

## コミュニティバスの路線網策定システムの構築\*

A method of optimization for community bus transportation network \*

高山純一\*\*・柳沢吉保\*\*\*・中野泰啓\*\*\*\*・加藤隆章\*\*\*\*\*

By Jun-ichi TAKAYAMA \*\*・Yoshiyasu YANAGISAWA\*\*\*・Yasuhiro NAKANO\*\*\*\*and Takaaki KATOU\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

都市内公共交通としてのバス交通は面的な交通サービスを提供する重要な交通機関である。しかし、近年の自動車交通の急速な普及により、バス交通の利用者数は年々減少しており、事業者側の運営状況は大変厳しいものとなっている。また、規制緩和の風潮を受け、国土交通省（旧運輸省）は平成13年度を目標に乗合バス事業の需給調整規制の緩和・撤廃を計画している。これによって事業者側の自由競争を促進し、沿線住民からの需要に対応した高サービス・低料金のバスシステムに転換することが期待されている。

また、高齢化・福祉社会の本格的到来を控え、公共交通システムもこれまでの量的拡大から人々の多様なモビリティに的確に対応するという質的充実が求められており、このような社会的要求から、いわゆるコミュニティバスの施策・導入が全国的にも増加傾向となってきた。そこで、コミュニティバスを対象とした研究として、山口ら<sup>1)</sup>は、全国で導入されているコミュニティバスのうち22地域の既存の54路線を対象として、バス停間隔や運行間隔・運行ルートといったバス交通のサービス改善のための提言を行っている。新田ら<sup>2)</sup>は、高齢者対応型バスに着目し、一般化時間を組み込んだ交通手段選択と需要予測を行っている。特に需要予測では、コミュニティバスの路線網を複数候補挙げて需要予測を行うのではなく、バス停までの徒歩時間、乗車時間、利用料金といった3つのサービスについて、レベルの異なるサービス条件を設定して、その条件ごとの需要予測を行っている。橋本ら<sup>3)</sup>は、路線候補を6路線挙げ、路線毎に通勤時と業務時を対象とした比較分析を行っている。特にここでは、最短移動時間算出モデルを用いて需要予測を行い、運行間隔を変化させ、コミュニティバスの費用便益も行うことによって、路線と運行間隔を検討している。秋山ら<sup>4)</sup>は、福祉送迎との融合、交通不便地域の解消、交通弱者の利便性向上などの観点から、予め路線を4通り

\*キーワード：交通網計画、公共交通計画、公共交通運用

\*\*正員、工博、金沢大学工学部土木建設工学科

(金沢市小立野2-40-20、TEL076-234-4613、FAX076-234-4632)

\*\*\*正員、工博、長野工業高等専門学校環境都市工学科

(長野市大字徳間716、TEL026-295-7140)

\*\*\*\*学生員、金沢大学大学院自然科学研究科

\*\*\*\*\*学生員、工修、金沢大学大学院自然科学研究科

設定し、それぞれに対して需要予測と費用便益分析を行っている。

その他にコミュニティバスに関するこれまでの研究は、主にアンケート調査を用いたコミュニティバス導入前後におけるコミュニティバスの評価（満足度評価）と需要予測が主体であり、コミュニティバスの路線を明確に決定する研究はあまり見受けられない。また、導入するための最適な路線網を決定する場合においても住民へのアンケート調査を利用して判断することが大半であり、理論的に決定する方法はあまり見られない。

そこで本研究では、コミュニティバスの路線網を理論的に策定するシステムの構築を目指す。特に住民の福祉的立場や地域の市街地活性化を重視した路線網の決定を行う場合を想定してシステムの構築を行う。ただし、この路線網最適化問題はコミュニティバスの路線網と運行スケジュールを同時決定する組み合わせ最適化問題であるため、解の探索が非常に困難である。そこで本研究においては遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithms, 以下GAと略す）を採用することによって、解の探索を比較的容易に行うこととする。なお、本研究ではGAを用いたコミュニティバスの路線網策定システムを構築するが、その適用の検証としては長野市（中心市街地）の実道路網を用いて検討することとする。

### 2. 路線網策定のための定式化

#### (1) 定式化のための条件

コミュニティバスの路線網を策定する際には、既存のバス路線（路線バスの路線網）と新設するコミュニティバスの路線とのバランスをいかにとるかが最も重要と思われる。また、従来の研究<sup>5)</sup>のように最短経路を運行する路線やバスの運搬ODが最大となる路線を対象路線網とする方法では、コミュニティバスとしての意義が薄れると考えられる。それは、一般的にコミュニティバスは交通弱者に対してやさしい運行形態、福祉的・補完的な運行形態をとる必要があるためである。

本研究では後者の「コミュニティバスの意義」について重点を置き、定式化を行うものとする。したがって、そのためには既存のバス路線との違いを出すと同時に、コミュニティバスとしての意義や特色を強調する必要がある。そこで、対象となる利用者を地域の全住民とするのではなく、

