「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」

（人工知能分野）中間成果発表会

– 人間と相互理解できる人工知能に向けて –

AI for 地理空間情報　の概要
地理空間情報画像解析タスク

平成29年３月29日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
人工知能研究センター　中村良介

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

地理空間情報プラットフォーム構築と空間移動のスマート化

人・モノ・エネルギーの移動を最適化するには、現実世界における物体・イベントの時空間情報を反映した動的３次元マップが必要となる。（１）屋内における人間やロボットの生活・活動環境（２）自動運転車両の移動領域（３）農地・森林・海洋・雪氷域などを含む地球全域、という３つの異なるスケールで、膨大な地理空間データをシームレスかつ高速に収集・保存・処理・提供できるプラットフォームを構築する。

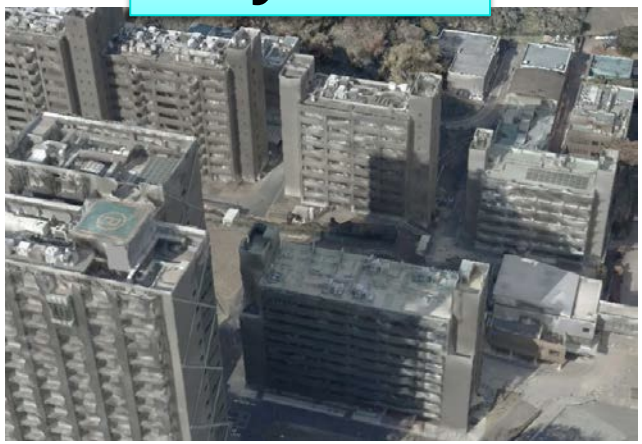
現実世界の物体・イベント

動的な三次元マップ

Physical

様々なセンシング・データ収集

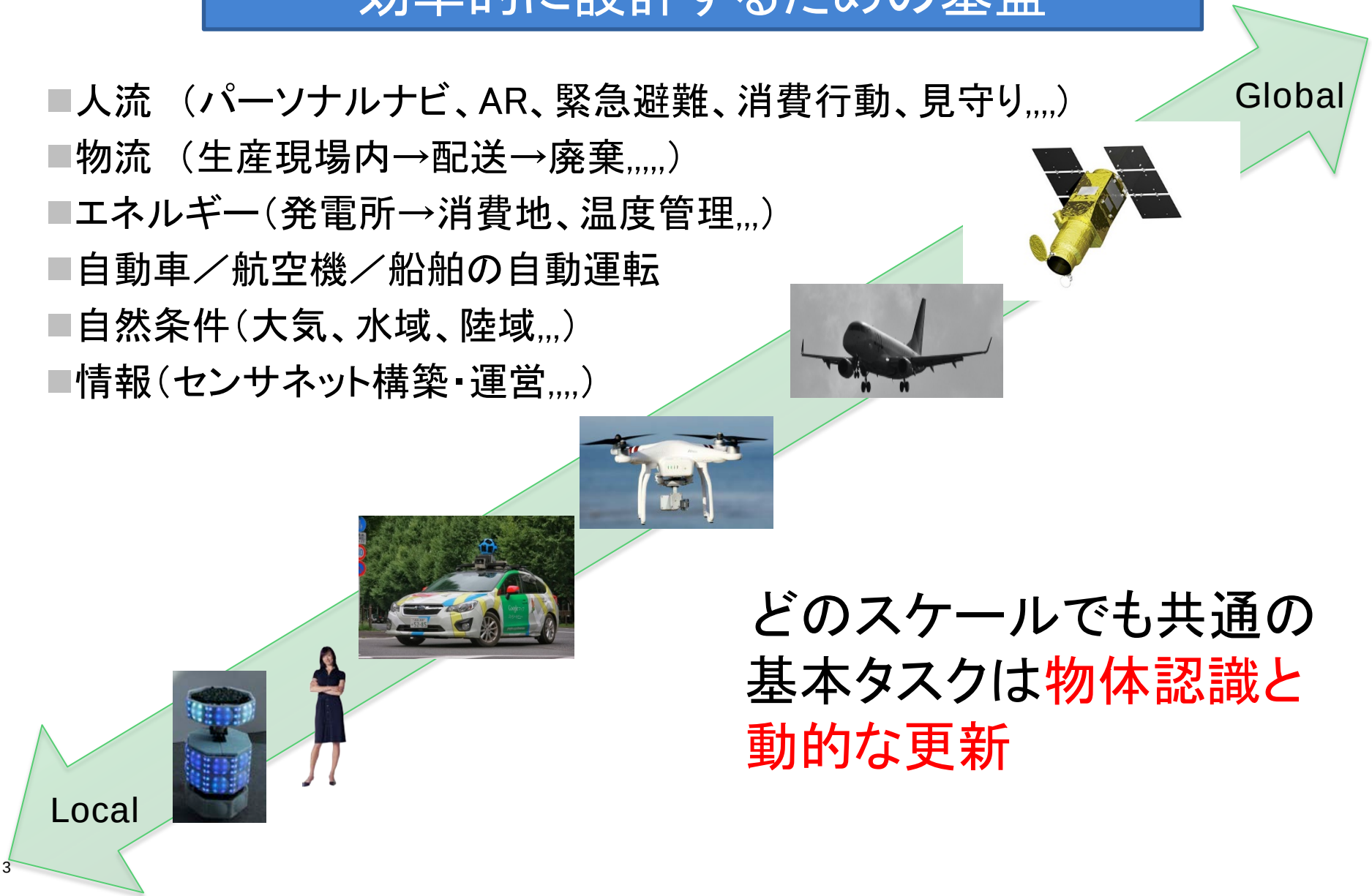
Cyber



データ解析やシミュレーション
に基づく最適な対策・行動

あらゆる「流れ（＝空間／時間）」を効率的に設計するための基盤

- 人流　（パーソナルナビ、AR、緊急避難、消費行動、見守り,,,,）
- 物流　（生産現場内→配送→廃棄,,,,,）
- エネルギー（発電所→消費地、温度管理,,,）
- 自動車／航空機／船舶の自動運転
- 自然条件（大気、水域、陸域,,,）
- 情報（センサネット構築・運営,,,,）



