

# インフラ構造物維持管理のためのAIを 活用したデータ連携・結合手法に ついての技術研究開発

東京大学 特任准教授 全 邦釘



# 国土交通省のDigital transformation

## 【DXを支えるデータ活用環境の実現】

- ✓ スマートシティ等と連携し、デジタルデータを活用し社会課題の解決策を具体化
- ✓ DXの取組の基盤となる3次元データ活用環境を整備

### デジタルデータを用いた社会課題の解決

#### 社会課題の解決策の具体化

- 全国約50都市にて3D都市モデルを構築し、シミュレーション等ユースケースを開発



- 交通
- 環境・防災
- 健康福祉
- 公衆衛生



#### データ活用の基盤整備

##### <データ連携基盤>

- 国土、経済、自然現象等に関するデータを連携した統合的なプラットフォームの構築



##### <国家座標>

- 調査・測量、設計、施工、維持管理の各施策の位置情報の共通ルール「国家座標」基盤の構築



座標が一致することによりICT施工等に貢献

##### <人流データ>

- 人流データを計測・活用し、客観的な情報にもとづく施策等を展開



### 3次元データ活用環境の整備

#### 3次元データ等を保管・活用環境の整備

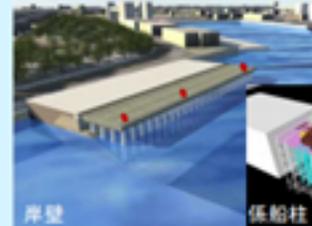
##### <3次元データの保管・活用>

- 工事・業務で得られる3次元データや点群データ等を保管し、自由に閲覧が出来、データの加工が出来るデータセンターを開発



##### <港湾分野>

- データの標準化やクラウドの活用により、BIM/CIM活用を推進



##### <通信環境構築>

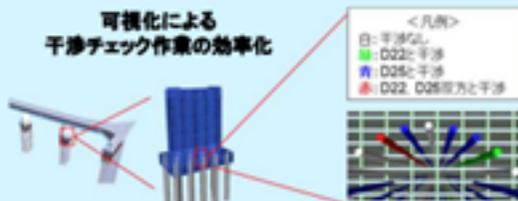
- 本省・国総研、各地整間の高速(100Gbps)ネットワーク環境を構築



### インフラ・建築物の3次元データ化

##### <土木施設>

- 小規模を除く全ての公共工事におけるBIM/CIM※原則適用に向け段階的に適用拡大



##### 周辺環境を含めた施工計画の作成



##### <公共建築>

- 官庁営繕事業における3次元モデル活用や、設計・施工間のデータ引渡しルールの整備

##### 【設計段階】(設計BIM) 【施工段階】(施工BIM)



※BIM/CIM: Building/Construction Information Modeling, Management

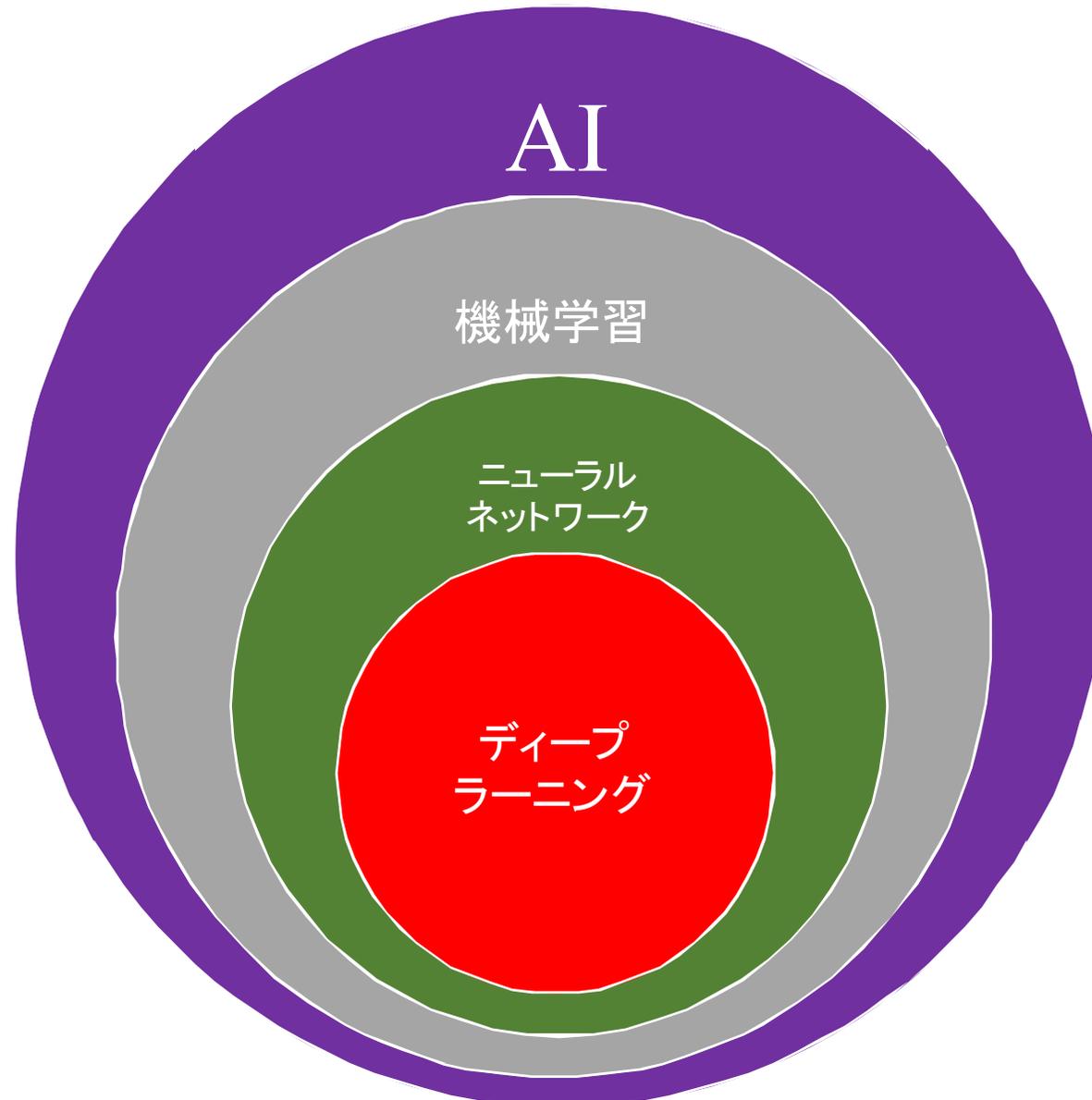
# 三 人工知能とは

- 人工知能学会誌より引用
  - 人工的につくられた, 知能を持つ実体
  - 人間の頭脳活動を極限までシミュレートするシステム
  - 人間と区別がつかない人工的な知能
  - 人工的につくられた人間のような知能
  - 人の知的な振る舞いを模倣・支援・超越するための構成的システム
  - 知能の定義が明確でないので, 人工知能を明確に定義できない
- 強いAIと弱いAI
  - 強いAI・・・汎用の人工知能, 人間の知能に迫る, 人間のように意識を持っている. ドラえもんとかアトム.
  - 弱いAI・・・特化型の人工知能. 心を持つ必要はなく, 限定された知能によって一見知的な問題解決が行えればよいとする立場. 自分で考えず, 所定の手続きにしたがって処理を実行するだけの人工知能。

# ≡ 人工知能とは(特化型AI)

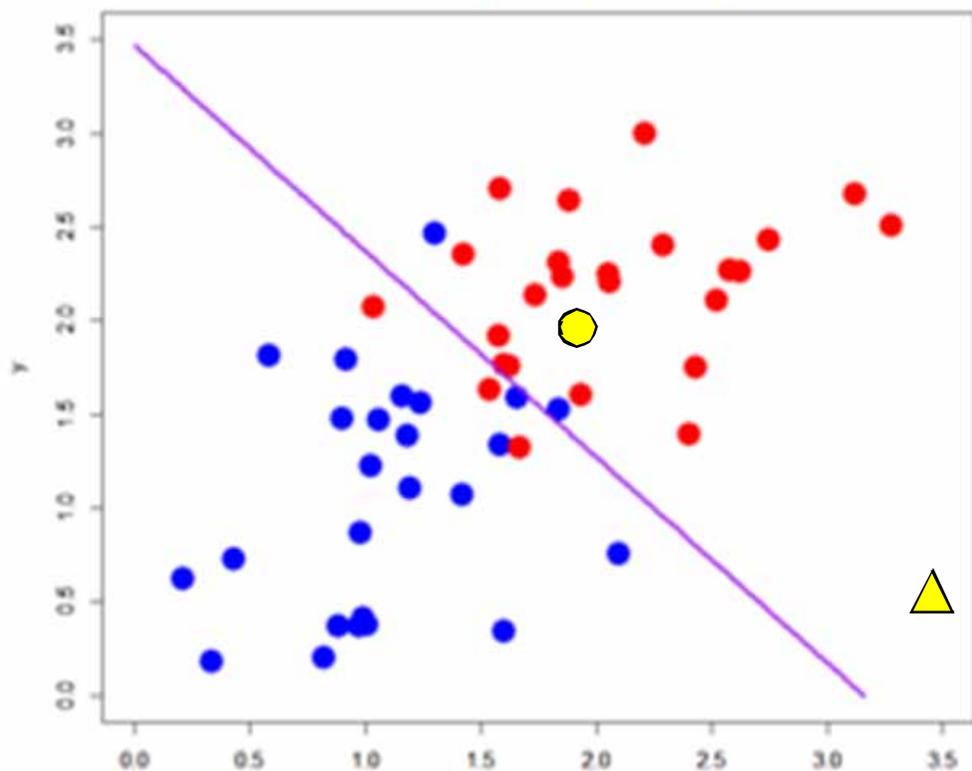
- 人工知能とは、人間の知的営みをコンピュータに行わせるための技術のこと、または人間の知的営みを行うことができるコンピュータプログラムのことである。(IT用語時点バイナリ)
- 学習・推論・判断といった人間の知能のもつ機能を備えたコンピューターシステム。(大辞林)
- 現在の人工知能は、膨大なデータと機械学習アルゴリズムに頼った技術でしかありません。単に、「データから作り出されるブラックボックス化されたなにかをやってくれるもの」がいまの人工知能です。なんでもかんでも人工知能で解決できるというわけではありません。  
(橋本泰一:「データ分析のための機械学習入門」(2017) )
- AIとは、一般のデジタルシステム全体を指すもの  
(内閣府「人間中心のAI社会原則検討会議」より解釈)

