

「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」 の取組と成果

堀 宗朗

JAMSTEC/東京大学

SIPと防災関連のSIP課題

■ SIPの特徴

- 総合科学技術・イノベーション会議が、日本にとって重要な課題、予算等をトップダウンで決定
- 府省連携による分野横断的な取組を産学官連携で推進
- 基礎研究から実用化・事業化までを見据えて一気通貫で研究開発を推進
- 企業が研究成果を戦略的に活用しやすい知財システム

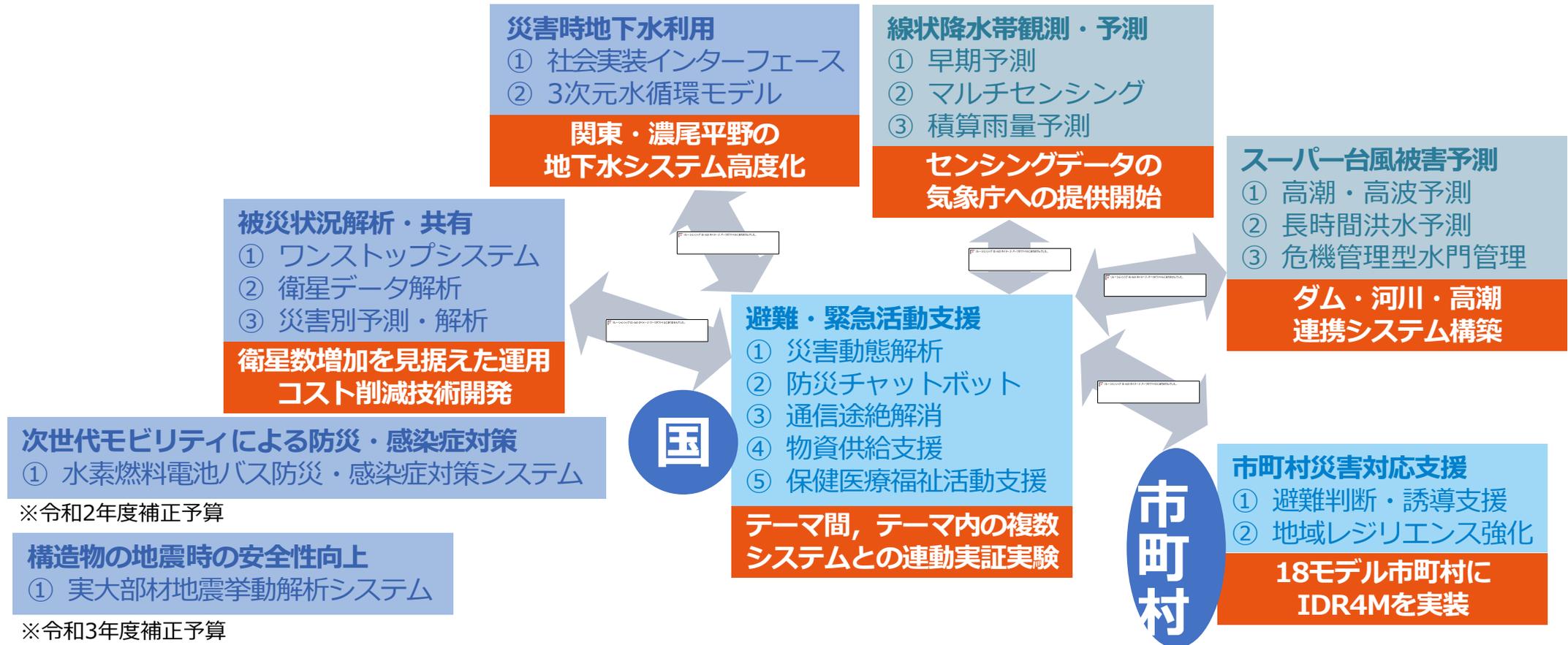
■ SIPの予算

- 「科学技術イノベーション創造推進費」の325億円/年が原資（10程度の課題に配分）
- 自己点検・ピアレビューに基づいて、他の先端課題と競争しながら予算配分（±20%の増減あり）

- 第1期(2014~2018)
レジリエントな防災・減災機能の強化
- 第2期(2018~2022)
国家レジリエンス（防災・減災）の強化
- 第3期(2023~2027)
スマート防災ネットワーク+スマートインフラネットワーク
SIPと同時に開始したPRISMの後継であるBRIDGE（2023~）にも複数課題採択

