

オートデスク オンラインセミナー

(第2回)

日本工営における自動設計システムの取り組み

～地すべり・斜面对策工設計の高度化・効率化の実現～

日本工営株式会社 コンサルティング事業統括本部
国土保全事業部 国土保全設計推進室 大矢遼太
国土保全事業部 国土保全設計推進室 畠田和弘
中央研究所 CIM推進センター 遠藤 陽希

目次

1. 自動設計への取り組みの背景

2. 自動設計の開発結果

3. 自動設計でできること

4. 自動設計を活用した業務事例紹介

5. 日本工営の地すべりCIMの取り組み

6. 社内教育と推進

第1回

第2回

会社紹介

- 会社名 日本工営株式会社
- 設立 1946年6月7日
- 資本金 7,501百万円(2022年6月末時点)
- 従業員数 6,163名 [グループ連結] (2022年6月末時点)
- 子会社数 84社
- 業界 建設コンサルタント、開発コンサルタント

■ 創業者 久保田 豊 (1890~1986)



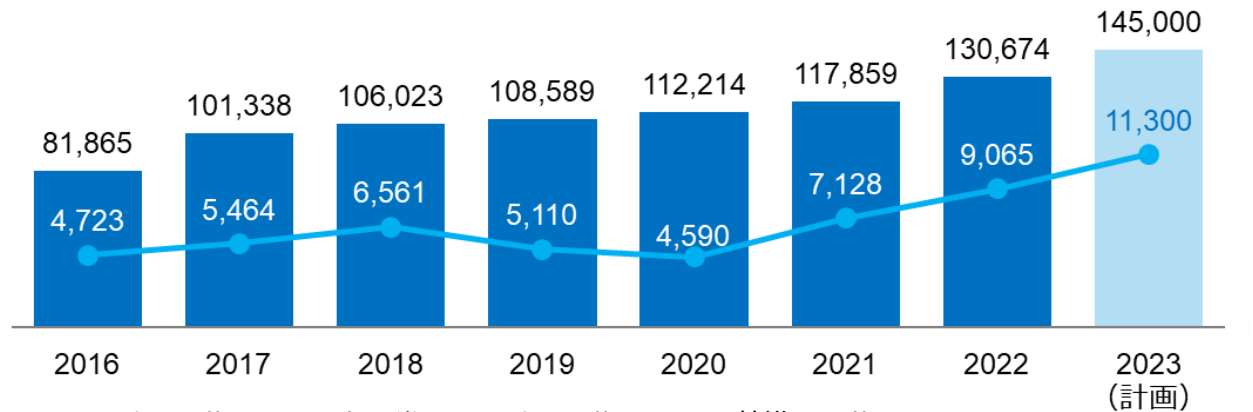
戦前は朝鮮半島で当時最大級の電源開発(水豊ダム/700MW)に従事。

戦後、日本の復興および海外の戦時被災国復興を目指して56歳で会社を設立。

海外技術協力の父と呼ばれ、1985年には、勲一等旭日大綬章。

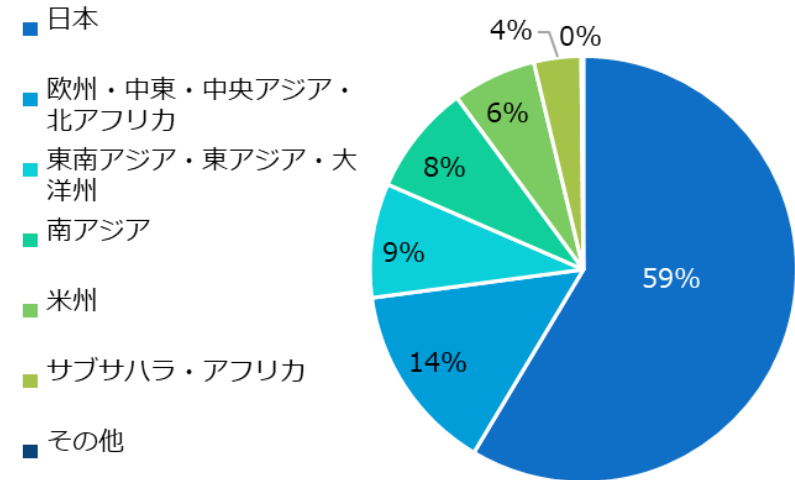
90歳まで、世界各地のプロジェクトを指揮し、開発途上国の発展に貢献した。

連結売上高・営業利益推移(百万円)



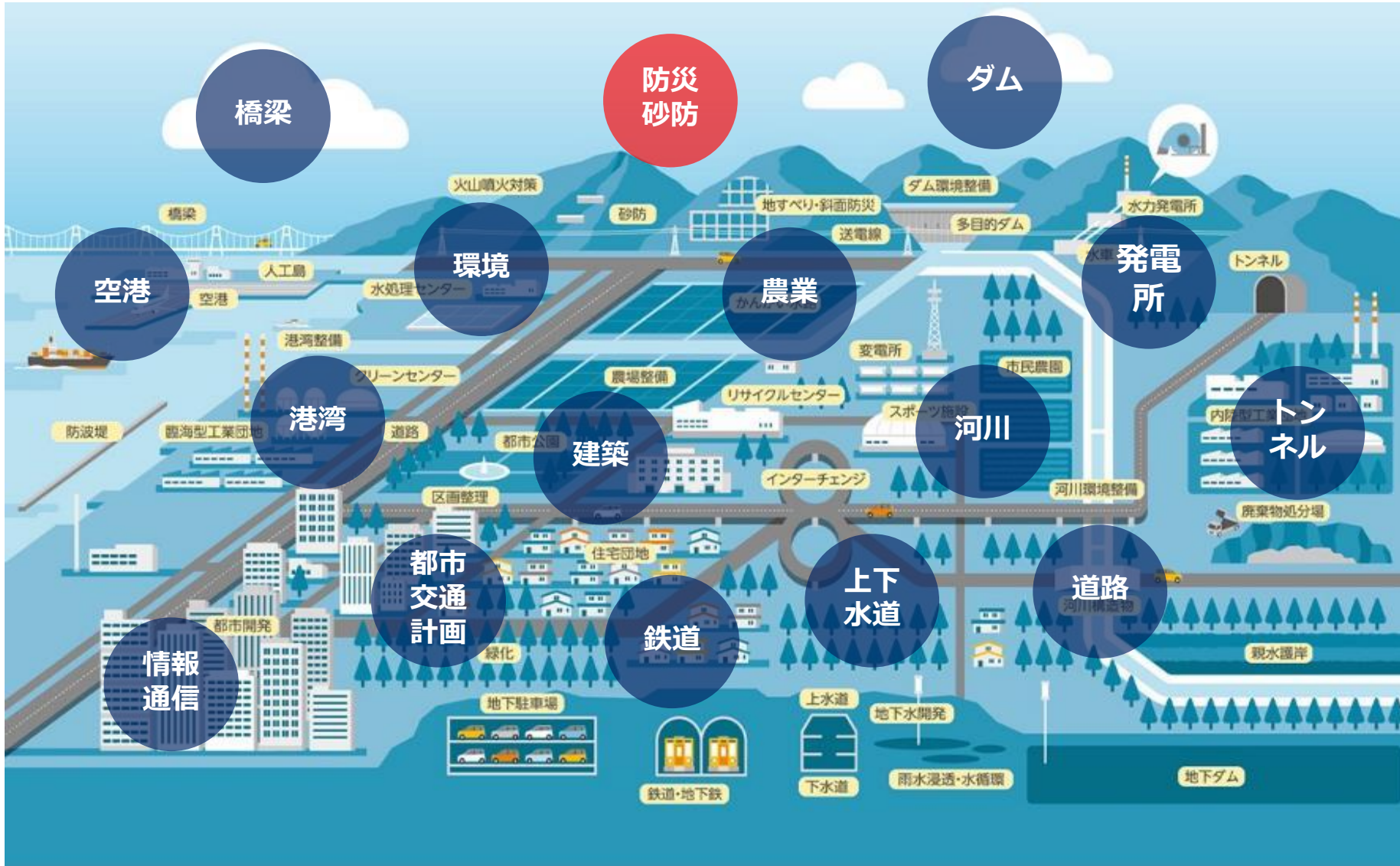
※2020年6月期までは日本基準、2021年6月期からIFRS基準で記載。

地域別売上高(2021年6月期:百万円)



会社紹介

当社は、安全・安心な生活、活力ある活動を支える**社会インフラ**に関するコンサルティング事業や、電力エンジニアリング事業を通じて世界各国の国づくりの一翼を担っています。



自己紹介



大矢 遼太
(おおや りょうた)

- 入社:2017年(平成29年)
- 金沢大学理工学域 自然システム学類卒業
- 所属:防災部 → 国土保全設計推進室(現在)



畠田 和弘
(はただ かずひろ)

- 入社:1991年(平成3年)
- 九州大学大学院農業研究科 林業学専攻修了
- 所属:防災部 → 統合情報技術部 → CIM推進センター → 国土保全設計推進室(現在)
- 日本地すべり学会BIM/CIMネットワーク オーガナイザー



遠藤 陽希
(えんどう はるき)

- 入社:2020年(令和2年)
- 日本大学大学院生産工学研究科 建築工学専攻修了
- 所属: 中央研究所CIM推進センター(現在)

第1回セミナー(概要)

1. 自動設計への取り組みの背景
2. 自動設計の開発結果
3. 自動設計でできること

地すべり・斜面对策におけるBIM/CIMの背景

①BIM/CIM原則適用

令和4年度におけるBIM/CIM実施方針



- 令和5年度の小規模を除く全ての公共工事におけるBIM/CIM原則適用に向けて、段階的に適用拡大。令和4年度の適用対象は下図のとおり。
- リクワイアメントは円滑な事業執行のために原則適用の上乗せ分として実施。
- リクワイアメントの分析を踏まえ、円滑な事業執行のためにどの段階からどのように3次元モデルを活用するか、業界団体等とも協議の上、工種別に整理。
- あわせて、インフラ管理の効率化のために蓄積すべき情報や手法を検討。

原則適用拡大の進め方(案)(一般土木、鋼橋上部)

	R2	R3	R4	R5
大規模構造物	(全ての詳細設計・工事で活用)	全ての詳細設計で原則適用 (R2「全ての詳細設計」に係る工事で活用)	全ての詳細設計・工事で原則適用(※)	全ての詳細設計・工事で原則適用
上記以外(小規模を除く)	—	一部の詳細設計で適用(※)	全ての詳細設計で原則適用 R3「一部の詳細設計」に係る工事で適用	全ての詳細設計・工事で原則適用

(※)詳細設計における適用:3次元モデル成果物作成要領(案)に基づく3次元モデルの作成及び納品工事における適用:設計3次元モデルを用いた設計図書の照査、施工計画の検討

第7回 BIM/CIM推進委員会 資料より引用(一部加筆)

⇒ **すべての設計業務**にCIMモデル作成が必要となる。

BIM/CIMモデル活用の一般化

②リクワイアメントの拡充

令和4年度 BIM/CIM活用業務のリクワイアメント(案) ※任意適用 国土交通省 第7回 BIM/CIM推進委員会 資料3-1 R4.2.1

項目	実施目的(例)	適用が見込まれる場合
継続 ①可視化による設計選択肢の比較評価(配置計画案の比較等)	配置計画等の事業計画をBIM/CIMモデルにより可視化し、経済性、構造的、施工性、環境景観性、維持管理の観点から合理的に評価・分析することを目的とする。	地形の起伏が大きい等、地形が複雑で2次元図面のみでは合理的な評価等が難しい場合 耐震補強設計において、既設構造物との取り合いが複雑で2次元図面のみでは施工性、景観性等の評価が難しい場合
継続 ②リスクに関するシミュレーション(地質、騒音、浸水、既設構造物への影響等)	地質・土質モデルにより地質・土質上の課題等を容易に把握し、後工程におけるリスクを軽減するための対策につなげることを目的とする。	後工程における手戻り(現地不整合等に伴う再検討、クレーン等による工事中止等)による影響が大きいと考えられる場合
継続 ③对外説明(関係者協議、住民説明、広報等)	对外説明において、BIM/CIMモデルにより分かりやすく事業計画を説明することにより、円滑かつ確実に合意形成を図ることを目的とする。	地形や工事的物の形状が複雑であり、2次元図面だけでは完成形状の説明が難しい場合
継続 ④概算工事費の算出(工区割りによる分割を考慮)	簡易的なBIM/CIMモデルに概算単価等のコスト情報を紐付けることで、工区割り範囲の概算工事費を速やかに把握できることを目的とする。	複雑な工区割り作業が見込まれる場合
継続 ⑤4Dモデルによる施工計画等の検討	工事発注時における合理的な工期設定、施工段階における円滑な受発注者協議等を目的とする。	施工条件が複雑であり、2次元図面のみによる協議等が難しい場合(多くの現道切り回しを順次実施する必要がある等)
継続 ⑥複数業務・工事を統合した工程管理及び情報共有	複数業務・工事中に共有すべき情報又は引き継ぐべき情報を関係者間で適切に共有し、迅速かつ確実な合意形成を図ることにより、手戻りなく円滑に事業を実施することを目的とする。	複数業務・工事中の調整事項が多い又は合意形成の必要性が高い場合
新規(測量業務に適用) ⑦既存地形及び地物の3次元データ作成	現況地形の点群データを取得し、3次元データを作成することで、後工程の詳細設計に円滑なデータ受け渡しを行うことを目的とする。	地形が複雑な場合など3次元で地形を把握する必要性が高い場合

第7回 BIM/CIM推進委員会 資料より引用

⇒ **3次元検討を前提とした高度な設計**が要求される。

BIM/CIMモデル活用の高度化

③多様なBIM/CIM活用

<<BIM/CIMモデル作成・活用・更新の流れ【地すべり】>>

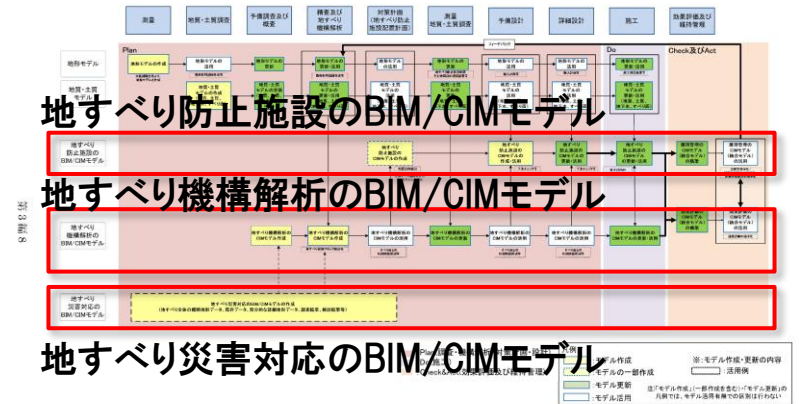


図3 地すべり対策におけるBIM/CIMモデルの作成・更新・活用の流れの例

BIM/CIM活用ガイドライン 第3編砂防及び地すべり対策編

⇒ 複数用途の**多様なCIM**対応が必要となる。

BIM/CIMモデル活用の多様化

BIM/CIMへのプログラミングの活用

現状のモデル作成手法の課題

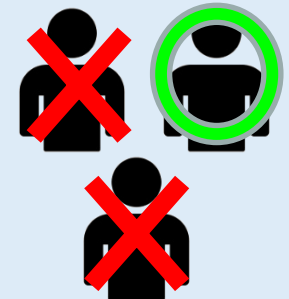
モデルの限界

手作業から再現できる設計図の3次元化には限界がある。



スキル、ハード、マネジメントが必要

モデル作成に適正な練度が必要で、モデル作成者が限定されてしまう。



ヒューマンエラー

モデルを手作業で作成するため、ヒューマンエラーが発生しやすい。



膨大な作業コスト

1つ1つモデルを手作業で作成するため、膨大な時間を要する。

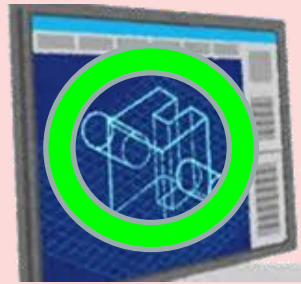


BIM/CIMへのプログラミングの活用

プログラミングによる解決

高度なCIMモデルの作成

プログラムの演算等による高度なCIMモデル作成が可能。



誰でもモデル作成が可能に

入力値を調整するだけで、誰でもモデル作成が可能。



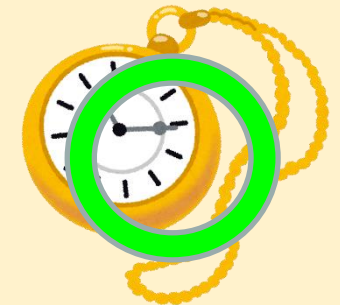
品質・信頼性の担保

プログラムで処理するため、指定した規格通りのモデルが作成。



作業効率性の向上

プログラム処理にかかる時間は数分程度。



自動設計への展開

地すべり・斜面对策BIM/CIMの背景
 一般化 高度化 多様化 標準化

課題

- ・ヒューマンエラー
- ・膨大な作業コスト
- ・高度なモデル作成の限界
- ・高度なスキル、ハード、マネジメントが必要

展望

- ・パラメトリックモデリング
- ・設計条件、設計思想のプログラム化
- ・数量概算工事費算出のプログラム化

解決策:地すべり・斜面对策工自動設計システム

- ・プログラムによるパラメトリックモデリング
- ・3次元設計支援機能を実装する自動設計システム

マンパワーから自動化へ

- ①作業高度化・効率化
- ②品質・信頼性の向上
- ③3次元設計
- ④スキルの不要なモデル作成

使用ソフト

使用するソフトはAutodesk製品のCivil3D、プログラムにはCivil3DのアドオンツールであるDynamoを採用した。

Dynamoは、ボックス状の「ノード」とひも状の「ワイヤー」で構成されるビジュアルプログラミングツールであり、ノードとワイヤーで構成されたプログラムを「グラフ」という。グラフのノードに記載されたパラメータがワイヤーで連結された次のノードに引き継がれデータ処理やモデリングを実行する。

