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*

中川 智皓^{*1}, 今村 和樹^{*2}, 新谷 篤彦^{*1}, 伊藤 智博^{*1}

Experimental Study on the Influence of the Size of Personal Mobility Vehicle on Pedestrians

Chihiro NAKAGAWA^{*1}, Kazuki IMAMURA, Atsuhiko SHINTANI and Tomohiro ITO

^{*1} Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University
1-1 Gakuen, Naka, Sakai, Osaka, 599-8531, Japan

For the reduction of environmental load, the support of aged society and the right to mobility, new individual mobility methods are expected. As a method, Personal Mobility Vehicles (PMVs) are investigated and developed these days. Compact PMVs have enough possibility to be used in pedestrian areas for its convenience. It is important to insure safety and comfort to the pedestrians when they share the spaces with PMV users. In this paper, in order to evaluate the influence of PMV on pedestrians, we measured the personal space of the pedestrian who walked against the PMV user. From the experimental results, it was shown that the width of the PMV and height of the step of the PMV significantly affected the personal space of pedestrians. Especially when the width and the height becomes larger, it was found that the front personal space of the pedestrians expanded.

Key Words : Transport, Transportation Engineering, Human Engineering, Personal Mobility Vehicle, Pedestrian

1. 緒 言

地球環境保全, 高齢社会への対応, 移動権の確保といった観点から, 個人の新しい移動手段となる乗り物, パーソナルモビリティ・ビークル (PMV) の研究, 開発が進んできている。特にコンパクトな PMV は, 街路, 歩道, 施設内などの移動空間において使用される可能性があり, 人にも環境にも優しく構築されることが期待されている。例えば, 倒立振子型車両が挙げられる⁽¹⁾⁽²⁾。これは, 平行に二つの車輪を有し, 不安定な系を人工的に安定化した乗り物である。倒立振子の制御理論を用いて, センサから読み取った車両の傾きなどの情報をフィードバックさせ, モータのトルクを制御して平衡状態を保っている。搭乗者の体重移動によって前後に走行し, 旋回する乗り物である。自動車や自転車に比べ, 小型であり小回りが利くため, 歩行空間での使用が想定される。このような PMV が歩行者と空間を共有する際, 安全性, 安心感を確保することは, 重要な課題である。

歩行空間における歩行者と車両の親和性に関する検討では, 以下の研究例が挙げられる。心理学に関する研究では, 接近者の印象や対人距離による心拍数変化の検証⁽³⁾や人と人との快適距離の議論⁽⁴⁾がある。これらによって, 他者の侵入によって心理的緊張が生じるパーソナルスペースという概念の重要性が示されている。交通工学分野では, 歩行者の交錯交通における行動モデルの構築⁽⁵⁾や自転車, 徒歩等の非自動車交通の現状評価⁽⁶⁾, 車椅子混入が歩行者の群集流動に与える影響の検討⁽⁷⁾が行われている。これらは, 実環境において実用化された交通手段を取り上げて考察している。また, 先行車の接近に対するリスク認知に関する研究では, 人間の網膜上の視野角度の変化量を用いた人間工学的な解明が行われている⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。建築に関する分野では, 商業地⁽¹²⁾や通路空間⁽¹³⁾, 駅構内⁽¹⁴⁾における人の行動領域を人とも, 人と人の関係から実験的に評価している。ロボットと人との親和性

* 原稿受付 2012 年 1 月 5 日

^{*1} 正員, 大阪府立大学 大学院工学研究科 (〒599-8531 大阪府堺市中央区学園町 1-1)

^{*2} 学生員, 大阪府立大学 大学院工学研究科

E-mail: chihiro@me.osakafu-u.ac.jp

Fig.1 Dynamically stabilized vehicle

に着目した研究には、ロボットと人との安全距離を実験的に測定した事例⁽¹⁵⁾や高齢者に主眼を置いてロボットと人の快適距離を測定した実験⁽¹⁶⁾がある。以上のように、歩行者と車両の親和性に関連する研究は、多岐にわたるが、人が乗車する PMV、特に立ち乗り型倒立振子型車両を取り上げ、歩行者との親和性を検討した研究はほとんど行われていない。

