

あなたの作業がもっとラクになる！
- Dynamo に Generative Design を添えて -

日下部 達哉 (くさかべ たつや)

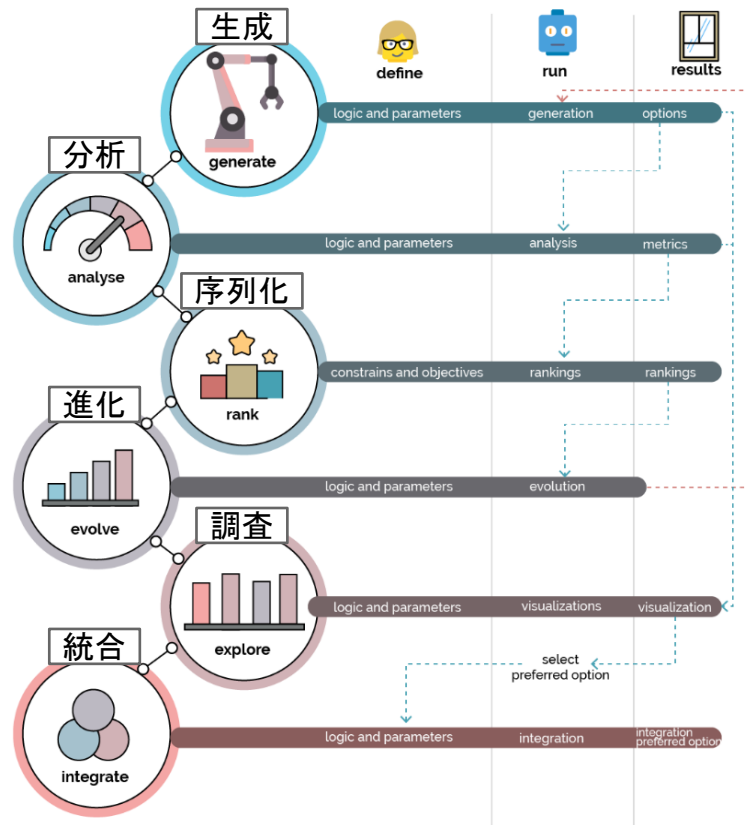
オートデスク 技術営業本部

Generative Design とは

ジェネレーティブデザインとは

「設計者とコンピュータの共同設計プロセス」

- コンピュータがすること
 - 設計案を自動で大量に「生成」する
 - 設計案を「分析」→「序列化」する
 - 設計案を「進化」させる
 - （設計案を視覚的に整理する）
- 人間がすること
 - 設計案を「生成」するための設計パラメータとロジックを定義する
 - 設計案を「分析」→「序列化」するための定量的な評価関数と、制約条件を定義する
 - 設計案を一つに絞り込んで（調査）、実際の設計に適用する（統合）



出典: [what goes into a Generative Design Process?](#)

従来の設計 vs ジェネレーティブデザイン

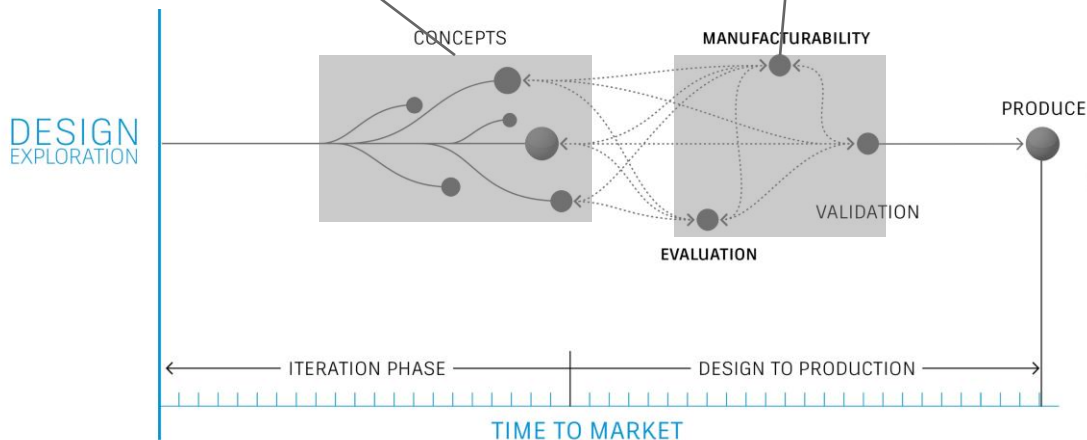
従来の設計

人間：設計案を作成

- ・ 何の変哲もない設計...
- ・ 作れる数に限りがある...

人間：設計案を評価→選定

- ・ 定性的...
- ・ 時間がかかる...



従来の設計 vs ジェネレーティブデザイン

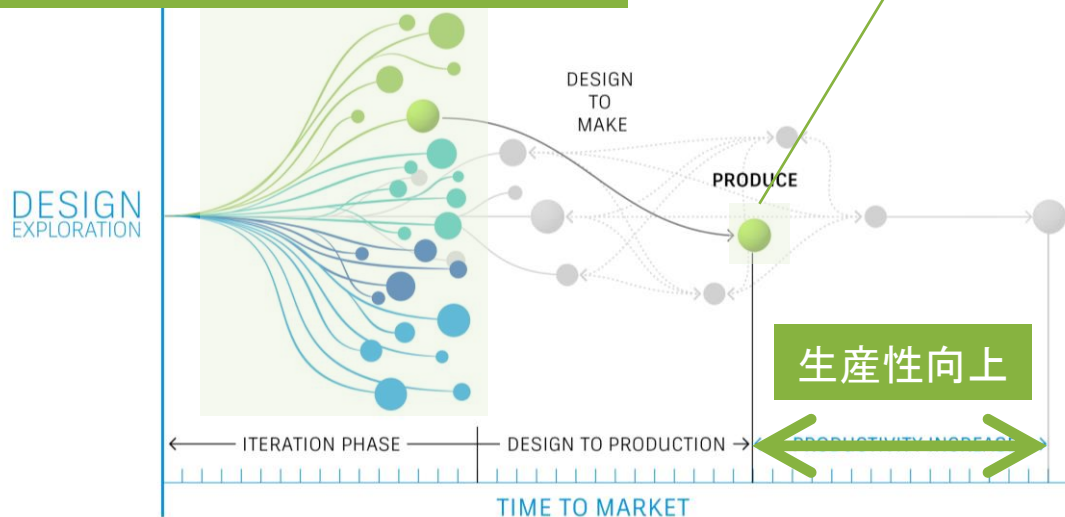
新しい設計（ジェネレーティブデザイン）

コンピュータ：設計案を
生成→評価→改良→評価→...

- ・人間では捌けない、大量の案
- ・人間では閃かない、奇抜な案

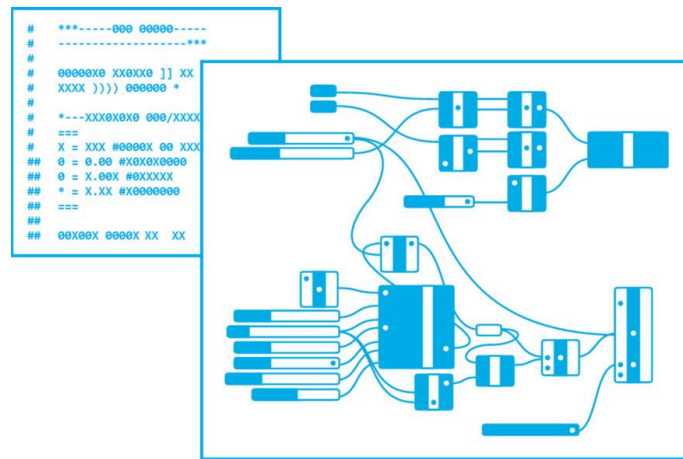
人間：設計案を選定

- ・コンピュータでは判断
できない価値基準



建築設計者に求められるスキル（米国建築家協会）

- 従来通り必要なスキル（核となるスキル）
 - 企画（どんな建物を作る？）
 - 設計（どう建物を成立させる？）
 - 製図や BIM（どう情報を共有する？）
- 差別化のために重要となるスキル
 - 自動化（どう業務を効率化する？）
 - データ分析（どう建物データを活用する？）
 - プログラミング（どうアイデアを実装する？）
 - 建築科学
 - 対人能力
 - ビジネス能力

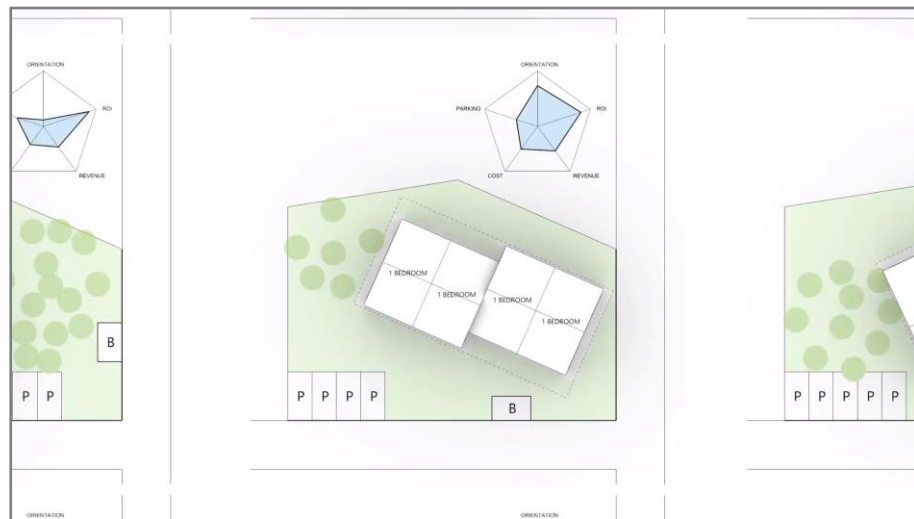
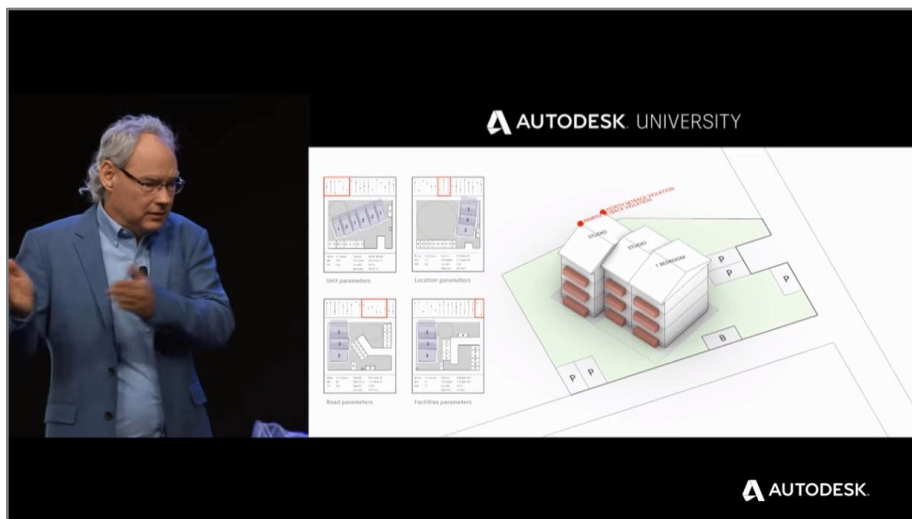


