

# 自転車事故と高齢者の走行挙動に関する研究

The experimental analysis of the bicycle driving behavior of elderly people based on the accident characteristics

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 松崎 純 (Jun Matsuzaki)  
北海道大学大学院工学研究科 正員 中辻 隆 (Takashi Nakatsuji)

## 1. 本研究の背景と目的

近年では、都市交通手段として環境負荷の小さい自転車を活用しようという動きが大きくなってきており、札幌市においても自転車道、自転車駐車場の整備による自転車利用環境整備が推進されつつある。しかしながら、多くの道路において十分な自転車走行空間が整備されておらず、自転車は歩道上や車道の路側帯など、他の交通主体のための道路空間の一部を利用して走行しているのが現状である。また近年の健康志向の高まりや、移動手段としてではなく趣味としての自転車の利用など自転車の利用機会は増加傾向にある。そのために自転車に関連する事故は増加傾向にある。特に、高齢者が関連する事故では表1で示すように、危険な事故になりえるケースが多いと言えるだろう。

表1 年齢層別自転車事故死傷者数

	死者数		負傷者数	
	実数	構成率	実数	構成率
15歳以下	30	4.2	31,819	19.6
16～24歳	33	4.6	34,460	21.2
25～29歳	16	2.2	9,367	5.8
30～39歳	23	3.2	18,118	11.2
40～49歳	38	5.3	14,940	9.2
50～59歳	59	8.2	15,377	9.5
60～64歳	52	7.3	9,131	5.6
65歳以上	466	65	29,038	17.9
合計	717	—	162,250	—

自動車では2009年6月より高齢ドライバーの認知機能検査が開始され高齢者の運転が問題となりつつあるが、自転車についてはそのような制限がない。年齢や免許制度などがなく、誰でも気軽に乗れる自転車であるが高齢者が関連する事故が重大な事故となりえることも事実である。本研究では、実験により高齢者と若者の走行挙動を比較し、高齢者に特有の操作不安定性を見出し、さらにはそのような重大な事故になりえる高齢者が絡む自転車事故との関係性をあきらかにしていきたい。

## 2. 本研究の特徴

既存研究により、自転車の操作挙動を測る試みがなされている。柿原らは自転車に取り付けた装置から、ブレーキ回数やハンドルの蛇角から高齢者と若者で比較している。しかしながら実際に市街地を走行することで調査を行っているため必ずしも一定の条件でなく、また比較したい項目に影響を与える要因を特定しにくいと考えられる。本研究では、より実験的に走行コースを作成し調査し、さらに角速度を用いて自転車走行時のふらつきについても比較する。

## 3. 本研究のフロー

本研究のフローを示す。

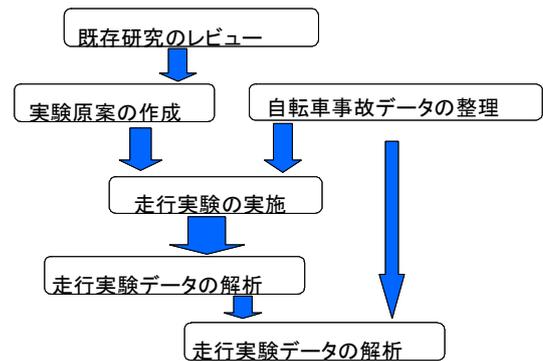


図1 研究のフロー

本研究では既存研究や自転車事故の現状を参考とし、いくつかのテストコースを設定し走行し、若者と高齢者との走行挙動の違いを解析する。

## 4. 走行実験

### 4-1 実験車両

走行実験により必要なデータを得るための下図のように測定機械を自転車に取り付けた。これにより、前後・横・上下3軸方向の加速度、ローリング・ヨーイング角速度、GPSにより速度、緯度経度、データ取得時刻を記録することが出来る。



図2 走行自転車の装置図

#### 4-2 実験概要

走行実験は被験者は高齢者3名（50代1名、60代2名）と学生4名（20代）であった。被験者には通常自転車に乗るときを意識したスピードとゆっくりと意識してもらったスピードの2種類により測定した。

