

メトロマニラにおけるジープニーの路線起終点での滞留行動に関する研究*

Study on Jeepneys' Parking Behavior at Route Ends in Metro Manila*

細見 昭**, 石田 東生***, 黒川 洸****

By Akira HOSOMI**, Haruo ISHIDA*** and Takeshi KUROKAWA****

1. はじめに

公共交通と私的交通の中間的な公共交通機関として位置づけられているパトランジット¹⁾は、柔軟性に富んだ運行特性が大きな特徴の一つであると考えられている²⁾。パトランジットは、その柔軟性からか、公共交通に対する規制が比較的脆弱である発展途上国において多く見られ、融通無碍な運行形態をしている交通機関として当該国の経済の発展に伴い排斥の対象となっているケースも珍しくない³⁾。

発展途上国におけるパトランジットに関する研究は、1970年代後半から Fouracre⁴⁾や Jacobs⁵⁾などを中心に行われるようになり、我が国においても、1980年代中頃から、東南アジアを主な研究対象地域として、Kurokawa⁶⁾や太田⁷⁾などによって研究の蓄積が行われてきた（なお、発展途上国のパトランジットに関する既存研究に関しては、Vijayakumar⁸⁾、岩田⁹⁾、宮本¹⁰⁾に詳しい）。

パトランジットに関するこれまでの研究においては、大きく分けて2つの見方があるといえる。競争によって効率性が確保されている公共交通機関という見方と、交通渋滞の要因となっている交通機関という見方である。

前者においては、小型車両であるが故の高頻度運行の可能性増大、参入可能性が容易であるが故に、競争によるサービスレベルの向上、あるいは発展途上国においては、雇用機会の創出などがその利点として挙げられている^{11,12)}。後者においては、主に交通工学的な見方から、走行道路上において交通阻害要因となっているその運行特性に焦点が当てられている¹³⁾。

しかし、今後、ただ単に排斥するのではなく、交通システムの一部としてパトランジットを見ていく必要がある¹⁴⁾という考え方がある中で、交通経済学的な優位性や走行中の運行特性のみではなく、交通計画の視点から様々な特性を理解・検討しておく必要があると思われる。

発展途上国のパトランジットは、定路線運行を行うジットニー型、door-to-doorのサービスを行うタクシー型、乗合タクシー型などに分類することができる。ここで、定路線運行しているパトランジットが、どのような地点において乗降活動を行い、そこで車両がどのような挙動を示しているかといった検討は、走行中のものに関しては存在するが、路線の起終点における研究はこれまでのところ見あたらない。

定路線のパトランジットに関しては、運行頻度が一定ではなく、自発的に需要に合わせた形で運行形態をとっている例が多い。その結果、路線起終点において、需要変動に合わせるために滞留する車両が多く見られる結果となっている。

今後、交通システムの一部としてパトランジットを考える際に、他の交通機関との連携を考慮しなければならず、そのターミナル計画をどのように考えるか検討することが求められているといえる。しかし、パトランジットによく見られる行動である、自発的な滞留行動に関する基礎的情報が欠如していることも事実である。

そこで、本研究では、路線起終点でのパトランジットの滞留行動について、実態調査を行い、滞留行動を決定している構造を明示することを目的として、以下のよう

- に分析を進めた。
- パトランジットの路線起終点の乗降活動が、どのような場所で行われているか実態調査を行う。
 - 路線起終点のうち一地点を調査対象地区として、そこでのパトランジットの滞留時間、乗客の到着分布を計測する。
 - 乗客の到着分布を与えることにより、パトランジットの乗降位置における滞留時間、滞留台数などを表現できるようなシミュレーションを構築する。
 - シミュレーションの感度分析により諸条件が変化したときに、パトランジットの滞留行動にどのような変化があるか予測する。

