

IV-391

鉄道と航空の連携方策に関する研究

ーGAを用いた複数モードのスケジューリングー

室蘭工業大学	学生会員	○有村 幹治
北海道開発研究所(株)	正会員	浦田 康滋
室蘭工業大学	正会員	田村 亨
苫小牧工業高等専門学校	正会員	榎谷 有三
室蘭工業大学	正会員	斉藤 和夫

1 はじめに

近年、ヨーロッパでは、鉄道と航空ネットワークの連携が注目されている。わが国においても、羽田、成田の容量制約を解決するために、例えば新潟空港と首都圏を直結し、空港連携を行って、空港の容量を確保するという議論がある。しかし、異種間ネットワークの連携を扱った研究は、これまでにあまりなされていない。その理由は、各モードがそれぞれ違う制約条件をもっていること、各モードのスケジュールが他のモードに互いに影響して定まりにくいこと、各モードのスケジュールの組合わせと2種類のモードの組合わせによって全体のスケジュールの組合わせ数が膨大な数になるため、解の探索が困難なこと、である。本研究は、制約条件の多い複合モードのスケジューリング問題にGAを適用したものであり、ケーススタディを通して、構築した手法の有効性を確認するものである。

2 複合モードの連携スケジュール最適化問題

(1) 対象ネットワーク

対象とした複合ネットワークは、図-1に示すハブ&スポーク型の航空ネットワークに単一路線の鉄道が大都市～ハブ空港間を運行するものとす。

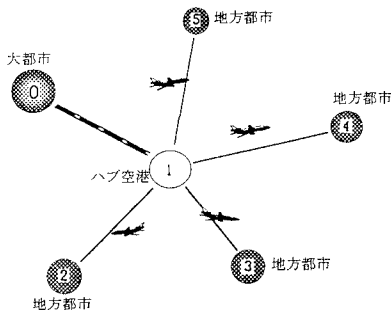


図-1 対象ネットワーク

(2) 線列の考え方

GAをスケジュール問題に適用するときに、初期化プロセスである設計変数の与え方と線列の組

み方が重要になる。本研究では、1つの線列に鉄道と航空の2つのモードの運行ルートを与えることによって2つのスケジュールが同時に得られるようにした。線列を解析する際に設計変数の値によって、その設計変数を航空機の設計変数と鉄道の設計変数に分け、運行時間に合わせ別々に解析し、スケジュールをたてる。つまり、1つの線列は2つのモードの1日のスケジュールを表していることになる（図-2）。1つの線列は1日の総輸送量を最大とするように進化していく（目的関数の設定）。スケジューリング問題で工夫が必要なことは、機材の運行時刻にあわせて需要が局所的に変動することである。具体的には、機材の運行時間との関係で、希望出発時刻に近い便を希望出発時刻を遅らせるか、早めて利用する現実である。そこで、①利用者の希望出発時刻に機材が運行されると、その時刻の利用者はすべてその機材を利用する、②希望出発時刻に運行されない場合は、希望出発時刻と運行時刻との差が大きくなるほどその便を利用しなくなると仮定して、運行時刻ごとの利用者数を決定する。

モデル式は以下のとおり

$$Rts = 1 - |s - t| \times Ks$$

Rts : 時刻 t を希望する人で時刻 s の便を利用する割合

t : 希望出発時刻

s : 列車の出発時刻

Ks : 1時間経つとその便を利用しなくなる割合

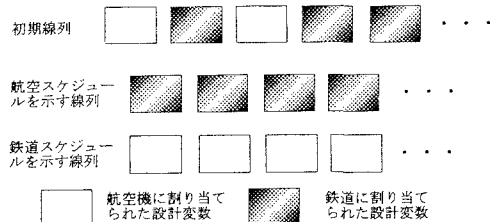


図-2 設計変数の概念図

Cooperative Transport Management for Railway and Airline Network

-Application of GA Method to Multiple Modes Scheduling-

By Mikiharu ARIMURA, Kouii URATA, Touru TAMURA, Yuzo MASUYA, Kazuo SAITO

（3）需要分布の考え方

異なるネットワークを連携する場合、ハブ空港での需要分布は都市のそれと同じ形とはならない。つまり、他のネットワークのスケジュール次第で、ハブ空港から各拠点への需要分布が変化する。各都市からハブ空港への需要分布は固定して与える。この需要は都市の潜在需要であり、希望出発時刻に便がない場合、旅行をとりやめることもある。ハブ空港から各都市への需要は、航空スケジュールと鉄道スケジュールを解析する際、航空機がハブ空港に降ろした客が、鉄道で大都市に向かうその時間の需要となる。また列車がハブ空港に降ろした客が、航空機で地方都市に向かうその時間の需要となる。ハブ空港で乗り継ぎをする場合、希望出発時刻帯より早い時刻の便に乗ることは不可能であり、また、あまり遅い時刻の便ならば、待ち時間が大きくなる。そこで、希望する運行時刻と実際の運行時刻の差による利用者の利用率について、空港で乗り継ぎに1時間以上の待ち時間がある場合は、旅客は他のアクセス交通機関を利用するとした。

