

オートデスク オンラインセミナー

# 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  
中央研究所 CIM推進センター 山口 裕二  
国土保全事業部 国土保全設計推進室 畠田和弘

# 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

# 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)



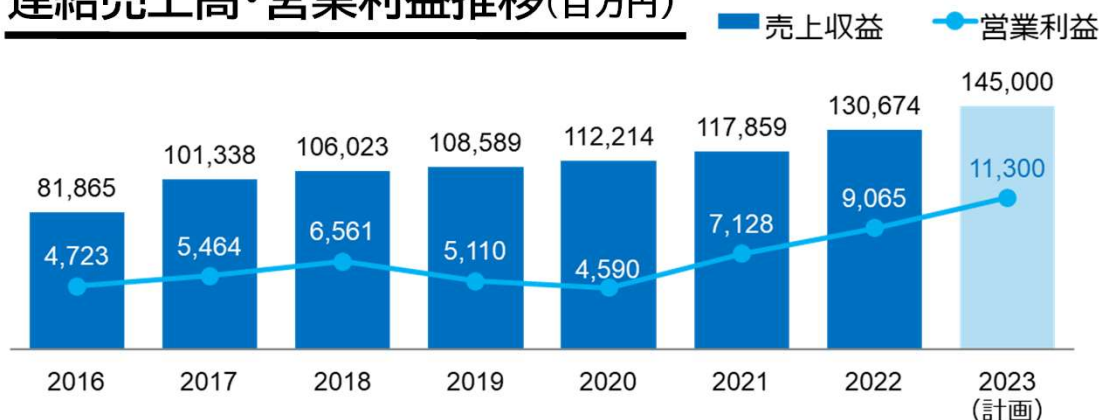
戦前は朝鮮半島で当時最大級の電源開発(水豊ダム/700MW)に従事。

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。

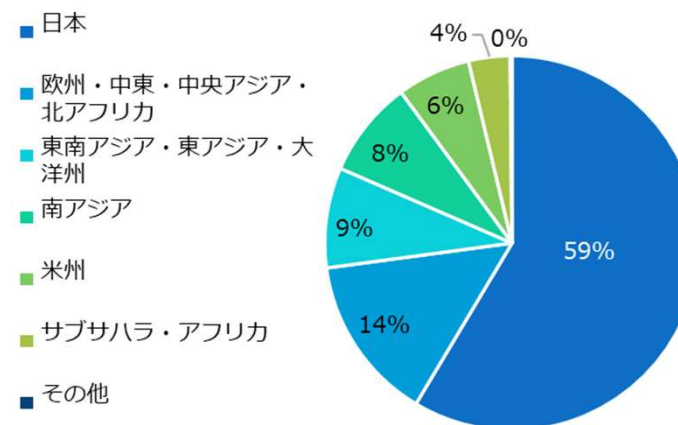
90歳まで、世界各地のプロジェクトを指揮し、開発途上国の発展に貢献した。

## 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



山口 裕二  
(やまぐち ゆうじ)

- 入社:2019年(平成31年)
- 東北大学大学院理学研究科 地学専攻修了
- 所属:仙台支店国土保全部 → 中央研究所CIM推進センター(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



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

# 1. 自動設計への取り組みの背景

- 地すべり・斜面对策におけるBIM/CIMの背景
- BIM/CIMへのプログラミングの活用
- 自動設計への展開

# 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。
- リクワイヤ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。
- リクワイヤ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。

国土交通省では、令和5年度までに小規模工事を除く全ての公共工事についてBIM/CIMを原則適用するため、普及および課題の解決に取り組んでいる。

⇒すべての設計業務にCIMモデル作成が必要となる。

### 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

11

**BIM/CIMモデル活用の一般化**

第7回 BIM/CIM推進委員会 資料より引用



# 地すべり・斜面对策におけるBIM/CIMの背景

## ②リクワイヤメントの拡充

令和4年度 BIM/CIM活用業務の リクワイヤメント(案) ※任意適用 

R4 要求事項 (リクワイヤメント) ※業務		※赤字：R3からの変更箇所
項目	実施目的 (例)	適用が見込まれる場合
<b>継続</b> 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
<b>継続</b> 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、クレーム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
<b>継続</b> ③対外説明 (関係者協議、住民説明、広報等)	対外説明において、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。	地形や工事目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
<b>継続</b> 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。	煩雑な工区割り作業が見込まれる場合
<b>継続</b> 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)
<b>継続</b> 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・工事で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・工事間の調整事項が多い又は合意形成を図る必要性が高い場合
<b>新規 (測量業務に適用)</b> 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次元的に地形を把握する必要性が高い場合

令和4年度のBIM/CIM業務のリクワイヤメント(案)では、地形、地質に関する3次元的な課題にフォーカス。

⇒地すべり・斜面对策において、**3次元検討を前提とした高度な設計が推奨**されるようになる。

**BIM/CIMモデル活用の高度化**

第7回 BIM/CIM推進委員会 資料より引用

# 地すべり・斜面对策におけるBIM/CIMの背景

## 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】>>

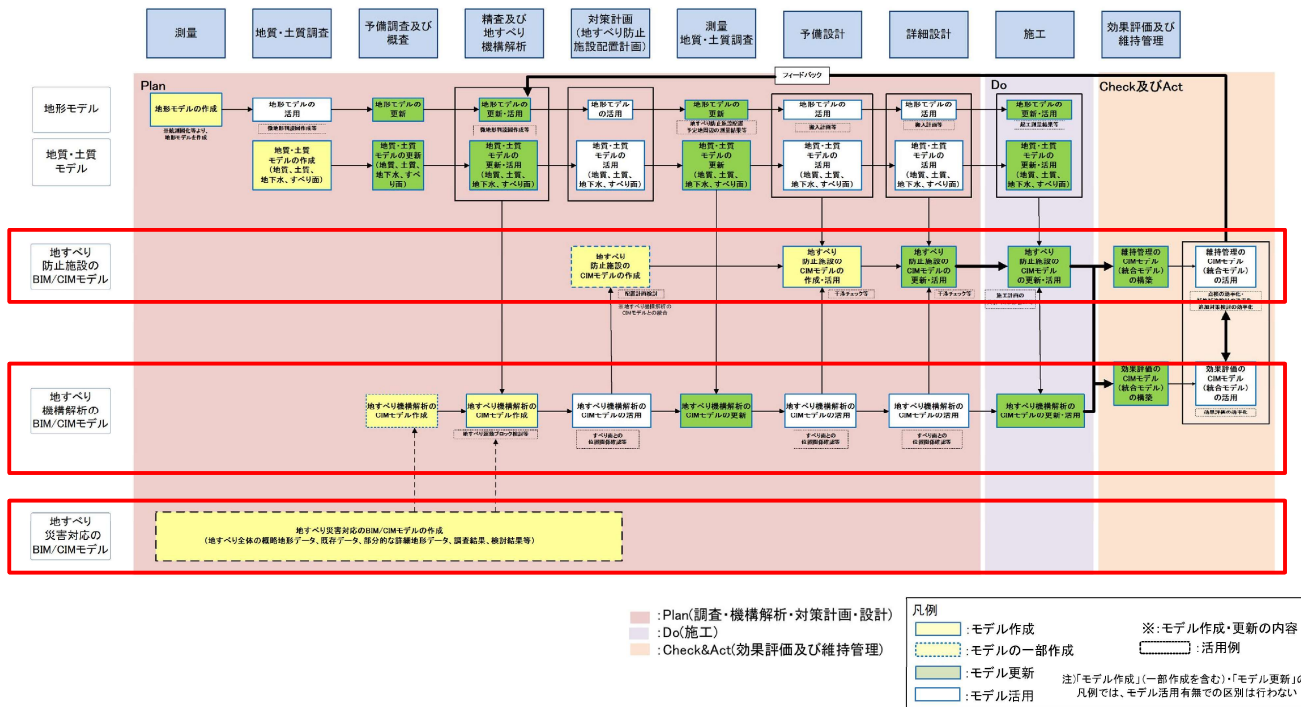


図 3 地すべり対策における BIM/CIM モデルの作成・更新・活用の流れの例

※この図における「地質・土質モデル」と「地すべり機構解析のBIM/CIMモデル」は兼用することができる  
BIM/CIM活用ガイドライン 第3編砂防及び地すべり対策編 より引用

