

歩行者への安全距離と運転者の注視に着目したセグウェイの安全性に関する研究

日本大学 学生員 ○佐藤 高大
日本大学大学院 学生員 荒谷 太郎
日本大学 正会員 轟 朝幸

1. はじめに

近年新しい交通手段であるセグウェイが注目されている。しかし、セグウェイの公道走行を目指す場合、想定される走行空間において共存するであろう歩行者などに危険を及ぼす可能性がある。そのため、公道走行を実現するためには、安全性を把握する必要がある。

しかし、セグウェイと歩行者などの混合交通空間における安全性に関する研究は不十分である。そこで本研究では、セグウェイと歩行者の安全距離と速度についての基準を提案する。加えて、セグウェイが回避行動を起こす以前に、視覚による判断がなされていると考えられるため、セグウェイと自転車の両運転者の視線から安全性についての考察を試みる。それらセグウェイの走行実験結果と自転車の実験結果を比較し、セグウェイの公道走行の可能性を検討することを目的とする。

2. セグウェイと歩行者の安全距離の提案

(1) 歩行者が安全であると感ずる距離の実験

歩行者が安全であると感ずる距離と速度を把握するため、セグウェイが0~5、5~10、10~15、15~20km/hの速度別で歩行者に近づいた時に、危険と感ずる相対距離を計測する実験を行った。被験者数は学生10名、セグウェイ運転者数は学生3名で実施した。走行空間は3m×15mの路面上に1mの格子状ラインを施した。解析はビデオカメラの映像により歩行者が回避した時点の距離とその手前2m間を通過する時間から速度を測定した。

(2) 実験結果と安全な距離の算出

まず、速度と距離の関係を確率楕円により検定し、棄却されるサンプルを除いた後に、速度別の歩行者が安全と感ずる速度と距離の線（以下、安全基準線）を描いた（図-1）。ここで、長谷部ら¹⁾は、自転車の安全な回避開始距離を求める際に、清田ら²⁾の研究をもとに90%の歩行者が安全と感ずる距離としているため、本研

究においても90%とした。その結果、まず、すべての速度において安全であるとした距離は5.5mとなった。次に、速度別の安全であるとした距離を把握するため、今回測定した速度別の90%点を指数近似することで速度別の安全基準線を求めた。また、速度の増加に従って距離も長くなるという相関関係が見受けられ、速度の増加につれて安全を確保できる距離も長くなることが明らかとなった。

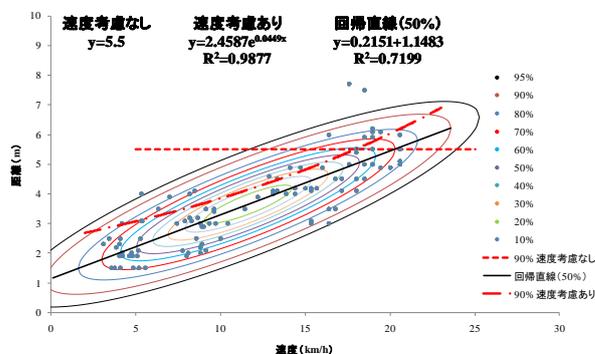


図-1 安全基準線図

(3) セグウェイと自転車の比較

表-1は、(2)で求められたセグウェイの速度考慮ありの安全基準線と、長谷部らが求めた自転車の速度別の距離の比較を示している。これより歩行者は自転車よりもセグウェイの方が安全であると感ずる距離は、1.1~1.5m長いという結果となった。

表-1 速度別の安全な距離の比較

	(A) セグウェイ $y=2.4587e^{0.0449x}$	(B) 自転車 $y=0.173x+1.025$	(A)-(B) 差
0~5km/h	2.5~3.1m	1.0~1.9m	1.5~1.2m
5~10km/h	3.1~3.9m	1.9~2.8m	1.2~1.1m
10~15km/h	3.9~4.8m	2.8~3.6m	1.1~1.2m
15~20km/h	4.8~6.0m	3.6~4.5m	1.2~1.5m

(4) 歩行者が感ずる安全な距離と速度のまとめ

セグウェイの速度別に歩行者が安全である距離を提案した。さらに自転車と比較し、セグウェイの方が1.1~1.5m長い結果となった。これは、セグウェイの圧迫感や慣れが影響していると考えられる。また、自転車よりもセグウェイの方が安全と感ずる距離が長いこと

キーワード セグウェイ, 安全性, 走行実験, 視線解析
連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1-744 日本大学理工学部社会交通工学科 運輸交通計画研究室
TEL 047-469-5219 E-mail: todoroki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

から、歩行者は自転車よりもセグウェイの方が長い距離で危険であると感じており、セグウェイが公道を走行する際には、歩行者に圧迫感を与えないために、自転車よりも長い距離を必要とすることを意味している。

