



Transportation & Logistics Division Newsletter

日本機械学会 交通・物流部門ニュースレター

No.60 September, 2020

火花点火制御圧縮着火を実現する燃焼技術

今回開発された「火花点火制御圧縮着火」は火花点火伝播燃焼によって圧縮自己着火を制御する新しい燃焼方式である。高効率を実現可能な希薄条件下での圧縮自己着火燃焼には数々の課題があるが、それらの課題を独自の技術で克服し、世界で初めて乗用車用市販ガソリンエンジンへ適用し市場導入された。本燃焼の実現のために表1に示すシステムを導入している。

火花点火制御圧縮着火燃焼の特徴は、部分負荷では次世代の高効率希薄燃焼として期待されてきたHCCI燃焼^{※1}と比較し、低い圧縮比で自己着火燃焼の利点が活用可能な一方、高圧縮比を採用した際に問題となる、全負荷領域での異常燃焼を制御可能とした点にある。合わせて、部分負荷での自己着火時期制御の課題をシンプルなエンジンシステム構成で克服することを可能としている。具体的には、幾何学的圧縮比を選んだ上で、点火による伝播燃焼が燃焼室内の混合気を追加圧縮し、瞬時に圧縮自己着火に最適な温度と圧力を形成することで、実効的圧縮比を可変にする機能により実現した。図1に示すようにHCCI燃焼の代表的な外乱の1つである吸気温度の変化に対して、火花点火制御圧縮着火燃焼では点火時期の調整により狙いの熱発生率へコントロール可能である。

高負荷域への火花点火制御圧縮着火燃焼の適用に関しては、外部EGR^{※2}導入、スワール流動^{※3}の付与、噴射タイミングの最適化によって、図2に示すように異常燃焼から決定される限界空気量を改善しながら、高負荷域においても安定した燃焼を実現した。本燃焼の市販エンジンへの適用に際しては、2種類の火花点火制御圧縮着火燃焼モードを使用している。理論空燃比の2倍近い空気量で燃焼させる希薄条件下での火花点火制御圧縮着火燃焼、および理論空燃比において多量EGRを導入した希積条件下で燃焼させる火花点火制御圧縮着火燃焼である。2種類の火花点火制御圧縮着火燃焼は筒内圧センサによるリアルタイムでの燃焼状態監視により、図3に示すようにエンジン回転数・負荷の幅広い領域において実現されている。

新燃焼技術は、市販ガソリンエンジンとしてこれまでに例のない高圧縮比を実現可能とし、部分負荷運転時の高効率な燃焼と高負荷での十分な軸トルクの実現に寄与している。今後、開発された燃焼技術が更に進化し、乗用車用エンジンのより一層の高効率クリーン化に寄与することが期待される。

- ※1: HCCI 燃焼 (Homogeneous Charge Compression Ignition) = 予混合圧縮着火燃焼
- ※2: EGR (Exhaust Gas Recirculation) = 排気ガス再循環
- ※3: スワール流動 = エンジン筒内を主に水平方向に旋回する流動

表1 火花点火制御圧縮着火を導入したエンジン仕様

項目	火花点火制御圧縮着火を導入したエンジン仕様
エンジンタイプ	In-line4
排気量	1997 cm ³
ボア×ストローク	83.5 mm × 91.2 mm
圧縮比	16.3(※1) / 15.0(※2)
燃料噴射システム	筒内直接噴射式(Max: 70MPa)
吸気システム	Roots-type スーパーチャージャー
スワールコントロールバルブ	有
筒内圧センサ	有