地すべりCIMでは、防止施設のモデルだけでなく、他の分野のBIM/CIMにはない、機構解析、災害対応の3つのBIM/CIM活用が想定される。

⇒複数用途のCIMモデルを作成する多様なCIM対応が必要となる。

**BIM/CIMモデル活用の多様化**

# 地すべり・斜面对策におけるBIM/CIMの背景

## 地すべり・斜面对策とBIM/CIMの親和性は高い

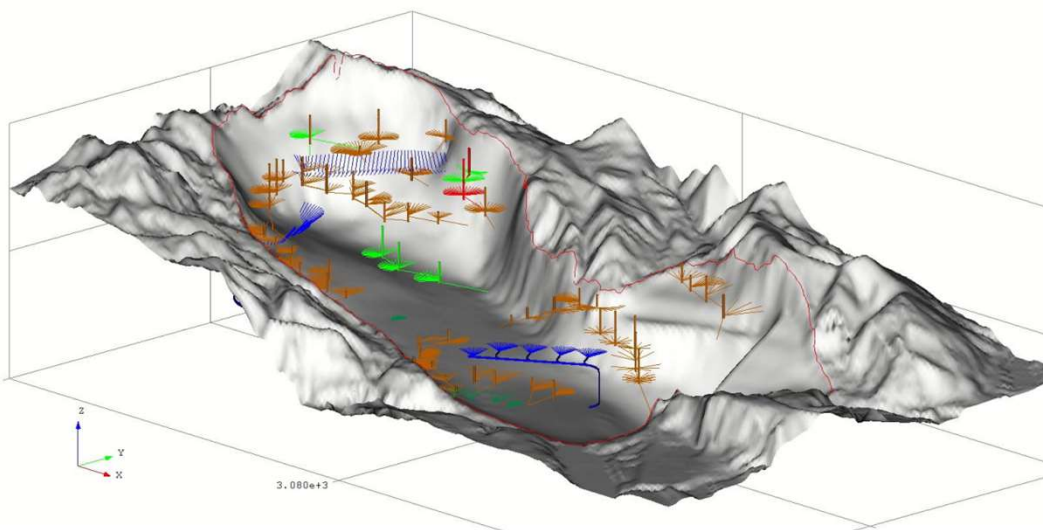
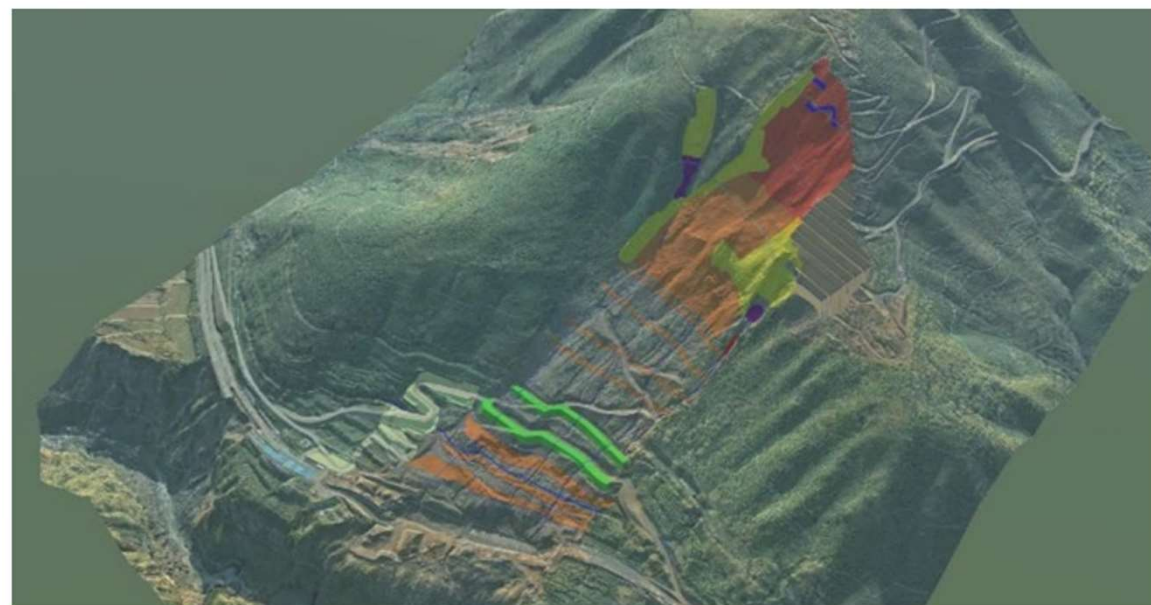


図 33 配置設計・施設設計検討において活用する BIM/CIM モデルの例（詳細度：200,300）



BIM/CIM活用ガイドライン 第3編砂防及び地すべり対策編 より引用

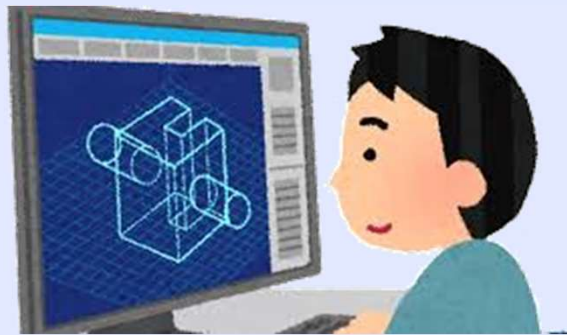


# BIM/CIMへのプログラミングの活用

## BIM/CIMモデルの作成手法

### 現状のモデル作成手法

オペレーターや技術者の手作業でBIM/CIMモデルを作成する。



### プログラミングによるモデル作成手法

構造物のモデル化工程をプログラム化し、寸法情報や部材情報などの諸条件を入力し、プログラムを実行することでBIM/CIMモデルを作成する(パラメトリックモデリング)。



