

坂道と発進時における高齢者の自転車走行特性*

An analysis on characteristics of cycling behavior by elderly people at slopes and in starting to move*

亀谷友紀**, 山中英生***, 柿原健祐****, 横田周典*****

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

1. はじめに

我が国では諸外国と比べて、交通手段として日常的に自転車を利用する高齢者が多く、高齢化や広福員歩道などの走行環境整備のため利用者数は増えている。この状況に応じて、高齢者の自転車交通事故も増加している。特に、高齢者の自転車乗用中の転倒事故に着目すると、平成11年の高齢者の転倒事故件数383件に対して平成18年には1,507件と7年間で約4倍に増加しており、全転倒事故件数の約3割を高齢者が占めている状況である。この原因には、高齢者の運転能力に適さない自転車走行環境の課題も潜んでいると考えられる。一方で、運転能力を補える電動アシスト自転車が、高齢者を中心に普及が急速に進んでいる。

こうした背景をもとに、高齢者の自転車運転能力を計測する研究¹⁾が進められている。本研究では、高齢者のふらつき運転が見られる、発進時と登坂時について、普通自転車、電動アシスト自転車を利用した場合の高齢者と若年者を比較することで、高齢者の走行時の特徴を明らかにすることを目的としている。

2. 坂道における高齢者の走行特性分析

(1) 実験方法

まず、勾配の異なる坂道で高齢者、若年者の登坂行動を計測した。計測に用いた坂道は、平均勾配3.4%、6.8%の2カ所で、それぞれの走行場所の概況を図1、縦断勾配を図2に示す。両箇所ともおおよそ一定の勾配が継続しており、この結果から、一定勾配がつづく50mの区間を計測対象区間とした。

被験者は、21歳～26歳までの若年者、63歳～73歳まで

*キーワード：自転車、高齢者、勾配、ふらつき、発進加速度
**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

***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 学士 神戸大学理学部数学科

の高齢者で、男女各6名ずつ計12名である。自転車の利用頻度は、若年者はほぼ毎日利用しているが、高齢者は週1日から5日程度であった。男性は26インチ、女性は24インチのプローブバイクに乗り、スタート地点から坂道を走行させ、登り終えた後に体感評価のアンケートを行った。なお、図4に示すように坂の手前10mから助走して走行する方法と、坂の始まりから助走無しで走行する方法の2つを実施している。また、高齢者は普通自転車に加え、電動自転車で走行するケースを加えた。

走行時の位置を指示するため、図4に示すように2.5mおきに走行誘導のマーカを貼付し、被験者にマーカに沿って坂を走行するよう指示した。なお、5mおきに中心から左右0.5mの間隔で2色のテープを貼って、自転車に下向けに取り付けたビデオカメラで前輪の走行位置を撮影し、誘導線からのふらつき幅を計測した。



