

feature article

移動空間の人間指向

Toward Human-oriented Transportation

野木 利治 Toshiharu Nogi

山田 勉 Tsutomu Yamada

新 吉高 Yoshitaka Atarashi

合田 憲次郎 Kenjiro Goda

安全・安心・快適な社会を実現するために、日立グループは自動車、鉄道、エレベーターなどの移動空間に注目し、人間指向の製品・技術に関する研究開発に取り組んでいる。

自動車分野では、複数のセンサー情報を融合し、高精度トルクベースエンジン制御技術による快適運転と渋滞予測処理で、目的地に短時間で到着するルート案内を実現した。

鉄道分野では、デジタルATCシステムにより、列車運転間隔・運転所要時間の短縮や乗り心地の向上を図り、車両ダイナミクスシミュレーション技術により、車両の安全性や乗り心地を予測評価し、開発期間を短縮した。

エレベーター分野では、目標ルート制御により待ち時間の低減を実現したほか、乗客の異常行動をカメラ映像から自動検知し、注意喚起を可能とした。

1. はじめに

日立グループは、1910年の日立製作所創業以来、高信頼化技術をコアとした原子力・火力・水力発電、電力流通システム、鉄鋼・化学プラント、鉄道システム、自動車エレクトロニクスシステム、都市開発ソリューション、ITソリューション・サービス、ITプラットフォームなどインフラ製品を通して社会に貢献してきた。今後、地球環境保全や高齢社会、ITインフラの普及拡大の中、周囲環境やさまざまな人との調和が求められている。

ここでは、自動車、鉄道、エレベーターなどの移動空間にフォーカスし、環境を保全しながら安全・安心・快適な社会を実現するための、人間指向に配慮した製品・技術に関する研究開発の取り組み事例について述べる。

2. 移動空間における人間指向

移動空間（自動車、鉄道、エレベーターなど）における人間指向の概念を図1に示す。移動体に取り付けたセンサーによって周囲環境や人の行動をセンシングし、その情報を運転制御に反映させることにより、安全と快適を実現する。さらに、その情報を収集・分析して運転計画を作成し、人にストレスを与えない制御により、安心で調和的な移動空間を実現する。

移動空間の人間指向はマイコン、電子デバイス、MEMS (Micro-electro Mechanical Systems) 技術の進歩と同時に発展してきた。移動体の動きを計測する加速度センサー、周囲や操作者を計測するカメラ、レーダ、移動体の位置を計測するGPS (Global Positioning System：全世界

測位システム)などのセンサーが利用できるようになり、移動空間における人間の位置や行動を高度に理解できるようになった。オンボード搭載可能な組込みコントローラの高性能化により、高速域や高い安全性が求められる制御にも適用範囲が広がってきた。

さらに、情報・通信技術の進歩は、広帯域・高信頼の通信ネットワークや膨大なデータ処理ができる管理センターを導入することにより、移動空間における複数の人間の行動分析と、これに基づく最適な運転計画の実現を可能としている。

3. 自動車における人間指向

3.1 ドライバーの認知判断支援システム

エアバッグ、ABS (Antilock Brake System)、衝突安全ボディの衝突安全対策により、日本における交通事故死傷者

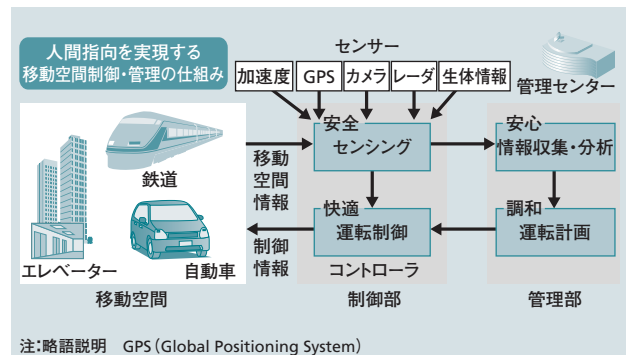


図1 移動空間における人間指向

周囲環境や人の行動をセンシングし、情報を収集・分析することにより、周囲環境や人と調和した運転計画を作成できる。また、人にストレスを与えない制御により、安全・安心・快適な移動空間を実現する。

