

運営データに基づくカーシェアリングの 利用目的推定と潜在需要に関する分析

河尻 陽子¹・金森 亮²・山本 俊行³・森川 高行⁴

¹正会員 名古屋市

²正会員 名古屋工業大学特任准教授 工学研究科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: kanamori.ryo@nitech.ac.jp

³フェロー会員 名古屋大学教授 エコトピア科学研究所 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

⁴正会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

各都市でカーシェアリングサービスの拡充が進んでいるなか、本研究では名古屋市を中心に事業展開されているカーシェアリングの利用目的とステーションの潜在需要の推定を目的に、運営管理データを分析する。分析には決定木にて地域特性を考慮した利用目的判別モデルを構築し利用目的の推定を行った。また、負の二項回帰モデルからステーションの車両貸出頻度モデルを構築し、新規ステーションの候補選定を行った。その結果、私事目的での利用が最も多く、都心部に業務利用の多いステーションが集中することが明らかになった。また、潜在需要は都心部に集中しており、カーシェアリングはオフィスが集中する都心部で利用される可能性が高いことを示した。

Key Words : carsharing users' purpose, potential demand, negative binomial distribution

1. はじめに

わが国においてカーシェアリングのサービス展開が急速に進んでいる¹⁾。カーシェアリングは24時間の無人貸出・返却が可能であり、従来のレンタカーと比べて短時間での利用が可能であるなど、自家用車に近い移動利便性を確保できる特長を持つ。またカーシェアリングは利用者にとってコスト削減が見込まれる。自家用車保有に比べて、自動車取得費や税金、保険、車両整備費、駐車場代等の費用が不要であり、これらのコスト削減は利用者にとって大きなメリットとなる。さらにカーシェアリングは環境改善に有効な側面もある。カーシェアリング利用により、自動車保有台数の削減²⁾³⁾⁴⁾、自動車走行距離の減少⁵⁾⁶⁾、二酸化炭素排出量の削減⁷⁾⁸⁾につながることがこれまでの実験結果などから確認されている。また、カーシェアリングは自家用車保有に比べて、移動手段を他の交通手段に変更しやすく、公共交通機関の利用増加につながることが明らかになっている⁹⁾。

近年の経済不況、所得格差、燃料価格の上昇、環境問題、高齢化社会、若者の自動車離れを背景に、今後もカ

ーシェアリングは普及し、需要は高まると予想される。現在、日本でカーシェアリング普及が顕著なのは大都市圏の都市部およびその周辺地域であり、特に都心部では複数の事業者により展開がされつつある。日本においてカーシェアリングのサービス展開は急増中ではあるが未だ認知度は低く、事業としては試行段階であり、カーシェアリングの利用目的、利用特性、導入効果など実態が明確になっているとはいえない。今後、カーシェアリングの利便性を高め広く普及させていくためには、利用者のニーズや潜在需要を把握し、効果的な道筋の検討が望まれる。

カーシェアリングは主に欧米で盛んに事業が展開されており、その利用実態の研究は少なくない。日本においても一般に普及してきたのは近年ではあるが、実証実験などがこれまでに実施されており、利用実態に関する報告がある。例えば、Leclerc ら⁹⁾はモントリオールで展開されているカーシェアリング事業に対して GPS 追跡調査を行い、走行距離、利用時間帯、トリップチェーン等について、地域特性を考慮した利用実態を分析している。また Habib ら¹⁰⁾はモントリオールのカーシェアリング事

業を対象とし、利用頻度等の利用形態からカーシェアリングの会員期間について分析している。Costainら¹¹⁾はトロントのカーシェアリング事業を対象とし、車種選択、利用頻度、走行距離等について様々なモデルから統計学的に利用実態を分析している。Morencyら¹²⁾は、カーシェアリングの利用パターンをクラスター分析によって分類し、利用実態を把握し料金体系について検討している。日本においては、大阪市における業務交通を対象としたカーシェアリングの社会実験の報告¹³⁾や、京都府の公務利用を念頭に置いたカーシェアリングの実証実験の報告⁹⁾がある。原・羽藤¹⁴⁾は、横浜都市圏にてカーシェアリング社会実験に参加したモニターに対し、加入プラン選択や利用頻度のモデル化により料金体系について検討している。仲尾¹⁵⁾は京都市のカーシェアリング事業を対象として利用データとアンケート調査にてカーシェアリング利用実態を分析している。また、安江ら¹⁶⁾は名古屋地域のカーシェアリング会員と非会員に対して実施したWEBアンケート調査からカーシェアリング会員特性と利用意向について分析している。以上のように日本では実証実験に基づいた研究は多く報告されているが、カーシェアリングが一般に普及してきたのは近年であり、利用目的や潜在需要を運営管理データなどの実データに基づいた研究報告は少ない。

ここで、一般的にカーシェアリングの車両には緊急時対応の位置情報把握を目的にGPSが装備されており、運営管理データとして車両の利用頻度に加えて、利用軌跡も分析することができる。また予約を行う必要があるサービスが多く、運営管理データから予約状況も把握できる。このような運営管理データは機械的かつ継続的に収集可能なデータであり、事業主体は利用実態把握に加えてサービス改善への効率的な活用を検討しており、研究者にとっては新たな調査を実施しなくとも利用実態を把握できるなど、Win-Winの関係にあるため今後のデータ分析が多くなると予想される。

本研究は、他の大都市圏と比較して自動車利用依存度が高い名古屋市を中心にカーシェアリングサービスを展開している「カリテコ」会員を対象として、車両GPSデータや予約データなどの運営管理データを分析し、カーシェアリングの利用目的とステーションの潜在需要を把握することを目的とする。

本稿の構成は以下の通りである。2章でカリテコのサービス概要と提供頂いた運営管理データについて説明する。3章ではカリテコの利用実態把握を目的に全ステーションの車両利用状況データから、走行距離や利用頻度など基礎分析を行う。その後4章で、個人データの使用許可を得た会員を対象に、車両GPSデータと予約データの基礎集計結果、特徴的な利用実績紹介を行い、5章で

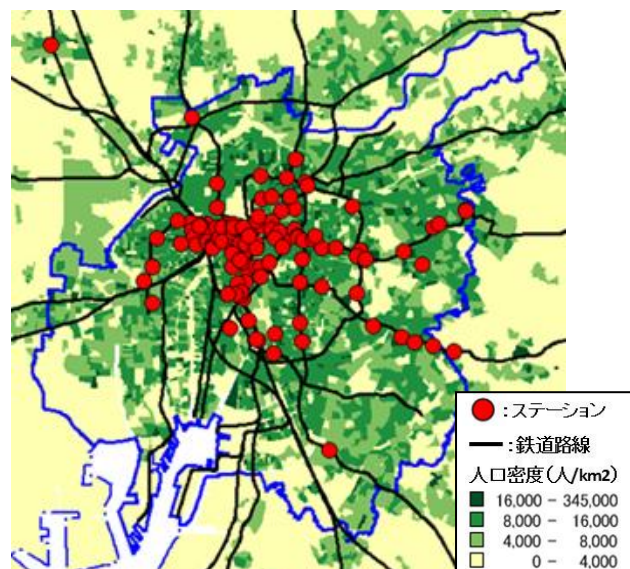


図-1 ステーション配置図

表-1 カリテコ料金体系

	月額 料金	利用料金(15分)			移動 距離 料金
		ミニ	コンパ クト	ミドル	
デラ乗り プラン	1000円	175円	200円	250円	0円
チョコ乗り プラン (年会費)	4800円	200円	250円	300円	
学生プラン	無料	175円	200円	250円	
法人プラン	無料	175円	200円	250円	

