

インフラ×デジタルは建設分野に何をもたらすか



松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 教授 大屋 誠



Resume

■ Education

平成 3年3月 松江高専土木工学科卒業

平成 5年3月 豊橋技術科学大学建設工学課程卒業

平成 7年3月 豊橋技術科学大学大学院建設工学専攻修了

平成14年9月 博士（工学）（豊橋技術科学大学）

■ Work Experience

平成 7年4月～ 松江工業高等専門学校

（平成13年度 豊橋技術科学大学技術開発センター 助手）

■ Qualification

平成20年3月 技術士（建設部門：鋼構造及びコンクリート）

■ External Committee

中国地方橋梁保全委員会橋梁保全アドバイザー

中国地方整備局総合評価審査委員会島根県部会部会長

島根県道路施設長寿命化修繕計画策定検討会委員

島根県建設産業のあり方検討会座長（平成24年3月）

島根県入札契約制度あり方研究会委員

松江市入札監視委員会委員長

島根県生コン品質管理監査学識経験者

島根県コンクリート診断士会顧問

大田市公共施設適正化推進委員会委員

構造工学委員会 AI・データサイエンス実践研究小委員会委員

など



出身
浜田市旭町都川

島根県の現状と島根県内の中学3年生人口の推移

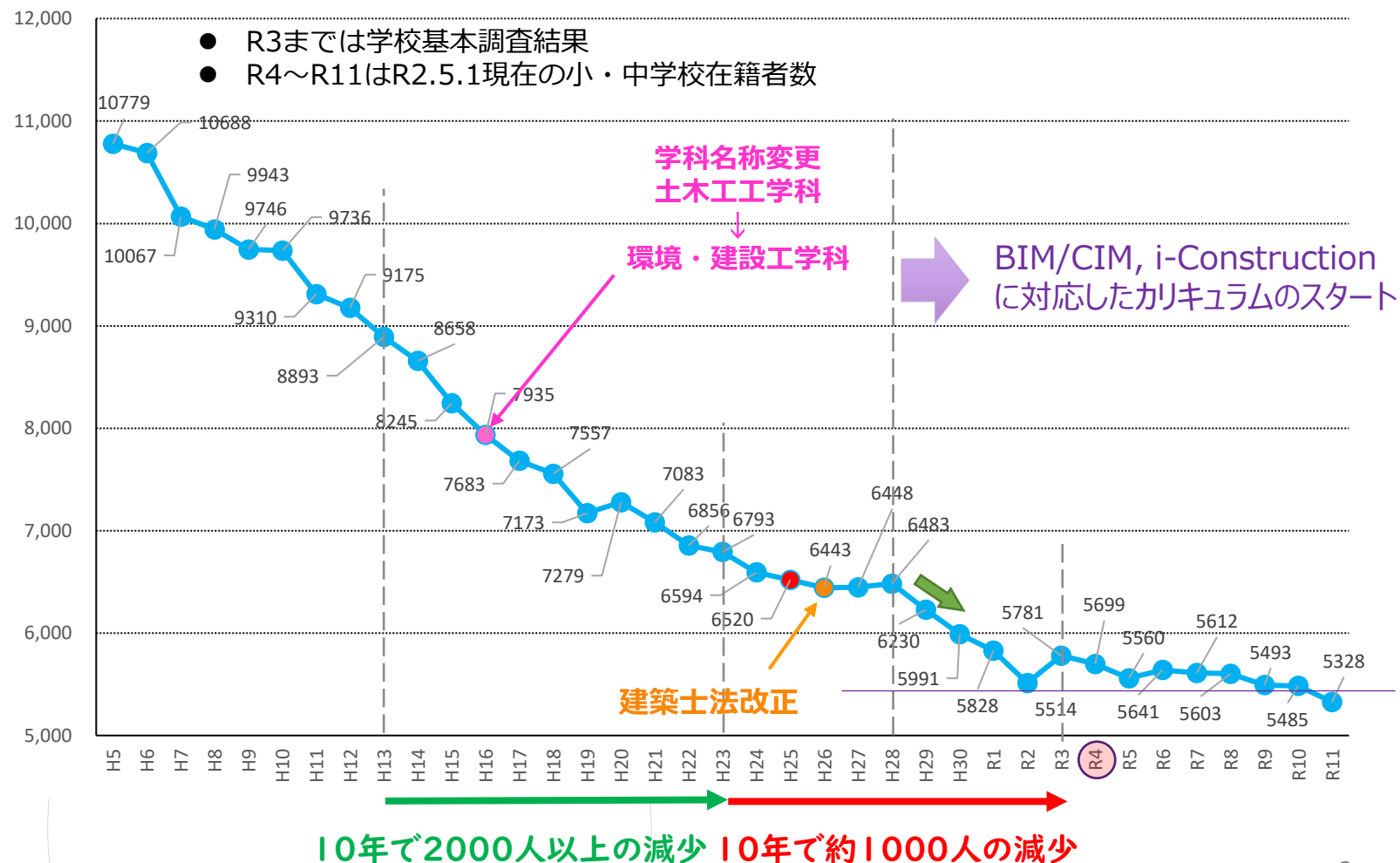
島根県

人口総数 全国**46**位
 働き手の数 全国**46**位
 財政力 全国**47**位
 県民所得 全国**33**位
 高齢化率 全国 **3**位

課題『先進県』



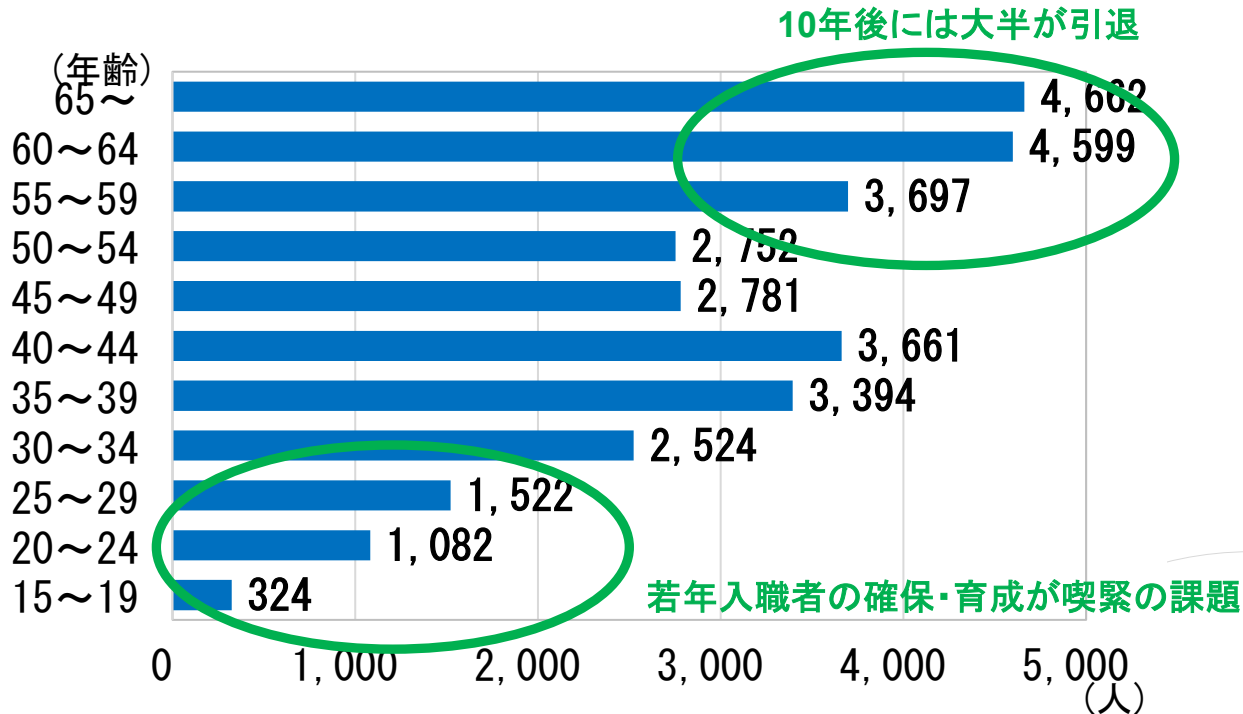
島根県内の中学3年の生徒数の推移 (令和2年5月1日現在)



