

IV-13

動学的交通モード間競争モデル構築に関する基礎的考察\*

専修大学北海道短期大学 正員 足達 健夫  
 北海道大学大学院 正員 萩原 亨  
 北海道大学大学院 正員 加賀屋 誠一

1 はじめに

(1) 背景

北海道における高速道路の開通・延長は、時間短縮や定時性・安全性の向上により高速バスの参入を容易にし、路線網の拡大、便数の増加から、札幌を中心とした都市間交通のネットワークが形成されつつある。一方、同じ都市間を結ぶ鉄道は、サービスレベルを向上させることで利用者を獲得し、鉄道の特性を生かした優位性をアピールすることを余儀なくされるようになった。すなわち高速バスの低料金、座席の確保のしやすさなどの快適性、利便性が考慮されたバス停配置などに対し、鉄道ならではの定時性、安全性といったような点である。しかも両者はこれらのことを常にレベルアップしていかねばならない。したがって同じ区間における交通モードの競争と、利用者の利便性には深い関わりがあるといえる。

(2) 目的・特徴

本研究では、北海道における高速バス・鉄道のサービス供給の歴史的経緯をふまえ、時間の経過とともに競争関係がどのようにその様子を変えていくかを検討することを目的としている。そのために2モード間の競争関係をサービスレベルの変化と利用者数の関係に単純化し、2種の生物間の補食関係を記述するモデルを応用することで、動学的な視点から利用者数の変化を再現するモデルの構築を試みた。そのうえで鉄道・高速バスについてのシミュレーションを行い、両者の競争関係の特性を明らかにするとともに、それが利用者から見ていかなる意味を持っているかを検討している。

2 北海道における交通モード間競争事例

(1) 高速バス・鉄道の競争

現在、北海道における高速道路の総延長は408.1kmで、札幌を中心に西は小樽、北は旭川、南は長万部まで伸びている。高速道路の開通・延伸は、所要時間の短縮、定時性・安全性の向上から高速バスの参入を容易にし、路線網の拡大・便数の増加などにより、札幌を中心とした都市間バスのネットワークが形成された。一方JRは、高速バスと競争する区間の特急を強化し、本数・所要時間といったサービスレベルを向上させてきた。

以下に、北海道における高速バスと鉄道の2つの交通モード間競争の実態について述べる。

(2) 北海道における高速バスの歴史

北海道初の高速道路は1971(昭和46)年12月、小樽・札幌西間、千歳・北広島間に開通した。その後徐々に延長され、札幌からは1983(昭和58)年に岩見沢、1986(昭和61)年に登別室蘭、1990(平成2)年に旭川鷹栖までが開通した。また1992(平成4)年には札幌西・札幌JCT間が開通し、札幌道と道央道が繋がった。

北海道の高速バスは1982(昭和57)年の札幌・稚内間が始まりであり、その後高速道路の整備とともに

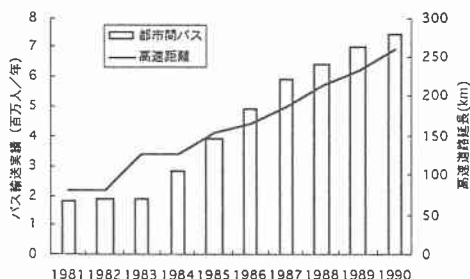


図1 高速道路延長と高速バス輸送実績

\* Basic Considerations on the Modelbuilding of Dynamic Competition among Traffic Modes  
 by ADACHI Takco, HAGIWARA Toru, KAGAYA Seiichi

に、札幌から室蘭・旭川・留萌・富良野など高速道路の優位性を生かした都市間高速バスがつぎつぎと運行を開始した。

### (3) 鉄道の輸送実績

高速道路が旭川まで延びる直前の1990（平成2）年、JR北海道はダイヤの改定を行い、札幌・旭川間の高速化を図った。1985（昭和60）年から1992（平成4）年までの1日あたりの利用者数を以下に示す。

