

信州大学工学部 学生員 ○牧野芳男
信州大学工学部 正員 奥谷 巖

1. はじめに 今日 都市大量輸送機関は、その機能を十分に果たしていないし 果たせない状態でもある。一方 公共企業体にとっては、財政圧迫の一因にもなっており、大幅な改善が必要である。そこで、本研究では利用者及び経営者側にとってよりよい都市大量輸送機関とはどのようなものであるかについて考えてみた。

2. バス運行システムの式化 $I(i, j)$: バス停 ($I = G, H, V$) ($i = 1, 2, \dots, A$)

($j = 1, 2, \dots, A$)。 $AI\pi(i, j, \mu, \nu)$: $I(i, j)$ から $\pi(i, j)$ へのパーセントリット数。

$RJ(\mu, i, j)$: $G(i, j)$ の J 方向リンクを μ ルートが $G(i, j)$ から J 方向に

通過するか、しないかを「1」で「0」で表わしたルートマトリックス ($J = E, S, W, N$)

($\mu = 1, 2, \dots, m$)。 $TIJ(i, j)$: $I(i, j)$ から $I(i, j)$ の J 方向の隣りの $I(i, j)$ まで

移動に要する時間。 $RT(\mu)$: μ ルートを一周するのに要する時間。 $X(\mu)$: μ ルート

への配車台数。 $UX(\mu)$: μ ルートの単位時間台数。 $(IJ(i, j))$: $I(i, j)$ の J

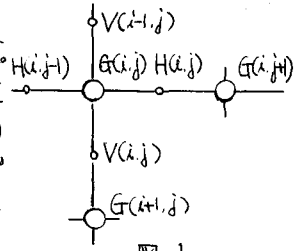
方向リンクを $I(i, j)$ から J 方向に通過する人数。 D : バス稼働台数。 C : バス容量。

(1) 路線システム 路線システムとは、現在行なわれているバス運行システムを、乗客に目的地まで乗換えをしないで済ませかつ、目的地までの最短経路を通過するバスを選択させるようにし、限られたバス台数と快適性の条件(乗客をバス容量以上乗車させる状態はない)で、便利さ(乗客の目的地までの所要時間(待ち時間と目的地までの必要時間の和)を最小にする)が失われぬように、ルートとそのルートに配車されるバス台数を最適計画表を用いて決定したシステムである。

$RT\pi(i, j, \mu, \nu)$: μ ルートのバスが $I(i, j)$ から $\pi(i, j)$ に到着できるまでの必要時間。 $U(i, j, \mu, \nu)$: $I(i, j)$ から $\pi(i, j)$ へ向う最短経路を通過する単位時間バス台数。

巨視的に見た場合の、乗客の所要時間を目的関数にとり、各リンクの上下及び左右方向を通過する人数と稼働台数を制約条件式にとると、目的関数 F は、待ち時間 FWT と必要時間 FRT の和となる。 $FWT = \sum_i \sum_j \sum_{\mu} \sum_{\nu} \{ AI\pi(i, j, \mu, \nu) / 2U(i, j, \mu, \nu) \} \dots (1)$ $FRT = \sum_i \sum_j \sum_{\mu} \sum_{\nu} \{ AI\pi(i, j, \mu, \nu) \cdot UX(\mu) \cdot RT\pi(i, j, \mu, \nu) / U(i, j, \mu, \nu) \} \dots (2)$ $F = FWT + FRT \dots (3)$ になる。ところで、式(2)は、最適化するための要素として必要ない感じがしないでもないが、巨視的には同じであっても、それぞれの区間々々によって、その必要時間などというものは、いくらでも変化するので、時間的にも最短経路を見いだす必要がある。よってこれは、含めなければならぬ。次に、制約条件は、リンク通過人数が、 $(IJ(i, j)) = \sum_i \sum_j \sum_{\mu} \sum_{\nu} \{ AI\pi(i, j, \mu, \nu) / U(i, j, \mu, \nu) \} \dots (4)$ であるから、 $(IJ(i, j)) \leq C \dots (5)$ 、 $eX \leq D \dots (6)$ になる。この制約条件式のもとで、目的関数を最小にすることで、このシステムの最適運行計画は求まる。それでは、このシステムにおいて最大収益を上げ、また、運賃を最も安くするには、どのようにしたらよいかわかり、最適化された運行計画の中で、最もバス稼働台数の少ないものを用いねばよい。しかし、もし、利用者が、それで不便を感じる可能性がある。その辺は、適当な稼働台数を用いねばよいと思われる。

(2) 乗換えシステム 乗換えシステムとは、乗客に出発地バス停での待ち時間を極力小さくさせようとするシステムで、まず、出発地バス停で、目的地までの最短経路方向、すなわち、目的地方向のバスを選択させ途中、そのバスが目的地方向から外れる場合、その地点で、その地点からの目的地方向のバスに乗り換えさせ、また移動を続行させる。以後、目的地に到着できるまで同様のことを繰り返させるシステムである。このシステムにおいても、路線システムシステムと同様の考察を行なう。



