

[CES500202]

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
オートデスク株式会社

学習の目的

- Generative Design とは何か？ Dynamo とどう違うのか？ を理解する
- 土木設計で Generative Design をどう活用できそうか？ を把握する
- Revit (や Civil 3D) の中で、どう操作すれば Generative Design が使えるか？ を理解する
- Grading Optimization とは何か？ を理解する

説明

このクラスで説明する内容は、「学習の目的」に記載の通りです。

注意: このクラスでご紹介する操作方法の一部は、オートデスクが公式にサポートしているものではありません。使用の際は自己責任でお願いいたします。

スピーカーについて

技術営業として、主に土木系の顧客（建設コンサルタント、ゼネコン）に対し、BIM/CIM ソフトウェアやビジュアルプログラミングツール "Dynamo" を使った業務効率化の提案に従事。学生時代は土木工学を専攻し、学士で交通計画、修士でコンクリート材料を研究。修了後はメーカーのインハウスエンジニアとして、プラント設備の建設プロジェクトマネジメント、保全計画に従事。この頃から、IT 技術を活用した建設業界の生産性向上に興味を持ち始める。Web 開発のエンジニアの経験を経てから、オートデスク株式会社に入社。現在に至る。

Generative Design 概要

Generative Design とは

Generative Design とは、「設計者とコンピューターの共同設計プロセス」を指します。コンピューターが設計案を大量に「生成」し、その生成された設計案を「分析」して「序列化(ランク付け)」したあとに、コンピューターが設計案を「進化」させる、という画期的な設計手法です。

しかし、全てをコンピューターが行ってくれるわけではありません。人間が行うことは大きく分けて二つあります。一つは、コンピューターが設計案を「生成 → 分析 → 序列化 → 進化」させるための下準備です。もう一つは、最終的な設計案の決定です。

最初に、一つ目に関して説明します。コンピューターが設計案を生成させ進化させるためには、何かしらのルール設定が必要です。まず、どういう設計案が「生成」されるかを定義する設計パラメータと、実際に設計案を「生成」するためのロジックが必要です。次に、設計案を「分析 → 序列化」するための評価指標と、制約条件が必要です。特に評価指標は、コンピューターが理解できるような定量的なものである必要があります。

続いて、二つ目に関して説明します。コンピューターに最適な設計案を提示させようと思った場合、複数の評価指標があると、最適解が一つに定まらない場合があります。これを「パレート最適解」と言います。詳しくは下記のリンクが勉強になります。

<https://www.idaj.co.jp/blog/solution/optimization/basic-caio-181128>

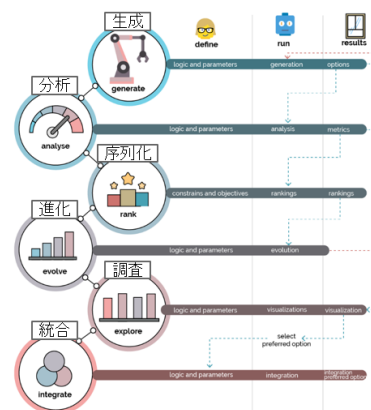
このような場合、コンピューターは、この評価指標を重視するなら設計案 A、別の評価指標を重視するなら設計案 B、両者のバランスを取るなら設計案 C、…というところまで絞り込みをしてくれます。ただ、複数の評価指標の中でどれを重視するか、はコンピューターでは決められず、プロジェクトの中で設計者の判断が必要になる部分です。

このように、設計者とコンピューターが協力することで、より大量の設計案から、より革新的な設計案を、より短時間に設計案を導くことができる、と期待されているのが Generative Design です。

ジェネレーティブデザインとは

「設計者とコンピューターの共同設計プロセス」

- コンピューターがすること
 - 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)