# ≡ AIと機械学習とディープラーニング

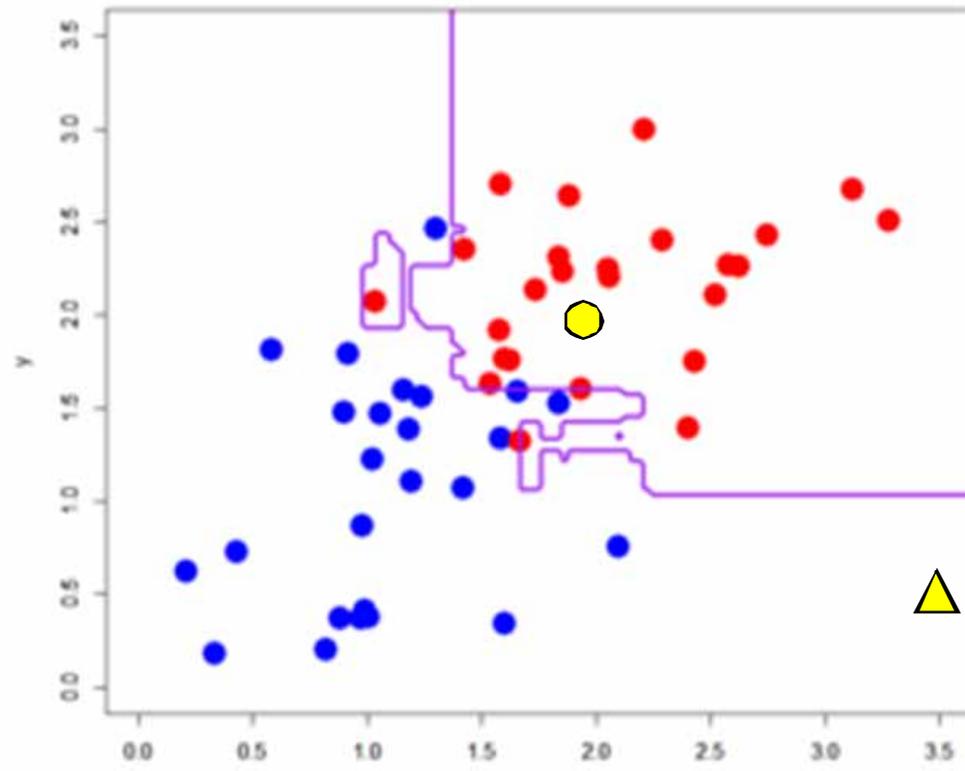


# 三 ●と▲のデータはどちらに分類？

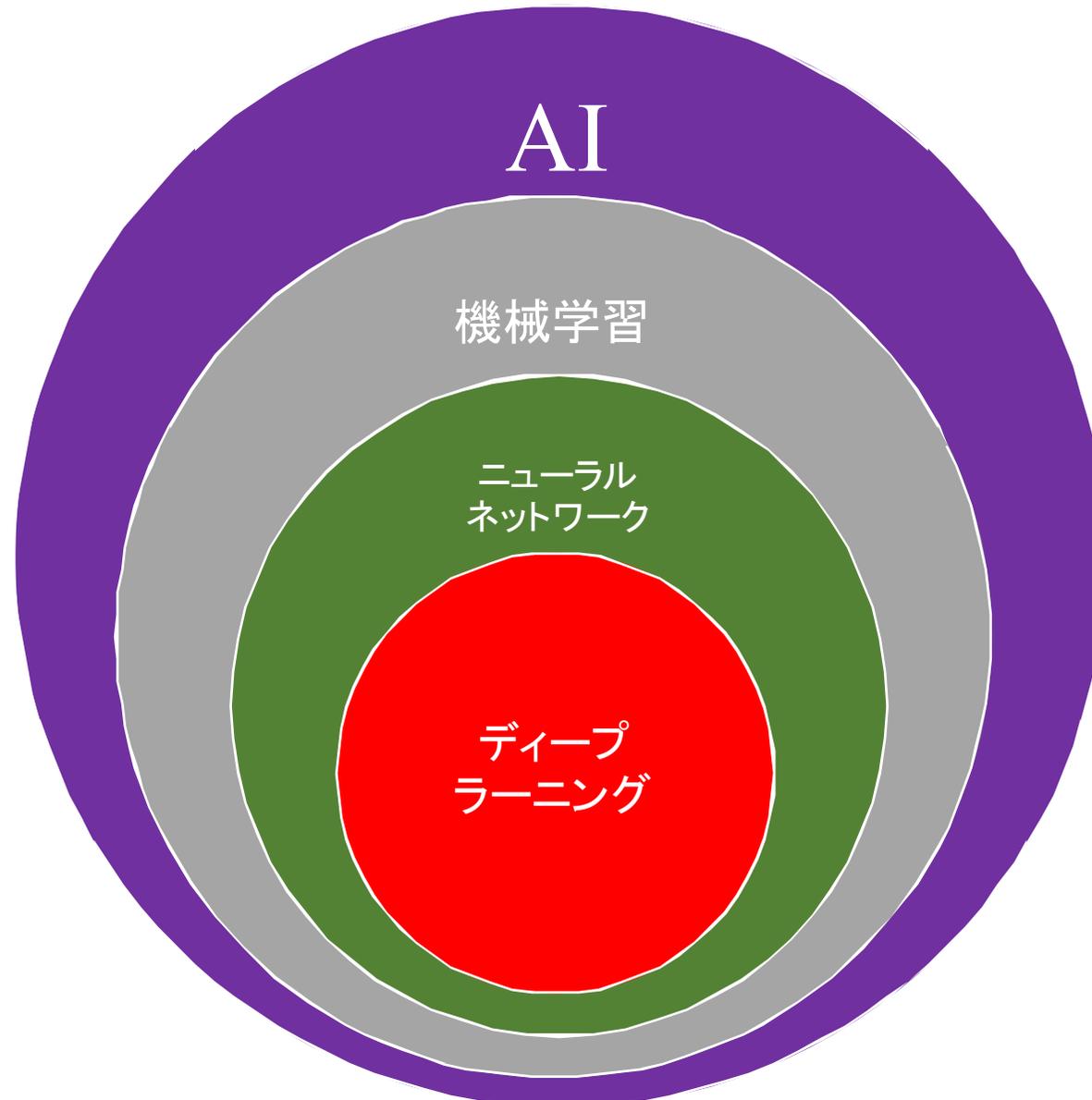
## ロジスティック回帰



## ランダムフォレスト



# AIと機械学習とディープラーニング



# 特徴量の自動抽出

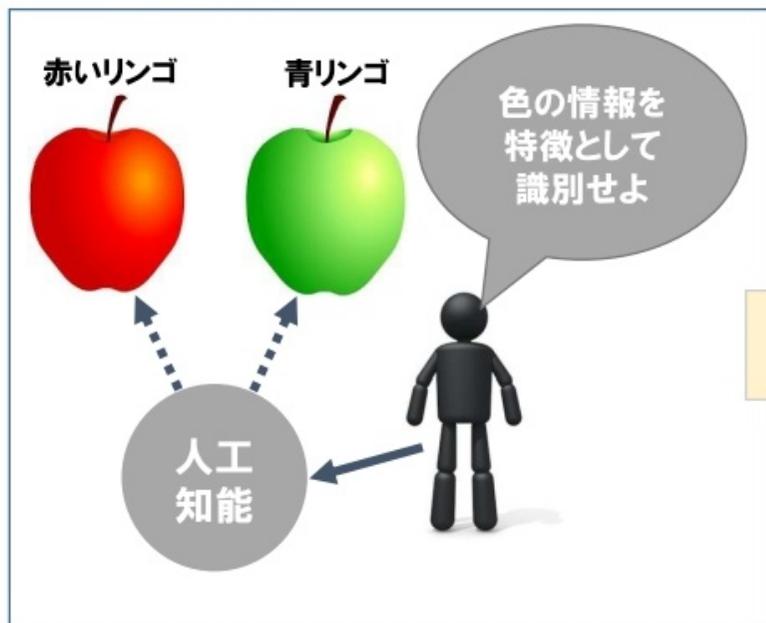
## 1. 第三次AIブームの到来

ディープラーニング (深層学習) とは

### 従来の機械学習とディープラーニングの違い

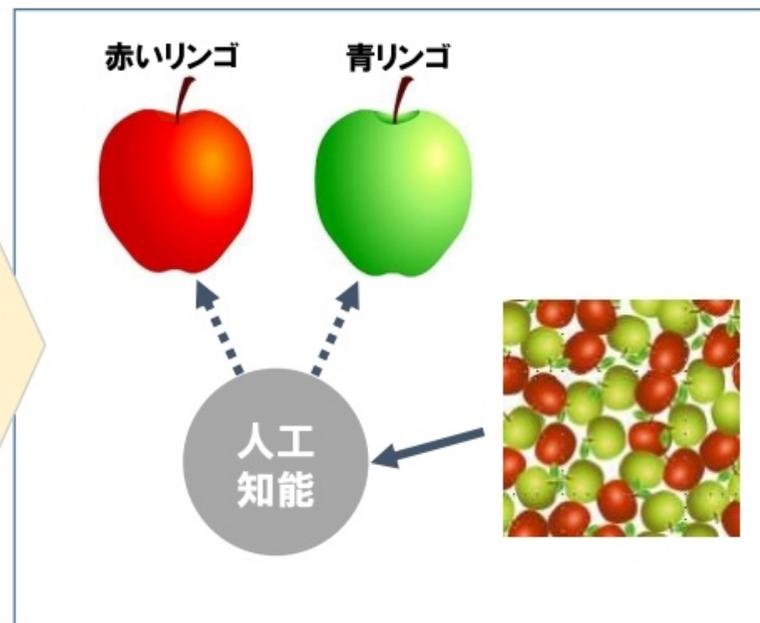
- ディープラーニング (深層学習) は、機械学習の手法の一つ