※1: EU / ※2: Japan

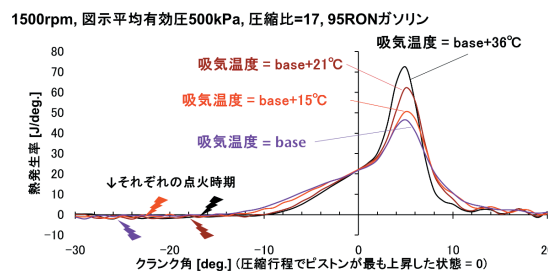


図1 点火時期による燃焼位相の制御例

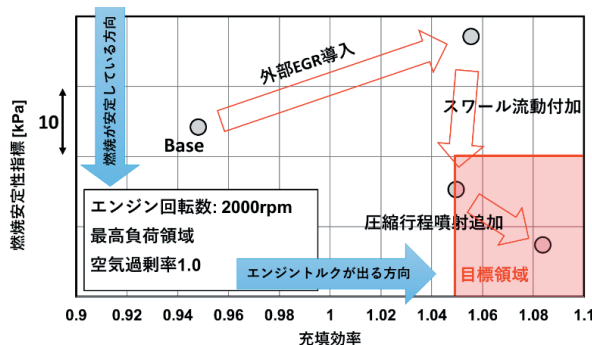


図2 全負荷領域での充填効率と燃焼安定性の改善



図3 火花点火制御圧縮着火の実行領域

記事・図提供：マツダ（株）

エンジン技術情報 URL
 ・ https://www.mazda.com/globalassets/ja/assets/innovation/technology/qihou/2019/files/2019_no004.pdf
 ・ <https://www2.mazda.com/ja/next-generation/technology/>

新幹線パンタグラフの空力音低減策と揚力補償機構

光用剛、臼田隆之（公益財団法人鉄道総合技術研究所）

若林雄介（東日本旅客鉄道株式会社）



光用

新幹線のさらなる高速化を実現するうえで沿線騒音の低減が必要であり、なかでもパンタグラフから発生する空力音の低減が重要な課題となっている。パンタグラフの開発においては、空力音の低減だけでなく、揚力特性の安定化と良好な集電性能との両立が必要不可欠である。本稿ではこれらの要件を満たすべく開発した空力音低減策と揚力補償機構について紹介する。

空力音低減については、パンタグラフの主要な空力音源である舟体・舟支え部に対し、図1に示す3つの空力音低減策を開発した。舟体については、空力音低減を目的として断面形状を平滑化し、貫通孔を適用するとともに、揚力特性と集電性能を考慮した新しい追従機構を適用した多分割平滑化舟体を開発した。この舟体の追従機構は、舟体を左右方向に9分割し、図1の舟体断面図に示すように、芯材（青色部分）に対して、各舟体要素とすり板が一体で（赤色部分）上下動作する機構とした。これにより、追従機構の動作に伴う舟体の断面形状の変化が揚力特性に与える影響を軽減するとともに、すり板には軽量のC/C（炭素繊維強化炭素）複合材製すり板を適用して可動部の質量を低減し良好な集電性能を確保した。また、舟支え部については、舟体と舟支え部との流れの干渉に起因した空力音を抑制するために、舟支え部に対して舟体を上流側に設置する改良舟支えと、金属多孔質材付き頂点カバー

頂点カバーを開発した。これらの対策による空力音低減効果を風洞試験で確認した結果、多分割平滑化舟体のみを適用した場合で1.9dB(A)、3つの対策を組合せた場合には2.7dB(A)の空力音低減効果が得られることを確認した（図2）。

また、一般に舟体の断面形状を平滑化した場合、すり板の摩擦による形状変化や対向風のピッチング方向の風向変化など（以下、これらを総称して各種条件変化と記す）に対して揚力が敏感に変化しやすくなる傾向がある。この対策として、走行時の揚力の短時間平均値を推定し、目標とする揚力との差分に応じて押上力を調整することで、各種条件変化に対する揚力変化を補償する機構を開発した（図3）。揚力の推定においてはスパースモデリングを適用し、舟体表面において各種条件変化に対する揚力変化を合理的に捉えることができる圧力測定点をあらかじめ5点選定し、その点の圧力とパンタグラフの作用高さの情報から揚力を推定した。本機構により、各種条件変化に対する揚力の変化幅を非補償時の1/4程度に低減できることを風洞試験において確認した（図4）。