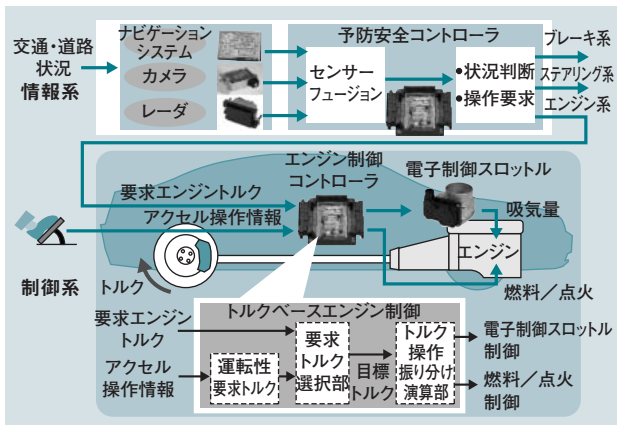


図2 ドライバーの認知・判断支援システム
カメラ、レーダ、ナビゲーションシステムなど、複数のセンサー情報を融合したセンサーフュージョン技術と高精度トルクベースエンジン制御技術により、環境を保全し、安全で快適な運転を実現する。

数は減少傾向であるが、負傷者数は増加している。交通事故の原因は、ドライバーの基本動作である「認知」、「判断」、「操作」のミスと言われており、特に認知ミスによる交通事故の占める割合は約50%と多い。

この認知、判断のミスを防ぐためには、図2に示すようにセンシングによる交通状況認識と車両制御技術がポイントになる。日立グループは、車載カメラ、レーダ、ナビゲーションシステムなど複数のセンサー情報を融合したセンサーフュージョン技術の開発を進めている¹⁾。車載カメラに適用される画像認識技術は、1970年代から生産ラインで使用されてきた自動検査装置や組立装置に始まり、監視・セキュリティや物流システムなど多数の分野で開発した技術を共通プラットフォーム化したものである。

ドライバーの意図であるアクセル操作量を加味し、吸気量、燃料噴射量、点火時期の制御目標値を「エンジントルク」に集約して精密に操作するトルクベースエンジン制御により、エンジン、ブレーキ、ステアリングの連携操作を容易にした²⁾。ドライバーの認知・判断支援システムは、ドライバーに危険を知らせることや積極的な車両制御によって事故を回避し、ドライバーの負担を減らし、より安全で、より簡単に、かつより快適な運転を実現する。

3.2 渋滞予測ナビゲーション

交通渋滞は運転者にストレスや疲労を与え、追突事故の要因ともなる。渋滞時のアイドリング運転や頻繁な加減速はCO₂排出につながるため、省エネルギーの観点からも望ましくない。カーナビゲーションの基本機能は自車位置を地図上に示し、目的地までの経路誘導をすることであり、ロケータ（自車位置測位）技術と大容量デジタル地図データの車載化技術をポイントに進展した。

日立グループは、交通状況を高精度・広範囲に予測する

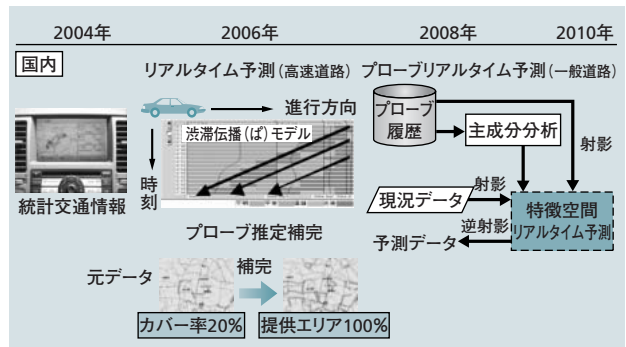


図3 渋滞予測ナビゲーション
渋滞の相関関係や時間変化に着目した統計処理により、高精度な渋滞予測、より短時間で目的地に到着できるルート案内を実現した。

技術を開発してきた（図3参照）。その例の一つが、過去の交通情報を統計処理することにより、混雑が予測される道避けるなど、出発日時に適したルート案内である³⁾。また、車両のプローブ情報（位置、速度など）を用いた推定補完技術によって提供エリアの拡大を実現した。さらに、リアルタイムに数時間先までの渋滞を高精度に予測するために、高速道路における渋滞の伝播（ば）現象モデルを、一般道路に向けては、プローブ情報を用いた渋滞の相関モデルをそれぞれ開発した。

