

ハンドル形電動車いすの自動減速による 搭乗者への効果に関する研究

猪井 博登¹・橋本 真彌²・栗山 龍起³・岡田 和也⁴

¹正会員 大阪大学助教 大学院工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail: inoi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

²学生非会員 大阪大学 大学院工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail: hashimoto.shinya@civil.eng.osaka-u.ac.jp

³非会員 IDEC株式会社 規格安全ソリューションセンター (〒532-8550 大阪市淀川区西宮原1-7-31)
E-mail: kuriyat@idec.co.jp

⁴非会員 IDEC株式会社 規格安全ソリューションセンター (〒532-8550 大阪市淀川区西宮原1-7-31)
E-mail: kokada@idec.co.jp

近年、ハンドル形電動車いす利用者による単独事故が増えてきている。そこで本研究では新たな対策としてハンドル形電動車いすを自動減速をさせることによる搭乗者の運転を支援システムを提案する。このシステムは、レーザースキャナによって実現される。ハンドル形電動車いすの運転経験がない者を対象に行った実験の結果、実験コースにおいて自動減速をおこなうことで搭乗者の操作性を向上した。また、特にハンドル形電動車いすの運転を難しいと思う人ほど効果があった。

Key Words : barrier free, mobility, safety assessment, accident countermeasures

1. 序章

(1) ハンドル形電動車いすの普及と問題点

近年、高齢者や身体障害者のように身体的ハンディを理由に移動を自由に行えない人が多く存在する。65歳以上の高齢人口は総人口の23.1%を占めており(2011年10月1日現在)、40年後には高齢化率が40%に達すると見通されている¹⁾。高齢化が進むわが国では、身体的な理由により移動に困難を抱える人たちが今後ますます増えていくと予想される。そのため、このように移動に困難を抱える人たちのための移動手段が必要となる。

近年では移動手段の一つとしてハンドル形電動車いす²⁾が利用されている。ハンドル形電動車いすは、操作が簡単で気軽に移動できるといったことや、一定の条件を満たせばレンタル費用が介護保険で補助されることなどから需要が伸び、使用者の数は年々増加している³⁾。具体的な使用者数は把握されていないが、電動車いす安全普及協会⁴⁾によると、2011年の単年のハンドル形電動車いすの出荷台数は13,670台に上り、累計の出荷台数は447,310台に上る。同じく、ジョイスティック型電動車いすの2011年の単年出荷台数が6,080台、2011年までの

累計出荷台数が145,702台であることから、ハンドル形電動車いすの利用者が増えていることがわかる。しかしながら利用が増える一方で、ハンドル形電動車いすの利用に関して問題も出てきている。

具体的には、ハンドル形電動車いすの利用が増えるにしたがって、関連する事故も増えてきている。製品評価技術基盤機構⁵⁾によると、電動車いすの事故情報は1985年5月から2008年1月末までに報告された事故情報は96件であり、2002年から増加傾向にあり、2003年以降は年間11件以上の事故情報を受け付けているとしている。なお、ここで言う単独事故とは、製品評価技術基盤機構で収集する事故情報であり、製品事故であって(自損事故を含む。)、交通事故は含まない。このうち、死亡事故が23件、重傷事故が5件で死亡・重傷事故が全体の約30%を占めている。また、原因がわかっている死亡・重傷事故のうち約半数が使用者の誤使用または不注意が原因で起こった事故であることがわかっている。

また、近年では利用者の要望により公共交通機関や公共施設内でハンドル形電動車いすを利用できるようになる⁶⁾など、屋内で使用する機会が増えてきている。しかしながら、屋内は物理的制約がある所が多いうえ、現在

の建物や公共交通機関の整備基準にハンドル形電動車いすは想定されていないため、ハンドル形電動車いすで走行するには狭い場所もあるなど移動に支障が出ることが想定される⁴⁾。

ハンドル形電動車いす利用者が安全かつ自由に移動するためには、ハンドル形電動車いすに対応した整備が求められる一方で、事故に対する対策や狭い空間でも走行できるような対策が早急に求められる。

