

移動距離が外出頻度と活動水準に及ぼす影響のモデル分析*

Influence of Travel Distance on the Frequency and the Level of Activity: A Model Analysis*

喜多秀行**・月岡修一***・谷本圭志****

By Hideyuki KITA**, Shuichi TSUKIOKA*** and Keishi TANIMOTO****

1. はじめに

需要密度が低く自治体による運行補助や運行委託により維持されている公共交通機関において、利便性をいかなる水準に設定すべきかという点については、必ずしも確立した考え方が存在しない。特に、地域の中心となる地区とその周辺地区や外縁地区で運行頻度にどの程度の差異を設けることが公平性の観点から許容されるのかという点については住民の間にもさまざまな意見がある。中心地区から周辺地区、外縁地区へと遠ざかるにつれて運行頻度が低下するのはやむを得ないという意識が住民の間に何となくはあるものの、その根拠は定かではない。しかし、中心地区から離れた場所に居住する住民の外出頻度が相対的に低いという傾向¹⁾が利用者の潜在的ニーズを反映したものであるとするならば、ニーズの充足度という観点から公平性を規定するひとつの参照点となりうるものとも考えることもできる。

そこで、本研究では、居住地区から中心地区までの距離が長いほど外出頻度を低下させることが本人にとっての最適行動になることをモデル分析により示し、過疎地域における公共交通サービスの公平性を議論するためのひとつの知見を得る。具体的には、個人レベルの効用最大化行動から住民が行う活動水準を距離帯別に求める方法を開発し、中心地から集落までの距離が当該集落に居住する住民の生活行動に及ぼす影響を分析する。

2. モデル

2.1 基本的考え方

*キーワード：公共交通需要, 交通行動分析, 公共交通計画

**正会員, 工博, 鳥取大学工学部社会開発システム工学科,
(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101 TEL: 0857-31-5309,
FAX: 0857-31-0882)

***学生会員, 鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム
工学専攻

****正会員, 博(工), 鳥取大学工学部社会開発システム工学科

以下では、中心地区で行う活動の水準(以下、単に活動と呼び、自宅での活動は在宅活動と呼ぶ)とそのための最適外出回数が、居住地から中心地区までの移動距離の増大に伴い減少することを示す。図1は、青森県南津軽郡平賀町における実態調査結果¹⁾に基づき中心地区からの距離帯別に外出率を整理したもので、地区1(距離1km程度)に比べ地区2(同2-3km程度)の外出率はかなり低下し、地区3(同5km程度)ではさらに減少するという傾向が見て取れる。住民は、活動が在宅活動より高い効用をもたらす場合に中心地区に出向こうと考えるが、中心地区までの移動費用(移動時間、待ち時間、運賃等を含む一般化費用)の存在により、距離が遠く移動費用がかさむ地区では、距離が短く移動費用があまりかからない地区に比べて効用の低い活動が一部行われなくなる、あるいは、複数の活動を一度にまとめて行い、活動数を維持したまま移動回数を減らすことにより、単位期間当たりの総効用の最大化を図るものと推察される。このように、個人の効用最大化行動からも、遠隔地区における運行頻度が近隣地区のそれに比べ少なくてよいことを提示する。

2.2 条件設定

以下では、商業施設等が存在する中心地区とその周辺地区からなる地域を想定する。住民は通院や買い物のために中心地区へ出かけ、簡単のため居住地から中心地区までの距離 d のみで差別化されてい

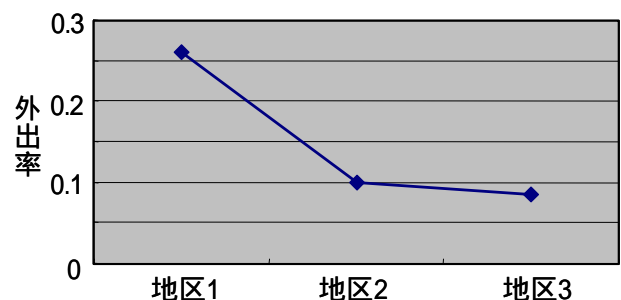


図1 中心地区からの距離帯別に見た外出率

るものとする。住民の行動として、在宅活動 a_H 、活動 a_A 、および、居住地と中心地区の間の移動 r の3種類のみを考える。

在宅活動 a_H の限界効用 u_h は継続時間によらず一定値をとるものとする。

$$u_h = u_h^0 \quad (1)$$

活動 a_A の限界効用 u_a は活動開始からの継続時間 t とともに逓減するため、 $du_a/dt < 0$ 、 $d^2u_a/dt^2 > 0$ とし、次式のように特定化する。