- 従来の機械学習では、人間が特徴を定義  
→ 複雑な特徴を表現できない
- ディープラーニングでは、人工知能が学習データから特徴を抽出

#### 従来の機械学習



人間が特徴を定義

#### ディープラーニング



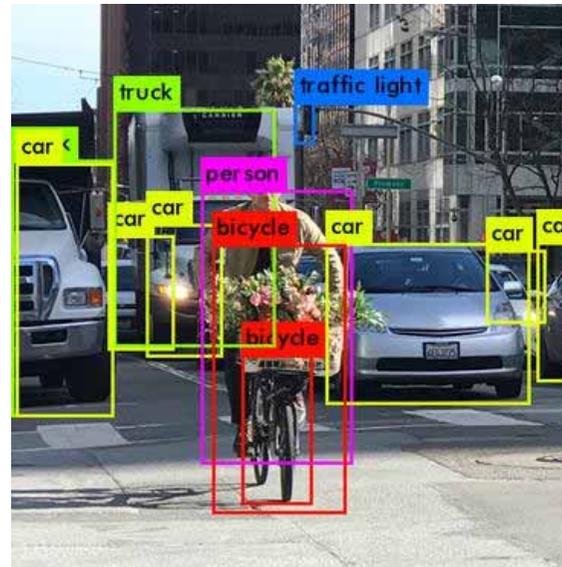
人工知能が学習データから特徴を抽出

# 三 ディープラーニングで出来る画像処理

(他にもいっぱいあるけど基本的なところです)



分類や回帰



物体検出

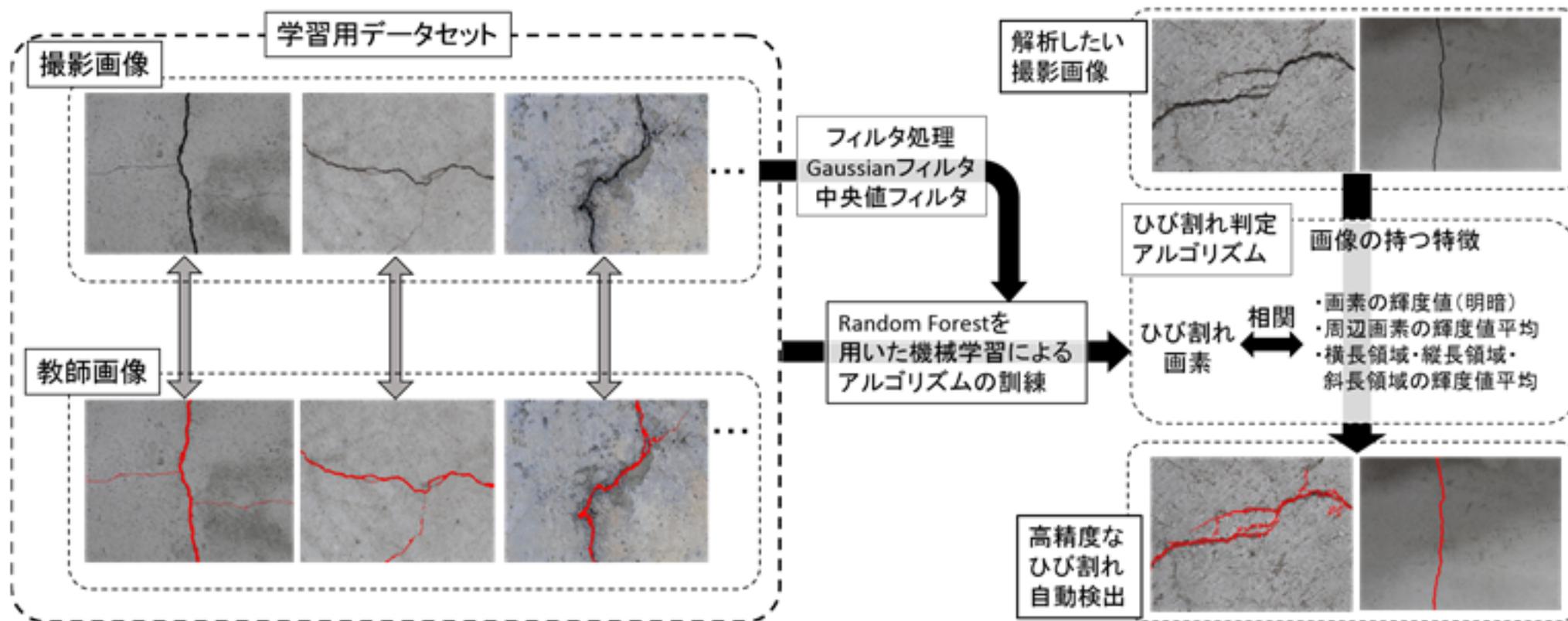


セグメンテーション

<https://devblogs.nvidia.com/speeding-up-semantic-segmentation-matlab-nvidia-ngc/>