本論文の先行研究では、商店街を模擬した歩行者流内を自転車や倒立振子型車両などの PMV を走行させ、周囲歩行者に与える影響をアンケートで評価した。その結果、車両の種類によって歩行者の不快感や恐怖感が有意に変化することが分かっている⁽¹⁷⁾。PMV の歩行者に対する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の概念を用いた研究では、PMV の種類、速度によって、パーソナルスペースの大きさが変化することを定量的に示した⁽¹⁸⁾。また、PMV に対する歩行者の心理的構成要因を探索的に理解するため、キーグラフを用いた解析を行った⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾。これは、自由記述型のアンケート文書から単語の出現頻度と共起関係をもとにグラフを生成し、視覚的に文書のキーワードを把握する手法である。本解析結果では、PMV の速度、大きさ、背の高さが、歩行者へ不快感、恐怖感を与える要因の上位に挙げられた。よって、それら状態量に着目し、PMV と歩行者との親和性をパーソナルスペースを用いて評価することが課題である。

PMV の速度がパーソナルスペースに与える影響については先行研究において調査したため、本論文では、PMV の大きさ、背の高さについて議論する。PMV としては、図 1 に示す市販の立ち乗り型の倒立振子型車両(eweePT)を用いる⁽²¹⁾。前後方向の移動は人間の重心移動、旋回は手元のジョイスティックの操作で運転が可能な車両である。車両の大きさには、車体の幅、高さ、奥行き、前面投影面積などの状態量があるが、ここでは車体の幅、ステップの高さを取り上げる。一般にパーソナルスペースは前方に広く、横、後ろと次第に狭くなっていることが知られている。また、着座時のパーソナルスペースの研究では、遮蔽物により不快感を低減できることが示されている⁽²²⁾。このことから対象物(者)の見え方が、パーソナルスペースを検討する上で重要となると考え、歩行者が正面から車体を見た場合に大きく変化する状態量に着目する。正面からの見た目では、車体奥行きはほとんど変化しないためここでは省略する。前面投影面積については、その形状(三角、逆三角、横長、縦長)や材質によってもパーソナルスペースが変化する可能性も考えられ⁽²³⁾⁽²⁴⁾、今回は簡単のため車体の幅のみを変化させる。さらに、立ち乗り型の倒立振子型車両では、操縦者が立位で乗車している状態であるため、実験においてそれら一体の高さは操縦者の頭が最上部となる。よって、車体と操縦者全体の高さを考慮した状態量として、ステップの高さに着目する。以上より、本実験では、車両の幅、ステップ台の高さを変化させた場合における周囲歩行者のパーソナルスペースを測定し、その特性を把握する。

2. パーソナルスペース

パーソナルスペースとは、他者の接近によって心理的緊張が生じるスペースである⁽⁴⁾。一般に対象物が静止した状態において計測されるが、本研究では歩行者に対向する PMV が移動している場合のパーソナルスペースを

Fig.2 Pedestrian's front personal space

Fig.3 Pedestrian's side personal space

計測する⁽¹⁴⁾。歩行者のパーソナルスペースは、以下のように定義する。歩行者に対向する PMV が直進し、歩行者が避け始めたときの頭部間距離を前方パーソナルスペース l_f とする。その後、歩行者と PMV がすれ違う際の頭部間距離を側方パーソナルスペース l_s とする。図 2 に前方パーソナルスペース、図 3 に側方パーソナルスペースを示す。

3. 実験

3・1 実験方法

実験では、既存の立ち乗り型の倒立振り子型車両である eweePT を用いた。図 4 に車両下部の概観を示す。実験では、転倒防止のため前後に小さなキャスタを取り付けた。また、ステップ台の高さを変更できるよう車両を加工した。

