

Dynamic AIDSモデルによる 長期・短期交通需要弾力性推定

小池 淳司¹・中尾 拓也²・吉野 大介³

¹正会員 神戸大学大学院教授 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail:koike@lion.kobe-u.ac.jp

²学生会員 鳥取大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail:M11T7012U@edu.tottori-u.ac.jp

³正会員 復建調査設計株式会社 地域経済戦略チーム (〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-8-15)
E-mail:d-yoshino@fukken.co.jp

我が国の多くの公共交通事業者は、軒並み厳しい経営状況のもとで事業を維持・運営している。公共交通需要の拡大及び収益増加による効率的な事業運営のためには、公共交通・私的交通両者を包含した総合的な交通需要予測のもとで交通政策を検討する必要がある。本研究では、小池(2011)¹⁾の研究をもとに、AIDSモデルを動学化したDynamic AIDSモデルを用いて、4交通機関(乗合バス・自家用乗用車・乗合タクシー・鉄道)サービスにおける需要関数を推定し、各種弾力性を推定する方法を提案した。また、従来の交通市場のみに着目した需要予測ではなく、財・交通・住居の相互需要関係を同モデルを用いて明らかにした。以上の改良点を踏まえた算出結果から、公共交通機関を主軸とした交通機関の政策のあり方について検討を行った。

Key Words : public transportation, dynamic AIDS model, transport policy analysis, elasticity

1. 背景と目的

近年の少子化やモータリゼーションの進展に伴い、公共交通の利用者は年々減少しており、鉄道・乗合バスの廃止や減便など、地域の公共交通をめぐる環境は極めて厳しい状況にある。このような状況は、人口減少社会の本格的な到来により、今後ますます厳しくなることが予測される。しかしながら、高齢者の移動手段や児童・生徒の通学手段の確保、環境への配慮、あるいは活力あるまちづくりなどの観点から、公共交通を維持確保していくことが重要なことは論をまたない。

これらの問題を受け、国土交通省を中心として、公共交通の利用促進に関する様々な施策を推進している。しかし、これらの施策が公共交通の需要拡幅策として大きな効果を発揮していない例も往々にして見受けられる。例えば、平成12年5月に道路運送法が改正され、平成14年2月に需給調整規制が撤廃されるなど、乗合バス事業の規制緩和が過去に実施されたが、その後も乗合バスの利用者は減少の一途をたどっている。

これらの交通需要調整に関する施策が当初の想定通り機能しなかった要因の1つに、当該施策に関連する交通

機関以外の交通手段も含めた交通需要構造に対応した適切な制度となっていない可能性が挙げられる。このような問題意識から、小池(2011)¹⁾は、消費者行動における弾力性に着目し、複数交通手段(乗合バス、自家用乗用車、乗合タクシー、鉄道)における需要構造をAIDS (Almost Ideal Demand System) モデルにより定量化した。具体的には、AIDSモデルを用いて交通サービスにおける需要関数を推定し、全国レベル、各地域レベルの弾力性を算出した。また、算出結果を用いた交通政策分析の一案として、乗合バス利用者回復のための政策提言を行っている。

以上の小池(2011)の研究成果(以下、既存研究と呼ぶ)は、乗合バスに留まらず、各地域の公共交通の利用者回復、収益回復のための政策提言を行う際に大変有意義な資料であるが、大別して以下の2つの課題が残存する。本研究は、これらの既存研究の残存課題を解消し、より精度が高く、詳細な分析に耐えるモデルの構築を目的とする。

既存研究の課題として、まず第一に挙げられるのは、静的なAIDSモデルを採用しているため、価格変動に対して、時系列で需要構造は変化せず、常に均衡状態に

あるという仮定を置いている点である。しかし、実際にはLi et al. (2010)²⁾が指摘しているように、習慣の持続性や情報の不完全性等により、均衡状態に至るまでには調整段階が存在する。そこで本研究では、Durbary and Sinclair (2003)³⁾を参考に、AIDSモデルを動学化したDynamic AIDSモデルを用いることで短期調整過程・長期均衡時それぞれの需要構造を把握する。そして、既存研究と同様に、前述の4交通機関における需要関数を推定し、各種弾力性（消費支出弾力性、自己価格弾力性、交差価格弾力性）を算出する。

