

都市圏指標を用いた交通エネルギー消費量と温室効果ガス排出量に関する一考察\*

A study of Transport Energy Consumption and Earth Warming Gas Emission

By Using The Indicator of Metropolitans and Urban Cities \*

石井 裕介\*\*・西村 昂\*\*\*

By Yusuke ISHII\*\* & Takashi Nishimura\*\*\*

1.はじめに

近年の運輸部門における交通エネルギー消費量の増大は、都市圏のスプロール化や増加する交通需要に対する交通基盤整備の遅れが要因であると考えられる。とりわけ、前者は通勤・通学トリップの長距離化、後者は都心部における慢性的な渋滞の発生を促進し、非効率なエネルギー消費を拡大させることにつながる。今日提唱される「持続可能な社会」に向けて、これを支える都市交通は、適切な交通管理の下、効率的な交通エネルギー消費と温室効果ガスの排出抑制が求められる。

本研究では、このような背景を踏まえて、現状における都市交通のエネルギー消費量と温室効果ガスの排出量を推定し、都市圏面積との関係を分析した。

2.分析データと分析方法<sup>4)5)6)7)</sup>

本研究で用いたデータは、国内で実施されたパーソントリップ調査のうち、24都市圏30調査の調査結果(表-1)である。各調査から得られた交通手段分担率とトリップ時間から交通エネルギー消費量とCO2排出量を推定した。なお、推定に使用したエネルギー原単位とCO2排出原単位は、表-2のものを用いた。これは、1990年の輸送量とエネルギー消費量の実績値からの推定である。

3.都市交通の変化

本研究で用いたパーソントリップ調査結果について分析した。表-3は、目的別調査年度と手段選択率との相関関係を示している。すべての目的において、調査年度とバス手段選択率には負の相関があり、一方、通学と業務以外では調査年度と自動車手段選択率は正の相関が

表-1 分析対象都市圏<sup>8)</sup>

都市圏名	中核都市名	調査年度	都市圏全面積 (km <sup>2</sup> )	平均通勤トリップ長 (km)
青森	青森市	1990	692.13	5.42
いわき	いわき市	1989	1392.67	5.47
宇都宮	宇都宮市	1990	1306.16	6.25
岡山県南	岡山市	1992	1757.35	7.02
香川中央	高松市	1990	1351.11	6.16
鹿児島	鹿児島市	1990	495.43	6.97
金沢74	金沢市	1974	687.13	5.86
金沢84	金沢市	1984	688.57	5.85
金沢90	金沢市	1990	707.72	6.66
釧路	釧路市	1987	1243.05	4.91
熊本84	熊本市	1984	967.39	6.54
熊本97	熊本市	1997	1072.23	7.17
京阪神	大阪・京都・神戸市	1992	9146.08	12.22
高知	高知市	1997	896.39	5.88
西遠	浜松市	1995	1235.49	6.28
静岡中部	静岡・清水市	1988	1639.17	5.64
仙台	仙台市	1991	2192.61	8.83
中京	名古屋・岐阜市	1993	5157.68	7.80
道央83	札幌市	1983	3180.66	8.32
道央94	札幌市	1994	3350.11	9.05
東京	東京特別区	1988	15788.43	15.24
長崎	長崎市	1996	671.75	7.62
函館	函館市	1986	962.02	5.37
播磨	姫路市	1999	1710.20	9.05
東三河	豊橋市	1995	779.39	7.61
広島67	広島市	1967	416.60	6.39
広島87	広島市	1987	1151.01	7.45
福井	福井・鯖江・武生市	1991	3089.95	4.34
前橋高崎77	前橋・高崎・伊勢崎市	1977	1309.08	6.15
前橋高崎93	前橋・高崎・伊勢崎市	1993	1723.91	6.82

表-2 手段別原単位表<sup>5)</sup>

代表交通手段	平均移動速度 (km/h)	エネルギー消費原単位 (kcal/人km)	CO2排出原単位 (g-CO2/人km)
徒歩	4	0	0
鉄道	30	109	21.52
バス	15	155	44.62
自動車	20	579	161.95

