

D-5 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 A Study on Safety of Segway Driving focusing on Safety Margin for Pedestrians and Gaze of Riders

指導教授 轟 朝 幸 6053 佐藤 高大

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走行実験を通して求める。加えて、周囲の状況判断には視覚を通じ判断していると考えられることから、セグウェイと自転車の両運転者が何を見ているかを計測する。これらの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、安全性について考察し、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. 歩行者が安全と感じる距離の提案

(1) 歩行者が安全と感じる距離の実験

歩行者が近づいてくるセグウェイに対して、安全であると感じ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場合に、歩行者が危険と感じる相対距離を計測する実験を行った。被験者数は歩行者として学生10名、セグウェイ運転者として学生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じる速度と距離の線（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、90%の歩行者が安全と感じる距離としているため、本研究でも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%点を近似する速度別安全基準線を求めた。その結果、速度の増加に伴い距離も長くなるという指数関数で相関関係が見受けられ、速度の増加につれて危険と感じる距離も長くなることが明らかとなった。

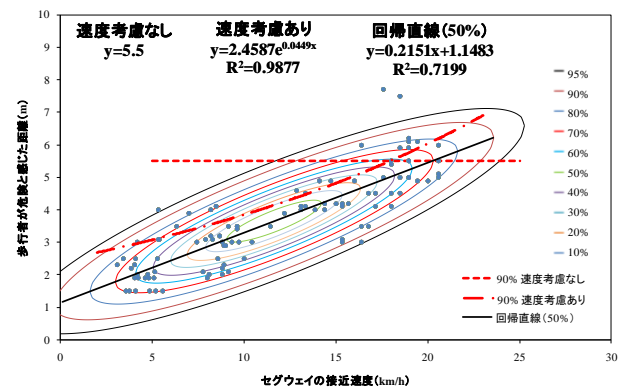


図-1 安全基準線図

(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¹⁾が求めた自転車の速度別の回避開始距離の比較を示している。これにより、歩行者が自転車よりもセグウェイの方が安全であると感じる距離は1.1～1.5m長い結果となった。また、セグウェイの安全基準線は指数近似で描かれたことから、速度の増加に伴い、距離の増加幅も大きくなることがわかる。この理由としては、歩行者がセグウェイのような電動車両の接近に慣れていないため、接近するイメージを掴めていないと推測される。

表-1 速度別の安全な距離の比較

速度	(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) 歩行者を感じ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求めた。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、セグウェイの重量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じる距離が長いことから、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

周囲の状況判断には視覚を通じて判断していると考えられる。そこでセグウェイと自転車乗車時に何を見ているかを計測する。ケースは、歩行者 1 人の場合、「道路の交通容量 1985」をもとにした歩行者密度別 (A=12.08m²/人、B=3.72m²/人、C=2.23m²/人) のセグウェイ 7 ケース、自転車 7 ケースの計 14 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 4m×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) ナックイメーテクノロジーのアイマークレコーダー、EMR-9 を用いた。

表-2 視線計測の実験ケース

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

注視項目分析を用いて、セグウェイと自転車の視線挙動の比較を行った。

ケース No. 1 の注視項目は、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視していることがわかる (表-3)。

ケース No. 2~4 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. 5~7 は、セグウェイまたは自転車が混在した場合の走行時に何を注視しているかと、混在することで視点に変化があるかを把握するため、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。これについては、「セグウェイ」と「自転車」への注視も見られ、歩行者密度の増加に伴って減少している。他の項目については、ケース No. 2~4 と同傾向であった。

表-3 ケース No. 1 の注視比率の比較

注視項目	セグウェイ	自転車
頭部	0.276	0.286
胴体	0.248	0.250
足	0.486	0.464
平均注視回数	35回	28回

表-4 歩行者密度別の注視比率

注視項目	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	0.308	0.222	0.429	0.369	0.492	0.390
歩行者(外)	0.080	0.128	0.042	0.083	0.017	0.028
路面	0.403	0.322	0.408	0.262	0.367	0.394
景色	0.204	0.322	0.125	0.292	0.125	0.192
平均注視回数	67回	60回	80回	56回	80回	71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. 1~7 全てにおいて、自転車と同傾向であった。

特にケース No. 1 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、セグウェイ運転者と自転車運転者の両者とも、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いえる。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。両観点においてはセグウェイの方が、歩行者に圧迫感を与えており、かつ平均注視回数も多い結果となった。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来た場合は、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、小島、森野、島崎、下原：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年、9月