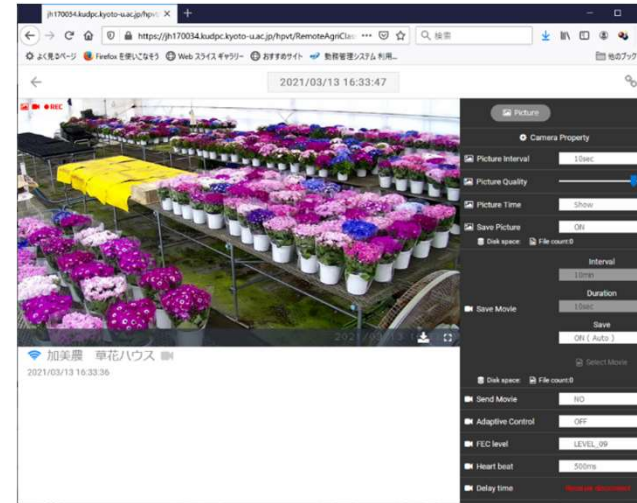
長野県千曲市・姨捨カメラ



# 映像IoT技術 農業高校遠隔教育支援プロジェクト



宮城県立加美農業高等学校  
(全国第2位の校地面積813,457m<sup>2</sup>)



宮城県加美農業高校(NICT社会実証ファンド)



まとめにかえて: 将来構想

# PTZ操作による都市スキャンとスティッチング による超高解像度画像

- 地域全体を一定時間かけて毎日・毎時スキャン
  - 各画像(1K~4K)をつなぎ合わせた高解像度画像作成
  - 注目点にカメラ移動→カメラ位置画面をはめ込み

スティッチング

**56000px × 5000px (～150K)**



# まとめにかえて:防災デジタルツイン 防災IoT空間とGIS空間の融合

- リアルタイムに災害(火事、河川氾濫)を発見！
  - 自動ズームインで詳細画像を取得→関係機関に即時伝送！
  - 画像から浸水範囲を自動抽出→3次元DEMデータから越水量を評価→ポンプ車出動台数評価支援
  - 位置情報(緯度、経度、住所)を即座に確認！
  - 3次元建物データ(PLATEAU)から隠れている建物を発見！(災害発生場所を特定)
  - 災害発生町丁目内の高齢者福祉施設、学校、保育園・幼稚園(住所・電話番号・人員構成)を抽出！
  - 市内全域の交通混雑状況を画像処理からGIS可視化→出動消防車・救急車等に通知！

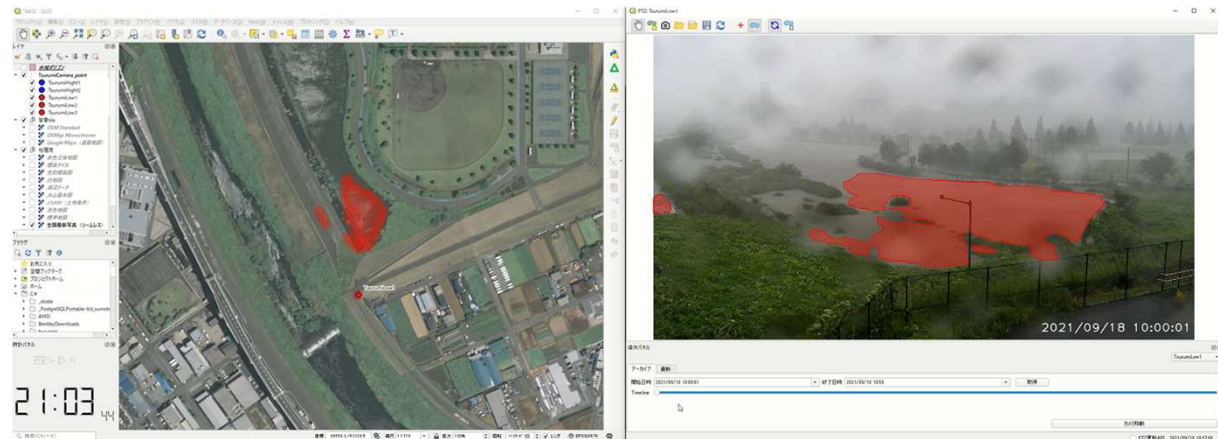
# まとめにかえて: 将来計画①

## ■ 河川増水・氾濫・浸水状況と現状分析・発信

- 時系列3次元WebGIS上に4Kリアルタイムストリーミング映像、河川浸水状況、防災マップ、気象データ、交通状況をオーバーレイ
    - 一般市民に各住居エリア近隣情報をリアルタイムに提供
    - 一般市民に地域の過去の水害についての情報を提供(「過去から学ぶ」)⇒科学館連携による地域防災教育
    - 自治体・国に対して迅速に氾濫・浸水エリア情報を提供
- 各データとSNS情報から現状分析→現状分析結果の多言語発信