表-3 目的別調査年度と手段選択率との相関値

	通勤	通学	業務	自由	帰宅
調査年度	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
鉄道	-0.009	0.163	0.028	0.016	0.054
バス	-0.705	-0.551	-0.573	-0.645	-0.513
自動車	0.509	0.459	0.172	0.621	0.638
二輪車	0.123	0.380	-0.054	0.154	0.261
徒歩	-0.727	-0.366	-0.206	-0.722	-0.818
トリップ長	0.187	0.326	0.306	0.219	0.413

※黒地白字は、1%有意。

\*Keywords 地球環境問題、エネルギー

\*\*学生員 大阪市立大学大学院工学研究科土木工学専攻

\*\*\*フェロー 工博 大阪市立大学工学部土木工学科教授

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138

大阪市立大学工学部 土木計画学研究室

TEL 06-6605-2731 FAX 06-6605-3077

表-4 通勤目的における指標間相関関係

	年度	鉄道	バス	自動車	二輪車	徒歩	距離	人口	面積	D人口	D面積	エネ	CO2
調査年度	1.000												
鉄道選択率	-0.009	1.000											
バス選択率	-0.705	-0.118	1.000										
自動車選択率	0.509	-0.641	-0.589	1.000									
二輪車選択率	0.123	-0.169	-0.119	-0.143	1.000								
徒歩選択率	-0.727	-0.122	0.787	-0.403	-0.382	1.000							
トリップ長	0.187	0.908	-0.181	-0.530	-0.105	-0.253	1.000						
常住人口	0.045	0.845	-0.220	-0.511	-0.023	-0.150	0.864	1.000					
都市圏面積	0.091	0.882	-0.301	-0.457	-0.090	-0.199	0.854	0.979	1.000				
DID人口	0.058	0.847	-0.205	-0.540	0.013	-0.139	0.845	0.950	0.924	1.000			
DID面積	0.064	0.862	-0.229	-0.513	-0.033	-0.162	0.871	0.998	0.981	0.952	1.000		
エネルギー	0.641	0.447	-0.605	0.241	-0.295	-0.614	0.659	0.400	0.436	0.358	0.417	1.000	
CO2排出	0.662	0.378	-0.611	0.302	-0.297	-0.624	0.601	0.331	0.367	0.289	0.348	0.997	1.000

※ 黒地白字は、1%有意。

ある。ここからも近年のモータリゼーション化が見受けられる。また、徒歩手段選択率が強い負の相関をみせていることも、自動車への転換が進展しつつあると考えられる。すべての目的において、平均トリップ時間に対して弱いながらも正の相関がある。

#### 4.目的別エネルギー消費量の推定と都市圏との関連性

本節では、パーソントリップ調査の5目的から「通勤目的」と「業務目的」について、より詳細な分析を行う。

表-4は、通勤目的交通における、本研究で用いたすべての指標間の相関関係(単相関)を表している。

鉄道手段選択率(R)が平均トリップ長(L)と都市圏面積(S)に対して、都市圏面積が平均トリップ長に対して強い正の相関関係にある。このことから、都市圏の広がり交通手段や通勤距離に大きな影響力をもっているといえる。(図-1～図-3)