この程度であれば、結構無理なくできる。  
技術は固まってきた。

# ≡ コンクリートのひび割れ自動検出

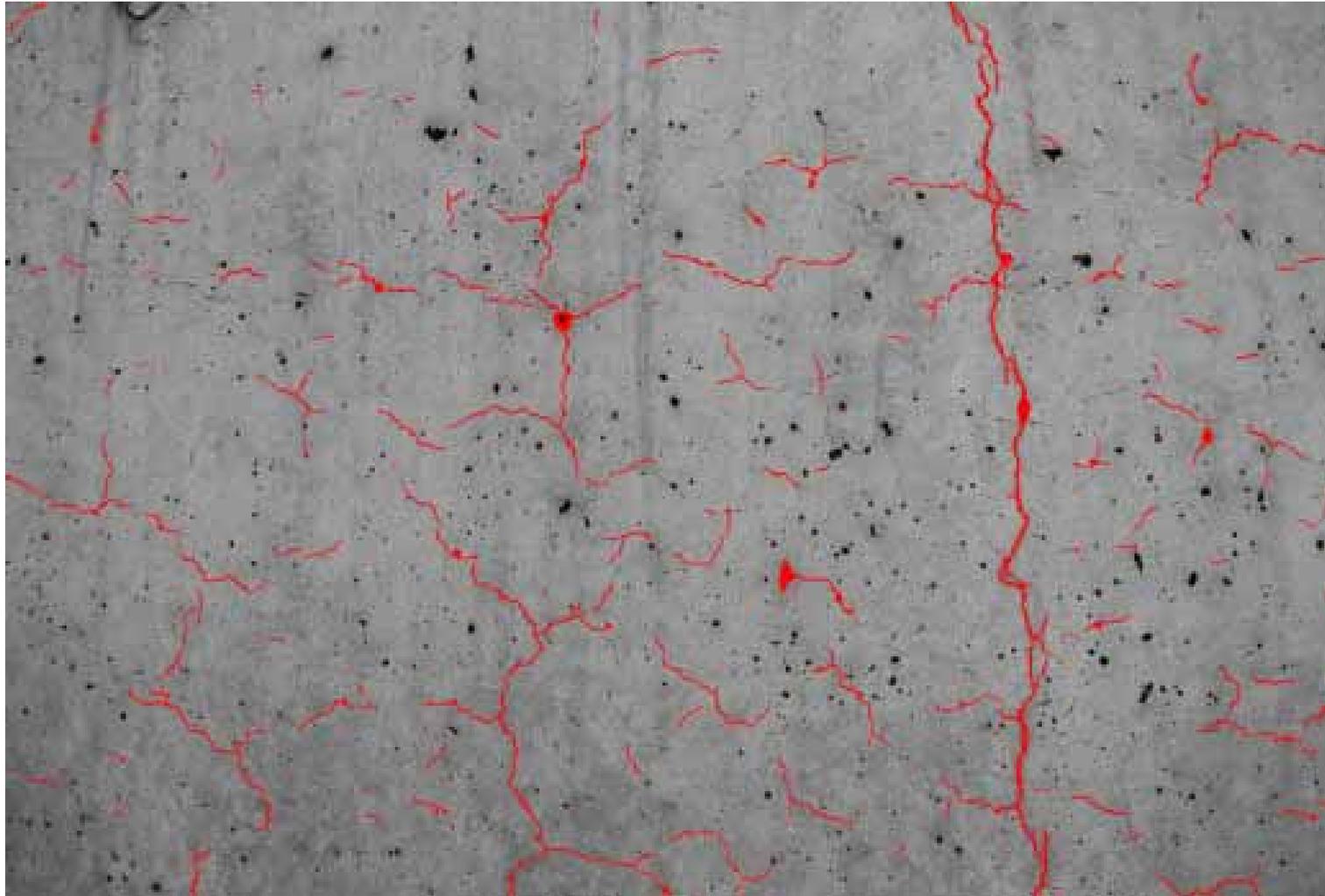




# 検出結果1



# 三 検出結果2



# 三 検出結果3



# 3次元モデル作成結果



# 検出結果



通常の3次元モデル



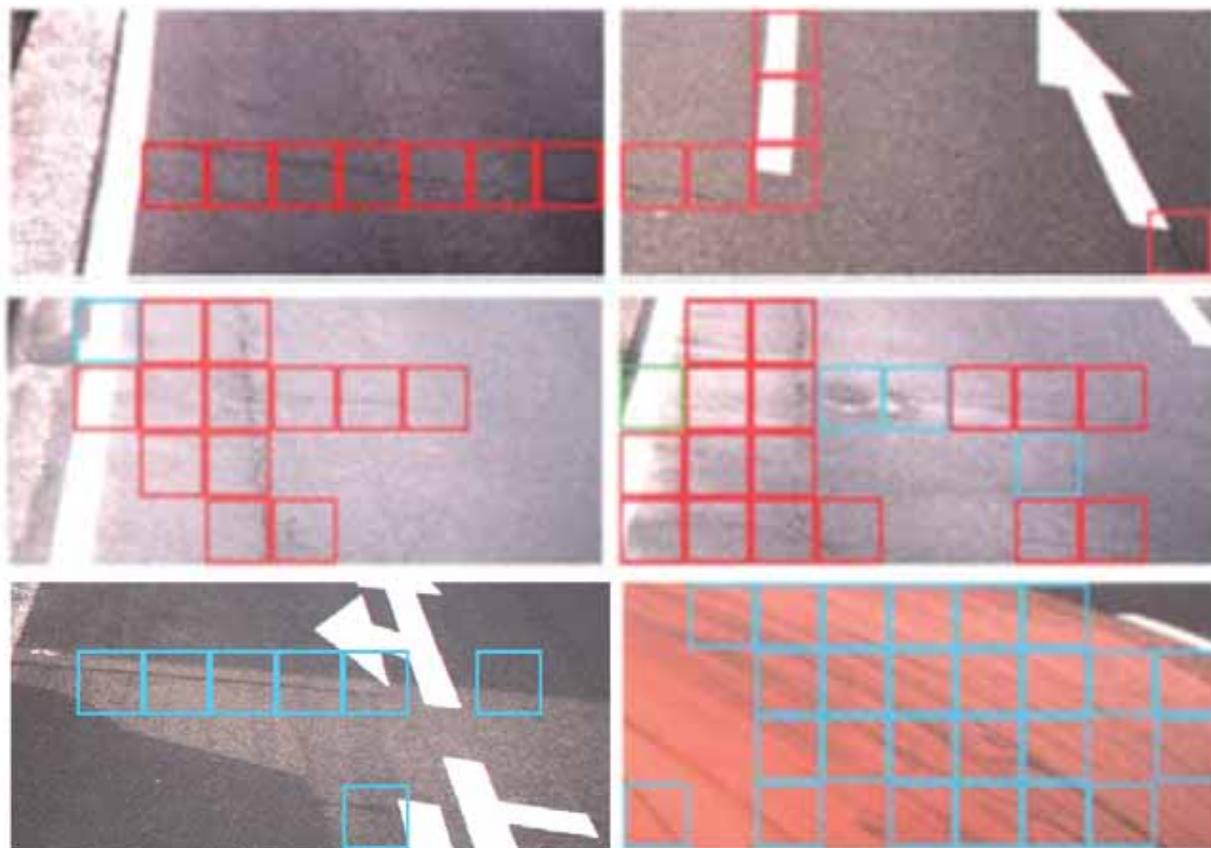
ひび割れ検出後の3次元モデル

# 三 ディープラーニングによる舗装損傷検出



車を走らせるだけで、悪い舗装が自動的にマッピングされるシステム

# 解析結果

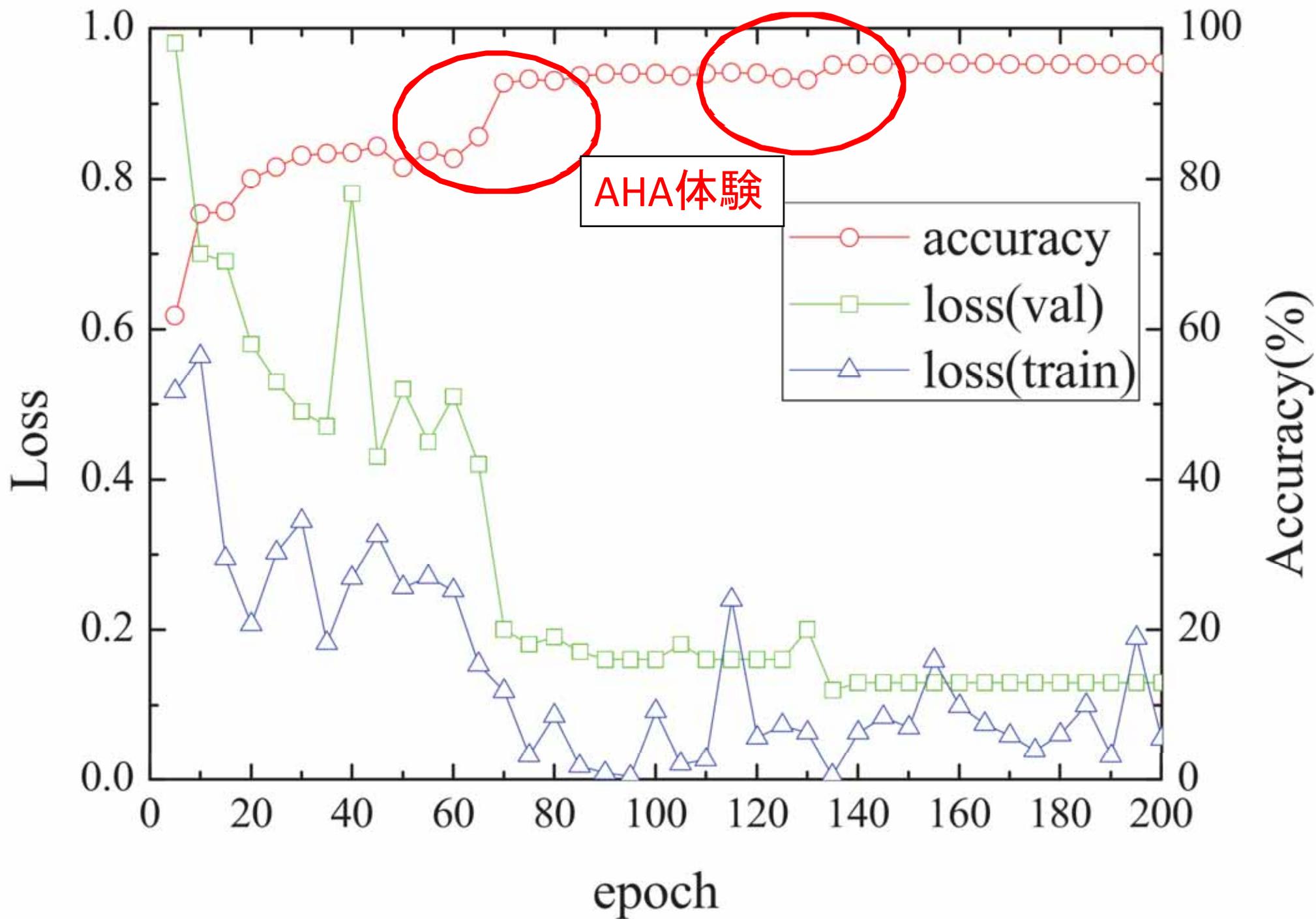


解析による分類結果(6クラス)の混合行列

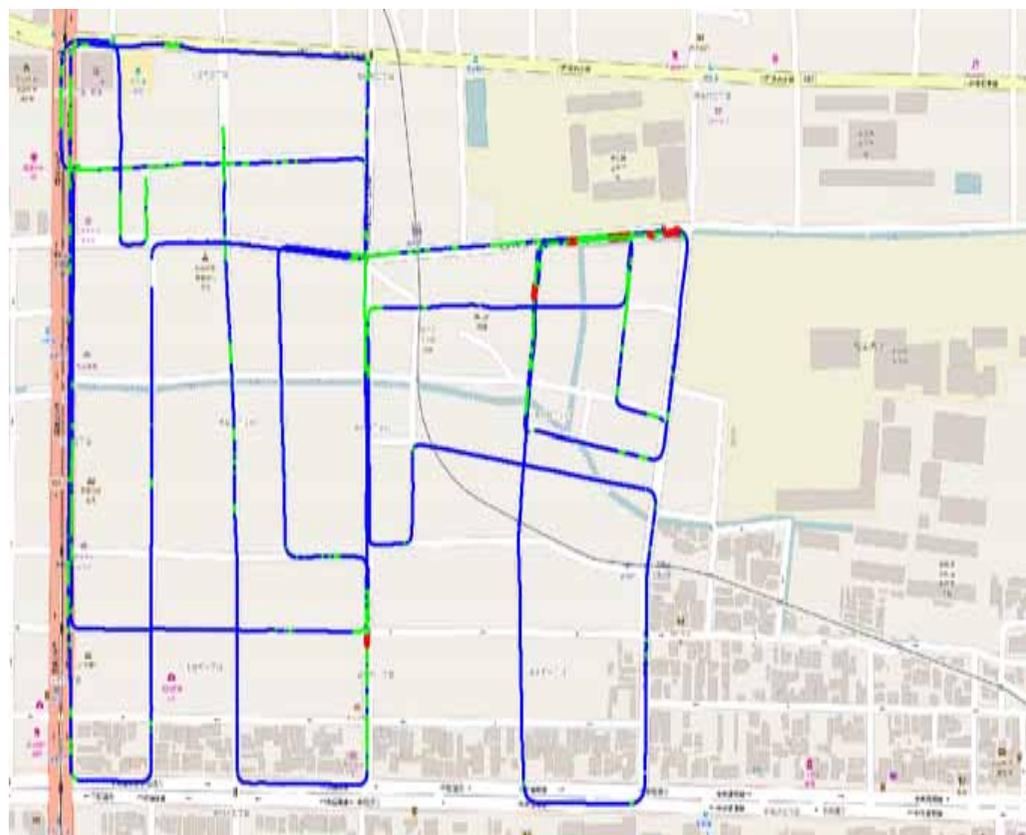
解析 目視	1	2	3	4	5	6
1	1664	112	42	53	38	91
2	48	1703	40	73	75	61
3	52	9	1652	175	55	57
4	22	41	271	1524	37	105
5	163	20	179	99	1352	187
6	96	60	100	85	241	1418

解析による分類結果(2クラス)の混合行列

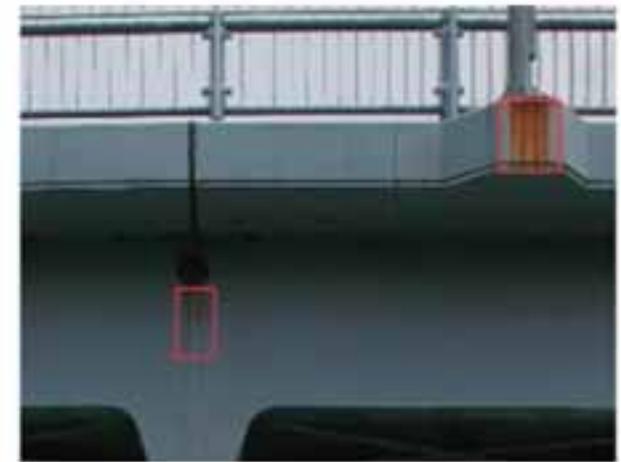
		解析	
目視		ひび割れあり	ひび割れなし
ひび割れあり		5197	803
ひび割れなし		930	5070



# GIS上へのマッピング



## UAVによる橋梁点検



# ≡ Semantic Segmentation

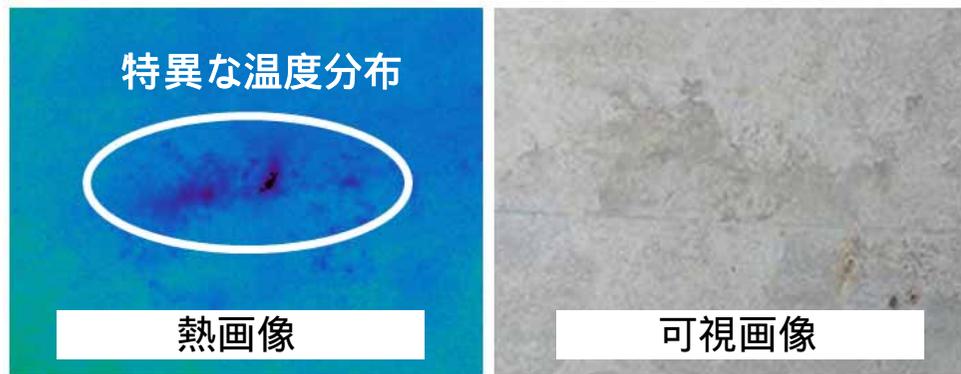