坂A 平均勾配3.4% 坂B 平均勾配6.8%

図1 坂道の概況

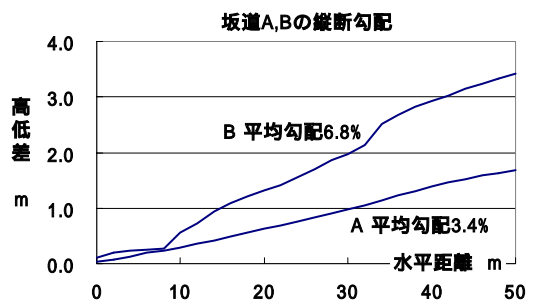


図2 坂3の縦断勾配



図3 実験時の走行風景

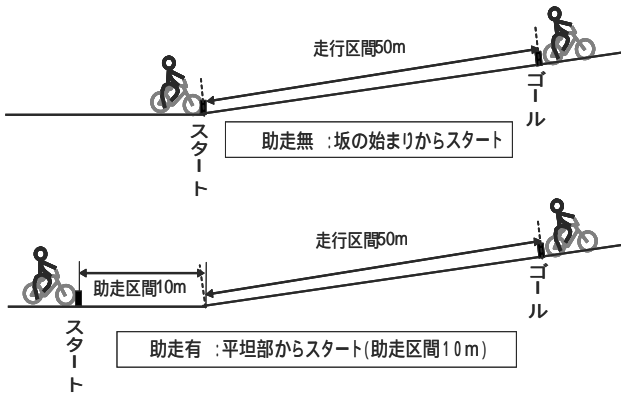


図4 助走の有無による走行方法

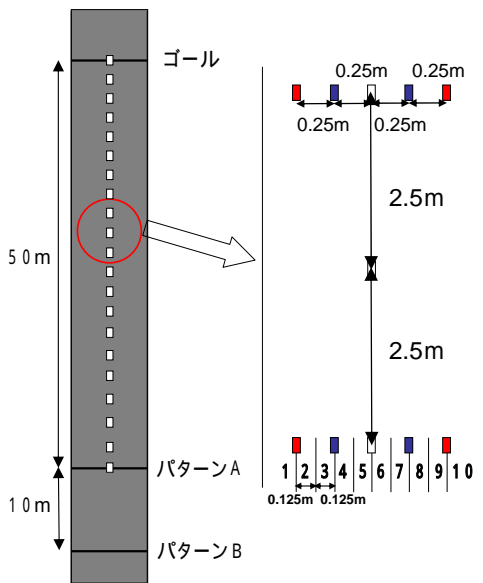


図5 走行誘導マーカと走行幅計測用マーカ

表1 走行後の体感評価アンケートの項目

Q1	このような坂道を不快に感じますか？ 1.全く感じない 2.あまり感じない 3.少し感じる 4.かなり感じる 5.非常に感じる
Q2	スタート時にスムーズに走り出せましたか？ 1.全く問題ない 2.問題ない 3.少し問題あり 4.かなり問題あり 5.非常に問題あり
Q3	坂の途中でペダルをこぐのはどうでしたか？ 1.全く問題ない 2.問題ない 3.少し負担を感じた 4.かなり負担を感じた 5.途中で降りた
Q4	ハンドルがふらついた感じはありましたか？ 1.全く問題ない 2.問題ない 3.少しふらついた 4.かなりふらついた 5.非常にふらついた

表1に示すように、各走行後の体感評価として、不快感、発進時の滑らかさ、負荷感、ふらつきについて5件法で評価させている。

(2) 走行位置のぶれへの影響

図6は5mおきに誘導マーカから $\pm 50\text{cm}$ の範囲に走行位置が入っているサンプルの割合を求め、全サンプル、地点について平均をとった値を比較している。若年者はほとんどが50cm以内に収まっているのに対して、高齢者の場合は、坂Bで1,2名がはみ出しているケースが見られた。

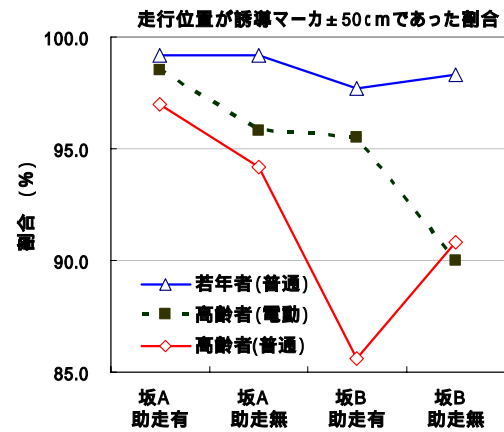


図6 走行位置が誘導マーカ $\pm 50\text{cm}$ であった割合

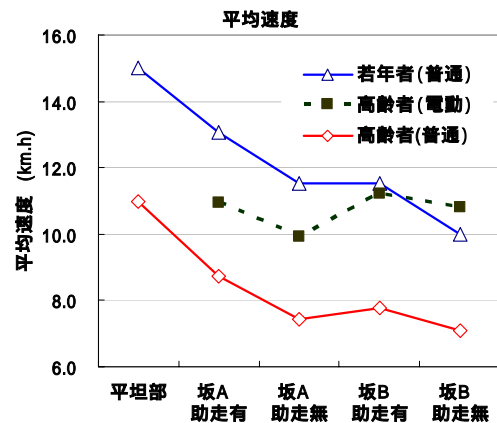


図7 平均走行速度の比較

また高齢者は特にスタート直後にはみ出す傾向があることもわかった。電動自転車の場合は普通自転車よりも安定した走行が見られ、中間部ではみ出す傾向が少なくなっていたが、坂Bの助走無しの場合に、走り出しの加速が高いため、かえってのはみ出す人が多く生じた。