#### 4-3 走行コース

走行コースは現実の道路状況に起こりうるような5つの障害を設定し試験した。

##### 1)狭幅員走行

工事現場で見られるような狭い幅員を走行する試験。コーンとポールを用いて幅員 0.6m、長さ 6.5m の通路を作り、その間を走行する。

##### 2)段差走行

ブロックを置くことにより歩道と車道の境目にあるような縁石の段差を想定した試験。段差は 3cm で一定の間隔をあけて3つ作りその上を走行する。

##### 3)障害物を回避する行動（クランク走行）

日常で歩道上を自転車で走っていると、道路上に駐輪された自転車や街路樹やバス停など、さまざまな要因により自転車は進路を変更しなければならない。このような状況を想定して障害物を置き、クランク状に回避する走行試験。

##### 4)マンホール（くぼみ）の段差

路上にはマンホールや排水溝などにより、窪んだ段差が出来ている箇所がある。本研究では実際に路上にあるマンホールの上を通過してもらうことで試験を行った。

##### 5)スラローム走行

歩道上を走行する場合など歩行者や他の自転車を避ける事を想定して、スラロームを走行する。スラロームはコーンを3m間隔で5つ置く。

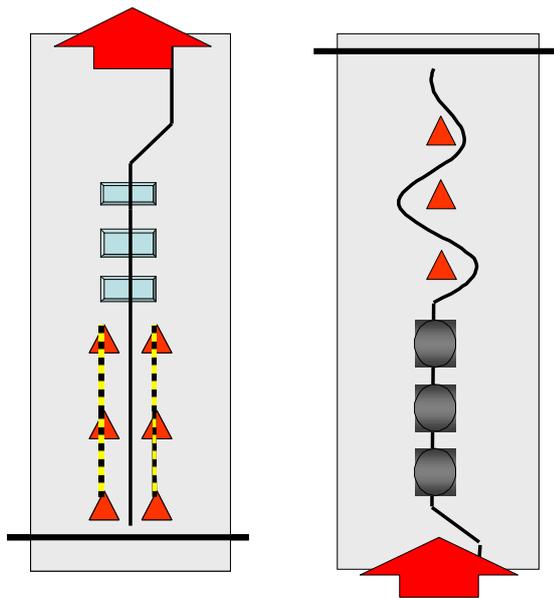


図3 走行コース図

#### 5.取得データ

##### 1)走行速度

走行速度はGPSにより測定が可能である。その値を若者と高齢者として比較したのが図4である。これは通常の走行を意識して走った時の比較であるが、高齢者では若者のおよそ半分の速度で走行していることが分かる。

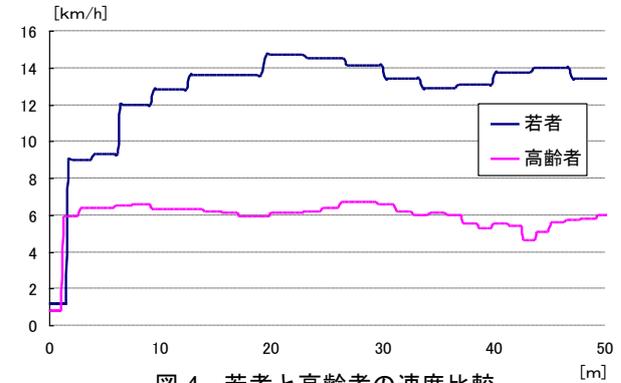


図4 若者と高齢者の速度比較

##### 2)3軸方向の加速度

図5は段差に突入したときの上下方向の加速度を比較したものである。本来段差は3つあるため、大きな加速度が3回観測されるはずであるが、高齢者データでは大きな加速度は2度しか記録されていない。これは高齢者が段差に突入したときにバランスを崩し、大きくふらついて段差を回避してしまったためである。そのときの横方向の加速度が図6である。このとき高齢者には短い周期で横方向の加速度が観測されている。これはふらつきによりハンドルを細かく動かした事が原因であると考えられる。

