

都市における自動車と自転車の外部費用 に関する国際比較研究

清水 哲夫¹・土居 玲奈²

¹正会員 首都大学東京教授 都市環境科学研究科観光科学域 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail:t-sim@tmu.ac.jp

²非会員 東京電力(株)

本研究は、東京、高松、ウィーンを対象に、自動車および自転車の外部費用を比較している。外部費用として、走行時空間機会費用、駐車時空間機会費用、道路建設費用、道理維持管理費用、駐車場建設・維持管理費用、交通事故費用、大気汚染費用、地球温暖化費用、放置自転車対策費用を考慮した。費用の単位については1人当たり・1日当たりとした。

分析の結果、どの都市においても自動車の外部費用は自転車のその5倍程度であること、東京では空間機会費用、高松では交通事故費用の割合が高いこと、自転車の外部費用は利用者の行動によって大きく削減できる余地があることが明らかとなった。

Key Words :external cost, bicycle, passenger car, urban area, international comparison

1. はじめに

環境に優しい交通機関として自転車が世界的に脚光を浴びている。都市内での自転車利用を促進すれば、将来的に都市のコンパクト化が達成可能であるとの期待も高まっている。我が国も例外でなく、各地で自転車レーンの導入などの自転車利用促進施策が取り込まれつつある。一方で、インフラやルールが完全に整わない環境で自転車利用が増加することに伴う交通安全上の問題が顕在化しつつあるし、従来から問題となっている街路上の放置自転車の問題も、依然として決定的な解決方法が見いだせていない。

筆者らは、ややもすると無批判に自転車利用が推奨される状況下で、都市における自転車利用の外部費用を自動車利用のそれと客観的に比較したいと考えている。具体的には、自転車利用の費用は自動車利用のその何分の一くらいなのか、どんな種類の費用項目が支配的なのか、都市による差異はどの程度か、といった疑問に答えたいと考えている。

本研究は、都市における自動車利用および自転車利用の外部費用を、東京(23区)、高松、ウィーンを対象に比較することを目的とする。これら三都市は、都市規模や自転車利用環境の相違、データの入手可能性を考慮して選定した。

2. 交通機関の外部費用に関する既存研究

ヨーロッパでは交通の外部費用の内部化に関する既存研究が多数行われている。例えば、INFRASは2000年におけるEU17カ国における道路、鉄道、航空、水上交通の外部費用を車種別や人流・物流別に算出している¹⁾。対象となっている費用は交通事故、騒音、大気汚染、気候変動、自然・景観、都市スプロール、生産過程、混雑であり、混雑は年間総額、その他は人キロ・トンキロ当たりの平均・限界費用で示されている。

CE Delft等の研究者グループは2008年に”Handbook on estimation of external cost in the transport sector”²⁾を公表し、上記研究を含めた多くの既存研究について、対象国・交通機関、考慮する費用項目、費用算出方法等の情報を整理し、比較表として掲載している。考慮されている費用項目は気候変動、環境汚染、交通事故が中心で、その他、混雑、土地利用、生物多様性、インフラとなっている。これら各費用項目ごとに、その算出方法のうち優れているものがベストプラクティスとして紹介されている。しかし、入手できる統計データ等の制約から国間の比較にとどまっており、都市レベルでの費用項目別の比較や特に自転車の都市内での費用を明示的に取り扱った研究はほぼないと考えられる。

3. 本研究における費用の単位

対象とする都市における自動車利用と自転車利用の費用を比較する際に、どのような単位費用を用いるかが重要な論点となる。

前章で紹介した既存研究では「走行キロ当たり」が基本的な単位として使用されている。その理由は、費用計上が国単位であるために、興味の対象となる費用項目も必然的に気候変動、環境汚染、交通事故となり、これらを比較する単位として走行キロが適切であると考えられるからである。

一方、本研究は都市における自動車利用と自転車利用の費用を比較することを目的としている。その場合に「都市規模の拡大に関連する費用」が重要な費用項目となることが期待される。例えば次章で説明する「空間機会費用」がこれに相当するが、その意味を考えれば、走行キロ当たりの費用ではなく「単位時間当たりの費用」、より具体的に言えば「1日当たりの費用」がより適切な単位であると考えられる。

