

都市における自転車と自動車の外部費用の試算

External Costs of Cars and Bicycles in Cities

清水 哲夫*

Tetsuo Shimizu

摘 要

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。

1. はじめに

交通機関としての自転車に関する学術的研究あるいは事業報告については、例えばその中心的役割を有している(一社)交通工学研究会が発行する機関誌「交通工学」において、2012年10月号に特集「新しい自転車環境の創出に向けて」が、2008年3月号に特集「自転車通行空間の再構築に賭ける」が組まれており、国内外の先進的な自転車通行空間の整備事例を知ることができる。同時に、インターネットで検索すれば、全国の自治体で自転車利用促進施策が積極的に取り組まれていることを容易に確認することが可能であり、先の特集と併せて、環境志向、健康志向の交通機関として自転車が世界的に脚光を浴びている様子が伺える。

(一財)自転車産業振興協会が報告している「自転車国内販売動向調査年間総括表」によれば、日本国内の自転車販売台数は2012年で約230万台、この7年間は安定して250万台程度の販売が続いている。2008年に実施した第5回東京都市圏パーソントリップ調査では、都市圏全体の自転車分担率は14%と、鉄道の30%、自動車の29%と比べても一定のシェアを占めている。ここまで述べた社会情勢を考えれば、2018年を予定する次回調査では、自転車の分担率は増加することが見込まれる。自転車国内販売動向調査年間総括表では、スポーツ車と電動アシスト車といった速度が出やすい車両の販売シェアが徐々に増加している点も注目し値

しよう。

一方で、自転車利用がもたらす負の側面についても理解する必要がある。例えば、都市部の鉄道駅周辺を中心とする放置自転車問題も相変わらず解決されておらず、東京都青少年・治安対策本部による調査では、近年減少傾向にはあるものの、放置自転車が100台以上あった駅数は2012年で154となっている。また、警察庁が発行した「平成24年中の交通事故の発生状況」によれば、日本国内の交通事故総発生件数に占める自転車関連事故件数の割合は近年漸増傾向にある。特に、自転車関連事故件数のうち歩行者が相手当事者である件数の割合は、2003年には1.25%だったが、2012年には1.99%と大幅に増加しているなど、街路空間における自転車と歩行者の利用ルールの再構築とそれに対応する空間整備が求められている。そこで、国土交通省と警察庁は2012年に「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」を公表し、およそ体系的とはいえない難かった自転車通行空間整備手法に一定の方向性を提示したところである。

持続可能な都市の実現に向けて、集約型都市構造への転換が求められている。例えば、社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会都市計画部会の都市交通・市街地整備小委員会は、2007年に公表した報告書で、集約型都市構造実現のための根幹的施策に都市交通施策を位置づけ、自転車走行空間のネットワーク形成を展開すべき施策の一つと位置づけている。すなわち、集約型都市構造の実現は自動車の利用機会を減らし、逆に公共交通や自転車の利用機会を増加させる可

*首都大学東京大学院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 (10号館)
e-mail t-sim@tmu.ac.jp

能性があり、それに対応できるインフラ整備をすべきという考え方である。同時に不要な道路を減らして都市全体の交通ネットワークの維持更新コストを削減するという狙いもある。都市の持続可能性向上の面からも、自転車利用への期待感は大きいと言える。

以上、日本の自転車利用を巡る情勢を列挙したが、自転車利用の促進が都市に及ぼす影響を費用面から評価すべきであると筆者は考えている。具体的には、自転車利用の外部費用^{注1)}を適切に評価して、他の交通機関と比べて利用の外部費用が小さいのか、あるいは大きい費用項目は何かを特定し、社会的に適切な自転車利用の需要規模や必要な施策を検討する必要がある。

本論文では、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比較することを試みた。試算対象は、東京(23区)、高松、ウィーンである。東京は都市空間や放置自転車に関わる外部費用に、高松は自転車利用の多い地方都市の代表として特に交通事故に関わる外部費用に着目している。また、国際比較としてデータの入手が容易であったウィーンを選定した。

II. 交通機関の外部費用に関する既存研究

欧州では、交通の外部費用の内部化に関する既存研究が盛んに行われている。例えば INFRAS(2004)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。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(2008)は複数研究者の成果を取りまとめた”Handbook on estimation of external cost in the transport sector”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レベル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筆者の知る限りほぼないと考えられる。

III. 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「走行キロ当たりの費用」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は必然的に気候変動、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必要がある。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時間当たりの費用」や「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。そのため本研究では、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。

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割れば走行キロ当たりの費用になるし、365で割れば1日当たりの費用となる。

IV. 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試算対象とする。本章では算出の基本的考え方と基本式を示すが、式中の各パラメータの設定値やその根拠を表1に示す。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、ウィーン工科大学の研究者から提供を受けた調査データ、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活用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として、全都市共通で、1時間の移動^{注2)}、8時間の外出、残りの時間は自宅で過ごすとして仮定している。

4.1 走行時空間利用に伴う機会費用(走行時空間機会費用)

