

バスダイヤを考慮した最適バス路線網再編計画策定に関する研究*

A study on Optimal Design of Bus Transportation Networks Considering The Best Bus Diagram*

高山純一**、宮崎耕輔***

By Jun-ichi TAKAYAMA** and Kousuke MIYAZAKI***

1. はじめに

地方都市におけるバス交通は、面的な公共サービスを担う非常に重要な交通機関であるが、最近の自動車普及率の増加に伴いバス利用者数は年々減少する傾向にある。

バス交通を整備し活性化するためには、バスのサービスレベルを向上させる必要があり、具体的には、バス交通需要に対応したきめ細かなバス交通整備計画の立案とその評価が必要となる。たとえば、バス利用者の利便性を向上させるための方策として、①バスターミナルの建設を含めたバス路線網の再編、②バスの運行方法や運賃制度の見直し、③案内情報システムの整備などが必要である。本研究では、この中でもバス路線網の再編に着目し、バスダイヤを考慮したバス路線網再編のための新しい手法を提案する。

従来より、バス路線網はバス運営者の経験と勘によって設定されることが多く、その変更や再編は部分的なものにとどまり、系統網全体を望ましい状態に維持、あるいは計画されることは少なかったといえる。それは、バス路線網再編計画において決定すべき項目や評価指標には様々なものがあるためであり、それゆえに従来より行われてきた研究には目的関数の設定方法や出力されるものには様々な手法が利用されてきた。たとえば、目的関数を総所要時間の最小化としている研究¹⁾や、採算性に着目してバス路線の決定を行っている研究²⁾などが挙げられる。また、出力されるものとしては、路線網と同時に運行回数を求める研究^{1)~4)}が圧倒的に多い。しかし、

路線網とバスダイヤ（スケジューリング）を同時に決定するような研究は行われていない。それは、バスダイヤを同時に考慮するとバス需要者の希望（何時までに着きたい）を満足させることができるという利点を有するが、大変複雑な最適化問題となり、一般には解くことができないという大きな問題点が存在するからである。しかし、組み合わせ最適化問題の解法に有効な遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm 以下、GAと記す）を用いれば、このような問題に対しても効率的に解くことができると考えられる。

そこで、本研究ではまず①目標到達時刻が既知のバス停間OD交通量（バス利用者OD）が与えられているという条件下で、バス利用者をできるだけ多く運ぶことができるように、運行可能バス台数と所要時間（各路線の所要時間、本研究では距離を用いる）を制約条件とした最適化問題として上記問題を定式化する。次に、②この組み合わせ最適化問題の解法に、GAを用いて解く方法（最適な路線網とバスダイヤの同時決定を行うモデル）を提案する。

2. バス路線網再編のための定式化

運行可能バス台数が限定されている場合の最適バス路線網（運行バスダイヤ）の備えるべき条件を整理すると以下ようになる。

- ①できるだけ多くのバス利用者が利用可能であること。
- ②できるだけ乗り換えが少なく、直達性が確保されていること。
- ③バス利用者数とバスダイヤの需給バランスがよいこと（乗車密度のばらつきが小さいこと）。

これらの条件を考慮して前提条件を以下のように設定する。

* キーワード：交通網計画、公共交通計画、GA

** 正員、工博、金沢大学工学部土木建設工学科

*** 学生員、金沢大学大学院工学研究科

〒920 金沢市小立野2-40-20

TEL 0762-34-4650、FAX 0762-34-4644

路線限定サブモデル

運行バス走行可能道路、最短距離からの迂回限界距離による対象路線のピックアップ

路線網決定サブモデル

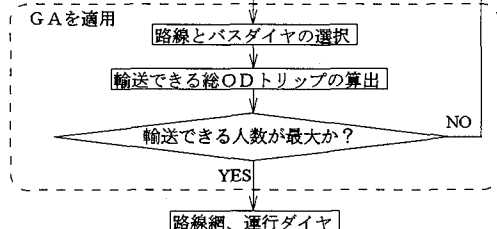


図-1 本モデルのフロー

(1) 定式化のための前提条件

- ①対象ネットワーク内でのバスの起終点（たとえば、バスターミナルの位置）は予め決定しておくものとする。そして、これらの起終点を結んだ系統（経路が未定で起終点のみ既知であるものを系統と呼ぶ、なお経路が既知であるものを路線と呼ぶ）を設定しておくものとする。
- ②着時刻指定のバス停間OD（バス利用者のOD需要）が既知であるものとする。
- ③対象ネットワークにおいてバスの運行が可能な道路網が与えられているものとする。
- ④バスの総台数と1台当たりの乗車可能人数は与えられているものとする。
- ⑤本モデルでは、乗り換えは考慮しないこととする。
- ⑥バスの運行は折り返しを考慮せず、片方向のみを考慮するものとする。

