

Cross-Commuting の発生原因に関する一考察^{*}

A consideration concerning the cause of Cross-Commuting^{*}

安村 勇亮^{**}・奥村 誠^{***}

By Yusuke YASUMURA^{**}・Makoto OKUMURA^{***}

1. はじめに

都市交通において大部分を占める通勤交通の長距離化は、車の渋滞の原因となりエネルギーの浪費や環境負荷の増大、鉄道車内の混雑などの不経済をもたらす。

Hamilton (1982)¹⁾は通勤の長距離化の原因となる Wasteful-Commuting (無駄な通勤) を算出する手法を提案し、アメリカの 14 都市について分析を行った。その結果、8.7mile であった現状の平均通勤距離を 1.1mile まで短縮できると結論づけた。Hamilton の手法に対して White (1988)²⁾は、従業地は居住地よりも必ず CBD に近い位置に存在するという強い仮定をおき CBD からの直線距離のみしか考慮していないと批判した。White は“実際には、職場は副都心などに移転することがあり、全員が CBD に向かって通勤するわけではない”と述べ、職住分布を固定したまま職住の入れ替えのみによって除去することができる通勤を Cross-Commuting と定義して、線形計画法の輸送問題として定式化し、分析を行った。その結果 Hamilton の手法では 87% と算出された超過通勤は、White の手法では 11% と算出された。

以降、我が国で行われた Cross-Commuting に関する既存研究として、鈴木ら³⁾は東京都市圏を対象に、職場と住宅の空間分布を現状のままとし職住の入れ替えのみによって可能な通勤時間の削減量を求める通勤時間最小化問題を分析した。梶谷ら⁴⁾は、現在の土地利用パターンのもとで起こりうる交通流動の範囲の中で、現在の通勤距離はどの位置にあるのかを求め、土地利用パターンの変化によって通勤時

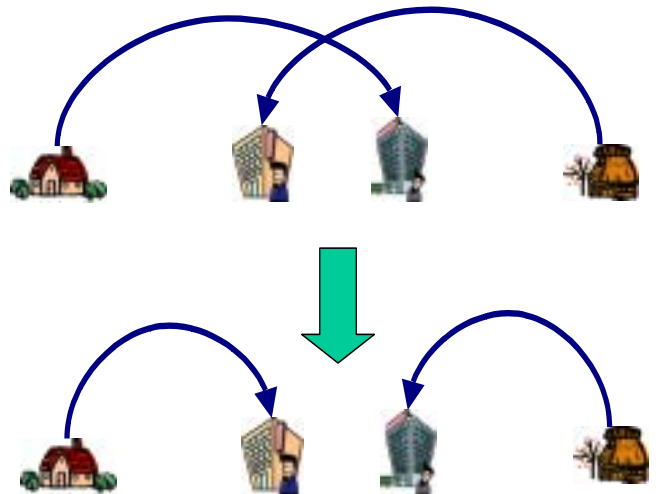


図 1 Cross-Commuting の概念図

間はどの程度最小値に近づくかについて考察している。円山ら⁵⁾⁶⁾は混雑の変化を内生化した職住再配置モデルを提案し、東京都市圏を対象に最適通勤パターンを求めている。

以上の研究では Cross-Commuting による無駄な通勤の定義やその算定に留まっており、なぜ Cross-Commuting が発生するのかという点は議論されていない。もし人々がそれぞれのニーズに合う合理的な居住地選択を行った結果として Cross-Commuting が発生しているのであれば、通勤の観点のみでこの居住地選択を是正することは難しい。つまり、Cross-Commuting を減少させる方策を議論しようとするならば、その発生原因の解明が不可欠である。

本研究では、Cross-Commuting の発生原因の一つとして世帯のライフステージ (以降 LS) の変化に着目した。人々の居住地に求めるニーズは世帯の LS によって異なる。例えば、小学生の子供を持つ世帯では小中学校の利便性の高い地域を好むであろうし、高齢夫婦の世帯では医療福祉サービスが整った地域を好むであろう。したがって、LS の移り変わりに伴うニーズの変化によって居住地の住み替えが行われ、

^{*}Key Words 分布交通, 人口分布, 土地利用, 都市計画,

^{**}学生員, 広島大学大学院工学研究科(〒739-8527

東広島市鏡山 1-4-1, TEL&FAX 082-424-7849)

^{***}正会員, 博(工), 広島大学大学院工学研究科

これが結果的に Cross-Commuting の発生に繋がっている可能性が考えられる。

本研究ではこのような可能性をシミュレーションにより確認することを目的とする。そのために、LS の移り変わりをダイナミックに表現したネットワーク型の職住再配分モデルを使用する。

