

インフラ維持管理のための 共有プラットフォーム

代表: 安達 淳 (国立情報学研究所)

国立情報学研究所
北海道大学
筑波技術大学
長岡技術科学大学

平成30年7月19日

センシング



自律型時刻同期
マルチセンシング
多種多様なセンサの利用

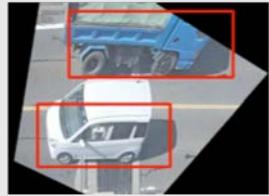
CSAC搭載自律型
時刻同期モジュール



データ分析

信号処理 → 特徴抽出 → 機械学習

通過車両検出と活荷重推定

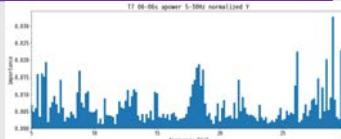


深層学習

・映像
解析

- ・ひずみ
- ・変位
- ・映像
- ・加速度

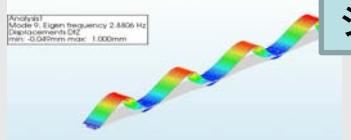
振動数・モード解析



変化点検出



シミュレーション



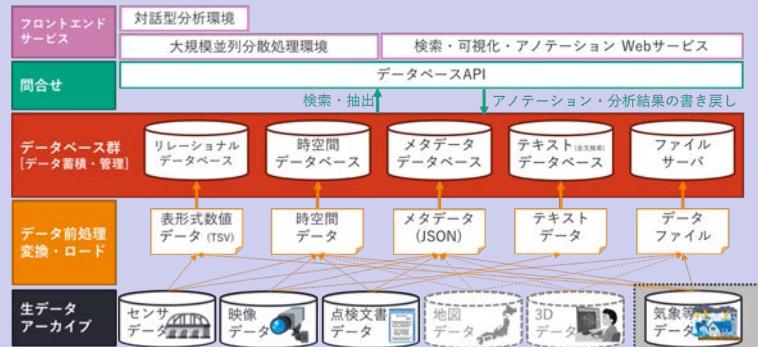
道路管理運営支援

BWIM:
通過車両
頻度・重量推定
既存方式の高精度化

変化点検出
(補強工事効果確認、接合部亀裂の1次スクリーニング)

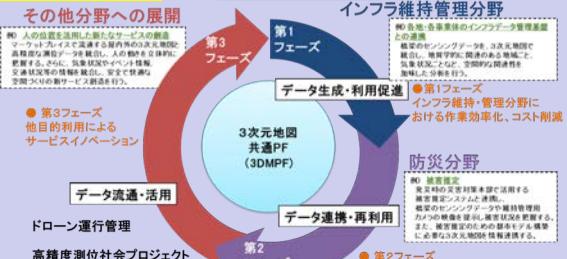
IDAMP

データ管理・分析・共有基盤



3DMPF

インフラ維持管理分野



1. インフラ・センシングの実現例

高精度・低コスト
Bridge Weigh-In-Motion (BWIM)
システム

センシングシステムの目的と特徴

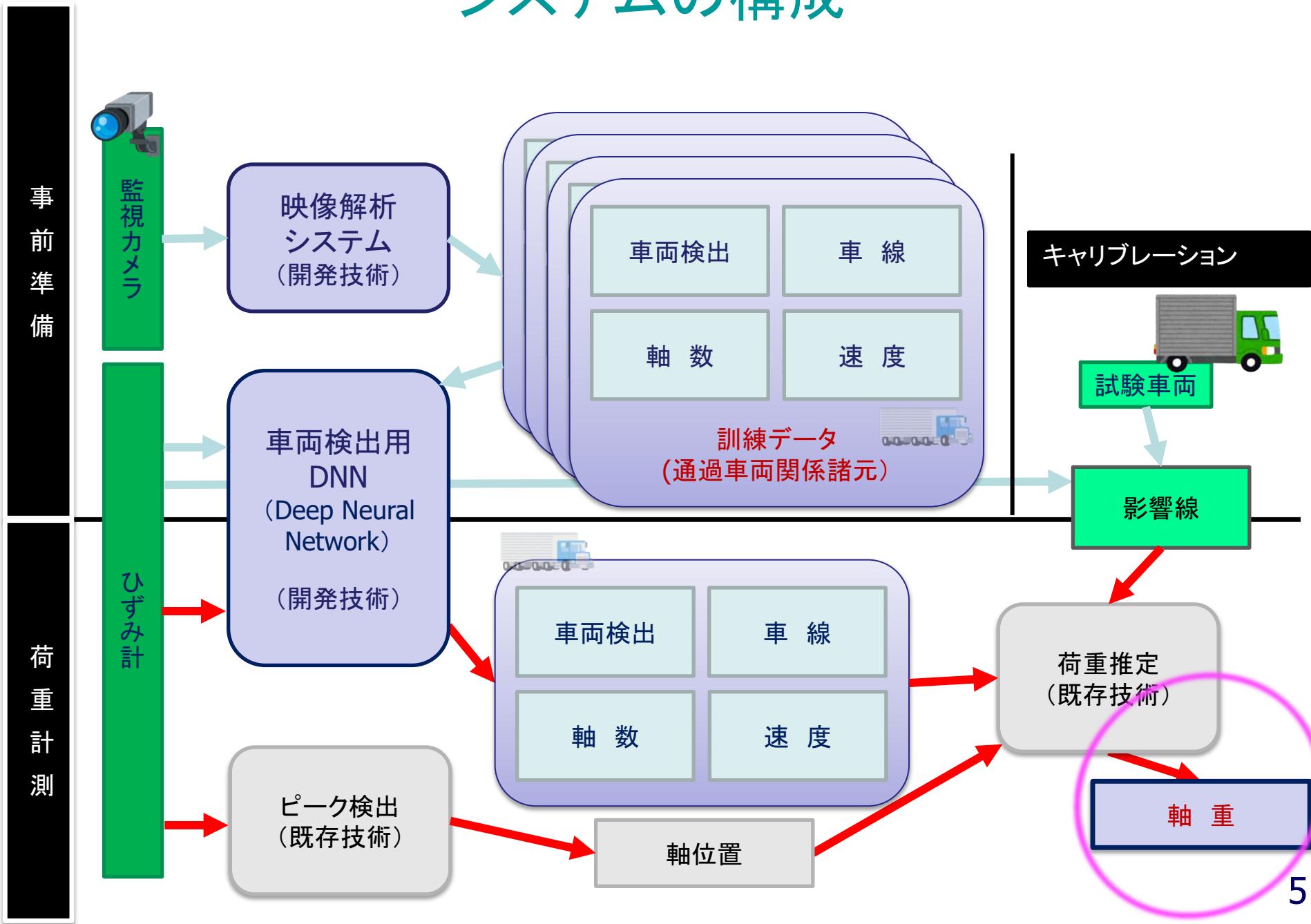
□ 目的

- 橋梁を通過する車両の重量と台数により橋梁の負荷を推定
- 必要な車両諸元を單一センサから取得できるか？

□ 開発技術の特徴

- 走行車線あたり一台のひずみ計で車両検出と活荷重計測を実現
 - ◆ 従来の方法では、通過車両検出・速度・軸数推定のために専用のセンサを設置する必要があったが、この技術によりセンサ数削減・システムの低コスト化が可能
- AIの深層学習機能を活用し多様な橋から得られた計測データの分析の効率化
 - ◆ 従来は橋の特性に合わせて車両検出や速度推定システムのチューニングが必要だったが、深層学習を使うことでチューニングを自動化しシステム導入を容易にする

