

プローブバイクを用いた自転車利用環境の評価*

Evaluation of Cycle Friendly Environment using Probe Bicycles

山中英生**・土岐源水***・二神彩****・亀谷一洋*****

By HideoYAMANAKA**・GensuiTOKI***・Aya HUTAGAMI****・KazuhiroKAMETANI*****

1.はじめに

近年、都市交通手段として自転車が注目を浴びている。しかし自転車の利用促進のための、自転車空間の充実には多くの問題が残されている¹⁾。本研究では現状の自転車環境を整備・改善していくために必要な自転車利用空間の効率的な評価方法を開発することを目的としている。特に、自転車の望ましい利用空間を考える上で、我が国の多くの自転車利用空間を構成している車道、歩道、細街路を対象としてその比較を試みた。具体的には、自転車の速度や振動などの走行状況を計測するプローブバイクを開発し、実験走行をもとに走行快適性を評価する方法を開発するとともに車道、歩道、細街路の比較を通じて自転車利用者にとっての快適性から利用空間を検討する。

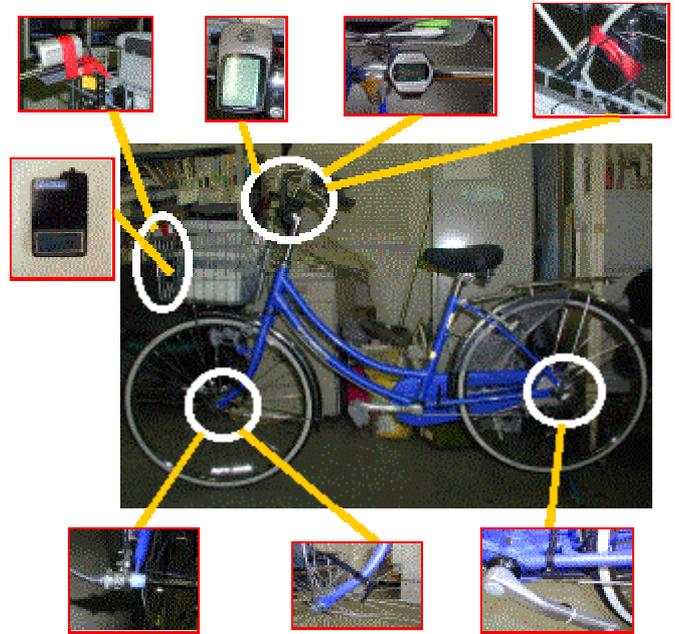


図1 プローブバイクの全体像

2.計測用プローブバイクの開発

自転車走行中に影響を与える主要な項目として速度、加速度、位置情報が考えられる。そこで行動情報取得装置として三次元加速度計、サイクルコンピュータ、GPS、ビデオを自転車に装着した。このような自転車をプローブバイクと名付けた。全体像を図1に示す。

自転車にとっての走行快適性を示す指標として考えられる以下を測定項目として考慮している。速達性を示す指標としての平均速度、さらに走行の円滑性を表す指標としての速度の分散が考えられる。加速度については鉛直方向の加速度は道路の路面状態を示しハンドル方向の加速度、進行方向の加速度は走行の快適性を示すことができると考えられる。位置

情報はGPSを用いているが、現在の精度では地理的な位置を判断する程度であり、道路断面上の通行位置を判断することは難しいと考えられる。そのため今回は走行方向の画像をビデオ撮影したものを利用し、道路上の混雑状況、障害物の判別に用いた。