交通事故やインフラ建設・維持管理等のその他の費用項目は、例えば年間総被害額や投資額を年間走行距離で除せば走行キロ当たりの費用になるし、365で除せば1日当たりの費用となる。

以上より、本研究では次章で説明する費用項目を「1人当たり・1日当たりの費用」とすることにした。

4. 本研究で考慮する費用項目

本研究では次のような費用項目を算出対象とする。本章では算出の基本的考え方と基本式を示すことにし、データ等の具体的な情報については紙面の制約上割愛して、講演時にその一部を紹介すると共に、稿を改めて詳細に示したい。簡潔に言えば、交通量、交通ネットワーク整備状況、交通事故発生件数等に関する各種交通統計データ、費用便益マニュアルや外部費用計測方法に関わる調査報告書に紹介されている費用原単位データ、公示地価や家賃データといった公表されているデータ、ウィーン在住の研究者から借用した調査データ、都市内での自動車・自転車利用状況に関する独自のアンケート調査データといった多種多様なデータを駆使して試算を行っている。また、人々の1日の行動に関するシナリオ(1時間の移動、8時間の外出、残りの時間は自宅)を各都市共通で設定している。

① 走行時空間利用に伴う機会費用(走行時空間機会費用)

自動車や自転車ですべて市内を移動する場合、その途上で空間を使用することになる。自転車と自動車を比較した場合、前者の方が必要幅員が狭く、単位時間当たりの走

行距離は小さいため、同じ移動時間であれば前者の方の空間占有量は小さくなる。歴史上、鉄道や自動車のような高速移動が可能な交通機関の登場により、移動時間多くの都市で郊外化が進行して人々の移動距離が長くなっている。公共交通サービスの展開が不十分な場合には、多くの人々が一人当たり占有量の大きい自動車を利用することになり、その総空間占有量は飛躍的に大きくなる。ここでは、この移動時の空間占有に対する費用を走行時空間機会費用と呼ぶ。

都市*i*、交通機関*m*の1時間当たりの走行時空間機会費用 C_{im}^{od} を以下の式で算出する。

$$C_{im}^{od} = P_i W_{im} V_{im} / Q_{im} O_{im} \quad (1)$$

ここで、 P_i は*i*における単位面積当たり・1日当たりの土地代、 W_{im} は*i*における*m*の占有幅員、 V_{im} は*i*における*m*の移動速度、 Q_{im} は*i*における*m*の設計時間交通容量、 O_{im} は*i*における*m*の平均乗車人員である。 P_i は交通機関に占有されている空間を住宅等に転用した場合の地価(すなわち*i*の平均地価)に利率を乗じたものを年間土地代として、これを1時間当たりに均等配分する方法を用いて算出する。なお、 Q_{im} で除している理由は、1時間移動した時の占有空間に交通容量に等しい台数の車両が存在するためである。

② 駐車時空間利用に伴う機会費用(駐車時空間機会費用)

自動車と自転車は、非移動時にはそれぞれ駐車・駐輪スペースに置いておく必要がある。これが路上等の公共空間にある場合には機会費用と見なす必要がある。ここではこれを駐車(輪)時空間機会費用と呼ぶ。

本研究では、駐車時空間機会費用 C_{im}^{op} を以下の式で算出する。

$$C_{im}^{op} = \sum_k P_{ik} S_{imk} T_{imk} / U_{imk} \quad (2)$$

ここで、 P_{ik} は*i*における駐車先*k*の単位面積当たり・1日当たりの土地代、 S_{imk} は*i*における*m*、*k*の駐車スペース面積、 T_{imk} は*i*における*m*、*k*の1日当たりの駐車時間、 U_{imk} は*i*における*m*、*k*の駐車場利用率(駐車されている駐車スペースの割合)である。既に述べたように、私的空間内駐車スペース利用時は、その費用を計上しない。

③ 道路建設費用

自動車、自転車共に街路上を通行する。都市内で街路を強要するためには莫大な建設費が必要である。ここではその算出方法を整理する。

道路建設費は、例えば各都市における道路建設投資額の総額を調べれば、少なくとも道路ネットワーク全体の年平均建設費は特定可能である。しかし自動車道と自転車道に分類することは事実上不可能であるし、日本の場