(2) 現在の対策と問題点

現在行われている事故対策としては、2009年におこなわれた、JIS T 9208の制定があげられる。このJISの制定により、ハンドル形電動車いす独自の基準が制定され、安定性能の増加、リスクマネジメントによる設計の追加などが規定された。この結果、転倒しにくくなる、故障しにくくなるなど、製品に起因する事故は減っていくと予測される。しかしながら一方で、今回のJISの改正は車体に関する基準がメインで、搭乗者の操作ミスや判断ミスによる事故を防ぐことは期待できない。現在ある操作ミスを防ぐ対策としては握り込み緊急停止機能⁶⁾などがあるものの、現在ある機能があっても事故が起こっていることを考えると、現状の対策だけではまだ不十分である。なお、握り込み緊急停止機能とは、事故や緊急の際にアクセルを握り込んでしまうことが多いことから、握り込みが行われた際にブレーキがかかる仕組みのことである。また、屋内の移動に対する対策は、従来のハンドル形電動車いすより回転性能が向上した屋内向けの改良型ハンドル形電動車いすが販売されている。しかしながら小回り性と旋回安定性はトレードオフの関係にあり、回転性能が良くなると安定性が悪くなってしまい、転倒などの事故につながる可能性もある。安定を維持しつつ狭い空間でも走行しやすくするには、現行でおこなわれている対策では不十分であり、新たな対策が求められる。現行の対策では機械側、走行環境側からの対策はおこなわれているが、搭乗者側からの対策が行われていないのが現状である。よって新たな対策が必要である。

(3) 研究の目的

本研究では新たな対策として、ハンドル形電動車いすを自動減速させることにより操作性を向上させることによる対策を考える。自動減速をおこなう方法は、レーザースキャナを用いることにより実現させる。具体的な仕組みは次項にて説明する。自動減速をおこなうことのメリットとしては、機械による検知のため、搭乗者の運転能力に関わらず自動減速を行うことで事故の被害を減らすもしくは誘発を防ぐことが出来ると考えられる。また、人がおこなう動作のうち、障害物等を見つける認知の一部と、速度調整など速度に関する判断と操作の一部を機

械が補助することにより、搭乗者の負担が軽くなってハンドル操作がおこないやすくなり、操作性が向上すると考えられる。一方、デメリットとしては、機械による勝手な減速は搭乗者の走行の自由を奪うことにつながる可能性があるなど、利便性を損なう可能性がある。自動減速をおこなうことによる効果は明らかにされていないため検証する必要がある。また、自動減速によって操作性の向上が見込まれる場合、日常生活でハンドル形電動車いすを使用する際に自動減速をおこなうことが効果的な状況を調べることも大切である。

そこで本研究の目的は以下の二点とする。

- a. ハンドル形電動車いすを自動減速することによる操作性・利便性の変化を検証する
- b. 自動減速をおこなうことが効果的な状況を検証する
評価指標としては、操作性の変化を検証する指標として客観指標として衝突回数の計測、主観指標としてヒアリングとアンケートを、利便性の変化を検証するために客観指標として走行時間の計測、主観指標としてヒアリング、アンケートを行う。また、効果的な状況は、アンケート、ヒアリング結果をもとに検証する。

なお、自動減速の効果を検証する上で、レーザースキャナによる検知範囲の設定は結果に大きく影響する。自動減速の効果を最大限計るために、今回は実験コースに合った検知範囲を事前に検証し、設定する。最後の考察では今回得られた知見より望ましい検知範囲についても検証する。また、初めてハンドル形電動車いすを乗る人にも効果があるか調べるため、ハンドル形電動車いすの運転経験がない者を対象に実験をおこなう。

以上を検討することによりハンドル形電動車いすを自動減速させることで利便性を損なわずに操作性を向上させることが出来るか検証し、特に効果的な状況を検証することで、事故防止や狭い空間での走行改善に役に立つかを考えていく。なお、自動減速によって搭乗者が機械に過度に依存しすぎることによる新たな問題も考えられるが、今回は自動減速による効果の検証を目的とするため、機械への依存は問題としないこととする。

2. 本研究の位置づけ

ハンドル形電動車いすは移動制約者の移動手段としては比較的新しい移動手段であるために既往研究自体限られている。内容としてはハンドル形電動車いすの使用実態に関する研究、利用する上で望ましい環境に関する研究、事故に関する研究などがある。

実態把握の先行研究としては、溝端・北川⁷⁾はハンドル形電動車いす利用者と販売担当者を対象にアンケート調査を行い、都市の規模の違いによる影響に注目しながらハンドル形電動車いす利用者の特徴、利用目的やその

際の移動の距離などの普段の利用状況について調査を行っている。その結果、高齢者の利用がほとんどであること、買い物の利用目的が一番多い事などを明らかにした。また、中島ら⁹⁾はハンドル形電動車いす利用者へのヒアリング調査から、施設で利用する際の問題として内部通路が狭いなど物理的な制約が利用の妨げになっていることを指摘している。また、国土交通省は交通バリアフリー技術規格調査研究報告書⁹⁾の中で、ハンドル形電動車いすを公共交通機関で使用する際の問題点について調査をし、多くの既存の駅で物理的な制約により移動に困難が生じる場合があると指摘している。これらの先行研究により、ハンドル形電動車いす利用者の多くが高齢者であることや、公共機関や公共施設でハンドル形車いすの利用する際には、物理的制約が多いため、移動が困難となる場合があることがわかっている。