IT 技術を活用した
設計が求められる時代に
→ ジェネレーティブデザイン

活用例 - 大和ハウス工業

集合住宅の計画にジェネレーティブデザインを活用

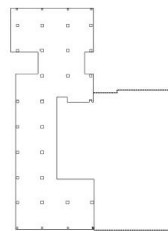
- 都市化が進行する日本の状況に合わせ、狭い土地での小規模開発を最適化するシステム
- 営業担当がこれまでやってきたことを、すごく簡単に実行できるように
→ その上で、従来は想像もできなかったようなプランも提示されるようにする
- 営業や設計のサポートに加え、社員教育にも効果を発揮すると期待されている



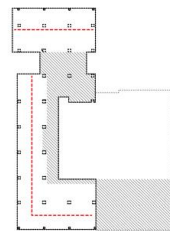
活用例 - Autodesk MaRS プロジェクト

<https://www.autodesk.com/research/projects/autodesk-mars>

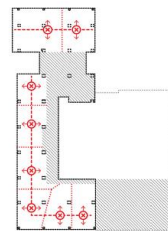
- カナダ トロント オフィスの移転にともなうレイアウトデザイン
- 6つの指標
 - ワークスタイル、気が散る要素の抑制、移動距離、偶然の交流、採光、眺望
- 数千ものレイアウトプランからスコアの高いものを選択することで、効率的で革新的な仕事環境を構築



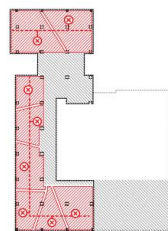
① 最初の状態



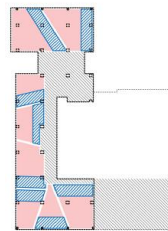
② ジェネレーティブデザインの対象
とし、固定の区域と、区画整理の
ための中心線を定義



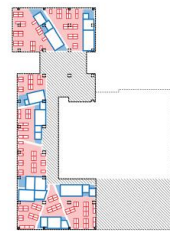
③ 中心線に沿って複数の区画を分割し、
動きの範囲をパラメーター化して設定



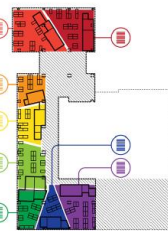
④ 最適化アルゴリズムで中心線を
基準に区画を変形、区画を斜めに
分割



⑤ 各区画から一層を選び、アメニティ
スペース用のエリアを作成



⑥ 自動「テストフィット」で、
母体の区画からアメニティ
スペースとデスク レイアウトを
生成



⑦ ベストフィットアルゴリズムで区画に
チームを割り当てる。各区画のアメニ
ティをチームの好みに割り当て



⑧ 検証エンジンで、それぞれの
設計をシミュレーションして
評価し、結果をジェネティック
アルゴリズムに戻す

活用例 - Autodesk MaRS プロジェクト

<https://www.autodesk.com/research/projects/autodesk-mars>

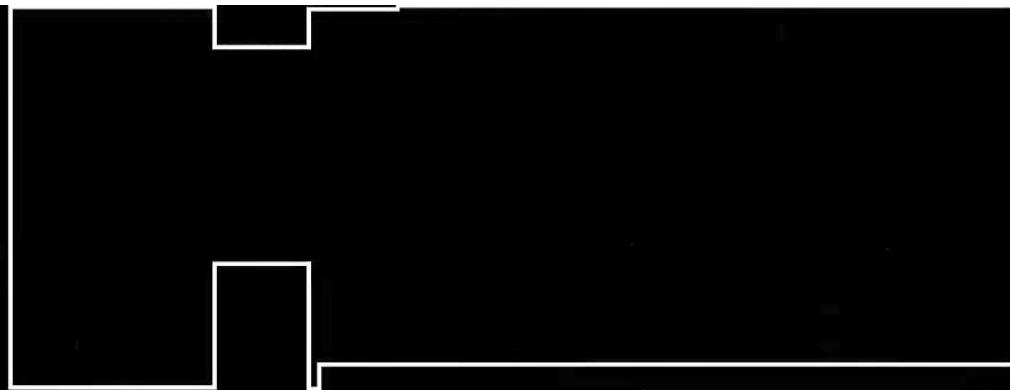
GENERATIVE DESIGN
FOR ARCHITECTURE

1. GENERATE

2. EVALUATE

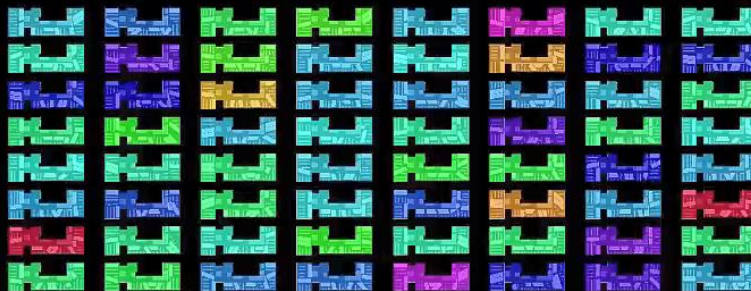
3. EVOLVE

4. EXPLORE



STEP 3: EVOLVE

Automatically **create thousands of design options** that meet the complex goals.

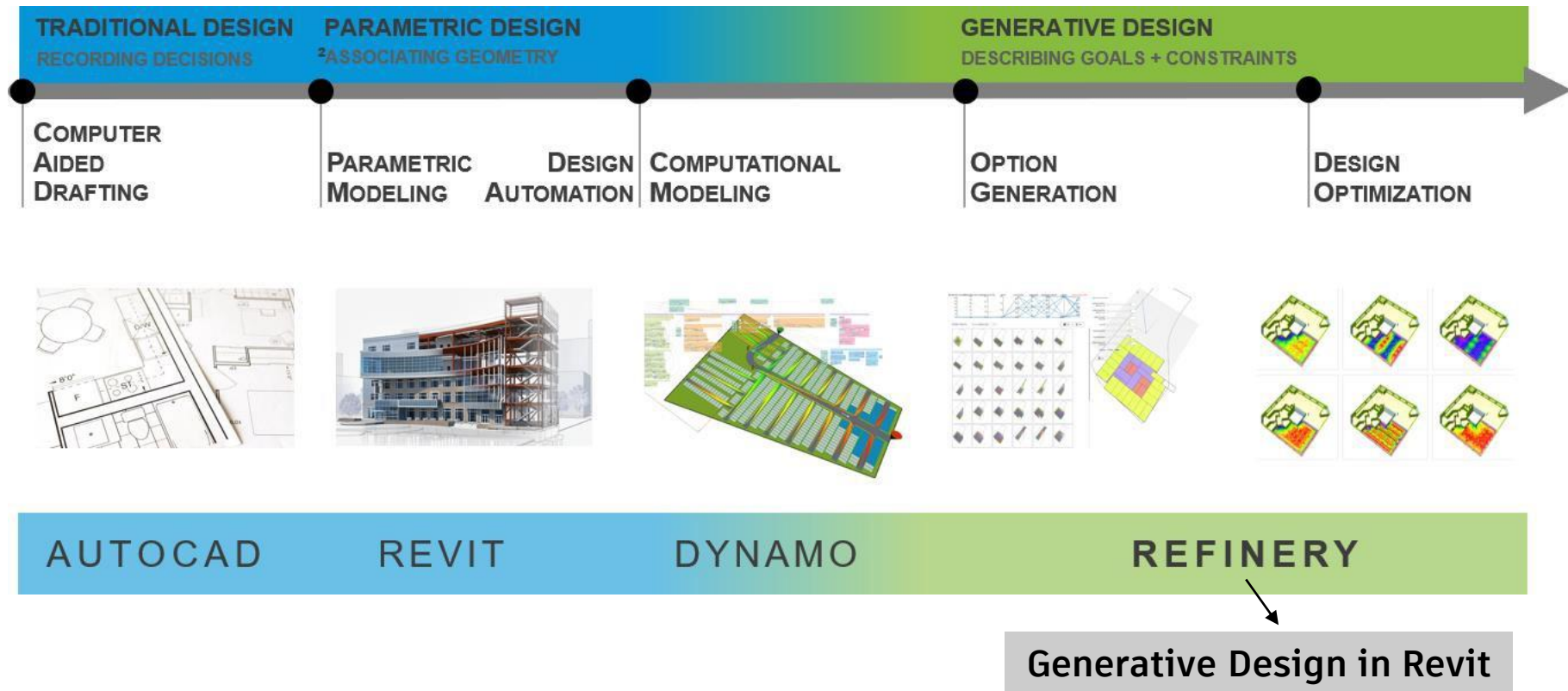


第三ステップ：進化
数千のデザイン案を自動で作成

Generative Design in Revit とは

Generative Design in Revit とは

Refinery (Beta 版) から、Revit 2021 新機能として正式リリース

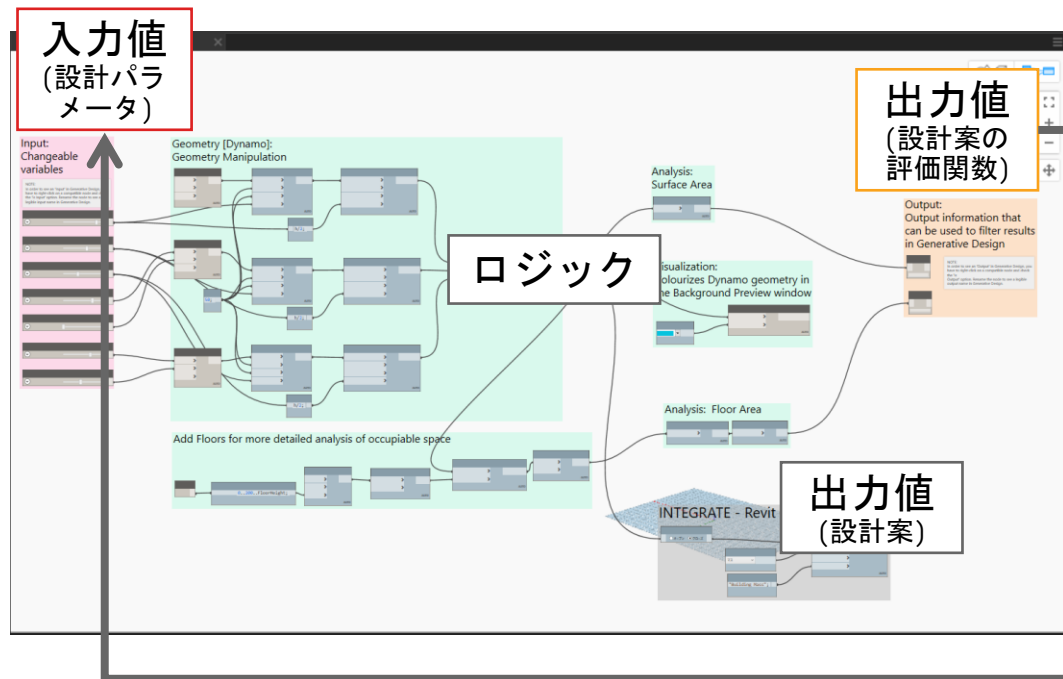


Generative Design in Revit と Dynamo の違いは？

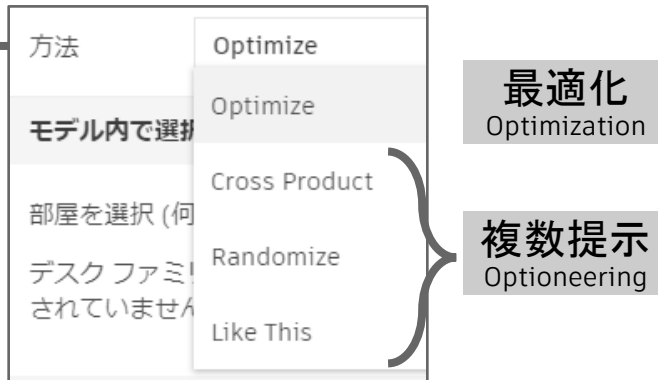
Generative Design in Revit = Dynamo の出力値を調節するエンジン



