



写真提供：東京地下鉄株

## 安全・快適な運転支援と自動運転を実現する走行制御技術

交通事故の削減、渋滞の解消・緩和、高齢者の移動支援等の社会的課題に対して、運転支援システムや自動運転へのニーズが高まっている。高速道路での走行に対応した高度な運転支援システムが製品化されている中、日常の移動手段として期待の高い一般道での自動運転は一部地域で試験的に運用されているに留まっている。一般道は高速道路と比較し、歩行者・自転車などさまざまな移動体への対応や、信号や交差点、ワインディング路といった走行環境の複雑さから技術的な難易度が高いことが特徴である。

一般道での運転では、歩行者や自転車などの移動体や障害物を認知し、これらの行動を予測・判断しながら、安全かつ周囲の流れに沿った操作が必要となるように、一般道における自動運転の認知・判断・操作に対しても、移動体や障害物を認知することに加えて、行動の予測、予測に基づく適切な運転計画、さらに運転計画に沿った安全かつ滑らかな走行制御が求められる。そのための技術の一つとして、ポテンシャル法の考えを取り入れた歩行者の行動予測モデルにより、衝突リスクを判断

し、運転行動を計画する方法があげられる。これは歩行者が側壁、駐車車両および他の歩行者から斥力を受けるように障害物を回避するという仮説に基づく行動予測手法であり、図1に示すように、障害物に近いほど高くなる仮想的な力学ポテンシャルを設定し、リスクポテンシャルの低い箇所を歩行者の予測将来経路として、将来位置を予測するものである。

この予測結果を速度計画に反映させることで、図2に示すように、歩行者の経路変更（車道側へ移動）の可能性が高ければあらかじめ減速し、低ければ減速することなく通過するといった、状況に応じた速度制御を実現できる。これにより歩行者の横を通過する度に過度な減速を行ったり、飛び出しを検出してから急減速を行うといった、乗員にとって不快な走行を減らし、走行環境に合った安全で快適な自動走行を提供できる。ここで紹介した技術は、人間が行う高度な危険予知運転の実現に向けた基本技術の一つであり、今後もさまざまな走行環境に対応する自動運転技術を開発することで、安全で快適な自動運転が提供できるものとする。