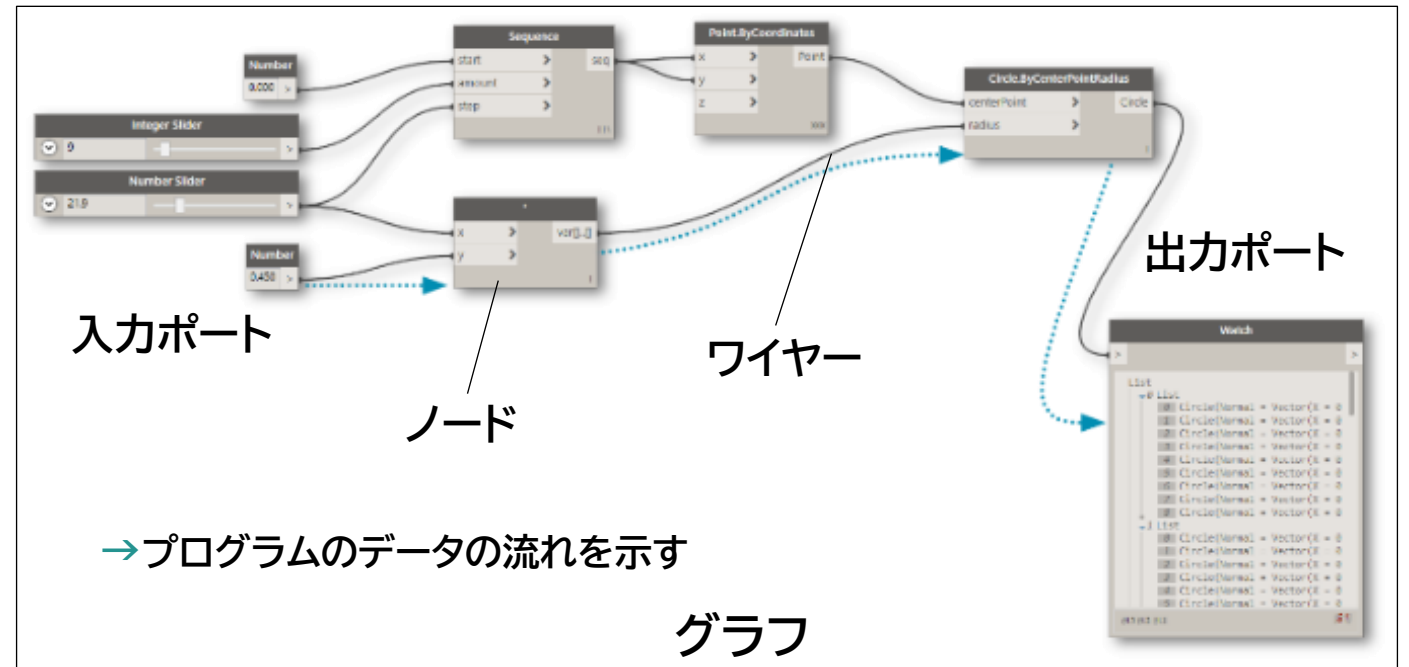
Civil3D



Dynamo



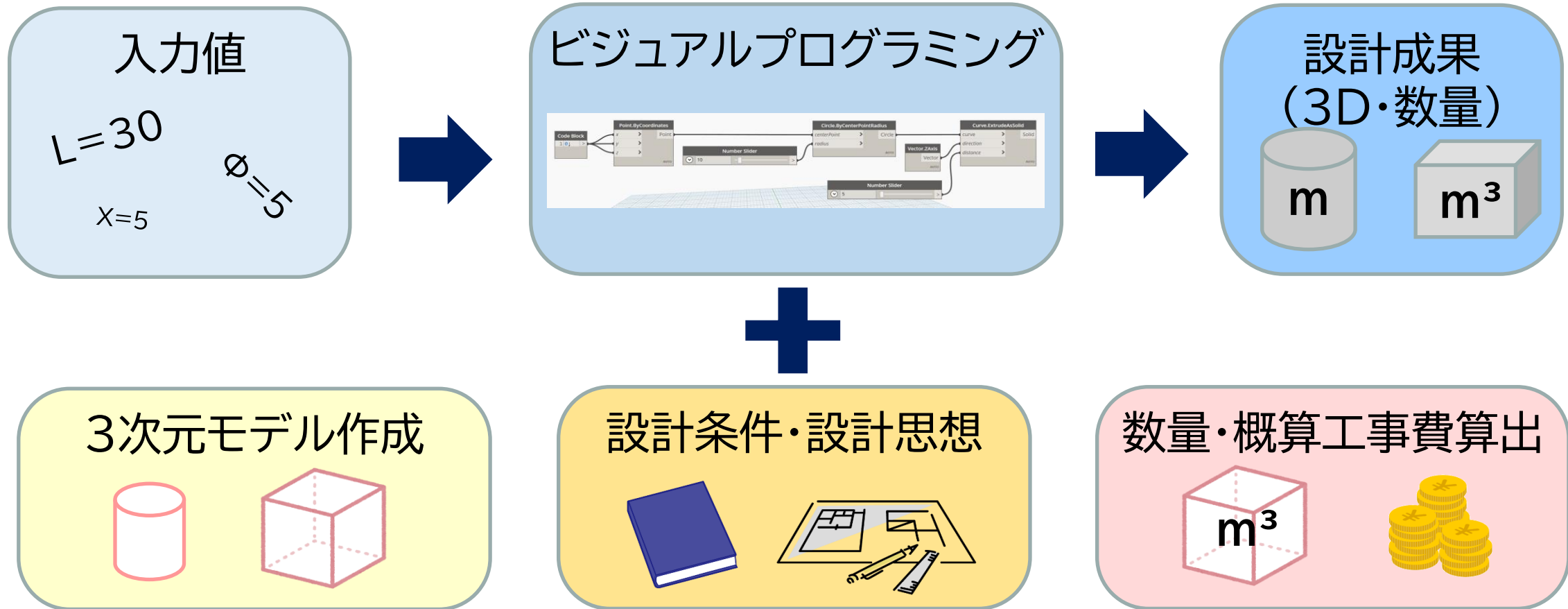
AUTODESK社 HPより引用



自動設計システムの開発工程

開発ステップと対策工種

自動設計システム



自動設計システムの開発工程

開発ステップと対策工種

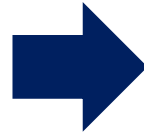
自動設計システム

入力値

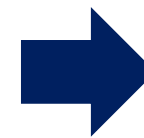
$L=30$

$X=5$

$\phi=5$



ビジュアルプログラミング



設計成果
(3D 数量)

STEP4

m

m³



3次元モデル作成

STEP1

設計条件・設計思想

STEP2

数量・概算工事費算出

STEP3

4. 自動設計を活用した業務事例紹介

- グラウンドアンカー工
- 頭部排土工
- 吹付法枠工+鉄筋挿入工

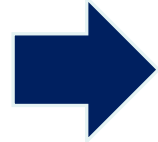
グラウンドアンカー工

【業務活用事例】

アンカーモデル、受圧板モデル、不陸調整台座モデルの作成

設計条件の整理

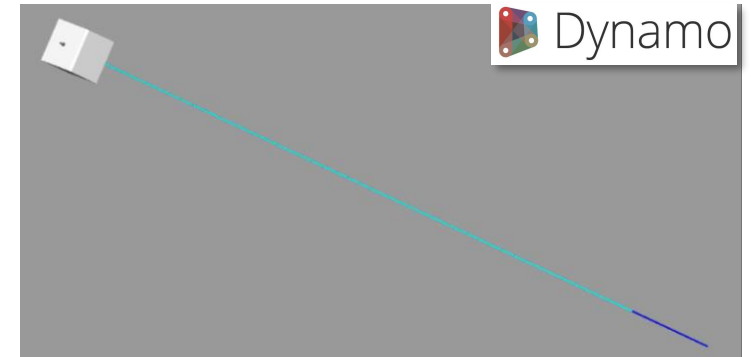
入力項目	概要	記号	単位	数値
水平方向打設間隔	アンカーの水平方向打設間隔を入力	a	m	3
縦方向打設間隔	アンカーの縦方向打設間隔(高さ)	b	m	3
打設角度	アンカーの打設角度の入力	θ	°	30
打設段数	アンカーの打設段数の入力	n	段	5
定着体長	アンカーの定着体長の入力	l_1	M	5
すべり面と定着体の余裕長	定着体とすべり面との余裕長の入力	l_2	m	1
アンカー長丸め値	自由長部の丸め値の入力	--	--	0.5
アンカー径	アンカーの半径の入力	ϕ	mm	90
地上部の余長(台座等含む)	アンカーの地上部分の長さ入力	l_3	m	0.1
補正角度	アンカーの打設方向の主測線との角度の入力	α	°	0
受圧板長さ	受圧板の長さの入力	A	mm	2300
受圧板幅	受圧板の幅の入力	H	mm	2300
受圧板厚	受圧板の厚さの入力	τ	mm	200
不陸調整厚さ	不陸調整部分の厚さ	τ_1	mm	20
不陸調整埋没部厚さ	不陸調整部分の埋没部分の厚さ	τ_2	mm	20
アンカー長丸め桁	定着部、自由長部、地上部の丸め桁の入力	--	--	2
打設標高値	1段目の打設標高値を入力	h_1	m	150
打設基準位置条件	打設位置からの調整値。標高値選択の場合は0を入力。	h_2	m	0
足場仮設幅	足場仮設の幅	L	mm	4500



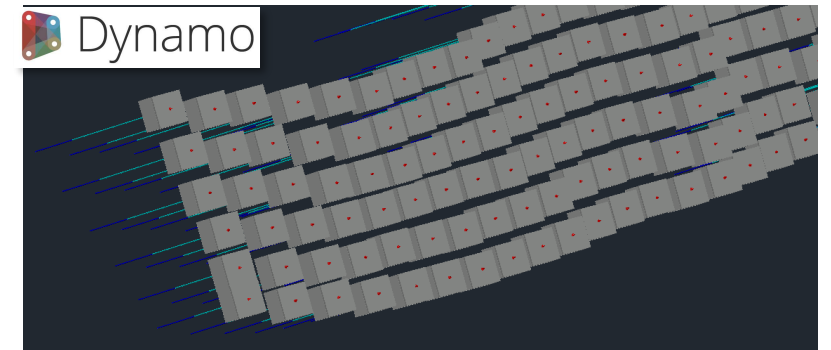
所要時間
(約1~2分)

設計条件の項目、数値を指定し実行すれば、
数分で各種モデルが作成される(省力化)

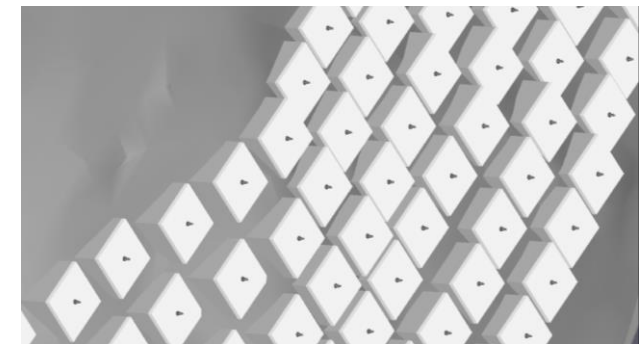
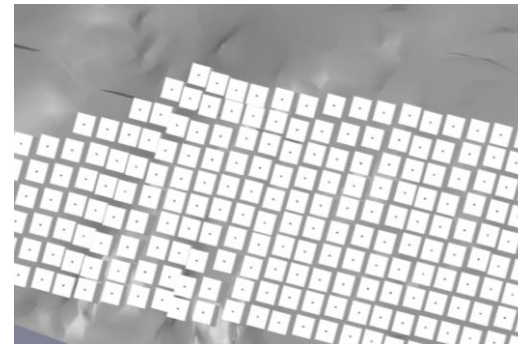
設計条件に準じたモデル



自動設計プログラム実行結果



Navisworksへ読み込み→統合モデル作成



※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータではなく「本セミナー用」に編集しております。

グラウンドアンカー工

【業務活用事例】

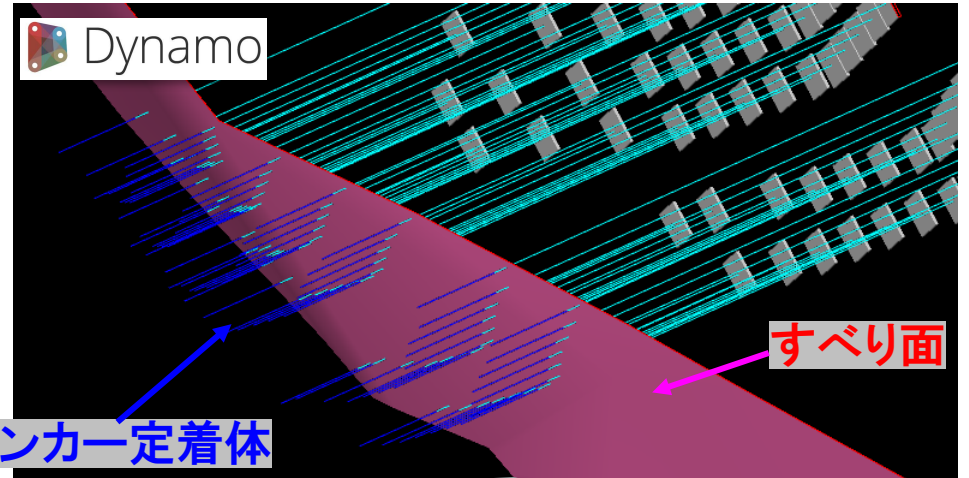
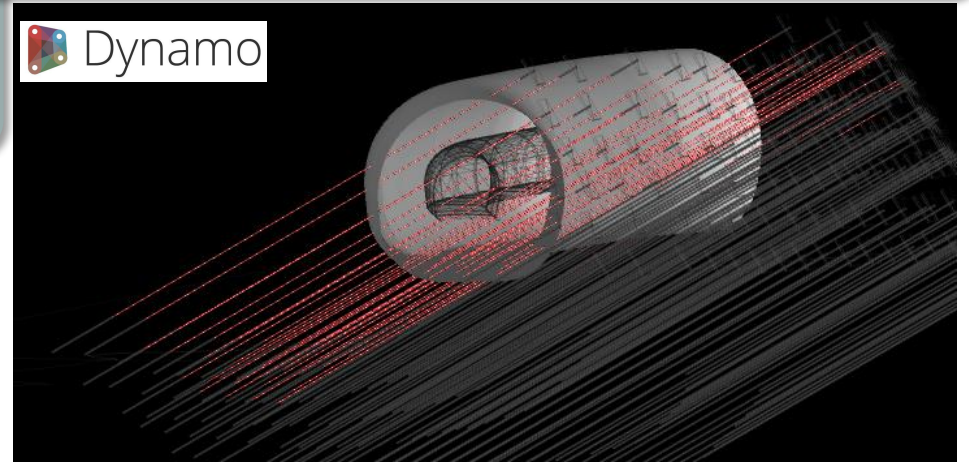
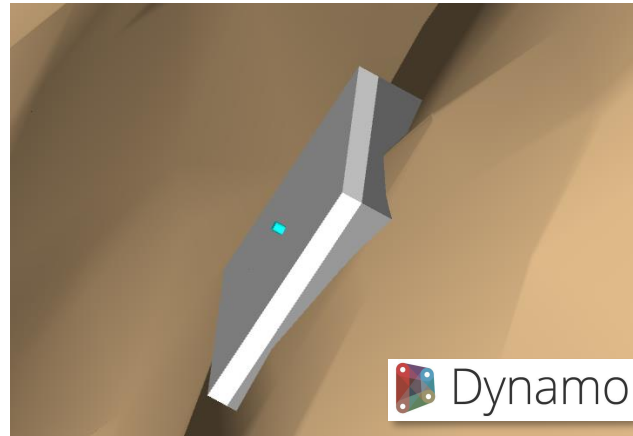
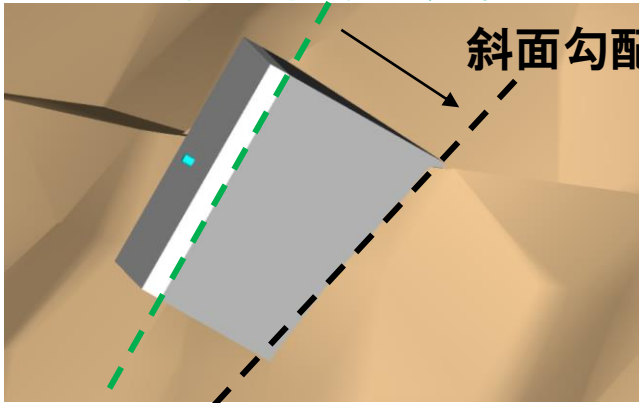
周辺構造物との干渉照査、定着位置照査

【業務活用事例】

受圧板の設置角度、不陸調整台座の最小/最大厚さを調整

受圧板設置角度

斜面勾配



調整前(アンカー傾角に直交) 調整後(斜面勾配に近似した角度)

<設計精度向上>

設置面を調整し不陸調整台座の数量を適正化
地形の3次元的な起伏を考慮した設計が可能

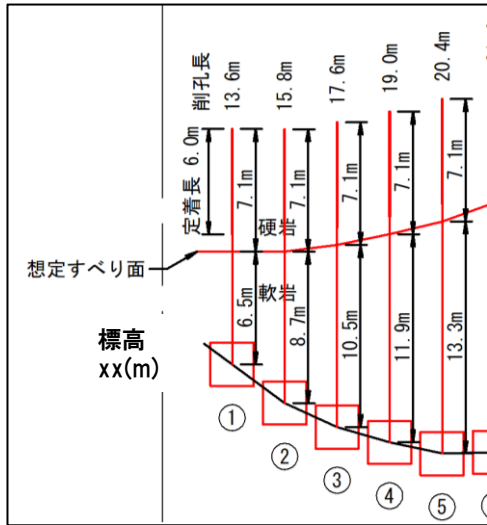
周辺環境を考慮した適切な対策配置検討が可能。作業省力化につながり、ヒューマンエラーも削減できる。

※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータではなく「本セミナー用」に編集しております。

グラウンドアンカー工

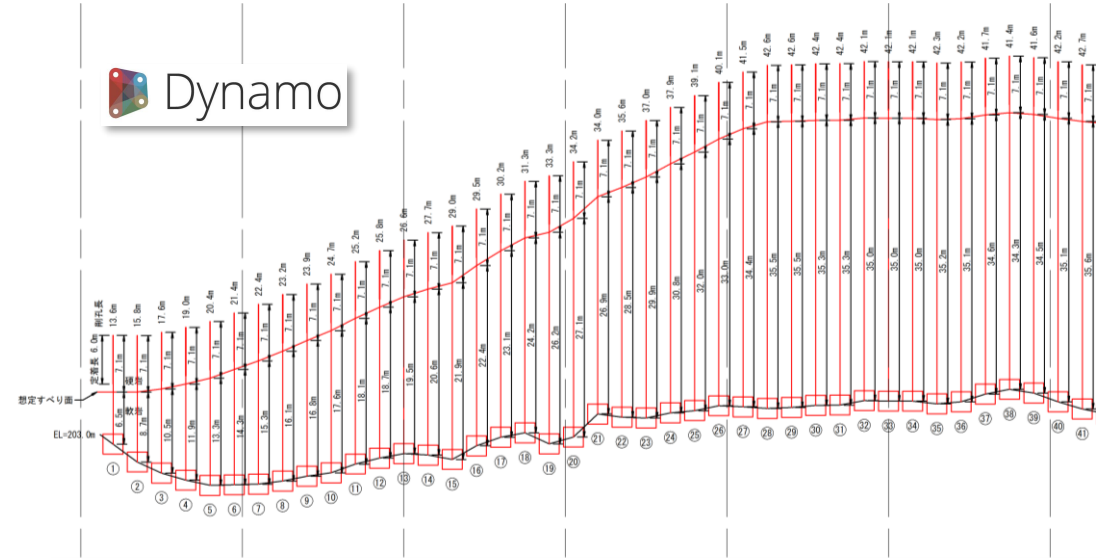
【業務活用事例】

各種従来図面(2D)の作成、数量算出



標高 xx(m)	アンカー列				
	1	2	3	4	
1	軟岩	6.5	8.7	10.5	11.9
	硬岩	7.1	7.1	7.1	7.1
	削孔長計	13.6	15.8	17.6	19.0
	ざぶとん枠	4.9	2.9	1.7	0.6
	受圧板+台座+余長	0.4	0.4	0.4	0.4
アンカー長	19.0	19.5	20.0	20.0	
2	アンカー列				
	軟岩	27	28	29	30
	硬岩	7.1	7.1	7.1	7.1
	削孔長計	41.5	42.6	42.6	42.5
	ざぶとん枠	0.3	0.1	0.2	0.1
受圧板+台座+余長	0.4	0.4	0.4	0.4	
アンカー長	42.5	43.5	43.5	43.0	

各段のアンカー配置図



プログラムで作成された3Dモデルの情報を基に、2D図面を描写させる(平面図、断面図、詳細図も可)