国家レジリエンスの強化のための情報システム

- 災害の予測情報を生成・共有する国向けの避難・緊急活動支援統合システム
- 国のシステムと連動し地域特性を入れた市町村向けの災害対応統合システム

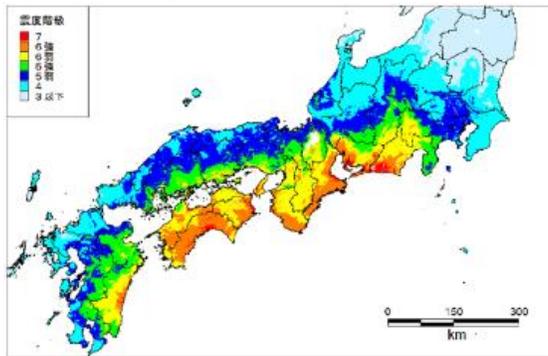


衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発

技術的価値：多様な衛星に対応した高速で実用的なシステム

SIP第2期前

- 発生直後の被害状況が把握できないため、政府災害対策本部が効果的な初動を判断できない



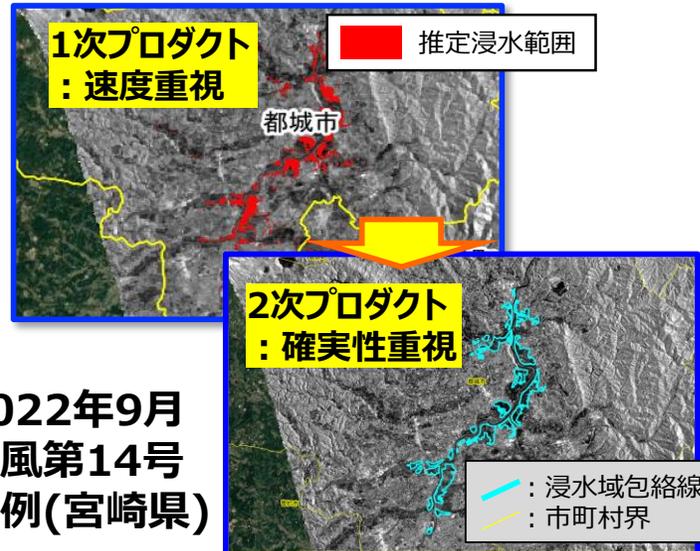
南海トラフ巨大地震では広域に被害が出る恐れ

政府災害対策本部



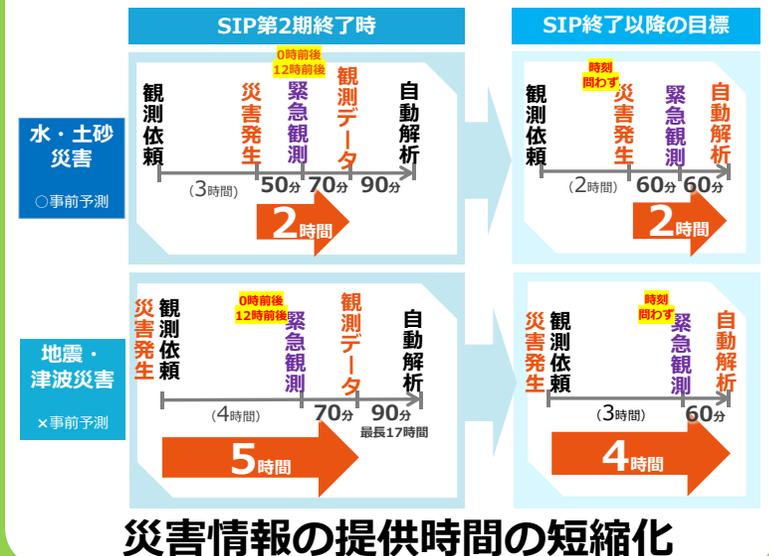
研究成果

- 多様な衛星を一元把握し、広域被害状況を発災後最短2時間程度で提供可能なシステムを開発
- 実証実験や実災害対応を通じて、開発技術、システムの検証や改善を実施



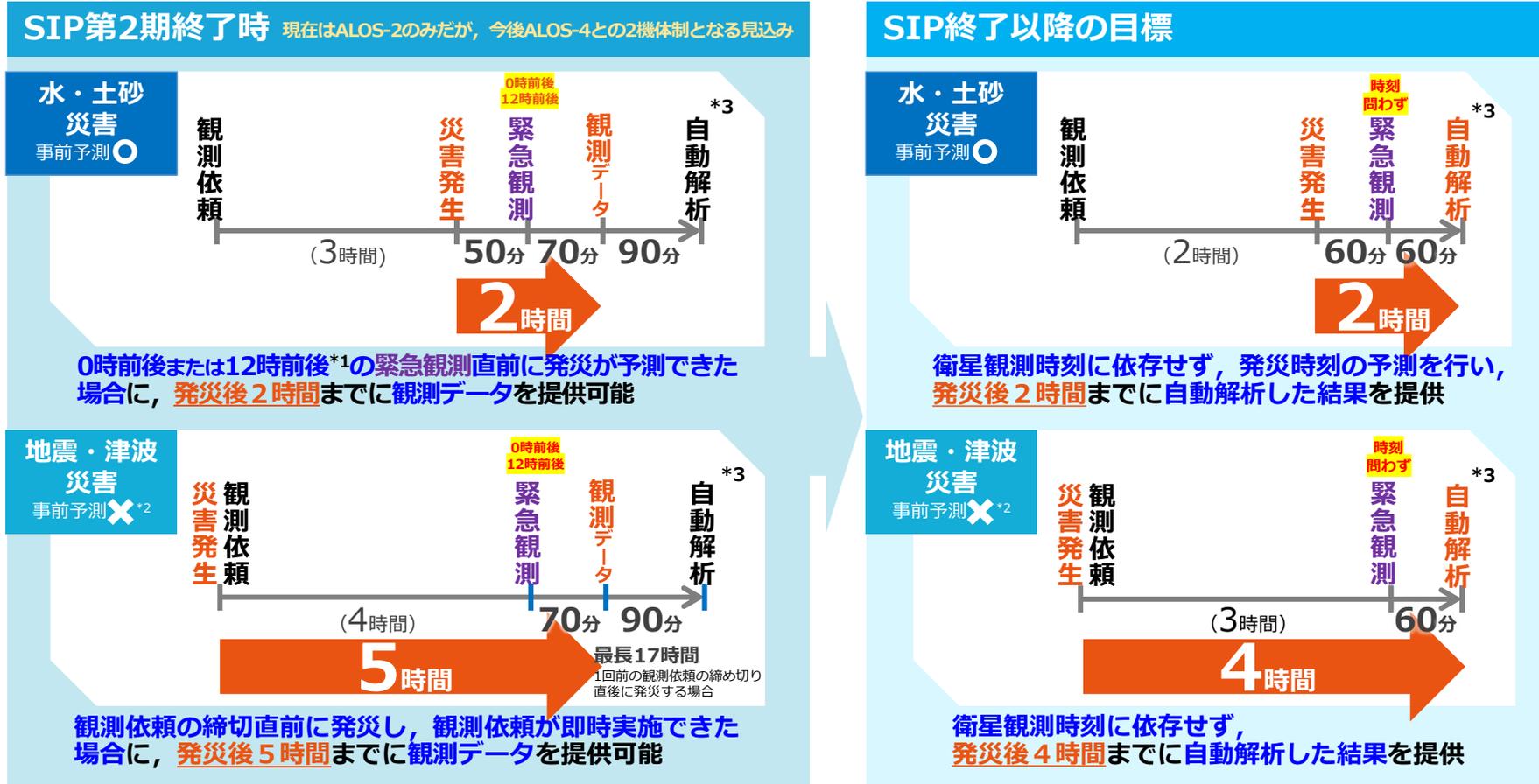
社会実装

- 国交省・内閣府防災とシステムの利用体制を構築
- 小型衛星等への対応を前倒して検討し、社会実装を加速化



SIP第2期終了時の発災後の提供時間，将来的な提供時間目標

- SIP第2期終了時 発災後2時間以内に観測データを提供
- 将来的な目標 発災後2時間以内に観測データの自動解析結果を提供



*1 0時前後または12時前後については，日によってそれぞれ22時半～1時半，10時半～13時半など観測時刻は変動。*2 地震・津波災害は事前予測が困難であるため，発災とほぼ同時に緊急観測依頼する前提 *3 自動解析：観測データから被災エリアを機械学習で自動抽出した結果のこと(1次プロダクト)

衛星観測時刻に依存しない迅速な広域被災状況把握の実現