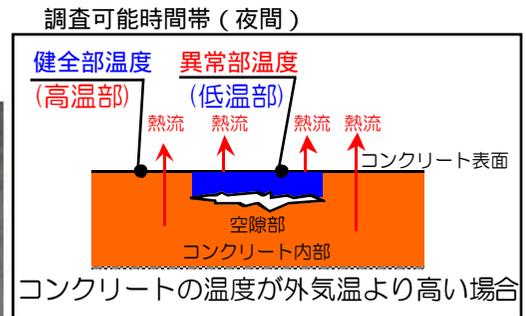
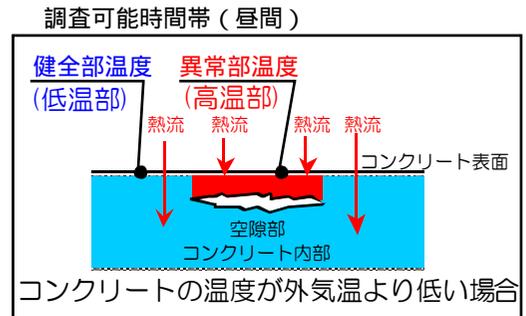
## UAV撮影画像からの腐食位置検出



# 赤外線調査とは

《目的》  
打音点検箇所のスクリーニング

《手法》  
コンクリート表面の特異な温度部分(異常部)を検知して、浮き・剥離などの損傷を見つける。

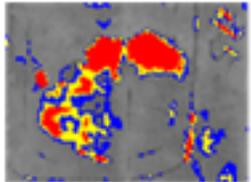
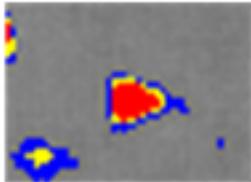
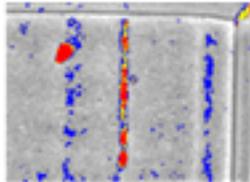
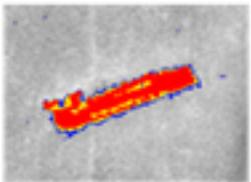
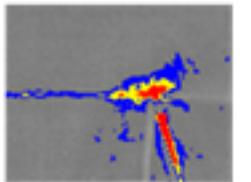
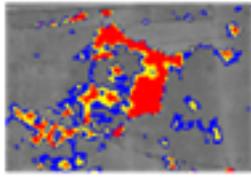
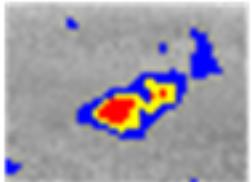
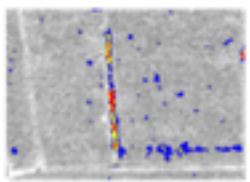
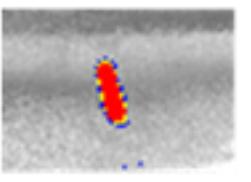
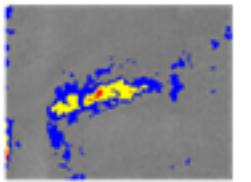
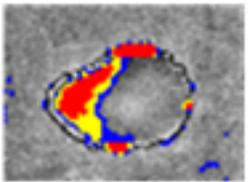
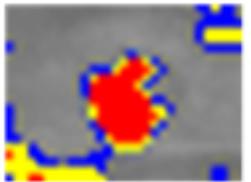
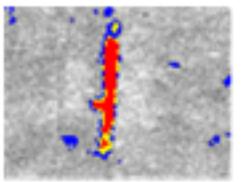
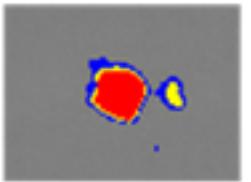
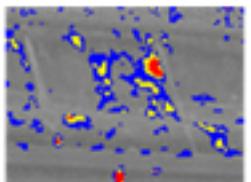


