

# 交通環境負荷とコンパクトシティに関する研究動向と課題\*

## A Research Review on Compact City in terms of Transportation Environmental load\*

森本 章倫\*\*

By Akinori MORIMOTO\*\*

### 1. はじめに

コンパクトシティは「持続可能な都市」のモデル的都市構造として提案され、現在では EU 諸国で推進されている都市政策モデルでもある。現在、コンパクトシティの是非については、その実現を含めて推進派や懐疑派、あるいは中立派の研究者やプランナーから様々議論が出されている<sup>1)</sup>。一般的にコンパクトシティを肯定する重要な根拠の一つとして、環境負荷の低減があげられている。しかし、コンパクトな都市形成が交通環境負荷の低減にどの程度寄与するかについては不明瞭な点が多い。そこで本研究では交通環境負荷とコンパクトシティに関するこれまでの研究動向を整理するとともに、今後の課題について明らかにすることを目的とする。

交通環境負荷に着目すると、地球環境問題として扱われる広域的な大気汚染問題と、沿道環境の保全に代表される局地的問題に大別される。近年では前者は CO<sub>2</sub> 排出量に関連し、後者は NO<sub>x</sub> 濃度等を代替指標として議論することが多い。しかし総じてこれらの大気汚染物質の排出量は、各交通機関で消費されるエネルギー消費量と密接な関係がある。それは石油等の化石燃料を消費した際に発生するのが汚染物質であり、そのためエネルギー消費自体を少なくすれば相対的に交通環境に優しいと解釈できるからである。そこで、ここでは交通環境問題として交通エネルギー消費量に焦点を当てて、コンパクトシティとの関連性について言及する。

なお、研究の手順として、まず交通エネルギー推計方法についてふれ、その後にコンパクトシティとの関連性について、これまでの研究の知見を整理する。最後に交通環境負荷を低減させる都市交通施策について検討を行う。

### 2. 交通エネルギーの推計方法

#### (1) 推計式の考え方

自動車や鉄道といった交通機関が走行することによって消費される直接エネルギー消費量を推計する際には、いくつかの方法がある。大きく分類すると交通行動等の消費量から推計する方法と、ガソリン販売量等のエネルギー供給量から推計する方法がある。前者は各試算値の積み上げを基本としているため、推計範囲が拡大すると誤差が増大する傾向があり、後者は総量での把握となるため、推計範囲が小さくなると供給地と消費地が合致しなくなる問題を含んでいる。

今回はコンパクトシティの都市構造が内包する効率性の評価が必要となるため、交通行動から消費量を推計する前者の方法を用いて検討を行う。

交通行動からの推計する方法も地域スケールによってさらに2つに大別される。まずマイクロスケールで推計する場合には、交通流シミュレーションモデルを用いて車両の加減速等の実走行を再現することで、詳細に燃料消費量を推計することができる。これは局地的な環境負荷の推計にはきわめて有効な手法であるが、都市全体の消費量を推計する際には、シミュレーションに必要な取得データが膨大となり汎用的ではない。一方、マクロレベルでの推計では、平均旅行速度による推計式や原単位を用いて推計する方法がある。原単位を用いる最も簡便な方法として次の算出式があげられる。

\*Key Words: コンパクトシティ, 交通エネルギー, 既存研究, 交通と土地利用

\*\*正員, 工博, 宇都宮大学工学部建設学科  
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2,  
TEL:028-689-6221, FAX:028-689-6230)

$$E = P * G * r * D * e$$

E : 交通エネルギー r : 交通手段構成比

P : 人口(人) D : 交通手段別平均トリップ長(km)

G : 平均トリップ数 e : 機関別交通エネルギー原単位(kcal / 人 km)

この式は人口・交通手段構成比・トリップ長・トリップ数・交通機関別運輸エネルギー原単位の5つの要素から構成され、最初の3要素(P, G, r)を乗ずることで交通手段別のトリップ数が算出される。また、残りの2要素(D, e)を乗ずれば1トリップあたりの平均エネルギー消費量が推計される。

