

デマンドバス配車アルゴリズムの開発

松下電器産業(株) 正 員 ○城島 航也

京都大学大学院 フェロー 飯田 恭敬

京都大学大学院 正 員 倉内 文孝

1. はじめに

近年のモータリゼーションの進展に加え、改正道路運送法が施行されバス事業の規制緩和が始まったことにより、バス交通は存続の危機に立たされている。このような中で、人々の移動する権利を保障するための公共交通のあり方を考えていかなければならない。本研究では、現在高齢者障害者等の移動確保として利用されているデマンドバスサービスに着目し、一般乗客サービスへの適用可能性を検討することを念頭におき、その評価システム構築のためのデマンドバスの配車アルゴリズムを開発することを目指す。

2. デマンドバス配車アルゴリズム

(1)モデル化のための前提条件

本研究で考えるデマンドバス配車アルゴリズムにおける前提条件は以下のとおりである。

- ① 予約先着順にデマンドを割り当てる、
- ② バス停にて乗車・降車する、
- ③ 配車システムは乗客の希望乗車時刻に近くかつ最短所要時間に近い割り当てを選択する、
- ④ 配車システムは乗車予定時刻および降車予定時刻を乗客に知らせる。ただし、乗客は、乗車予定時刻、降車予定時刻ともに $\pm a$ 分の遅延については許容している、

また、今回のケーススタディでは、簡単のため以下の仮定を設定している。

- ① 乗客は提示されたサービス(乗車予定時刻、降車予定時刻)を必ず受け入れる、
- ② ネットワーク上のバス停間の所要時間は既知であり、一定である。

(2)配車アルゴリズム

本研究で対象としているデマンドバスの配車問題は、巡回セールスマン問題(TSP)として考えることができる。TSPは、NP-Hard問題であり、一般的には遺伝的アルゴリズムなど heuristic な手法を用いて解を求めることが多い。しかし、本研究で対象としているデマンドバスの配車においては、一度受け付けた予約については、乗客が許容する時間範囲外に変

更することができない。探索すべき実行可能空間が小さくなるため、本研究では総当たり法を基本として計算を進めることとした。

バスの巡回ルートは、ノード番号の順列として表現し、各巡回地点に対してプラスタイムウィンドウ、マイナスタイムウィンドウの属性を設定する。バスはこのタイムウィンドウ内に指定されたノードを通過しなければならない。また、複数のバスに対応するため、バスの切れ目を表すダミーノードを導入している。すなわち、もし n 台のバスを用いた割り当てを考える際には、初期順列として、 $n-1$ 個のダミーノードを持つものを用いる。同様に、バスが決められた時間ごとにあるバス停に帰ってくるようなケースや、あらかじめ基本ルートが指定されているようなケースについても、初期順列を指定することによって柔軟に対応可能である。

以下に本研究で採用したデマンドバスの配車アルゴリズムを説明する。

① デマンド発生と各可能代替案への割り当て: 今までのデマンドに対応可能な代替案に対して、順列の隙間に、新たなデマンドに対応したノードを挿入した代替案集合を作成する。

② 実行可能タイムウィンドウの計算: 各代替案が実現可能かどうか吟味する。新たに挿入されたノードを巡回してもすでに割り当てられたノードのタイムウィンドウを満たすことができるかを調べる。そのような代替案について、乗車可能時刻、降車可能時刻を記録する。

③ 予定出発・到着時刻の計算: 代替案集合の中から、利用者の希望時刻との乖離が最も小さくなる代替案を選び、新規デマンドの乗車バス停・降車バス停における乗車予定出発時刻・降車予定時刻を決定する。

④ 代替案集合の更新: 乗車予定時刻、降車予定時刻より乗車ノード、降車ノードのタイムウィンドウを設定し、実行可能代替案集合を更新する。

キーワード: 公共交通, デマンドバス, 配車配送計画

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (Tel:075-753-5126, Fax:075-753-5907)

3. ケーススタディ

(1) 計算条件

ケーススタディは、1辺の所要時間が3分の6 x 6格子型の仮想ネットワークで行った。インプットデータとして、(a)発生デマンド、(b)運行するバスの台数、(c)Acceptable Delay Margin (α)、(d)運行形態(フリー運行と往復運行)を操作して考察する。(c)は、前述の α である。また、(d)の運行形態について、フリー運行はバスの運行に何の制約も設けないケースであり、往復運行は、1時間おきに特定のバス停間を往復させるケースを想定している。

