



# Transportation & Logistics Division Newsletter

## 日本機械学会 交通・物流部門ニュースレター

No.63 March, 2022

### 水素燃料電池システムを搭載した小型試験艇の開発

近年、交通・物流分野のカーボンニュートラルを目指した水素エネルギー利用が活発に進められている。船舶の分野においても、水素燃料船の開発や運航が始められている。以下、その一例として、水素燃料電池 (FC: Fuel Cell) システムを搭載した小型試験艇を紹介する。

図1に示す本試験艇は、総トン数7.9トンの小型船舶であり、最高出力92 kWの燃料電池システムを2基、最大充填圧力70 MPa、合計充填容積480 L (60 L×8本) の水素タンクを搭載している。さらに、公称容量32 kWhのリチウムイオン電池と併用して

定格出力250 kWの推進モータを運転し、最高速度は22ノット(約40 km/h)に達する。

2021年に行われた実証試験では、水素燃料電池システムの安全対策や航行時の負荷追従性などが詳細に調べられた。図2は計測結果の一例であり、推進モータの回転数を急激に変化させたときの時系列データである。推進負荷が燃料電池システムの出力上限値以下の状態においては、燃料電池システムは急激な負荷変化に対して、適切に応答している。また、推進負荷が燃料電池システムの出力上限値を上回ると、リチウムイオン電池による出力が併用されており、適切な電力マネジメントが実現されていることがわかる。さらに、本試験艇では、移動式水素ステーションによる高圧水素充填試験が行われた(図3)。昇圧率5 MPa/minで目標圧力の約74 MPaまで充填できることが実証された。

船舶分野における水素エネルギー利用は、まだ本格的な開発が始められた発展段階である。船用水素インフラ設備の構築や関連規則の整備、さらに水素関連機器の高性能化・信頼性向上など、普及のためには多くの課題が残されているものの、近い将来に求められる、二酸化炭素や地球温暖化ガス (GHG: Greenhouse Gas) を排出しない交通・物流システムの実現に貢献するのは間違いない。燃料電池システムや水素エンジン、さらに水素燃料タンクの研究開発など、機械工学の分野が貢献できる範囲はととても広い。



図1 水素燃料電池システムを搭載した小型試験艇の外観



図2 負荷追従性の検証結果



図3 移動式水素ステーションによる高圧水素充填

記事・図提供：ヤンマーホールディングス (株)、ヤンマーパワーテクノロジー (株)

# 作業負荷低減と乗り心地の向上を両立させる エレベータレール据付け技術

近年、少子・高齢化を背景にエレベータ据付け工事における人材不足が顕在化している。かごの上下走行を案内するレールの据付け作業は作業負荷が高く、高度な技術を要することから、その負荷を軽減することは、作業時間の短縮だけでなく、作業に従事できる人材の幅を広げることに繋がり、人材不足解消に貢献できる。

エレベータの据付け工事では、レールの不整から生じるかごの横振動を抑制するため、レールの曲がり方を矯正する作業がある。レールはブラケットで昇降路に固定されており、矯正作業では、昇降路天井から吊り下げたピアノ線を基準に、レールの案内面が所定の水平位置となるように、ブラケットを調整する。しかしながら、レールの継ぎ目で折れが生じるため、ブラケットを一直線上に並べてもレール不整は残ってしまう(図1)。そのため、かごの横振動は抑制しきれない。これを改善するためには試行錯誤的に調整作業を繰り返す必要があり、多くの時間を要するとともに、最終的な仕上がりは作業者の技術と経験に依存することになる。

この問題を解決する技術としてレール調整最適化 (RAdO: Rail Adjustment Optimization) が提案されている(図2)。RAdOは、所定位置にブラケットを移動したときのレールの変形を予測するレール挙動モデルと、エレベータ走行時のかご振動を予測するかご振動モデルからなる。はじめに初期レール形状を外乱とした走行シミュレーションから、かご振動が算出され、振動が減少するようなブラケット位置の候補が決定される。次に、この位置にブラケットを動かしたときのレール形状が求められ、次の走行シミュレーションに用いられる。以降、かご振動の評価値が収束するまで計算が繰り返されて最終的なブラケットの調整目標値が決定される。つまり、RAdOではデジタル空間で試行錯誤が完結しており、実際の作業は明確な調整目標値に従って一度だけ行えば良いため、作業時間の短縮、作業者に依らない安定した仕上がりが期待できる。

