

建築設計における Generative Design の適用について

ソリューション事業統括 ソリューション第一本部

肖 力三

1. はじめに

BIM モデリングシステムの出現により、大きくアップデートされた設計のための作図ツールは、設計者を反復的な作図作業から解放し、よりクリエイティブな活動に専念できるようにサポートしてきた。

Generative Design は、そのコンピューテショナルデザインツールの一員であり、設計者の“作図道具”としてではなく、クリエイティブな思考をサポートするツールである。

本稿は、Generative Design とは「何か」から、建築設計における Generative Design の活用例について述べる。

2. Generative Design とは

ジェネレーティブデザインは、複雑なデザイン問題に対して、迅速に探索し、最適化し、情報に基づいた設計決定を行う能力を提供する実務的なツール

Autodesk University のテキストでは、Generative Design(略称:GD)を上の様に総括的に記している。従来の典範となる設計プロセスの、設計条件の分析から設計案の考案に至る様な順序とは違い、GD は結果から設計を駆動することが特徴とされる。設計者がパラメトリックな設計指標を定義し、コンピュータによる遺伝的アルゴリズムでソリューションを進化させ、

人とコンピュータの連携により、最終的に合理的(最適化)かつ審美性(ビジュアライズ)の高い設計に導いていく。

GD のプロセス(図 1)を説明する。(1)～(6)のステップを示しているが、最適な結果に進化するために、反復のフロー(赤い点線)が発生する。

(1) 生成

Dynamo に代表されるような開発環境を利用したビジュアルプログラミングにより設計モデルを生成するステップを指す。設計条件から設計モデルを生成するロジックを用意して、設計モデルの結果に影響する入力パラメータを設定する。例えば窓の設計の場合、窓の幅、サッシの回転角度などを数値化してパラメータとする。GD では、パラメータに範囲付けをし、最終的にはその範囲内でより良いバランスのパラメータを算出し、設計モデルを生成する。

(2) 解析

生成した設計モデルに対して、設計者が指定した様々な指標を算出する。指標とは、設計が満たすべき様々な数値化の目標を指す。例えば、空間条件、材料、製造方法、コスト等の制約が挙げられる。その指標は目的関数とも呼ばれる。