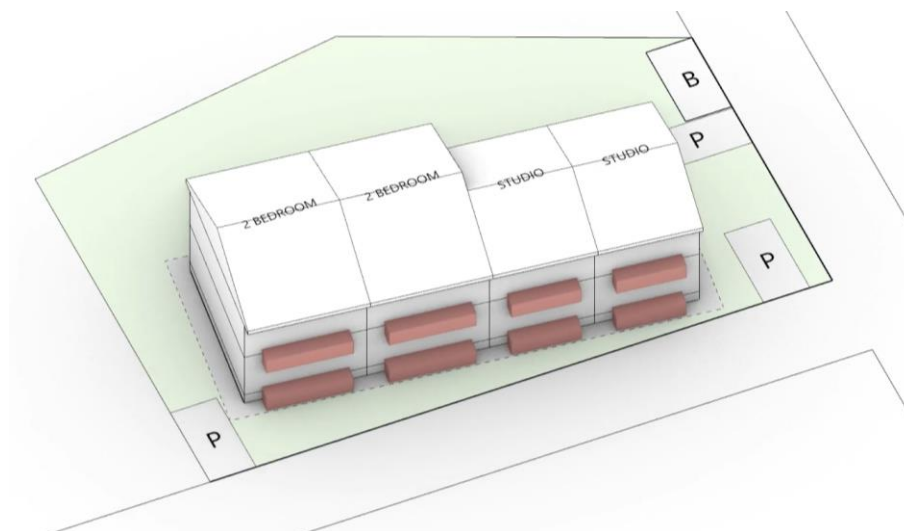
出典: [what goes into a Generative Design Process?](#)

Generative Design 活用事例

このクラスでは、二つの Generative Design 活用事例 をご紹介しています。

一つ目が、大和ハウス様の事例です。集合住宅の計画に Generative Design を適用しています。集合住宅の設計では、住民の居住性と所有者の収益性を、敷地制約がある中で両立させなければなりません。そこで Generative Design が着目されました。例えば、営業チームが Generative Design を実装したツールを活用すれば、すぐに顧客に設計プランを提案できるようになり、設計者が設計案を作るリードタイムを削減できます。また、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ます。こちらの事例は、下記のリンクから詳しく確認できます。

<https://redshift.autodesk.co.jp/daiwa-house-generative-design/>



二つ目が、MaRS プロジェクトです。オートデスクのトロントオフィスのレイアウトデザインで、Generative Design を適用しています。ここでは、6 つの評価指標（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）を満たす設計案を構築しています。

このプロジェクトで重要なポイントが二つあります。一つは、定性的に思える評価指標もきちんと定量化している、ということです。例えば「偶然の交流」は、「社員の動線が共有スペースの脇を通過する回数」として定量化されています。また「ワークスタイル」は、「チームの求める音や光の環境と、オフィスがチームの職場空間に提供する音や光の環境との差分」として定量化されています。

もう一つは、評価指標がトレードオフになる場合がある、ということです。今回の場合、社員の移動距離を減らすと、社員が共有スペースを通過する回数（＝偶然の交流の生まれやすさ）も減ってしまいます。移動距離と偶然の交流のどちらを重視するか、これは人間が決定する必要があります。

こちらの事例は、英語になりますが、下記のリンクから詳しく確認できます。

<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Hands-Project-Rediscover-Generatively-Designing-Autodesk-Toronto-Office-2020>

Generative Design in Revit 概要

Generative Design in Revit とは

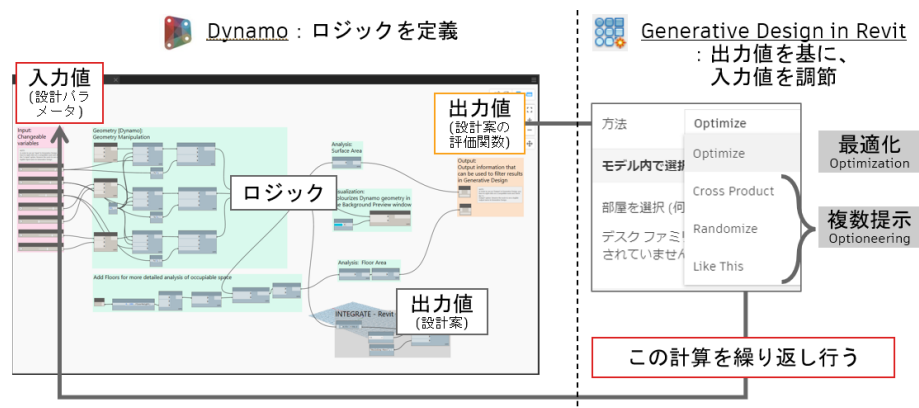
Generative Design 概要で紹介したような機能は、以前は Refinery というベータ版として、Revit 上で使える形で公開されていました。Revit 2021 からは正式に、Generative Design in Revit という形で、Revit 上で Generative Design が使えるようになっています。