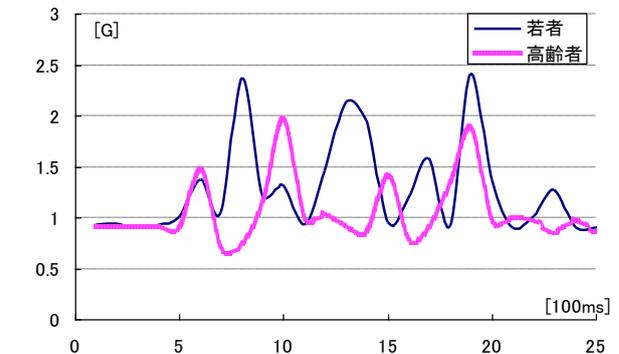


図5 若者と高齢者の上下方向加速度の比較

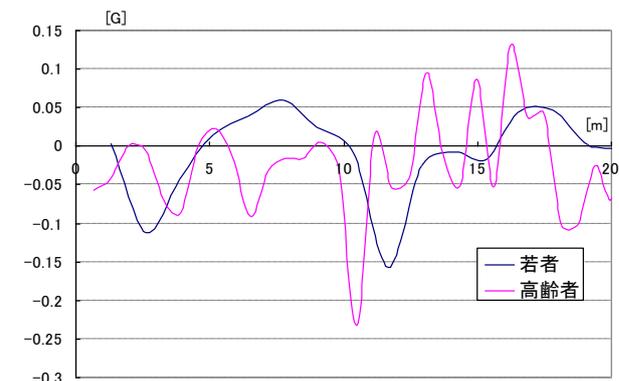


図6 若者と高齢者の横方向加速度の比較

### 3)ヨーイングとローリング角速度

今回の実験では、加速度の他に水平面内で回転する角速度（ヨーイング）と進行方向を軸として回転する角速度（ローリング）を観測している。特にヨーイングに関しては、直接ハンドルにつけることによりそのままハンドルの操作を知ることが出来るため、ふらつきなどの自転車操作不安定性の評価に重要であると考えられる。

図7は若者の図8は高齢者のスラローム走行時のヨーイングとローリングの比較である。スラロームは5つあり、上図の若者のサンプルでは5つの加速度の山が取れていて、それに遅れる形でローリングが観測されている。これは若者が一定のリズムでスラロームを通過し、ハンドルの操作に自転車の移動が追従しているからであろうと考えられる。一方で高齢者のサンプルでは、5つの加速度の山は出来てはいるものの、途中で小さな山があり波形が若者と比較すると乱れている。この乱れはふらつきの原因であり、もっとも重要な要因となると考えられる。また高齢者ではローリングはヨーイングに追従する割合が低く、ハンドルの操作と自転車の動きが一致していないことが考えられる。このような現象は高齢者の自転車操作時の不安定性を表していると考えられる。

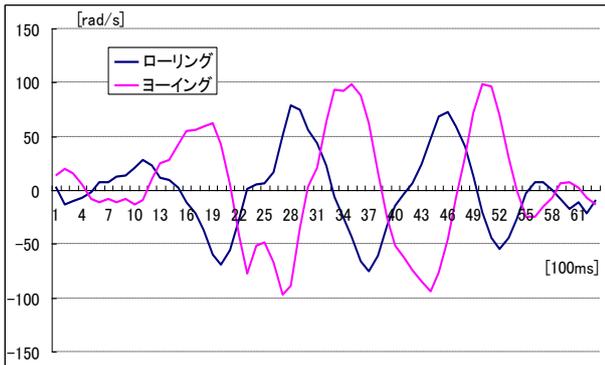


図7 若者のローリング・ヨーイング角速度

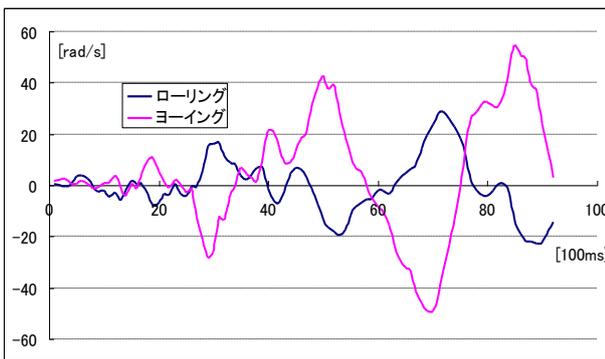


図8 高齢者のローリング・ヨーイング角速度

### 4)走行軌跡の描写

GPS のデータにより、自転車の移動時の緯度経度が記録されている。その緯度経度から実験時の走行の軌跡を描写してみると図9の左図ようになる。

また本研究では加速度とヨーイング(ハンドルの蛇角)も観測しているので、その値を利用して軌跡を描く。前輪との間の角度を  $\theta(t)$ ，走行スピードを  $S(t)$  とし、

$$\left( \int_0^{ta} S(t) \cos \theta(t) dt, \int_0^{ta} S(t) \sin \theta(t) dt \right) \quad (式1)$$

