

# 人間との親和性を有するパーソナルモビリティの運動制御

## Motion Control of Human-Friendly Personal Mobility

2011012



研究者代表

大阪府立大学 工学研究科

助教

中川 智 皓

### [研究の目的]

近年、環境保全、高齢社会、移動権確保への対応から、歩行の延長となる個人の移動手段、パーソナルモビリティの研究開発が成されている。例えば、小型の倒立振子型車両は、パーソナルモビリティの代表例である(図1)。これは、操縦者の体重移動によって走行する乗り物である。

本研究では、パーソナルモビリティを対象に、人間と機械の親和性を科学する。研究の最終目的は、人間、すなわち車両の操縦者、また周囲の歩行者との親和性が高い動きを実現するパーソナルモビリティの運転支援システムを構築することである。パーソナルモビリティは、ロボット単体として動くモノではなく、車両と人



トヨタ自動車ホームページより

図1 パーソナルモビリティの例  
(小型の倒立振子型車両)

間が一体となって、初めて、移動という生活の重要な一部を成すため、人間との調和を図ることに大きな意義がある。

倒立振子型車両はその小回りの利く利便性から観光や警備に使用されている例がある<sup>(1)</sup>。このように歩行空間で使用されうるパーソナルモビリティは、周囲歩行者にとって安全また安心であることが求められる。歩行空間におけるパーソナルモビリティの歩行者との親和性に関する研究ではこれまで以下の検討を行った。商店街を模擬した歩行者流内において、自転車や倒立振子型車両を走行させ、周囲歩行者への不快感や恐怖感をアンケート評価した。その結果、車両の種類によって不快感や恐怖感が有意に異なることが分かった<sup>(2)</sup>。次に、パーソナルモビリティと歩行者の親和性を数値的に評価する手法として、パーソナルスペース(Personal Space, PS)の概念を用いた検討を行った。パーソナルスペースとは、他者の侵入によって心理的緊張が生じる領域である。車両の種類、大きさ、速度によって有意にパーソナルスペースが変化することを示した<sup>(3)</sup>。また、パーソナルモビリティ操縦者と歩行者のパーソナルスペースが必ずしも一致しないことを示した<sup>(3)</sup>。すなわち、パーソナルスペースの測定結果では、すれ違う際にパーソナルモビリティ操縦者にとって歩行者は不快でなくとも、歩行者にとってはパーソナルモビリティが不快と感じる状況の存在が確認された。

そこで、本研究では、パーソナルモビリティが歩行者と親和性の高い動きを実現するために、パーソナルスペースを利用したパーソナルモビリティの運転支援を構築することを最終目標とする。基礎検討として、パーソナルスペースの概念に基づいた行動モデルを構築し、シミュレーションにて歩行者とPMVの親和性を状況別に評価する。

[研究の内容, 成果]

1. パーソナルスペースを利用したパーソナルモビリティの運転支援コンセプト

パーソナルスペースを利用したパーソナルモビリティの運転支援コンセプトを述べる。パーソナルモビリティの歩行者との親和性を向上させるために、歩行者のパーソナルスペース内できるだけパーソナルモビリティが侵入しないようにすることを目標とする。例えば、パーソナルモビリティがレーザーレンジファインダ等で周囲歩行者を検知し、そのときの状態量（距離、速度等）から歩行者のパーソナルスペースを計算する。パーソナルモビリティ操縦者が歩行者のパーソナルスペースに侵入しているまたは侵入しそうである場合には、音や光、振動などでそれを知らせる。その後、パーソナルモビリティ操縦者自身の判断で歩行者を回避する。もしくは、他者のパーソナルスペースに侵入しそうな場合に、車両側で減速や回避の制御を行う、または操縦者が減速や回避を行うよう促す制御を行う。図2に、パーソナルスペースを利

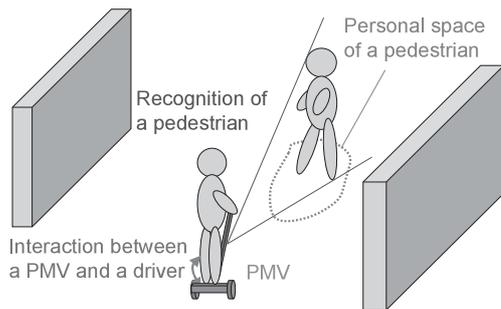


図2 パーソナルスペースを利用した

用したパーソナルモビリティの運転支援コンセプト図を示す。

2. 数値シミュレーション

2.1 パーソナルスペース

歩行者またパーソナルモビリティ操縦者のパーソナルスペースは、以下のように定義する。歩行者のパーソナルスペースについては、歩行者とパーソナルモビリティ操縦者が互いに正面からすれ違う場合に、パーソナルモビリティ操縦者が直進し続け、歩行者がパーソナルモビリティ操縦者を回避し始めたときの両者の頭部間距離を前方パーソナルスペース  $l_f$ 、すれ違う際の真横の頭部間距離を側方パーソナルスペース  $l_s$  とした。パーソナルモビリティ操縦者のパーソナルスペースについても同様に定義する。