は滞在施設から利用目的を特定し、決定木による判別モデルを構築し、名古屋のカーシェアリングの利用目的特性を考察する。6章では、貸出ステーションを主眼としたステーションの車両貸出頻度モデルを構築し、そのモデルからステーションの潜在需要を把握する。そして最後に7章で本研究をまとめる。

2. 研究対象のカーシェアリングサービスと運営管理データの概要

(1) カーシェアリング「カリテコ」

名古屋市を中心にカーシェアリングのサービス展開をしているカリテコ（cariteco）は、名鉄協商株式会社（以下、名鉄協商）が2009年11月より運営している。運営地域は、愛知県、岐阜県、三重県であり、貸出ステーションは図-1に示すように、人口密度が4,000人/km²以上の地域や鉄道駅周辺に多く配置されている。会員数は7,127人、ステーション数は198箇所、設置車両台数は250台（2013年10月時点）であり、会員数、ステーション数、設置車両台数ともに増加傾向にある。

基本的な料金体系は表-1の通りであり、利用頻度に応じてプランを選択することができる。「デラ乗りプラン」は月会費制で、毎月1回以上利用する人に向けたプランである。「チョコ乗りプラン」は年会費制で、毎月利用するか分からない人、利用頻度が少ない人に向けたプランとなっている。さらに、月額料金が無料の学生プラン、月額料金に加え入会金も無料の法人プランがある。またバック料金や深夜料金もあり、利用スタイルに応じて利用プランを選択することができる。駐車場運営事業者でもある名鉄協商が実施している特徴として、運営駐車場を無料で利用できること、名鉄manaca（鉄道ICカード）でサービス利用ができることが挙げられる。

(2) 運営管理データの概要

本研究で分析に用いるデータは、名鉄協商がカリテコ運営に用いている運営管理データである、「全ステーション利用状況データ」、「車両GPSデータ」および「予約状況データ」である。

「全ステーション利用状況データ」の概要を表-2に示す。調査期間（データ提供期間）は平成24年12月1日～平成25年3月18日であり、調査期間に営業していた143箇所の全ステーションの車両、10,300回分の利用状況データを使用する。

「車両 GPS データ」および「予約状況データ」の概要を表-3に示す。カリテコ会員に車両 GPS データ等の研究利用について事前確認し、使用許可の同意が得られた 82 名分のデータである。全ステーション利用状況デ

表-2 全ステーション利用状況データ概要

調査対象	カリテコ全ステーション
調査期間	平成 24 年 12 月 1 日～平成 25 年 3 月 18 日
データ数	10300 (143 ステーション, 1712 名)
取得項目	ステーション名称, 車両名, 利用日時, 走行距離, 個人 ID (車両 GPS データに対応), 登録地—最寄ステーション間直線距離, 最寄ステーション名称

表-3 車両 GPS データ・予約状況データ概要

調査対象	カリテコ会員(使用許可同意)
調査期間	平成 24 年 12 月 1 日～平成 25 年 3 月 18 日
データ数	531 (82 名)
取得項目	【車両 GPS データ】 緯度, 経度 (IG-on/off 時, または IG-on 時 10 分おきに取得), 利用日時, 走行距離, 利用時間, 利用ステーション, 利用プラン, 車両名, 個人属性 (年齢, 性別), 個人 ID, 利用 ID
	【予約状況データ】 予約受付日時, 予約時利用開始・終了日時

ータと同様、調査期間は平成 24 年 12 月 1 日～平成 25 年 3 月 18 日であり、総利用回数 531 回のデータが分析対象となる。抽出率は 5.2% (=531/10,300) である。本研究では緯度・経度の車両 GPS データに加え、個人属性、メーター情報からの走行距離、予約受付日時等の予約状況データを分析する。

3. 全ステーション利用状況データによる利用実態の把握

本章では、カーシェアリング全体の利用実態を把握するために、“全ステーション利用状況データ”からカリテコ利用1回当たりの利用実態について分析した。

(1) 利用特性

図-2に利用1回当たりの総走行距離帯割合を示す。総走行距離が20km以内である利用は全体の44%である。また、長距離の利用も一定割合あることが確認できる。これは欧米で導入されているカーシェアリング事業でも同様の傾向がみられる (Costainら¹¹⁾)。次に、カリテコ利用1回当たりの利用時間の集計結果を図-3に示す。3時間未満の利用割合は40%と半数程度を占めている。また6

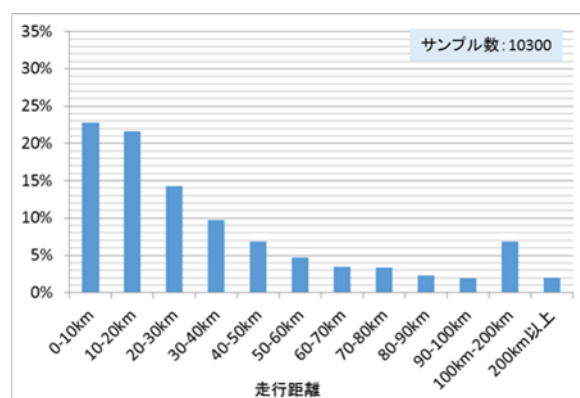


図-2 総走行距離

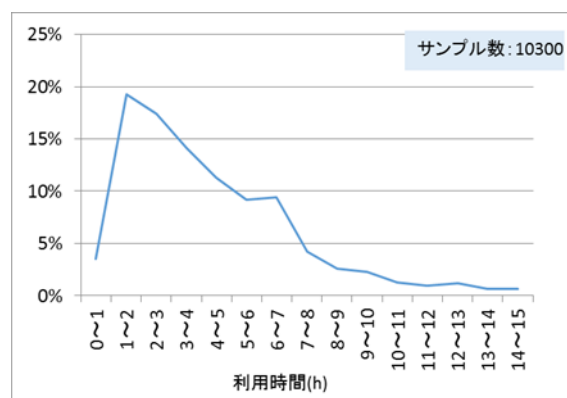


図-3 利用時間

～7時間の利用割合が高くなるのは、6時間パック料金プランを選択する人が多い可能性が高い。6時間パックの料金プランはキャンペーン価格として距離料金が0円であることから、他のプランと比較して割安であるため、長時間の利用においてはこのプランを選択する人が多くなっていると考えられる。

平日休日別に利用開始時間別利用状況を集計した結果が図-4である。図から平日・休日ともに午前中・昼過ぎ・夕方に利用のピークがあることが分かる。また平日に比べ休日の方が午前中の出発時間が遅い傾向にある。

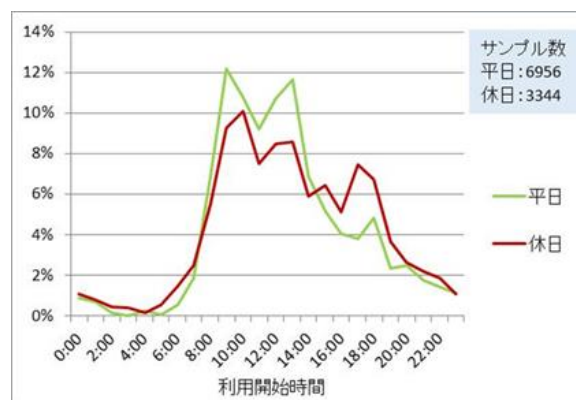


図-4 利用開始時間帯

(2) 利用頻度

利用者の月平均に換算した利用回数について図-5に示す。月に1～2回程度の利用が8割程度を占めており、今回のカーシェアリング利用者は日常的に利用しているのではなく、非日常的な利用目的で利用している割合が高いといえる。

