

補助事業番号 2017M - 132

補助事業名 平成 29 年度 機械振興補助事業

補助事業者名 公益財団法人 JKA

## 1 研究の概要

自動運転技術が進む一方で、誰もがその発達する自動車社会を享受できる体制作りは重要である。車椅子の折り畳みコンパクト構造化と車載機構まで一体化した研究は、利用者のモビリティ移動エリア拡大という大きな意義を持ち、車椅子の乗り心地、走行性能向上と同等以上の重要かつ喫緊の問題と判断される。今回の提案装置に利用するジップチェーンとは、2本のチェーンがジッパーのように噛み合い、1本の強固な柱状になり展開・収縮が可能となる収納型チェーンである。方法は、運転席ドアから助手席までを吊下げ型ジップアクチュエータを組み合わせたアルファフレーム筐体収納ボックスをガイドレール方式で車椅子を搬送する。

一方、車椅子のコンパクト化については、従来の折り畳み可能な筒構造であれば、円筒や円錐といった「真っすぐな」筒の折り畳みのみとなり、形状ヴァリエーションが少なく応用先が限られていたものを、折り線部に曲率をつけることで成形加工が容易になるといった利点に着目した折り紙構造化と試作の実施、これを樹脂金属一体成型材を用いることへの提案を施した。

また、試作車椅子実車による感性評価もあわせて実施し、研究の成果をチェックした。

## 2 研究の目的と背景

【研究の目的】本研究の目的は、現在研究中の車椅子折り畳み設計をさらに推進させるために、自動車に搭載可能な吊上げ・吊下げ技術による移動方式を提案するものである。我々のこれまでの調査によると、現実的な移乗は運転席側から、折り畳み重量20Kg強の車椅子を片持ち梁的に自力で抱え込み、助手席に持ち込むといった苛酷な手法による乗り降りに頼らざるを得ない。折紙構造による車椅子車輪の折り畳みによるコンパクト化と車室内への軽負荷の搭載機構を導入し、自動運転時代の幕開けに向け非健常者でも積極的に利用できる移動環境の改善を目指す。

【研究の背景】介護者なしで、車椅子利用者が自律で車椅子から自家用車への移乗は極めて苛酷である。しかし、福祉車両の購入や車両上部搭載装置の装備には、多大な出費（平均価格1装置装備につき50万円前後）が伴う。車椅子の車載用収納運搬装置の研究は、まだまだ不十分であり、その改善改良がもたらす効果は利用者

のみならず介護・介助者不足の解決，高齢化社会に求められる健康増進と自律支援に寄与することは間違いない。本装置は，車室内を対象とした吊上げ・吊下げ技術とレール移動の単純な機械技術の融合であり，その実用化は期待大である。

### 3 研究内容

(1) 自動運転時代に先駆けた折紙構造による車椅子車輪コンパクト化と車搭載支援機構の実践的研究

URL : [http://www.hus.ac.jp/~takezawa/frame\\_page.html](http://www.hus.ac.jp/~takezawa/frame_page.html)

実車を想定したモノコックボディによる実験の様子を示す。

図1は，耐荷重3トンの実車モノコックボディを模擬した架台にZAを装着し昇降実験した模様である。上部スライドプレートは手前側に700mmの平行移動が可能である。引っ張り最大荷重60kgのZA仕様に対して電動車椅子(YAMAHA JW アクティヴ PLUS) 総重量35kg に対す動作は，問題なかった。

図2は，HONDA n-BOX 実験車にアルファフレーム筐体に収納された車椅子の様子を示しており，アルファフレーム筐体上部には懸架用アクチュエータZIPチェーンが設置されている。振動数範囲は1~5000Hz，最大加振力1470 N，



図1 インバータによるモノコックボディ懸架実験

図2 アルファフレームおよび車椅子(正面図拡大)

最大変位  $25 \text{ mm}_{\text{peak-peak}}$ ，重量  $100$  (人体+車椅子) kg である。実験は軽量車椅子 (NAVIS 製 NWC - 100AL, 重量  $12.1 \text{ kg}$ , 車輪直径  $24$  インチ, ホイール材質ポリマータイプ) に折り紙構造型車輪を装着した実機モデルを用いた。図3は，加振を必要としない路面走行実験を予備実験として人間が搭乗者した場合の平

地走行の感性評価実験の様子である。

振動に対する人間の感性部位を評価するために 30 秒間加振を行い、その入力振動に対する評価を行った。加振を必要としない路面走行実験を予備実験として行った結果から低周波数帯と 20~30 Hz 間にパワースペクトルのピークが確認できたため、1~30 Hz 間を計測対象とし、入力周波数は 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30Hz の 15 水準とした。2~8Hz を低周波数帯、10~30Hz を高周波数帯とした。

図 4 は、入力振動は低周波数帯としたヒューマンモデルの人体各部の振幅に対する周波数応答の結果であり、縦軸は伝達関数のゲイン、横軸は周波数をそれぞれ示す。図からの考察としては、4.0Hz 付近に 1 次ピーク、8.0Hz 付近に 2 次ピーク、14.0Hz 付近に 3 次ピーク、18.0Hz 付近に 4 次ピークが確認できる。胸部および頭部の伝達関数のゲインに 1 次ピークが確認できることから、人体の上半身には共振が発生することが考えられる。