合には高速道路から住宅内街路まで様々な道路種別が異なる道路管理者により建設され、費用データが一元化されていない。

一方、近年では事業単位で街路の建設費総額が公表されていることがある。しかし、事業によって単価に大きな幅がある上に、特に日本では実績が少ない自転車専用道建設費用データの入手は困難である。いずれにしても、結局は各種データから尤もらしく仮定した建設費単価をベースとした算出方法を検討せざるを得ないだろう。これらの事情は次に検討する維持管理費も同様である。

本研究では、2000年度からの10年間に各都市で投入された道路建設費総額(拡幅工事を含む、用地費は除く)と同期間の道路延長増加量から単位長当たりの建設費を算出し、道路使用年数を Y 年、この期間で $\alpha\%$ の価値を失うと仮定して、1日当たりの道路建設費 C_{im}^{rc} を算出した。算定式を以下に示す。

$$C_{im}^{rc} = \alpha D_{im} V_{im} / 365 Y Q_{im} O_{im} \quad (3)$$

ここで、 D_{im} は i における m の単位長当たりの建設費である。

④道路維持管理費用

維持管理費用 C_{im}^{rm} の算定の考え方は、基本的に道路建設費用のそれと同じである。算定式を以下に示す。

$$C_{im}^{rm} = M_{im} V_{im} / 365 Q_{im} O_{im} \quad (4)$$

ここで、 M_{im} は i における m の単位長当たりの年間維持管理費である。なお、維持管理費用として点検、清掃、補修を考慮する。

⑤駐車場建設・維持管理費用

駐車場建設・維持管理費用 C_{im}^{pc} も基本的考え方は道路のそれに準拠する。算定式を以下に示す。

$$C_{im}^{pc} = (\alpha' D_{im}' / Y' + M_{im}') \sum_k T_{imk} / 8760 U_{imk} \quad (5)$$

ここで、 α' は使用期間後に価値を失う建設費の割合、 D_{im}' は i における m の1台当たり建設費、 Y' は使用期間、 M_{im}' は i における m の1台当たり年間維持管理費である。

⑥交通事故費用

交通事故費用の算定方法としては、例えば参考文献2)では、事故被害者の利用交通機関別・状態別(死亡、重傷等)被害単価に被害件数を乗じ、これを各利用交通機関の総走行キロで除している。

本研究においても、基本的にはこの方法に準拠しつつ、総走行キロではなく総走行時間で除して、単位時間当たりの費用とする。以下に交通事故費用 C_{im}^{ac} の算定式を示す。

す。

$$C_{im}^{ac} = \bar{T}_{im} \sum_j L_{ij} N_{imj} / R_{im} \quad (6)$$

ここで、 \bar{T}_{im} は i における m の移動時間、 j は被害者の状態、 L_{ij} は i における j の単位被害額、 N_{imj} は i における m, j の年間被害者数、 R_{im} は i における m の年間総走行時間である。

⑦大気汚染費用

これは自動車の排ガスに含まれる有害物質が人々の健康や農作物に及ぼす被害額に相当し、自転車はこれを0と見なす。

参考文献2)では、対象とする汚染物質の走行キロ当たり排出量源単位に単位当たり被害額を乗じて大気汚染費用としている。本研究でも同じ考えを用いるが、走行時間当たりの排出量原単位を用いる点異なる。以下に大気汚染費用 C_{im}^{ap} の算定式を示す。

$$C_{im}^{ap} = V_{im} \bar{T}_{im} \sum_g E_{img} F_{ig}, (m = car) \quad (7)$$

ここで、 g は汚染物質、 E_{img} は i における m, g の走行キロ当たり排出量源単位、 F_{ig} は i における g の単位被害額である。

⑧地球温暖化費用

これは⑦と全く同じ方法で算定するので、詳細は割愛する。以下では地球温暖化費用を C_{im}^{gh} と標記する。

⑨放置自転車対策費用

東京と高松では都市内の放置自転車問題に対応するための費用を無視できないと考えられる。一方、ウィーンでは自転車の機関分担率が5%程度と小さく、盗難対策等から屋内で管理することが多く、ほぼ問題となっていない。