システムの構成



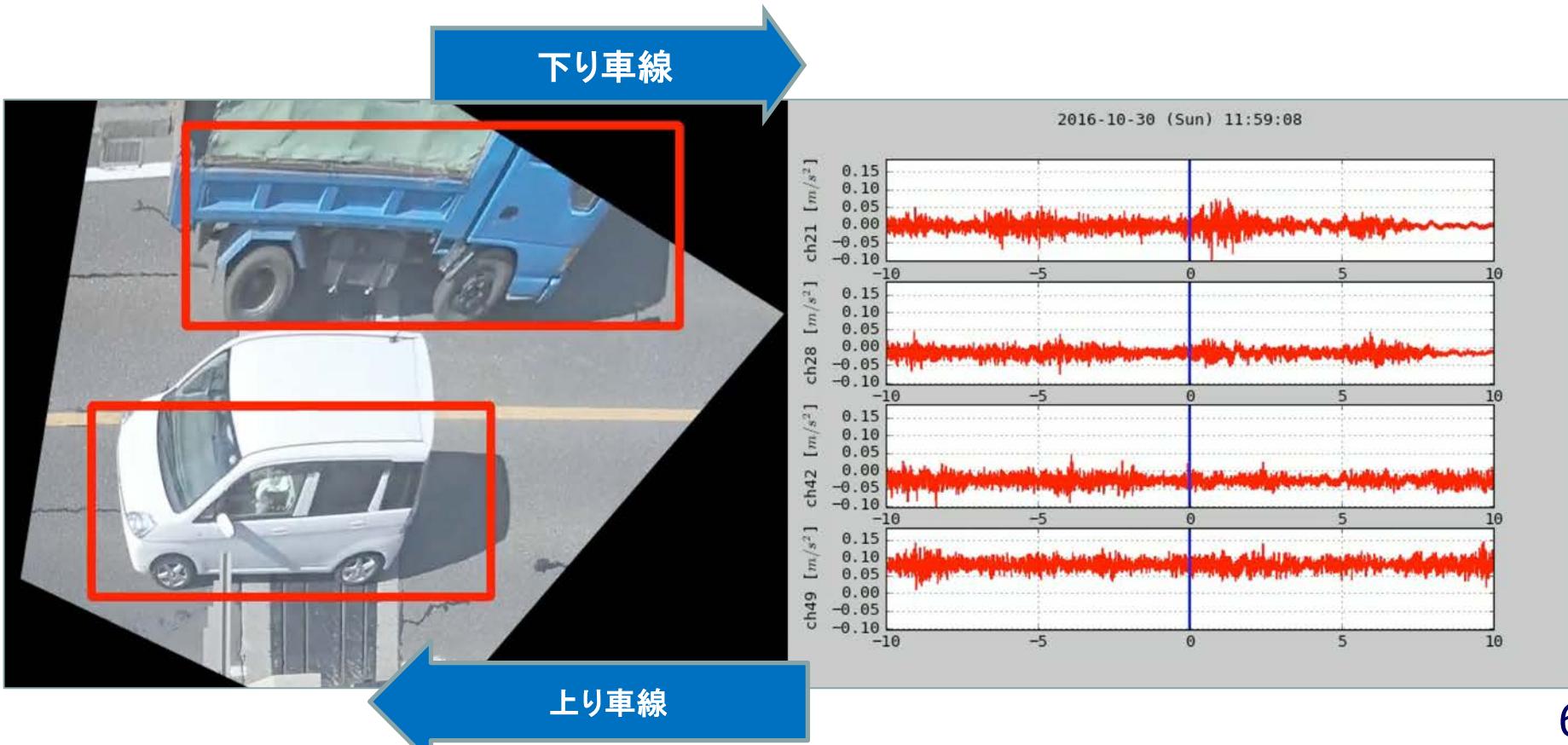
映像解析による訓練用データの作成

□ 目的

- 映像データより通過車両を検出し、関係諸元（速度、車線、軸数）を抽出
- 各車両とひずみ計のデータを結びつける

□ 特性

- 晴天時は高精度で検出できるが、雨天時・夜間は精度が低下



車両検出用Deep Neural Network(DNN)

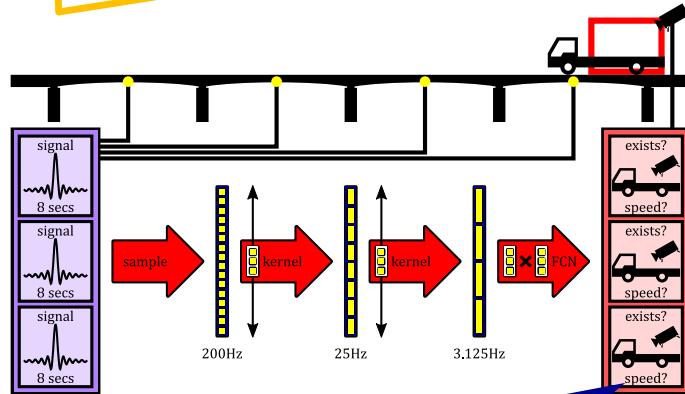
□ 最大11層の畳み込みニューラルネットを利用

Name	Output	Activator	
Task 1	Existence	Sigmoid	車線毎秒の車両の有無
Task 2	Speed	Identity	Mean square
Task 3	Locus	Identity	速度と走行位置
Task 4	Axes	Softmax	軸数を車両毎に