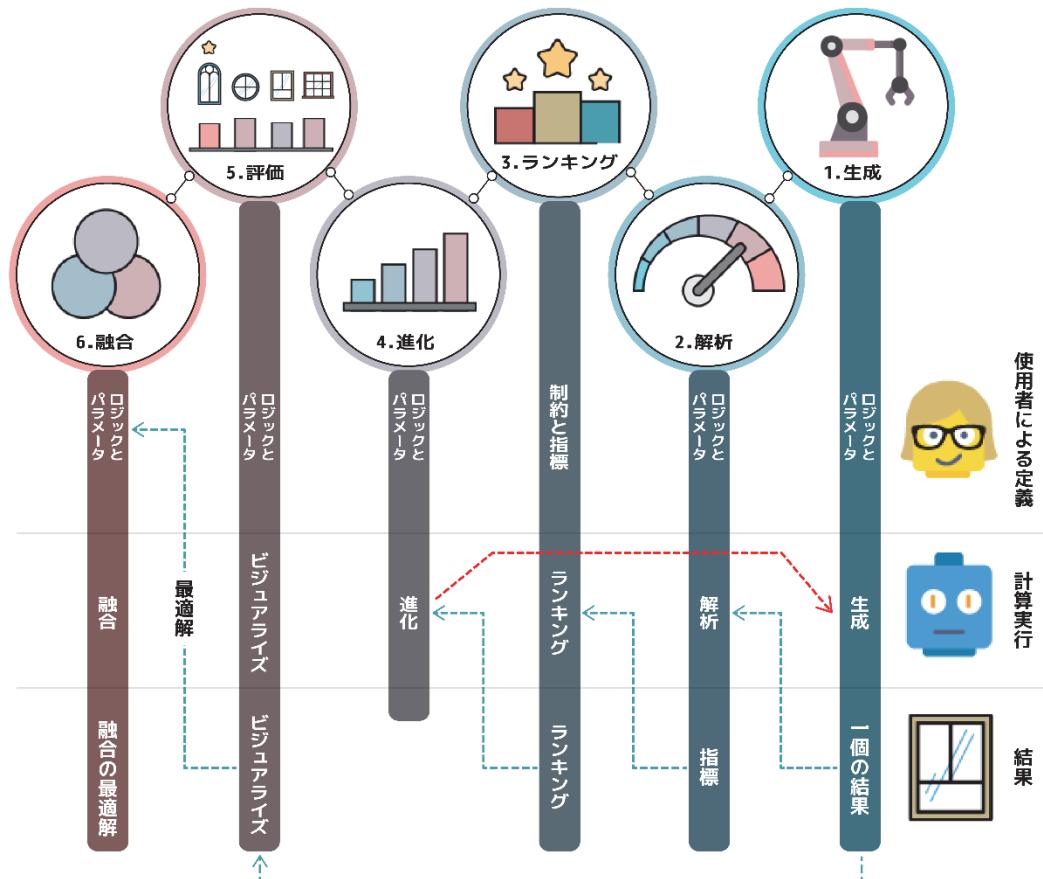


図 1 GDのプロセス

(3) ランキング

設計者が決めたルールで、様々なパラメータで生成された設計モデルをもとに算出した解析結果をランキングする。ルールは一般的に、目的関数の数値範囲や値の最大化・最小化が挙げられる。

(4) 進化

このステップが GD の要となる。前のステップ、ランキングの結果を“遺伝的アルゴリズム”で分析し、設計案をどの方向に進化させるのかを決定する。方向性によって新しい入力パラメータが決められ、新しい設計モデルを生成し、反

復させる。GD では、進化の回数をジェネレーション数で設定することになっている。

(5) 評価

(4)までは GD の内部処理を指している。操作上では、設計者は入力パラメータ、設計モデルロジック、制約条件を用意し、GD プログラムを実行する。実行後、ユーザーインターフェースで反復の中で進化した、いくつかの設計モデルをビジュアライズする。設計者はこのステップで設計目標を満たす最適な設計案を視覚的に選ぶことができる。

(6) 融合

最適な設計案の入力パラメータで設計モデルを再生成し、最適な設計モデルとなる。

3. 建築設計の段階別 GD の活用

建築設計領域の様々な場面で GD の活躍が期待できる。この章では GD の事例を押さえながら、建築設計の段階ごとに GD の使用傾向を分析する。



図 2 The Living によるマス分析プロジェクト

3. 1 企画設計

企画設計段階では、例として、ショッピングモールや集合住宅のボリューム・配置検討の場面で、日影・気候・騒音・景観・容積・積算など様々な大量かつ複雑なパラメータを GD の評価関数として生成すると、短時間に大量な最適案が期待できると同時に、複合的な計算により設計初期条件の問題点を早期に発見することができる。この段階の設計目標は複雑に見えるが、基本的に自然環境に関する要素または法律で定められたルールである。さらに、企画設計段階が設計者として最も制限なく自由に本領発揮できる段階でもある。GD を活用することで、複雑な計算から解放され、最適化結果の中から設計者が意図した最適案を効率的に見つけることができる。

「Generative Design Primer」で紹介された The

Living 事務所によるマス分析プロジェクトを一例として挙げる(図 2)。集合住宅の企画設計段階の実践例である。評価指標は以下となる。

- ① ソーラーパネル性能
- ② 空間の多様性
- ③ コスト
- ④ 利益
- ⑤ 景観目標
- ⑥ バックヤードの面積

カーボンニュートラル目標(①、⑤)と経済性目標(②、③、④、⑥)の様な矛盾する目標があり、GDS ツールで目標トレードオフする事で早期に様々な設計オプションによる検討が実現できた。

ここで注目したいのが設計オプションのビジュализーションである。図 3 はデザインオプションの一例で、右下にライダー図で設計目標が表示され、中央には各設計目標を確認できる着色のデザインモデルが表示されている。これにより、評価結果を数値だけではなく、視覚的に総合的な判断のもと最適案を選ぶことができる。

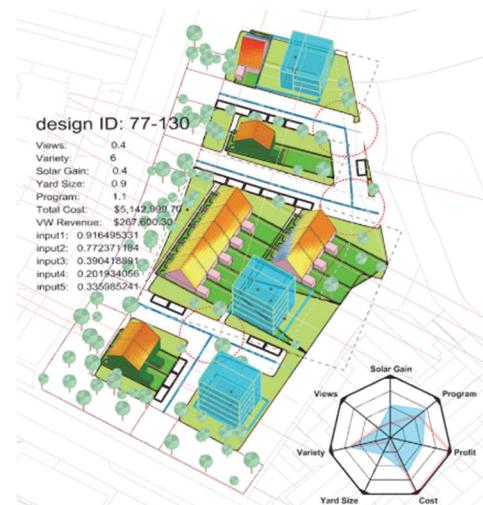


図 3 デザインオプション

3.2 基本設計

基本設計段階では、部屋割りレイアウト計画、駐車場のプランニング、動線分析、建築設備の最適化等の実践例が挙げられる。この段階も GD が活躍するシーンが多い。企画設計段階と異なり、この段階の評価関数は人的な考えが多く、人的な考えを数値化することが重要である。

