

配管経路設計のための対話型インターフェース

1 M-5

伊藤照明 嵯峨山朝美

徳島大学工学部

1. 緒言

製品の多様化やライフサイクルの短縮化により、設計書の完成後であっても設計仕様の頻繁な変更が行なわれる等、従来の設計スタイルでは対応が困難な状況が発生している。そうした状況に対応するためには、できるだけ適切な判断を上流工程で行うことが求められており、概念設計の重要性が急速に増大している所以である。これは、本稿で述べる配管経路設計においても例外ではなく；設計仕様の大幅な変更あるいは頻発する変更に迅速かつ適切に対応するためには、設計概念の大局的な理解、つまり配管経路を大局的に把握することが重要な役割を果たすと考えている。

多峰性関数における並列探索手法として、生物の進化を模倣した遺伝的アルゴリズム (GA) が種々の最適化問題に適用され、その有効性が報告されている。本研究では、配管設計をモデル化し、その最適化戦略の方法として、また、大局的な配管経路理解による概念設計の試みとして、GAによる最適化手法を利用した配管経路の生成手法について述べる。また本手法により開発した対話型インターフェースのシミュレーションについて述べる。

2. GAによる配管経路生成

2.1 配管経路のコーディング 配管経路をGAで処理するために、始点から終点までの経路を文字列で表現し設計変数として取り扱った。まず、配管経路の敷設空間を2次元でモデル化し、その空間をN×Mのセルに分割する。そして、配管経路を構成するセルの位置情報をもとに経路を遺伝子にコーディングする。例えば、配管経路を表現する遺伝子型は、記号列の成分を(2,4,3,1,0)とし、それぞれ上下左右方向と静止に対応させる。静止とは、そのセルから動かない状態で、目標セルに到達したことを意味する。すると図1の場合、始点から終点までの経路はC1={1,1,1,1,1,1,1,1,2,2,2,3,3,2,2,2,1,1,0}と表現できる。

Interactive Interface for Piping Route Path Planning

Teruaki Ito & Asami Sagayama

University of Tokushima

2-1 Minami-Josanjima, Tokushima 770, Japan

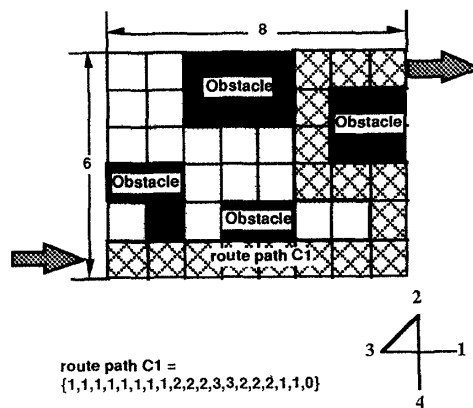


Fig.1 Route path and its coding by GA

2.2 配管経路生成における空間ポテンシャル

配管経路を設計する場合に最短経路が優先されるが、それに加えて経路をできるだけ壁や障害物に沿ったものとし、かつ空間を斜めに結ぶ経路はできるだけ避けるという条件を考慮した設計が求められる。そこで、空間ポテンシャルの概念を利用して配管経路と障害物および壁との接近度数を定量化し、GAを用いた配管経路の自動生成における目的関数の一部として用いた。

空間のポテンシャル分布を計算するために、作業空間をN×M (N=1,2,...; M+1,2,...) のセルに分割し、障害物を一部でも含んでいるセルに対してポテンシャル値pを与え、障害物を含むセルから離れるごとに順次ポテンシャル値として、1,2,...,pを各セルに与えるものとする。また、壁沿いのセルについてはポテンシャルをゼロとし、障害物や壁にできるだけ沿った経路が生成されやすくする。ここでは、ポテンシャル値は正の整数の値のみを用いるものとし、値が大きいほど障害物や壁からセルが最も離れていることを示す。

2.3 個体の初期生成と世代交代

GAで用いる各個体は、初期位置から目標位置までの経路を表現する。初期個体の生成は、次の2通りで行った。
Rule_1: 当該セルから目標位置へ向かう任意ベクトルv(x,y) (x,yはランダムに選ぶ) を考え、その方向へ1セル進む。到達セルを出発点として同様