マルチタスク学習

全タスクを同時に学習することで、各タスクに共通の局所最適解への到達を促す

入力は8秒間のひずみ計データ



波形をダウンサンプリングしつつ特徴量を抽出したのち分類・回帰

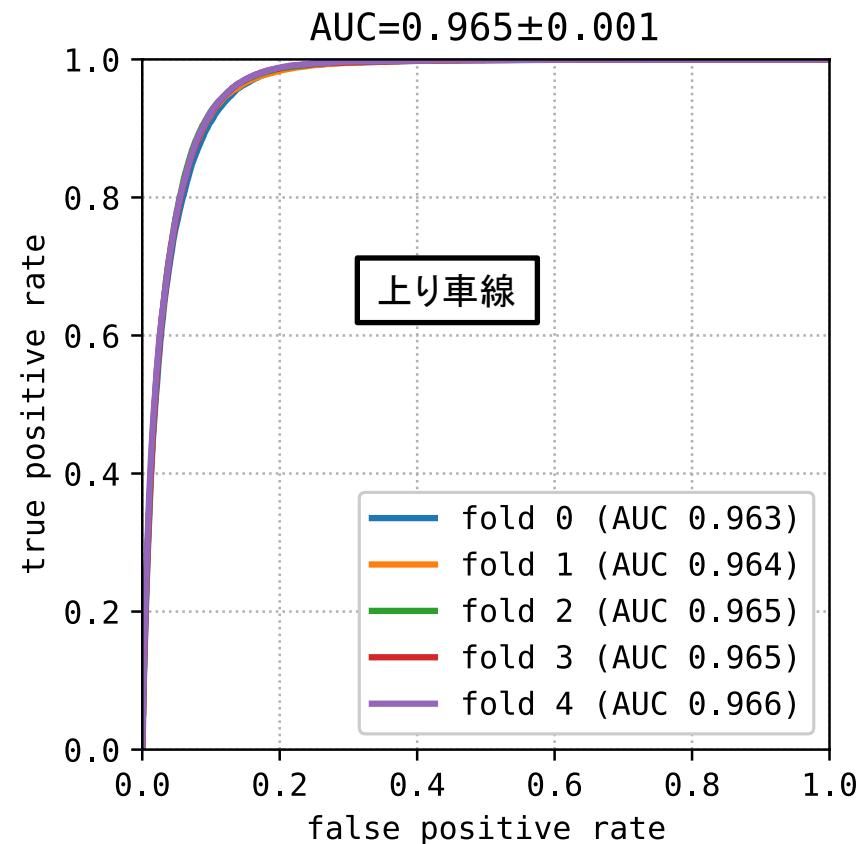
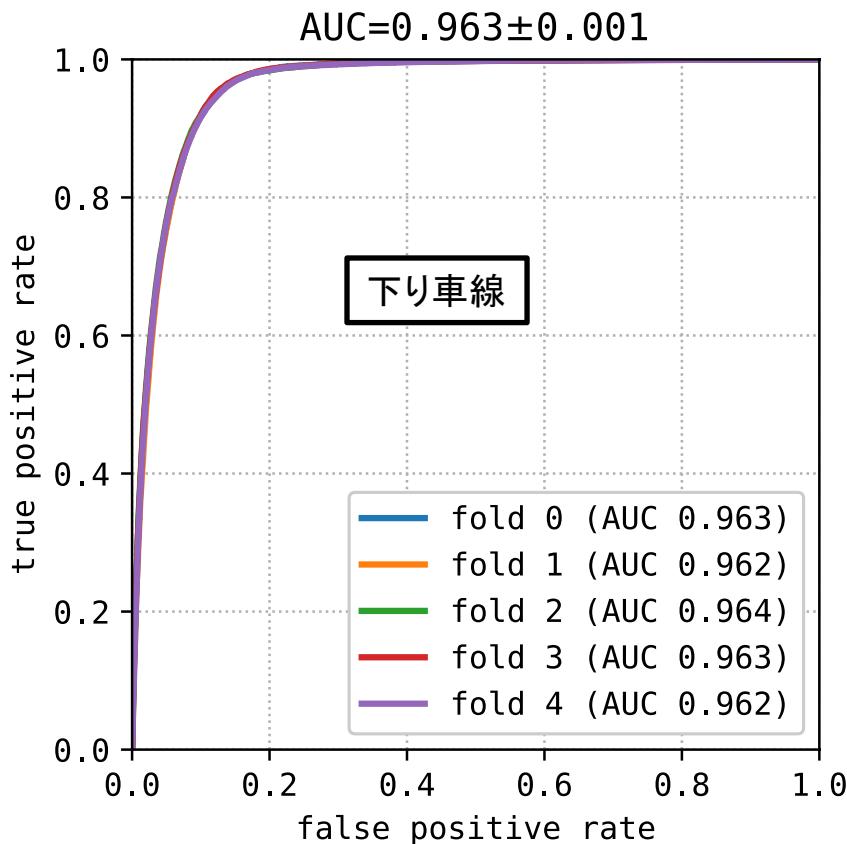
出力は毎秒の通過車両関係諸元
(車両の有無, 速度, 車線, 軸数)

畳み込みニューラルネットワーク

最初の層では高周波の局所的な特徴を捕捉
次の層では中間周波の中域的な特徴に変換
低周波の大域的な特徴を経て、分類・回帰

車両検出の精度

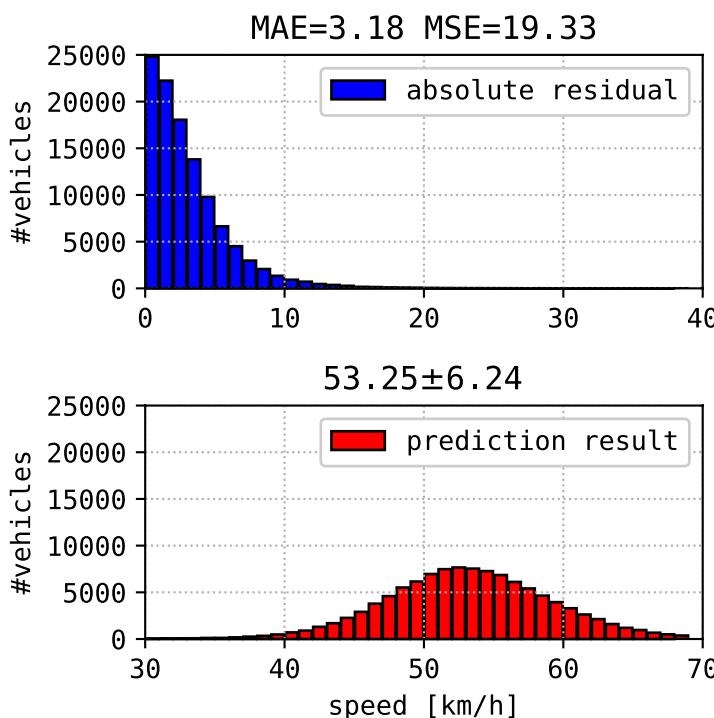
- 曲線の右下の領域の面積(AUC)が大きいほど精度が高いことを意味する
- 上下線とも高精度で車両検出
- 訓練データ (fold 0~4)によらずほぼ同じ精度であり、安定した学習ができる