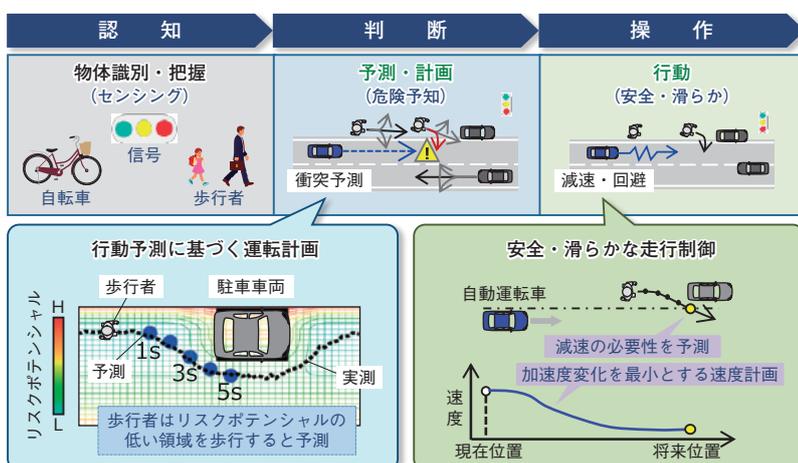


図1 行動予測に基づく運転計画と走行制御の概念図

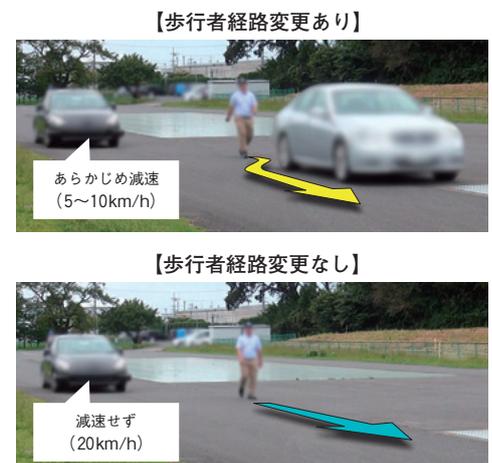


図2 走行試験の様子

記事・図提供：(株)日立製作所

# MOL TRUTH 日本建造初の世界最大級 20,000TEU 型コンテナ船



図1 20,000TEU型コンテナ船「MOL TRUTH」

近年、世界では全長400mの18,000TEU (Twenty-foot Equivalent Unit: 20フィートコンテナ換算でコンテナ船の積載能力等貨物取扱数などを示す単位) を超えるコンテナ船が竣工し始め、現在は60隻程度就航しているが、そのほとんどが韓国の造船所で建造されてきた。

MOL TRUTH (エム・オー・エル・トゥールズ、以下「本船」) (図1) は日本初の20,000TEUを超える過去最大メガコンテナ船であり、歴史上最大級の船舶である(「シップ・オブ・ザ・イヤー2017」を受賞)(表1)。

最新の通信技術とIoT・AI技術の活用や4段ラッシングブリッジの採用によるコンテナ積載能力の向上、またさまざまな省エネルギー技術を採用した最新鋭の“エコシップ”でもある。以下、おもに本船の省エネルギー技術等を中心に紹介する。

本船はそのスケールメリットとさまざまな省エネルギー技術により非常に高いコンテナ輸送効率を実現しており、従来の14,000TEUコンテナ船と比較して約20%の効率UPを達成している(図2)。

## ①推進性能を向上する省エネルギー装置

- ・ツイストラダー (図3)

舵前縁を上下でツイストさせ、プロペラ回転による後方の旋回流エネルギー(エネルギーロス)を回収し推進効率を向上。

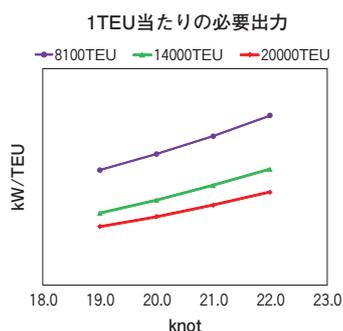


図2 コンテナ輸送効率比較

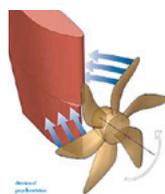


図3 ツイストラダー



図4 PBCF

- ・PBCF (Propeller Boss Cap Fins) (図4)

プロペラボス部に取り付け、プロペラが回転した際にできるハブ渦を解消し、軸トルクの軽減(軸が回転する力をアシスト)、推力増加によりプロペラの推進効率を向上。

- ・低摩擦船体防汚塗料

海水との摩擦抵抗を低減する効果に優れた船体防汚塗料を採用し、エネルギーロスを低減。

## ②機関室の省エネルギー機器

- ・冷却ポンプインバータ制御

低速で運航している時に冷却用海水供給量を自動最適制御することで、船内消費電力を削減。

- ・発電機関排ガスエコノマイザー

主機関の排ガスから十分な廃熱回収が望めない状況でも、巨大な発電機関の排ガスから廃熱回収を行い、低速運航時や荷役、停泊時等に利用可能。

## ③荷重・構造応答一貫解析の実施とその設計への反映(図5)

コンテナ船は上甲板の開口部が大きく、比較的痩せた船型のため浮力の支えを比較的受けにくく、構造強度的には不利な特徴がある。本船はその大型化に伴い、構造・強度面での脆弱性の存在が懸念されていたため、荷重・構造応答一貫解析を行いその結果を構造設計に反映した。

表1 MOL TRUTHの主要目と特徴的な装備

船名	MOL TRUTH
船種	20,000TEU型 コンテナ運搬船
竣工年月日	2017年10月31日
Loa(全長) × B(幅) × D(深さ) - d(満載喫水)	約400m × 58.5m × 32.9m - 16.025m
Gross Tonnage	210,691
航海速度	約23knots
主機関出力	56,380kW
積載貨物量	20,182TEU (ISO 20feet コンテナ換算)
特徴的な装備	PBCF 高効率ツイストラダー 低摩擦船体防汚塗料 発電機関排ガスエコノマイザー(排ガス熱回収装置) 冷却ポンプのインバータ制御 LNG Ready- 主機関へのLNG燃料化準備 11段コンテナ積載を実現した4段ラッシングブリッジ

