

EV/2WD (多軸制御車)「BiBeey」の開発

EV/2WD (Axis Control Vehicle) "BiBeey"

石田 佳未 星屋 真一



Abstract

In recent years, it has become popular for electric mobility vehicles, particularly four-wheeled types to be equipped with multiple drive motors. This enables simultaneous control of multiple purposes, such as driving, power generation, and regenerative braking, allowing higher value to be provided. Furthermore, compared to conventional ICE (Internal Combustion Engine) drive vehicles, multi-axis models are more compact.

In response to this trend, Yamaha Motor Engineering Co., Ltd. (hereinafter, the Company) has developed a control technology that allows multiple motors to communicate with each other, with the Company developing the concept electric mobility vehicle "BiBeey" incorporating this technology, as the advanced theme.

In this paper, the Company will introduce the development of the multi-axis control technology which is the core technology of the "BiBeey", as well as the initiatives working towards the creation of the concept mobility.

1 はじめに

昨今の四輪車を中心とした電動モビリティでは、駆動用モータの複数搭載が一般的となってきた。駆動・発電・回生制動など、多目的の同時制御ができ、より高い価値提供が可能となるためである。また、従来の内燃機関 (ICE: Internal Combustion Engine) 駆動の車両に対し、コンパクトに実現可能なことも理由の一つと言える。

この現状をふまえ、ヤマハモーターエンジニアリング株式会社 (以下当社) では複数モータを通信連動させる制御技術を実現し、さらに、その技術を織り込んだコンセプト電動モビリティ「BiBeey (ビビー)」を自社先行テーマとして独自開発した。

本稿では、「BiBeey」の中核技術となる多軸制御技術の開発と、コンセプトモビリティ化までの取り組みを紹介する。

2 多軸制御技術の開発

当社では、複数モータの通信連動により、トルク配分をコントロールする制御技術のことを、「多軸制御技術」と呼んでいる。

本技術獲得にあたり、モデルベース開発 (MBD: Model Based Development/Design) を実践し、車両運動の事前検証を可能とする開発環境を整備した。また、プラントモデル構築にあたっては、前後輪に搭載したモータを一つの統合コントローラ (VCU: Vehicle Control Unit) によって制御する開発用車両「多軸制御車」(図1) を試作し、必要パラメータの取得や実機検証に用いた。



図1 多軸制御車

2-1. 運動プラントモデル構築

最初に、影響因子の少ない直線運動予測モデルから構築した。課題となったのはタイヤのモデル化である。一般的にタイヤを単体としてモデル化するには、多くの計測と膨大な時間を要する。そのため、直線運動に最も影響を与える因子に着目し、実機計測(図2)によって取得した $\mu-\lambda$ 特性(μ :摩擦係数、 λ :スリップ率)を車両モデルに代入することで、プラントモデルを構築した。



図2 実機による $\mu-\lambda$ 特性計測試験

2-2. トラクションの運動モデル化

車両の発進・加速時に、駆動トルクがタイヤと路面間の摩擦力を上回るとタイヤがスリップする。今回の多軸制御車では、前後輪それぞれのモータの回転数変化量を検知し、変化量大きい、つまりスリップしてトルクダウンしたモータからもう一方のモータへトルクを配分する制御を組み込むことでトラクションコントロールシステム(TCS)を実現している(図3)。この制御ロジックもモデル化し、プラントモデルと合成したTCSのMILS環境(MILS: Model in the Loop Simulation)の中で、スリップが収束するまでの前後車輪挙動シミュレーションを可能としている(図4)。