事故に関する先行研究としては、大賀ら¹⁰⁾は、ハンドル型電動車いすの単独の転倒や自動車との衝突を再現し、転倒時の衝撃に関して検証している。ハンドル形電動車いすの危険・事故に関する先行研究の多くは、事故の検証を目的とするものや事故の影響を調査するものが中心で、事故の発生を防ぐ対策を検討している研究は、森本ら¹¹⁾によるハンドル形電動車いすを強制停車させる方法に関する研究以外ではほとんど行われていない。

また、ハンドル形電動車いすを利用する上での望ましい環境に関して、石橋ら¹²⁾はハンドル形電動車いすが安全に走行するために必要とされる寸法について検討している。この知見は今後ハンドル形電動車いすに対応した整備をする際に重要な知見となるが、一方で、環境を改善するには時間がかかるため、現在の環境でも問題を改善するための研究が必要となる。

先行研究では、物理的制約により移動に困難が生じているなどの利用者の利用状況や、事故の状況などの現状に関する研究はなされているが、現状の問題の対策について言及している研究は少ない。また、少ないながら現状の問題に対して言及している研究では、利用環境や機械側に注目した研究が多く、利用者の運転技術に注目した研究はまだない。よって搭乗者の運転技術に注目した対策について研究する意義がある。

3. 使用機材

(1) レーザースキャナについて

本研究ではハンドル形電動車いすの自動減速を実現するためにレーザースキャナを用いる。今回使用したレーザースキャナ (SEIL - H02LP 試作機, IDEC 社) の仕様を表-1 に、外観を図-1、ハンドル形電動車いすへの装着した状態を図-2 に示す。

レーザースキャナはハンドル形電動車いすの中心線上、

設置高さは、元々かごのあった床面からの高さ 540mm に設置した。この高さは床面からレーザー発射位置までの高さを示している。

レーザースキャナでは、レーザーを発射してから測定対象にあたり、反射したレーザーが再び戻ってくるまでの時間から対象までの距離を求める。これにより設定したエリア内に障害物が入ったことを検知することができる。検知範囲は任意の図形として構成することができる。

また、図-3 に示すように3種類の対応が異なるエリアに分けて設定できる。

表-1 レーザースキャナの仕様

| 項目 | 仕様内容 |
|--------|----------------------------------|
| 型式 | SEIL-H02LP試作機 |
| 防護エリア | 最大3.5m |
| 警告エリア | 最大10m |
| 検出角度 | 190° |
| スキャン周期 | 30ms |
| 応答時間 | off 60ms~510ms on 210ms~510ms |
| 外形寸法 | 90mm(L),90mm(W),95mm(H) |
| 重量 | 1.0kg以下 |
| 光源波長 | 905nm |



図-1 レーザースキャナの外観



図-2 レーザースキャナ付きハンドル形電動車いすの外観

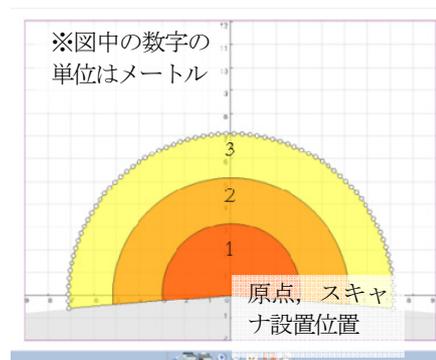


図-3 エリアの設定例

(2) 自動減速について

ハンドル形電動車いすの前方にレーザースキャナをつけることにより、前方の障害物を検知させる。また、ハンドルの向きとレーザースキャナの向きを連動させることで、常に進行方向を検知できるようにする。これにより、走行中に設定したエリア内に入ってくる障害物を検知することができる。エリア範囲に入ってきた障害物をレーザースキャナが検知すると、ハンドル形電動車いすが自動で減速する仕組みとなっている。エリア内に障害物がない状態では、通常のハンドル形電動車いすと同様に最高速度は6km/hであるが、エリア内に障害物がある状態では最高速度でも2km/hまでしか出ないようになる。この2km/hは、事前に実験を行い、明確に原則を感じられる速度を探り設定を行った。障害物を検知後、速度は通常の三分の一になる。なお今回使用したハンドル形電動車いすでは、平均減速率は約2km/h/secであり、6km/hでの走行時に障害物検知後、減速が完了するまでに約1m要する。

(3) 検知エリアの設定について

レーザースキャナを用いた自動減速方法はまだ開発途中であり、検知エリアなどが確立されていない。実験をおこなう前にレーザースキャナのエリア設定について考える必要がある。減速中のハンドル操作は操作ミスが考えられるため、ハンドル操作を行う前に減速が完了するような検知距離の設定をおこなう。その事前実験の結果、車体幅を進行方向に2.5m延長したエリアを設定した。このエリア設定を図4に示した。

