

セグウェイの特性分析と共存条件に関する研究

中根優仁¹・金 利昭²

¹非会員 取手地方広域下水道組合 (〒302-8558 茨城県取手市小文間173番地)

²正会員 茨城大学教授 工学部 都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4丁目12-1)

E-mail:tkin@mx.ibaraki.ac.jp

道路空間における利用者ニーズの多様化を背景に様々なパーソナルモビリティが発現している。その代表ともされるセグウェイは、つくば市での公道走行実験が行われており、今後日本でも公道を走ることができるようになる可能性がある。しかし、これまでにない交通手段が加わることによる道路交通流の混乱が懸念されており、道路空間における交通モードの共存方策を検討することは不可欠である。

本研究では、セグウェイの挙動を把握するための実験を行い、走行区分と共存条件を検討し社会的受容性を明らかにすることを目的とする。その結果、セグウェイは「成人の自転車」との共存性が高く、通行帯は歩行者と分離した方が良いと考察した。

Key Words : segway, personal mobility, coexistence

1. はじめに

近年、様々なパーソナルモビリティ（電動四輪車や超小型自動車等）が発現している。その中でも新たな近距離移動用の交通手段として注目されているのが、重心の移動で乗り物の操縦が可能なセグウェイなどの立ち乗り電動二輪車である。現在の日本では、これらの公道での走行が許可されておらず、私有地内での警備巡回や観光ツアーに利用されていることが報告されるにとどまっている。しかし、茨城県つくば市では「ロボットの町つくば」としてモビリティロボット実験特区の認定を受け、公道走行の実現に向けてセグウェイの公道実験としてのツアーが行われている。

一方で現状の道路空間は、高齢者・障害者のモビリティの確保、環境負荷の低減、利用者ニーズの多様化を背景として様々なパーソナルモビリティが増えている。限られた道路空間に様々な交通手段・利用者が混在することで、道路交通の混乱が一層悪化することが懸念される。道路空間の秩序を守るためにも様々な交通手段・利用者（交通モード）の最適な共存方策を検討することが大切である。

本研究では、今後日本で公道走行が可能になることが考えられるセグウェイの挙動について実験を行い、セグウェイの特徴や特性を把握し、特性値を設定するとともに、公道における走行区分(歩道・車道・自転車道等)と

共存条件(制限速度・免許・装備品・マナー等)を検討し、社会的受容性を明らかにすることを目的とする。

2. 既存研究の整理

セグウェイに関する研究は近年増加しており、セグウェイを使用したツアーに関する研究や走行挙動に対する基礎的研究が多く確認できる。田中ら¹⁾、斉藤ら²⁾は国内のセグウェイツアーを調査し利用法について研究・提言している。塩見ら³⁾、江守ら⁴⁾は、走行実験を基にセグウェイと自転車の走行特性には類似性があることを明らかにした。しかし、これら既存研究は私有地でのセグウェイの利用法や基礎的な研究であり、セグウェイの共存条件や走行区分を十分に判断することはできないと考える。

共存性に関する研究として金⁵⁾は共存性の概念のもと、共存性分析のための人間的要因を加味した交通モードの新しい評価項目（特性値）を7つ設定し、交通モードごとに設定している。そして交通モードの共存性分析ツールを作成し、代表的な交通モードと新しく登場した交通モードの走行区分や共存条件を示している。しかし、セグウェイに対しての分析は行われていない。

3. 模擬実験による社会的受容性の検討

セグウェイが実際の道路空間を走る際にどのような問

表-1 挙動実験の概要

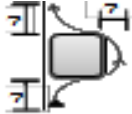
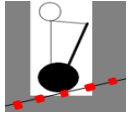
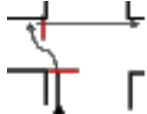
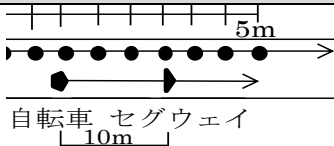
実験日 2013 / 1 / 12 , 参加人数 セグウェイを習熟した5人 , 茨城大学日立キャンパス構内各所		
実験内容		
a 路上駐車の車を避ける	b 坂での停止	c 二段階右折
目的		
・一連の流れに問題が無いか ・自動車との間隔距離	・勾配の違いで挙動に差が出るか ・上・下方向で挙動に違いが出るか	・一連の流れに問題が無いか
方法		
1人5回 動画計測 	1人5回 動画計測 	1人5回 動画計測 
実験の様子		
		

