

全国主要都市における交通による CO₂排出量の推計と都市間比較

平野 勇二郎¹・戸川 卓哉²・五味 馨²・有賀 敏典³・松橋 啓介³・藤田 壮³

¹ 国立研究開発法人国立環境研究所 福島支部（〒963-7700 福島県田村郡三春町深作 10-2 福島県環境創造センター研究棟）

E-mail: yhirano@nies.go.jp

² 国立研究開発法人国立環境研究所 福島支部（〒963-7700 福島県田村郡三春町深作 10-2 福島県環境創造センター研究棟）

³ 国立研究開発法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

生活者の交通によるCO₂排出の削減は低炭素型ライフスタイルを実現する上で重要課題である。本研究では、家計調査によるガソリンや公共交通への支払額や、小売物価統計、LCAデータベースなどを活用し、生活者の交通に伴うCO₂排出を推計し、その都市間比較を行った。自動車利用のCO₂排出は、ガソリン消費による直接CO₂排出だけでなく、自動車の製造や整備等に伴う間接CO₂排出も算出した。この結果、大都市ほど交通によるCO₂排出が少ない傾向が生じた。そこで、都市化の程度を代表する変数として可住地における人口密度を選択し、ガソリン消費によるCO₂排出との関係を調べた結果、明確な負の相関が生じた。また、自動車保有台数と自動車に関わる直接・間接CO₂排出との関係を調べた結果、正の相関が得られた。次に、移動距離を概算し、高密度化の影響を移動距離の縮小と公共交通への移行という二通りの要因に分けて把握した。

Key Words : direct/indirect CO₂ emissions, transportation, lifestyle, family income and expenditure survey, life-cycle CO₂, low carbon society

1. はじめに

低炭素社会を実現するためには、都市居住者の生活行動に伴うCO₂排出の削減は重要課題である¹⁾。とくに運輸部門のCO₂排出量は家庭部門に匹敵し、その多くが自動車利用によるCO₂排出であることから²⁾、削減ポテンシャルは比較的大きいことが推察される。生活者側からの評価でも、交通によるCO₂排出は生活に伴うCO₂排出全体の中で比較的大きな割合を占めており、また複数の選択肢があることが多いため、行動選択による削減の方策について検討が必要である³⁾。

自動車利用に伴うCO₂排出は都市構造が大きく関係しており、生活者の行動選択により削減する方策を検討する際には、適切な都市環境の設計と結びつけて検討する必要がある。著者らはすでに全国49都市において自動車利用によるCO₂排出量を推計し、人口密度が高い都市ほどCO₂排出量が少ない傾向があることを確認した⁴⁾。ただしこの分析では家計調査によるガソリン購入のための支出額からCO₂排出量を算出しており、鉄道やバスなど

の公共交通機関の利用に伴うCO₂排出量を対象としていない。実際には、高密度化によりCO₂排出が減少する要因には、移動距離の縮小と公共交通機関への移行といった二通りの要因が考えられるが、両者を区別した評価ができていない。また、後者の要因については電車やバスなどの運行に伴う間接CO₂排出を対等に比較しなければ低炭素評価としては適切とは言えない。

一方、著者らはこれまでに家計調査や全国消費実態調査と産業連関表、LCAデータベース等を用いて生活行動に伴う直接・間接CO₂排出量を算出し、低炭素型ライフスタイルについて検討している⁵⁾。この方法では公共交通利用に伴う間接CO₂排出量を生活者側から算出することができる。また、自動車利用によるCO₂排出量も、ガソリン燃焼による直接CO₂排出だけでなく、ガソリンの生成に伴う間接CO₂排出、自動車本体の製造や整備等による間接CO₂排出を対等に比較することができる。

