



Transportation & Logistics Division Newsletter

日本機械学会 交通・物流部門ニュースレター

No. 66 September, 2023

水素航空機向けコア技術開発

航空機における世界的な CO₂ 削減の動向を踏まえ、海外では 2020 年 9 月に水素航空機の開発計画が発表されている。日本においても水素航空機実現に必要なコア技術開発の検討が NEDO プロジェクトとして行われており、ここでは、その概要を紹介する。

① 水素エンジン用燃焼器

水素を燃料として安定燃焼が可能で、かつ大気汚染物質（NOx 等）の発生を抑制する MicroMix 燃焼技術が開発されている。

MicroMix バーナは、図 1 に示すように微小な水素噴射孔から水素を噴射し、直交する空気噴流と急速混合し、水素火炎を形成する。微小な水素火炎を形成することで、火炎中の局所的な高温域の発生をなくし、かつ、燃焼反応時間を短くすることにより NOx の発生を抑制する。

MicroMix バーナ単体試験が行われ、NOx 排出特性の試験データが数値解析結果と比較して定性的傾向が一致することを確認している。

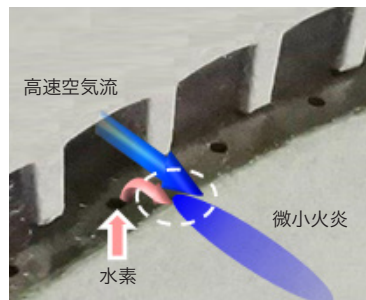


図 1 MicroMix 燃焼技術

② 液化水素タンク

水素の大気圧下での沸点は -253°C であるため、タンク外部からの入熱により、容易に液化水素がガス化する。それを防止するため、高断熱性能の真空 2 殻構造タンクが開発されている。軽量化実現のため、材料はアルミニウム合金と炭素繊維複合材について検討が行われている。

燃料をエンジンが消費した分だけタンク内圧が低下することを防ぐため、タンク内を一定圧に調整するコントローラの開発も行われている。

③ 液化水素供給システム

液化水素タンクからエンジンに液体水素を供給するシステムには、バルブ、ポンプ等が必要となる。小型軽量化実現のために高回転のポンプ開発に加えて、エンジンの出力に応じた燃料量と圧力を調整するためのセンシングやコントローラの開発も行われている。

2029 ~ 30 年頃には、図 2 に示す液化水素タンクと液化水素供給システム、水素ジェットエンジンを組み合わせた統合実証試

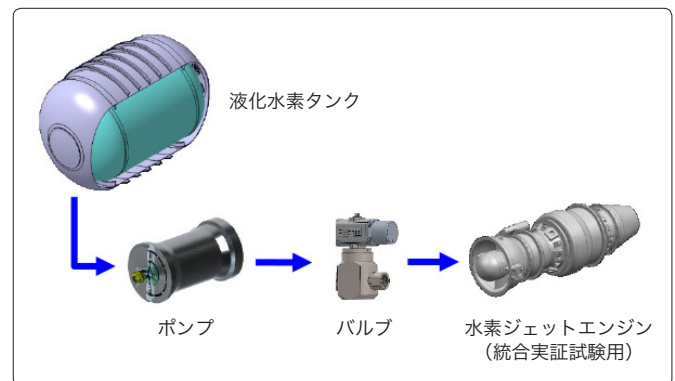


図 2 統合実証試験

験を JAXA の能代ロケット実験場で実施予定である。

④ 機体構想

現在の航空機において、ジェット燃料は主翼の中に搭載されているが、液化水素タンクの容量がジェット燃料タンクの 4 倍必要なことから、従来の航空機とは異なる配置、方法で液化水素タンクを搭載する必要がある。

機体構想検討として、従来型航空機と非従来型航空機について、主要構成品（タンク、客室、貨物室）の配置や構造成立性の検討、機体外形状の初期設計が行われている。

また、図 3 に示す各機体コンセプト案に対して CFD 解析による空力データや航続性能の算出も行われている。



図 3 機体コンセプト案
(左：従来型航空機、右：非従来型航空機)

関連 HP : <https://www.jsme.or.jp/kaisi/1248-32/>

記事・図提供：川崎重工業株

工場内のモノを自動で配送できる自律型搬送車の開発

工場の物流現場は、高まる多品種少量生産のニーズと慢性的な人手不足により、作業員配置を前提とした従来型の設備・運用では、需要に合わせた効率的な生産体制の維持が難しくなっている。市場要望に対し、コンセプト“REAL WORK HORSE”を掲げ、以下に主眼をおいて自律型自動搬送車（図1）の開発を行った。

