

プローブバイシクルを用いた日仏中の自転車走行空間の特性比較*

A study on characteristics of cycling space in France, China and Japan by using Probe Bicycles*

横田周典**, 山中英生***, 柿原健祐****, 亀谷友紀*****

By Shuusuke YOKOTA**, Hideo YAMANAKA***, Kensuke KAKIHARA****, Yuuki KAMETANI*****

1. 序論

自転車歩行者道（以下自歩道）などの混在空間における自転車対歩行者事故件数の増加を背景に、自転車レーン・自転車道といった、歩道や車道と分離された自転車走行空間の整備が進んでいる。

本研究は、多様な走行空間における走行特性を計測、比較することで、自転車走行空間の評価モデルを構築することを目的としている。本稿では、自転車の速度・ハンドル操作・振動、ブレーキ操作等のデータを走行しながら自動計測することができる自転車「プローブバイシクル」を用いて、日本、フランス、中国の多様な自転車走行区間を走行し、その特性を比較した結果を示す。

2. プローブバイシクルによる調査

(1) 調査対象区間

走行調査は岡山市、大阪市、東京都幡ヶ谷・亀戸、フランス・ツールズ、中国・上海、杭州で行った。これらの調査区間から、自転車レーン（フランス、日本）、自転車道（中国、日本）、自歩道（歩行者交通量の比較的少ない自歩道、比較的多い自歩道）の6種類に分類し、代表として表-1、写真-1の12区間を選定した、

表-1 調査対象区間の概要

分類	国	区間名	幅員	通行	走行回数
自転車レーン	フランス	ツールズ1	3.5	一方	16
		ツールズ2	1.3	一方	16
	日本	幡ヶ谷1	1.4	一方	30
自転車道	中国	上海	3	一方	48
		杭州	5.4	一方	24
	日本	岡山1	2	対面	16
		大阪	2	対面	15
		亀戸1	2	対面	23
自歩道	自歩道1	岡山2	3.4	対面	16
		岡山3	2.5	対面	16
		幡ヶ谷2	1.9	対面	30
	自歩道2	亀戸2	3.6	対面	23

ツールズ1はバスレーンとの共用型

*キーワード：自転車走行特性、レーン、自転車道、自歩道

**学生員 学士 神戸大学理学部数学科

***正員 工博 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 〒770-8506 徳島市南三島町 2-1 TEL 088-656-7578 FAX 088-656-7579 yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp

****正員、工修、積水ハウス(株)

*****学生員、工修、徳島大学大学院先端科学教育部知的力学システム工学専攻建設創造システム工学コース

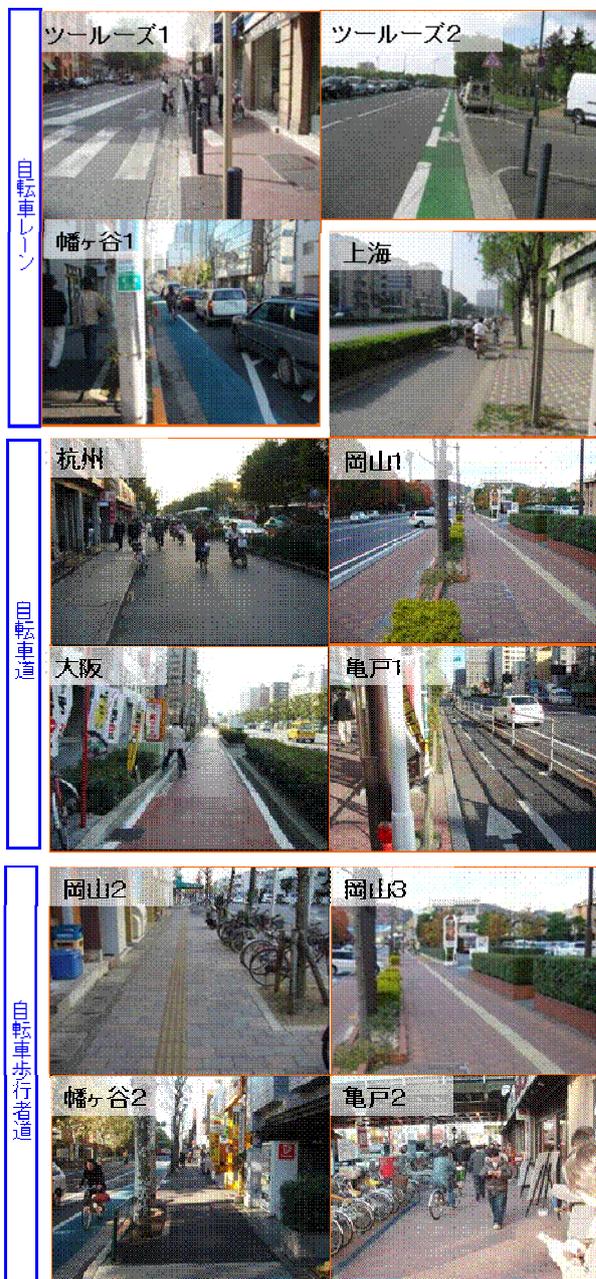


写真-1 調査対象区間

(2) プローブバイシクルでの計測指標

計測に用いたプローブバイシクルは、タイヤ回転数による速度、ブレーキのON/OFF、フレーム最低部の上下方向加速度、ハンドル蛇角、側方距離を計測・記録できるものである。また、前方方向の画像をビデオ撮影している。これらのデータをもとに表-2に示す指標を算出し

た。平均希望速度比の指標において、希望速度とは、各調査地区、各被験者ごとに求めた平均速度に速度標準偏差を加えた速度としており、これに対する比率を用いることで速度の個人差の影響を除去している。

走行調査は、日本及び中国（留学生を含む）の学生4人から6人が、それぞれ4回～8回走行している。調査時刻は朝8時から17時までの間で、走行により時間帯が異なるので交通状況が異なる条件で複数回計測している。

表－2 比較に用いた指標の定義

観測	指標	指標の意味
速度	平均速度	停止を含まない速度平均値(km/h)
	速度変動率	速度標準偏差の平均速度に対する比率(%)
	平均希望速度比	希望速度(地区別・個人別の平均+標準偏差の速度)に対する比率(%)
	低速走行時間率	10km/h以下の速度で走行した時間の割合(%)
操舵	舵角標準偏差	操舵角の標準偏差(度)
振動	振動時間率	上下振動加速度が0.5G以上の時間割合(%)
制動	制動時間率	前後いずれかのブレーキがONとなった時間割合(%)
前方撮影	前方高密度時間率	前方約10mの自転車換算密度(歩行者は0.4台)が10/100m ² 以上となった時間割合(%)

3. 日仏中の自転車走行空間の特性比較

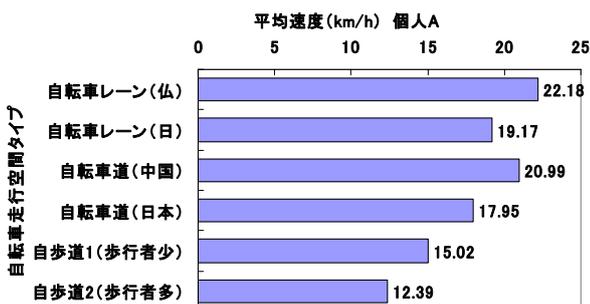
(1) 走行速度

a) 平均速度による比較

平均速度を用いて、各自自転車走行空間を比較した。各自自転車走行空間の平均速度を表－3に、自転車走行空間別の平均速度の比較を図－1に示す。平均速度は被験者による差が大きいため、比較するため全区間を走行している被験者をA（徳島大学男子学生）のみの平均速度を用いた。フランスの自転車レーンの平均速度が最も高く、日本の自転車道よりも約4 km/h 高い。中国の自転車道も日本・自転車道より約3 km/h 高い。自歩道の速度平均が最も低く、歩行者交通量の多い自歩道2の速度平均は12.5km/h とフランス・自転車レーン、中国・自転車道路の56～68%である。

表－3 自転車走行空間別の平均速度

自転車走行空間タイプ	平均速度(km/h)	個人A
自転車レーン(仏)	22.18	100.0%
自転車レーン(日)	19.17	86.4%
自転車道(中国)	20.99	94.6%
自転車道(日本)	17.95	80.9%
自歩道1(歩行者少)	15.02	67.7%
自歩道2(歩行者多)	12.39	55.9%



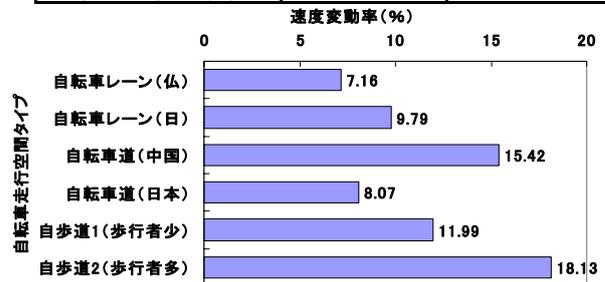
図－1 自転車走行空間別の平均速度の比較

b) 速度の変動

速度の変動率を用いて、自転車走行空間を比較した結果を表－4、図－2に示す。フランス・自転車レーンが最も変動が小さく、日本の自転車レーンより約2.5%小さい。日本・自転車道が、中国・自転車道より約6%低い値で続く。中国の変動率が高いのは区間が長く高速走行が可能な区間を含むためと思われる。これに対して自歩道2は低速度かつ変動率が約18%と高い。