削孔長や材料の数量一覧表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
・標高xx(m)	1.5	8.7	10.5	11.9	13.3	14.3	15.3	16.1	16.8	17.6	18.1	18.7	19.5	20.6	21.9	22.4	23.1	24.2	26.2	27.1	26.9	28.5	29.9	
	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	
・掘削土量	1.6	15.8	17.6	19.0	20.4	21.4	22.4	23.3	23.9	24.8	25.3	25.8	26.6	27.7	29.0	29.5	30.2	31.3	33.3	34.2	34.0	35.6	37.0	
	1.9	2.9	1.7	0.6	0.5	0.9	1.4	1.9	1.9	1.2	0.2	1.1	1.0	2.0	1.6	0.2	0.8	1.3	2.5	2.1	0.2	0.8	0.8	
・不陸調整台座	1.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
	1.0	19.5	20.0	20.0	21.5	23.0	24.5	25.5	26.5	26.0	27.5	28.0	30.5	31.5	30.5	31.5	30.5	31.5	33.0	36.5	37.0	35.0	37.0	38.5
・余長	7	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46				
	1.4	35.5	35.5	35.3	35.3	35.0	35.0	35.0	35.2	35.1	34.6	34.3	34.5	35.1	35.6	36.0	35.7	35.9	37.3	38.7				
・アンカー長	1.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	
	1.5	42.6	42.6	42.5	42.5	42.1	42.1	42.3	42.2	41.7	41.5	41.6	42.2	42.7	43.1	42.8	43.0	44.5	45.8					
受圧板+台座+余長	1.3	0.1	0.2	0.1	0.4	0.9	0.1	0.7	0.3	0.7	2.4	2.9	2.1	2.4	4.4	6.5	8.9	11.1	12.9	12.2				
アンカー長	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
アンカー長	42.5	43.5	43.5	43.0	43.5	43.5	43.0	43.5	43.0	43.5	44.5	45.0	44.5	45.0	47.5	50.0	52.5	54.5	58.0	58.5				

■CIM原則化 ≠ 3次元設計成果(モデル)のみ納品

現状、従来の2次元図面成果も必要となる。

Dynamoに2次元図面データを書き出すプログラムを組みこむことで、3D自動設計&2D自動設計を実現(大幅な省力化につながる)

※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータではなく「本セミナー用」に編集しております。

頭部排土工

【業務活用事例】

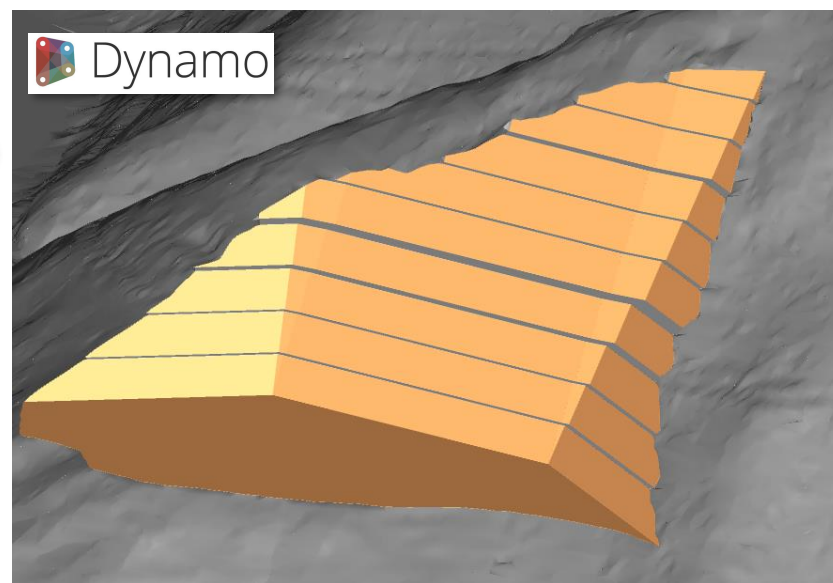
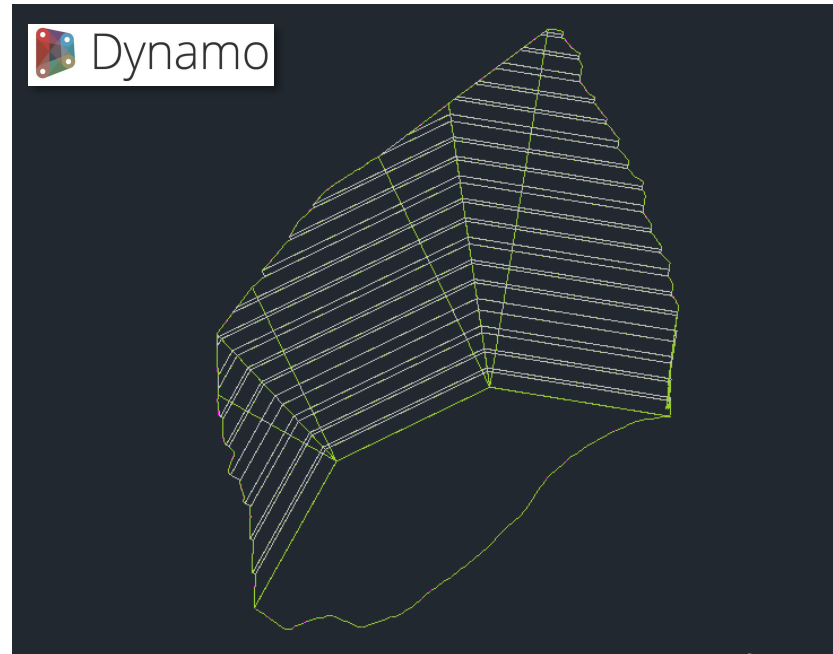
頭部排土工モデル、小段(幅広小段含む)の作成

入力項目	概要	記号	単位	数値
法高上限	1段あたりの法面の高さの上限	L	m	7
排土基面標高値	排土基面の標高値	H	m	200
法尻擦り付け角度	排土面側部の擦り付け角度	θ	°	35
すべり面からの奥行	主断面でのすべり面からの奥行	l	m	1
法面保護工厚さ	法面保護工の厚さ	a	cm	5
小段厚さ	小段水路の厚さ	b	mm	300
切り上げ桁数	出力値の切り上げ桁数 (Excelと同じ)	--	--	1
入力項目	概要	記号	単位	1段目
法面勾配	各段の法面勾配 (1:n)	n	--	1
小段幅	各段の小段幅	m	m	1.5

2段目	3段目	4段目	5段目	6段目	7段目	8段目	9段目	10段目
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.5	3	1.5	1.5	1.5	3	1.5	1.5	3

図面数量作成の省力化に加え、
概算工費、施工影響範囲の確認、排土量把握も同時に可能

所要時間
(約1~2分)



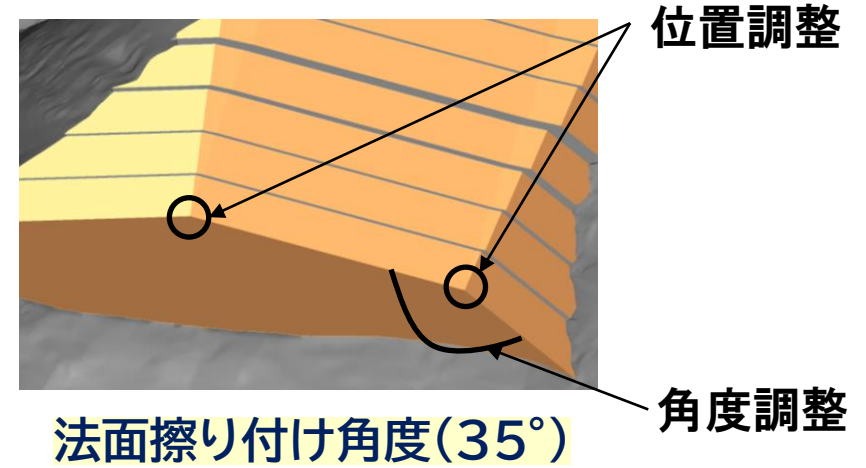
※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータではなく「本セミナー用」に編集しております。

頭部排土工



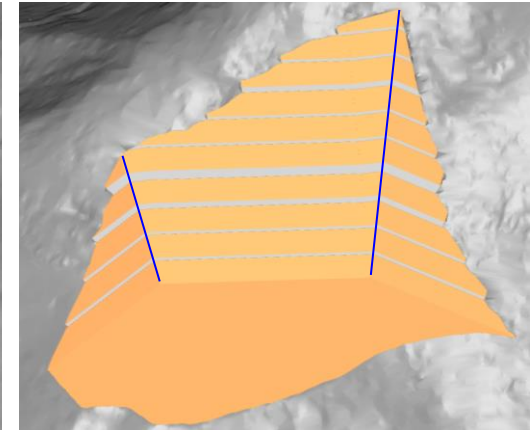
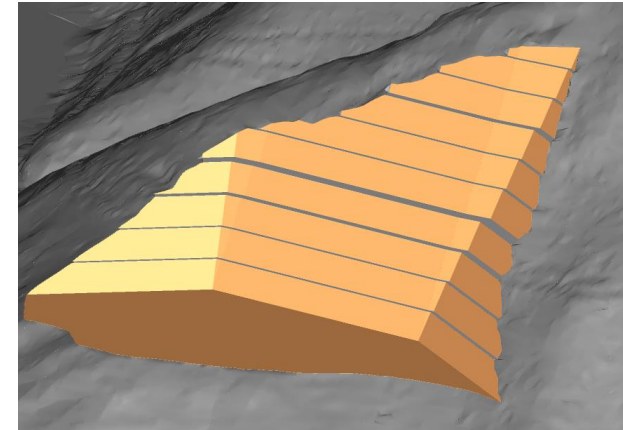
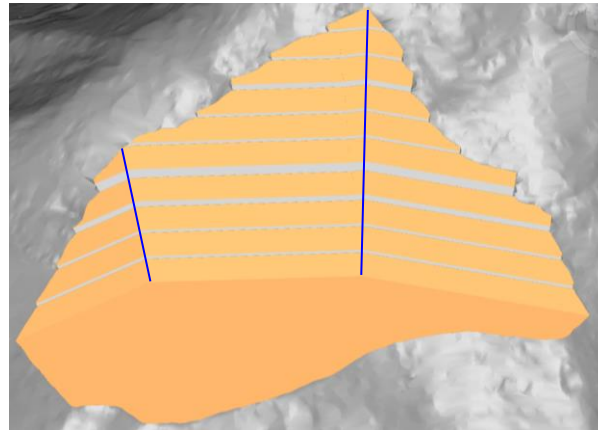
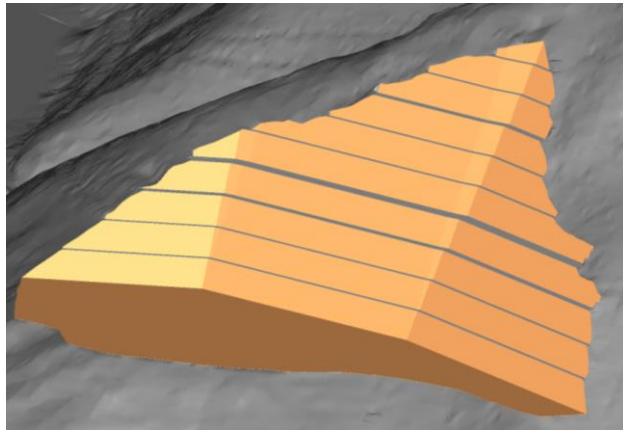
【業務活用事例】

排土法面形状のトライアル(折れ点位置、折れ点角度の調整)
 複数パターンの排土形状について、少ない労力で精査可能。



法面擦り付け角度(20°)

法面擦り付け角度(35°)



工種	種別	細目	単位	金額(入力値)	数量	概算工費
掘削	土砂・オープン・押土無し		m ³	¥310	800000	¥248,000,000
土砂運搬	運搬距離L=9.5km以下・DID区間無し・土砂		m ³	¥1,500	800000	¥1,200,000,000
法面整形	切土部・土砂		m ²	¥700	35000	¥24,500,000
法面保護工面積	植生基材吹付工	t=3cm	m ²	¥3,500	35000	¥122,500,000
水路工	小段の総延長	BF300	m	¥7,000	4000	¥28,000,000
						¥1,623,000,000
諸経费率		30%				
					合計	¥2,109,900,000

工種	種別	細目	単位	金額(入力値)	数量	概算工費
掘削	土砂・オープン・押土無し		m ³	¥310	600000	¥186,000,000
土砂運搬	運搬距離L=9.5km以下・DID区間無し・土砂		m ³	¥1,500	600000	¥900,000,000
法面整形	切土部・土砂		m ²	¥700	30000	¥21,000,000
法面保護工面積	植生基材吹付工	t=3cm	m ²	¥3,500	30000	¥105,000,000
水路工	小段の総延長	BF300	m	¥7,000	3000	¥21,000,000
						¥1,233,000,000
諸経费率		30%				
					合計	¥1,602,900,000

※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータではなく「本セミナー用」に編集しております。

吹付法枠工 + 鉄筋挿入工

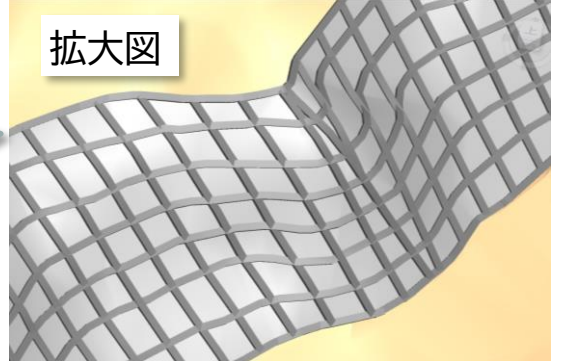
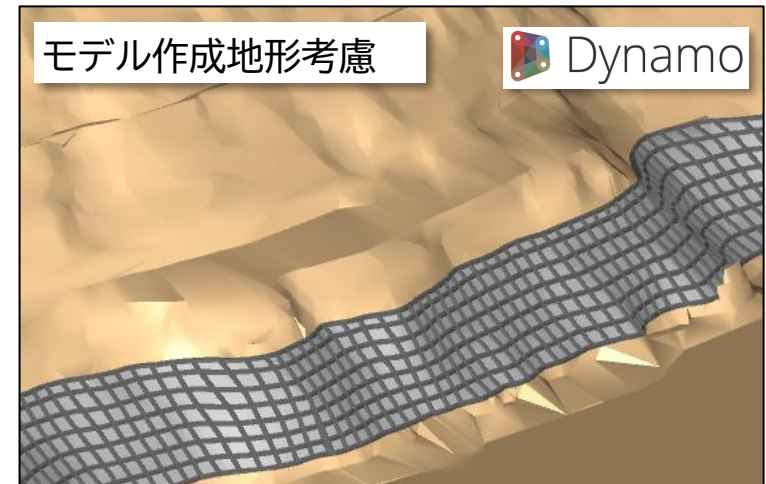
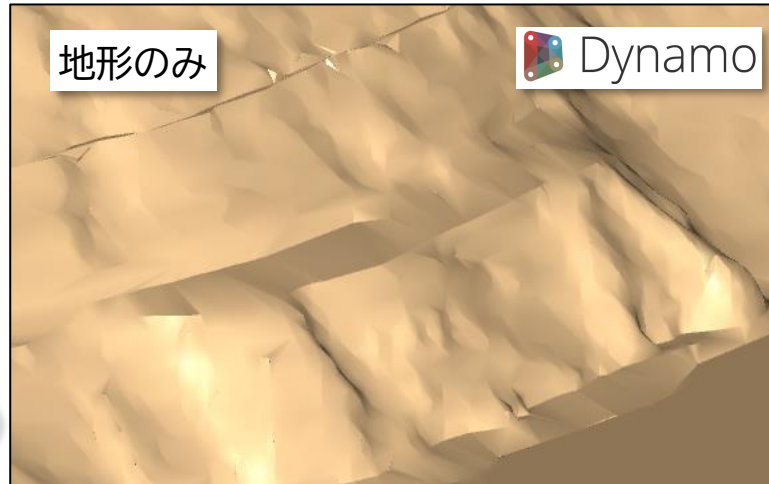
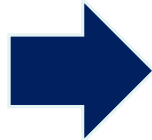
【業務活用事例】

吹付法枠工、鉄筋挿入工のモデル作成

入力条件一覧表

入力項目	単位	数値
法枠幅	m	300
法枠高さ	m	300
法枠厚さ	m	300
縦梁方向変化点	-	CAD内指定
未対策範囲	-	CAD内指定
挿入長	m	3.6
全長	m	4.0
鉄筋径	mm	19

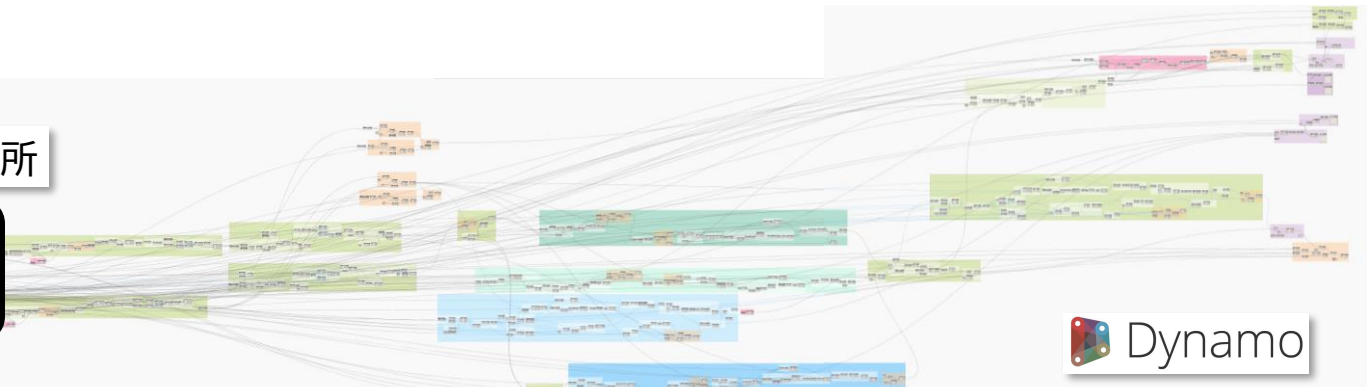
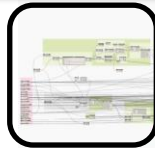
所要時間
(約1~2分)



