

# 電動化の推進 ～電動モーターサイクル「Ninja e-1」「Z e-1」 ハイブリッドモーターサイクル「Ninja 7 Hybrid」「Z7 Hybrid」開発

## Advancing Electrification: Development of Electric Motorcycles Ninja e-1 and Z e-1, and Hybrid Motorcycles Ninja 7 Hybrid and Z7 Hybrid



山本哲路① Tetsuji Yamamoto  
 房崎晃士② Koshi Fusazaki  
 加治基貴③ Motoki Kaji  
 橋爪健二④ Kenji Hashizume  
 北川英作⑤ Eisaku Kitagawa  
 加藤啓多⑥ Keita Kato  
 多田知希⑦ Tomoki Tada  
 磯崎直哉⑧ Naoya Isozaki  
 溝口拓弥⑨ Takuya Mizoguchi

モーターサイクルにおいても電動化の普及加速が求められつつある社会情勢に対し、カーボンニュートラルの実現に向けて、当社はマルチパスウェイとしてBEVモデルとHEVモデルの量産車を新規開発した。駆動モータやバッテリーパックなどの電動コンポーネントのモーターサイクルへの最適なパッケージング開発を実施し、また、HEVモデルでは、ICE（内燃機関）と駆動モータの最適な協調制御技術開発によりモーターサイクルの電動化を実現した。

In response to growing social pressure to accelerate motorcycle electrification, Kawasaki Motors, Ltd. has developed new mass-produced BEV and HEV models as a multi-pathway for achieving carbon neutrality. We optimized the packaging of electric components, such as traction motors and battery packs, for integration into motorcycles. For the HEV models, we have developed a technology that ensures optimal cooperated control between the internal combustion engine (ICE) and the traction motor, achieving motorcycle electrification.

### まえがき

地球温暖化防止のためCO<sub>2</sub>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。環境問題に対する解決策の一例として、都市部に低排出ゾーンLEZ（Low Emission Zone）を設定し、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車両の乗入れを規制する地域があるなど、電動化への動きが加速している。

### 1 背景

モーターサイクルにおいても電動化の普及加速が求められつつある社会情勢に対し、当社ではカーボンニュートラルの実現に向けて、電動モーターサイクルだけでなく、451cm<sup>3</sup>の二気筒ICE（内燃機関）に駆動モータを組み合わせた世界初のストロングハイブリッドモーターサイクルも含めたマルチパスウェイとして量産車を新しく開発した。

### 2 開発目標

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、モーターサイクルパッケージに最適となる「電池」「モータ」「システム」などの電動化のためのコア技術の開発を行った。

各製品コンセプトを以下に示す。

#### (i) 電動モーターサイクル（BEV）：図1

電動モーターサイクルの有すべき特性として、環境に優しいゼロエミッション・低騒音・低振動を定めた。従来のモーターサイクルにない電動化特有となる「Fun to Ride」（走る喜び、操る楽しさ）につながる新機能を実現しつつも、モーターサイクルらしい扱いやすく違和感のないフィーリングを実現することとした。

#### (ii) ハイブリッドモーターサイクル（HEV）：図2

ハイブリッドモーターサイクルが有すべき特性として、ワンクラス上の走行性能と利便性・低走行時における静粛性・高い操縦性・低エミッションを定めた<sup>1)</sup>。



(a) 「Ninja e-1」 (b) 「Z e-1」

図1 電動モーターサイクル (BEV)  
Fig. 1 Electric motorcycles (BEVs)



(a) 「Ninja 7 Hybrid」 (b) 「Z7 Hybrid」

図2 ハイブリッドモーターサイクル  
Fig. 2 Hybrid motorcycles (HEVs)



図3 ハイブリッドモーターサイクルの製品コンセプト  
Fig. 3 Product concept of hybrid motorcycles

図3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必要がある。これらのライディングモードを1台の車両パッケージで実現することを製品コンセプトとした。

### 3 新規開発技術

#### (1) 電動部品の小型化・高出力化 (共通)

##### (i) 駆動モータ

BEVやHEVの駆動モータは、開発効率の観点から同じモータ仕様として、モータケース以外の構成部品を共通開発(図4)することでパワーユニット同時開発を可能とした。

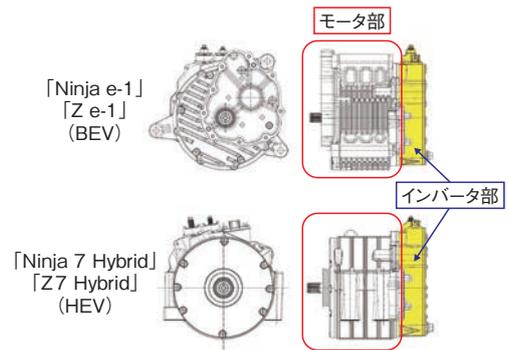


図4 駆動モータ  
Fig. 4 Traction motor

駆動モータの仕様選定にあたっては、継続的に使用可能な定格出力と限られた時間内でのみ出力可能な瞬時出力を決定する必要がある。

住宅街や市街地等の比較的低速走行を行う状況において、必要十分な動力性能となるように駆動モータの定格出力は6.0kW以上に設定した。一方で、瞬時出力に関しては、451cm<sup>3</sup>の二気筒ICEと組み合わせることで、1000cm<sup>3</sup>クラスの発進加速と全域でワンクラス上の加速感を得ることをHEVの開発目標とし9.0kWに設定した。BEV用の駆動モータとしても、HEVと同様の定格/瞬時出力を達成することで、BEVの用途として想定している都市部での一般的な制限速度50-60km/h以下の領域において、ユーザ走行データの8割をカバー可能な加速性能を得ることができるスペックとしている<sup>2)</sup>。