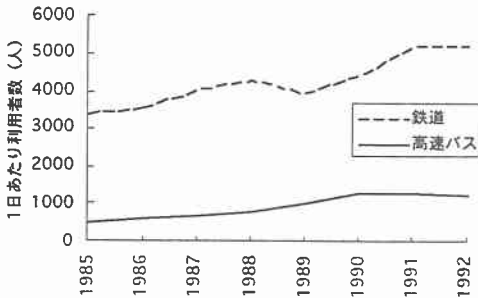


図2 札幌・旭川間1日あたり利用者数

その結果、旭川への利用者は1990（平成2）年を境に大幅に伸び、1989（平成元）年から1991（平成3）年までの2年間で、1日あたり利用者数は鉄道で1240人増、高速バスで276人増である。鉄道の利用者増加の理由は、特急「スーパーホワイトアロー」の導入などにより札幌・旭川間を10分短縮（1時間20分）し、特急本数も24本から31本に増えたためであると考えられる。

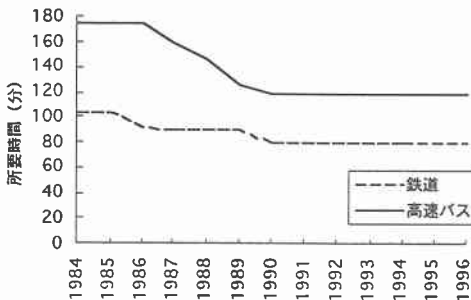


図3 札幌・旭川間所要時間の推移

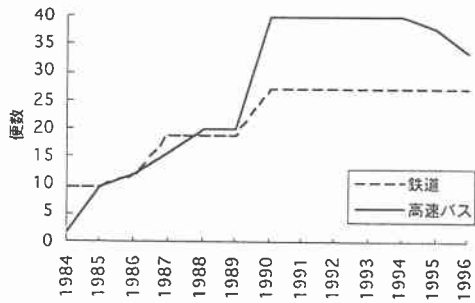


図4 札幌・旭川間における便数の推移

### (4) 料金

札幌と道内主要都市を結ぶ高速バス・鉄道を、所要時間・片道料金の差で比較したのが以下の図である。比較的札幌に近い都市では、所要時間はいずれも鉄道が高速バスより30分前後短い。小樽・岩見沢の場合、料金差が200円ほどであるのに対し、少し遠い滝川・深川になると800円の料金差が生じる。

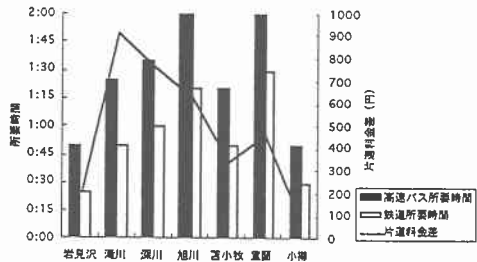


図5 片道料金差・所要時間の比較

### (5) 利用者数の増大

以上のように、鉄道と高速バスは競合する区間でサービスレベルのアップを図り、利用者を獲得してきた。特に札幌・旭川間については、高速道路が旭川方面へ延伸されるごとに高速バスの利便性が向上し、それに対抗する形で鉄道も特急が強化されるという構造が成り立っている。その結果、1989（平成元）年から1991（平成3）年までの間に1日に公共交通機関を利用する人が、1500人以上増加したことになる。つぎにこの競合関係をサービスレベルの向上競争と利用者数の時間的変化の関係に単純化し、モード間の競合モデルを構築する。