- 衛星ワンストップシステムを利用した省庁と連携した実災害対応を通じて、システムの評価検証や改善を実施（通算14回の実績）

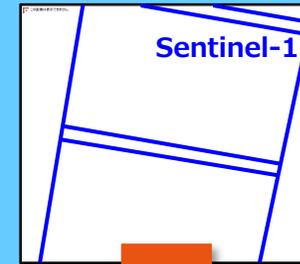
| 災害への適用実績 | | |
|----------|------|-----------------------|
| 年度 | 月 | 災害 |
| 2019 | 7 | 九州南部を中心とした大雨（鹿児島県） |
| | 8~9 | 九州北部の前線による大雨（佐賀県） |
| | 9~10 | 令和元年房総半島台風（千葉県）* |
| | 10 | 令和元年東日本台風（長野県，福島県等）* |
| 2020 | 7 | 令和2年7月豪雨（熊本県） |
| | 9 | 台風第10号* |
| 2021 | 2 | 福島県沖を震源とする地震（福島県，宮城県） |
| | 7 | 梅雨前線による大雨（静岡県） |
| | 8 | 秋雨前線による大雨（佐賀県）* |
| 2022 | 3 | 福島県沖を震源とする地震（福島県，宮城県） |
| | 7 | 7月中旬の大雨（宮城県） |
| | 8 | 8月3日から大雨（山形県，新潟県） |
| | 9 | 台風第14号（九州地方，中国地方） |
| | 9 | 台風第15号（静岡県） |

* 国際災害チャーターと連携

8/3からの大雨@北陸・東北

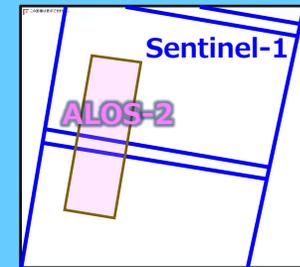
- 3県で時間差の災害が発生
- 国内外の多数の大型・小型衛星を利用
- 観測結果を国交省や内閣府防災へ提供

状況の変化に応じた衛星の最適利用

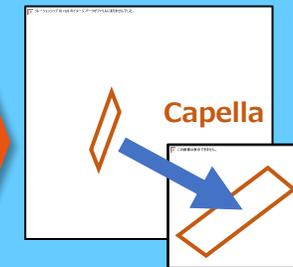


①最上川を含む広域
→定常観測レーダ衛星
Sentinel-1活用
(8/4早朝観測)

②村上市付近
→**ALOS-2**観測依頼
(8/4昼観測)



③石川県付近
→小型レーダ衛星
Capella観測依頼
(8/4夜観測)