* キーワード：ターミナル計画、パトランジット

** 学生員、修（都市・地域計画）、東京工業大学大学院
総合理工学研究科 人間環境システム専攻
（横浜市緑区長津田町 4259, TEL 045-924-5651,
FAX 045-924-5651）

*** 正会員、工博、筑波大学 社会工学系
（茨城県つくば市天王台 1-1-1, TEL 0298-53-5073,
FAX 0298-55-3849）

**** 正会員、工博、東京工業大学大学院 総合理工学研究
科 人間環境システム専攻
（横浜市緑区長津田町 4259, TEL 045-924-5606,
FAX 045-924-5574）

2. 研究対象の概略

本研究では、定路線型のパトランジットの代表的な例である、メトロマニラのジープニーを対象として研究を進める。

ジープニーの交通機関分担率は、メトロマニラにおいて約 39%¹⁵⁾と他の発展途上国の大都市におけるパトランジットに比べ¹⁶⁾、高い値を示している。ジープニーは、定員 18 名前後、定路線、運行スケジュールなし、乗り降り自由の公共交通で、1996 年現在メトロマニラ内で 490 路線が確認されている¹⁵⁾。

『メトロマニラの大規模ターミナル地区では、1 日約 30-40 万人の乗降客があり...道路空間だけでこれだけの利用客が扱われているために激しい道路混雑が見られる...しかし、若干の施設整備により著しく混雑を改善できる可能性がある』という指摘もあり⁹⁾、パトランジットの特性を考慮した上での戦略的ターミナル整備、施設整備に対する検討が求められている。

しかし、現在までのところ、ジープニーのターミナル地区形成の特性に関する研究はあるものの¹⁷⁾、整備の目安となるようなジープニーの路線起終点での挙動に関する基礎的情報は決して十分とは言えない。

3. ジープニーの路線起終点における乗降・滞留地点と調査対象

(1) 路線起終点の形態に関する調査

はじめに、路線起終点においてジープニーがどのような地点をその乗降・滞留場所に用いているかを調べるために、メトロマニラ全域に対して調査を行った。

調査は、JICA による『フィリピン国マニラ首都圏総合交通改善計画調査(1996) : MMUTIS¹⁶⁾』のジープニー路線網に関するデータをもとに、すべての路線起終点に対して、道路上で乗降・滞留活動を行っているか、あるいは、道路外の特定の敷地を用いて乗降・滞留活動を行っているかを判別する事を目的とし、1997 年 8 月に行われた。

MMUTIS データによって判明したジープニーの路線起終点地区(ターミナル地区)の分布を図-1 に、その地区の中の乗降位置で、道路上ではなく、路外の敷地を用いているものの分布を図-2 に示す。

ターミナル地区はメトロマニラ全域に分布しており、特に、中心部である地図西部の環状線の内側により多く分布していることが図-1 よりわかる。しかし、図-2 より、ターミナル地区において路外の敷地を用いて乗降・滞留活動を行っているものは、中心部にはほとんど存在していないといえる。これは、すでに高度に利用されている中心部においては、乗降・滞留活動のための敷地を用意することが極めて困難であるためだと思われる。