月平均利用回数と走行距離の関係を示したものが図-6である。全体的に大きな差はないが、0～10kmでは利用頻度による違いがみられる。月に4回以上、つまり週に1回程度利用する利用者は0～10kmの短距離トリップが26%と最も多く、次いで月平均利用回数が2～4回の利用は23%となっている。これから利用頻度の高い利用者ほど短距離の利用が多い傾向にあることが分かる。

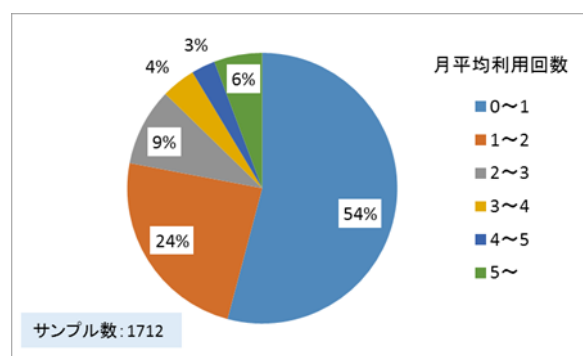


図-5 月平均利用回数

4. 車両GPSデータおよび予約状況データによる利用実態の把握

“車両 GPS データ” および“予約状況データ”は、使用許可の同意を得られた 82 名分、531 回の利用データとなるが、個人属性や利用プラン等の詳細な情報が取得できている。本章では、より詳細なカリテコの利用実態について分析した。

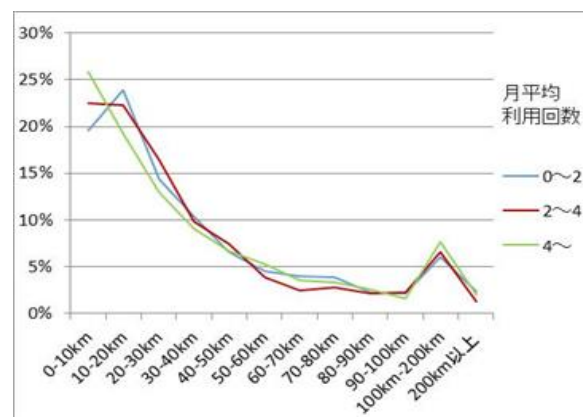


図-6 月平均利用回数-総走行距離

(1) 利用特性

男女別（男性：380 回、女性：151 回）の走行距離割合を図-7に示す。男性と女性では走行距離構成が大きく異なることが分かる。男性は 10km～30km の中距離程度の利用が 35%と最も多く、50km 以上の長距離トリップの割合も多い。一方、女性は 10km 未満の短距離の利用が 55%と半数以上を占めており、50km 以上の長距離利用は 2%と極めて少ない。よって男性は日常生活の短距離利用と共に、娯楽などの長距離目的にもカーシェアを利用している可能性が高いのに対し、女性は日常の買い物や送迎といった短距離目的へのカーシェアリング利用が主となっていることが伺える。

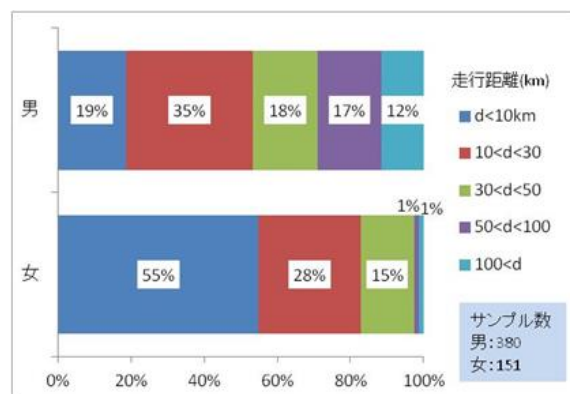


図-7 性別—総走行距離

次にカリテコ利用 1 回当たりの利用料金割合を図-8 に示す。なお今回の利用料金は車両 GPS データの利用時間および利用時間帯からパック料金や深夜料金を考慮し、最も安いプランを利用すると仮定して著者が独自に算出している（パック料金利用の有無は不明であり、実際の支払金額はデータ提供をされていないため）。図より 1,000～3,000 円の利用が 54%と最も多くなっている。乗車人員も不明ではあるが、一般的な公共交通利用と比較すると高いが、タクシーやレンタカーに比べると安い価格帯での利用がカーシェアリングの利用料金となっている。

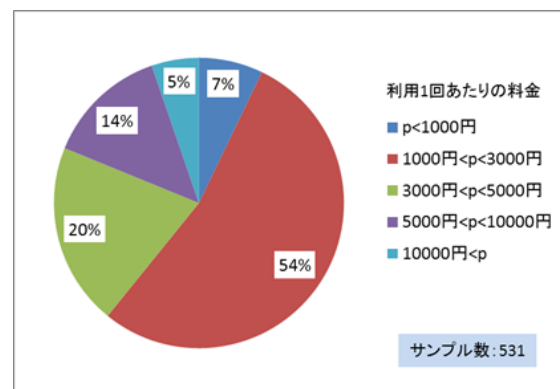


図-8 利用料金

(2) トリップ数

カリテコ利用1回当たりのトリップ数について考察する。今回の分析では、滞在の定義を「イグニッションのオン・オフをしており、かつ同じ場所（車両GPSデータで半径25m以内）に3分以上滞在している場合」とし、1回の滞在（目的地）とみなした。また総トリップ数が1というのは、送迎のようにイグニッションが終始オンのままステーションから元のステーションまで移動した場合である。

利用1回当たりのトリップ数について集計した結果を図-9に示す。トリップ数は2（単純な往復）である割合が25%と最も高く、続いてトリップ数3が21%となっている。今回対象としているカリテコでは必要最低限の移動目的で利用しており、利用1回当たりのトリップ数は少なくなる傾向にある。

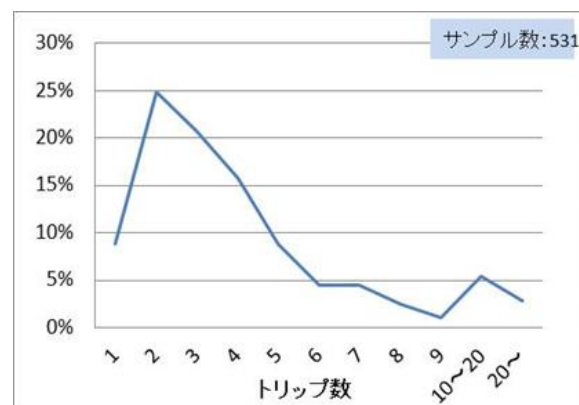


図-9 利用1回あたりのトリップ数

次に滞在時間について分析する。今回の滞在所の定義にて算出された総滞在所数 は 2,013 箇所である。滞在時間について集計した結果を図-10 に示す。10 分以内の滞在が 30%、10~30 分以内の滞在時間が 23%となっており、カーシェアリングにおける滞在時間は短時間である傾向が確認できる。