表－4 自転車走行空間別の速度変動率

自転車走行空間タイプ	速度変動率(%)	
自転車レーン(仏)	7.16	39.5%
自転車レーン(日)	9.79	54.0%
自転車道(中国)	15.42	85.1%
自転車道(日本)	8.07	44.5%
自歩道1(歩行者少)	11.99	66.1%
自歩道2(歩行者多)	18.13	100.0%



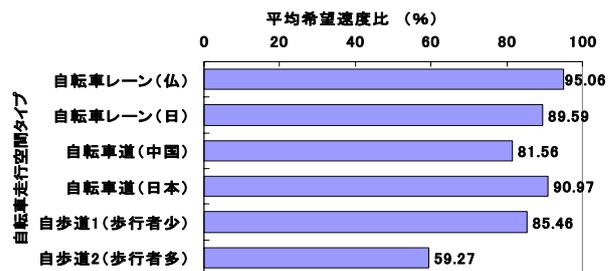
図－2 自転車走行空間別の速度の変動率の比較

c) 希望速度に対する比率

平均希望速度比の結果を表－5、図－3に示す。やはり、フランス・自転車レーンの値が最も高く、日本の自転車レーン、自転車道はそれに次いで良好である。中国・自転車道は85%と低くなっている。歩行者の多い自歩道2は約60%で最も低くなっている。中国の自転車道が低いのは調査区間全体が高速であるためである。

表－5 自転車走行空間別の平均希望速度比

自転車走行空間タイプ	平均希望速度比(%)	
自転車レーン(仏)	95.06	100.0%
自転車レーン(日)	89.59	94.2%
自転車道(中国)	81.56	85.8%
自転車道(日本)	90.97	95.7%
自歩道1(歩行者少)	85.46	89.9%
自歩道2(歩行者多)	59.27	62.4%



図－3 自転車走行空間別の平均希望速度比の比較

d) 低速走行の割合

低速走行時間率を比較した結果を表-6, 図-4に示す。フランス・日本の自転車レーン, 日本の自転車道, 自歩道1では, ほぼ1%程度, 中国自転車道も約3%と低いのに対して自歩道2は30%以上となった。

表-6 自転車走行空間別の低速走行時間率

自転車走行空間タイプ	低速走行時間率(%) 全体	
自転車レーン(仏)	0.37	1.1%
自転車レーン(日)	1.08	3.2%
自転車道(中国)	3.08	9.2%
自転車道(日本)	1.20	3.6%
自歩道1(歩行者少)	1.01	3.0%
自歩道2(歩行者多)	33.62	100.0%

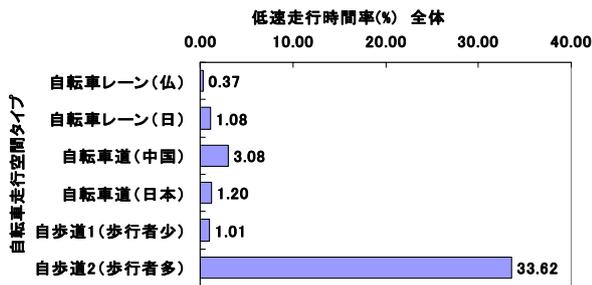


図-4 自転車走行空間別の低速走行時間率の比較

(2) ハンドル操舵量

舵角標準偏差を比較した結果は表-7, 図-5である。操舵については, 中国の自転車道が最も低く, フランス型自転車レーンが続く。自歩道2の値は最大で約4度であった。自歩道のような障害物のある場合を除くと, 幅員の広い空間ほど操舵量が少ない傾向が見られる。

表-7 自転車走行空間別の舵角の標準偏差

自転車走行空間タイプ	舵角標準偏差(度)	
自転車レーン(仏)	1.86	43.5%
自転車レーン(日)	2.11	49.3%
自転車道(中国)	1.59	37.1%
自転車道(日本)	2.08	48.6%
自歩道1(歩行者少)	2.13	49.8%
自歩道2(歩行者多)	4.28	100.0%