どのスケールでも共通の基本タスクは物体認識と動的な更新

マルチスケールな物体認識

衛星・航空画像処理
地物認識
変化検出

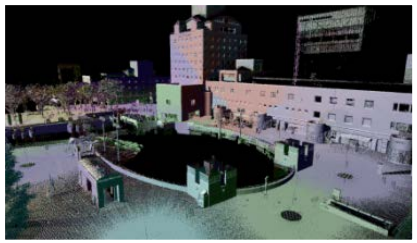
都市域

オフィス

RGB-D画像処理
物体認識
動作認識

スマホ画像処理
PDR

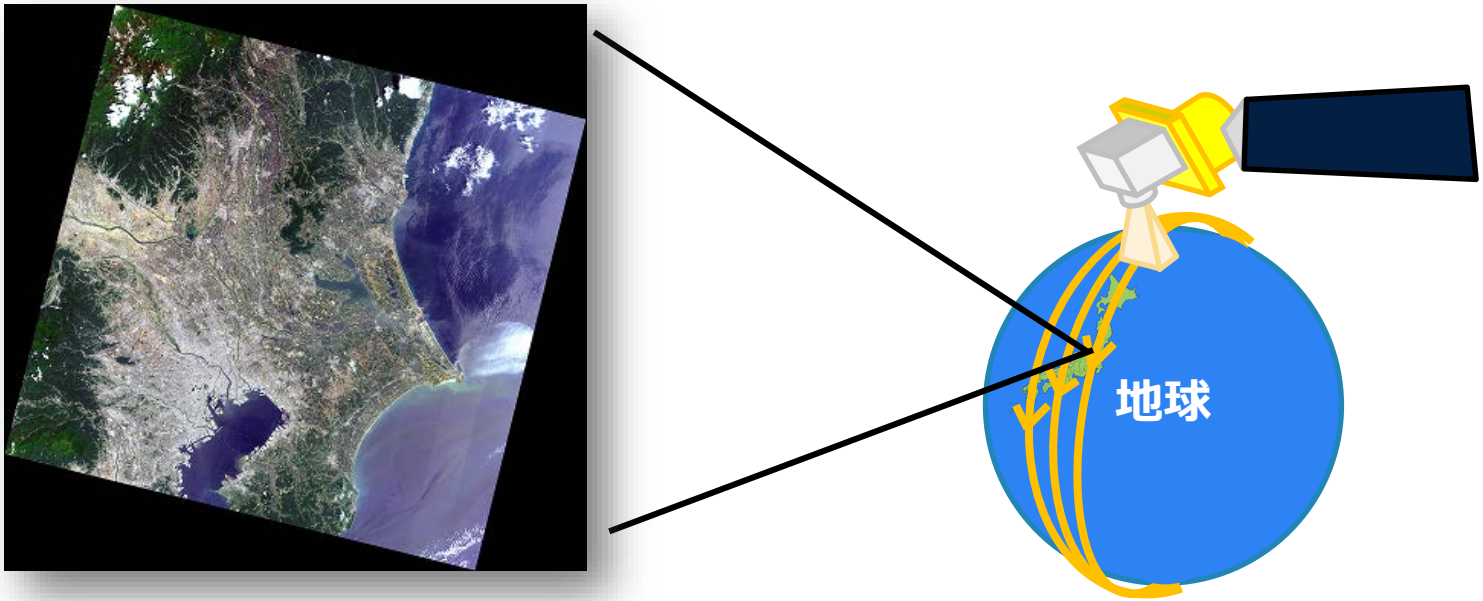
車載画像処理
SLAM
自動運転



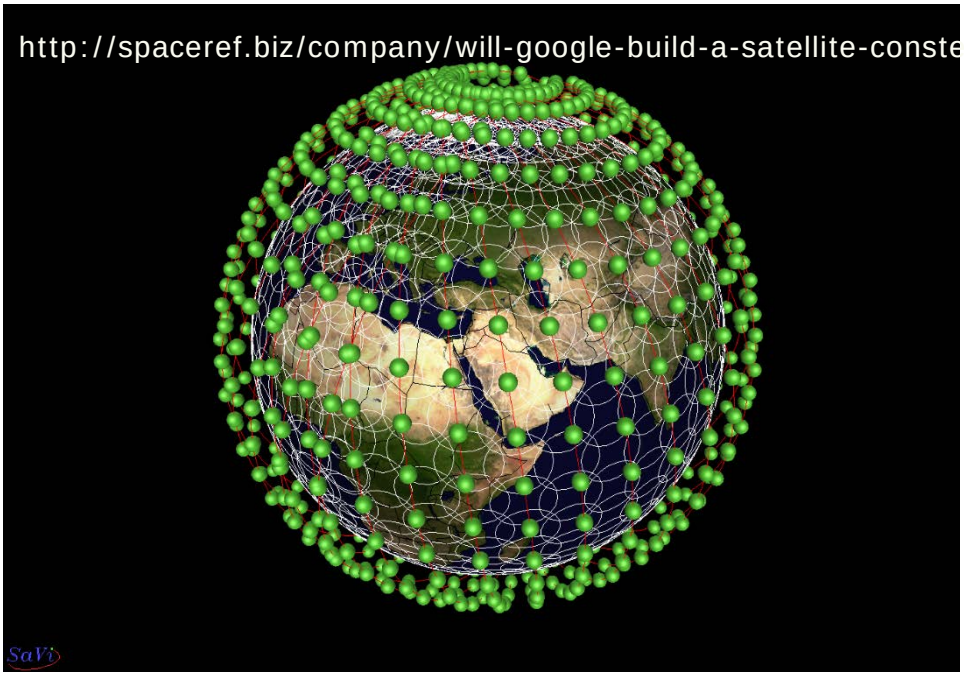
意味や概念の階層的表現

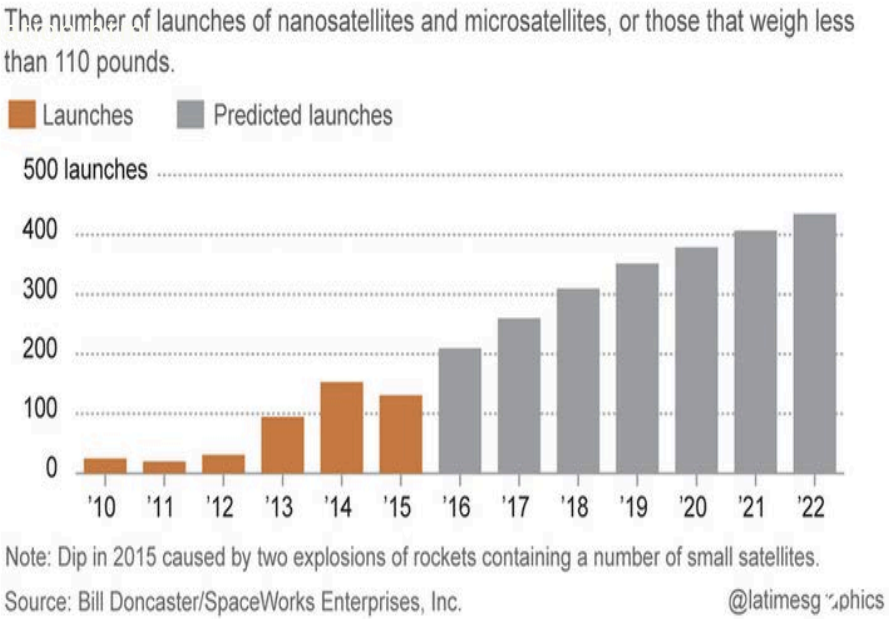
全世界を網羅する衛星画像

- 産総研における　１７年間の衛星画像アーカイブ　~　PB
- Amazon は欧米の衛星画像を無償提供
  - 米国のLandsat８：2013年~ 総計約 500TB
  - 欧州のSentinel-2:2015年~、数TB/日
- 10m 分解能で、全陸域を数日に一回観測
- いずれも誰もが自由に使えるオープンデータだが、量が膨大なため人間による解析は困難



Satellite constellation
= Global sensor network





最近の衛星ハードウェアの小型化に伴い、超小型衛星の打ち上げ数が急激に増加。
１０年以内に地球上の任意の地点が数m分解能で1日に数回観測できるようになる。

→膨大な画像データから、有用な「知識」を見出せる AI が必須

先導研究期間（FS）の成果まとめ

地物／地表変化の自動識別

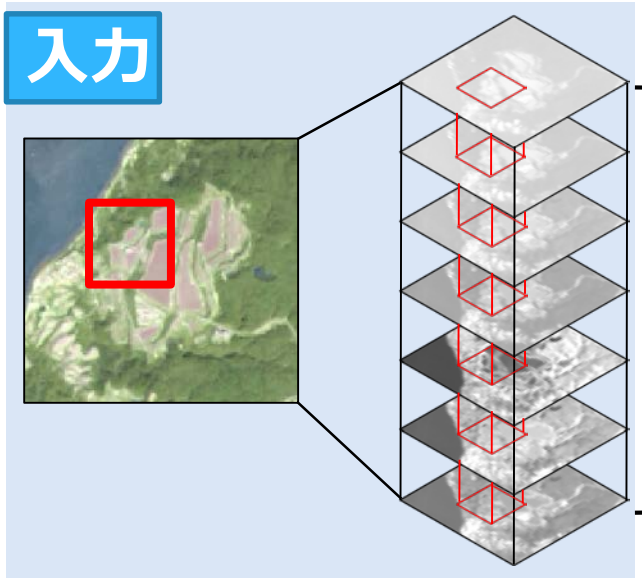
・機械学習による高精度な物体認識
　　メガソーラーや津波による建築物流出の自動認識を実証

・ペタバイトスケールのデータへの適用実証
　　地球全域を網羅する自動変化検知フレームワークを構築

標準ベンチマークデータセット構築

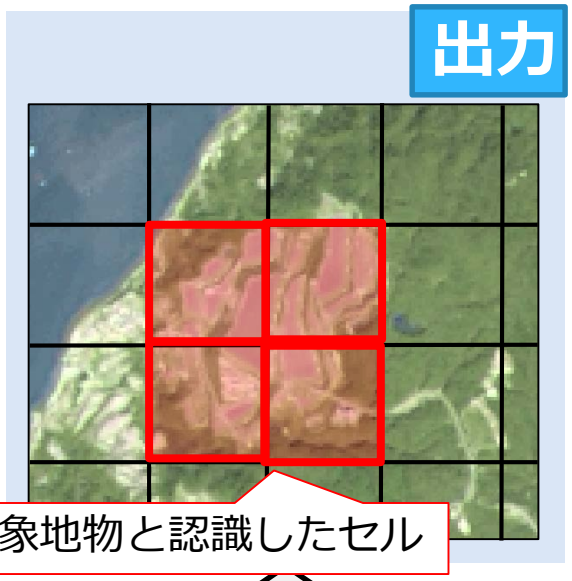
・機械学習に必要な教師データセット（画像＋アノテーション）の整備／公開
　　メガソーラーや津波流出建造物の教師データセットを公開