パラメーターによって断面を作成。

断面形状の設定

パラメーター	寸法 (m)
*** H	***
*** L	***
*** B	***
*** W	***

xxの設定

パラメーター	寸法 (m)
*** ###	***
*** ##	***
*** ##	***
*** ##	***
*** ##	***

パラメトリックモデルによる3Dモデル作成方法、国総研、土木技術資料(2019)より

# 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

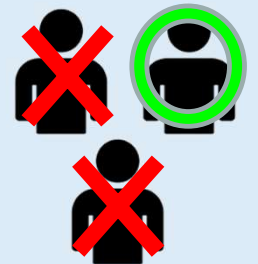
### モデルの限界

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

モデル作成に適正や練度が必要で、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。

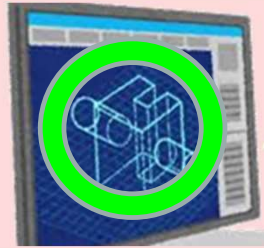


# BIM/CIMへのプログラミングの活用

## 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。



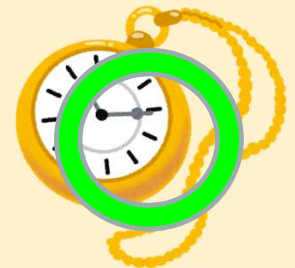
### 品質・信頼性の担保

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

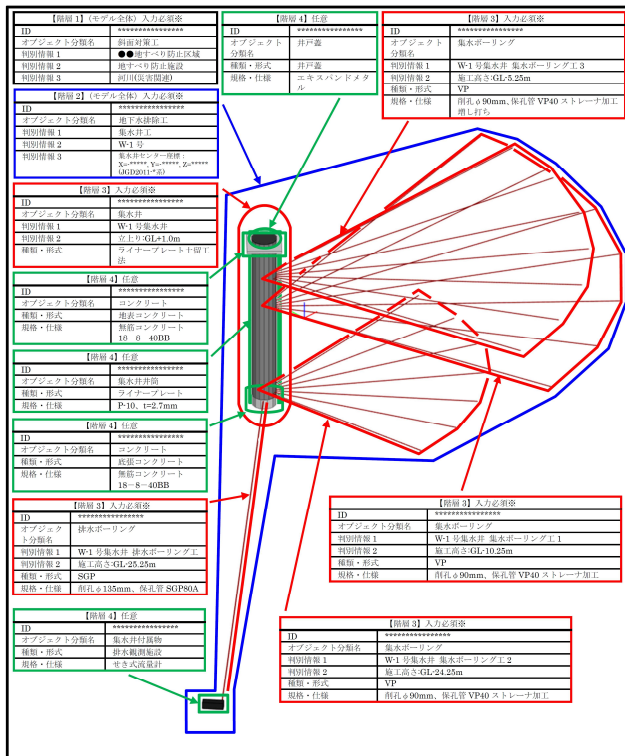
プログラム処理にかかる時間は数分程度。





# BIM/CIMへのプログラミングの活用

## パラメトリックモデリングへの展望



注: IDは各オブジェクトを一意に判別するGuid等のソフトウェア固有の番号である。

図-17 砂防構造物・地すべり防止施設詳細設計におけるオブジェクト分類・属性情報の付与例(集水井工)