既存研究のもう一つの課題は、交通機関以外の他の財の影響が考慮されていない点である。つまり、財消費や住宅サービス等の他の消費活動の中での交通の需要構造が捕捉できていない。そこで、本研究では、Dynamic AIDSモデルを前述の4交通機関の需要構造分析への適用に加え、財・交通・住居サービスの需要相互関係を明らかにする目的としても適用し、算出結果を踏まえて公共交通機関の利用者回復に関する政策を提言する。

2. 分析手法

AIDSモデルは1980年にDeatonとMauebauerによって開発された⁴⁾。AIDS型需要関数では、需要量を消費における固定的なシェアによって表現し、総支出額・価格については時系列的に指標化した値（時系列価格指数）を用いる。また、需要関数の推定を容易にする制約（加法的・対称性・同次性・負性）と同時に、消費者の行動理論に忠実に基づくモデルであることが知られている。

各交通機関の需要関数の推定作業にあたり、本研究では、以下のようなAI需要体系を採用している。AI需要体系の支出関数は以下のTrans-Log型支出関数に特定化する。

$$\ln E(p; u) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \ln p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \ln p_k \ln p_j + u \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (1)$$

ただし、 E ：総支出、 p ：財の価格指数、 u ：効用水準、 α, β, γ ：推定パラメータ、 i, j ：財の種類を表す_SUFFIXを示す。ここで、Shephardの補題を用いることで、以下の需要関数を得る。

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln p_j + \gamma_i \ln(E/P) \quad (2)$$

ただし、 S ：支出シェアに対する財の需要量、 P ：集計価格指数をそれぞれ意味する。つまり、特定の財に対する支出のシェア（つまり需要シェア）が各交通サービス

の価格と支出の関数として特定化されることを意味する。また、相対的価格の基準となる集計価格指数 P はStoneの近似式により以下のように定義される。

$$\ln P = \sum_i S_i \ln p_i \quad (\text{Stone price index}) \quad (3)$$

以上の静学的AIDSモデルを動学化したモデルがDynamic AIDSモデルである。Dynamic AIDSモデルは、1階の差分をとったシェア方程式体系として表される。

$$\Delta S_{it} = \alpha_{it}^S + \sum_j \beta_{ij}^S \Delta \ln p_{jt} + \gamma_i^S \Delta \ln(E/P)_t - \lambda \left[S_{it-1} - \alpha_{it-1}^L - \sum_j \beta_{ij}^L \ln p_{jt-1} - \gamma_i^L \ln(E/P)_{t-1} \right] \quad (4)$$

ただし、 L ：長期、 S ：短期をそれぞれ意味する。 Δ は差分演算子を表しており、任意の変数 x について $\Delta x_t = x_t - x_{t-1}$ である。支出比率の1階差分が対数価格と対数実質支出の差分だけでなく角括弧内の値によっても説明される。角括弧内は短期的不均衡、すなわち各財の支出比率に関する長期的均衡からの乖離を表すものと解釈される。Dynamic AIDSモデルは、誤差修正モデルとも呼ばれ、短期的不均衡が調整係数を介して修正される短期的調整過程をとらえることができる。短期的不均衡が大きいほど、長期的均衡への修正が強く働くため、調整係数の値は大きくなる。長期的均衡までの調整期間は、 $1/\lambda$ で表すことができる。

また、需要関数に課することができる制約（加法的、同次性、対称性）については、パラメータを用いて以下のように表現できる。

$$\begin{aligned} \sum \alpha_i^{term} &= 1 \\ \text{加法的: } \sum \beta_{ij}^{term} &= 0 \quad term = L, S \\ \sum \gamma_i^{term} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{同次性: } \sum_j \beta_{ij}^{term} = 0 \quad term = L, S \quad (6)$$

$$\text{対称性: } \gamma_{ij}^{term} = \gamma_{ji}^{term} \quad term = L, S \quad (7)$$