移動目的毎に住民を分類化し、各目的に沿った路線を決定していく。移動目的としては、①福祉目的、②市街地活性化目的、の2目的とした。また、住民を目的別に分類化するだけでなく、目的毎にコミュニティバスの主要拠点（バス停）を与えることによって、できるだけ1つのサービス（運行目的）に特化した路線網を決定することができるよう工夫する。

## (2) 定式化のための前提条件

上記の(1)を考慮して、本研究では、次の前提条件を設定する。

- ① コミュニティバスの路線網は福祉目的と市街地活性化（観光目的を含む）を目的としたものとする。
- ② 対象ネットワーク内でのコミュニティバスの発着点（起終点）やバス停は予め決定しておく。また、運行目的別に主要なバス停を複数箇所決定する。
- ③ 運行路線は必ず主要なバス停を通るものとする（この主要バス停はコミュニティバスの発着点とする）。
- ④ 着時刻指定の目的別バス停間OD（バス利用者のOD需要）が既知であるものとする。
- ⑤ バスの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。また、それを越えるODは運搬せず積み残しとして扱う。
- ⑥ バス台数は与えられているものとする。
- ⑦ 対象ネットワーク内のコミュニティバスのバス停はあらかじめ設定しておくものとする。また、バス停間隔はおおよそ200m～300mとする
- ⑧ 乗客の乗り換えは、その利便性を考慮して1トリップにつき最大1回までの乗り換えとする。
- ⑨ コミュニティバス路線網は循環型（巡回型）とする。
- ⑩ バスは終日、1路線のみを運行する。

## (3) 最適化問題の定式化

ここでも同様に、上記の(1)を考慮して、最適化問題を定式化する。

### a) 目的関数の決定

- ① 対象ネットワーク内でのコミュニティバスの目的別（福祉目的、市街地活性化目的）運搬OD交通量の最大化

$$T^{\tau} = \alpha \cdot \sum_i \sum_j \sum_k l_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k + \beta \cdot \sum_i \sum_j \sum_k m_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k + \gamma \cdot \sum_i \sum_j \sum_k n_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k + \delta \cdot \sum_i \sum_j \sum_k o_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k \Rightarrow \max. \quad (1)$$

- ② 乗客の平均所要時間の最小化

$$Z = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k l_{ij}^{\tau} \cdot \delta_{ij}^k \cdot a_n|_{i,j}}{\sum_i \sum_j \sum_k l_{ij}^{\tau}} \Rightarrow \min. \quad (2)$$

ここに

$Z$  : 乗客の平均所要時間（分）

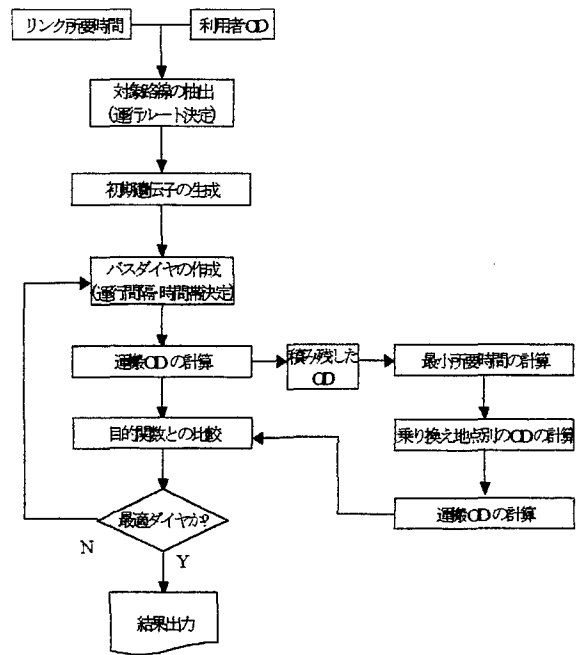


図-1 本研究におけるシステムの全体構成

- $l_{ij}^{\tau}$  : 高齢者の福祉目的時の対象時間帯 $\tau$ におけるバス停 $i$ からバス停 $j$ へのバス利用者数（バス停間 OD 交通量）
- $m_{ij}^{\tau}$  : 非高齢者の福祉目的時の対象時間帯 $\tau$ におけるバス停 $i$ からバス停 $j$ へのバス利用者数
- $n_{ij}^{\tau}$  : 高齢者の市街地活性化目的時の対象時間帯 $\tau$ におけるバス停 $i$ からバス停 $j$ へのバス利用者数
- $o_{ij}^{\tau}$  : 非高齢者の市街地活性化目的時の対象時間帯 $\tau$ におけるバス停 $i$ からバス停 $j$ へのバス利用者
- $\delta_{ij}^k$  : 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 $\delta_{ij}^k = 0$
- $a_n|_{i,j}$  : 乗客 $n$ が $(i, j)$ 間を乗車したときの乗り換え待ち時間を含んだ旅行時間（分）