計算結果を評価する評価指標として、バスサービス事業者の側面からは総走行時間を採用する。また、利用者の側面からは、各利用者に関して乗車希望時間に出発し最短所要時間経路を利用した場合の到着時刻と、割り当て結果により得られたものの差を計算し、その総和をとった総乖離時間と、各利用者の乗車時間の総和を用いる。

そのほか、計算条件として、12時間のサービス時間を前提とし、また総デマンドとして50デマンドを発生させている。これらのデマンドの希望乗車時刻、ODなどは一様乱数を用いて発生させている。なお乱数の影響を考慮するため、10個のデマンドパターンを作成して計算を実施し、それら10ケースの平均をもって評価する。

(2) 計算結果

各ケースにおける総走行時間を比較したものを図1に示す。バス台数が増えれば総走行時間は増加しているが、特にフリー運行の場合、バスを1台から2台に増やしても総走行時間は1.5倍弱しか増加しておらず、各バスが効率的な運行を行っていることがわかる。また、どのケースでも、Acceptable Delay Margin による影響はほとんどみられなかった。そのため、総走行時間の観点からいえば、利用者へ提供するサービスレベルを向上させるために Acceptable Delay Margin を小さくしても、事業者のコスト増加にはつながらないといえる。

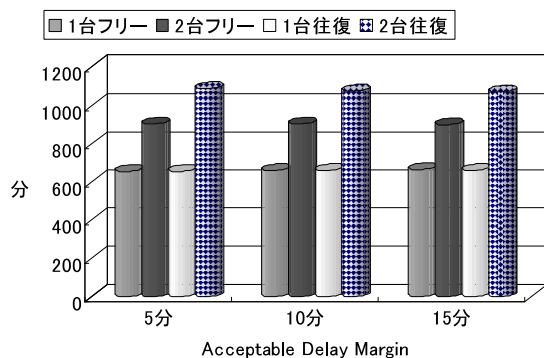


図1 バス総走行時間

利用者の総乖離時間の、各ケースの計算結果を図2に示す。バスが1台のとき、2台のとき共に、Acceptable Delay Margin を大きくとることによって利用者の総乖離時間は減少するという一見矛盾した結果を得ている。これは、利用者に知らせた予定時刻から許される乖離を大きくとることによって、既に受け付けられたデマンドによる制限が緩和されるために、全体としてはかえってサービスレベルが向上することを示している。運行形態ごとのバスの台数による違いを比較すると、運行形態に関わらず、バスの台数を1台から2台に増やすことによって、総乖離時間は半分以下に大幅に減少し、利用者の希望時刻にかなり近い時刻でサービスを提供することが可能となることがわかる。

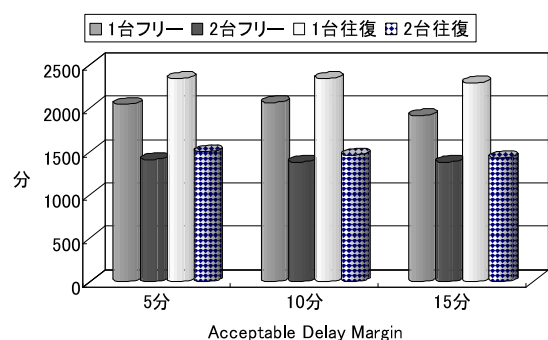


図2 総乖離時間

各形態のデマンドパターンのばらつきによる総乖離時間の変動を考察したところ、バスが1台のときと比べて2台のときのほうがデマンドのばらつきによる総乖離時間の変動が小さくなる、つまりバスの台数1台から2台に増やすことによって、より安定したサービスが提供できるようになるといえる(図3)。

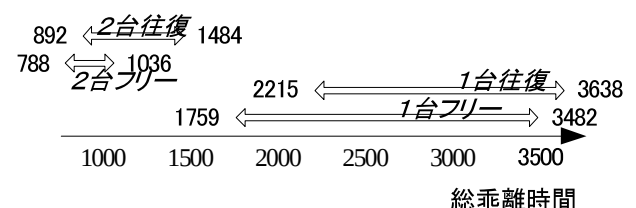


図3 総乖離時間の最小値, 最大値($\alpha=10$ 分)

4. おわりに

本研究では、デマンドバスの配車アルゴリズムを開発した。それを用いたモデルによるデマンドバス導入の検討では、Acceptable Delay Margin を大きくとることによって結果的に利用者のサービスレベルが向上すること、バス台数を増やすことによりサービスレベルやその安定性が大幅に向上することが明らかとなった。今後デマンド発生が偏ったケースや実際のネットワークへの適用、路線サービス形態との比較等を行ってきたい。