千曲あんずネットワーク@上山田文化会館(2019年台風19号)



越水エリア自動読み取りと地図マッピング(2021年台風14号)



# まとめにかえて：将来計画②

- 都市劣化診断(大規模地震後の倒壊箇所、地滑り箇所、河川増水、火災発生 of 自動検出)
  - 光学40倍ズームの安価なPTZカメラを多地点(高所)に設置⇒都市都市状況を常時見渡せる超高解像度ステッチング画像をリアルタイム処理
    - 個人情報のみを除去(マスキング)する専用AIアクセラレータをエッジコンピュータに搭載
    - ステッチング画像のタイムラプス動画を作成し、震災時の広範囲の状況を把握・発信
    - 過去画像とリアルタイム画像を用いた差分を強調する画像処理技術(Magnification)で倒壊場所、地滑り箇所、河川増水箇所、火災発生をAIで自動抽出
    - 防災対策本部:ChOWDERを用いて大規模モニターに超高解像度エリア画像表示⇒同時に遠隔地間(国と自治体)で画像と抽出結果を共有し、対応を協議。



TRIAL開発による安価で超高解像度のTDW



Magnification技術による赤ちゃん呼吸抽出技術(九工大MF)



災害対策室イメージ

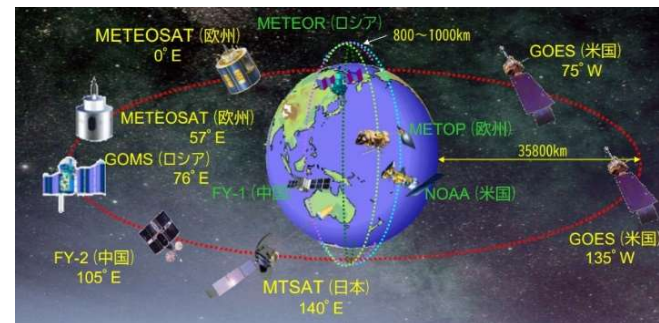


光学25倍ズームカメラによる煙自動検出(千曲あんずPJ)

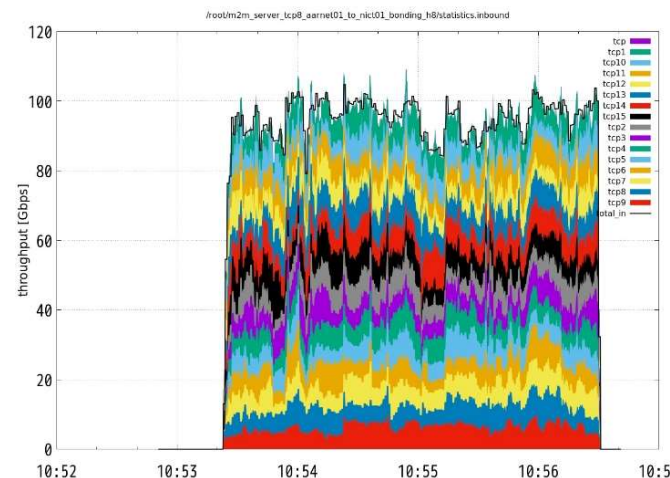
# まとめにかえて: 将来計画③

## ■ 世界気象衛星データリアルタイムアプリ

- 世界の第3世代気象衛星(ひまわり@日本、GOES@米国、Meteosat@欧州など)データのリアルタイム収集  
← HpFPプロトコルとJGN国際回線を基盤
- B5G/IoTテストベッド上で時空間スケーラブルな時系列3D Webアプリケーション
  - 3次元球体に地球全体の雲画像と気象庁GPVなどの数値計算による全球気象場(気温・湿度・風向・風速・日射量・天気図)のバイナリベクタイル画像作成⇒ChOWDERで融合可視化
- 世界規模での気象コミュニケーションの場の提供
  - 世界4か所でのミラーサイト実績とDMC21での90Gpbsファイル転送技術を拡張⇒世界中にミラーサイトを展開(日本はアジアの中でも台風災害が小さい(迅速な情報共有がその理由))
  - ひまわりリアルタイムの300万アクセス/年をベース⇒日本など防災先進国からの発信情報を世界中の言語に自動翻訳⇒アプリを通じて世界に情報発信・世界と情報交換
  - Webアプリ利便性向上(表示高速化)のためにはユーザ捜査の”予測“が重要⇒300万ログ解析によりユーザの行動パターンを予測することで”データの先読み“による高速化



世界の気象衛星(ひまわりリアルタイムとGOESリアルタイムはNICTで実績)



DMC21における90Gpbsファイル転送



ChOWDERによる世界雲画像可視化



# ご清聴ありがとうございました



ken.murata@nict.go.jp  
murata4stars@gmail.com