- 1) 建物内部、建物間の物流が担えるコンパクトな車
- 2) 荷物積重量 300kg、牽引重量 1,500kg
- 3) 人にやさしく容易に周囲から認知できる
- 4) 障害物が回避できる
- 5) 簡単に走路設定ができる自動運転システム

自動運転ソフトウェアは、ROS2 (Robot Operation System 2) をベースとしたオープンソースソフトウェアであり、自動運転に必要な「認知」、「判断」、「行動」のすべての機能を有し、効率的なソフト開発ができる。さらに LiDAR (ライダ: Light Detection And Ranging) などのセンサ構成の再構築や経路計画機能の向上、パトランプや音声による周囲への警告機能などの追加をすることができ、市場の要望に沿ったハード、ソフト構成で開発が可能である（図2）。

また、3D-LiDAR とデジタル地図のみで、自動運転機能を実現することができ、磁気ネイル等、走行経路を表現するためのインフラ設備を必要としない。このため、初期導入コストを抑えて省人化ソリューションを提供できる。

車体開発にあたり建物内部の狭い工場通路の物流が担える、全長 2,275mm、全幅 1,105mm のコンパクトな車体開発を既存車両ベースで検討を行った。既存車両との部品や製造工程の共通化によって、部品コスト、投資および開発工数を削減することが重点テーマの一つであった。狭い建物内部を走行するためには、ホイールベースの短縮は必須でありフレームを新作する必要があった。このフレームは既存のサスペンションおよびステアリング、ブレーキ、モータ等を既存車両のまま搭載できる構成とし、部品構成を共通化したことで、製造ラインも既存車両と一部共通化することが可能となった。また、既存車両と共通化が不可能な荷物積載や牽引にかかわる新規の構造部位に関しては、解析技術を活用することにより、強度剛性を確保した上で複雑な板金の使用を減らしつつ、既成のパイプ形状を最大限そのまま使用する構造と



図1 自律型自動搬送車

した（図3）。これにより金型や加工、溶接の工数を抑えてコスト上昇の最小化を実現した。

BEV (Battery Electric Vehicle) にはエネルギー密度や安全性の制約により充電ごとの走行距離が短く、充電には長い時間がかかるという課題が未だ存在している。一方、工場における物流は作業時間中に常時稼働できることが求められているため、長時間の充電により停止することは困難である。そこで、最大限まで車両の稼働率を向上させることを目的とし、クレーンやフォークリフトを使用することなく、一人で手動台車を使いスライドさせ、バッテリーを簡単に交換できるシステムを開発した（図4）。これにより数分のバッテリー交換以外は稼働し続けることが可能となり、長時間作業する工場物流の需要に対応できるようになった。

今回、限定された環境下ではあるが、全天候型かつ専用経路設備が不要で導入が容易な自律型自動搬送車の開発を行った。この車両を皮切りに自動運転の技術を活用した世界が広がることが期待される。