今後は、これらの技術のさらなる性能検証と実用的な技術開発を進める予定である。

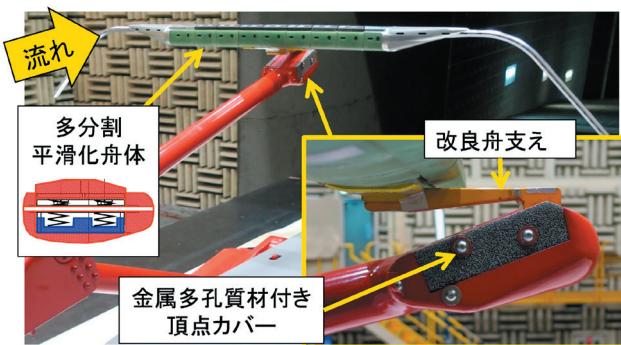


図1 開発した3つの空力音低減策

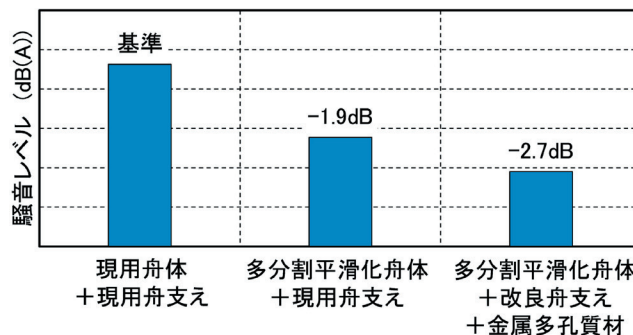


図2 空力音低減効果（風洞試験、360km/h）

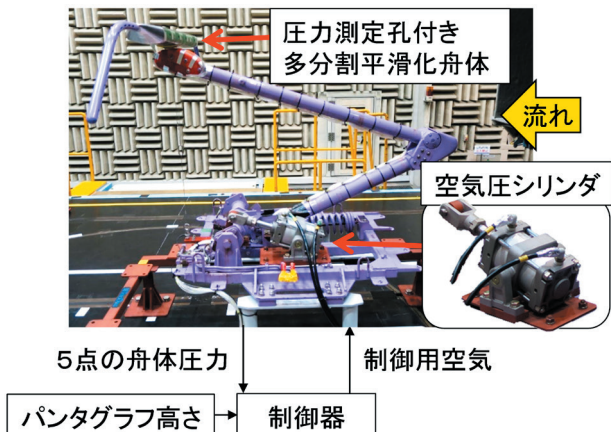
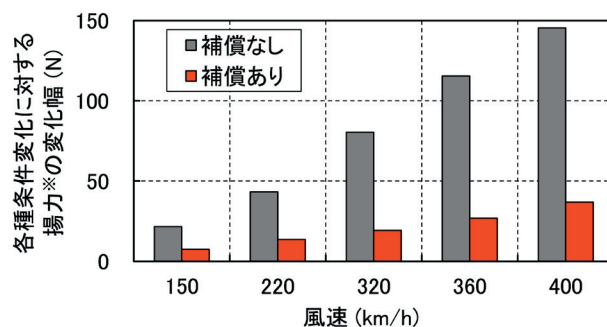


図3 揚力補償機構の概要図



※揚力は各風速段の時間平均値に静押上力の補償力を加えて評価

図4 揚力補償機構の効果（風洞試験）

電着樹脂含浸法を用いた CFRP の製造方法

片桐一彰（大阪産業技術研究所）

本田真也、戸谷剛、佐々木克彦（北海道大学）



片桐



本田



戸谷



佐々木

軽量かつ高強度な炭素繊維強化樹脂 (CFRP) は、航空宇宙から自動車、スポーツ用品などに使われている。CFRP の製造方法には、半硬化樹脂を炭素繊維に含浸させたプリプレグ（炭素繊維にエポキシなどの樹脂を含浸し、半硬化状態にした CFRP の中間材料）を積層し、オートクレーブ（容器内を高温・高圧にする装置）で固める方法や炭素繊維を織ったプリフォームを真空袋に詰め、樹脂を真空吸引により含浸させ、加熱硬化させる方法などがある。しかし、これら現在の方法は立体成形が困難で、熱可塑性樹脂を適用する研究や CFRP 用三次元プリンタ、プリプレグの自動積層装置の開発などが進展しているが、設備コストが高くなるため、より簡易な CFRP の製造技術が求められている。

そのため、自動車の電着塗装技術からヒントを得て、電着によって樹脂を含浸する独自の方法を開発した。図1に示すように、自動車ボディの代わりに、炭素繊維プリフォームを電着液（イオン性のエポキシ基を持ったポリマ微粒子が分散）に浸漬し、印加電流の制御によって、樹脂を繊維表面に析出させ、含浸する。電着時の化学反応で樹脂と炭素繊維が強固に化学結合し、界面強度が高くなると考えられ、高強度に分類される CFRP が得られている。

この方法の特長は、炭素繊維プリフォームは自動縫付機で立体的に織ることができるため、立体成形性に優れ、また、部材に生じる主応力方向に沿った繊維の曲線化も容易である。図2に成

