

高い走行性能と環境性能の両立を目指すモーターサイクルの電動化／ハイブリッド化

Development of Electric and Hybrid Motorcycles Aimed at Achieving Both High Riding and Environmental Performance



陳 尾 健 一①	Kenichi Jino
細 谷 和 弘②	Kazuhiro Hosoya
北 川 英 作③	Eisaku Kitagawa
大 林 恒 介④	Kosuke Obayashi
河 合 大 輔⑤	Daisuke Kawai
寺 井 昭 平⑥	Shohei Terai

地球温暖化防止のためCO₂フリーやカーボンニュートラルの実現が求められており、自動車業界においてもその実現に向けて取り組んでいる。

こうした社会情勢を踏まえ、当社はモーターサイクルを電動化／ハイブリッド化して、高い走行性能と環境性能を両立した近未来モビリティとして提供すべく、モーターサイクルパッケージに適した電池やモーターの開発（小型・高出力化）に取り組んでいる。

CO₂-free and carbon-neutral are required to prevent global warming. In the automotive industry as well as other industries, efforts are being made to achieve CO₂-free and carbon-neutral.

Given this social situation, Kawasaki is developing batteries and motors that are suitable to be packaged into motorcycles (with reduced size and increased power) in order to develop electric and hybrid motorcycles and offer them as near-future mobility that has both high riding and environmental performance.

まえがき

地球温暖化防止のためCO₂フリーやカーボンニュートラルの実現が求められている。経済産業省は関係省庁と連携し「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。この中では2030年代半ばでの新車（乗用車）の電動化が検討されている。これを受けて、自動車業界としても、カーボンニュートラルを目指す宣言の実現に向けて全力でチャレンジすることを表明した。

1 背景

環境問題に対する解決策として、都市部に低排出ゾーンLEZ（Low Emission Zone）を設定することで、環境ステッカー貼付の義務付けと環境基準をクリアできない二輪車の乗入れが規制されている地域がある。また、ガソリン車やディーゼル車の新車販売規制の動きは法制化に至る地域はまだ少ないものの多くの国で計画されており、電動化への動きが加速している。電動車の普及加速が求められつつある社会情勢に対し、当社は新たなソリューションを世に問いかけるべくモーターサイクルのハイブリッド化にも注

力して近未来モビリティとして提供すべく取り組んでいる。

2 開発概要

高い走行性能と環境性能の両立を実現する新たな製品コンセプトを確立すべく、そのモーターサイクルパッケージに最適となる「電池」「モーター」「システム」などの電動化コア技術の開発を進めている。

