

環境負荷を低減するグリーンモビリティ

Eco-friendly Green Mobility

安田 知彦

Yasuda Tomohiko

藤下 政克

Fujishita Masakatsu

亀井 貴志

Kamei Takashi

梅北 和弘

Umekita Kazuhiro

日立グループでは、環境負荷を低減する輸送システム（グリーンモビリティ）の開発を行っている。建設機械の分野では、電動駆動化とともに、車体構造の軽量化などを図ることで、高効率化した鉱山用ダンプトラックを開発した。また、単位輸送量当たりのCO₂排出量の少ない鉄道システムを普及させるために、流体解析を応用して騒音や圧力変動を抑える環境配慮技術や、安定した鉄道運行に欠かさない保守技術を開発・展開している。自動車システムでは、エンジン車両の高効率化のための筒内噴射システムのほか、ハイブリッド自動車、電気自動車の効率を高めるための電動型制御ブレーキなどを開発した。

東日本大震災の影響などを受け、いっそう高まりつつある社会全体の省エネルギーへの要求に、グリーンモビリティの開発で応えていく。

1. はじめに

日立グループは、建設機械・鉄道システム・自動車システムなどの輸送システムを開発・提供している。これら輸送システムからのCO₂排出量は、全排出量の2割を占めると言われており、これを低減することは環境負荷低減のための重要な課題である¹⁾。

これら輸送システムでは、エンジンなどの駆動源の高効率化や電動化、車体の軽量化、回生エネルギーの再利用などによりCO₂排出量低減を図っている。さらに、保守技術の高度化による安定運行化や、輸送システムの走行によって発生する騒音や圧力などが周囲環境に与える影響などを考慮して、環境負荷の低減を推進している。

このような、環境負荷低減に配慮した輸送システムを総称して、グリーンモビリティと呼ぶことにする。

ここでは、建設機械、鉄道システム、自動車システムなど、日立グループが開発・提供しているグリーンモビリティの環境対応技術について述べる。

2. 建設機械

近年、建設機械においては、生産効率の向上が求められると同時に、CO₂排出量削減、排出ガス抑制、低騒音化など、環境負荷低減への要求が厳しくなっている。これらの要求に対応するには、作業量当たりのエネルギー効率を向上させることが必要である。

露天掘り鉱山で利用される大型ダンプトラックにおいては、効率を高めるために、発電機で生成した電力で走行モータを駆動する電気駆動化を推進している。また、運搬効率を高めるために、車体の軽量化による積載重量の拡大を進めている。以下に、鉱山用ダンプトラックにおける電気駆動化と車体軽量化について述べる。

2.1 電気駆動化

大型ダンプトラックの駆動方式には、エンジンの回転を変速機で減速して車輪を駆動する機械式と、エンジンで発電機を駆動し、発電した電力で走行用電気モータを駆動する電気式がある。日立建機株式会社は、2008年に日立製作所の高圧・大容量IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を用いたインバータ²⁾を搭載したAC (Alternating Current) 電気駆動式ダンプトラック「EH3500AC II」(積載量190 t級)を、2010年11月にはシリーズ機の「EH4000AC II」(220 t級)を発売した(図1参照)。

電気駆動化により、変速機やディファレンシャルギアなどの機構が不要となり、高い動力伝達効率を得られるとともに、メンテナンス費用を低減できる。また、高い応答性を持つIGBTインバータによって、走行モータに対するきめ細かな制御を行うことにより、滑らかでスピーディな変速性能を実現している。さらに、大容量の電気ブレーキを搭載しており、下り坂において安定した減速性能が得られる。これらによって運搬サイクルを短縮でき、高い作業効



図1 | 鉱山用ダンプトラック「EH4000ACII」
電気駆動式ダンプトラック「EH4000ACII」（積載量220 t級）の外観を示す。

率が得られる。

また、CO₂排出量の少ない外部電源で走行モータを駆動することができるトロリー式ダンプトラックの開発も推進している。

2.2 車体軽量化

鉱山における生産効率向上のため、ダンプトラックの積載重量の増加が望まれている。ダンプトラックの総重量はタイヤの耐荷重によって制限されるので、積載重量を増やすには、強度を確保しつつ車体重量を低減する必要がある。そこで、荷台の強度を評価する解析技術を構築し、軽量荷台を開発した。