PMV と歩行者は対向した状態で前進する。今回は、PMV に対する歩行者のパーソナルスペースを測定するため、PMV は直進し、歩行者が PMV を回避する。PMV 操縦者は、事前に走行練習を行った。試験路は、走行方向に 10m 以上存在することとし、回避するのに十分な幅をとった。前方と側方のパーソナルスペースの測定には、上方からのビデオ撮影によって取得したデータを用いた。試験路には、測定用のカラーテープを貼った。図 5 に

Fig.4 PMV for the experiments

Fig.5 Picture of the experiment

実験の様子を示す。なお、実験に際し、ヘルシンキ宣言に則り、想定される危険性はすべて事前に説明し、被験者の意思を確認し、同意書による承諾を得、倫理原則に基づいて実施した。

3・2 実験条件

実験では、PMVの大きさに対する歩行者のパーソナルスペースを調べるため、車両の幅とステップ台の高さを变化させた。それぞれの条件について以下に述べる。PMVの走行速度は、歩行速度と同程度の4 km/hとした。

(1) 車両の幅

車両の見た目の幅を変化させるため、ボール紙を用いて車両の幅を調整した。車両の幅は、0.3, 0.45, 0.6, 0.75 [m]の4条件とした。図6にそれぞれの写真を示す。これらは正面から撮影したものであり、PMVに対向する歩行者が目にする形である。車両操縦者は1名、歩行者は8名で、全員20代男性であった。

(2) ステップ台の高さ

車両のステップ台の高さを地面から0.05, 0.2 [m]の2条件に設定した。車体下部にステップ台固定のための治具を設け、高さを変更した。図7にそれぞれの写真を示す。これらは側面から撮影したものである。図7(b)より、

Fig.6 Width conditions of PMV

Fig.7 Height conditions of PMV

設置した治具によってステップ台の位置が高くなっていることが分かる．車両操縦者は1名，歩行者は11名で，全員20代男性であった．

4. 実験結果

車両の幅，ステップ台の高さ各々を変化させた条件での実験結果を以下に示し，考察する．

4・1 車両の幅による変化

図8,9に車両の幅を変化させたときの前方パーソナルスペース，側方パーソナルスペースを示す．それぞれの

Fig.8 Front personal space according to width of the vehicle

Fig.9 Side personal space according to width of the vehicle

数値は、歩行者のパーソナルスペースの平均値を示している。エラーバーは標準偏差を表す。*印は、一番幅の小さい条件（幅 0.3 [m]）と比べて、有意にパーソナルスペースが変化した条件を示している（符号検定, $N=8$, $p<0.05$ ）。

図 8, 9 より, PMV に対向する歩行者の前方パーソナルスペース, 側方パーソナルスペースはともに, 車両の幅 0.3 [m]のときに比べ, 0.6, 0.75 [m]の条件では有意に大きくなっていることが分かる。ここで, PMV と歩行者のすれ違う際の距離について考察する。側方パーソナルスペースは, PMV 操縦者と歩行者の頭部間距離で定義されているが, 車両の端すなわちボール紙の端から歩行者頭部までの距離 l_d を考える。歩行者頭部から車両までの距離は, 次のように表される。

$$l_d = l_s - \frac{l_w}{2} \quad (1)$$

ただし, l_w は車両の幅である。図 10 に各々の距離を図示する。歩行者頭部から車両までの距離 l_d をまとめたグラフを図 11 に示す。それぞれの数値は, 距離 l_d の平均値であり, エラーバーは標準偏差を表す。図 11 より, いずれの車両幅の場合も歩行者頭部から車両までの距離は 0.5[m]程度であり, 有意差はないことが分かる。よって, PMV と歩行者のすれ違う際の距離は, 車両の幅によって変化するわけでないことが分かった。すなわち, 側方パーソナルスペースは, 車両の幅を広げると, 拡大した幅の分だけ大きくなることが示された。