地形の起伏を考慮した
モデルが作成される

Excelを用いず、Dynamoに
各種条件を直接入力も可能

条件入力箇所

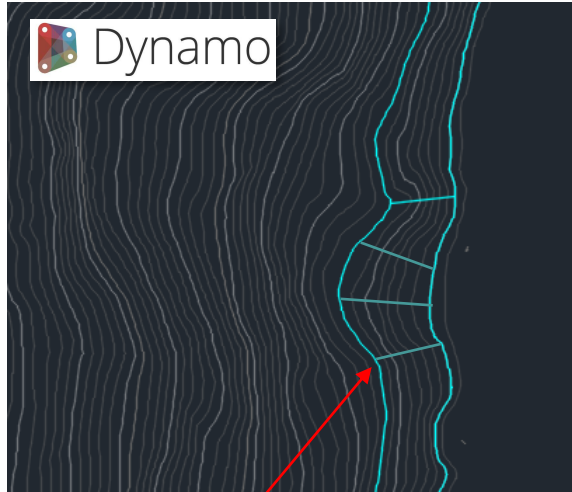


※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータではなく「本セミナー用」に編集しております。

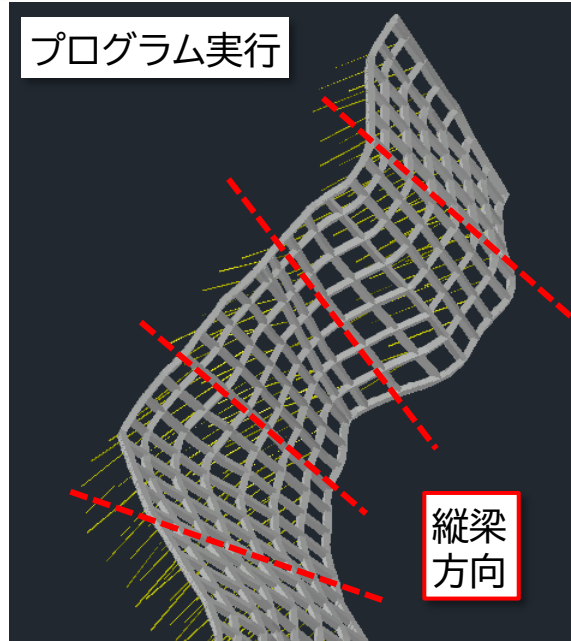
吹付法枠工 + 鉄筋挿入工

【業務活用事例】

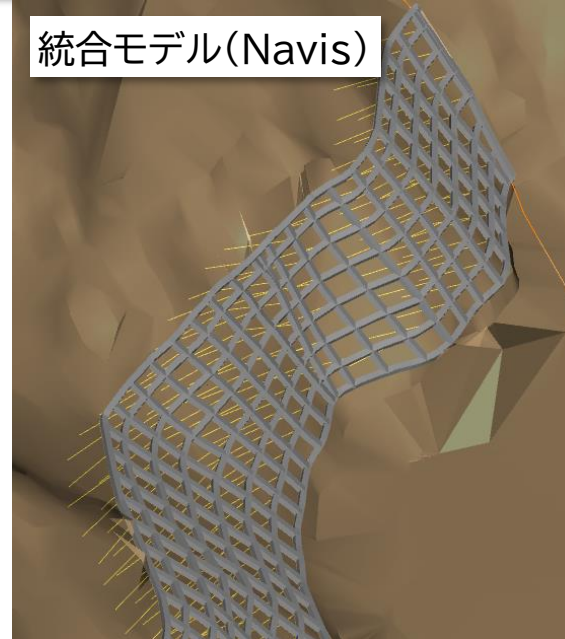
3D地形に合わせた法枠形状、鉄筋挿入工モデル



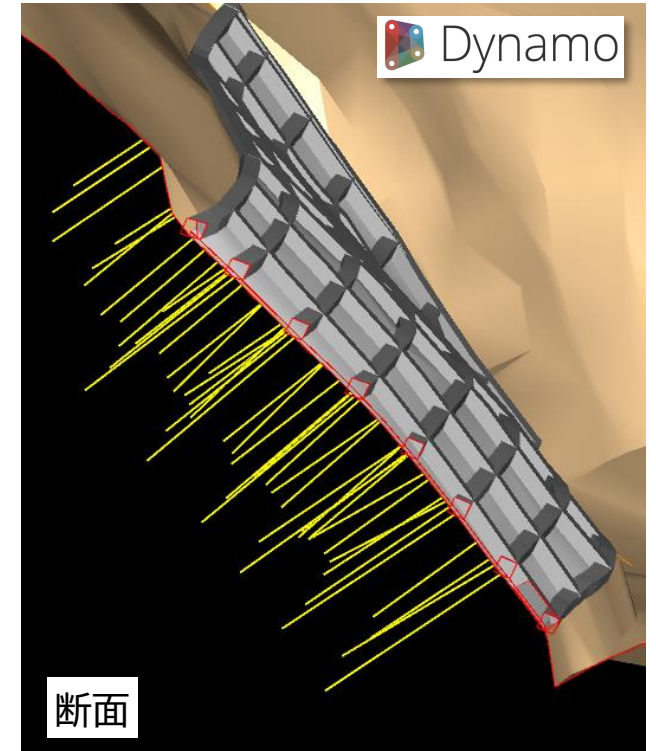
縦梁の方向を変化させたい箇所を指定(尾根地形等)



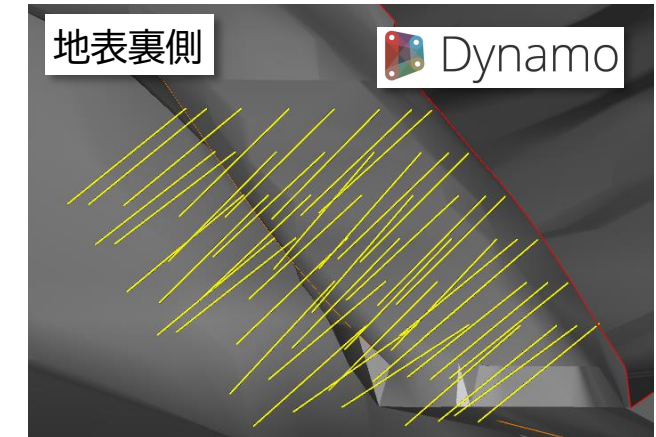
縦梁
方向



統合モデル(Navis)



断面



地表裏側

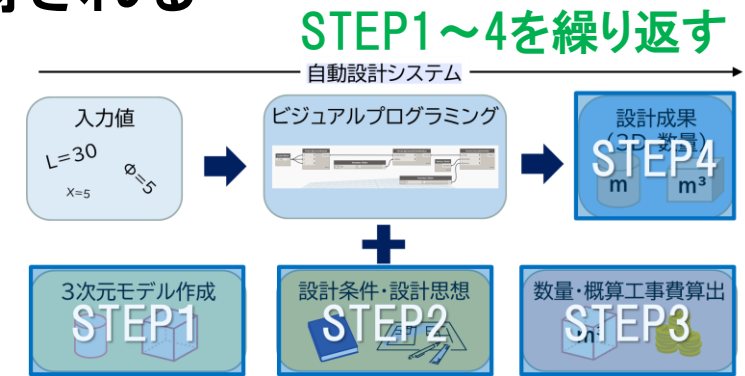
地形に合わせて3Dモデル化するため、設計精度の向上が期待される。
(プログラムによる2D展開図は今後作成予定)

※本資料に掲載する各種数値、モデル形状は、業務で活用したデータを「本セミナー用」に編集しております。

自動設計を活用した業務事例紹介(まとめ)

【有効性】

- 自動設計プログラムにより**省力化**、**ヒューマンエラー削減**を実現。
- 3Dモデルだけでなく、**2D図面**も出力可能。
- 条件変更による**トライアル**が容易。(概算工費や施工影響範囲の精査を省力化)
- 3D地形をベースとした設計であるため、**設計精度向上**が期待される



【課題・展望】

- イメージ通りのモデルが作成されないこともある。
 - **さまざまな現場で試行・適用**し、プログラムをブラッシュアップ(プログラム性能向上)
- 他工種への拡充。2D図面や数量計算書等の**アウトプット内容を充実**させる
 - 従来設計で必要とされる図面や数量計算書を自動化(適用可能範囲拡大)

5. 日本工営の地すべりCIMの取り組み

- 主要な地すべりCIM業務の紹介
- CIMの試行
- 地すべりCIMモデルの紹介

主要な地すべりCIM業務の紹介 – 主な学会発表

阿蘇大橋、由比、月山、天竜川、六甲砂防等でのCIM業務を通して
CIMに関するスキル・ノウハウを蓄積

年度	研究発表会	タイトル	CIM試行での気づき	自動設計の試行	モデルの紹介
2017	砂防学会	阿蘇大橋地区斜面防災対策工事の取り組み(その1)施工時の迅速性と安全性確保	<ul style="list-style-type: none"> 熊谷組を中心とした、調査、設計、施工の同時平行作業、無人化施工でi-Constructionを全面的に実施した事業 迅速な災害対応での有効性 調査・設計・施工の連携の重要性 UAVの重要性 		
2017	砂防学会	阿蘇大橋地区斜面防災対策工事の取り組み(その2)土砂移動のモニタリング			
2017	砂防学会	阿蘇大橋地区斜面防災対策工事の取り組み(その3)斜面応急対策のための測量・設計・施工			
2018	地すべり学会	UAV写真測量による砂防施設の3D設計	<ul style="list-style-type: none"> 地形データの重要性 土工モデルの難しさ 2D設計と3D設計の相違の問題 		
2019	地すべり学会	CIMモデル活用における設計と施工との情報共有に関する効果と課題	<ul style="list-style-type: none"> 設計者と施工者との連携の重要性 仮施設モデルの難しさ 自動設計の試行を始める 	○	
2019	土木学会	複合現実の空間を実現するデバイスを利用した土木分野への適用性の検討	<ul style="list-style-type: none"> VRによる可視化の可能性 		
2020	地すべり学会	地すべり防止施設設計におけるCIM 活用の事例報告	<ul style="list-style-type: none"> 本格的な地すべりCIMモデルへの取り組み 		○
2021	地すべり学会	令和2年7月豪雨による山形県の被災事例報告	<ul style="list-style-type: none"> 災害対応での合意形成 		
2021	地すべり学会	和歌山県における地すべりBIM/CIMの取り組み(2件)	<ul style="list-style-type: none"> 県での地すべりCIMの取り組み 		
2022	地すべり学会	地すべりのBIMCIMの取り組みに関する一考察	<ul style="list-style-type: none"> 目的に適合したモデル作成 	○	○
2022	地すべり学会	CIM を用いた地すべり対策工自動設計システム開発と業務事例紹介	<ul style="list-style-type: none"> 自動設計設計システムの紹介 	○	○
2023	砂防学会	六甲砂防事務所管内におけるBIMCIM活用の取り組み	<ul style="list-style-type: none"> 設計者と施工者との連携の重要性 	○	
2024	地すべり学会	発表予定		○	○

CIMの試行 – スキルアップ・作業体制の構築

地すべり・砂防技術者として業務に従事

- 2002年 CAD(AutoCAD、JWCAD)を本格的に始める
- 2004年 CAD・GISを使用した自動設計システム開発の支援（砂防技術者として設計フローの作成）
- 2017～2018年 社内のCIM普及のための研修活動、業務支援（CIM推進センターに在籍）
- 2019年～ 社内地すべりCIMの支援、OJTを実施、CUG認定インストラクターの資格取得
- 2021年 開発中の自動設計システムを実務に導入

(2017～2018) 地すべりCIMモデル支援

CIM推進センター

2019年12月

地すべりモデルの作成

砂防堰堤と堆砂域の3Dモデル作成
テキスト(2017)

地形モデル作成:等高線からサーフェスを作成

↓
平面線形の作成

↓
線形ラベルの編集・削除、

↓
縦断面の作成・編集・横断面

↓
河床高の読み取りと縦断面

↓
計画線の作成・縦断面の帯

↓
計画高水位・計画堆砂高・

↓
現河床勾配線の入力

↓
作成

↓
断面

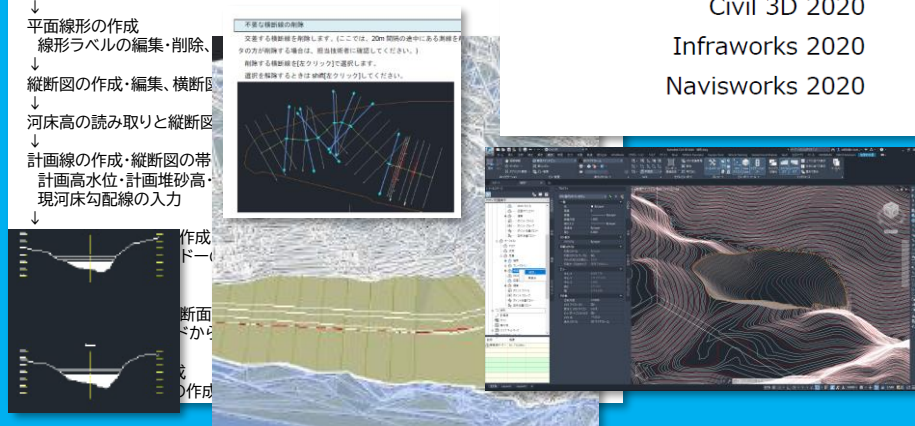
↓
作成

Autodesk

Civil 3D 2020

Infraworks 2020

Navisworks 2020



(2019～) 地すべりCIM OJT : 業務を指導しながらCIMを普及

CUG認定インストラクター

シビルユーザーグループ
CUG



2007年 発足

2015年一般社団法人 Civilユーザ会

- 土木分野における3次元モデル利活用の推進を行い、CIM施策の円滑な導入に寄与することを目的として設立。
- CIMスペシャリスト、CIMインストラクタ養成
- CIMに関する情報交流
- 普及トレーニング、集合・Webセミナーの開催

Web会議システムを活用した作業支援

地すべりCIMモデル OJT
モデリング + 自動設計へ

(2021～)

開発中の自動設計システム導入

地すべりCIMモデルの紹介

地すべりCIMモデル

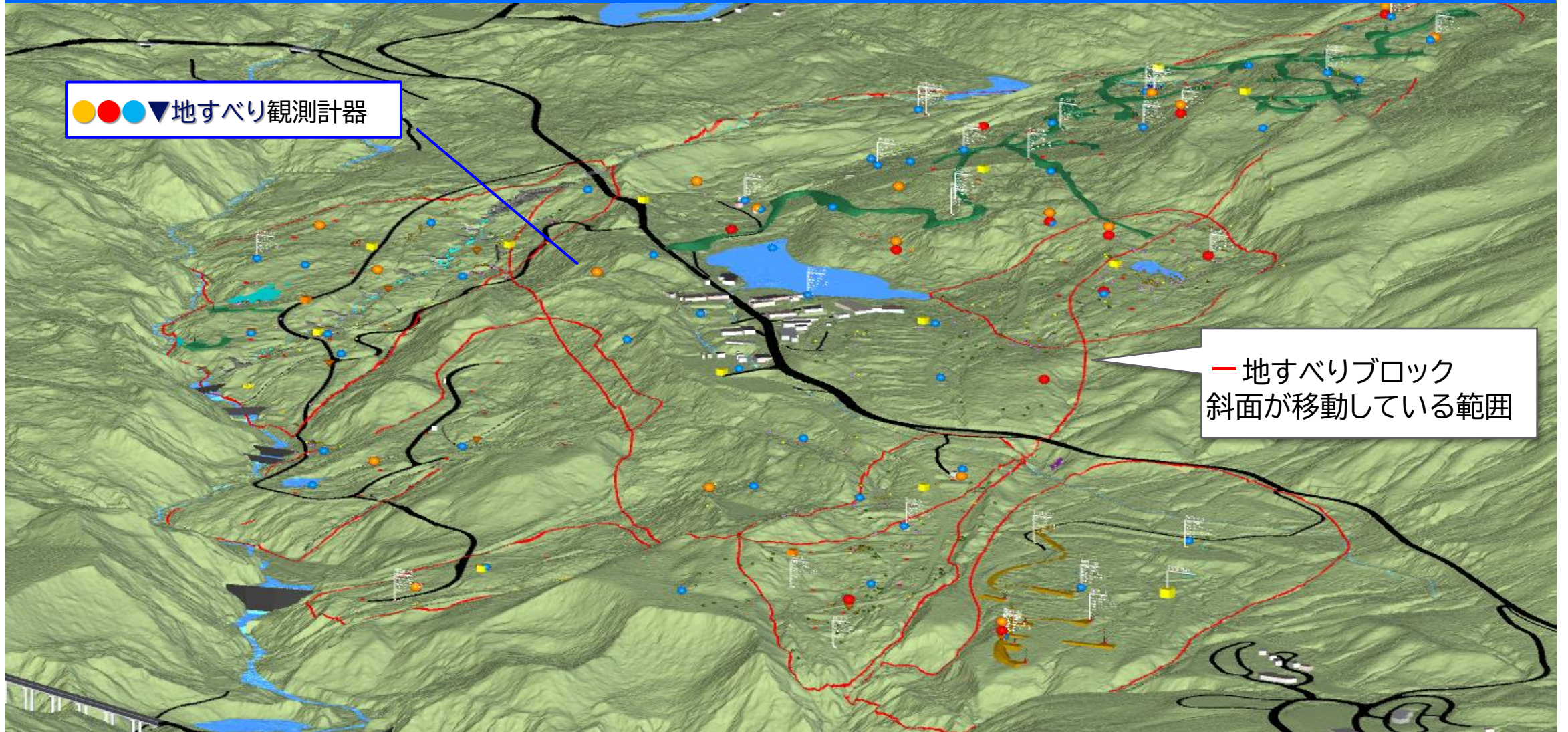


地すべり地形の例

X: -58101.789199 Y: -80119.867422 Z: 483.853921m

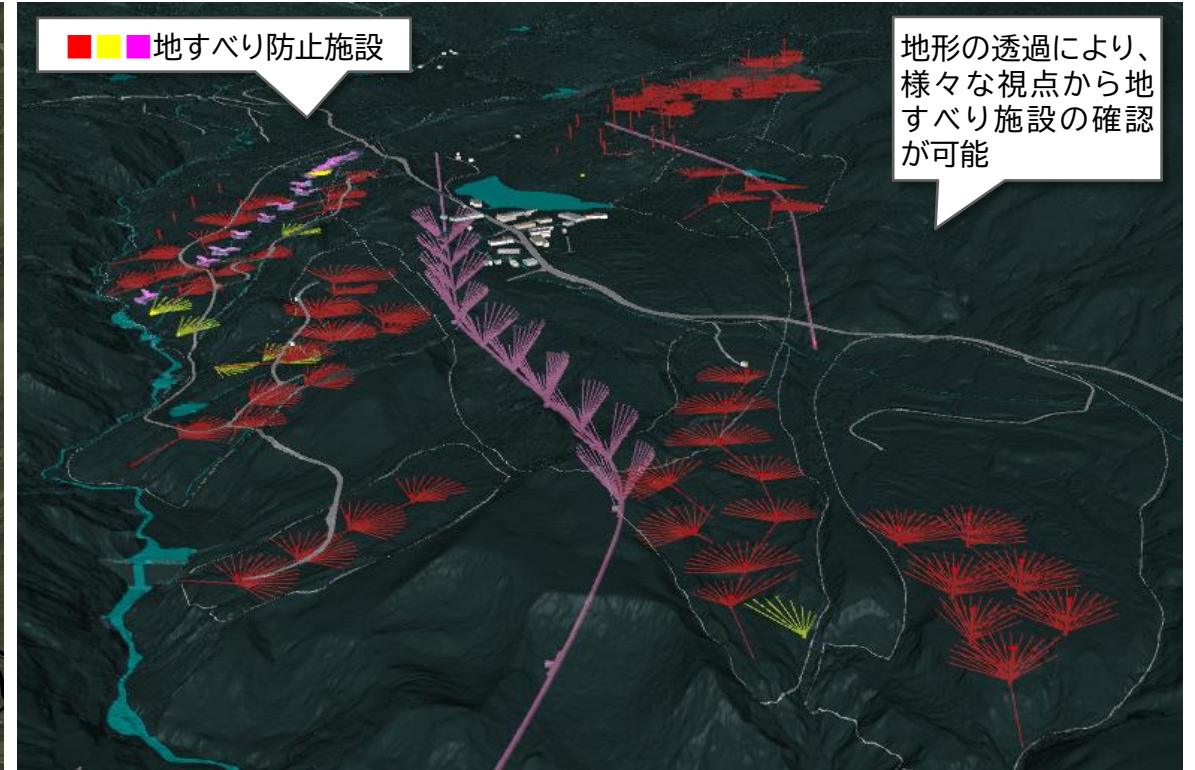
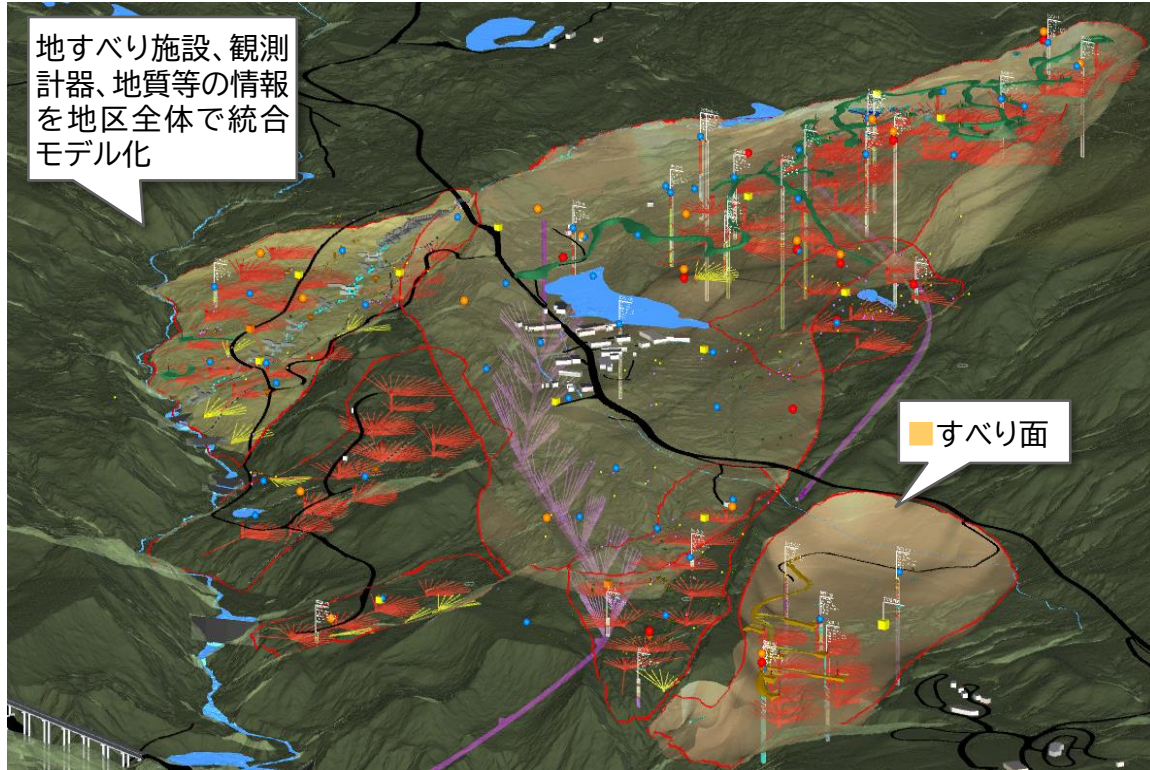
地すべりCIMモデルの紹介