形例を示す。さらに、木材などの天然資源から精製され、強度に優れたセルロースナノファイバ (CNF) を樹脂に添加し、CFRP の強化が可能である。CNF は親水性のため、樹脂（親油性）の中に均一分散するには化学的な疎水化処理が不可欠とされてきたが、自動車塗装に使う電着液は、環境保護の観点から、近年は水溶性電着液が一般化しており、疎水化処理も不要である。

今後、社会貢献に向けて、本手法の特長を最大限に生かすという観点から、次の2つの方向性で検討を進めたいと考えている。CFRP は、炭素“繊維”という一次元材料である以上、炭素繊維の強度と剛性を最大限に活用する格子構造が極めて洗練された構造といえるが、従来方法では、CFRP のラティス構造の製造には制約が多い。本手法では炭素繊維のバンドルを電着液に浸漬し、樹脂含浸できるため、図3に示すようなラティス構造の製造方法を確立する。また、本手法は、高温加圧プロセスがないため、結晶性物質の添加が可能である。結晶構造の変化で熱を蓄えるブタジエンゴムの一種を添加し、軽量で蓄熱性のある機能性の CFRP の開発を進めたいと考えている。

大阪産業技術研究所 総合パンフレット

・ https://orist.jp/content/files/pdf/main_leaflet/202007_orist_leaflet.pdf

大阪産業技術研究所 知的財産シーズ集

・ https://orist.jp/content/files/pdf/chizai_seeds/200413_chizai_seeds2019.pdf

北海道大学大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門 変形制御学研究室 HP

・ <https://ldc.eng.hokudai.ac.jp/>

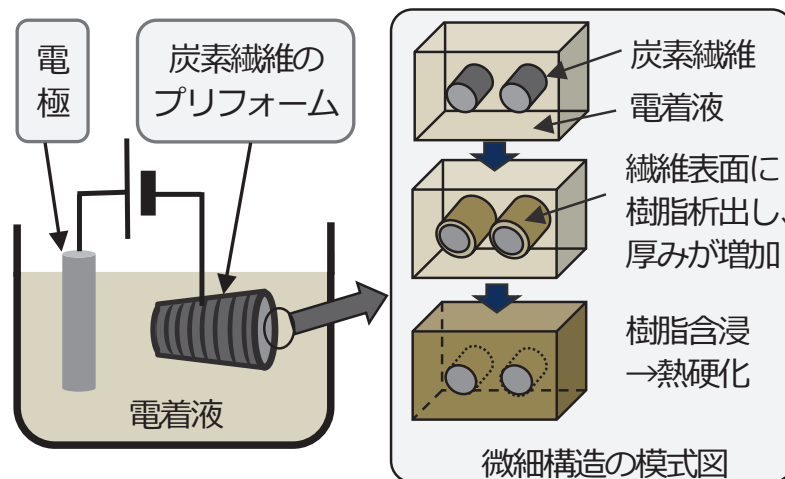


図1 電着樹脂含浸法の原理

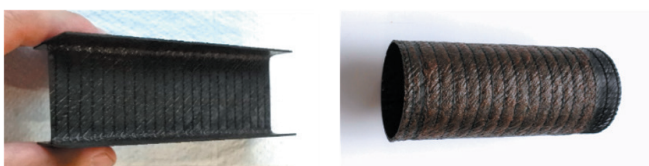


図2 成形例（I型断面の梁と円筒）



図3 CFRP の格子構造の例（小型無人機用モーフィング翼の骨組構造）

第 98 期活動方針

交通・物流部門長 酒井英樹（近畿大学）



第 98 期の部門長を務めさせていただき近畿大学工学部の酒井英樹です。

私は、中学時代は蒸気機関車の撮影に没頭し、高校時代は航空機のパイロットを目指し、大学では船舶海洋工学科にて造船を学び、前勤務先である自動車会社から現勤務先まで継続して、自動車の操縦安定性などの研究をまいりました。当部門で見聞を広めることができ、鉄道車両の輪軸の蛇行動（自励振動）についてもみよう見真似で研究し、日本機械学会論文集に掲載されました。また、エレベータやベルトコンベアも興味があります。