2.2 通常のパーソナルモビリティ行動モデル

通常のパーソナルモビリティの行動モデルを図4のフローチャートに示す。パーソナルモビ

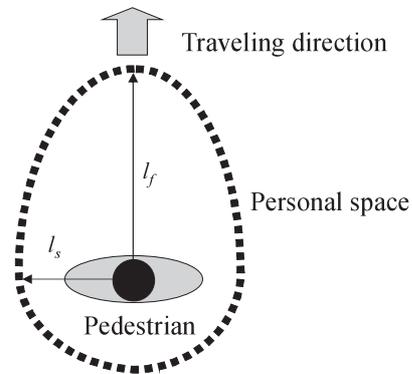


図3 パーソナルスペース

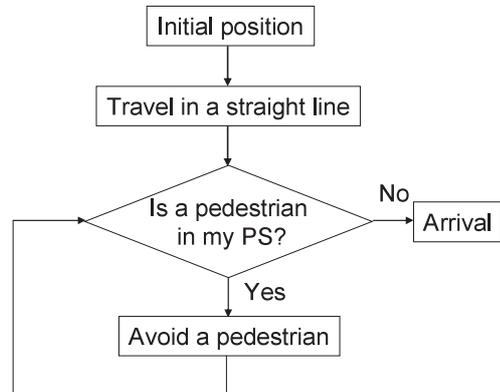


図4 通常の行動モデル

リティは初期位置から目標地点に向かって直進するものとする。歩行者が視界に入った場合、歩行者がパーソナルモビリティ操縦者のパーソナルスペースに侵入しているかを判定する。パーソナルモビリティ操縦者のパーソナルスペースに歩行者が侵入していれば歩行者を回避する。これは、パーソナルモビリティ操縦者自身のパーソナルスペースに基づいた通常のパーソナルモビリティの行動といえる。

### 2.3 歩行者のパーソナルスペースを尊重したパーソナルモビリティ行動モデル

歩行者のパーソナルスペースを尊重したパーソナルモビリティの行動モデルを図5のフローチャートに示す。歩行者が視界に入った場合、歩行者のパーソナルモビリティに対するパーソナルスペースを計算する。パーソナルモビリティが歩行者のパーソナルスペースに侵入しているかを判定する。歩行者のパーソナルスペースにパーソナルモビリティが侵入していれば歩行者のパーソナルスペースから出るようにする。その後、パーソナルモビリティ操縦者のパーソナルスペースに歩行者が侵入しているかを判定し、侵入していれば歩行者を回避する。これは、まず歩行者のパーソナルスペースを尊重し、次にパーソナルモビリティ操縦者自身のパーソナルスペースに基づいて回避する行動といえる。

## 3. 結果

パーソナルモビリティが歩行者のパーソナルスペースを尊重する場合とそうでない場合の歩行者に対する効果の評価には、平均侵食率、最

大侵食率、すれ違い時間の3指標を用いた [7]。

シミュレーションの結果、車体幅によって、歩行者のパーソナルスペースを尊重する行動の効果が出やすい条件とそうでない条件が分かった。歩行者のパーソナルスペースに比べてパーソナルモビリティのそれが大きい場合は、パーソナルモビリティの運転の支援をせずともパーソナルモビリティは歩行者のパーソナルスペースを侵害しない。一方、歩行者のパーソナルスペースに比べてパーソナルモビリティのそれが小さいときに運転支援の効果が発揮された (図6)。

走行する空間の道幅によって、歩行者のパーソナルスペースを尊重する行動の効果が変化することが分かった。道幅が2 [m] 程度のときは、パーソナルモビリティの運転支援を付加しても、歩行者を回避できる空間が限定されているため、その効果は小さい。一方、道幅が3 [m] 程度あれば、歩行者を回避する空間を十分取ることができ、運転支援の効果が確認できた (図7)。