$T^{\tau}$  : 時間帯 $\tau$ においてネットワーク全体の総交通需要（全 OD 交通量）

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$  : 係数

### b) 制約条件の決定

- ① コミュニティバスの運行ルート（路線網）は、同じバス停に停車しないようにする。
- ② コミュニティバスの運行ルートは、許容距離範囲内とする。

## 3. コミュニティバス路線網策定システムの概要

### (1) システムの全体構成

本モデルは、まず対象ネットワーク内の発着点ごとに許容距離以内の経路探索を行い、目的別の沿線 OD の多いも

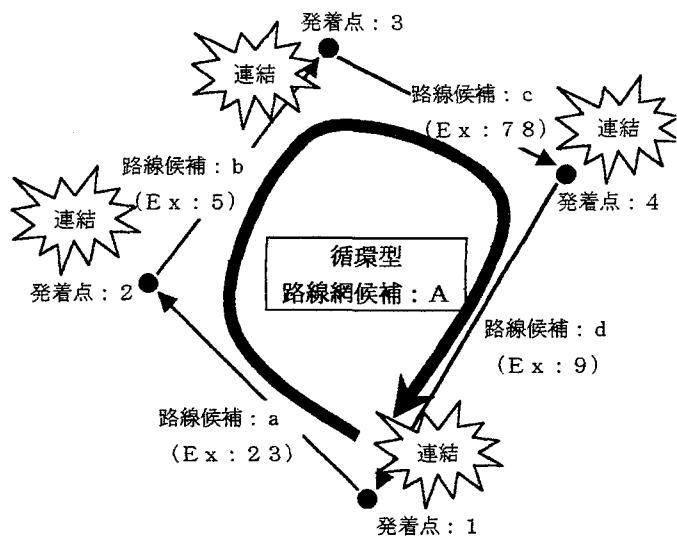


図-2 循環型路線網作成の例

のを対象路線候補として抽出するサブモデル（路線限定サブモデル）と、コミュニティバスの運行頻度に応じて、コミュニティバス利用者の乗り換え地点の決定を行うサブモデル（乗り換え地点決定サブモデル）、そしてGAを用いて最適コミュニティバス路線網と運行間隔を求めるサブモデル（スケジュール決定サブモデル）の3つのサブモデルで構成される。簡単なシステム全体のフローを図-1に示す。

## (2) 路線限定サブモデル

このサブモデルでは、リンク所要時間の情報をもとに、後述するスケジュール決定サブモデルのための対象路線をあらかじめ限定することで、計算負荷を少なくするとともに、迂回による長大路線を対象から外し、同時にある一定のOD運搬が見込める路線に絞り込むことを目的とする。

具体的には、各発着点を結ぶ系統のうち、最短経路から数えて第  $n$  番目までをピックアップする。従って、大幅な迂回を含む路線は対象から外れることになる。次に、ピックアップした路線候補の中から、対象路線の沿線に存在するODの合計が多い順に並び替えて第  $m$  番目までを新しくピックアップする。このピックアップされた路線候補には番号を付けて（以下路線番号と呼ぶ）、次節で述べるスケジュール決定サブモデル内で使用する路線とする。

ただし、このサブモデルでは各発着点を結ぶ路線を抽出しているため、発着点が同一となる循環型路線網を抽出するのは困難である。そこで複数の直線的な路線網（例えば、路線番号 23→5→78→9）を連結させることによって循環型路線網として表すこととする（図-2）。なお、前提条件②、③に挙げたように、運行目的毎に主要なバス停を設定し、主要バス停を必ず通過する路線網を抽出しなければならない。そのため、主要なバス停は発着点と扱うことで前提条件を満足するものとする。この主要なバス停の決定方法は第4章で述べる。

## (3) スケジュール決定サブモデル

ここでは路線限定サブモデルで得られた路線網と目的別コミュニティバス利用者ODを用いて最適なコミュニティバスの運行間隔・運行時間帯（始発時刻・終発時刻）を決定する。ただし、路線限定サブモデルでは発着点ごとの経路探索を行っているため、循環型のコミュニティバスの路線網を作成するには、許容距離以内で発地と着地が一致するように路線網を設定する。

具体的には、GAの考え方に従って次のような手順で進める。

1. 決められた人口サイズ分だけの遺伝子を初期世代としてランダムに発生させる。（尚、GAの遺伝子の設計方法については後の節で述べる）
2. 発生させた遺伝子に含まれる路線番号の情報と始発時刻に従って、発ノード、着ノード、経路ならびにバス運行時刻（運行間隔）を決定する。ただし前提条件④に挙げたように、各バスの運行路線は、終日1つのルートのみを運行することとした。
3. 作られたダイヤに対して、着時刻指定OD表から目的別の乗車人数を計算する。ここで計算されるのは、直達OD（乗り換えが生じないOD）のみである。
4. 手順「3」で運搬されなかったOD（乗り換えが必要なOD）について、乗り換え地点決定サブモデルにより乗り換え地点、乗車路線の選択、バス待ち時間、乗り換えOD（乗り換えをすることで目的地に到着できるOD）の計算を行う。
5. 目的関数（式(2)）を計算する。
6. GAのアルゴリズムにしたがって淘汰・交差・突然変異の遺伝子操作を行う。
7. 以上の操作を繰り返して、目的関数の更新が一定世代数の間で行われない場合、或いは世代数がある値（最大世代数）になったところで計算を打ち切る。

