

Generative Design を用いた道路線形計画の自動化

松江工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○山崎 勝太郎
 松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠, 広瀬 望
 (株) ワールド測量設計 非会員 高橋 宏道, 糸賀 俊輝

1. はじめに

建設業では、深刻な人材不足や就業者の高齢化に直面し、新たな技術活用による生産性向上が課題となっている。このような背景の中、建設業の継続的な成長のため、BIM/CIM や i-Construction と呼ばれる ICT などのデジタル技術を活用し、建設業の成長を支える仕組みの構築が進められている。建設業は、経験工学と言われているが、DX を実現するためには、技術者の経験や知識、技術に頼っていた作業をデジタル化により、効率化できる可能性を検討することが重要である。

そこで本研究では、道路設計における DX の可能性を検討する目的で、3次元地形を考慮しながら平面線形、縦断線形、横断勾配を同時に検討しながら複数の案を効率的に提案することを試みる。道路設計は、対象地域の各種条件に従い、道路構造令に基づいた平面線形、縦横断の計画を行うものである。ここでは、Generative Design²⁾を活用して設計条件を入力することにより、適切な設計を自立的に実施する可能性を検討する。

2. Generative Design の概要

Generative Design は、設計者が適切な条件を設定することで、コンピュータが自動的に各種条件の範囲内で、目的とする条件を満たすように計算を繰返し行い、複数の設計案の生成を短時間で行う。Generative Design の流れと各段階の設計者とコンピュータの関係を図 1 に示す。本研究では、Civil3D から Generative Design³⁾を用い道路構造令に基づく 3次元の道路線形を自立的に設計するシステムの構築を試みる。

3. 道路線形計画の条件とシステムの概要

道路区分を第3種、設計速度 40km/h とし、道路平面線形計画の条件を図 2 に示す。地形サーフェス、コントロールポイント、BP、EP を設定し、IP、曲線半径 R、クロソイドパラメータ A、PVI、縦断曲線半径を Generative Design により変化させる。

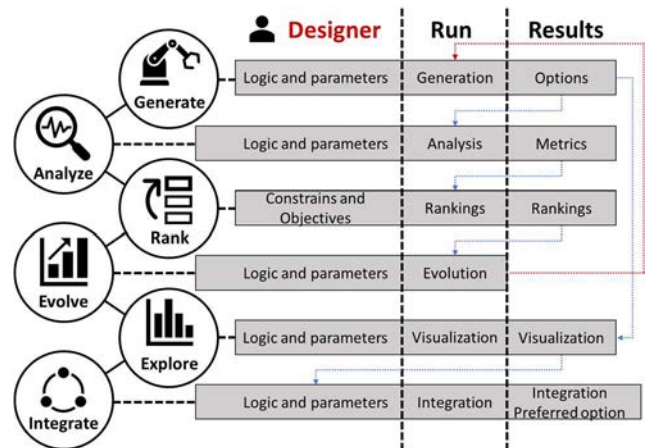


図 1 Generative Design 概要

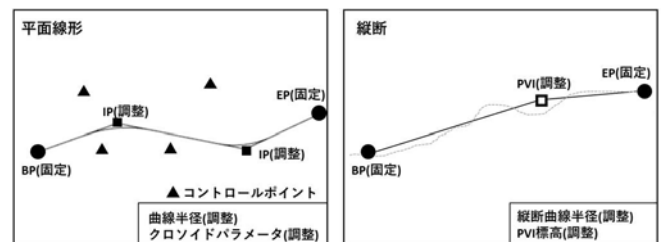


図 2 線形計画の条件

円曲線は単曲線のみ、緩和区間はクロソイド基本形の対称型のみとする。Civil3D 上の各ポイントの座標を入力値（固定）として Dynamo 内に取得し、Generative Design で変化させる入力値（調整）として IP 点の座標、曲線半径、クロソイドパラメータなどを設定する。最適化する出力値を決め、入力値を変化させながら各種条件を満たす設計案を自動生成する部分を Generative Design によって行う。このシステムでは、地形サーフェス、BP、EP、コントロールポイントを入力値として設定すると、平面線形、縦断線形、横断勾配、道路線形、コリドーがモデルとして出力し、それらの各種パラメータが値として出力される。Generative Design によって、最適化された複数の出力値（提案）の中から人間がより優れた提案を選出する。本研究で作成したシステムの流れを図 3 に示す。