島根県内の建設業就業者数の状況

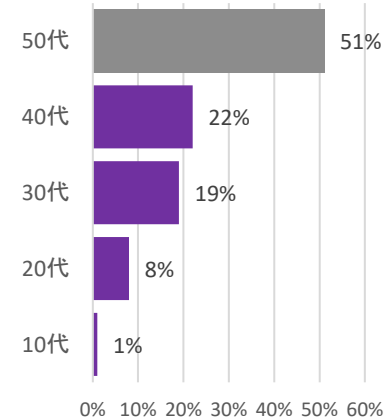
島根県の建設業就業者数

資料提供：国土交通省
中国地方整備局



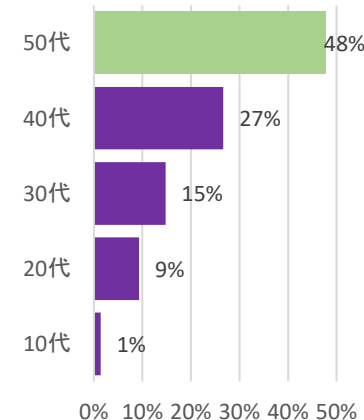
出所：総務省「H27国勢調査」を元に算出

島根県内建設業



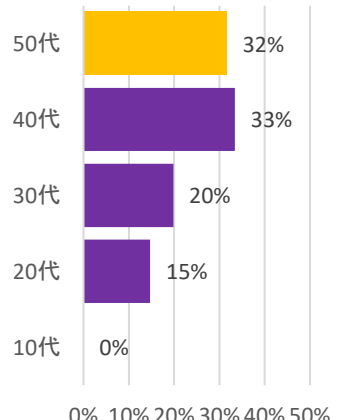
8,570人
(回答数83.6%)

島根県測量設計業協会



1,125人
(回答数89.5%)

島根県土木技術

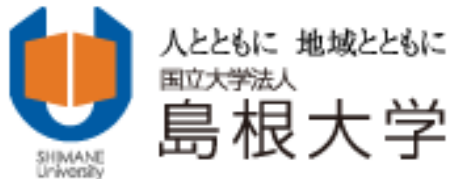


509人

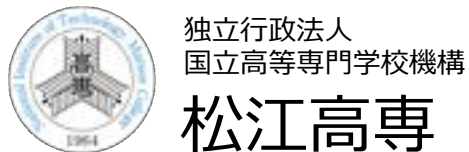
島根県の建設関係業界の年齢構成をみると、どの業界も生産年齢の高齢化が進んでおり、若年入職者が少ない状況である。

島根県内の建設系の教育機関の現状

【 高等教育機関 】



総合理工学部
地球資源環境学科（土木系コンサル）
建築デザイン学科（建築）
生物資源科学部
地域環境科学科（農業土木）



環境・建設工学科（**土木** > 建築）

- 進学：約10名
- 公務員：約10名
- インフラ&ライフライン系：約10名
- 民間企業：約10名（県内4~5名程度）

【 島根県立実業高校 】 一般選抜全体：0.90



島根県立 **松江工業高等学校** 一般選抜：1.23

建築都市工学科（建築コース&都市工学コース）
（建築 > **土木**）



島根県立
出雲工業高等学校

一般選抜：0.96

建築学科（建築）



Gotsu Technical High School

島根県立江津工業高等学校 一般選抜：0.31

建築学科（建築）→ 建築・電気科



島根県立
松江農林高等学校

一般選抜：1.36

環境土木科（土木コース）（農業土木）



島根県立
出雲農林高等学校

一般選抜：0.96

環境科学科（環境土木コース）（農業土木）



島根県立益田翔陽高等学校

Shimane Prefectural Masudashoyo High School

一般選抜：0.88

生物環境工学科（環境土木コース）（農業土木）

➡ コース制で土木選択
する生徒は15名程度

➡ コース制で土木を選択
する生徒は15名程度

地方の建設分野の課題と今後の方向性

経済成長率 = 労働生産性上昇率 + 就業者数増加率 + 労働時間増加率

労働生産性の向上
が不可欠

↑ up

- 就業者の急速な高齢化
- 若年入職者の急速な減少

↓ down

- 働き方改革
- 長時間労働の抑制

↓ down

労働生産性の向上に向けて

インフラデータとデジタル技術を活用し、
根本的な**ビジネスモデルの変革**による
業務効率化を図ることが重要

建設DX

- i-Construction
(UAV, Laser-scanner)
- BIM/CIM
- カスタマイズ
- VR/MR/AR
- AI/ビッグデータ

建設分野のDX

建設業は経験工学

経験の蓄積と継承により
機能性、安全性、利便性を高める

デジタイゼーション

経験・知識のデジタル化



デジタルライゼーション

デジタルデータをもとに業務の変革

デジタルツールで情報のやり取り、共有化



デジタルトランスフォーメーション (DX)

情報の利活用で設計
そのものが変わる。

**アナログに戻れ
なくなる**



DX化に向けた5つのレス

- ペーパーレス？
- はんこレス？
- キャッシュレス？ → 収入証紙の廃止
(広島県・鳥取県)
- FAXレス？ → 建設業界の実情
- タッチレス？ → 相談のWeb利用

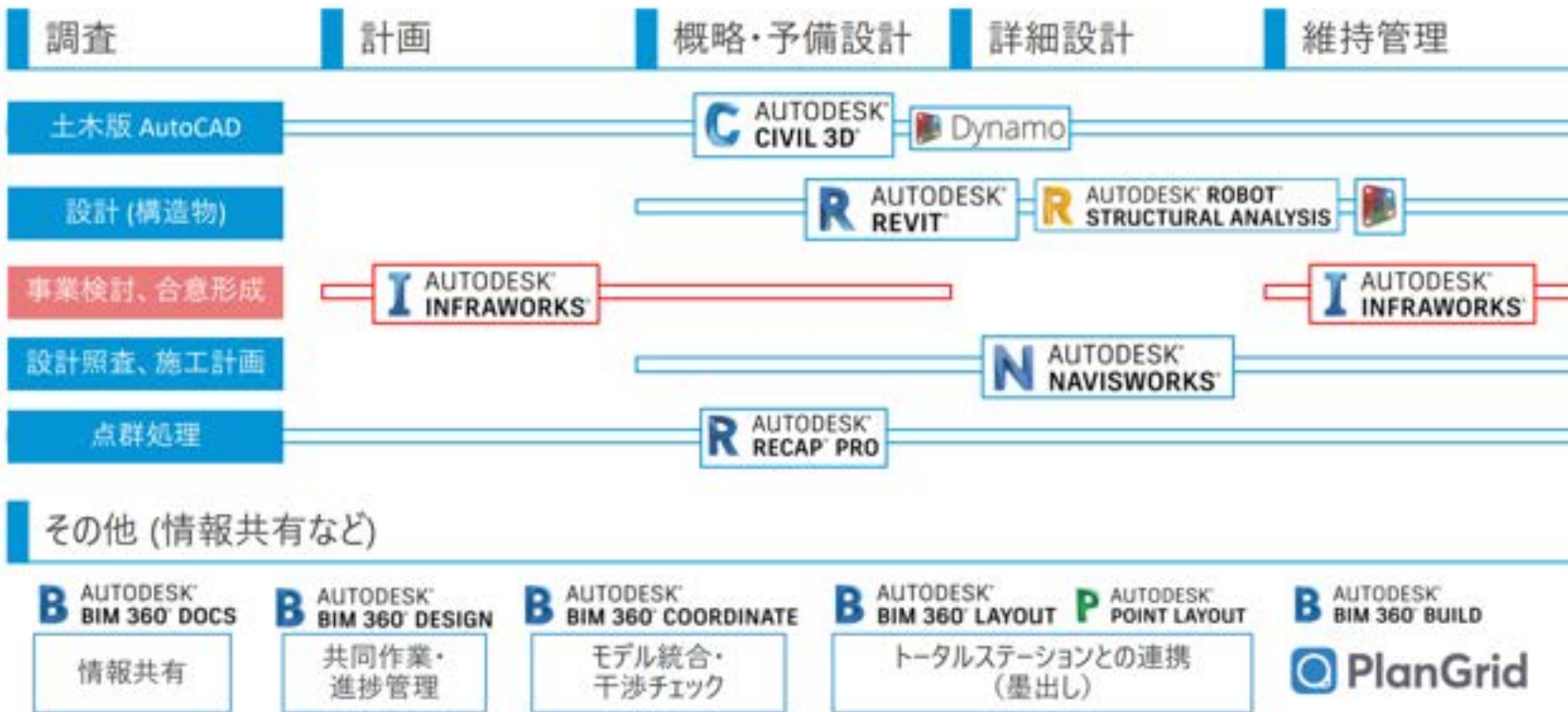
建設プロセスのDX化

- 調査業務 (測量・環境アセス等)
- 計画業務 (ペーパーロケーション等)
- 設計業務 (道路設計・構造物設計等)
- 建設施工 (安全・品質・工程・原価管理等)
- 維持管理 (点検・診断・調査・設計・補修等)