## (4) 乗り換え地点決定サブモデル

このサブモデルは、一度のバス乗車で目的地まで到達不可能なODや、バスが満車で乗車不可能なODを対象にして、一度だけの乗り換えを許可し、目的地まで利用者を到着可能にするサブモデルである（スケジュール決定サブモデルの手順「4」を参照）。また、本モデルでは、乗り換え時のバス停間の移動を許可していないため、乗り換えは同じバス停でしかできないものとしている。

ただし、本研究ではコミュニティバス同士での乗り換えしか考慮していない。そのため、異なる交通手段同士の乗り換え、例えば鉄道からコミュニティバスへの乗り換えといった場合は、駅の最寄りのバス停が発地（乗車バス停）となるように設定していることから、異なる交通手段同士の乗り換えは、本モデルでは考慮していない。

## (5) 遺伝的アルゴリズム (GA) の適用

本モデルは、路線の数ならびに始発時刻の設定などにより、解の候補が膨大な組み合わせとなるため、最適化、探

素アルゴリズムの一種である遺伝的アルゴリズムを援用して、近似解ながら効率的に解の探索を行うこととした。

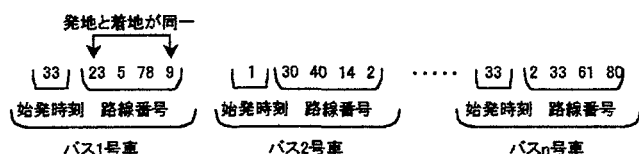


図-3 本モデルにおける遺伝子の設計方法

具体的には、設計変数である遺伝子の情報として、各バスの運行路線の情報（路線番号）と始発時刻をランダムに割り当てる。ここで、始発時刻にも番号を付けて割り当てることとした（例えば、7:00 発の始発時刻は始発番号「1」

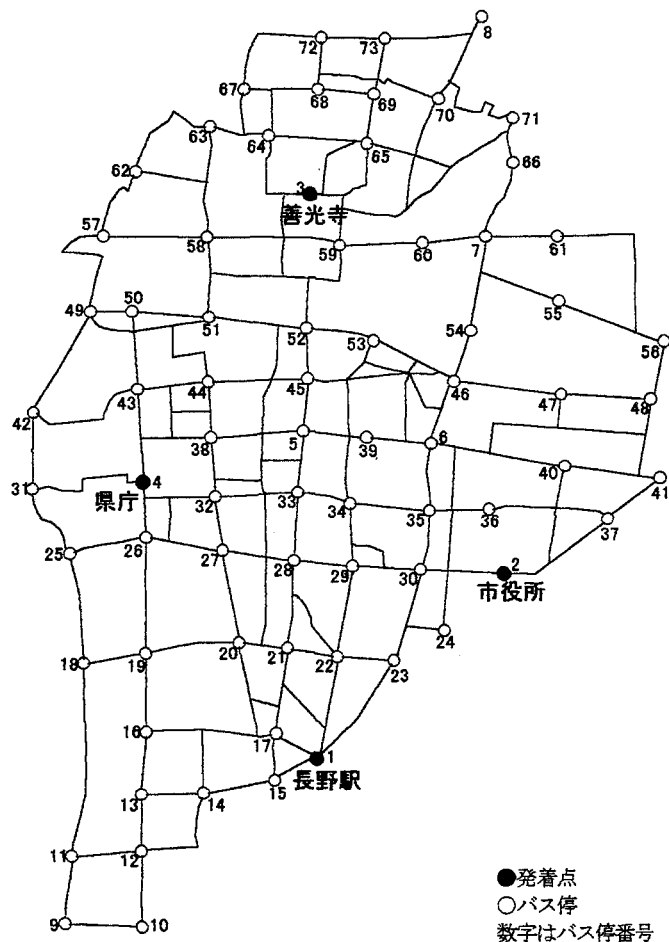


図-4 長野市中心市街地の対象ネットワーク図

とする)。運行路線の情報としては、停車するバス停番号、一周にかかる運行時間（バス停間の運行時間も含む）が含まれている。

また、各バスの1つ目の路線番号の発地と最後の路線番号の着地は同じノード（バス停）とすることにより循環型のコミュニティバス路線網が作成できる（図-2、図-3 参照。ただし図-2 の括弧内の番号は図-3 の路線番号を表している）。このように割り当てることで、1つの遺伝子列の上に複数のバスの情報をのせることができ、循環型のコミュニティバスの路線とダイヤ（始発時刻、運行間隔）を同時に決定することができる。