赤外線調査結果の画像

打音点検結果

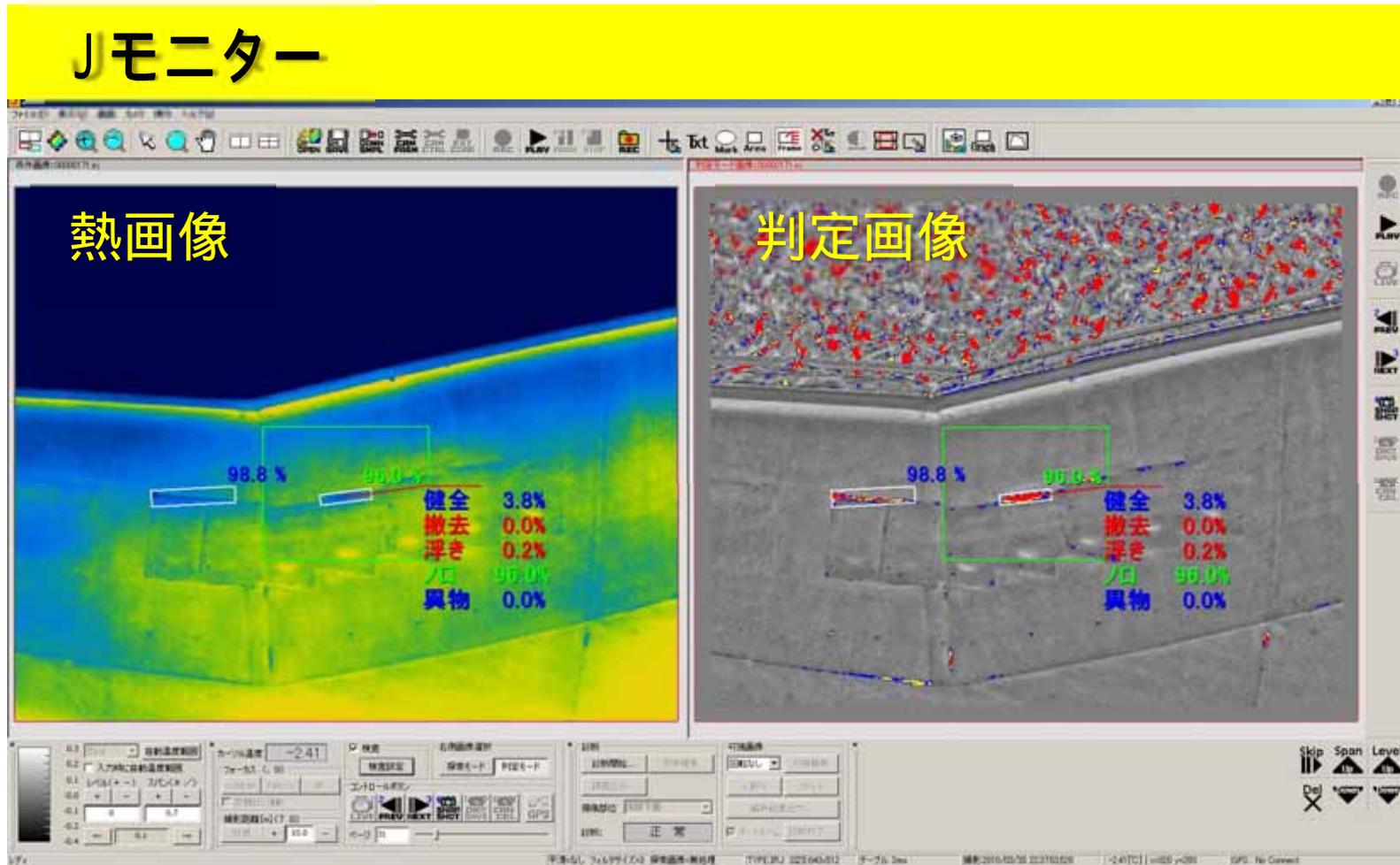
# 機械学習の導入による判別精度向上

浮き・はく離の熱画像(判定画像)の形状に着目

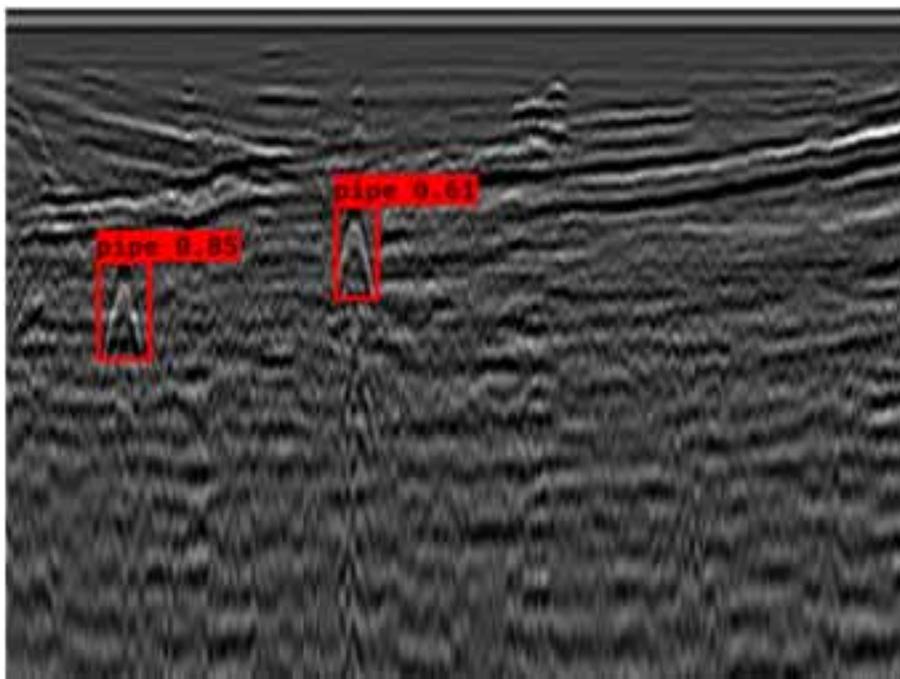
コンクリート撤去 はく離	コンクリート異音 浮き	ノコ	異物	健全
				
				
				
周辺が形状が複雑で赤色が中心から外れている	周辺が形状が滑らかで赤色の中心が真ん中	形状が細長く、周辺形状が複雑	形状が四角で、赤色の占有率が高い	黄色の占有率が高く赤色の重心は真ん中

- 浮きと剥離では、判定画像の形状の特徴量が異なる。
- 浮きは、形状が円形に近い。
- ひびが表面まで達した剥離は、形状が円形でない。

# ≡ Jモニター（画像判定支援モニター）



# ≡ 地下埋設物の検出とDB化





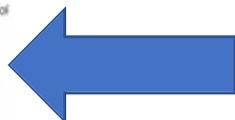
# Semantic Segmentation + 地すべり



大量の仕事の自動化, 高速化 → 災害時に求められる



- Bicyclist
- Pedestrian
- Car
- Fence
- SignSymbol
- Tree
- Pavement
- Road
- Pole
- Building
- Sky



やっけることはこれと同じ

# Semantic Segmentation + 地すべり



# 三 写真の説明による抽象化



排水口が腐食している



床版に遊離石灰がある



路面に亀甲状ひび割れがある



桁端が腐食している



床版にひび割れと  
遊離石灰がある



主桁の鉄筋が  
露出している

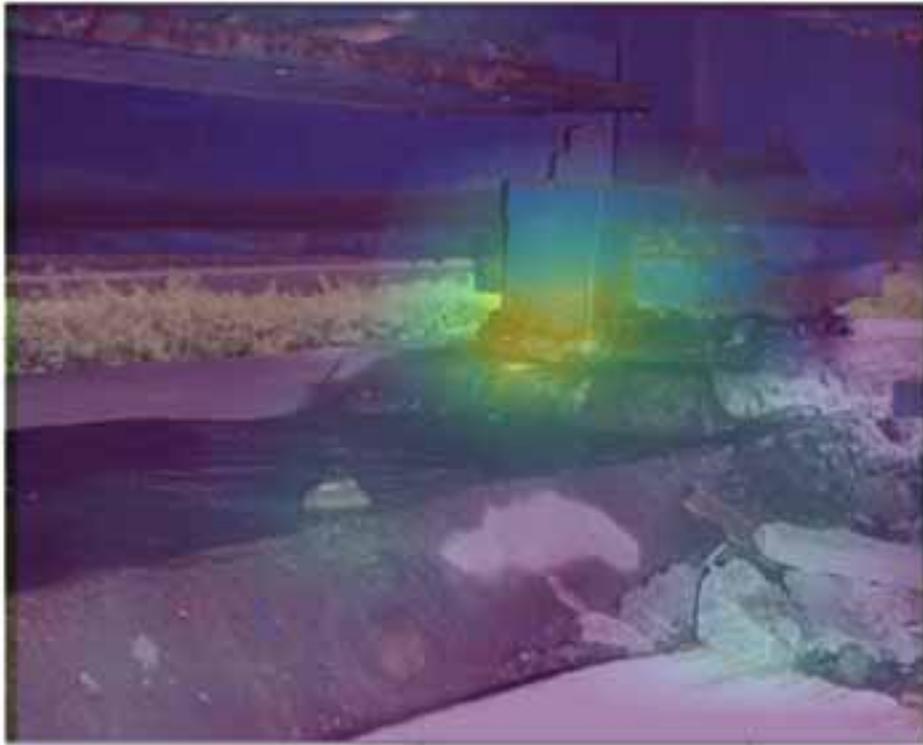


床版が変色している

抽象化により状況説明ができれば  
それを解釈したい. そのために知識が必要

# ≡ Explainable AI

(支承損傷の場合、どこを見ている?)