3. セグウェイと自転車の視線挙動の比較

(1) セグウェイと自転車の視線計測の実験について

セグウェイが回避行動を起こす以前に、視覚による判断がなされていると考えられるため、セグウェイと自転車の運転者の視線を計測する。ケースは対向が何もない場合、歩行者1人の場合、道路の交通容量1987を基にした歩行者密度別の場合（A=12.08m²/人、B=3.72m²/人、C=2.23m²/人）のセグウェイ8ケース、自転車8ケースの計16ケースについて実験を行った（表-2）。被験者は学生3名で実施した。走行空間は3m×15mの路面上に1mの格子状のラインを施した。視線の計測は、(株)ナックのEMR-9を用いた。

表-2 視線計測の実験ケース

ケース No.	ケース内容
1	セグウェイ(自転車)対 なし
2	セグウェイ(自転車)対 歩行者1人
3	セグウェイ(自転車)対 歩行者密度A
4	セグウェイ(自転車)対 歩行者密度B
5	セグウェイ(自転車)対 歩行者密度C
6	セグウェイ(自転車)対 歩行者密度A+セグウェイ(自転車)
7	セグウェイ(自転車)対 歩行者密度B+セグウェイ(自転車)
8	セグウェイ(自転車)対 歩行者密度C+セグウェイ(自転車)

(2) セグウェイと自転車の視線挙動の比較

視線挙動については、主に注視項目分析を使用し解析を行った。

ケース No.2 の項目は、歩行者のどの部分に注視しながらすれ違っているかを把握するため、「頭部、胴体、足」の3項目とした。これはセグウェイ、自転車とも注視項目は「足」が最も多く、両者とも歩行者とのすれ違い時には足に注目していることがわかる（表-3）。

ケース No.3~5 については、現存する走行空間を想定し、走行時に何を注視しているかを歩行者密度別に把握する。注視項目は、「歩行者、歩行者(外)、路面、景色」の4項目とした。解析の結果、両者とも歩行者密度の増加に伴い、「歩行者」への注視比率が増加している。一方で、「景色」や「歩行者(外)」の注視比率が減少している（表-4）。

ケース No.6~8 は、セグウェイまたは自転車が混在した場合の視点を把握するため、ケース No.3~5 と同

様の4項目に、「セグウェイ」または「自転車」を注視項目として加えた5項目とした。これは、セグウェイと自転車への注視もわずかに見られたが、ケース No.3~5 と同傾向であった。

表-3 ケース No.の注視比率の比較

項目	セグウェイ	自転車
頭部	0.274	0.286
胴体	0.245	0.250
足	0.481	0.464
注視総数	106回	84回

表-4 歩行者密度別の注視比率

項目	歩行者密度A		歩行者密度B		歩行者密度C	
	セグウェイ	自転車	セグウェイ	自転車	セグウェイ	自転車
歩行者	0.310	0.223	0.410	0.367	0.480	0.388
歩行者(外)	0.080	0.128	0.040	0.083	0.016	0.028
路面	0.405	0.324	0.390	0.260	0.358	0.393
景色	0.205	0.324	0.120	0.290	0.122	0.192
注視総数	200回	179回	241回	169回	240回	214回

(3) 視線挙動の比較のまとめ

視線挙動については、ケース No.2~8 全てで自転車と同傾向であった。特にケース No.2 では両者とも足への注視比率が40%を超えており、セグウェイ、自転車ともに歩行者とすれ違う際は足に注視して回避している。さらに、歩行者密度別の注視項目における「路面」については、両者とも全体の約1/3~1/2を占めていることから、足に注視しているだけではなく、路面の状況や空いているスペースを把握し走行していると考えられる。即ち、走行中は「歩行者」と「路面」に注視している比率は合計で約70%~80%を占め、歩行者密度の上昇にしたがって増加していることから、視野範囲が減少し、周囲への注意がおろそかになる傾向があると言える。また、注視総数についてセグウェイの方が多いため、自転車よりも注意して乗車していることが伺える。

4. まとめ

本研究では、歩行者との安全距離と視点といった観点から自転車との違いについて明らかにした。両観点では、セグウェイの方が圧迫感を与えているという結果となった。しかし、視線挙動が自転車と同傾向であることや、今後普及している自転車のように慣れてきた場合は、より自転車と同程度の安全走行挙動に近づくと考えられる。

参考文献

- 1) 長谷部ら：歩道上を走行する自転車の危険度評価、土木計画学研究・論文集、Vol.26、no.4、2009、9月。
- 2) 清田、外井、梶田、松岡：歩行者と自転車の共用空間における歩行者の危険度評価、交通工学、no.41、pp.75-83、2006。