これら3つの制約は需要関数の推定の際に考慮され、推定の手順として加えられることによって、余分な非線形パラメータ推定を避けることが可能となる。このように多くの制約が課されているDynamic AIDSモデルにおいては、パラメータ推定法として一般的にSURE推定法⁵⁾が用いられている。

このとき、交通需要の消費支出弾力性、自己価格弾力

性、交差価格弾力性はそれぞれ以下の通り表すことができる。

消費支出弾力性：

$$e_i^{term} = 1 + \frac{\gamma_i^{term}}{S_i} \quad (8)$$

自己価格弾力性：

$$e_{ii}^{term} = -1 + \frac{\beta_{ij}^{term}}{S_i} - \frac{\gamma_i^{term}}{S_i} (\alpha_j^{term} + \sum_k \beta_{kj}^{term} \ln p_k) \quad (9)$$

交差価格弾力性：

$$e_{ij}^{term} = \frac{\beta_{ij}^{term}}{S_i} - \frac{\gamma_i^{term}}{S_i} (\alpha_j^{term} + \sum_k \beta_{kj}^{term} \ln p_k) \quad (10)$$

ここで、これらの弾力性の算出結果から、消費支出弾力性が1以下の財は非弾力的な財であり、必需的であるとし、1より大きい財は弾力的な財であり、嗜好的であるという解釈ができる。さらに、交差価格弾力性が0以下の場合、それらの財の組み合わせは補完的であり、0より大きい場合は代替的な財であると判断することが出

3. 実証分析

(1) 4交通機関に関する分析結果

前述の通り、本研究においては、既存研究が取り扱った4交通機関（乗合バス、自家乗用車、乗合タクシー、鉄道）の需要相互関係に加え、財・交通・住居サービスの需要相互関係を分析する。

まず、4交通機関に関する分析結果について紹介する。分析において使用したデータの詳細を表-1に示す。

表-1 使用データ（4交通機関）

交通機関	価格データ	需要データ	年次
乗合バス	消費者物価指数	輸送人キロ	S43~H15
自家乗用車			
乗合タクシー			
鉄道	消費者物価指数年報	自動車輸送統計年報	
出典		鉄道統計年報	

資料：参考文献(6)-(8)

表-2 4交通機関によるパラメータ推定結果（長期的均衡）

		定数項	$\log p_1$	$\log p_2$	$\log p_3$	$\log p_4$	$\log(E/P)$	R2	DW
1.乗合バス	estimate	-0.2342	-0.0042	-0.0368	0.0240	0.0159	-0.0586	0.8905	1.1000
	SE	0.0408	0.0124	0.0054	0.0083	0.1584	0.0089		
	t-stat	-5.7456	-0.3414	-6.7905	2.8777	0.1002	-6.6088		
2.自家乗用車	estimate	1.9106		0.2167	-0.1465	-0.1852	0.2457	0.9074	0.5131
	SE	0.1769		0.0235	0.0361	0.0447	0.0385		
	t-stat	10.7990		9.2074	-4.0544	-4.1449	6.3802		
3.乗合タクシー	estimate	-0.0745			0.0186	0.0144	-0.0196	0.9448	1.0135
	SE	0.0148			0.0030	0.0023	0.0032		
	t-stat	-5.0330			6.1505	6.3583	-6.0786		
4.鉄道(JR)	estimate	-0.8925				0.1549	-0.2298		
	SE	0.4845				0.1433	0.1046		
	t-stat	-1.8423				1.0817	-2.1977		