そこで本研究では全国49都市における家計調査のデータと前述したCO₂排出算出手法により各都市における交通によるCO₂排出量を推計し、都市間の比較を行った。

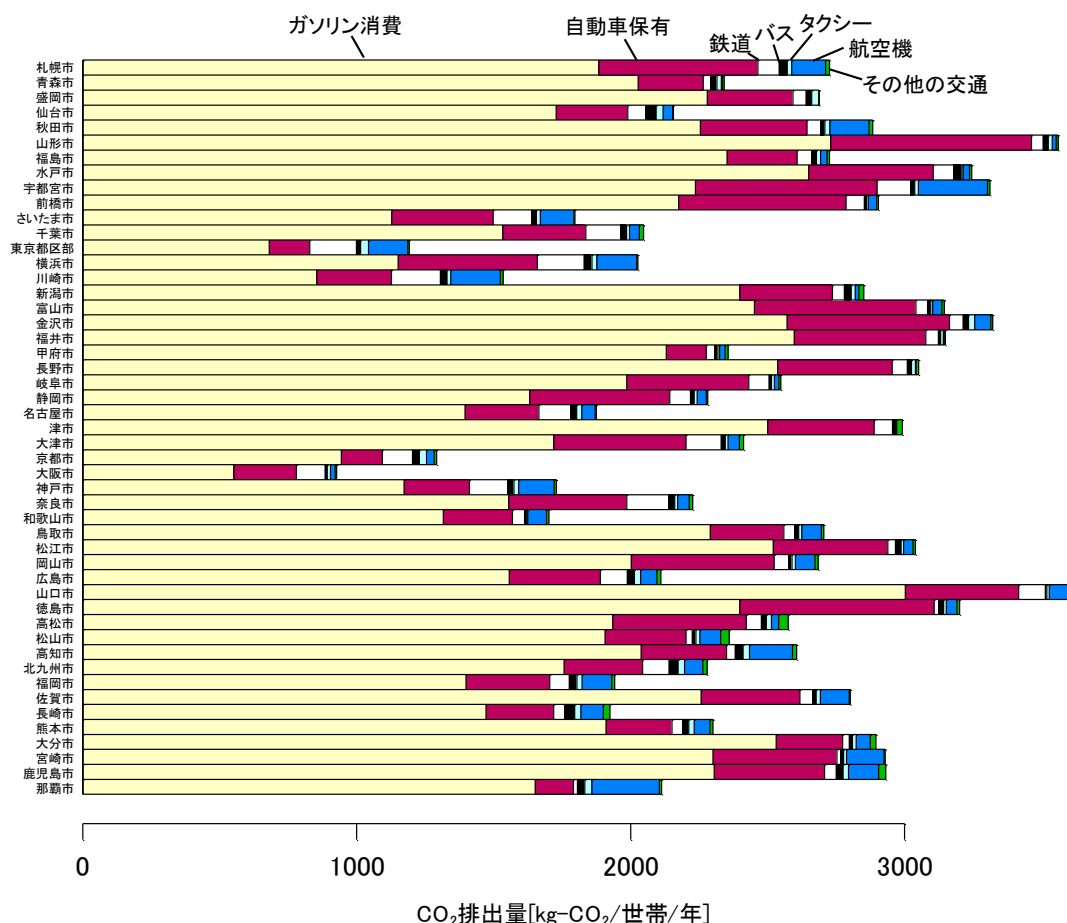


図-1 交通によるCO₂排出量の算定結果（二人以上世帯）

また、種々の統計データを用いて各種の都市条件との関係を検討するとともに、前述した高密度化に伴うCO₂削減の要因について考察を加えた。

2. CO₂排出量の算出と都市間比較

本研究の直接・間接CO₂排出量推計手法は基本的には井原ほか⁹⁾の方法とほぼ同様の方法に基づいている。ただし井原ほか⁹⁾は、推計の基礎となる消費支出データは家計調査と全国実態消費調査を統合して作成しているが、この方法では都市スケールのデータが得られない。そこで本研究では消費支出は全国49都市における二人以上世帯の家計調査のデータを用いた。金額あたりCO₂排出原単位は2005年の産業連関表と3EID⁹⁾から得た。産業連関表と家計調査の項目の対応は井原ほか⁹⁾と同様であるが、本研究ではガソリンや公共交通等の交通に関する項目のみを対象とした。また、自動車利用に伴うCO₂排出は、ガソリン消費によるCO₂排出と、自動車や関連部品の購入および整備等による間接CO₂排出とを分けて集計した。後者の間接CO₂の大半は自動車製造時のCO₂排出である。