Dynamo : ロジックを定義

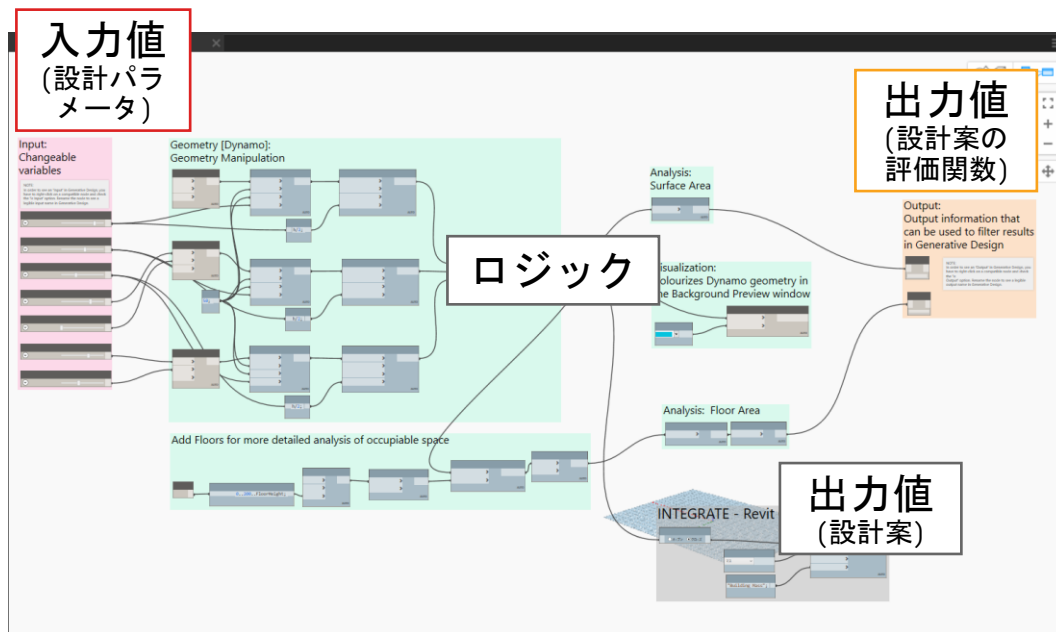


Generative Design in Revit
: 出力値を基に、
入力値を調節



Generative Design in Revit の手順

1. Dynamo のロジックを作成 (※ 既にあるサンプルの場合は不要)

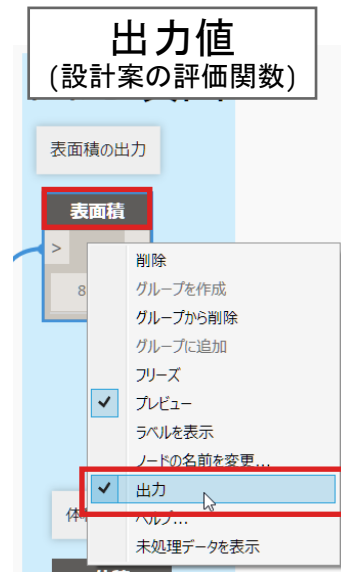
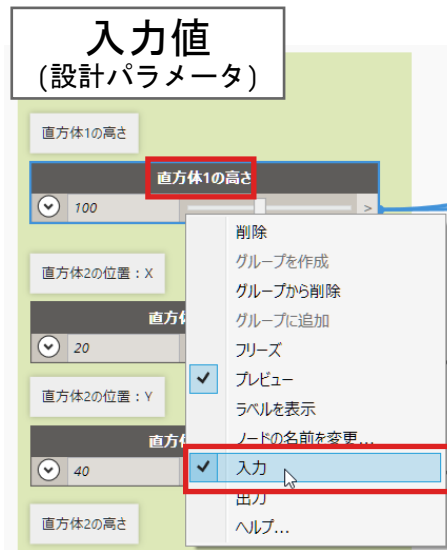


Generative Design in Revit の手順

1. Dynamo のロジックを作成 (※ 既にあるサンプルの場合は不要)

注：

- ・ 入力項目のノードを[入力]にして、ノード名をわかりやすく変更しておく
- ・ 出力項目のノードを[出力]にして、ノード名をわかりやすく変更しておく
- ・ 入力ノードは、下記に関するもののみ
 - ・ 数値 (Number, Number Slider...)
 - ・ ブール値 (Boolean)
 - ・ 要素選択 (Select Model Element...)
- ・ 出力ノードは、数値を出力する Watch ノードのみ



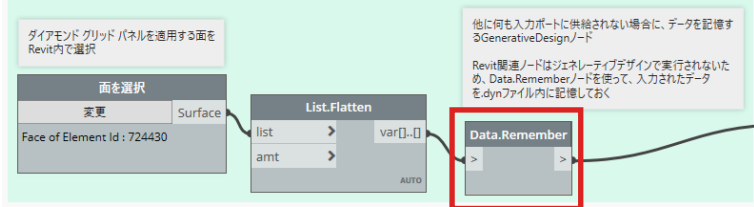
Generative Design in Revit の手順

1. Dynamo のロジックを作成（※ 既にあるサンプルの場合は不要）

注：

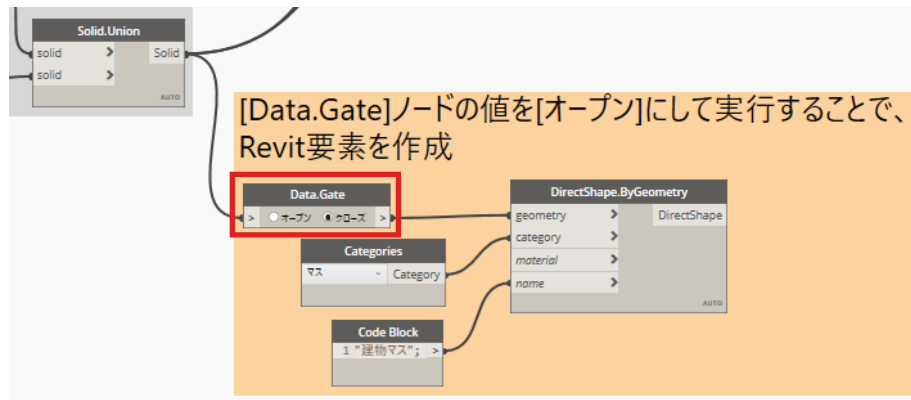
- Revit 要素や外部ファイルを読み込む
処理内容は、“Data.Remember”
ノードの前に記述
(値を .dyn 内に記憶するノード)

Revitの面を選択



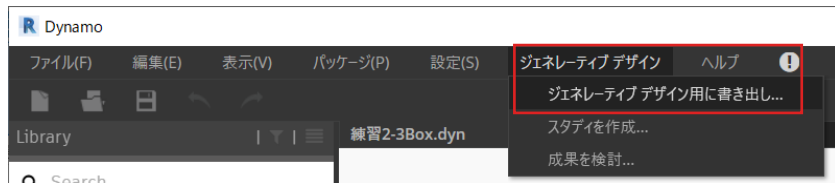
注：

- Revit 要素や外部ファイルを書き出す
処理内容は、“Data.Gate”
ノードの後に記述
(値が [オープン] の場合のみ、
あとの処理を実行するノード)



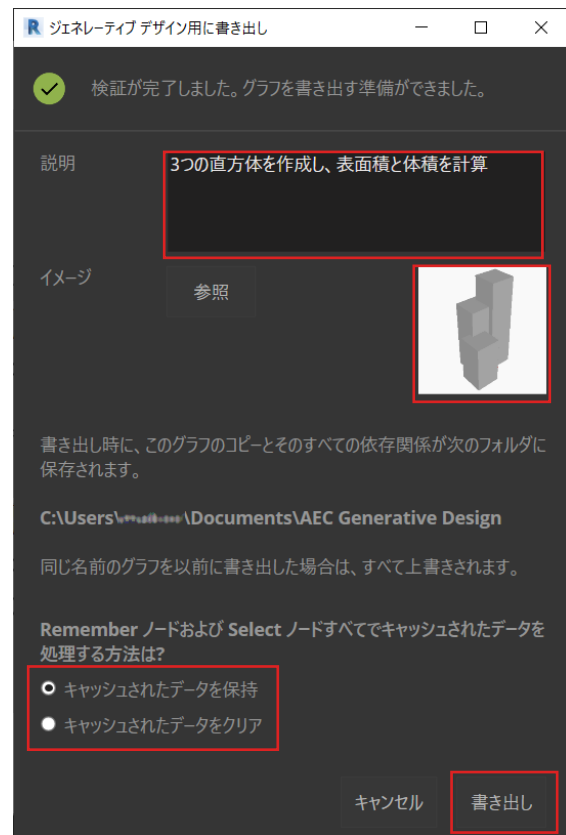
Generative Design in Revit の手順

2. ジェネレーティブ デザイン用に書き出し（※ 既にあるサンプルの場合は不要）



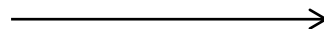
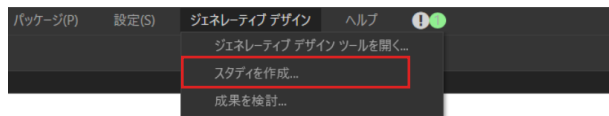
注：


- ・ グラフを一度実行しておく
- ・ サムネイルイメージを準備しておく
- ・ [キャッシュされたデータを保持] を選択すると、選択した Revit 要素が書き出し後も保持される
- ・ もととなる .dyn ファイルがあるフォルダに、関連データ (.Dependencies フォルダ) が書き出される
- ・ 他のユーザが使う場合には、.dyn ファイルと .Dependencies フォルダを渡せば OK