また、実験の際、自動減速の機能、意義について被験者に説明を行った。具体的には減速開始距離と減速完了距離や検知エリアに関する情報を被験者に伝え、実際にハンドル形電動車いすに乗車し、減速を経験させた。

4. 実験

(1) 実験概要

実験の概要を表2に示した。実験コースは、ハンドル操作をおこなう状況を想定したコースを2種類設定した。その難易度は、日常生活でハンドル形電動車いすを利用する際に、操作性の向上が求められる状況を再現する。石橋ら¹⁹⁾は、直行するそれぞれの通路幅が100cm以下となる場合、通過が困難となる被験者が生じると示している。これをもとに、100cmの通路が直行する直角路コースを設定した。概要図を図5に示した。特定建築物の廊下や街路で、歩行者をよけながら通行する状況を想定し、特定建築物などの廊下で望ましいとされている180cmの通路を設定した。さらに、通行する歩行者として障害物を設置した。この障害物は着衣した人の幅

60cmを設定した。なお、壁から20cm離して設置した。障害物の設置数は、歩行者と混在し、回避をしなければならぬ状況を想定する。具体的には、岡田¹⁹⁾によると平日昼の地下街の歩行者密度は、0.5人/m²であると述べているので、これをもとに設置数を算出した。なお、設定した障害物コースの概要図を図6に示した。なお、コースの壁、障害物はスタイロフォームを使用し作成した。高さは2mとした

評価指標としては操作性・利便性に関係すると考えられる指標として、走行時間・衝突回数の計測による客観指標とアンケート・ヒアリングによる主観指標をとる。自動減速の有無により評価指標の変化を比較・分析することで目的を達成する。以下では自動減速させる場合を「自動減速」、自動減速が無い場合を「現状」と呼ぶ。

(2) 実験手順

実験前に被験者にはハンドル形電動車いすの運転習熟のため事前走行を課した。ハンドル形電動車いすの操作方法を説明した後、10～20分走行練習をおこなう。

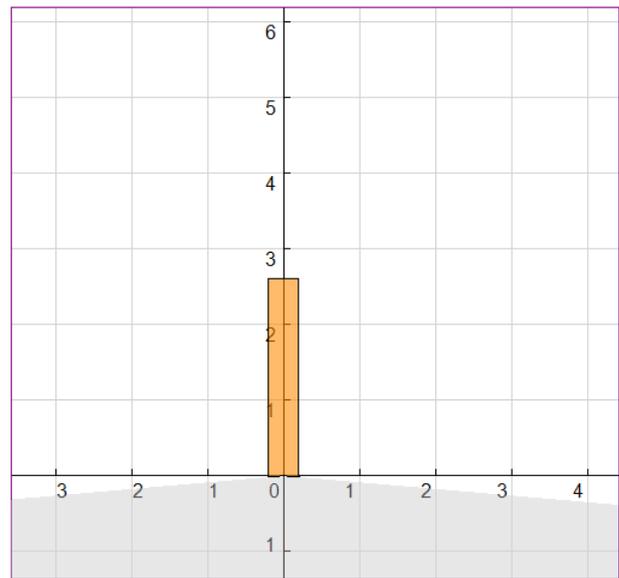


図4 実験に使用したエリア設定

表2 実験の概要

| | |
|-----------|--|
| 実験日 | 2011年 12月9日(午後) 12月13日(午前・午後) 12月16日(午後) |
| 実験 時間帯 | 9:30-12:00 15:00-17:30 |
| 実験 場所 | 大阪大学フォトニクスセンターIDEC株式会社実験室内(室内) |
| 被験者 | 8名(65歳以上の男性4名, 女性4名) ハンドル形電動車いすの運転経験のない者 |