$JJ(i, j): G(i, j)$ の J 方向リンクを $G(i, j)$ から J 方向に通過する単位時間バス台数。 $JJJ(i, j): G(i, j)$ に $G(i, j)$ の J 方向と反対のリンクを J 方向に通過して入り、 $G(i, j)$ の J 方向リンクを J 方向に通過して行く単位時間バス台数。 $PJJJJ(i, j): G(i, j)$ での $JJJ(i, j)$ と $JJJ(i, j)$ の乗合。 $JJJJJ(i, j): I(i, j)$ で $JJJ(i, j)$ と $JJJ(i, j)$ の和と それぞれの J の乗合。 $TJJJJ(i, j): G(i, j)$ で乗換えの必要時間。 $WJJJJ(i, j): G(i, j)$ において、 $JJJJJ(i, j)$ に $TJJJJ(i, j)$ を含めた時の乗合。 $AIJJ(i, j, u, v): AIJJ(i, j, u, v)$ が $I(u, v)$ に移動した時のパーソントリップ数。 $PCJJJJ(i, j): G(i, j)$ で乗換えしないで、その J 方向リンクを J 方向に通過する人数。 $WCJJJJ(i, j): G(i, j)$ で乗換えた人が $JJJ(i, j)$ で通過する人数。 $FCJJJJ(i, j):$ オート階段でのリンク通過人数。 $UIJJ(i, j): I(i, j)$ で、 J 方向リンクを J 方向に通過する単位時間バス台数。

各パーソントリップ $AIJJ(i, j, u, v)$ は、目的地方向に移動しようとするから、まず、 $I(i, j)$ から移動を開始する場合、その方向が一つの時は、その方向、二方向ある時は、待ち時間の関係から、 $JJJJJ(i, j)$ に応じてバスを要求すると考えることができる。よって、この段階での各リンク通過人数も算定できる。そうすると、 $AIJJ(i, j, u, v)$ は、 $I(i, j)$ から目的地方向の一つ隣りの $I(u, v)$ に移動できたことになるので、これを $AIJJ(i, j, u, v)$ と置換える。しかし、 $I = II$ $u = u$, $v = v$ になった時、これは、目的地に到着できたので以後ゼロと取扱い、それ以外の場合は、まだ目的地に到着できないので、そのまま移動を続行させる。この時バス停が H または V では、バスが進路変更しないものとしているので乗換えの必要はないが、 G では、乗換えなくてよい場合と そうでない場合とがある。前者の人数及び $G(i, j)$ からのリンク通過人数は、 $PJJJJ(i, j)$ によって算定でき、後者の場合は、前者の残りの人数であり、リンク通過人数は、オート階段と同様に算定できようであるが、それには、乗換えの必要時間も含めた $WJJJJ(i, j)$ によって算定しなければならない。以後、各段階において、同様の手続を繰返してやり、すべての $AIJJ(i, j, u, v)$ がゼロとなるまで続けられよう。このようにすれば、各リンクの通過人数及び総経路時間を求めることができる。各リンク通過人数 $CJJJJ(i, j)$ は、 $CJJJJ(i, j) = FCJJJJ(i, j) + PCJJJJ(i, j) + WCJJJJ(i, j) \dots$ (7) になり、制約条件式は、 $CJJJJ(i, j) \leq C - \theta$ $\forall X \leq D \dots$ (8) になる。総経路時間は、必要時間 FRT 、乗換え必要時間 FCT と待ち時間 FWT との和になるから、 $FRT = FRT + FCT + FWT \dots$ (9) になる。そして、 $FRT = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \{TJJJJ(i, j) \cdot CJJJ(i, j)\} \dots$ (10) $FCT = \sum_i \sum_j \sum_k \{WCJJJJ(i, j) \cdot TJJJJ(i, j)\} \dots$ (11) $FWT = \sum_i \sum_j \sum_k \{FCJJJJ(i, j) + WCJJJJ(i, j)\} / 2 UIJJ(i, j) \dots$ (12) になる。よって、目的関数は式(9)になる。

このシステムにおいても、収益及び運賃を考える場合、路線系統システムと同様、乗車台数が少ない方がよいわけであるが、このシステムにおいて、これを算定するのに、現行運賃体系をそのまま適用することは、かなり難しい。そこで、運賃の算定方法を「時間」によるものとし、乗客がバスを一度下車してから一定時間何度でも再乗車できる料金体系にしたらどうだろうか。そのようにすれば、定期券及び回数券利用者にとって問題が生じないのはもちろん、一般の乗客に対しても、時間を有効に使えば2トリップ以上でできる可能性も生まれるし、そのことにより、バス利用者の増大も期待できるであろう。そして、その運賃決定において、現在と同程度の利益を見込めばとしても、乗客台数との関係から、諸経費が減少し、乗客側にとって有利であると共に、利用者にも平均すればいい料金で済むであろうから、かなりメリットの高いものではなからうかと思われる。そこで、この運賃体系に基づき、総収入及び、一台当りの収入を算定してみると、下記のようなになる。

$ARIJJ(i, j, u, v): ARIJJ(i, j, u, v)$ において、運賃規定時間内に2トリップ以上する乗合。 FRC : 総収入、 FC : 運賃、 $UFRC$: 一台当りの収入、 D : 移動台数。

$$FRC = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \{ARIJJ(i, j, u, v) \cdot (1 - ARIJJ(i, j, u, v))\} FC \dots (13)$$

$$UFRC = FRC / D \dots (14)$$

3. あとがき、計算例及び計算結果は、当日発表の予定。

[参考文献] 梶谷、佐野、オレ回道路会議資料集。