(3) 平均速度への影響

計測した速度を区間内で平均し、さらに12名の被験者の平均を坂と走行方法毎に比較した結果を図7に示す。平坦部の速度は別の区間で計測した平均値である。高齢者は若年者よりも平均速度はおよそ3~4km/hの差があり、勾配が大きくなると速度が低下する傾向がある。また、高齢者が電動自転車を使用したときは、勾配に関わらず安定した速度で走行することが出来ている。

(4) ハンドルのぶれ(操舵角)への影響

舵角の標準偏差、最大舵角の比較結果を図8に示す。普通自転車の高齢者は、若年者、電動自転車の高齢者に比べ舵角の分散が大きく、助走がない場合や、勾配の大きな坂Bで顕著で、標準偏差値で約1.5倍になっている。電動アシストを利用した場合は、同じ高齢者でも若年者と同程度の舵角となっている。

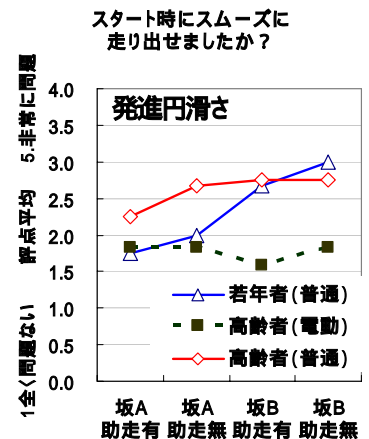
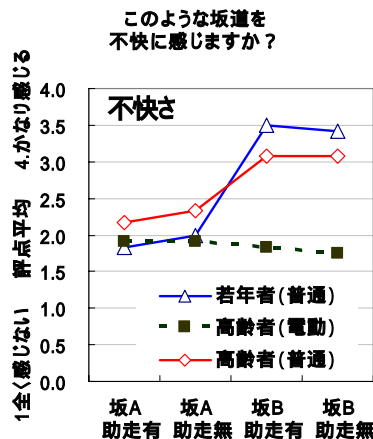
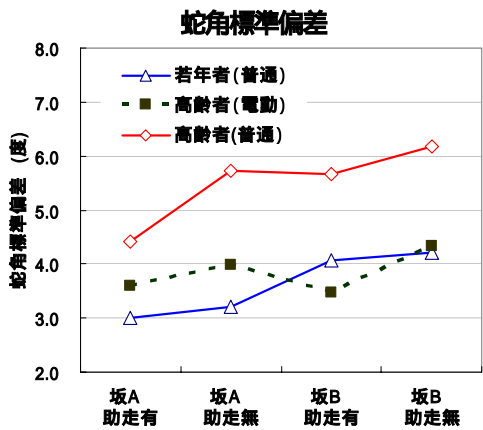


図8 ハンドルのぶれ(蛇角標準偏差)の比較

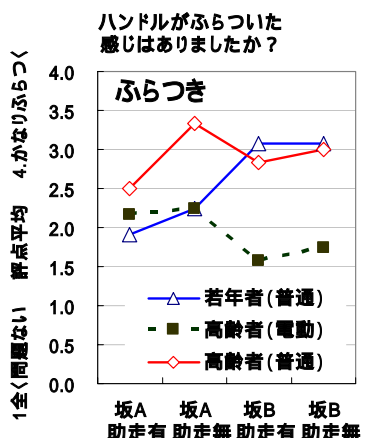
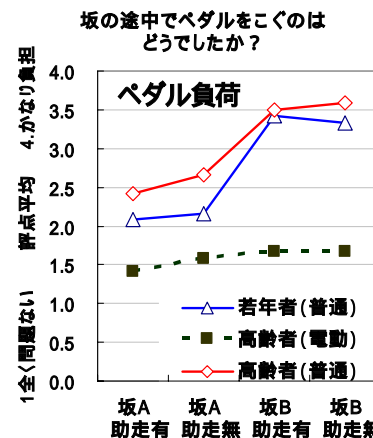
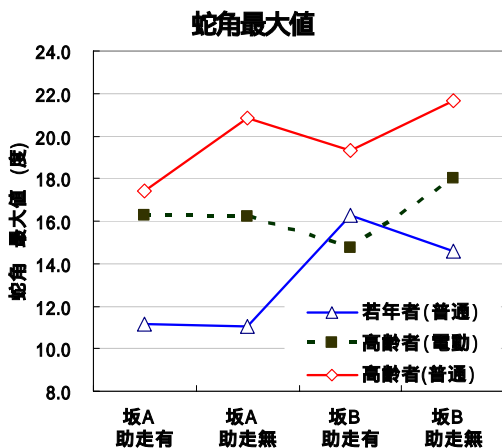