$$u_a = [1 - \exp(-\alpha t)] \cdot u_h \quad (2)$$

α はパラメータであり、 $u_a > u_h$ である。簡単のため一活動の継続時間を一定値 τ とすると、 n 件の活動を継続する場合の効用 U_a は次式となる(図2)。

$$U_a = \int_0^{n\tau} u_a(t) dt \quad (3)$$

居住地と中心地区の間の移動 r は希望する時刻に行うことができ、待ち時間は無いものとする。これは自家用車による移動に相当する。移動速度を v とすると、1回の外出に要する往復の移動時間 t_T は、

$$t_T = 2d/v \quad (4)$$

となる。移動時間の限界(不)効用 u_r は、移動中に自宅での活動が行えないことによる機会費用損失に運賃や疲労等 を加えたものと考え、 $u_r < 0$ とする。1回の外出に関わる(不)効用 U_r は次式で表される。

$$U_r = -2(d/v)u_h \quad (6)$$

活動の日時は変更することができるが、変更の際には調整費用がかかるものとする。変更の際には、変更のための手間や日時が変わることに起因する効用の低下といった調整費用が最も小さい活動をまず変更し、さらにその次に小さい活動を、という方法がとられる。そこで、調整費用 c_m は変更する活動数 m に対して逓増するものとする(図3)。

$$c_m = \exp(\delta \cdot m) \quad (7)$$

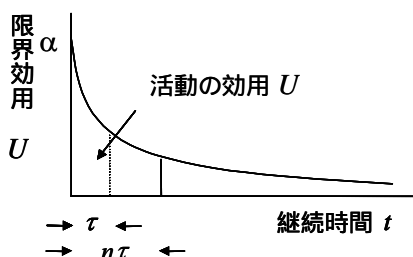


図2 中心地区での活動の限界効用

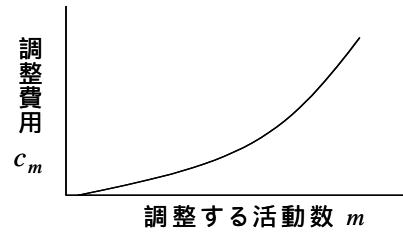


図3 活動日時の調整費用

2.3 活動パターン選択モデル

以上の設定の下で、住民は単位期間(例えば1週間)に N_0 個の潜在的な活動(移動に伴う不効用がゼロの場合に実施したいと考える活動)の中から N 個($N \leq N_0$)の活動を n 回に分けて実施する。以下、このような選択行動を活動パターン $[N, n; N_0]$ と呼ぶ。

活動パターンが $[N, n; N_0]$ の場合の効用 U_n^N は、次式のように表される。

$$U_n^N = \int_0^{N\tau} u_a(t) dt - n \cdot \frac{2d}{v} \cdot u_h - c_m \cdot \gamma \exp(\delta \cdot (N - n)) \quad (8)$$

右辺第1項は中心地区での活動から得られる効用、第2項は移動の(不)効用、第3項は調整費用である。

潜在的な活動数が N_0 である時に、住民は効用が最大となる活動パターン $[N, n; N_0]$ を選択する。

$$[N, n; N_0] = \arg \max_{[N', n']} U_n^{N'} \quad (9)$$

ここに、 \arg は $U_n^{N'}$ を最大化する $N' (=N)$ と $n' (=n)$ を指示する記号である。

以上より、効用関数のパラメータ α 、 δ 、移動速度 v 、在宅効用 u_h が所与の場合に、居住地から中心地区までの距離 d ごとの最適な行動パターン $[N, n; N_0]$ を求めることができ、これを基に、移動距離 d と最適な外出回数 N との関係を知ることが出来る。

3. 数値分析

このモデルを用いて、中心地区までの距離の差異が外出頻度と効用水準に及ぼす影響を検討する。

設定条件は、居住地から中心地区への距離 d を 0 ~ 200 (km)、居住地と中心地区間の移動速度 v を 50 (km/h)、在宅時の限界効用 u_h を 20、活動の単位継続時間を 1 (hr)、移動に関わる限界不効用の増分

を 0.8 とした。(2)式に示した中心地区で行う活動の限界効用関数のパラメータと(7)式に示した活動時刻の調整費用に関わるパラメータは、表1に示す組み合わせのものについて検討した。ただし、 δ の値はいずれも $\delta = 1$ である。潜在活動数は3である。

表 1 活動の調整費用と限界効用の組み合わせ

ケース No.	調整費用 ()	初期限界効用 ()	限界効用逓減率 ()
1	大 (10)	大 (0.095)	小 (0.0045)
2	小 (1)	大 (0.095)	小 (0.0045)
3	大 (10)	小 (0.070)	小 (0.0045)
4	大 (10)	中 (0.080)	大 (0.0060)