自治体によっては放置自転車対策にかけた費用を決算の中で公表している場合がある。この情報と走行キロ等の情報から放置自転車対策費用 C_{im}^{bc} を算定することができる。本研究では以下の算定式を用いている。

$$C_{im}^{bc} = B_i V_{im} \bar{T}_{im} / X_{im}, (m = bicycle) \quad (8)$$

ここで、 B_i は i の年間放置自転車対策費用、 X_{im} は i における m の年間総走行台キロである。

5. 外部費用の試算

図-1に三都市の自動車および自転車の外部費用を費用項目別に比較した結果を示す。費用合計では、東京では自動車の外部費用が950円/人日であるのに対して、自転車のそれは209円/人日となっている。高松ではそれぞれ681円/人日、133円/人日、ウィーンではそれぞれ657円/人

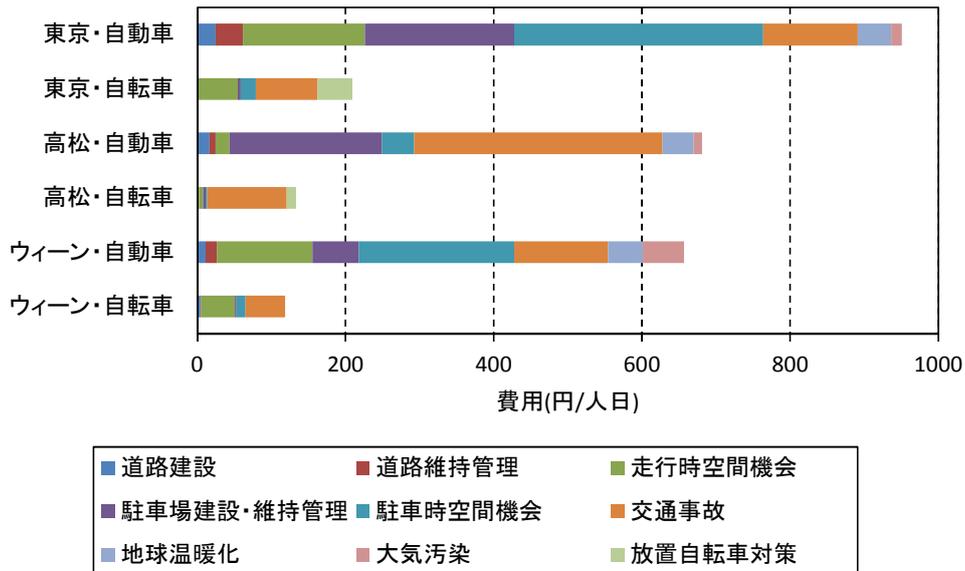


図-1 対象都市の自動車および自転車の外部費用

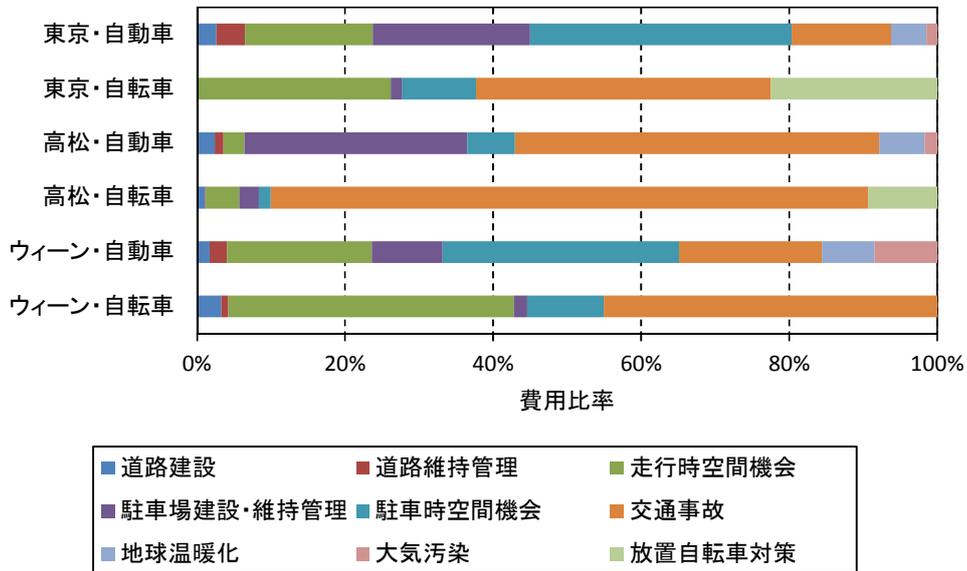


図-2 各費用項目の内訳

日、118円/人日(1ユーロ115円で計算)となっており、どの都市においても自動車が自転車の5倍前後となっている。

図-2に各都市・各交通機関の外部費用を項目別内訳で示す。東京の自動車は、駐車場関連費用で538円/人日と、全外部費用の半分以上を占め、空間機会費用合計で500円/人日と、これも半分以上を占める。高松の自動車は、交通事故費用が335円/人日と、全費用合計の約半数を占め、駐車場建設・維持管理費用が205円/人日と、全費用の3割程度を占める。ウィーンの自動車は、駐車時空間機会費用が210円/人日で全費用合計の約3割を占めている以外は卓越する項目はない。どの都市でも駐車場関連費用が卓越している点は大変興味深い。

東京の自転車は交通事故費用が83円/人日で全費用項目の約4割、走行時空間機会費用が55円/人日で3割弱を占めている。これら2つの費用項目が卓越しているのは高松、ウィーンも同様で、特に高松では交通事故費用の割合が8割を超える。放置自転車対策費用は東京で47円/人日、高松で12円/人日となっており、それぞれ全費用の22.5%、9.3%である。東京の放置自転車対策費用は無視できない大きさであると言える。道路建設および維持管理費用を併せてインフラ費用と考えると、これは東京の自動車が6%弱で最も大きく、大きな費用項目とはなっていない。

交通事故費用と放置自転車対策費用は利用者の努力で削減することが可能である。特に高松では、これら費用

を併せると、自動車で約半数、自転車で9割程度を占めており、外部費用を大きく削減できる可能性があることを示唆している。東京、ウィーンにおいても自転車は最大で半数程度外部費用を削減できる可能性を有している。一方、自動車では削減努力は限定的であることが分かる。

6. おわりに

本研究では東京、高松、ウィーンを対象に、自動車および自転車の外部費用を比較した。外部費用として、走行時空間機会費用、駐車時空間機会費用、道路建設費用、道維持管理費用、駐車場建設・維持管理費用、交通事故費用、大気汚染費用、地球温暖化費用、放置自転車対策費用の9項目を考慮した。費用の単位については、都市内に限定した交通機関の費用を比較するという目的を反映して、多くの既存研究とは異なり、1人当たり・1日当たりとした点がユニークである。