自動車や自転車で都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、前者の方の必要幅員が狭く、単位時間当たりの走行距離は短いため、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。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、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空間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）に利子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。

4.2 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り、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マスの割合)である。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。

4.3 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

路を建設するためには莫大な費用が必要である。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、建設費を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、結局は各種費用関連情報・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。こ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。

4.4 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。

4.5 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。

4.6 交通事故費用

交通事故費用の算定方法としては、CE Delft(2008)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。

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

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。

4.7 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。

CE Delft(2008)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が異なる。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。

4.8 地球温暖化費用

これは大気汚染費用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} と表記する。

4.9 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。

表1 式(1)~(8)のパラメータ設定値とその根拠

パラメータ	設定値・根拠
P_i	各都市の月賃料データや地価データから算定、東京=3.3 円/m ² /時、高松=1.0 円/m ² /時、ウィーン=1.6 円/m ² /時
W_{im}	自動車の車線当たり幅員は高速、国道等の種別分類ごとに設計基準に基づいて設定、自転車車線の幅員は独自調査に基づく(東京=1.0m、高松=1.5m、ウィーン=1.5m)
V_{im}	自動車の走行速度は道路種別ごとにその制限速度として、平均走行速度を道路種別延長による重み付けで設定、自転車の走行速度は各都市での独自アンケート調査から設定(東京=14km/h、高松=13km/h、ウィーン=12km/h)
Q_{im}	自動車の交通容量は高速、国道等の種別分類ごとに設計基準や Highway Capacity Manual に基づいて設定、自転車の交通容量は“Hudson, M.(1978) Bicycle Planning Book”による。
O_{im}	全都市共通で、自動車は 1.33 人/台(道路センサスの平均乗車人員データから)、自転車は 1 人/台と設定
P_{ik}	自宅周辺では $P_{ik}=P_i$ 、外出先周辺では $P_{ik}=1.5P_i$ と設定
S_{imk}	駐車マス面積は設計指針で設定、自宅周辺および外出先周辺での駐車場タイプの構成割合は各都市での独自アンケート調査より設定
T_{imk}	自宅周辺では 12 時間、目的地周辺では 8 時間と設定
α	90%
D_{im}	東京と高松の単位道路建設費用は首都高速道路(株)、国土交通省、東京都等の地方自治体が公表する財務報告集内のデータ、個別道路事業の報告書、舗装工事のガイドラインを参考に設

	定、ウィーンの単位道路建設費用はウィーン工科大学の Dr. Hoffman の試算値を借用
Y	80年
M_{im}	東京と高松の単位道路建設費用は首都高速道路(株)、国土交通省、東京都等の地方自治体が公表する財務報告集内のデータ、個別道路事業の報告書、舗装工事のガイドラインを参考に設定、ウィーンの単位道路建設費用はウィーン工科大学の Dr. Hoffman の試算値を借用
α'	90%
D'_{im}	単位駐車スペース建設費用は駐車場企業、自治体等の財務報告書内データから設定、駐車場タイプ(例えば地下、専用建物、路上等)を考慮した重み付け
Y'	40年、路上の場合は20年
M'_{im}	単位駐車スペース維持管理費用は駐車場企業、自治体等の財務報告書内データから設定、駐車場タイプ(例えば地下、専用建物、路上等)を考慮した重み付け
\bar{T}_{im}	1時間
L_{ij}	被害重篤度別ダメージ費用は INFRAS/IWW (2004) の EU 基準を適用、死亡=2.02億円、重傷=2,700万円、軽傷は=200万円
N_{ijm}	各都市で公開されている交通事故統計から設定
R_{im}	パーソントリップ調査等の統計、および独自アンケート調査から年間総旅行時間を設定
g	費用計上する排ガスは CO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , SO _x , HC
E_{img}	排出原単位は研究報告書等で示されている車種別・燃料種別の排出係数から設定
F_{ig}	CE Delft (2008) のデータを使用
B_i	行政が公開する違法駐輪調査報告書と財務報告書から設定、ウィーンは0と設定
X_{im}	パーソントリップ調査等の統計、および独自アンケート調査から設定

V. 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(駐車場建設・維持管理費用と駐車時空間機会費用)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(走行時空間機会費用と駐車時空間費用)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の社会的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による効果は相対的に小さいことが分かる。