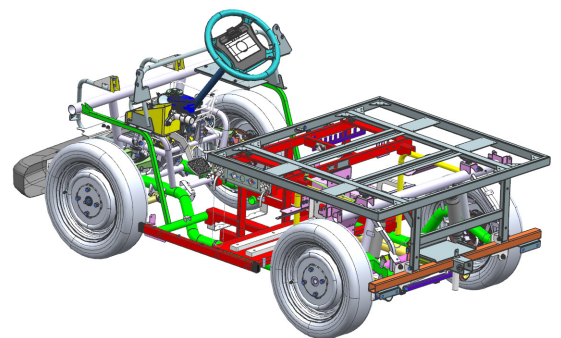


図3 パイプ材を活用したフレームワーク

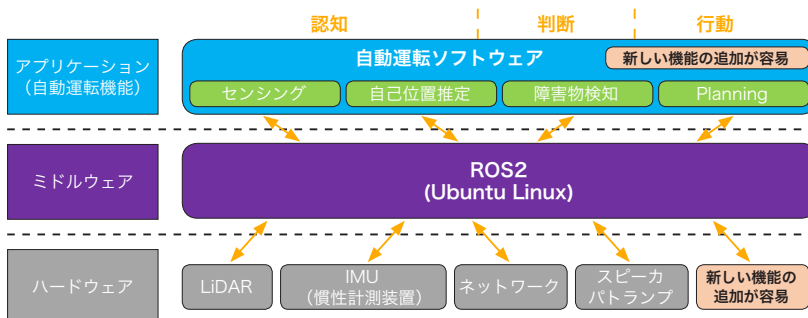


図2 ソフトウェア、ハードウェア構成図

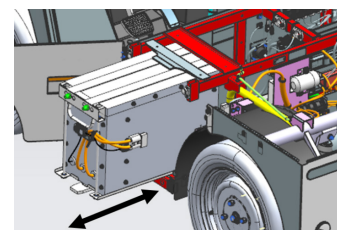


図4 バッテリー交換構造

記事・図提供：ヤマハ発動機株式会社

難燃性マグネシウム合金の鉄道車両への適用

マグネシウム合金は、比重は1.8（アルミニウム合金は2.7）とCFRPの1.6に近い値であり、CFRPに匹敵する軽量化の手段となる可能性がある。しかし、汎用のマグネシウム合金は発火温度が低く、耐火性の要求が高い鉄道車両への適用は困難とされてきた。近年、マグネシウム合金の発火温度を高める合金開発が進められ、汎用マグネシウム合金（Mg-Al系合金）にカルシウムを添加することで、発火温度を飛躍的に高めた「難燃性マグネシウム合金」が注目を集めている（図1）。

このような状況下、2010年からマグネシウム合金高速車両構体実用化委員会が活動を始め、2014年からは、NEDO事業として新構造材料技術研究組合（ISMA）の研究テーマとして難燃性マグネシウム合金の展伸材（押出型材や圧延板）の鉄道車両への適用が採択され、幅300mmを超える大型押出型材の製造が可能となった。そして、新幹線用構体を模擬した試験構体の製作（図2）および構体気密疲労試験を実施し、従来のアルミニウム合金製構体と比較して約30%の軽量化と設計寿命20年の健全性が確認されている。また、社会実装に向け、鉄道車両向けの部品への適用の検討も進められており、現在、難燃性マグネシウム

合金製の客室床（図3）や台車カバー（図4）などの耐久試験が続けられている。

難燃性マグネシウム合金の展伸材には、材料強度の異方性と引張-圧縮非対称性（図5）や、溶接部の疲労強度がアルミニウム合金に比べ低い、アルミニウム合金のように表面に強固な酸化被膜が形成されないため耐食性が劣るという性質があり、これらへの対策が構造物に適用する際の課題である。まず、材料強度の異方性と引張-圧縮非対称性に関しては、新幹線用の連結器荷重条件下で圧縮応力が局部的に基準を超えることが想定されたが、荷重を適切に分散するリベット継手を開発することで解決している。また、溶接部の疲労強度の低さは、型材同士をつなぐ裏当て金付き開先突合せ溶接継手の開先深さを適切な値とする改良案継手により、アルミニウム合金製の溶接継手と同等以上の時間強度を得て（図6）解決している。そして、耐食性に関しては、塗装が前提であるが、その前処理として化成処理を施すことで、金属の表面に緻密な酸化膜を形成し塗膜が損傷した場合でもある程度の耐食性を維持することに成功している。その他の課題も次第に解決されつつあり、今後の展開が期待される。