以上のように前提条件を設定した。なお、⑤については、本来乗り換え需要があるので考慮する必要があるが、ここでは初歩的モデルとして考慮しないものとする。また、⑥については、対象とする時間帯をピークの通勤時間帯に限定し、短時間であるので折り返しを考慮しないことにした。

(2) 最適化問題の定式化

以上の条件により最適化問題の定式化を行うと以下ようになる。

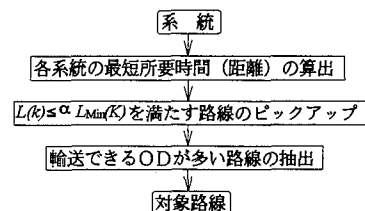


図-2 路線限定サブモデルのフロー

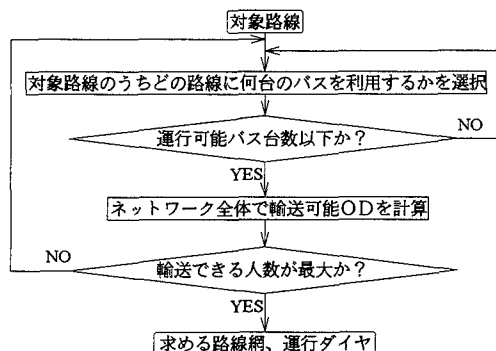


図-3 路線網決定サブモデルのフロー

目的関数

$$T^{\tau} = \sum_i \sum_j \sum_k f_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k \rightarrow \text{Max.} \quad (1)$$

制約条件

$$L(k) \leq \alpha \cdot L_{\text{Min}}(K) \quad (2)$$

$$\sum_k f_k^{\tau} \leq B \quad (3)$$

$$x_{i,i+1,k}^{\tau} \leq f_k^{\tau} \cdot C \quad (4)$$

ここに、 T^{τ} ：対象時間帯 τ におけるネットワーク全体の総輸送人数

f_{ij}^{τ} ：対象時間帯 τ におけるバス停 i からバス停 j へのバス利用者（OD交通量）

δ_{ij}^k ：路線 k によりバス停 i からバス停 j へのトリップが可能ならば $\delta_{ij}^k = 1$ 、不可能であれば $\delta_{ij}^k = 0$

$L(k)$ ：路線 k の距離

α ：係数（許容迂回率）

$L_{\text{Min}}(K)$ ：系統 K の最短距離

f_k^{τ} ：対象時間帯 τ における路線 k の運行頻度

B ：総バス台数

$x_{i,i+1,k}^{\tau}$ ：バス停区間（ $i, i+1$ ）における対

象時間帯 τ での路線 k における断面交通
量

C : バス1台当たりの最大乗車人数

3. バス路線網再編モデル

(1) 本モデルの構成

本モデルは以下に示すサブモデルにより構成される。まず、ネットワーク内の系統ごとに最短経路距離の探索を行い、距離の制約条件（式(2)）を満たす第 n 番目経路までの探索を行うサブモデル（路線限定サブモデル）と各系統でどの経路を採用するかを運行可能バス台数（式(3)）を制約条件として、できるだけ多くの客を輸送できるように路線の組み合わせを求めるサブモデル（路線網決定サブモデル）の大きく2つのサブモデルで構成される。

(a) 路線限定サブモデル

このサブモデルは、ネットワーク上でバスが通行できる道路のうち、対象とする各系統を結ぶ路線を限定するモデルである。具体的には、着時刻指定のODからできるだけ多くの客を輸送できるように路線を結んでいく方法であるが、たくさんの人を輸送できるように必要以上に長い路線ができることは、運行効率上好ましくないので、 $L(k) \leq \alpha \cdot L_{Min}(K)$ を満たす第 n 番目最短路線までを候補路線とする対象路線の選定を行うモデルである。ただし、 $L(k)$: 路線 k の距離、 α : 許容迂回率、 $L_{Min}(K)$: 系統 K の最短距離である。