実機エレベータを用いた RAdO の検証結果を図3に示す。調整前のレールには60～90m付近に周期的な屈曲があり、これがかごの共振を引き起こして大きな振動が発生している。一方、RAdOに基づく調整を行った場合には、レールの曲がり方が緩やかになり、共振は生じない。調整前後で振動加速度全振幅の最大値がおよそ10 Gal から6.4 Gal になり、35% 低減した。また、レール調整に要した時間は従来手法の半分以下であり、作業負荷低減と乗り心地の向上を両立した。

実機エレベータを用いた RAdO の検証結果を図3に示す。調整前のレールには60～90m付近に周期的な屈曲があり、これがかごの共振を引き起こして大きな振動が発生している。一方、RAdOに基づく調整を行った場合には、レールの曲がり方が緩やかになり、共振は生じない。調整前後で振動加速度全振幅の最大値がおよそ10 Gal から6.4 Gal になり、35% 低減した。また、レール調整に要した時間は従来手法の半分以下であり、作業負荷低減と乗り心地の向上を両立した。

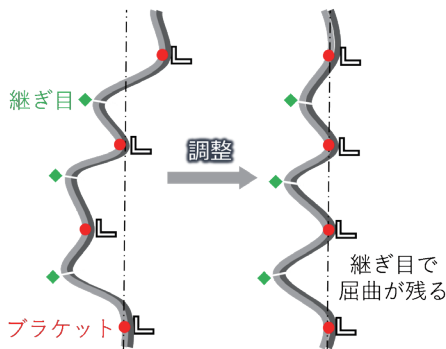


図1 調整時におけるレールの模式図

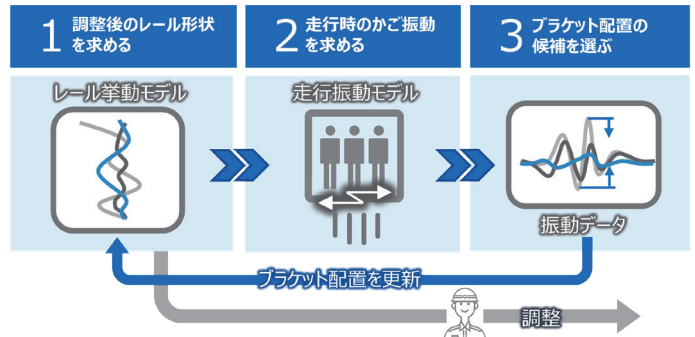


図2 レール調整最適化の概念図

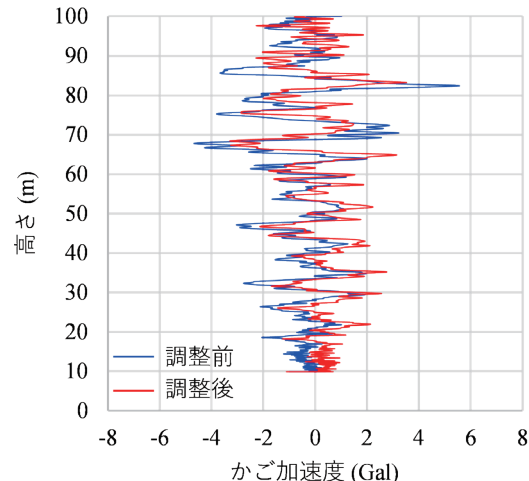
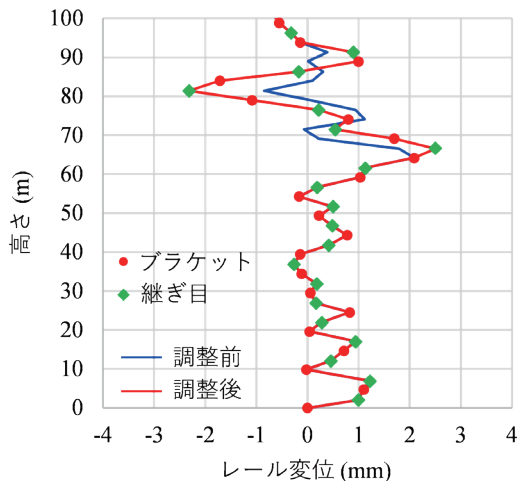