と表せるはずである。これにそれぞれの値を代入して求めた軌跡が図9の右図である。両者ともはっきりとした軌跡を描いているとはいいがたく、修正が必要である。描いた軌跡は北から南へ走った際のサンプルである。札幌市は都市区画が真北ではなく微妙に傾いているため緯度経度による軌跡も傾いている。どちらの軌跡に用いたデータも、ところどころ欠損値や飛び値があるため、今後はこれらの値を修正し、理想としては緯度経度と加速度・ハンドル蛇角データの両方を合わせて軌跡を描く方法を検討していきたい。

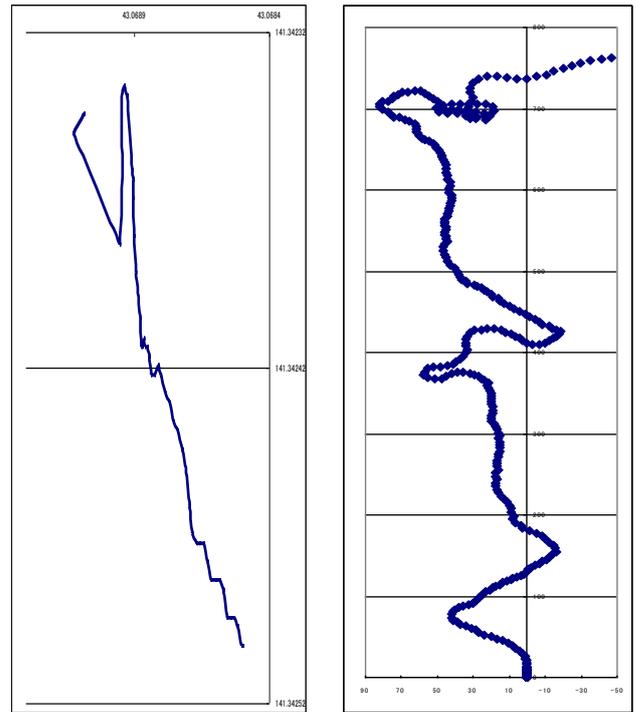


図9 GPS データ(左)と加速度データ(右)を用いた軌跡

### 6.データ処理

走行実験により得られた加速度応答のスペクトル解析を行った。まずFFTによりフーリエ変換し、さらにパワースペクトルを求めた。図10.11は若者と高齢者とで狭幅員を走行した時のヨーイングについてのパワースペクトル密度である。スペクトル密度を比較すると、高齢者にしか現れない周波数帯域の振動が確認された。幅員走行は直線の走行であるため、ハンドルの操作は不要のは

ずである。しかし高齢者にのみ、ある周期に振動が見られたのはふらつきを観測したと考えられる。若者では大きな振動をひとつ観測したが、高齢者では小刻みな周期で振動が観測されている。今後は高齢者に見られる振動について検証する必要があるだろう。