BIM/CIM (3Dモデル+属性情報) によるデジタル化のためには！

土木設計での Autodesk 製品の活用

調査から維持管理まで活用



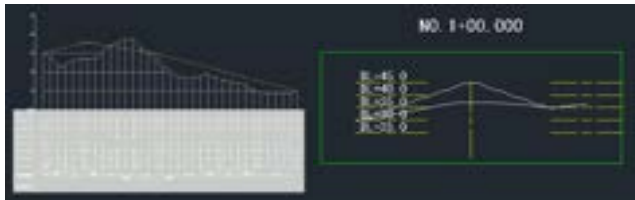
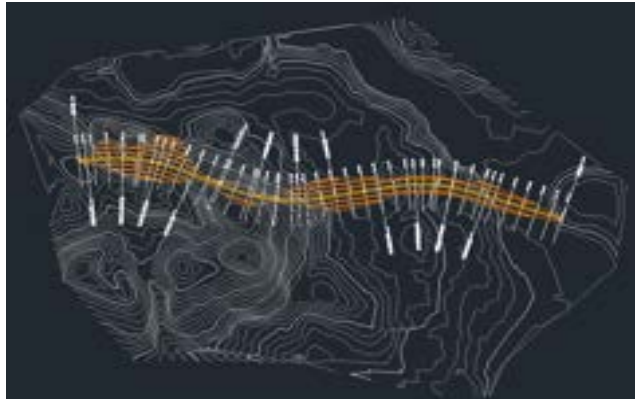
複数のソフトウェアをデータ連携する必要がある。
有効なデジタルデータの構築が重要！

出典：Autodeskこれから始める BIM/CIM – 三次元設計で業務をラクに (bim-design.com)

https://bim-design.com/infra/assets/file/seminar_infraworks_entry_vol1.pdf

道路線形計画の3Dモデル化の現状

納品データ (SFC・SIMA)

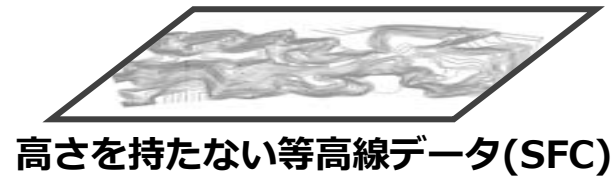


2次元図面 属性情報

独立した
図面

- 地形2D等高線
- 平面線形
- 縦断線形
- 横断

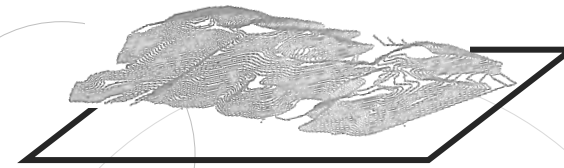
BIM/CIMスキル1 (Civil3D) 地形2D等高線→3Dサーフェス地形



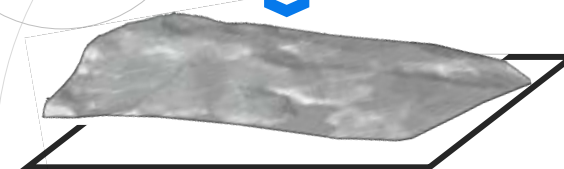
高さを持たない等高線データ(SFC)



等高線データ(DWG) + 高さ



高さを持つ等高線データ(DWG)



地形サーフェス(DWG)

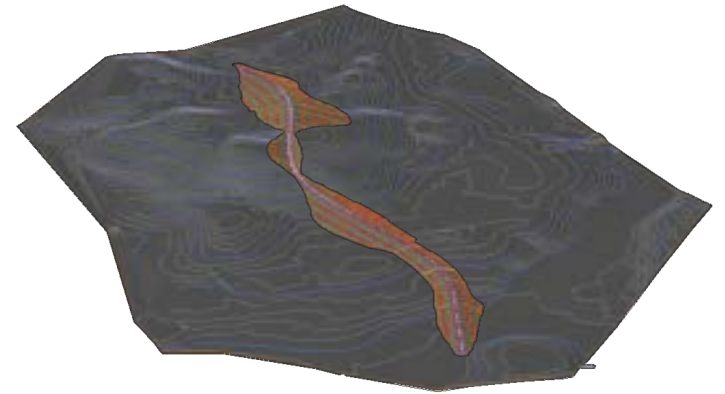
3D化
スキル

BIM/CIMスキル2 (Civil3D)

3Dサーフェス地形



道路線形の3次元化



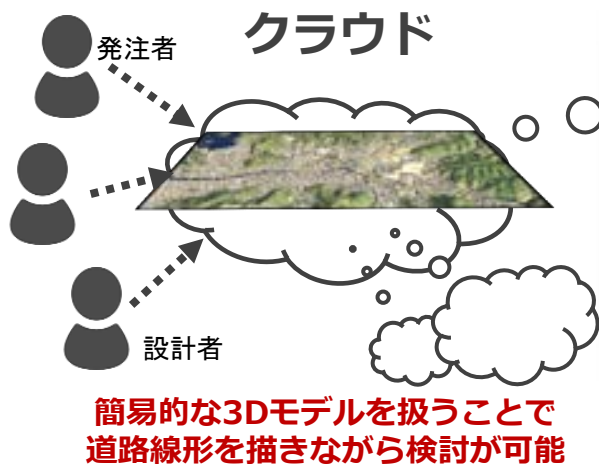
3D地形サーフェス

+
平面線形
+
縦断線形
+
横断

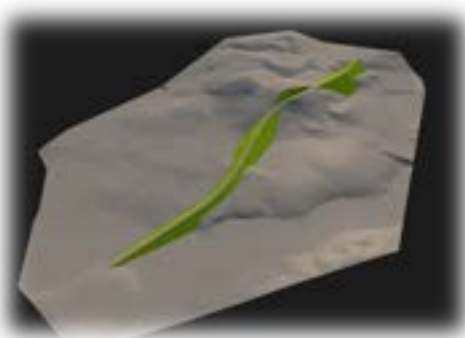
土量
計算

デジタルを活用した道路計画に関する将来のイメージ

計画段階



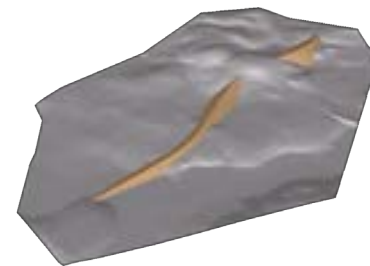
例えば,
InfraWorks でコントロールポイント
や各種の設計条件を整理



イメージモデル



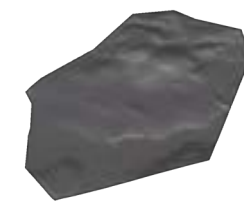
連携・統合
可能な形式
へ出力



BIM/CIMモデル
(IMX)



属性情報入り3次元線形
(平面線形+縦断等)