(b) 路線網決定サブモデル

このサブモデルは、路線限定サブモデルで選択された路線から運行可能バス台数を制約条件としてバス路線とそのバス路線上の運行ダイヤの最適な組み合わせをGAにより求めるモデルである。具体的には、各系統からピックアップした候補路線のうちどの路線を選択し、どのようなダイヤを組み合わせで路線網を構築していくかを決定するモデルであり、組み合わせ最適化問題としてGAを用いる。評価関数の設定は、選択した路線網で輸送可能となる利用客数が最大となるように設定する。ただし、制約条件は運行可能バス台数である。

(2) 本モデルのアルゴリズム

本モデルのアルゴリズムは、以下のようになる。

推計アルゴリズム

STEP 1 : 各系統について最短距離の計算を行い、 $L(k) \leq \alpha \cdot L_{Min}(K)$ を満たす路線 k の探索を行う。

ここに、 $L(k)$: 路線 k の距離、 α : 許容迂回率、 $L_{Min}(K)$: 系統 K の最短距離

STEP 2 : STEP 1で探索した各路線について着時刻指定のバス停間ODをもとに輸送できるODができるだけ多くなる路線をピックアップする。

STEP 3 : 各系統について採用する路線と運行頻度（バスダイヤ）をGAを用いて任意に選択する。ただし、運行可能バス台数を満たすように運行頻度を決定する。

STEP 4 : 選択した各路線ごとに輸送できる人数（評価関数値）を計算する。

STEP 5 : GAを用いてSTEP 3以降を繰り返し、評価関数値（総輸送人員）が最大となる路線網を求める解とする。

このアルゴリズムにおけるSTEP 1およびSTEP 2は路線限定サブモデルに、またSTEP 3よりSTEP 5までは路線網決定サブモデルにそれぞれ対応している。

4. GAを用いた最適バス路線網決定法

(1) 路線網決定モデルのGAへの適用

本研究では、バス路線網とバスダイヤの組み合わせ最適化問題を以下のようにコーディングすることによりGAを適用した。

路線限定サブモデルより探索された対象路線を乱数を発生させて選択し、さらにその選択した路線に1時間に何台のバスを運行させるかについても乱数により与えることとする。ただし、ネットワーク全体のバス台数の総和は、本モデルの前提条件である運行可能バス台数以下であるという制約のもとで決定する。なお、本モデルでは、現実的なバスダイヤの編成を考慮して最小時間間隔5分ピッチまでの運行ダイヤとする。したがって、ここでは1時間に最大12本までのバスを運行することができるものとして考える。

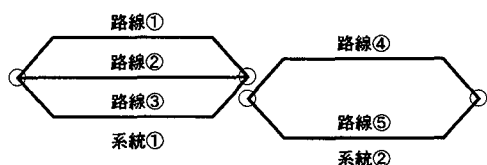


図-4 対象路線の例

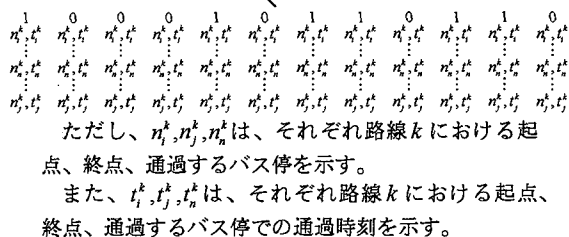
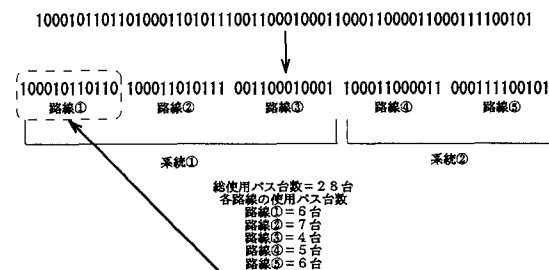


図-5 GAの設計方法

このようにして選択した路線において、ネットワーク全体での輸送可能人数の最大化を目的関数とする組み合わせ最適化問題として定式化する。

(2) 本モデルのGAによる考え方

まず、路線限定サブモデルにより探索されたネットワーク全体の路線の数に12（1時間当たりの最大運行可能バス台数）を乗じた数に等しいビット長を持つ線列を乱数を用いて発生させる。線列は0と1のみから構成されるバイナリーコードを採用した。ここでの1,0はある路線のあるバスダイヤを選択する（1）か否か（0）の意味を持たせたものである。

そして、それぞれのビットは上述のようにバスダイヤに対応しているため、ビットが1の場合には、そのビットに対応したバスの運行路線（通過バス停）と運行時刻（通過時刻）が決定される。したがって、その路線上に起終点を持つバス停間OD交通量が明らかとなり、着時刻を満足するOD交通量を合計すればよい。