2. 職住再配分ネットワークモデル

本研究では従業地を所与として、住み替えから通勤までの過程を図2のような現居住地—将来居住地—従業地をつなぐネットワークで表現する。住み替えリンクは、現在居住地ゾーンから将来居住地ゾーンへの住み替えを表す。将来通勤リンクは、将来居住地ゾーンから従業地ゾーンへの通勤を表す。さらに、LS ごとに住みやすい地域が異なることを考慮するため、LS ごとに将来居住地の居住を表す仮想リンクを設け、LS に適合しないゾーンに居住することによって生じるペナルティを居住コストとして仮想リンクに与える。

以上のようなネットワーク配分問題は、現居住地ゾーンから各従業地ゾーンへの現在の通勤 OD、 Q_{OD} を所与とし、式(1)のようなネットワーク均衡と等価な最適化モデル⁷⁾として定式化できる。

$$\min Z = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \sum_{k \in K_{OD}} f_k^{OD} - Q_{OD} = 0 \quad \forall rs \in \Omega \\ & x_a = \sum_{k \in K_{OD}} \sum_{OD \in \Omega} \delta_{a,k}^{OD} \cdot f_k^{OD} \quad \forall a \in A \\ & f_k^{OD} \geq 0, \quad x_a \geq 0 \end{aligned}$$

a : リンク番号

x_a : リンク a を通過する交通量

$t_a(x_a)$: リンク a に x_a の交通量が流れた時の限界費用

この問題は通常交通ネットワーク均衡問題を解く Frank-Wolfe 法などのアルゴリズムを用いて、数値的に解くことができる。

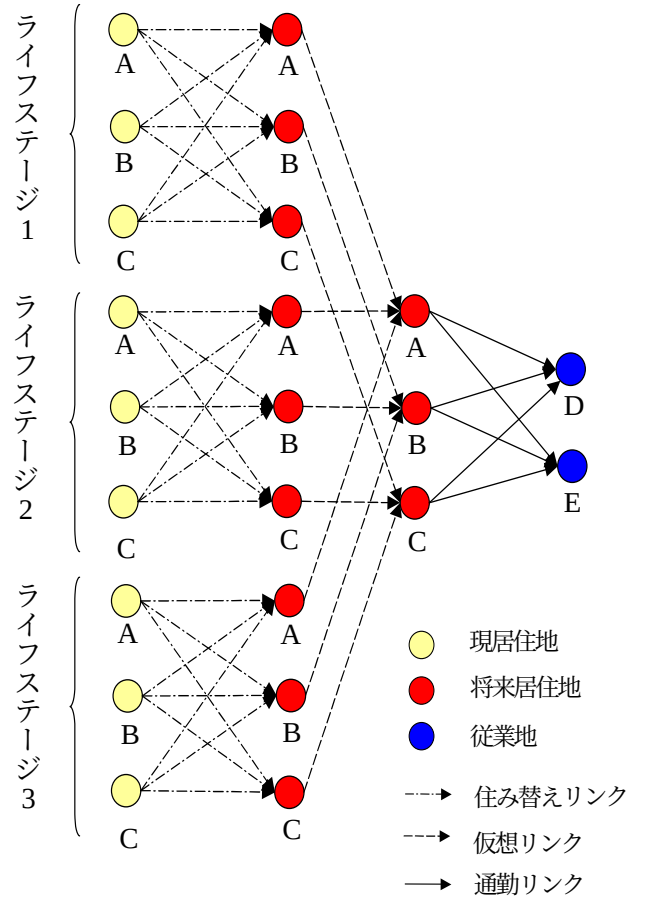


図2 職住再配分ネットワーク

3. シミュレーション

3-1. 問題の設定

本研究では図2、図3のようなLSが3つ、居住地ゾーンが3箇所、従業地ゾーンが2箇所であり、従業地までの距離が表1、住み替えコストが表2のようになっている単純な都市を仮定してシミュレーションを行った。各現在居住者ゾーンには表3のように居住者が分布しており、それぞれの居住者は従業地 D、E に 1:1 の割合で通勤している。なお、時間の経過によって各LSは次の段階のLSに移行するものとする。計算には式(2)のようなモデルを適用した。

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_l \left(\sum_i \sum_j g_{ij}^l \cdot mx_{ij}^l + \sum_j \sum_k h_{jk}^l \cdot (cx_{jk}^l)^{1.5} \right) \\ & + \sum_l \sum_j \left(LC_j^l \cdot \sum_i mx_{ij}^l \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{s.t.} \quad & \sum_{m \in M_{OD}} f_m^{OD} - Q_{OD} = 0 \quad (\forall OD \in \Omega) \\
 & \sum_i \sum_j m k_{ij}^l = O_i \\
 & \sum_i \sum_j c x_{jk}^l = D_k
 \end{aligned}$$