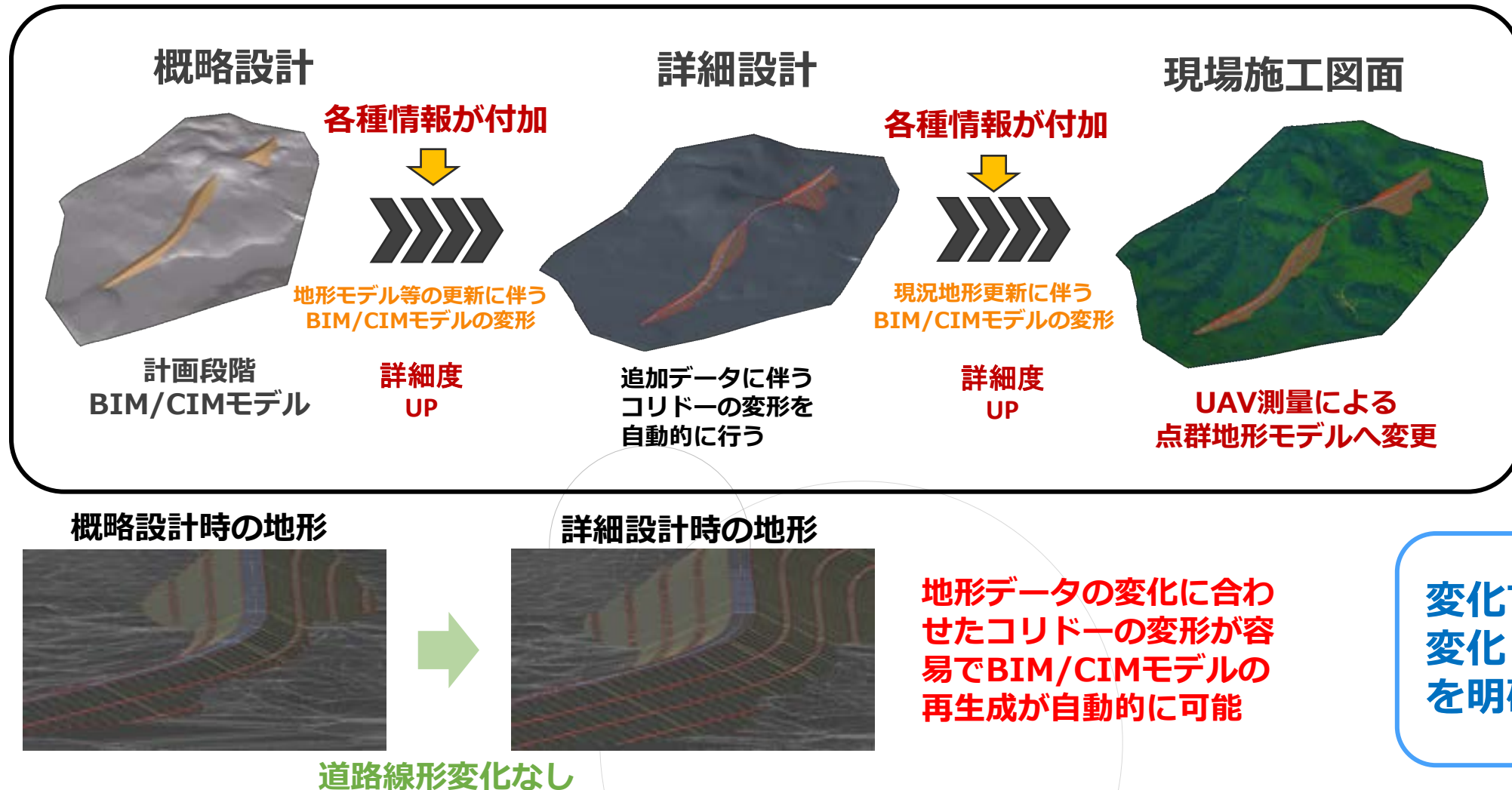
地形モデル
(DEM 5mメッシュ)

- 地形や住民の生活環境等を見ながら確認しながら検討が可能
- クラウドで利用が可能
(ペーパレス・タッチレス)



地形モデルの変更が容易

地形の詳細度の変化による道路計画の流れ



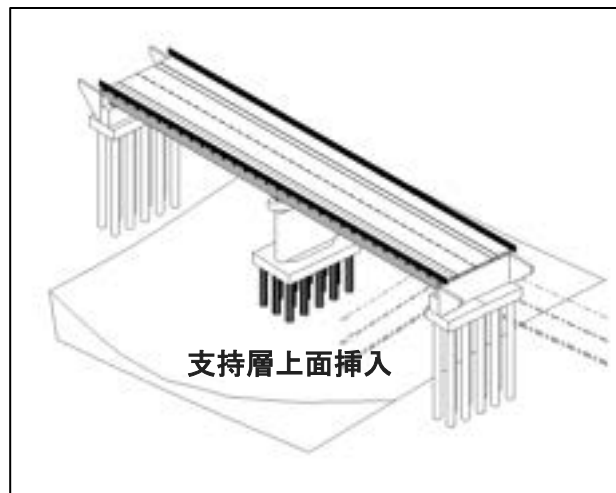
橋梁と地盤データのBIM/CIMモデル連携教材⑦

InfraWorks



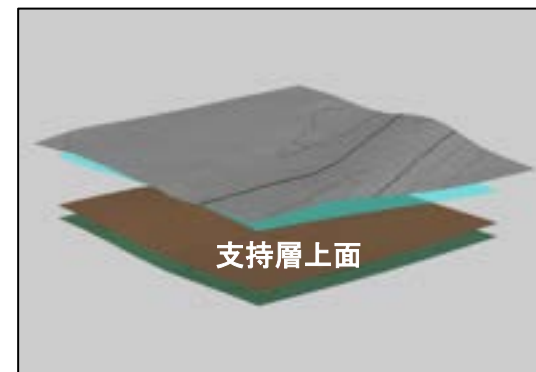
IMX

Revit



CSV

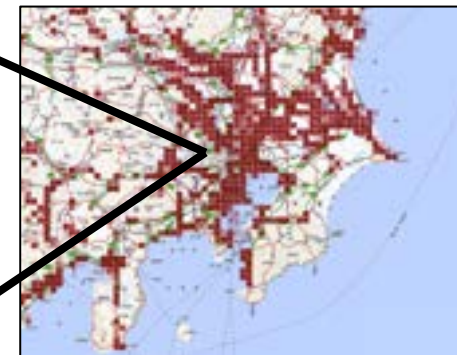
Octas Drafter



XML

柱状図

XML



kuniJiban

地盤情報の現状と課題

公開中のボーリング柱状図数（2020年10月27日現在）

北海道開発局	約 11,000
東北地方整備局	約 17,000
関東地方整備局	約 22,000
北陸地方整備局	約 8,000
中部地方整備局	約 12,000
近畿地方整備局	約 17,000
中国地方整備局	約 21,000
四国地方整備局	約 8,000
九州地方整備局	約 28,000
内閣府沖縄総合事務局	約 3,000
その他	約 100



【現状】

- 既存データの存在
- データ取得の継続性
(プラットフォーム・書式)
- 活用のための技術

質の高いデータ
への取組が重要

既存調査データのデジタル化

現状は、国土交通省などのボーリング柱状図（XML）が中心で、国が施工や管理する道路や河川などの線的なデータのみとなっている。今後、公共事業でボーリングを行うとKunijibanへの登録が義務付けられている。



