

## 9 . 低速度域における自転車の挙動と占有領域に関する研究

～ 自転車走行空間の整備を見据えて～

A Study on Behavior and Space Occupancy of Cyclists Driving in Low Speed

～Taking maintenance of the cycling space into consideration～

東京大学工学部都市工学科 4 年 椿 高範

Recently, the bicycle becomes more and more important in urban transport, because of that cleanliness and popularity. But now, in Japan, there are some problems to solve accompany the progress of the bicycle transport. Two of that are short of cycling spaces and that the bicycle has been positioned the pedestrian. This paper shows how the bicycle coexist with other traffic subjects by analyzing behavior and space occupancy of cyclists driving at low speed in sidewalks that pedestrians and cyclists can only use, and shows the proposition that we design cycling lanes in roads with above about 3m's sidewalk and that clear some conditions, and items we must survey to innovate right policies in right places about cycling lanes.

### 1 . 研究の背景と目的

自転車交通は最近、北欧をはじめとする諸外国において、都市交通の中で非常に重視されている。それは自転車の、“クリーンな乗り物”、“手軽で機動性が高い乗り物”、“安価な乗り物”という特徴が注目された結果である。日本でも自転車交通が発達しつつあるが、ここには解決すべき問題がある。空間の無さと自転車の歩行者化である。

特に前者は走行空間と駐車空間に分けられ、両方が整備されないことには自転車交通導入による社会便益の向上は期待できない。

そこで、自転車の走行空間を確保する方法として、歩行者との共有が考えられる。これは日本独特の考え方だが、狭い日本の、苦渋の選択の結果であると考えられる。これが根付いている以上、諸外国と同様の政策ではなく、日本独自の自転車交通体系を築く必要がある。このため、今回は自転車と歩行者の共存を実現させるための材料収集として、低速度域における自転車の挙動を把握し、その走行速度と占有領域との関係を把握し、施策に発展させることを目的とする。

### 2 . 研究のフロー

自転車の挙動を一般的な特徴、狭い幅員時、広い幅員時で分けてビデオ観測によりアプローチし、走行速度と占有領域との関係を検証し、その分析結果を用いて自転車レーンを考察してみる。

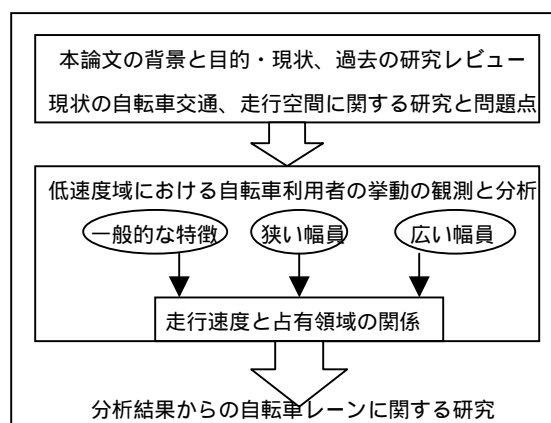


図1 研究フロー図

### 3 . 観測、分析方法について

観測方法としては、見通しの良い歩道橋の上から下の自歩道をビデオ撮影し、その映像を分析した。撮影時間として、自転車の目的の違いによる影響を排除するため通勤時間にした。

分析方法としては、ビデオ観測により、瞬間速度に近い 4.5m間の平均走行速度を中心に考える。

データとして落とす項目を整理すると、

1. 性、年齢別（分析者の見た目）
2. 方向（方向率の関係）
3. 走行速度の4.5m平均
4. 前方の物理的要因（通行時の空間的な横幅、前の人との距離、その際の横の距離（角度））
5. 4.5m 前の状態（同方向か対向方向の歩行者、自転車が何人存在するか。）
6. 他に気付いた挙動

前方の物理的な要因の定義は、

表 1 前方の物理的な状況の種類

追い越し	観測領域内で同方向に進む人を追い越す
すれ違い	観測領域内で対向方向に進む人とすれ違う
交差する間	観測領域内ですれ違う 2 人の歩行者のすれ違った直後を走行する
前ふさがり	観測領域内で前方に自転車が通り抜ける空間が無い場合で、同方向に進む歩行者の後ろについて合わせて走行
自転車同士	観測領域内で自転車同士がすれ違う
壁に関して	出っ張った壁が存在し、それについての挙動も考える
制約なし	観測領域内を何の制約も無く通り抜ける