衛星ワンストップシステムの有効性を実証し、社会実装を前倒しで検討

政府・自治体での利用

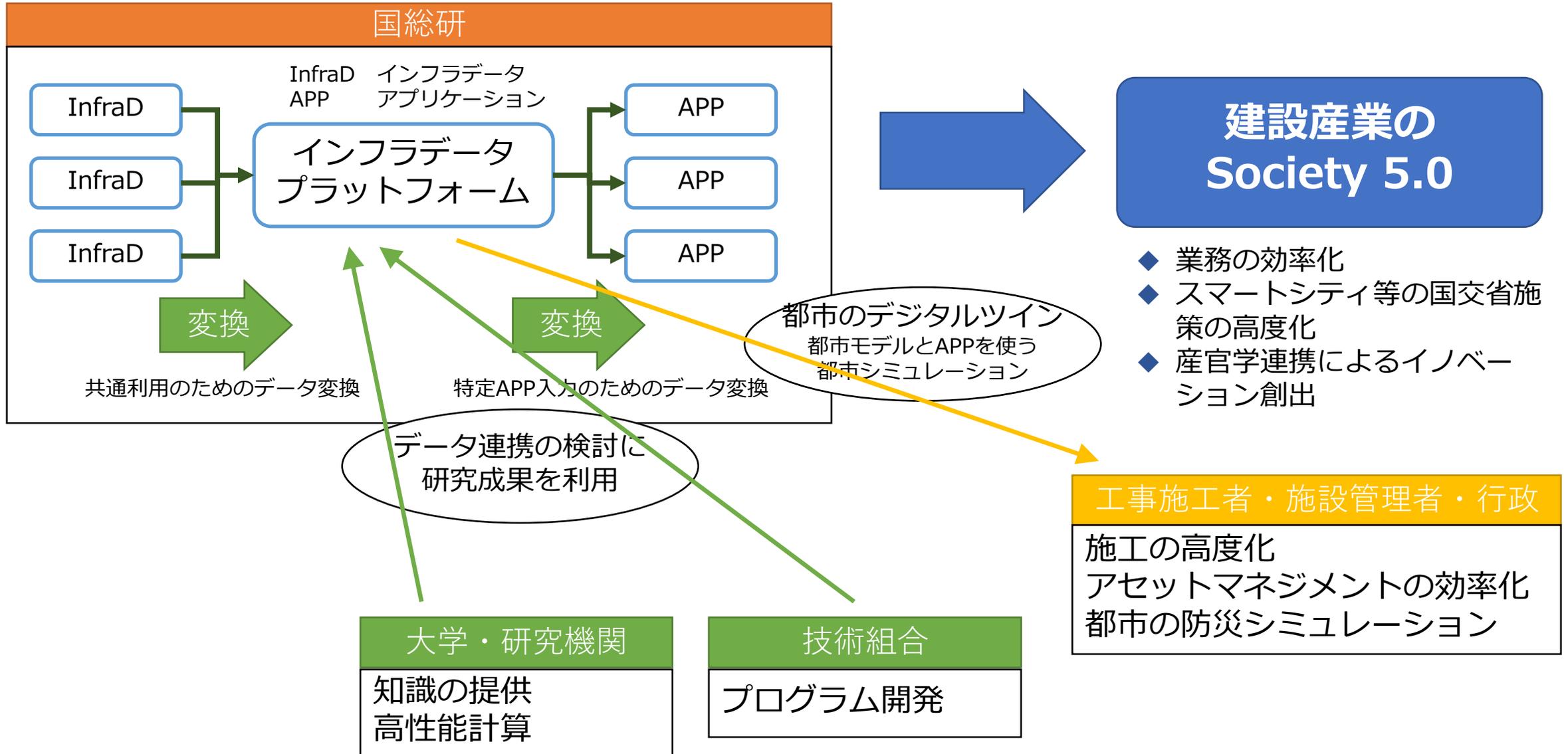
- 実災害での対応
- 政府訓練での対応
- 自治体訓練での対応

都道府県 SIP4D接続

2023年1月時点



SIP第3期 国交DPFを利用する「都市DTサブ課題」



都市DTの基盤技術 : Data Processing Platform

- 互換性が完全ではないインフラデータ

- 互換性の代替として、インフラデータを多様な形式のデータに自動変換

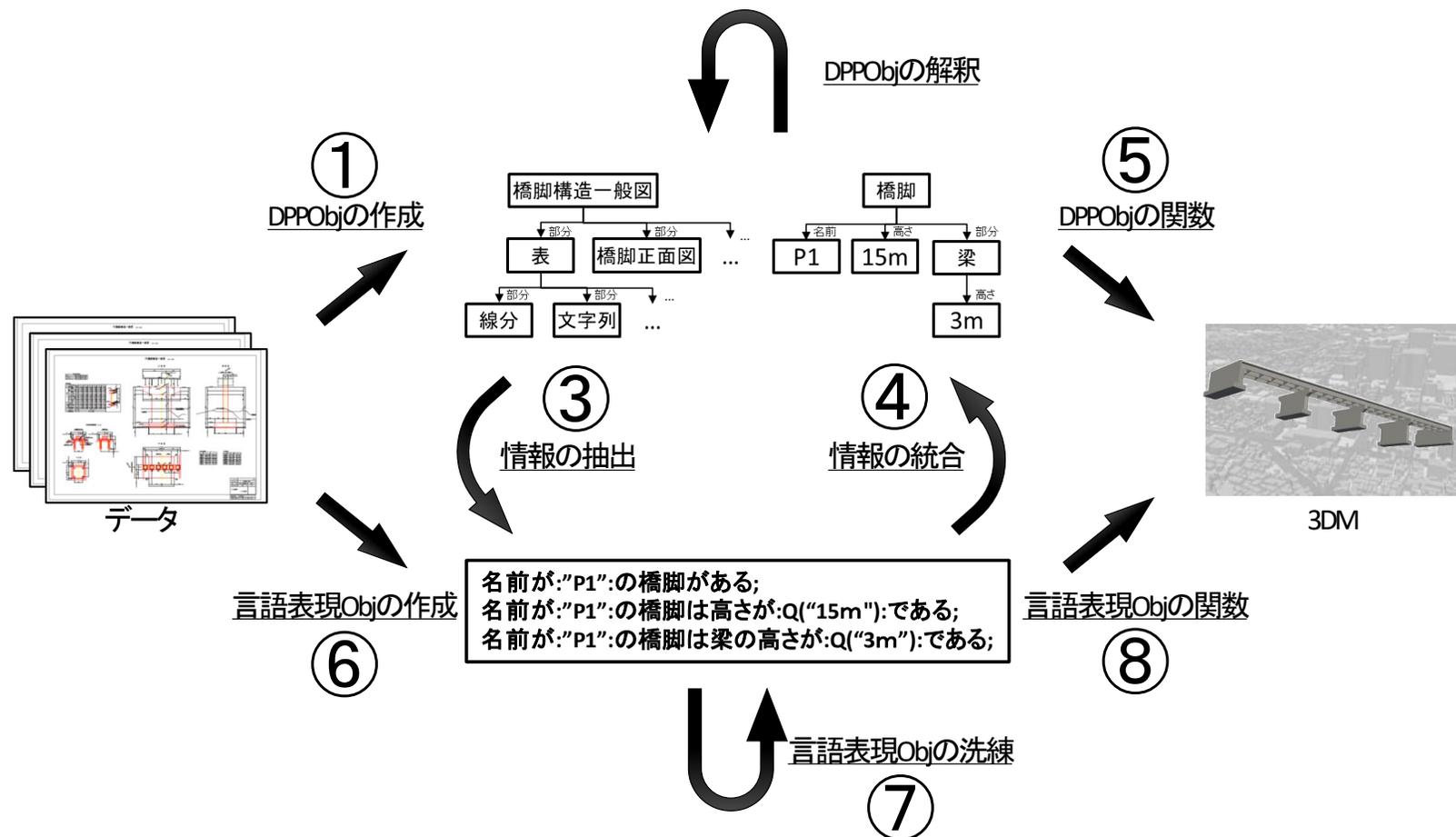
- 自動変換の二つのプログラム

- DPP (Data Processing Platform)

汎用ライブラリ：インフラデータの自動入力・変換・出力のためのツール群
システム研究者がC++を使って研究開発

- DPPスクリプト

特化プログラム：個々のインフラデータの特定の目的の自動変換を実行
建設技術者がDPPを使って作成



DPPの特徴

- 互換性が完全ではないファイルは、正しく認識できるデータは断片的
- 断片的なデータに対し、情報抽出・洗練・統合・解釈を繰り返す、より網羅的なデータに漸近

RC橋梁：自動構築適用範囲の拡張

- 高度化：判読が困難な表
 - 「セル配置」に基づく判読法
 - 「文字列の内容と配置」に基づく判読法
 - 二つの表の判読法を併用

- 橋梁モデル化成功件数
 - 上部構造線系図があることを想定
 - チューンアップをしたスラブ桁橋26橋に対して**25橋成功（96%）**
 - 全種類の**84橋**に対して**31橋成功（39%）**

| 10 | C11 | C12 | C13 | C14 | S4 | GE4 | A2 | CROSS | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|------|