表-3 4交通機関によるパラメータ推定結果（短期的調整過程）

		$\Delta \log p_1$	$\Delta \log p_2$	$\Delta \log p_3$	$\Delta \log p_4$	$\Delta \log(E/P)$	λ	R2	DW
1.乗合バス	estimate	0.0011	-0.0001	-0.0025	0.0000	-0.0281	0.1955	0.2960	1.2882
	SE	0.0008	0.0002	0.0012	0.0027	0.0195	0.2557		
	t-stat	1.2763	-0.3841	-2.1875	-0.0014	-1.4397	0.7647		
2.自家乗用車	estimate		0.0011	0.0108	-0.0014	0.0643		0.3270	1.1777
	SE		0.0009	0.0061	0.0011	0.1023			
	t-stat		1.1382	1.7595	-1.2394	0.6282			
3.乗合タクシー	estimate			-0.0005	0.0004	0.0093		0.4265	1.8964
	SE			0.0005	0.0003	0.0103			
	t-stat			-1.6614	1.5196	-1.0800			
4.鉄道(JR)	estimate				0.0010	-0.0165			
	SE				0.0030	0.1344			
	t-stat				0.3253	-0.1229			

a) パラメータ推定結果

表-2, 表-3はDynamic AIDSモデルにおける需要関数のパラメータ推定結果である。各推定結果のパラメータ推定値はDynamic AIDSモデルの制約（加法性・同次性・対称性）を満たしている。まず、長期モデルに関しては、推定後の適合度テスト・仮説検定において、t値は一部有意水準5%を棄却するに満たないパラメータも存在するが、8割強のパラメータ推定結果において有意な結果を示している。自由度修正済み決定係数R²については、全て0.7以上の値をとり、モデルのあてはまりが有効であるといえる。しかし、DW統計値は、各交通需要関数の結果とも低い値をとるため、誤差項についての1次の系列相関の存在を棄却することができない。すなわち、SURE法を用いてもまだ誤差相関が存在し、R²は過大評価されている可能性がある点に留意が必要である。

短期モデルに関しては、t値、自由度修正済み決定係数R²、DW統計値の値がいずれも低いことから、長期モデルと比較して信頼性が十分に確保されていない結果となった。これらの短期モデルの推定結果の精度向上は今後の重要な課題として残すことになるが、本研究では試行的に構築モデルを用いて弾力性推計を行うことにした。なお、短期的調整過程から長期的均衡までの調整期間は1/λで示されるため、約5年であることが確認できる。

b) 弾力性算出結果

表-4, 表-5に4交通機関の各種弾力性の算出結果を示す。なお、弾力性の値はいずれも年度別に算出が可能であり、表-4, 表-5で示す値は全期間の平均値である。消費支出弾力性、自己価格弾力性、交差価格弾力性の算出結果より、以下に特徴的な結果をまとめる。

表-4 4交通機関による弾力性算出結果（長期的均衡）

	消費支出弾力性	価格弾力性			
		乗合バス	自家用乗用車	乗合タクシー	鉄道(JR)
乗合バス	0.154	-0.944	1.662	-0.447	-0.426
自家用乗用車	1.376	0.039	-1.551	0.013	0.123
乗合タクシー	-0.153	-0.984	1.721	-0.266	-0.318
鉄道(JR)	-0.348	-0.081	1.865	-0.031	-1.406

表-5 4交通機関による弾力性算出結果（短期的調整過程）

	消費支出弾力性	価格弾力性			
		乗合バス	自家用乗用車	乗合タクシー	鉄道(JR)
乗合バス	0.716	-0.990	-0.007	-0.0007	0.282
自家用乗用車	1.021	-0.0005	-0.998	-0.0002	-0.023
乗合タクシー	1.582	0.001	-0.014	-1.010	-0.558
鉄道(JR)	0.908	-0.0003	-0.007	0.002	-0.903