#### 4. 長野市中心市街地におけるケーススタディ

##### (1) 概要

本研究では、長野市中心市街地を対象とした実道路網ネットワークを作成して、コミュニティバスの路線網策定のケーススタディを行うことにより、本システムの有効性を検証する。

現在、長野市中心市街地では、平成12年4月から市内循環バスである「ぐるりん号」が運行されている。私たちの研究グループでは平成12年7月に市内循環バス導入後のRP調査を行った。

この市内循環バス導入後のRP調査は、市内中心市街地住民の交通行動特性の把握、コミュニティバスの利用特性の把握、コミュニティバスのサービス水準の把握等といったことを目的とした。具体的なアンケート調査における質問内容は、以下のような項目を設定した。

- ・ 中心市街地に来る目的（市内への流入目的）：選択してもらう項目として、通勤、通学、業務、散歩・気分転換、親戚友人宅への訪問、遊び、金融機関、観光、買い物、公共施設の利用を挙げた。
- ・ 市内循環バス導入前後の交通手段：選択してもらう項目として、自動車、自動二輪、鉄道、バス、コミュニティバス、自転車、徒歩を挙げた。
- ・ 市内循環バスの利用頻度
- ・ 市内循環バスの満足度：満足度の項目として、始発時間、終発時間、運行ルート、バス料金、運行間隔、バス停配置場所を挙げ、5段階で各項目の良否を判断していただいた。
- ・ 個人属性：性別、年齢、免許証の保有の有無等

そこで、このアンケート結果を用いて、運行目的別の着時刻指定 OD 表の作成を行うこととする。具体的には、本研究のコミュニティバスの運行目的で「福祉目的」の場合は、アンケート項目の「中心市街地に来る目的」の回答結果のなかから、「公共施設の利用」と回答したサンプルと、アンケート回答者の「個人属性」の「年齢」が「60才以上」と回答したサンプルを利用して福祉目的OD表を作成した。また、「市街地活性化目的」の場合は、アンケート項目の「中心市街地に来る目的」の回答結果のなかから、「金融機関（郵便局含む）」、「観光」、「買い物」、「遊び（飲み会、デート等）」と回答したサンプルを利用して市街地活性化目的OD表を作成した。

##### (2) 計算の実行条件

対象とする地域は、JR 長野駅、長野市役所、長野県庁、善光寺を中心とする（この4地点はバスの発着点とする）ネットワークで、コミュニティバスのバス停間隔は200～300m（前提条件⑦）とし、道路の幅員は6m以上を基本的に考慮した。ネットワーク図を図-4に示す。

OD 表は、前述したアンケート調査の結果を基にして、

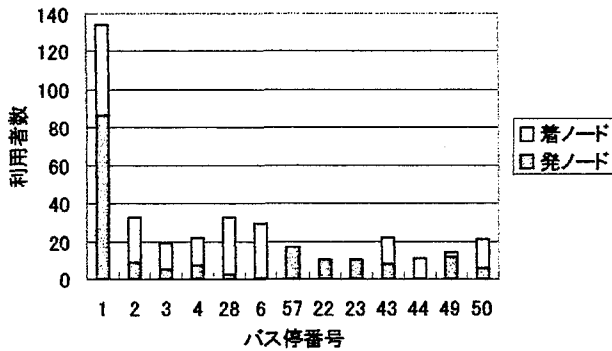


図-5 福祉目的における利用者数の多いバス停

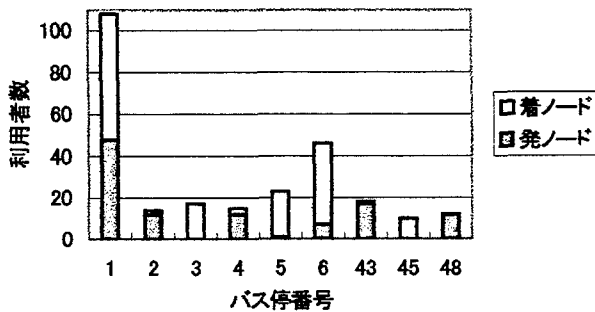


図-6 市街地活性化目的における利用者数の多いバス停

7:00～19:00 の 12 時間を対象に 30 分ごとの着時刻指定 OD 表を作成した。ここで着時刻指定 OD を用いたのは、利用者は目的地への到着予定時刻から逆算して、出発時刻を決定するものであるため、本研究で用いる OD 表は着時刻指定 OD 表とした。