3次元モデル成果物作成要領(案)R4.3 より引用

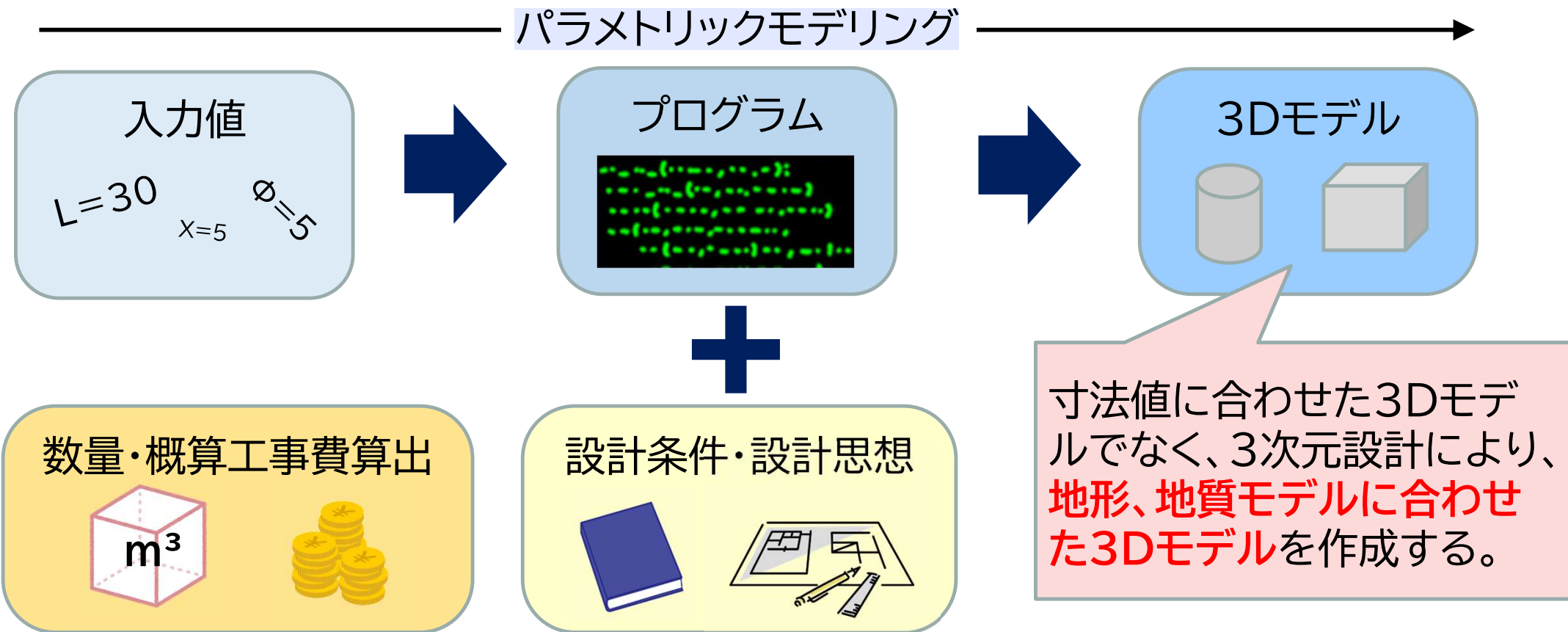
3次元モデル成果物作成要領(案)にて集水井工などサンプルモデルが紹介。

⇒パラメトリックモデリングに必要な寸法情報や部材情報が統一され、モデル作成のためのプログラムの要件定義が容易に。

BIM/CIMモデル  
の標準化

# BIM/CIMへのプログラミングの活用

## 設計条件、設計思想、数量・概算工事費算出のプログラム化



# 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



## 2. 自動設計の開発結果

- 使用ソフト
- ビジュアルプログラミング
- 自動設計システムの開発工程
- 自動設計システムの開発結果

# 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

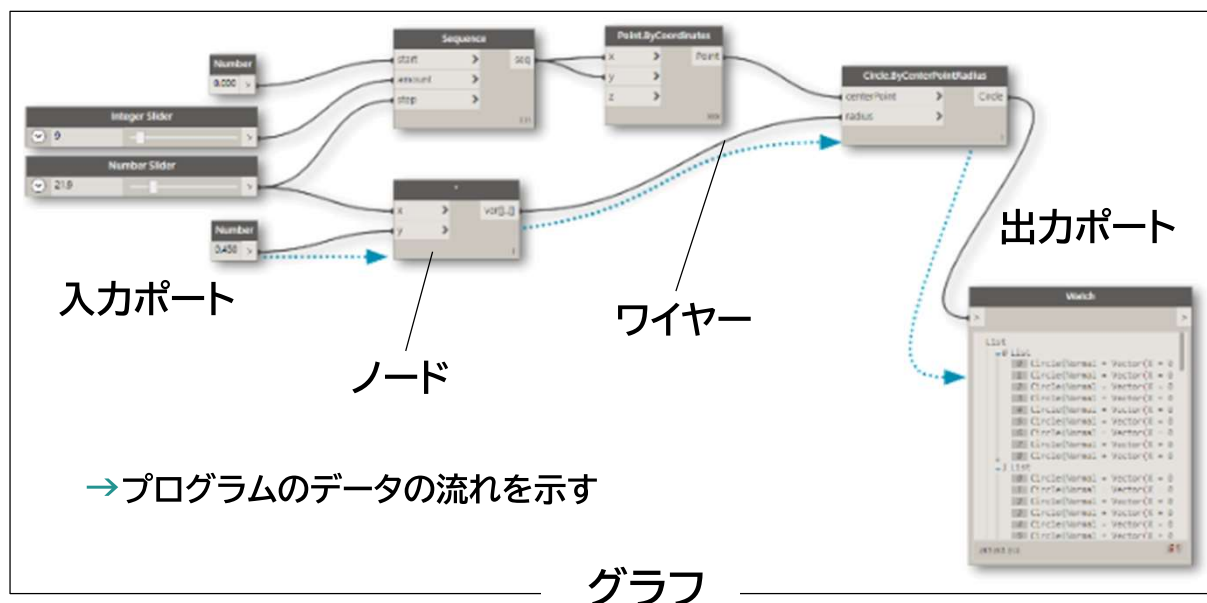


Dynamo



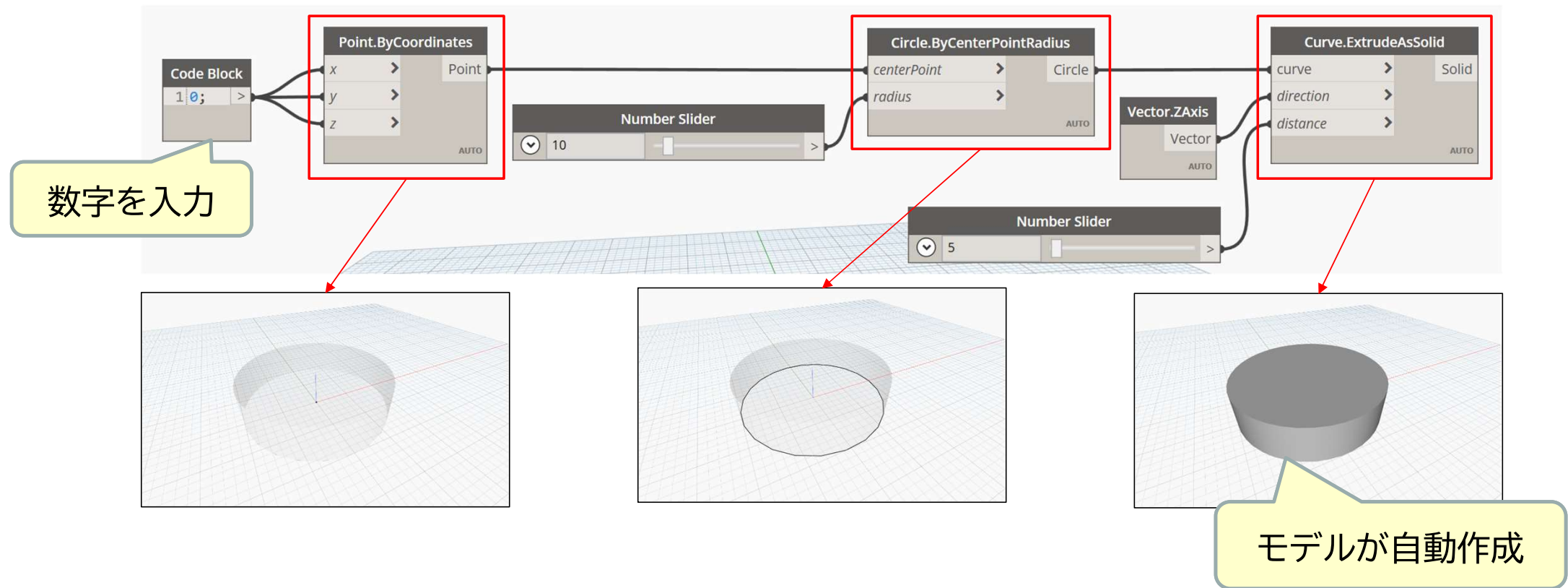
Dynamo

AUTODESK社 HPより引用



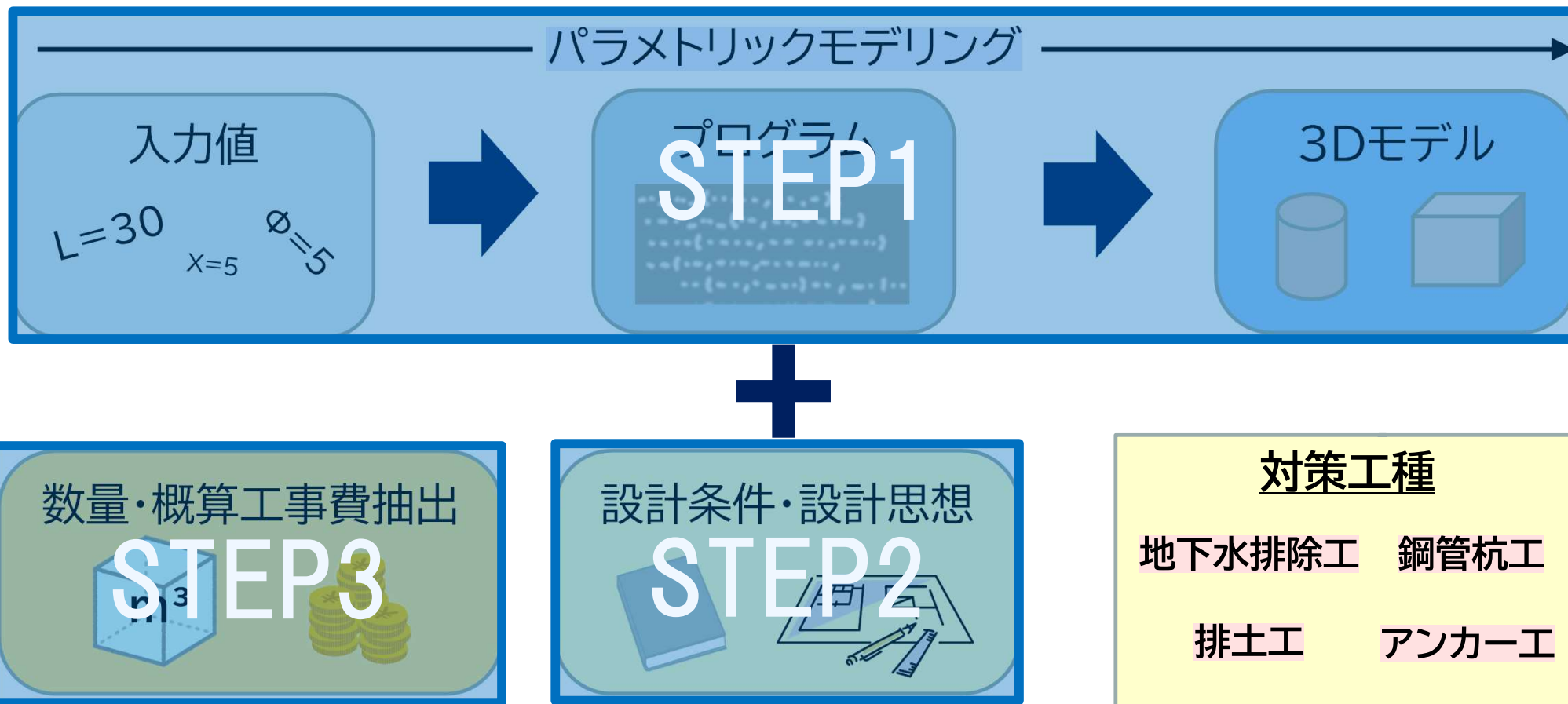
# ビジュアルプログラミング

視覚的なグラフィカルユーザインタフェースを使用して、プログラムの指示や関係を定義する方法。グラフィックスまたはグラフィックスとテキストを組合せて手順を記述できる。