分析の結果、どの都市においても自動車の外部費用は自転車のその5倍程度であること、東京では空間機会費用、高松では交通事故費用の割合が高いこと、自転車

の外部費用は利用者の行動によって大きく削減できる余地があることを示した。

なお、本稿で示した結果は、依然として精査中であることを断っておきたい。講演用の速報的成果であるとして頂ければ幸いである。精査した結果は、稿を改めて紹介したい。

謝辞：本研究の遂行に当たり、ウィーン工科大学のヘルマン・クノフラッハー客員教授に全面的なご指導を賜っている。また、東京大学都市持続再生研究センターの石倉智樹特任准教授にいくつかの技術的アドバイスを頂いている。記して感謝いたします。

参考文献(URLは2011.8.3現在)

- 1) INFRAS/IWW: External cost of transport –update study, 2004. (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/ncost.en.pdf>)
- 2) CE Delft: Handbook on estimation of external costs in the transport sector, 2008. (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/ncost.en.pdf>).

(2011.8.5 受付)

INTERNATIONAL COMPARISON STUDY ON EXTERNAL COSTS OF CAR AND BICYCLE IN CITIES

Tetsuo SHIMIZU and Reina DOI

This study compares the external costs of car and bicycle in Tokyo, Takamatsu and Vienna. Nine sub-costs, spatial opportunity cost in use, spatial opportunity cost in idle, road construction cost, road maintenance cost, parking construction and maintenance cost, accident cost, air pollution cost, global warming cost and illegally-parked bicycle cost, are calculated in the study. The unit of costs is “per day, per capita”.

Main findings are that the external cost of car is about five times larger than that of bicycle in all cities, share of spatial opportunity cost is larger in Tokyo while share of accident cost is larger in Takamatsu, and the external cost of bicycle can be reduced by user’s behavioral changes.