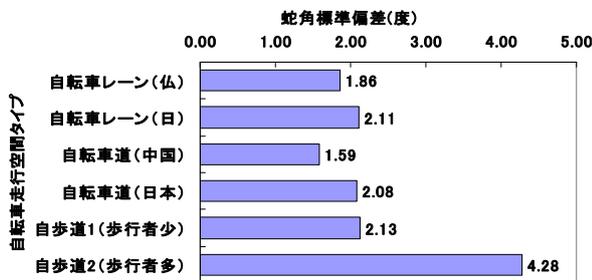


図-5 自転車走行空間別の舵角標準偏差の比較

(3) 上下振動

振動時間率の比較を表-8, 図-6に示す。日本・フランスの自転車レーンは同程度で低い。自歩道2も低い

値であるがこれは速度が低いためと言える。

中国・自転車道は速度が高いことに加えて, 路面性状が良好でない部分などがあるためか, 日本の自転車道より7%ほど高く, 最も高い振動値を示している。

表-8 自転車走行空間別の振動時間率

自転車走行空間タイプ	振動時間率(%)	
自転車レーン(仏)	0.39	4.6%
自転車レーン(日)	0.13	1.5%
自転車道(中国)	8.46	100.0%
自転車道(日本)	1.51	17.8%
自歩道1(歩行者少)	2.31	27.3%
自歩道2(歩行者多)	0.73	8.6%

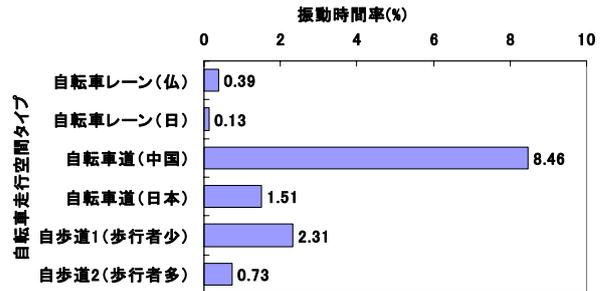


図-6 自転車走行空間別の振動時間率の比較

(4) ブレーキ操作時間

制動時間率の比較を表-9, 図-7に示す。日本の自転車道の値が最も低く, 中国の自転車道より3.5%ほど低くなっている。これも自歩道2が高い値を示しており, 時間にして10%もブレーキをかけて走行している状態が示されている。

表-9 自転車走行空間別の制動時間率

自転車走行空間タイプ	制動時間率(%)	
自転車レーン(仏)	2.32	24.0%
自転車レーン(日)	2.53	26.2%
自転車道(中国)	4.71	48.7%
自転車道(日本)	1.29	13.3%
自歩道1(歩行者少)	1.64	17.0%
自歩道2(歩行者多)	9.67	100.0%

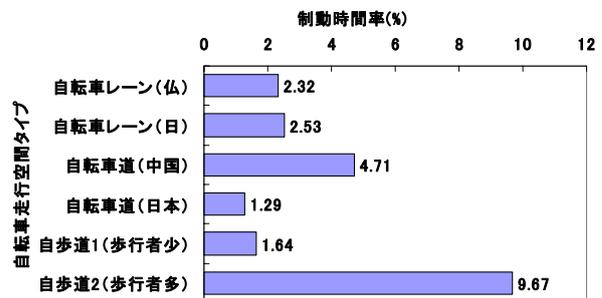


図-7 自転車走行空間別の制動時間率の比較

(5) 前方交通密度と走行特性

表-10, 図-8は前方高密度時間率を算出した結果を示している。フランス・日本自転車レーンで前方密度は低くなっており, 一方通行でレーン上の密度は高くなっ

ていないことがわかる。このことが速度や速度変動が少ない要因の一つとなっていると考えられる。

一方、中国の自転車道路は日本の自歩道1よりも高い前方密度を有している。一方通行であるため、すれ違い交通がないことから速度は自歩道1よりも高い値を示しているが、速度変動や制動などは自歩道1よりも高く、錯綜度はかならずしも低くない状況と言える。

日本の自転車道は中国の自転車道ほど密度は高くなっていない、対面通行であることから、速度が低く、操舵量も比較的高くなっており、自由度の制約された空間であることが示唆される。

表-10 自転車走行空間別の前方高密度時間率

自転車走行空間タイプ	前方高密度時間率(%)	
自転車レーン(仏)	1.07	1.6%
自転車レーン(日)	1.63	2.5%
自転車道(中国)	47.91	73.5%
自転車道(日本)	20.33	31.2%
自歩道1(歩行者少)	29.75	45.6%
自歩道2(歩行者多)	65.21	100.0%