また、BEVでは回生充電量のセッティング調整によりICEのエンジブレーキに近いフィーリングを実現している。

##### (ii) バッテリーパック

###### ① HEV用バッテリーパック

HEV用バッテリーパックを新規開発するにあたり、以下のコンセプトを設定した。

- ・胸がすくような加速を実現できる出力性能 (瞬時最大出力11kW)
- ・EV走行に必要なエネルギーを貯蔵できること
- ・軽量でコンパクトであること



図5 HEV用バッテリーパック  
Fig. 5 Battery pack for HEVs

上記コンセプトを達成するため、図5に示すような高出力および高エネルギー密度を兼ね備えたりチウムイオンバッテリーを開発した。

このバッテリーは300Aを超える高出力放電性能を有しており、大電流充放電に伴う温度上昇を効率的に除熱する必要がある。この課題に対しては、発熱源であるセルとアルミ製外装ケースを絶縁かつ熱伝導性に優れた材料を挟み直接接触させることで、効率的に外部へ熱を逃がす構造としたほか、図6で示すような車体右側に設置したダクトにより直接走行風をバッテリーへ当てる冷却構造としている。

② BEV用バッテリーパック

HEV用バッテリーパックと同様に、高出力で、高エネルギー密度を兼ね備えたりチウムイオンバッテリーを使用している。

本バッテリーは、車両状態での充電に加えて、車両から取り外すことで、図7に示すような屋内での充電にも対応している。車両には二つのバッテリー搭載スロットがあり、二つのバッテリーを同時に接続することで、最大出力(9kW)および最大航続距離(72km WMTC CLASS-1)を実現できるほか、バッテリー1個のみでの走行もサポートしている。また2個のバッテリーの状態(充電状態や温度など)を監視して、必要に応じて2個のバッテリー接続を自動で切り替える機能をバッテリーパックに備えている。

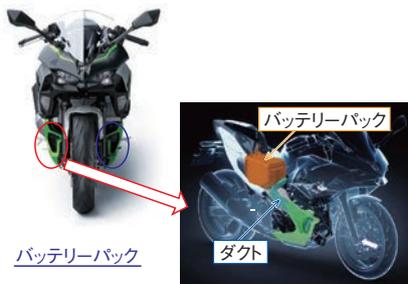


図6 バッテリー冷却  
Fig. 6 Battery cooling



図7 バッテリー充電  
Fig. 7 Battery pack for BEV & Charging system

(2) e-boost機能・WALKモード機能(共通)

モーターサイクルのFun要素となる新機能として、加速時に駆動モータの出力を瞬間的に引き出すe-boost制御を盛り込んだ。バッテリー出力や温度により、使用可能時間と回復時間の適切な設定を行うことで、従来のモーターサイクルにはないブースト機能を実現した。

また、駆動モータによる利便性機能としてWALKモードを備えている。駆動モータの逆回転によりバックギヤ無しで後進可能となるため、駆動モータの回転方向により、微速前進および後進機能を持たせることができ、従来のモーターサイクルにはない取り回し容易性を備えている。

(3) モータとエンジンの協調制御(ハイブリッド)<sup>3)</sup>

ハイブリッドモーターサイクルでは、ICEと組み合わせる駆動モータの特性を使い分けることで3つの特徴的な走行モードを設定した。ライダーが加速したいときに意図したタイミングで瞬間的にモータの最大出力を発揮する「e-boost」機能(図8)を付加することで、よりFUN要素を高めることができる「SPORT-HYBRIDモード」、発進はモータのみで行い、自動でICEとの切り替え運転やアイドリングストップ機能を備えることでより低エミッションでの走行が可能な「ECO-HYBRIDモード」、また制限区域での走行や、より静粛性が求められる早朝や深夜での住宅街での走行を想定したモータのみでの走行が可能な「EVモード」がある。

(i) 油圧電子制御クラッチ

3つのモードを成立させるために、駆動モータとエンジンとを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を採用している。図9に示すようにモータのみの動力で走行するEV走行とモータとエンジン双方の動力で走行するHEV走行とをクラッチの切断/締結により切替えを実現している。

モータとICE双方の発生トルクを緻密に制御することで、「ECO-HYBRIDモード」におけるモータ駆動による発進からICE駆動への切り替わり、「SPORT-HYBRIDモード」における「e-boost」によるモータアシストを円滑に違和