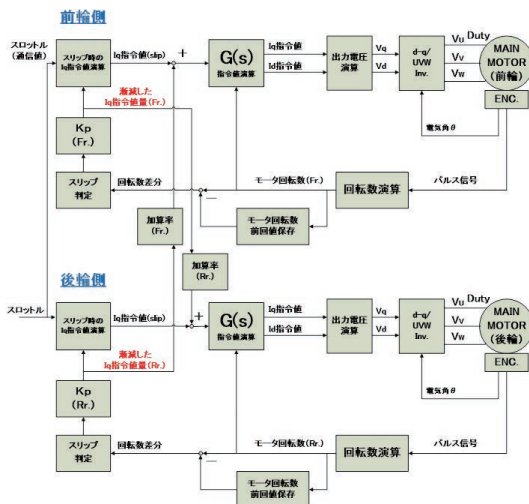


図3 TCS制御ブロック線図

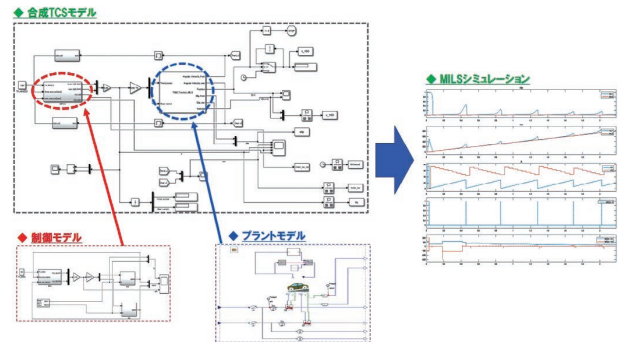


図4 MILS

2-3. 開発のフロントローディング

MBDによる事前検証を行うことで、これまでのライダー感覚をフィードバックして目標にアジャストする開発アプローチのみに頼るのではなく、狙いの車両挙動を見越した制御パラメータセッティングを行うアプローチが可能となる。これにより、モータ回生制動によるABS(Anti-lock Brake System)の機能検証も実現し、前後輪の駆動配分により変化するコーナリング操縦性、フィーリング差異を生むスタビリティファクタ因子の導出とパラメータ化にもトライしている。

3 魅せる化

次に、前述の開発で獲得した技術を魅力品質として具現化し、当社の技術を広告宣伝するためのコンセプトモビリティ「BiBeey」を開発した。当社では、このように技術をお客さまの目に分かりやすく、かつ魅力的なコンセプトモビリティ化することを“魅せる化”と呼んでいる。

3-1. 企画

多軸制御技術の価値を分かりやすく表現するために、前後二輪駆動の走破力を誰でも気軽に体験できるモビリティコンセプトとして“新しいトレッキング体験”とした。走行に高い技術が求められるオフロード車両を二輪駆動化することで、扱いやすく親しみやすいものとする。小さく足つきの良い車格とし、従来の小型ICEオフロード車よりも軽量とすることで、オフロード初心者やこれまで二輪車に興味のなかったお客さまも“乗ってみたい、これなら乗れる”と思えるものとする狙いがある。

3-2. デザイン

魅力的に映り、広く認知されるよう“一目惚れするかわいさ”をキーワードとし、キャラクター性を重視した当社オリジナルデザインとしている。自然と調和・共存しながらオフロードを駆けるイメージを連想させるモチーフとして“みつばち”を採用した(図5)。

なお、名称はみつばちの英名 Bee と社名の頭文字 “Y” を合わせた Beey、そして一目惚れの“ビビッと来る!”イメージを表現するため、頭に Bi を加え「BiBeey」とした。

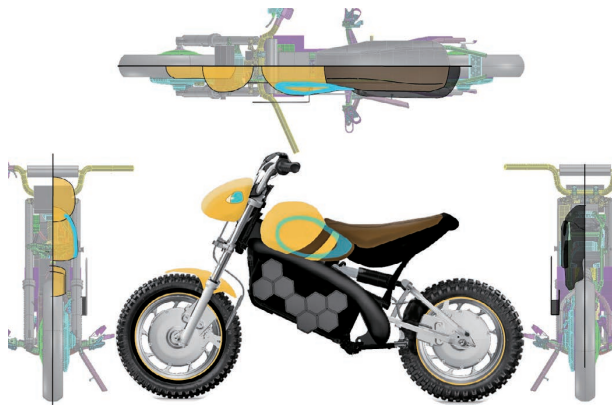


図5 デザインスケッチ

3-3. 設計

通常のデジタルエンジニアリングに加え、MBD および当社オリジナルのバーチャル検証システムを用いることで、企画デザインから具現化までを半年という短い期間で実現した。図6にフィーチャーマップを示す。

