

開発途上国における
交通と土地利用の関連性が交通環境負荷に及ぼす影響に関する研究*
Influences of Relationship between Land-use and Transportation on
Transportation Environmental Load in Developing Countries

森本章倫**・古池弘隆***

By Akinori MORIMOTO **・Hirotaka KOIKE ***

1. はじめに

(1) 背景・目的

近年の開発途上国における急激な経済の発展は、都市の広域化とモータリゼーションの進展による自動車交通の需要増大を招いている。その結果、激しい道路交通渋滞や交通事故の多発、大気汚染、交通エネルギー消費量の増大といった都市交通問題が極めて深刻な問題となっている。開発途上国にとってより重要な問題は、このような都市交通問題によって個人のモビリティが低下し、国の経済発展を制約していることにある。

太田¹⁾は道路交通渋滞に代表される開発途上国の都市交通問題の発生原因は、急激な都市化に伴う交通需要の拡大と財源不足による交通システムの整備の遅れという需要と供給のギャップにあると述べている。今後も開発途上国の都市人口と経済成長はさらに加速化する見込みであり、問題の深刻さはその度を高める一方である。

そこで本研究では、開発途上国 11 都市の PT 調査の集計に加え、アンケート調査から都市における問題点の諸要因の関連性を都市間で比較・分析する。そして各都市における、交通と土地利用の関連性と交通環境負荷との関係を把握することを目的とする。

(2) 既存研究との位置づけ

これまでわが国ではJICAの活動をはじめ、開発途上国への都市交通分野での国際協力・援助が行われており、様々な都市において大規模な総合都市交

通調査および研究が行われてきた¹⁾²⁾。太田は開発途上国の都市交通計画の課題を整理し、わが国の国際協力・援助がもつ重要性を明らかにしている。一方、欧米主要都市を対象に人口密度と交通エネルギー消費との関係を示したNewmanら³⁾以来、都市構造と環境負荷に関する研究は数多くされている⁴⁾。

しかし、開発途上国に関する交通特性や都市特性について、複数のPTデータを用いて定量的に比較分析したものは見当たらない。また、都市比較の研究の多くは、交通計画に関する課題の考察あるいは計画の策定などに留まっており、交通計画と土地利用計画の両方の視点から分析した研究は数少ない。これら既存の研究に対し、本研究では以下の特色を有している。

- ・ 開発途上国11都市のPTデータを用いて交通環境負荷と交通特性と都市特性の関連を検討する。
- ・ 開発途上国を対象にアンケート調査を行い、各都市における交通と土地利用の関連性とその問題点を整理する。
- ・ 開発途上国における交通と土地利用の関連性が環境負荷に及ぼす影響について考察を行う。

2. 開発途上国11都市PTデータ

本研究では開発途上国11都市を対象としたPT調査を用いて、交通特性の分析を行う。対象都市はアジアの他に中東や中南米も含む。11都市のPTデータおよび都市社会経済属性を表1に示す。これより、11都市の規模や経済状況は様々であることがわかる。また日本やアメリカに比べ、1人当たりGDPは約1/10以下であり、自動車保有率においても圧倒的に低いこともわかる。

*キーワード：土地利用と交通、開発途上国、交通環境負荷

** 正会員 工博 宇都宮大学工学部
〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2
TEL/FAX：028-689-6221
E-mail：morimoto@cc.utsunomiya-u.ac.jp

