

D-9

歩行空間へのセグウェイ導入における回避行動距離に関する研究

A Study on the Evasive Action Distance by Introducing the Segway into Pedestrian Space

指導教授 轟 朝 幸 5098 中 島 慎 一

1. はじめに

「世紀の発明」と注目されている電動立ち乗り 2 輪車「セグウェイ」は、排ガスが出ないことから環境に優しい乗り物として注目されている。ただ、日本では、その構造上、自動二輪車に求められる保安基準を満たしていないと判断されており、走行できる場所は公道以外に限定されてしまっている。

そこで本研究では、セグウェイをショッピングモールや広場などに導入することを想定し、歩行空間における回避行動距離を把握し、自転車の回避行動と比較することなどにより、セグウェイの回避行動特性の一端を明らかにすることを目的とする。

2. 回避行動把握のための走行実験の概要

セグウェイは相互が快適性を損うことなく、走行できる空間を確保することが重要だと考えられる。本研究では「セグウェイとセグウェイ」、「自転車と自転車」、「セグウェイと歩行者」、「自転車と歩行者」の交錯の際セグウェイ等が回避行動を開始する瞬間の相対的な距離とすれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離を把握する。実験は、2008 年 6 月 18 日（水）と 2008 年 12 月 12 日（金）、2009 年 1 月 16 日（金）に行った。

実験方法は路面上に格子 1 辺 1 m のラインを表示し、走行空間を用意した。それを 3 方向からビデオカメラで、回避行動距離を撮影し、その映像をもとに回避行動距離の解析を行った。

(1) 歩行路におけるサービス水準の決定

表-1 に示すサービス水準とは、道路の交通容量 1985¹⁾ で示されている最適な歩行路のサービス水準を把握するための基本的な尺度である。

表-1 サービス水準の解説¹⁾

	解説	図
サービス水準A (歩行者スペース≧130ft ² /人=12.08m ²)	歩行者は、基本的には他の歩行者に応じて自らの動きと速度を変えることなく、希望する部分を歩く。歩行速度は自由に選択され、歩行者相互の衝突はまず起こらない。	
サービス水準B (歩行者スペース≧40ft ² /人=3.72m ²)	歩行者は歩行速度を自由に選び、他の歩行者を追い越し他の歩行者との衝突を避けるに十分な広さがある。この水準では歩行者は他の歩行者に注意を払うようになり、他の人の存在に応じて歩行部分を選ぶ。	
サービス水準C (歩行者スペース≧24ft ² /人=2.23m ²)	通常の歩行速度を選び、また大半が同一方向の歩行者の流れであれば、他の歩行者を追い越すことができる十分なスペースがある。逆方向あるいは横断する歩行者の動きがある場合には、小規模な衝突が発生し速度と交通量がある程度低下する。	

本実験では、空間面積を 60 m²と設定し、歩行者人数はサービス水準 A を 3 人、サービス水準 B を 10 人、サービス水準 C を 20 人として実験を行った(表-2 参照)。表-2 各サービス水準における歩行者人数 (60 m²)

	サービス水準で定められている歩行者人数 ¹⁾	実験時の歩行者人数
サービス水準A	1~4人	3人
サービス水準B	5~15人	10人
サービス水準C	16~26人	20人

(2) 実験ケース分け

表-3 に「セグウェイとセグウェイ」の実験ケース、表-4 に「セグウェイと歩行者」の実験ケースを示す。「自転車と自転車」、「自転車と歩行者」は対面するケースのみを行った。

表-3 セグウェイ同士の実験ケース内容

ケース	内容
1	対面するケース
2	横方向(90°)から対面するケース
3	横方向(45°)から対面するケース
4	お互い並走し、1人(右側)だけ障害物を回避するケース
5	お互い並走し、1人(右側)だけ障害物を回避するケース(壁あり)
6	お互い並走し、1人(左側)だけ障害物を回避するケース
7	お互い並走し、1人(左側)だけ障害物を回避するケース(壁あり)
8	1人(Aスタートの人)だけ障害物を回避し、もう1人(Bスタートの人)は隣のレーンを走行するケース
9	1人(Aスタートの人)だけ障害物を回避し、もう1人(Bスタートの人)は隣のレーンを走行するケース(壁あり)
10	お互い対面し、障害物を回避するケース
11	お互い対面し、障害物を回避するケース(壁あり)

表-4 セグウェイと歩行者の実験ケース内容

ケース	内容
①	歩行者(1人)が対面するケース
②-1	歩行者(3人)が縦方向に歩くケース(サービス水準A)
②-2	歩行者(10人)が縦方向に歩くケース(サービス水準B)
②-3	歩行者(20人)が縦方向に歩くケース(サービス水準C)
③-1	歩行者(3人)が縦方向と横方向に歩くケース(サービス水準A)
③-2	歩行者(10人)が縦方向と横方向に歩くケース(サービス水準B)
③-3	歩行者(20人)が縦方向と横方向に歩くケース(サービス水準C)