図3 レール調整最適化の実機検証結果

記事・図提供：東芝インフラシステムズ（株）

# 歩くように動ける立ち乗りタイプの三輪電動モビリティ

自動車にとって100年に一度の大変革期といわれる今日、自動車が提供する価値もより多様になり、モビリティ社会全体で価値が創られ提供される時代へと変化している。都市や地方が抱える様々な移動課題の解決や、新ビジネスの創出といった観点から、多様なモビリティの普及・推進が期待されており、例えば、経済産業省の多様なモビリティ普及推進会議を中心に、今後の可能性や課題と対応についての議論が進められている。こうした動きに対応して、様々な事業者が「すべての人に移動の自由を」の実現に向けて、高齢化による身体能力・移動ニーズの変化や場所・目的・シーンに対応したモビリティの品揃えとサービスで、ライフステージに応じた移動サポートに取り組んでいる。

こうした動きのなかで、歩行領域の移動手段として提案された小型モビリティが2021年10月に発売された。本小型モビリティは、前1輪・後2輪の立ち乗りタイプ(図1)で、前輪にインホイールモータを備えるBEV(Battery Electric Vehicle)であり、以下の特徴を持つ。

- ①周囲の歩行者との共存を追求した走行性能
- ②歩行領域になじむスリムなフォルム
- ③人にやさしいシンプルな操作系
- ④安全・安心への配慮

歩行領域を走行するモビリティにとって、歩行空間での親和性が重要である。本小型モビリティは走行速度を人の「歩く」速度に設定し、人間ひとりのスペースに限りなく近いサイズ(全長×全幅×全高=700mm×450mm×1210mm)とすることで、周囲への圧迫感

に配慮し歩行者との共存を実現している(図2)。また、90度回転するハンドルによりその場旋回が可能(図3)である。1回の充電での連続走行距離は14kmであり、登坂や段差乗り越えなど、想定される施設内での必要十分な走行性能を確保している。操作系はアクセルレバー(ハンドルの左右)の操作だけで走行をコントロールするシンプルなものとしている。アクセルレバーに加え、ブレーキレバー・バックボタンなど、利き手にかかわらず左右どちらでも操作可能であり、**人間工学**に基づく誰もが直感的に操作できるレイアウトを採用している(図4)。さらに、利用者の安全な走行をサポートする機能として、ステアリング操作時に操舵角を検知して走行速度を抑制する旋回速度抑制機能や、急斜面進入を通知し、降坂時の速度によっては自動減速する急斜面検知機能、前方の人や障害物との**衝突回避**に寄与する障害物検知機能を装備している。

主な用途としては、ショッピングセンター・工場・空港など、大規模施設での巡回や警備など、業務効率アップやシニアの活躍などを目指して、施設内での歩行業務のサポートが考えられている。2022年1月現在では、本小型モビリティは歩道や駐車場などの公道ならびにみなし公道を走行することはできない。歩道通行車や小型低速車に関する新たな交通ルールについては、警察庁が主催する「多様な交通主体の交通ルール等の在り方に関する有識者検討会」等で議論が進められている。すべての人に安全・安心な移動の自由を実現するため、法整備の面からの取り組みも期待される。