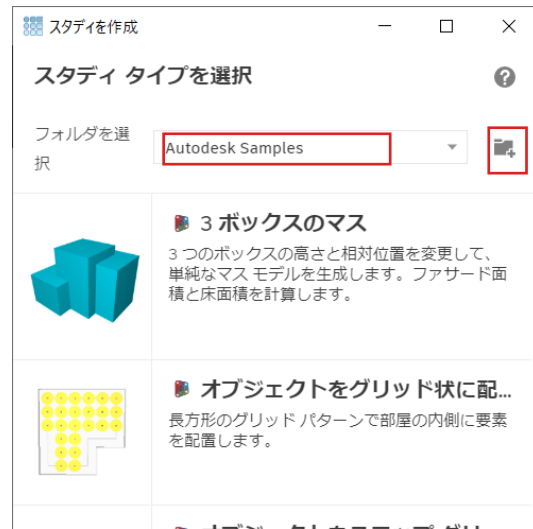


Generative Design in Revit の手順

3. スタディの生成



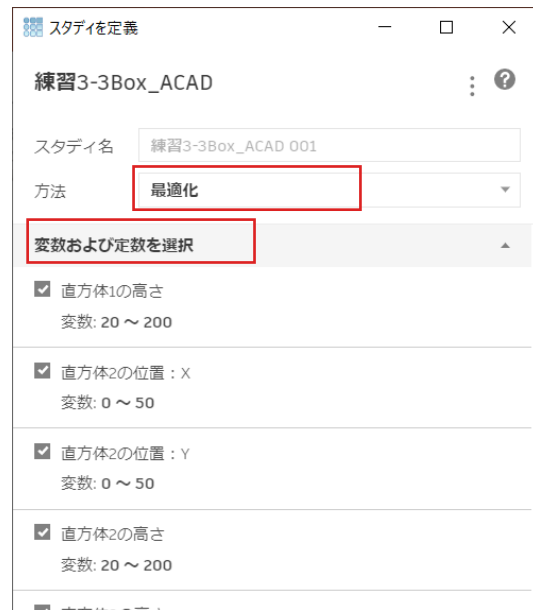
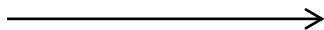
- ・ フォルダ追加  から、
.dyn と .Dependencies のあるフォルダを選択
- ・ フォルダごとに、作成されたスタディタイプが表示



[ビデオ: Generative Design スタディを作成する](#)

Generative Design in Revit の手順

3. スタディの生成



- ・ 方法を設定
 - ・ 最適化、ランダム化、範囲内で均等化、類似を生成
- ・ 各種パラメータを設定
 - ・ 変数、定数、目標（最適化のみ）、拘束（最適化のみ）
- ・ 「生成」を押して計算開始

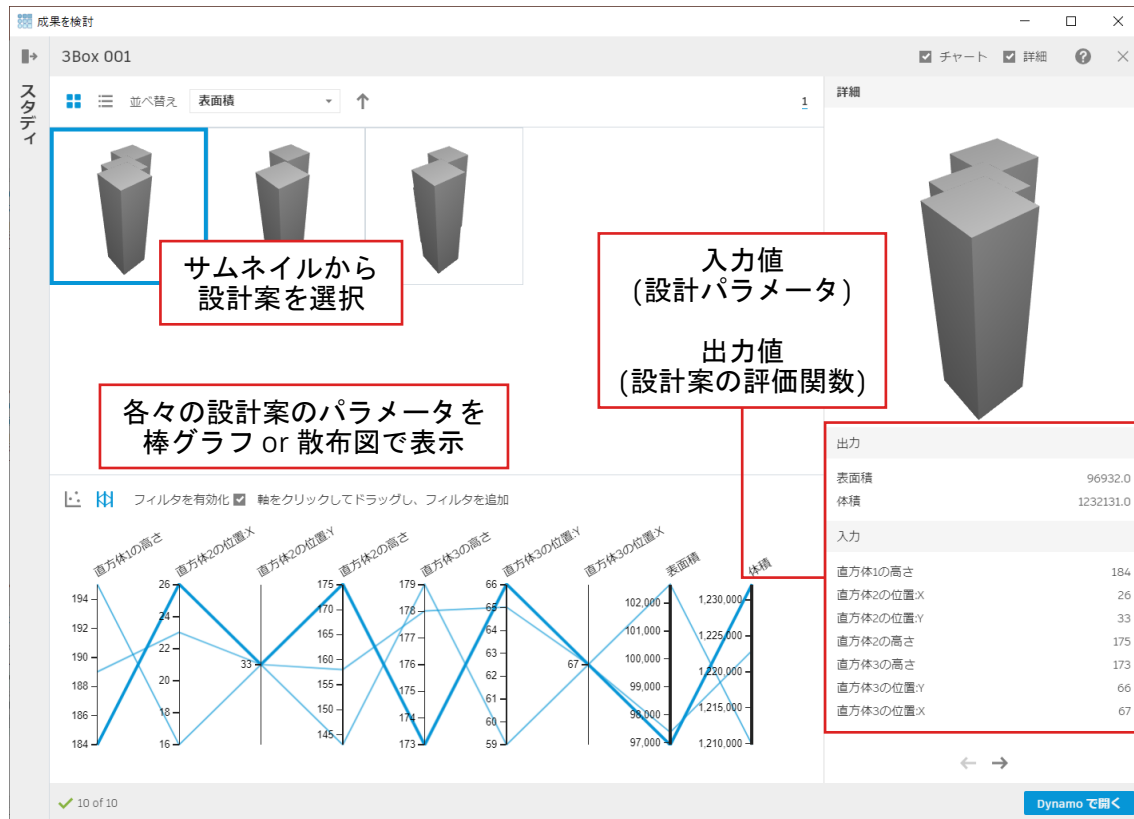
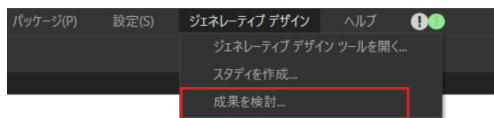
詳しくは下記ヘルプを参照：

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/JPN/?guid=GUID-39BD4EA7-9B3B-4FC4-B548-50C8593CD0E1>

[ビデオ: Generative Design スタディを作成する](#)

Generative Design in Revit の流れ

4. 成果を検討



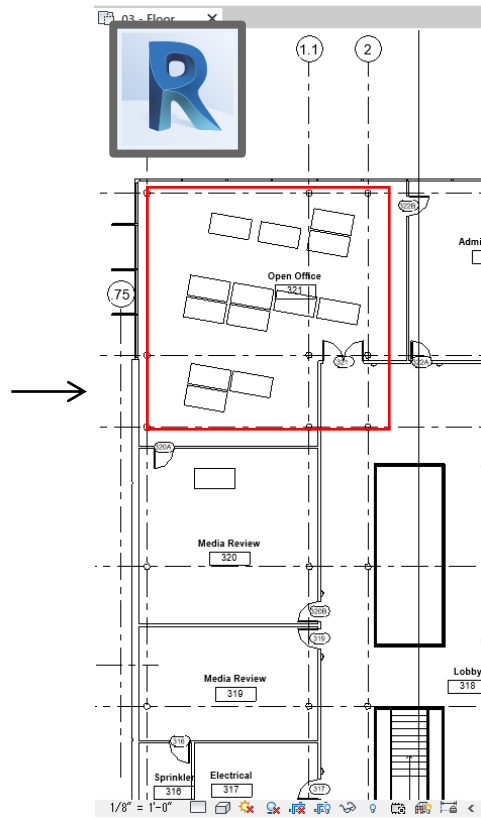
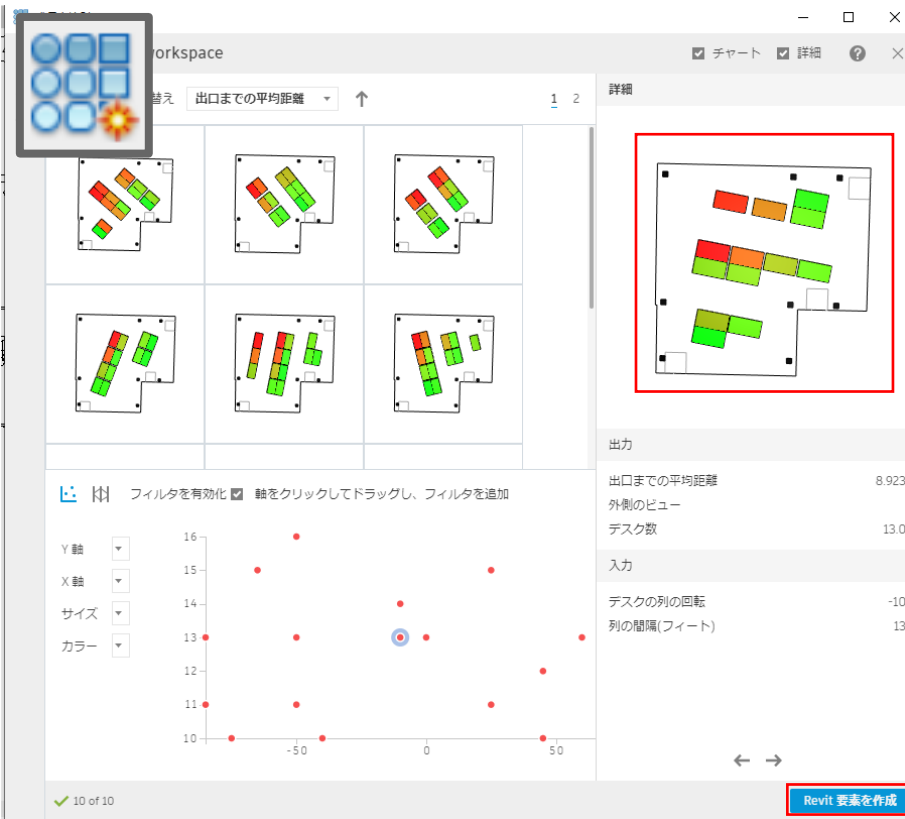
[ビデオ: Generative Design
スタディの結果を検討する](#)

Generative Design in Revit の流れ

5. Revit 要素を作成 – Revit のリボンから「成果を検討」を実行した場合



Revit モデルに
直接反映される



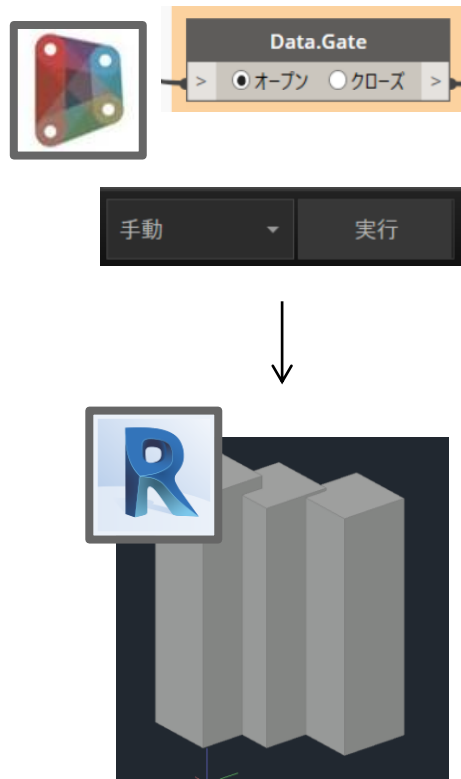
Generative Design in Revit の流れ

5. Revit 要素を作成 – Dynamo のタブから「成果を検討」を実行した場合



Dynamo で開く

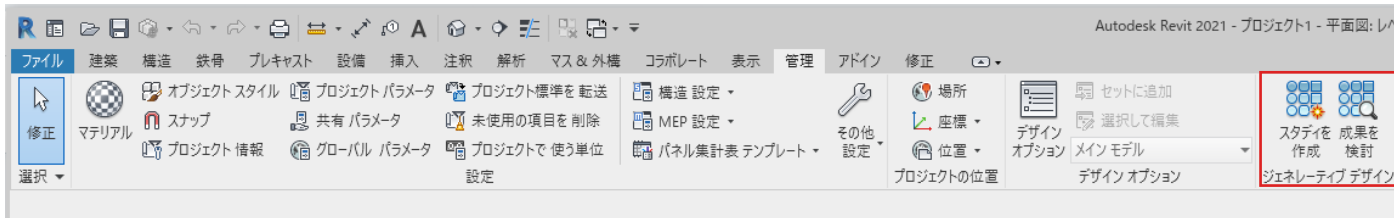
入力値が
セットされた
Dynamo が
開くので、
Data.Gate を
[オープン] に
して実行