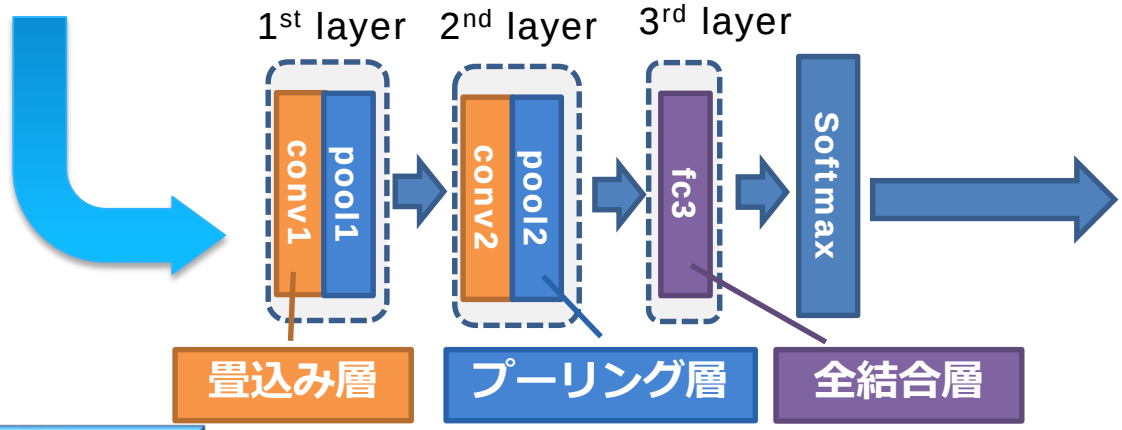
深層学習（CNN)によるメガソーラーの探索

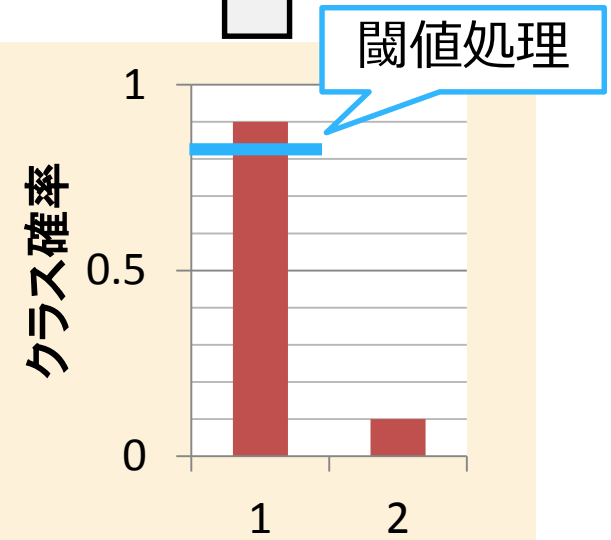


RGBだけではなく紫外・赤外域をカバーする衛星画像を16x16のセルに分割

約5000枚の教師セルを人間が入力し学習



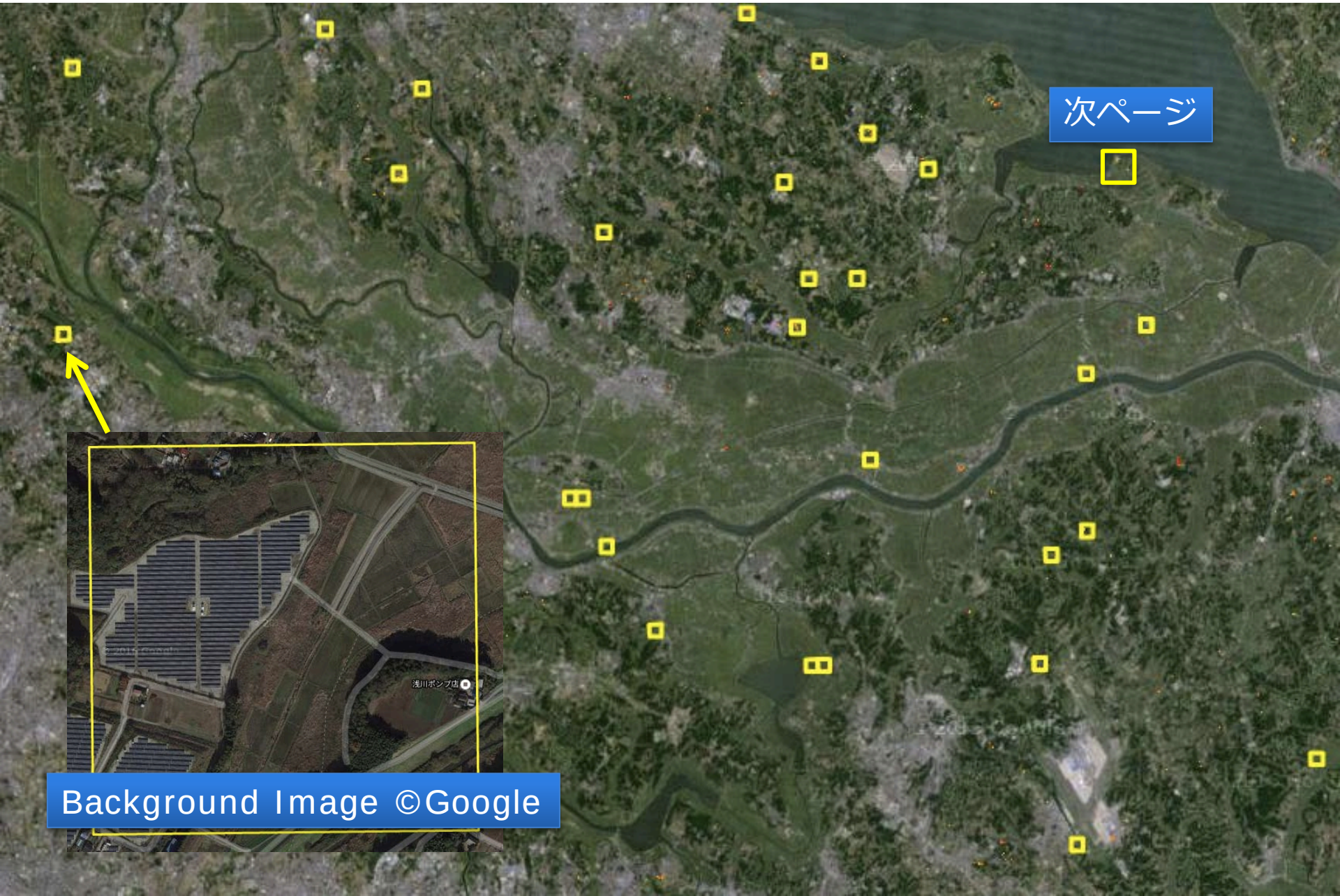




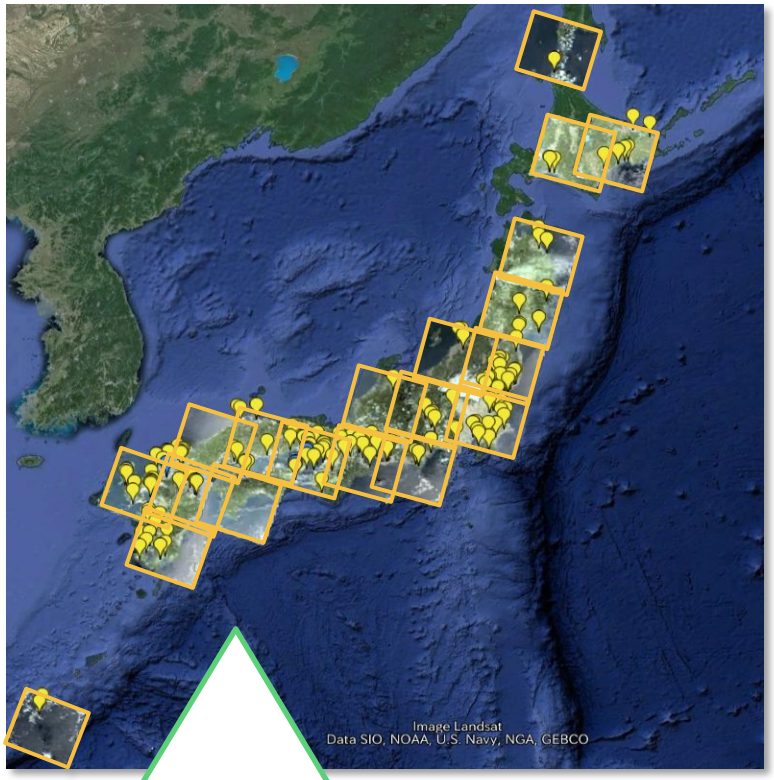
Ishii et al.
ICPR 2016

対象地物の教師データから
学習済みのCNN

茨城～千葉のメガソーラー抽出例



認識精度評価



日本全域を網羅する20シーンの Landsat 8 衛星画像を使用

比較的少数の教師（正例）データ

データセット		セルの数
学習用データ	正例	4851
	負例	320000
テスト用データ	正例	151
	負例	802623

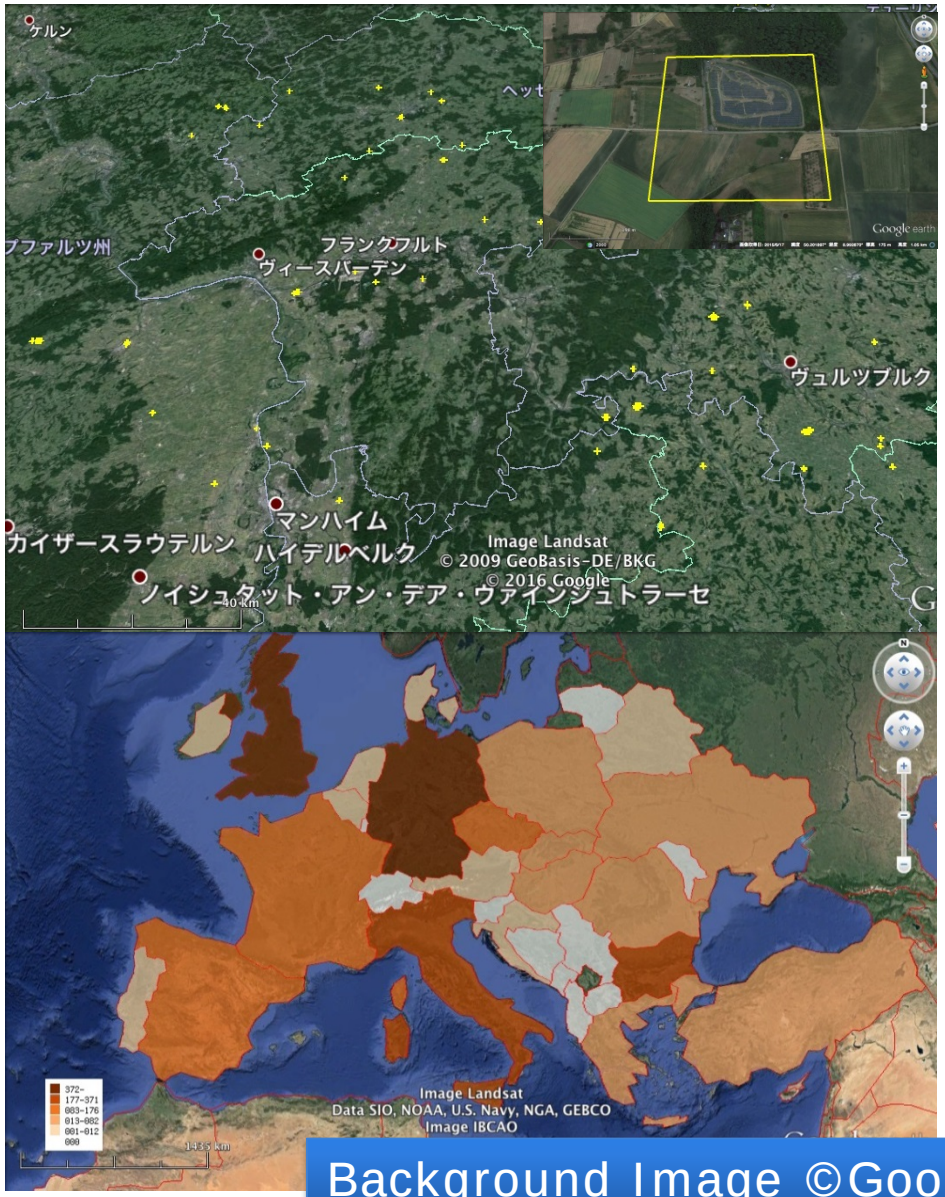
		正解ラベル	
		正例	負例
推定ラベル	正例	127	4
	負例	24	802619