# 自動設計システムの開発工程

## 開発ステップと対策工種

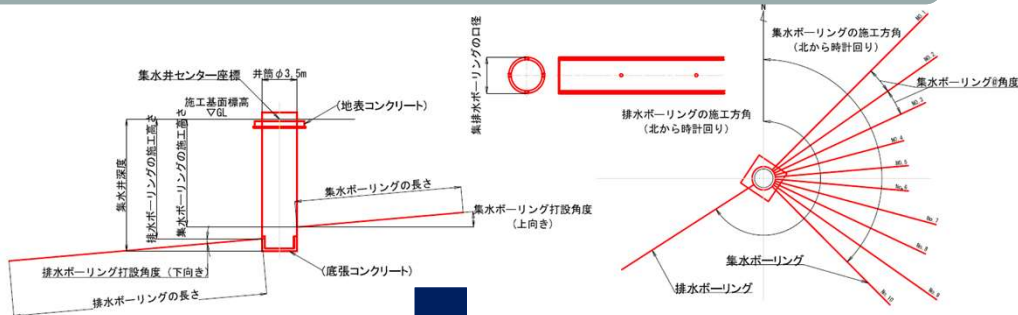




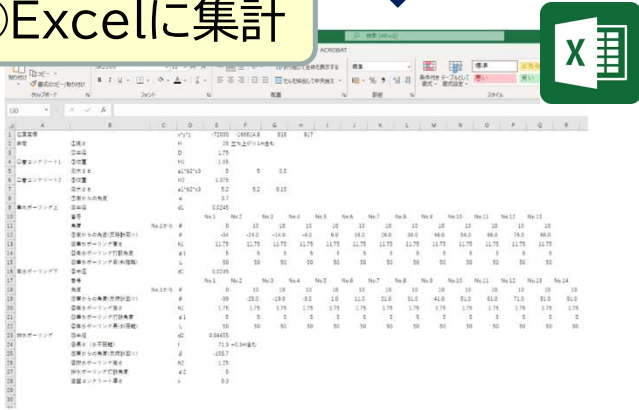
# 自動設計システムの開発工程

## STEP1:パラメトリックモデリングのプログラム作成

①2次元図面から入力パラメータの読み取り



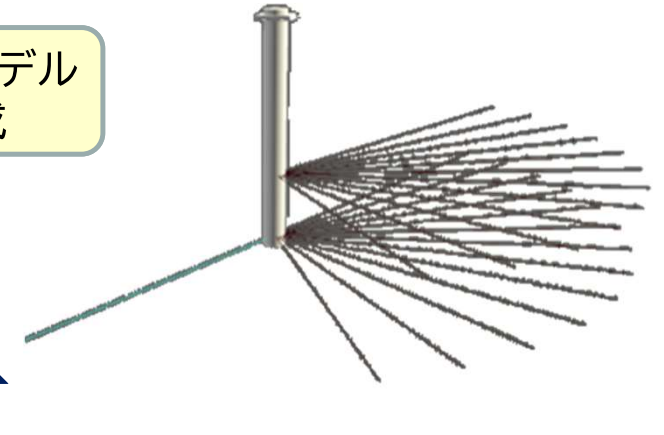
②Excelに集計



③プログラム実行

入力 Excelインポート  
Excel  
エクセルファイルからのデータの読み込み

④3次元モデル自動作成



井筒モデルの作成

集水ボーリングモデルの作成

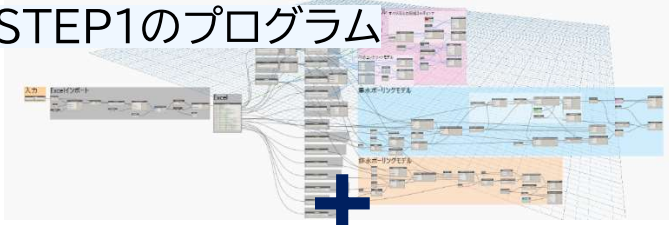
排水ボーリングモデルの作成

# 自動設計システムの開発工程

## STEP2: 設計条件、設計思想のプログラム化

### ①STEP1のプログラム+機能要件

#### STEP1のプログラム

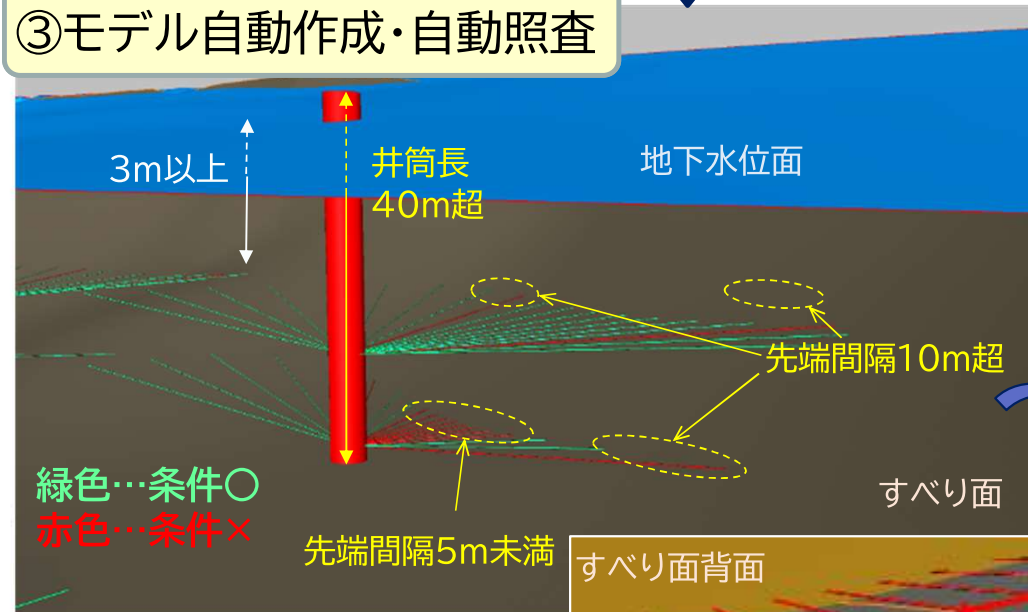


#### 機能要件(設計条件・設計思想)

モデル	機能要件(赤字:照査項目)
井筒	<ul style="list-style-type: none"> <li>井筒長: 5~40m</li> <li>底面はすべり面から×mの離隔確保</li> </ul>
集水ボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>すべり面貫入長: ●●m</li> <li>水平打設範囲: △△度</li> <li>水平打設間隔: □度</li> <li>先端間隔5~10m</li> <li>すべり面の貫入点で地下水位-3mの離隔(すべり面未達の場合は先端) etc</li> </ul>
排水ボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大長: 80m</li> <li>水平方向探索範囲: ○○度</li> <li>探索打設間隔: ▲度</li> <li>範囲内で最短で地表に到達するルートを探索しモデル化 etc</li> </ul>

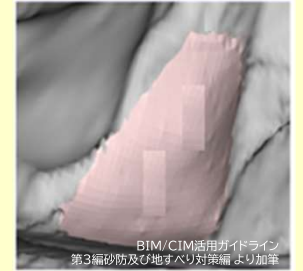


### ③モデル自動作成・自動照査



### ④設計支援

②地形・地盤モデル上でプログラム実行



# 自動設計システムの開発工程

## STEP3:数量・概算工事費算出のプログラム化、インターフェースの作成

①STEP2のプログラム+数量集計機能+インターフェース機能

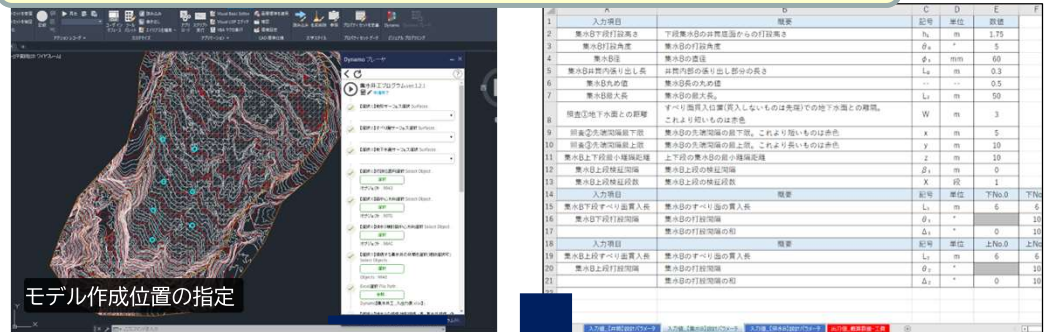
STEP2のプログラム

モデル	機能要件
井筒	・井筒長:OO~△△m ・掘削はすバリ面から△△mの掘削確保
集水ボーリング	・すバリ面入長:△△m ・水平打設距離:●●m ・先端傾斜:▲▲° ・すバリ面の貫入点で地下水-3mの掘削(すバリ面水平の場合は先掘)
排水ボーリング	・掘削長:●●m ・水平方向掘削範囲:○の○度 ・水平打設距離:▽▽m ・掘削で掘削で地表に到達するルートを探査しモデル