本研究では、航空スケジュールは、従来の研究（参考文献(2)）どおり設計変数に航空ルートを当てはめ、解析している。つまり、図-1の航空ネットワーク部の3つの循環ルートが、設計変数となる。線列の左から設計変数を読み取り、1日の航空スケジュールとしている。例えば、線列が（2 8 4 6 3 7）と生成される。この際、あらかじめ2は循環ルート①→②→①、8は循環ルート①→④→①等、決めておくことにより設計変数を循環ルートに変換する。鉄道スケジュールには、数種類の運行所要時間の変化を設計変数に入れた。これは路線の所要運行時間は同一でも、ハブ空港、大都市での待ち時間が異なると考えたことによる。

（4）最適化のながれ

複合モードの連携スケジュールの最適化におけるGAの線列解析のながれを、簡単に以下に示す。

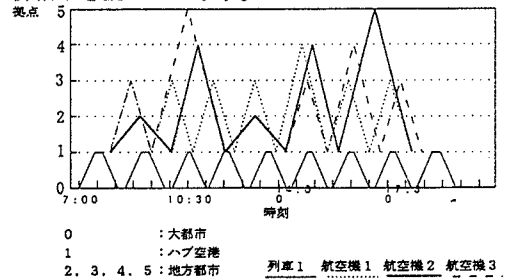
- 1) 生成された1つの線列から航空機と鉄道に分ける。
- 2) 1日の始発と終着の各運行時間にあわせ、航空スケジュールは各ルートを設計変数として、鉄道スケジュールは運行所要時間を設計変数として別々に組み合わせる。
- 3) 2つを時系列にそって重ね合わせる。この時点で1つの複合ダイヤが生まれる。
- 4) 時系列の早い方から、その便の利用者数を計算する。下り列車の利用者よりハブ空港での需要を得て、下りの航空機の利用者を計算す

る。上りの場合も同様に計算する。

- 5) 終着便までの利用者数を計算し、1日の総輸送人数（目的関数）を得る。
- 以上の解析で目的関数を計算し最適解を探索する。

3 ケーススタディ

図-1のネットワークを用いて連携スケジュールを検討した。航空機の機材数を1機から4機とし、定員数は25人/機とし、運行時間は8時～18時とする。鉄道の列車数は1台とし、定員数は40人/台とし、運行時刻は7時～20時とする。航空機はハブ空港から始発しハブ空港に終着するものとする。列車は大都市を始発し大都市に終着するものとする。航空機3機と列車1台の解析結果を図-3に示す。



4 おわりに

本研究は、遺伝的アルゴリズムを複合ネットワークのスケジュールの連携に適用し、以下の点を工夫したことで、GAの特徴を生かしながら複合ネットワークのスケジュールを行った。①1つの線列に異なる機材のデータをあてはめたこと、②設計変数は循環ルートと所要運行時間（待ち時間）とし、別々に当てはめたこと、③ハブ空港での利用客の動向を考慮に入れ、上りと下りの需要を別々に与えたこと、これらの工夫によって複合ネットワークのスケジューリング問題を複雑化させる制約条件に対応できたと考えられる。今回の対象ネットワークの規模との大きさから、GAの能力を十分に生かしきれぬものとはいえない。また、機材整備、乗員配置、滞留時間をGAのシステムに取り込むことがこれからの課題である。

参考文献

- 1) 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）
- 2) 田村亨、金子裕一、杉本博之：遺伝的アルゴリズムを用いた航空スケジュールリングの最適化
土木計画学研究・論文集11（1993）
- 3) 計測と制御「特集 遺伝的アルゴリズム」
Vol. 32, No. 1,（1993）
- 4) 稲野茂：コンピューター空港のネットワーク構成に関する研究
北海道大学 情報工学選考修士論文（1985）
- 5) 徳永幸之、稲野茂：多航空機航空ネットワークのスケジューリング
土木計画学研究講演集13（1990）