参考 URL : <https://www.youtube.com/watch?v=nuANPCe3bUg>



図1 立ち乗りタイプの三輪電動モビリティ

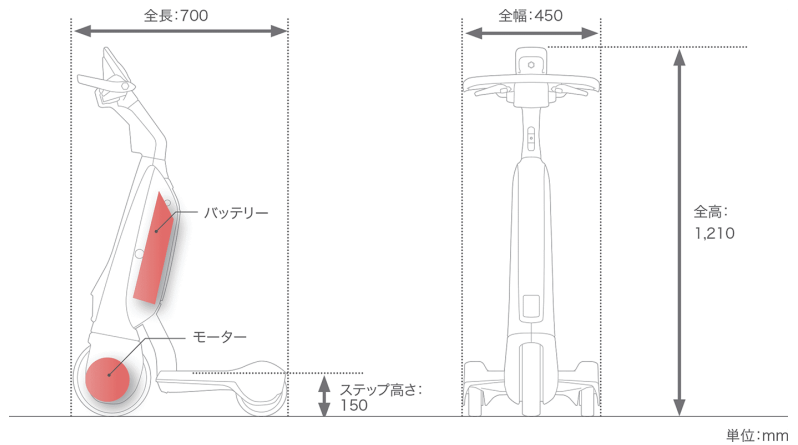


図2 主要寸法



図3 その場旋回可能な操舵特性



図4 ハンドル回りのレイアウト

記事・図提供：トヨタ自動車(株)

# 鉄道車両への遠心力負荷時の部品ごとの横荷重分担の評価



(公財) 鉄道総研 本堂 貴敏

曲線通過中に鉄道車両が受ける遠心力などの横荷重は、空気ばねや左右動ストップ等の、複数並列配置された車両部品を介してレールへ伝達される(図1)。これらの横荷重伝達部品は、一般に非線形な復元力特性を持つほか、取り付け高さが異なるため、その特性は車体左右運動のみならず、ローリングにも影響を及ぼす。車両運動シミュレーションにおいてこのモデリングが不適当な場合、解析結果に大きな誤差を生じることもある。したがって、実車両の横荷重分担状況を把握することは、解析モデルの検証プロセスにおいて重要な事項のひとつである。本稿では、ボルスタレス台車を装備した車両を対象として、2本の柱とワイヤを用いて車体に横荷重を負荷できる装置(図2)を用いた横荷重分担評価手法について紹介する。

本評価法では、分担荷重の測定が比較的容易な部品については直接的、あるいは間接的に荷重を測定する。一方、測定が困難な部品でも撤去が容易な部品については、当該部品の搭載時/撤去時の試験結果を比較して、その影響度合いを間接的に評価する。具体的には、各車両部品に対して、

- 空気ばね(車体の上下荷重を支持する部品)：空気ばね・台車枠間に三分力センサを設置して測定する。
- 左右動ストップ(車体の過度な左右変位を抑制する部品)：予め

変位と力の関係をキャリブレーション(図3)しておき、試験時には変位を測定することで間接的に力を把握する。

- 左右動ダンパ(車体の左右振動を抑制する部品)および牽引装置(駆動・制動力を伝達する部品)：搭載時/撤去時の試験結果を比較する。

という荷重分担評価方針を採用している。

評価結果の一例を図4に示す。本例では、無負荷状態から1ワイヤあたり20kNまで横荷重を負荷した後、除荷するまでの過程を示しており、(a)は通常状態、(b)は牽引装置撤去状態の試験結果を表している。空気ばね荷重と左右動ストップが分担する力の合計は概ねワイヤ張力と等しく、静的な左右方向荷重の大部分をこれら2つの部品が伝達していることがわかる。ただし、牽引装置撤去状態の結果について詳細に見ると、通常状態よりも比例係数が大きい。この差は、牽引装置が分担する横荷重に相当するものと考えられ、本例ではワイヤ張力に対して1割程度の横荷重を分担していることが示唆される。本試験で得られたデータは、車両の静止輪重アンバランスの変化を評価するシミュレーションモデルや、乗り上がり脱線防止の観点から曲線通過時の輪重・横圧を計算する新しいアルゴリズムの検証用データとして活用されている。

