

1. 研究背景・目的

自動車交通の発達によりわが国においても交通渋滞が発生している。そうした社会情勢の中、自動車交通を抑制しようという施策が注目されている。しかしながら現在、大都市圏においては混雑の激しい公共交通機関が存在し、こうした現状が自動車交通から公共交通への転換を妨げているとも言える。したがって、公共交通の利用促進のためには公共交通システムのサービス改善が必要不可欠である。その際には、様々な視点・観点から公共交通サービスの評価基準を設定する必要があると考えられる。本研究では公共交通のサービス評価の新たな指標として所要時間信頼性を提案したい。

2. 既往研究のレビュー

2.1. 公共交通特有の問題

公共交通のサービス評価を行うにあたっては、公共交通特有の問題を考慮しなくてはならない。

2.1.1. Common lines problem

公共交通において、利用者は目的地まで、直行で行くのか、それとも途中で乗り換えたり、乗り継いだりといった路線を使うのか、といった選択を迫られることになる。その際、先に来た列車やバスに乗車するという乗り方が期待所要時間を最短にすることがある。つまり、「目的地までたどり着くことができる路線群のうちどの路線集合を選択するか」ということを乗客は決定する必要がある、この問題が *common lines problem* と定義されている。

Chriqui and Robillard(1975)¹⁾は、*common lines problem* の確率的な解法を示した。 n 本のバス路線があったとする。それぞれの *Line* の乗車時間は t_i 、運行頻度は f_i である。乗客は O から D に移動するために、 A に含まれる *common lines* s のサブ経路集合を選択し、その経路集合のうち最初に出発地に到着するバスを利用すると仮定した。その結果、目的地までの期待所要時間 T_s は以下のように与えられることを示した。

$$T_s = \frac{1 + \sum_{i \in s} t_i f_i}{\sum_{i \in s} f_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

また、この *hyperpath* の中の経路の中での経路分岐率は以下のようになり、それぞれの路線のサービス頻度に依

存する形になっている。

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{k \in s} f_k} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.1.2. 有効頻度

De Cea and Fernandez (1993)²⁾は、駅での混雑を考慮した均衡モデルを提案した。アクセスリンクの待ち時間が乗客数に依存する形式となっている。OD間の存在する魅力的路線の集合 (*hyperpath*) の集合を、名目上の頻度 (*nominal frequency*) で決定するのは正しくなく、有効頻度 (*effective frequency*) と呼ばれる頻度が使われるというものである。本研究においては、この有効頻度の概念に着目し、これを評価指標として用いることを考える。

この有効頻度を用いた乗客配分モデルの構築を行う。

3. 公共交通機関配分モデル

本研究で用いた乗客配分モデルは次のような前提条件を設定する。1)公共交通サービスは頻度ベースで提供されており、到着時間間隔は運行頻度の逆数を平均とするポアソン分布に従う。2)各車両には容量が存在するが、それ以上の乗客も受け入れる。3)乗客は、公共交通ネットワークについて、運行頻度、所要時間の十分な知識がある。4)乗客は駅にランダムに到着し、経路選択集合の中から最も早く来た車両を選んで乗車する。

詳細は省略するが、本研究のモデルは相補性問題として定式化できる。

4. 数値計算を用いた所要時間信頼性の算定

1組のODに関して、路線が1つしかなく、車両の平均到着率 λ_1 の指数到着、乗車時間が t_1 のとき、目的地までの所要時間が t 以下である確率 $F(t)$ は、待ち時間が $t-t_1$ 以下である確率と書くことができる。したがって、以下のような式となる。

$$F(t) = \int_0^t \lambda_1 e^{-\lambda_1(x-t_1)} dx = 1 - e^{-\lambda_1 t_1 - \lambda_1 t} \dots\dots (4.1)$$

この路線が複合的なシステムの場合、解析的に解くことはもはや不可能である。しかしながら、再帰方程式の関係によって、目的地ごとに到着時間分布を作成していくことで、所要時間信頼性指標を数値的に計算していくことは可能といえる。

5. ケーススタディ

5.1. ネットワーク 1

図 5.1 に示すようなネットワーク 1 について分析する

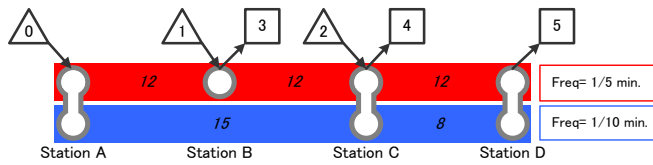


図 5.1 対象ネットワーク 1

ここでは、長距離トリップである OD ペア (0,5) に着目し、需要の増加と所要時間信頼性の関係について分析する。乗客は乗り方として Line I のみを使う方法 (Route:0 と呼ぶ)、Line II のみ (Route:1)、Line I と II の先に乗る (Route:2) が考えられる。期待所要時間を図 5.2 に、到着累積確率が 90% である所要時間を図 5.3 に示す。A1 から徐々に需要が増加する。需要の増加に伴い、所要時間は上昇していく。A1 から A3 までの最短所要時間経路は Route:1 であるが、A4 以降は Route:2 となる。この例では、A1~3 までは Line I は使用していないが、期待所要時間は増加している。これは、OD ペア (1,3) については Line I を利用するしか選択肢がないためであり、このように他の OD の移動による影響を考慮可能であることが乗客配分モデルを用いた信頼性評価手法の特徴といえる。

