

ビジネス用電動二輪車 EV-neo の開発

Development of EV-neo, Electrical Motorcycle for Business Applications

長 敏 之*
Toshiyuki CHO

本 田 幸一郎*
Koichiro HONDA

味 村 政 秀*
Masahide MIMURA

要 旨

ABSTRACT

近年、地球環境問題への対応として CO₂ 排出量削減に向けた取り組みが加速する中で、電気自動車 (EV) への期待が高まっている。しかし、一般に EV は十分な航続距離を実現するとバッテリー搭載量が多くなり、重くて高価なものになってしまう。こうした状況を踏まえ、今回、バッテリー搭載量を最小限とし、ビジネス用途を満足する電動二輪車 EV-neo を開発した。

まず、ビジネス用途における使い勝手の調査をおこない、走行および稼働パターンの分類および目標とする性能を設定した。

ビジネス用途での目標性能を達成するために、最小限のバッテリー搭載と一体型パワーユニット構造による軽量、コンパクトな設計とした。モータ効率は実用域全域で 75% 以上とし、必要な動力性能である一人乗り +30 kg 積載時の 12 度登坂発進性能を有しながら、航続距離 34 km (30 km/h 定地走行時) を実現した。

また、実用に耐える耐水性能とバッテリー冷却性能の両立を実現したリチウムイオンバッテリーのパック構造およびバッテリー監視システムによる充放電制御をおこなうことにより、ビジネス用途に必要な外気温 -10℃ から 35℃ での使用を可能とした。

上記に加えて、さまざまなビジネスユーザに対応できるように、バッテリー容量 0% から 80% までも 20 分で充電できる急速充電器およびコンパクトでユーティリティボックスに収納可能な普通充電器を開発した。

The acceleration of attempts to reduce CO₂ emissions in recent years in order to deal with global environmental issues has heightened expectations for the electric vehicle (EV). In general, however, an EV needs to be loaded with a larger amount of battery to realize sufficient range. This ends up making the EV heavier and more costly. Taking these circumstances into consideration, EV-neo was developed as an electric motorcycle that satisfied the requirements for business applications while keeping the amount of loaded battery minimum.

A study of usability in business applications was first conducted. Classification of travel and operation patterns as well as objectives for performance were set.

In order to achieve the performance objectives for business applications, the EV was designed to be light in weight and compact by keeping the on-board batteries to the minimum necessary and having a power unit with an integrated configuration. The electric motor was made to be at least 75% efficient throughout the practical operating range. The vehicle was given the required driving performance defined as 12-degree hill-climbing departure performance when carrying one person and a load of 30 kg, and it also realized a range of 34 km (traveling at 30 km/h on level ground).

The package configuration of lithium-ion batteries was designed to realize both of battery cooling performance and waterproof performance to stand up to actual use. A battery monitoring system was also included for control of charging and discharging. These features enable use of the vehicle in ambient temperature requirement range from -10°C to 35°C for business applications.

Furthermore, the quick charger capable of charging a battery from 0% to 80% of capacity in 20 minutes, in addition to a standard charger compact enough to be stored in the utility box, was developed to support various business users.

1. まえがき

近年、環境負荷低減に対して、さまざまな分野で取り組みがおこなわれている。二輪車においても走行時 CO₂ 排出量がゼロである電動化への期待が高まっている。しかし、現

状の課題は、十分な航続距離を実現するとバッテリー搭載量が多くなり、重くて高価なものになってしまうことである。

この課題を踏まえ、バッテリー搭載量が最小となるシステム構成をその最適利用形態と合わせて検討した。その結果、一回の航続距離がある程度限定され、また、充電時間

*二輪 R&D センター



Fig. 1 External view of EV-neo

の確保が期待できる配達業務に代表されるビジネス用途に可能性があることがわかった。

本稿では、これらの検討結果を踏まえて開発された電動二輪車 EV-neo への採用技術を紹介する。Fig. 1 にその外観を示す。

2. ビジネス用途の概要

2.1. ビジネス用途の分類

商品デリバリーに二輪車を使用しているピザ宅配や新聞配達などの業者について、一配達あたりの走行距離、配達間の待機時間等のビジネス用途における使われ方について調査をおこなった。それに基づき、走行パターンと稼働パターンによる分類をおこなった結果、Fig. 2 に示す二つのタイプに分類することができた。