図9 ハンドルのぶれ(蛇角最大値)の比較

図10 体感評価の結果

若年者、高齢者、高齢者(電動)について舵角標準偏差の平均値の差を検定した結果、高齢者と若年者、高齢者(電動)の間の平均値は5%の水準で有意差が見られた。

舵角最大値についての比較を図9に示す。同様に高齢者は若年者や電動を使用した場合より大きな値となっている。高齢者と若年者の値には有意差が見られた。

高齢者は、勾配が小さな場合で、かつ、助走があると坂道を走行時のハンドルが安定する(標準偏差が小さくなる)傾向が見られるが、安定性は若年者と比べると劣っている。しかも、舵角最大値では、勾配が低くても若年者と比べ大きくなっている。電動自転車を使用すると坂の勾配に関わらず安定する傾向が見られた。

(5) 体感評価による比較

走行時の体感を質問した評点を坂、走行方向、属性別で平均した結果を図10に示す。不快さについては、高齢者と若年者に差は見られず、両者とも助走がなくなり、勾配が大きくなると不快度が大きくなる。しかし電動アシスト自転車では勾配や助走に関わらず不快さは増さなかった。発進時の円滑性、高齢者は勾配に関わらず発進

時に問題があると感じる傾向が高く、若年者は助走、勾配に影響が見られる一方、電動の場合は関係なく円滑だとしている。ペダルの負荷感では、若年者・高齢者とも急勾配の坂Bで負担を感じているが、電動では相当に低くなる。ハンドルのふらつき感は、助走がない場合に高齢者は高いのに対して、若年者は急勾配で高くなっている。電動の高齢者は急勾配でむしろふらつき感が下がる傾向がみられた。

(6) まとめ

高齢者は坂道走行時に、発進時にふらつく傾向がみられ、ハンドル角度でみたふらつき度合い、勾配がきつくなれば大きくなる。高齢者は、若年者と比べて、速度が低く、ハンドルの安定性は低く、急勾配になると、速度、ハンドルの安定性とも若年者よりも低下する傾向が強いことが明らかになった。しかし、同じ高齢者が電動自転車を使用したときは、勾配に関わらず、安定した速度、ハンドルで坂道を走行することができることが明らかになった。なお、今回使用した電動アシスト自転車はアシスト率1:1の旧型モデルで、アシスト2:1の新型については上記の傾向はより高まると考えられる。

3. 発進時における高齢者の走行特性分析

(1) 計測指標

発進時の走行特性に着目するため、坂道の手前10mの助走区間のみを用いて、普通自転車の若年者、高齢者、電動アシスト自転車の高齢者を比較した。

比較には走り出し3秒間の指標を用いることとし、平均速度、ハンドル蛇角の標準偏差と最大値、平均加速度（加速時間のみ）の平均値、最大の加速度（0.2秒間ごとの値の最大値）を用いた。計測結果の比較を図11に示す。

(2) 平均速度

被験者は走り出し3秒間程度で自転車が安定する10km/h以上に達している。この3秒間の平均速度でみると、若年者が6.73km/hに対して高齢者は4.6km/hと約70%しかなく、有意差が見られた。電動アシストを使用した場合は6.31 km/hと若年者の93%と有意な差がない速度になっている。

(3) ハンドルぶれ（蛇角標準偏差，最大値）

ハンドルのぶれは発進時に高齢者で大きくなる。標準偏差でみると、若年者が5.39度に対して高齢者が8.31度と1.3倍、最大値では17.51度/12.33度と1.4倍になっている。電動アシストを使用した場合は、若年者と有意な差がない値となっている。

