

# GPSを用いた電動アシスト自転車の利用特性に関する研究

大田 香織<sup>1</sup>・西田 純二<sup>2</sup>・土井 勉<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 株式会社社会システム総合研究所 (〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-10-27)  
E-mail:ota@jriss.jp

<sup>2</sup>正会員 株式会社社会システム総合研究所 (〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-10-27)  
E-mail:nishida@jriss.jp

<sup>3</sup>フェロー 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540京都市西京区京都大学桂C1-2-313)  
E-mail:doi@ulc.kyoto-u.ac.jp

自転車はまちづくりの中で大きな役割を果たすようになってきた。特に電動アシスト自転車は車両の改善が進み急速に普及している。その利用特性は、普通の自転車とは異なっていると想定される。本研究では、GPSを用いて普通自転車と電動アシスト自転車の交通行動の把握を行った。これより、電動アシスト自転車は中速域での利用率が高く、走行が不安定となる低速域や、危険走行となる高速域での利用率が低いことが明らかとなった。このことから、電動アシスト自転車は単に走行性能が高いだけでなく、利用特性上も極めて安全性の高いことが把握できた。こうした情報を元に自転車に関する交通計画の策定が推進されることが期待される。

**Key Words** :GPS, Power-assited Bicycle, Travel Behaviour

## 1. はじめに

近年、自転車の利用が新たな脚光を浴びるようになってきた。その背景には、地球環境問題に対する意識の高まりや、健康志向、経済的な生活への志向があり、自転車はまちづくりの中でより大きな役割を果たすようになってきた。

また自転車の車両では電動アシスト自転車が急速に普及台数を伸ばしており、従来の普通自転車とは異なる走行性能を持つ自転車の普及を背景とした自転車の利用特性の変化が今後の交通政策に与える影響の研究が必要とされている。

これまで自転車は他の交通手段に対する補完的な位置づけが多く、実施されてきた施策は走行路と駐輪施設の整備、放置自転車の撤去やマナーキャンペーンが主なものであった。しかし、これからの自転車利用を想定すると電動アシスト自転車のような高機能車の普及を想定して、従来のような端末交通手段としてだけでなく、代表交通手段として交通計画の中にきちんと位置づけ、施策体系を構築する必要がある。

そのためには、自転車の交通行動を的確に把握したデ

ータの蓄積が不可欠である。しかし、自転車の交通行動について、山中らのプローブバイシクル<sup>1)</sup>やGPSを使った北澤ら<sup>2)</sup>や貞廣ら<sup>3)</sup>の調査・研究はあるものの、交通行動については、これまではパーソントリップ調査をはじめとしたアンケート調査形式のものが中心であり、トリップ情報や交通特性を把握するための十分なデータ収集が難しいことが課題となっていた。

そこで本研究では、①携帯型の全地球測位システム(GPS)を普通自転車と電動アシスト自転車に搭載し、これらの自転車の交通行動を連続した三次元位置情報データとして計測することで、自転車の利用特性の分析におけるGPSシステムの有効性を検証する ②GPS調査と同時に自転車利用者に対して、その時の自転車利用の目的などを記載してもらい、自転車の走行と駐輪の実態把握を行い、目的別・個人属性別の普通自転車と電動アシスト自転車の利用特性の差異について分析する ③これより普及が急速に進む電動アシスト自転車の利用特性が従来の普通自転車と異なることを明らかにし、電動アシスト自転車の普及が交通計画やまちづくり等に与える影響を考察する。

## 2. 走行調査の概要

### (1) 対象地域とサンプル

本調査では、大阪府堺市、大阪府高槻市、京都府亀岡市、京都府京都市の4都市を対象とした。

自転車の交通行動を把握することについて了解いただいたモニターの方に対して、単三乾電池4本で作動するGPSロガーを貸出し、1週間の行動を記録してもらい、同時に調査票にその間の自転車利用行動の目的などのトリップ属性情報を記載いただいた。

自転車については、普通自転車（シティ型=ママチャリ型）と電動アシスト自転車の2区分で調査を行った。なお、マウンテンバイク、ロードレーサ、折りたたみ式自転車の利用もあったが、サンプル数が少ないため、参考データとして分析対象からは除外した。