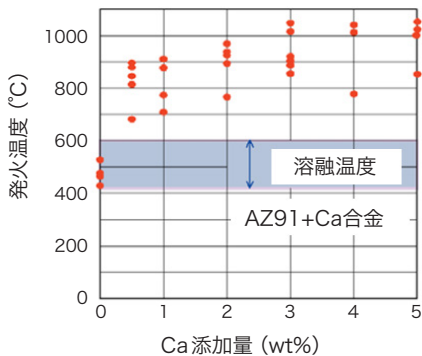


図1 マグネシウム合金の発火温度とカルシウム濃度との関係

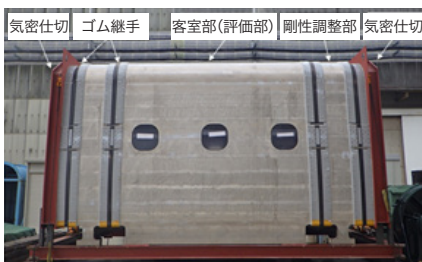


図2 気密疲労試験構体^{*1}

*1: この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP14014）の結果得られたものです。

高速鉄道車両向け難燃性マグネシウム合金製の部分構体で気密疲労試験を実施 | プレスリリース | NEDO

難燃性マグネシウム合金製の床板を新幹線試験車両に適用し、性能試験を実施 | プレスリリース | NEDO

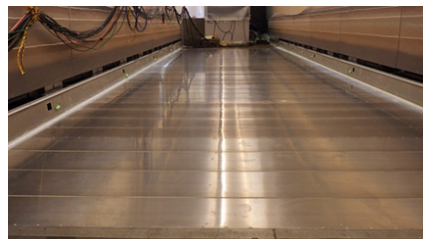


図3 難燃性マグネシウム合金製客室床^{*1}



図4 難燃性マグネシウム合金製台車カバー

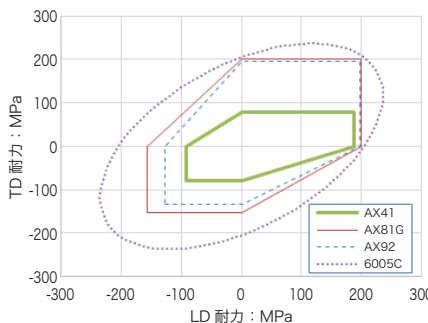
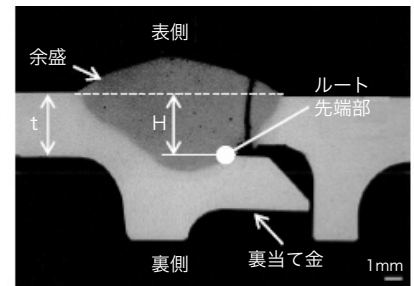


図5 難燃性マグネシウム合金（AX系合金）とアルミニウム合金の降伏曲線の比較



- ① 余盛削除（G仕上げ）
- ② ルート先端部の応力低減（H>t）
- ③ 裏当て金の形状変更

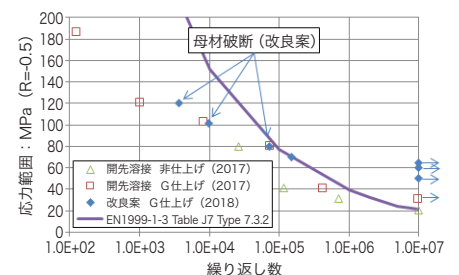


図6 溶接継手の疲労強度の改善

記事・図提供：川崎車両株

『夢・乗り物アイデアコンテスト2022』開催報告

夢・乗り物アイデアコンテスト 2022 審査委員会 宮本岳史 (明星大学)

第31回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2022) において、5回目の夢・乗り物アイデアコンテストを開催しました。

今年は21件応募いただきました。厚く御礼を申し上げます。このうち最優秀賞2件、優秀賞3件に交通・物流部門賞を贈りました。

受賞作品について、「タスカレーター」では、ステップ前後に安全な手すりを設ける発想そのものに感服しました。「ベッドを医療現場の救世主に！」は、コロナ禍で逼迫する医療現場に思いを巡らせた作品で、自動運転技術の活用対象を提案いただきました。「水・陸・空運行可能車両」は、空飛ぶ自動車の先を行く発想で、見て楽しいデザインが、さらにGoodでした。「こんな音でいいです Car?」は車内音環境に関するアイデアで、とても新鮮な作品でした。「こみゆみゆーん」は、個人の乗り物から人々のコ

ミュニケーションスペースとしての乗り物へ発想転換を求めたコンセプトが乗り物の未来を拓いています。

交通・物流部門ホームページ>イベント>夢・乗り物アイデアコンテスト (<https://www.jsme.or.jp/tldnew/event/translog/ideacontest>) では、審査員コメントを添えて受賞作品を掲示しております。

審査委員一同、このアイデアコンテスト応募作品の審査を楽しみにしております。未来のいろいろな乗り物が、人と物の交流を促し、融和する社会に貢献することを期待します。今年のTRANSLOG2023においても、夢・乗り物アイデアコンテストを開催します。ご応募いただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

入賞作品紹介

タスカレーター

現在のエスカレーターの課題
・高齢の方が乗りづらい
・転倒する方がある
・荷物を載せづらい
・座れない
・走る方がいて危ない

手すりがあれば解決できる？

吸気で自動収納

ビニル製の手すり

手すり出して乗るよ。

空気で展開

コンセプト	エスカレーターは、とても便利ですが、危険をいっばい含んでいます。そんなエスカレーターの危険を取り除き、さらに利便性を高めるためのアイデアです。浮き輪のようなビニル製の手すりが登場し、エスカレーターに乗っているときの利便性を高めてくれます。
価値	価値1: 手すりがあるのでお年寄りでも安心して乗ることができる 価値2: ちょっとした壁掛にもなるので、乗れているときに便利 価値3: これを出すとエレベーターで走るのがいなくなり、安全なエレベーターの運用ができる
課題	課題1: 急速に手すりを展開・収納する技術(強い直線部が必要) 課題2: 手すりを必要とする人としない人の両者へ対応する技術(声や足元スイッチに反応して手すりが展開) 課題3: エスカレーターのメンテナンスコストが高くなる