O_i :総住み替え人数, D_k :総通勤者数, l :ライフステージ, i :現在居住地ゾーン, j :将来居住地ゾーン, k : 従業地ゾーン, $m x_{ij}$: i から j へ住み替える人数, g_{ij} : 1人あたりの住み替えコスト (表 2), $c x_{jk}$: j から k への通勤者数, h_{jk} : 1人あたりの通勤コスト (j から k までの距離:表 1), LC_j : j に居住する際にかかる居住コスト (表 4, 表 5)

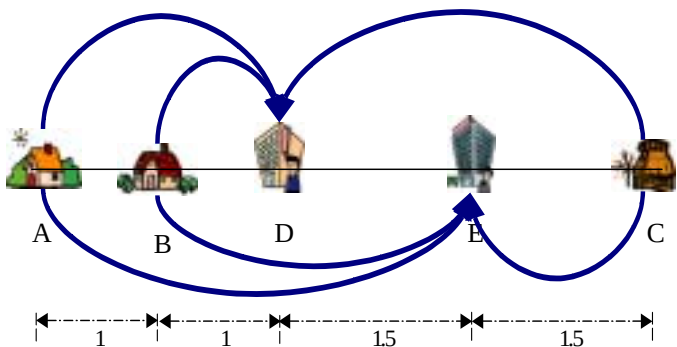


図 3 仮想都市のイメージ

表 1 通勤距離

居住地\従業地	D	E
A	2	3.5
B	1	2.5
C	3	1.5

表 2 住み替えコスト

		A	B	C
LS1	A	0	3	3
	B	3	0	3
	C	3	3	0
LS2	A	0	3	3
	B	3	0	3
	C	3	3	0
LS3	A	0	3	3
	B	3	0	3
	C	3	3	0

表 3 現在居住者数

	LS1	LS2	LS3	総居住者数
A	100	60	40	200
B	40	100	60	200
C	60	40	100	200

LS の移り変わりが Cross-Commuting の発生原因になっていることを確認するため、計算は以下の 2 ケースで行う。

• Case1

Case1 では、表 4 に示すように 3 箇所の居住地はそれぞれ特定の LS に住みやすいサービスが提供されている。 a は居住コストの重みを表すパラメータである。各 LS の人々は一期ごとに職住再配分モデルに従って住み替える。住み替えた後の通勤 OD を、初期通勤 OD と考え、次期の計算に移る。これを全ての居住者が全 LS 経験する 1 サイクル (三期) 分繰り返す。

一期目の住み替え後の通勤 OD				二期目の初期通勤 OD			
		D	E			D	E
LS1	A	1	2	LS1	A	13	14
	B	3	4		B	15	16
	C	5	6		C	17	18
LS2	A	7	8	LS2	A	1	2
	B	9	10		B	3	4
	C	11	12		C	5	6
LS3	A	13	14	LS3	A	7	8
	B	15	16		B	9	10
	C	17	18		C	11	12

図 4 Case1 における次期の初期通勤 OD の設定

• Case2

Case2 では、各居住地は各 LS に対して一定の水準のサービスを提供しており、居住コストは表 5 のようである。人々は一期目のみ住み替えを行い、LS が変化しても二期目、三期目はそのままの居住地に住み続けると仮定する。

表 4 居住コスト (Case1) 表 5 居住コスト (Case2)

	A	B	C
LS1	$12a$	$6a$	0
LS2	0	$12a$	$6a$
LS3	$6a$	0	$12a$

	A	B	C
LS1	$6a$	$6a$	$6a$
LS2	$6a$	$6a$	$6a$
LS3	$6a$	$6a$	$6a$

3-2. 計算結果

居住コストの重み a が 0.5, 1, 2 の場合のそれぞれの計算結果を表 6 に、住み替えコストと居住コストを考慮せず通勤コストのみを最適化した場合の計算結果を表 7 に示す。

表 6 によると、Case1 に関しては、居住コストの重みが大きい状態では人々は LS ごとのニーズに合った地域を選択し、通勤距離が長い地域であっても居住することになる。つまり、居住コストの重みが大きいほど、通勤の観点から見た理想的な居住分布

から遠ざかることになる。一方、Case2 ではどの居住地も各 LS に対して一定のサービス水準を提供しているため、居住コストの重みを大きくしても居住分布はほとんど変化せず、通勤人kmも変化しない。

Case1 における居住コストの重みが大きい状態とは、地域による各 LS に対するサービス水準の格差が大きい状態を意味している。このような状況下では、通勤人kmが大きくなり、Cross-Commuting が生じやすくなることを表している。