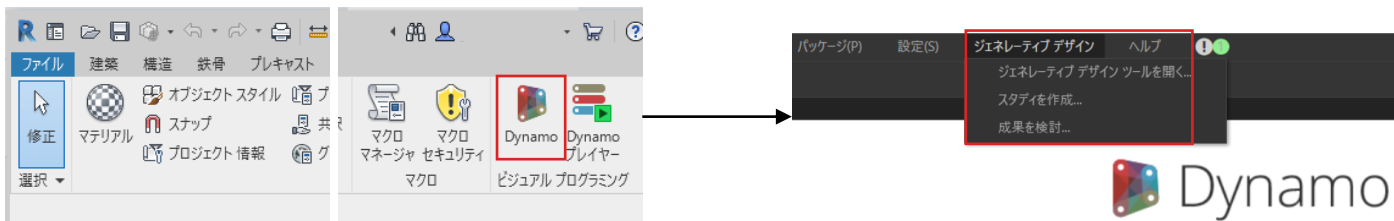
起動時の注意

- AEC Collection のサブスクリプション契約がある場合、Generative Design リボンからアクセス可能
- そうでない場合は Dynamo からアクセス

AECC の
Subscription
契約がある場合



AECC の
Subscription
契約がない場合



インストール時の注意

- Revit と同時にインストールされ、Revit と同時に（または Autodesk Account から）アップデート可能

The screenshot displays the Autodesk Account dashboard. On the left is a dark sidebar with navigation links: Home, Products and Services (with a dropdown arrow), Reporting (with a dropdown arrow), and Privacy/Cookies at the bottom. The main content area shows a list of software products. Each entry includes a product icon, a name, a list of supported versions, and a 'View downloads' button. The products listed are InfraWorks, Navisworks Manage, ReCap Pro, Revit, and Revit - Generative Design. The 'Revit - Generative Design' entry is highlighted with a red rectangular box. The user's profile picture and a help icon are visible in the top right corner.

Product	Versions	Action
InfraWorks	2021, 2020, 2019, 2018, 2017	View downloads
Navisworks Manage	2021, 2020, 2019, 2018	View downloads
ReCap Pro	2021, 2020, 2019, 2018	View downloads
Revit	2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2015	View downloads
Revit - Generative Design	2021	View downloads

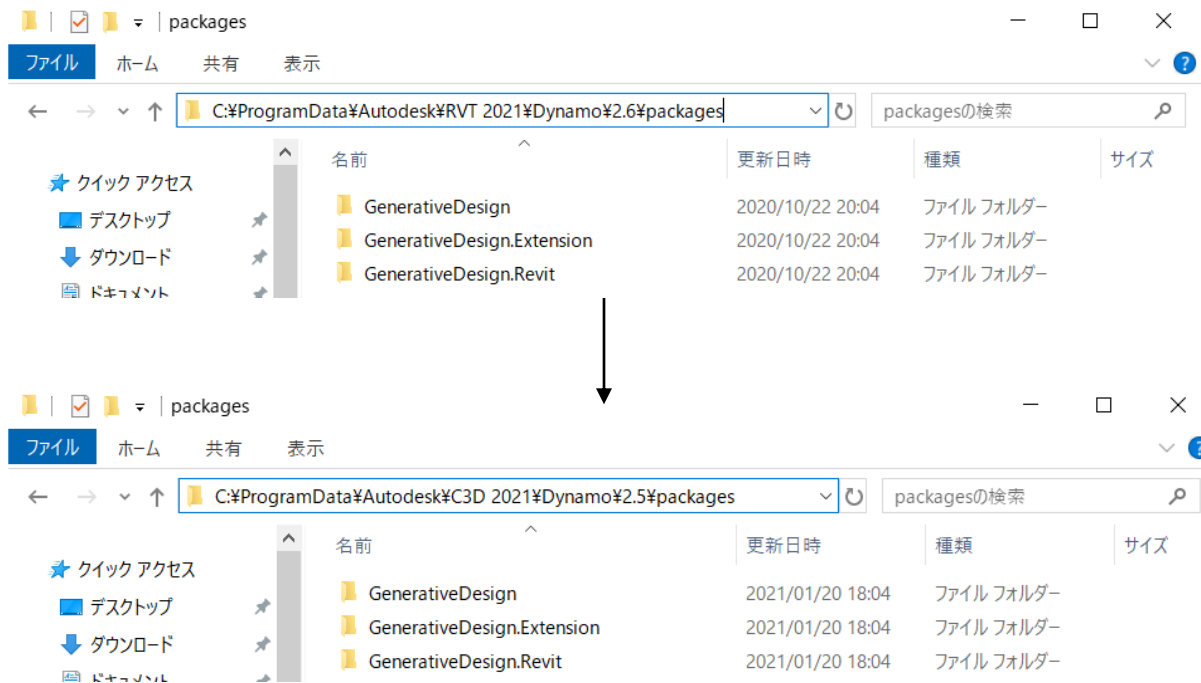
**実は Revit 以外でも使える
Generative Design
(e.g. Civil 3D)**

Generative Design を Civil 3D で使う裏技

- 今回は、Generative Design のパッケージを Revit 側から Civil 3D 側に移管することで、Civil 3D 上で Generative Design を実行する方法を紹介します。
この方法は現在、オートデスクが公式にサポートするものではありません。
- また、将来的には Generative Design を Civil 3D 上で実行できるようにする、というロードマップも出されていますが、**これは将来のサービス提供を約束または保証することを意図するものではありません。**
- 参考となるロードマップは下記
<https://www.autodesk.com/autodesk-university/ja/class/Generative-Design-Revit-2020>

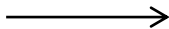
Generative Design を Civil 3D で使う裏技

(1) Generative Design パッケージを Revit から Civil 3D へ

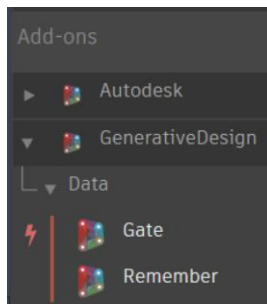


Generative Design を Civil 3D で使う裏技

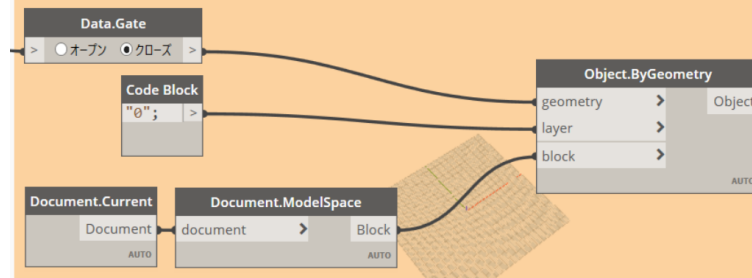
(2) Dynamo for Civil 3D を開くと、Generative Design が選択できる



Data.Remember や
Data.Gate も使用可能
(ACAD, Civil 3D の
オブジェクトに対して)



[Data.Gate]ノードの値を[オープン]にして実行することで、
AutoCAD要素を作成



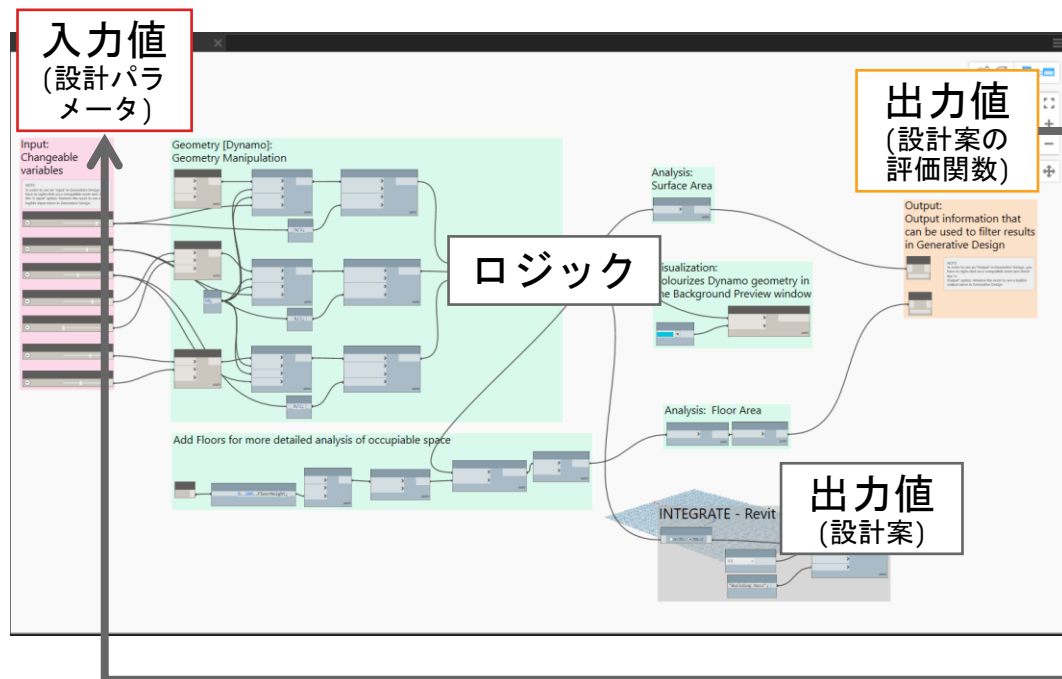
サンプル紹介の前に —
Generative Design が
適用できるケース