以上に関してデータに落とした後に、危険走行として、歩行者が回避しているサンプルを抜いて、2, 3 変数で重回帰分析を行う。その後、可能ならばその時に当てはまった相関の高い関係の数式を用いて、他の挙動に関して観測値と数式からの理論値において t 検定を行って考察する。

これにより求められることとして、  
 低速度域における走行速度と  
 ・安全走行に最低限必要な平均占有領域（狭い幅員）  
 ・回避を起こす際の平均占有領域（広い幅員）  
 であると考えられる。

#### 4. 観測、分析結果

一般的な特徴

危険走行をする性、年齢層

- ・ 高齢者...反射神経、認知能力の欠如
  - ・ 成人...速度上げすぎによる危険(減速不十分)
  - ・ 女性...荷物、子供等を乗せて走行不安定
- などが挙げられる。

速度分布はほぼ正規分布に従う。

狭い幅員時の挙動について

まず、走行速度と空間的な横幅の関係について分析した。この場合、壁と人との空間的な横幅である。危険走行（歩行者が回避した）サンプルを除いた 109 個を回帰分析した結果、以下のような 1 次の比例関係に近似できることが分かった。

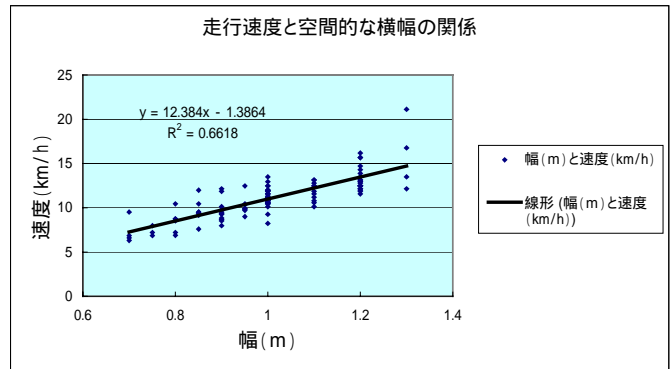


図 2 走行速度と空間的な横幅の関係

1 次の比例関係（空間的な横幅 0.7 ~ 1.3m で適用）  
 $R^2 = 0.66 \quad V = 12.383 X - 1.3864$   
 （t 値）（14.47）（-1.585）  
 （V：走行速度 km/h、X：空間的な横幅 m）

その他、性差はほとんど無く、追い越しすれ違いの差異もほとんど無いゆえ、相対速度は関係ないことが分かった。

次に、走行速度と前方を歩行する人との位置関係について 74 サンプルを分析してみた。これは、安全走行に最低限必要な平均占有領域を表すと考えられ、距離と角度で極座標表示をしたデータで重回帰分析を行なって求めた数式である。これに関しては、性別、前方の物理的な違いについてはサンプルが足りずに考察できなかった。

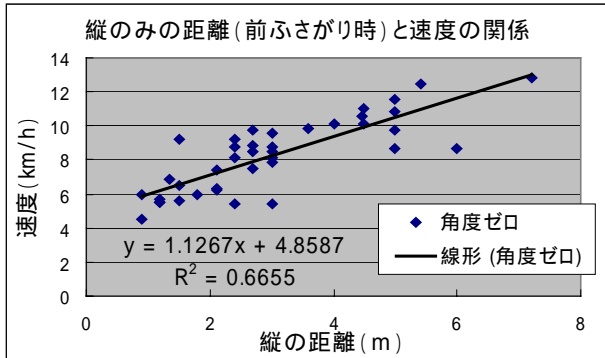
$V = 1.1149 r + 1.3541 H + 4.9245$   
 （t 値）（8.012）（1.215）（10.727）  
 $R^2 = 0.51$ （V：走行速度 km/h、r：前輪からの距離 m、  
 74 サンプル H：進行方向との角度 rad）