次に、運行目的毎の主要バス停（長野駅<sup>1)</sup>、市役所<sup>2)</sup>、善光寺<sup>3)</sup>、県庁<sup>1)</sup>以外で、新たに設定する発着点候補の決定方法について述べる。主要バス停は、①乗降者の多いバス停、②バス停付近に運行目的と合致するような施設が存在するバス停、といった条件とする。ここで、「福祉目的」、「市街地活性化目的」時の利用頻度の高いバス停を図-5、図-6に示す。この結果より、「福祉目的」での主要なバス停としては、乗降者の多かったバス停番号「28」、「6」と、付近に病院が点在していたバス停番号「57」の3箇所とする。また、「市街地活性化目的」での主要なバス停は、乗降者の多かったバス停番号「5」、「6」、さらに、「市街地活性化目的」には観光の目的も含んでいるため、善光寺からもっとも近い、地下鉄善光寺下駅付近のバス停番号「7」、城山動物園や公園、美術館などにもっとも近いバス停番号「8」の4箇所を発着点の候補とする。

次に GA の実行条件であるが、本研究では乗客の平均所要時間の最小化を目的関数としている。また目的別運搬 OD の最大化、言い換えれば積み残しの OD の最小化も同時に図っている。そのため積み残し OD が多大に発生した場合、遺伝子情報にペナルティを課すことで、GA の操作の1つで

ある淘汰によって、次世代に残らないようにしている。したがって、平均所要時間が減少しても積み残し OD が多く発生する場合はその遺伝子は解として採用しないようにしている。更に、遺伝子の情報として始発時刻を採用していることから、始発時刻が非常に遅い場合、例えば始発時刻

表-1 路線数別の運搬 OD の変化（福祉目的）

| 路線数  | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 運搬OD | 63 | 89 | 118 | 126 | 135 | 156 | 152 | 150 | 160 | 174 |

表-2 路線数別の運搬 OD の変化（市街地活性化目的）

| 路線数  | 1  | 2  | 3  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 運搬OD | 39 | 74 | 98 | 115 | 134 | 139 | 136 | 160 | 174 | 184 |

表-3 路線網の特性（福祉目的）

| 路線網数    | 1    | 2     | 3    | 4    |
|---------|------|-------|------|------|
| 路線番号    | 1    | 2     | 3    | 4    |
| 始発時刻    | 8:30 | 10:00 | 7:30 | 8:30 |
| 運行距離(分) | 33   | 36    | 39   | 52   |

表-4 路線網の特性（市街地活性化目的）

| 路線網数    | 1    | 2    | 3    | 4    |
|---------|------|------|------|------|
| 路線番号    | 1    | 2    | 3    | 4    |
| 始発時刻    | 7:30 | 8:00 | 9:00 | 7:30 |
| 運行距離(分) | 25   | 31   | 25   | 19   |

が 18:00 の場合にも、遺伝子情報にペナルティを課し次世代に残らないようにしている。

また、GA の操作の1つである淘汰・増殖には「ルーレット方式」を採用し、交差には「1 点交差」を採用した。

このケーススタディにおける計算の実行条件は次の通りである。

- ・ コミュニティバス運行時間：7:00～19:00
- ・ コミュニティバス路線の発着点：4 地点（JR 長野駅西口（バス停番号 1）、長野市役所（バス停番号 2）、長野県庁（バス停番号 4）、善光寺前（バス停番号 3））
- ・ 「福祉目的」時の発着点に、3 箇所のバス停（28、6、57）を加える。「市街地活性化目的」時の発着点に、4 箇所のバス停（5、6、7、8）を加える。
- ・ バス停間隔：200～300m 以内
- ・ 運行時間の許容範囲：60 分以内
- ・ バス台数：適宜（1～10 台程度）変化させる
- ・ 乗車定員：40 人
- ・ 乗車料金：全区間 100 円

また、GA における実行条件としては、

- ・ 世代数：最大 200 世代
- ・ 遺伝子数：100
- ・ 交差率：0.6
- ・ 突然変異率：0.15

### (3) 路線網策定の結果

#### a) 福祉目的時の路線網

表-1 に運行路線数ごとのコミュニティバス運搬 OD の結果を挙げる。その結果を比較してみると、一路線（バス台数）増えるごとに多少ではあるが運搬 OD も増加している。しかしながら路線網が 4 路線を超えたところからは増加は