(1) 電動モーターサイクルのコンセプト

電動モーターサイクルの有すべき特性として、静音・ゼロエミッション・「Fun to Ride」（走る喜び、操る楽しさ）を定めた。

低騒音・ゼロエミッションを実現しつつ、従来のモーターサイクルにはない電動特有の「Fun to Ride」（走る喜び、操る楽しさ）を創出する。

(2) ハイブリッドモーターサイクルのコンセプト

ハイブリッドモーターサイクルの有すべき特性として、従来のモーターサイクルと同等以上の走行性能と利便性・低速走行時における静粛性と高い操縦性・低エミッションを

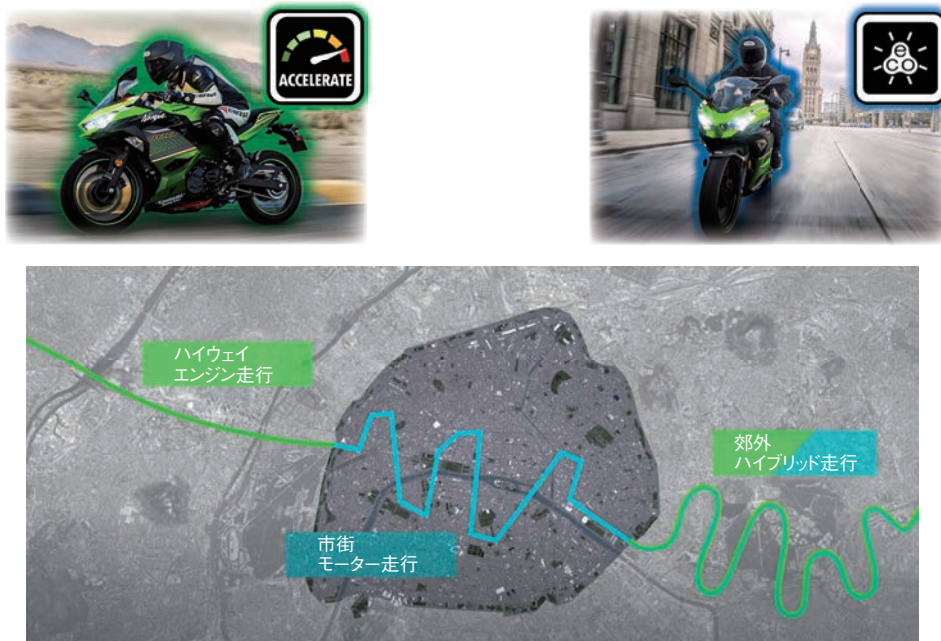


図1 製品コンセプト
Fig. 1 Figure 1 Product concept

定めた。

図1に示すように、従来のモーターサイクル同様に郊外や高速走行時の快適性を満足しつつ、市街地などにおいては電動走行を可能とすることで静粛性・高い操縦性・エミッション低減を実現する。

(3) 技術課題

モーターサイクルの電動化／ハイブリッド化を実現する上で重要となる技術課題を以下に示す。

① 電池の小型・高出力化（共通）

胸がすくような加速，頻繁な加減速への対応，モーターサイクルに搭載可能なコンパクト性，低コストを実現する電池を開発する必要がある。

② モーターの小型・高出力化（共通）

高頻度運転領域での高効率化，モーターサイクルに搭載可能なコンパクト性，耐環境（冷却・耐振）性を有するモーターを開発する必要がある。

③ 電動モーターサイクルのコンポーネント配置とFun創出（電動化システム）

電池・モーターなどのエンジン車両にはないコンポーネントを効率的に配置するとともに，エンジン車両同様に操作して楽しい車両とする必要がある。

④ モーターとエンジンの協調制御（ハイブリッド化システム）

モーターとエンジンのそれぞれの長所を活用して，トルク特性と燃費を向上させる必要がある。

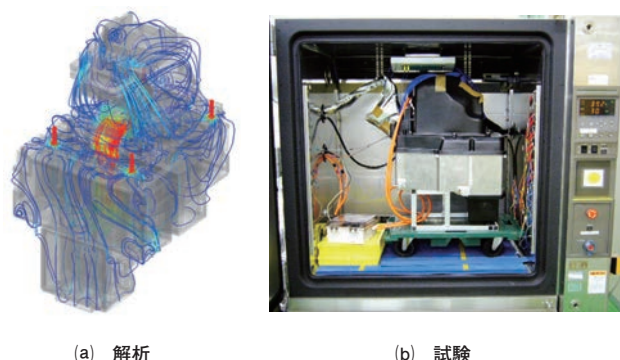
3 要素技術開発

(1) 電池の小型・高出力化

電池には鉛蓄電池・ニッケル水素電池・リチウムイオン電池など多くの種類があるが，小型・高出力化を実現するにあたり，高出力かつ高エネルギー密度であることに加えて，比較的 low cost であるリチウムイオン電池を選定した。

高頻度で充放電を繰り返すとバッテリーが高温となり劣化を招くため，効率的に冷却する必要がある¹⁾。この課題に対しては，図2に示すようなCFDなどの解析と試験による確認を繰り返すことで最適化を図っている。