数量集計機能+インターフェース機能

工種・種別	単位	モデル抽出	概算工事費
集水井工			
掘削土留工	基	○	○
コンクリート工	m <sup>3</sup>	○	○
井戸蓋設置工	基	×	○
昇降用設備設置工	m	×	○
材料費	式	×	○
掘削設備設置撤去	基・回	×	○
集水ボーリング工			
削孔工	m	○	○
保孔管挿入工	m	×	○
機械据付撤去	回	×	○
排水ボーリング工			
削孔工	m	○	○
保孔管挿入工	m	×	○
機械据付撤去	回	×	○
その他、防護柵工等	式	×	○

②インターフェースに入力しプログラム実行



③モデル自動作成、数量・概算工事費自動算出



## 自動設計システムの開発結果 ①集水井工(動画)





## 自動設計システムの開発結果 ②鋼管杭工(動画)



## 自動設計システムの開発結果 ③排土工(動画)



## 自動設計システムの開発結果 ④アンカー工(動画)



# 3. 自動設計でできること

- 自動設計システムの検証結果
- 今後の展望
- おわりに



# 自動設計システムの検証結果

## STEP1:パラメトリックモデルの作業効率性の検証と照査

- 作業効率性の検証:27基の集水井工のモデル化  
⇒マンパワーによるモデル作成と比較して**作業時間が約4倍短縮**された。
- パラメトリックモデルの照査:設計図面との統合  
⇒準3次元化した設計図面と形状が一致し、**入力した数値の通りにモデルが作成**された。

※CIMソフト経験1年のOP

27基の自動作成された  
集水井工モデル



	27基 作成時間	1基 作成時間	1時間 当たり	作業効率 (従来比較)
従来作業※	27時間	1時間	1基	--
プログラム試行	6時間	14分	4.3基	430%

従来と比較して約4倍の作業効率。  
⇒作業効率性の向上

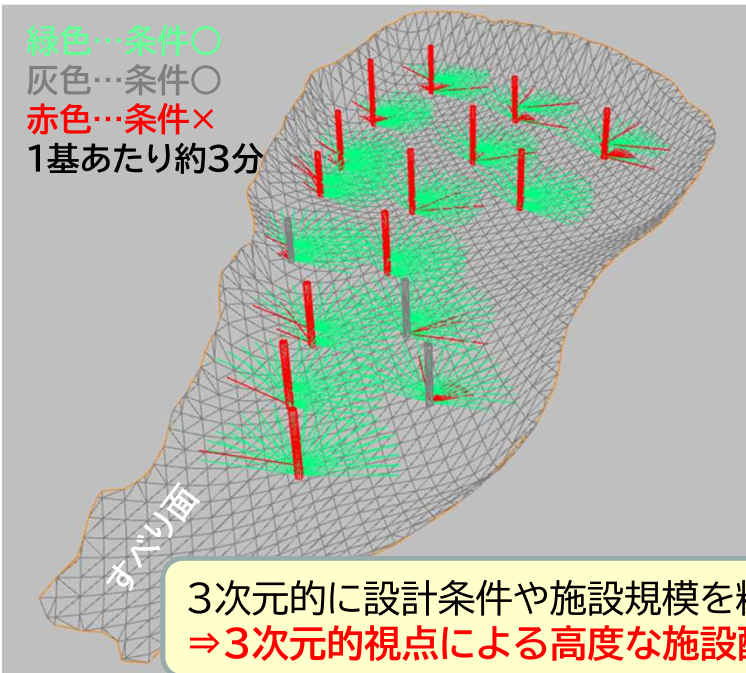


# 自動設計システムの検証結果

## STEP2:3次元設計への活用の検証

- 3次元設計への活用の検証:16基の集水井工の施設配置計画  
 ⇒機能要件に基づいた3次元モデルが自動作成された。3次元的な施設配置計画を検討するための段階モデル作成が容易になった。**3次元的な施設配置計画検討に活用が可能**であると検証された。

項目	単位	条件○	条件×	合計
井筒	基	3	13	16
上段集水ボーリング	本	291	13	304
下段集水ボーリング	本	235	69	304



実行結果	設計条件や施設規模に対する考察
16基中13基の集水井で、井筒長が40mを超えており、条件を満たさなかった。	設計対象の地すべりが幅約350mある大規模地すべりであるため、地すべりブロック内のほとんどの範囲ですべり面深度が42mを超える。井筒底盤とすべり面の離隔を2mで設定すると、井筒長が40m以内となる条件を満たさないため、井筒底盤とすべり面の離隔を2mより大きく設ける必要がある。
約95%の上段集水ボーリングで条件を満たした。	集水ボーリングとすべり面との干渉位置(すべり面に未達のものについては先端)で地下水位から-3mの離隔が認められており、集水井の施工計画位置に問題はない。
約25%の下段集水ボーリングで先端間隔の条件を満たさなかった。	井筒底盤とすべり面の離隔を2mで設定しており、下段集水ボーリングがすべり面に近接しているため、下段集水ボーリング長が短くなる傾向にあり、先端間隔が5m未満となるケースが認められた。井筒底盤とすべり面の離隔を大きくするか、集水ボーリングの打設間隔を調整する必要がある。

# 自動設計システムの検証結果

## STEP3:実設計との数量・概算工事費の比較

- 3次元設計への活用の検証:実設計との比較

⇒実際の設計との誤差は約100万円(全体の1%)、プログラムの有効性が確認された。

プログラムによる算出

工種	種別	単位	金額(入力値)	数量	概算工費
集水井工	掘削土留工	基	¥4,901,000	1	¥4,901,000
	コンクリート工	m3	¥34,200	16.5	¥565,991
	井戸蓋設置工	基	¥31,500	1	¥31,500
	昇降用設備設置工	m	¥8,300	23.5	¥195,050
	材料費	式	¥11,355,310	1	¥11,355,310
	掘削設備設置撤去	基・回	¥73,460	1	¥73,460
集水ボーリング工	削孔工(φ115)	m	¥25,100	1309	¥32,855,900
	保孔管挿入工	m	¥1,200	1317.1	¥1,580,520
	機械据付撤去	回	¥436,400	1	¥436,400
排水ボーリング工	削孔工(φ135)	m	¥31,800	76.8	¥2,442,240
	保孔管挿入工	m	¥4,600	77	¥354,200
	機械据付撤去	回	¥436,400	1	¥436,400
防護柵工	立ち入り防止策	式	¥600,000	1	¥600,000
				小計	¥55,827,971
諸経費率	30%				
				合計	¥72,576,362