# ≡ i-Construction (データ共有)

使いやすいデータを，必要な時に，必要な場所に，必要な人に



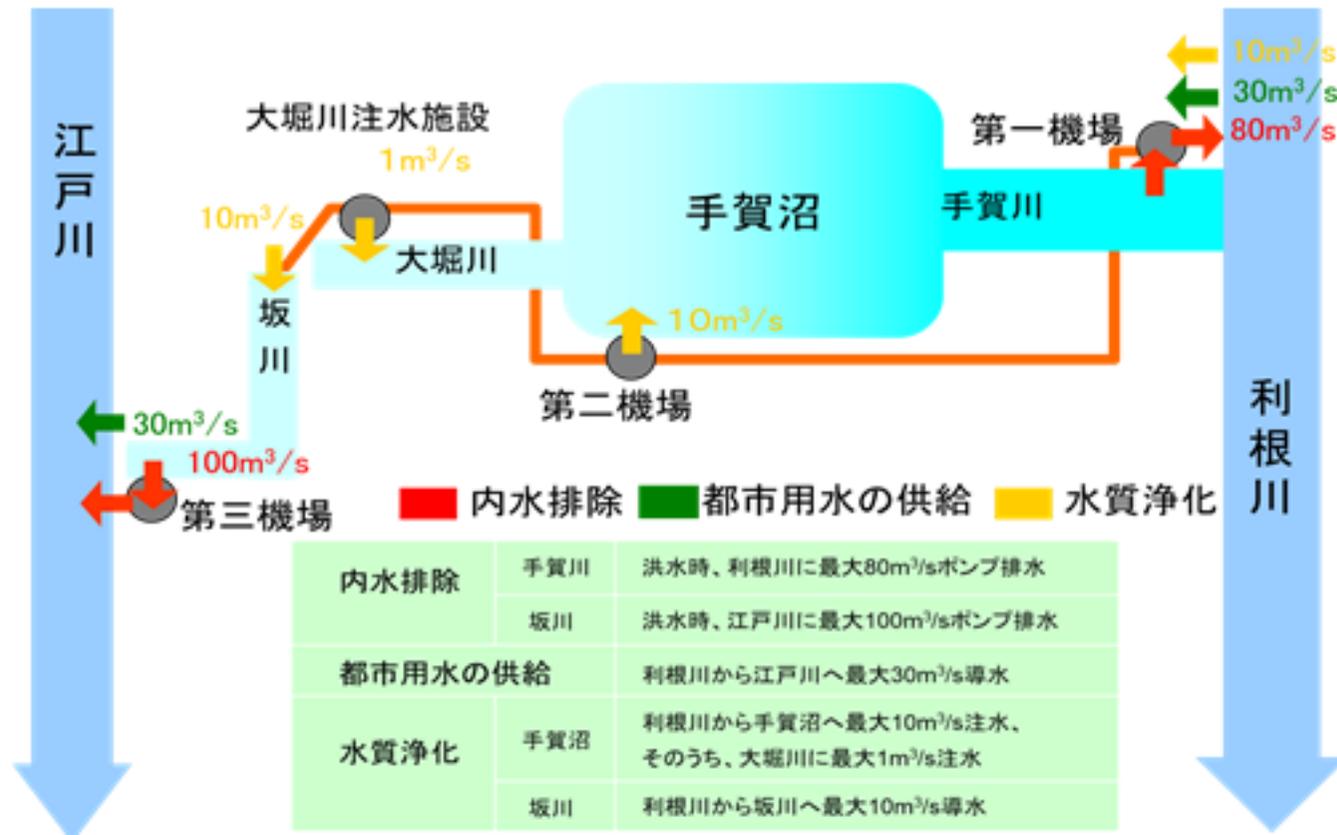
# ≡ 北千葉導水路での取り組み

- 利根川の下流部と江戸川を結ぶ約28.5kmの導水路と、水の汲み上げや排水などを行う機場と、注水施設から構成
- 昭和49年に建設され、平成12年より運用開始
- 手賀川および坂川流域の内水排除、首都圏への都市用水の供給、手賀沼および坂川の水質浄化を目的とする



# 北千葉導水路の運用方法

- 令和元年度の実績
  - 第一機場において洪水時に1911万 $m^3$ のポンプ排水
  - 江戸川の流量が減少した際に都市用水として6300万 $m^3$ を東京都心などに向けて供給(合計71日間)
  - 手賀沼へ手賀沼貯水量(560万 $m^3$ )の約24倍にあたる浄化用水(1億3400万 $m^3$ ，毎秒最大8 $m^3$ )を注水

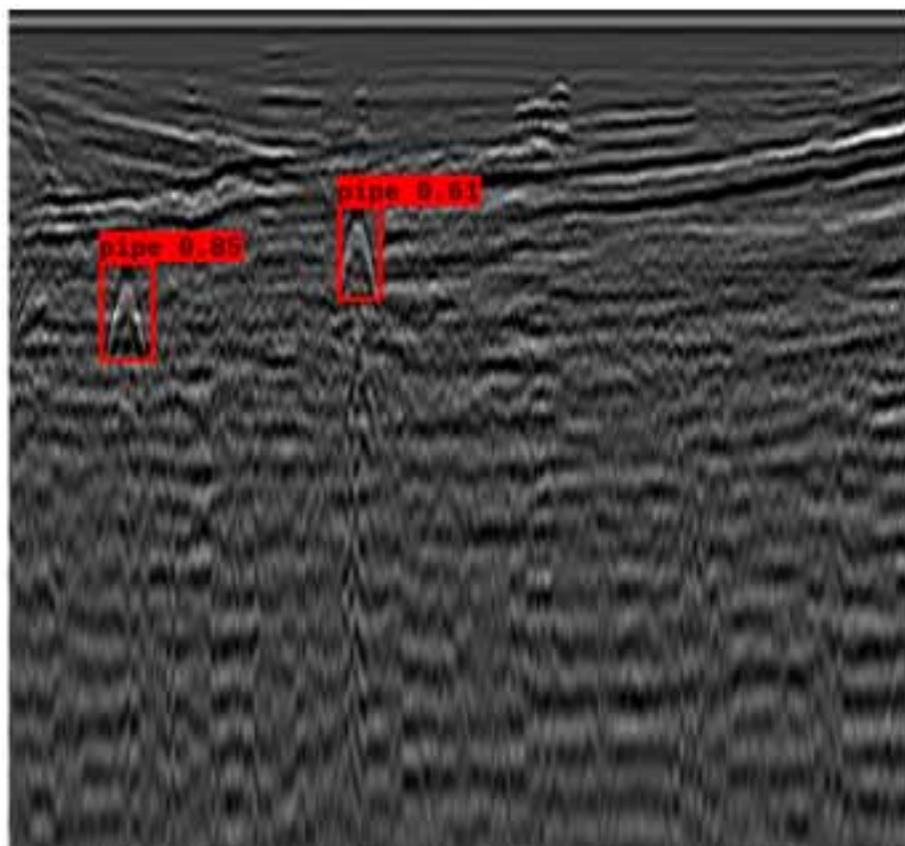


# ≡ 北千葉導水路の維持管理

- 導水路トンネルの損傷や劣化が顕在化してきている。
- 導水路トンネルは農業・工業用水，都市用水の供給や，洪水時の内水排除，近隣湖沼の水質浄化のための注水など，様々な重要な役割を担っており，適切な維持管理は極めて重要。
- 点検・診断の労力は大きく，効率化が求められる。



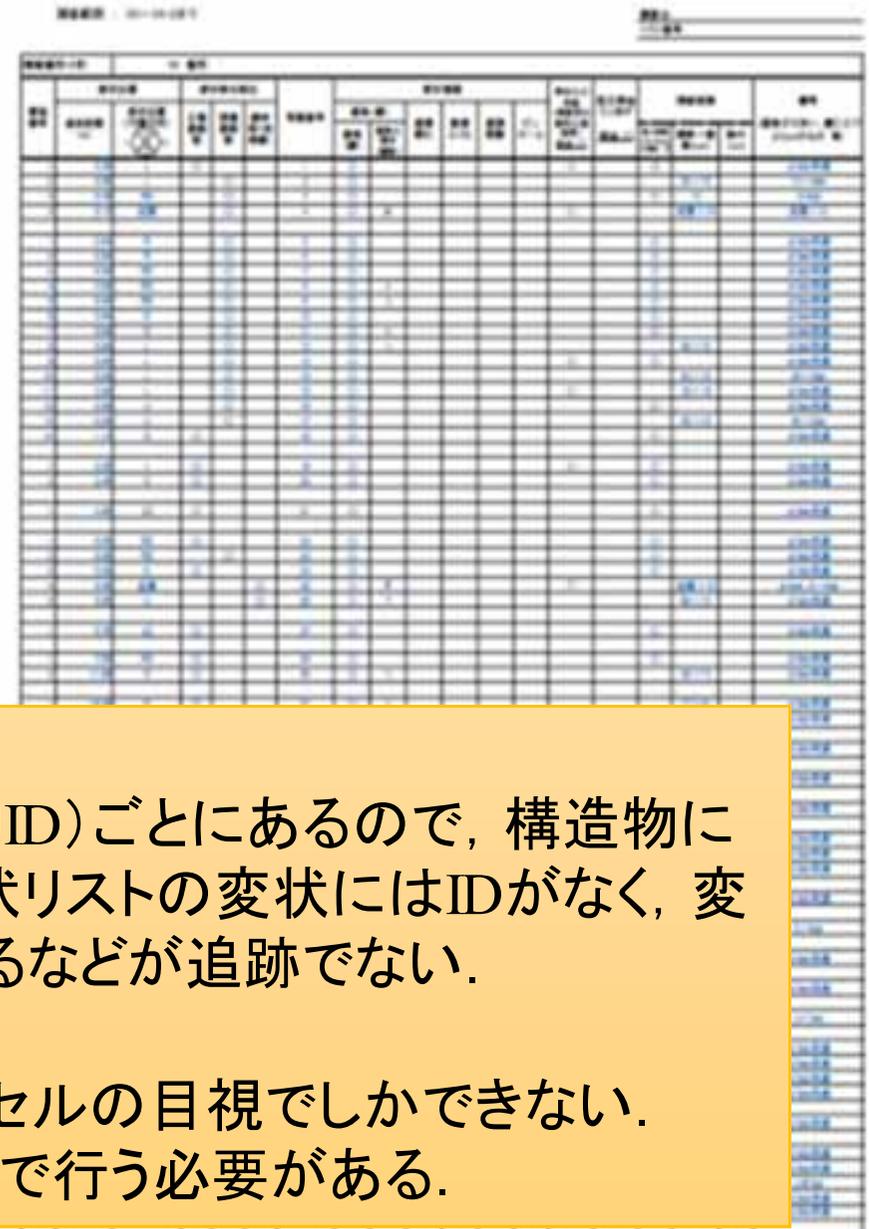
# ≡ YOLOv5による損傷の自動検出



# ≡ 現状のデータセット

変状データの整理表

項目		記入例
管理番号		1
変状位置	追加距離(m)	-0.5
	変状位置(円周方向)	R
変状発生部位	工場塗装部	
	現場塗装部	
	継手部(溶接線)	
写真番号		7
変状内容	腐食(鏽)	腐食(鏽) 複数の場合(個数)
		鏽
備考(腐食が入さい、鏽こかφ3cmのもの等)		L10