まず、消費支出弾力性に注目すると、短期的には乗合タクシー及び自家用乗用車の弾力性が大きいですが、長期で

は自家用乗用車のみが1.376と非常に大きい弾力性を示している。一方、他の交通手段については、短期的には1に近い弾力性を示しているが、長期的には1を大きく下回る結果となっている。つまり、消費支出の上昇は、長期的には自家用乗用車への需要を大きく増加させることになる。言い換えると、交通への消費支出の増大は、公共交通の需要の減少を引き起こす可能性があり、何らかの防止策が重要となることが知見として得られる。

次に、自己価格弾力性については、短期的には交通手段間で大きな弾力性の差異は無く、価格変化に対して弾力的に需要が変化するが、長期的には乗合タクシー以外の3交通機関が弾力的な値をとることになる。

交差価格弾力性に関しては、短期的には値がゼロに近く、交通機関同士の明確な代替・補完関係は確認されないが、長期的には、乗合バス、乗合タクシー、鉄道のような補完的交通サービスの需要は、自家用乗用車の価格変化に強い影響を受ける。（表-4, 表-5をもとに、図-1に代替・補完関係の変遷を示した。併せて参照されたい）。この3交通機関と自家用乗用車との交差価格弾力性は、それぞれ、乗合バス：1.662、乗合タクシー：1.712、鉄道：1.865といずれも自己弾力性よりも大きい値を取っている。従って、自家用乗用車の消費者価格を上昇させる施策（例えば、ロードプライシング等）の実施が、公共交通事業への直接的な政策以上に需要拡大に対する効果が期待できることが分かる。また、相互に補完関係にある公共交通サービスについては、互いに連携してサービスを提供することで、需要拡大の可能性が高まることも交差価格弾力性の算出結果より確認できる。

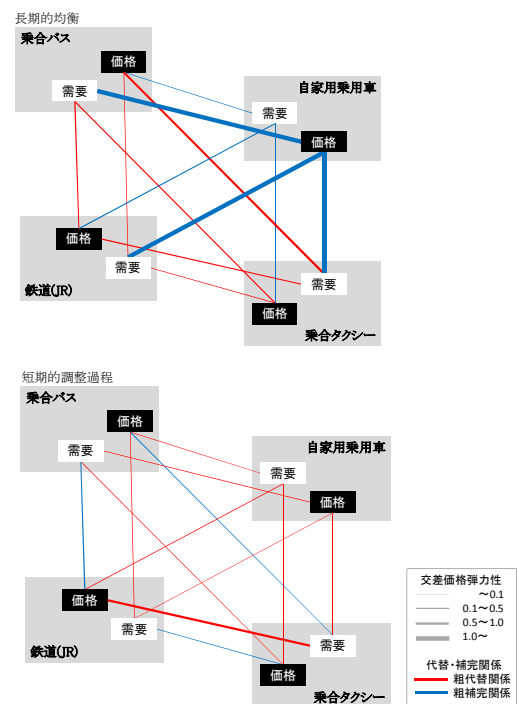


図-1 4交通機関の代替・補完関係

(2) 財・交通・住居サービスに関する分析結果

次に、同様のアプローチを用い、財・交通・住居サービスに関する需要構造を推定し、各交通機関だけでなく交通を取り巻く財との相互需要関係を明らかにした。分析において使用したデータを表-6に示す。

表-6 使用データ (財, 交通, 住居)

	価格データ	需要データ	年次
財	消費者物価指数	支出金額	S55~H22
交通			
住居			
出典	消費者物価指数年報 (総務省統計局)	家計調査年報 (総務省統計局)	

資料：参考文献 8)~9)

a) パラメータ推定結果

表-7, 表-8にDynamic AIDSモデルにおける需要関数のパラメータ推定結果を示す。交通機関の需要関数の推定結果と同様に、モデルの推定精度に関しては、特に短期調整過程において若干の課題も見受けられるため、今後の課題として残すことにする。なお、短期的調整過程から長期的均衡までの調整期間 ($1/\lambda$) は約2.5年であり、財消費に関しては交通機関と比較しておよそ半分の期間で均衡状態に至ることが分かる。

b) 弾力性算出結果

表-9, 表-10は財・交通・住居サービスの各種弾力性の算出結果である。なお、公共交通機関の需要拡大を講じる際には、交通以外の財との関係を考慮する必要があるため、財・交通・住居サービスの交差価格弾力性の数