セルの出力性能は，状態により大きく変化することが知られている。そこで，温度・充電状態・劣化状態といったパックの状態の検知技術を開発するとともに，図3に示す



(a) 解析 (b) 試験

図2 バッテリーパック冷却最適化
Fig. 2 Optimization of battery pack cooling

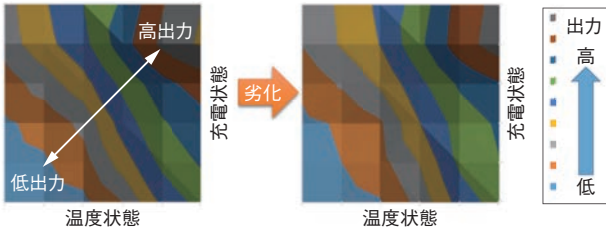


図3 バッテリーパック状態検知
Fig.3 Detection of battery pack condition

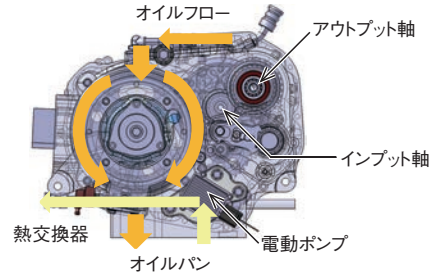


図5 駆動モーター油冷却構造
Fig.5 Oil cooling structure of the traction motor

ように検知した結果を基に出力性能を推定し、車両制御へ反映させる技術も併せて開発している。

(2) モーターの小型・高出力化

駆動用モーターには、エンジンが不得意とする低回転の高トルク特性・最高速回転での高速回転特性・高頻度運転領域での高効率化が要求される。また、限られたスペースにモーターを収めることが重要であり、電動モーターサイクルとハイブリッドモーターサイクルともに、低コスト化のためにも小型軽量化が要求される²⁾。

図4に示すように、モーターサイクルで高頻度に運転される領域に着目し、その領域で最も効率が高くなるようなモーターを目指し設計している。また、ハイブリッドモーターサイクルではエンジンとモーターを組み合わせ切り替えながら走行するため、エンジンが不得意とする低回転で高効率となるモーターを開発している。

高出力かつ小型化を目指すにあたり、大きな発熱量を小さな放熱面積で効率よく冷却するという課題があるため、高い抜熱能力を有する油冷式を採用した。油は絶縁性を持たせることが可能であり、モーター内部に油を流通してコイル・コア・磁石などの発熱部位を直接冷却することで、高い冷却効果を得ることができる。より高い冷却効果を得るために効率的に冷却できる流路を解析し、図5に示すような冷却構造を開発している。

にはないコンポーネントの配置を考慮する必要がある。特に電池に関しては、重心や動力配線の距離さらに感電対策や転倒時の保護などの要件を考慮する必要がある。

電動車両のコンポーネント構成の例を図6に示す。この車両は駆動電圧が高電圧となるため、ほとんどの高電圧部をバッテリーパックへ収めてフレーム内に配置している。これによって高電圧部を保護するとともに配線距離を短くすることを実現している。また、急速充電CHAdeMOコネクタを近傍に配置するなど、メンテナンス時も含めた取り扱いが容易な構造となっている。

電動車両は固定速とするのが一般的であるが、この車両には有段の手動変速機を搭載している。これにより、低速域のトルクが大きいモーター特性をより強く感じることができる。

また、モーターの回生ブレーキ量を操作して、調整できるレバーを図7のように装備し、操作している楽しさを感じることができる車両となっている³⁾。

(4) モーターとエンジンの協調制御

本開発のハイブリッドシステムは図8に示すようにモーターとエンジンとがクラッチを介して並列関係にあるパラレルハイブリッド方式である。モーターのみの動力で走行する状態と、モーターとエンジン双方の動力で走行する状

(3) 電動モーターサイクルのコンポーネント配置とFunの創出

電動車両においては、電池・モーターなどエンジン車両

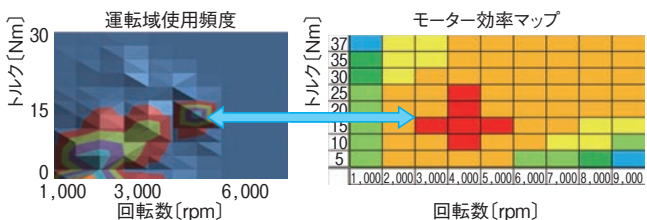


図4 駆動モーター高効率領域の最適化
Fig.4 Optimization of the high efficiency region of the traction motor

