

CS-73

ライフラインのネットワーク最適化問題におけるGA固有の役割

（財）電力中央研究所 正会員 朱牟田善治
（財）電力中央研究所 正会員 山本広祐

1. まえがき

GA（遺伝的アルゴリズム）は、その応用がきわめて容易であるという側面から近年その適用例が多くなっている。しかし、①GAを用いるメリットは何か、②解決が望まれている事象は何か、などの基本的事項に対し、明確な考えを持っていないと、得られる結果の有効性に対して十分なコンセンサスを得ることが難しい側面を持っている。文献1)においては、工学的システムにおけるニューラルネットワーク利用に際する意義とその位置付けの整理を行った。本論では、この議論を拡張して、工学的システムとしてライフラインネットワークを選び、その最適化問題にGAを利用する際の役割を例示することを目的とする。

2. ライフラインのネットワーク最適化問題

ライフラインのネットワーク最適化問題は、大きく、設備計画、運用計画、運用・制御などに分けられる。このようなネットワーク最適化問題は、土木工学以外の分野で主に、検討されることが多かった。ところが、近年、土木工学の分野でも地震防災研究の一環として、ネットワークとしての特性をどう個々の設備の耐震設計や設備計画等に生かすべきかという検討の重要性が認識されてきた。すなわち、復旧効率や設備コスト、および被害額等を目的関数として、その値が最小もしくは最大となるネットワークの状態を見出す問題として位置付けることができる。特に、ライフライン地震工学の分野では、ネットワーク全体の地震リスク評価に基づき、補強すべき設備の選定や資材の備蓄地点の特定などの検討を行い、ネットワークとしての最適性を議論することの重要性が広く認識されるようになってきた。

3. GAのメリットとデメリット

GAは、これまで知られている最適化手法と比較して、①最適化、分類学習能力に優れていること、②他手法とのハイブリッド化がしやすい、③必要とされる情報が、与えられた環境に対する適応度を決めるだけの情報であり、解くべき問題の性質に関する情報をほとんど必要としない、などの特徴を有している。このような特徴により、GAは与えられた問題が数理的に明確に記述できない問題であっても解くことができる。また、組合せ最適化などの多峰性の強い問題であっても、その大域的な最良解か、それに近い解候補をいくつか見つけだすことができる。

その一方で、①局所的な探索には向かない、②遺伝子のコーディングの方法や解析に用いる各種のパラメータは問題に応じて経験的に与えざる負えない、③解の精度を厳密に議論できない、などの欠点を有している。

4. GAの活用により期待される効果

文献1)でも述べたように、問題の内部構造を明らかにする場合に、演繹的手法、知識工学的的手法、AL的（人工生命）な手法が考えられる。GAは、AL的手法のひとつとして位置付けられ、近年、スケジューリング支援や意志決定支援など、解の精度保証を厳密にしなくても十分に実用に耐える問題に盛んに利用されるようになった。特に、ネットワークの最適化問題には、多くの適用例がある。これは、演繹的手法（数理計画法なども含む）や知識工学的的手法では、実用に耐える解を求めることが実質的に不可能という問題に対して、GAを用いれば、以下の効果が期待できるからである。

- ・パラメータを少なくして、問題を単純化した演繹モデルを用いるよりも実務者の感覚と合う。
- ・知識工学的的手法よりも手法の汎用化、効率化を図れる。
- ・プロトタイプを開発した後でも実用段階で実務者の好みに合う問題解決シナリオを容易に追加、改良できる。

5. 適用例

(1)電力2次ネットワークの地震リスク評価

ここでは、ライフライン地震工学として電力ネットワークの最適化問題を解く上で、もっとも重要な問題となる電力ネットワークの地震リスク（地震時に発生する供給支障電力期待値）評価を例として挙げる。電力ネットワークのうち、2次変電所から主に構成される電力2次ネットワークの場合、地震時には、系統切り替え操作により供給支障の最小化を狙う応急復旧操作が行われる。図-1に仮定の電力2次ネットワークを示す。図中ノードは、変電所を示し、リンクは送電線を示す。系統切り替えとは、電力を送る送電線のパターンを変更（ルート選定）してネットワークの構成を変え、事故箇所を回避する操作を意味する。図-1は、4つの供給源である1次変電所から実線の送電線を利用して各2次変電所に電力を供給した場合のみ、供給支障が0となる電力ネットワークモデルを示している。図-1は、中規模程度の都市を想定しているが、この系統切り替えの組合せ方は膨大な数となり、厳密に供給支障の最小化が図れるような系統切り替えの組合せを見つける方法論はこれまでのところ存在しない。