値が重要な意味を持つことになる。よって、ここでは交差価格弾力性の算出結果に絞って結果の紹介を行う。なお、交通機関の取りまとめと同様に、代替・補完関係の推移を図-2にまとめているため、併せて参考にされたい。

分析結果より、短期的には、交通と住居サービスの間に代替関係が存在する以外に明確な関係性は見られないが、長期では、財と交通・住居サービスの間には補完関係があり、交通と住居の間の代替関係は短期と比較してより強化されることが分かる。また、交通の自己価格弾力性 (0.350) と比較して財・住居と交通の交差価格弾力性は、それぞれ財：-0.271, 住居：0.662であり、交通需要は交通市場以外の価格変化の影響も大きく受けることが確認できる。

4. 結論

本研究では、既存研究の課題を踏まえ、動学化したAIDSモデルを用い、各種弾力性を推定することで、価格に対する需要変動の時系列的な調整過程を踏まえつつ、交通機関の相互需要関係を定量的に分析した。さらに、交通機関のみならず、財・交通・住居の需要相互関係を明らかにすることで、交通市場に限定しない総合的な観点からの需要推計の方向性を示した。なお、本研究の主たる目的は、Dynamic AIDSモデルの交通需要推計への適用であったことから、結果に基づいたより詳細な政策検討に関しては、別稿にて改めて整理することとしたい。

本研究で得られた知見は公共交通の利用者回復・収益

表-7 財, 交通, 住居によるパラメータ推定結果 (長期的均衡)

		定数項	$\log p_1$	$\log p_2$	$\log p_3$	$\log(E/P)$	R2	DW
1.財	estimate	1.0276	0.4369	-0.2145	-0.2224	0.0629	0.9776	0.6327
	SE	0.0600	0.0125	0.0051	0.0109	0.0134		
	t-stat	17.1354	34.9426	-42.3176	-20.4241	4.6952		
2.交通	estimate	0.0362		0.1567	0.0578	-0.0232	0.9832	1.5069
	SE	0.0221		0.0163	0.0146	0.0049		
	t-stat	1.6352		9.5958	3.9479	-4.6966		
3.住居	estimate	-0.0638		0.0578	0.1646	-0.0397		
	SE	0.0523			0.0162	0.0117		
	t-stat	-1.2184			10.1554	-3.3934		

表-8 財, 交通, 住居によるパラメータ推定結果 (短期的調整過程)

		$\log p_1$	$\log p_2$	$\log p_3$	$\log(E/P)$	λ	R2	DW
1.財	estimate	0.0002	-0.0001	-0.0001	0.1120	0.4030	0.4010	1.3210
	SE	0.0002	0.0001	0.0002	0.0318	0.1578		
	t-stat	1.0478	-1.6788	-0.7187	3.5178	2.5544		
2.交通	estimate		0.000004	0.0001	-0.0152		0.3069	1.2678
	SE		0.0002	0.0002	0.0085			
	t-stat		0.0260	0.5313	-1.7975			
3.住居	estimate			0.0001	-0.0967			
	SE			0.0002	0.0282			
	t-stat			0.2487	-3.4274			

回復や、公共交通と私的交通のバランスのとれた共存のための施策（例えば、高速道路料金の設定）のための政策提言を行う上で、基礎情報として有意義なものと言える。しかし、既存研究でも課題として残されていたモデル精度の問題は未だ十分に解決できたとはいえない。今後は使用するデータセットの見直し、価格要因以外を考慮したモデルの構築などの検討の余地があるものと考えられる。また、既存研究内で検討されていた、地域レベルの需要関数の推計による地域別の詳細な分析も、今後着眼すべき課題として挙げられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、データの収集・解析作業を株式会社松家住宅山下由紀子氏に協力いただいた。記して謝意を表します。