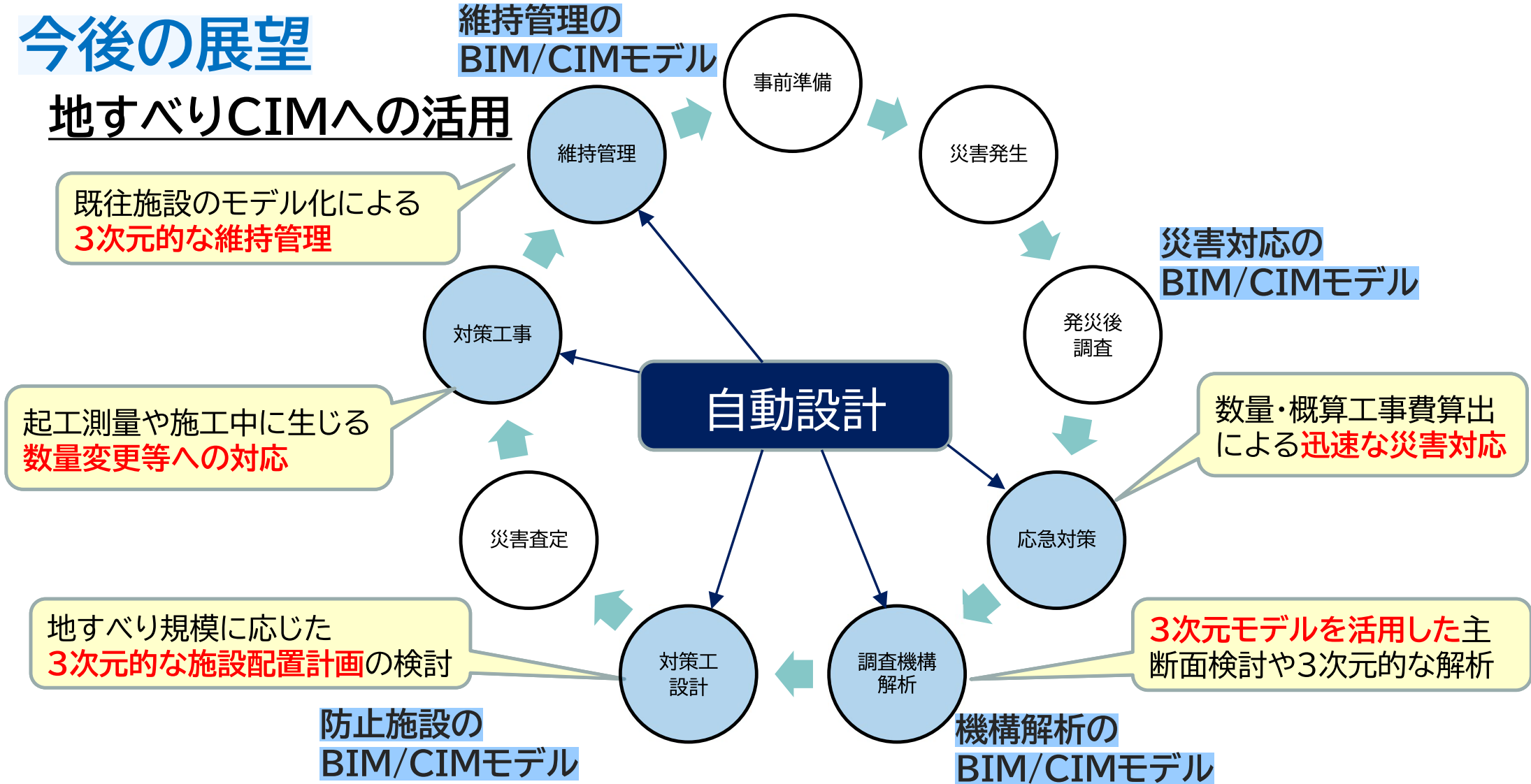
実設計による算出

工種	種別	単位	金額(入力値)	数量	概算工費
集水井工	掘削土留工	基	¥4,901,000	1	¥4,901,000
	コンクリート工	m3	¥34,200	14.2	¥485,640
	井戸蓋設置工	基	¥31,500	1	¥31,500
	昇降用設備設置工	m	¥8,300	23.5	¥195,050
	材料費	式	¥11,355,310	1	¥11,355,310
	掘削設備設置撤去	基・回	¥73,460	1	¥73,460
集水ボーリング工	削孔工(φ115)	m	¥25,100	1350	¥33,885,000
	保孔管挿入工	m	¥1,200	1358	¥1,629,600
	機械据付撤去	回	¥436,400	1	¥436,400
排水ボーリング工	削孔工(φ135)	m	¥31,800	77	¥2,448,600
	保孔管挿入工	m	¥4,600	77.3	¥355,580
	機械据付撤去	回	¥436,400	1	¥436,400
防護柵工	立ち入り防止策	式	¥600,000	1	¥600,000
				小計	¥56,833,540
諸経費率	30%				
				合計	¥73,883,602

実際の設計成果と約100万円(全体の1%)の誤差であった。プログラムでは、3次元的すべり面貫入長を設定したり、基礎コンクリートを一律の形状にしたこと原因として挙げられる。