Precision ~ 97%, Recall ~ 85%

世界中どこへでも拡張可能

- The huge computational resource on cloud allows us to to apply this method to whole globe. (Right figure: Detection results in Southern Germany)

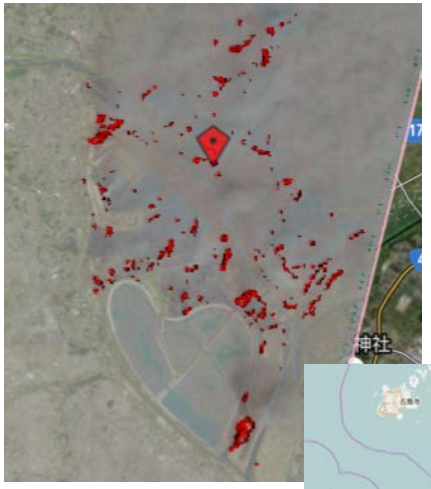
- A regional and/or global survey of megasolar power plants (and other arbitrary objects) can be achieved



Background Image ©Google

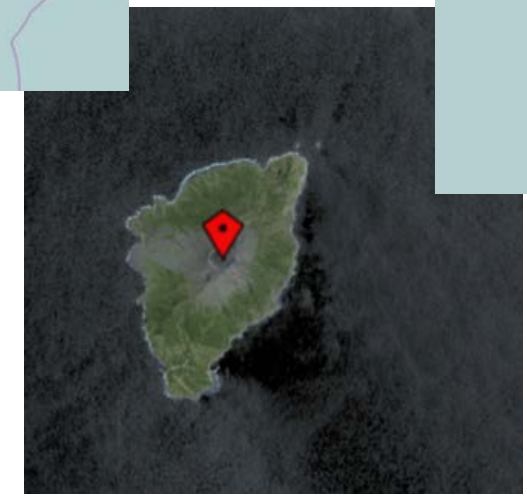
近赤外線を利用した高温熱源の自動検知

2015/5/18
新日鐵住金
（Steel plant）



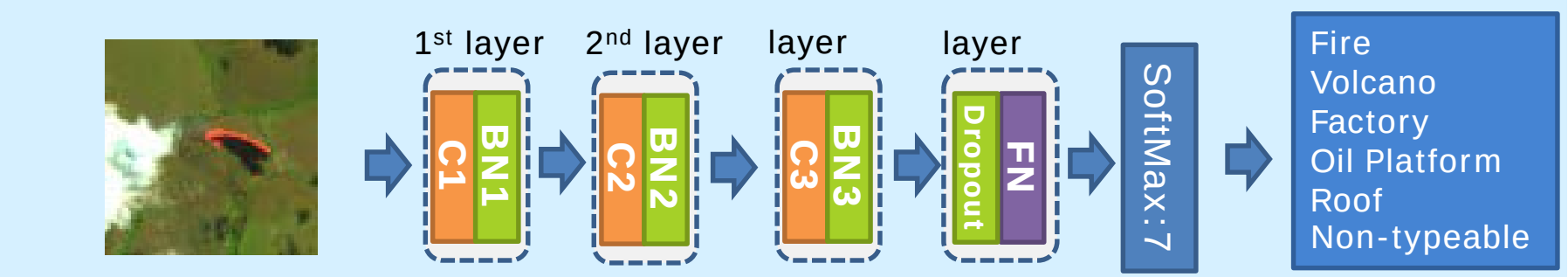
2015/03/22
渡良瀬
(Controlled burn)

2015/01/10
利根川河川敷
（Wildifire）



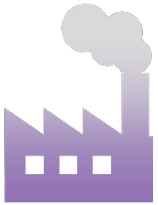
2015/05/05
諏訪之瀬島
（Volcano）

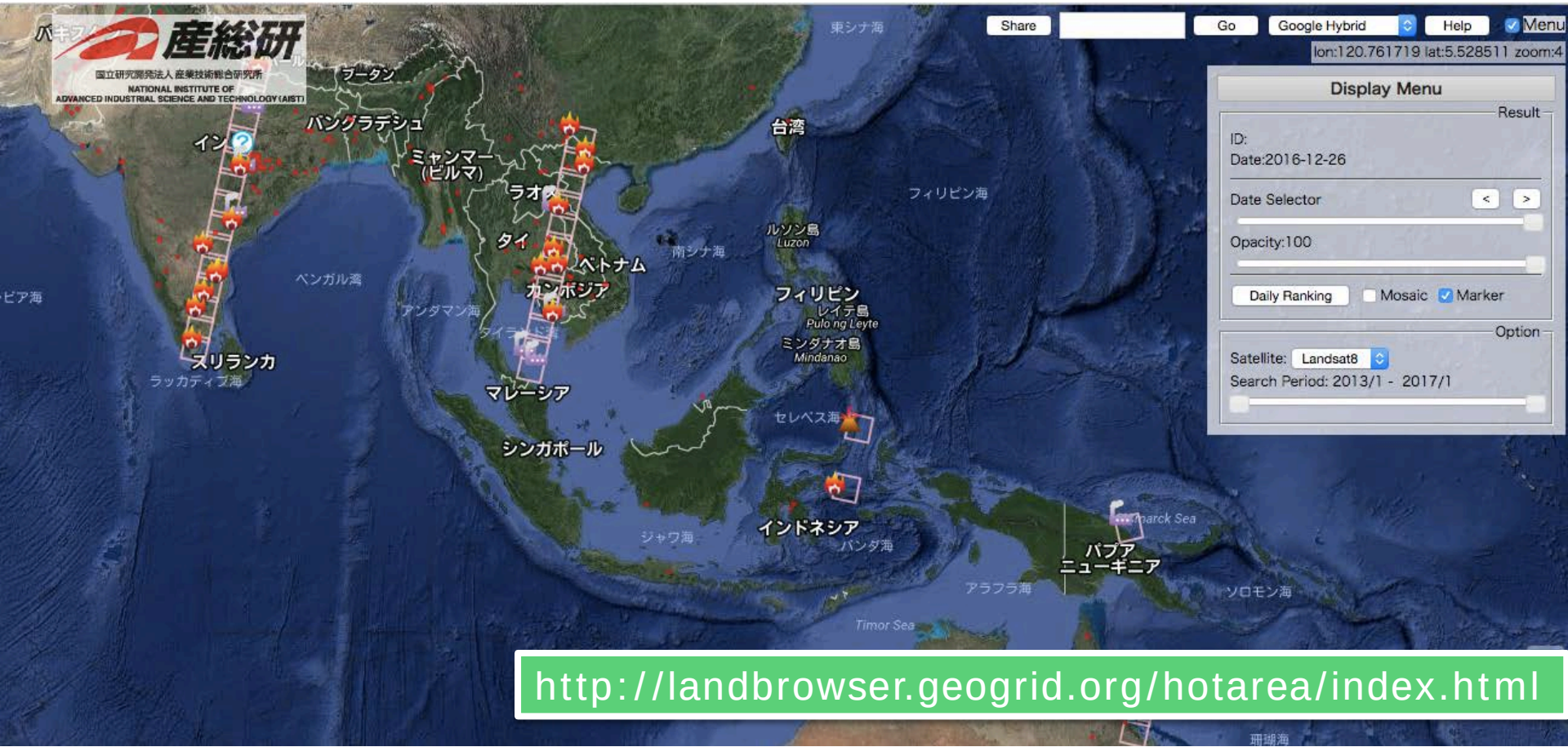
メガソーラー識別と同じCNNで分類



	filter	stride	Map size	
data input	-	-	16x16x7	-
conv1	3x3	1	14x14x32	ReLU
conv2	3x3	1	12x12x32	ReLU
conv3	3x3	1	10x10x32	ReLU
fc4	-	-	1x1x2	softmax