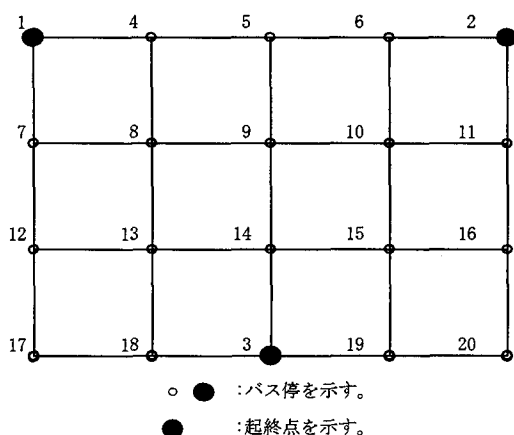


図-6 モデルネットワーク図

たとえば、図-4に示すような対象路線の場合、系統は2つで路線が合計5つとなるので、1時間のバスダイヤに対応する60個（ $12 \times 5 = 60$ ）の線列を乱数を発生させて図-5のように作成する。この線列を左から12個ずつのグループに分割する。これは、左から路線①、路線②という順番に一番右が路線⑤に対応しており、各路線に配車するバス（バスダイヤ）に対応している。また、それぞれの路線で運行するバス停順にバス停と通過時刻にも対応している。つまり、この例（図-5に示す例）では路線①に6台（12ビットのうちビットが1となる数の6に対応している）、路線②に7台、路線③に4台、路線④に5台、路線⑤に6台をそれぞれ配車することを意味している。

本研究では、式(1)に示す目的関数値 T をそのままGAの評価関数として採用する。すなわち、選択したネットワーク上の全路線で輸送できる人数（既存の着時刻指定ODをもとに算出）を評価関数値とする。したがって、できるだけ多くの乗客を輸送できるほど良い評価を与えるものとする。

5. モデルネットワークへの適用

(1) 仮想モデルネットワークの作成

本モデルの適用可能性の検討について、図-6に示す全部で20個のノードで構成された仮想ネットワークを用いてシミュレーションを行った。なお、図中ノード○、●はバス停を示し、●は系統の起終点と

表-1 着時刻指定OD表（6:30着、各着時刻共通）

	1	2	3	4～20
1	0	50	50	0
2	50	0	50	0
3	50	50	0	0
4～20	0	0	0	0

表-2 着時刻指定OD表（6:30着、各着時刻共通）

	1	2	3	4～20
1	0	50	100	0
2	100	0	150	0
3	50	150	0	0
4～20	0	0	0	0

表-3 着時刻指定OD表（8:00着）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
3	1	1	0	1	2	1	1	1	2	1	1	0	1	1	2	0	0	1	1	0	18
4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
5	0	1	2	0	0	1	0	0	3	1	1	1	2	2	7	0	1	2	2	0	26
6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
9	1	0	2	1	3	0	1	1	0	0	0	1	2	2	7	0	1	2	2	0	26
10	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
11	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	8
12	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
13	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	0	0	1	2	0	0	1	1	0	18
14	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	0	1	0	2	0	0	1	1	0	18
15	2	2	2	2	7	2	2	2	6	2	2	1	2	2	0	1	1	2	2	1	43
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
18	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	0	1	1	2	0	0	0	1	0	18
19	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	0	1	1	2	0	0	1	0	0	18
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	8	8	18	8	26	8	8	8	25	8	8	3	18	18	44	1	3	18	18	1	257

なりうるバス停であり3つ設定した。よって、考えうるバス系統数は6系統となる。

(2) シミュレーションの方法

本研究で提案したバス路線網再編計画策定モデルの特徴を把握するために、図-6に示す仮想ネットワークを用いてシミュレーションを行った。シミュレーションの方法は、まず、前節で述べたとおり系統は起終点ノードとなり得るバス停（3つ）を発着する6系統として、対象時間は朝の通勤通学時間帯である6:00から9:00までの3時間とする。着時刻指定バスOD交通量は、6:30、7:00、7:30、8:00、8:30、9:00の6つ設定し、30分間隔でバスOD交通量を与えることとした。また、バスOD交通量の分布パターンはモデルの特徴を把握することに主眼を置くために起終点ノード間のODペアのみを設定したものと、全バス停間のODペアが存在する場合の2通りを設定した。