前述の方法から得られた49都市の交通によるCO₂排出量の算出結果を図-1に示す。この結果から、ガソリン消費によるCO₂排出量がとくに多いことが分かる。自動車保有に伴う間接CO₂排出はガソリン消費によるCO₂排出と比較し小さいが、他の公共交通等による間接CO₂排出と比較するとやはり大きいと言える。

図-1から大都市においてCO₂排出量が少ない傾向が明確に読み取れる。前述した通り、著者らの既往研究⁴⁾において人口密度が高い都市ほど自動車利用によるCO₂排出量が少ない傾向があることを示したが、この研究ではガソリン消費による直接CO₂排出のみを対象としていた。これに対し、本研究の手法では公共交通機関による間接CO₂排出を対等に比較することが可能となったが、傾向は概ね同様であると言える。

そこで、次にこれらのCO₂排出量と可住地における人口密度との関係について分析した（図-2）。この結果、既往研究⁴⁾と同様にガソリン消費によるCO₂排出と人口密度の間には非常に強い負の相関が生じた（図-2a）。また、自動車保有に伴う間接CO₂排出も、ガソリン消費によるCO₂排出と比較しややばらつきは大きいものの、同様に負の相関であった（図-2b）。一方、ここでは自

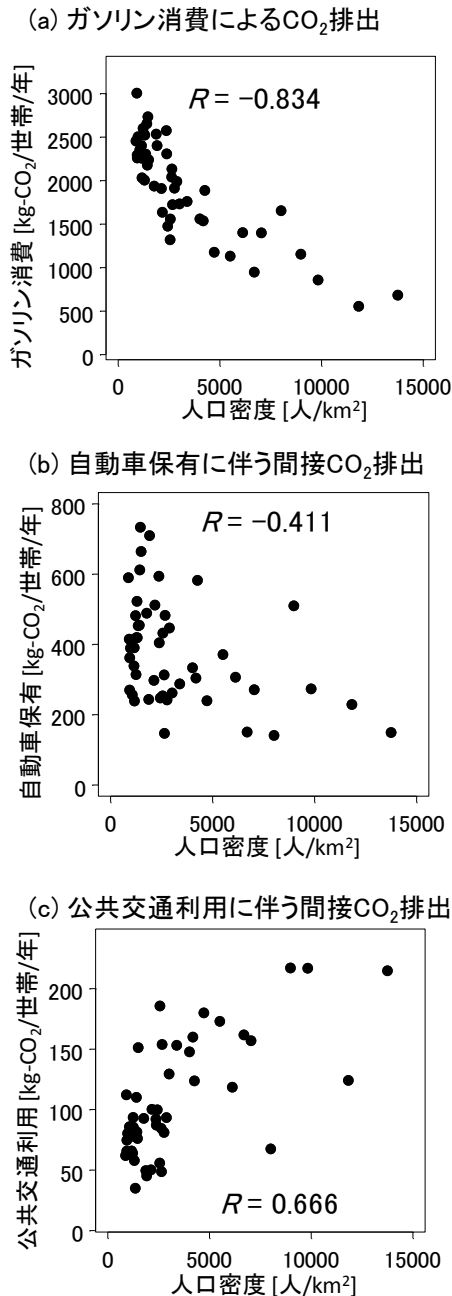


図-2 可住地における人口密度と各 CO₂排出量の関係

動車の代替手段になり得る鉄道、バス、タクシーを公共交通とみなして人口密度との関係を調べたところ、正の相関が生じた（図-2c）。したがって、これは前述した高密度化により自動車利用によるCO₂が減少する効果を相殺する方向に作用する。ただし、この数値の変動幅はガソリン消費によるCO₂排出（図-2a）の10分の1程度であり、文献⁹では評価できなかった公共交通機関を効果を踏まえても、人口密度が高い都市ほど交通のCO₂排出が少ないという結果となった。