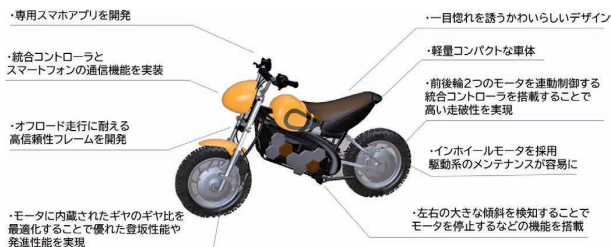


図6 フィーチャー

3-3-1. 車体設計

小型 ICE 車両をベース車として電動化し、エンジンや燃料タンクのスペースにバッテリーやコントローラ類を搭載している。ベース車は基本フレームとエンジンで強度信頼性を担保する構造であるが、電動化により強度部材の一部であるエンジンがなくなるため、バッテリー保持機能をもつサブフレームを強度部材として追加することでベース車同等の強度信頼性を確保している。

高い走破性を実現し、登坂や段差乗り越しも優れた車両とするため、インホイールモータに内蔵されている遊星ギヤの減速比を最適化している。

外装パーツ意匠面造形は、一般的にクレイモデル造形の後に3Dモデル化するが、本開発においては、意匠面造形から構

造面の設計まですべてを3Dモデルで完結させ、そのままラピッドプロトタイピングによる試作で短期開発を実現している。

3-3-2. 制御設計

前述の多軸制御車で構築したMBD検証環境を使った登坂や段差乗り越しのシミュレーションを実機試作前に実施し(図7)、前後輪の駆動力配分の適合を実施することで、試作機の完成度を高めることを可能とした。



図7 段差乗り越しシミュレーション 実機との比較

なお、シミュレーションからVCUへの実装をスムーズに行うため、車両全体の制御アルゴリズムは Simulink® モデルで構築した。

(Simulink は、MathWorks, Inc. の商標および登録商標)

3-3-3. IoT 機能

“みつばち”のように群れて遊ぶイメージを具現化するために、スマートフォン通信と車-車間通信の機能を搭載している。2台の「BiBeey」にて位置情報を共有し、スマートフォン画面内に相手車両の居場所を表示することで、騒音の少ない電動モビリティが見通しの悪い森林を走行するシーンにおいても他車の存在を視覚的に感じることができる。また、前後輪モータの出力状況、車速・バッテリー残量の表示や車両走行ログの取得などの機能も備えている(図8)。

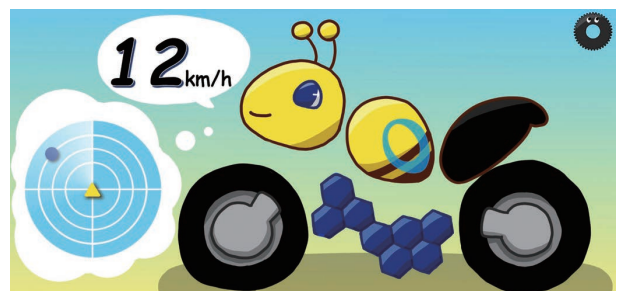


図8 車-車間通信中のスマートフォンアプリ画面

3-4. 実走評価、試乗会

キャンプ場などでのアクティビティを想定し、トレッキング性能の評価を行った。フラットダートでの操縦安定性や加減速特性、TCSによる登坂、段差乗り越し性能、砂地発進のしやすさなどを評価することでオフロード初心者でも安心して森林トレッキングを楽しむことができる車両となっている(図9)。

また、社内外の多くの方にも試乗していただき、電動化技術や多軸制御技術で実現できる価値を共有することができたことは“魅せる化”の成果と言える。



図9 オフロードでの走行

■著者



石田 佳未
Yoshimi Ishida
ヤマハモーターエンジニアリング(株)
先行技術開発部



星屋 真一
Shinichi Hoshiya
ヤマハモーターエンジニアリング(株)
先行技術開発部

4 おわりに

「BiBeey」は、当社の電動モビリティ開発力の広告塔としてこれまで4回にわたり展示会へ出展してきた。また、メディアによるweb記事への掲載も通じ、多軸制御の実現価値と当社の技術を広くお客さまに知っていただくことができた。次なるステップとして、8つのモータ(駆動4+操舵4)を連動制御する技術にも挑戦しており、同技術を搭載したコンセプトモビリティ「Natchey(ナッチ)」も出展している(図10)。

今後も我々は、多軸制御技術のような新しいモビリティのための技術開発に取り組み、当社のVISIONである“技術で人を笑顔に”を体現していく。



図10 8軸制御コンセプトモビリティ「Natchey」