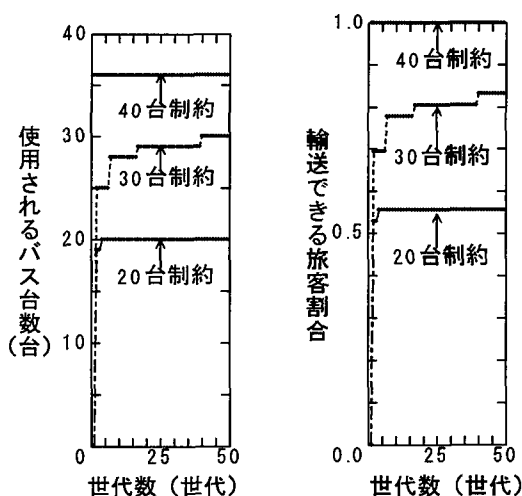
まずは、pattern 1としてそれぞれ同一のバスOD交

通量を設定することとした（表-1）。また、バス1台の定員を50人と設定していることから各バスOD交通量を50とした（ネットワーク全体で $50 \times 6 \times 6 = 1800$ トリップ）。

次に、pattern 2として同一のバスOD交通量でかつ各バスOD交通量を150とした場合（ネットワーク全体で $150 \times 6 \times 6 = 5400$ トリップ）を、pattern 3として各バスOD交通量が違う場合（表-2）を、そして、pattern 4として起終点ノード以外のノード間のODが存在する場合（表-3）をそれぞれ設定した。また、pattern 1～3はすべて各時間帯（各着時刻）において同一のOD分布パターンとした。

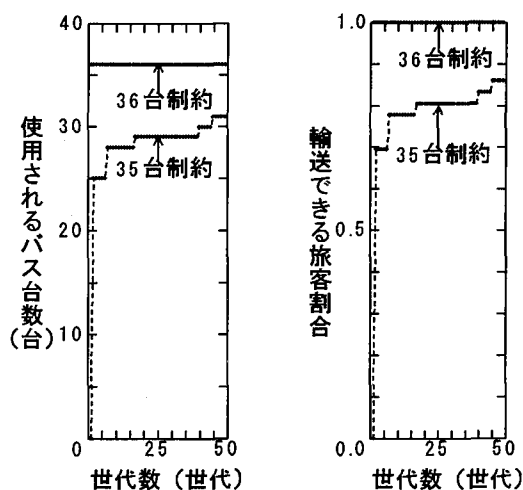
(3) 推計結果の検討

本モデルで推計できる指標は、実際に使用したバス台数、ネットワーク全体のバス一台あたり平均乗車人数、ネットワーク全体で輸送できる旅客数とその割合、ネットワーク全体で輸送できない旅客数とその割合などの指標である。これらの指標を用いて



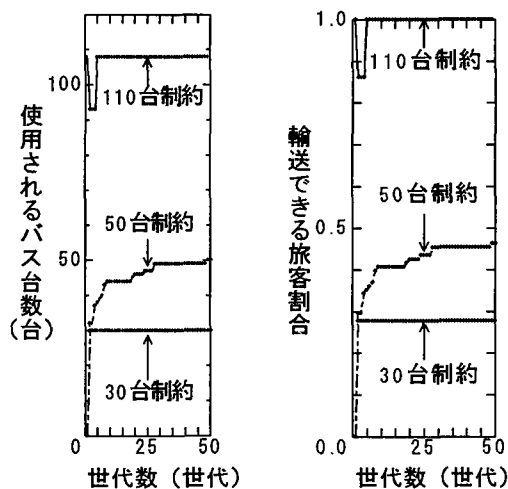
(pattern 1)

図-7 使用されるバス台数と世代数、
輸送できる乗客数と世代数
(各世代の最大値)



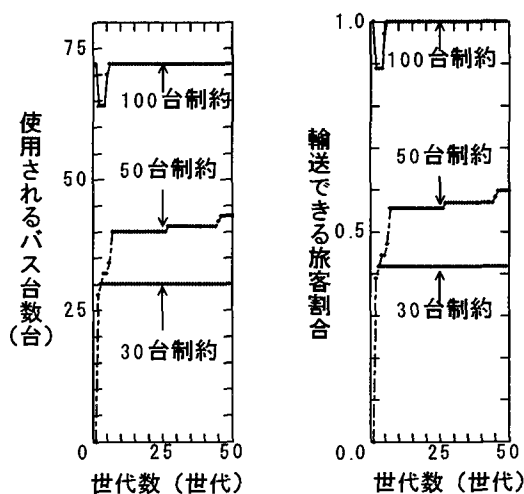
(pattern 1)

図-8 使用されるバス台数と世代数、
輸送できる乗客数と世代数
(各世代の最大値)