表-9 財、交通、住居による弾力性算出結果（長期的均衡）

	消費支出弾力性	価格弾力性		
		財	交通	住居
財	1.079	-0.536	-0.271	-0.273
交通	0.800	-1.630	0.350	0.479
住居	0.550	-2.039	0.662	0.828

表-10 財、交通、住居による弾力性算出結果（短期的調整過程）

	消費支出弾力性	価格弾力性		
		財	交通	住居
財	1.129	-0.999	-0.004	-0.005
交通	0.569	-0.0002	-1.000	0.002
住居	0.001	-0.130	0.435	0.003

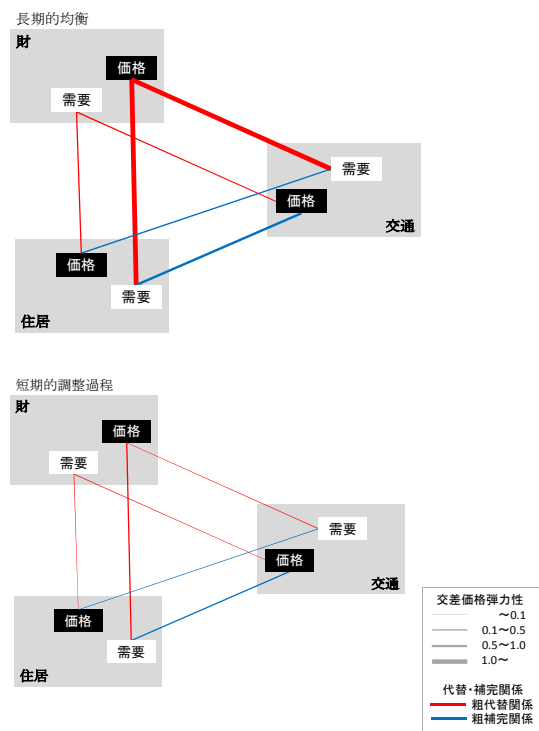


図-2 財、交通、住居の代替・補完関係

参考文献

- 1) 小池淳司：AI Demand System モデルによる交通需要弾力性推定による政策分析，運輸政策研究，Vol.14，No.3，pp.2-8，2011.
- 2) Li, G., Song, H., and Witt, S.: Modeling tourism demand: A dynamic linear AIDS approach, Journal of Travel Research, Vol.43, No.2, pp.141-150, 2010.
- 3) Durbarry, R., Sinclair, M.T.: Market shares analysis –The case of French tourism demand-, Annals of tourism research, Vol.30, No.4, pp.927-941, 2003.
- 4) Deaton, A., Muellbauer, J.: An almost ideal demand system, The American Economic Review, Vol.70, No.3, pp.312-326, 1980.
- 5) Zellner, A.: An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias, Journal of the American Statistical Association, Vol.57, No.298, pp.348-368, 1962.
- 6) 国土交通省：自動車輸送統計年報，昭和 38 年～平成 22 年。
- 7) 国土交通省：鉄道輸送統計年報，昭和 55 年～平成 22 年。
- 8) 統計局：消費者物価指数年報，昭和 43 年～平成 22 年。
- 9) 統計局：家計調査年報，昭和 38 年～平成 22 年。

(???) 受付

SHORT-RUN AND LONG-RUN STRUCTURAL TRANSPORT DEMAND MODELING BASED ON DYNAMIC AIDS MODEL

Atsushi KOIKE, Takuya NAKAO and Daisuke YOSHINO

The central and local governments usually pay substantial amount of subsidies to public transport companies. Hence, there is a need to implement an effective transport services policy. In this paper, the transport service demand is defined as an Dynamic AID in order to estimate various elasticities such as price, cross-price and income, of buses, trains, automobiles and taxis. In addition, this paper estimates various elasticities of goods, transportation and housing. From the results of this empirical study this paper demonstrates the uniqueness of public transportation demand in Japan, and provides several recommendations for transportation policy makers.