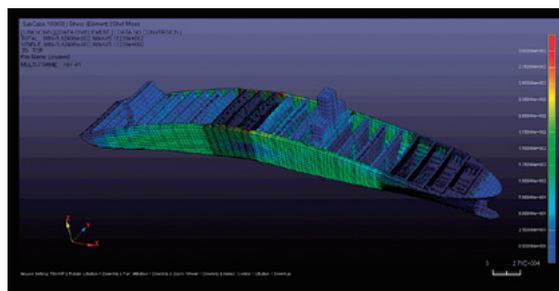


図5 荷重・構造応答一貫解析

記事・写真・図提供: (株)商船三井、今治造船(株)

# 丸ノ内線 新型車両 2000 系の開発

東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けて、約 30 年にわたり活躍している丸ノ内線 02 系に代わる新型車両 2000 系を開発した。

2000 系では、最新技術を採用するとともに、都心を走る丸ノ内線の特徴から導き出したデザイン 3 要素「色」「形」「機能」を織り込み、「色」については四季に映える鮮やかなグロウイング・スカーレット (Glowing Scarlet) を車体カラーに取り入れ、「形」については世界有数の大都市 TOKYO に活力を与えるインパクトのある丸い形状等斬新なデザインを採用した (写真 1)。

そして安心を支える先進の「機能」については以下のとおりである。

## ①安全性向上

- 丸ノ内線は急曲線が多いため、曲線部では受動的に車軸の向きを変える操舵軸を片側に有する片軸操舵台車を採用し、曲線走行時の安全性向上と振動・騒音の低減、乗り心地の向上を図った (写真 2)。
- 車内にセキュリティカメラを搭載し、防犯性を強化した。
- 大規模停電等の非常時を想定し、万が一駅間に停止した際にも最寄り駅まで走行できる非常走行用バッテリー (リチウムイオン電池・1 台 / 1 編成 : DC497V・40Ah) を搭載した。停電時には補助電源装置 1 台と VVVF インバータ装置 2 台への給電を行う。これにより、空気ブレーキ圧を生成する空気圧縮装置 (全 2 台中 1 台) と主電動機 (全 10 台中 8 台) を駆動可能とする。

## ②環境負荷低減

- 誘導電動機に比べ高効率な永久磁石同期電動機の採用および、ケイ素 (Si) 半導体に比べスイッチング損失の低減が可能な炭化ケイ素 (SiC) 半導体パワーデバイスを用いた VVVF インバータ装置の採用により、現在の 02 系と比較し



写真 1 丸ノ内線 新型車両 2000 系

て約 27% の消費電力の削減を見込んでいる。

## ③快適性向上・バリアフリー促進

- 車内の各ドア上部に 17 インチワイド液晶ディスプレイを 3 画面配置し、正面中央・右側の 2 画面を用いて乗換案内や駅設備案内等の情報を 4 言語 (日英中韓) にて提供する (写真 3)。左側の 1 画面は広告映像を配信する。
- 1 編成 6 両すべての車両に、訪日外国人の利用者向けに車内無料 Wi-Fi を設置した。
- 1 編成 6 両すべての車両に、車いすやベビーカー等の利用者向けに、座席を設けないフリースペースを設置した (写真 4)。

2000 系は 2019 年 2 月 23 日から運行開始し、将来的には丸ノ内線 53 編成を 2000 系に置き換える予定である。



写真 2 片軸操舵台車 (左側：固定軸、右側：操舵軸)



写真 3 3画面ディスプレイ  
(左画面：広告映像、中央・右画面：4言語による乗換案内等)



写真 4 フリースペースおよび優先席 (各車両に設置)