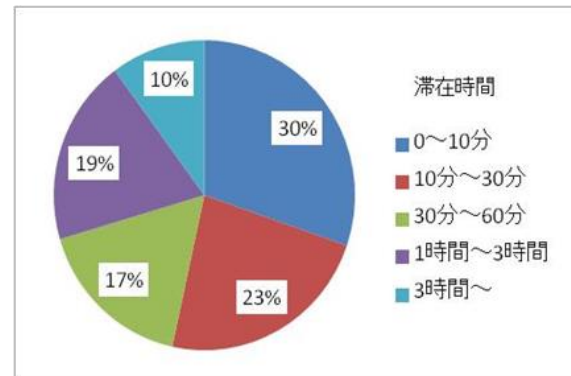


図-10 滞在時間

(3) 予約時間

カーシェアリング利用では事前予約を行う必要があるが、予約を行った時間について集計した結果を図-11に示す。全体の74%が当日24時間以内に予約を行っており、なかでも1時間以内が50%と直前の利用予約が多いことが確認された。今回の調査対象者はカーシェアリング利用の必要性が生じてから直に利用する、まさにマイカーの様に利用している状況が多いことが分かる。

予約時間と月平均利用回数の関係を図-12に示す。利用頻度が高い利用者の方が、予約は直前となる傾向にある一方、月に1回程度の利用者の42%が1日以上前に利用予約をしており、計画性を持ってカーシェアリングにて自動車利用していることが分かる。

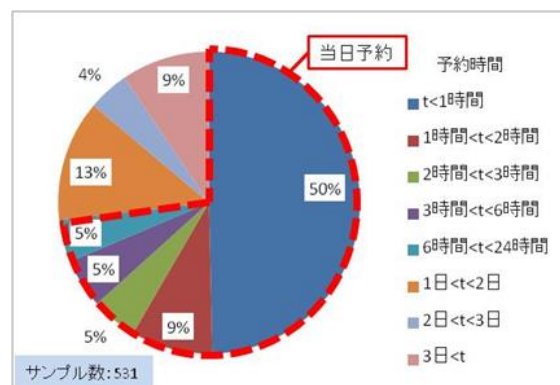


図-11 予約時間

(4) 利用実例

利用頻度の高い利用者の車両 GPS データによる利用軌跡を追跡し、利用ニーズの高い利用者の利用実態を明らかにする。大まかなカーシェアリングの利用目的を把握するため、滞在時間が最も長い場所を主目的地とし、目視にて地図や GIS のポイント情報にて利用目的を判別した。

利用目的は業務、私事（買物、娯楽、その他私事）、送迎、その他の 4 区分に分類した。なお目的分類に関して、“業務目的”は法人プランでの利用が中心であり、目的地が会社や工場等の場合に業務利用されていると判断している。“送迎目的”は滞り場所が特定されないが、行き先が駅や保育園付近である等、送迎目的と判断したものを送迎として分類した。また、“私事目的”は、商業施設や娯楽施設、公共施設、病院、銀行等の私事利用として判断できる目的地のものを、“その他”は住宅や有料駐車場、路上が主目的地であり本来の移動目的が特定しづらいものをその他目的として分類した。

利用軌跡の追跡については、月平均利用回数が 1 以上の高頻度利用者 44 名について、全ての利用を軌跡追跡し目的を分類している。ここでは高頻度利用者 44 名のうち特徴的な利用である 4 名の利用状況を紹介する。

例-1) 利用者 A 50 代女性

利用者 A の利用情報及び利用軌跡を表-4 及び図-13 に示す。利用者 A で最も特徴的であるのがトリップ数である。利用 1 回当たりの平均トリップ数は 1.1 トリップ/回であり、ほとんど滞りをしていないことから、主に送迎目的で利用されていると判断できる。利用軌跡を見ると毎回同じ貸出ステーションを利用し、同じルート、

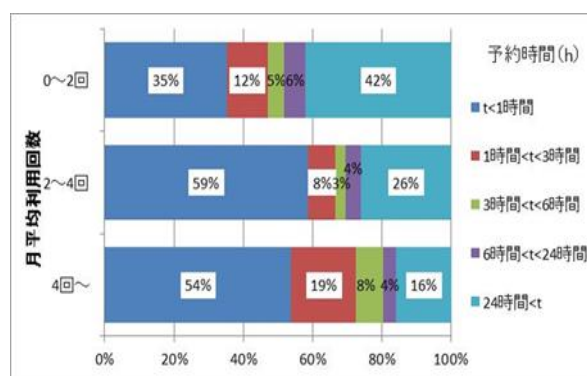


図-12 月平均利用回数—予約時間

同じ場所への移動が大部分を占めており、同じ目的で定期的に利用していることが伺える。また平均走行距離は 17.4km であるのに対し、平均利用時間は 46 分と短く、平均利用料金は 615 円/回と安い。利用者 A は送迎型利用の典型的なケースであるといえる。

例-2) 利用者 B 30 代女性

利用者 B の利用情報及び利用軌跡を表-5 及び図-14 に示す。利用者 B の利用プランは法人プランであることから、業務目的での利用が主であることが分かる。また利用 1 回当たりの平均走行時間は 74 分/回、平均走行距離は 8.4km/回であり、短時間・短距離のカーシェアリング利用の典型的な例といえる。また平均トリップ数は 2.8 トリップ/回であり、目的地以外には立ち寄らない傾向が強い。また利用軌跡から、毎回同じ貸出ステーションを利用し、滞り場所も同じ場所に何度か訪れていることが分かる。利用者 B は典型的な業務利用タイプであるといえる。

表-4 利用者 A 利用情報

性別	女
年齢	50代
月間平均トリップ数	9.5
利用数	38
休日利用	10
利用プラン	デラ乗り
平均利用時間	46分
平均走行距離	17.4km
平均総滞在時間	11分
平均トリップ数	1.1
平均利用料金	615円/回

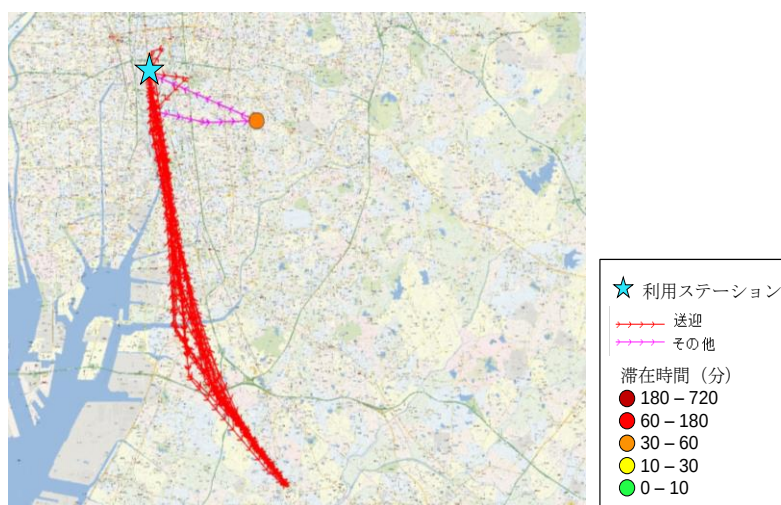


図-13 利用者 A の車両 GPS 軌跡

表-5 利用者 B 利用情報

性別	女
年齢	30代
月間平均トリップ数	7.25
利用数	29
休日利用	10
利用プラン	法人
平均利用時間	74分
平均走行距離	8.4km
平均総滞在時間	40分
平均トリップ数	2.8
平均利用料金	744円/回