Generative Design が適用できるケース

Generative Design in Revit = Dynamo の出力値を調節するエンジン

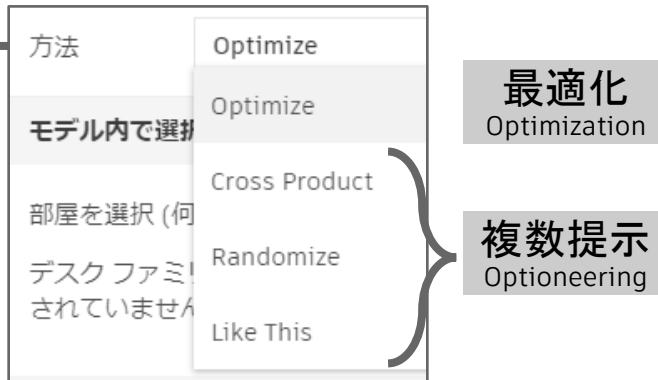


Dynamo : ロジックを定義



Generative Design in Revit

: 出力値を基に、
入力値を調節



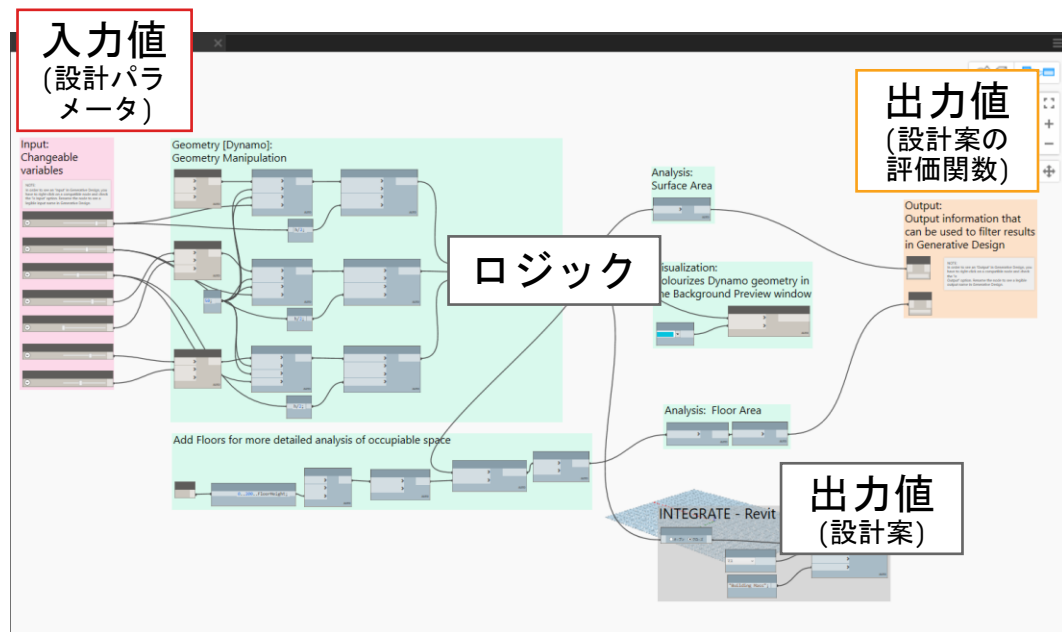
この計算を繰り返し行う

Generative Design が適用できるケース

なので、Dynamo のロジックがきちんと組める必要がある



Dynamo : ロジックを定義



入力値 (設計パラメータ)
が準備できるか？

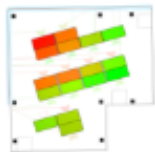
出力値 (設計案の評価関数)
が定量化できるか？

入力値と出力値を繋ぐ
ロジックが定義できるか？

Generative Design が適用できるケース

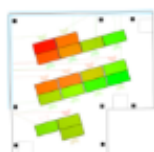
Automation, Optioneering, Optimization の違い

Automation Dynamo で十分



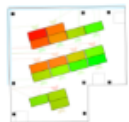
ex.) 1000mm*2000mm の机
を(x, y) から θ 度傾けて
順番に並べよう！

Optioneering GD の「最適化」以外が使える



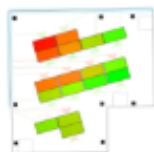
ex.) 色んな机のサイズを
色んな場所から色んな角度で
順番に並べよう！

“Single-objective” Optimization GD の「最適化」が使える → 人間の出る幕なし？



ex.) 机が最も多く入るように
順番に並べよう！

“Multi-objective” Optimization GD の「最適化」が使える → 人間が複数案から絞り込む



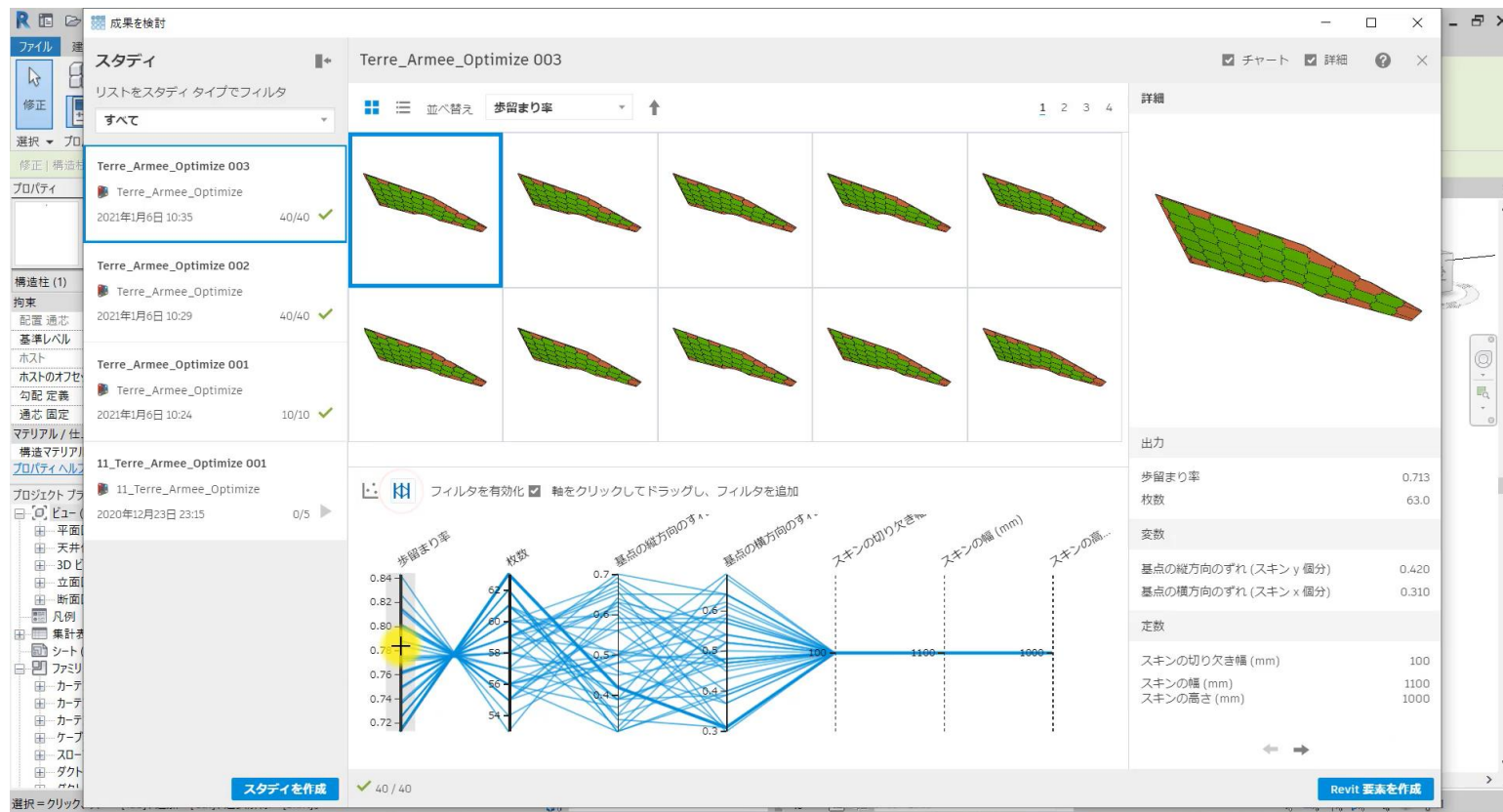
ex.) 机が最も多く入り、
離隔を最も長く取るように
順番に並べよう！
* 個数と離隔はトレードオフ