「Generative Design Primer」で紹介された The Living 事務所によるオフィスレイアウト自動化設計プロジェクトを例として挙げる。

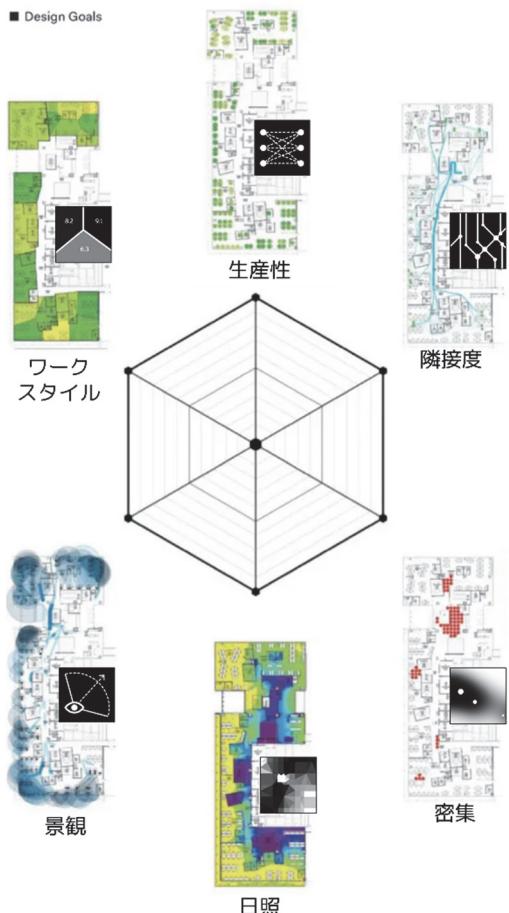


図 4 設計目標

GENERAL STATS		WORKSPACE TYPE	
Positions	Count %	CURRENT	Count %
Manager	0 74%	Desk Type	9 8%
Team Lead	1 2%	Private Office	9 8%
Seniority			
<1 YEAR	Very Satisfied	Count %	
1-2 YEARS	Satisfied	10 27%	
3-4 YEARS	Neutral		
5-10 YEARS	Dissatisfied		
10+ YEARS	Very Dissatisfied		
ATTEND			
Presence			
0 Day/wk	Very Satisfied	Count %	
1 Day/wk	Satisfied	15 41%	
2 Day/wk	Neutral	6 16%	
3 Day/wk	Dissatisfied	4 11%	
4 Day/wk	Very Dissatisfied	1 3%	
5 Day/wk			
PRIDE			
RESPONSE			
Very Satisfied	Count %		
Satisfied	5 14%		
Neutral	8 22%		
Dissatisfied	15 41%		
More Dissatisfied			
PRODUCTIVITY			
OVERALL			
RESPONSE	Count %		
Very Satisfied	9 24%		
Satisfied	15 41%		
Neutral	6 16%		
Dissatisfied	4 11%		
Very Dissatisfied	1 3%		
PRIVACY			
RESPONSE			
Very Satisfied	Count %		
Satisfied	5 14%		
Neutral	8 22%		
Dissatisfied	15 41%		
More Dissatisfied			
AMBIENT			
RESPONSE			
Unimportant	Count %		
Important	9 24%		
Very Important	23 62%		
VISUAL DISTRACTION			
RESPONSE			
Unimportant	Count %		
Important	4 11%		
Very Important	12 32%		
RESPONSE			
Never	Count %		
Rarely	11 30%		
Sometimes	10 27%		
Often	11 30%		
Always	2 5%		
More Dissatisfied	n/a		

図 5 アンケート

当案件のハイライトは制約条件と目標の設定。フロア面積、柱の位置(グリッド)、従業員の数、日照率、会議室の数等は容易に考えられる目標だが、ほかに二つの追加目標が付けられた。

スペースの隣接の好みとワークスタイルの好み、この二つは明確に数値化しにくい目標と思われるが、プロジェクトチームは使用者がオフィス空間での様々な経験をアンケートで取り、それを情報に結合し、数値化できる明確な目標にした。

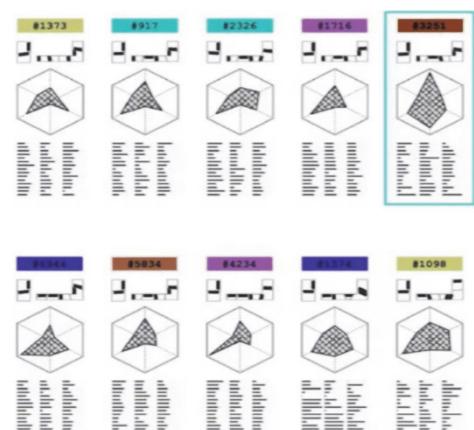


図 6 10 個の案

最終的に The Living は 10,000 もあるオプションの中で 10 個の案をステークホルダーに提示した。各デザインオプションは、最適化された目的関数で評価されているため、案の選別段階の比較では明確な数值で良し悪しが判断できた。