表-2 受容性実験の概要

実験日 2013 / 1 / 25 , 参加人数 セグウェイの経験のある16人 , 茨城大学日立キャンパス構内各所			
実験内容			
d(すれ違い)		e(追い越し)	
被験者			
対歩行者	対自転車	対歩行者	対自転車
速度[km/h]			
5・10・15	10・15・20	5・10・15	10・15・20
概要図, 実験の様子			
			
			

題があるのかを実験で、歩道や自転車道に受け入れられるのかを模擬実験を通したアンケート調査で確かめる。挙動実験の概要を表-1に、社会的受容性実験の概要を表-2に示す。

(1) セグウェイ挙動実験の結果

実験aでは、セグウェイが車道を通ることを仮定し実験を行った。問題視されていた後方確認時に本体がぶれるといったことは少なく、追い越す際の自動車との距離の5人の平均は54cmとなった。実験bより水平な場所と勾配のある場所では前後の移動幅の5人の最大平均に違い

はなく、両方とも約60cm移動している結果となったため、1分以上停止する際にはセグウェイから降りることで危険性は低くなる。実験cもセグウェイが車道を通ることを仮定し実験を行ったが5人とも問題がなかった。

(2) 受容性実験の結果

模擬実験後に威圧感、発生音、速度等についてアンケートを実施した。その結果、歩行者がセグウェイとすれ違う・追い越される時に威圧感があると感じた人数が半数を超えたのはセグウェイの速度が15[km/h]の時であった。セグウェイの発生音は10[km/h]まで静かと感じた人

数が半数を超えた。しかし、「存在を知らせるために音を大きくした方が良い」との意見も多い。セグウェイと自転車の威圧感を比べるとセグウェイの方が威圧感があると答える人が多いが、「セグウェイに慣れていない」等の理由もある。半数以上の9名が歩道でのセグウェイの通行に反対し、残りの7名も10[km/h]の速度制限を設けたうえでの賛成が多かった。自転車道での通行に反対する者はいなかった。

以上の実験結果より、挙動上は問題は少なく様々な通行帯に対応できると考える。しかし、受容性を考えると歩行者とは通行帯を分けた方が良いことが考えられる。

4. セグウェイの特性値の設定

特性値とは、交通モードの特性を7段階(数字が大一評価も高)で数値化したもの⁹⁾であり、定めるために筆者を含めた5人の調査員で2012年7～12月の内、約3か月間セグウェイを練習し、セグウェイの特性を十分に経験・認識した。調査方法は特性値の判断理由と既存の交通モードの特性値を確認し、ブレインストーミングによりセグウェイの特性値を設定した。定めたセグウェイの特性値と根拠について表-3に示す。

表-3 セグウェイの特性値とその根拠

予想外行動の頻度	3	・転倒の危険性が高い 段差や壁等の障害物に接触しただけで転倒してしまう ・起動状態で手を放すと自走してしまう(約2m) ・最小回転半径が0mなので急な方向転換が可能
よけやすさ	6	・最小回転半径が0mなので小回りが利く ・停止する際にふらつきがある
被視認性	4	・歩行者より全長×全幅×全高が少し大きい
自然発声音	4	・走行時の走行音(モーター音)が大きい
相手に対する威圧感	3	・歩行者より全長×全幅×全高が少し大きい ・転倒の危険性が高いというイメージが高い ・走行時の走行音(モーター音)が大きい
情報受け取り能力	4	・操作が単純なため他の作業の邪魔にならない ・歩行者より目線が高いため周りが見渡しやすい ・バックミラーが無いため走行中振り向こうとすると走行の軌道が変わってしまう
意思伝達能力	5	・ウィンカーは無いが手振りや声などで伝えられる