Fig.10 Definition of distance to vehicle from a pedestrian

Fig.11 Distance to vehicle

4・2 ステップ台の高さによる変化

図 12, 13 に車両のステップ台の高さを変化させたときの前方パーソナルスペース, 側方パーソナルスペースを示す。それぞれの数値は, 歩行者のパーソナルスペースの平均値を示している。エラーバーは標準偏差を表す。*印は, ステップ台の高さが低い条件（高さ 0.05 [m]）と比べて, 有意にパーソナルスペースが変化したことを示している（符号検定, $N=11$, $p<0.05$ ）。

Fig.12 Front personal space according to height of the step

Fig.13 Side personal space according to height of the step

図 12 より、前方パーソナルスペースは、ステップ台高さ 0.05 [m]より 0.2 [m]のときに有意に拡大していることが分かる。また、図 13 に示すよう側方パーソナルスペースの平均値も増加している。以上のことから、車両のステップ台が高くなると対向する歩行者のパーソナルスペースは、拡大する傾向にあることが分かった。パーソナルスペースに影響を及ぼす要因の検討を示した文献⁽²⁹⁾では、接近者の身長がパーソナルスペースの大きさに影響を与えることが述べられている。ステップ台の高さを変化させた本実験は、PMV 操縦者の見た目の身長が変化しており、上記文献の内容と一致する点があると言える。

5. 考察

以上の実験結果より、PMV の幅、ステップの高さがパーソナルスペースに影響を与えることが示された。本章では、それら状態量がパーソナルスペースに影響を与えるメカニズムについて検討する。また、これまでに得られた結果に基づき、歩行者との親和性を考慮した PMV の設計指針の方向性を示す。

5・1 車両の幅、ステップ台の高さがパーソナルスペースに影響を与えるメカニズムの検討

自動車の認識メカニズムに関する研究では、例えば、和田らは網膜上における先行車面積の時間変化率に基づいて衝突リスクを認知し、運動操作を行っているという仮説に基づき、リスク認知指標を提案している⁽⁹⁾。PMV の認識またパーソナルスペースへの影響においても、視環境の変化を考察することは重要であると考えられる。対向車両の幅が歩行者のパーソナルスペースに影響を与えるメカニズムには、視環境の快適性が関係すると考えられる。視覚心理学におけるゲシュタルトの「図と地」の理論⁽²⁵⁾を歩行者の空間知覚に援用した研究では、歩行者が歩行ルートを決断する際に他者の持つ影響力を「図」と「地」で表現している⁽²⁶⁾。「図」とは、他の物を背景として全体の中から浮き上がって明瞭に知覚される物であり、「地」は、背景に退く物である。本論文の実験では、

試験路には十分大きな空間を準備したため、歩行者にとって、接近してくる PMV および操縦者が「図」となりそれ以外の試験空間が「地」となったと考えられる。歩行空間内に存在する障害物が歩行者に及ぼす視覚的影響を調べた研究では、歩行空間内の障害物はその空間を欠損する物として捉えられ、路上に置かれた障害物が道の通りにくさや不快感に大きく影響を及ぼすことが確認されている⁽²⁷⁾。歩行者の障害物から受ける心理的な障害の程度は、障害物の幅の変化による影響が大きいことが示されている⁽²⁸⁾。PMV および操縦者は、歩行者にとって自らが移動する空間「地」を欠損させる障害物「図」として認識され、不快感を引き起こし、回避し始める前方パーソナルスペースに影響を与えたと考えられる。車両の幅が大きくなるほど、空間「地」が欠損する。

ここで、網膜上における先行車面積を取り扱った先行研究⁽⁸⁾における知見をベースとし、考察を行う。網膜上に投影される PMV の見かけ上の面積は、次式のように表される⁽⁸⁾。