| | | | | | | | | | LINE |
| 25.2767 | 27.3454 | 29.4142 | 31.4829 | 33.5517 | 35.6204 | 35.9704 | 36.1704 | X | L1 |
| 7.3979 | 7.3983 | 7.3988 | 7.3992 | 7.3997 | 7.4001 | 7.4002 | 7.4003 | Y | |
| 6.7947 | 6.7817 | 6.7657 | 6.7465 | 6.7244 | 6.6991 | 6.6945 | 6.6919 | Z | |
| 25.2134 | 27.2822 | 29.3509 | 31.4197 | 33.4884 | 35.5572 | 35.9072 | 36.1072 | X | L2 |
| 6.9979 | 6.9983 | 6.9988 | 6.9992 | 6.9997 | 7.0001 | 7.0002 | 7.0002 | Y | |
| 6.6951 | 6.6822 | 6.6662 | 6.6472 | 6.6251 | 6.5999 | 6.5954 | 6.5927 | Z | |
| 25.2023 | 27.2711 | 29.3398 | 31.4086 | 33.4773 | 35.5461 | 35.8961 | 36.0961 | X | G1 |
| 6.9279 | 6.9283 | 6.9288 | 6.9292 | 6.9297 | 6.9301 | 6.9302 | 6.9302 | Y | |
| 6.6944 | 6.6815 | 6.6656 | 6.6466 | 6.6245 | 6.5994 | 6.5948 | 6.5922 | Z | |
| 24.7389 | 26.8077 | 28.8764 | 30.9452 | 33.0139 | 35.0827 | 35.4327 | 35.6327 | X | L3 |