記事・写真提供：東京地下鉄株

# 超高速エレベータの制振技術

近年、中国や中東地域を中心に超高層建物が急増しており（高さ 200 m 以上の建物は 2000 年比 4 倍）、快適に短時間で高層階まで移動できる超高速エレベータの需要が高まっている。エレベータが超高速化すると、かごを案内するレールの曲りや据付誤差により生じるかご横振動が急激に増大するとともに、釣合もりや隣接かごとのすれ違いで生じる風圧変動に起因する突発的かご横振動という新たな課題も生じる。また、かごを牽引するロープが長くなると、ロープ弾性がかごの速度制御や縦振動抑制にも影響してくる。そのため、超高層建物のエレベータに不可欠な超高速走行と高品質な乗り心地の両立は極めて困難であった。

これらの課題を解決するため、新たな制振技術を開発した。かご横振動に対しては、高速走行により複雑な挙動を示すかご振動を、かごに設置した複数の加速度センサで高次の振動モードまで詳細に検出する。その上で、かごに設けた 12 個のリニアモータを検出信号に基づき効果的に制御する多入力多出力系アクティブ制振技術である超高速アクティブローラガイド（図 1）を開発した。分速 1,000 m を超える超高速では、かご室・かご枠が逆位相で動く領域に達するため、かご室とかご枠両方に加速度センサを設けかご室を可観測の状態とすることで低速から超高速にかけて変化するかご室の振動モードの影響や、かご室に作用する風圧による加振力に対して制振可能とした。さらに、すれ違い時の突発振動に対しては、3次元流体解析を駆使して加振力と周波数を推定することで制振効果を高めたフィルタ設計と、安定性の高い  $\mu$  制御を組合せた制御により、高い制振性（低減率 70%）を実現した。

また、かごの上下駆動として超高速エレベータ用に開発した二重三相モータを規範モデル型の 2 自由度制御で速度制御し、

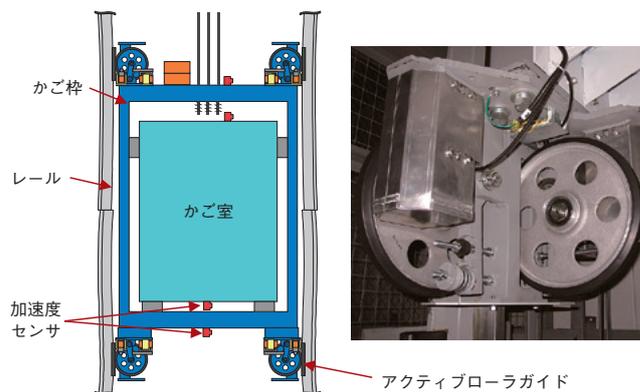


図1 超高速アクティブローラガイド

算出されたトルク指令値をトルク分配器により各電流制御器に分配し、独立に電流制御を行うことで、モータ速度とトルクを高精度に制御する駆動制御系（図 2）を構築した。超高層建物のエレベータでは、ロープが長尺になるため系が低剛性化しており、振動による乗り心地の悪化や位置ズレ不良の要因となる。この対策としては加速度変化時に発生する縦振動に対し、ロープ振動周波数が発生しないようにフィードフォワード制御でかご速度指令を補正している。このような駆動用モータの運用を含めた制御革新により、ロープ伸縮に起因するかごの位置ズレも補正し、超高層で弾性的な運動系となるシステムに対しても高い速度追従性と縦振動低減（低減率 70%）を実現した。

以上の縦・横制御技術により、分速 1,230 m という世界最高速（2019 年 3 月時点における稼働中エレベータ）で超高層建物のエレベータにおいても、乗客がほとんど揺れを感じない高品質な乗り心地を実現した。