$$S = W_p \times H_p \times f^2 \times \frac{1}{D^2} \quad (2)$$

S は網膜上に投影される PMV の見かけ上の面積、 W_p は PMV の幅、 H_p は PMV の高さ、 f は焦点距離、 D は歩行者と PMV との距離である。ここでは、 D を歩行者が PMV を回避し始めた距離、すなわち前方パーソナルスペースとした。式(2)より、前方パーソナルスペースが拡大すると、網膜上に投影される PMV の見かけ上の面積は小さくなることが分かる。図 14 に、PMV の幅（ボール紙の幅）と網膜上に投影される PMV の見かけ上の面積の関係を示す。網膜上の投影される PMV の面積は、車両幅 0.6 [m] と 0.75 [m] でほとんど同じであることが分かる。車両幅 0.45 [m] の場合は、それらに比べて -14% の大きさである。幅 0.3 [m] のときは、幅 0.45 [m] に比べて網膜上の投影面積が大幅に小さくなっている。今回の実験では車両をまたぐ形で操縦者は乗車するため、車両の幅 0.3[m] と幅 0.45 [m] での実質的な幅は操縦者を含めた幅である。よって、操縦者を含めた幅での網膜上に投影される PMV の見かけ上の面積は、両条件でほぼ等しくなる。

Fig.14 Area of PMV on the retina

Fig.15 Elevation angle

Fig.16 Elevation angle

ステップ台の高さがパーソナルスペースに影響を与えるメカニズムについても、上記の視環境に対する快適性低下のメカニズムが同様に考えられる。ステップ台の高さが高くなるほど、操縦者の高さも高くなり、空間「地」の欠損が増加する。また、ステップ台の高さの影響には、圧迫感の指標として用いられる仰角も関係する可能性がある。人間がある対象物を注視した場合の仰角とその心理状況の関係を表した Maertens 理論がある。同じ対象物を見た場合でも、仰角の違いにより人間の受ける感じ方が異なるとする理論である。建築分野で用いられる分析方法であるが、仰角が増すにつれ圧迫感を感じるということが知られている。PMV と歩行者のパーソナルスペース実験における仰角とステップ台高さの関係を図 15 に示す。ここで、歩行者は PMV 操縦者の目元付近を注視すると仮定する。仰角 θ は次式で表される。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{h}{l_f} \quad (3)$$

h はステップ台高さであり、歩行者と PMV 操縦者の身長は同じと仮定した。図 16 にステップ台高さと仰角の関係を示す。ステップ台高さが 0.05m の場合は仰角 $\theta=0.64$ [deg]、0.2m の場合は仰角 $\theta=2.2$ [deg] である。ステップ台高さ 0.2m の場合に、前方パーソナルスペースをステップ台 0.05m の場合と同じ長さとして計算すると、仰角 $\theta=2.6$ [deg] となる。よって、ステップ台高さが増加した場合は、通常の前方パーソナルスペースをとると仰角が増加し圧迫感が増すため、それを抑制するために前方パーソナルスペースが広がったと考えられる。前方パーソナルスペースを拡大しなかった場合に比べて、それを拡大すると 0.4 [deg] 仰角を小さくすることができる。しかしながら、人間の顔面を対象とする視覚に関わるパーソナルスペースの規定には、視線の交錯（アイコンタクト）や向性など極めて多彩な変数も議論されているため⁽²⁹⁾、さらなる検討の余地はある。

5・2 歩行者との親和性を考慮した PMV の設計指針の方向性

本研究では、歩行者との親和性の観点から、パーソナルスペースの概念を利用した実験を行ってきた。PMV として特に小型の立ち乗り型倒立振り子型車両に着目した実験結果をまとめると、以下の通りである。

1. 車両の速度変化について
車両の速度を歩行者と同程度の速度（時速 4km）から駆け足程度の速度（時速 6km）に変化させた場合、前方パーソナルスペースは有意に拡大し、側方パーソナルスペースも拡大する傾向にある⁽¹⁸⁾。車両の速度が 0 の場合は、時速 4km の場合と比べて、前方、側方パーソナルスペースはともに小さくなる。
2. 車両の幅の変化について
車両の幅を 0.3 [m] から 0.6 または 0.75 [m] に変化させた場合、対向する歩行者の前方パーソナルスペースは有意に拡大する。側方パーソナルスペースは、幅の拡大分のみ大きくなる。
3. 車両のステップ台高さの変化について

ステップ台の高さを 0.05 [m] から 0.2 [m] に増加させた場合、対向する歩行者の前方パーソナルスペースは有意に拡大し、側方パーソナルスペースも拡大する傾向にある。