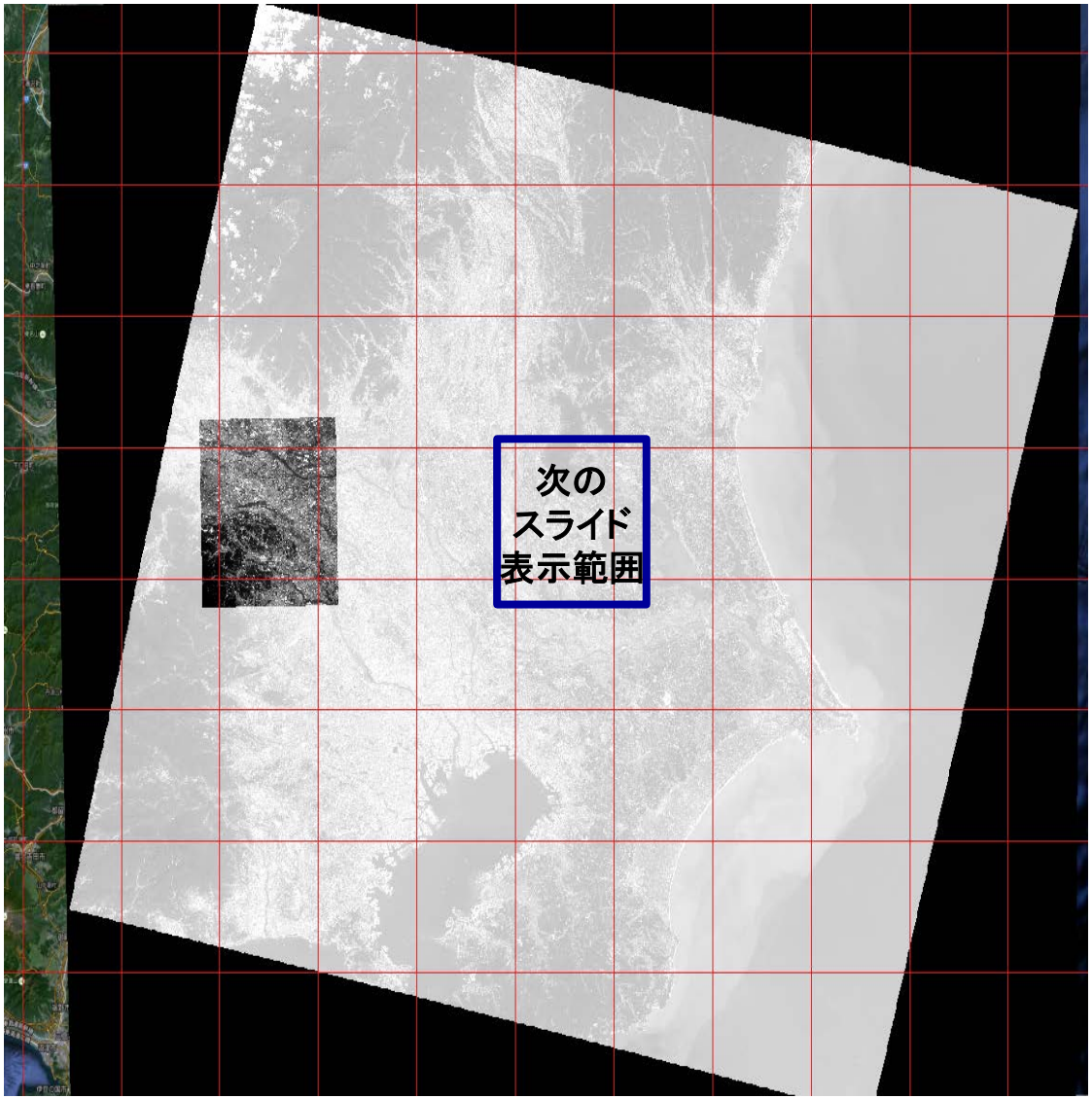
全世界の熱源を自動検知＋分類





http://landbrowser.geogrid.org/hotarea/index.html

自動変化検知・識別システム



目的
雲の影響を最小化して、地球上のあらゆる場所での地表変化を捉える。最終的には変化の自動分類や記述を目指す

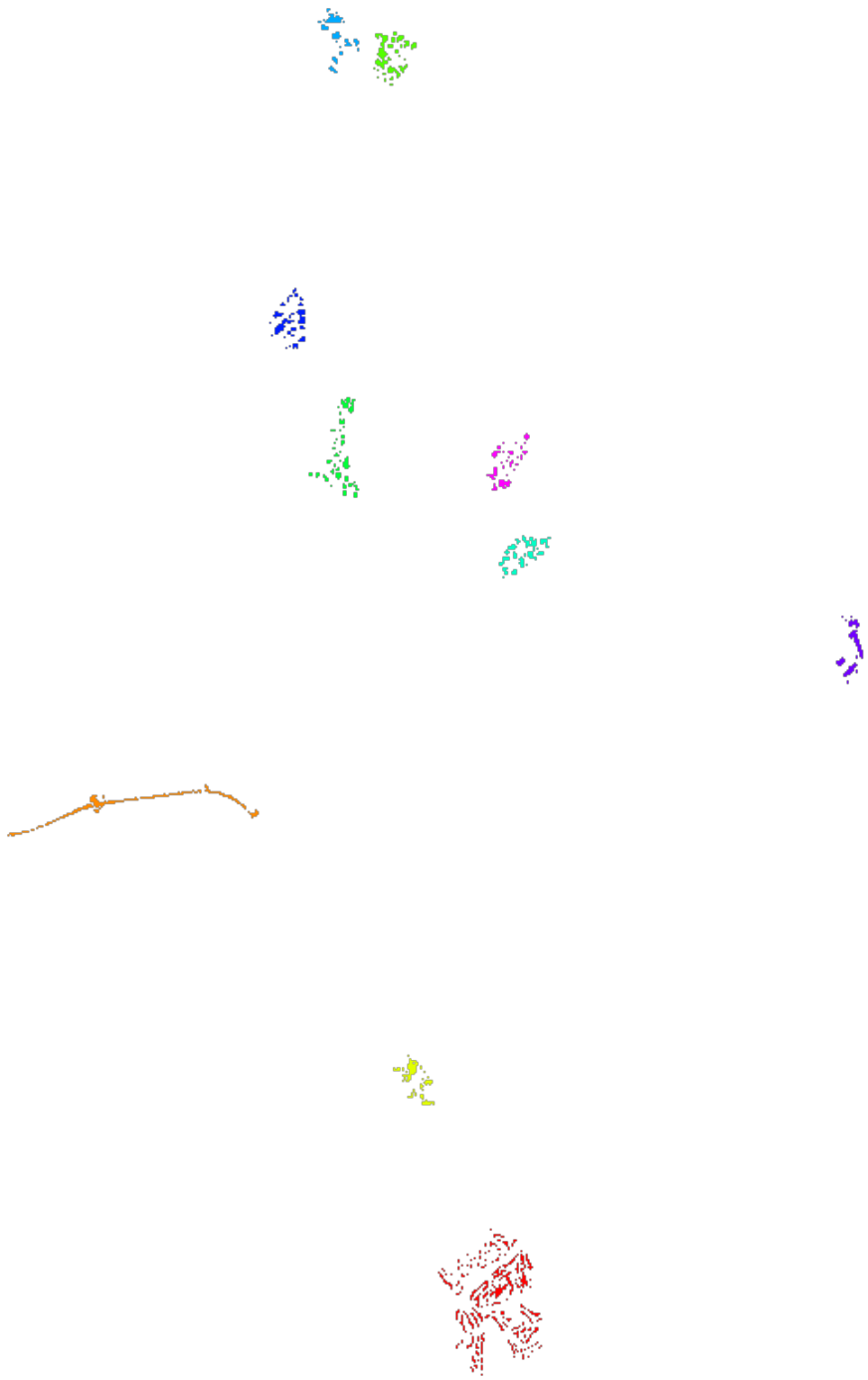
手法
利用可能な衛星データを全て0.25°グリッド(+マージン)でタイルに切り出して並列処理。晴天-晴天のペアを生じやすくするため、タイルごとに被雲率を算出し、その後サブピクセルスケール位置合わせ＋変化検出