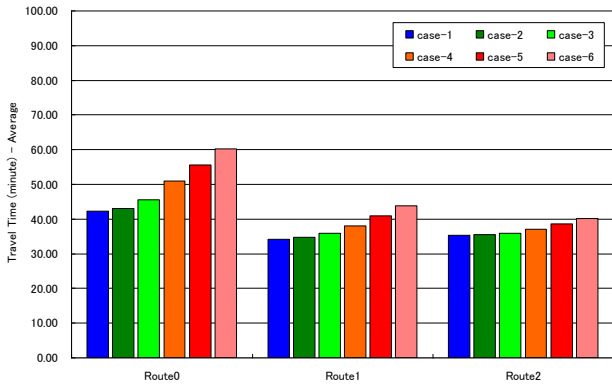


図 5.2 期待所要時間

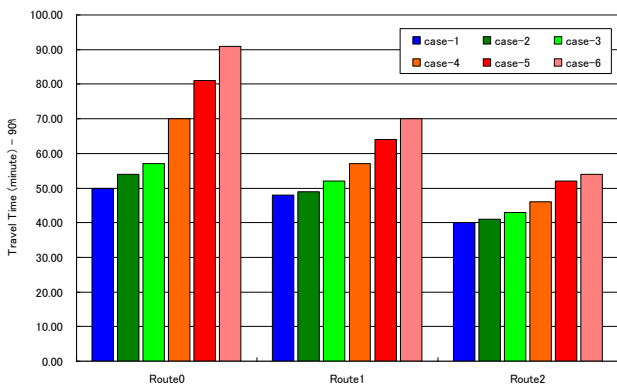


図 5.3 到着累積確率が 90% である所要時間

5.2. ネットワーク 2

図 5.4 に示すようなネットワーク 2 について分析する。

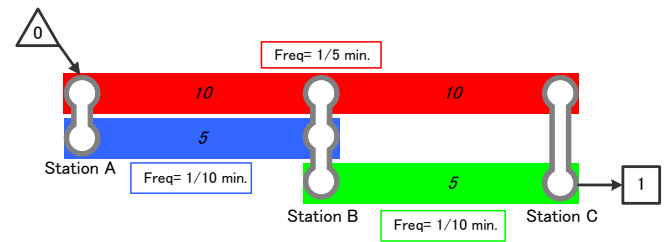


図 5.4 対象ネットワーク 2

図 5.4 において可能性のある hyperpath を全て列挙すると R0~R12 まで考えられる。各 hyperpath における累積到着確率を図 5.5 に示す。このネットワークにおいては、R12 が最短所要時間である。これは駅 A で先に来た車両に乗り、それが Line I ならそのまま駅 C まで乗り、Line II ならば駅 B で降車後、Line I、III のどちらかに乗るといった戦略である。一方、所要時間の信頼性の観点から見ると R12 の戦略が有利であるとはいえず、信頼性から見ると R0 が有利である。R0 は Line I のみを使うというもので、直行便である。現実的にも利用者は所要時間の不確実性を避け、目的地へ乗り換え無しで移動可能な路線を好む傾向があると考えられ、所要時間の平均値のみの比較だけではなく、本研究で提案するような信頼性の概念を導入することが重要であることを示唆している。

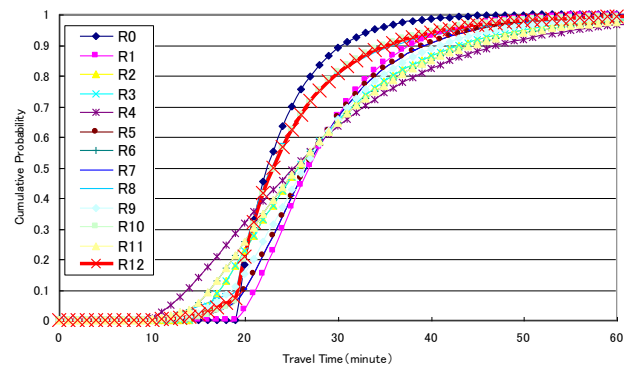


図 5.5 Route ごとの累積到着確率

6. まとめと今後の課題

平均所要時間では最短な経路でも所要時間信頼性の観点からは必ずしも有利ではないことが確認された。したがって、公共交通のサービスレベルを評価するにあたっては平均値の概念だけでなく、所要時間分布から算出される信頼性の概念も考慮に入れることの重要性が示唆された。

また今後、ネットワークの拡大、事業主のコストを考慮、といった課題があげられる。