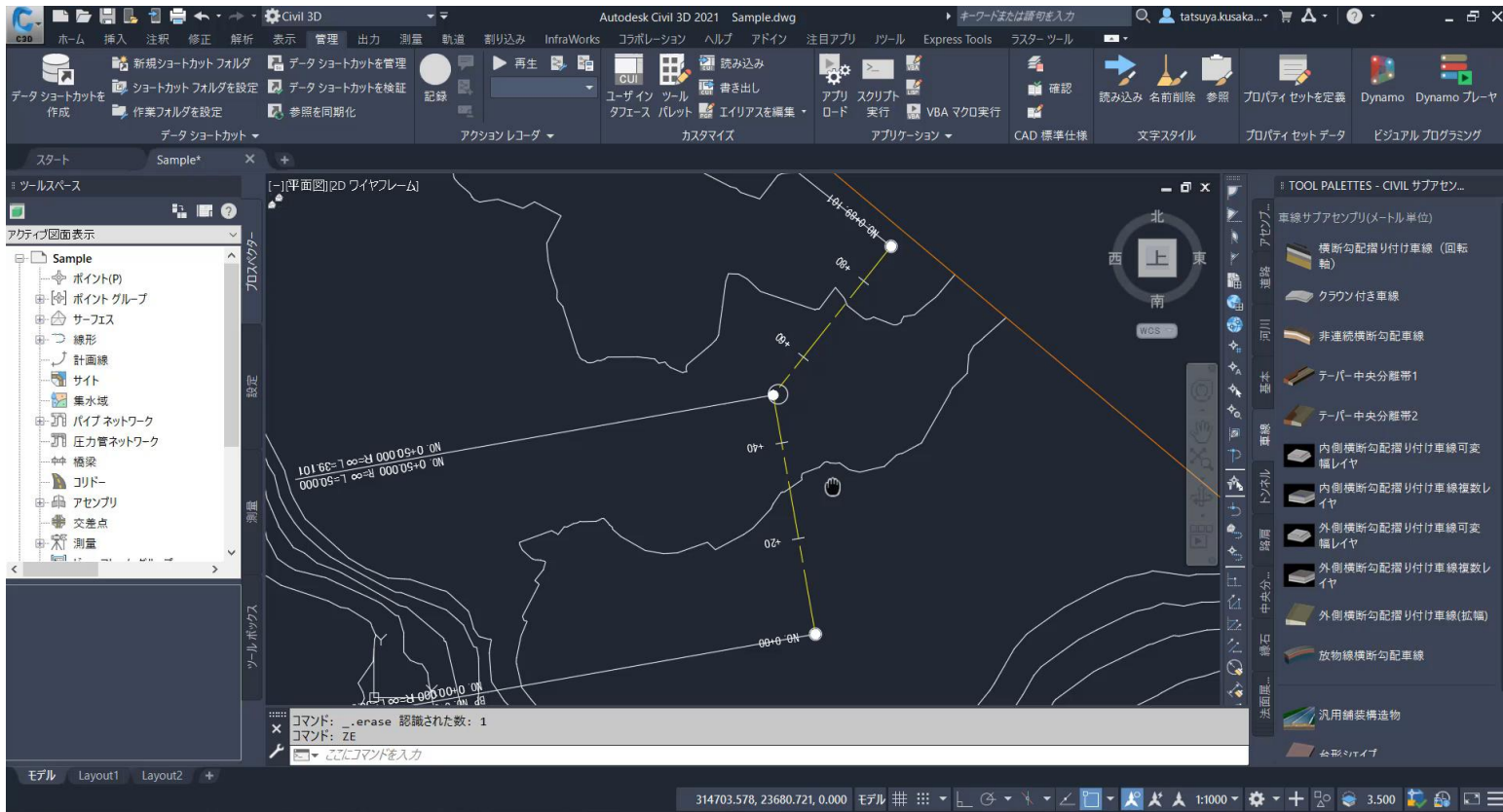
Generative Design

サンプル紹介



テールアルメの最適割付



管割の最適化



砂防堰堤の最適配置

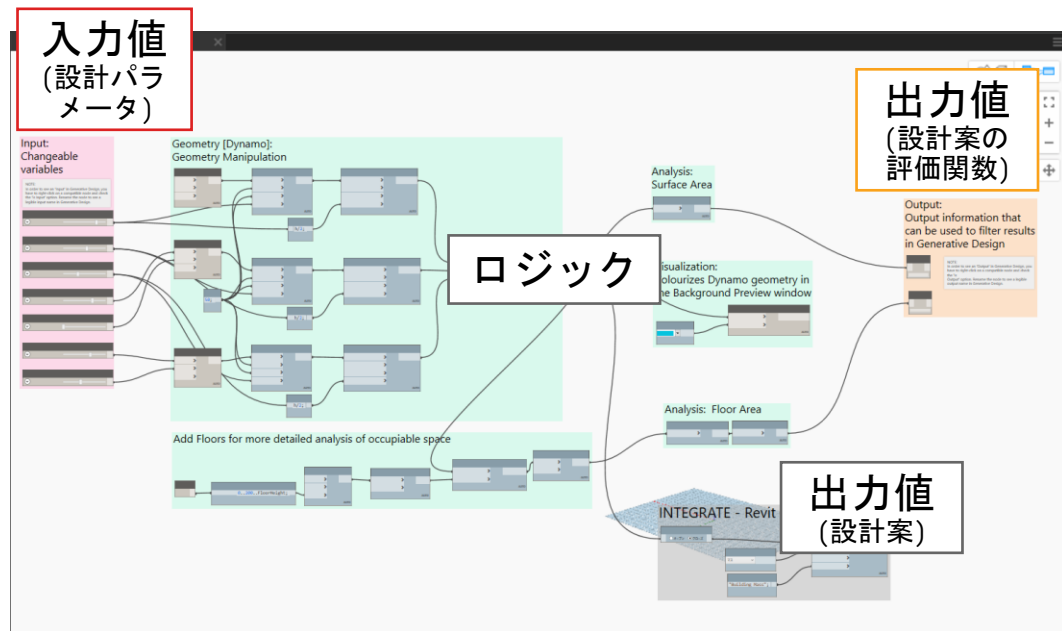
設計資料提供・ 監修 協力	アサヒコンサルタント 株式会社	
監修 協力	株式会社キタック	

砂防堰堤の最適配置 – ロジックの整理

Generative Design を実施するには、Dynamo のロジックがきちんと組める必要がある



Dynamo : ロジックを定義



入力値 (設計パラメータ)
が準備できるか？

出力値 (設計案の評価関数)
が定量化できるか？

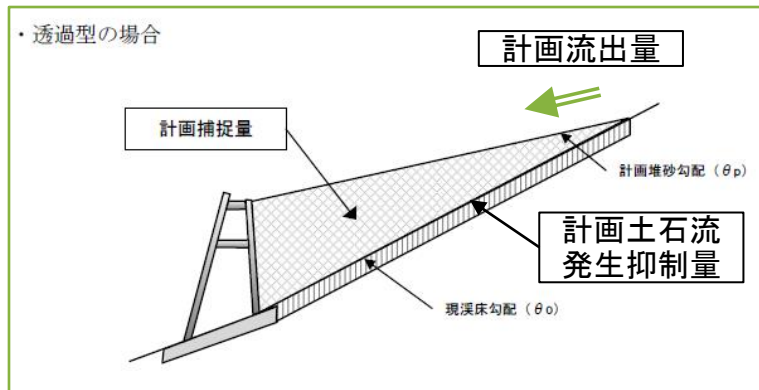
入力値と出力値を繋ぐ
ロジックが定義できるか？

砂防堰堤の最適配置 – ロジックの整理

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn/tnn0904pdf/ks0904.pdf>

実設計のフローを参考に、
最適化の範囲を決定 →

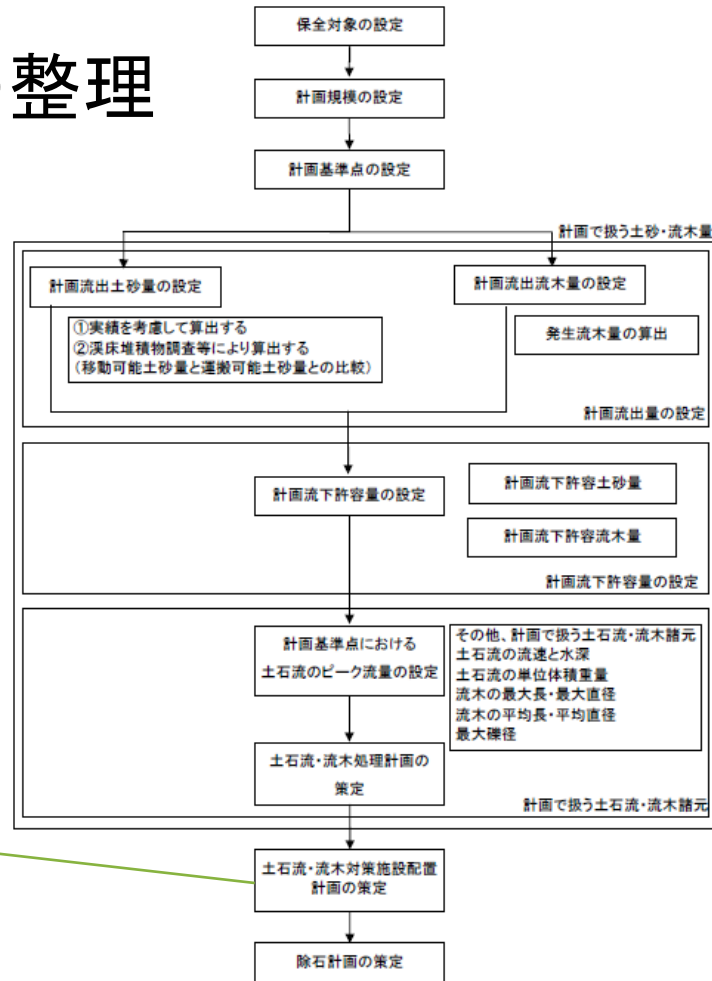
Dynamo 上にロジックを整理できるか検討



「流出量 < 捕捉量 + 抑制量」を担保する
計画基準点を見つける

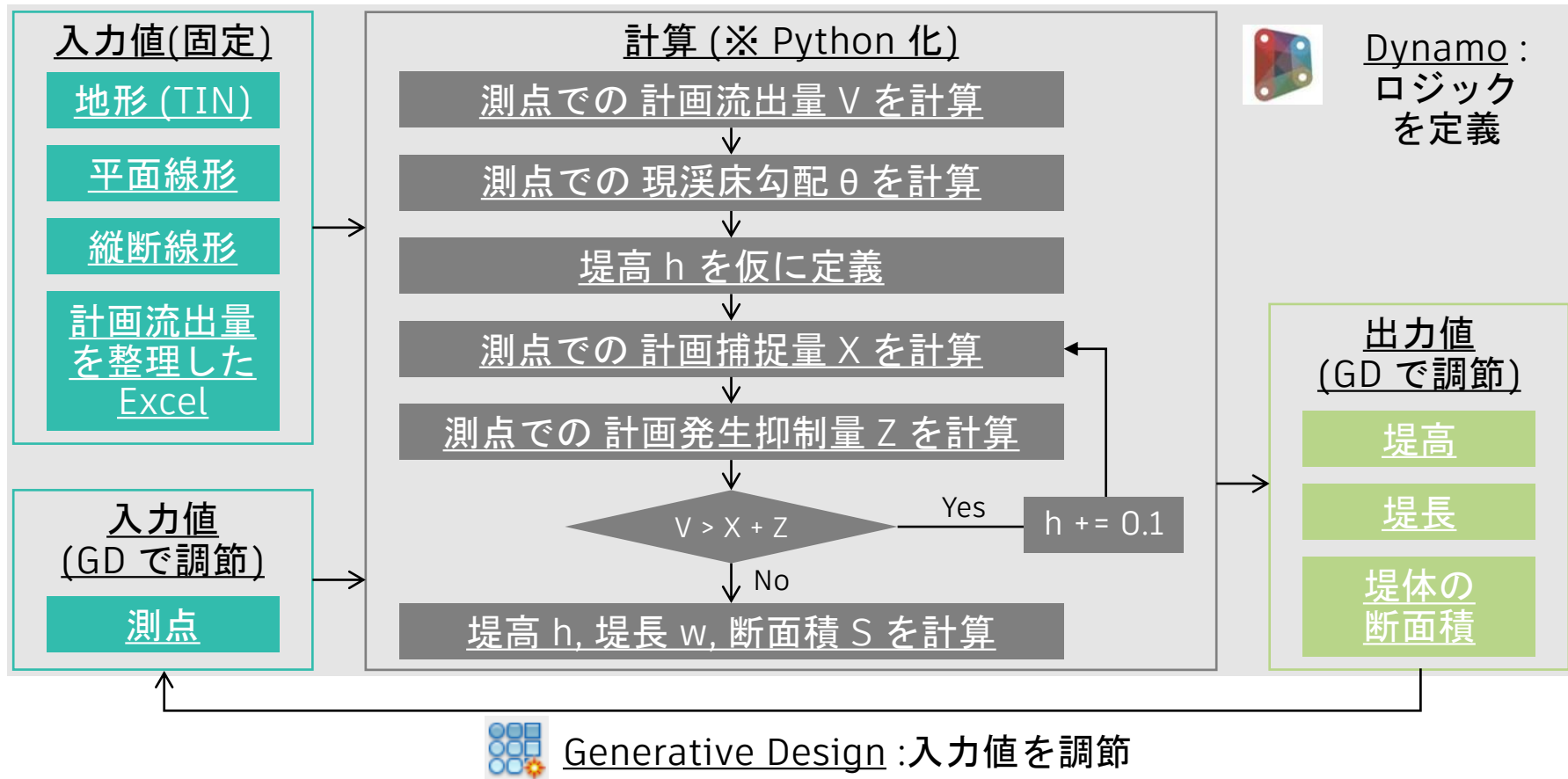
溪流調査
から算出

原則 0



図ー1 土石流・流木対策計画および土石流・流木施設配置計画、除石計画の策定の
流れ

砂防堰堤の最適配置 – ロジックの整理



ここで...ご協力いただいたお客様からの声



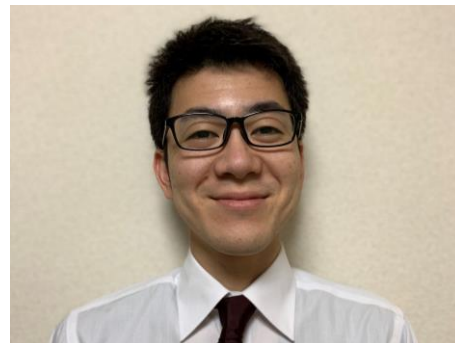
回答者：鈴木 健雄
Takeo Suzuki

アサヒコンサルタント
株式会社
設計部 部長



回答者：近藤 安晶
Yasuaki Kondo

アサヒコンサルタント
株式会社
設計部 課長補佐



質問者：日下部 達哉
Tatsuya Kusakabe

オートデスク株式会社
技術営業本部
テクニカルスペシャリスト

ここで...ご協力いただいたお客様からの声



回答者：鈴木 健雄

Takeo Suzuki

アサヒコンサルタント

株式会社

設計部 部長

1. なぜ、砂防堰堤の配置検討には時間がかかるのか？

- 堰堤の配置位置を変えれば、
流れてくる土砂量（流出土砂量）も変わるし、
必要な堰堤の高さ（水通し天端標高）も変わる
- そのような、流出土砂量の計算と水通し天端の計算を
色々な地点で行うので、時間がかかる
- 一基ではなく複数基の堰堤を配置すると、
計算に必要な時間が更に増える
- 用地制約がある場合、検討する回数が更に増える