調査期間は、堺市・亀岡市は平成23年2月2日（水）～9日（水）、高槻市・京都市は平成23年2月22日（火）～3月1日（水）のそれぞれ8日間とした。

地域ごとの内訳人数は表-1の通りである。各自治体ごとに自転車の選好に違いがあるが、全般に電動アシスト自転車の利用者は女性が多く、普通自転車の利用は男性が多い。車種ごとの利用特性には利用者の個人属性が影響している可能性があることに注意する必要がある。

表-1 調査対象者の属性と分布

都市名	車種	男性	女性	不明
堺市	電動アシスト	0	10	0
	普通自転車	10	0	0
亀岡市	電動アシスト	1	8	0
	普通自転車	3	6	1
高槻市	電動アシスト	2	7	0
	普通自転車	8	3	0
京都市	電動アシスト	0	2	1
	普通自転車	10	5	0

また、図-1は年代別の自転車車種の選好を示しているが、20代、30代では普通自転車を利用するが、40代くらいから電動アシスト自転車の保有傾向が高くなっている。

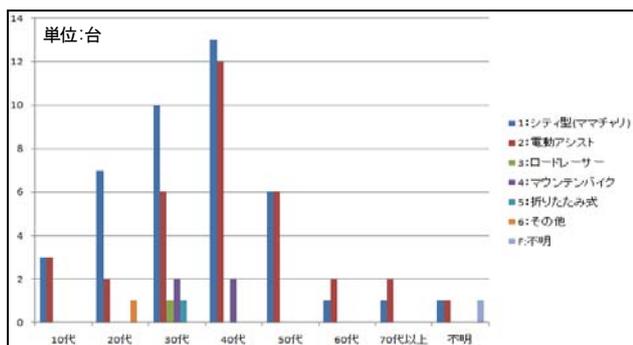


図-1 年代別・車種別の保有傾向

### (2) GPS調査の概要

GPSロガーは、図-2の調査依頼書にあるような乾電池で電源供給をするUSB型のもを使用した。内蔵バッテリーで駆動するタイプのものも市販されているが、充電のための操作が煩雑であることと、バッテリー容量から1～2日程度の調査しか行えないため、本研究では電池駆動タイプのもを採用した。

ここで用いたGPSロガーは本体にスイッチ類がなく、バッテリーケースに電源スイッチがあるだけで、モニターには自転車に乗車時に電源をオンにし、降車時に電源をオフにする、という単純な操作の依頼を行った。

### 「GPS ロガーを用いた自転車の利用特性調査」にご協力ください

#### 調査の概要

この調査は、自転車の交通行動を把握することで、これからの駐輪場整備や自転車道整備などの基礎資料にするものです。  
特に、通常の自転車と共に電動アシスト自転車を調査対象とすることで、行動範囲などの違いなども把握することを目的としています。  
また、調査結果は全て個人が特定できないように数値化して取扱い、研究以外の目的には使用いたしません。  
これからの自転車に関する交通を考える上で重要な調査となります。どうぞご協力をよろしくお願い申し上げます。

#### 調査の内容

【期 間】平成22年2月2日（水）～2月9日（水）  
【内 容】ご自宅の自転車を1台調査用（電動アシスト自転車がある場合には、電動アシスト自転車）と決めて下さい。その自転車に乗る際にGPSロガーを携帯いただき、走行状況を記録していただきます。  
① 自転車に乗る際、GPSロガーを携帯してください。  
② 電源のON/OFFのみの操作です。乗車時にON、降車時にOFFにしてください。  
\*自転車走行時のみのデータ確保のため、お手数ですが、電源操作をお忘れごしませんよう、お願いいたします。  
③ ご帰宅後、調査票に自転車利用の目的や走行時間などを記載していただきます。  
※GPSロガーとは、人工衛星の電波で位置を確認し、そのデータを記録する器具のことです。音声などの記録をするものではありません。

この電源スイッチを  
乗車時にON、降車時にOFFに  
してください

図-2 調査依頼書（GPS調査の概要）

なおGPSの初期設定において、電源オンの時の測位時間を短縮するため、直前の測位結果をもとに現在の位置を求めるホットスタンバイモードで運用を行った。

しかしながら、ホットスタンバイモードを利用しても、GPSが正確な測位データを取得するためには1分程度の時間がかかるため、測定初期のGPSデータには誤差が多く発生することとなるが、バッテリー消費とのトレードオフとなるため、本研究では乗車・降車ごとにバッテリーのオン・オフを行う調査方法を採用した。またGPSによる位置情報記録インターバルは5秒に設定した。