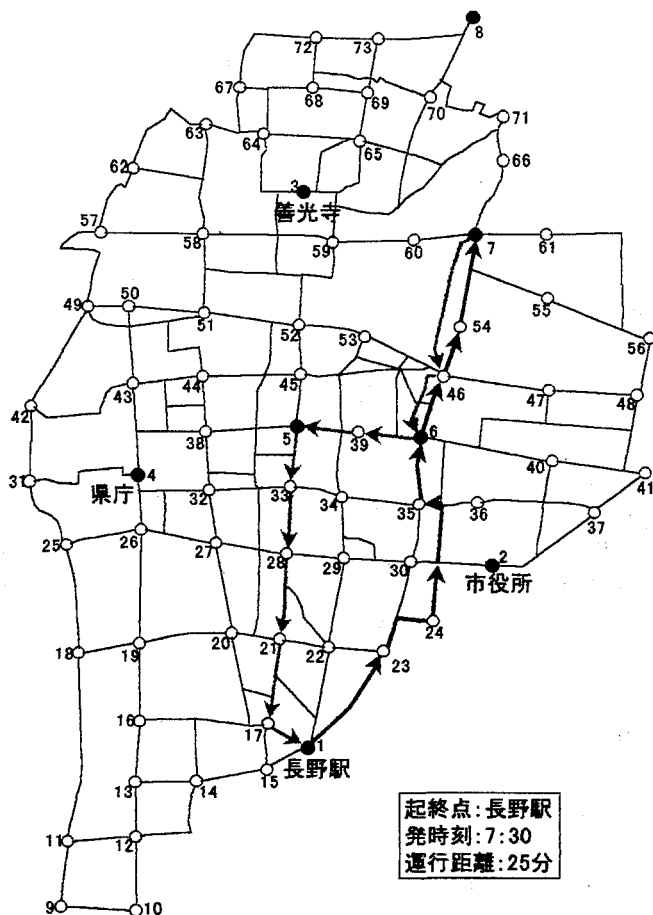


図-7 路線数1の場合の路線網

僅少であり、路線数6~8に至っては、運搬ODは減少を示す結果となった（路線数が4路線までは1路線あたり運搬ODが30なのに比べ、5路線以降は20もしくはそれ以下になっている）。

#### b) 市街地活性化目的時の路線網

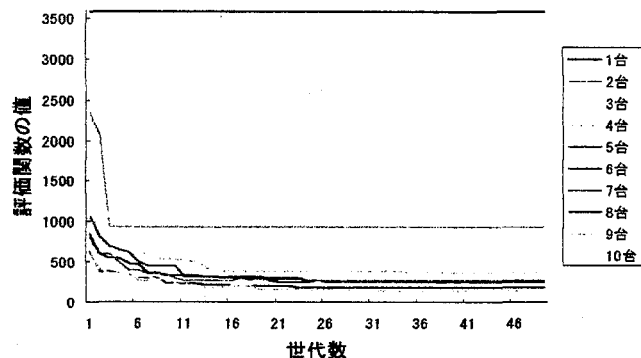


図-9 評価関数の収束状況

ここでも、運行路線数ごとにコミュニティバスの運搬ODを比較してみると、一路線増えるごとに多少ではあるが運搬ODも増加している。しかしながら路線網が5路線を超えたところからは増加は僅少であり、路線数6、7に至っては、運搬ODは減少している（表-2）。

ここで両目的に対して当てはまることであるが、同一地区内において数多くの路線を策定してコミュニティバスを運行したとしても、無駄な路線網が増えるだけで事業者側にとって効率の良い路線網の策定にはならないと考えられる。そのため、比較的運行効率が良いと考えられる路線網数1~4の路線特性を表-3、表-4に挙げる。

表-4の市街地活性化目的時の結果を例として挙げると、ほとんどの路線網で始発時刻は早い時間帯に集中している。これは着時刻指定OD表に使用したサンプルで通勤通学目的のサンプルの要因が比較的大きく現れた結果である。また、コミュニティバスはバス停番号1の長野駅やバス停番号7の地下鉄善光寺下駅付近を通っているため、鉄道利用者の“足”として利用される可能性が高いと考えられる（図-7、図-8）。最後に市街地活性化目的時におけるGAの評価関数の収束状況を図-9に示す。路線網数が1の場合は、局所解に陥っているが、その他は路線網と始発時刻の組み合わせ数が多いために、ある一定の値に収束しているのが判る。

#### 5. おわりに

本研究では、まずコミュニティバスの運行目的を明確化することによって必要以上の路線長の回避が行え、対象となる利用者にとって利便性の高い路線の選定が行えたことや、運行目的を変えることによって、バラエティに富んだ