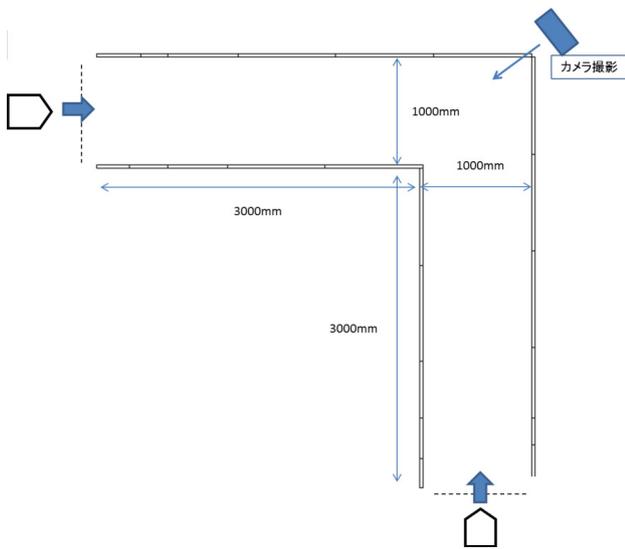


図-5 直角路コース概要図

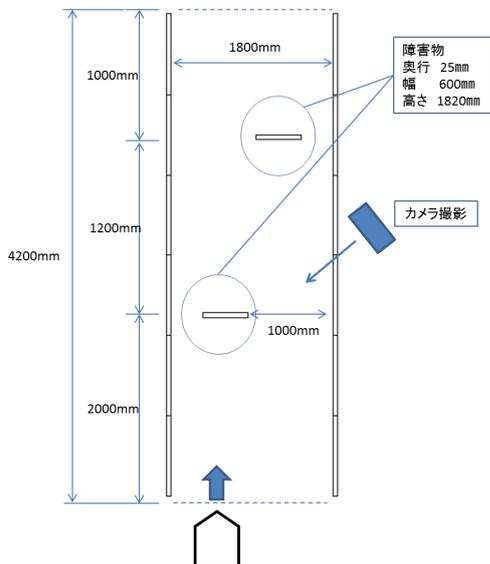


図-6 障害物コース概要図

事前走行により、ハンドル形電動車いすの基本動作について習熟してもらった。実験手順を以下に示す。

1. 被験者はスタート地点で待機し、走行条件の確認をおこなう。
2. 走行コース、走行条件（自動減速の有無）の提示順はランダムで変化させる。
3. スタートの合図とともに被験者はハンドル形電動車いすを発進させ、ゴール地点まで走行させる。
4. 走行中、作業員の一人が被験者の後ろからついていき被験者の走行時間とコースとの接触回数を記録する。また、別の作業員は上から走行の様相をビデオ撮影する。
5. 走行終了後、被験者に各項目において 7 段階評価のアンケートをしてもらう。

表-3 コース別平均走行時間と検定結果

| コース | 平均走行時間(s) | | 有意確率 (中央値の検定) | 有意差 (5%水準) |
|-------------|-----------|-------|------------------|---------------|
| | 現状 | 自動減速 | | |
| 直角路 (左折) | 13.43 | 12.38 | 0.026 | あり |
| 直角路 (右折) | 16.67 | 14.43 | 0.161 | なし |
| 障害物 | 14.36 | 14.67 | 0.449 | なし |

※ 検定にはウィルコクソンの順位和検定を使用

以降 1~5 を「現状」「自動減速」の場合それぞれで走行してもらう。1 セット終了後、一対比較によるアンケートを行う。3 セット繰り返す。3 セット終了後、自由回答によるヒアリングを行う。もう一方のコースでも同様におこなう。なお、1 回の実験で被験者 2 人の実験をおこなう。但し、走行は交代で行い、実験中コース上には被験者 1 名のみで実験を行った。

(3) 検証方法

自動減速による効果を検証するために、指標の計測をおこない、自動減速の有無の両者を比較し、効果を検証する。衝突回数の増減は操作性に関係し、走行時間の増減は利便性に影響すると考えられるため客観指標として衝突回数・走行時間を採用する。また、走行終了後にアンケート・ヒアリングをおこなうことにより被験者の主観による検証をおこなう。自動減速を行うことは被験者の判断・操作に影響を与えられられる。そこでアンケート項目にそれらの項目を作り検証をおこなう。

5. 実験結果

(1) 走行時間の計測結果

利便性の低下は、普段の走行時と比べて不便になる事と考える事が出来る。走行時間が増加することは、搭乗者がハンドル形電動車いすを使用する際の利便性を損なうと考えられる。そこで自動減速を行うことにより走行時間が増加しないか検証する。各コースにおける「現状」と「自動減速」での走行時間の平均と、検定結果を表-3に示す。

実験の結果、自動減速を行うことによる走行時間の増加はみられなかった。よって、今回の実験において走行時間からの利便性を低下は確認できない。これより、今回のコースでは自動減速を行うことにより搭乗者が不便を被る可能性は少ないといえる。

(2) 衝突回数の計測結果

各コースにおける「現状」と「自動減速」での衝突回数の平均と、検定結果を表-4に示す。なお、自動減速

表4 コース別平均衝突回数と検定結果

| コース | 平均衝突回数(回) | | 有意確率 (中央値の検定) | 有意差 (5%水準) |
|-------------|-----------|------|------------------|---------------|
| | 現状 | 自動減速 | | |
| 直角路 (左折) | 0.13 | 0.08 | 0.655 | なし |
| 直角路 (右折) | 0.13 | 0.13 | 1.00 | なし |
| 障害物 | 0.38 | 0.08 | 0.068 | なし |