本研究の目的はコンパクトシティと交通環境負荷に関連する研究の整理にあるので、上述したマクロレベルの簡便式を念頭に、消費量を構成する5つの要素をもとに検討を行う。

## (2) コンパクトシティと交通エネルギー推計要素

コンパクトシティの都市構造上の特徴を面積、密度、用途の3点からみると、「限定的なエリアの範囲内で、用途混合しながら中高密利用をおこなっている」点にあるといえる。これを先述した交通エネルギー推計要素と比較すると、表-1のようになる。市街地面積の減少は相対的に移動距離を減少し、短いトリップ長は歩行や自転車といった非動力系の交通行動を増加させる。また、人口密度の増加は大量輸送機関の利用を促す反面、道路混雑の悪化によって自動車のエネルギー原単位を増大させる。一方、用途混合によって施設内で完結するトリップが発生し、平均トリップ数を減少させる。また、職住一体型開発等で通勤場所が近くなると通勤トリップ長は減少するが、業務機能が分散すると業務トリップ長が増大する可能性もある。

表-1 コンパクトシティの特徴とエネルギー推計要素

特徴	推計要素	効果
面積減少	平均トリップ長	移動距離の減少
	交通手段構成比	非動力系利用の増大
密度増加	交通手段構成比	公共交通機関利用の増大
	自動車原単位	混雑悪化により非効率化
用途混合	平均トリップ数	生成原単位の減少
	平均トリップ長	移動距離の変化

## 3. 都市構造と交通エネルギー消費

### (1) 面積減少：市街地エリア

堀ら(1999)<sup>2)</sup>は地方中核都市を対象に市街地の外延化の影響を経年的に分析した。その結果、昭和50年から平成4年にかけて居住地の外延化がなかった場合は、約24%のエネルギー消費量が削減されたとの分析結果を示している。また、小根山ら(1997)<sup>3)</sup>は日本の24都市の分析から都市面積が大きくなると一人あたりのCO<sub>2</sub>排出量が小さくなることを示した。

### (2) 密度増加

人口密度とエネルギー消費の関連性はNewmanら(1989)<sup>4)</sup>が指摘して以来、多方面で議論されている。林(1992)<sup>5)</sup>によると、世界各都市の都市比較を行った結果、人口密度の上昇は一人あたりのエネルギー消費量を下げるとしている。しかし一方で、人口密度が上昇するほど単位面積あたりの交通エネルギー消費量が増大し、局地的な環境負荷が悪化する分析結果も紹介している。つまり、密度上昇は都市全体としてはエネルギー消費に対して効率的になるといえるが、局地的汚染問題が発生する危険性を示唆している。

一方、一人あたりのエネルギー消費量であっても都市によっては高密度が効果的でない事例が報告されている。Bouwman(2000)<sup>6)</sup>はオランダの都市を対象に、都市化地域(25世帯/ha)と田園地域(5世帯/ha)を比較しても、一人当たりの交通エネルギー消費に大きな差が見られないとの結果を紹介している。これは一日当たりのトリップ長でみると、確かに都市化地域(34.7km)の方が田園地域(38.0km)より短く、自動車利用も田園地域が約75%に対して都市化地域は約60%と良好な数値を示している。しかし、道路混雑により自動車のエネルギー原単位が2.8MJ/車両kmから2.3MJ/車両kmへと悪化し、総じて一人当たりの交通エネルギー消費は都市化地域50.9MJ/day、田園地域51.0MJ/dayと大差ないとしている。

わが国での試算例に限定すると、都心部高密度の方が相対的に良いと判断される場合が多い。全国67都市の分析結果を用いて、谷口ら(1999)<sup>7)</sup>は市街化区域人口密度の高い都市ほど一人あたりのガソリン消費量が少ないことを明らかにした。しかし、昭和62年時点での関係に対して平成4年時点では関連性が薄くなって

いると指摘している。また、田頭(1998)<sup>8)</sup>は民生エネルギーと交通エネルギーの双方を計算し、低密度都市を高密度都市に変えることが必ずしも良いとは限らないとしている。特に、トリップ長の短い都市では低密度都市を目指すのも一つの選択肢と提案している。