以上の結果より、対向する歩行者との親和性が高い PMV の設計指針の方向性としては、車両の速度は小さく、車両の幅は人間の肩幅程度以下、車両のステップ台高さは低くすることがよいと考えられる。ただし、ステップ台高さについては 2 水準の結果であり、0.2 [m] 以上の高さについても検討の余地がある。また、本研究で取り扱った PMV は小型の立ち乗り型倒立振子型車両であり、PMV 一般の解を述べるにはさらなる調査が必要である。例えば、着座式と立ち乗り式の車両では、搭乗者の視線高さが異なることや福祉向けの車両であるか否かなどの相違点があり、パーソナルスペースの傾向も異なる可能性がある。これらは今後の検討課題といえる。

6. 結論

本研究では、PMV と歩行者の親和性を測る尺度としてパーソナルスペースを用い、PMV の大きさに着目して歩行者のパーソナルスペースの変化を定量的に評価した。結論を以下にまとめる。

- 立ち乗り型の倒立振子型車両を用い、PMV と歩行者が対向して直進する場合の歩行者のパーソナルスペースを測定した。PMV の大きさを変化させる手法として、車両の幅、ステップ台の高さをそれぞれ複数条件設定した。
- 車両の幅を 0.3 [m] から 0.6 また 0.75 [m] に変化させた場合、対向する歩行者の前方パーソナルスペースは有意に拡大することが分かった。側方パーソナルスペースは、幅の拡大分のみ大きくなることが分かった。
- ステップ台の高さを 0.05 [m] から 0.2 [m] に増加させた場合、対向する歩行者の前方パーソナルスペースは有意に拡大し、側方パーソナルスペースも拡大する傾向にあることを示した。

今後、歩行空間内で利用されうる PMV の車体設計、使用条件などの検討の一部として、これらの知見を利用していきたいと考えている。

謝 辞

本研究の一部は、立石科学技術振興財団および中島記念国際交流財団の研究助成を受けて実施した。ここに感謝の意を表す。

文 献

- (1) セグウェイジャパン株式会社, “Segway Inc.Top page”, <http://www.segway-japan.net/index.html> (参照日 2010 年 6 月 14 日)。
- (2) トヨタ自動車, トヨタ自動車 HP, http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/personal_mobility/winglet.html (参照日 2010 年 6 月 14 日)。
- (3) 野瀬出, 雨森雅哉, 中尾彩子, 松尾千尋, 山岡淳, “パーソナルスペースへの侵入に対する心理・生理的反応-接近者の印象による影響-”, 文京学院大学研究紀要, Vol. 7, No. 1, (2005), pp.263-273.
- (4) 渋谷昌三, “人と人との快適距離 パーソナル・スペースとは何か”, NHK ブックス, (1990).
- (5) 浅野美帆, 井料隆雅, 桑原雅夫, “交錯交通の容量評価のためのミクロ歩行者行動モデル”, 交通工学, Vol. 43, No. 4, (2008), pp. 80-89.
- (6) 関達也, 森本章倫, “交通影響評価における非自動車交通の現状に関する一考察”, 第 27 回交通工学研究発表会論文報告集, (2007), pp. 253-256.
- (7) 劉建宏, 寺町賢一, 大枝良直, 角知憲, “車椅子混入が歩行者の群集流動に与える影響に関する基礎的研究”, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, (2005), pp. 217-220.
- (8) 伊佐治和美, 津留直彦, 和田隆広, 今井啓介, 土居俊一, 金子弘, “前後方向の接近に伴う危険状態評価に関する研究(第 1 報)ードライバ操作量に基づく接近離間状態評価指標の提案ー”, 自動車技術会論文集, Vol. 38. No.6 (2007), pp. 271-276.