「セル配置」に基づく判読法が不得手な表（右側に項目欄）

| スラブ桁橋の26橋梁データ | |
|---------------|-----|
| 3次元モデル自動生成 | 橋梁数 |
| 成功 | 25 |
| 失敗 | 1 |

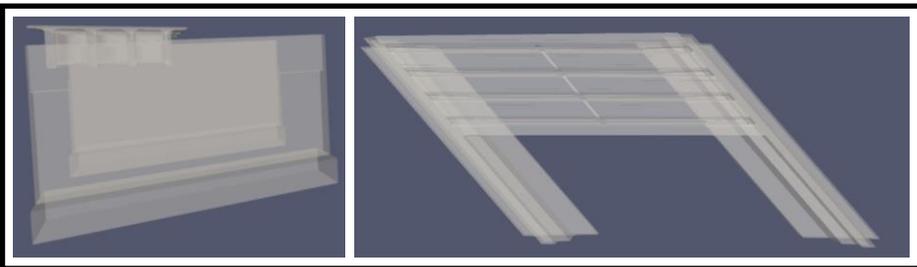
注) 3次元モデルはLOD200相当の詳細度

| 117橋梁データ（スラブ橋含む） | | |
|------------------|------------|-----------|
| 上部構造線形図 | 3次元モデル自動生成 | 橋梁数 |
| 有 | 成功 | 51 |
| | 失敗 | 49 |
| 無 | 生成不可能 | 17 |