ここで...ご協力いただいたお客様からの声



回答者：鈴木 健雄

Takeo Suzuki

アサヒコンサルタント

株式会社

設計部 部長

2. Generative Design により、1. の課題はどう解決できそうか？

- 比較位置を選定した根拠（エビデンス）を明確にできる
 - 3 案の中から設計案を比較する際に、
「どうしてその 3 案に絞ったのか」を、
Generative Design の提案結果から定量的に説明できる
 - 従来は、技術者の経験や知識、勘に左右されていた
- 経験の少ない若手設計者の育成を効率化できる
 - 経験が物を言う世界で、ごく短時間で多くの配置パターンを体験できる
 - ただし、Generative Design 頼みの技術者が量産されてしまうリスクもある

ここで...ご協力いただいたお客様からの声



回答者：近藤 安晶

Yasuaki Kondo

アサヒコンサルタント

株式会社

設計部 課長補佐

2. Generative Design により、1. の課題はどう解決できそうか？

- 経験を積んだ設計者にも新たな知見を授ける
 - 3 案の中から設計案を比較する際に、その中間に配置したらどうか、までは検討していない
 - ごく短時間で多くの配置パターンを体験できることで、今まで見逃していた傾向を発見できる可能性がある

ここで...ご協力いただいたお客様からの声



回答者：鈴木 健雄
Takeo Suzuki

アサヒコンサルタント
株式会社
設計部 部長

3. Generative Design の今後の発展性に関してはどう思うか？

【技術そのものの発展性】

- 掘削影響の範囲を自動でモデリングする、
3D 地層モデルと重ねて地質リスクを定量化する、
初期コストや施工性も定量的な指標に落とし込む
- 機械学習により、流域全体で各指標を定量化 & 視覚化
→ 設計の完全自動化に繋げる
- 3 案比較でなく、視覚的なデータ分析から配置位置を選定する

【技術の使い方としての発展性】

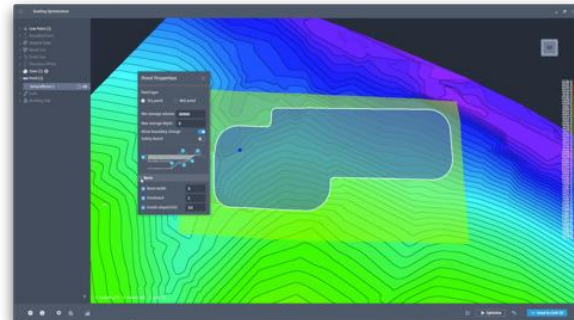
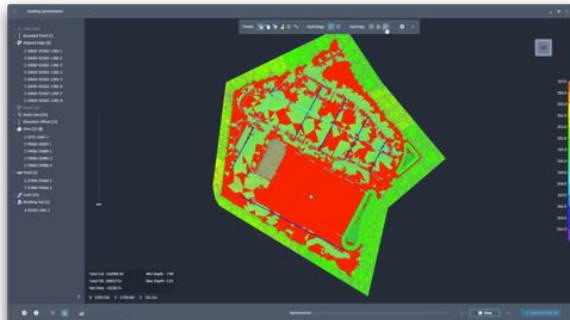
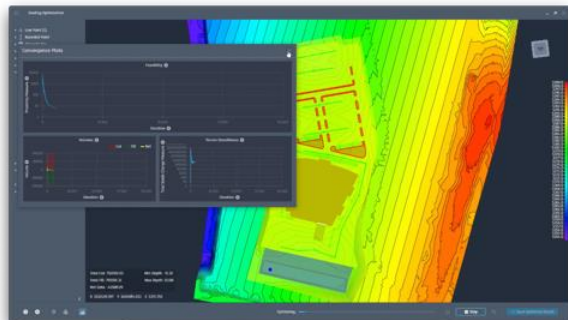
- 実務経験に大きく左右されない計画立案や提案が可能になり、
技術品質の確保や底上げにつながる
- 早期の技術者育成が可能になる（社内コンペの実施など）

Grading Optimization とは

Grading Optimization for Civil 3D

Civil 3D 2022 の新機能

- Civil 3D 上でグレーディングを最適化するツール
- 目的値との乖離を、遺伝的アルゴリズムで 0 に収束させながら、地形を編集
- 拘束（Constraints）と目的（Objectives）は下記の通り
 - 拘束：標高、最大勾配、最小排水勾配、グレーディング範囲など
（この拘束を満たしているか、リアルタイムに監視）
 - 目的：地形サーフェースのスムージング、切盛土のバランス、土工作業の最小化



Grading Optimization for Civil 3D vs Generative Design in Revit

GO は地形の最適化に特化、GD はより汎用的

Grading Optimization for Civil 3D

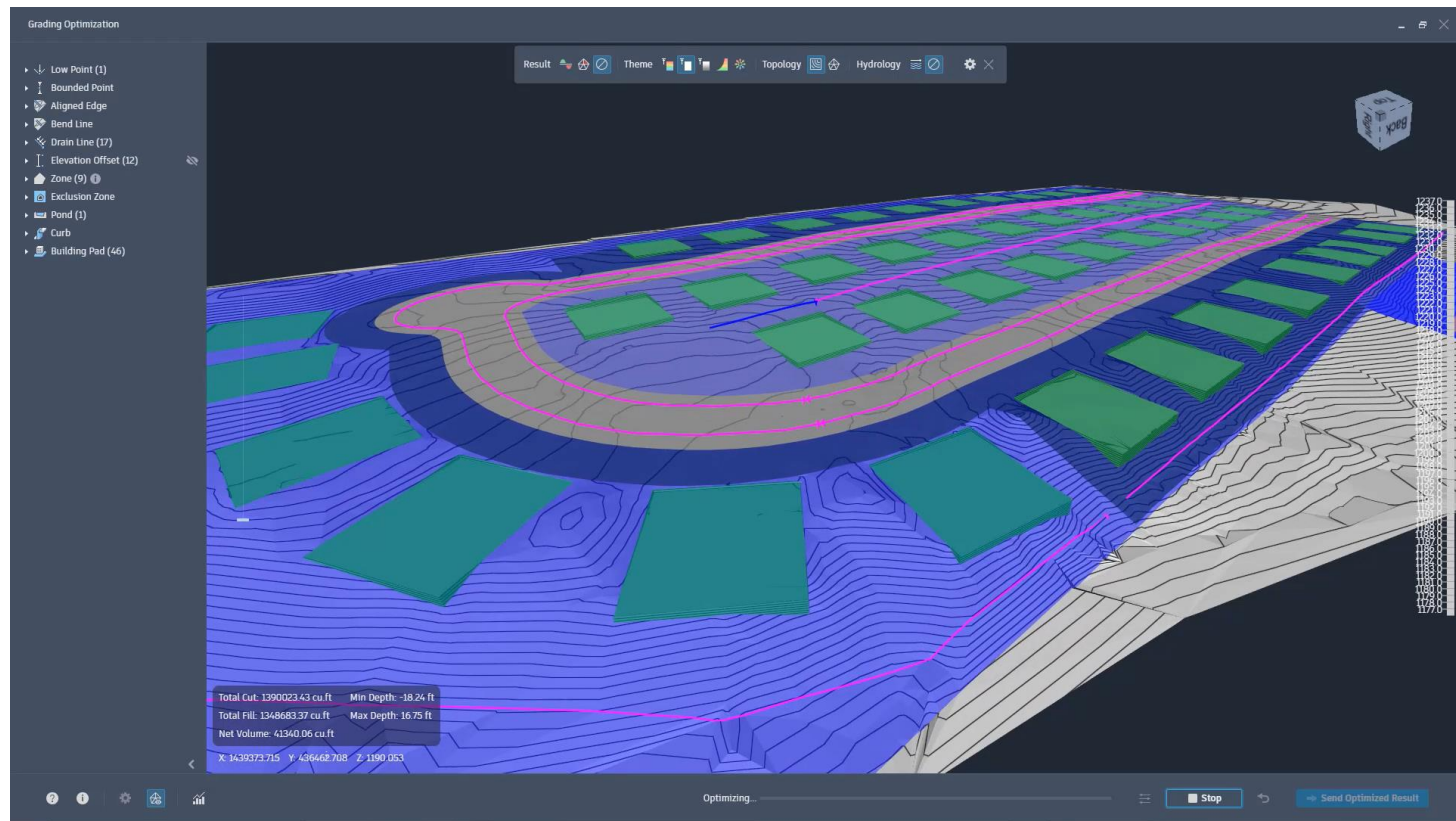
- 入力値：Civil 3D の地形のみ
- ロジック：予め定義済み
- 目的変数：3 つのみ、これらを重み付け
 - 地形をなるべくスムーズに
 - 切盛土量をなるべく等しく
 - 土工の作業量をなるべく少なく
- 拘束条件：項目は予め定義済み
 - 標高、最大勾配、最小排水勾配、グレーディング範囲...
- 結果：一つに収束

Generative Design in Revit

- 入力値：数値、ブール値、Civil 3D や Revit に配置された各要素
- ロジック：自分で定義
- 目的変数：数値なら何でも
- 拘束条件：数値なら何でも
- 結果：複数案を生成






Grading Optimization for Civil 3D

Civil 3D 2022 の新機能



インストール時の注意

- AEC Collection のサブスクリプション契約、または EBA 契約が必要
- Autodesk Account から、Civil 3D と別個にインストール、またはアップデートが必要

>		AutoCAD Mechanical バージョン: 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017	ダウンロードを表示
>		AutoCAD Plant 3D バージョン: 2022, 2021, 2020, 2019, 2018	ダウンロードを表示
>		AutoCAD Raster Design バージョン: 2022, 2021, 2020, 2019, 2018	ダウンロードを表示
>		Civil 3D バージョン: 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017	ダウンロードを表示
>		Civil 3D - Grading Optimization バージョン: 2022	ダウンロードを表示

学習リソース

学習リソース – Generative Design

- Generative Design Primer (<https://www.generativedesign.org/>)
 - Generative Design とは、Generative Design の詳しいロジック、サンプルなどがまとまっている
- Revit Help (<https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/JPN/?guid=GUID-492527AD-AAB9-4BAA-82AE-9B95B6C3E5FE>)
 - Revit における Generative Design の使い方がまとまった資料
- 今日から使う建築・建設向けジェネレーティブデザイン (<https://www.youtube.com/watch?v=fKxX18zsSJA>)
 - Revit における Generative Design の使い方がまとまったセミナー
- 砂防堰堤の配置検討 サンプルとチュートリアルテキスト (<http://bim-design.com/infra/training/dynamo.html>)

学習リソース – Grading Optimization

- Grading Optimization Help
(https://help.autodesk.com/view/C3DGO/JPN/?guid=C3DGO_Help_grading_optimization_workflow_overview_html)
 - Grading Optimization の使い方がまとまった資料
- Grading Optimization サンプルとチュートリアルテキスト
(<http://bim-design.com/infra/training/civil3d.html>)



AUTODESK UNIVERSITY

Autodesk およびオートデスクのロゴは、米国およびその他の国々における Autodesk, Inc. およびその子会社または関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。

© 2021 Autodesk. All rights reserved.