### (3) 用途混合

土地利用用途とエネルギー消費の関係を検討している研究としては、森本ら(1995)<sup>9)</sup>がある。全国78都市を対象にした分析の結果、交通エネルギー消費量と住宅地や工業地の分布パターンに関連性があることがわかった。特に楕円形の都市形状をしていると鉄道利用が多く、バス利用は中心市街地から一種住専までの距離に関連している。また、松橋(1996)<sup>10)</sup>は業務と居住用途からなる立体都市空間モデルを用いて、用途床配置の変更により移動エネルギーは3割程度削減可能であるとの試算をおこなっている。住区レベルの検討としては、谷口ら(1999)<sup>11)</sup>が市街化調整区域 1種住専 2種住専 住居地域 商業地域 準工業地域の順に居住者の自動車利用が抑えられる傾向があることを明らかにした。

## 4. 大都市圏の交通環境負荷

3章では独立した生活圏を有する単一都市を想定した検討を行った。しかし、複数の都市が複合して大都市圏を形成している場合、都市構造をある特定の要素から評価することは難しい。例えば、東京大都市圏を例にとると、都心部である東京区部は充実した公共交通ネットワークを有し、一人あたりで換算すると交通エネルギー消費量は3,466kcal/人とわが国で最も低い値をとる。しかし、区部への通勤者も多い町田市は5,028kcal/人と相対的に大きな消費量を示している<sup>12)</sup>。つまり、大都市圏を評価する際には、個別の構成都市のコンパクト性や消費量だけではなく、その都市相互の関係を考慮して総合的に判断する必要がある。室町(2000)<sup>13)</sup>は総じて大都市圏への人口移動が車利用を減少させ、環境負荷低減につながるとしつつ、大都市圏内に着目すると駅近隣地域への人口移動が効果的であると試算している。

東京都市圏を分析した研究としては、森本ら(1996)<sup>14)</sup>は都心育成施策の有効性を示す一方で、現状の交通

状況を前提とした核都市育成は、自動車利用の増大によって、総量的に交通負荷が高まるとの試算を紹介している。つまり、核都市育成には職住近接施策との連動が不可欠である。また、杉田ら(2000)<sup>15)</sup>は都心居住と郊外居住を比較して、交通エネルギーの観点では都心居住が望ましいが、都市整備・維持費からみると必ずしも都心居住がベストではないとしている。

京阪神都市圏の推計結果として、北村ら(1999)<sup>16)</sup>は、高密度で職住近接型の土地利用促進が効果的であるとしながら、都市圏外延部に居住し長距離通勤を行う世帯に対する政策の必要性を述べている。また、松橋(2000)<sup>17)</sup>も高密度地域の有効性や都心周辺部の居住者のエネルギー消費が低いことを指摘している。しかし、推計にあたって渋滞の影響は無視できないとしている。

## 5. 交通エネルギー削減施策の分類

交通エネルギー削減施策の検討に関して様々な研究がなされている。技術面から見ると自動車原単位の改善が効果的であるが、自動車利用そのものを削減する施策も提案されている。例えば交通と土地利用から自動車利用削減の議論を整理しているものとして高見ら(1998)<sup>18)</sup>の研究があげられる。前述したエネルギー推計式をもとに、交通エネルギー施策に関連のあるものを表-2にまとめる。

表-2 交通エネルギー削減施策

総人口の誘導	
	人口抑制政策(中国:第一子政策)
	人口再配分(大都市化政策)
トリップ数の削減(移動機会の減少)	
	情報通信技術の進展(移動の代替性)
	複合開発(職住一体型開発)
	ホームオフィス(在宅勤務)
交通手段の変更(エネルギー効率の良い交通機関へ転換)	
	公共交通の促進
	NMTの促進(自転車、歩行)
	都心部流入規制(ロードプライシング)
トリップ長の減少(移動距離の短縮)	
	職住近接政策(ゾーニングの見直し)
	都心居住の促進(住宅付置義務開発)
	居住密度の上昇(コンパクトシティ)
エネルギー原単位の減少(技術革新による効率性向上)	
	高燃費車の開発(燃料電池の開発、電気自動車等)
	走行速度の上昇(効率的移動の実現、ITS技術の向上)
	乗車率の増大(HOVレーン、ライドシェアリング)