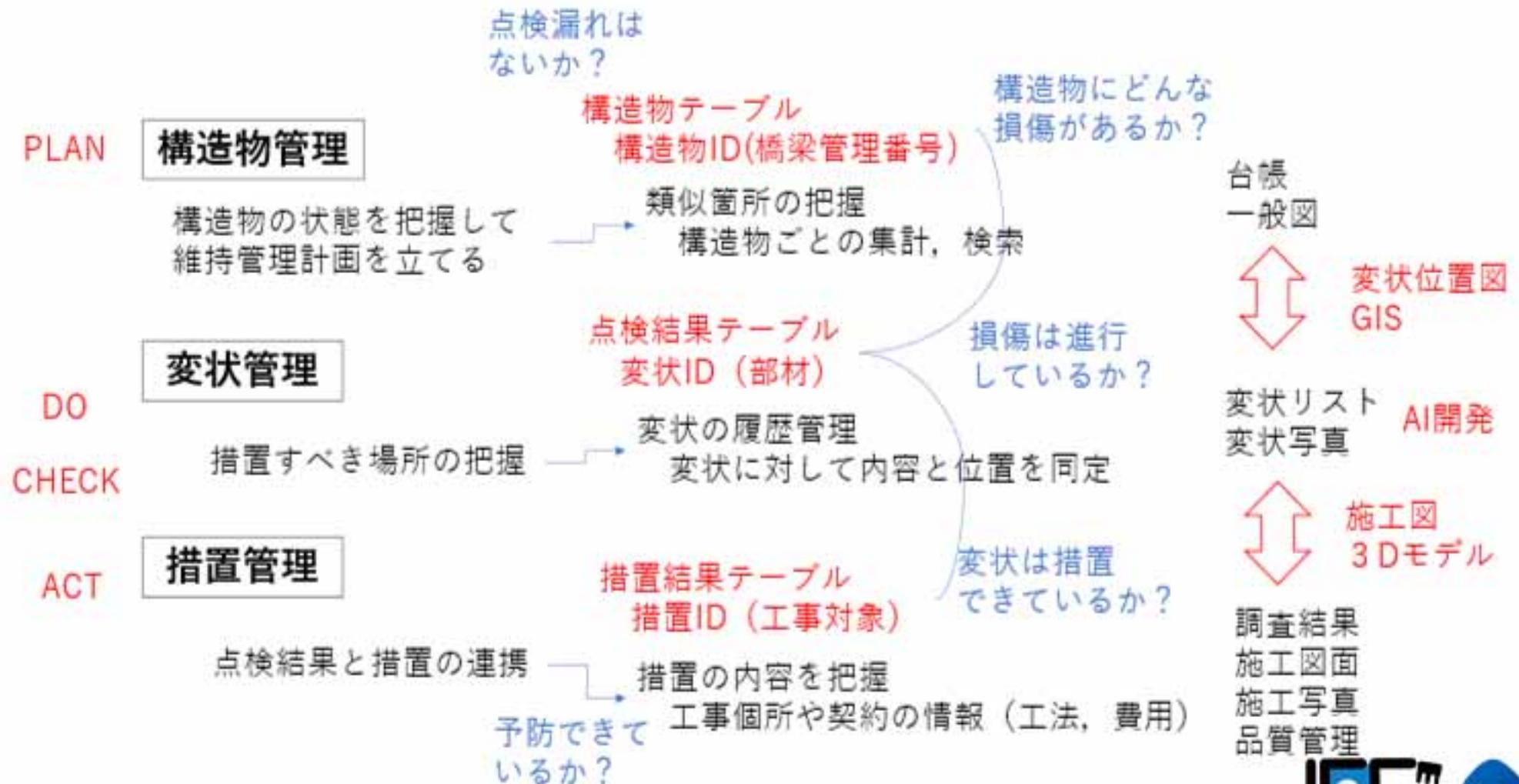


## 課題:

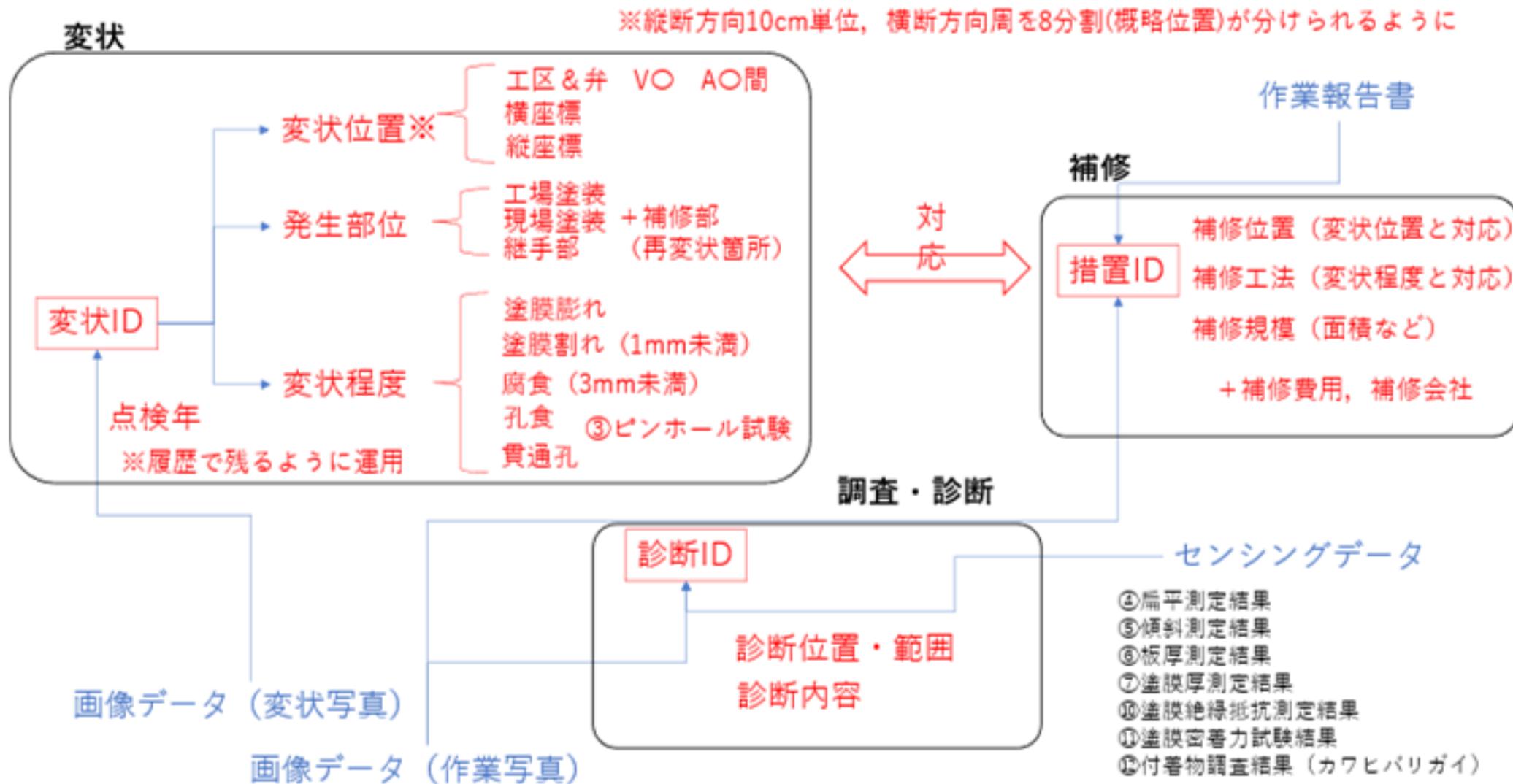
- 変状位置などの変状リストは区間(構造物ID)ごとにあるので、構造物にどんな変状があるかは把握できるが、変状リストの変状にはIDがなく、変状が進行している、措置して無くなっているなどが追跡でない。
- 補修と変状が関連づけられていない。
- 写真と変状内容をリンクさせるなどはエクセルの目視でしかできない。  
→つまり、連携を行うためには人間が手作業で行う必要がある。

# ≡ データ連携の目的

- 現状の蓄積データは、連携などが考えられていない。連携させることで、効率化・高度化へ



# AI用学習データ構築のためのデータ連携



# ≡ 管路内変状管理システムの構築へ

- 複数時期の撮影画像の比較を容易に
- 画像スライダーを含めたようなシステムだとわかりやすい
- 二時期の画像の正確な重ね合わせが重要→研究課題
- 3次元モデルの復元も期待できなくはない→研究課題



# 三 まとめ

- DXの時代において、AI技術の活用は業務の高度化・省力化・低コスト化のキーとなる。
- ただし、そのためにはデータを整備する必要がある。データの整備状態、データの連携状態はまだまだ黎明期にある。
- どのようにデータを整理し、データを連携させるかという点については、ユースケースをもとに整理する必要があるそう。
- 適切なデータ連携は適切な可視化、適切な人間の判断の基礎となるものであり、AI活用の基礎ともなるものであり、極めて重要である。

ご清聴ありがとうございました。