まずタイプ1としては、「短距離往復配達型」と呼ばれる形態の走行パターンであり、これはピザ宅配などに代表される走行パターンで、店舗や会社から近隣への配達で、短距離主体の走行である。この走行パターンには、その配達ごとに店舗や会社に戻って来るという特徴がある。またその稼働パターンには、配達と配達の間充電が可能な時間があるという特徴がある。

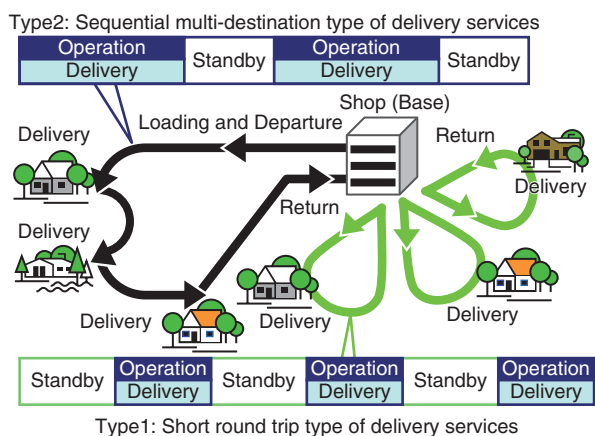


Fig. 2 Classification by operation patterns and travel cycles

次にタイプ2は、「小口配達型」と呼ばれる形態の走行パターンである。このタイプは、新聞配達などに代表される走行パターンで、決められた複数の配達先を巡回後に店舗や会社に戻るため、走行距離があらかじめ想定できる走行パターンである。その稼働パターンは、巡回後、次の稼働までに4時間以上の間隔があるという特徴を持っている。

いずれのタイプでも、店舗や会社を基地と考えると充電をおこなう場所が特定される使われ方である⁽¹⁾。

2.2. ビジネス用途の性能目標

走行モードを収録したデータや、使われかたについての調査結果より、ビジネス用途の電動二輪車として、以下の性能目標を設定した。

(1) 航続距離

必要とされる航続距離を見きわめることは、最小のバッテリー量でシステムを構成する上で、非常に重要なことである。前述2タイプのユーザの、1回の出動時走行距離データより、Fig. 3 および Fig. 4 に示す走行距離分布を得ることができた。