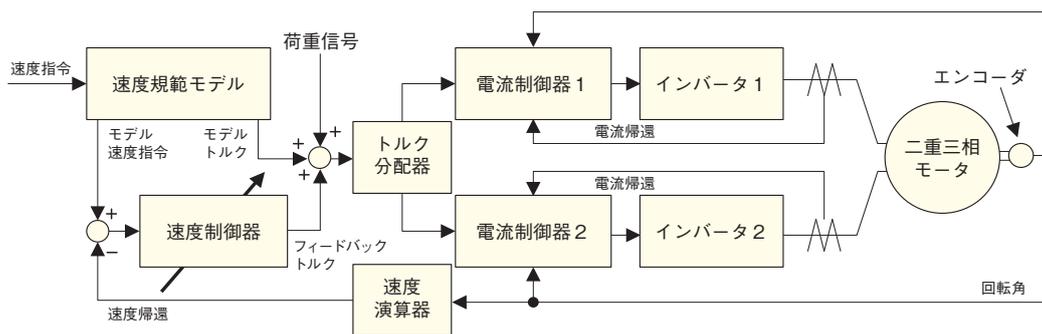


図2 超高速エレベータの駆動制御系

記事・図提供：三菱電機株

## 編集後記



普段は鉄道に関する仕事をしていますが、ニュースレターの編集に携わるようになり、他分野でも同時期に似たような開発に取り組んでいると感じることが多々あります。このニュースレターをとおして、読んだ方々に新たな発想やつながりを持っていただくきっかけとなり、さらなる技術の発展につながれば……と期待と夢が広がります。

広報・出版委員会 委員 木村光男（西日本旅客鉄道）

## 第 96 期 広報・出版委員会委員

委員長 井上 諭（電子航法研究所）  
 幹事 川越 陽一（海上技術安全研究所）  
 委員 関根 太郎（日本大学）、栗谷川幸代（日本大学）  
 木村 光男（西日本旅客鉄道）、世木 智博（東京地下鉄）  
 染谷 誠一（東芝エレベータ）

## 技術委員会活動報告(第96期：2018年度)

### 企画・表彰委員会

委員長 平田宏一(海上技術安全研究所)



企画・表彰委員会は、各技術委員会から選出された委員で構成され、部門全体にかかわる企画立案・表彰への推薦活動を行っています。本年も例年通り、フェローや部門賞等の部門推薦にかかわる活動を行いました。技術委員会をまたいだ部門活性化の企画や支援についても継続して取り組んでいます。

会員の皆様ならびに部門登録者のお役に立てるよう努めて参りますので、今後とも、企画・表彰委員会へのご支援、ご協力をお願いいたします。

### 自動車技術委員会

委員長 小野英一(豊田中央研究所)



自動車技術委員会は、自動車を対象として、完成車メーカーおよび主要サプライヤー・中立研究機関・大学等のメンバーによって構成されています。今年度は、会員の皆様のお役に立つことを目的に、本年で17年目になる講習会「とことんわかる自動車のモデリングと制御」をはじめ、基礎セミナー「自動車の運動力学」、セミナー「自動車運動力学 ～気持ちよいハンドリングのしくみと設計～」等の講習会を企画・開催しました。

講習会「とことんわかる自動車のモデリングと制御」では、“自動運転技術とその先の技術課題”のサブタイトルのもと、自動運転に用いられる基礎技術として①車両運動モデル、②ドライバモデル、③ベイズ推定理論、の講義の後、自動運転技術の最前線の話題として④自動運転の研究開発事例、を紹介いただき、さらに、自動運転技術が実現した後の研究課題として⑤Shared Control、⑥レベル3自動運転におけるヒューマンインタラクションの課題、に関する講義を専門の先生方をお願いし、受講者から好評を得ることができました。

今後とも皆様のお役に立つ活動を継続してまいりますので、ご理解とご支援をよろしくお願い申し上げます。

### 鉄道技術委員会

委員長 竹原昭一郎(上智大学)



鉄道技術委員会は、官学・鉄道事業者・車両メーカーの研究・開発・設計に携わる委員34名(本年度1名増加)により構成されています。例年4回委員会を開催し、そのうち3回は見学会を併催しています。第96期の第1回は近畿車輛(株)で工場見学をしました。第2回は、東海旅客鉄道(株)浜松工場の見学を行いました。第3回は、第27回交通・物流部門大会(TRANSLOG2018、J-RAIL2018)開催期間中に委員会のみ実施しました。第4回は、沖縄都市モノレール(株)の車両棟見学会を企画しております。その他の活動として、12月に実施したTRANSLOG2018の開催に協力し、第25回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2018)を本委員会を中心として実施いたしました。J-RAILは25周年の節目の年でもあり、どちらも非常に盛況のうちに閉幕しました。