### 3 交通モード間競争モデル

#### (1) 利用者数の増加に関するフィードバック構造

ある交通モードの利用者増加率は、増加し始めた時点では、その時点での利用者数に比例するものとする。すなわち利用者が多いほど、新たに利用が増えるポテンシャルが高いと考える。この仮定に立つと、単位時間当たりの利用者増加量（増加率）と、ある時点での利用者数との間には正のフィードバック・ループが存在することになる。しかし、雪だるま式に利用者数が伸びるのはある時期までで、利用者数が増えて交通モードのサービスレベルの上限に近づくにつれ、利用者増加は頭打ちになると考えられる。たとえば、混雑により座席の確保が難しくなるなどといったことが目だちはじめると、増加に歯止めがかかる。この負のフィードバック・ループが正ループと共存すると図6(a)のような構造になる。これにより、利用者数は成長曲線を描く。

#### (2) モード間での利用者の転換の構造

競争する他の交通モードに利用者を取られるのは、そのモードが成長の途上であり、活況を呈しているからである。他の交通モード2におけるサービスレ

ベルと利用者数の差が大きいうちは（前述正のフィードバックが優勢なうちは）、交通モード1に見切りをつけて2へ転換する利用者も多いが、差が縮まるにつれ1→2の転換は少なくなる。したがってここでもうひとつ図6(b)のようなフィードバック・ループを考えることができる。

#### (3) モデル式

以上の構造に基づいて、モデル式を以下に示す。

$$\frac{dx_k}{dt} = a_k x_k (c_k S_k - x_k) - b_k x_k (c_l S_l - x_l) \quad (式1)$$

$x_k, x_l$ : 交通モード  $k, l$  の利用者数  
 $S_k, S_l$ : 交通モード  $k, l$  のサービスレベル  
 $a_k, b_k, c_k, c_l$ : パラメータ

第1項は、(1)における複合的なフィードバック構造により利用者数が成長曲線を描いて増加・安定することを示している。利用者数曲線は  $x_k = S_k$  に漸近する。  $a_k$  が大きいほど自モードのサービスレベルの変動の影響が顕著になる。第2項は(2)で述べたように、

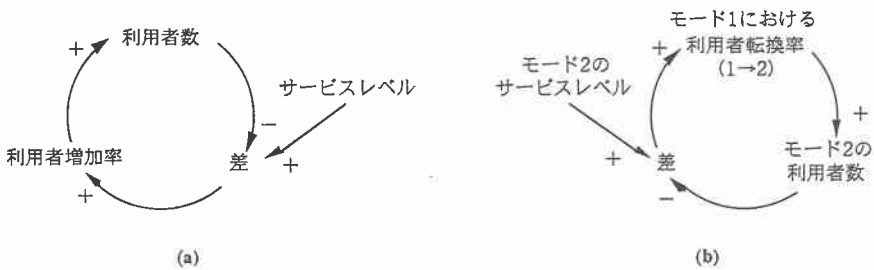


図6 モード間競争モデルのフィードバック構造

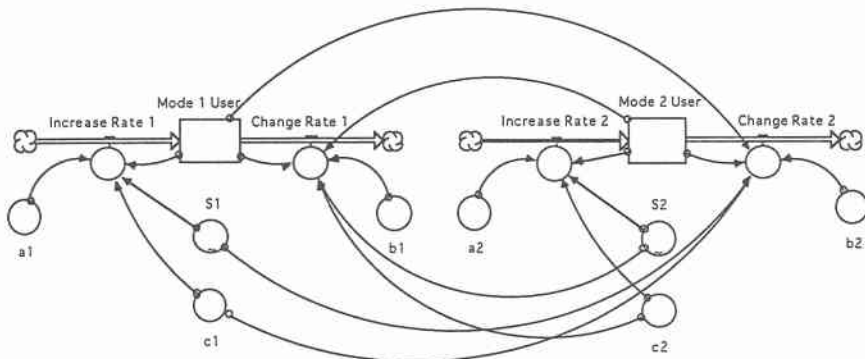


図7 シミュレーションのためのダイアグラム

その交通モードにおけるある時点での利用者数と、競合する交通モードにおける利用者数とサービスレベルの差が、その交通モードに見切りをつけて他モードに転換する利用者の数を決定することを示しており、図6(b)の構造に相当する。 $b_k$ が大きいほど競合するモードのサービスレベル変動の影響が利用者数の増減に出やすい。利用者数は常に100%サービスレベルまで増加するとは限らないので、実効サービスレベルを $a_k$ により設定する。図7にシミュレーションのための要素間の関係を表すダイアグラムを示す。