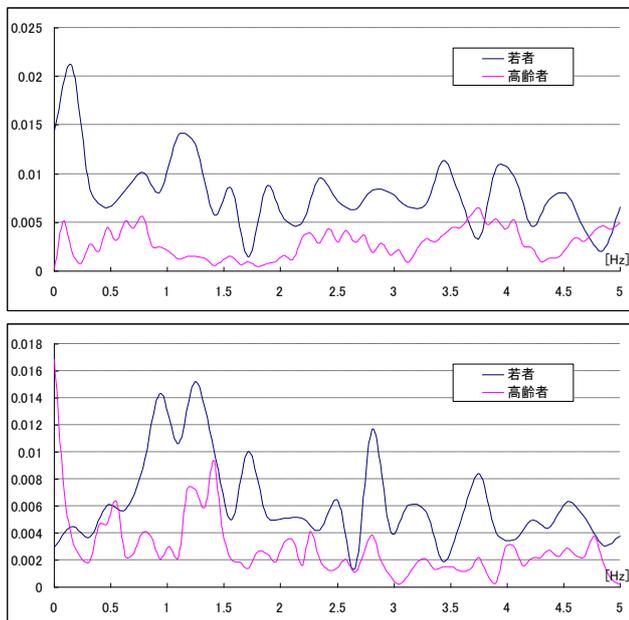


図10 前後加速度(上)と横加速度(下)の  
パワースペクトル密度

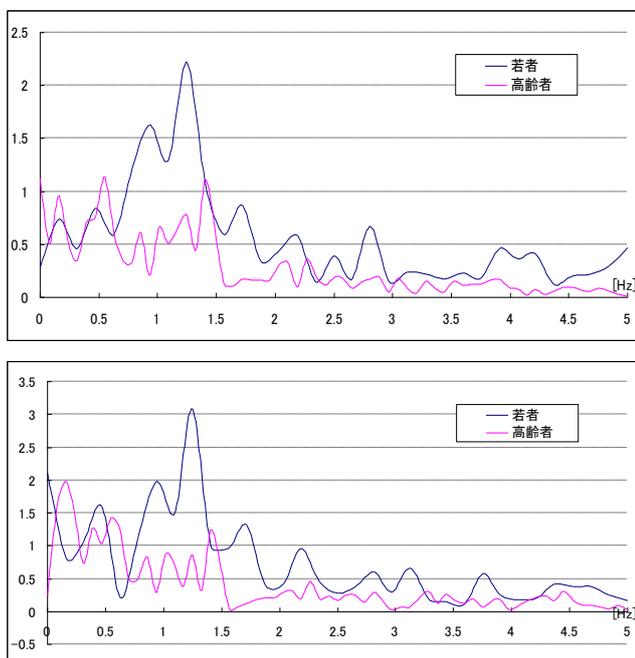


図11 ローリング(上)とヨーイング(下)の  
パワースペクトル密度

## 7.おわりに

本研究では高齢者と若者の自転車操作性の違いについて、高齢者の走行挙動を明らかにするために実験的に試験コースを走行することでデータを収集、特に前後・横・

上下3方向の加速度とローリング・ヨーイング2つの角速度とそれぞれの波形を比較することで高齢者の挙動を明らかにしてきた。本研究により、高齢者における走行挙動たるふらつきについて、若者と比べてハンドルの蛇角が小刻みかつ不安定に動き、それに伴ってローリング角の不安定波形、つまりは車体全体の不安定性を招く一因となっていることが明らかになったと言えるであろう。スペクトル解析からも、若者には見られない高齢者特有の周波数帯域の振動が確認された。これを高齢者に見られるふらつきの特徴によるものとして見て良いのか、今後更に

今後の課題として、GPSによる緯度経度や加速度を用いた軌跡の描画について、足りないデータや飛び値の処理を行い、あるいは両方のデータを用いて補完しあうことで精度を上げ、軌跡の描画に取り組んでいきたい。また今回の論文では、若者と高齢者との比較に特徴的な1回を比較したに過ぎず、これから先若者と高齢者のグループでの比較検定を行いたい。データの解析についてもまだ全部を紹介しきれなく、他のデータについても分析しスペクトルについて新たな解釈をしていきたいと考える。実験の他に機器による測定で得られるデータと被験者の体験評価の相違を比べるためにアンケートも行ったが、母数が不足しているため論文には使えなかった。実験を行うためには、特に高齢者の方の人員の確保が課題になり、本研究でも高齢者被験者の人員確保には苦労した。高齢者といっても、普段の生活における自転車の利用頻度などにより自転車の操作技術に個人差が大きく、今後の追加調査などにより、母数を増やすことにより高齢者の方の走行挙動をより一般化し、体感的な評価も加えることが出来れば、事故が起こりやすい状況などの特定に役立つのではないかと考える。

## 参考文献

- ・ 鈴木美緒、「自転車走行空間に関する近年の研究動向—欧米を中心に—」  
土木計画学研究・論文集、Vol.37 2008年
- ・ 柿原 健佑, 山中 英生, 滑川 達「プローブバイクを用いた高齢者の自転車走行時の挙動に関する分析」  
交通工学研究発表会論文報告集 Vol.27 2007年
- ・ 月刊交通 「総合的な自転車事故抑止対策の推進について」  
2008年 5月
- ・ 藤川美枝子「高齢ドライバーの運転行動上の自己評価に関する研究」  
日本交通心理学会発表論文集 2002年 vol.18
- ・ 松本幸司・金子正洋・橋本裕樹・小出 誠『高齢ドライバーの関わる交通事故の発生経過と要因に関する分析』  
土木計画学研究・論文集、Vol.38 2008年
- ・ 警視庁 HP <http://www.npa.go.jp/bicycle>
- ・ 北の道 HP 北海道の交通事故 統計ポケットブック  
<http://www2.ceri.go.jp/jpn/>