エスカレーターにも不便や危険はまだある...
これで改善できませんか？

最優秀賞「タスカレーター」草野大勢さん

ベッドを医療現場の救世主に！

次は、〇〇さんの診察です

〇〇さんのベッドが自動で移動開始

自動運転の技術で自動で診察の部屋へ

コンセプト	ベッドにそのまま診察に行くことで、起きるのが辛い患者さんやスタッフの方の疲労を軽減します。起きるのが辛い患者さんでも、院内をベッドで移動することで、気持ちよくなる。
価値	価値1: 何人ものスタッフの方のサポートを受けて診察に行く方や医師の往診が必要なの方の診察の負担軽減 価値2: 自分一人で移動することで、スタッフの方への申し訳なきを軽減 価値3: たまに違う景色を眺めることで、ストレスの発散、気分よくなる
課題	課題1: ベッドの上の整理整頓(人に思われても可能な状態にしなければならない) 課題2: ベッド同士の間隔、部屋の広さの確保 課題3: 制御不能となつたときに安全に停止する技術の開発 課題4: 酔いの防止、心地よい乗り心地を提供する技術の開発

コロナ禍など、日々大変な医療現場のスタッフの方、患者さんの負担を軽減

最優秀賞「ベッドを医療現場の救世主に！」小林 将さん

夢・乗り物アイデア(水・陸・空運行可能車両)

①構成図

A 全体図

②車両構造

ア 上から見た図

イ 横から見た図

③機体図

木野田博彦さん

優秀賞「水・陸・空運行可能車両」木野田博彦さん

こんな音でいいですCar?

GPS位置情報

海辺を走れば... Music

都会を走れば... Music

山道を走れば... Music

行方迷走中は... Music

リラクゼーション Music

疲労・飲酒 Music

警告音 Music

余話中は... Music

会話を妨げない Music

コンセプト	自動車のドライバーの感情や自動車の車内環境に合わせた最適な音環境を提供。疲労や酔いの状態が検知されれば警告音を出して運転を止めようとする。
価値	価値1: クラウドミュージックを活用してドライバーに最適な音環境を車内につくり出すことにより 価値2: そのほか、車内環境に合わせた音環境を提供することで、車内環境がよくなる 価値3: カメラによるドライバーの表情認識技術の向上 価値4: 車内環境に合わせた音環境を提供することで、ドライバーの疲労や酔いの状態を検知し、警告音を出して運転を止めようとする。
課題	課題1: カメラによるドライバーの表情認識技術の向上 課題2: 車内環境に合わせた音環境を提供することで、ドライバーの疲労や酔いの状態を検知し、警告音を出して運転を止めようとする。 課題3: 車内環境に合わせた音環境を提供することで、ドライバーの疲労や酔いの状態を検知し、警告音を出して運転を止めようとする。 課題4: 運転を妨げない音環境の開発(ドライバーが不満をもたないように音環境を制御)

井上達哉さん

優秀賞「こんな音でいいです Car?」井上達哉さん

commu-mune (こみゆみゆーん)

大隈琉晴さん

優秀賞「commu-mune (こみゆみゆーん)」大隈琉晴さん

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63号より設けました。
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。

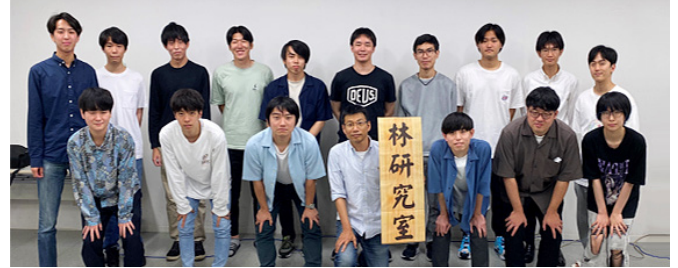
東京理科大学 工学部機械工学科 林研究室

URL : <https://www.rs.tus.ac.jp/~hayashi/>

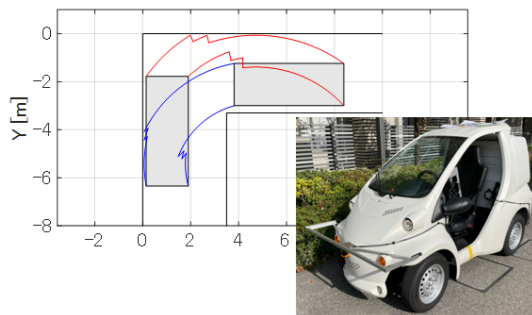
当研究室では、安全かつ便利な交通・物流の実現を目指し、車両の運動と制御に関する研究を行っています。2023年度は教員1名、大学院生9名、学部生7名の計17名で活動しています。