このように、交通・物流が大好きな私ですので、今回の大役を仰せつかったことを光栄に思います。私に限らず、交通・物流が大好きな方も大勢いらっしゃると思いますし、そうでない方も、皆様の専門以外の交通・物流機械を知ることで、より広い視野を持つことができるかと思っておりますので、コロナウイルスによる弊害を最小化しつつ、交通・物流部門内の交流をより深めていきたいと思っております。皆様のご支援、ご協力をよろしくお願いいたします。



企画・表彰委員会 委員長 名倉宏明（日本製鉄）



今期の企画・表彰委員会委員長を務めさせていただくことになりました。よろしくお願い申し上げます。

企画・表彰委員会では、部門活動が更に活発になるよう、活動を進めて参ります。

具体的には以下の3点に取り組む所存です。

- 1) 議員候補者・フェロー会員・学会賞・部門賞受賞者の推薦
- 2) 部門活性化のための企画および支援
- 3) 合同見学会

昨今の状況の中、少し活動しづらいところではありますが、会員の皆様ならびに部門登録者の皆様のお役に立てるよう務めて参りますので、ご支援ご協力の程、どうぞよろしくお願いいたします。



自動車技術委員会 委員長 椎葉太一（明治大学）



昨年度に引き続き、自動車技術委員会の委員長を務めさせていただくことになりました。本技術委員会は自動車を対象としており、完成車メーカ、主要サプライヤー、中立研究機関、大学などのメンバーによって構成されています。

新型コロナウイルス感染症 COVID-19 の影響で、今年度は毎年開催していた「基礎セミナー 自動車の運動力学」、「とことんわかる自動車のモデリングと制御」などの講習会については、一部中止を余儀なくされております。

一方で、Zoom や Teams などのオンライン会議のツールを利用し、委員会は例年通りの開催回数を確保したいと考えております。委員会メンバーの情報交換を図りつつ、このような時期だからこそできることはなにかを模索していきたいと考えております。皆様のご支援、ご協力を宜しくお願いいたします。



鉄道技術委員会 委員長 河野浩幸（三菱重工業）



このたび第 98 期の鉄道技術委員会委員長を務めさせて頂きまします。どうぞ宜しくお願い致します。

鉄道技術委員会は、鉄道を中心とした軌道系交通システムを対象とし、車両、軌道、安全性、モニタリング、バリアフリー、環境等の諸問題に関わる議論を中心に活動しております。現在、当委員会メンバーは、官学、鉄道事業者、車両メーカの研究・開発・設計に携わる委員 34 名で構成され、委員相互の情報交換はもとより、他分野との交流も積極的に行うことにより、軌道系交通システムの技術分野をより充実したものとするを旨としております。

第 98 期も引き続き情報発信と技術交流の推進を活動の基本方針とし、積極的な委員会活動を進めて参ります。また、11 月には交通・物流部門大会（TRANSLOG2020）、12 月には鉄道技術連合シンポジウム（J-Rail2020）が開催される予定であり、積極的に関わって参ります。機械学会誌特集号への記事提供のほか、来年 11 月に開催予定の STECH2021 の準備を支援してまいります。

今年度は、コロナ禍の状況を鑑みながら、可能な範囲で、委員による技術交流や、若手技術者を対象とした鉄道技術の講習会、最新鉄道技術のセミナーも企画していければと考えております。

皆様のご支援とご協力を宜しくお願い申し上げます。

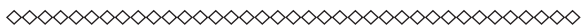


航空宇宙技術委員会 委員長 今村太郎 (東京大学)



先期に引き続き航空宇宙技術委員会の委員長を務めさせていただくことになりました。よろしくお願い申し上げます。

航空宇宙技術委員会は航空機及び宇宙アクセス関係を担当しています。大学、企業および研究機関から参加した委員で構成され、情報の提供、交換を行うと共に、交通・物流における他分野との交流を図っています。委員会活動としては、必要に応じて各委員の方との意見交換を行うとともに、交通・物流部門の一分野として分野横断的な話題を積極的に提供したいと考えております。今年度は、COVID-19 のため見学会を開催については先行きが不透明ですが、委員会活動を通じて、交通・物流部門の技術発展に微力ながら貢献したいと考えております。皆様からのご支援をよろしくお願いいたします。



船舶技術委員会 委員長 小嶋満夫 (東京海洋大学)