### (3) 走行トリップの把握

GPSロガーによる調査では、自転車の走行ルート・速度、高度などの連続的な三次元位置情報を把握することができるが、これをパーソントリップ調査と同様のトリップ情報として整備するために、図-3のようなトリップ属性調査票への記入を依頼した。

トリップ属性調査票では、利用日時ごとの目的トリップを単位に利用者と利用目的を記入する。また自転車の利用特性が天候により影響されることを想定し、利用時の天気についても回答を得るように工夫した。

なお、GPSログとの照合を行うために出発時刻・到着時刻を回答するようになっているが、これは回収後、GPSログにより正確な出発・到着時刻と突き合わせて修正することとなる。

④ 調査期間中の自転車走行記録について  
調査期間(1週間)に自転車を利用された走行記録(自転車に乗ってから、降りたところまで)をご記入ください。一度に複数の箇所を回った時は、それぞれを別の走行として記入してください。目的は下のBから、駐輪場所はCから、該当する番号を記入してください。

**記入例**

例) 利用者1が①自宅を出て②病院へ。  
その後、③スーパーで買い物し帰宅した場合。

no	利用日	天気	利用した人 (利用者番号)	目的 (Bから選択)	出発時間	到着時間	目的地での 駐輪場所 (Cから選択)
1	1月 日	晴・曇・雨	1	6	19時 00分	19時 15分	1
2	1月 日	晴・曇・雨	1	4	18時 20分	18時 45分	1
3	1月 日	晴・曇・雨	1	7	19時 20分	19時 35分	5
4	1月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	

No	利用日	天気	利用した人 (利用者番号)	目的 (Bから選択)	出発時間	到着時間	目的地での 駐輪場所 (Cから選択)
1	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
2	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
3	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
4	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
5	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
6	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
7	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
8	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
9	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
10	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
11	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
12	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
13	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
14	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
15	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
16	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
17	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
18	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
19	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
20	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
21	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
22	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
23	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
24	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	
25	月 日	晴・曇・雨			時 分	時 分	

B: 利用目的 ①通勤 ②通学 ③業務 ④買物 ⑤家事 ⑥通院 ⑦帰宅 ⑧その他  
C: 駐輪場所 ①施設内駐輪場 ②公共駐輪場 ③目的地敷地内の空きが①-③ ④路上 ⑤その他

図-3 トリップ属性情報の調査票

## 3. 調査結果

### (1) 駅から自宅までの距離と車種選好

図-4は、調査対象サンプルが多いシティ型(ママチャリ型)と電動アシスト自転車の選好が駅からの距離により影響を受けるかを見たものである。

ふたつのグラフを比較すると明らかであるように、駅から2kmないし2.5kmまではシティ型自転車の利用割合が

高く、2kmを越えるあたりから電動アシスト自転車の購入者が増えている。

これは自転車利用が通勤通学に用いられるだけではなく、公共施設・商業施設等の日常的に利用する目的施設が駅前に立地していることが多いという市街地特性を考えると、徒歩圏に主な施設が立地する駅前ではシティ型自転車で十分であるが、駅から2kmを越える生活圏になると電動アシスト自転車の購入が増えると想定される。

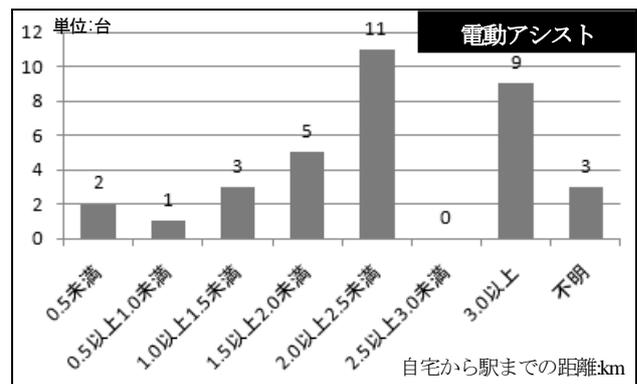
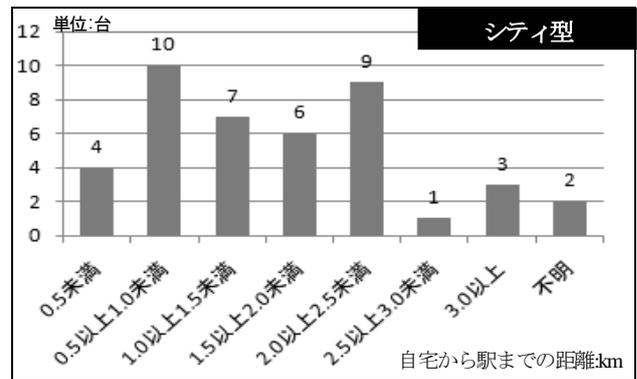