# 今後の展望

## 地すべりCIMへの活用





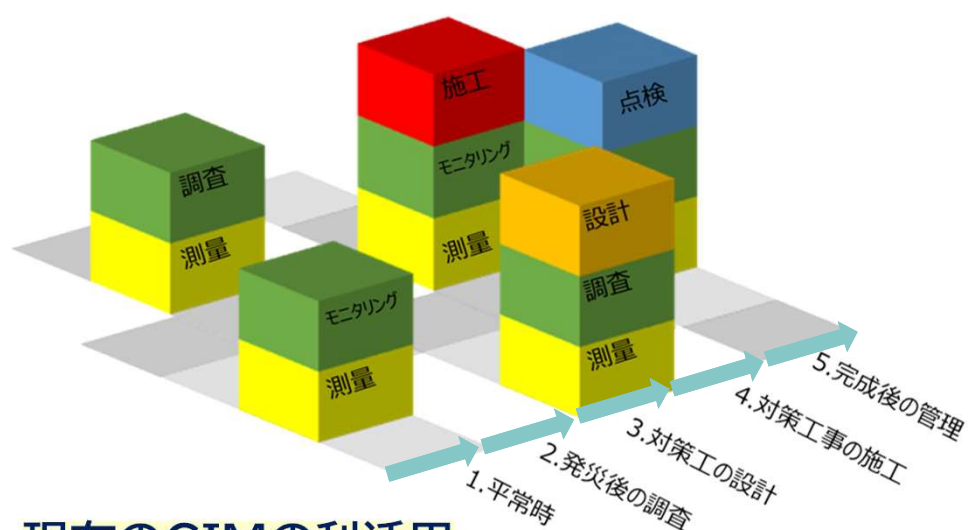
# 今後の展望

## 打合せの中でのシームレスな検討協議



# 今後の展望

## 一貫したCIMモデルの利活用とデータ引継ぎ

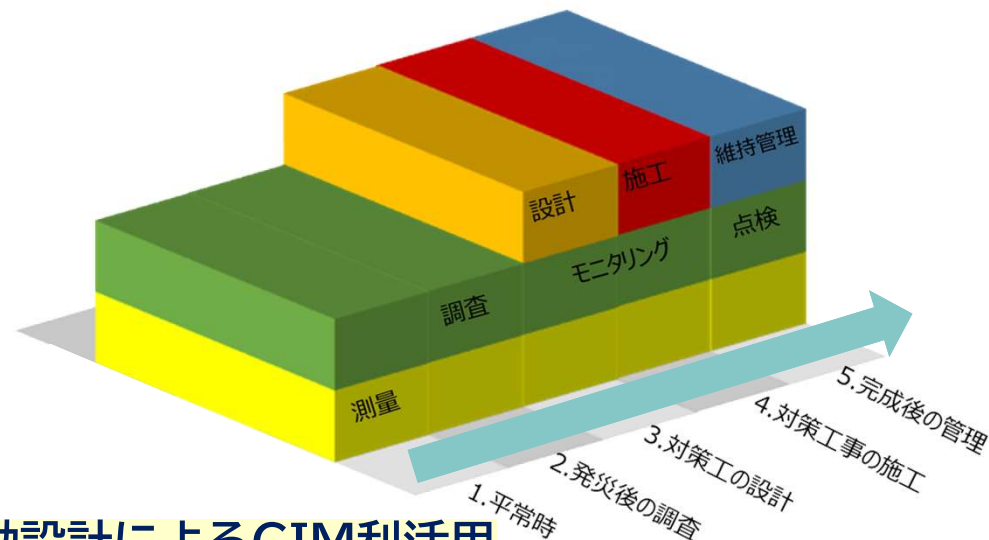


### 現在のCIMの利活用

各プロセスの中でのCIMの取組。  
データ引継ぎの問題。

フロントローディング、コンカレントエンジニアリング  
の課題。

モデル作成コスト大による3次元設計・BIM/CIM活  
用の停滞。



### 自動設計によるCIM利活用

事業で一貫したCIMの取組とデータ引継ぎ。

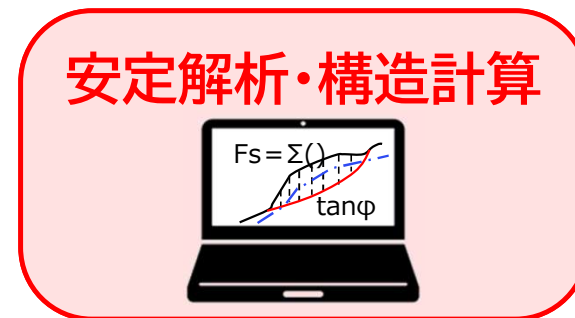
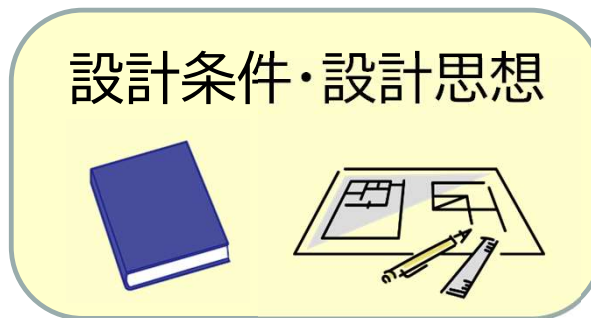
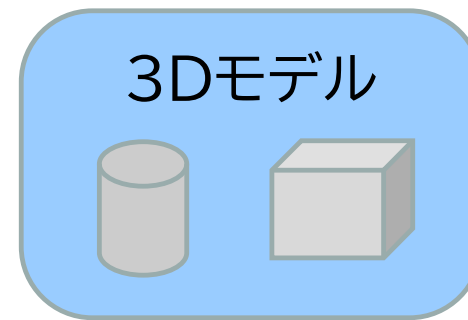
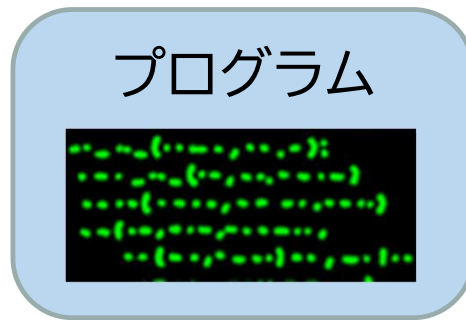
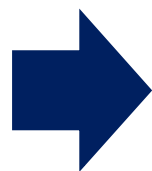
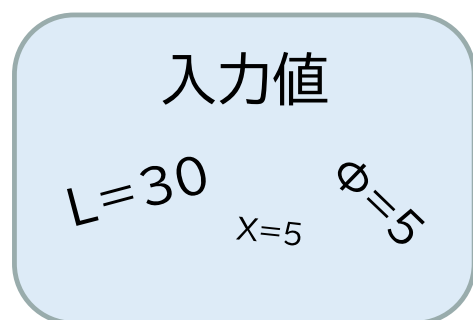
フロントローディング、コンカレントエンジニアリング  
の達成。

3次元設計・BIM/CIM活用の**競争領域の活発化。**  
**技術革新。**

# 今後の展望

## 安定解析・構造計算のプログラム追加

パラメトリックモデリング



## おわりに

自動設計によって技術者はいらなくなる？

⇒いいえ。自動設計は、**効率化・高度化するための道具**。道具をどう使い、どう思想をいれるかが技術であり、技術者が必要になります。

Dynamoを社内導入させるには？

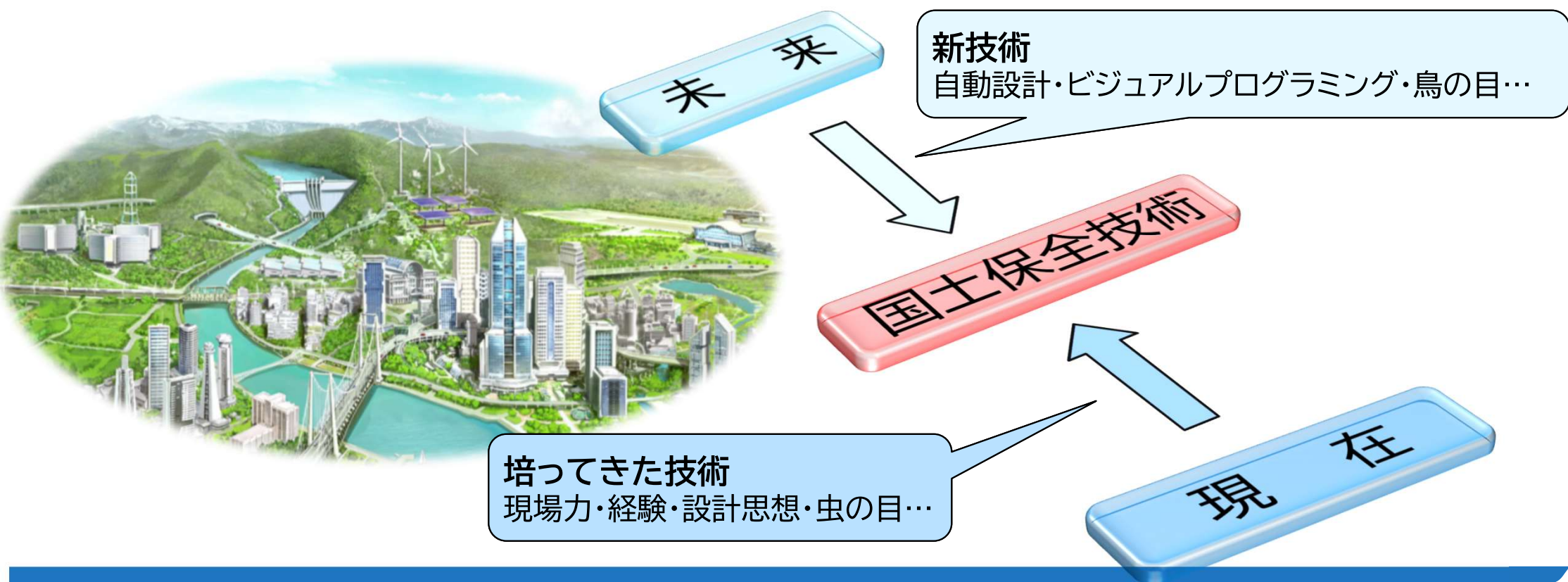
⇒弊社での取りくみについて、**次回のウェビナー(4月頃)で紹介予定**です。

自動設計で働き方が変わる？

⇒はい。例えば、打合せがシームレスになるなど、業務や事業の進め方が変わっていくと思います。ひいては、**土木業界の働き方改革**へ繋がっていくはずです。

# おわりに

誠意をもってことにあたり、技術を軸に社会に貢献する。





**ご清聴ありがとうございました。**