※ 検定にはウィルコクソンの順位和検定を利用

表5 質問の回答項目と点数化

| | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 |
|---|------------|--------|----------------|---------|--------------------|------------|----------------|
| a | 非常に簡単 | 簡単 | どちらかといえば簡単 | どちらでもない | どちらかといえば難しい | 難しい | 非常に難しい |
| b | 非常に判断しやすい | 判断しやすい | どちらかといえば判断しやすい | どちらでもない | どちらかといえば判断づらい | 判断づらい | 非常に判断づらい |
| c | ほとんどイメージ通り | イメージ通り | どちらかといえばイメージ通り | どちらでもない | どちらかといえばイメージ通りではない | イメージ通りではない | ほとんどイメージ通りではない |
| d | 非常に便利 | 便利 | どちらかといえば便利 | どちらでもない | どちらかといえば負担 | 負担 | 非常に負担 |

表6 難易度におけるアンケート結果

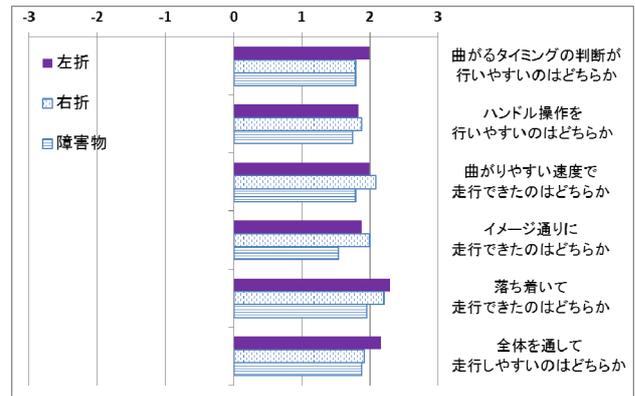
| コース | 項目 | 現状 | 自動減速 | 有意確率 |
|--------------------|---------------|------|------|---------|
| 直角路 コース (左折) | コースの難易度 | 1.25 | 1.75 | 0.003** |
| | 曲がるタイミングの判断 | 1.08 | 2.13 | 0.000** |
| | ハンドル操作 | 1.00 | 1.46 | 0.040* |
| | イメージ通りに走行できたか | 1.21 | 2.00 | 0.003** |
| 直角路 コース (右折) | コースの難易度 | 1.08 | 1.74 | 0.002** |
| | 曲がるタイミングの判断 | 1.21 | 1.93 | 0.001** |
| | ハンドル操作 | 1.04 | 1.48 | 0.007** |
| | イメージ通りに走行できたか | 1.30 | 1.51 | 0.185 |
| 障害物 コース | コースの難易度 | 0.67 | 1.42 | 0.016* |
| | 曲がるタイミングの判断 | 0.71 | 1.92 | 0.002** |
| | ハンドル操作 | 0.42 | 1.38 | 0.001** |
| | イメージ通りに走行できたか | 0.79 | 1.67 | 0.002** |

**1%有意 *5%有意

※ 検定にはウィルコクソンの順位和検定を利用

を行うことにより衝突回数が減少するかを検証することを目的とするため、衝突箇所に関しては考慮しない。

実験の結果、自動減速を行うことによる衝突回数の減少は全体としては見られなかったが、障害物コースで減少傾向がみられる。減少傾向がみられる状況について次



(+ : 自動減速の方がよい - : 現状の方が良い)

図7 自動減速と現状の比較

章でもう少し詳しく分析する。検定結果で有意差がみられなかった理由としては、元の「現状」での衝突回数が少なく、サンプル数も少なかったため差が現れにくいと考えられる。

(3) アンケート結果

アンケートは各走行終了時と、「現状」「自動減速」両走行終了後の2種類おこなった。前者は走行時の各種難易度に関するアンケート、後者は自動減速の有無での比較によるアンケートをおこなった。

走行時の各種難易度に関するアンケートでは、以下のa~dの項目に関する質問を7段階評価で行った。回答項目を表5に記す。なお、アンケート結果を分析するにあたって、回答項目を評価ごとに点数化をおこない数量データとして取り扱った。

- a. 走行したコースの難易度はどうだったか
- b. 曲がる際ハンドルを切るタイミングは判断しやすかったか
- c. ハンドル操作はおこないやすかったか
- d. イメージ通りに走行できたか

点数が高いほど各項目に対する評価が高いことを意味する。評価方法は、質問項目ごとに全被験者の平均を集計し、評価を行う。表6にアンケート結果を示す。

実験結果より、一つ以外全ての項目において5%有意が確認でき、自動減速を行うことによって有意に評価が高くなっていることがわかる。これより、自動減速を行うことによって被験者自身は操作がおこないやすくなったと感じていることがわかる。