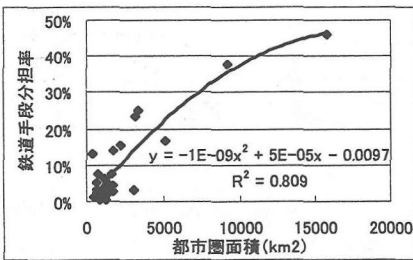


図-1 通勤目的SR関係図

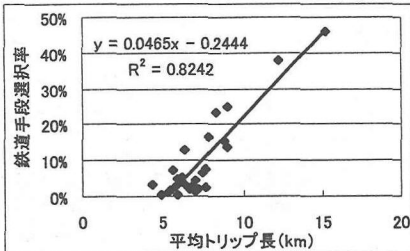


図-2 通勤目的LR関係図

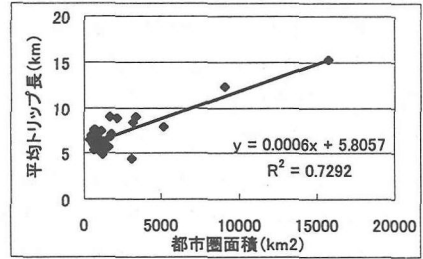


図-3 通勤目的SL関係図

また、都市圏面積とエネルギー消費量間にみられる弱い正の相関関係は、前述(図-1)のとおり、都市圏面積と、エネルギー消費効率の良い鉄道手段選択率に強い正の相関関係があることに起因している。(図-4) このことは、平均トリップ長とエネルギー消費量間の関係にも同じことがいえる。しかし、三大都市圏(東京・京阪神・中京)を除けば、平均トリップ長とエネルギー消費量は、明確な比例関係にあることがわかる。(図-5)

さらに、表-4において、調査年度とエネルギー消費量(E)が弱い正の相関があることは無視できない。これは、1960年代以降の急速なモータリゼーション化により、各都市圏とも自動車手段選択率が高まり、1トリップあたりのエネルギー消費量が増加したと考えられる。この傾向は、あとで述べるCO2排出量についても同じことがいえる。

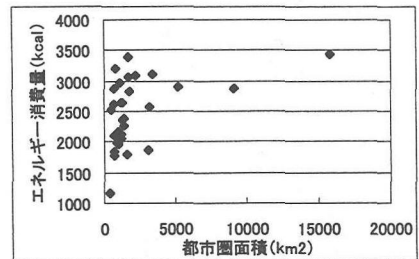


図-4 通勤目的SE関係図

表-5 業務目的における指標間相関関係

	年度	鉄道	バス	自動車	二輪車	徒歩	距離	人口	面積	D人口	D面積	エネ	CO2
調査年度	1.000												
鉄道選択率	0.028	1.000											
バス選択率	-0.573	0.104	1.000										
自動車選択率	0.172	-0.592	-0.608	1.000									
二輪車選択率	-0.054	0.287	0.500	-0.877	1.000								
徒歩選択率	-0.206	0.360	0.606	-0.938	0.819	1.000							
トリップ長	0.306	0.264	-0.288	0.269	-0.372	-0.404	1.000						
常住人口	0.045	0.938	-0.014	-0.469	0.181	0.256	0.301	1.000					
都市圏面積	0.091	0.937	-0.088	-0.433	0.140	0.225	0.295	0.979	1.000				
DID人口	0.058	0.914	0.021	-0.537	0.231	0.369	0.204	0.950	0.924	1.000			
DID面積	0.064	0.939	-0.024	-0.465	0.171	0.256	0.300	0.998	0.981	0.952	1.000		
エネルギー	0.298	-0.087	-0.448	0.649	-0.680	-0.712	0.902	-0.011	0.000	-0.104	-0.009	1.000	
CO2排出	0.298	-0.099	-0.448	0.655	-0.683	-0.715	0.898	-0.022	-0.011	-0.113	-0.019	1.000	1.000

※ 黒地白字は、1%有意。

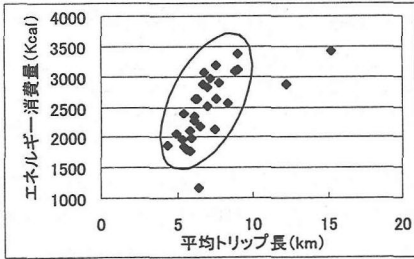


図-5 通勤目的 LE 関係図

図-6は、都市圏規模とマストラ手段選択率(鉄道とバス手段の合計値)をそれぞれ表-6に示すように4段階に分け、エネルギー消費量を3次元グラフで示したものである。小都市圏(DS)では、マストラ利用率の低下とともにエネルギー消費量が階段状に増加している結果を得た。他の規模では、トリップ長など他の要因が影響するため、このような関係を見るができない。