(pattern 2)

図-9 使用されるバス台数と世代数、
輸送できる乗客数と世代数
(各世代の最大値)



(pattern 3)

図-10 使用されるバス台数と世代数、
輸送できる乗客数と世代数
(各世代の最大値)

GAにより求められる解が最適解であるかどうかの検討ならびに収束状況についての検討を行う。なお、このシミュレーションでは、人口サイズを100、世代数が50世代になると計算を打ち切るようにした。

まず、表-1に示したOD分布の場合 (pattern1) の推計結果について述べる。

使用可能なバス台数の制約を40台、30台、20台に設定した場合のそれぞれについて実際に使用したバス台数、輸送可能な旅客数の割合と世代数を図-7に示す。また、制約台数を36台、35台に設定した場合の結果を図-8に示す。なお、交叉確率、突然変異確率の設定は、既存の研究事例を参考にして交叉確率

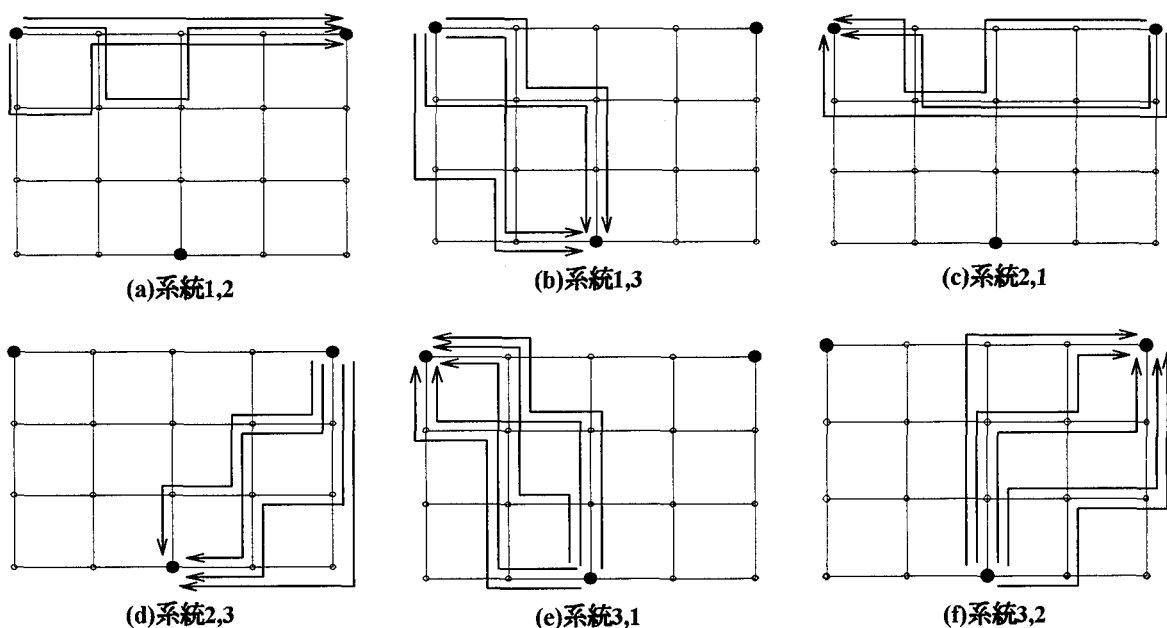


図-11 解となったバス路線網
(pattern 4)

を0.1～0.3の範囲で、突然変異確率を0.01～0.03の範囲で設定した。また、交叉方法は乱数により場所を選定し、2点交叉を行った。なお、このケースでは、すべて交叉確率は0.30、突然変異確率は0.150として推計を行った。

この場合、ネットワーク全体では1800トリップとなり、36台のバスで利用者全員を輸送できることになる。本モデルでは、空バスの運行を制限している（シミュレーションにおいて、空バスが発生するとその個体が次の世代に残らないように、そのビットを0としている）ために、運行されるバスはできるだけ満員の状態になるように運行されることになる。そのために40台以上の制約では、36台以上配車されることはなく、最適な配車台数である36台が求められている。これは、設定したOD交通量がバスの定員である50人という理想的な条件であるために、バス台数と輸送できる利用客数が比例しているためである。一方、30台配車、20台配車という制約では、その制約条件である上限値が求められており、ネットワーク全体の利用者を全員運ぶことはできないが、制約条件を満たす中での最適解を求めることができる。

者を全員運ぶことができる36台という最適解の近傍での制約条件の設定と解の関係をみると、36台以上の条件では、空バスの運行がない36台が求められている。一方、制約条件を35,34台と設定した場合では同一の結果が得られた。