県や市町村の新規や既存のボーリング柱状図（XML）が蓄積されると

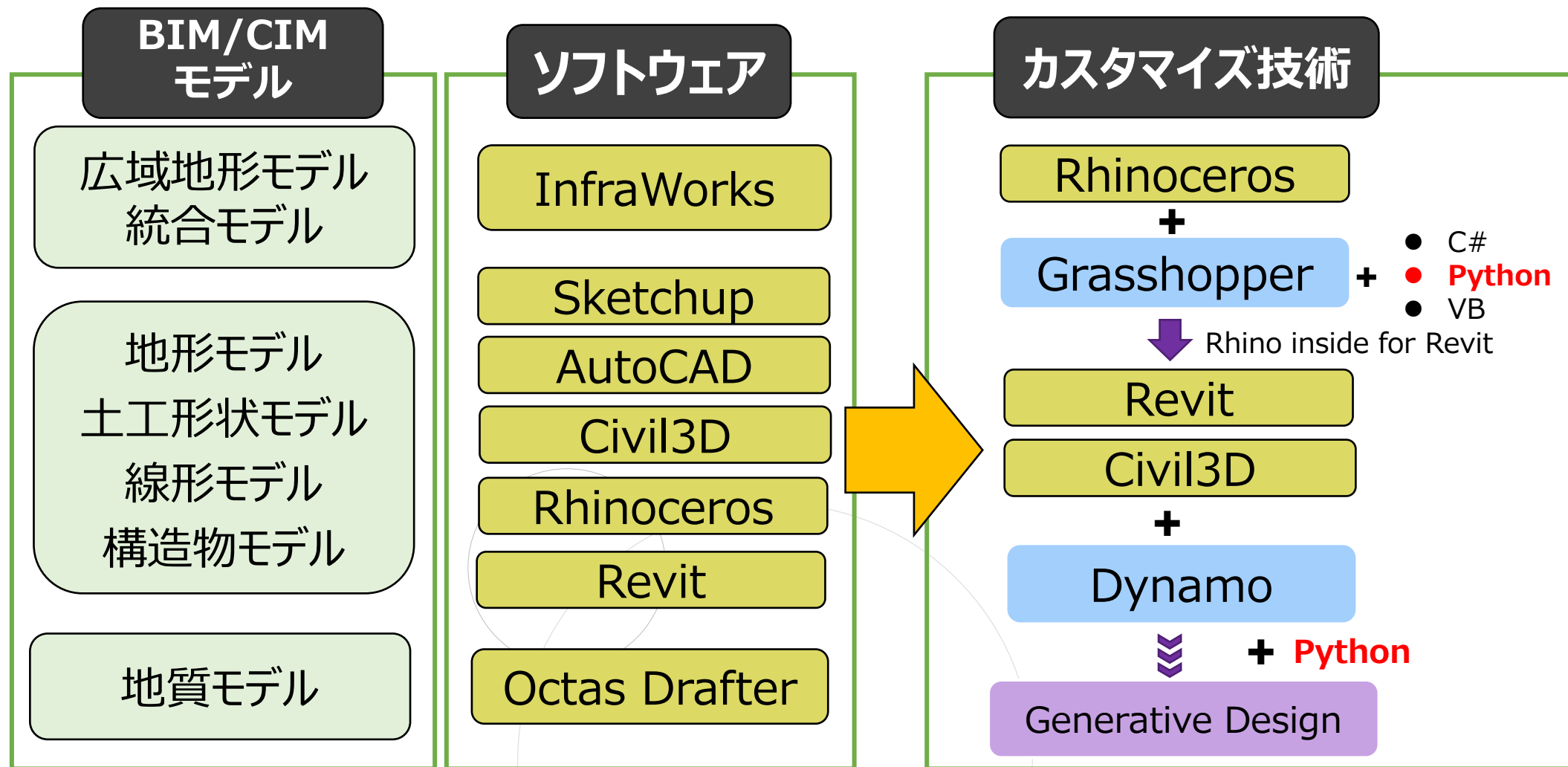
線 → 面



【デジタル化による効果】

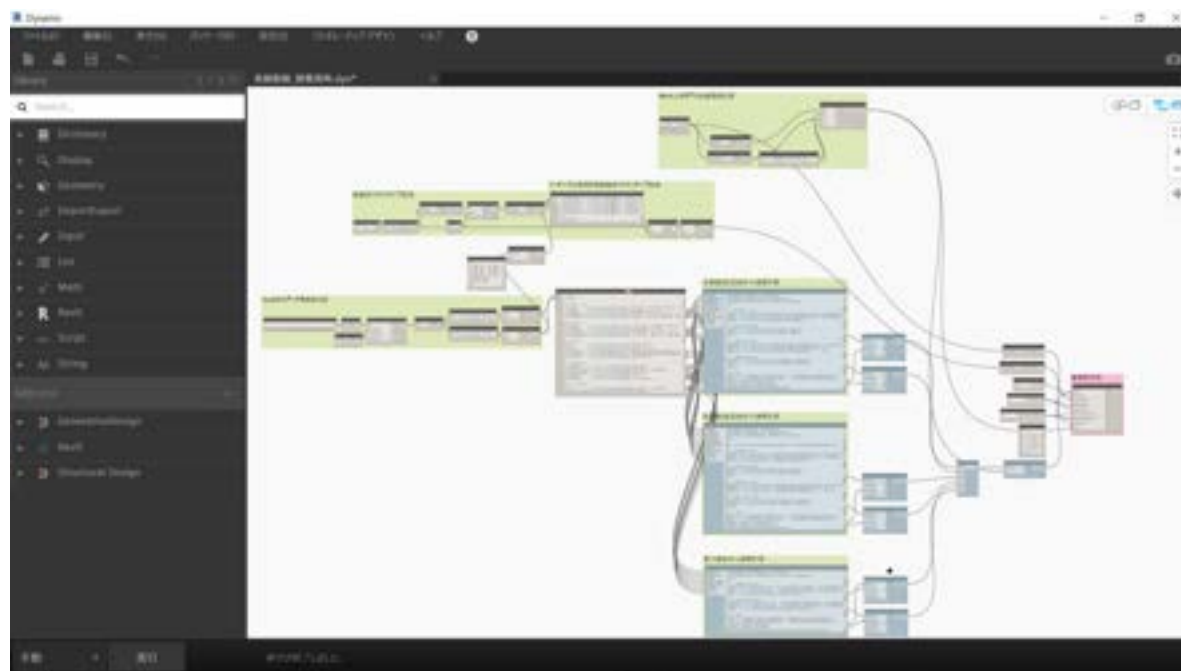
- 計画・設計の質の向上
- 社会資本整備の効率化
- 環境保全や災害対策への有効活用