図-4 車種選好と自宅から駅までの距離

### (2) GPSによる測位について

図-5は堺市におけるモニターの3日間の通勤と帰宅における自転車(ここでは、ママチャリ)を使った行動の軌跡を示したものである。往復のルートが大きなブレなく把握できている。これより今回のGPSによる自転車の交通行動把握は計画情報に活用できることが把握できたものと考えられる。



図-5 GPSによる自転車走行の軌跡

### (3) 車種別の移動時間

図-6は、車種と1トリップ当たりの平均移動時間の比較を行ったものである。これを見ると、シティ型に比べて電動アシスト自転車が特に長距離・長時間の移動を行っているとは言えないことがわかる。

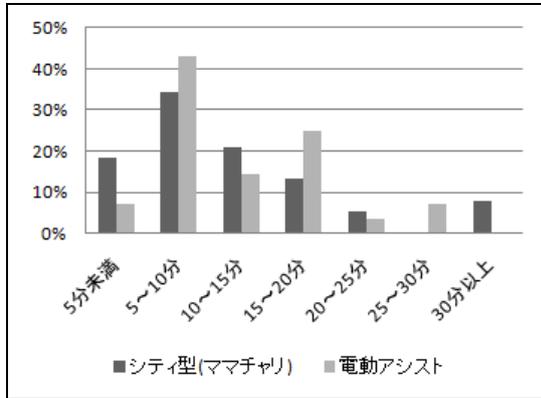


図-6 車種と平均移動時間

電動アシスト自転車だから長トリップで利用するのではなく、長トリップの利用が必要となる生活圏の人が電動アシスト自転車を購入するということであり、一旦購入した電動アシスト自転車は、通勤の帰りに買物をするといったトリップチェーンの中で利用され、短トリップ利用も多数発生することになるため、トリップの平均利用時間には有意な差が出ないという結果となったのであろう。

### (4) 利用目的と平均走行距離

図-7は、車種別に自転車の利用目的別の平均走行距離を示したものである。通学での走行距離が最も長く、次いで通勤での利用が長い。通院での自転車利用でも2km程度の平均移動距離となっている。なお、これら目的別の利用において電動アシスト自転車と普通自転車の間で顕著な利用傾向の差はみられない。