図 4 は、中心地区までの距離 d に依存して変化を各行動パターンごとの効用がどのように変化するかを、ケース 1 の場合について示したものである。距離 d が増大するにつれ、いずれの行動パターンについても効用が低下している。これは、移動に伴う不効用が距離 d の増大に伴って増加するためであるが、行動パターンごとに“距離 d が零の場合の効用値”および“距離 d の増大に伴う効用の低下の程度”は異なる。このため、距離 d が 0~30km 強の範囲では行動パターン（簡単のため以後活動数と外出数のみで表記）[3, 3]の効用が最も高いが、30km 強~60km 弱の範囲では行動パターン[3, 2]が、60km 弱~160km の範囲では行動パターン[3, 1]が、それ以上の範囲では行動パターン[0, 0]が最大となる。住民はそれぞれ効用が最大となる行動パターンを選択するものと考えられ、それに伴い外出数は 30km 強までの範囲で 3 回、60km 弱までの範囲で 2 回、160km 程度までの範囲で 1 回と減少し、それを超えると外出は行われない。その一方で、活動数は減少しておらず、遠距離の住民ほど一回の外出で複数の活動を取りまとめて済ませることにより効用水準の大きな低下を避ける傾向が見て取れる。これは、図 1 で示した実態とも符合している。実際には、中心地区で行う活動の初期限界効用は本事例での設定よりかなり高いため外出しないという選択はほとんどないものと推察されるが、いずれにせよ距離が増大すると外出回数を低下させることが住民にとって望ましい行動となり、どのような水準の交通サービスを提供する必要があるかを検討する上でのひとつの基準となると考えられる。

ケース 2 (図 5) は、調整費用の低下が行動パターンに及ぼす影響をケース 1 と同一条件下で検討したものである。10km 程度の付近でわずかに[3, 2]という行動パターンが出現するが、調整費用の低下により全ての活動を一度の外出で済ませる傾向を助長し、

中心地域から遠くなると急激に外出数が減少する結果となっている。ただし、この場合でも活動数の減少は見られない。

ケース 3 (図 6) は、初期限界効用の上昇が行動パターンに及ぼす影響をケース 1 と同一条件下で見たものである。この場合も距離 30km 付近でパターン [3, 3]から[3, 2]への変化が現れるが、それ以遠では [1, 1]へと推移し、活動を 2 つとりやめるという状況が出現する。

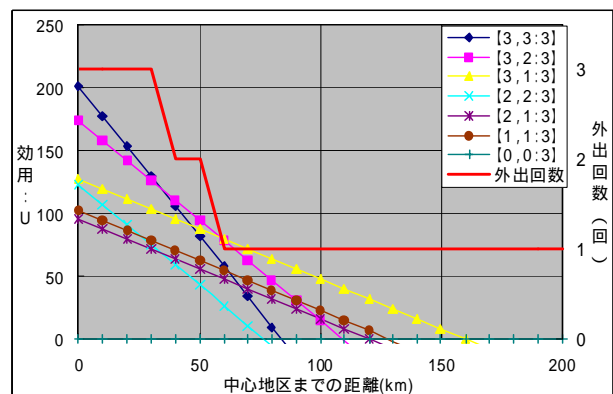
ケース 4 (図 7) からは、限界効用の逓減率の増加が及ぼす影響が見て取れる。限界効用の逓減率の増加が及ぼす影響が見て取れる。逓減率が大きくなると活動から得られる効用が小さくなり、活動そのものをとりやめる傾向が強くなるため、外出数とともに効用水準自体も低下する結果となっている。

これらの傾向をまとめると以下のようなものである。

- 1) 距離 d が増大すると、外出回数 n は減少するが、

図 4 ケース 1

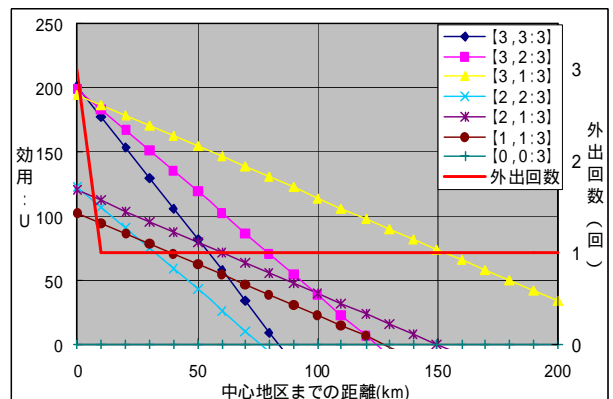
調整費用：大，限界効用：大，同・逓減率：小



[活動数, 外出数]: [3,3] [3,2] [3,1] [0,0]