表-4 分析道路空間

分析道路空間名	説明
3分割	歩道・自転車道・車道
2分割	歩道・車道
1分割歩車共存	歩車共存道路
1分割歩車分離	歩車分離道路

5. セグウェイの共存性の分析

(1) 共存性の定義⁹⁾

共存性とは、金⁹⁾によって以下のように定義されている。共存性(コンパティビリティ: *compatibility*)とは、様々な交通モードが同一交通空間内で共存していくための交通システムの能力であり、「交通モードの諸元・安全性・性能・特性」「道路空間の配分・デザイン」「交通制度・規則・マナー」によって規定される。共存性を高めるためには三者の同時設計が必要である。具体的には、今後道路空間を整備する際に、多様な交通モードを類型化して通行帯をどのように配分していくか、さらに配分した通行帯の中で異種モードが共存するためにすれ違いや追い越しなどの交通規則やマナーを確立していくこと、さらに交通モード自体の諸元・性能・特性に交通計画の側から注文をつけていくことが必要であるとされる。

(2) 分析方法

共存性の分析は金⁹⁾が作成した共存性分析ツールを参考にして、諸元値を用いる分析ツールに安全性をより考慮する「撃力(総重量×平均速度)」を加え、諸元値分析により現状の走行区分ごとに交通モードをグループ分けし、セグウェイがどのグループに近いのかで走行区分を考察する。そして特性値を用いる分析ツールでは諸元値分析で定めた走行区分での走行条件を考察する。共存性

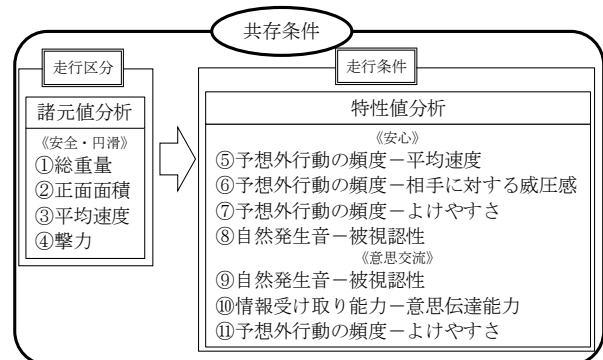


図-1 共存要件と評価項目、分析ツールの対応

分析ツールとは、交通モードを「安全・円滑」、「安心」、「意思交流」の視点で複数の交通モードの諸元値と特性値を用いて一目で判断できるようにグラフ化したものであり、他の交通モードと比較・グループ分けできる。共存要件と評価項目、分析ツールの対応を図-1、分析に使用する交通モードを次ページ表-5に示した。

(3) 分析対象とする道路空間の設定

分析するにあたって道路空間分割を行い、道路空間ごとに共存条件を考察する。表-4に道路空間の説明を示す。

(4) 「3分割」の分析結果と考察

「3分割」での分析ツール④のグラフを図-2(次ページ)に示す。図-2の交通モードに対する数字は表-5(次ページ)に対応している。「3分割」での諸元値分析より、自転車道のグループとの共存性は高く、セグウェイは自転車道に配分されることになった。特性値分析では代表的な

表-5 共存性分結果対応表

1	聴覚障害者	2	視覚障害者	3	児童歩行者	4	高齢歩行者	5	成人歩行者
6	ベビーカーを押す	7	自転車を押す	8	キックスケーター	9	手押し車	10	自操の車椅子
11	介助付車椅子	12	電動車椅子	13	電動四輪車	14	児童の自転車	15	高齢者の自転車
16	成人の自転車	17	原付自転車	18	自動二輪車	19	低速自動車	20	高齢者運転の自動車
21	自動車	22	セグウェイ						