BIM/CIMモデルのカスタマイズ技術





Revit + DynamoによるRC構造物の自動配筋

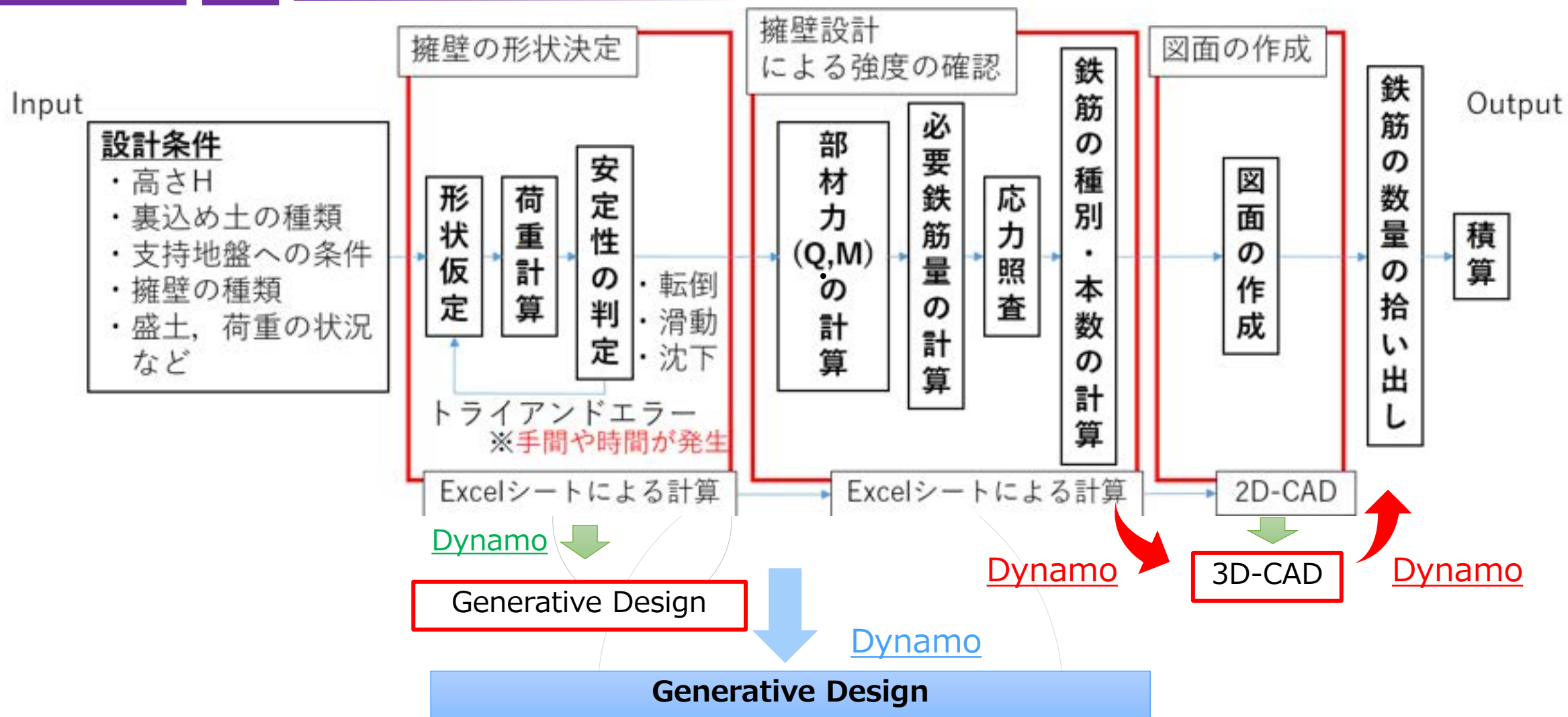


Dynamoによる自動配筋プログラムコード



DynamoによるRevitでのRC構造物の自動配筋結果

RC構造物の安定計算・構造計算・図面化・積算のカスタマイズ



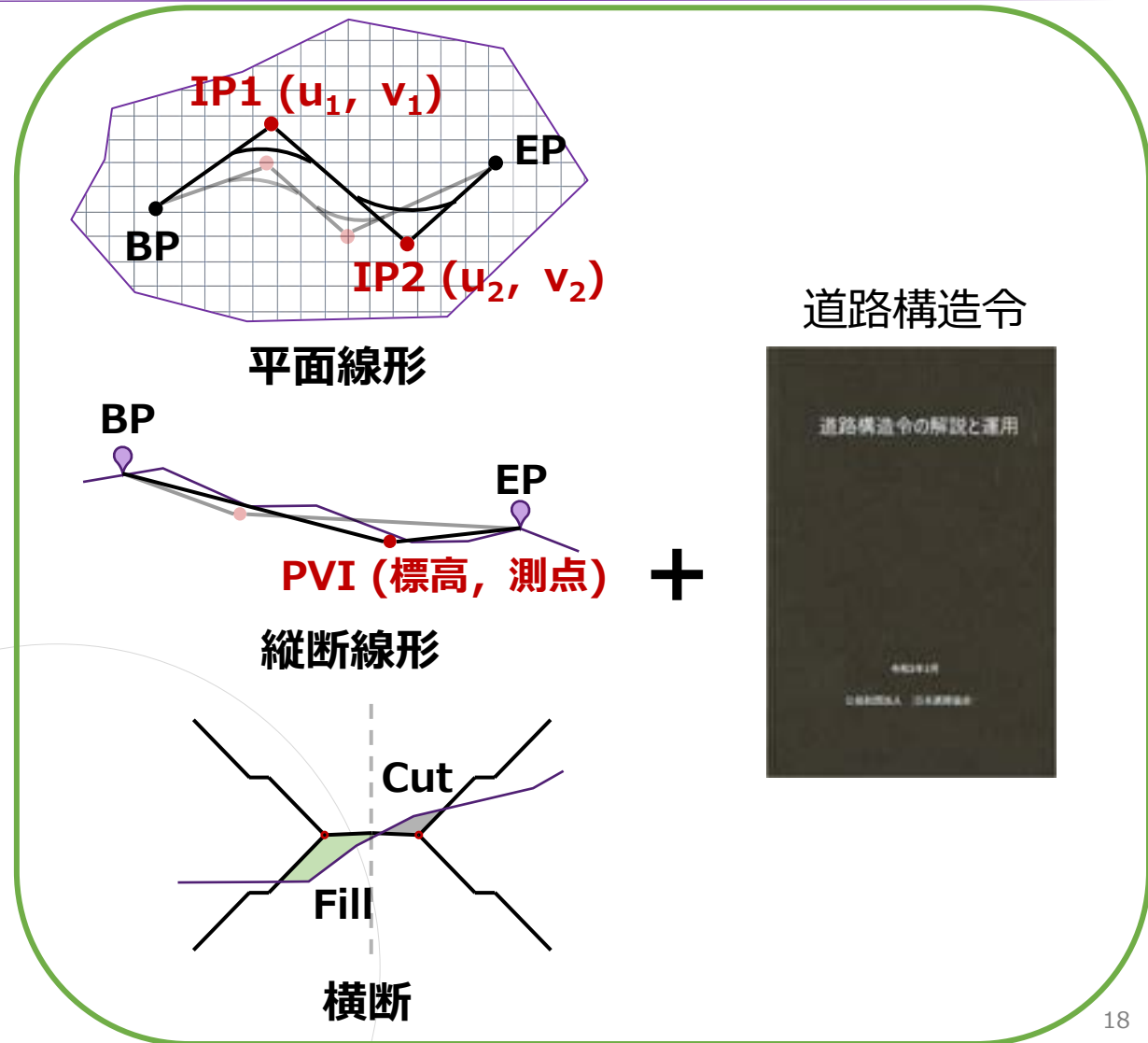
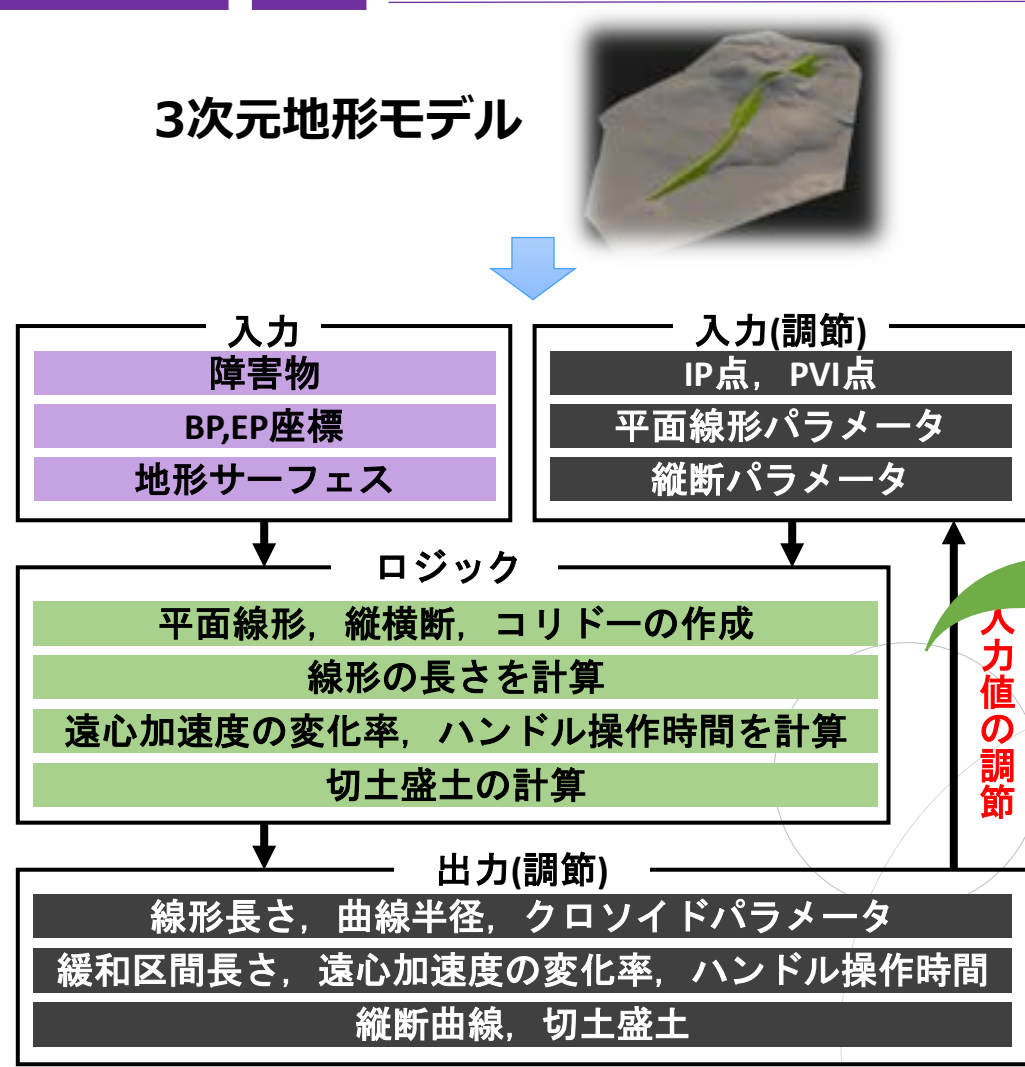
設計案を大量に生成



17

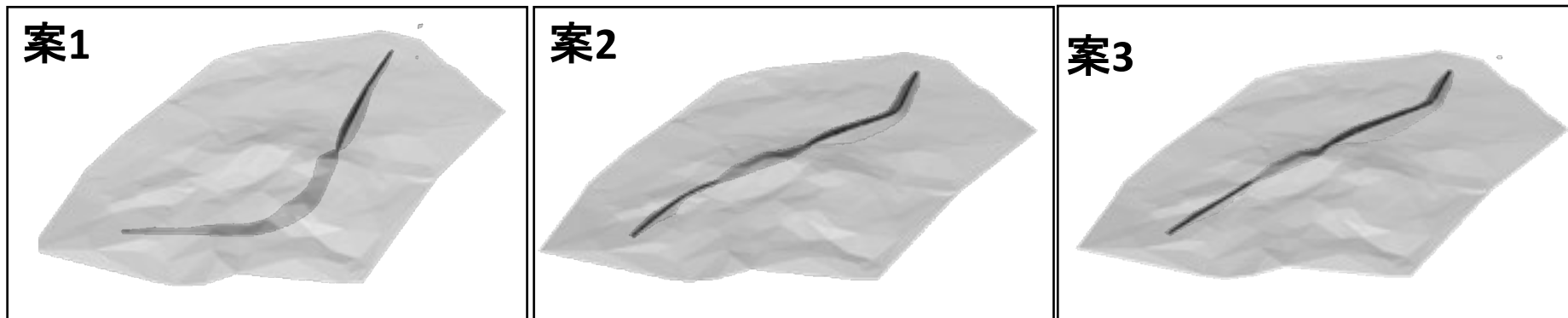


Generative Designによる3次元道路設計の概要





Generative Designによる提案事例



	案1	案2	案3
半径1[m]	100	110	100
半径2[m]	100	90	90
クロソイドパラメータ1[m]	45	55	65
クロソイドパラメータ2[m]	45	45	45
遠心加速度の変化率1[m/s ³]	0.677	0.453	0.325
遠心加速度の変化率2[m/s ³]	0.677	0.677	0.453
ハンドル操作時間1[s]	1.823	2.475	3.803
ハンドル操作時間2[s]	1.823	2.025	3.023
土量(絶対値)[m ²]	10.2	2897.2	4112.8