次に自動車保有台数の影響について考察する。まず可住地における人口密度と自動車保有台数の関係を調べた

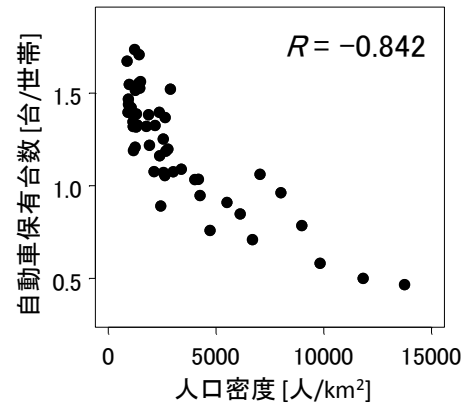


図-3 可住地における人口密度と世帯あたり自動車保有台数の関係

ところ、強い負の相関が生じた（図-3）。これは地域条件による自動車利用の必要性の差異に加えて、駐車場確保のコストなども関係していることが推察される。次に、世帯あたり自動車保有台数と直接・間接CO₂排出量の関係を調べた（図-4）。この結果、自動車保有台数とガソリン消費によるCO₂排出量は強い相関があり、直線的な分布となった（図-4a）。したがって両者が強く関係していることは明確であるが、この結果のみでは因果関係を特定できないため、CO₂削減策に結び付けるには種々の要因を考慮したより詳細なモデル化が必要であると考えている。自動車保有台数と自動車保有に伴う間接CO₂排出との関係も、ばらつきは大きい若干の正の相関が生じた（図-4b）。これは自動車保有に伴うCO₂排出であるから関係はより直接的であり、例えばカーシェアリングなどの台数削減の方策によりCO₂排出を削減し得る可能性を示唆するものであると考えている。ただし、図-4bにおいてばらつきが非常に大きいことから、保有台数のみでは説明しきれない諸要因が多く含まれていることが推察されるため、CO₂削減策に結び付けるには今後さらに詳細な検討が必要である。

3. 移動距離の算出と都市間比較

前述した通り、公共交通利用の増加により相殺される効果を踏まえても、人口密度が高い都市ほど交通に伴うCO₂排出が少ないことが示された。ただし、その要因には、高密度化による移動距離の縮小と、自動車と公共交通機関の距離あたりCO₂排出原単位の差との二通りの要因がある。都市環境設計の観点から低炭素化を推進するためには、これらの要因は区別する必要がある。