***フェロー Ph.D 宇都宮大学工学部

表1 11都市PTデータと都市社会経済属性^{5) [1]}

国名	都市名	都市圏人口	面積	人口密度	1人当りGDP	自動車保有台数	自動車保有率	調査年月	PTデータトリップ数	1日平均トリップ数	交通機関平均旅行速度
		人	km ²	人/km ²	ドル/人	台	台/千人		トリップ	/人・日	km/時
マレーシア	クアラルンプール	1,390,800	243	5,723	4,826	289,521	211	1997	218,460	2.71	18.0
インドネシア	ジャカルタ	20,964,000	6,816	3,076	710	2,063,400	98	2000	1,083,280	2.56	34.5
中国	成都	3,090,000	586	5,273	2,442	647,800	210	2000.6-7	70,199	2.25	36.0
フィリピン	マニラ	9,454,000	636	14,865	1,030	527,000	59	1996.8-12	471,035	2.03	18.0
カンボジア	プノンペン	1,152,000	412	2,796	215	48,132	42	2000.5-8	40,369	2.16	20.0-30.0
エジプト	カイロ	14,400,000	1,001	14,386	1,470	1,050,000	73	2001.9-10	268,360	1.97	19.0
レバノン	トリポリ	330,900	38	8,720	3,990	93,300	282	2000.1-12	7,615	2.11	54.7
シリア	ダマスカス	3,078,190	2,486	1,238	1,088	432,094	30	1998	81,698	2.12	10.0-20.0
ニカラグア	マナグア	1,200,000	3,465	346	620	51,500	43	1998.1-3	54,138	2.18	26.2
ブラジル	ベレーン	1,782,394	1,070	1,666	2,930	82,273	46	2000	59,529	2.48	20.0-60.0
ルーマニア	ブカレスト	2,150,000	597	3,601	2,830	41,065	191	1998.1-12	143,311	2.70	32.6
日本	東京都	12,064,101	2,187	5,516	*34010	*74,210,000	*606	* 東京都とニューヨークの1人当たりGDPおよび自動車保有台数は国の値となっている			
アメリカ	ニューヨーク	21,766,731	6,658	3,269	*35400	*221,474,000	*780				

3. 都市構造と交通エネルギー消費

(1) 交通エネルギーの算出方法

都市 i の交通手段 k の交通エネルギー E_i^k は以下の式より算出する。

$$E_i^k = P_i * G_i * r_i^k * d_i^k * e^k$$

- 人口: P (人), 平均トリップ数: G
- 交通手段別構成比: r^k ,
- 交通手段別平均トリップ距離: d^k (km)
- 機関別交通エネルギー原単位: e^k (kcal/人 km)

なお、交通手段別のエネルギー原単位は算出方法により異なるが、本研究では日本エネルギー経済研究所⁶⁾の推計値 584(kcal/人・km)を用いる^[2]。

(2) 都市構造と交通エネルギー消費

開発途上国における都市構造と交通エネルギー消費の関連を明らかにするために、人口密度と自動車エネルギー消費量の関係を図1に示す^{[3][4]}。

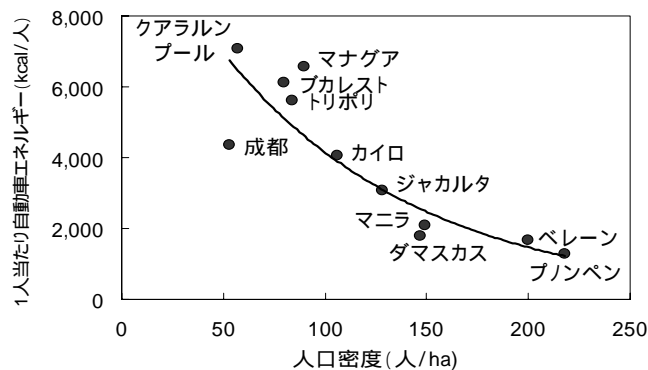


図1 11都市の人口密度と自動車エネルギー消費量

これより、人口密度が高くなるほど自動車エネルギー消費量が小さくなるという関係がみてとれる。

これは、人口密度が高い都市ほど、自動車の分担率が低下することと、トリップ長が相対的に短くなるためであると考えられる。

(3) 先進国と途上国のエネルギー消費の比較

先進国と途上国のエネルギー消費を比較するために、Newman らの先進国主要都市の分析結果と本研究の途上国 11 都市の分析結果を図 2 に示す。なお、図 3 は Newman らの分析結果に沿い、縦軸を年間 1 人当たり自動車エネルギー消費 (MJ/人) に換算した。単位換算には、1[kcal]=4.185*10³ [J]を用いた。

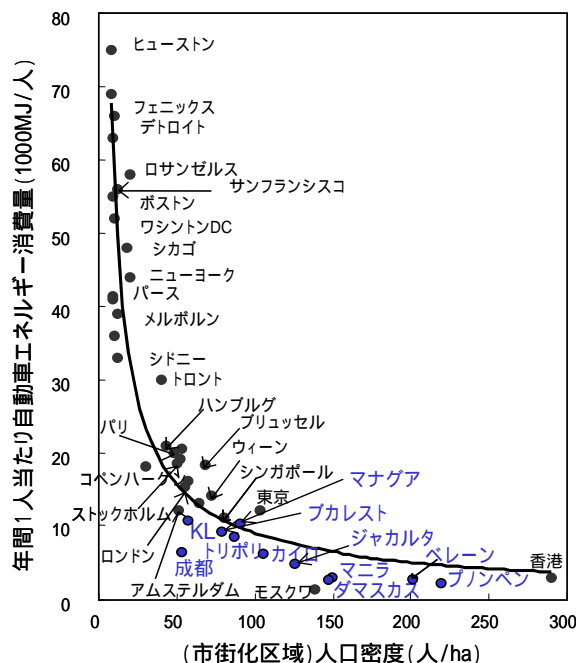


図2 先進国主要都市と途上国11都市の人口密度と自動車エネルギー消費量

これをみると、途上国における自動車エネルギー消費量は先進国と同様の傾向を呈していることがわかる。これより、先進国に限らず途上国においても都市構造と交通エネルギーには密接な関係があると