図 3 人体搭乗による車椅子感性評価実験

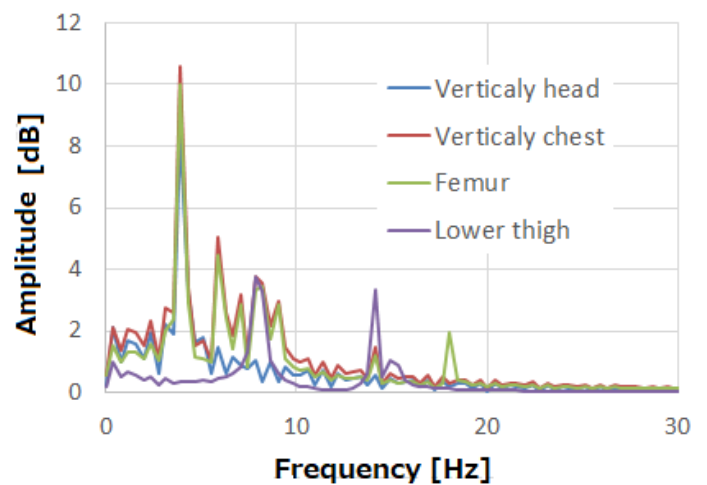


図 4 伝達関数の振幅

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

現在、ロボット化や IoT 化が進む社会を考えるとメカトロニクスへの導入が加速することが想定される。イスラエル製では、運転席へ移乗した後、空になった車いす

をトランクから出てくるロボットアームが掴んでトランクまで引っ張り込んでくれる装置が既に存在するが、現地との交渉や、耐荷重オーバー等で不適合となるなど、解決すべき課題は山積している。ただし、荷室が潰れるだけで、シートはすべて利用可能であり、自動車の選択肢が増えるメリットがある。ただでさえ、手動運転装置や車載装置と費用がかさむことを想定するなら、選択肢が増えることで車両価格を抑えられる点では、大きなメリットと言える。車椅子を利用するドライバーの市場規模を考えると「欲しい情報が少ない」という点は、「ある程度仕方のないこと」と割り切ってならない。ニッチな市場だからこそ、「情報を集約」する必要がある。数は少なくとも、同じように困っている人は確実に存在する。車載を希望する車椅子ユーザーには、点在した情報にたどり着けずに外出を諦めている人がたくさんいることを社会は認識すべきである。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

【教歴・研究歴】JKA 受託研究期間、研究者は北海道寒地未来生活環境研究所所長、北海道科学大学大学院工業研究科委員長、工学部長を務めその研究テーマの一つに非健常者をアシストする「針灸技術修得を支援する教材の開発におけるパイアススプリング付き BMF アクチュエータの応用」(日本機械学会論文集) 2015. の論文発表もある。

このことの一部は、表彰【 日本学術振興会 】平成27年度ひらめき☆ときめきサイエンス推進賞<理由>我が国の将来を担う子どもたちの科学する心を育み知的好奇心の向上に大きく貢献した研究者を讃えるとともに、科学研究費助成事業による研究成果を積極的に社会・国民に発信することを奨励する目的として、ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI (研究成果の社会還元・普及事業)において継続的にプログラムを実施したから。にも結びついている。

今回研究の位置づけとしては、学界で、車椅子の折り紙構造化と車載機構まで一体化した研究は見かけない。したがって、車椅子の車載用収納運搬装置の研究は、まだまだ発展途上と考えられ、本研究によって、得られる改善改良の成果は、利用者のみならず介護・介助者不足の解決、高齢化社会に求められる健康増進と自律支援に寄与するものである。さらには、既存の機構付きアクチュエータでは困難な省スペース化と軽量化が可能で画期的なアイデアであるとともに、様々な場面での実用化が期待できる反面、その良さが周知されておらず、その性能に着目した点は斬新であり、利用用途の発展性が見込める。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

成果報告としては、

1. 2017年9月、2017年度年次大会ロボティクス・メカトロニクス部門一般セッション（埼玉大学）にて、和文題目リムレスホイール受動歩行における完全非弾性衝突現象の考察、英文題目 **Study of a Phenomenon on Perfect Non elastic Collision for Rimless Wheel Passive Walk**, 著者：山田孝公, 竹澤 聡, 高島昭彦,
2. 2017年12月末に本学研究紀要第45号寒地未来生活環境研究所特集号に査読論文として投稿をおよび掲載を果たした。和文題目 ハニカムテーパ型折り紙構造を応用した車椅子設計に関する研究, 英文題目 **Study of Design for Wheelchair Applied Honeycomb Taper Shaped Origami Structure**, 著者：竹澤 聡
3. 軸対称ハニカムテーパ型コア構造車椅子リムホイールの有効性に対する感性評価, 著者：竹澤 聡, ジャン ジンカイ, 鳥羽広夢, 天池 巧, 岩間大舗, 一般社団法人日本機械学会北海道支部第56回支部講演会, **CD-ROM,2018/10**
4. 公益財団法人 **JKA** 『自動運転時代に先駆けた折紙構造による車椅子車輪コンパクト化と車搭載支援機構の実践的研究』研究補助事業成果報告書 (10冊) がある。

## 7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

ございません。

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

北海道科学大学受託研究報告書

URL : [http://www.hus.ac.jp/~takezawa/frame\\_page](http://www.hus.ac.jp/~takezawa/frame_page)

平成31年度 公益社団法人 受託研究報告書  
課題番号 2017M-132

『自動運転時代に先駆けた折紙構造による  
車椅子車輪コンパクト化と車搭載支援機構の  
実践的研究』研究補助事業

2019年3月31日  
北海道科学大学 竹澤 聡

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 北海道科学大学工学部（ホッカイドウカガクダイガクコウガクブ）

住 所： 〒006-8585

北海道札幌市手稲区前田7条15丁目4-1

担 当 者：教授 竹澤 聡（タケザワ サトシ）

担当部署： 機械工学科（キカイコウガクカ）

E-mail : [takezawa@hus.ac.jp](mailto:takezawa@hus.ac.jp)

U R L : [http://www.hus.ac.jp/~takezawa/frame\\_page.html](http://www.hus.ac.jp/~takezawa/frame_page.html)