3.調査地区の概要

調査対象地区として、幹線道路に面し、交通量の多い表通りと比較的交通量の少ない道路である細街

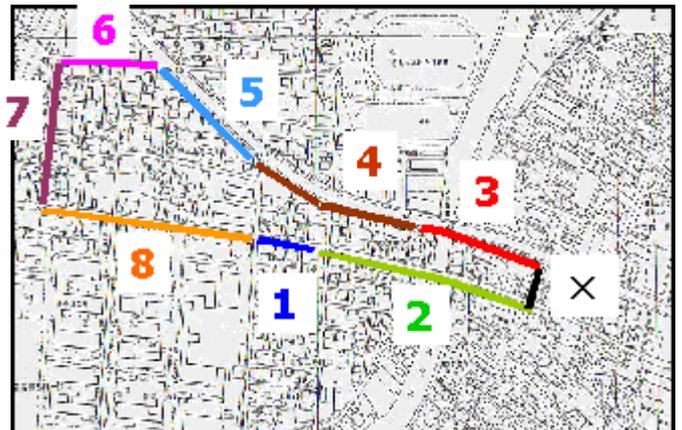


図2 住吉地区

*キーワード：歩行者・自転車交通計画

**正会員 工博 徳島大学工学部 教授

***学生員 徳島大学大学院工学研究科建設工学専攻

****正会員 国土交通省四国地方整備局

*****学生員 徳島大学大学院工学研究科建設工学専攻

(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島 2-1

TEL : 088-656-7578, FAX:088-656-7579)

路を含む地区を抽出した，徳島市の住吉地区，助任地区，新蔵地区の4地区を選んだ。対象地区の一例を図2に示す。例えば図2の住吉地区では区間1は車一台が通ることのできる程の道路で幅員は3.1mである。区間3,4,5は歩道幅員，路肩幅員が約2.8m，1.2mとなっている。

4. 走行環境調査

(1) 走行環境調査

被験者に，設定したルートを探robバイクで周回させる方法をとった。1回の調査に4人の被験者と2台の探robバイクを使用し，調査時間内に繰り返し周回させて，各周回ごとに被験者を交代させる方法をとった。歩道設置区間では歩道，車道を周回ごとに交互に走行させている。調査は平日として，学生や社会人の通学，出勤時である午前7時30分から午前9時30分の2時間，高校生，中学生が帰宅時間となる夕方の3時30分から5時30分の2時間とした。被験者は全て大学生である。

(2) プロトコル調査

被験者は調査開始前に，ルート内の区間地図を手渡し，区間の開始と終わりを覚えさせた。区間走行直後に路面の凹凸，安全感（ヒヤット感）についてマイクに評価を吹き込ませた。5段階の評価は1.大変快適，2.快適，3.普通，4.不快，5.大変不快とした。

(3) 事後アンケート調査

アンケート調査をルートを1周する毎に実施した。区間走行中の路上駐車による走行妨害，走行速度の快適性，裏通りの交差点や主要道路からの不快と感じた原因，自転車で走る道としての総合評価，また大気環境について5段階評価で記入させた。

5. 区間別自転車行動分析

まず，アンケート調査から得られた区間毎の評価意識と探robバイクからにより自動取得される指標との関連を分析した。

図3は路面に対する評価と速度分散の関係，図4は上下方向の最大加速度との関係を示している。このように速度の分散，上下方向の最大加速度と関係がみられる。図5は安全評価と速度の分散値の関係