Generative Design in Revit の実行ファイルは、Dynamo のパッケージという形式で提供されています。つまり、Generative Design in Revit は常に Dynamo と組み合わせて使用する必要があります。両者の関係は下記のスライドの通りで、入力値(設計パラメータ) → 計算 → 出力値(設計案そのもの、設計案の評価指標)を結ぶロジックは、全て Dynamo 側で定義をする必要があります。

Generative Design in Revit は、Dynamo を繰り返し実行する中で、よりよい出力値(設計案の評価指標)を出す入力値(設計パラメータ)を絞り込んでいく、という部分を担当します。

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



Generative Design in Revit の操作手順

この資料では、詳しい操作手順は説明しません。操作手順を一から学ぶことの出来る、学習リソースをまとめておきます。

今日から使う建築・建設向けジェネレーティブデザイン(オートデスク主催のセミナー)

<https://www.youtube.com/watch?v=fKxX18zsSJA>

Revit 公式ヘルプ

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/JPN/?guid=GUID-492527AD-AAB9-4BAA-82AE-9B95B6C3E5FE>

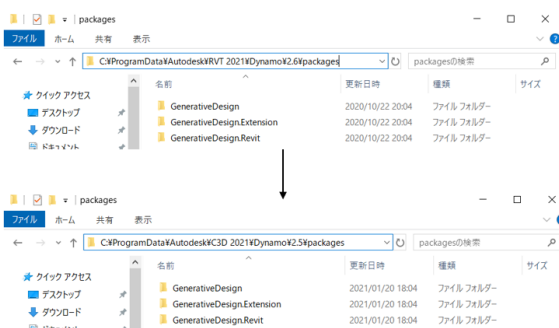
Revit 以外でも使える Generative Design

注意: 以下でご紹介する操作方法は、Generative Design in Revit のパッケージを Dynamo for Civil 3D に移管して使用するものです。これは、オートデスクが公式にサポートしているものではありませんので、使用の際は自己責任でお願いいたします。

Generative Design in Revit の機能は、Dynamo for Revit のパッケージとして提供されています。ですので、その中身を Dynamo for Civil 3D のフォルダに移管することで、Civil 3D 上でも Generative Design が実行できるようになります。

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

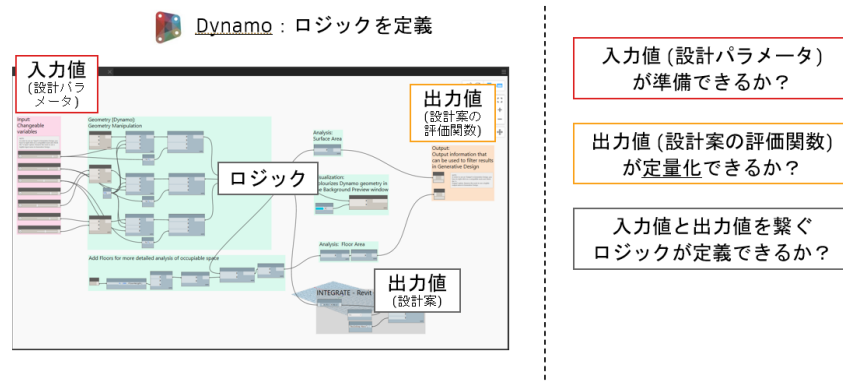


事例紹介の前に—どういう場面で Generative Design が使えるか？

Generative Design は、最適な設計案を自動的に提示してくれる魔法のような手法と思われるがちですが、適用には制限があります。「Generative Design in Revit とは」で説明したとおり、入力 → 計算 → 出力 の部分は Dynamo でロジックが作成できる必要があります。

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



また、行おうとしている自動化が実は Dynamo だけで十分である、という可能性も考えられます。例えば、机を部屋の中に並べる、という場合を考えてみます。このとき、

Automation ... 入力値を一意に決めて、配置を自動化する
(e.g. この寸法の机を、この位置から、この角度で、この間隔で並べる)

Optioneering ... 入力値を変えながら、様々な配置案を出力する
(e.g. 色々な寸法の机を、色々な位置から、色々な角度で、色々な間隔で並べる)