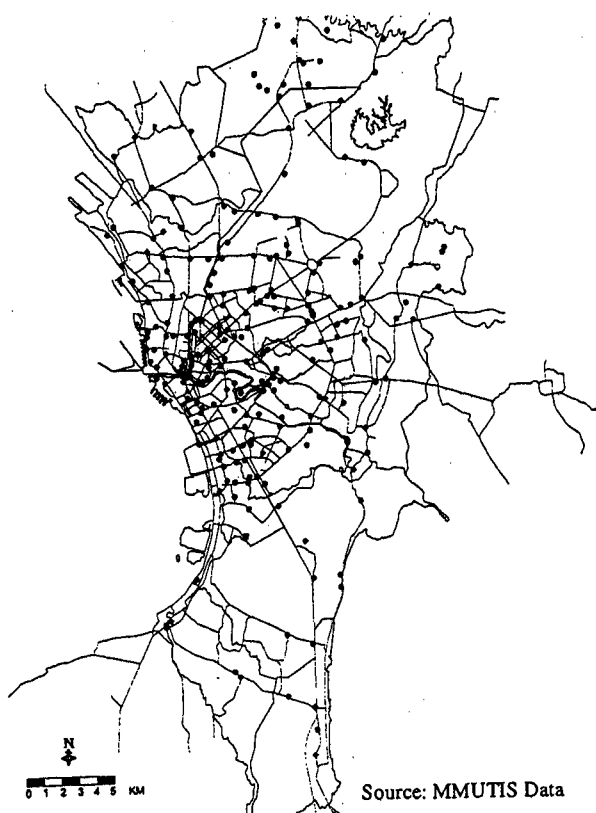


図-1 ジープニーの路線起終点の分布

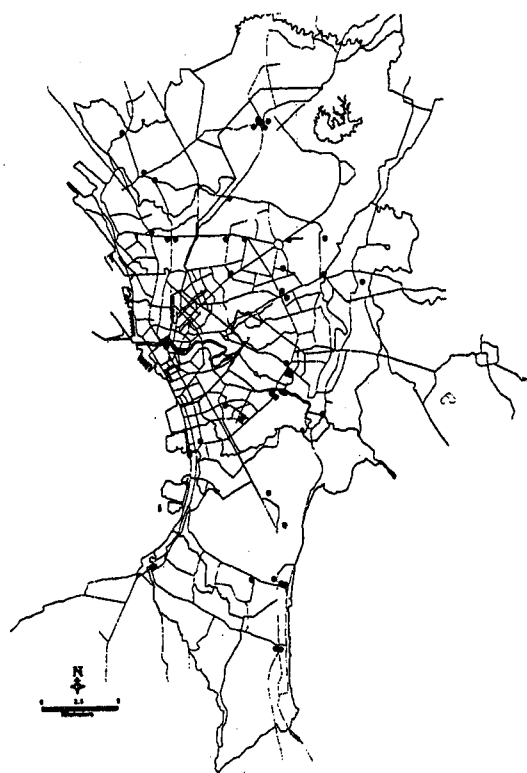


図-2 ジープニーの敷地を用いた乗降・滞留場所の分布

また、すべての乗降・滞留場所のうち、路外の敷地を用いているのは、全体の9.7% (45/462 地点) であることがわかった。

同様に于行われたバスに対する調査結果より、バスの路線起終点における乗降・滞留場所のうち、敷地を使用しているものが全体の71.1%(64/90 地点)であることがわかった。バスの場合、郊外部に向かう長距離運行が多く、運営組織が企業体として比較的しっかりしているため、車両の乗降・滞留のための敷地を有している場合が多い。一方、ジープニーは、資金力等の問題から、敷地を所有・使用することが困難であると考えられる。

敷地を用いることにより、乗客としては、乗車場所認知の容易性、起終点での乗車可能性の向上などが利点として考えられる。一方、交通事業者側としては、確実にある一定以上の客を乗せることができるので、運行効率の向上、また起終点において一度乗客を全員降ろすので、運転手の休息場所の確保などが利点として考えられる。

本研究では、滞留行動を把握しやすい敷地の乗降・滞留場所を滞留行動把握調査の対象とした。

(2) ジープニーの滞留行動調査対象地点

敷地を用いている45地点の乗降・滞留場所の中から、敷地規模が平均的なサイズ(467m²)で、商業施設と近接して立地している標準的なタイプであるPhilcoa ジープニーターミナルを調査対象とした(写真-1)。この乗降・滞留場所は約30台の車両が往復平均17分の所要時間で運行している路線の1起終点である(この路線の終点側には明確な乗降・滞留場所は存在しない)。調査は1997年9月2日(火)、6:00-21:00の間で行われた。観測項目は、プレートナンバー確認による車両の敷地出発・到着時刻、乗客の単位時間(30秒)あたりの到着人数である。

4. 敷地における滞留行動調査

観測日には28台のジープニーが運行しており、調査開

始前の段階で13台のジープニーが既に入所していた。これは運行時間外に駐車場として敷地を使っていたものと思われる。敷地からの出発台数と乗客の到着人数の分布を図-3に示す。この図より、ジープニーの出発台数と乗客の到着人数の分布が酷似していることがわかる。これは、ジープニーが基本的に満員になるまで停車しているためであると言える。

また、ピーク時(8:00-9:00)とオフピーク時(14:00-16:00)で、発着頻度に約2.7倍の開きがあることも、満員になるまで停車していることに起因すると考えられる。

図-4にジープニーの敷地滞留時間・敷地滞留台数の時間帯別(30分ごと)の平均値を示す。

滞留時間に関してみると、ピーク時には、敷地の利用は平均7分53秒、73.0%が10分以内の利用であるのに対して、オフピーク時には、平均33分48秒、83.3%が30分以上の利用となった。ジープニーは乗客の需要に対応した形で運行されていること、その利用調整の結果として、オフピーク時において敷地内に滞留する時間が長くなる、という構図が伺える。