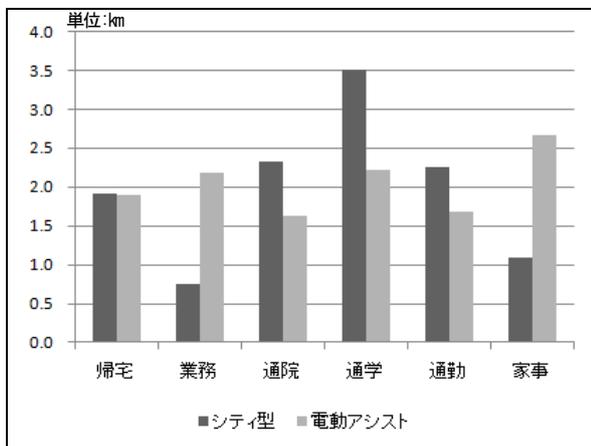


図-7 車種別・利用目的別の平均走行距離

### (5) 利用者年齢と平均走行距離

図-8は、利用者年代別に平均走行距離を示したものである。10代、20代の利用では通学利用が多いため、平均利用距離が長くなっている。

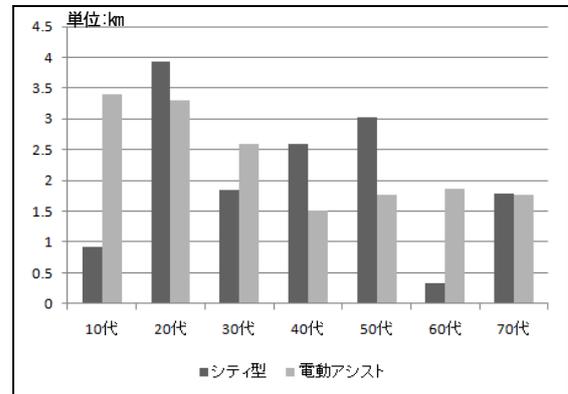


図-8 車種別・年代別の平均走行距離

30代~50代では顕著な差は見られないが、2~3kmでの利用が多い。年代別にみても電動アシスト自転車とシティ型とでは顕著な差はない。

### (6) GPS軌跡の3D化による走行経路の視覚化

GPS観測データは、緯度・経度・高さを持つ位置情報であり、これが時間的連続性を持ったデータとして計測できる。そこでこのデータをGoogleEarth/APIにより高度情報を持つ衛星写真データと合成した。

この結果を図-9に示す。このモニターは亀岡市における通勤や買い物に自転車を使っているが、丘陵地を避けて川沿い等の平坦な街路を利用している。位置情報は5秒ごとの連続したデータとして把握できるが、これを単に統計解析的に数値処理するだけではなく、詳しい地形情報・土地利用情報とオーバレイすることにより、走行特性を直感的に理解することができる。自転車道の整備や交差点処理のあり方、短区間の急こう配箇所等の再整備等で有効な計画情報として利用することが考えられる。

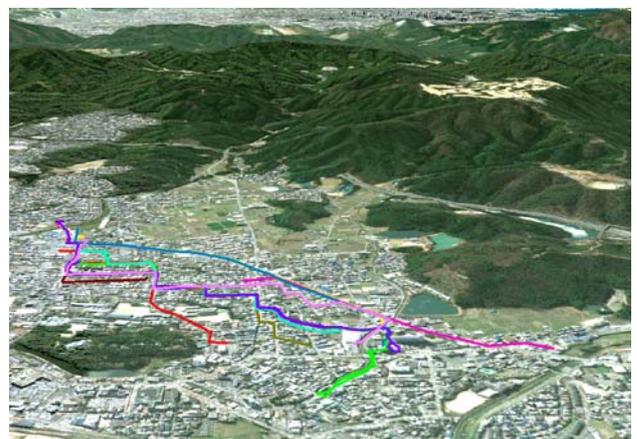


図-9 GPS経路情報の地形情報へのオーバレイ

## (7) 車種ごとの走行速度分布

図-10は、5秒ごとに計測されたGPSから得られる走行速度の分布を車種別に図化したものである。

これを見ると、電動アシスト自転車は時速15km付近での走行頻度が極めて高く、低速走行や高速走行の割合が他の自転車に比べて大変低いことがわかる。

シティ型（ママチャリ）では、走行速度のピークは12km付近にあり、16km以上の走行はほとんど行われていない。

またマウンテンバイクでは低速域から時速20km以上の高速走行まで、広い速度領域で利用されており、自転車の車種ごとの利用特性には大きな差がみられることが明らかとなった。

なお、0～5kmの速度領域で少し特異なカーブが見られるのは、信号待ちなどでの少しの移動や、押して歩いている徒歩利用のデータであろうと推測される。

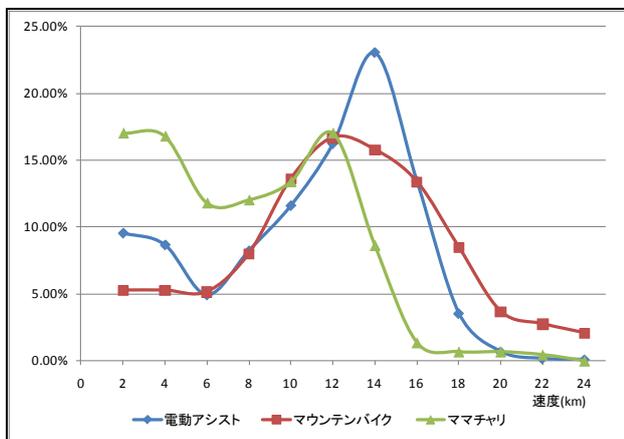


図-10 車種別の走行速度の分布

電動アシスト自転車は、我が国では法規制により、10km/hまでは人力の2倍までがモーターによりアシストされ、それ以上の速度ではアシスト量は直線的に減少し24km/hでアシスト量はゼロとなる。この関係を図-11に示している。

