

# 主要施設の移転に伴うバス路線網再編システムの構築

## Construction of planning system for the bus route network associated with the move of a main institution

高山純一\*\* 中山晶一郎\*\*\* 加藤隆章\*\*\*\* 原口友心\*\*\*\*\*

By Junichi TAKAYAMA Shoichiro NAKAYAMA Takaaki KATO Yushin HARAGUCHI

### 1. はじめに

都市公共交通としてのバス交通は、都市内およびその近郊において面的な交通サービスを提供するなど、きわめて重要な役割を担っている。しかし、近年の自動車交通の急速な普及に伴い、バスをはじめとした公共交通の利用者は年々減少を続けており、その運営状況は大変厳しいものとなっている。しかし、公共交通としてのバス交通の重要性を考えると、バス交通を整備し活性化させることが必要である。

そこで本研究では、バス交通活性化のための利用者から見た最適バス路線網計画策定システムの提案を行い、長期的に都心軸を形成する交通システム(シティ・ライナー)を検討している金沢市において、ケーススタディを通じてその有効性を検証する。

### 2. バス路線網再編のための定式化

#### (1) バス利用者・事業者におけるバス交通行動

最適バス路線網計画の定式化の先立ち、バス利用者並びにバス運営者におけるバス交通行動について考察する。

乗客のバスの選択には、色々な要因があるが、バスの利便性の評価要因としては、次のようなものが

考えられる。<sup>1)</sup>

- ・ バスの時刻表どおりの運行(定時性)
- ・ バス利用者の乗り換えの回数
- ・ バスの混雑度
- ・ バスの料金
- ・ 到着したい時刻に運行されていること
- ・ バス停施設の充実
- ・ バスの運行頻度
- ・ 所要時間

すなわちバス利用者にとって、望ましいと思われるバス路線のあり方は次の通りである。

1) 利用したい時間にバスが運行されていること。すなわち、ODが存在する場合はもれなく輸送されること。

2) 乗り換えは基本的にはせず、やむを得ない場合でも少ない回数で乗り換えること。

3) 混雑度は、ある上限(定員)以上にならないこと。

また、ネットワーク上のあらかじめ定められたバス路線を利用者が選択して乗車する際、乗り換えが生じない路線が望ましいが、目的地を通る直通路線が存在しない場合は、できるだけ少ない乗り換えを行って目的地に到着する。この場合、乗り換え地点が複数挙げられる場合は、乗り換えを経て目的地に到着するのに出来るだけ便利な地点、すなわち乗り換え待ち時間を含んだ総所要時間が少ない乗り換えバス停並びに路線を選択するものと考えられる。

バス事業は、その経営形態(公営、民営)を問わず採算性を重視しており、特に利用者が減少を続けている昨今では、より効率の良い輸送をしなければならない。

バス事業者から見た最適バス路線網計画に関する要因には、次のように考えられる。

- ・ バス路線の長さ

\*キーワード: バス路線網再編, 遺伝的アルゴリズム

\*\*正会員 工博 金沢大学工学部土木建設工学科 〒920-8667  
石川県金沢市小立野 2-40-20 (TEL)076-234-4613(FAX)076-234-4632 E-mail [takayama@t.kanazawa-u.ac.jp](mailto:takayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*正会員 博(工) 金沢大学工学部土木建設工学科

E-mail [snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp](mailto:snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*\*正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 〒206-8550  
東京都多摩市関戸 1-7-5 (TEL)042-372-7925(FAX)042-372-6394

\*\*\*\*\*学生会員 金沢大学大学院自然科学研究科環境基盤工学専攻

- ・ バス台数の上限
- ・ バス運行時間帯
- ・ 運転士の人数
- ・ バス全体の総走行距離
- ・ バス1台当たりの乗車密度(採算性)

したがって、運営者にとってはできるだけ運行効率を下げないような路線を設定する必要があり、その観点から長大な迂回を含む路線は設定できない。またバス台数を過剰に投入することは、運転士の人件費等を考慮すると非現実的である。

## (2) システムの前提条件

効率的な解の探索のために必要であろうと思われる前提条件、またバス利用者側とバス事業者側のバランスがとれているであろうと思われるシステムの前提条件を以下に挙げる。<sup>2)</sup>