構築した強度評価技術では、荷台に積載した土砂によって荷台の壁面に働く圧力分布を、粒状体挙動解析により推定・定式化する。さらに、走行中の加速度データを用いて動的な圧力を計算し、構造解析によって荷台に発生する応力を求める。

この強度評価技術をダンプトラックEH4000AC IIの車体開発に適用した。荷台の薄肉化や補強リブの適正配置によるリブ数の低減により、強度を確保したうえで、荷台重量を13%低減することに成功した（図2参照）。

3. 鉄道システム

鉄道システムは単位輸送量当たりのCO₂排出量が少ない移動システムであり、近年、世界中で新たな鉄道システムの建設計画が立てられている。この鉄道システムの普及にあたっては、走行時に発生する騒音や圧力変動が周囲環境に与える影響を低減する技術が必要である。また、鉄道システムの故障などによる運休を防止し、運行効率を上げることができれば、環境負荷低減にもつながるため、こうした安定運行のためのメンテナンス技術も重要である。ここでは、圧力変動低減技術とメンテナンス技術について述べる。

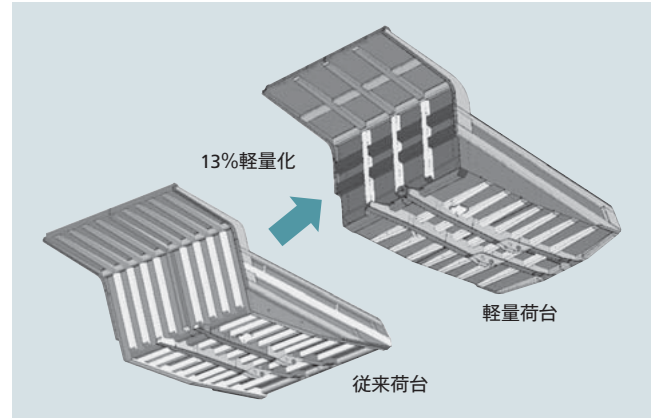


図2 | ダンプトラック荷台の軽量化
強度評価技術によって構造を適正化し、従来の荷台よりも13%の軽量化を実現した。

3.1 鉄道車両走行時の圧力変動低減技術

高速鉄道車両が鉄道インフラや周囲環境に与える影響の一つとして、鉄道車両が通過したときに発生する圧力の変動が挙げられる。特に、トンネルを通過する際には、車両走行に起因した圧力変動により衝撃力が発生し、トンネル壁面へのダメージが発生する。また、この圧力変動が車内に伝わることによって、車内の圧力が変動し、乗客が耳に不快感を覚えることがある。この圧力変動について、欧州では規格によってその上限値が決められており、トンネル壁面への影響を最小限に抑え、かつ乗客の快適性への配慮がなされている³⁾。

トンネル内の圧力変動は、一般的に、すれ違い時に大きくなることが知られている。このトンネル内部におけるすれ違いを、三次元モデルを用いて解析した結果を図3に示す。このような解析を通してトンネル内部における圧力変動を予測することができる。この圧力の変動はトンネルや車両の形状、車両の走行速度によって変化する。このため、車両形状などのパラメータサーベイにより、最も厳しい条件下でも、圧力変動の規格値を下回るように車両の形状設

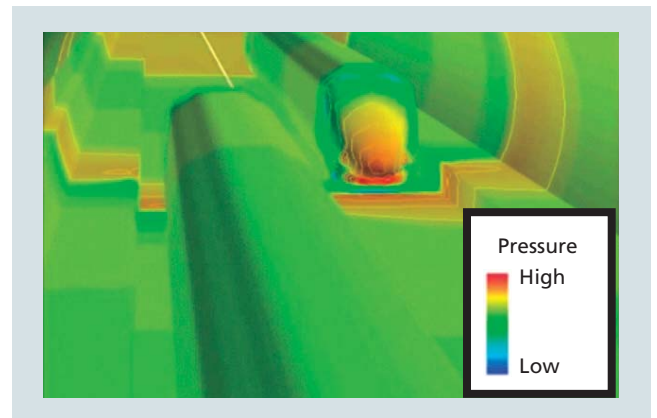


図3 | トンネル走行時におけるトンネル壁面および車両壁面圧力分布
英国「Class395」車両がトンネル内ですれ違い際の圧力変動を超並列計算機によって解析した。