4. 鉄道における人間指向

4.1 安全・高効率な鉄道制御システム

地球環境への負荷を抑える輸送手段として、鉄道の役割がますます重要になっている。安全・安定輸送は鉄道の基本であり、これを支えているのが信号保安システムである⁴⁾。

デジタルATC (Automatic Train Control) システムを図4に示す。ATCは列車相互の間隔を保つために、先行列車の在線状況を検知し、自動的に速度を制御する技術である。従来のアナログATCでは区間ごとの制限速度に従う階段

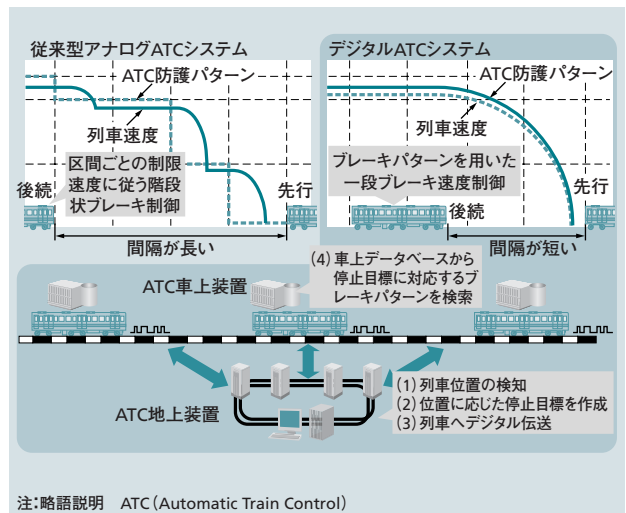


図4 デジタルATCシステム
地上装置からの停止点情報に基づくブレーキ制御により、アナログ方式と比較して同一速度からの停止距離を短縮することで、高密度運転を実現している。

状ブレーキ制御方式を採用し、在線状況に応じた速度制限情報を列車に連続伝送することで速度を制御していた。

一方、デジタルATCシステムでは、汎用情報技術やデジタル伝送技術を採用し、地上から先行列車の位置を考慮した停止点情報をデジタル電文として後続列車に伝送し、車上では車両のブレーキ性能や、曲線や勾(こう)配などの線路条件に応じた速度照査パターンによる最適な一段式ブレーキ制御を行っている。これにより、列車の運転間隔や所要時間の短縮、乗り心地の向上が可能になった⁵⁾。

4.2 鉄道車両の安全・乗り心地評価技術

鉄道車両はその大きさから、設計開発時に実物車両を用いてすべての性能を確認するのが困難であるため、シミュレーションによって事前に車両性能を予測し、設計に適用することが重要である。

鉄道の環境保全対策は、高速・高密度輸送での沿線への騒音抑制、車内快適性、省エネルギーを目的に、環境負荷の少ない先頭形状、安全かつ快適な車体・台車、軽量化、低騒音冷却、高効率駆動システムなどを実現することで発展してきた。

日立グループは、車両の挙動を事前予測し、高速走行時や曲線を走行する場合の安全・乗り心地などの車両運動性能を評価して車両を設計するために、ダイナミクスシミュレータを開発し⁶⁾、設計・開発に適用している(図5参照)。

5. エレベーターにおける人間指向

5.1 利用者の快適なビル内移動をめざす 将来予測機能を搭載したエレベーター群管理システム

エレベーター群管理システムは、複数台のエレベーターを一つのグループと考え、ビル全体の効率を考えた運行制御を行い、日々、ビルを利用する多くの人々にスムーズで快適な移動を提供する。