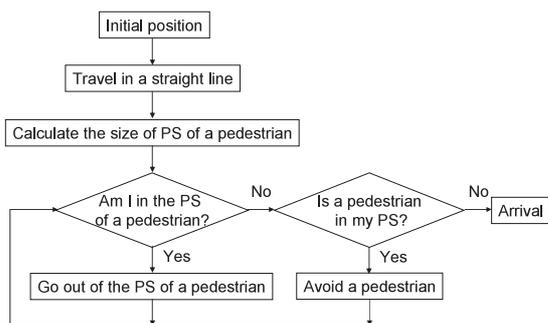


図5 パーソナルスペースを尊重した行動モデル

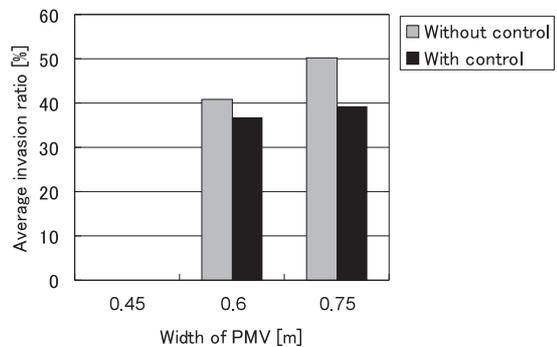


図6 パーソナルモビリティの車体幅に対する平均侵食率

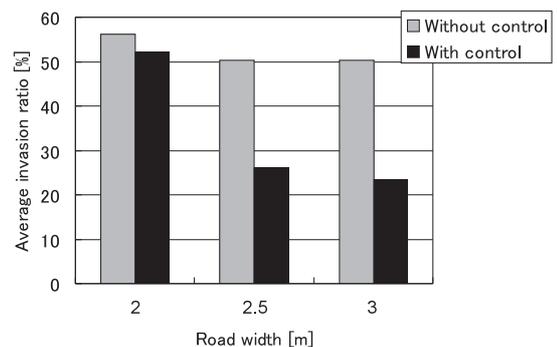


図7 道幅に対する平均侵食率

その他、歩行者の回避操縦支援に、速度制御も組み込んだ支援についてもシミュレーションを行った。速度制御を行う場合、減速度量により、「すれ違い時間」と「侵食率」の間にトレードオフの関係があることが分かった [4]。

#### [今後の研究の方向, 課題]

今後、提案したパーソナルスペースを利用した運転支援システムを実装した車両を用い、実験にて効果を検証することが課題である。

#### [参考文献]

- (1) Segway Inc. Website,  
<http://www/segway.com/>, July 13, 2012 accessed.
- (2) 中川智皓, 中野公彦, 須田義大, 川原崎由博, 小坂雄介, “歩行空間におけるパーソナルモビリティ・ビークルの安全性と安心感”, 自動車技術会論文集, Vol. 41, No. 4, (2010), pp. 941-946.
- (3) 中川智皓, 中野公彦, 古賀誉章, 須田義大, 川原崎由博, 小坂雄介, “パーソナルスペースを用いたパーソナルモビリティと歩行者の親和性評価実験”, 日本機械学会 (C 編), Vol. 76, No. 770, (2010), pp. 2493-2499.

#### [成果の発表, 論文等]

- [1] 中川智皓, 今村和樹, 新谷篤彦, 伊藤智博, パーソナルモビリティ・ビークルの大きさと歩行者の親和性に関する実験的研究, 日本機械学会論文集 C

編, 78, 794, 3332-3342 (2012).

- [2] 今村和樹, 中川智皓, 新谷篤彦, 伊藤智博, パーソナルモビリティ・ビークルのパーソナルスペースを利用した回避行動の基礎研究, 日本機械学会関西支部第 87 期定時総会講演会講演論文集, 124-1, 11/4 (2012).
- [3] 中川智皓, 今村和樹, 新谷篤彦, 伊藤智博, パーソナルスペースを利用した PMV の運転に関する基礎検討, 日本機械学会 Dynamics & Design Conference 2012, USB 講演論文集, 12-12, 222, 9 pages (2012).
- [4] 今村和樹, 中川智皓, 新谷篤彦, 伊藤智博, パーソナルスペースを考慮した回避操縦支援を組み込んだ PMV が周囲環境に与える影響の基礎的検討, 日本機械学会第 21 回 交通・物流部門大会講演論文集, 12-79, 1413, 4 pages (2012).
- [5] 今村和樹, 中川智皓, 新谷篤彦, 伊藤智博, PMV のパーソナルスペースを利用した複数歩行者への回避行動の基礎検討, 日本機械学会関西支部第 88 期定時総会講演会講演論文集, 134-1, 7-15 (2013).
- [6] C. Nakagawa, K. Imamura, A. Shintani and T. Ito, Influence of the Size of a Personal Mobility Vehicle on the Affinity with a Pedestrian, Proc. of ASME 2012 5th Annual Dynamic Systems and Control Conference joint with the JSME 2012 11th Motion and Vibration Conference, CD-ROM Proceedings, DSCC2012-MOVIC2012-8578, 8 pages (2012).
- [7] C. Nakagawa, K. Imamura, A. Shintani and T. Ito, Simulations of the Relationship between Personal Mobility Vehicle and Pedestrians, Proc. of 2012 IEEE International Systems Conference (SYSCON), pp. 53-58, (2012).