表 6 Case1, Case2 の計算結果

居住コスト重み0.5	Case1一期	Case1二期	Case1三期	Case1合計	Case2
通勤人Km	1034	1015	1005	3053	3020
総通勤コスト	16154	16115	16006	48274	48292
住み替えた人の人数	364	331	318	1013	194
ゾーンAの将来居住者数	106	101	104		106
ゾーンBの将来居住者数	283	277	302		282
ゾーンCの将来居住者数	211	222	194		211

居住コスト重み1	Case1一期	Case1二期	Case1三期	Case1合計	Case2
通勤人Km	1083	1050	1058	3191	3020
総通勤コスト	16527	16294	16384	49205	48292
住み替えた人の人数	409	392	419	1221	194
ゾーンAの将来居住者数	131	118	128		106
ゾーンBの将来居住者数	274	283	273		282
ゾーンCの将来居住者数	195	198	199		211

居住コスト重み2	Case1一期	Case1二期	Case1三期	Case1合計	Case2
通勤人Km	1140	1107	1107	3354	3024
総通勤コスト	16974	16722	16724	50419	48296
住み替えた人の人数	441	468	470	1379	194
ゾーンAの将来居住者数	149	142	142		106
ゾーンBの将来居住者数	254	264	264		282
ゾーンCの将来居住者数	197	194	194		211

表 7 最適な通勤パターン

通勤コストのみ	
通勤人Km	991
総通勤コスト	15914
住み替えた人の人数	233
ゾーンAの将来居住者数	92
ゾーンBの将来居住者数	306
ゾーンCの将来居住者数	202

4. おわりに

本研究では Cross-Commuting の一つの発生原因を LS の変化に求め、住み替えコストと居住コストを考慮できる職住再配分モデルを用いて、2 つの計算ケースの比較を行った。その結果、各 LS に対する地域のサービス水準の格差が Cross-Commuting の原因になりうることを確認した。したがって、Cross-Commuting を減少させるためには、地域のサービスの対象が特定の LS の人々に偏っている状況を見直し、どの LS の人々に対してもある程度の満足度を得られる状況を創り出すことが必要であると

いえる。

ただし、日本の現実の大都市を見た場合、LS が変化しても容易に転居できないことが普通であり、LS ごとに最適となる居住地を選んで多くの世帯が転居している上述の計算結果の適用性には問題がある。むしろ、LS の移行と同時に従業者数や従業地が変化する可能性を検討する必要がある。このような状況を考慮するために、Overlapping generation (OLG) モデルによるアプローチが考えられる。OLG モデルを使用した研究として、後藤⁸⁾は出生率の変化と社会的負担をシミュレーション分析している。生産せず消費するのみの第一期（年少期）、消費・生産・出産活動を行う第二期（壮年前期）、消費・生産活動を行う第三期（壮年後期）、消費活動のみを行う第四期（老年期）という4つの過程を経た後、全員が死亡すると仮定した OLG モデルを使用している。

また、本研究では住み替えコストは住み替え人数に対して線形に増加すると仮定しているが、一つのゾーンに同じ LS の人々が多く居住するほどその LS に対する都市サービスの水準が向上する規模の経済性や、住宅数の制約に起因する混雑減少も考慮する必要がある。

これらを考慮したモデルの拡張や、前述した OLG モデルの使用、より現実的なデータを用いた分析は今後の課題としたい。

参考文献

- 1)Hamilton,B.W.,”Wasteful Commuting,”Journal of Political Economy, 90(5):1035-1053,1982.
- 2)White,M.J.,”Urban Commuting Journeys are not ‘Wasteful’,”Journal of Political Economy,96(5):1097-1110,1988.
- 3)鈴木 勉:「東京大都市圏における職住割当の最適化に関する実証研究」,都市計画論文集,No27, pp.337-342, 1992
- 4)梶谷 有三, 夕村 光弘, 田村 亨, 齊藤 和夫:「最適職住割り当て問題を基礎とした通勤交通の流動特性分析ー札幌市の通勤交通を例としてー」,都市計画論文集, No36, pp.619-624, 2001
- 5)円山 琢也, 原田 昇:「鉄道通勤利用者の最適居住地分布とその実証研究」,土木計画学研究・講演集,Vol. 27, CD-ROM(30), 2003.6.
- 6)円山 琢也, 原田 昇:「ネットワーク上で混雑を考慮した最適居住配置手法の構築とその実証研究」,都市計画論文集, No38, pp.517-522, 2003
- 7)土木学会:交通ネットワークの均衡分析ー最新の理論と解法ー,丸善(株), 1998
- 8)後藤 純一:「高齢少子化と 21 世紀の労働力需給」,日本労働研究雑誌, 第 487 号, 2001