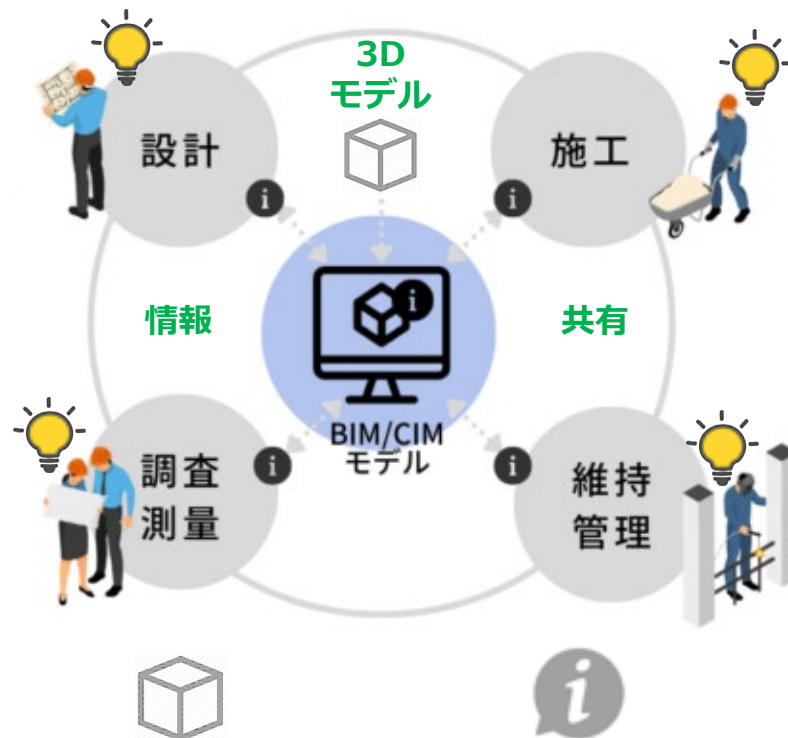
BIM/CIMモデル

「**3D情報モデル**」を構築し、「**属性情報を蓄積**」させ、
「**関係者間での情報を共有**」して、「**業務効率化・高度化を図る**」

- 3Dモデル
- 点群データ
- 2次元図面
- 設備仕様

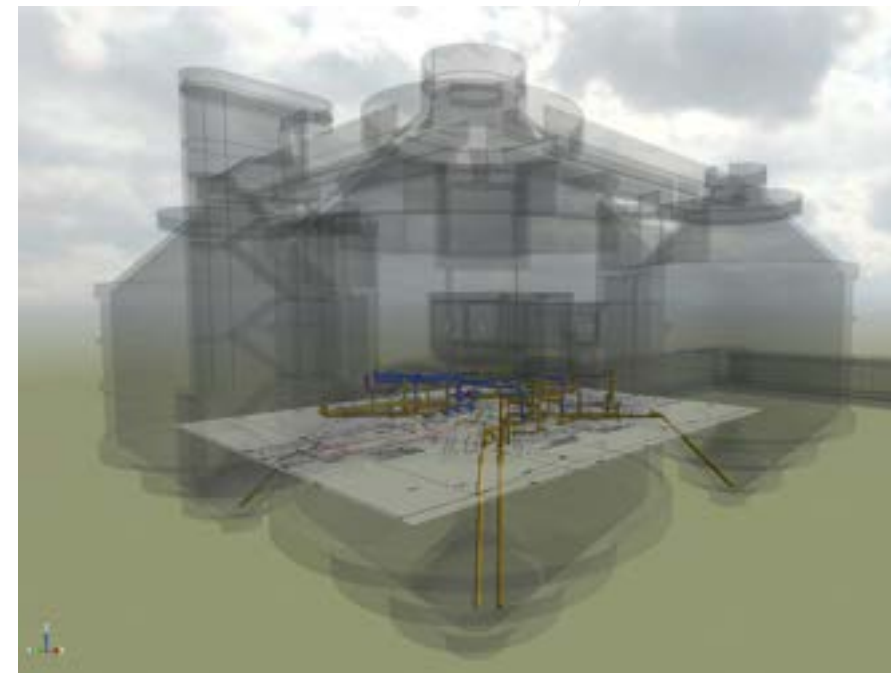


一体化



形状情報 (3Dモデル) + **属性情報 (設備仕様等)** ⇒ **BIM/CIMモデル**

福岡市西部水処理センターの事例



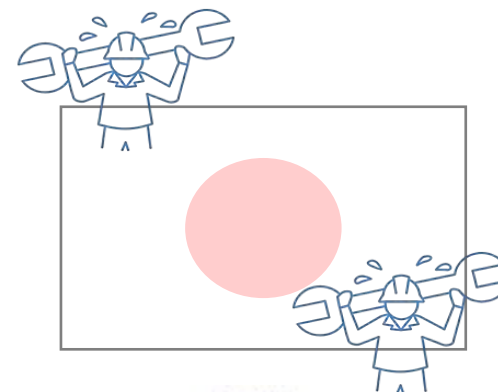
BIM : 建築分野

BIM/CIM : 土木分野

Building
Information
Modeling
(Management)

Construction
Information
Modeling
(Management)

インフラ施設の維持管理の現状（上下水道施設の事例）



熟練作業者

減少



既存施設
BIM/CIM
モデル化
の課題

社会インフラを支えている上下水道インフラ施設は**高経年化**が進んでおり、**幾度もの改築・更新**工事の結果、設計図面が無い、または設計図面があったとしても現状と異なる場合が多く、**複雑に入り組んだ現場**の状況を**すべて1から作成**して再現するには、**時間と労力が必要**。



上下水道インフラ施設を「**ありのままに**」読み取る技術「**フォトグラメトリ**」ならびに「**点群データ**」を活用し、複雑に入り組んだ現場の状況を**すばやく再現**。

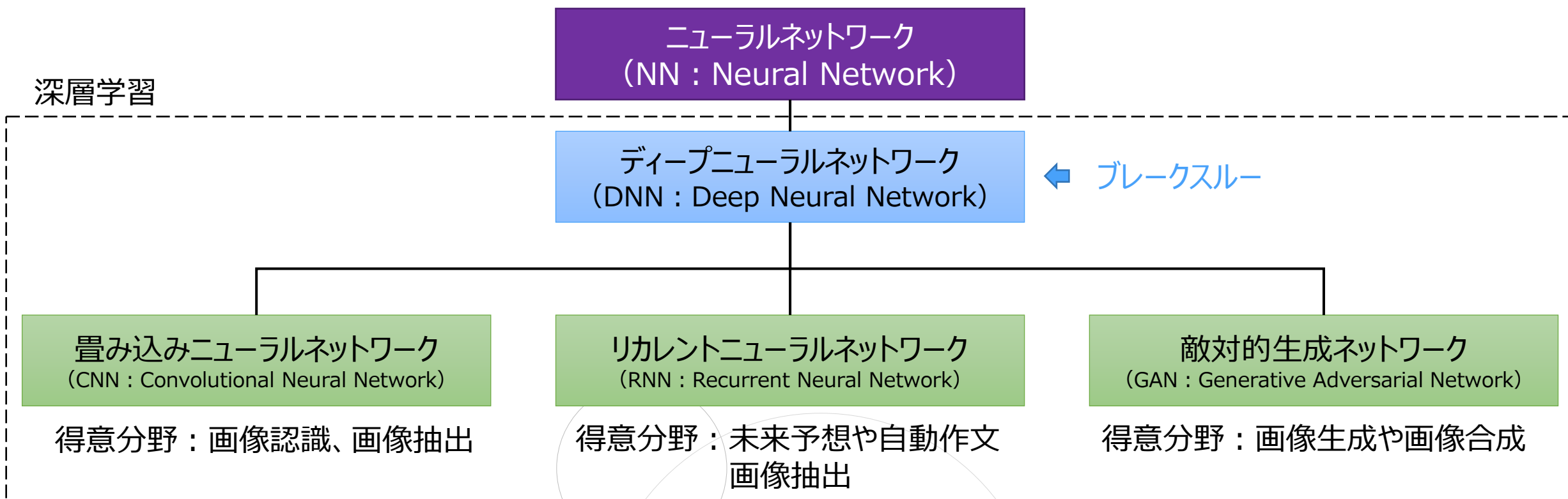


デジタル技術
を扱うことが
できる技術者？
AIの活用？





インフラ施設の調査・診断・維持管理におけるAIの活用



XAI (Explainable AI) : 説明可能なAI ブラックボックス ➡ ホワイトボックス

言葉通り、予測結果や推定結果に至るプロセスが人間によって説明可能になっている機械学習のモデル（つまりAIの本体）のこと、あるいはそれに関する技術や研究分野のことを指す。