そこで、家計調査による支出額と交通手段ごとの移動の単価から各々の移動距離を算定した。ただし、ここで行った算定方法では諸条件による金額のばらつきを表現

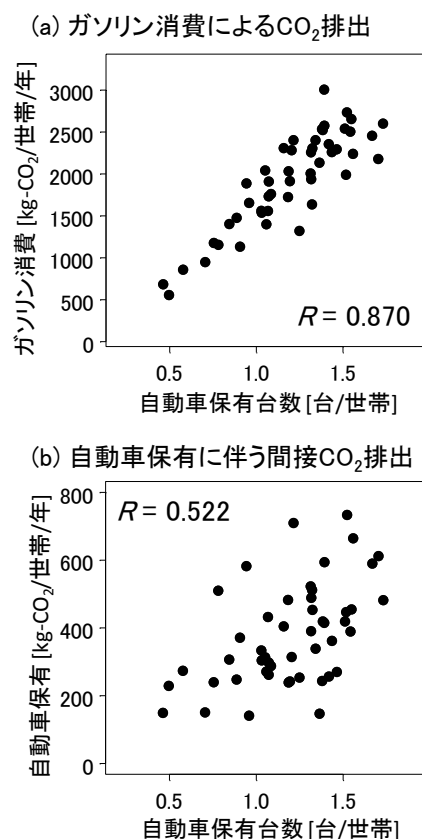


図-4 世帯あたり自動車保有台数と各CO₂排出量の関係

できず、あくまで概算値である。計算方法を次に示す。まず、自動車は小売物価統計調査による各都市のガソリン価格、自動車燃料消費量統計年報による自家用車の燃料消費量と走行キロの値から算出した燃費から、支出額あたりの移動距離を算出した。鉄道は、代表値としてJRの幹線運賃に従い設定した。ただし鉄道の通勤定期、通学定期は小売物価統計調査に記載された代表距離の値から、距離に比例する前提で移動距離あたりに換算した。バスは小売物価統計調査に記載された都市別の6kmの運賃から移動距離あたりに換算した。タクシーは小売物価統計調査に記載された距離による加算運賃から移動距離あたりに換算した。なお、家計調査の年間支出総額と対応させる関係上、本研究では、鉄道、バス、タクシーに含まれる初乗料金は無視した。また、ここでは自動車の代替手段としての公共交通に着目しているため、航空機は算出していない。

この結果として得られた都市別の移動距離を図-5に示す。この図から、やはり全体的に自動車の割合が高く、多くの都市では半分以上を自動車が占めていることが分かる。ただし、東京周辺や大阪市などの大都市では自動車が顕著に少なく、相対的に鉄道の割合が多い。結果として両者の変動は概ね相殺されており、自動車と公共交通の代替性が示されている。

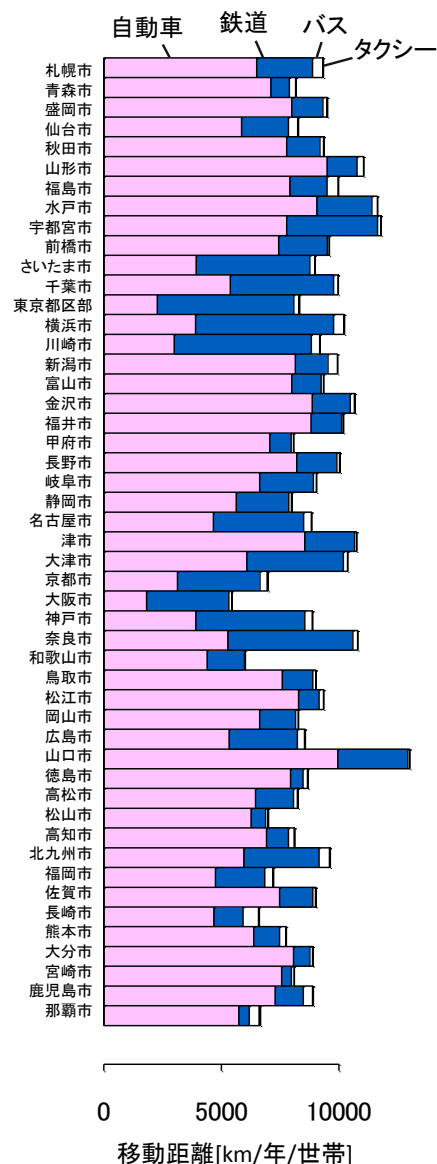


図-5 移動距離の算定結果

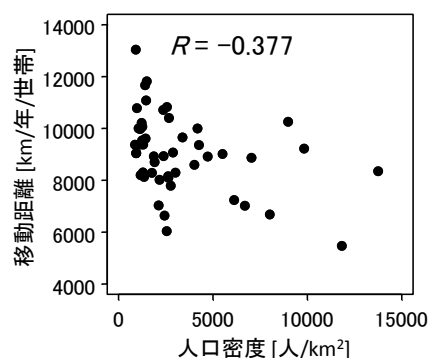


図-6 可住地における人口密度と移動距離の関係

ここで、前述した高密度化による移動距離の縮小の効果を把握するため、自動車と公共交通を合計した移動距離と可住地における人口密度との関係を調べた（図-6）。この結果、ばらつきは大きいものの、若干の負の相関が