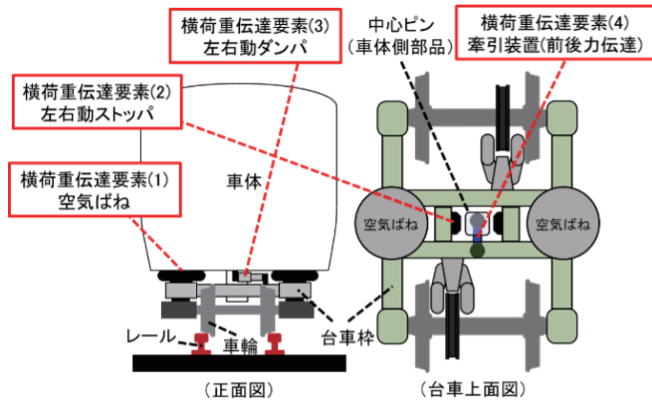


図1 横荷重を分担する主要な車両部品

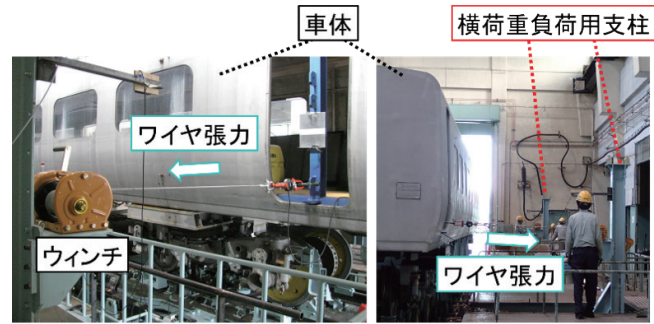


図2 車体横力負荷装置

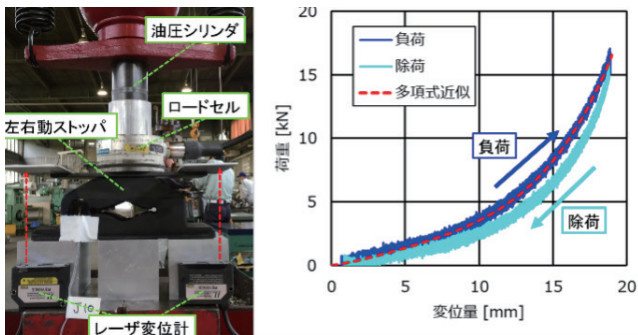


図3 力と変位の関係のキャリブレーション試験

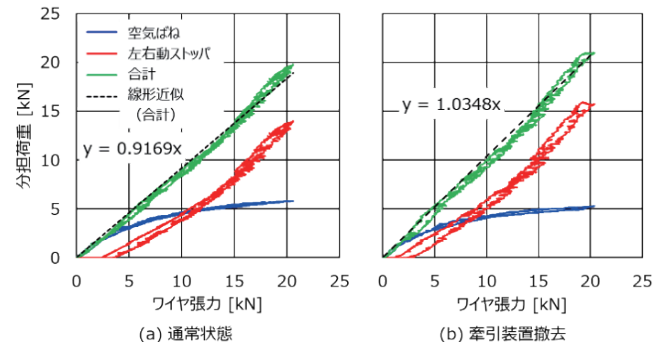


図4 横荷重分担評価の例

記事・図提供：(公財) 鉄道総合技術研究所

研究室紹介

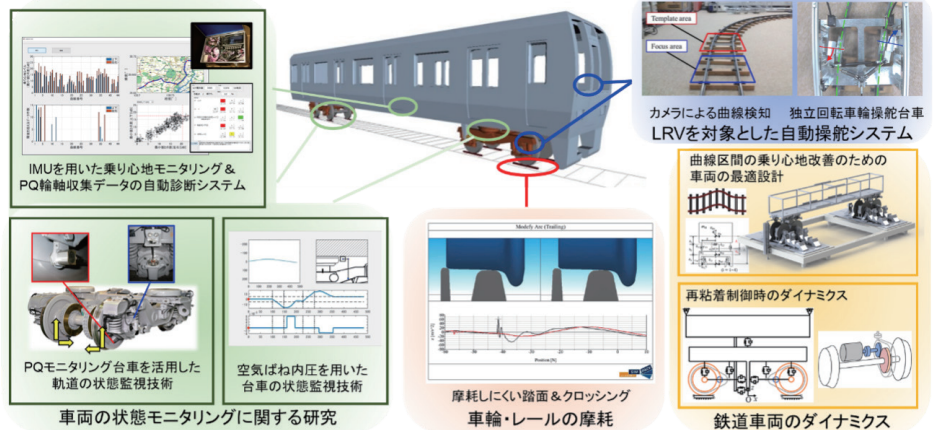
近年、ニュースレター記事として企業や研究所における研究開発の紹介が多かったため、大学等教育機関における研究を紹介する場として「研究室紹介」コーナーを試行的に設けました。本コーナーに対するご意見・ご感想を広報・出版委員会までお寄せ頂ければ幸いです。