で相関が高いことが分かる。

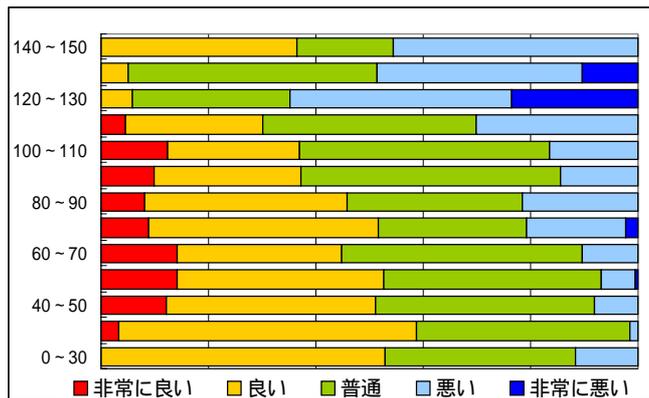


図3 路面評価と速度の分散

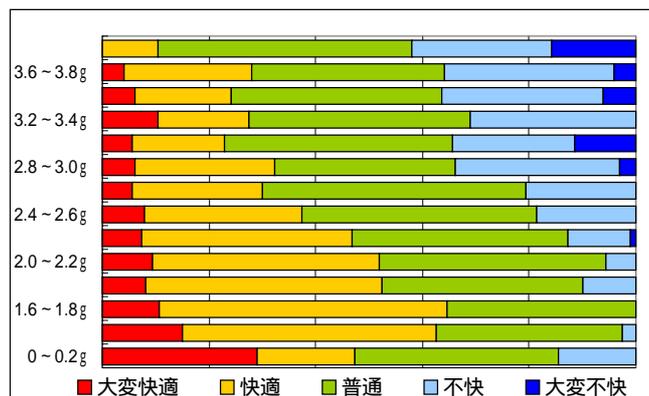


図4 路面評価と上下方向の最大加速度

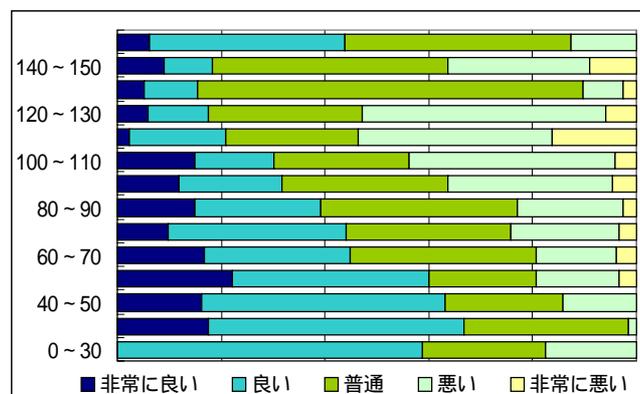


図5 安全評価と速度の分散

また走行速度の快適性では速度の分散値と上下方向の最大加速度に関係があり，総合評価では速度の分散値と関係があり進行方向の最大加速度とも関係があることがわかった。

6. 自転車環境評価モデル

(1) 走行環境の評価要因

意識指標と自動計測指標との関連を整理した結果を表1に示す。記号は両者の線型 線型関係を仮定した時の検定結果 (Mantel-Haenszel カイ二乗法) について、有意水準のレベル (線型関係を棄却できる確率) を示している。

表 1 意識指標と自動計測指標の関連性

評価意識	最大加速度			速度	
	最大方向	上下方向	ハンドル方向	標準偏差	平均速度
路面評価					
安全感					
走行速度快適感					-
走行妨害感					-
総合評価					-

注)線形関係のカイ検定 有意水準:
0.01%未満 :0.1%未満 :1%未満 :10%未満 -:10%以上

路面に対する評価は、ほとんどの計測指標と関連している。安全感は最大方向の加速度、速度の標準偏差とのみ関連性が見られ、走行速度の快適感、それに加えてハンドル方向、進行方向の加速度とも関連が見られる。駐車による走行妨害感は最大方向加速度と速度標準偏差と関連している。ただし、総合的評価意識は速度の標準偏差のみと関連している。このように、評価意識は対象が抽象的・総合的となるほど計測指標との関連は少なくなる傾向が見られるが、物理的な状況の明確な評価項目については、計測指標が明確に関連していると言える。

(2) モデルの推定結果

次に、自動計測指標から走行時の自転車走行環境評価に対する快適性を推計できるモデルの開発を試みた。このため、カテゴリ値である意識指標と計測指標の関係を以下のオーダーロジットモデルを用いて分析した。

$$P_{ki} = \frac{\exp(\theta_k - V_{ki})}{1 + \exp(\theta_k - V_{ki})}$$

P_{ki} : 自転車走行者が走行区間 i に対して意識指標レベル k をもつ確率

V_{ki} : 区間 i に対する計測指標による合成変数

k : レベル k のしきい値 レベル k : 1~3 (1: 快適, 3: 不快)

$$E(\theta_k - V_{ki}) = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_n Z_{ni}$$

$Z_{1i} \sim Z_{ni}$: 計測指標 $\beta_1 \sim \beta_n$: パラメーター

このモデルを用いて、 $\beta_1 \sim \beta_n$ と θ_k を推定した。この結果を表 2 に示す。

路面評価は上下方向の最大加速度、速度の分散が有意な説明変数となっている。モデル適合度は 76.634 とモデルとして有意であるといえる。また、上下方向の最大加速度、速度の分散値の t 値も十分な値となっている。