- 1) バスの起終点はあらかじめ決定しておく。また、これらの起終点を結んだシステムを設定しておくこととする。
- 2) 着時刻指定のバス区間 OD(バス利用者の OD)が既知であるものとする。
- 3) バス1台あたりの乗車可能人数は与えられているものとする。また、それを超える OD は運搬せず積み残しとして扱う。
- 4) 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。
- 5) バスの1台当たりの最低乗車人数を与えておき、沿線 OD がそれ未満ならバスを回送させる。
- 6) バスの回送は続けて行わないものとする。(連続した場合は、2回目の回送を待機とする)。
- 7) バスの折り返しや待機、運転士の交代は発着点(起終点)で行うものとする。

## 3. バス路線網再編モデルの概要

### (1) モデルの構成

モデルは、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、距離の制約条件を満たし、かつ沿線 OD の多い第 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、運行頻度に応じて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)、GA を用いて最適バス路線網と運行スケジュールを求めるサブモデル(スケジュール決定サブモデル)、運転士の勤務、配置を決定させるサブモデル(運転士決定サブモデル)の4つのサブモデルで構成される。システム全体のフローチャートを図-1に示す。<sup>3)</sup>

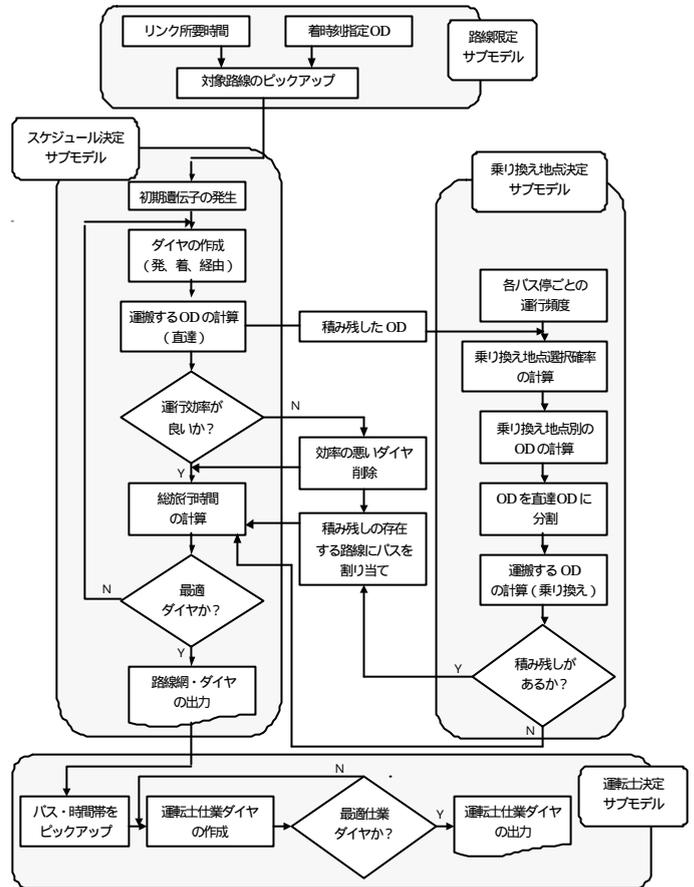


図-1 バス路線再編モデルのフローチャート

### (2) 路線限定サブモデル

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、より現実的な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。したがって、大幅な迂回を含む路線は対象から外れることになる。

### (3) 乗り換え地点決定サブモデル

利用者が乗り換えを行う際には、そのバス停におけるバスダイヤが大きく影響を及ぼしている。しか

しながら、バスダイヤは、以下で述べるスケジュール決定サブモデルにより決定される。したがって、スケジュール決定サブモデルでの情報をもとにして乗り換え地点を選択することにする。具体的には、次の手順にしたがって、乗り換え OD の計算までを行う。

運搬 OD (乗り換えの必要な OD) の計算については、1つの (i, j) という OD ペア間を乗り換えバス停 k で (i, k) (k, j) の 2 つの OD ペアに分割することにより、直達 OD として処理する。また、乗り換え地点の決定の後、再度 OD の配分を行うが、ここで積み残しが出た場合には、運行効率の悪いダイヤを削除して、余りが生じたバスをその路線に割り当てることで、運行効率の向上と積み残しの解消を図るものとする。