地すべりCIMモデル



地すべりCIMモデルの紹介

施設維持管理のための地すべり統合モデルの作成



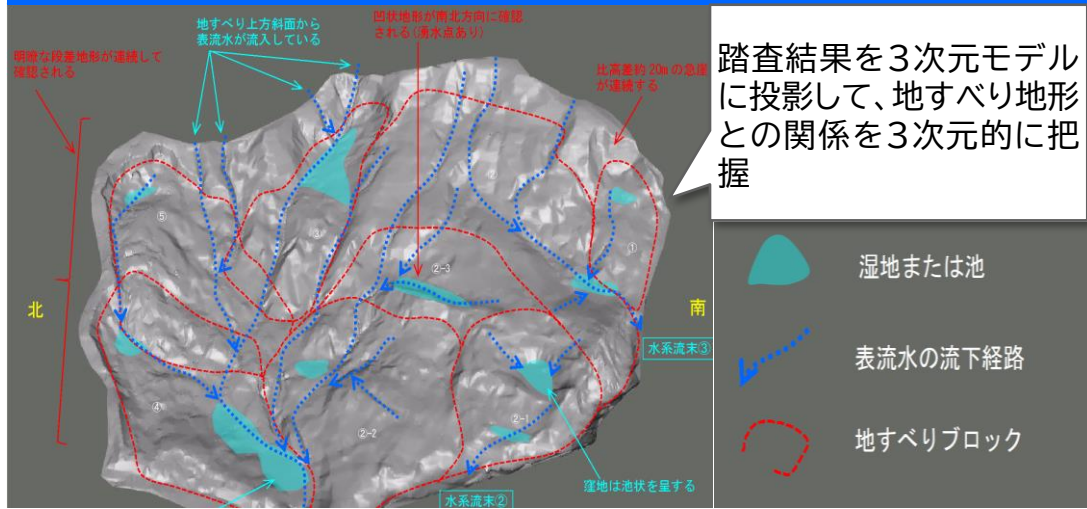
地すべり事業とCIMの親和性は高い

地すべり対策では、地すべり防止施設の多くが地下にあること、防止工法検討を地質・地下水解析を基に行うことから、地下構造を可視化できる3次元モデルとの親和性は高く、これまでも高度な解析として3次元化の取組みが行われてきた

ただし、3次元モデリングには高度なスキルの習得、ハードの整備、マネジメントが必要である

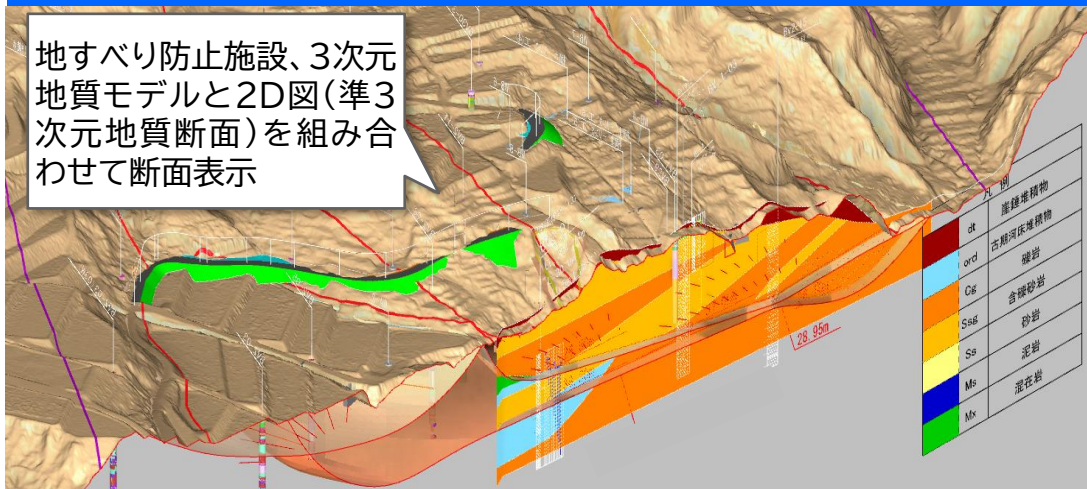
地すべりCIMモデルの紹介

計画・調査でのCIMモデル活用

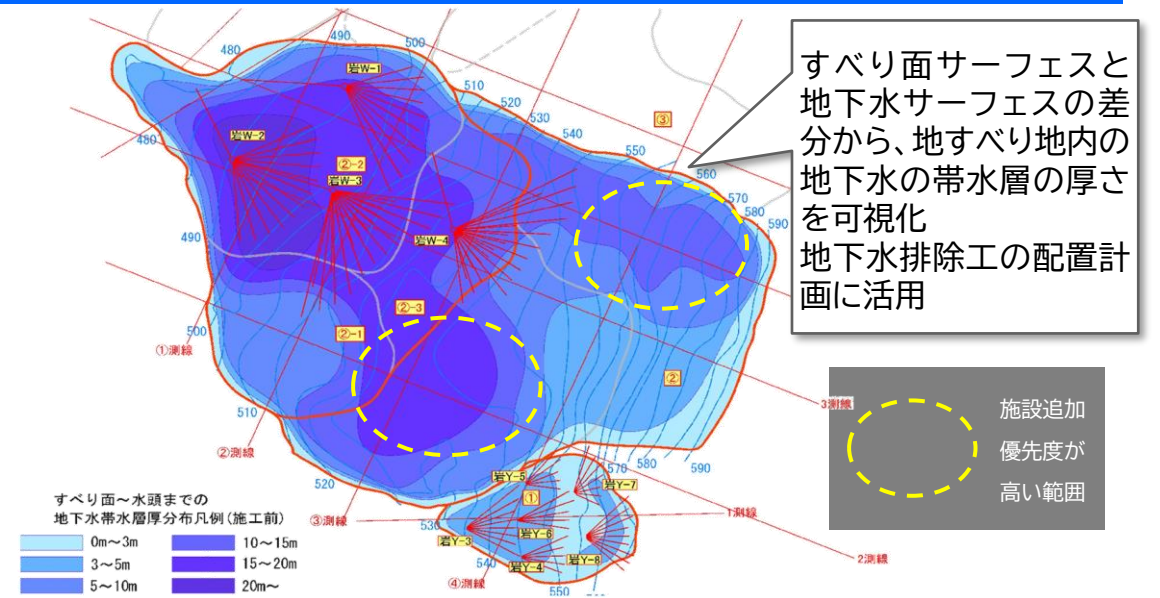


- ソフトウェアの機能を活用し、これまでの2D成果、3Dモデルを組み合わせることにより、地すべり調査結果と地形・地質の3次元的な関係を視覚化できる
- さらに、これまで作成が困難だった解析結果の3D化も可能となる
- ただし、3D化に必要なデータ量は2Dでの解析よりも多く、これまで以上に調査の重要性は高くなる

地すべりCIMモデルでの地質の表現



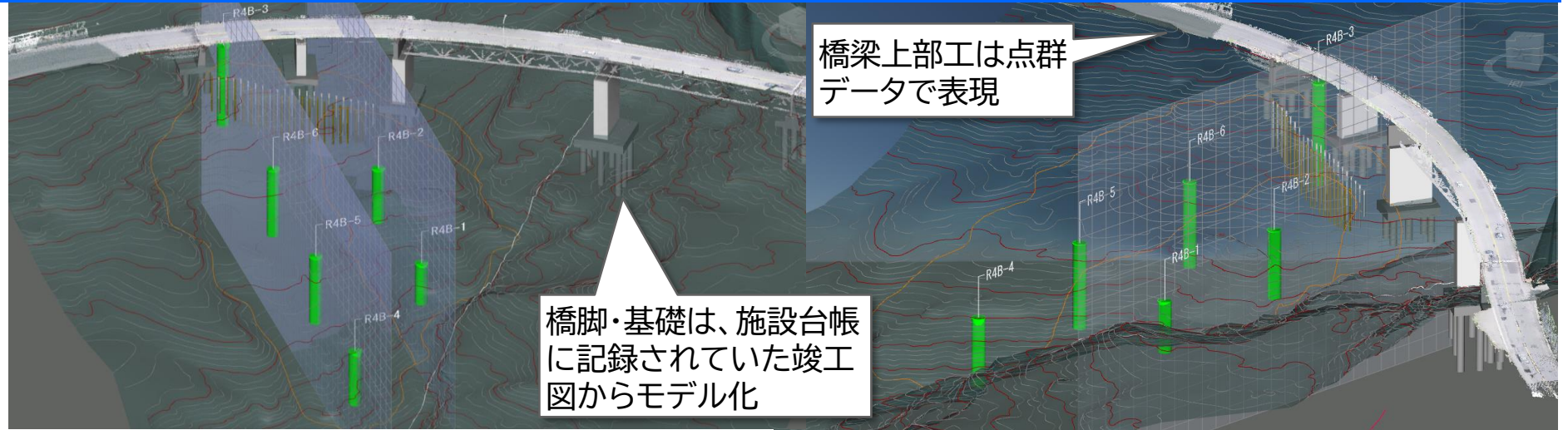
地すべり地下水解析でのCIMモデルの活用



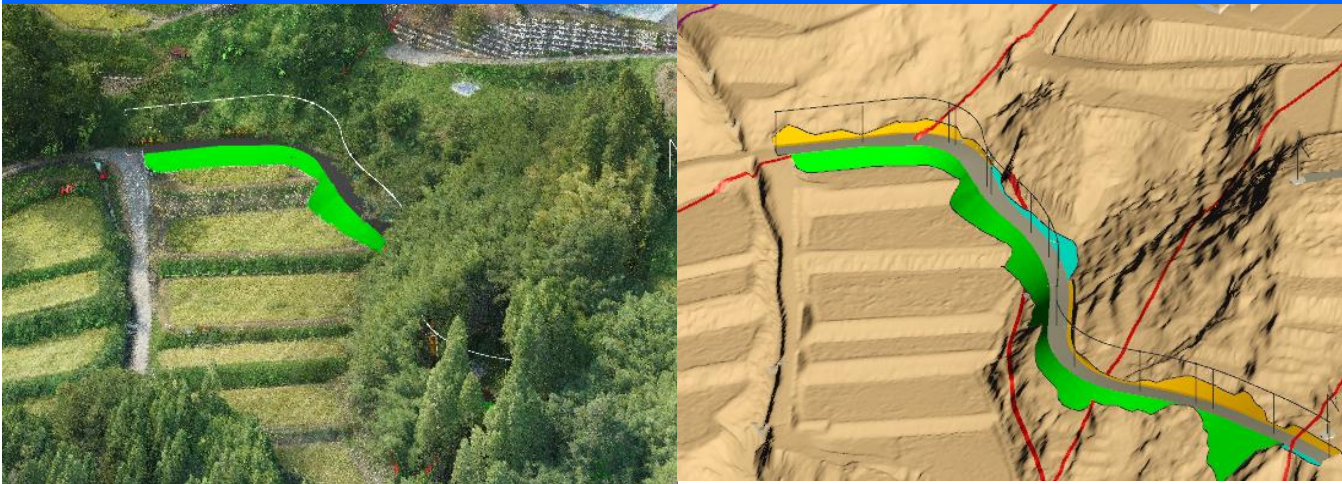
地すべりCIMモデルの紹介

計画・調査でのCIMモデル活用

- 調査時に、迅速にモデル化するためには、点群データとモデルを組み合わせることが有効
- 地上部は点群データ、地下構造は、既往資料を活用する



統合モデルと点群データの重ね合わせ



- 点群データと統合モデルを重ね合わせることで、現況の現地の概況、注意すべき地形と植生の関係等が把握できる。
- 点群データをそのまま統合モデルに重ね合わせると、データ容量が大きくなる。
- ここでは、点群密度を50%削減、地表部の点群データ削除を行い統合モデルに重ね合わせている。

地すべりCIMモデルの紹介

微地形を考慮した施工計画

工事用道路・施工ヤードの切土・盛り土の範囲、工事用道路が沢地形を横断する箇所等の状況等、2D図面では表現できない詳細な検討・確認が可能

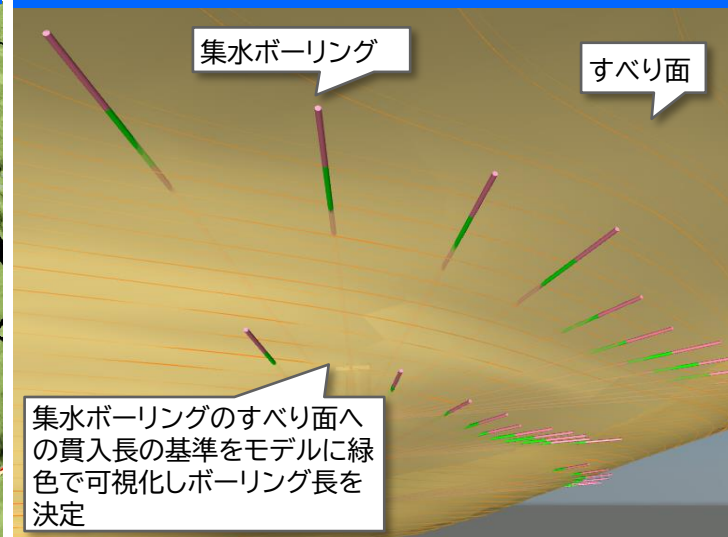


設計基準の可視化

集水ボーリング

すべり面

集水ボーリングのすべり面への貫入長の基準をモデルに緑色で可視化しボーリング長を決定



モデル断面での施設チェック

地下水面

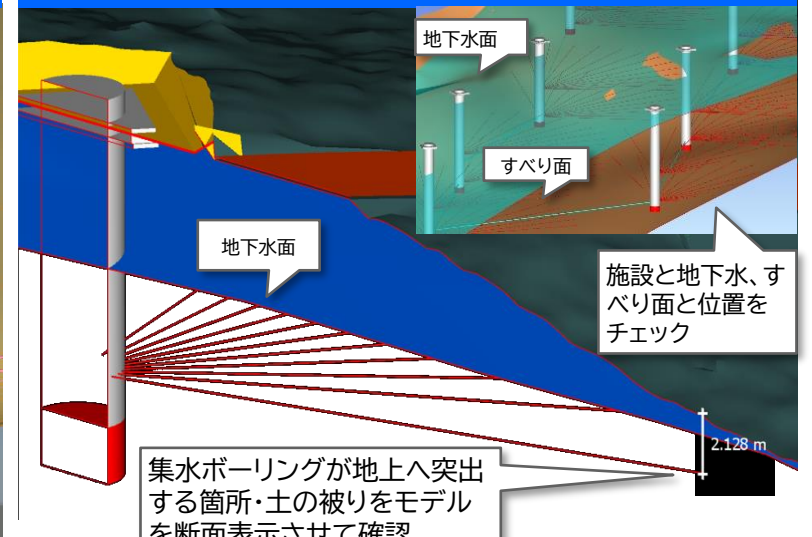
すべり面

地下水面

施設と地下水、すべり面と位置をチェック

集水ボーリングが地上へ突出する箇所・土の被りをモデルを断面表示させて確認

2.128 m



地下水と地下水排除工施設の可視化による施設配置検討

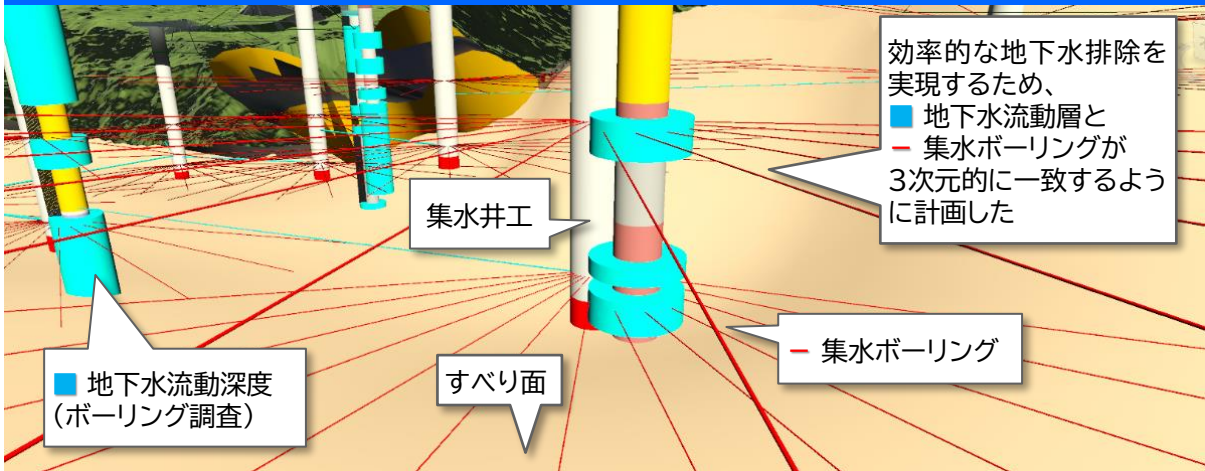
効率的な地下水排除を実現するため、
■ 地下水流動層と
- 集水ボーリングが
3次的に一致するように計画した