車両検出用DNNの車両検出精度のROC曲線

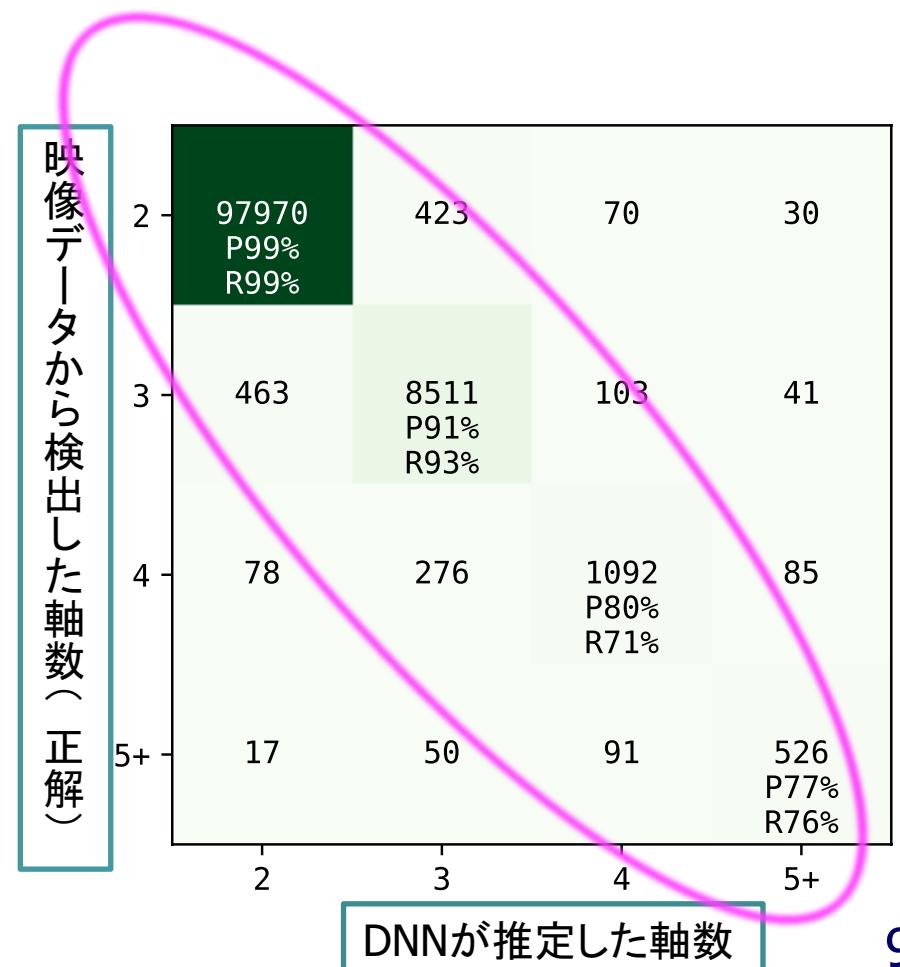
速度推定の精度

- 車両検出用DNNによって推定した速度を映像解析で得られた速度(正解データ)の比較
 - 上図の青は差の絶対値の差
 - 上下車線とも時速3km程度の精度で速度の推定に成功
 - 下図の赤は車両速度推定値の分布