VI. 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

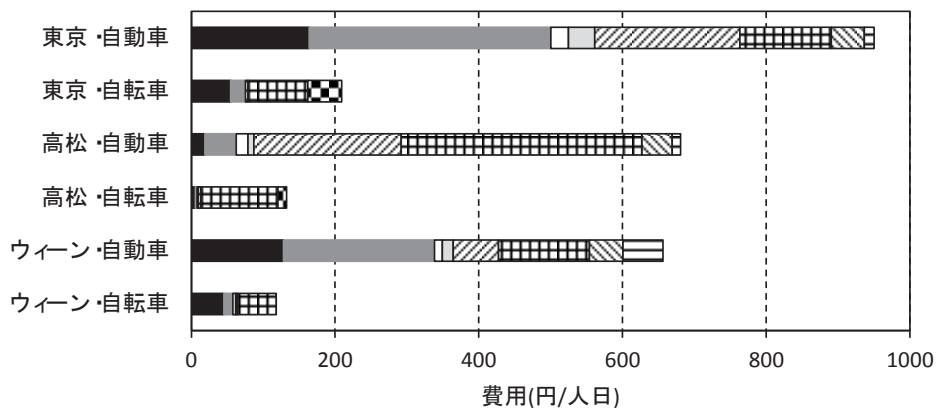


図1 東京，高松，ウィーンの自動車・自転車費用の試算結果

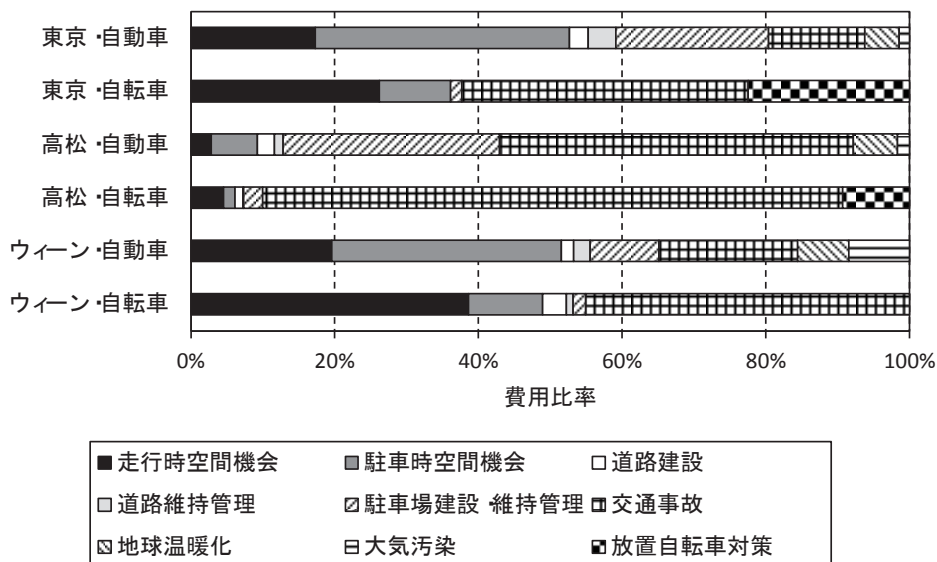


図2 東京，高松，ウィーンの自動車・自転車費用の項目別比率

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、どの対象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、本研究で示した結果は依然として精査中であり、速報的成果であるのご理解頂ければ幸いです。

謝辞

本研究の遂行に当たり、土居令奈氏（東京電力（株））に情報収集と試算の協力を頂いた。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は全面的なご指導を賜っている。また、首都大学東京大学院都市環境科学研究科の石倉智樹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。

注

1)外部費用とは、経済主体が負担せずに他の経済主体が負担している費用のことである。例えば、混雑する道路の利用者は、自分の利用によって他の利用者を遅延させているが、この損失に対して「補償金」を支払っていない。この補償金は外部費用の典型例の一つである。

2)第5回東京都市圏パーソントリップでは、平均移動時間は34.3分となっている。高松都市圏では平均移動時間は23.6分

である(<http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/pt/kotsujittai.html>)。ウィーンは対応するデータの入手は不可能であった。これらを踏まえ全都市共通で1日2トリップとして移動1時間という共通の設定とした。

参考文献

- 警察庁 2013. 「平成 24 年中の交通事故の発生状況」；
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001108012>
(アクセス日 2014.2.8)
- 国土交通省 2012. 「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」；
<http://www.mlit.go.jp/road/road/bicycle/pdf/guideline.pdf>
(アクセス日 2014.2.8)
- 国土交通省 2007. 「都市交通・市街地整備小委員会報告」；
http://www.mlit.go.jp/singikai/infra/city_history/city_planning/city_traffic/houkoku.pdf (アクセス日 2014.2.8)
- (財)自転車産業振興協会 2013. 「自転車国内販売動向調査年間総括表」；
http://www.jbpi.or.jp/_pdf/atatch/2013/02/00000701_20130222112749.pdf (アクセス日 2014.2.8)
- 東京都市圏交通計画協議会 2010. 「人の動きから見える東京都市圏～第 5 回東京都市圏パーソントリップ調査」；<http://www.tokyo-pt.jp/publicity/index.html> (アクセス日 2014.2.8)
- 東京都青少年・治安対策本部 2013. 「平成 24 年度調査 駅前放置自転車の現状と対策」；
http://www.seisyounen-chian.metro.tokyo.jp/koutuu/pdf/07_jitensyagenkyo242.pdf (アクセス日 2014.2.8)
- CE Delft 2008. Handbook on estimation of external costs in the transport sector;
<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/ncost.en.pdf> (アクセス日 2014.2.8)
- INFRAS/IWW 2004. External cost of transport -update study; <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/ncost.en.pdf> (アクセス日 2014.2.8)