また、敷地滞留台数についても、ピーク時とオフピーク時における敷地利用の違いが顕在化している。この敷地では、利用調整のために、オフピーク時において、滞留時間で平均約28分、滞留台数で平均約8台、ピーク時よりも多く(長く)敷地を利用していることが分かる。

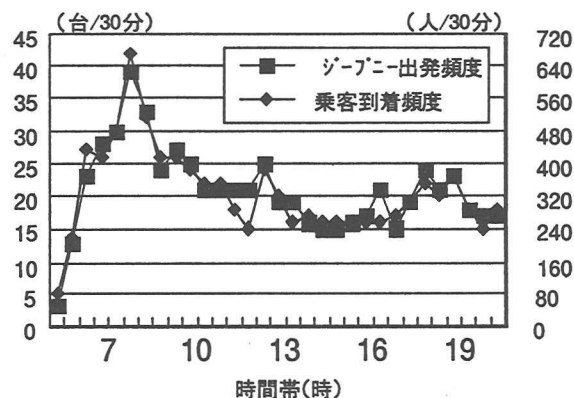


図-3 時間帯別の敷地出発台数と到着乗客人数

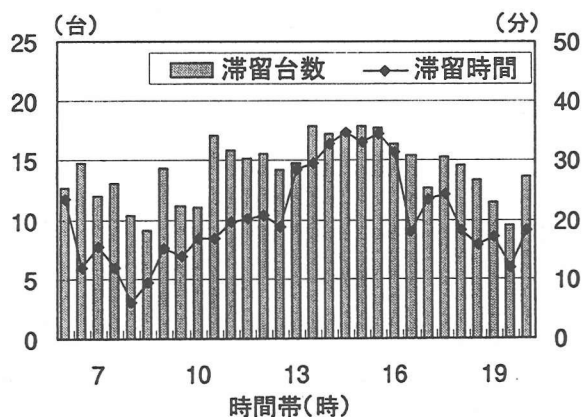


図-4 時間帯別の敷地滞留時間と敷地滞留台数



写真-1 調査対象としたジープニーの路線起終点における乗降・滞留場所
(Philcoa ジープニーターミナル)

5. シミュレーションによるジープニーの路線起終点における滞留行動の検討

(1) シミュレーションの方法

実態調査の結果を受けて、滞留行動を決定する構造を明示化することを目的として、シミュレーションを構築し、その再現性を調査データから検討する。

路上における乗降・滞留行動でなく、特定の敷地を利用したジープニーの乗降・滞留行動を調査対象としたが、本研究で構築するシミュレーションモデルは、乗客の到着頻度と運行台数で滞留行動を示すことができるため、路上の乗降・滞留場所にも対応できると考えられる。

調査より、時間帯によってジープニーの挙動が大きく異なることがわかった。時間帯によって異なるのは、乗客の到着頻度であり、それによって滞留時間・滞留台数も異なってくる。そこで、時間帯での乗客到着頻度、つまり需要変動を考慮に入れて、シミュレーションの構築を目指した。構築に当たって、以下の仮定をおいた。

- ① 単位時間当たりの到着乗客数分布はポアソン分布に、往復所要時間分布は正規分布に従う。
- ② それぞれの時間帯において、単位時間あたりの到着乗客の平均値は一定であるとする。
- ③ すべてのジープニーは乗客が定員（18 名）に達してから出発する。
- ④ すべてのジープニーは、敷地に到着した順番で乗客を乗せる（first-in first-out）。
- ⑤ シミュレーションの進行時間間隔を 30 秒として、満員になるまでには 1 車両あたり最低 30 秒を要する（つまり、1 進行時間あたり 2 台以上は出発しない）。