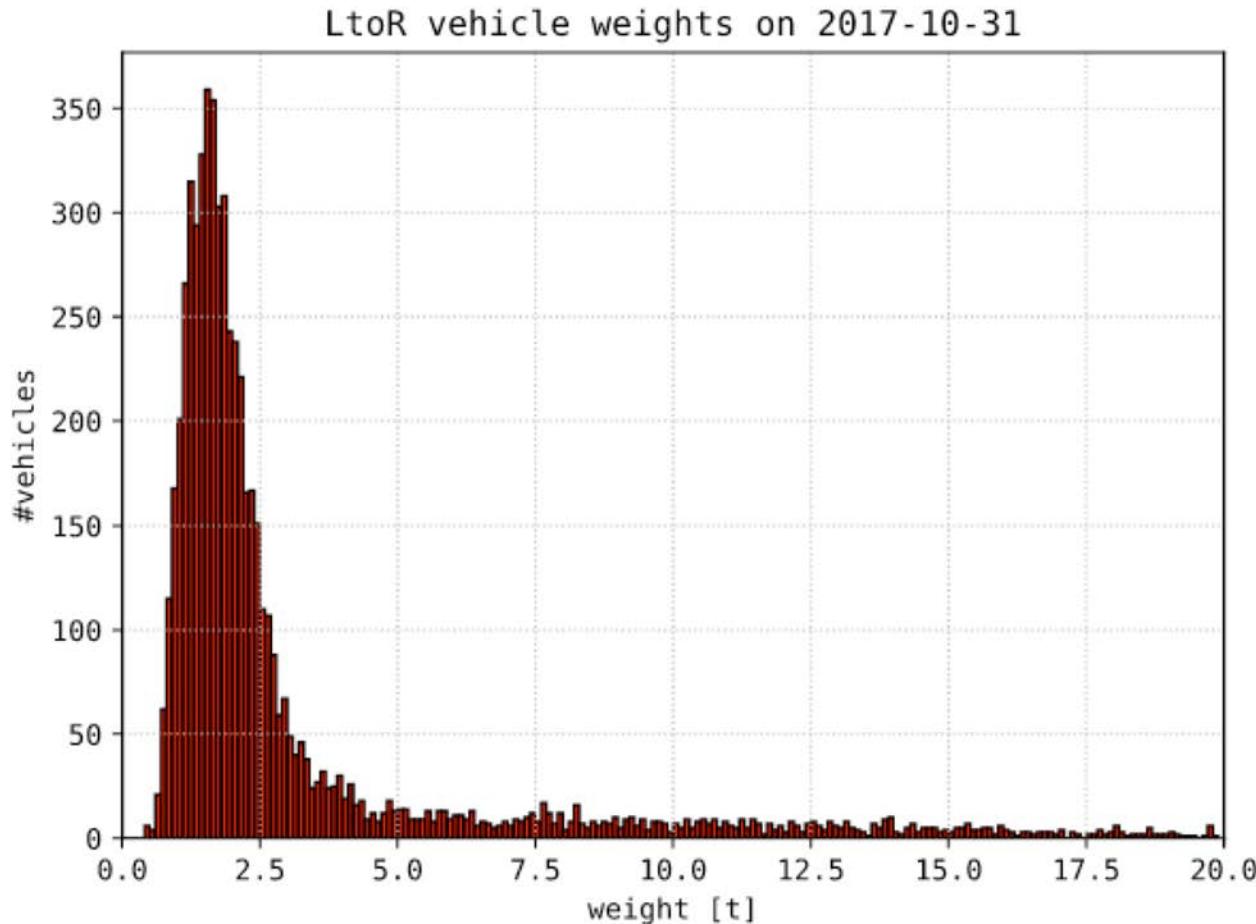
軸数推定の精度

- 2軸、3軸車については高い精度で推定



荷重推定結果

車両検出DNNの学習結果を用いて1日分の通過車両の荷重分布を求める



金沢大学チームが計測した影響線を用い、Mosesによる推定法を適用

インフラ・センシングのまとめ

□ BWIMに最新の機械学習手法を適用

- 多数のセンサを付ける代わりに、センサ単体から豊かな情報を引き出す
- 従来手法よりも簡素化できる

□ センサ1個だけで通過車両の諸元を推定できることを実証

- 車両の通過時刻・車線・速度・走行位置・車軸数
- コンクリート橋でも非常に高い精度を実現

□ 課題

- 計測対象を増やし、技術の完成度を高める。他の橋のデータでも容易に学習できることは実証済み
- 訓練用データ作成の容易化、品質の向上など

2. センシングデータ統合管理分析基盤

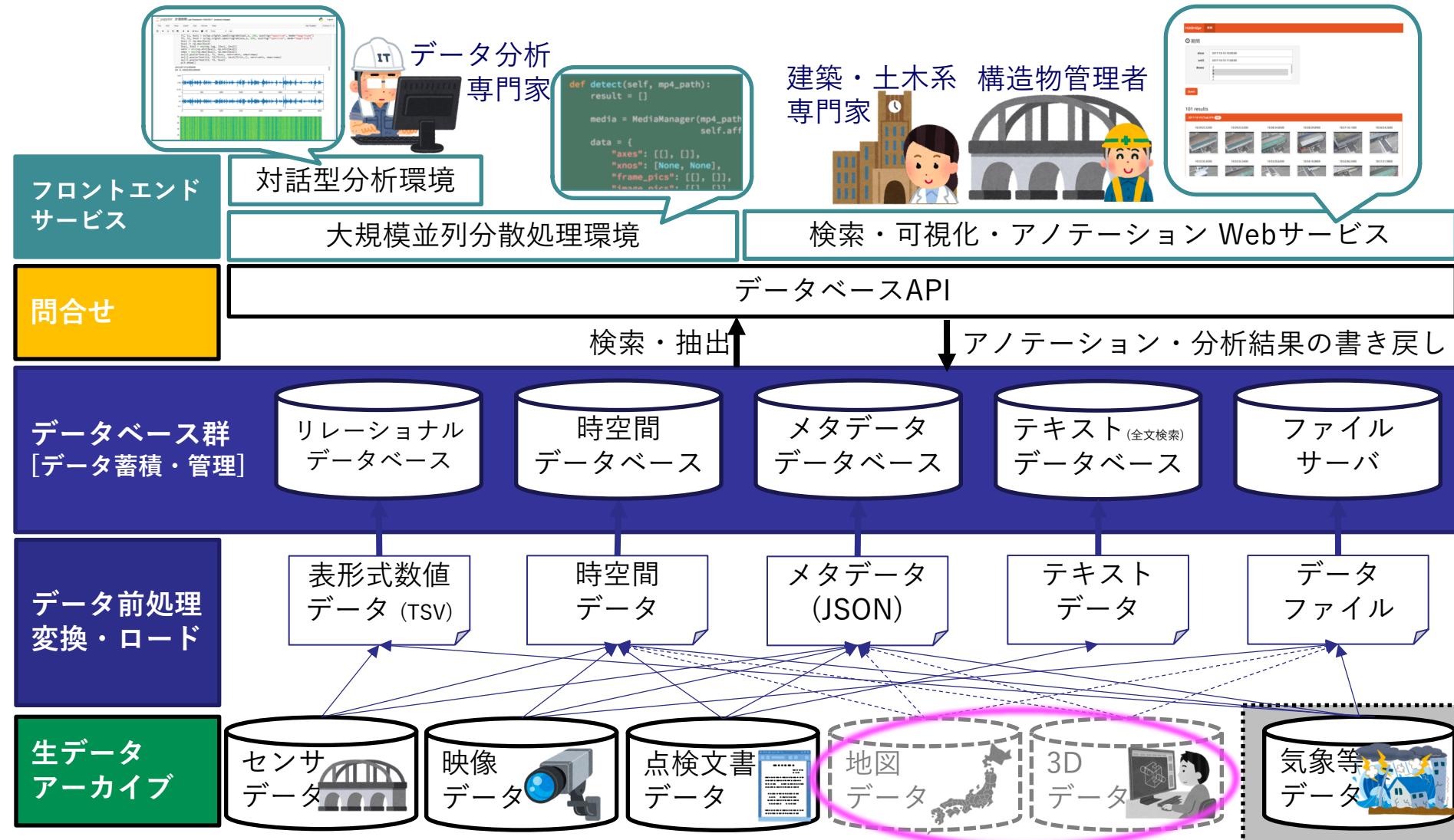
IDAMP: Integrated Data
Management Platform
for Civil Infrastructure Sensing

システムに求められる機能

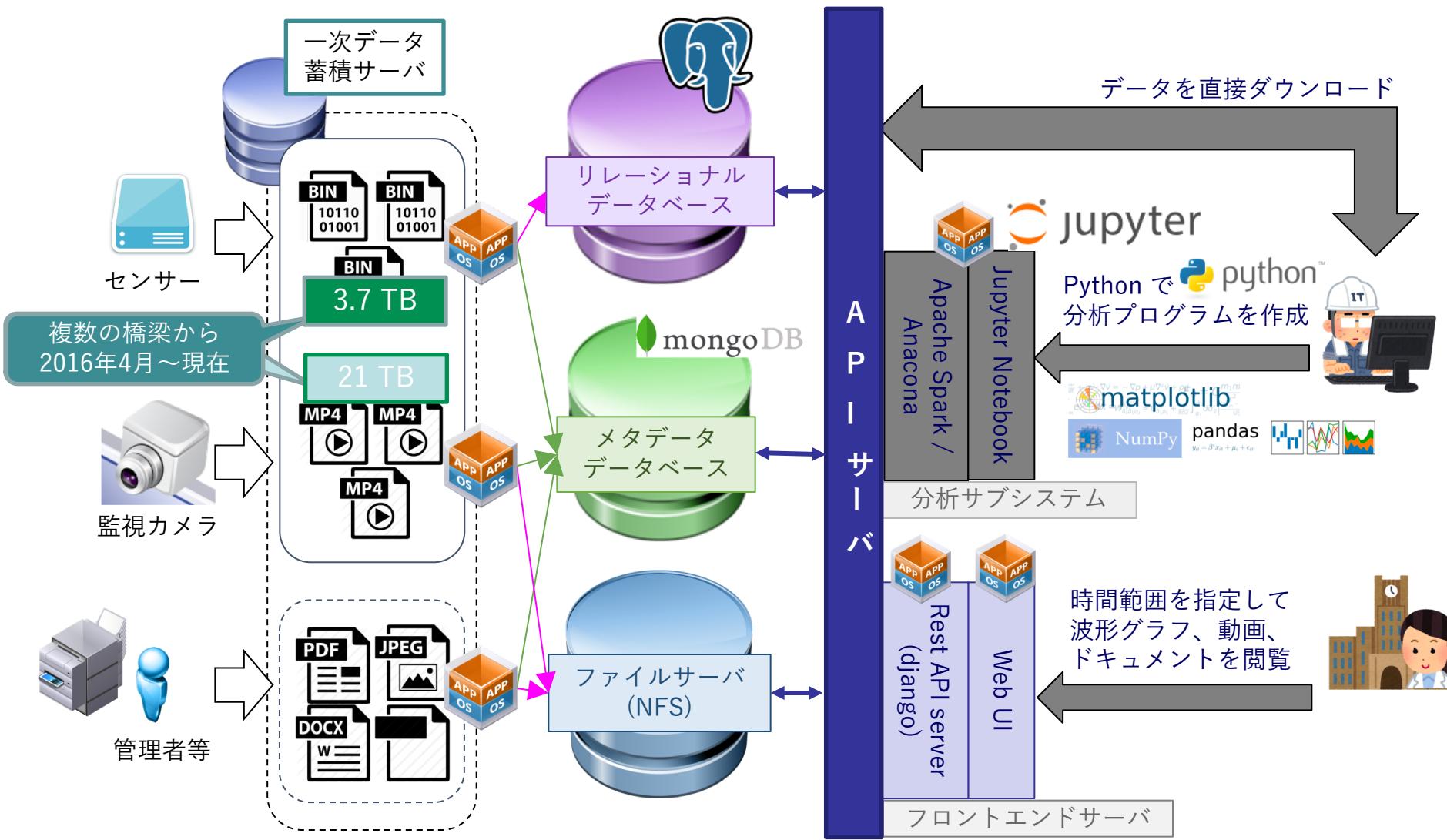
- 大規模データの管理・分析機能
 - ◆ 大規模データの効率的な処理を可能にする索引
 - ◆ GPU等を活用した高速のデータ並列処理
- 多様なインフラ維持データの管理機能
 - ◆ 複数のDBMSを組み合わせたデータ管理
- センシングデータの探索的な分析
 - ◆ 多様なデータの検索・可視化
 - ◆ 分析ツールの共有
 - ◆ 分析過程の共有
- インフラ管理運営に必要な多様な情報のアーカイブ機能