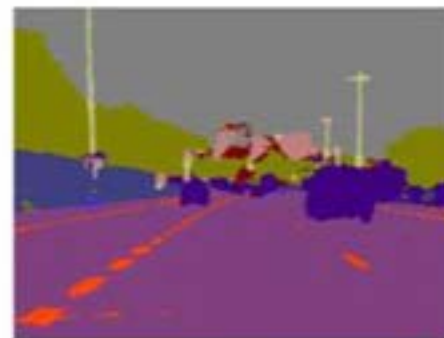
画像認識の種類と違い



画像分類



画像検出



セマンティックセグメンテーション

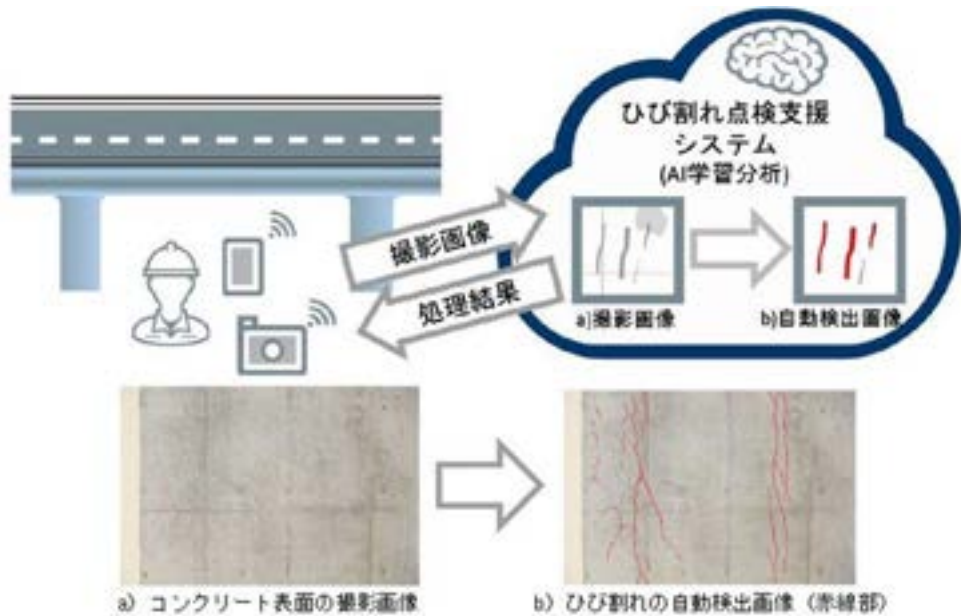
- 画像分類 (classification)
"その画像が何なのか"を識別
1枚1枚の画像を分類する際に用いられる
- 画像検出or抽出 (detection)
"その画像のどこに何があるのか"を識別
画像に写っている複数の物体を分類する際に用いられる
- 画像セグメンテーション (segmentation)
"その画像領域の意味"を識別
画像に写っている複数の物体の領域まで分類する際に用いられる

出典 : <https://fastlabel.ai/blog/semantic-segmentation>



インフラ構造物の点検時のAI活用事例

コンクリートに発生した「ひび割れ」を8割以上の高精度で自動検出できる**人工知能のシステム**を開発事例。
(東北大・産業技術総合研究所などのチーム)



出典：
プロジェクト名：インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト（2014年度～2018年度）
研究テーマ名：道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発（2014年度～2018年度）

http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100081.html

鉄筋コンクリート構造物に生じた剥離・鉄筋露出をAI技術で検出し、画像内の損傷位置を推定するシステムの開発事例。
(東京大学生産技術研究所・大日本コンサルタント等の共同研究)



出典：
柏 貴裕、長井 宏平、龍田 斉、井林 康、H. Prendinger、J. Rubio：
畳み込みニューラルネットワークを用いたコンクリート床版の損傷検出、
土木学会第73回年次学術講演会、CS-10、pp.31-32、2018

デジタルツイン

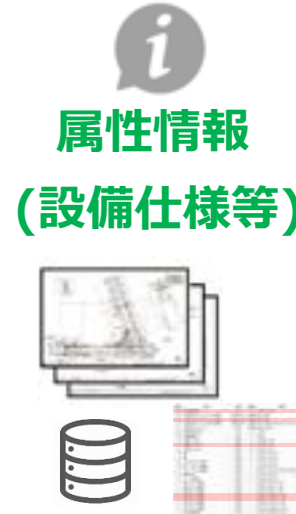
時間・場所・分野を超えて
「**つながる**」ことができる
デジタル化の強みを活かし、
持続可能で強靱な都市づくり
に寄与できる

“インフラ施設管理の高度化”



形状情報
(3Dモデル)

+

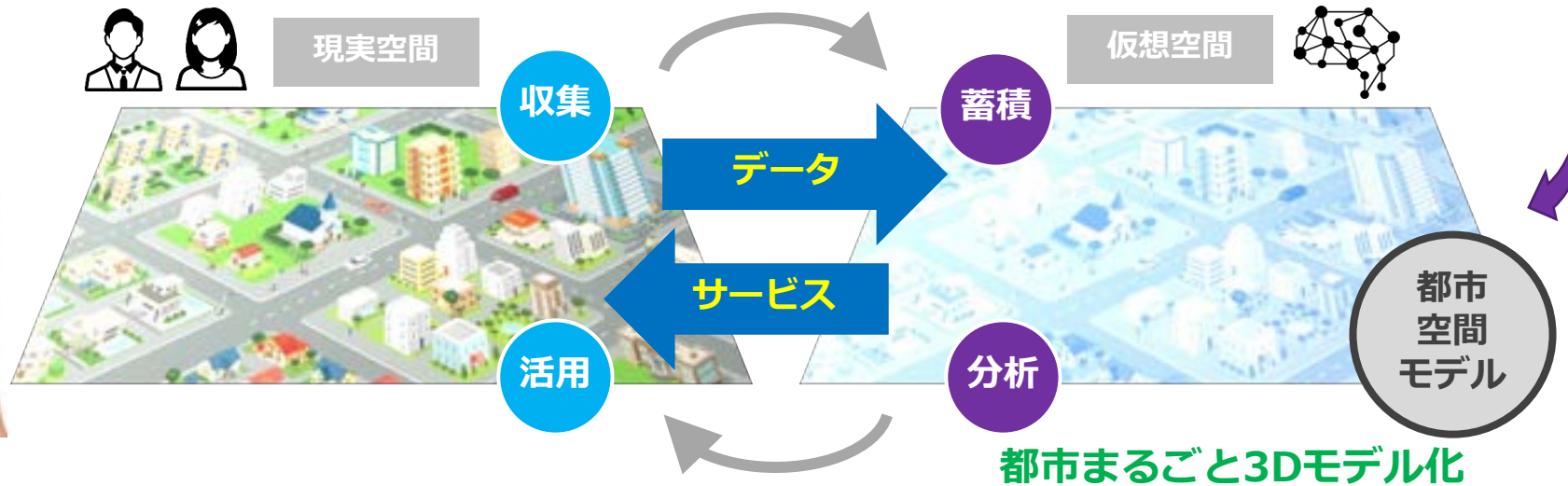


属性情報
(設備仕様等)

⇒ **BIM/CIM
モデル**

“インフラ”都市情報の
デジタル化を実行

都市デジタルツインのイメージ





ご清聴ありがとうございました

- 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科
教授 大屋 誠
- ohya@matsue-ct.jp
- <https://www2.matsue-ct.jp/ce/index.htm>

謝辞

本発表の一部は、（一財）日本建設情報総合センターの研究助成を受けて実施した成果である。また、資料の一部は、（株）フソウより提供頂いた。ここに記して、深謝する。