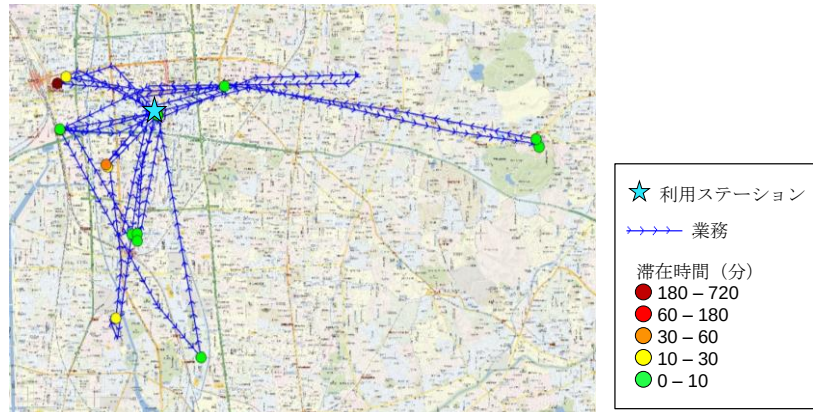


図-14 利用者 B の車両 GPS 軌跡

表-6 利用者 C 利用情報

性別	男
年齢	20代
月平均利用回数	3.0
利用数	12
休日利用	6
利用プラン	デラ乗り
平均利用時間	432分
平均走行距離	24.9km
平均総滞在時間	318分
平均トリップ数	5.3
平均利用料金	3792円/回

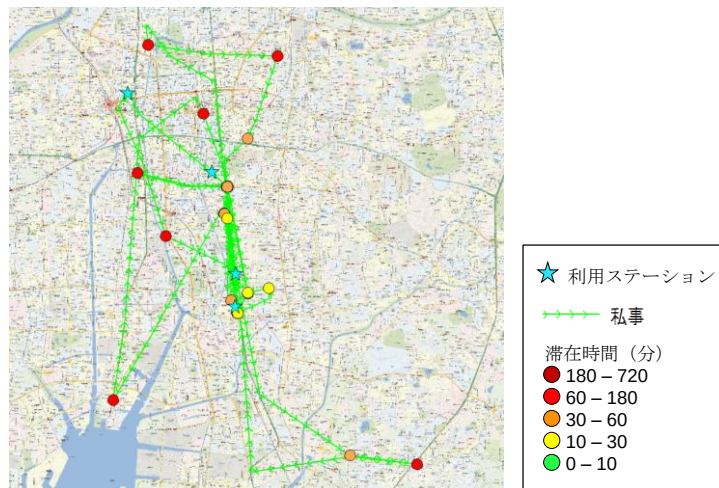


図-15 利用者 C の車両 GPS 軌跡

例-3) 利用者 C 20代男性

利用者 C の利用情報及び利用軌跡を表-6 及び図-15 に示す。利用軌跡から、利用者 C は様々な貸出ステーションを利用しており、目的地も多様であることが分かる。平日休日ともに利用しており、平均利用時間が 432 分/回と比較的長時間の利用となっている。平均トリップ数は 5.3 トリップ/回であり、1 回の利用で多くの目的地に利用していることが分かる。平均滞在時間は 318 分/回であり、利用時間に対する滞在時間の割合が高いことも特徴的である。以上より、利用者 C は私事利用タイプと判断できる。このような利用時間に対する滞在時間の割合が高い利用者に対して、乗り捨て方式の導入はサービス改善効果は高いと考えられるが、郊外部にステーション配置をする必要があり、高回転なサービス利用を導く料金設定などが必要となる。

例-4) 利用者 D 40代男性

利用者 D の利用情報及び利用軌跡を表-7 及び図-16 に示す。利用者 D は法人プランであり、全て平日の利用であることから、業務目的の利用であることが分かる。利用軌跡をみると、様々なステーションを利用しており、ステーションから目的地（工場や会社）へのトリップのみとなっている。また、毎回鉄道駅に近いステーションを利用していることから、鉄道との相互利用でカーシェアリングを利用していると予想される。このような利用実例は他の利用者の利用軌跡からも確認されており、環境改善効果の高い鉄道との相互利用でカーシェアリングサービスを展開することは可能であり、特に法人利用に潜在需要があると期待される。

表-7 利用者 D 利用情報

性別	男
年齢	40代
月平均利用回数	2.0
利用数	8
休日利用	0
利用プラン	法人
平均利用時間	159分
平均走行距離	17.4km
平均総滞在時間	81分
平均トリップ数	2.1
平均利用料金	2289円/回

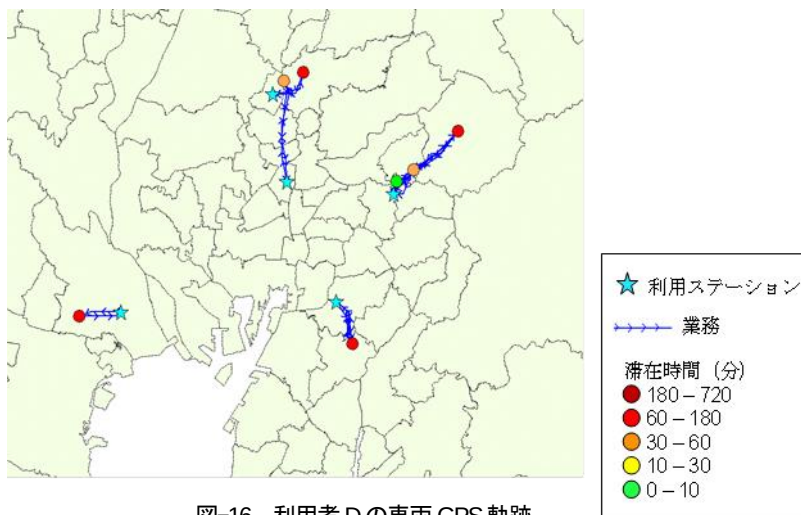


図-16 利用者 D の車両 GPS 軌跡

5. 利用目的判別モデルの構築

カーシェアリングサービスの更なる普及・促進、運営効率化のためには、利用者の利用目的を把握し、検討していくことが有用である¹⁷⁾。車両 GPS データは位置情報については極めて詳細に把握できるデータであるが、カーシェアリング利用時の本来の目的地は不明である。一方、カーシェアリング利用毎に利用目的を質問することは、利用者の調査負担となり正確な回答が得られるとは考えにくい。

本研究の 4 章(4)では車両 GPS データの目視追跡によって利用目的を特定したが、GPS 軌跡追跡は大きな手間と時間を要する。そこで、本章ではその代替手法として、決定木による利用目的判別モデルを車両 GPS データから構築し、全ステーションの利用状況データから利用目的を特定する。

(1) 決定木

決定木は、説明変数の値を if-then ルールにより分岐させ、それらを組み合わせて判別・予測のモデルを構築するものである。決定木は樹木構造で図示することができ、根 (root) を頂点とし、枝 (branch)、節 (node)、葉 (leaf) で構成される。決定木は、非補償型の意味決定方略を表現するためのモデルとして、代表的で有効性のあるデータマイニング手法の1つであることが確認されている¹⁸⁾。本研究の推定には、“フリー統計ソフトウェア R”の `mvpart` パッケージを用いた。また、10重交差確認法により樹木の剪定を行った。推定に用いた利用状況データは、前章と同様、車両 GPS データの月平均利用回数が1回以上の利用者44名のデータである。目的判別に用いる被説明変数は、業務、送迎、私事、その他の4変数である。説明変数は、利用状況として利用1回当たり

の走行距離、利用時間、利用開始時間、平日ダミーを、利用ステーション周辺の土地利用特性として人口密度、事業所密度、鉄道駅数、官公署数を、個人情報として利用者の登録地-最寄ステーション間直線距離を用いた。ここで土地利用データについては、利用ステーションの属する町丁目内の各データを集計したものを使用した。また、人口密度、事業所密度については DID (Densely Inhabited District: 人口集中地区) ランク、事業所密度ランクを設定した。ランクの定義については図-18内に示す。