#### (4) スケジュール決定サブモデル

路線限定サブモデルで抽出された路線を対象に、あらかじめ与えられた台数分のバスの運行スケジュールを決定するサブモデルである。

具体的には、GA の考え方に従って、次のように進める。

- 1) 決められた人口サイズ分だけの遺伝子 (0-1 型) を初期値として発生させる。
- 2) 発生された路線番号の情報に従って、着ノード、経路ならびにバス発車時刻 (発車待ち時間) を決定する。ここで、各ダイヤの発ノードは、始発のみと件としている。
- 3) 作られたダイヤについて、着時刻指定 OD 表を基に乗車人数を計算する。なお、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) 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より、乗り換え地点、乗車経路選択、乗り換え OD の計算を行う。
- 5) 各ダイヤの路線の OD が最低乗車人数以下ならばバスを回送させる。また、回送が続いた場合、回送を待機に変更して、バスが通常運行するまで待機させる。
- 6) 評価関数  $Z = (\text{乗客の平均所要時間})$  を計算する。
- 7) GA のアルゴリズムに従って、淘汰、交差、突然変

異の遺伝子操作を行う。

8) 2) ~ 7) の操作を繰り返し、評価関数の更新が一定世代数の間で行われない場合、あるいは世代数がある値になったところで計算を打ち切る。

## 4. 金沢市におけるケーススタディ

### (1) 概説

ここでは、金沢市におけるバス交通活性化のための計画のあり方について、ケーススタディをもとに考察する。具体的には、県庁移転に伴い、バス路線再編が実施されたことにより、ここで提案した最適バス路線網策定システムを適用し、その妥当性と有効性を検証する。

### (2) 計算の実行条件

金沢市街地を中心とするネットワークで計算を行う。ネットワーク図を図-2 に示す。

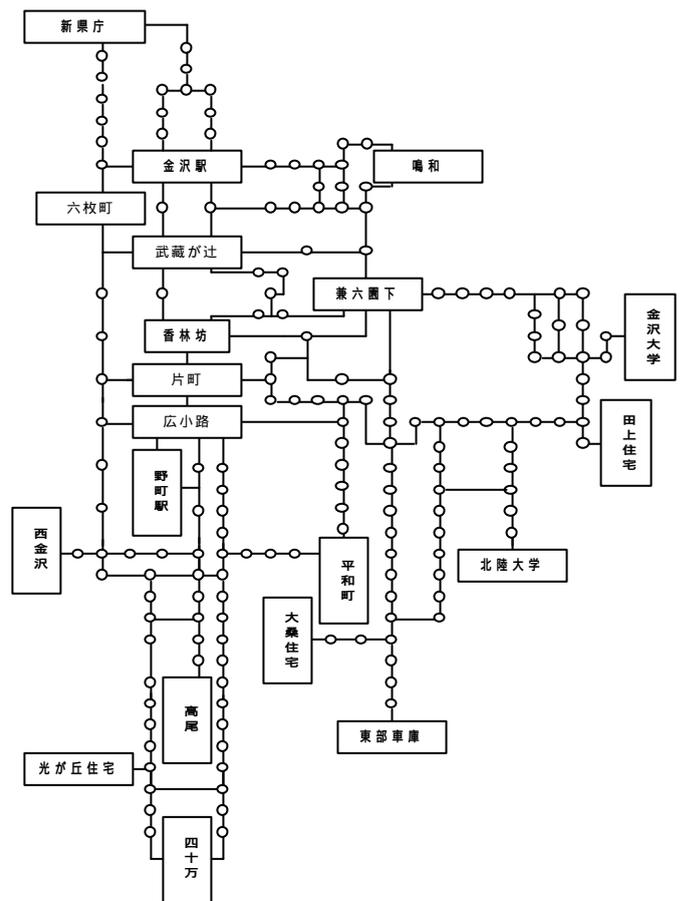


図-2 対象ネットワーク図

### (3) 計算結果とその考察

路線限定サブモデルにより、バス運行のための対

象路線の抽出を行った。金沢大学から金沢駅間の現在の路線を図-3，バス会社案による路線を図-4，路線限定サブモデルによるバス路線を図-5 に示す。図において，円はバス停を示し，灰色の円は発着点になりうるバス停を示している。このモデルにおいては，考えられるすべての経路から，まず迂回による長大路線を削除して，次に運搬できる OD (路線の沿線に存在する OD) が少ない路線も除去する。最終的には，対象路線を各系統 (同じ発着点で経路が異なるノードペア) ごとに第 n 経路まで探索した。その結果，大幅な迂回を含む路線は除去され，バスの運行効率を大きく妨げないような対象路線候補が抽出された。またバス会社の案と同様のバス路線が抽出されると同時に，それ以外のバス路線も抽出された。