集水井工

- 集水ボーリング

■ 地下水流動深度
(ボーリング調査)

すべり面



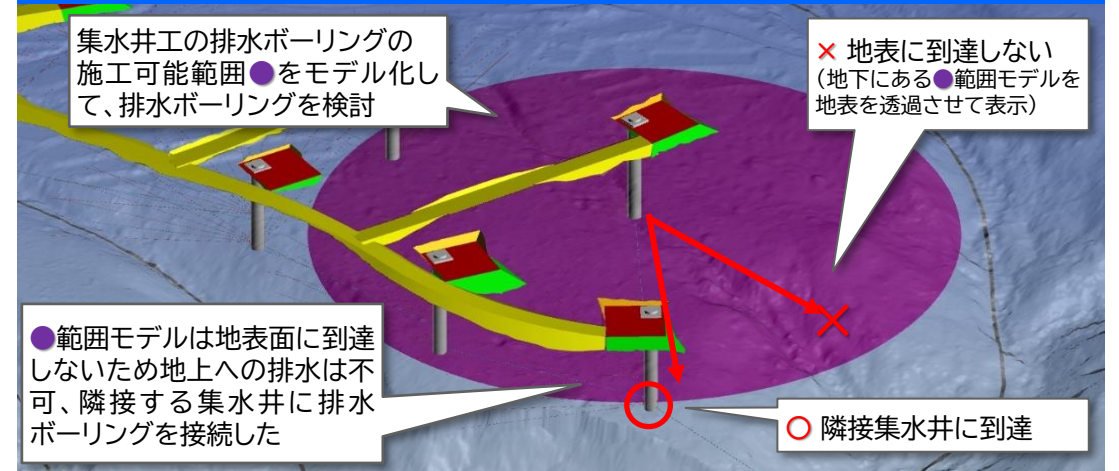
施設配置可能範囲の可視化による施設配置検討

集水井工の排水ボーリングの
施工可能範囲●をモデル化して、
排水ボーリングを検討

× 地表に到達しない
(地下にある●範囲モデルを
地表を透過させて表示)

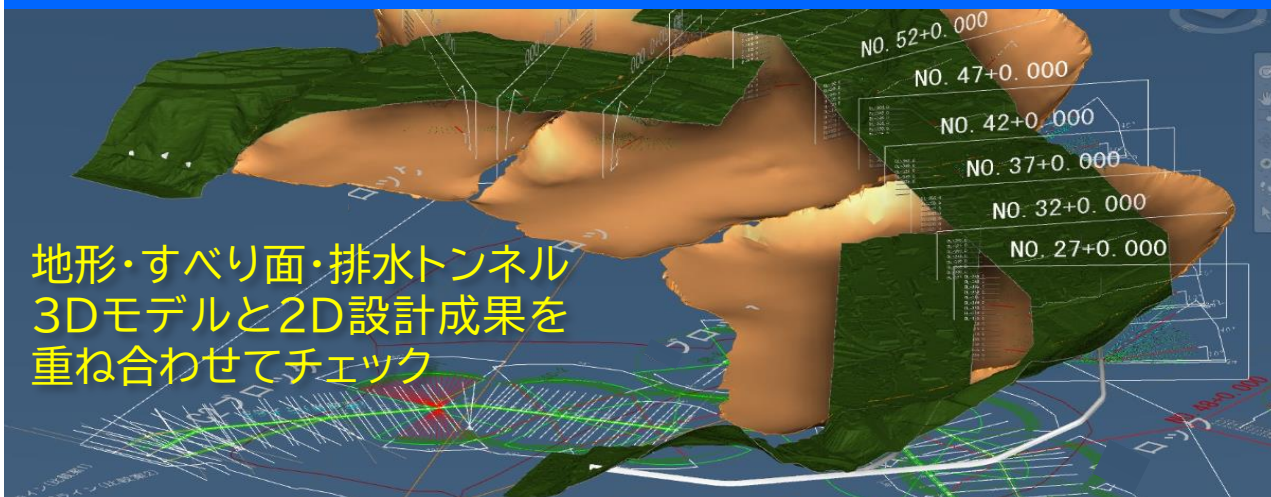
● 範囲モデルは地表面に到達しないため地上への排水は不可、隣接する集水井に排水ボーリングを接続した

○ 隣接集水井に到達

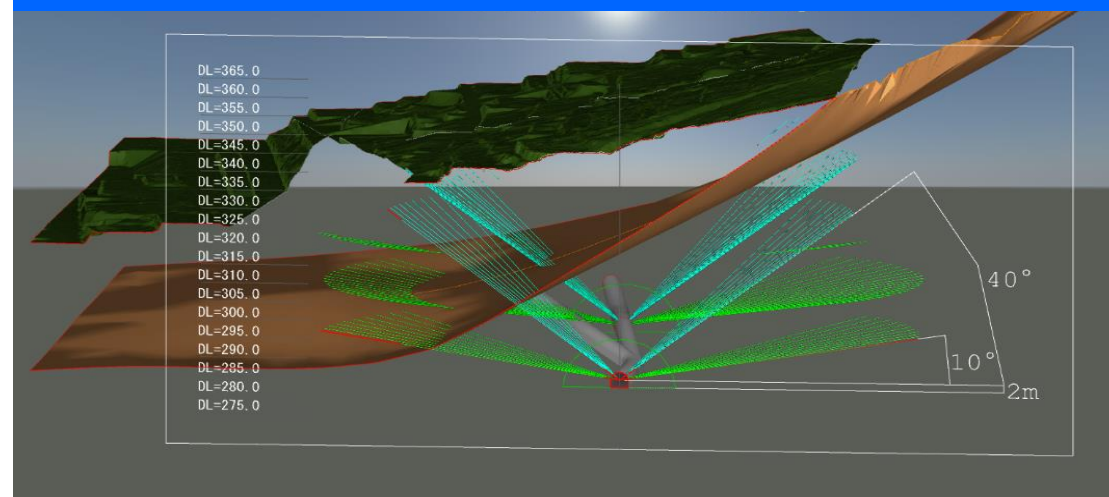


地すべりCIMモデルの紹介

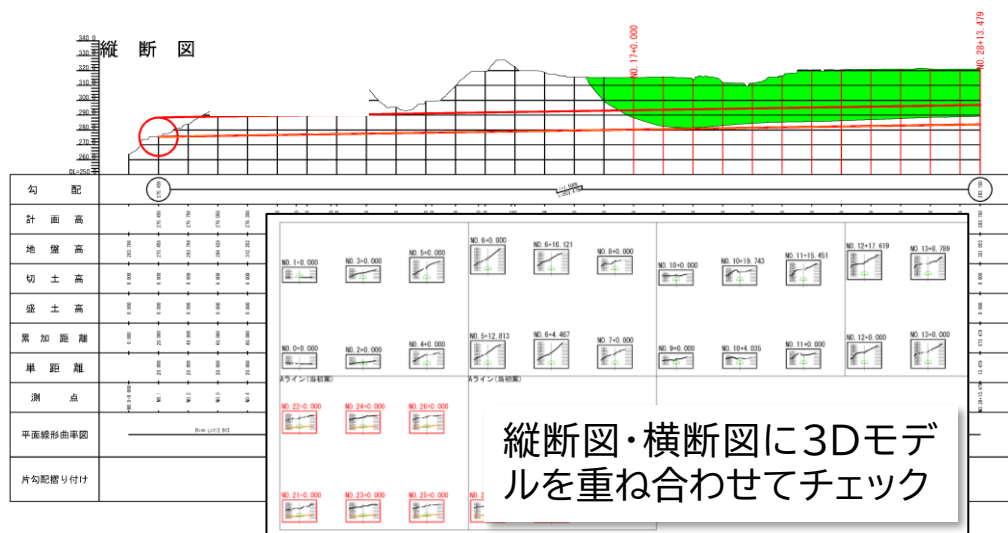
排水トンネルルートモデル化



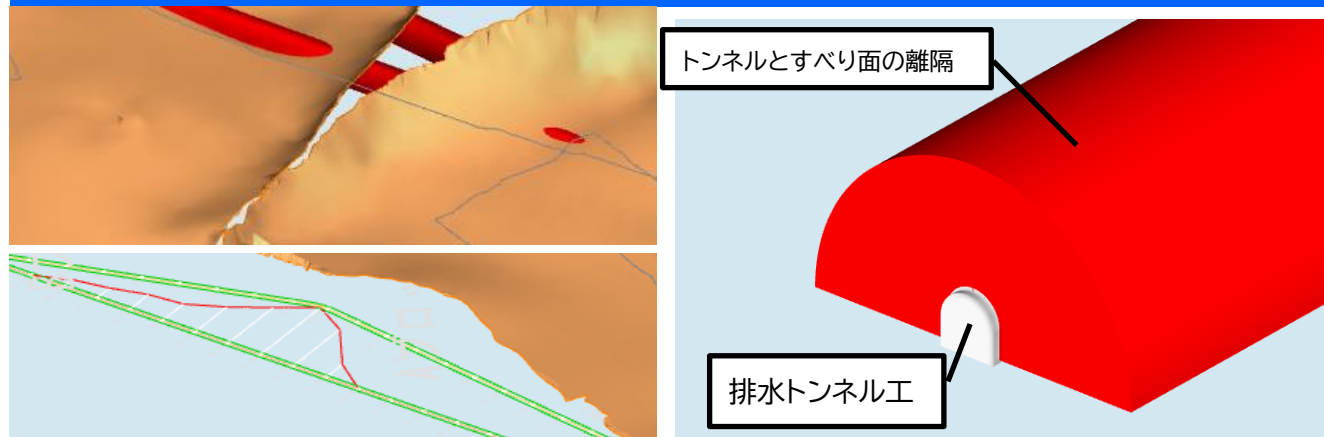
排水トンネル内集水ボーリングモデル



モデルから縦断面図・横断面図の作成



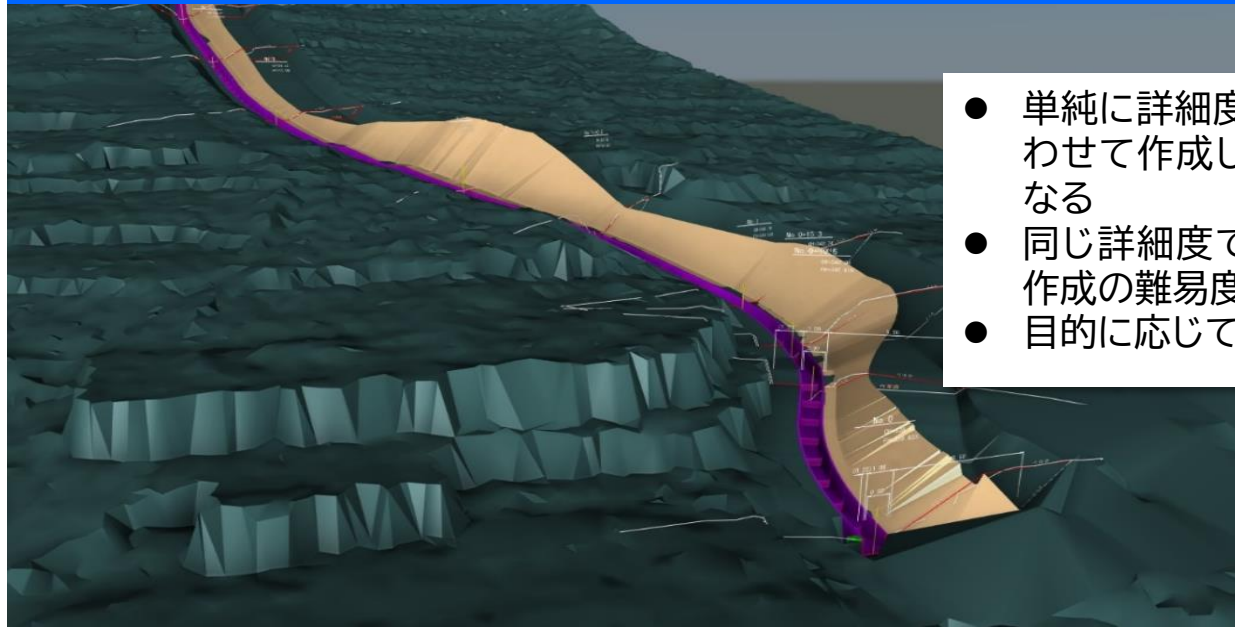
離隔を考慮した排水トンネルモデル



3Dモデルを2D検討結果を重ね合わせてチェック

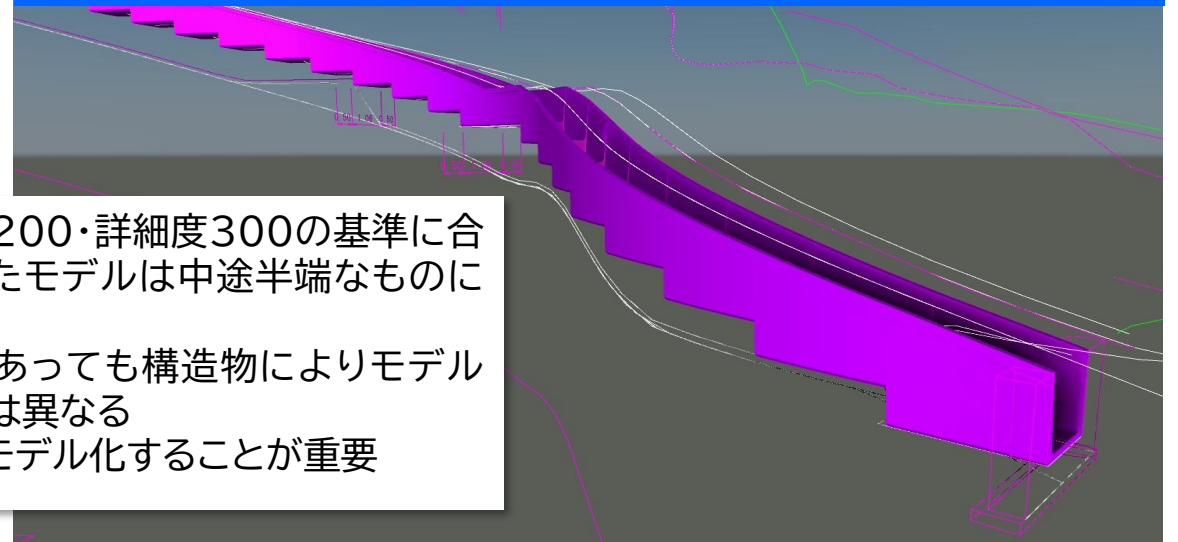
地すべりCIMモデルの紹介

プレキャスト表面排水路のエモデル化

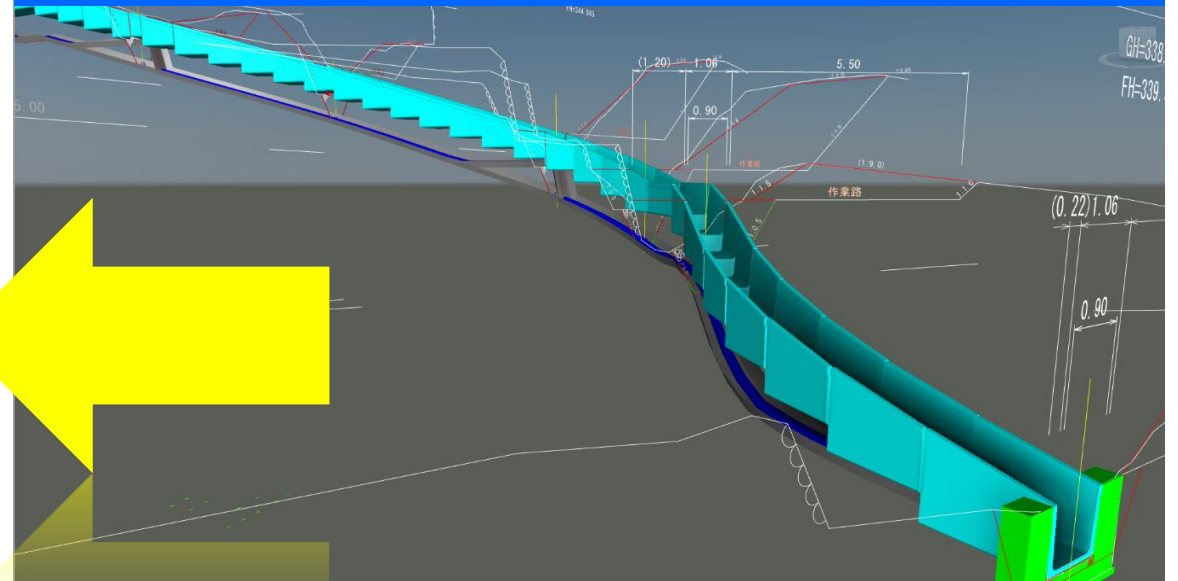


- 単純に詳細度200・詳細度300の基準に合わせて作成したモデルは中途半端なものになる
- 同じ詳細度であっても構造物によりモデル作成の難易度は異なる
- 目的に応じてモデル化することが重要

詳細度200 前後の断面からスイープで作成

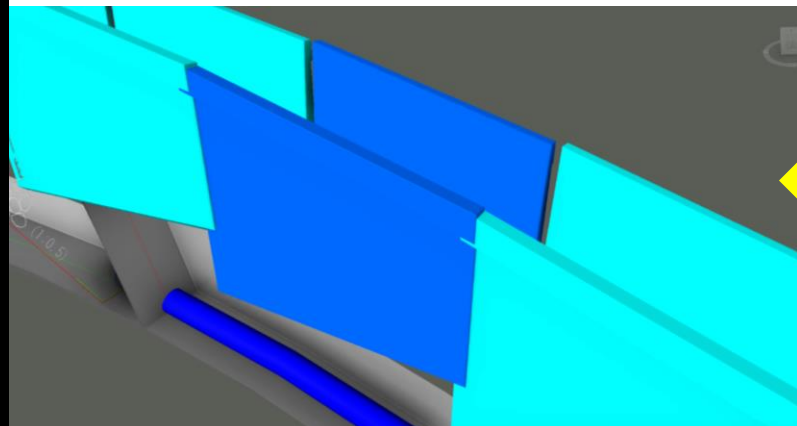


詳細度300 個々のプレキャストをモデル化して配置



設計図面に合わせて配置したプレキャストに隙間・重なりが生じる

⇒現場での施工では、現場でずらして配置し目地を打っている
施工手間はモデルでは表現されない



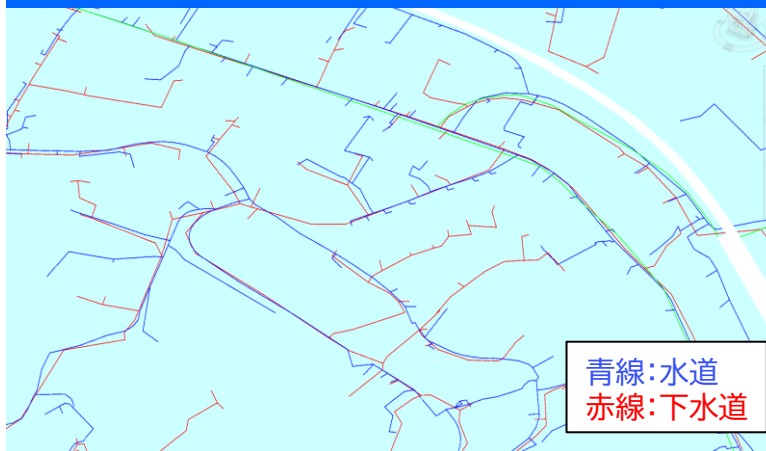
地すべりCIMモデルの紹介

施設維持管理のための地すべり統合モデルの作成

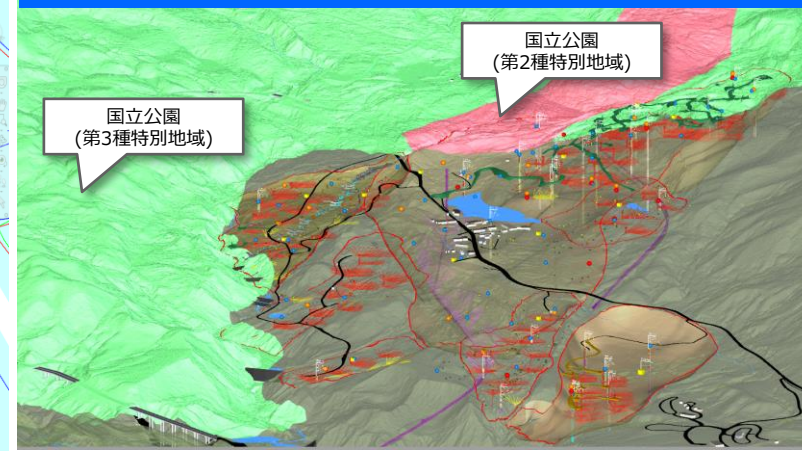
建物のモデル化(GISを活用)