今後とも、積極的に活動を続けてまいりますので、引き続き、鉄道技術委員会の活動へのご理解、ご協力を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

### 航空宇宙技術委員会

委員長 手塚亜聖(早稲田大学)



航空宇宙技術委員会は、航空機およ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、交換を行うとともに、交通・物流における他分野との交流を図っております。

技術委員会を取り巻く昨今の社会情勢として、旺盛な航空需要の伸びに応じる方策や、環境対策技術が求められております。

モーフィング技術研究会と協力し、部門大会でのポスター発表等を通じて他分野との意見交換を行いました。

今後とも航空宇宙技術委員会へのご支援、ご協力をお願いいたします。

### 船舶技術委員会

委員長 坂邊久美(日本海事協会)



船舶技術委員会では、部門並びに学会の皆様に、船舶・海洋関連の技術動向についてより多くの方に伝えるために、ニュースレターや学会誌の年鑑等を通じた話題提供を行っています。

今年度も例年通り委員会を開催し、広報活動や技術委員会活動について検討、協議を実施しました。加えて、今年度は委員会活動の活性化を図るべく、委員会開催時に海上技術安全研究所にてDPシミュレータの見学や、東京マーチスにて航路管制の見学会を開催いたしました。

近年、船舶・海洋分野では、環境保全に焦点を当てたバラスト水処理装置やNOx、SOx規制対策などの技術開発、液化天然ガス(LNG)や水素エネルギーなどの石油代替燃料を利用する船舶の開発、船員の負担を減らすための自動化・自律化に関連した研究・開発などが活発に進められています。

今後とも、この分野における技術動向の紹介、情報交換などを行っていきたく考えておりますので、皆様のご支援、ご協力を何卒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 皆川佳祐(埼玉工業大学)



昇降機・遊戯施設技術委員会は産学8名の委員で構成され、第96期は下記内容について活発な議論、活動を行いました。

- (1)委員会：計4回の委員会を開催し、技術講演会準備、広報活動(ニュースレター等)、交通・物流部門大会、研究会活動に関する検討、協議を実施しました。
- (2)技術講演会：2019年1月に技術講演会「昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩」を主催しました。特別講演1件、昇降機関連技術の一般講演10件の発表とディスカッションを実施し、50名を超える方が参加しました。
- (3)研究会：「昇降機システムの安全・安心問題研究会」の活動をサポートし、エレベーターロープ振れの計算に関するWGを実施、企業・大学の専門家を集めて議論を行いました。

次年度も引き続き産学連携を図りながら活発な活動を行ってまいりますので、今後とも、昇降機・遊戯施設技術委員会にご支援、ご協力をよろしくお願い申し上げます。



## 第96期 部門長退任の挨拶 宮本岳史 (明星大学)

近年は部門活動の活性化を図ることが大きな目標であり、今期についても運営委員会、部門大会実行委員会、各技術委員会、各種研究会などに所属する皆様の積極的な活動で多くの成果を挙げることができました。2018年12月に東京大学生産技術研究所で開催した部門大会 (TRANSLOG 2018) は、鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2018) との併催であったこともあり、500名近い方々に参加いただきました。また、この部門大会では、「夢・乗り物アイデアコンテスト」も企画し、およそ60件の応募作品を掲示することができました。

2019年1月には技術講演会「昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩」、2018年6月には基礎セミナー「自動車の運動力学」、7

月と12月にはセミナー「自動車運動力学」、10月には講習会「交通・物流機械の自動運転2018」、11月には「とことんわかる自動車のモデリングと制御2018」が開催されました。