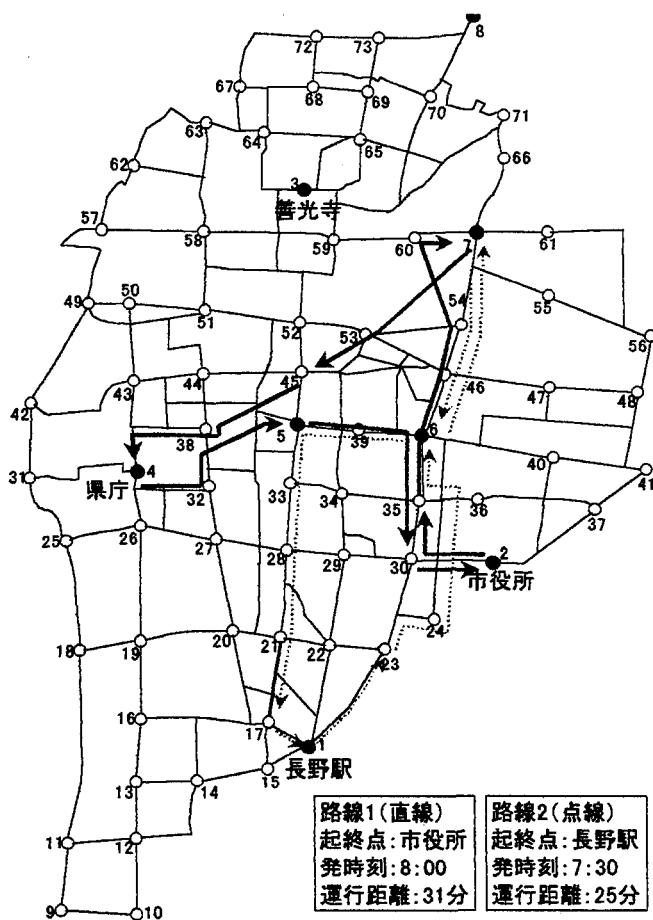


図-8 路線数2の場合の路線網

路線網が策定できるようになったことが成果として挙げられる。次に、前述したアンケート調査において長野市の中心市街地住民や付近住民は、コミュニティバスの始発時刻に深い関心を示していた。そこで路線網策定に際し、始発時刻を考慮することによって、利用者にとっては魅力ある公共交通システムが構築できたと考えられる。

今後の課題としては、コミュニティバスのバス停をネットワーク上に配置する方法が明確に決まっていないことが挙げられる。コミュニティバスの運行ルートはバス停の配置によっても大きく変化してくるため、今後はバス停の最適配置計画を行わなければならない。

次にシステム上の問題として、現在スケジュール決定サブモデルにおいて、1つの路線に対してバス1台しか運行していないことが挙げられる（ただし、計算上、運行路線が重複してしまい、1つの路線に複数のバスが運行された場合もあった）。実際には、一つの路線網に対して複数台のバスを運行させることによって、一周にかかる時間が長くても運行間隔は短くなり、利用者にとって利便性の高い輸送システムとなっている。そこで今後は運行間隔とバス台数の関係を明確化し、本システムに反映させていきたい。

また、本研究でのコミュニティバスの運行目的は「福祉目的」と「市街地活性化目的」の2つを取り上げた。しかしコミュニティバスの運行目的はこれだけではなく、様々

な目的があると考えられる。そのため、他の運行目的においてもモデルが適用できるか検証を行わなければならない。

今後は以上の点を考慮したシステムの開発が求められる。

#### 【参考文献】

- 1) 山口隆之・浅野光行：地域特性を考慮したコミュニティバスの導入促進に関する研究,都市計画論文集, No.34, pp985-990, 1999.
- 2) 新田保次・都君燮・森康男：サービスレベルに応じた高齢者対応型バスへの転換需要予測に関する研究,都市計画論文集, No.33, pp.211-216, 1998.
- 3) 橋本浩史・徳永幸之：通勤および業務需要から見た都心部循環バスシステムの検討,土木計画学研究・講演集 Vol.22(1), pp.487-490, 1999.
- 4) 秋山哲男・小沢達也・大久保博・山岸勇一・丸山敦史・荒木俊博：三鷹市におけるコミュニティバスの導入について,土木計画学研究・講演集 Vol.21(2), pp.823-827, 1998.
- 5) 高山純一・塩土圭介：乗客の乗り換えを考慮した最適バス路線網計画策定システムの構築, 第53回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第IV部, pp.744-745, 1998.

---

## コミュニティバスの路線網策定システムの構築\*

高山純一\*\*、柳沢吉保\*\*\*、中野泰啓\*\*\*\*、加藤隆章\*\*\*\*\*

近年、全国的にコミュニティバスの施策・導入が増加している。そこで本研究では、住民の福祉的立場や地域の市街地活性化を重視したコミュニティバスの路線網を理論的に策定するシステムの提案を行う。出力された路線網に対して非集計ロジットモデルによる需要予測と費用便益分析を行うことによって、最適な路線網を抽出する。なお、路線網と運行スケジュールを同時決定する組み合わせ最適化問題であるため、本研究では遺伝的アルゴリズムを援用することとした。また、長野市中心市街地の実道路網を用いて、システムの適用性を検討する。

---

## A method of optimization for community bus transportation network \*

By Jun-ichi TAKAYAMA \*\*・Yoshiyasu YANAGISAWA\*\*\*・Yasuhiro NAKANO\*\*\*\*and Takaaki KATOU\*\*\*\*\*

The policy and the introduction of community bus are increasing across the country in recent years. We propose the system to optimize community bus transportation network that esteemed the city area vitalization of the position and area of the welfare of the resident with this research. We do demand prediction and cost benefit analysis, to decide an optimal route network. So this study is used Genetic Algorithms (GA) in order to search for optimal solutions. We probe the validity of this system that adopt the real network by using traffic network of Nagano city.

---