表-6 通勤目的区分表

区分	都市圏規模(S) (km <sup>2</sup> )	マストラ率(R) (%)
A	4001~5000	41~
B	3001~4000	31~40
C	2001~3000	21~30
D	1001~2000	11~20
E	~1000	~10

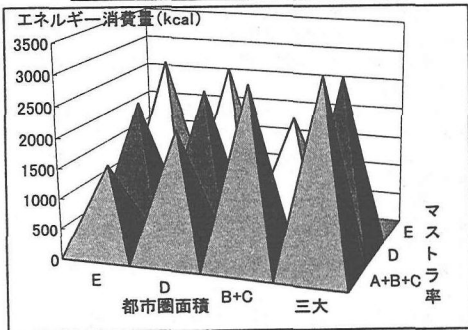


図-6 通勤目的の区別エネルギー消費表

次いで、業務目的についても同様にして分析をした。

業務目的は、すべての都市圏において、自動車選択率が軒並み高いことが特徴である。通勤目的と同様、表-5は、業務目的における、本研究で用いたすべての指標間の相関関係を表している。

通勤目的と同様、都市圏面積と鉄道手段選択率は強い正の相関があるが、鉄道手段選択率が5%以下である都市圏が21都市圏を数えることから、ここでは自動車手段選択率に注目した。業務目的では、自動車手段選択率が他の4目的より極めて高く、その選択率は平均トリップ長との関係が薄いことが特徴である。よって、平均トリップ長とエネルギー消費量が、強い相関関係を示すこととなる。(図-7~8)

一方、自動車選択率が50%以下である2都市圏(京阪神、香川中央)では、徒歩手段選択率が次いで高いことから、CBD地区内での短距離の営業活動には徒歩が代表交通手段となっていると考えられる。

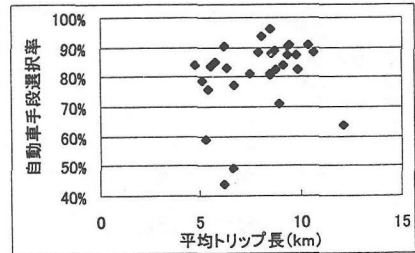


図-7 業務目的 LR 関係図

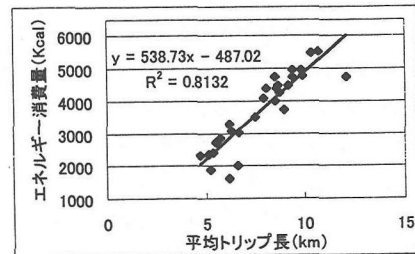


図-8 業務目的 LE 関係図

## 5. 目的別 CO2 排出量の推定と都市圏との関連性

本節においても、エネルギー消費量(E)の推定と同様、CO2排出量(C)を推定し、都市圏規模との関連性を分析する。通勤目的については、エネルギー消費量とほぼ同じ傾向が見られる。

通勤目的(図-9)では、最大規模の東京都市圏で1トリップあたり約900g-CO2であり、東三河都市圏とほぼ同量である。経年変化でみれば、広島都市圏において、1967年から1997年の30年間で1トリップあたり約270g-CO2の排出増加(1967年比84%増)を見せている。

業務目的(図-10)では、東京都市圏で1トリップあたり約1.3kg-CO2の排出量が推定され、通勤目的の1.4倍に相当する。このことは、他の都市圏でも同様で、通勤目的より最大3倍以上、平均1.5倍のCO2排出量がみられ、自動車交通による温室効果ガスの排出が大きな要因であると考えられる。