安全評価は速度の分散、ハンドル方向の最大加速

度に関係が見られたが、モデルでは、速度分散とハンドル方向の加速度を用いた場合と、速度分散のみを用いた場合を比較すると速度分散のみのほうがカイ 2 乗検定の値がより有意な値を示した。このため、安全評価を示す指標としては速度分散のみを用いることにした。

走行速度の快適性は走行速度の快適性を示す指標は速度分散が有意であった。カイ 2 乗値、 t 値とも有効な値を示している。

駐車車両の走行妨害性は駐車車両の走行妨害性についても速度分散の指標が有意であった。カイ 2 乗値、 t 値とも有効な値を示している。

総合評価は総合評価については速度の分散のみとの関連が見られたが、モデルでは加えて進行方向の最大加速度が有意な変数となっている。カイ 2 乗値は 29.01 でモデルとしては有効である。進行方向の最大加速度、速度の分散値の t 値も有意であるといえる。

表 2 自転車走行環境評価モデル

自転車走行環境評価モデル		評価意識				
		路面評価	安全評価	走行速度の快適性	駐車車両の妨害感	総合評価
説明変数 上:係数 下:t値	上下方向の加速度(g)	0.0906 5.000				
	進行方向の加速度(g)					0.0906 5.165
	速度の標準偏差値(km/h)	0.0102 5.075	0.0143 7.14	0.0106 8.05	0.0112 5.600	0.0102 2.832
閾値 上:係数 下:t値	閾値 1.0 (=快適 ~ 普通)	1.564 6.889	0.87 4.915	0.976 5.514	1.398 7.436	0.763 3.179
	閾値 2.0 (=普通 ~ 不快)	3.598 14.054	2.29 11.927	2.426 12.505	2.433 12.100	1.784 7.223
サンプル数	全サンプル数	856	856	856	856	856
	快適	373	376	460	535	530
	普通	343	267	248	167	167
	不快	140	213	148	154	159
適合度	カイ2乗値	76.634	52.137	52.137	28.301	29.01

7.利用空間の違いに着目した走行環境の評価

図 6~9 にアンケート調査から得られた区間毎の評価情報である各意識指標と利用空間の違いとの関係について示す。

いずれの図からも明らかなように路線別に比較すると、利用者が感じる快適性は細街路、車道、歩道の順に良いということが言える。このうち、3 つの空間の評価の差が大きいのは自転車で走る道としての総合評価であり、比較的小さいのは路面評価となっている。また、意識指標と関係が深かった上下方向の加速度、速度分散を用いて、それぞれ 3 つの空間の路面評価、安全評価を示したのが図 10, 11 である。図 10 の歩道の快適さは加速度が大きい所で他の 2 つの空間に比べて評価が低いことが分かる。

これは、交差点における段差による影響が考えられる。図 11 に示すように歩道の快適性が速度分散の値に関係なく他の 2 つの空間に比べて低いことが分かる。これは、歩道上での他の交通主体との錯綜が関係しているのではないかと考えられる。

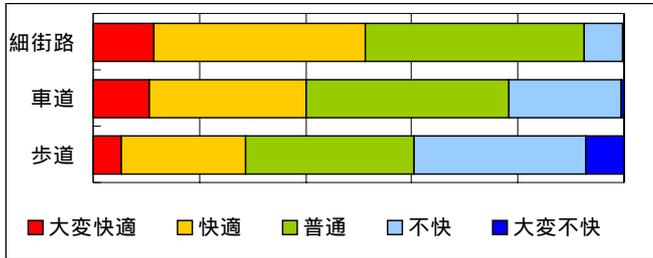


図 6 路面評価 (凸凹状態)

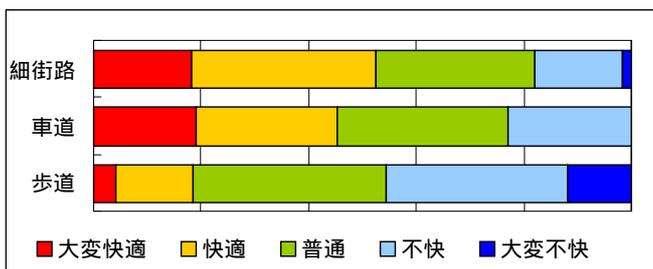


図 7 安全評価 (ヒヤット感)