各タイプの走行距離分布より、いずれのタイプの場合で

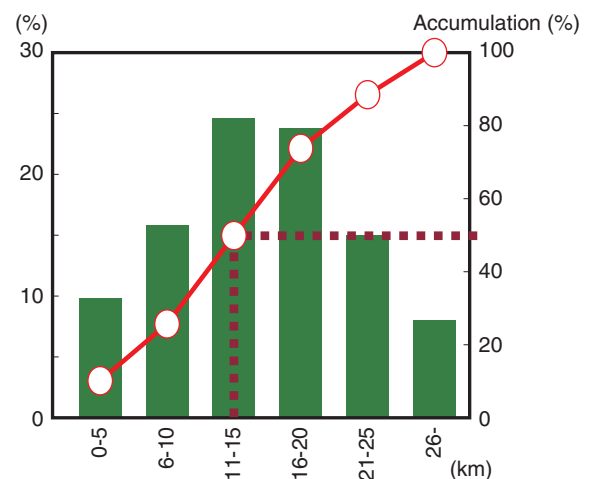


Fig. 3 Distance traveled per one operation in type 1

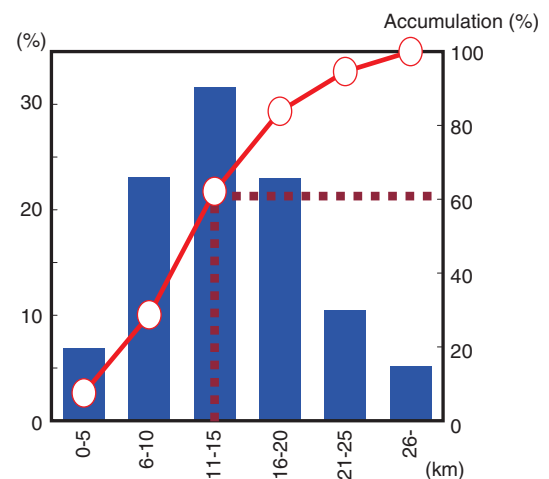


Fig. 4 Distance traveled per one operation in type 2

も、一充電あたり 15 km 以上の航続距離を満たすことができれば、本開発の目標であるビジネス用途で使用するユーザの過半数をカバーすることができると考えた。

また、発進・停止の頻度が多く、航続距離が短くなる「小口配達型」タイプのユーザの走行データより電力消費率を算出した結果、30 km/h 定地走行時の電力消費率に対して約二倍となることがわかった。これらにより航続距離の目標を、30 km/h 定地走行にて 30 km 以上とした。

(2) 動力性能

前述のユーザの走行データより、ビジネス用途においては発進・停止の頻度が多く、坂道での途中発進が使い勝手上重要であることがわかった。よって本開発では、原付一種の法規上最大である 30 kg 積載時に、同クラスのガソリンエンジン車同等の 12 度登坂発進が可能なることを動力性能の目標とした。

(3) 耐環境性

朝晩や夏冬の温度変化や天候に影響されずに使用できるように、耐環境性の目標は、外気温 -10℃ から 35℃ での使用が可能なること、かつ水たまり走行や雨中走行が可能なることとした。

(4) 充電時間

前述の稼働パターンより、「短距離往復配達型」タイプは配達と配達の間継ぎ足し充電をすることで、一充電あたりの航続距離による用途以上に活用の範囲を上げられると考え、配達間の待機時間で充電が可能となるように、バッテリー容量 0% から 80% までを 20 分で充電できることを充電時間の目標とした。

3. ビジネス用電動二輪車の概要

3.1. 主要諸元

EV-neo の主要諸元を Table 1 に示す。寸法 (全長×全幅×全高) は 1.830 × 0.696 × 1.605 (m)、車両質量は 106 kg であり、従来のビジネス用途ガソリンエンジン車と同等とした。バッテリーの公称電圧は 72 V、公称容量は 12.6 Ah とした。また、モータの定格出力は 0.58 kW、最高出力は 2.8 kW とした。

3.2. 完成車レイアウト

EV-neo の開発コンセプトは「タフで使えるビジネス EV」とし、航続距離や動力性能に加え、レイアウトにおいても、ビジネス二輪車としての使いやすさを追求した。Fig. 5 に主要部品の取り付けレイアウトを示す。

積載時でも安定した走行ができるよう、最も質量が重い部品であるバッテリーパックをフロア下に搭載し、完成車重心を下げる効果を持たせた。その結果、積載時の重心高さは、同サイズのガソリンエンジン車と比較して、約 6% 低くすることができた。

Table 1 Specifications of EV-neo

Dimensions L x W x H (m)		1.830 × 0.695 × 1.065
Wheelbase (m)		1.25
Ground clearance (m)		0.120
Seat height (m)		0.756
Rear deck height (m)		0.630
Vehicle curb mass (kg)		106
Rated power (kW)		0.58
Maximum power (kW/rpm)		2.8/5000
Maximum torque (Nm/rpm)		11/2000
Cruising range at 30 km/h (km)		34
Main battery	Type	Lithium ion
	Battery (V)/(Ah)	72 V/12.6 Ah
Tire size	Front	90/90-12 44J
	Rear	100/80-12 56J

また、駆動ユニットはバッテリーパック後方に配置し、パワードライブユニット (PDU)、モータ、自動遠心クラッチ、減速ギヤを一体化し、エネルギー効率の向上およびコンパクト化をおこなった。

ビジネス用途の場合、充電をおこなう場所は特定されるため、車両の軽量化を考慮して充電器は非車載とした。Fig. 6 に示すように、急速充電器・普通充電器の二種類の充電器を開発し、業態による車両の稼働パターンの違いや、複数の車両で一台の充電器を共有すること、またそれらの組み合わせでの使用などユーザ用途に合わせて、充電器の種類と数を選択可能とした。