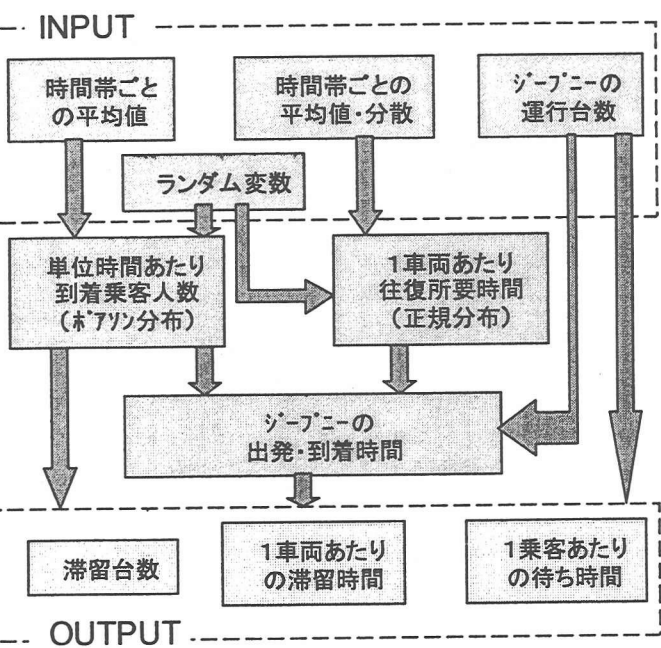


図-5 シミュレーションモデルの概念図

図-5 にシミュレーションの概念図を示す。具体的には、以下の手順で行った。

- I. 乗客の到着頻度の平均値と、往復所要時間の平均値と分散から、それぞれポアソン分布、正規分布による確率密度関数を求め、それにランダム変数を与えることより、単位時間あたり乗客到着人数と、1 車両あたりの往復所要時間を計算する。
- II. ジープニーは仮定③に従って満員になって初めて出発するため、I の数値より、出発・到着時間が求められる。
- III. 運行台数が所与であるから I・II の数値より滞留台数、滞留時間、乗客待ち時間が計算される。

時間帯の区分については、図-6 に示すように、その乗客到着頻度によって「ピーク時」「通常時」「オフピーク時」の 3 時間帯に分け、それぞれの時間帯での時間単位（30 秒）ごとの乗客到着人数の平均値と分散をその時間帯の代表値とした。

(2) シミュレーションの結果

調査によって計測された、それぞれの時間帯における単位時間当たり到着人数の平均値や往復所要時間の平均値・分散を用いて、それぞれ約 1,000 台分のジープニーの滞留行動のシミュレーションを行った。

それぞれの時間帯における予測値と実測値の平均値を、表-1、表-2 に示す。

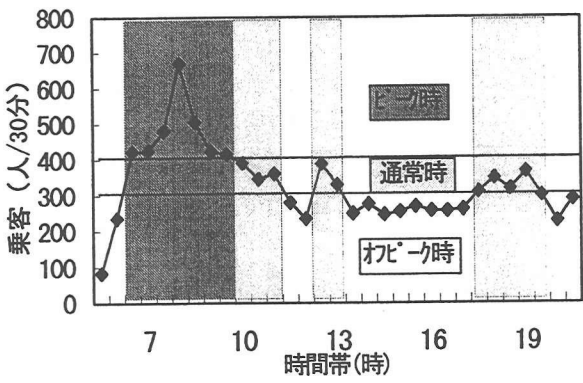


図-6 時間帯別の乗客到着分布と時間帯の区分

表-1 シミュレーションの結果：平均滞留時間（分）

	予測値	実測値
ピーク時	12.64	11.58
通常時	17.97	20.01
オフピーク時	31.51	27.07

表-2 シミュレーションの結果：平均滞留台数（台）*

	予測値	実測値
ピーク時	9.52	11.60
通常時	14.50	14.37
オフピーク時	17.49	16.03

*5 分ごとの平均値

表-1、表-2 より、それぞれの指標において、予測値と実測値は概ね一致していることがわかる。また、すべての指標に対してt検定（有意水準5%）を行い、本研究で構築したシミュレーションの妥当性を示した。

(3)感度分析

最後に、構築したシミュレーションを用いて、運行台数の変化（減少）がジープニーの滞留台数、滞留時間、および乗客の待ち時間にどのような影響を及ぼすかについて、感度分析を行った。シミュレーションにおいては、前節と同様に、各ケースに対応して約1000台分の出発を計算している。従って、分析の結果である図-7・図-8に示されている値は、約1000台分のシミュレーション結果の平均値である。