以上のシミュレーション結果から判断して、バスシステムの起終点にあわせたOD設定で、かつOD交通量がバスの定員である50人という理想的な条件によるシミュレーションでは、最適解が求められることがわかった。

次に、OD分布を変化させずに各ODペアのバスOD交通量を一律に150人とした場合（pattern2）の推計結果について述べる。この場合では、ネットワーク全体のOD交通量が5400人となり108台のバスで利用者全員を輸送できることになる。そこで、図-9にはバス台数の制約を110台、50台、30台とした場合の使用されるバス台数と輸送できる旅客割合について、それぞれの指標と世代数との関係を示した。なお、交叉確率はすべて0.30とし、突然変異の確率は110台の場合のみ0.030で、その他の50台、30台の場合は0.100とした。

制約を110台とした場合には、バスの配車台数の最適解である108台という結果が求められている。

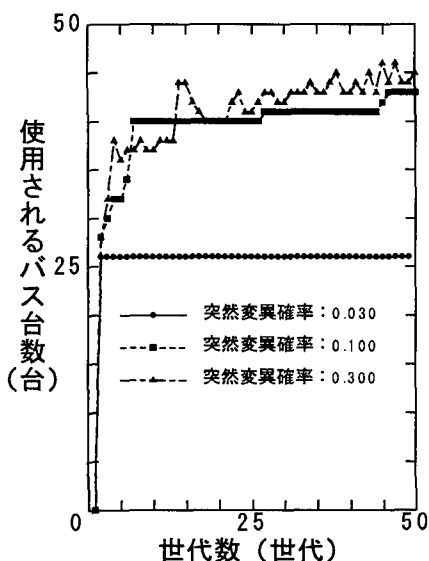


図-12 突然変異確率と収束の関係 (pattern 3)
(交叉確率: 0.300、制約バス台数: 50台)
(各世代の最大値)

また、解の収束性についてみると、110台と30台の場合には解が初期段階から収束しているが、50台の場合には収束する速度が鈍っている。これと同様な結果がpattern 3の場合(表-2)の推計結果についてもいえる。このパターンでは、ネットワーク全体のバスOD交通量は3600人となり、利用者全員を輸送するためには72台のバスが必要である。そこで、バス台数の制約を100台、50台、30台とした場合に使用されるバス台数と世代数、輸送できる旅客割合と世代数のそれぞれの関係を図-10に示す。なお、交叉確率はすべて0.30で、突然変異確率は制約台数100台のみが0.030で50台、30台ともに0.100とした。このように、100台の場合には最適解である72台が求められており、30台の場合にも30台が求められている。しかし、この場合も制約を50台とした場合には、解の収束性が鈍くなっている。

以上より、制約条件の設定により解の収束性に何らかの影響を及ぼしていることがわかる。すなわち、今回のケーススタディでは、50台くらいのところの探索領域が広がっていると考えられる。解の収束性を向上させる方法として、交叉確率や突然変異確率を変化させることが考えられるが、突然変異確率をあまり大きくしすぎると、解が収束しなくなる恐

れがある。こうしたことを考慮して適切な交叉確率や突然変異確率を設定しなければならない。

次に、OD分布pattern 4(表-3)の起終点ノード以外のノード間のODも存在する場合の解(交叉確率: 0.300、突然変異確率: 0.100)として求められたバス路線網を示すと図-11のようになる。この図は、バス路線が存在するリンクと存在しないリンクとに分類している。この図より必ずしもネットワーク全体のリンクを通過するバス路線が求められるとは限らないし、そのために輸送できない客も存在することになっている(ネットワーク全体で45.1%の客を輸送可能)。

次に、交叉確率や突然変異確率の設定方法の検討を行った。解の収束を早める工夫として突然変異確率や交叉確率を変化させることが考えられるが、これらの設定方法により解の収束性が逆に悪化する恐れがある。そのため、適切な設定を行わなければならない。そこで、pattern 3を例にバス台数の制約を50台とした場合の突然変異確率の違いと収束状況の関係を図-12に示す。突然変異確率が0.030の場合、解の収束性がかなり悪いが、0.300にするとマクロにみれば解は収束しているが振動が激しい。一方、0.100にすれば解は緩やかに収束していく様子がわかる。この傾向はすべてのODパターンで存在し、ODパターンが複雑になればなるほどこの傾向が著しいといえる。また、交叉確率についても同様の結果となり、あまりにも大きく設定すると、振動が激しくなる傾向にあり、0.30に設定すると緩やかに収束していく結果となった。