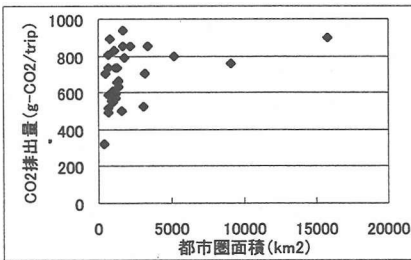


図-9 通勤目的 SC 関係図

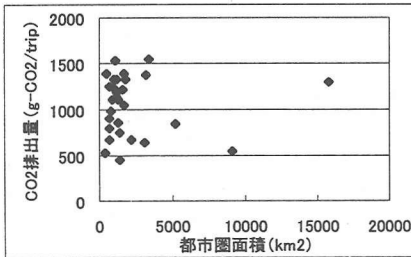


図-10 業務目的 SC 関係図

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、都市圏面積などが都市交通エネルギー消費量や温室効果ガス排出量に対する影響について分析した。以下、分析結果をまとめる。

- (1) 経年変化により、バス手段選択率が他の手段と比較して大きな負の相関関係を見せた。
- (2) 鉄道手段選択率は、都市圏面積と強い正の相関関係があり、また、平均トリップ長とも関係がある。
- (3) 通勤目的において、都市圏面積とエネルギー消費

量、CO2排出量は、明確な比例関係にはならない。他方、業務目的ではこの関係が鮮明に現れる。

- (4) 通勤目的と業務目的の間には、平均トリップ長が約0.55kmの違いに対して、エネルギー消費量とCO2排出量ともに平均値で約1.5倍の開きがあることがわかる。(表-7)

表-7 目的別平均トリップ長、平均エネルギー消費量と平均CO2排出量(24都市圏30調査平均値)

	トリップ長 (km)	エネルギー消費量 (kcal)			CO2排出 (g-CO2)
		最小	最小	平均	
通勤	7.31	3427.8	1161.9	2482.9	687.2
通学	3.66	425.7	104.2	246.4	65.0
業務	7.89	5547.0	1627.4	3790.1	1040.3
自由	4.13	468.1	3657.6	1142.9	310.7
帰宅	5.15	448.9	2162.0	1355.8	369.2

今後の課題として、以下のことが挙げられる。これらを解決することで、複雑な都市交通において地球環境問題への明確な対応策とこれらを実行するための社会的な枠組みの構築が可能になると考える。

- (1) 推定原単位精度の向上。
- (2) 各都市圏の特性に対応した計算精度の向上。
- (3) より多くの指標を取り込んだ分析精度の向上。
- (4) 「持続可能な社会(Sustainable Society)」を支える都市交通に望ましいエネルギー消費量と温室効果ガス排出量の評価検討の必要。

最後に、本研究を進めるにあたり、ご多忙の中、パーソントリップ調査に関する資料の収集にご協力頂いた各都市圏協議会担当者ならびに地元関係各氏に対し、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 石井裕介・西村昂:都市規模による通勤交通等のエネルギー効率、CO2排出量の比較分析、平成11年度土木学会関西支部年次学術講演概要、1999.6
- 2) 石井裕介・西村昂:都市規模による交通エネルギー消費量と温室効果ガス排出量の比較分析、平成12年度土木学会年次学術講演会概要集、2000.9
- 3) Yusuke ISHII & Takashi NISHIMURA: Analysis of the Energy Efficiency and the Amount of Carbon Dioxide Emission based on the Person Trip Survey Data in case of Commuting and Schooling Trips, Memoirs of the Faculty of Engineering OSAKA CITY UNIVERSITY Vol.40, 1999.12
- 4) 環境庁:地球温暖化防止ハンドブック4 交通編、第一法規出版、1992.2
- 5) 環境庁:温暖化する地球・日本の取り組み、大蔵省印刷局、1994.12
- 6) 通産省:総合エネルギー統計 平成9年度版、通商産業研究所、1997.12
- 7) 昭和50年度～平成7年度国勢調査報告書、総務庁統計局、1977～1997
- 8) 各都市圏パーソントリップ調査資料、1967～1997