いえる。また、先進国主要都市の近似曲線に比べ、途上国都市は全般的にエネルギー消費量が若干小さいことがわかる。これは、本研究で用いた途上国都市と先進国主要都市では、経済が大きく異なり、自動車保有率に大きな差があることが影響しているのではないかと考えられる。

4. 途上国都市における問題点の把握

(1) 交通と土地利用に関するアンケート調査

開発途上国における交通政策と土地利用政策の実施状況とその現状を把握し、問題点を整理するために、アンケート調査を行った。このアンケートは、2003-2004年の各10月(計2回)のJICAプロジェクトの参加者を対象に行ったものである。アンケートの概要および質問項目を表2に示す。なお、このアンケートは1999-2002年に行った4年間のアンケート調査の傾向を踏まえ、質問項目を設定している。

表2 アンケート調査の質問項目

機関	2003-2004年10月
アンケート回答者	途上国27カ国のべ45人の研究者・都市計画関係者
質問1	土地利用規制がうまく機能しない理由(選択)
質問2	その具体的な理由(選択)
質問3	質問2でなぜそう思うか

(2) アンケートの集計

土地利用規制がうまく機能しない理由を、財政難、政治的要因、法律問題、行政の連携不足、政策の実現が困難、市民の関心の低さ、人材不足、情報不足、公共交通の不足の中から選択形式で回答させたところ、図3に示す結果を得た。

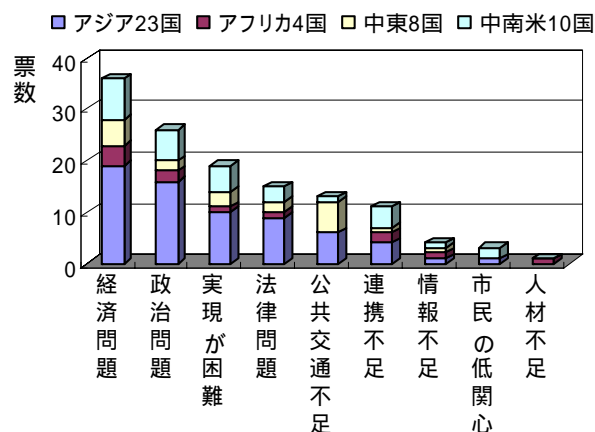


図3 質問1の回答結果

これより以下のことがわかる。全体的に経済問題(76%)と政治問題(62%)を選択する回答が多い。アジア・アフリカ地域では、財政不足や政治的問題をより選択する傾向がある。

次に、質問1で得られた回答を変数にとり主成分分析を行った。表3に分析より得られた主成分負荷量を示す。第1主成分、第2主成分ともに経済問題がプラスに働いており、第1主成分は政治に絡んだ経済問題が、第2主成分は人材不足に絡んだ経済問題で構成されている。

表3 主成分負荷量

主成分負荷量	第1主成分	主成分負荷量	第2主成分
実現が困難	-0.76	連携不足	-0.64
法律問題	-0.67	政治問題	-0.49
市民の低関心	-0.30	法律問題	-0.35
情報不足	-0.07	情報不足	-0.16
人材不足	0.02	市民の低関心	0.02
連携不足	0.21	公共交通不足	0.16
公共交通不足	0.28	実現が困難	0.34
政治問題	0.50	人材不足	0.44
経済問題	0.53	経済問題	0.64
寄与率	0.29	累積寄与率	0.56

5. 交通と土地利用の関連性と交通環境負荷

(1) 都市特性と交通環境負荷

開発途上国都市における人口密度や交通特性が交通環境負荷に及ぼす影響を把握するために、1人当たり自動車エネルギー消費量を目的変数に、人口密度・1日平均1人当たりトリップ数・自動車分担率を説明変数とした重回帰分析を行った。重回帰分析の相関と回帰係数およびt値を表4に示す。決定係数は0.863と十分に高い値となっており、これら3つの説明変数で1人当たり自動車エネルギー消費を十分に説明できている。特に、人口密度の単相関は0.86であり、人口密度と自動車エネルギー消費量には極めて高い相関があることがわかる。