目指す姿

- 各種データの蓄積・管理・検索・可視化
- 各種ユーザによるデータ検索・分析・可視化
- 分析結果の蓄積・管理・検索・可視化



IDAMP 構成図



開発状況

□ 実装済み

- 生データ (DAQ・カメラ) の時間指定検索・表示
- 簡易なインタラクティブ分析：スペクトル分析
- 簡易なバッチ分析：映像からの通過車両検出
- データ投入 (ローディング)

□ 現時点では α 版を開発・運用・テストしている

- α 版 = 外部公開に備えたテスト版
- 基本機能についてテストを行い、バグ (不具合) を発見・修正中
- ソースコードやユーザインターフェースの改善も進めている
 - ◆ β 版 (公開するテスト版) をリリース予定

IDAMP 検索画面例

HotBridge 検索

⌚ 期間

since 2017-10-10 10:00:00
until 2017-10-10 11:00:00

#axes 2
3
4
5

検索条件を指定
時間帯や車軸数など

Quest

101 results

2017-10-10 (Tue) 01h 101

10:59:23.5300 10:59:23.5300 10:58:34.8500 10:58:29.8900 10:57:16.1300 10:56:34.2600

10:55:35.4200 10:55:32.3400 10:55:20.6200 10:54:10.8800 10:52:06.5400 10:51:21.9800

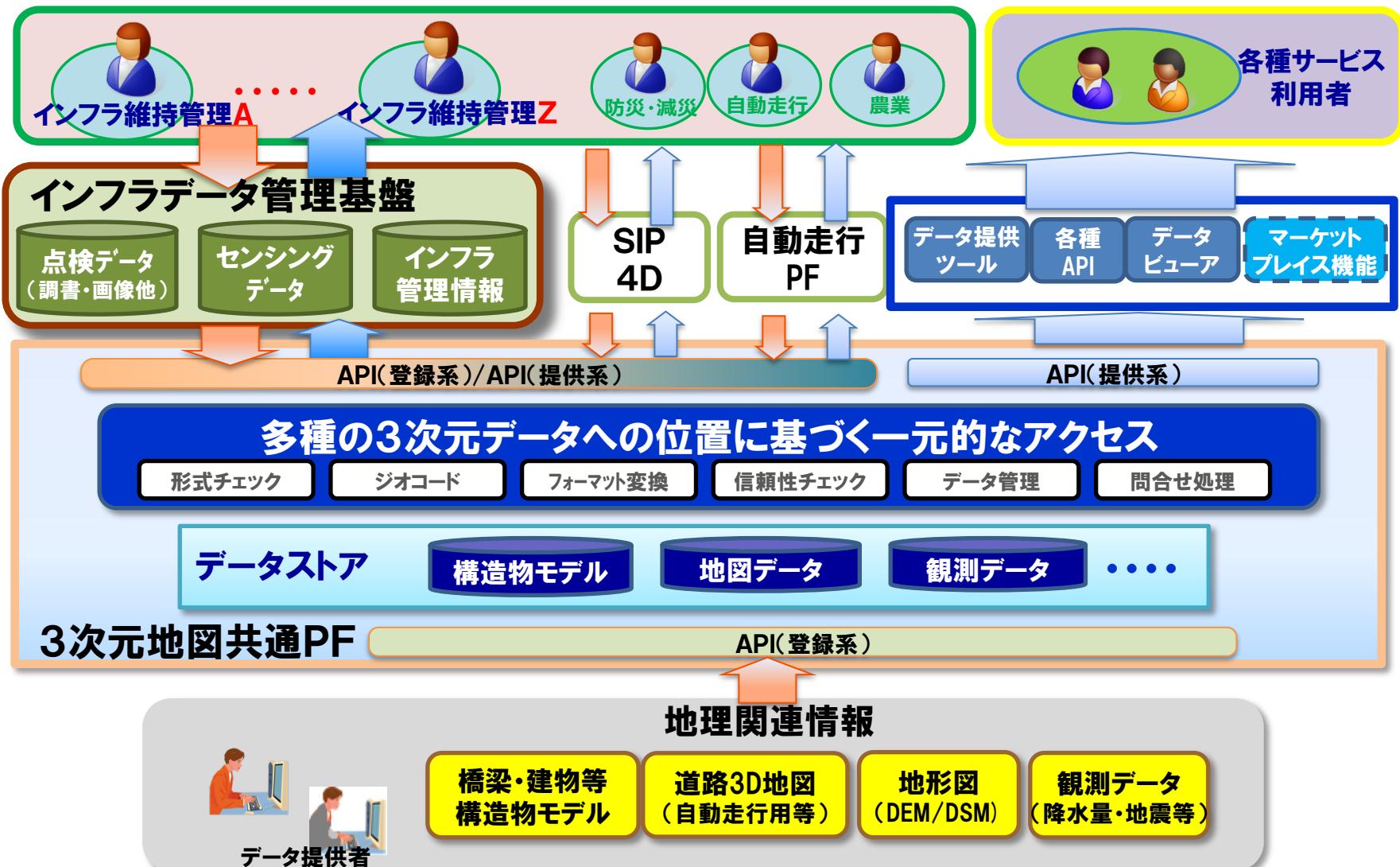
検索結果を表示
映像解析で検出した通過車両
画像クリックで詳細ページへ



3. 3次元地図共通プラットフォーム

3dmpf

3次元地図共通PFの利用イメージ



3次元地図共通PFに求められる要件

各分野における3次元地図データの利活用の状況や課題・要望から、本PFに求められる要件は、**セキュリティリスク・信頼性・データの二次利用**に関連する制約を考慮しながら、**位置に基づく一元的なデータ提供**を実現し、**エコシステム**としてデータの利用・活用を促進していくことと考えられる。