続いて自動減速の有無による比較でのアンケートでは、「現状」「自動減速」両走行終了後に各項目について自動減速の有無でどちらがよかったかアンケートをおこなった。アンケート結果と各項目について図7に示す。この結果より被験者は全ての項目において自動減速があった方が評価が高いことがわかる。

両アンケートの結果より、自動減速を行うことによって、曲がるタイミングが判断しやすくなる、落ち着いて走行できるようになる、ハンドル操作がしやすくなるということがわかる。被験者へのヒアリングからその理由を考える。落ち着いて走行できるようになった理由としては、障害物等の発見に遅れ、操作に遅れがあった際でも自動減速してくれることや障害物の近くでは速度が制限されるため衝突しても大きな被害になりにくくなることで安心感が生まれるため、曲がるタイミングが判断しやすくなったりハンドル操作がおこないやすくなった理由は、自動減速により速度調整がおこないやすくなったため曲がるタイミングの判断やハンドル操作に集中できるようになったため、と考えられる。

以上より、ハンドル形電動車いすを自動減速させることにより今回のコースでは利便性を低下させることなく操作性を向上させることができることがわかった。

6. 分析

(1) 各種条件別違いの検証

条件の違いにより自動減速の効果に違いがあるか検証する。検証方法は、各走行後におこなったアンケートにおいて自動減速によって各種項目の向上が条件によって違いがでるかカイ二乗検定をおこなうことによって検証する。検定の結果、コースの違い・走行回数の違いによる自動減速の効果の違いはみられなかった。一方で「現状」時に感じた走行難易度別によって自動減速の効果に違いが表れた。「現状」走行時に感じた走行難易度別にまとめたものを図-8に示す。これをみると「現状」走行時に走行難易度を高いと感じた群ほど自動減速を行うことによって操作性全般において向上する率が高

いことがわかる。

(2) 分析のまとめ

自動減速の効果は走行時に感じた難易度により、効果に違いが出てくることがわかった。その理由としては、現状時に走行難易度を高く感じる人はハンドル操作や曲がるタイミングの判断の難易度も高く感じる傾向にあり、そのような人たちには自動減速によって曲がるタイミングの判断やハンドル操作の向上効果が期待できる。また曲がるタイミングの判断やハンドル操作がおこないやすくなった結果、走行難易度が簡単になったり、イメージ通り走行しやすくなったりしたと考えられる。そのため、現状時の走行難易度を高く感じる群では操作性全般が向上したと考えられる。また、図-8より走行難易度を高く感じる人は衝突回数も減少し、客観指標からの向上も見られる。

走行時に感じる難易度の差は、被験者によって異なる。今回の実験では、運転免許の有無による差異は見られず、被験者全員がハンドル形電動車いすの走行は初めてで練習時間も同じであることを考えると、この違いは被験者による習熟度の違いと考えることもできる。よって習熟度の低い人ほど効果があると考えることもできる。

7. 結論

自動減速を行うことにより利便性を損なうことなく搭乗者の主観的に操作性を向上させることがわかった。今回客観指標から全体の向上は確認できなかったが、分析の結果、走行難易度を高く感じる群では客観指標の向上も見られた。

さらに、アンケートやヒアリングの結果から直接的な

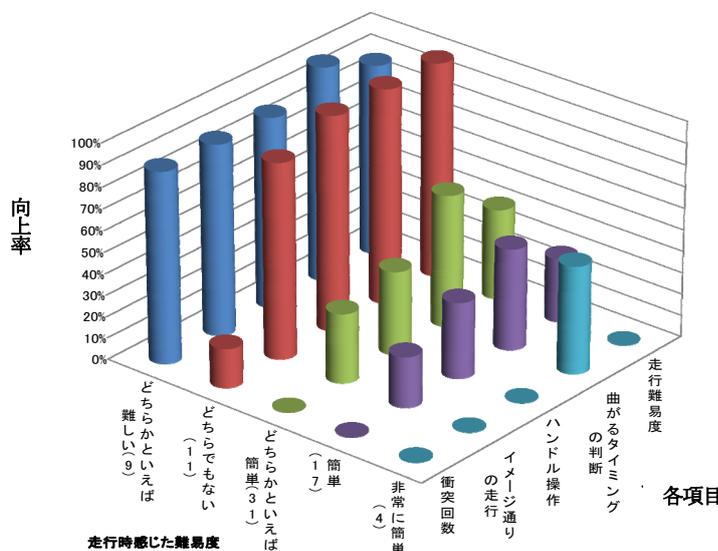


図-8 「現状」走行時に感じた走行難易度別向上項目

効果としては「速度調整がおこないやすくなる」「落ち着いて走行できるようになる」。また、間接的な効果として「曲がるタイミングの判断」「ハンドル操作がおこないやすくなる」ことがわかった。