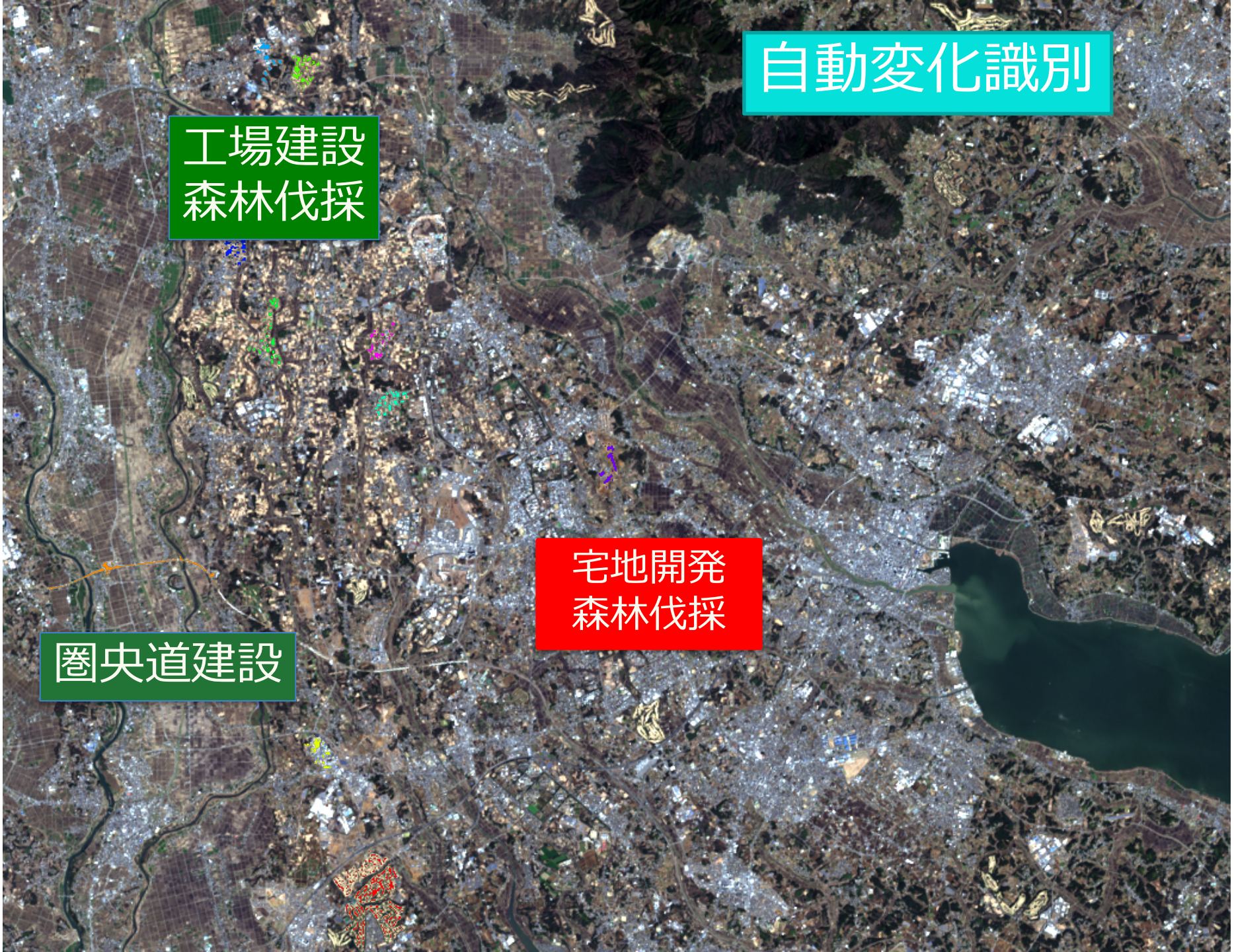
特色
世界全土を１７年にわたって網羅するペタバイトスケールの大規模画像アーカイブとそれを高速処理できるクラウド基盤

２０１４年3月２８日

２０１６年3月１７日

自動変化検知




自動変化識別
工場建設
森林伐採
宅地開発
森林伐採
圏央道建設

高空間分解能画像への適用
震災前：2010 JUL 23

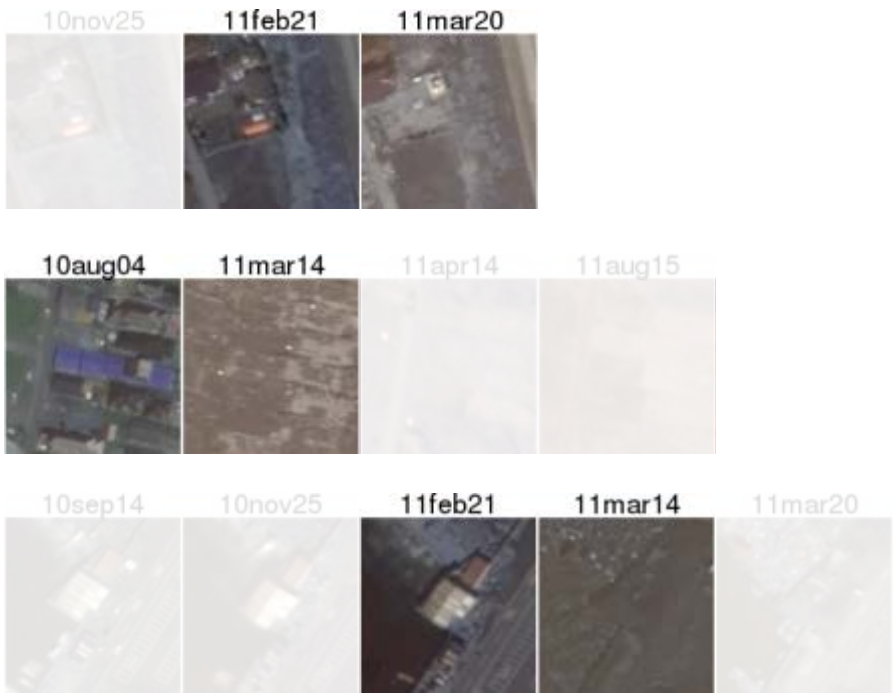
震災後：2011 MAR 13

Training data sets

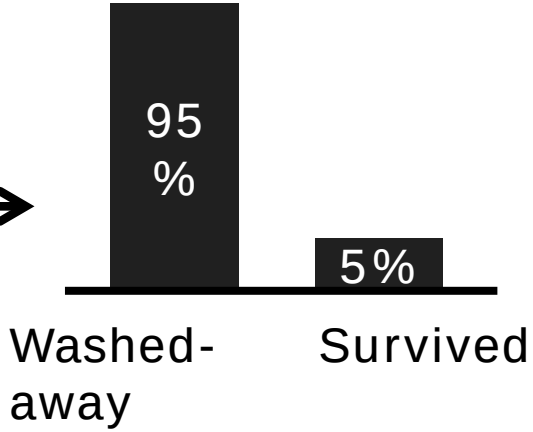
Definition of damage level

被災区分	定義	**主な建物状況**	**サンプル写真**
1	全壊(流失)	基礎だけ残して，建物が完全に流されている	
2	全壊	主要構造が損壊しており，補修により元通りに再使用することが困難	
3	全壊(1階天井以上浸水)	１階天井以上浸水しており，大規模修繕などによる再使用も可能	

