

IV-386

遺伝子的アルゴリズムを用いた
航空ネットワークのスケジューリング

° 東京都 正員 金子 裕一
室蘭工業大 正員 田村 亨
室蘭工業大 正員 杉本 博之

1. はじめに

地方空港の国際化やダブル・トリプルトラッキングの進展に伴い、わが国の航空ネットワーク構成は近年かなり複雑になって来ている。この傾向は、アジアのハブ空港競争や、関西新空港・中部新空港等の建設により大きくなるものと考えられる。この際、エアラインにとっては、どのような航空ネットワークを巡らすことが利用者獲得の上で優位となるかが課題となる。従来、この課題については、経験的に決定されてきた。この理由は、需要動向の把握が難しいことと、機材や乗務員等のスケジューリングが複雑なためである。この問題に対応した過去の研究は内外に多く見られるが、最適スケジューリングの解法が難しく、実用の段階までは至っていない。

本研究は、近年、離散的最適化問題の解法に優れているとして注目されている遺伝的アルゴリズムを、航空ネットワークのスケジューリングに適用しその有用性を確認することが目的である。

2. 遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA)

GAは、1960年代に Hallandによって提唱されたもので、ダーウインの「自然淘汰による進化」を基礎概念とし、生物進化の過程（淘汰・交叉・突然変異）を計算でシミュレートすることにより、離散的な要因を含む組合せ問題の最適化探索を試みようとするものである。以下、簡単にGAの流れを示す。

①設計変数のコーディングを行い初期線列をランダムに生成する : GAでは自然界における生物集団の代わりに線列の集団をまず生成する。この線列は設計変数（本分析では航空機材の拠点循環ルート）に対応する値を符号化し、横一列に並べたものである。GAではまずこの線列を設定されている集団サイズの数だけランダムに発生させる。

②環境に適さないと判断した線列を淘汰する : 自然界における淘汰は子孫を残せず滅びてしまったことを指すが、GAでは適応関数の値を用いて環境

に対する適応度評価を行い、淘汰を行なう。

③淘汰を免れた線列集団の中で、ある確率で交叉を行なう : 交叉とは、線列集団の中から親となる線列を2つ選びその一部分を交換することによって2つの新たな線列を作ることを行い、GAにおいて最も重要な役割を果たしている。

④ある確率で突然変異を起こす : 淘汰によって選ばれた線列を交叉していくと、限られた範囲の子供しか生まれず局所解に陥る危険性がある。このためある確率で線列に突然変異を起こさせる。

⑤収束条件を満たしたら計算を終る。

3. 航空機スケジューリング問題への適用

本研究では、図-1に示すハブ&スポーク型のコンピュータ航空ネットワークを考え、路線間の需要と所要時間、使用機材（19人乗り）を与件として、8時から17時の時間帯にどこをどの様に機材が運行すれば、航空需要（目的関数）を最も多く運べるかという問題にGAを適用する。

運行時間と需要の関係は、参考文献1）に挙げた方法とした（本研究ではこの関係を論ずるものではないので参考文献として挙げるにとどめた）。

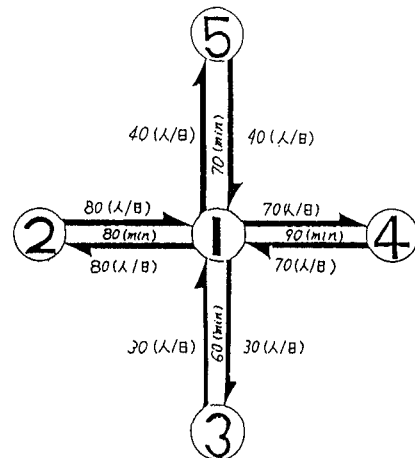


図-1 想定した航空ネットワーク

GAの線列は2進法で与えたため、1つの設計変数は4つのビット、つまり4桁の2進法で表わされる。よって設計変数は4桁の2進法で表わすことのできる0-15の値となる。具体的には、4つの拠点循環ルートを以下の様に設計変数に当てはめた。

1→2→1 ; 3、7、11、15

1→3→1 ; 0、4、8、12

1→4→1 ; 1、5、9、13

1→5→1 ; 2、6、10、14

ここで、機材が複数となるときであるが、この時も1つの線列を分解して複数機材の循環ルートを作ればよいので、極めて簡単に問題を設定できる。

また、各路線の所要時間が一定ではなく、1日の決められた運行時間内に運行することができる路線数は各機材ごとに異なってくることが考えられる。このため、線列を運行時間、循環ルート、各路線の所要時間から各機材に対応する長さに切らなくてはならない。本研究では、運行時間帯から分かる循環数の最大値をあらかじめ与え、これ以上の探索を行わないようにした。

本研究のGAの各種パラメータは次のとおりである。集団サイズ（線列の種類）：10、交叉の確率：0.7、突然変異の確率：0.001。また、GAでは、適応関数の値のばらつきが大きいと値の小さな線列が淘汰されやすくなり、これは最適化初期には好ましくない。逆に、ばらつきが小さいと淘汰が進まなくなり、これは最適化後期には好ましくない。そこで、適当な適応関数を用いることとした。

4. 分析結果の考察

GAの結果と比較するために列挙法による厳密解も計算した。その結果を表-1に示すが、機材2機、3機とも解が一致した。また、表-2に計算時間を示したが解探索の時間がGAでは数秒程度となっていることが分かる。これは、列挙法では、1機目の循環ルートを決定した後に2機目、3機目を計算していくのに対し、GAでは1本の線列に全ての機材データを与え解を探索するためでもある。

また、機材4機の場合、列挙法では計算時間がかかりすぎて大型計算機でも分析不能であった。しかし、GA手法を用いると僅か3秒で計算できることが分かった（ただし最適解の保証はされていない）。

ここで、計算時間のみに着目すると、機材が2機

の場合の方が1機より計算時間が短いことが分かる。これは、GAでは1本の線列に全ての機材データを与え解を探索するため、機材数の多い方が線列計算終了の収束条件を早く満たす場合も存在するためと考えられる。

表-1 計算された循環ルート（列挙法・GA法）

	循環ルート	総輸送人数
機材を 2機用いた場合	121215121 151314141	294.63
機材を 3機用いた場合	151412131 131412121 121515141	380.71

表-2 列挙法とGAの計算時間の比較

	列挙法	GA法
2機	4秒	3秒
3機	113秒	1秒
4機	・・・	3秒

5. おわりに

本研究は、遺伝的アルゴリズムを航空ネットワークのスケジューリング問題に適用したもので、その有効性が確かめられた。本来GA手法はより複雑な離散型組合せ最適問題の解法に優れた方法であり、今回の分析対象はGAの能力を十分に生かしたものとは言えない。また、GAの解法が何故、解を効率的に探索できるのかという疑問には、世界的に色々な検討はされているがまだよく分かっていない。

今後は、現実的でより複雑なネットワーク分析にGAを適用して行く所存である。

参考文献

田村亨、稲野茂：地域航空における機材の最適スケジューリング、土木計画学研究・論文集5、(1987)。