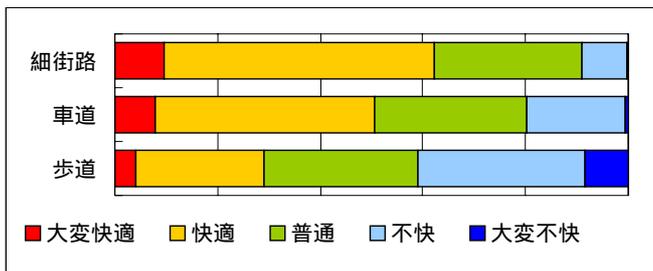


図 8 走行速度の快適性

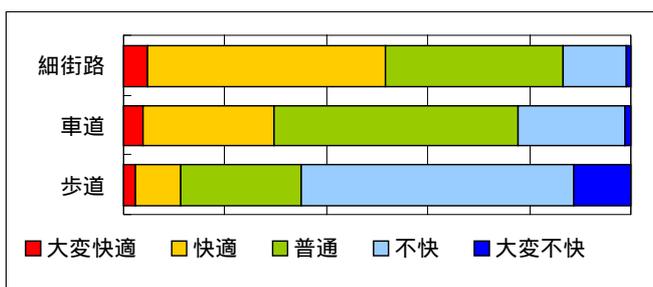


図 9 自転車で走る道としての総合評価

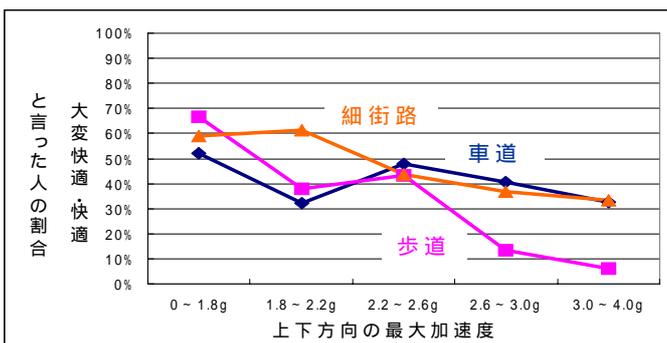


図 10 路面評価と上下方向の最大加速度

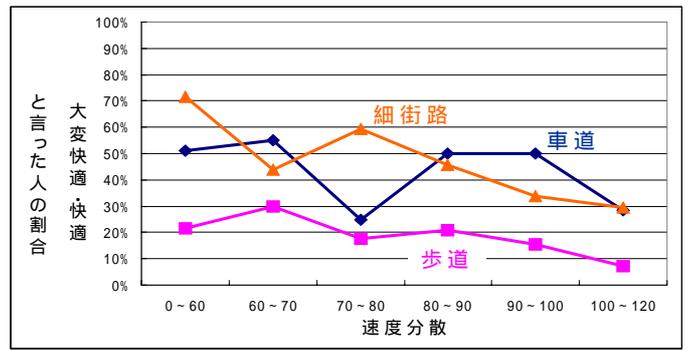


図 11 安全評価と速度分散

8.おわりに

自動計測指標装置から自転車走行環境評価を行える可能性が示せた。区間別の自転車走行環境分析から自転車走行環境モデルを提案することができた。

意識において快適性の評価は細街路、車道、歩道の順に良いことが分かった。なお、紙面上省いたが大気測定によると大気環境においては細街路、歩道、車道の順に良い。このことから走行に適した道は細街路と言えるが、細街路での利用が増すことにより交通事故の問題が懸念される。また自動計測指標を示す要因分析を更に進めていく必要がある。センサーの改良により速度計や加速度計の精緻化が必要である。こうした点の評価が今後必要と考えている。

今回は自転車走行に適した道は細街路という結果になったが、さらにより詳しく分析する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 渡辺千賀恵：“自転車とまちづくり 矛盾と展望”，これからの公共交通”，第 67, 68 回交通工学講習会テキスト，pp117 ~ 118，2001.7，交通工学研究会
- 2) 二神、山中、岩田：移動中の自転車走行特性の計測による利用空間の評価，土木学会全国大会年次学術講演会講演集：2002.9