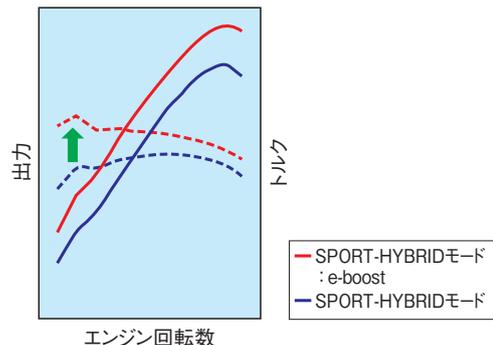


図8 e-boost機能  
Fig. 8 Function of e-boost (performance curve)

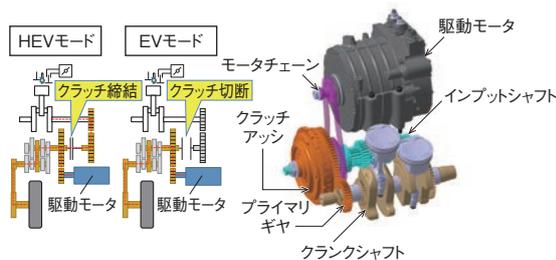


図9 ハイブリッド動力伝達  
Fig.9 Hybrid power delivery system

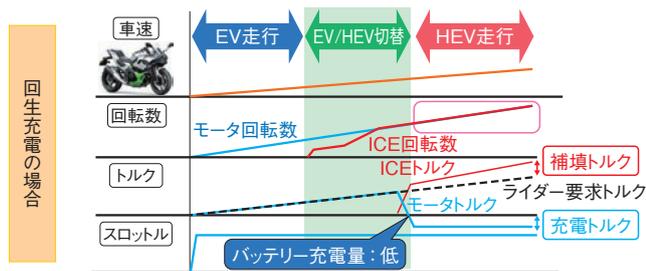


図10 トルクベース制御  
Fig.10 Torque-based control

感なく実現している。モータ駆動とICE駆動のシームレスな切り替えを実現するために、HEV-ECUにより油圧式クラッチを電子制御している。

スロットル入力や車速といった車両情報に応じてHEV-ECUがクラッチ油圧を制御し、クラッチ締結度合いを調整することでスムーズな車両発進を実現している。また、自動でクラッチを締結・切断することができるため、EV走行とHEV走行の相互移行をライダーによるクラッチ操作なく実施することができる。ライダーの技量を問わずアクセル操作のみで気軽に走行することを可能にしている。

(ii) トルク指令分配

図10に示すようにスロットル操作の入力に応じてライダー要求トルクを決定して、各コンポーネントの状態に応じてエンジンと駆動モータへのトルク指令分配量を適切に制御している。

バッテリーパックの充電量が低い時には、駆動モータへ充電トルク指令を行い、ライダー要求トルクに対する不足分をエンジンへのトルク指令で補うことで、スロットルの入力に応じたトルクを常に一定とすることができる。その結果、走行フィーリングを損なうことなく、バッテリー充電を行うことができるため、ライダーはバッテリー充電を気にすることなくライディングを楽しむことができる。

加速中のライダー要求トルクに対しエンジンへのトルク指令では不足している場合、不足分を駆動モータへトルク指令して、エンジントルクに対してモータトルクをアシストすることで加速感を損なうことなく走行を継続できる。これらの制御によって、各シーンに応じた車両状態のコン

トロールや適切なドライバリティを提供し、“Fun”，“ECO”，“快適性”を実現している。

あとがき

今回開発した「Ninja e-1」「Z e-1」はカワサキ初のBEVモデル、「Ninja 7 Hybrid」「Z7 Hybrid」は世界初のストロングハイブリッドモーターサイクルとして、それぞれ2024年モデルとして量産を開始している。駆動モータによる「e-boost」機能を搭載することで、これまでない商品性を提供することができるBEV/HEVモデルを開発した。ICEと駆動モータとの協調制御技術によりシームレスなパワーデリバリーを実現することができた。

電動化でも幅広いライダーに「Fun to ride」, 「Ease of riding」を感じていただき、世界中のライダーに豊かな生活と夢を提供しながら地球環境の未来に貢献するモーターサイクルを今後も開発していく。

参考文献

- 1) 陳尾, 細谷, 北川, 大林, 河合, 寺井: “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”, 川崎重工技報, No.183, pp.34-37 (2001)
- 2) Y. Matsuda: “Hybrid-MC as a Solution in the Transit Stage for the Carbon Neutral Society”, SAE 2023-01-1854/20239554
- 3) 山本, 房崎, 磯崎, 加藤, 多田: “ストロングハイブリッドモーターサイクルNinja 7 Hybrid用新型パワーユニット開発”, 自動車技術会シンポジウム (2024)



山本 哲路



房崎 晃士



加治 基貴



橋爪 健二



北川 英作



加藤 啓多



多田 知希



磯崎 直哉



溝口 拓弥