また、上の前方との位置関係で角度が無い場合を考えたところ、以下のような 1 次関係があることが分かった。

$R^2 = 0.67 \quad V = 1.1267 r + 4.8587$ （V、r は上同様）  
 39 サンプル（t 値）（8.579）（10.972）  
 相対速度と距離は関係あり（通勤時平均歩行速度 5.544m/s）  
 抜粋：吉岡著 市街地道路の計画と設計

前方を歩行している人が通勤時で皆等しい速度で歩行しているとすると、相対距離と相対速度の関係が1次関係であることを示す。これに関しては、過去の研究結果を改めて確認したことになる。

図3 走行速度と前方の歩行者との距離との関係



### 広い幅員時の挙動について

狭い幅員時の挙動と違い、広い場所で遠くを観測しているため、細かいデータは入手できなかった。その中で相関が出たものとして、走行速度と前方との距離、角度との関係がある。これは自転車が回避行動を起こす際の平均占有領域である。追い越しに関して 27 サンプルを分析したが、重回帰分析により相関は出なかった ( $R^2 = 0.20$ )。すれ違いに関しては、以下のような式が成立することが分かった。これに関しても、角度 rad の係数の t 値が小さいこともあるが、1.2 ほどあるので適用することにする。

$$V = 0.7240r + 10.6304H + 6.3999$$

(3.822)            (1.293)            (2.753)

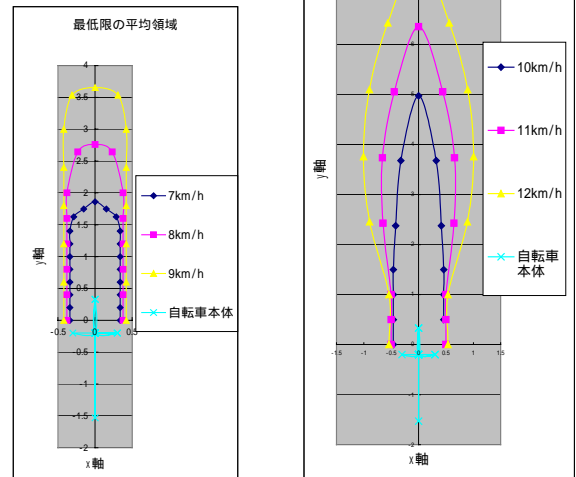
$R^2 = 0.64$     16 サンプル (V、r、Hは上同様)

### 分析結果

左(図4): 前に同方向に進む歩行者がいる場合の安全走行に最低限必要な平均領域(7km/h~11km/h) 右(図5): すれ違い時の回避を起こす際の平均領域(10km/h~14km/h)(両者とも原点は前輪の設置地点で、上空から見た領域)

両者とも速度が上がるにつれて先の面積が広がる。特にすれ違い時は相対速度が上がり、判断する時間が少ないため、先がどんどん縦横に広がっていくことが分かる。

図4 最低限の平均領域  
図5 回避を起こす平均領域



### 分析のまとめ(その他)

- ・ 自転車は制約が何も無い場合、中央を走行しようとする。
- ・ 左右 30cm程の余裕があれば、普通に走行できる。
- ・ 蛇行が自転車歩行者両者にストレスを与えている。(回避回数により判断)
- ・ 女性の方が走行速度は遅いが、危険時に速度を落とされていないことが多い。
- ・ 走行速度が上がるにつれて判断所要時間が少なくなるため、占有領域は先が徐々に大きくなっていく。
- ・ 壁とは人が向かってくると等しいぐらいの余裕を取って走行する。(t検定)
- ・ 回避角度と位置関係と、走行速度の関係は相関は無い。自転車の横の状況が非常に関係していると考えられる。
- ・ 視覚障害者の点字ブロックをまたがなければ余裕が十分でないような状態でもまたがない自転車が多かった。

### 5. 分析結果を用いた自転車レーンの考察

現在、日本の道路では自転車の歩行者化が進行している。しかし、移動速度、占有面積の違いから、同空間を共有することは双方にとってマイナス要因である。ここで、現在右表のように、様々な方法を用いて自転車走行空間を捻出しようと努力されている。