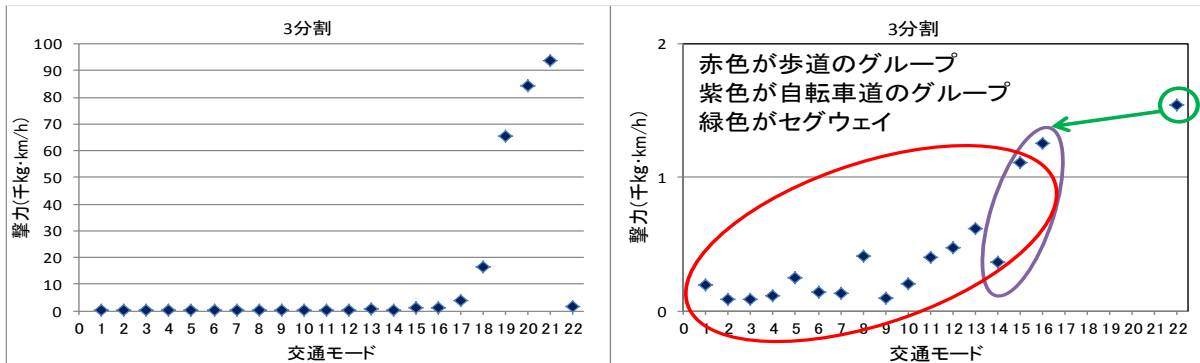


図-2 共存分析結果の一部

交通モードである「成人の自転車」と比べて「相手に対する威圧感」と「予想外行動の頻度」の評価が低くなっている程度である。理由としては「成人の自転車」より転倒の危険性が高いことが考えられ、対応策は転倒の危険性を減らすための操作技術や片タイヤが障害物に接触・停止した際の対処法の習得・講習、熟達を示す免許制、タイヤに接触防止の覆いを付ける等が挙げられる。

(5) 「2分割」の道路空間の分析結果

「2分割」での諸元値分析より、セグウェイは車道に配分されることとなった。しかし、車道の代表的な交通モードである「普通自動車」との共存性は低く、撃力がとても高い「普通自動車」等と同じ走行帯なので重傷となる危険性が高い。そのため、共存性の高い「成人の自転車」と同様に車道の左端を走行しなくてはならないと考えられる。特性値分析では代表的な交通モードである「普通自動車」と比べて「予想外行動の頻度」の評価が低い。考えられる理由は「3分割」の分析と同様に転倒の危険性が高いことが挙げられる。対応策として考えられることも「3分割」の分析と同様である。また「自然発音」「被視認性」の評価も低いことで、「普通自動車」から発見されにくく意思交流が上手くいかない結果となっている。この場合の対応策として、大音量のブザーや走行音発生装置を備えるところが挙げられるが、あまり大きすぎると「相手に対する威圧感」が高くなってしまいうためバランスが重要である。また、「被視認性」を上げるために存在を知らせる旗等の装備も一案である。

(6) 「1分割」の道路空間の分析結果

「1分割歩車共存」と「1分割歩車分離」での分析結果は、代表的な交通モードである「成人歩行者」、「成人の自動

車」の共にセグウェイとの共存性は低く、歩行者との速度・重量差があるため、搭乗者より歩行者が危険である。安全上、「撃力」を「成人歩行者」と同程度にするためには、セグウェイの平均速度を2km/hにしないといけない。特性値は「予想外行動の頻度」「相手に対する威圧感」「自然発音」「被視認性」「情報受け取り能力」に少なからず問題があった。よって、共存性が低いので歩道走行は避けた方がよい。

6. 結論

セグウェイは、共存性分析から「成人の自転車」との共存性が高いこと、及び受容性実験から歩行者と通行帯を分けた方がよいことがわかった。よって、セグウェイの公道走行を認める場合には、自転車通行帯を共用することが妥当と判断できる。しかし、現時点では車道型自転車通行帯の普及率は低いことから、自転車交通の動向を見ながら慎重に共存条件を検討する段階と考える。

参考文献

- 1) 田中 絵里子, 他: セグウェイを用いたキャンパス・ツアーの有効性に関する研究, 第43回土木計画学研究発表会・講演集, 2011
- 2) 齋藤 和仁, 他: 観光ツアーを対象としたパーソナルトランスポートの利用意向に関する研究, 第43回土木計画学研究発表会・講演集, 2011
- 3) 塩見 康博, 他: セグウェイの走行挙動特性に関する基礎的研究, 第43回土木計画学研究発表会・講演集, 2011
- 4) 江守 央, 他: Segway の回避行動特性に関する基礎的研究, 第29回交通工学研究発表会論文集, pp. 165-168, 2009
- 5) 金 利昭, 他: 共存性分析のための私的短距離交通手段の新しい評価項目に関する研究, pp. 769-780, 土木計画学研究・論文集Vol. 21 no. 3 2004年9月
- 6) 警察庁: 平成23年中の交通事故の発生状況, 2012

(2013. 8. ? 受付)