(4) 発進時の加速度

オランダの自転車道マニュアルによると自転車の発進時の平均加速度は0.8~1.2m/s²（約0.08~0.12G）としている。実験時の平均加速度でみると、若年者は0.90 m/s²、高齢者は0.71 m/s²と高齢者は若年者の80%程度しかなく、若年者と比して有意な差がみられ、オランダの標準値と比較しても低い値となった。最大加速度でも若年者は1.95 m/s²、高齢者は1.47 m/s²と高齢者は若年者の75%程度である。電動アシスト自転車を使用した場合は加速度は、有意な差ではないが、若年者のその値を上まわる値となっている。

4. おわりに

高齢者は若年者に対して坂道や発進時でのふらつきなどの安定性や、加速性能で劣るが、電動アシスト自転車を使用することで改善が見られることがわかった。ただし、判断能力や危険対応などの能力を考慮すると、速度や加速度の上昇が安全性に与える影響を分析することが必要と考えられる。

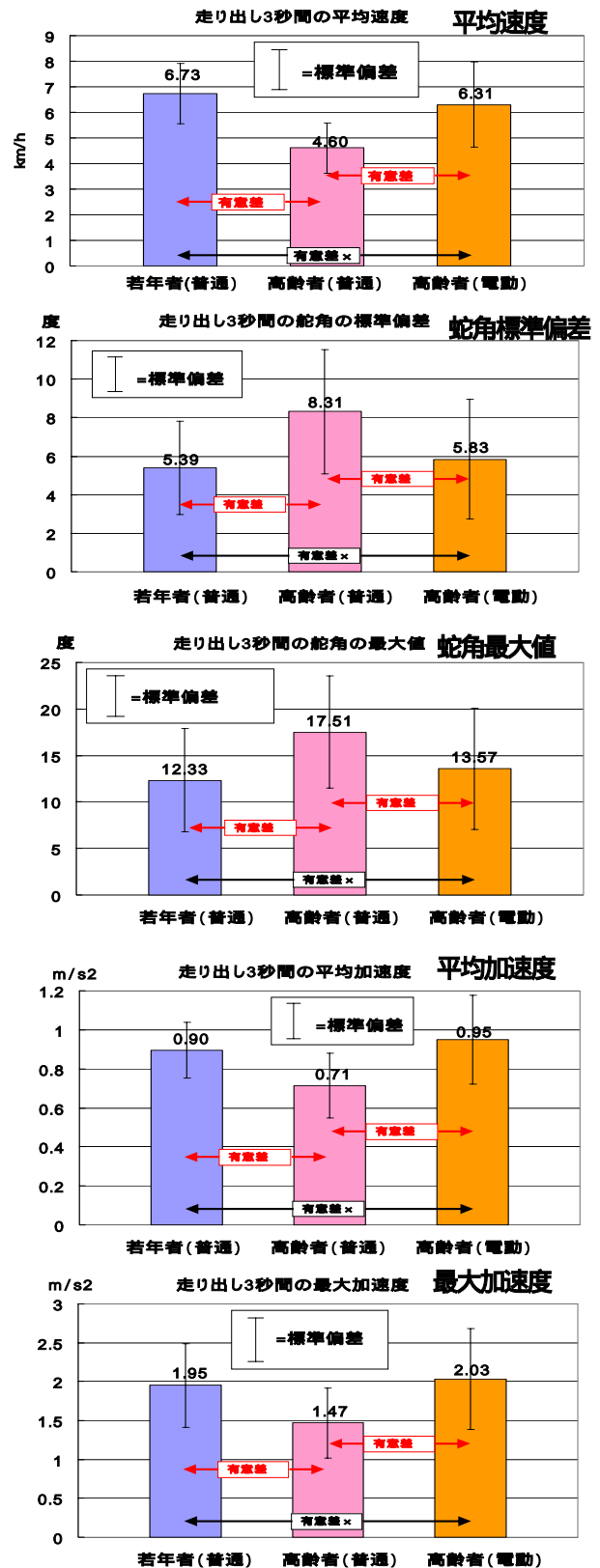


図11 発進時の若年者・高齢者の走行特性

参考文献

- 1) 齋藤, 井上, 細谷, 清田: 自転車歩行車道の段差と勾配が高齢者の自転車操作に及ぼす影響, 人間工学 Vol.41, 2005
- 2) CROW: Design manual for bicycle traffic, 2007.8