船舶は、エネルギーや資源、工業製品などの物資を大量かつ効率的に長距離輸送する物流の根幹を担うとともに、離島での暮らしでは重要な交通手段として日常生活の基盤を支えています。さらにクルーズ船などでは移動中の船内での生活を楽しむこともできます。

一方で、船舶・海洋分野においても、他の分野と同様に安全性、省エネルギー性ならびに環境性などの技術開発に取り組み、環境負荷低減に向けた水素エネルギーなどを燃料とする船舶の建造、自動あるいは自律運航を目指した研究などが進められています。今般の新型コロナウイルス感染症への船舶における技術的な対応も重要な課題のひとつです。

今期の活動では、様々な制約があると考えられますが、部門をはじめとして学会の皆様、船舶・海洋関連の技術動向を紹介し、さらなる技術の発展を目指してひろく社会に貢献できるように努めたいと考えております。

皆様のご支援、ご協力をよろしくお願い申し上げます。



昇降機・遊戯施設技術委員会 委員長 渡辺誠治 (三菱電機)



昨年度から引き続き、昇降機・遊戯施設技術委員会委員長を拝命しております三菱電機の渡辺と申します。よろしくお願い致します。

昇降機は、建物における縦方向の交通手段として不可欠なインフラであり、持続的なサービス提供が必要であるとともに、居住性や意匠性を考慮した快適性も求められています。また、遊戯施設は、強固な安全性・信頼性を備えた上でスリル感を提供する設備であり、故障診断や予防保全などの保守技術が重要です。

昇降機・遊戯施設技術委員会は産学の委員で構成され、振動騒音、ダイナミクス・制御、安全性・信頼性、耐震、保守など幅広い技術に関して、意見交換や実地見学などの活動を継続実施しております。今期は、4 回程度の委員会と技術講演会「昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩」、本委員会がサポートする「昇降機システムの安全・安心問題研究会」をオンラインで開催し、昇降機・遊戯施設技術の発展に貢献すべく活動します。なお、今期の技術講演会は、コロナ禍の影響で TRANSLOG との共同開催を計画中です。また、委員会主催の見学会については、今期見送りの予定です。引き続き、よろしくお願い致します。



日本機械学会学術誌 投稿のご案内

日本機械学会学術誌 交通・物流カテゴリ
カテゴリマネージャー 綱島 均 (日本大学)

本会では、機械工学の全分野をカバーした、国際的にも存在感を有する学術誌を刊行しております。会員の皆様には、数多くの素晴らしい研究成果を学術誌に積極的に投稿いただきたくお願い申し上げます。和文の場合はカテゴリ「交通・物流」を、英文の場合は“Transportation and Logistics”をお選びください。

- Mechanical Engineering Reviews
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/mer>
- 日本機械学会論文集
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/transjsme/-char/ja/>
- Mechanical Engineering Journal
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/mej>
- Mechanical Engineering Letters
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/mel>

『夢・アイデア乗り物コンテスト 2019』開催報告

2018年度に引き続き、2019年度も『夢・アイデア乗り物コンテスト 2019』を開催しました。

このコンテストは、タイトルの通り、夢のある乗り物を自由な発想と多才な創造性によってアイデアを募集するもので、「第28回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2019)」の企画として行われました。

応募総数 84 件、学生から社会人まで、幅広い年齢層から応募がありました。

一次審査、二次審査を経て、交通・物流部門賞最優秀賞 1 件、同優秀賞 5 件、同特別賞 2 件を選出致しました。

最優秀賞及び優秀賞を受賞された作品の中から今回 4 作品のイラストを、本ページで掲載しています。

乗り心地や段差解消に着目したベビーカー、運転席が 360 度自由に回転し簡単に運転できる自動車、満員電車のストレス解消につながるカプセル型の電車、農業と乗り物を組み合わせ作物の安定した収穫ができる空飛ぶ乗り物など、様々な問題に対し、真剣かつ自由な発想から生まれたアイデアが多いことに感銘し、未来性を感じることが出来ました。