Picking up Before / After pair



CNN

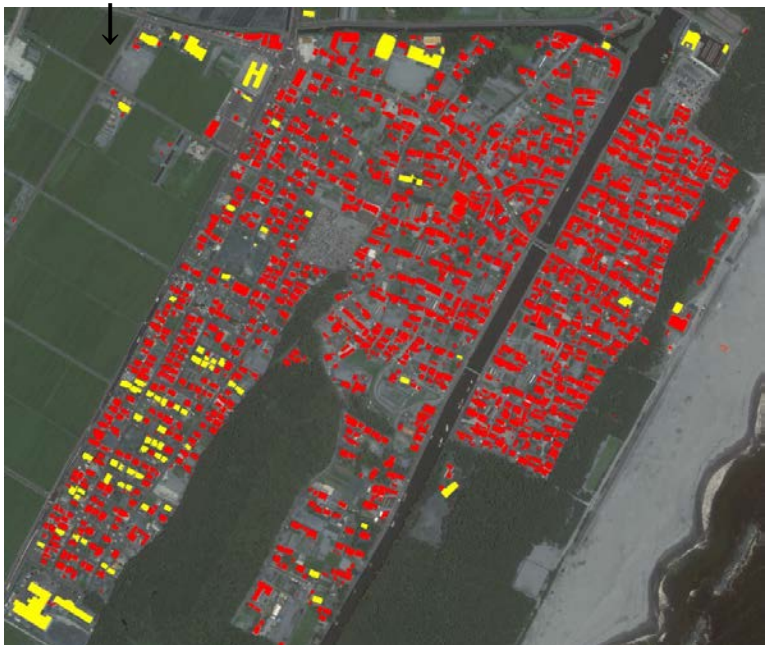


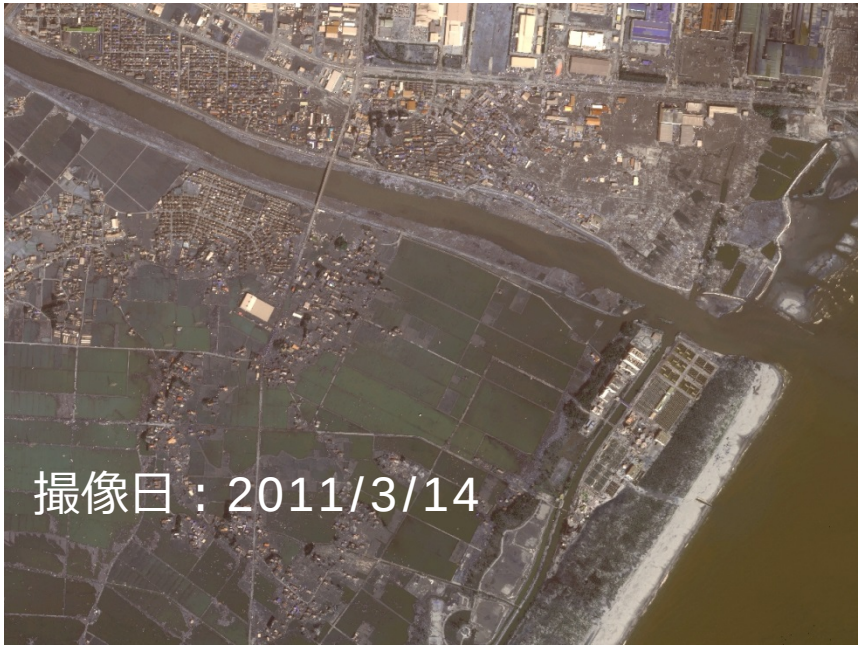
Truth ↓

CNNprediction ↓

流出

非流出





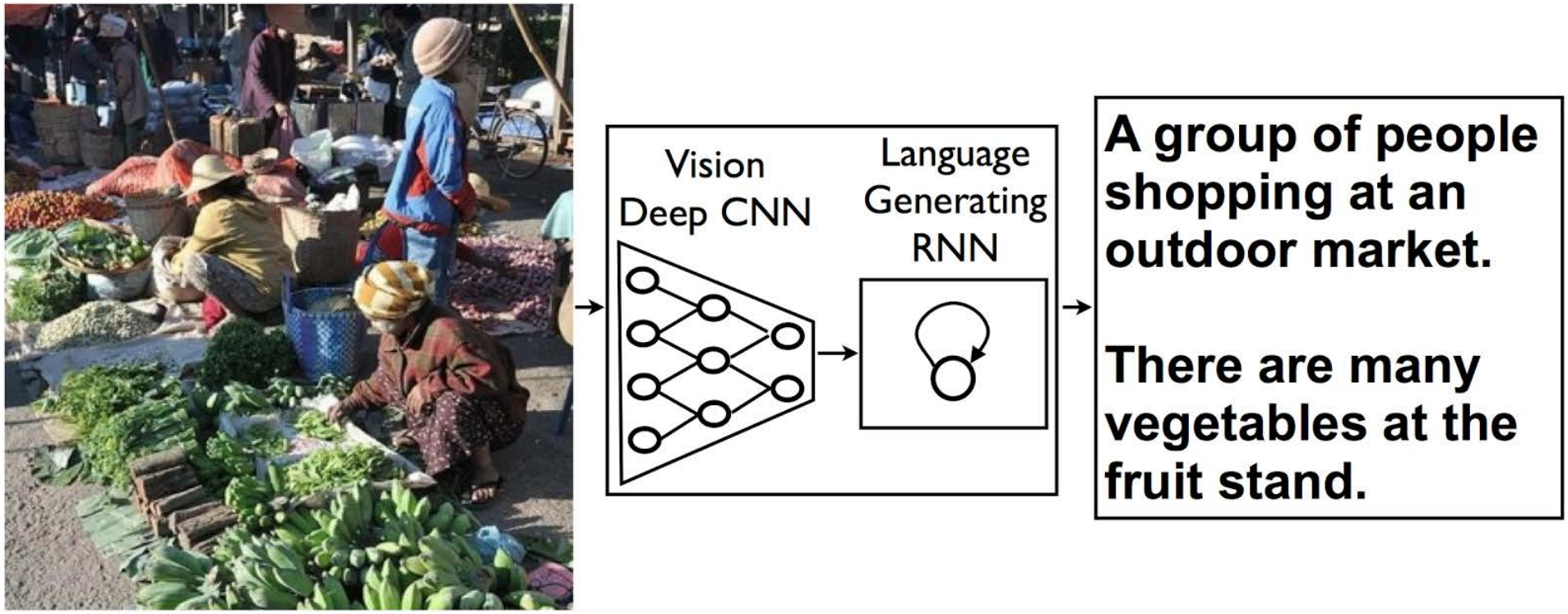
Truth ↓

CNNprediction

流出

非流出

Automatic caption generation



http://googleresearch.blogspot.jp/2014/11/a-picture-is-worth-thousand-coherent.html

動画像の内容説明文の自動生成

・ビデオの内容を表す文をＡＩ技術（「リカレントニューラルネットワーク」）で生成
・従来手法では誤認識が多かったが、「高精度被写体物体認識」を導入し、文脈の把握を安定させることで、高精度化を実現

従来：A man is drinking.
本法：A girl is doing makeup.

従来：A dog is playing with a dog.
本法：A boy is playing with a dog.

従来：A man is riding a car.
本法：A woman is riding a boat.

従来：A man is riding a bicycle.
本法：A man is riding a bike.

登場人物の性別や、物体の正確な認識が可能になり、精度向上

原理的には衛星画像の時系列にも応用可能

Tokyo in 2001 (ASTER through WMS)

Tokyo in 2016 (L8 on AWS)

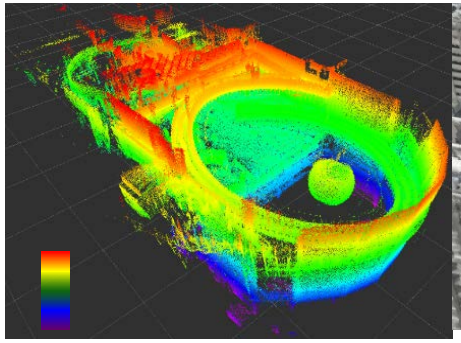
Automatic caption generation

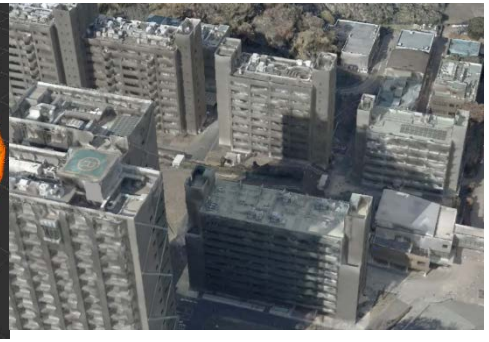
FSでの成果まとめ

- METI/AISTが運用するASTERなどの１０m分解能センサによって、全陸域が数日ごとに観測されている
- Deep Learning によって特定の静的地物の同定→複数の動的イベントの分類→任意のイベントの記述が可能になりつつある
- 今後は民間の衛星コンステレーションにより、空間・時間分解能がさらに向上
- 実応用に向けた鍵となるのは、少数の教師データで効率よく学習するシステムと大規模な計算機資源

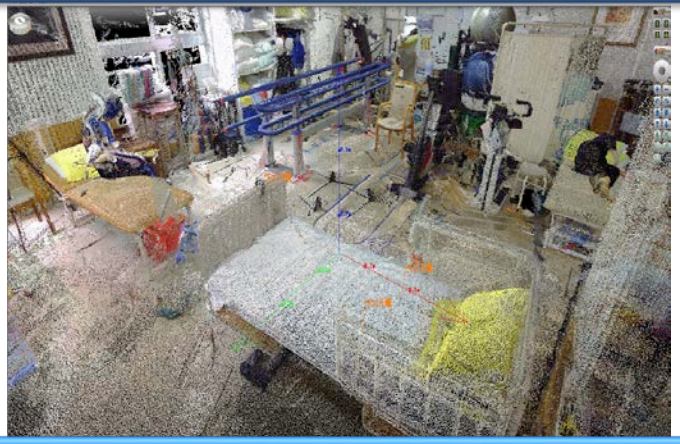
次の3年間のテーマ

1 マルチスケール4次元地図データ収集と統合処理





2 意味や概念を付与するための
物体・イベント認識



病院・介護施設の３Dアノテーション付き屋内地図

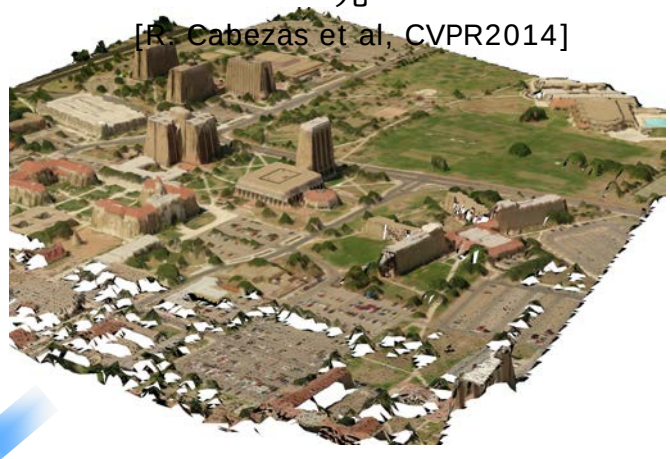
3 移動体のシミュレーションとリアルタイム制御

深層学習による地物自動抽出

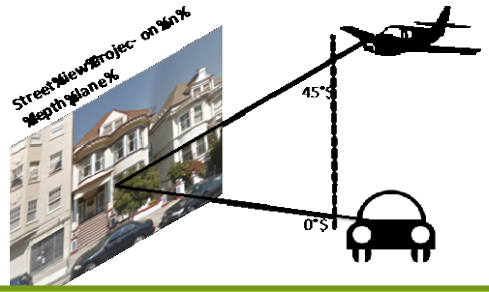
マルチスケール4次元地図データ収集と統合処理

車載カメラの画像を用いた市街地の３次元復元
[M. Pollefeys et al., IJCV2008]

航空機画像とLIDARを利用した街並みの３次元復元
[R. Cabezas et al, CVPR2014]



[T. Lin et al., CVPR2015]