## 6. おわりに

交通環境負荷と都市構造との関連性について既存研究をもとにこれまでの知見を整理した結果、いくつかの留意点があることがわかった。

- ・ 総じてコンパクト化は交通環境負荷の低減に働く場合が多いが、局地的な汚染を引き起こす可能性がある。
- ・ 都市特性に応じた施策が必要であり、必ずしも密度上昇のみが負荷低減に働くわけではない。
- ・ 大都市圏の場合、特に郊外部での交通対策が重要である。

なお、今回の整理は直接的な走行に係わる環境負荷を対象としたが、本来は建設に伴う負荷等を含めて検討する必要がある。交通整備とライフサイクルアセスメントの議論は加藤(2001)<sup>19)</sup>が詳しく紹介している。今後、コンパクトシティが交通環境負荷を本当に低減するかについては、これまでの総論の議論から個別の都市を対象とした詳細な検討が不可欠である。

### 【参考文献】

- 1) Mike Jenks, Elizabeth Burton and Katie Williams. "The Compact City: Sustainable Urban Form?" Oxford Brookes University, Oxford, UK, 1996
- 2) 堀裕人, 細見昭, 黒川洸:「自動車エネルギーからみたコンパクトシティに関する研究 - 宇都宮都市圏の 2 時点における PT データを用いて - 」, 第 34 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp241-246, 1999
- 3) 小根山裕之, 大西博文:「環境負荷の小さい都市構造・交通体系に関する一考察」, 土木計画学研究・講演集 No. 20(2), pp129-132, 1997
- 4) Newman P.W.G. and Kenworthy J.R. "Cities and Automobile Dependence" A Source book, Gower Technical, 1989
- 5) 林良嗣, 富田安夫, 土井健司, スパラット・リチカ・加藤博和:「都市交通によるエネルギー消費および環境負荷への影響に関する比較」, 土木計画学研究・講演集 No. 15(1), pp939-944, 1992
- 6) M.E.Bouwman: Changing mobility patterns in a compact city: Environmental impacts, Compact Cities and Sustainable Urban Development, Ashgate, pp.229-240, 2000
- 7) 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 No.34, pp967-972, 1999
- 8) 田頭直人:「都市の空間構造とエネルギーに関する一考察 - エネルギー削減を目指した諸システムの導入効果について - 」, 第 33 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp61-66, 1998
- 9) 森本章倫, 古池弘隆:「都市構造が運輸エネルギーに及ぼす影響に関する研究」, 第 30 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp685-690, 1995
- 10) 松橋啓介:「省エネルギー型都市の立体都市空間形態に関する一考察」, 第 31 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp43-48, 1996
- 11) 谷口守, 具国鎮, 中野敦:「住区レベルでの土地利用と自動車利用特性の関連分析」, 土木計画学研究・講演集 No. 22(2), pp427-430, 1999
- 12) 東京都市圏総合都市交通体系調査報告書、平成 5 年小規模パーソントリップ調査テクニカルレポート、p41, 1995
- 13) 室町泰徳:「大都市圏への人口移動による車利用削減の可能性に関する研究」, 第 35 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp457-462, 2000
- 14) 森本章倫, 小美野智紀, 品川純一, 森田哲夫:「東京都市圏における PT データを用いた輸送エネルギー推計と都市構造に関する実証的研究」, 土木計画学研究・論文集 No. 13, pp361-368, 1996
- 15) 杉田浩, 橋詰貴志, 谷下雅義, 鹿島茂:「交通エネルギー消費量、交通費用、都市整備費用からの都心居住と郊外居住の比較分析」, 第 20 回交通工学研究発表会論文報告集, pp225-228, 2000
- 16) 北村隆一, 山本俊行, 神尾亮:「高密度都市圏での交通エネルギー消費削減に向けた土地利用政策の有効性」, 土木学会論文集 No. 625/IV-44, pp171-180, 1999
- 17) 松橋啓介:「大都市圏の地域別トリップ・エネルギーから見たコンパクトシティに関する考察」, 第 35 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp469-474, 2000
- 18) 高見淳史, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏:「自動車利用削減のための土地利用/交通施策に関する議論の整理と商業立地上の論点に関する一考察」, 土木計画学研究・論文集 No. 15, pp217-226, 1998
- 19) 加藤博和:「交通分野へのライフサイクルアセスメント適用」, IATSS Review Vol.26 No.3, pp55-62, 2001