研究対象は自動車を中心ですが、鉄道車両やオートバイ、セミトレーラなど、車輪の付いた乗り物について幅広く扱っています。自動車では、前方に出現した歩行者などを操舵によって回避する障害物自動回避システムや、飛び出しなどの歩行者の急な出現に備えた危険予測自動運転システム、また最近では、路地の曲がり角のような狭隘なL字路において切り返しを反復しながら通過する自動走行手法の研究を行っています。鉄道車両では、倒立式の振り車両や地震時の脱線防止に関する研究、オートバイでは極低速走行時の車両安定化に関する研究、セミトレーラでは後退自動駐車の研究を行っています。直接的に車両に関わらない研究として、自動運転のための高精度デジタル地図に関する研究や、ドライブレコーダの映像データから道路や周囲環境の様子をデジタルデータとして復元する研究も行っています。

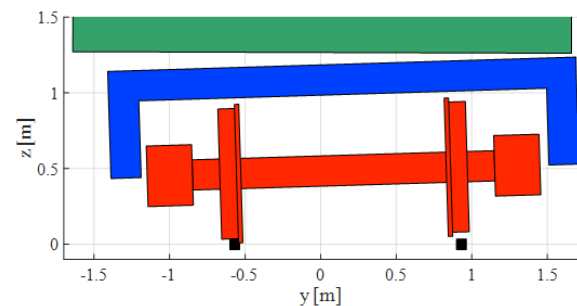
当研究室のある葛飾キャンパスは、JR常磐線金町駅から徒歩8分のところにあります。水と緑豊かな明るく賑わいのある公園に囲まれており、一般の方も散歩できる開かれたキャンパスとなっております。研究室見学も可能ですので、気軽にお声がけいただければと思います。



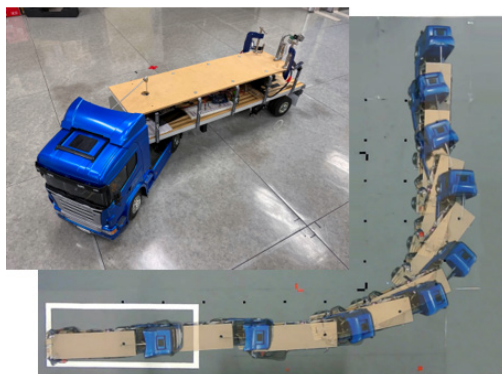
2023年度 研究室メンバー



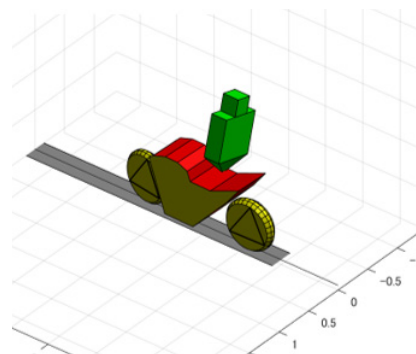
切り返しを用いた経路生成



鉄道車両の脱線シミュレーション



セミトレーラの自動駐車



二輪車の低速安定化

編集後記

広報・出版委員会 委員長 井上 諭 (電子航法研究所)

新型コロナウイルスが5類感染症に移行されたことで、人々の行動制限が緩和され再び移動が活発となり、「交通・物流」の重要性が増してきています。安全・安心で便利な乗り物や手段であるためにも、技術開発や研究の継続的な取り組みが必要です。このニュースレターではそれらの技術やアイデアを垣間見るきっかけとなれるよう取り組んでいます。



第101期 広報・出版委員会

委員長 井上 諭 (電子航法研究所)
幹事 宮崎 恵子 (海上・港湾・航空技術研究所)
委員 関根 太郎 (日本大学) 丸茂 喜高 (日本大学)
西原 潤樹 (東京地下鉄) 佐藤 哲郎 (日本車輛製造)
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/tld/home/>