基本設計段階ではもう一点注目したいのが設計オプションを対話式に進化させることである。GD の実行によって、必ずしも最適案を出せるとは限らない為、適切な箇所で設計者の意識を入れ進化の方向性を適宜、調整する必要がある。

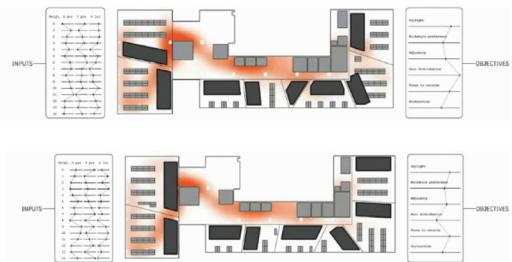


図 7 オフィス共有スペースの最大化 GD

3.3 実施設計

実施設計段階では、実施図面を効率的・正確に作成するかが主な問題になる。この段階では、GD の活躍場面が少なくなり、実施図面チェックの自動化AI、BIM 作図システムの活用などがデジタル効率化の例として挙げられる。

3.4 施工計画

厳密に分類すると、施工計画は建設分野のプロセスだが、GD が活躍できるシーンも存在する。例えば、施工仮設計画の最適化、タワークレーンの設置計画が挙げられる。

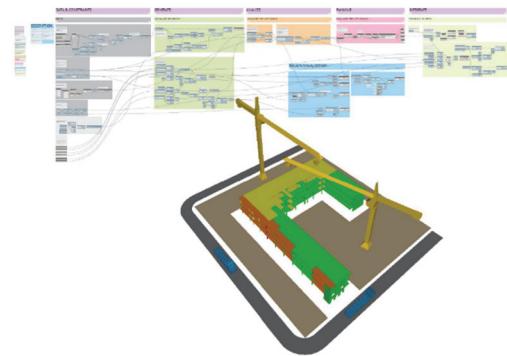


図 8 タワークレーンポジション GD

4. GD の課題と解決策

4.1 処理速度の課題

一般的に、設計者が使用するコンピュータは、CAD ソフト等の推奨スペックで選定されることが多い。一般的な PC スペックの場合、シンプル・軽量な GD であれば短時間で最適解が提示されるが、複雑なデザインや最適目標が多重化した場合、かなりの時間（場合によれば半日以上）を必要とするケースがある。

GD アルゴリズムの共通する特性として、同一アルゴリズムを幾度も計算する特性があり、それにより最適に近似する解に導く。つまり理論上は、並行に計算をする量が多ければ多いほど、早く最適解に近づける。

この特性から、処理速度の課題を解決する為の手法として分散コンピューティングという技術がある。ローカル PC 一台では限界があるが、複数台での並行処理で時間短縮を期待できる。オフィス内ではスペース上の難点が多いかもしれないが、クラウドコンピューティングが普及された今では、クラウド上で GD を実装し高速で並行計算を行うことが期待できる。

4. 2 パラメータ設定

3章でも言及したが、一度の GD 実行で条件が全て揃い、期待する結果が得られるとは限らない。また、時には良い結果が得られたと分かった時点で GD プロセスの中断条件を設ける、もしくは長いロジックの中に新しい入力条件を差し込むというような、設計者と“対話”ができる機能が求められる。しかし、このような機能を現在の Dynamo で実現する場合、高度な GD の設定経験と Dynamo でのビジュアルプログラミングのスキルが求められる。この問題点は技術上の属人化をもたらし易く、技術の普及の妨げになる事も考えられる。

GD は本来、Dynamo のサブプロジェクトとして、Dynamo で構成されたロジックを遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) で最適解を見つけ出すという目的で作られた。現在では Autodesk 社の Revit に組み込まれており、Autodesk 社の様々なデザインソフトと連携ができる。汎用性に優れている反面、上述のように“対話式”なデザインプロセスに満足できない事がある。そのような対応が必要な場合は、適切な遺伝的アルゴリズムを使用したカスタマイズ開発が改善策の一つだと考える。

＜参考文献＞

- 1) 「From Design Automation to Generative Design in AEC」(<https://www.autodesk.com/autodesk-university/ja/node/110236>)
- 2) 「Generative Design Primer」(<https://www.generativeDesign.org>)
- 3) 「What's NEXT: Reprogramming Practice」,『Architect』, 2018 年 1 月号, p.106～p.119