#### 現在なされている施策

- ・ 車道を削減
- ・ 道路断面構成を再検討
- ・ デザインを再編
- ・ 歩道の中央に線引き
- ・ カラーリングで空間分離

これらを行う中で、現在の自転車走行空間整備の課題は、歩道幅員

が共存には不十分、自転車走行速度の抑制に対して無策、平坦性を確保できない、ということ

が挙げられる。このうち、とについて考えた。

は空間的な問題なので、解決方法は空間を有効に使うことが挙げられる。はマナーの問題であるが、幅制限という物理的な拘束により抑える方法を考えた。

具体的に自転車レーンを設置することを考えると、まず自転車が今回の全無制限サンプル平均の 13 km/h で走行しているとし、人の横幅を普通 0.75 m (道路構造令)、回避可能時 0.55 m (今回の観測結果) として計算すると、表 2 のようになり、自転車を両方向通すならば 4 m 以上、最低でも 3 m は必要であることが分かる。

また、今回の結果より、自転車の走行速度と横幅の関係は表 3 のようになっている。

表 2 道路上の構成と必要最低限幅員との関係

人	自転車	無し	片方向	すれ違い、追い越し可	回避者数
片方向 1 人		0.75	1.91		3.07
すれ違い可		1.3	2.46		3.62
追い越し可		1.5	2.66		3.82
両方向 1 人 2 人		2.25	3.41		4.57
両方向 2 人 2 人		2.75	3.91		5.07

表 3 走行速度と横幅、相対距離との関係

時速 km/h	秒速 m/s	横幅 m	相対距離(前の速度 5km/h)
8	2.22	0.758	2.79
9	2.50	0.839	3.68
10	2.78	0.919	4.56
11	3.06	1.00	5.45
12	3.33	1.08	6.34
13	3.61	1.16	7.23

3 m 以下の場合、車道から空間を割いて捻出するか、自転車を通行禁止にして迂回路を示す以外に方法は無いであろう。しかし、3 m 以上の幅員があれば、自転車レーンをうまく作ることで、を解消できる可能性があると考えられる。

自転車の走行速度により必要な占有領域が小さくなるということと、歩行者の方が自転車よりも小回りが利くという特徴を活かすため、自転車レーンを中央に作り、自転車はそのレーンをなるべく通るようにするために、拳動から発見した点字ゴムブロックをまたぎたくないという性質を利用して、それに似た効果を得ることができるので区切るという方法を取ってみる事を挙げて

みたい。しかし、中央に作ると非常にデメリットが多いのも確かなので、条件に当てはまる場所のみ適用可能である方法であると考えられる。

自転車レーンを設置した場合、長所として自転車の蛇行が無くなり、ストレスが減少するということがあるが、短所として、空いている場合、走行速度が上がってしまうことと、走行場所が分かりにくいということにある。しかし、共存には分離は必要なことで、場所に合わせた分離方法を調査により確実に考えていくべきである。

設置時に考慮すべき項目は以下である。

歩行者、自転車利用者のピーク時の数  
 ピーク時の方向率  
 車道側に電柱や樹木、電話ボックスが点在しているかどうか。  
 沿道が商業地域かどうか。  
 副道の数。  
 近くに教育施設、大衆用施設などの存在。  
 交差点、横断歩道の数。  
 歩行者が左側通行を実施できるかどうか。

## 6. 研究のまとめと今後の課題

本研究では、自歩道内の低速度域における自転車の拳動を把握し、低速度の走行速度と占有領域について、可能な範囲で安全に走行できる最低限平均領域と回避する際の平均領域について割り出した。そして、それらを用いて自歩道内の 2 者共存方法である、自転車レーンの設置について、3.0 m 以上という条件をつけて指標を確認した。

今後の課題として、詳細な拳動の正確な把握が適切な施策に結びつくということで、自歩道内のシミュレーションを可能にするため、より多くの拳動を分析する必要がある。また、走行速度の決定要因として、物理的な要因の他に、心理的要因、個人差も含まれるので、その組み合わせも必要である。

### 参考文献

市街地道路の計画と設計：吉岡昭雄著（交通工学研究会）自転車道等の設計基準解説：（日本道路協会）交通工学 Vol.33 No.5、1998 等