以上のシミュレーション結果より、交叉確率は0.30程度、突然変異確率は大きくても0.100程度までに設定するのがよいと思われる。また、このような分析を積み重ねて、交通研究分野におけるGA適用上の経験則(交叉確率や突然変異確率の与え方)を増やしていく必要性があろう。

6. まとめ

本研究では、バス路線網再編計画策定のためのシステムモデルの開発を行った。本研究で提案したモデルは、運行可能バス台数と所要時間(距離)を制

約条件として輸送人員が最大となるように組み合わせ最適化問題として定式化した。そして、その解法にGAを用いる方法を提案した。このモデルの特徴は、路線網とバスダイヤを同時決定するところにある。すなわち、路線限定サブモデルで対象路線の限定を行い、路線網決定サブモデルで組み合わせ最適化問題を解くことにより、路線網とバスダイヤを同時に求める方法である。

また、簡単なモデルシミュレーションにより本モデルの推計特性を分析した。シミュレーション結果をまとめると以下になる。

(1) 使用可能バス台数を自由に設定でき、また、その使用可能バス台数以内で配車可能となる路線網と配車されたバスダイヤを明示できる。

(2) 求められた路線網のネットワーク全体での輸送可能旅客割合などを求めることができるため、積み残しなどの検討が容易にできることになる。

(3) 最適な路線網とバスダイヤならびに輸送可能旅客数を求めることができるため、配車されたバス1台あたりの乗車人数が推計できるので採算性の検討も可能である。

今後の課題としては、①乗り換えを扱っていない、②バスダイヤの折り返しを考慮していない、③着時刻指定のODをどのようにして入手するのか、という点が挙げられる。①については、現実のバス需要では乗り換え利用が存在するので、実際には乗り換え利用を考慮する必要がある。ここでは、計算の簡略化のために乗り換えODを考慮していないが、乗

り換えバス停選択モデルなどを組み込むことにより今後考慮する必要がある。②については、バスダイヤを考慮する上でバスの配車に関連する問題であり、今後考慮しなければならない。ただし本モデルでは、通勤時間帯の短い時間帯を対象としているので現実的には無視してもそれほど大きな問題はないものと考えられる。③については、実際に適用するために、外生的基礎データである着時刻指定のバス停間ODをどのようにして入手するかということが重要である。以上の点について、今後更なる改良を行っていくつもりである。

最後に、本研究を進めるにあたり金沢大学工学部教授川上光彦先生から貴重なコメントをいただいた。また、コメンティターの田村亨先生（室蘭工業大学）ならびに匿名の査読者から貴重なコメントをいただいた。ここに記して、感謝したい。

参考文献

- 1) 枝村俊郎、森津秀夫、松田宏、土井元治：最適バス路線網構成システム、土木学会論文報告集第300号、pp.95～107、1980年。
- 2) 藤田昌弘、稲村肇、須田熙：採算性を考慮したバス路線の決定、土木計画学研究・講演集No.8、pp.177～184、1986年。
- 3) 天野光三、銭谷善信、近東信明：都市街路網におけるバス系統の設定計画モデルに関する研究、土木学会論文報告集第325号、pp.143～154、1982年。
- 4) 天野光三、小谷通泰、山中英生：都市内公共輸送網の計画システムに関する研究、土木学会論文集第377号、pp.39～48、1987年。

バスダイヤを考慮した最適バス路線網再編計画策定に関する研究

高山純一、宮崎耕輔

本研究ではバス利用者の利便性を向上させるための方法として、バス路線網の再編に着目し、バスダイヤを考慮したバス路線網再編の新しい手法を提案する。具体的には、まず①目標到達時刻が既知のバス停間OD交通量（バス利用者OD）が与えられているという条件下で、バス利用者をしてできるだけ多く運ぶことができるように、運行可能バス台数と所要時間（各路線の所要時間、本研究では距離を用いる）を制約条件とした最適化問題として定式化する。次に、②この組み合わせ最適化問題の解法に、遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm）を用いて解く方法（最適な路線網とバスダイヤの同時決定を行うモデル）を提案する。

A study on Optimal Design of Bus Transportation Networks Considering The Best Bus Diagram

In order to increase bus trips in urban areas, it is important to improve the service level of bus systems.

In this paper, we propose a new method for optimal design of bus transportation networks by Genetic Algorithm. The characteristic of this method is to design the best transportation network by considering not only a set of bus routes but also a bus time table.