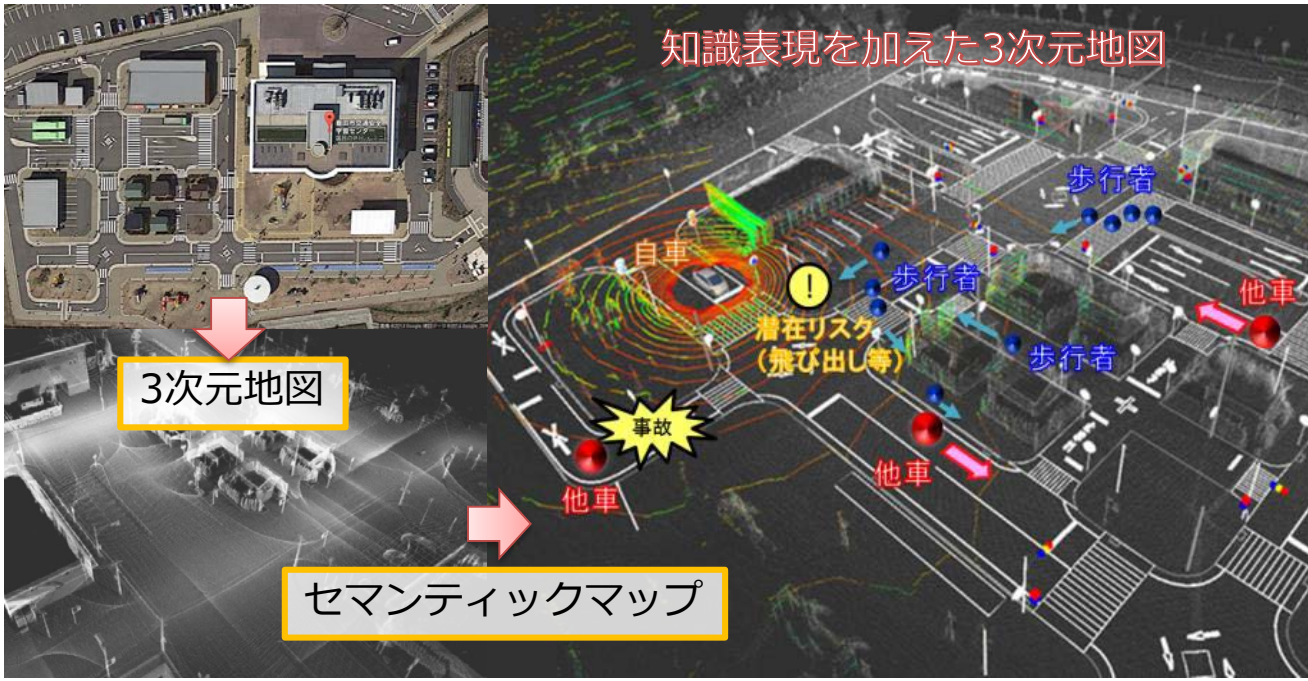
複数のセンサーから得られる分解能・座標系・フォーマットの異なる膨大な画像＋点群データをシームレスかつ高速に処理できるプラットフォームの構築

上空から撮影した画像と地上視点画像のマッチング

意味や概念を付与するための物体・イベント認識

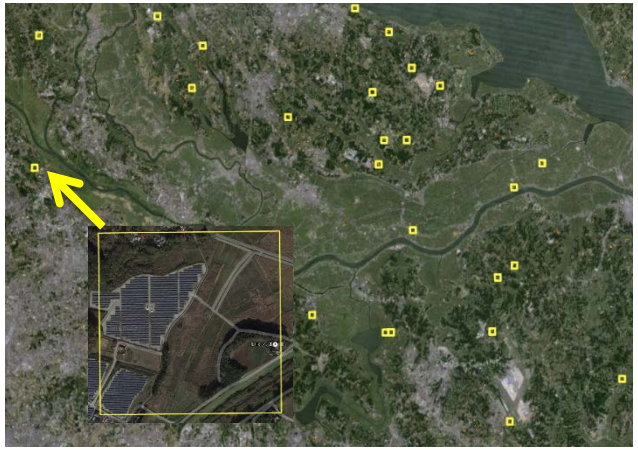
自動運転のためのセマンティック情報獲得

- 道路/建物等の静的情報
- ＋歩行者/車等の移動体情報
- ・認識・状況理解・判断に対するAI技術の有効性評価
- ・車載センサデータの標準ベンチマークデータを構築



屋内および道路を離れた屋外での物体認識

物理的なスケールに関わらず画像 and/or 点群から物体を認識する汎用のモジュールを開発

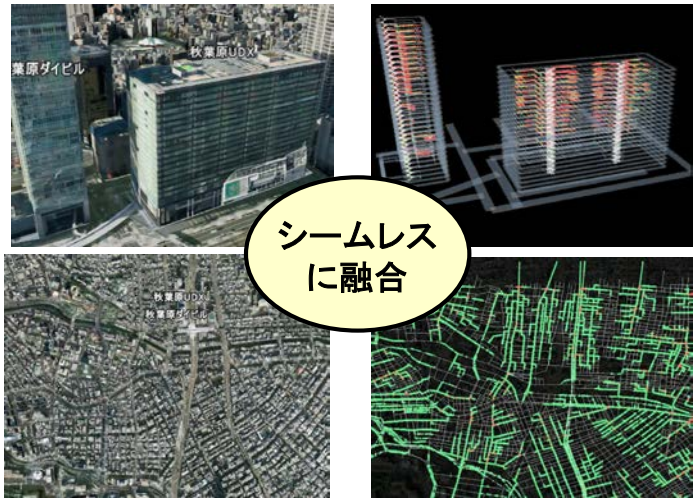


移動体のシミュレーションとリアルタイム制御

マルチスケール地理空間情報の活用

① 屋内外群集流動シミュレーションの融合

屋内でのシミュレーション



屋外でのシミュレーション

② 屋内モデリングとセンシング情報の融合

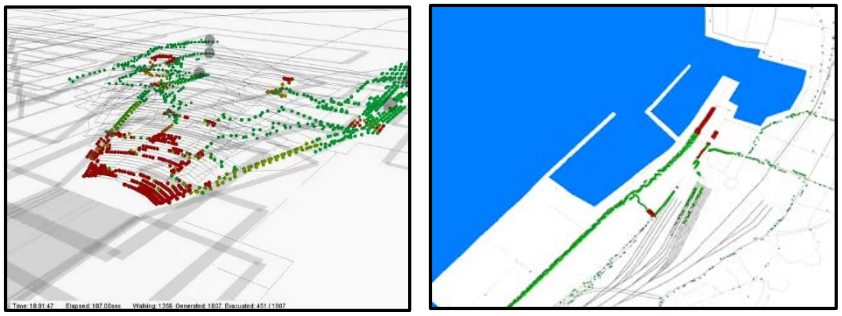
共通モジュールの研究開発

③ 人流計測デバイスのモジュール化

小型化・高精度化・複合化することで
誰もが簡単に使えるように

④ 群集流動シミュレーションのモジュール化

高度化・大規模化することで誰もが
簡単に使えるように



地理空間情報プラットフォーム構築

- ３Dデータの容易かつ高速な入出力
  - 指定範囲からの切り出し、検索
  - 座標変換、重複領域の結合
  - データフォーマット共通化・国際標準化
  - 高速な汎用可視化ツールとのインターフェース、ストリーミング
- ３Dデータ高次処理
  - 次元特徴量導出
  - 点群＋画像からの一般物体認識
  - 検索や各種GIS演算を高さ／時間方向に拡張
- 実際に誰もが使ってみることができる
  - お台場（＋α）のデータをベンチマーク用に公開
  - 物体認識モジュールや３D GIS 機能も

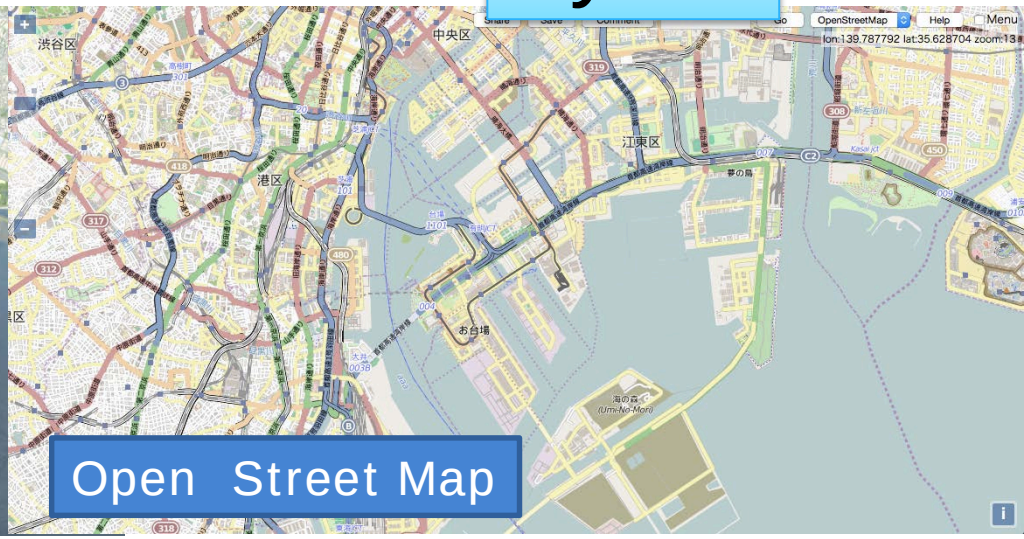
データ・知識融合の実例

Data (Imagery) → Knowledge (Map): Daily update

Knowledge (Map) → Data (Imagery): Source of training data

Physical

Cyber



平面（２次元）から時間変化する立体地図（４次元）に