図4 | Class395のアシュフォード保守基地

HS1 (High Speed 1) および英国南東部ケント州の在来線で運行されるClass395 (29編成) の保守基地の一部を示す。検収庫には5本の引き込み線があり、床下機器の着脱が可能である。屋外には車輪やブレーキパッドを自動的に測定する自動測定装置を備えている。

計を行っている。

3.2 鉄道車両のメンテナンス

日立グループは車両の生涯をメーカーが見守ることを前提に、車両の設計段階からメンテナンス性を考慮し、運休などを未然に防止して、運行効率を向上させるための設計を取り入れている。また、英国鉄道の新車両契約にはメンテナンスが含まれているため、2005年1月にメンテナンスを行う現地法人を立ち上げ、2007年9月にHS1 (High Speed 1) のアシュフォード駅近傍に新たな保守基地を建築した(図4参照)。この基地の主な設備として、検収庫にはすべての床下機器の着脱が可能なドロップピット、車輪の踏面形状や直径、ブレーキパッド残厚などを低速走行(10 km/h)しながら測定できる自動測定装置などを備えており、近代的な車両基地として英国でも注目されている。

この基地では多数の従業員が3交代24時間体制で勤務しており、新幹線の保守をベースとしフランスのTGV、ドイツのICEなど、各国の高速鉄道車両のメンテナンス方法を参考にして独自のメンテナンスを実施している。さらに保守の効率的な運用、改善に役立てることを目的として基地内の検査情報、資材情報、故障情報、設計資料、車両履歴などを一括でコンピュータ管理するシステムを構築し、このシステムを活用して車両状態に基づく保守を実現することで運行安定性のさらなる向上をめざしている。

4. 自動車システム

自動車システム開発においては、現在主流の駆動源であ

るエンジンの高効率化と、普及が進み始めたEV (Electric Vehicle) やHEV (Hybrid EV) などの電動車両における省エネルギー技術の二つの側面から、環境負荷低減技術を開発している。

4.1 環境対応エンジンシステム

シリンダ内に直接燃料を噴射することにより、エンジンの高効率化を図るための筒内噴射エンジン用燃料供給システムの開発を行っている。

従来の吸気ポートで燃料を噴射するシステムと比較して、燃料を気化するための時間が短いので、燃料圧力を高めることにより、燃料の気化を促進する必要がある。このため燃料圧力を高めるための高圧ポンプや、インジェクタ(燃料噴射弁)には大きな駆動力が必要であり、騒音が発生しやすいという難しさがあった。そこで、日立グループは、騒音源の加振力を低減するとともに、騒音源からの振動を車両に伝播(ば)させにくくするための独自の静音構造による静粛性の高い筒内噴射システムを開発した(図5参照)。

また、耐食性を向上させる工夫により、実質的にCO₂排出量を低減できるアルコール燃料を使用することができるようになっている。今後、さらなる燃費向上のためのダウンサイジングエンジン向けに普及を進めていく。