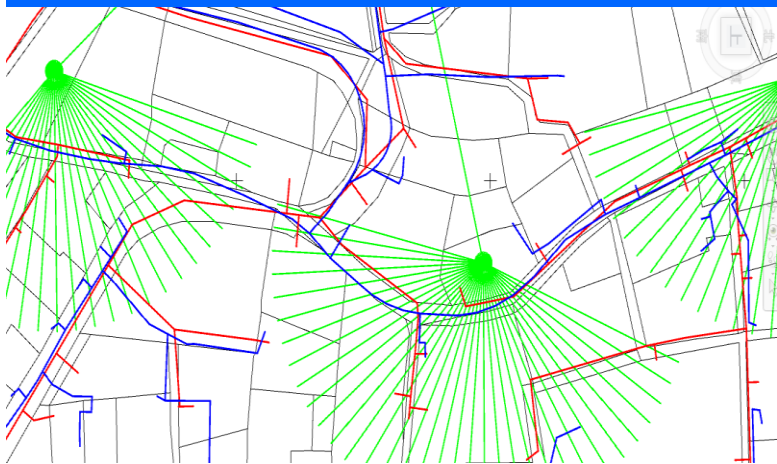
ライフライン(プログラムで3Dモデル作成)



法規制区域(国立公園)の表示



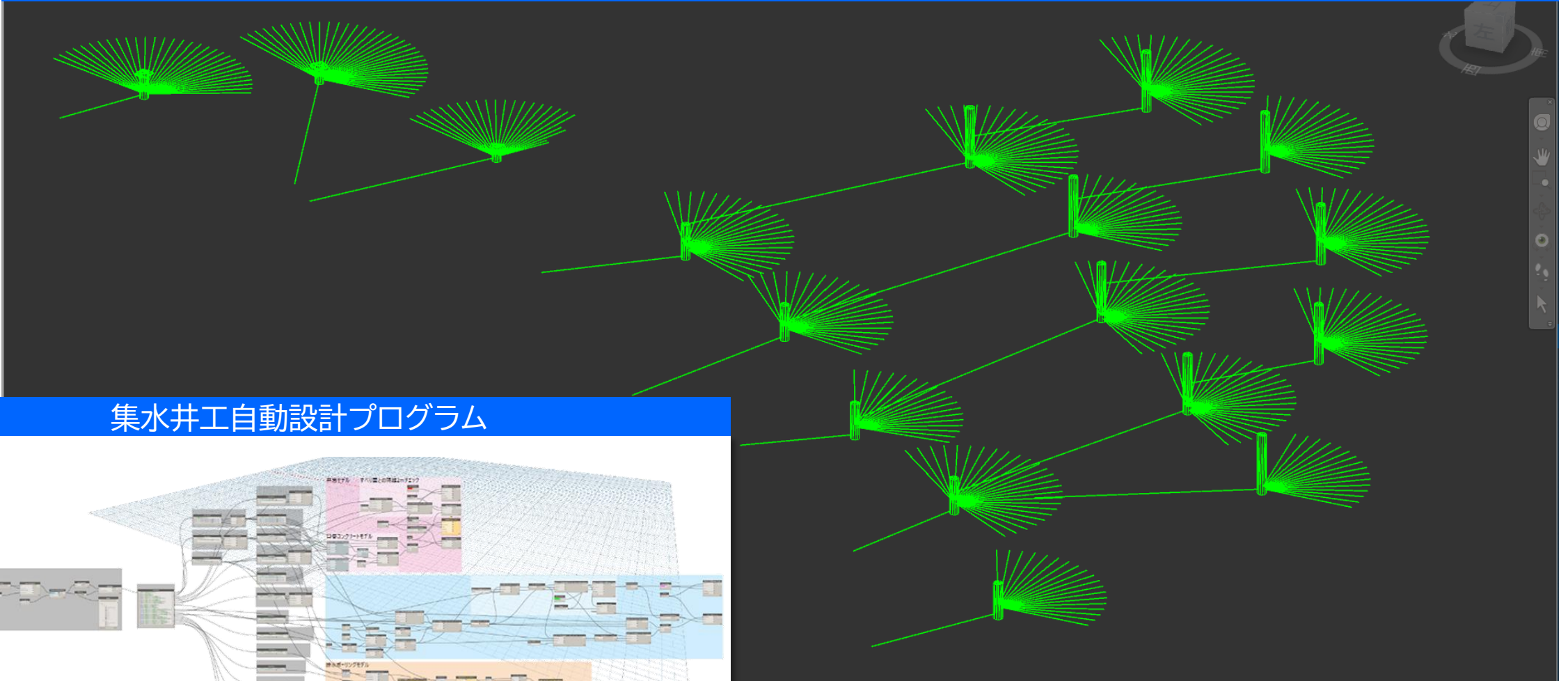
用地図との重ね合わせ



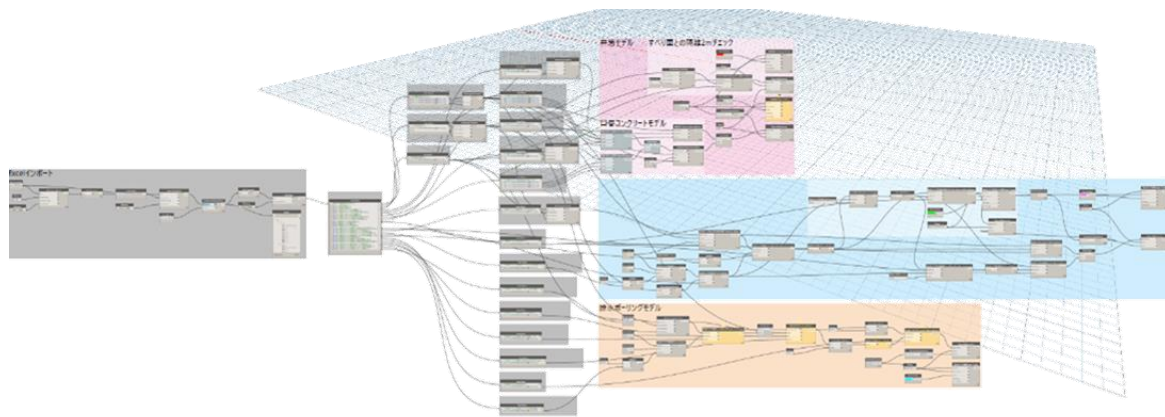
- 地すべりCIMに、地すべり調査・設計結果だけでなく、法規制区域(国立公園、国有林等)、環境調査(希少種の分布等)を表示する(オルソフォト、用地境界も重ね合わせ可能)
- 設計時、施工時の現地条件、各種施設と用地の利用状況、建物有無、所有者の確認が容易に確認できる。
- 維持管理での環境情報としても活用できる

地すべりCIMモデルの紹介

自動設計システムによる集水井工モデルの作成(始めて実務に適用したモデル)

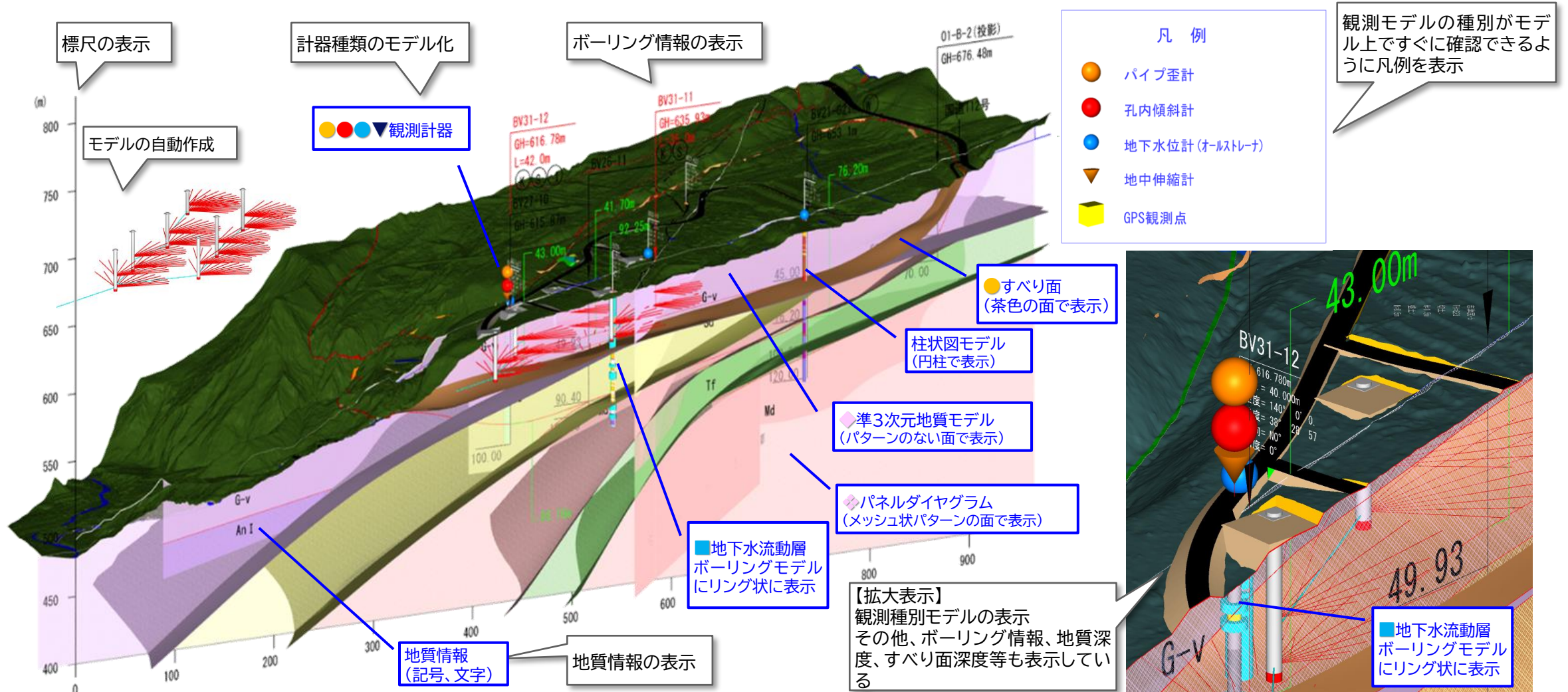


集水井工自動設計プログラム



地すべりCIMモデルの紹介

地質・観測・設計モデルを統合した地すべりCIMモデル



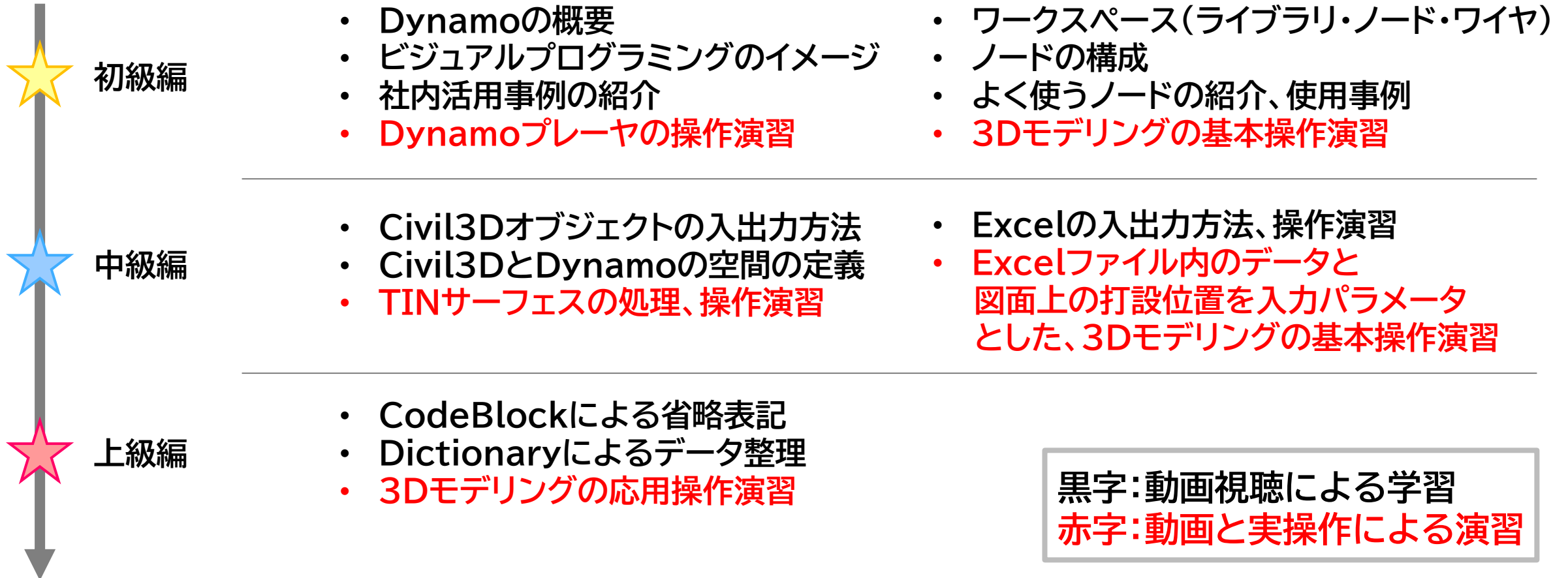
6. 社内教育と推進

- 社内向けDynamo学習教材の作成・公開
- 防災分野における自動設計研修の実施
- その他取り組み紹介、今後の社内推進に向けて

社内向けDynamo学習教材の作成・公開

集水井工の三次元モデルを題材とした、

Dynamo for Civil3Dのeラーニング教材、Tips資料の作成

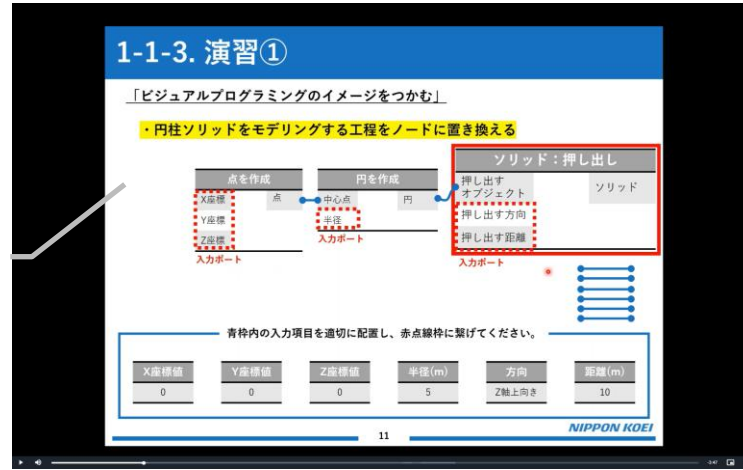


社内向けDynamo学習教材の作成・公開

初級編：Dynamoの仕組み、活用方法、基本操作を学ぶ

★ 初級編

日本語の組み合わせによる演習で、ビジュアルプログラミングのイメージを学ぶ



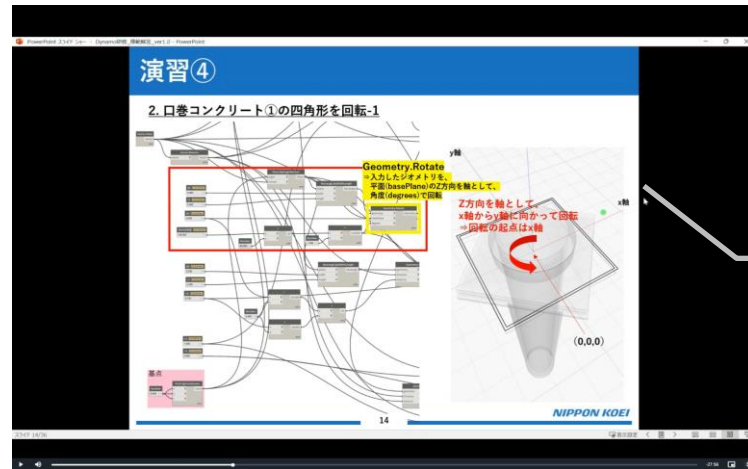
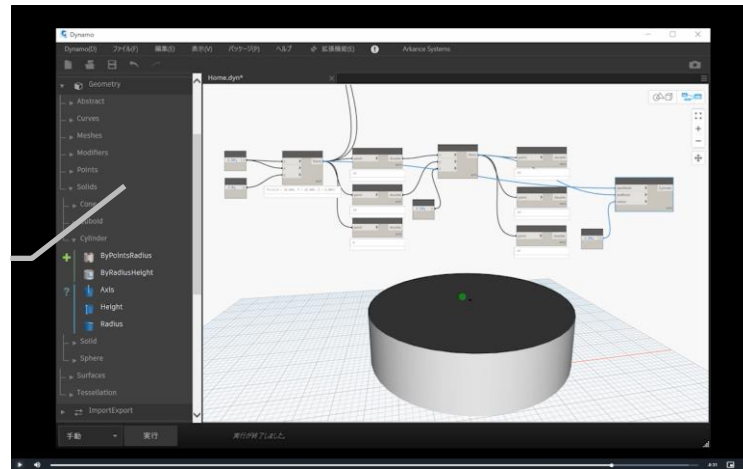
★ 中級編



ライブラリからノードを配置し、ワイヤでノード同士を接続していく過程を説明

★ 上級編

利用頻度の多いノードをピックアップし、ノードの使用方法、サンプル事例について説明



集水井工のうち井筒の3Dモデルを作成する演習問題について解説

社内向けDynamo学習教材の作成・公開

中級編:DynamoとCivil3D、Excelの連携方法を学ぶ



初級編

Civil3Dのオブジェクトを入出力に使用するためのノード、入出力の仕組みについて説明

3-1-3. Civil3Dの入出力の仕組み

Point Civil3D [入力] ⇒ Dynamo [編集・修正] ⇒ Civil3D [出力] という流れとなる

3-3-2. IntersectionPoints

Point Slope: CoordinateSystemで定めたx軸方向が投影する方向となる
与土木でいう法面勾配のようなもの
・ Slopeが0の場合: CoordinateSystemのx軸方向へ投影
・ Slopeが1-aの場合: CoordinateSystemのx軸から1-a傾けた方向へ投影
・ Slopeが1-bの場合: CoordinateSystemのx軸から1-b傾けた方向へ投影
Side: CoordinateSystemで定めたx軸のプラス方向がRightと認識される
・ その逆方向 (x軸のマイナス方向) はLeftとなる