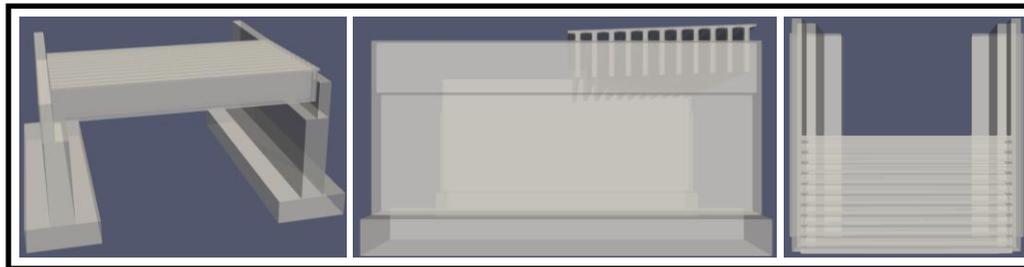
平均処理時間（1工事，数10枚のデータ）

- ◆ 改良前 26分/工事
- ◆ 改良後 2分/工事

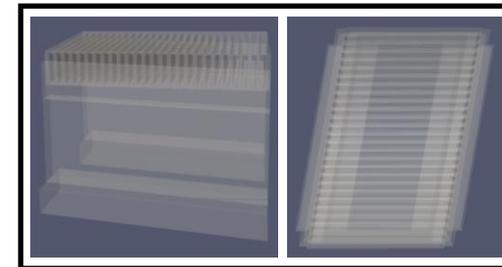
RC橋梁：成功事例



国道6号千代田石岡BP幸町田島下線跨道橋上部工事



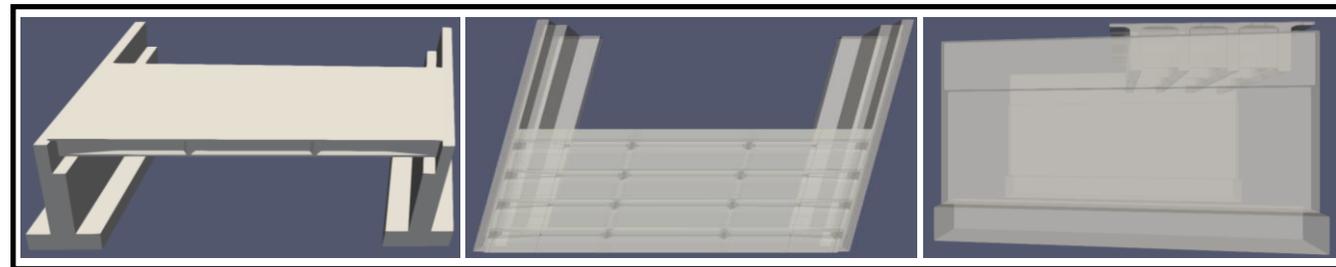
圏央道内野山橋上部工事



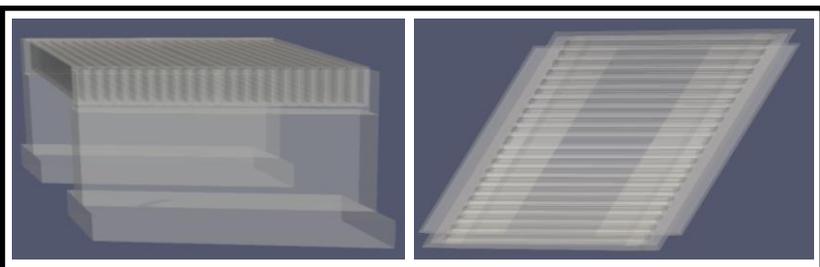
藤沢川橋



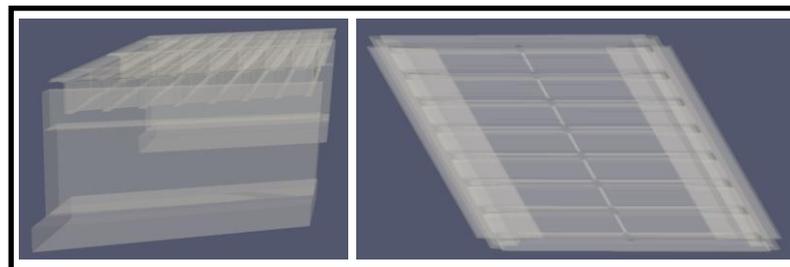
佐久南IC Bランプ橋



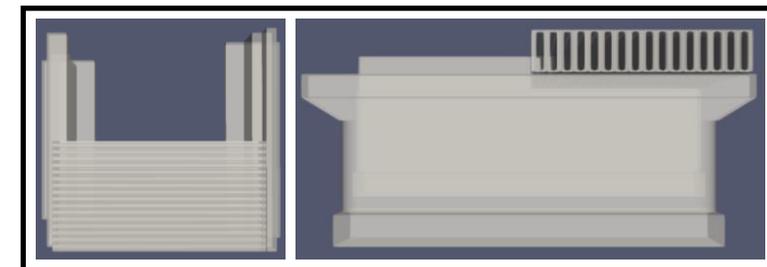
圏央道浄向川第1橋上部工事



沖村橋



荻窪川橋上部工事

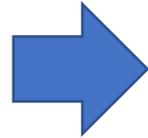


国道6号土浦BP桜川橋上部工事

RC橋梁：FEM解析入力ファイルの自動生成

解析ノウハウを持つ専門家が
入力ファイルを**手作業**で作成

従来



DuCOM-COM3用入力ファイル

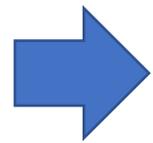
- ① 内部の鉄筋情報も考慮したFEMモデルの生成アルゴリズム
⇒ 変更なし
- ② 複雑な形状を図面からそのまま構築し、**4面体でメッシュ**を生成
- ③ 「**形状ファイル**」と「**材料情報ファイル**」が**密結合**
⇒ **手作業**で入力ファイルを修正)
- ④ **境界条件・過重情報** (図面に非存在) を**手作業**で作成

2つのファイル内に解析ノウハウを保持し、条件に合った**入力ファイル**を**自動生成**

形状ファイル

材料情報ファイル

節点番号・要素番号に代わってPhysical Nameで情報を紐づけ



DuCOM-COM3用入力ファイル

将来
(現在)

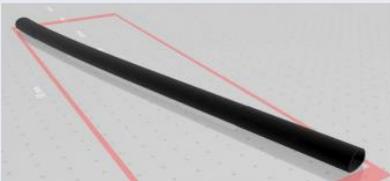
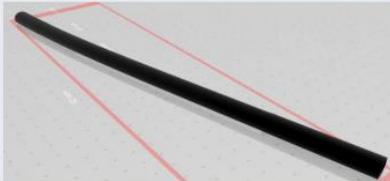
専門家の解析ノウハウを取り込んだ自動化

- ① パラメトリックモデルを再検討、境界条件・荷重方法の検討
 - 必要最低限のパラメータに限定した**メッシュの簡素化(6面体メッシュの利用)**
 - **固定条件**(境界条件)や**荷重方法**(荷重データ)等の専門家の知見の取り込み
- ② 「**形状ファイル**」と「**材料情報ファイル**」を**疎結合化**
- ③ 「**形状ファイル**」と「**材料情報ファイル**」を**自動統合**して、**境界条件・荷重情報**を簡易に設定

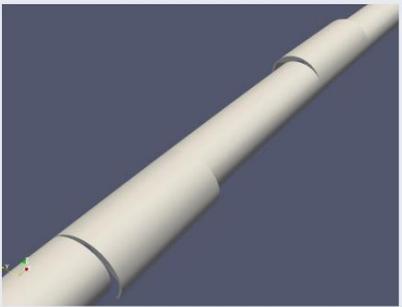
RC橋梁：検証

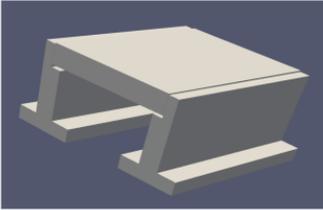
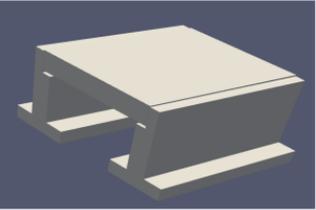
日本インシーク社で試行

| | request修正(貸与データ) | | | | | | | request修正(01/17時点) | | | | | | |
|---------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|----|-----------------|------------|-----------------|----|-----------------|
| | 01 | 02 | 04 | 05 | 06 | 07 | 09 | 03 | 08 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 |
| 1. 断面 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | - | ○ | - | ○ | - | ○ |
| 2. 複数断面 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | - | ○ | - | ○ | - | ○ |
| 3. 断面配置 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | - | ○ | - | ○ | - | ○ |
| 4. 線形 | △ 曲線 勾配なし | △ 曲線 勾配なし | △ 曲線 勾配なし | △ 曲線 勾配なし | △ 曲線 勾配なし | △ 曲線 勾配なし | △ 曲線 勾配なし | × | - | △ 曲線 勾配なし | - | △ 曲線 勾配なし | - | △ 曲線 勾配なし |
| 5. スパン | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | - | ○ | - | ○ | - | ○ |
| 6. 空洞 | × | ○ | × | × | × | × | ○ | ○ | - | × | - | ○ | - | |
| 備考 | 空洞 | | 空洞 | 空洞 | 空洞 | 空洞 | | 一部の モデル なし | | モデル なし | .stl なし | モデル なし | | |