キーワード 道路線形, Generative Design, BIM/CIM

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 TEL 0852-36-5268

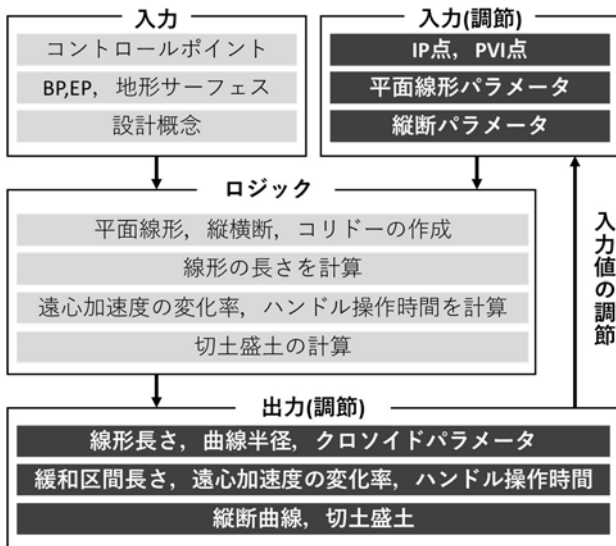


図3 システムの流れ

4. Generative Design の結果と課題

Generative Design の条件として、緩和区間を考慮した線形の長さを最小化し、遠心加速度の変化率の範囲を指定した。また、ハンドル操作時間は指定範囲の中で最大化させることを目的とし、切土と盛土の土量と同じになるように設計を行った。図3の流れに従って Generative Design により地形の3次元を考慮した道路線形の提案結果を図4に示す。Generative Design では、入力値を変化させ膨大な組合せの中から最適解を導き出すことができることを確認した。しかしながら、現状では Generative Design の中で切土盛土の出力に至らず、想定した条件での最適な複数の道路線形の提案はできなかった。図4に示した土量は、Generative Design によって得られた値を Dynamo に反映させ計算したもので

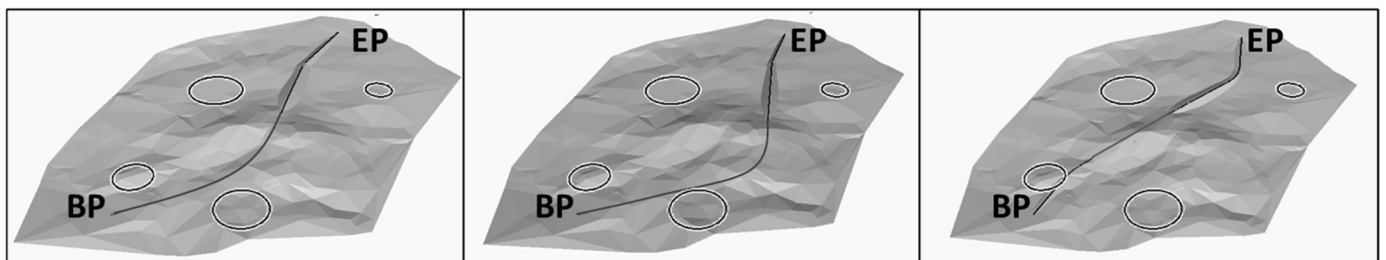
ある。本システムでは、Dynamo のスイープ機能を用い、コリドーを作りソリッドの体積より土量を計算したが、平面線形と縦断線形、横断勾配の組み合わせによって、スイープ機能が動作しないことが分かった。したがって、Generative Design によって平面線形と縦断を変化させ最適解を導き出す途中にスイープ機能が動作させるとエラーにより土量が出力されなかったと考えられる。今後、スイープ機能ではない土量の計算をロジックに定義することによって、3次元での Generative Design を目指す。また、コントロールポイント（障害物）に接触させないように道路線形を調整するロジックを定義することが必要である。

5. 今後の展望

本研究では、3次元地形モデルを用い、道路設計に必要な各種パラメータを設定、変更すると3次元の道路線形やコリドーが自動的に複数作成する設計手法を試み、Generative Design により実現の可能性を示した。課題はまだあるが、ロジックの定義を再度検討し、設計の自動化による土木設計における建設 DX の実現の可能性を探求したい。

参考文献

- 1) 道路構造令の解説と運用, 公益社団法人, 日本道路協会, p341, p.345, p.384, 2021.
- 2) Generative Design Primer, <https://www.generativedesign.org/>
- 3) Autodesk, "Civil3D Generative Design (砂防堰堤の配置検討)", <https://www.bim-design.com/infra/movie/civil-3d-generative-design/01.html>, (参照 2021-12-10) .



条件	提案1	提案2	提案3
線形長さ[m]	702.5	755.3	684.9
遠心加速度の変化率 1[m/s ³]	0.453	0.677	0.453
遠心加速度の変化率 2[m/s ³]	0.453	0.677	0.677
ハンドル操作時間 1[s]	3.025	2.025	2.725
ハンドル操作時間 2[s]	3.025	2.025	1.656
土量[m ³]	15107	-3206	10083

条件	評価
・ BP, EP固定	・ 線形の長さを最小化
・ 直線と単心曲線のみ	・ ハンドル操作時間[s] (3~5)
・ 平面線形, 最小半径の設定	・ 遠心加速度変化率[m/s ³] (0.5~0.75)
・ 縦断曲線, 最小半径の設定	・ 横すべりしない条件
・ 緩和区間はクロソイド基本形	・ 切土盛土(値なし)
	・ 障害物との接触判定(値なし)

図4 Generative Design 結果