茨城大学 道辻研究室

URL : <http://www.mech.ibaraki.ac.jp/~mituji/lab/>

当研究室では「鉄道車両や自動車の安全性・快適性の向上に役立つ研究」をテーマに研究・教育活動を行っています。最近では鉄道分野の研究テーマ(下図)が多く、具体的には、営業車両の状態モニタリングに関する研究、摩耗しにくい車輪およびクロッシングの研究、画像情報を活用した路面電車(LRV)の自動操舵システム、曲線走行まで含めた車両の乗心地向上のための最適設計、空転・再粘着制御の高度化をめざした車両運動シミュレーション等について研究を行っています。自動車に関しては、ドライブレコーダを活用した信号交差点の運転支援システムに関する研究も行っています。

当研究室は茨城県日立市にあります。もし興味があれば、ぜひ気軽な気持ちで見学に来ていただければと思います。過去の研究から現在までを振り返ると、交通・物流部門で活動していたことによるメリットがとても大きく、様々な方との交流を通じて今日に至っております。関係各位にはこの場を借りて感謝申し上げます。



鉄道分野の研究テーマ

大阪府立大学 機械力学(新谷・中川)研究室

当研究室では、機械・構造物や人間の運動・振動・制御、システムに関する研究を行っています。交通・物流の分野では、鉄道車両などの高速走行体の地震時の安全性向上や非線形モデルを用いた大型貨物車両の曲線路走行時の挙動と横転危険性の評価を行っています。また、個人の移動手段であるパーソナルモビリティ・ビークル(PMV)の研究にも力を入れています。ステアバイワイヤ小径自転車の安定化制御や倒立振り子型車両の自動制御などを提案しています。PMVは小型・軽量のため、大きな比重を占める人間の力学的な挙動を把握することは重要となります。よって、三次元動作解析装置を用いた実車実験やマルチボディダイナミクス解析を用いた人間の運動モデルの構築も行っています。地震・防災の分野では、自立型構造物の地震時のすべり・ロックの制振、連立キャビネットの転倒防止や確率論を導入した弾塑性サポートを用いた配管系の最適耐震設計法の開発を行っています。その他、流動励起振動、福祉機器、自然言語処理を含む学習支援システムなどの研究テーマも遂行しています。



実験用パーソナルモビリティ・ビークルの例

編集後記

2021年度から新委員となりました佐藤です。感染症拡大防止をきっかけに、対面せずに多くの仕事・生活ができるようになったことは情報ツールのおかげですが、「交通・物流」の根本の動機を考えさせられます。人は生物なので、他者や新しい事物と五感を使って出会うことは、個人として成長や健康の維持向上の機会だと感じており、「交通・物流」とは教育・保健・生活の一大げさに言うとも生きていることの一個値を高める社会的な活動だと思います。地球温暖化防止という世を超えた課題も重要な今、将来のために微力ながらお手伝いできれば幸いです。

佐藤(日本車輛製造)



第99期 広報・出版委員会

- 委員長 丸茂 喜高(日本大学)
- 幹事 飯田 浩平(鉄道総合技術研究所)
- 委員 関根 太郎(日本大学)
- 佐藤 哲郎(日本車輛製造)
- 井上 諭(電子航法研究所)
- 宮崎 恵子(海上技術研究所)
- 渡辺 誠治(三菱電機)



日本機械学会 交通・物流部門

〒162-0814 東京都新宿区新小川町4-1KDX 飯田橋スクエア 2階

TEL: 03-4335-7610(代表) URL: <https://www.jsme.or.jp/tldnew/>