4.2 EV/HEV用コンポーネント

EVやHEVなどの環境対応電動車両では、車両の減速時に、従来は摩擦ブレーキで捨てていた熱エネルギーを、発電機を用いて電気エネルギーとしてバッテリーに蓄えるよう



図5 | 筒内噴射エンジン用燃料供給システム

筒内噴射エンジンの燃料供給サブシステムを構成するコンポーネントを示す。

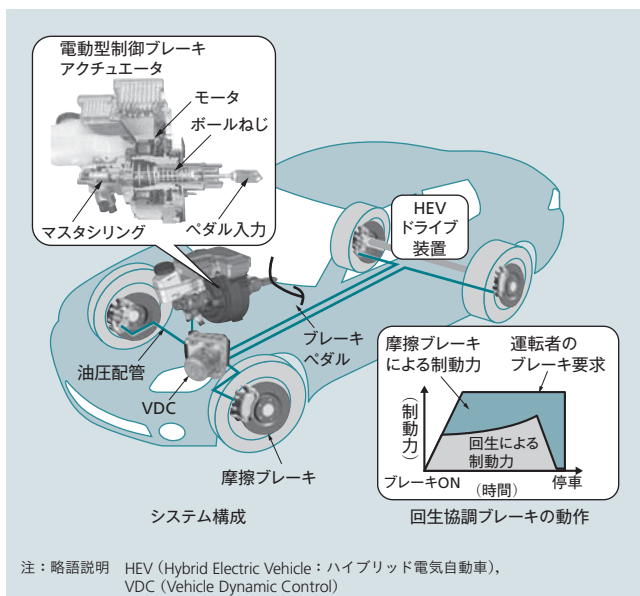


図6 | 日産自動車株式会社納め電動型制御ブレーキシステム
ブレーキアクチュエータの配置と構成、および運転者のブレーキ要求に応じた摩擦ブレーキ制動力と回生制動力の配分例を示す。

にしている。蓄えたエネルギーを車両の走行時に用いることで燃費を大幅に向上できる。このためには、運転者のブレーキペダル操作に応じて、発電機で発生する制動力と、摩擦ブレーキで発生する制動力を適切に配分する仕組み、すなわち回生協調ブレーキシステムが必要である。

日立グループは、従来から培ってきた信頼性の高いブレーキ要素技術とモータ制御技術を融合し、さらに独自の油圧発生機構を組み合わせることで、エネルギーの回生量の大幅改善に対応できる回生協調ブレーキシステムを開発・製品化した(図6参照)。このブレーキシステムには、モータとボールねじを用いてマスタシリンダに油圧を発生させるコンパクトなアクチュエータを採用しており、従来のブレーキシステムからの置き換えが容易である。また回生協調時のブレーキペダルの踏力変動を抑制する機構を採用し、自然な操作感を実現した。

このブレーキシステムは、電動型制御ブレーキとして、日産自動車株式会社のフーガハイブリッド(HEV)とリーフ(EV)に搭載されている。

5. おわりに

ここでは、建設機械、鉄道システム、自動車システムなど、日立グループが開発・提供しているグリーンモビリティの環境対応技術について述べた。

東日本大震災の影響により、省エネルギーや環境に対する関心はますます高まりつつある。今後もグリーンモビリティ製品の省エネルギー性能を向上させることにより、社会全体の省エネルギー化に貢献していく。

参考文献など

- 1) 石井, 外: 自動車におけるCO₂削減技術, 日立評論, 90, 5, 412~417 (2008.5)
- 2) 今家, 外: 鉱山用ダンプトラック向けACドライブ装置の開発, 日立評論, 90, 12, 1006~1009 (2008.12)
- 3) 用田, 外: 英国High Speed1向け高速車両Class395の開発とメンテナンスサービス, 日立評論, 92, 2, 180~185 (2010.2)

執筆者紹介



安田 知彦

1981年日立建機株式会社入社, 開発・生産統括本部 資源開発システム事業部
開発設計センタ 所属
現在, ダンプトラックの開発に従事



亀井 貴志

1993年日立製作所入社, 交通システム社 海外プロジェクト統括本部 所属
現在, 海外向け鉄道車両プロジェクトの推進業務に従事



藤下 政克

1980年日立製作所入社, 日立オートモティブシステムズ株式会社 パワートレイン&電子事業部 パワートレイン設計本部 制御システム設計部 所属
現在, 直噴エンジンシステムおよびハイブリッドシステムの開発に従事
自動車技術会会員



梅北 和弘

1987年日立製作所入社, 日立研究所 機械研究センタ 輸送システム研究部 所属
現在, 輸送システムの研究開発に従事
日本機械学会会員, 日本ロボット学会会員