まず、ピーク時の状態を再現したのが、図-7である。もともとの運行台数である28台より1台ずつ台数を減らすことによる数値実験を行っている。運行台数の減少に伴って、滞留台数、滞留時間ともに減少しているのがわかる。ここで注目すべきは、乗客の平均待ち時間に関して、運行台数が28台から20台に減少している間は、ほとんど変化がないのに対して、19台まで減少すると、急激な増加を示していることである。これは、運行台数を19台とすると、現状の到着乗客を処理することが出来ず、乗客に待ち行列が発生する可能性が高くなるため、と考えられる。逆にみると、この結果からは、この敷地においては、現状の乗客到着頻度のままであると、乗客の待ち時間を増加させないまま、20台まで運行台数を減少させることが出来る可能性が高いと言える。

次に、オフピーク時の状況を再現したのが、図-8である。ここで、ピーク時に導出した、乗客の待ち時間を増加させない最小運行台数である20台の時を見てみると、28台の時と比較して、平均滞留時間で11.7分、平均滞留台数6.6台減少させることが可能であることがわかる。

6. おわりに

本研究では、発展途上国におけるパトランジットの路線起終点での滞留行動を決定している構造を明示することを目的として、メトロマニラにおけるジープニーの路線起終点での乗降・滞留場所に関する調査と滞留行動に関する観測調査を行った。そのうえで、現状の滞留行動に対する知見を得るとともに、乗客の到着頻度・路線の所要時間・運行台数を与えることにより滞留行動を予測できるようなシミュレーションの構築を行った。

その結果、ピーク時とオフピーク時における敷地利用形態の差違を実証的に明らかにし、ジープニーの滞留行動に関する汎用性のあるシミュレーションを構築することができた。また、感度分析より、乗客待ち時間を増加させないような最低運行台数を計算することができた。

今後の課題としては、他の路線・地区への適応、特に、

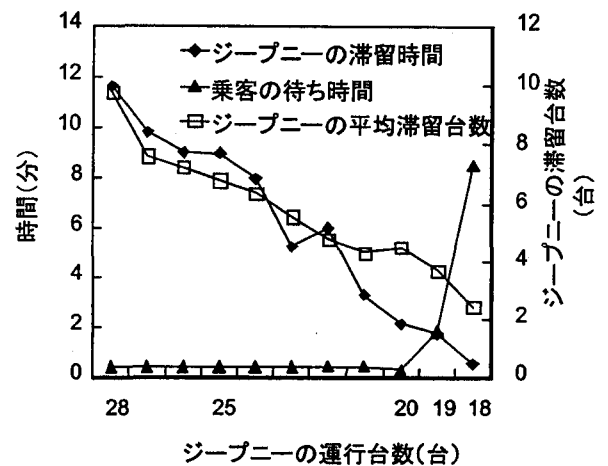


図-7 運行台数の変化に対する感度分析の結果：ピーク時の再現

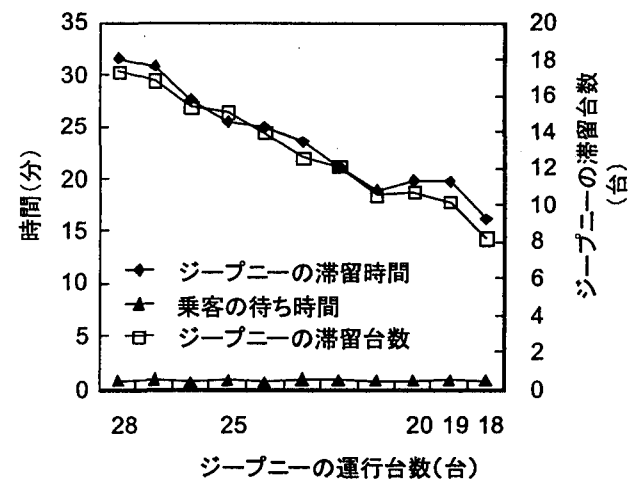


図-8 運行台数の変化に対する感度分析の結果：オフピーク時の再現

路線が集中する地区における滞留行動予測モデルの適応可能性の検討などが考えられる。本研究においては路線を固定として分析を行ったが、特に混雑が激しい路線集中地区においては、乗降・滞留場所としての（整備された）ターミナルの存在が路線網へも影響を及ぼす可能性が十分ある。そのようなケースへの本研究の適応も考えなくてはならないであろう。