(2) 決定木の推定結果

決定木 (利用目的判別モデル) の推定結果を図-17 に示す。推定に用いたデータのサンプル数は 405、的中率は 0.80 である。if-then ルールにより説明変数の値が分岐された構造となっており、例えば一番右端の葉の送迎目的に分類される条件は、「利用時間 ≤ 49.5 かつ登録地・最寄 ST 間直線距離 < 0.35 かつ事業所密度ランク < 2」となる。図に示す if-then ルールにより、運営管理データとして取得できる利用状況データと、人口密度等の土地利用データからカーシェアリングの利用状況を目的判別することができる。ただし、鉄道駅数は説明変数として導入したが、樹木構造には反映されなかった。

(3) 決定木による利用目的判別

利用目的が不明な“全ステーション利用状況データ”に推定した決定木を適用し、利用目的を推定する。表-8 に利用目的判別を行った全利用状況の目的割合、目的別の平均走行距離、平均利用時間、休日利用割合、主な出発時間を整理した。決定木を推定した車両 GPS データの使用許可者 (サンプル数 405) の目的割合は、業務 15%、送迎 11%、私事 52%、その他 22%となっている。

表-8 の全利用者の利用目的割合は、私事目的が半数以上と最も多く、次いで業務目的が多いことが分かる。Costain ら¹⁴⁾は、カリテコと同じラウンドトリップ型のカーシェアリングは日常の買物つまり私事目的の利用が大部分を占めることを確認しており、今回推定した利用目的判別モデルの推定結果と同様の傾向であることが確認された。また、目的別の平均走行距離、平均利用時間は

送迎目的が 10.1km, 39 分と最も短い距離、時間帯となっており、先の個別利用者の利用特性と似ている。休日利用が最も多いのは私事目的であり、直観に即した結果となっている。主な出発時間については、業務は始業後から昼過ぎまでの 9 時から 14 時の間、送迎は始業前の 8 時、授業後や終業後の 16 時、18 時に集中していることが分かる。

	説明変数	DID ランク	人口密度 (人/km ²)
利用状況	走行距離 (km)	1	~4000
	利用時間 (分)	2	4000~8000
	利用開始時間	3	8000~
土地利用	平日ダミー		
	DID ランク		
	事業所密度 ランク		
個人情報	登録地-最寄ST間直線距離	1	~2000
	登録地-最寄ST間直線距離	2	2000~4000
	登録地-最寄ST間直線距離	3	4000~

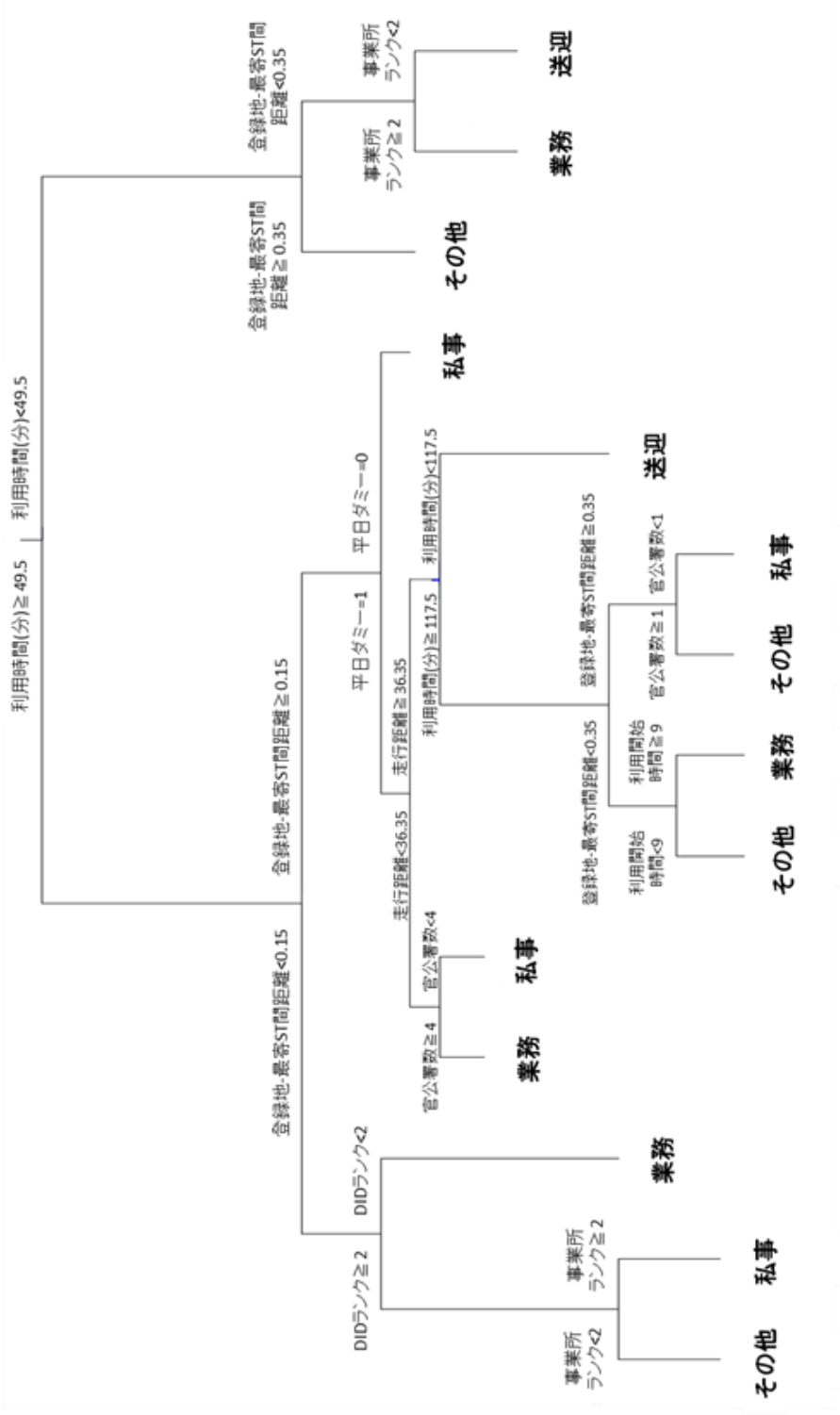


図-17 決定木の推定結果

(4) ステーションの利用目的傾向の把握

各ステーションでどのような利用目的が多いかを把握するため、ステーションごとに1台あたりの目的別利用回数を集計し、クラスター分析を行った。このクラスター分析により、各ステーションの利用目的状況を分類できる。クラスター分析についてはk-means法を用いた。クラスター数を4としたクラスター分析結果は表-9に示す。なお分析の際、説明変数の値を揃えるため各説明変数を最大値で基準化して分析を行った。クラスNo.1のステーションは、業務目的の利用が多い業務型であるが、私事目的の利用もみられる。クラスNo.2は私事目的の利用が中心の高頻度私事型のステーションであり、業務目的の利用もみられる。クラスNo.3は私事目的が大部分を占めるが利用回数は他に比べて少ないため低頻度私事型のステーション、クラスNo.4は業務以外の様々な利用があり、多様利用型のステーションと分類できる。図-18は名古屋市内のクラスNo.別のステーショ

ン分布を示したものである。クラスNo.1の業務型が名古屋市中区に集中していること、都心部ほどクラスNo.1の業務型やクラスNo.2の高頻度私事型が集中していることが確認できる。クラスNo.3の低頻度私事型とクラスNo.4の多様利用型のステーションは、名古屋市都心部周辺や郊外に多く分布していることが分かる。