| 01_三隅・益田道路新木部トンネル工事 | | |
|--------------------------------|---|--|
| | 受領モデル (主点) | 処理結果 (全点) |
| shape.stl (Print 3D で表示) |  |  |
| shape.vtk (ParaView で表示) |  |  |

| 04 鳥取西道路_気高第1トンネル東工事 | |
|--|---|
| 上面 | 側面 |
|  |  |
| <p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 曲線が再現 ・ requestの値とおおよそ一致 | <p>→ 勾配なし</p> |

| 04 鳥取西道路_気高第1トンネル東工事 | |
|---|---|
| 上部 | 底部 |
|  |  |

| 19 沖村橋 | |
|---|---|
| 受領モデル shape.vtk (ParaViewで表示) | 処理結果 shape.vtk (ParaViewで表示) |
|  |  |

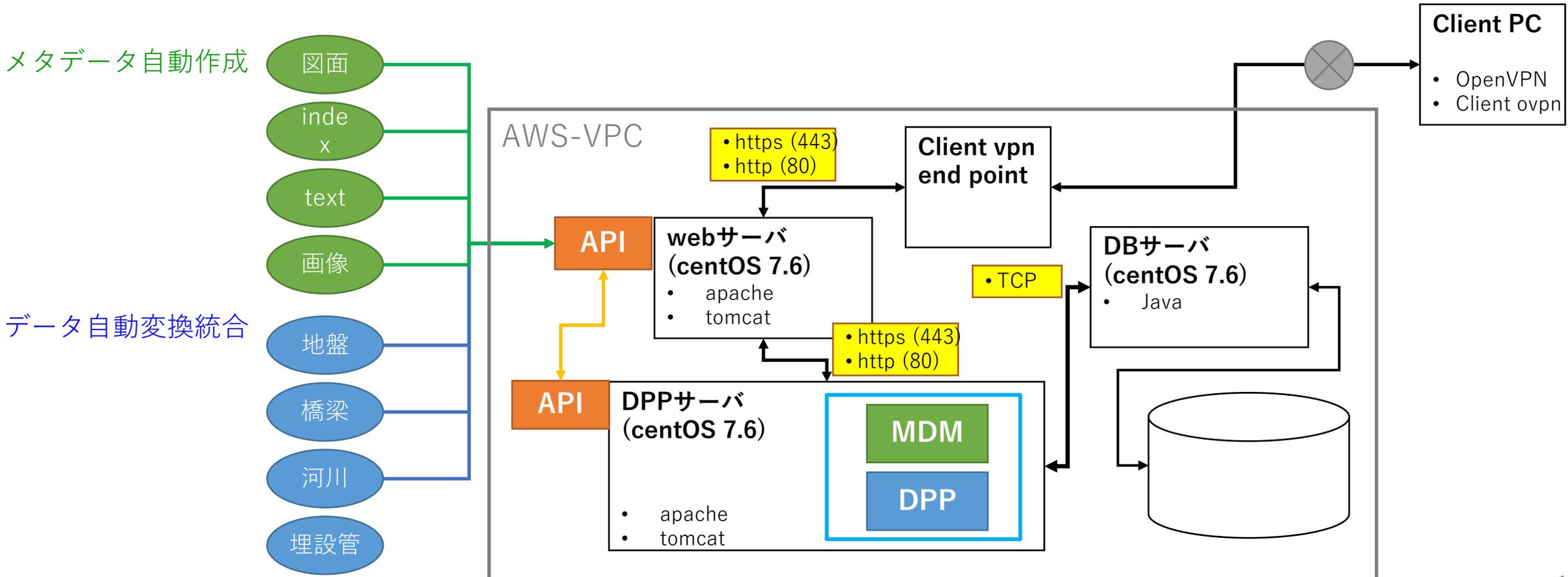
国交DPFの利用を想定した試行：地盤・橋梁・河川・埋設管

① メタデータ自動作成

業務ファイル形式の位置情報を抽出し、個々の業務ファイルのメタデータを出力

② データ自動変換統合

地盤・河川・港湾分野の異なる形式のインフラデータを変換・統合・可視化



■ SIP第2期：国家レジリエンス強化

- 要素技術の例としての衛星ワンストップシステム

⇐ **河川工学** + 衛星操作技術 + 衛星データ解析技術

- 国・県・市町村への社会実装の進行

⇐ BRIDGEへの展開

■ SIP第3期：スマート防災・スマートインフラ課題の中での都市DTのサブ課題

- 都市DTの構成要素である，橋梁・トンネル・地盤・河川・港湾等のモデル自動構築

⇐ **設計系技術者** + データ変換技術者，DPP利用）

- 都市DTの「都市丸ごとのシミュレーション」による防災・維持管理の将来予測

⇐ **解析系技術者** + 計算科学・計算機科学研究者，高性能計算利用

SIPの分析

- 専門分野技術を持つ研究者と，専門分野知を支援する周辺の研究者
- 防災の現場ニーズに応えうる，優良な技術シーズの選択と発展