- (9) Wada, T., Doi, S., Imai, K., Tsuru, N., Isaji, K., and Kaneko, H., "Analysis of Drivers' Behaviors in Car Following Based on A Performance Index for Approach and Alienation", *SAE Transactions, Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*, SAE paper 2007-01-0440 (2008), pp. 306-320.
- (10) 伊佐治和美, 津留直彦, 和田隆広, 土居俊一, 金子弘, “接近離間状態評価指標を用いたブレーキ開始タイミングの解析”, 自動車技術会論文集, Vol. 41, No.3 (2010), pp. 593-598.
- (11) Wada, T., Doi, S., Tsuru, N., Isaji, K., and Kaneko, H., "Characterization of Expert Drivers' Last-Second Braking and Its Application to Collision Avoidance System", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 11, No.2 (2010), pp. 413-422.
- (12) 川畑佳織, 北浦かほる, 辻川ひとみ, “商業地におけるストリート・ファニーチュアに関する研究 その2 人の行動領域とストリート・ファニーチュア”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, No. 7273, (1998), pp. 473-474.
- (13) 前川隆裕, 矢島規雄, 直井英雄, “通路空間における人間の個体距離に関する観察研究 (その2)”, 日本建築学会学術講演梗概集, No. 5332, (2002), pp. 663-664.
- (14) 田中元喜, 竹内友里, 西澤志信, 山下哲郎, “実場面における滞留と移動の環境行動に関する考察”, 日本建築学会計画系論文集, No. 572, (2003), pp. 49-53.
- (15) Janaka Chaminda Balasuriya, Keigo Watanabe, Achala Pallegedara, "ANFIS Based Active Personal Space for Autonomous Robots in Ubiquitous Environments", *2nd International Conference on Industrial and Information Systems*, (2007), pp. 523-528.
- (16) 中島浩二, 佐藤陽彦, “移動体ロボットに対するヒトの個体距離 (第2報) 高齢者について”, 人間工学, Vol. 35, No.4, (1999), pp. 253-258.
- (17) 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.
- (18) 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”, 日本機械学会論文集C編, Vol. 76, No.770, (2010), pp.2493-2499.
- (19) 中川智皓, 中野公彦, 須田義大, 川原崎由博, 小坂雄介, “歩行者に対するパーソナルモビリティの親和性評価”, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(7), pp.403-404.
- (20) 中川智皓, 中野公彦, 須田義大, 川原崎由博, 小坂雄介, “二輪倒立振子型車両の歩行者との親和性評価ーキーグラフを用いた心理的構成要因の探索的検討ー”, 日本機械学会福祉工学シンポジウム 2009 講演論文集, No.09-31, (2009), pp.88-91.
- (21) ewee-PT website, <http://www.ewee-pt.com/> (accessed 2010-10-01).
- (22) 牛丸一孝, 柳瀬亮太, “着座時のパーソナルスペースと遮蔽物の関係について”, 日本建築学会北陸支部報告集, 第 50 号, (2007), pp. 419-422.
- (23) 杉山文野, “公共空間における間仕切りの形状が人の心理及び行動に与える影響”, 千葉大学修士論文, (2009).
- (24) 橋田規子, 青山英樹, “多孔形状意匠における高級感の演出”, 日本デザイン学会, デザイン学研究, (2009).
- (25) 松田隆夫, “知覚心理学の基礎”, 培風館, (2000).
- (26) 松本輝紀, 大井尚行, “歩行者の回避行動に関する観察実験ー歩行時の他者の知覚に関する研究ー”, 日本建築学会学術講演梗概集, No.4025,(1989), pp.49-50.
- (27) 染川浩, “歩行者空間における障害物の影響に関する研究”, 日本建築学会中国・九州支部研究報告, Vol.7, (1987), pp.45-48.
- (28) 染川浩, “歩行者空間における障害物の視覚的な影響に関する研究”, 日本建築学会学術講演梗概集, No.4025, (1989), pp.49-50.
- (29) 遠山孝司, 小塩真司, 内田敏夫, 西口利文, “パーソナルスペースに影響を及ぼす要因の検討: 身長, アイコンタクト, 向性に注目して” 人文学部研究論集, 中部大学, Vol.16, (2006). , pp.115-128.