

東京工業大学 正員 内山久雄
 ジャパンメディア 正員 此島恒正

1. 研究の目的

制御工学の分野でMesarovic等によってマルチレベルシステムの概念が導入され現在その理論が徐々に体系化されつつあるが、交通のシステムにこの理論を適用した例はあまり見られない。本研究はこの理論の交通問題への適用方法の一試案を提示することとを目的とする。本研究で対象としたシステムは航空輸送システムであり、最適な運用をもたらす航空機と鉄道の運行頻度と運賃を決定するために、マルチレベルシステムの概念を導入した。

2. マルチレベルシステムとしての構造

対象とした航空輸送システムは全国的なスケールのネットワークシステムであり、そのような大規模なシステムでは運行頻度と運賃を同時決定するのは事実上困難である。そこでまずはじめに航空輸送システムをいくつかのサブシステムに分割する。我が国の航空網は東京大阪の二大空港集中の星形を形成しており、他の地方空港においてもこのような傾向がみられる。このようなネットワークの状況から航空輸送システムは各地方の幹線空港を核とするサブシステムの集まりから構成されているとみなせよう。図-1は航空輸送システムのサブシステムへの分割を示しており、1つのサブシステムは①旅客発生源としての都市 ②hubとしての空港 ③他のサブシステムとのリンクから成る。ここで言う地域間のリンクは航空路線と鉄道路線から成り立っているものとする。ただし、各サブシステムでの運用を独立に取り扱う必要があるため、2つまたはそれ以上のhubとリンクをもつ地方空港も1つのサブシステムとして取り扱う。

次に、上述のようにサブシステムに分割した後、個々のサブシステムで最適な運用をはかるのであるがそこで決定された運行頻度と運賃はサブシステム相互間で矛盾をもつため、各サブシステムが調和をもって機能するように調整する上位のサブシステムが必要となる。図-2はこの調整のサブシステムと空港サブシステムとの関係を示したものである。この調整のサブシステムにおいて、航空輸送システム全体で最適な運用となるべく各空港サブシステムを調整する。以上のように、航空輸送システムをマルチレベル構造を持ったシステムとして取り扱う。

図-1 1つのサブシステム

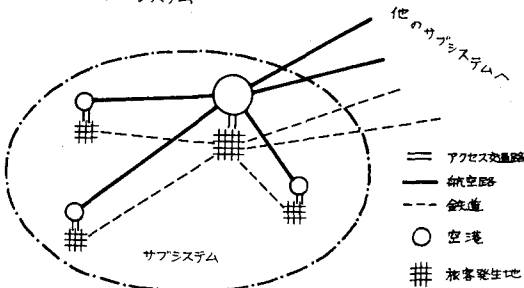
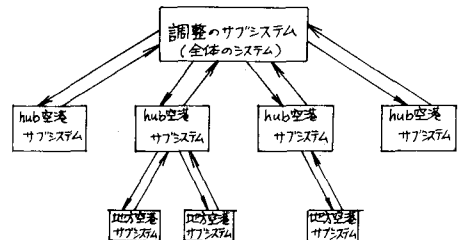


図-2 マルチレベルパイアレーキシステムとしての航空輸送システム



3. サブシステムの最適化

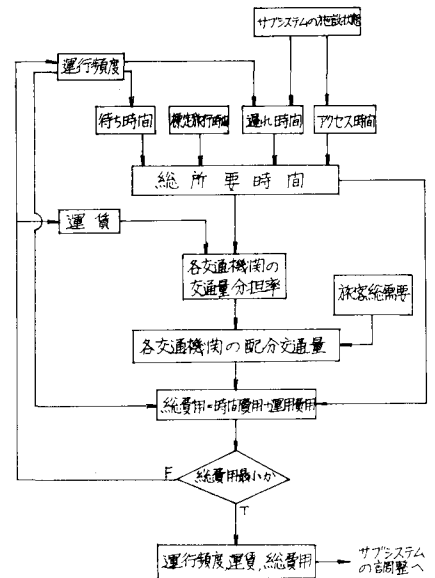
サブシステムの最適運用のフローを図3に示す。ここでは、サブシステム内の鉄道と航空の運行頻度とどのようにしたらよいのか、またそのときの運賃をいくらにしたらサブシステム内の交通量配分が適切になるかを決定しようとする。すなわち、目的関数として総費用=時間費用+運用費用を用いこれを最小とするような運行頻度と運賃を求めようとする。なお図3の中の遅れ時間とは空港で交通混雑のために生じると予測される時間であって、空港を離発着する便数の総数の関数として表わすことができる。従ってここで得られるアウトプットは各サブシステムの総費用を最小とするような運行頻度と運賃であり、これについて調整のサブシステムで調整される。

4. 調整と全体システムの最適化

サブシステムの初期アウトプットは全体システムの最適な運用をもたらさない。そこでサブシステムを結合するときのサブシステム相互で満足しなければならない条件と個々のサブシステムの運用相互間の関係からつくり上げ、この条件を満足しつつ全体の運用費用と時間費用の和が最小となるように各サブシステムを調整していこうとする。

図4はサブシステム間の相互関係を示したもので、その関係は各サブシステム間と結び航空機あるいは列車の運行頻度で関係づけられている。すなわち、あるサブシステムで得られた i, j 間の運行頻度 X_{ij} と j, i サブシステムの運行頻度 X_{ji} は同じ運行頻度でなければならぬ。ところがサブシステム個々に X_{ij}, X_{ji} を決定しているため、これらには相違がある。従ってここでは $X_{ij} = X_{ji}$ となるべく調整しようとする。

図3 サブシステムの最適運用の決定手順



これを調整する方法として、みかけの目的関数 F , 各サブシステムの目的関数 f_i , 調整変数 π_{ij} としたとき、 $F = \sum f_i + \sum \sum \pi_{ij} (X_{ij} - X_{ji})$ と定義し、 $X_{ij} = X_{ji}$ を満足する π_{ij} を見い出しつつ F を最小とするような運行頻度と運賃を見い出していくことが考えられよう。この場合、 π_{ij} の初期値と与え各サブシステムでこれと解き差 $X_{ij} - X_{ji}$ の大きさを判定基準として π_{ij} の 2 近似値と与えていくというイタレーションでその解を見い出せよう。

5. おわりに

以上述べてきたごとく航空輸送の運用計画とマルチレベルシステムとしてシステム化し、その最適解と求める方法の一試案と提示した。サブシステムへの分割の方法、調整変数の選定、効率の良い調整方法等多くの検討はまだ残されているが、扱かいうるトータルシステムの拡大に対してはこのようなマルチレベルシステムとしてシステム化することは有効であると考えられよう。

図4 サブシステム間の関係