Single-Objective Optimization ... 入力値を変えながら、一つの指標に対して最適な配置案を出力する
(e.g. 机がなるべく多く配置できるように、机の寸法、角度、間隔などを調節する)

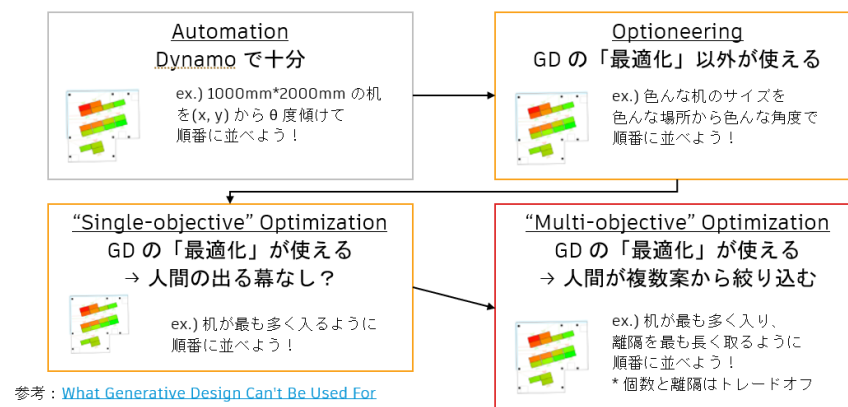
Multi-Objective Optimization ... 入力値を変えながら、複数の指標に対して最適な配置案を出力する
(e.g. 机がなるべく多く、かつ間隔をなるべく空けて配置できるように、机の寸法、角度、間隔などを調節する)

のように、4 つのパターンが考えられます。Automation の例に関しては、Dynamo の実行を繰り返し行う必要はないので、Generative Design は適用せず、Dynamo だけで事足ります。それ以外は Generative Design の出番ですが、もっとも効果を発揮するのが Multi-Objective Optimization の問題です。

この場合、Generative Design のエンジンが「この評価指標を重視するなら設計案 A」「別の評価指標を重視するなら設計案 B」「両者のバランスを取るなら設計案 C」というところまで絞り込みをしてくれ、それらの評価指標の中でどれを重視するか(あるいは中間を取るか)を設計者が判断することになります。まさに「設計者とコンピュータの共同設計プロセス」が実現できている例である、ということがお分かり頂けるかと思います。

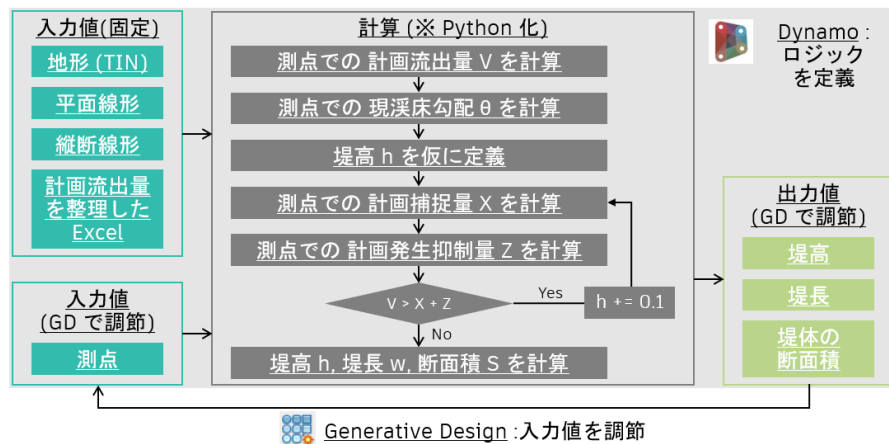
Generative Design が適用できるケース

Automation, Optioneering, Optimization の違い



参考: [What Generative Design Can't Be Used For](#)

砂防堰堤の最適配置 – ロジックの整理



このような工夫もあり、設計者の方からも「Generative Design は使えそうだな」とのお声を頂くことができました。従来は、設計者の勘や経験で、堰堤の配置箇所として三箇所に当たりをつけ、そこから設計案の比較検討を行っていました。その「三箇所に当たりをつける」という部分で、定量的な根拠が示せるようになるのが、設計者として魅力的なようです。また、経験の少ない若手設計者でも短時間で幅広い設計パターンを体験できるので、若手の教育にも効果がありそうだな、とのことでした。

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