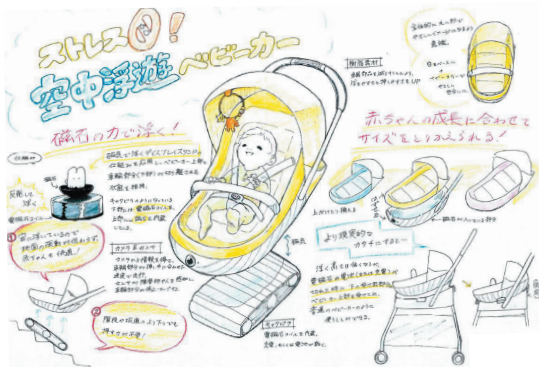
こういった乗り物が、いつか世の中で当たり前のように目にし、利用される日が来れば、今よりもきっと明るい社会が待っている、そんな期待を伺わせるとても良い作品ばかりでした。

「乗り物」という観点だけでも多種多様なアイデアが浮かんでいきます。次回、『TRANSLOG 2020』においても開催を予定しています。たくさんの方のアイデアのご応募をお待ちしています。

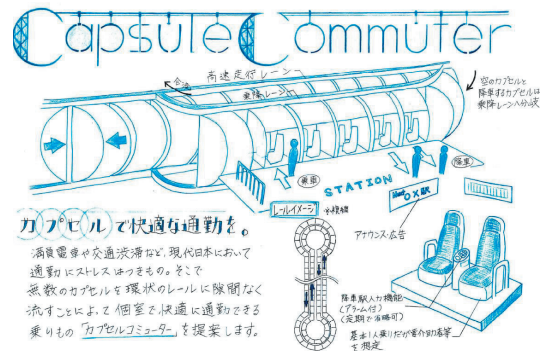
記事：広報・出版委員会委員長 清本公二

図提供：夢・乗り物アイデアコンテスト 2019 審査委員会委員長 宮本岳史

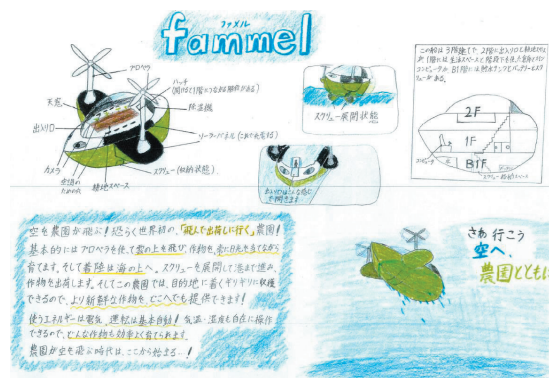
入賞作品 (一部) 紹介



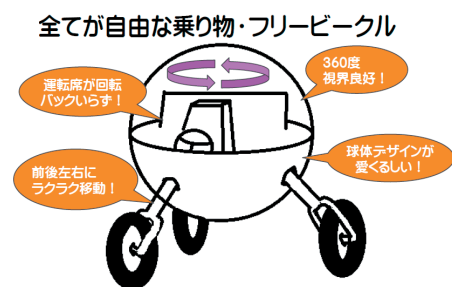
最優秀賞 「ストレスゼロ! 空中浮遊ベビーカー」 山口未来さん



優秀賞 「カプセルコミュニーター」 遠藤菜月さん



優秀賞 「空中農園「fammel」」 菊池隆人さん



コンセプト	誰もがこころ気楽に手軽にどこでも移動可能な乗り物。眺めも良く移動がもつと楽しく!
価値	価値1:ピラーレスなので360度全方位視界良好で見通しがよく景色も楽しめやす 価値2:点対称に車ができていたためにも横にも横にも自由に移動できます 価値3:運転席の向きが簡単に回転できるためバックや駐車の際の煩わしさがありません
課題	課題1:道路交通法や車両運送法などの法規への対応 課題2:運転席を容易に回転させるシステムの開発

ちょっとしたお出かけや風光明媚な観光地の移動にピッタリ!

優秀賞 「全てが自由な乗り物・フリービーグル」
内藤匠海さん・西川礼恩さん・森崎稜麻さん・伊藤大世さん

第 98 期 広報・出版委員会

- 委員長 清本 公二 (日本オーチス・エレベータ)
- 幹事 丸茂 喜高 (日本大学)
- 委員 関根 太郎 (日本大学)
- 世木 智博 (東京地下鉄)
- 飯田 浩平 (鉄道総合技術研究所)
- 井上 諭 (電子航法研究所)
- 宮崎 恵子 (海上・港湾・航空技術研究所)

日本機械学会 交通・物流部門

〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 5 階
TEL: 03-5360-3500 (代表) FAX: 03-5360-3508
URL: <https://www.jsme.or.jp/tld/home/>