3次元地図共通プラットフォームの主要な検討ポイント

- ①位置情報と紐付ける仕組みの必要性
- ②情報共有・流通に関する仕組みの必要性
- ③セキュリティリスクに関する課題
- ④データの信頼性確保
- ⑤二次利用時のライセンスに関する規定の整備

成功しているプラットフォームの共通項

供給者と消費者を結びつける場を提供すること

エコシステムを形成し、成長・発展させること

統治と知財管理を担うこと

実現するプラットフォームの要件

利用者に必要な情報に対し、
位置に基づく一元的なアクセスを提供する

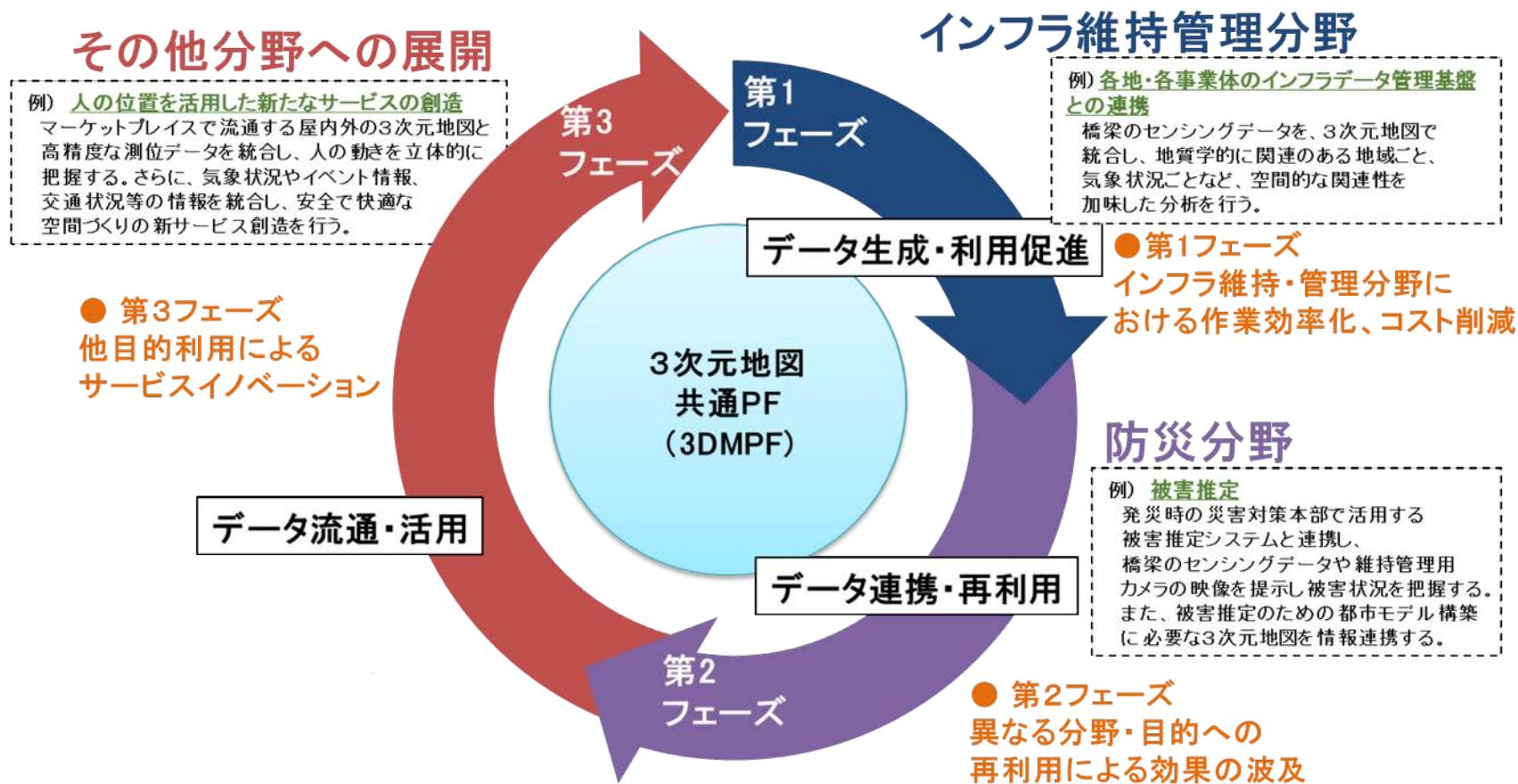
安心してデータを共有・活用するため、
データの信頼性の担保を行う

利活用と新たな用途への活用をもたらす
エコシステムを発展させる

3次元地図共通PFの適用分野拡大のイメージ

ヒアリング結果等を受けて、各フェーズの応用イメージを作成

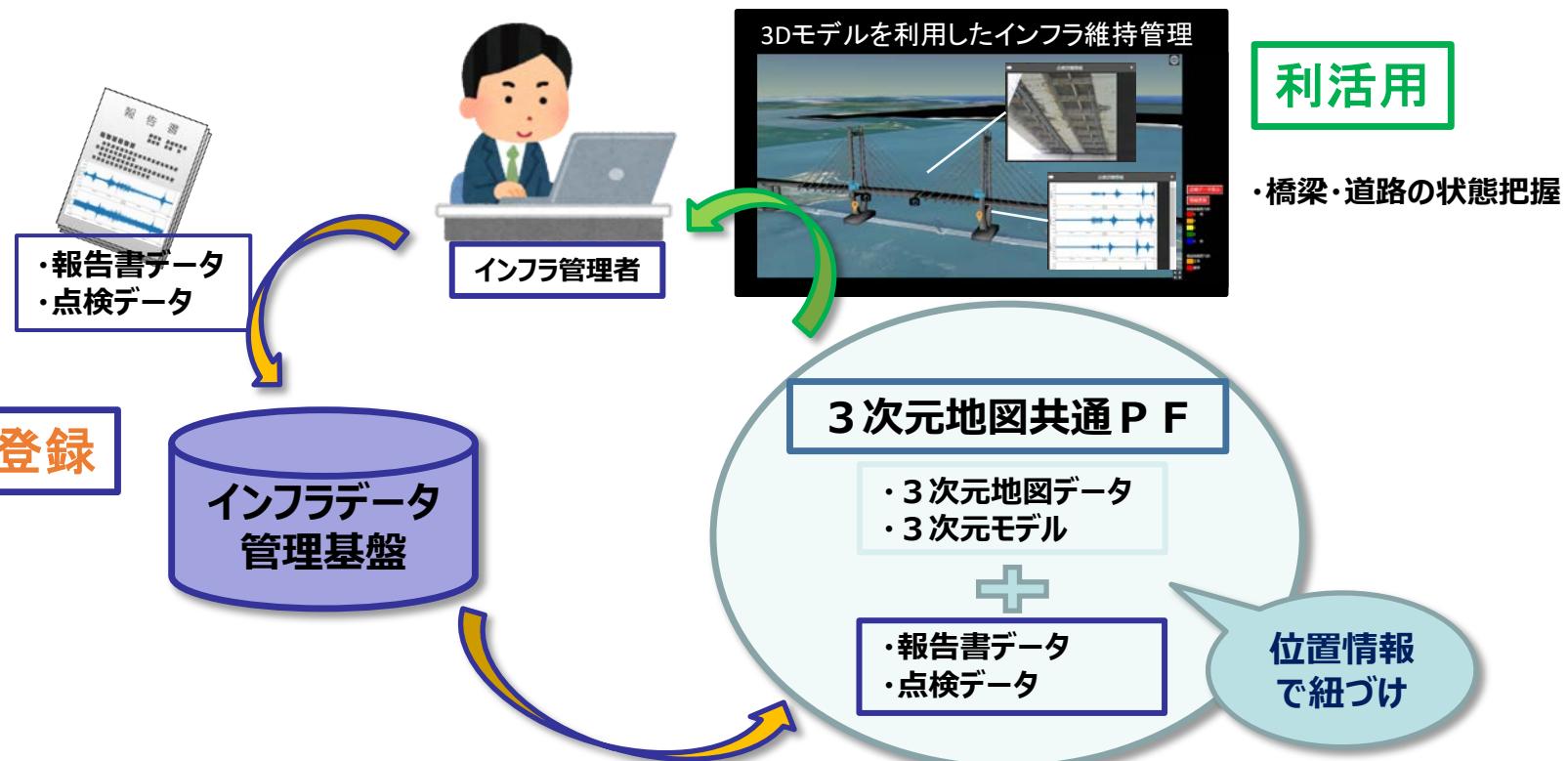
- ・**インフラ維持管理分野**: i-Constructionの取組が普及する近い将来を想定
- ・**防災分野**: インフラ維持管理分野の各種データを連携することを想定