参考文献

- 1) V. Vuchic, *Urban Public Transportation -Systems and Technology-*, Prentice-Hall, 1981
- 2) R. Cervero, *Paratransit in America*, Praeger Publishers, 1997
- 3) 城所哲夫, 発展途上国における都市公共交通政策の特質-インフォーマル公共交通を中心として-, 第24回日本都市計画学会学術研究論文集 pp.253-258, 1989
- 4) P. Fouracre, *Intermediate Public Transport in Developing Countries*, Transport and Road Research Laboratory LR 772, Crowthorne, Berkshire, 1977

- 5) G. Jacobs et al, **Public Transportation in Third World Cities**, Highway Engineer No.29(2), pp.2-9, 1982
- 6) T. Kurokawa and S. Iwata, **Characteristics of Jeepney Operation and Demand in Metro Manila, Philippines**, 土木学会論文集 No. 347/-1, pp. 175-184, 1984
- 7) 太田勝敏, 開発途上国における中間的公共交通手段の役割: ジャカルタとウジュンパンダン, 土木計画学研究・講演集 No.13, pp.689-696, 1990
- 8) S. Vijayakumar, **Optimal Vehicle Size for Road-based Urban Public Transport in Developing Countries**, Transport Review Vol.6 No.2, pp. 193-212, 1986
- 9) 岩田鎮夫, 発展途上国の大都市における公共交通の成立に関する研究, 東京大学博士論文, 1995
- 10) 宮本和明, 発展途上国の都市開発と交通に関わる現状と課題, 土木計画学研究・講演集 No.13, pp.847-854, 1990
- 11) A. Walter, **Externalities in Urban Buses**, Journal of Urban Economics Vol.11 No.1, pp.60-72, 1982
- 12) 中条潮, 発展途上国都市の中小容量乗合輸送と市場規制政策の評価, 高速道路と自動車 第 26 巻 第 11 号, pp.44-55, 1983
- 13) J. Regidor et al, **Analysis of Lane Changing and Other Traffic Characteristics in the Vicinity of Jeepney Stop**, 土木計画学研究・講演集 No.21(2), 1998
- 14) 黒川洸, 発展途上国の交通に関わる実務と研究上の課題, 第 29 回土木計画学シンポジウム『発展途上国の交通 - 実務と研究 -』テキスト pp.1-2, 1995
- 15) JICA, **Metro Manila Urban Transportation Integration Study -Draft Final Report**, 1998
- 16) The World Bank, **Urban Transport Data Book**, Oxford University Press, 1987
- 17) 外尾一則, マニラ都市圏におけるターミナル地区形成に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集 No.13, pp.703-710, 1990

メトロマニラにおけるジープニーの路線起終点での滞留行動に関する研究

細見 昭, 石田 東生, 黒川 洸

概要

メトロマニラにおけるジープニーを、定路線型のパラトランジットの代表的存在として捉え、その路線起終点における挙動について、需要変動の調整から生じる滞留行動に着目し、滞留行動を決定している構造を明示することを目的として分析を行った。ジープニーの路線起終点における乗降・滞留場所に関する調査から滞留行動の約 9 割が路上で行われていることを明らかにした上で、滞留行動に関する調査を行った。その結果、時間帯によるジープニーの滞留行動の差違を実証的に明らかにし、滞留行動に関する汎用性の高いシミュレーションを構築することができた。また、感度分析より乗客待ち時間を増加させないような最低運行台数を示すことができた。

Study on Jeepneys' Parking Behavior at Route Ends in Metro Manila

By Akira HOSOMI, Haruo ISHIDA and Takeshi KUROKAWA

ABSTRACT

This study analyzes the parking behavior at route ends of fixed-route paratransit in Metro Manila called "jeepney", focusing on variation with passenger volume during peak and off-peak hours. In most cases (90.3%), jeepneys park on-street at the route-ends while waiting for passengers. This parking behavior can cause street congestion. Waiting time varies with passenger demand such that parking duration is longer during peak hours. The study will propose a simulation model which can explain the hourly variation of parking duration and volume of parked jeepneys. The appropriateness of the model will be tested using data gathered from a survey.