図 5 ケース 2

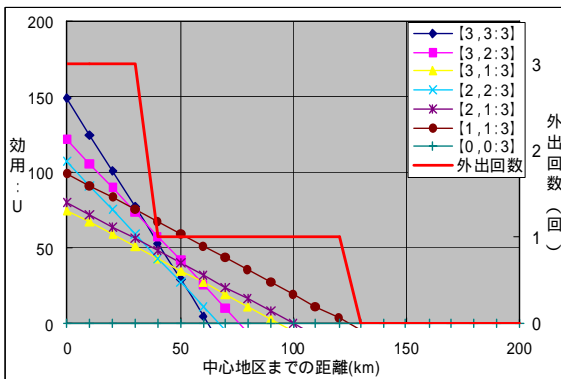
調整費用：小，限界効用：大，同・逓減率：小



[活動数, 外出数]: [3,3] [3,2] [3,1] [0,0]

図6 ケース3

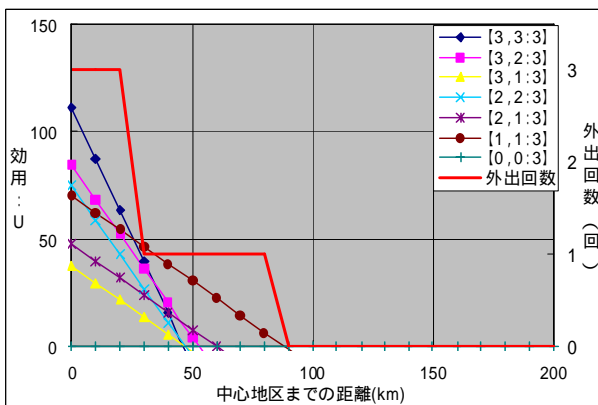
調整費用：大，限界効用：小，同・遞減率：小



[活動数，外出数]：[3,3] [3,2] [1,1] [0,0]

図7 ケース4

調整費用：大，限界効用：中，同・遞減率：大



[活動数，外出数]：[3,3] [1,1] [0,0]

活動の限界効用 $u_a(t)$ ，活動とりまとめのための調整費用 c_m ，移動の不効用 U_r の大小関係により，減少の程度は異なる。

- 3) 活動日時の変更に要する調整費用が低下すると外出回数は減少するが，その割に住民の生活効用は低下しない。
- 4) 活動の限界効用の遞減率が小さいと距離が増大しても活動回数はあまり減少せず（在宅時間は減少），効用水準はあまり低下しない。

上記の結果は，居住地が中心地区から離れるにつれて希望外出頻度が低下するためそれに比例した便数を提供することが“公平な”生活交通サービスである，ということを示唆している。したがって，“どこに住んでいても同じ利便性を確保する”ことよりも，むしろ，“遠隔地になるほど利便性が低下するのはやむをえない”という感覚が人々の公平感に近いという事実を裏付ける結果となっている。

4. おわりに

本研究では，地域が確保すべき生活交通の利便性を公平性の観点から検討するためのひとつの参照点となる基準の考え方を，利用者個人の効用最大化行動に基づくモデル分析により提示した。ここで構築したモデルは，確保すべき利便性の水準に関する絶対的な基準を与えるものではないが，数値例を通して解の性質を検討したところ，居住する場所から中心地区までの距離が長くなるほど，住民は中心地区で行うべき複数の活動を取りまとめて行い，その結果中心地区の住民に比べて外出頻度（単位期間当たりの外出回数）が少なくなる傾向を有することが示された。すなわち，公平性の観点からみて，中心地区から遠い地区ほど生活交通サービスの便数は少なくてもよいことになる。ただし，これは，外出したいタイミングに合わせて移動が可能であるという条件が満たされている状況下での結論であることに留意する必要がある。

路線バスのように集合的に供給される生活交通サービスを考える場合には，外出希望時刻に合ったサービスを受けることができるか否かが移動可能性をかなりの程度規定する。希望時刻とサービスとのマッチングは便数の絶対的水準や住民全体の希望時刻の分布に依存するため，本稿のような個人レベルの外出頻度分析に加え，希望外出時刻に関する時間的・空間的な集計分析が必要となる。谷本・藤田・喜多(2005)はその一つの試みであるが，今後は活動機会や費用負担といった公平性のいくつかの観点，ならびに効率性の観点を加味した実用的な基準を作成するための方法論の構築へと展開していく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 宮崎耕輔，徳永幸之，菊池武弘，小枝昭，谷本圭志，大橋忠広，若菜千穂，芥川一則，喜多秀行；公共交通のモビリティ低下による社会参加の疎外状況，第29回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM，2004年6月。
- 2) 谷本圭志，喜多秀行；バスサービス水準の計画に関する研究，第31回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM，2005年6月。