表4 重回帰分析の結果(R²=0.863)

説明変数(単位)	定数項	人口密度(人/ha)	トリップ数(人・日)	自動車分担率
標準偏回帰係数		-0.55	0.29	0.40
偏回帰係数	-300	-21	2307	5452
t値	0.081	2.85	1.88	2.13
偏相関		-0.73	0.58	0.63
単相関		-0.86	0.37	0.70

(2) 都市における問題点と交通環境負荷

開発途上国を対象にした交通と土地利用に関するアンケートから得られた社会経済属性が交通環境負荷に及ぼす影響を把握するために、1人当たり自動車エネルギー消費量を目的変数とした数量化 類分析を行った。説明変数には、10都市^[5]から有効な回答が得られた政治問題、行政の連携不足、経済問題、公共交通の不足の4つをとっている。分析のカテゴリ数量、カテゴリレンジを表5に示す。それぞれの説明変数のレンジをみると、公共交通の不足と経済問題で超える高い値をとっていることがわかる。特にアンケートの回答で経済問題を挙げないことが交通エネルギー消費を大きくプラスに働かす要因であることがわかる。また、公共交通不足と答えた国では、交通環境負荷が高くなる傾向があることがわかる。政治問題や連携不足といった項目は前者ほど強い関連性はみられない。

表5 各説明変数のカテゴリ数量、レンジ、相関

アイテム	カテゴリ	カテゴリ数量	レンジ	単相関	偏相関
政治問題	無	-129	215	-0.09	0.04
	有	86			
公共交通不足	無	-293	733	0.28	0.14
	有	440			
連携不足	無	-53	178	-0.10	0.03
	有	125			
経済問題	無	2063	2292	0.37	0.28
	有	-229			
定数項		3810			

6. おわりに

開発途上国 11 都市の交通環境負荷の推計と、開発途上国を対象に行った交通と土地利用に関するアンケートの結果を用いることにより、開発途上国における交通と土地利用の関連性と交通環境負荷との関係について検討を行った。これより、Newmanらの先進国主要都市の自動車エネルギー消費と人口密度の関係と同様の傾向を得ることができた。また、人口密度などの都市構造や、交通と土地利用の関連性が交通環境負荷に少なからず影響を及ぼしていることを立証できた。

今後の課題としては、途上国 11 都市における詳細な LOS データの整備と、それを用いたより詳細な交通行動の分析が挙げられる。

なお、本研究で用いた途上国 11 都市 PT データは、独立行政法人国際協力機構社会開発部から提供されたものであり、ここに感謝の意を表します。

補注

- [1]ブノンペンとベレーン は自動車旅行速度が不明なため、8都市の平均値 29.9(km/時)を用いる。ダマスカスは 10~20(km/時)の範囲であるため、8都市平均に最も近い 20.0(km/時)とする。
- [2]途上国のエネルギー原単位が不明なために、日本の原単位を用いている。
- [3]本研究は都市内の交通行動を分析しているために、3時間を越える自動車利用のデータを都市間交通とみなし、排除した上で分析を行っている。
- [4]本来、人口密度に市街化地域人口密度を用いるところだが、本研究ではデータ不備のため、入手可能な範囲内で市街化地域に近い人口密度を用いている。
- [5]レバノン はアンケートを回答していないため、レバノンを除く 10 カ国の回答を用いた分析となっている。

参考文献

- 1) 太田勝敏：発展途上国の都市交通計画の課題、土木学会論文集、第 395 号/ -9、pp.5-21、1988
- 2) 中村明 兵藤哲朗 山村直史 紺屋健一：JICA 都市交通開発調査データベースの紹介 - 世界 11 都市のパーソントリップデータ -、交通工学、Vol.39、pp.39-43、2004
- 3) Peter W. G. Newman and Jeffrey R. Kenworthy: Cities and automobile dependence: An international sourcebook, Gower Technical, 1989
- 4) 谷口守 村川威臣 森田哲夫：個人行動データを用いた都市特性と自動車利用量の関連分析、都市計画論文集 34、pp967-972、1999
- 5) Central Intelligence Agency: The World Fact book, <http://www.odci.gov/cia/publications/factbook/index.html>
- 6) 日本エネルギー経済研究所：EDMC / エネルギー・経済統計要覧