カーシェアリングサービスにおいても、他の交通サービスと同様に、利用目的に応じて料金感が異なると予想される。利用実態に応じた料金設定は今後のカーシェアリングの利用促進方策の重要な1つであり、本研究の決定木による全ステーションの利用判別手法は重要な検討指標を提供できる可能性が高いといえる。

6. ステーションの車両貸出頻度モデルの構築

カーシェアリングは、ステーションの設置場所によって利用されやすい場所と利用されにくい場所があると考え

表-8 利用目的判別結果

	判別結果	平均走行距離	平均利用時間	休日利用割合	主な出発時間
業務	19%	55.2 km	280 分	10%	9時～14時
送迎	6%	10.1 km	39 分	30%	8時, 16時, 18時
私事	60%	39.2 km	271 分	39%	9時～13時
その他	15%	40.0 km	247 分	37%	8時～10時

表-9 利用目的に関するステーションクラスター分析結果（平均値）

クラスNo. ＼平均値	業務	送迎	私事	その他	合計
1	48	2	25	3	77
2	11	1	61	4	77
3	3	2	21	6	33
4	3	9	36	26	74

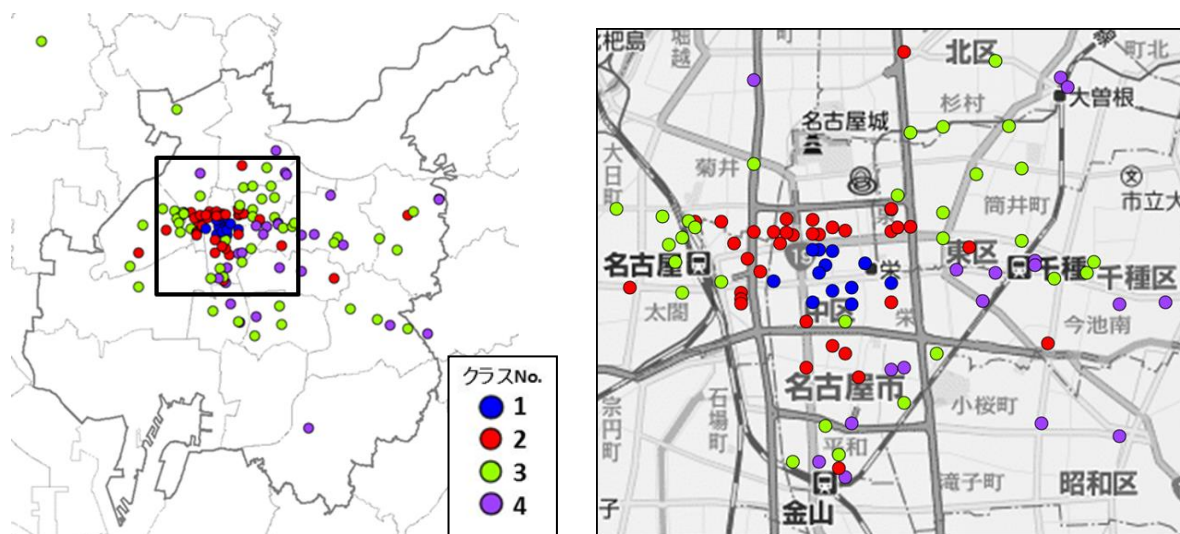


図-18 利用目的に関するクラスNo.分布（左：名古屋市内、右：枠内拡大図）

えられる。ステーション配置の選定には、配置場所周辺の夜間人口や事業所数といった土地利用や、周辺に住むカリテコ会員数、そのステーションを利用する会員はどのような利用パターンが多いのかといった利用状況や潜在需要を考慮する必要があると考えられる。そこで本章では、これらの属性を考慮し、ステーションごとの1台あたりの月平均貸出回数について頻度モデルを構築した。使用データは、全ステーション利用状況データである。

(1) 負の二項回帰モデル

ステーションごとの1台あたりの月平均貸出回数について負の二項分布回帰モデルから貸出頻度モデルを構築する。あるステーション k の1台あたりの月平均貸出回数が y_k 回である確率は式(1)で表され、その期待値は式(2)で表す。ここに、 β_{ik} は未知パラメータ、 x_{ik} は説明変数、 $1/\theta$ は非観測異質性の分散パラメータを表す。

$$p(y_k) = \frac{\Gamma(y_k + \theta)}{y_k! \Gamma(\theta)} \left(\frac{\lambda_k}{\lambda_k + \theta} \right)^{y_k} \left(\frac{\theta}{\lambda_k + \theta} \right)^\theta \quad (1)$$

$$\lambda_k = \exp \left(\sum_i \beta_{i,k} x_{i,k} \right) \quad (2)$$

未知パラメータ β_{ik} は最尤法にてそれぞれ推定した。説明変数は、各ステーションを最寄ステーションとする会員数（カリテコ会員かつカーシェアリング利用者のみであり、カリテコ会員であるがカーシェアリングを利用していない会員は含まれていない）、各ステーションの属する町丁目内の人口密度、事業所密度を考慮した。

(2) 推定結果と新規ステーション配置の検討

推定結果は表-10に示す。AICは797.6、 t 値は全ての説明変数で有意である。また推定値は全て正であり、会員

表-10 モデル推定結果

被説明変数	月平均貸出回数(/台)	
説明変数	推定値	t値
定数項	2.16	11
会員数(人)	0.0122	2.9
人口密度(千人/km ²)	0.0159	2.2
事業所密度(万所/km ²)	1.21	4.6
サンプル数	123	
AIC	797.6	

数、人口密度、事業所密度が大きいほど、貸出頻度は高くなることが分かる。

次に推定したモデルより、名鉄協商株式会社が運営する全駐車場の潜在貸出頻度を算出した。名鉄協商株式会社は、東海三県を中心に有料駐車場の運営をしており、その一部の駐車場にカリテコステーションを設置している（全駐車場数は2012年9月時点で約1050箇所）。そのため、名鉄協商株式会社が運営する駐車場でカリテコが設置されていない駐車場は数多くあり、それらは今後カリテコステーションとして利用可能な場所であるとみなすことができる。

図-19はモデルより名古屋市の駐車場のカリテコ潜在貸出頻度を算出したものである。会員数の変化はなく未設置駐車場の会員数は0と仮定し、潜在貸出頻度を算出している。図より名古屋都心部に貸出頻度が15～35.7（回/台・月）である駐車場が多く分布し、その周りに貸出頻度が10～15（回/台・月）である駐車場が多く分布している。

また、図-20に名古屋都心部における駐車場のカリテコ潜在貸出頻度の拡大図を示す。名古屋都心部には、貸出頻度の高い駐車場が多く分布しており、貸出頻度が最も高い20～35.7（回/台・月）の駐車場は既にカリテコが設置されているところが多いことが分かる。しかし、未