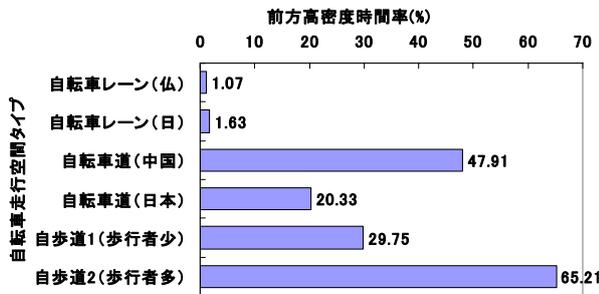


図-8 自転車走行空間別の前方高密度時間率の比較

4. 走行時の体感評価およびまとめ

図-9は区間を走行し終える度に、被験者が6項目の走行時体感項目に回答した結果を集計したものである。6項目の体感評価はすべて5件法で質問されており、図では、走行空間タイプ別に走行した被験者の評点平均を示している。評点が高いほど危険感が高い、または不快感が増すことを示す。

これによると、総合的な快適感(逆)は走行速度の計測結果の順とほぼ同様になっており、レーン型(仏)、中国自転車道、日本レーン、日本自転車道の順に快適性が高くなっている。全体傾向に比して、日本の自転車道は走行幅員への不満感が比較的高く、中国自転車は路面の不快感が高い傾向が見てとれる。日本の自転車レーンは、路面の快適性が全体の傾向から比べて良好になっている。

以上の結果を整理すると以下の点が明らかになった。

フランス型自転車レーンは、多くの指標で最も優れた値を示していた。バスレーン型では幅員が広くバス以外の一般車の走行がないこと、他のレーンも幅員は狭いが自動車交通が少ないこと、路面性状が良好であったこと

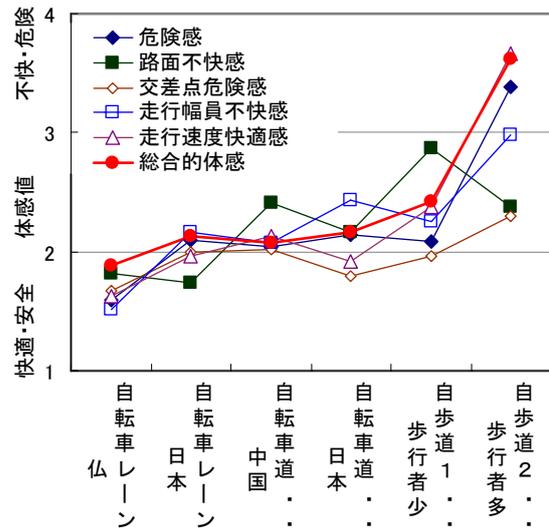


図-9 体感評価の比較結果

が理由と言える。日本の自転車レーン(幡ヶ谷)は、フランスには及ばないが、低速走行が少なく、振動も良好であった。自動車交通量が多い点を除くと自転車走行環境としては問題のないレベルにあると言える。日本の自転車道(亀戸・岡山)は、日本の自転車レーンより前方密度が高くなってはいたが、他の指標では日本の自転車レーンと大差ない値となっている。ただし、振動がレーンより高くなっている。これは岡山の区間で路面性状の問題が見られたことによる。中国の自転車道は広幅員・一方通行・高密度が特徴で、平均速度は高いが、低速走行や変動が大きく振動も高い。また、密度が高いのに舵角は小さい。つまり、前方交通に阻まれて追い抜けず、制動が多発する状況になっていると言える。

自歩道は、歩行者交通量の少ない場合は、制動や蛇角、低速走行などの指標で日本の自転車道程度の値を示しているが、振動が大きく、総合的な体感も明らかに悪化している。また、歩行者交通量が多くなると、平均速度、速度変動、低速走行、制動、蛇角とも相当に悪化した状態であることが明らかである。歩行者への錯綜の問題はむしろであるが、こうした空間では自転車としての走行特性を生かせない状況であると言える。

今後、他の調査区間を含め、自転車サービスレベルを評価するモデルを開発するとともに、走行空間と交通状況の適切な組み合わせについて検討したいと考えている。

本研究は科学研究費基盤研究Bの助成を受けて実施した。
参考文献

- 1) Hideo Yamanaka and Susumu Namerikawa : MEASURING LEVEL-OF-SERVICE FOR CYCLING OF URBAN STREETS USING "PROBE BI CYCLE SYSTEM", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 7, pp.1614-1625, 2007.
- 2) 山中 英生, 大下 剛, 藩 暁東, 趙 暁翠 : プローブバイクを用いた日中の自転車空間の走行性比較, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol. 28, 313-316頁, 2008年.