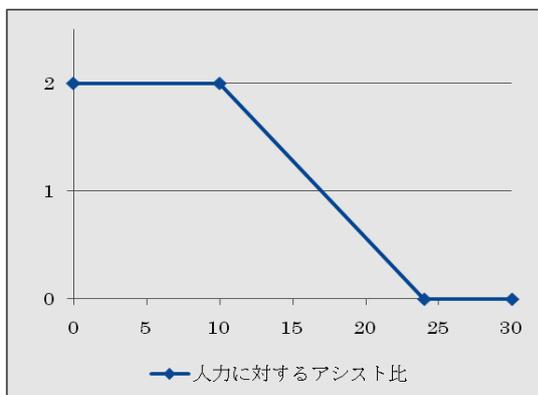


図-11 電動アシスト自転車のアシスト比

このため、0～10km/hまでのこぎ出しは非常に軽いが時速15kmを上回ると、10kgを越える車両重量が影響し、普通自転車よりも重くなる。

走行速度分布はこの特性を反映して、時速10kmから15kmの中速域での走行割合が他の車種と比較して高くなっている。

## 4. まとめ

本研究では、GPSロガーを用いて自転車の利用特性を把握し、電動アシスト自転車と普通自転車の利用特性の比較分析を行った。

この結果、自転車の利用特性分析におけるGPSの活用は極めて有効であるということが明らかとなった。特に交通行動に関するアンケートと併用することによって、交通行動の把握についての有効性が確認された。

ただ、GPSは高層建築物の多い都市内や屋内や地下での利用には向かないが、自転車は屋外の開けた道路空間を走行することが多いため、測位誤差は小さい。しかしながら電源を入れてすぐの1分程度は測位ができない。この1分間で100～200mほどの距離を走行してしまうため、走行初期のデータについては誤差が大きい。今後は、電源の入れ忘れ防止対策も併せ、長時間電源を利用するなど、調査中は電源オン、オフの動作がなくなるような工夫が必要である。

また、車種別の走行速度を比較した結果からは、電動アシスト自転車は中速域での利用率が高く、不安定な低速域や、危険走行となる高速域での利用率が低いことが明らかとなった。このことから、電動アシスト自転車は単に性能が高いだけでなく、利用特性上も極めて安全性の高い乗り物であると言える。

今後の課題としては、縦断勾配とクロスした利用特性分析や沿道環境との比較分析などを行うことにより、さらに詳細な自転車特性を把握し、今後の交通政策体系の構築に役立てていきたい。

## 参考文献

- 1) 山中英生他：プローブバイクを用いた自転車利用環境の評価，土木計画学研究・講演集，2002年。
- 2) 北澤淳他：路面の凹凸が自転車走行と安全性に及ぼす影響に関する研究，土木計画学研究・講演集，2002年。
- 3) 貞廣雅史他：携帯GPS測位ログデータを用いた交通行動調査に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，2007年。

A Study on Grasp of the Characteristics of Travel Behavior of the Power-assited  
Bicycle using GPS  
Kaoru OHTA, Junji NISHIDA and Tsutomu DOI

A bicycle has come to play a big part in city planning. Especially, the vehicles of a power-assisted bicycle has been improved, and those bicycles were familiarized fast. It is assumed that the characteristic of the use is the difference from ordinary bicycles. In this study, traffic action of an ordinary bicycle and a power-assisted bicycle by using GPS. From this, it has grasped that a powered-assisted bicycle has a high use rate in the middle speed. Moreover, it became clear that the capacity factor is low in the low speed which makes running unstable, and also in the high speed which makes running dangerous. From this, we've found that the safety of a power-assisted bicycle is very high not only in the run performance but also in the characteristic of use. It is expected that the decision of the transport planning about a bicycle will be promoted based on such information.