3. 走行実験結果

(1) セグウェイとセグウェイの走行実験結果

表-5 に実験結果を示す。回避する相手がセグウェイであるケース 1 とケース 3 においては、回避行動を開始する瞬間の相対的な距離は 7.1m と 7.5m という結果になった。ケース 2 では、4.3m という結果になり、ケース 1 とケース 3 に比べて、回避行動を開始する瞬間の相対的な距離が短い結果となった。ケース 2 は、90°に対面するケースであり、相手の動きを窺いながら回避行動を行うため、ケース 1 とケース 3 に比べ、短い距離になったと考えられる。

すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離で

は、ケース 1 では 1.0m、ケース 3 では 1.6mであったのに対し、ケース 2 では 2.2mとなった。また、ケース 2 では相手との間に保つ距離にばらつきが大きい結果となった。これは、相手の動きを窺いながら回避行動を行うため、毎回違う結果となったと考えられる。ケース 4 からケース 11 は回避する相手が静止している障害物なので、すべて 0.2mから 0.3mという短い距離になった。

表-5 セグウェイ同士の回避距離のケース別平均値

	1 (22)	2 (22)	3 (22)	4 (13)	5 (15)	6 (13)	7 (15)	8 (16)	9 (22)	10 (28)	11 (26)
回避行動を開始する瞬間の相対的な距離(m)	7.1	4.3	7.5	2.8	2.0	2.5	1.8	2.4	3.3	4.3	3.8
すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離(m)	1.0	2.2	1.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3

(注) () は実験回数を示す

(2) セグウェイと歩行者の走行実験結果

表-6 にそれぞれの実験結果を示す。回避行動を開始する瞬間の相対的な距離は、映像からケース①では、3.5mを下回るとお互い衝突しそうになっているため、少なくとも 3.5m以上手前から回避行動を開始しなければ安全ではなく、衝突事故が起こる可能性が高いことが明らかとなった。サービス水準 A であるケース②-1 と③-1 のみ 3.5mを上回った。サービス水準 B であるケース②-2 と③-2 では、セグウェイは円滑に走行することができていたが、回避行動を開始する瞬間の相対的な距離は 3.5mを下回っているため完全に安全とはいえない。サービス水準 C であるケース②-3 と③-3 に関しては、映像から、衝突事故が起こりそうな場面が多く、ショッピングモールや広場に導入の際はサービス水準が C 以上になる場合は留意が必要である。

一方、すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離は、映像からケース①では、0.5mを下回るとお互い接触しそうになるため、少なくとも 0.5m以上水平距離を保つことができれば、接触事故が発生する可能性が低いといえる。サービス水準 A とサービス水準 B は 0.5mを上回っているが、サービス水準 C は 0.5mを下回っているのが危険といえる。しかし、サービス水準 B は平均 0.5mを上回っているが、ショッピングモールや広場に導入することを考えるとこのケースも完全に安全とはいえない。そのため、セグウェイが歩行空間を安全に走行するためには、サービス水準 A からサービス水準 B の間でなければならないことがわかった。

表-6 セグウェイと歩行者における実験結果

	①	②-1 水準A	②-2 水準B	②-3 水準C	③-1 水準A	③-2 水準B	③-3 水準C
回避行動を開始する瞬間の相対的な距離(m)	5.3	4.1	2.3	1.8	3.7	2.3	1.5
すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離(m)	0.8	0.6	0.5	0.3	0.8	0.6	0.4

4. 自転車の回避行動との比較

表-7 にセグウェイ、自転車、歩行者が対面するそれぞれのケースの回避行動距離を示す。回避行動を開始する瞬間の相対的な距離において「セグウェイとセグウェイ」は「自転車と自転車」に比べて長い。これはセグウェイが体重移動のみで簡単に速度が出てしまうため、相手との距離を長くとしていると考えられる。「セグウェイと歩行者」と「自転車と歩行者」でも、似たような回避行動距離となった。これは、セグウェイを運転する際に、セグウェイ搭乗者が、自転車に乗っているときと同じように正面から向かってくる歩行者を回避していることがわかる。

すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離においては、最も距離が短くなったケースは「セグウェイと歩行者」の 0.8mであったが、これは相手が歩行者ということで、相手がセグウェイや自転車のように相対速度の速い相手よりすれ違いやすいことから、最も短い距離になったと考えられる。「セグウェイと歩行者」が「自転車と自転車」と「自転車と歩行者」よりもすれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離が短い結果になったことは、セグウェイが自転車と同じように近距離ですれ違っても安全であると思われる。

表-7 回避行動距離の比較

	セグウェイとセグウェイ	自転車と自転車	セグウェイと歩行者	自転車と歩行者
回避行動を開始する瞬間の相対的な距離(m)	7.1	6.4	5.3	5.3
すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離(m)	1.0	1.3	0.8	1.1

5. おわりに

本研究では、セグウェイの走行実験より回避行動距離を把握し、自転車の回避行動と比較をした。その結果から、すれ違う際に回避する相手との間に保つ水平距離が自転車よりもセグウェイの方が短いため、自転車と同じような感覚でセグウェイを運転できることがわかった。今後の課題として、今回の実験では学生のみで行ったため、子どもや高齢者などがいる場合を想定した実験をする必要がある。

<参考文献>

- 1) (社) 交通工学研究会：道路の交通容量 1985、pp.489-491、1987 年。