の操作を目標点に到達するまで継続する。

Rule_2: 経路の始点と目標とする終点を結ぶ線分に対する中線を考えて、この中線上に任意のセルを選び、これを中間目標点として、この点を通るような経路を任意に生成する。

初期個体では、障害物の存在は考慮せずに出発点と目標点を連結する経路を生成した。とくに、Rule_2の操作により作業空間全域を探索することができた。

世代ゼロの個体群を上記の方法によりランダムに発生させた後に、GAによる世代交代を繰り返すことで個体を進化させ、あらかじめ与えておいた世代上限を上回るか、適応関数が限界値を下回る個体数がある比率に達したときに計算を終了し、これを配管経路とした。

なお、ここで用いられる適応度関数は

$$f = Af_1 + Bf_2 + Cf_3 + Df_4$$

f_1 : 初期位置及び目標位置からセルまでの距離

f_2 : 軌道上のポテンシャルの和

f_3 : 軌道上のポテンシャルの最大値

f_4 : 軌道上の方向変換の回数

と定義し、 f が小さい値ほど評価を高くした。

2.4 配管経路の補正 前述の方法により生成された配管経路を確認し、補正の必要が認められる場合は下記の方法により経路補正を行う。

Modify_1: 特定のセルを通過点とするために、指定されたセルで配管経路を分割しそのセルを終点および始点として、2分割された経路の合成として、全体の経路を生成する。もし、指定点が n あれば、経路を n 分割して、その合成により全体経路を設計する。この場合、指定のセルは必ず通る経路が生成される。

Modify_2: 特定のセルを通過点とするために、そのセルのポテンシャルをゼロとして経路生成を再度実行する。この場合には、生成される経路は指定のセルを必ずしも通るとは限らないが、適切な補正が行われる可能性を残している。

3. 配管経路生成のシミュレーション

本手法により作成した配管経路生成の例を図2に示す。

配管空間の2次元平面上に障害物を設定し、配管の出発点と到達点を指定し、配管経路を生成した結果である。このシミュレーションでは第50世代で最適経路Route_3に収束している。画面上では最適な経路が生成される経過における複数の候

補経路を表示させることにより、生成した経路に対して設計者が適切な判断を下すことができる。例えば、最適経路はRoute_3と計算されたが、別の候補であるRoute_2を採用するか否かは設計者の判断となる。

また、生成された経路Route_3に通過点Aを指定し、経路補正を行った結果がRoute_3'である。オプションとして、通過点Aを必ず通すか、通過点Aのポテンシャルをゼロにするかを指定することができるが、この例では通過点Aを必ず通る経路を生成している。

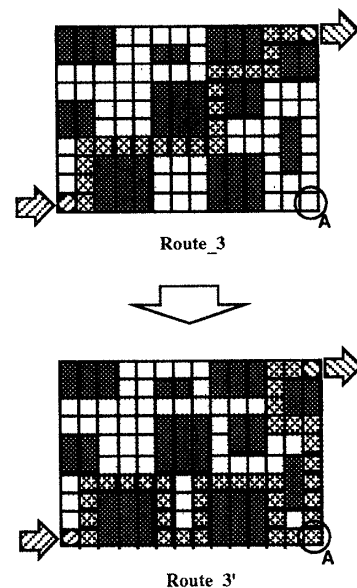


Fig.2 Generated route path and its modification

4. まとめ

今後ますます重要となる概念設計支援に対する1つのアプローチとして、GAによる最適化手法を用いた配管経路生成手法と、その手法により開発した対話型インターフェースによるシミュレーション結果について述べた。

本手法の主な特徴としては、経路の自動生成、感覚的経路補正、設計過程の視覚化、配管経路の大局的理解等があげられる。

参考文献

- (1) 高桑哲男: 配水管網の解析と設計, 森北書店 (1978).
- (2) Goldberg, D.E.: Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Co (1989).
- (3) 安居院猛, 長尾智晴: ジェネティックアルゴリズム, 昭晃堂 (1993).