#### 4.シミュレーション結果

##### (1)鉄道・高速バスの利用者数の変動

モード1を鉄道、2を高速バスとして、1985年から1992年までのサービスレベルの段階的な向上による利用者数の推移を図10に示す。

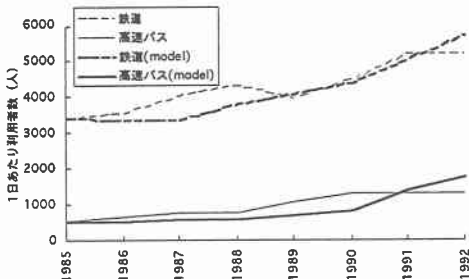


図8 モデルによる1日あたり利用者数の推移

この場合のサービスレベルとは、特急あるいはバスの1日あたりの輸送定員であり、特急1編成あたり300人、バス1台あたり60人としたものに1日の便数を乗じてこれを求めた。便数の推移は図4に示したデータを用いた。パラメータは $a_1=0.00008$ ,  $a_2=0.001$ ,  $b_1=0.00008$ ,  $b_2=0.0002$ ,  $c_1=0.95$ ,  $c_2=0.95$ である。高速バスの $a, b$ が鉄道のそれに比して大きいということは、高速バスは鉄道よりも、両モードのサービスレベル変動の影響が利用者数の変動に現れやすいことを意味している。すなわち、相対的には、サービス供給の戦略次第で利用者数が容易に変化するといえる。

##### (2)利用者の転換率

単位時間当たりにモード $k$ から $l$ へ転換する利用者の人数は、式1より

$$\frac{dx_k}{dt} = b_k x_k (c_l S_l - x_l) \quad (式2)$$

となる。鉄道・高速バスそれぞれの転換率の変動を図9に示す。

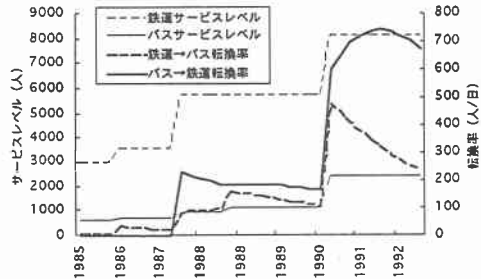


図9 鉄道・高速バス間の利用者転換率の推移

1987年・1990年に鉄道が大幅なサービスレベルアップを行ったため、バス→鉄道転換率が急激に上昇している。鉄道→バス転換率は、1990年のバスのサービスレベルアップにより上昇しているが、全体としてはバスより低いレベルに収まっている。このことから高速バスの方が鉄道よりも競合相手のサービスレベルの変動に敏感であることがわかる。

##### (3)競合とサービスレベル向上の必要性

競合による利用者の獲得競争は互いの利用者増加を一時的に鈍らせ、そのことがサービスレベル向上の必要性を生み出すことになる。サービスレベルの向上競争は事業者にとっては戦略の問題であるが、利用者側から見れば利便性にかかわる問題であり、利用者数はそれぞれの交通モードのサービス供給戦略に反応して変動していると捉えることができる。その利用者数の時間的変動を競合モデルで記述することができた。

##### 5.おわりに

今回のモデルは競合構造を単純化して構築されているため、現実の諸データを活かしきれていない。今後さらに要因間の関係を詳細に検討し、精度を上げていくことが必要である。また飛行機・自動車など他モードとの競合関係も考慮していく必要があると考えられる。