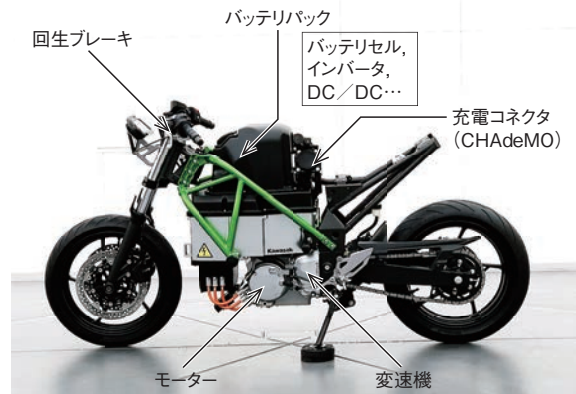


図6 電動車両コンポーネント
Fig.6 Electric vehicle components



図7 回生ブレーキ操作
Fig. 7 Regenerative brake operation

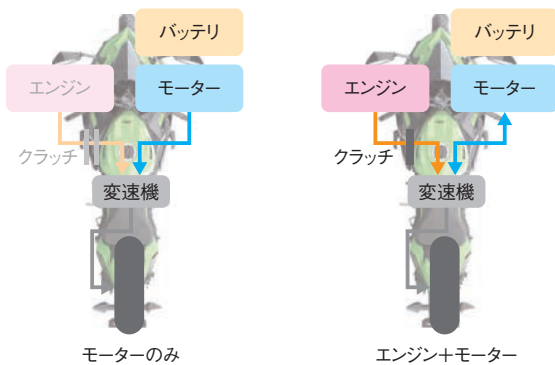


図8 ハイブリッドシステムの構成
Fig. 8 Hybrid system configuration

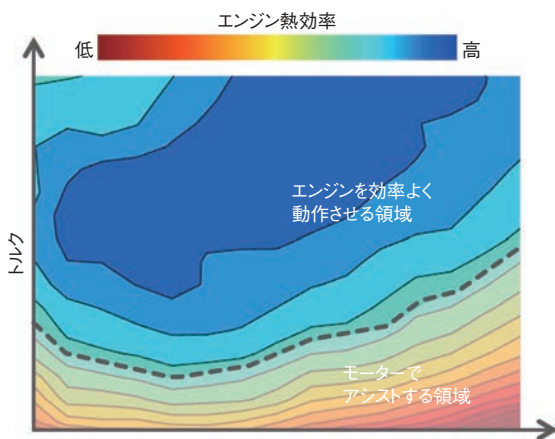


図9 エンジン熱効率特性
Fig. 9 Thermal efficiency characteristics of the engine

態とをクラッチによって切換えることが可能である。これにより、シチュエーションに応じて走行方法や動力分配を切換えることで、環境性能と走行性能の両立を実現する^{4,5)}。

一般的にエンジンは、図9に示すように出力しているトルクが低い領域ほど熱効率が低い特性を有する。そのため、エンジン車は発進や低速走行など、低トルク域を用いる走行で燃費が悪化する傾向がある。

ハイブリッドシステムはエンジンの苦手な低トルク域をモーターからのトルクでアシストし、システムレベルで熱効率の変化幅を小さくすることで燃費改善を図る。また、走行中にモーターを発電機として動作させてエンジンの動作点を発電負荷分高効率側にシフトさせることで、アシストで消費した電力を回復しつつ通常走行域の燃費も向上させるといった動力分配も実施可能である。

あとがき

すでに小型クラスの二輪車においては、世界的に電動車の製品化が徐々に進められつつある。その背景として、電池やモーターなどの技術進化により、当該クラスにおいて徐々に性能とコストのバランスがとれてきつつあることが伺える。

一方、中大型クラスの二輪車では、求められる性能が大きく異なる点からも、未だ解決すべき課題は多い。今後も本開発を継続し、製品化へ向けたコア技術の早期確立を目指していく。

また、将来の脱炭素化を見据えて、クリーンエネルギーである水素燃料を使用したモビリティ開発を検討中である。

参考文献

- 1) 特開2020 - 198271：“乗物の電池パック”
- 2) “ハイブリッド／電気自動車駆動モーター用電磁鋼板の最近の動向”，新日鉄技報，第393号（2012）
- 3) Y. Matsuda：“A Study of Electric Motorcycle”，Small Engine Technology Conference, 2014 - 32 - 0012（2014）
- 4) 特願2019 - 507482：“ハイブリッド車両”
- 5) 特開2020 - 097309：“ハイブリッド式リーン車両の制御装置”



陳尾健一



細谷和弘



北川英作



大林恒介



河合大輔



寺井昭平