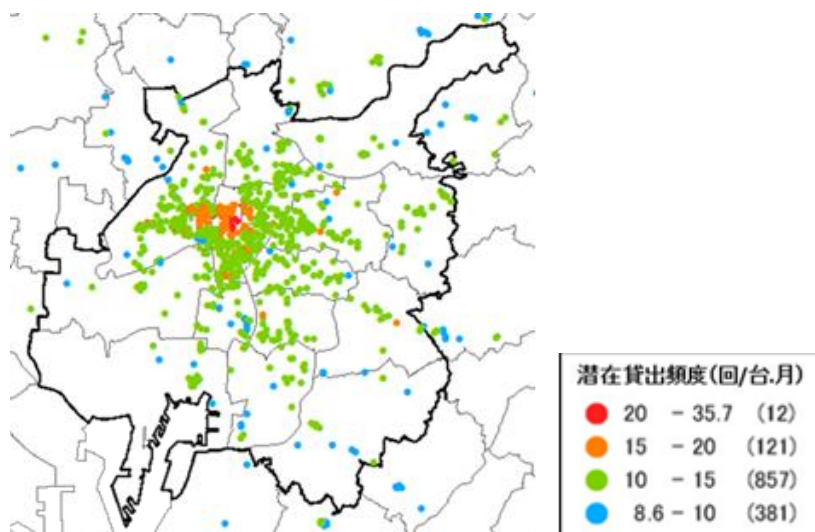


図-19 駐車場のカリテコ潜在貸出頻度分布（名古屋市）

設置の駐車場が2つ存在し、この2つの駐車場には新たなカリテコステーションとしての潜在需要があるといえる。また、オフィスが集中する丸の内や名古屋駅周辺に貸出頻度15～20（回/台・月）の駐車場が多く、これらの駐車場も潜在需要の高い新規ステーションの候補地として挙げることができる。以上のように、カリテコの潜在貸出頻度の高い駐車場は都心部に集中しており、カーシェアリングはオフィスが集中する都心部で利用されやすいと考えることができる。利用形態としては平日の業務利用と都心部に住む人の休日の利用が予想される。

最後に、名古屋市郊外の豊橋市と岐阜市についての考察を加える。図-21に豊橋市と岐阜市における駐車場のカリテコ潜在貸出頻度の拡大図を示す。豊橋市、岐阜市ともに既に鉄道駅周辺にステーションが設置されており、特に豊橋市の既設置駐車場は18.6（回/台・月）と平均値以上の貸出頻度であることが確認できる。また、豊橋市、岐阜市ともに1箇所ずつ潜在貸出頻度の高い未設置駐車場があり、これらを見逃さないよう候補地として挙げることができる。このように、モデルで導入した説明

変数が潜在需要を適切にとらえているとすると、郊外においても駅周辺の駐車場にはカーシェアリングの潜在需要があることが確認できる。このような潜在貸出頻度が高いが、カーシェアリングが設置されていない駐車場は全部で80箇所確認できた。

7. おわりに

本研究では、サービス展開が急速に進むカーシェアリングの利用目的とステーションの潜在需要を把握することを目的に、車両 GPS データ等の運営管理データから利用目的判別モデルや車両貸出頻度モデルを構築し、名古屋地域におけるカーシェアリングの利用目的や潜在貸出頻度を推定した。得られた知見は以下の通りである。

- カーシェアリングの利用目的は私事目的が半数以上を占め、最も多い
- ステーション周辺の会員数、人口密度、事業所密度が大きいほど、貸出頻度は高くなる傾向がある



図-20 駐車場のカリテコ潜在貸出頻度分布（名古屋市）



図-21 駐車場のカリテコ潜在貸出頻度拡大図（左：豊橋市、右：岐阜市）

- c) 潜在貸出頻度の高い駐車場は都心部に集中しており、カーシェアリングはオフィスが集中する都心部で利用されやすい

ただし、今回構築した車両貸出頻度モデルはステーション間の競合・相互作用を考慮していないことがモデルの限界といえる。今後はカーシェアリングの更なる普及促進に向けて、ステーションの配置や料金体系、設置車両台数について検討することが課題となる。更に、乗捨て施策や電気自動車の導入に向けた運用可能性の検討が課題であると考えられる。

謝辞：本研究は名鉄協商株式会社のカーシェアリングサービス「カリテコ」の関係者様、会員様のご協力を得て、車両 GPS データ等の運営管理データを分析しております。ここに示して感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団：カーシェアリングによる環境負荷低減効果の検証報告書，20013.
- 2) Martin, E., Shaheen, S. and Lidicker, J.: Impact of Carsharing on Household Vehicle Holdings – Results from North American Shared-Use Vehicle Survey, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2143, 150-158, 2010.
- 3) 山本俊行，木内大介，森川高行：自動車共同利用による車両数削減可能性に関する分析，土木学会論文集 D, Vol.63, No.1, pp.14-23, 2007.
- 4) 石村龍則，倉内慎也，荻尾龍彦：自動車保有・利用コストに着目した松山都市圏におけるカーシェアリングの潜在需要分析，土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, pp.1_665-1_671, 2011.
- 5) Martin, E. and Shaheen, S.: Greenhouse gas emission impacts of carsharing in North America, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 12(4), 1074-1086, 2011.
- 6) 矢野晋哉，高山光正，仲尾謙二，藤井聡：カーシェアリングへの加入が交通行動に及ぼす影響分析，土木学会論文集D3, Vol.67, No.5, pp.1_611-1_616, 2011.
- 7) Firmkorn, J. and Müller, M. : What will be the environmental effects of new free-floating carsharing systems? The case of car2go in Ulm, Ecological Economics, 70(8), 1519-1528, 2011.
- 8) 山本俊行，成瀬弘恵，森川高行：カーシェアリングが自動車保有および交通行動に及ぼす影響の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.34, No.55, 2006.
- 9) Leclerc, B., Trépanier, M. and Morency, C. : Unraveling the travel behaviors of carsharing members from gps traces, TRB 2013 Annual Meeting, 2013.
- 10) Habib, K.M.N., Morency, C., Islam, M.T. and Grasset, V. : Modelling users' behaviour of a carsharing program: Application of a joint hazard and zero inflated dynamic ordered probability model, Transportation Research Part A Vol.46, pp.241-254, 2012.
- 11) Costain, C., Ardron, C. and Habib, K.N. : Synopsis of users' behavior of a carsharing program: A case study in Toronto, Transportation Research Part A 46, pp.421-434, 2012.
- 12) Morency, C., Trepanier, M., Agard, B., Martin, B. and Quashie, J. : Car sharing system: what transaction datasets reveal on users' behaviors, The 10th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems - ITSC 2007, 2007.
- 13) 竹内新一，谷口栄一：業務交通を対象としたカーシェアリング実証実験，土木学会論文集，No.786/IV-67, pp.21-29, 2005.
- 14) 原祐輔，羽藤英二：EVシェアリングのサービス加入・利用モデルを用いたサービス料金設計，公益社団法人日本都市計画学会・都市計画論文集，No.45-3, pp.445-450, 2010.
- 15) 仲尾謙二：カーシェアリングの利用実態について・京都市における事例をもとに，Core ethics, Vol.7, pp.233-247, 2011.
- 16) 安江勇弥，金森亮，山本俊行，森川高行：カーシェアリング会員特性と利用意向に関する分析，土木学会論文集，2013.
- 17) 山本俊行，山本直輝，森川高行，北村隆一：ITSによるデータ収集技術を活用した自動車共同利用システムの利用者行動分析，土木計画学研究・論文集，Vol.21, No.2, pp.571-579, 2004.
- 18) 山本俊行：非補償型意思決定方略を表現するためのデータマイニング手法の適用に関する分析，土木学会論文集，No.765/IV-64, pp.79-89, 2004.

(2014.4.20 受付)

ANALYSIS OF CARSHARING USERS' PURPOSE AND POTENTIAL DEMAND BY OPERATIONS MANAGEMENT DATA

Yoko KAWAJIRI, Ryo KANAMORI, Toshiyuki YAMAMOTO
and Takayuki MORIKAWA