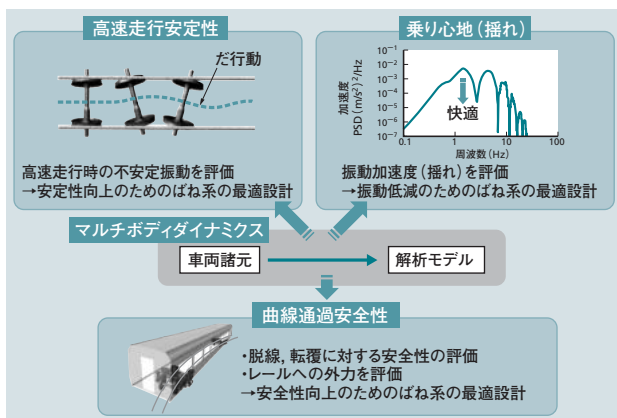


図5 車両ダイナミクスシミュレータ
鉄道車両の運動・挙動を解析することにより、安全性や乗り心地を予測、評価することが可能なシミュレーション技術である。

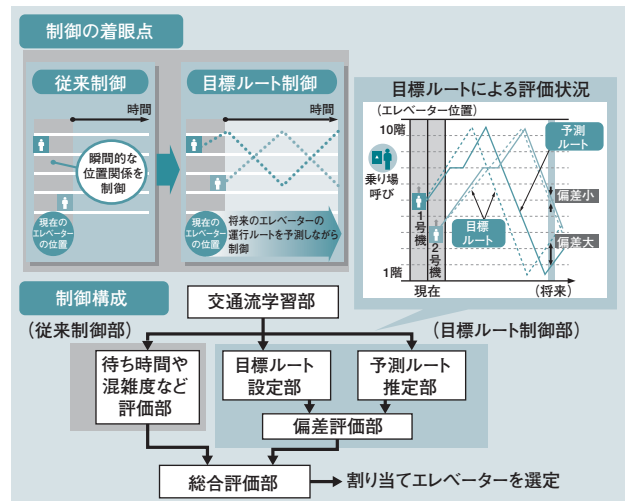


図6 将来予測目標ルート制御
各エレベーターの将来の運行軌跡(ルート)を制御する「将来予測目標ルート制御」により、多数の利用者が移動する混雑時の待ち時間低減を実現した。

群管理システムに求められる基本性能は待ち時間の短縮であり、そのためには、各エレベーターのかごを時間的に等間隔に配車することが有効となる。従来の制御では、その瞬間における各かごの位置関係を制御していたが、混雑が継続した場合には限界があった。

日立グループは、この課題に対応して「将来予測目標ルート制御」方式を開発した(図6参照)⁷⁾。

この方式では、(1)将来のかご位置を時間的等間隔に配車するための目標ルートを定め、(2)そのビルの交通流の学習結果に基づいて、各かごの将来の運行軌跡(予測ルート)を推定し、(3)目標ルートと予測ルートとの偏差が小さいかごを割り当てる。これにより、混雑が継続する場合でも、常に先を見ながら各かごを等間隔に配置させる制御が可能となり、従来製品と比較して、混雑時の長待ち発生確率を6~12%低減できた。

5.2 異常行動検知によりセキュリティ性を向上する 安全・安心なエレベーターシステム

エレベーターの乗客の安全確保を目的として、かご内に設置したカメラの映像から、「あばれ」などの乗客の異常行動を自動検知する技術を開発し⁸⁾、「ヘリオスウォッチャー付き防犯カメラ」に採用した。

開発した異常行動検知手法では、検知対象である異常行動の代わりに正常行動をモデル化する(図7参照)。このモデルを用いて検知対象が正常行動と見なせない場合に、異常行動であると判定する。

この手法は、正常行動を学習する学習フェーズと、異常行動を検知する評価フェーズから成る。学習フェーズでは、正常行動を撮影した大量の映像の特徴量を学習して、異常度算出に用いる判定空間を求める。判定空間とは、正常行