さらに、今期の特徴ある取り組みとして、部門活性化WGの企画により部門を横断した内容のセミナー「交通・物流のダイナミクスの俯瞰」が開催されました。この他にも、部門内で活発に活動している多くの研究会や部門間連携活動などに取り組んでいたことから、機械学会全体の活性化にも貢献しました。

今期も、このように数多くのイベントが開催され、充実した部門活動により、有意義な議論・交流の場を設けることができましたのは、交通・物流部門に集う皆様の参加、協力によるものです。厚く御礼を申し上げます。今後も、有意義で、楽しい、交通・物流部門の活動が継続していくことを祈念いたしますとともに、引き続き部門の維持・発展に微力ながらも協力させていただきたく存じます。1年間どうもありがとうございました。

## 第27回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG2018) 開催報告

実行委員長 平田宏一 (海上技術安全研究所)



第27回交通・物流部門大会は、東京大学生産技術研究所において2018年12月5日から7日に開催されました。オーラルセッション (口頭発表) に38件、ポスターセッションに32件の発表があり、第25回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2018) と合わせて500名近い方々に参加いただきました。オーラルセッションは講演時間を1件20分 (昨年25分) として、どの講演においても活発な質疑討論が行われていました。また、ポスターセッションは、J-RAIL2018と合同で開催し、最初に1件あたり30秒のプレゼンテーションを行った後、会場ホールにおいて約90分のポスター展示を行いました。ポスターは工夫を凝らしたものが多く、活発な討論が行われ、当初の期待どおり、発表者と参加者相互の議論を深めることができました。記念講演では「摩擦との闘い! ~敵を知るための計測と管理~」留岡正男様 (東京地下鉄)、

「SKYACTIV エンジン開発の志 ~選択と集中による開発革新~」人見光夫様 (マツダ) に、示唆に富んだ貴重なご講演をいただきました。さらに、今大会では、新しい企画として「夢・乗り物アイデアコンテスト」を行いました。未来の乗り物や楽しい乗り物といったテーマでアイデアを募集したところ、小学生から高専生、社会人に至るまで64件もの応募がありました。大会期間中、すべてのアイデアをホールに展示したところ、多くの参加者の方々が興味深く読み込んでいました。研究開発してみたいような提案も多く見受けられ、部門の活性化につなげられる企画であったと確信しています。

今大会を成功裡に開催できたのは大会実行委員をはじめ、東京大学生産技術研究所の方々や運営に協力していただいた学生の方々の多大なる貢献によるものです。ここに感謝の意を記します。

## 第25回 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2018) 開催報告

実行委員長 竹原昭一郎 (上智大学)



日本機械学会主催による2018年の鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2018) が、12月5日~7日の3日間にわたり、東京大学生産技術研究所 (駒場) で開催されました。一般セッション、JSCMセッション、ショットガンセッションでは合わせて約150件の発表がありました。

今回は、J-RAILの25周年にあたり、2日目 (12月6日) 午後に行われた特別セッションでは、電気・機械・土木の各学会より講師を招き、「J-RAILの四半世紀と技術発展」と題した特別講演およびパネルディスカッションが行われました。

「鉄道に係わる専門分野の異なる研究者や技術者が一堂に会し

て発表・討論を行う場を」という想いを受け、1994年に第1回J-RAILが開催されて以来、鉄道の研究者・技術者や、国土交通省をはじめ、多くの鉄道事業者、技術協会・団体、研究所、大学、メーカーの皆様の多大なるご尽力により、J-RAILは大きく成長してきました。今回、ご参加いただいた皆様に心から感謝申し上げるとともに、今後のJ-RAILのさらなる発展を願っております。

2019年は電気学会主催により、12月4日~6日に国立オリンピック記念青少年総合センターで開催予定です。引き続き多くの皆様にご参加いただきますよう、よろしくお願いいたします。

### 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 網島 均 (日本大学)

本会では、機械工学の全分野をカバーした下記の総合誌を2014年1月より創刊いたしました。質の高い論文を掲載し、国際的にも存在感を有する学術誌の実現を目指しています。最新の研究成果を積極的にご投稿下さいますよう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>