地形を縦断方向に見た図

Left Right

切り方向

Slopeが1-bの場合の投影されたポイント

Slopeが0の場合の投影されたポイント

Slopeが1-aの場合の投影されたポイント

投影させたい基礎となるポイント

1/a: =tan θ

TINサーフェスを使った処理をするノードについて説明

中級編

ExcelファイルのデータをDynamoにインポートする方法について説明

4-3. Excel: 入力

Excelの入力ノード [Data.ImportExcel]

file (file:ファイルオブジェクト): 読み先のExcelファイルを選択
sheetName (string:文字列): 読み先のシート名

Excel入力の場合は、入力項目がファイルオブジェクトのため、FilePathノードからFileFromPathノードを介してfileに接続する必要がある

出力と同様、入力を行単位でリスト化される

Excelファイルのデータや図面上の打設位置を入力パラメータにする演習について解説

社内向けDynamo学習教材の作成・公開

上級編：初級編・中級編のまとめ、プログラム作成のコツを学ぶ

★ 初級編

ノーコードとローコードを併用することで見やすいプログラムを作成ができることを説明

5-1. CodeBlockによる省略表記

ビジュアルプログラミング（ノーコード）のメリット・デメリット
要素要素で処理内容を視覚的に確認できるというメリットがありますが、ノード同士を多く繋げていくことで複数のワイヤが表示され、入力値の手戻りが多くなったり、誰が目視してもわかりにくいグラフが作成されてしまうというデメリットもあります。

Dynamoでグラフを見やすくするためには
ローコード（ノードとコードを併用する方法）でグラフを作成することで、同様な処理をするノードをコンパクトにまとめられ、プログラム作成者以外の方でも見やすいグラフを作成することができます。

CodeBlockを使うことで、ここで省略表記ができます。
※条件の部分は同じ処理内容

ノーコードで作成したグラフ ローコードで作成したグラフ

5-1. CodeBlockによる省略表記

よく使うCodeBlockの省略表記①

データタイプ	Dynamoノード	CodeBlockの同等表記
数値	Number (Value)	CodeBlock (Number)
文字列	String (Value)	CodeBlock (String)
範囲	Range (Value)	CodeBlock (Range)
インデックスでの項目取得	List (Item)	CodeBlock (List Item)
リストの作成	List (Create)	CodeBlock (List Create)

任意の変数名にできる

利用頻度の高いCodeBlockによる省略表記について紹介

★ 中級編

5-2. Dictionary

Dictionaryとは
・リストとは異なるデータタイプ（データとしてはリストのようなもの）
・インデックス値の代わりにキーを使用して、データを構成・抽出できる

Point key : 入力したリストの最低レベルのデータ
 values : 入力したリストの最高レベルのデータ
 で、keyとvaluesが紐づくようにdictionaryが構成される

Dictionary作成

dictionaryで定義したkey（文字列）を接続する

value以降のデータはリスト形式になる

Dictionaryは、表のように列の見出しを作り、その見出しのデータを確実に抽出することができるのがメリットです。

Dictionaryによるデータ構築・抽出方法について説明

Geometry Split

Cylinder.ByPointsRadius

107:58 / 142:18

集水井工の集水ボーリング、排水ボーリングの3Dモデルを作成する演習問題について解説

防災分野における自動設計研修の実施

約2週間のeラーニング学習、web会議による演習問題の解説・質疑応答

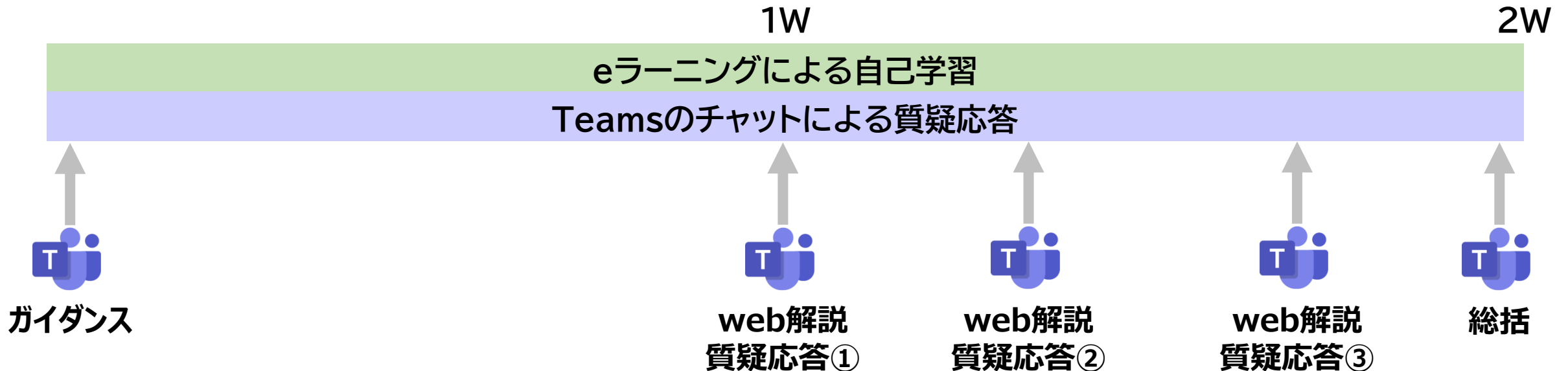
・研修参加者

日本工営の防災分野所属の社員、オペレータ(約70名)

・実施形式

eラーニングによる自己学習(+Teamsのチャットによる質疑応答、web会議による演習問題の解説・質疑応答)

・研修スケジュール



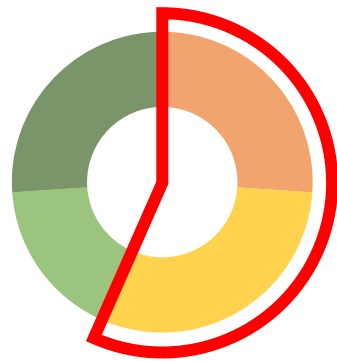
防災分野における自動設計研修の実施

研修実施後のアンケート結果

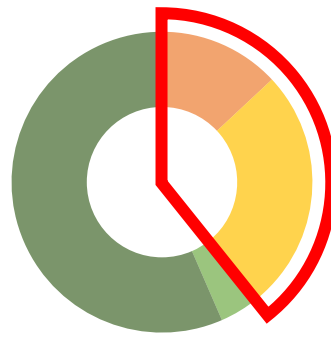
Q. 各章の理解度について教えてください。



初級編-1



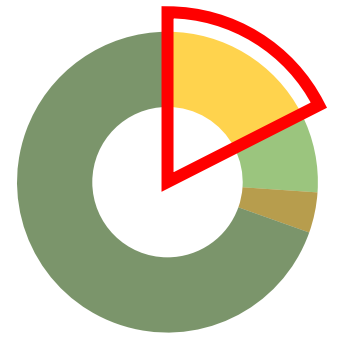
初級編-2



中級編-1



中級編-2



上級編

💡作成するモデルの専門性が高い+章の難易度が上がるほど、理解度は低い方が多くなる傾向であった

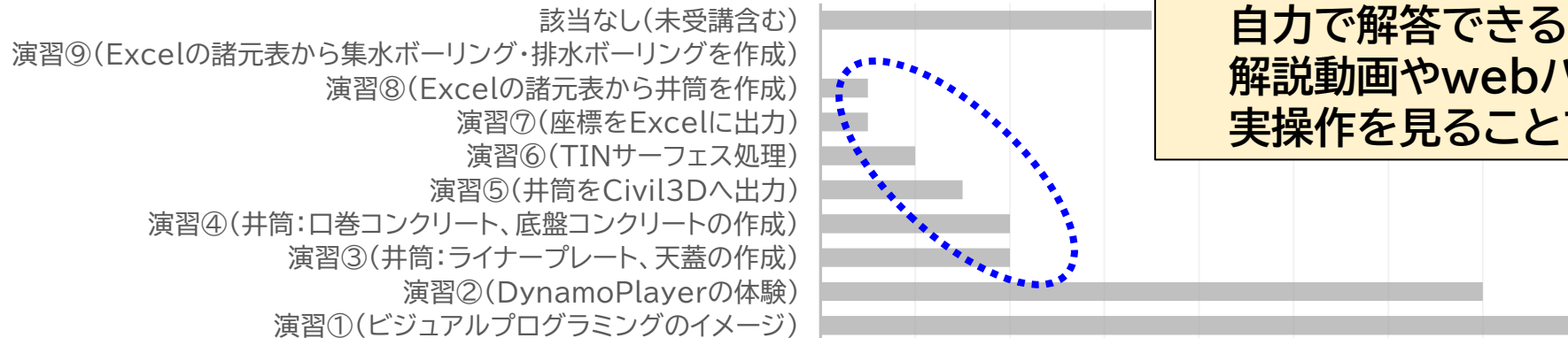
Q. どの部分がわからなかったのか、わかりにくい用語があれば教えてください。

- ・英語表記が慣れない、使いたいノードを探しにくい
- ・リスト、インデックス番号、レーシングの仕組みが理解できなかった
- ・説明を聞けば何となく理解できたが、いざ一人で作業するとなると操作がわからなくなる

防災分野における自動設計研修の実施

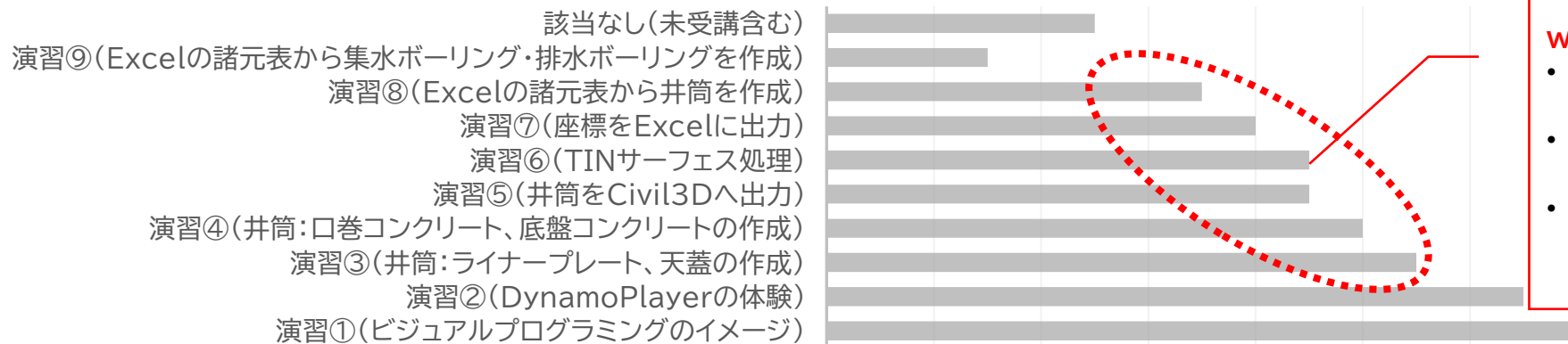
研修実施後のアンケート結果

Q. 自力で解答できた演習問題について教えてください。



💡演習問題の難易度が上がるほど、自力で解答できる方が減少する傾向だが、解説動画やwebハンズオンによる実操作を見ることで、解答できる方が増加した

Q. 解説動画やwebハンズオンを見て解答できた演習問題について教えてください。



webハンズオンの良かった点

- webハンズオンでわからないところを質問できてよかった
- Dynamoの動作などを一緒に確認できることが良く、気軽に質問ができると感じた
- 進捗が遅れていても、webハンズオンでの説明を聞いて、作業内容のイメージがしやすくなった

その他取り組み紹介、今後の社内推進に向けて

社内でのDynamoの取り組み

- Teams「Dynamo勉強会」による情報共有
学習教材、質問、小技、研修等、専用チャンネルを設置し、それぞれでスレッドベースの情報共有、質疑応答を実施

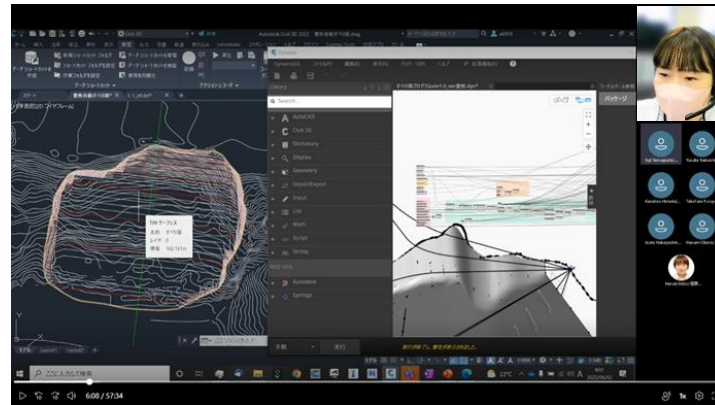
- 既存ツールの使用時に発生するエラーや研修に関する質問、効率化ツールの要望等がメイン
- 最近は防災分野以外の方からの問い合わせも多くなってきている



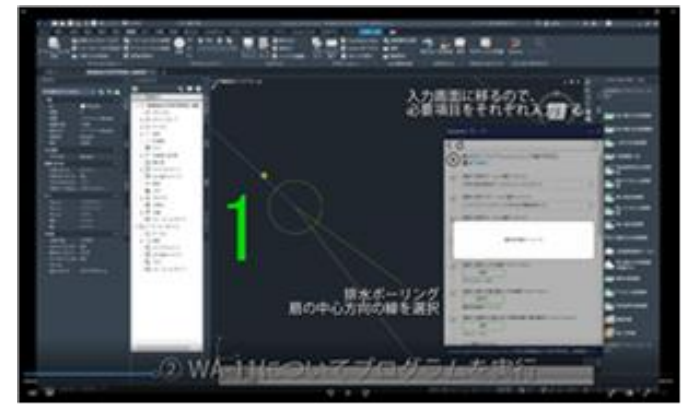
- **教えて先生!**というタグを利用し、Dynamoの質問対応ができる人員へメンション通知をしている
- Teamsのスレッドでの返答だけでなく、画面共有でも対応

• 業務展開における環境整備

開発したツールを各分野あるいは使用希望者へ展開する際に、右図のようなTeamsの画面共有や作成したデモ動画を用いて、導入支援・導入後のサポートを実施している



Teamsの画面共有でツールの使用方法を説明



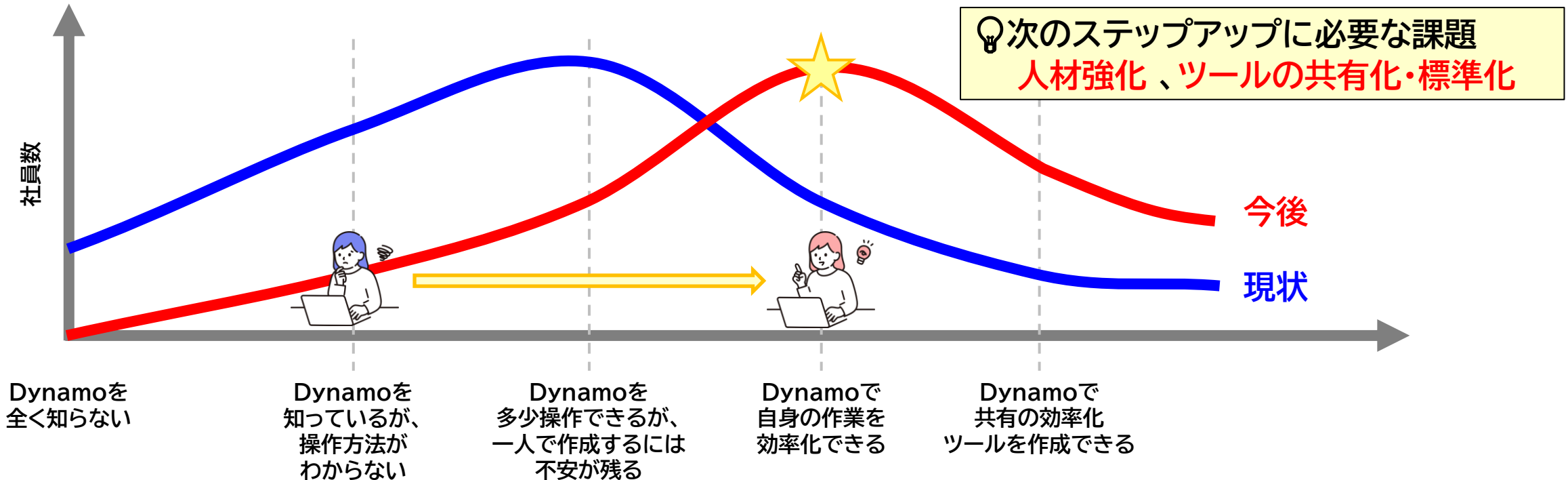
デモ動画によるツール使用マニュアル

その他取り組み紹介、今後の社内推進に向けて

今後のDynamoの社内普及とその課題解決

・日本工営が目指す次のステップ

研究開発やツールの業務活用、Dynamoの研修受講により、社内でDynamoに関する認知は増加したが、操作方法がわからない・実操作に不安を持つ人が多いのが現状である
効率化によって更なる生産性向上を図っていくためには、
「Dynamoを知る」から「Dynamoで自身の作業を効率化できる」へのステップアップが必要である



その他取り組み紹介、今後の社内推進に向けて

今後のDynamoの社内普及とその課題解決

・定期的なフォローアップ研修の実施

Dynamoの操作がわからない、操作に不安を持つ方の共通点として、「英語表記」、「使いたいノードを探しにくい」、「何を繋げばよいかわからない」ことが挙げられる。現教材で理解しきれていない部分を解消し、Dynamoを使用することへのハードルが低くなるよう、以下のようなフォローアップ講習会を企画中

形式	少人数制、対面+webのハイブリッド型講習会
テーマ	内容
①スタートアップ	・Dynamoの活用ケースの紹介(ブレインストーミング) ・よく使うノードを整理した辞書資料を用いて、Dynamoの基本操作の解説
②モデリング	・専門性を問わない、レベルを落としたプログラミング演習(3D)
③ドローイング	・専門性を問わない、レベルを落としたプログラミング演習(2D)
④カスタマイズ	・作成されたプログラムのカスタマイズ方法の解説、機能追加演習

💡各分野・各拠点でDynamoを活用できる人材を増やす

その他取り組み紹介、今後の社内推進に向けて

今後のDynamoの社内普及とその課題解決

・CIM推進センターHPでの開発ツールの公開

各分野で作成しているツールを集約させ、社内に公開する予定

各ツール毎に、プログラムファイル、使用マニュアル(資料・動画)を共有フォルダに格納し、利用してもらう

The image shows a screenshot of the CIM Center website. A red box highlights a grid of tool categories: 汎用(分野なし), 防災分野, 砂防分野, ダム分野, 河川分野, 農村分野, and 道路分野. A yellow arrow points from this grid to a detailed view of a tool titled "01_簡易鉄塔モデル作成ツール.dyn". This view includes a description: "ツール概要: Excelの諸元表を基に、鉄塔のソリッドモデルを作成する", "使用ツール: Dynamo", and "開発担当者: CIM推進センター 遠藤 (a9167)". It also features a "完成イメージ" (Completion Image) showing a 3D model of a tower and a screenshot of the Excel input table. A link for "マニュアル・プログラムファイル等: こちら" and tags "#鉄塔 #3Dモデル #ソリッド #Excel" are also present.

💡ツールの効果を実感してもらう、開発したツールの円滑な共有と運用を目指す

ご清聴ありがとうございました。