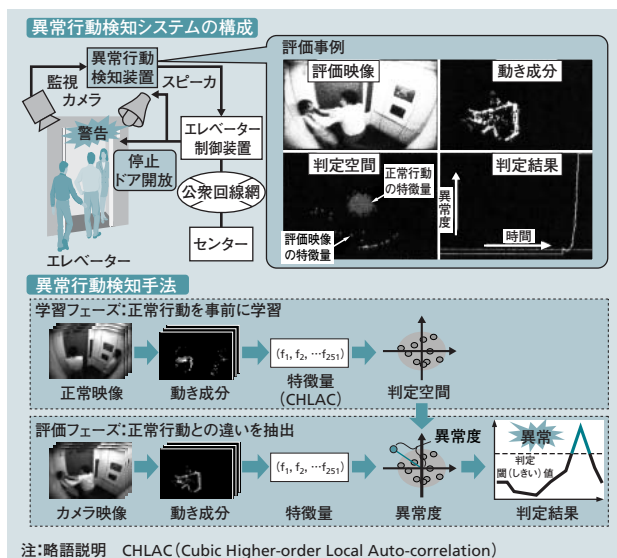


図7 異常行動検知システムの構成・検知手法

現在の映像と、事前に学習した正常時のかご内映像の特徴を比較することにより「あばれ」などの乗客の異常行動を検知する。

動の特徴量の分布をよく表す空間である。ここで、映像の特徴量として、独立行政法人産業技術総合研究所が開発したCHLAC (Cubic Higher-order Local Auto-correlation : 立体高次局所自己相関) を用いた⁹⁾。一方、評価フェーズでは、カメラ映像の特徴量の乖 (かい) 離度合いを異常度として算出し、学習で得た正常行動の特徴量の分布と、閾 (しきい) 値処理により、異常が発生しているのかを判定する。

これらにより、精度よく「あばれ」などの乗客の異常行動を検出できるようになった。

6. おわりに

ここでは、鉄道、自動車、エレベーターなどの移動空間について、環境保全、快適、安全など人間指向に配慮した日立グループの取り組みについて述べた。

日立グループは、高信頼化技術をコアにしたインフラ製品を通じて、社会に貢献してきた。今後も、地球環境保全、高齢社会の観点から人や環境との調和に配慮した製品や技術成果を各製品に展開していく考えである。

参考文献

- 1) 西垣戸, 外: 予防安全の高度化を実現するセンサーフュージョン技術, 日立評論, **89**, 8, 654~657 (2007.8)
- 2) 佐藤, 外: トルクベースエンジン制御におけるトルク制御精度の向上, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.1, p.115~120 (2007.1)
- 3) K. Yamane, et al.: Estimation of Statistical Traffic Data for Navigation Systems, International Journal of ITS Research, Vol.2, No.1, pp.1-9, (2004)
- 4) 佐々木, 外: 高信頼・高安全を実現する統合型信号保安システム「SAINT」, 日立評論, **89**, 11, 848~851 (2007.11)
- 5) 大澤, 外: デジタルATC導入に伴う遅延回復シミュレーション, 日本機械学会, 第7回鉄道技術連合シンポジウム, 3307 (2000.12)
- 6) 合田, 外: 車両分野におけるシミュレーション技術, 日立評論, **90**, 11, 914~919 (2008.11)
- 7) T. Yoshikawa, et al.: Elevator Group Control System with the Advanced Forecasting Trajectory Technique (AFTT) to Achieve Equal Time Interval Operation, Elevator Technology 16, Proc. ELEVCON 2006, pp.373-382 (2006.7)
- 8) 中村, 外: 昇降機の安全・安心を提供する遠隔監視システム, 日立評論, **90**, 9, 742~745 (2008.9)
- 9) 南里, 外: 複数人動画からの異常動作検出, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.SIG15 (CVIM12) (2005)

執筆者紹介



野木 利治

1983年日立製作所入社, 日立研究所 企画室 所属
現在, 社会・産業インフラシステム, デバイス, 材料に関する研究企画に従事
工学博士
日本機械学会会員, 自動車技術会会員



山田 勉

1994年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第三研究部 所属
現在, 組込み計算機・ネットワークアーキテクチャの研究開発に従事
IEEE会員, 電子情報通信学会会員



新 吉高

1997年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第二研究部 所属
現在, カーナビゲーション開発ツールの設計開発に従事
情報処理学会会員



合田 憲次郎

1995年日立製作所入社, 機械研究所 車両システム研究部 所属
現在, 鉄道車両の台車の研究開発に従事
日本機械学会会員