新規バス路線に関しては，都心部を通る路線が増加し，県庁付近でのルートが異なる路線が見られ，さらには県庁までの所要時間を考慮した，兼六園下経由の路線も抽出された

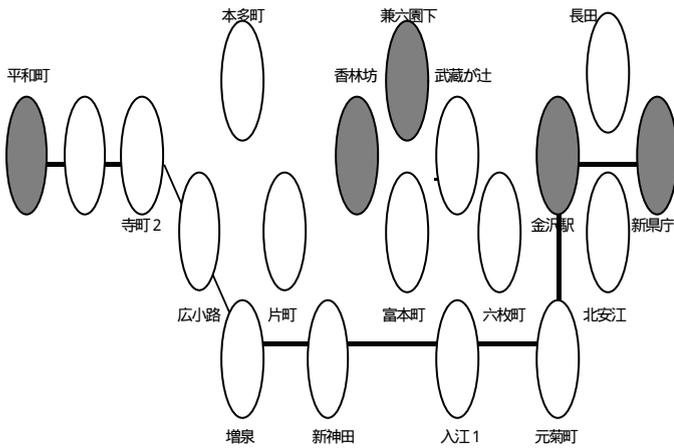


図-3 現在のバス路線

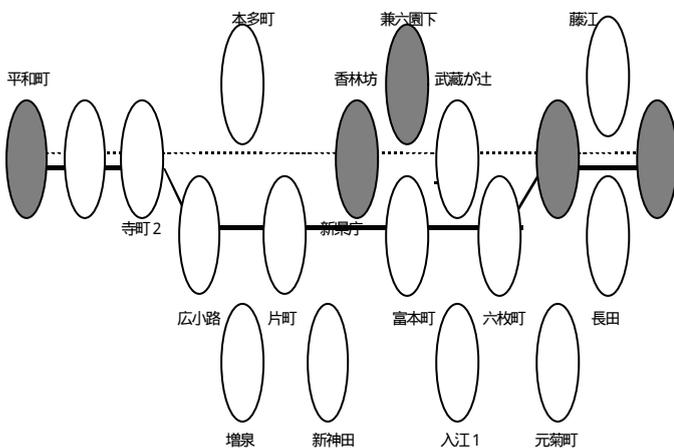


図-4 バス会社案のバス路線

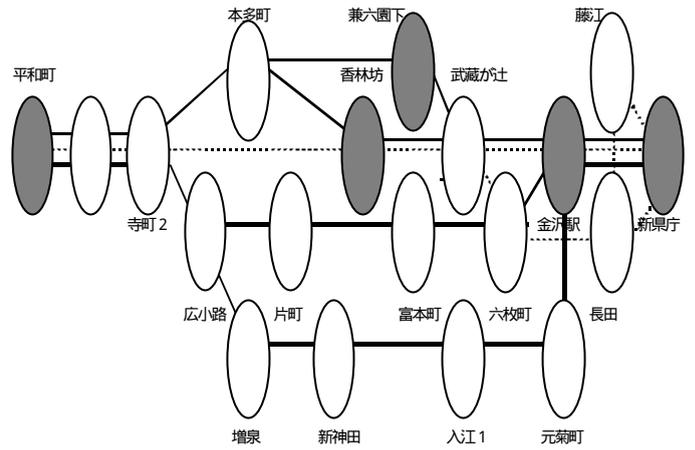


図-5 路線限定後に抽出された端末バス路線

## 5. おわりに

本研究では，路線バスのサービスレベル向上を目的に，バス利用者の利便性とバス事業者の運行効率の両方を考慮した最適バス路線網再編計画検討システムの構築を行った。研究成果をまとめると次のようになる。

- 1) 乗り換え需要を考慮することによって，より現実的なバスダイヤを作成することができるようになった。
- 2) 利用者の利便性 (平均所要時間の最小化，積み残し OD の最小化) とバス事業者の運行効率のバランスを考慮することができるバス路線網再編計画検討システムの構築を行った。
- 3) 本研究で構築されたモデルの計算結果と，実際のバス会社の案との整合性を検証することが出来た。

## 参考文献

- 1) 高山純一・塩土圭介・宮崎耕輔：運行スケジュールを考慮したバス路線網最適化計画策定システムの構築，都市計画論文集，No.32，pp.547-552，1997.
- 2) 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 部，pp.744-745，1998.
- 3) 高山純一・加藤隆章・中野泰啓・原口友心：運転士勤務時間を考慮したバス路線網計画策定システムの構築，土木学会中部支部，平成 12 年度研究発表会講演概要集 pp.363-364，2001.