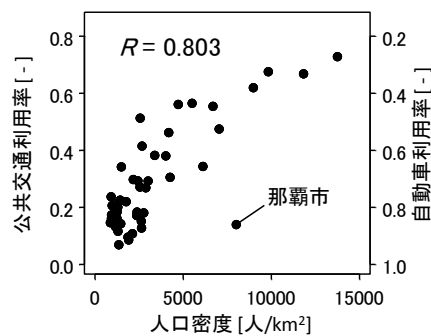


図-7 可住地における人口密度と公共交通・自動車利用率の関係

生じており、高密度化により移動距離が短縮する効果が得られていることが推察される。次に、公共交通および自動車の利用率と可住地における人口密度との関係を調べたところ、人口密度が高いほど公共交通利用率が高い傾向が明確に生じた（図-7）。これらの結果から、図-1において生じた大都市においてCO₂排出量が少ない傾向は、主に自動車と公共交通の距離あたりCO₂排出原単位の差異の影響が大きいことが推察される。ただし、前述した通りこの距離算定方法はあくまで概算であり、また図-5および図-6において都市化の要因では説明しきれないばらつきが非常に大きいため、定量化するには今後さらなる詳細な検討が必要である。

4. まとめ

本研究では都市生活者の交通に伴うCO₂排出について、家計調査等を用いて分析を行った。とくに、著者らの従前の評価ではガソリン消費による直接CO₂排出しか評価に含めていなかったのに対し⁴⁾、本研究では直接・間接CO₂排出推計手法を用い、公共交通の利用や自動車保有に伴う間接CO₂排出も踏まえて評価した点に特徴がある。また、概算値ではあるが移動距離を算定し、高密度化の影響を移動距離の縮小と公共交通への移行という二通り

の要因に分けて把握することを試みた。本研究の結果には集住化によるCO₂削減の可能性の検討や、それを実現するためのカーシェアリングやデマンドバス等の導入可能性の検討に貢献し得る示唆的な知見を含んでいると考えている。しかしながら本研究で行ったマクロ評価的な手法では、種々の要因が複雑に影響し、また、間接相関となり得る要因も多いため、ばらつきが非常に大きい結果から考察せざるを得なかった。したがって今後、実質的なCO₂削減策に貢献するには、種々の要因を組み込んだ詳細なモデル化とさらなる精緻化が必要である。

謝辞：本研究を進めるにあたり東京大学の井原智彦氏、大阪大学の吉田友紀子氏にご指導、ご協力を頂きました。本研究は環境省「CO₂テクノロジーアセスメント推進事業委託業務」の一環として行われました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国立環境研究所：2050 低炭素社会シナリオ，http://2050.nies.go.jp/LCS/index_j.html.
- 2) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス：温室効果ガスインベントリ，<http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>.
- 3) Hirano, Y., Ihara, T. and Yoshida, Y.: Estimating residential CO₂ emissions based on daily activities and consideration of methods to reduce emissions, Building and Environment, Vol.103, pp.1-8, 2016.
- 4) 平野勇二郎，藤田壮，高橋俊樹：全国主要都市の家庭におけるCO₂排出量の構造分析とエネルギー用途の推定手法．環境システム研究論文集，Vol.38, pp.309-316, 2010.
- 5) 井原智彦，本瀬良子，工藤祐揮：産業連関表を用いた家計消費支出に伴うCO₂排出解析の考察．環境システム研究論文発表会講演集，Vol.37, pp.267-273, 2009.
- 6) 独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター：産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID），<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index-j.html>.

COMPARISON OF ESTIMATES OF CO₂ EMISSIONS FROM TRAFFIC IN MAJOR JAPANESE CITIES

Yujiro HIRANO, Takuya TOGAWA, Kei GOMI, Toshinori ARIGA, Keisuke MATSUHASHI and Tsuyoshi FUJITA

To become a low carbon society, we must reduce CO₂ emissions from the transportation sector. In this study, we calculated and analyzed the CO₂ emissions from cars and public transport vehicles in major

Japanese cities. We used data from a variety of sources, such as family income and expenditure surveys, life-cycle CO₂ databases, retail price statistics, etc. To calculate the emissions from cars, we added the direct CO₂ emissions from gasoline combustion to the indirect CO₂ emissions associated with the production and maintenance of cars and related components. Our results indicate that CO₂ emissions from traffic tend to be lower in larger cities. We found that population density, which can be considered as a proxy for the extent of urbanization, is strongly negatively correlated with CO₂ emission levels. The number of cars owned is positively correlated with CO₂ emission levels.