キーワード：ライフライン、ネットワーク、遺伝的アルゴリズム、分析、総合

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646, Tel (0471) 82-1181, Fax (0471) 84-2941

また、地震時の系統切り替え操作は、実務者が様々な制約条件を勘案し、経験的な判断のもとに行うことが多い。このため、現実的に地震時に発生した供給支障電力を推定するためには、実務者の主観（制約条件）を無視した単純なモデル化により厳密解を求めるよりも、実務者の主観を反映した汎用的な方法論が望まれている。

(2) GAの活用により解決が望まれている事象

現実的に地震時に発生する供給支障電力を推定すること。

(3)問題解決のシナリオ

入力（ネットワーク構造、地震危険度、設備の耐震性、実務者の主観を反映した制約条件（送電線の定格容量や復旧の優先順位など）と、

出力（目標となる供給支障電力；図-1の実線のネットワークを構築した場合に生起する供給支障電力（=0））から

内部構造（系統切り替えの組合せ方）を求める総合型問題に属する。

(4)ケーススタディ

図-2は、図-1のモデルを用いて、GAの世代ごとに、供給支障電力の推移を他の手法と比較して示したものである。手法Aは、単純なランダムサーチを示し、手法Bは、収束しやすいように組合せ方に制約を設けた知識工学的な手法、手法Cは、勾配法的なアルゴリズムを用いるブランチ交換法と呼ばれる演繹的手法である。本手法とは、手法B、CおよびGAを組み合わせて筆者が開発した手法²⁾である。なお、このケーススタディは、演繹的手法により、厳密解を求めることができないことを前提としており、手法Cは、近似解を求めるための手法である。このケーススタディでは手法ごとの条件を同じにするために、GAの遺伝子となる初期の内部構造の個数（パターン数）と、世代ごとの突然変異率とを同一にし、新たな解候補となる内部構造を世代ごとに同数生成している。よって、図-2は、各手法により、それぞれの内部構造から算定される供給支障電力の最小値を世代ごとにプロットして、比較している。

(5) GAの優位性

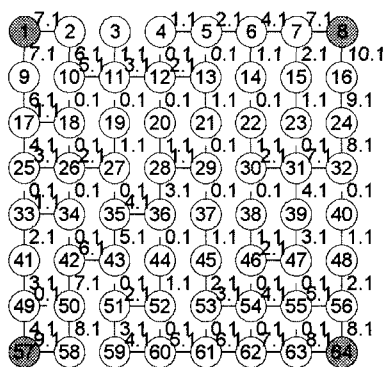
図-2は、GAを用いた本手法が、もっとも出力（目標となる供給支障電力）に近い内部構造（系統の組合せ方）を求めることができることを示している。また、GAによる方法は、今後、評価関数を複雑にしたり、他の知識工学的な手法や演繹的手法を組み合わせたことが容易に行えるため、さらに多様な実務者の主観を反映できる問題解決シナリオの構築が可能である。

5. まとめ

ライフラインネットワークとして電力ネットワークを例としたが、この他にも道路や水道など他のライフラインにも同様な問題は内在している。今後、GAを使って工学的システムの最適化問題を解くためには、GA固有の役割を念頭に入れて、その適用を検討すべきであろう。

参考文献

- 1) 山本，朱牟田：工学的システムにおけるニューラルネットワーク利用の位置付け，第53回年次学術講演会，土木学会，平成10年10月。
- 2) 朱牟田，桃井，石田：地震時における電力2次系統の信頼性評価法，土木学会論文集，No.549/I-37, pp.249-260, 1996.10.



○：2次変電所，●：1次変電所，—：送電線
 - -：電流が流れていない送電線
 注：送電線横の数字は，許容最大電流値を示す。

図-1 電力ネットワークモデル

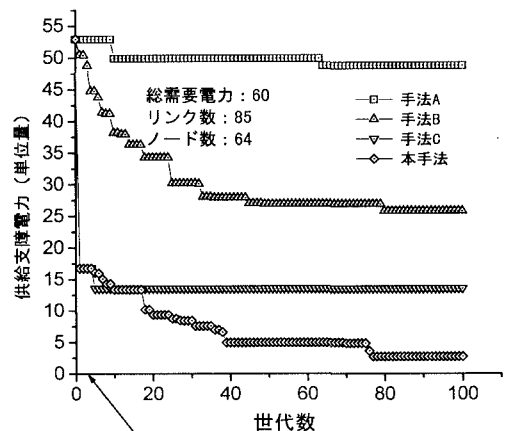


図-2 手法の違いによる供給支障電力の比較