次にどのような状況で効果的であるかと検証した結果、自動減速をおこなうことの効果は搭乗者が走行した際に感じるコースの難易度によって差があることがわかり、走行したコースの難易度を高く感じる人たちに自動減速をおこなうと、操作性全般が向上するという結果となった。その理由として、走行難易度を高く感じている人は曲がるタイミングの判断やハンドル操作の難易度も高く感じていること、曲がるタイミングの判断やハンドル操作は難易度を高く感じている人ほど向上率が高いことがわかった。

最後に、今回は初心者のみを対象としたものであるため、経験者にも同様の効果があるのかを検証する必要がある。また、今回の結果は実験コースのみの結果であるため、日常空間でも同様の効果が得られるかも検証する必要がある。その際に今回同様レーザーキャナを用いて自動減速をおこなう時には、事前実験を参考に考えると、検知エリアは「ハンドル操作を行う前に速度減速が終るよう調整する」「進行方向以外のは検知しないよう調整する」などの配慮が必要と考えられる。

謝辞：本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業「生活支援ロボット実用化プロジェクト」において委託業務として行っているものです。本論文の執筆にあたり多大なご助言をいただきました関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 内閣府共生社会政策統括官：平成 23 年版 高齢社会白書，2012.6.
- 2) 電動車いす安全普及協会：出荷台数の推移，<http://www.den-ankyo.org/society/transition.html>，2012。（最終訪問日：2013.7.7）

- 3) 独立法人製品評価技術基盤機構：平成 19 年度ハンドル形電動車いすの安全性調査結果についての報告書，http://www.nite.go.jp/jiko/press/080328/dendo_kuruma_is_u.pdf，2008.6。（最終訪問日：2013.7.7）
- 4) 国土交通省：交通バリアフリー技術規格調査研究報告書，2003.3.
- 5) 国土交通省：公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン，pp.3-6，2006.7.
- 6) 林邦宏：電動車いす，電動三輪車，四輪車の安全・快適技術，国際交通安全学会誌，Vol.27，No.2，pp.107-114，2002.10.
- 7) 溝端光雄，北川博巳：ハンドル型電動車いすの普及と高齢者のモビリティに関する研究，日本都市計画論文集，Vol. 38，No.2，pp.41-51，2003.10.
- 8) 中島佐智子，柏原士郎，吉村英祐，横田隆司，飯田匡：ハンドル形電動車いすによる地域施設利用上の問題点とその改善策，日本建築学会学術講演梗概集，2004 年，E-1 分冊，pp.223-224，2004.7.
- 9) 国土交通省：交通バリアフリー技術規格調査研究報告書，<http://www.mlit.go.jp/barrierfree/public-transport-bf/research/handle/030910.pdf>，2003.3.
- 10) 大賀涼，田久保宣晃，木平真，加藤憲史郎，奥野健：ハンドル型電動車いす交通事故に関する衝突実験，自動車技術会論文集，Vol.40，No.3，pp.687-692，2009.5.
- 11) 森本恭行，猪井博登，石橋達勇，西岡基夫：ハンドル形電動車いすの単独事故発生防止における急停車の搭乗者への負担調査，土木計画学研究・講演集，Vol.42，CD-ROM，2010.
- 12) 石橋達勇，西岡基夫，猪井博登，赤間寛子，田中健路：ハンドル形電動車いすの通路走行に関する基礎的研究（その 1）—公共施設内での利用実態と廊下等での走行可能な寸法の検討—，日本福祉のまちづくり学会 第 9 回全国大会概要集，2006.
- 13) 石橋達勇，西岡基夫，猪井博登：ハンドル形電動車いすの通路走行に関する基礎的研究その 2—通路幅の変化とハンドル操作性及び壁面への衝突状況—，日本福祉のまちづくり学会 第 11 回全国大会概要集，2008.
- 14) 岡田光正：空間デザインの原点，理工学社，pp.158，1993.12.

(2013.2.25 受付)

IMPROVEMENT IN DRIVABILITY BY AUTOMATIC DECELERATION OF MOBILITY SCOOTER

Hiroto INOI, Shinya HASHIMOTO, Tatsuki KURIYAMA and Kazuya OKADA

The number of accidents of mobility scooters is increasing. The mechanism of decelerating the speed of a mobility scooter is developed using the laser range finder. When the laser range finder notices barriers on direction of travel, deceleration is made automatically. The main purpose of this paper is to examine the improvement of maneuverability of mobility scooter by automatic deceleration. As the result automatic deceleration can be improved driving performance without worsening convenience. That shows the automatic deceleration can improve the safety and the operativity of a mobility scooter. And automatic deceleration can support driving of unaccustomed drivers.