- ・**その他分野**: 各種データを、他の分野に利活用する将来的なユースケースを想定



3次元地図共通PFの役割(インフラ維持管理)

◆ 3次元地図共通PFの役割

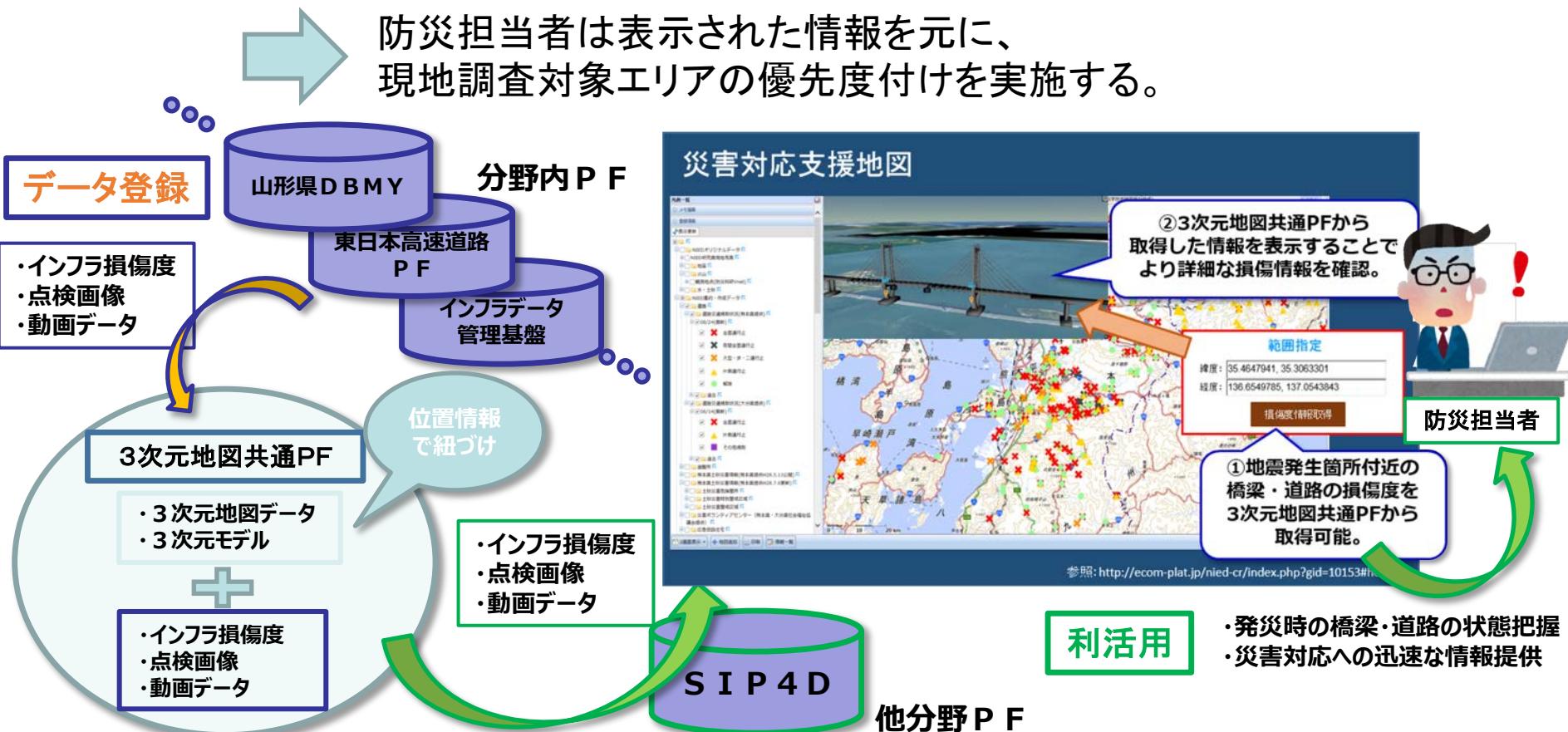
- 将来、主流となる3次元ベースでのデータ管理に向けて、複数種類の3次元地図と、位置紐づけした各データを提供する
- 様々に取得・管理されているデータを3DMPFを介することで俯瞰的・視覚的に参照することが可能



3次元地図共通PFの役割(防災分野連携)

◆ 「災害対応支援のための利活用システム」への連携

災害発生時、インフラデータ管理基盤から3次元地図共通PFを通して、橋梁、道路の損傷度情報を災害対策本部の防災担当者に提供し、防災システム上に表示する。



まとめ

- 橋梁を対象にインフラ・センシングにおける機械学習アプローチを実証
- インフラのための統合的共通データ基盤の実装
 - センシング・データの継続的収集と処理
 - 維持管理運営に必要な情報との統合
- 他分野と共通するデータ基盤の実装
 - 地図情報、気象情報などを一元的に提供