充電する際のインターフェースとなる充電コネクタは、ユーザが車両から乗降する際に立つことが多い車体左側面に配置し、二輪車の車体サイズに見合う小型なものを開発した。また、コネクタが収まる部位のリッドにはロック機構を設け、そのロック開閉部は鍵のかかるユーティリティボックス内とし、いたづらを抑止する安心設計とした。Fig. 7 にコネクタ部構成を示す。

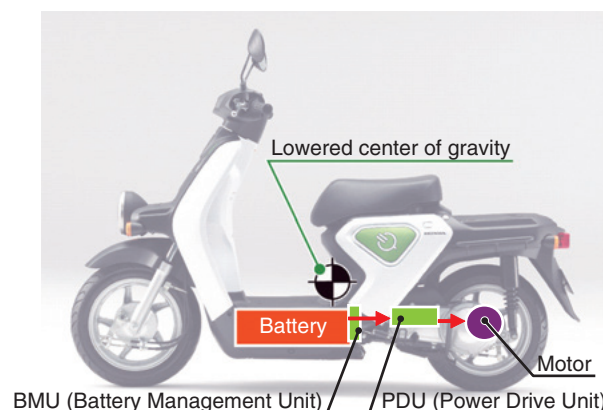


Fig. 5 Layout of components

車体のハンドル中央部には Fig. 8 に示すメータをレイアウトした。メータ部には、デジタル速度計とともに、バッテリーの残量をリニアに表示する 5 セグメントのバッテリー残量表示灯を設けた。さらに、バッテリー残量が残り 10% となった場合には、1 セグメントを点滅させると同時にブザーを鳴らし、視覚と聴覚によりユーザの認知を促す。また、後述する出力制限時にはメータ内に配置した出力制限状態表示灯を点灯させ、ユーザに知らせる。

3.3. システム概要

システムのブロック図を Fig. 9 に示す。従来のガソリンエンジン車に乗り慣れた人でも戸惑うことがないように、基本操作はガソリンエンジン車と同一となるようにシステムを構成した。メインスイッチを ON にするとサブバッテリーの電圧が PDU に印加され、システムが起動する。PDU からの信号でダウンレギュレータが動作し、各電装品に 12 V 系電源の供給をおこなう。これにより、灯火器類やメータ



Fig. 6 External view of chargers (standard type and quick type)



Fig. 7 Charging connector and lock of charging receptacle lid

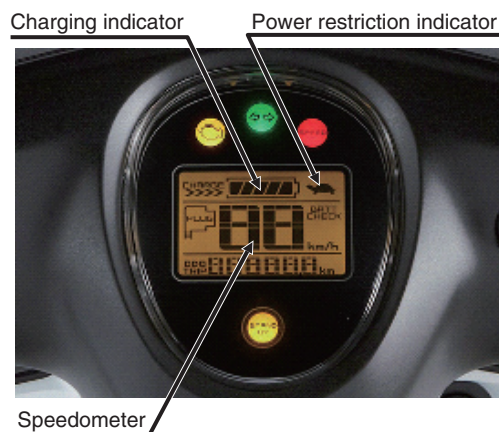


Fig. 8 External view of meter

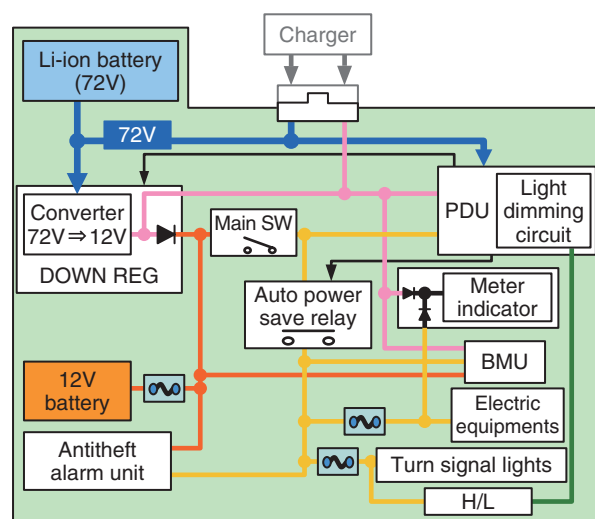


Fig. 9 System diagram

等は従来のガソリンエンジン車用の部品を使用することができ、スロットルグリップ操作によるライダーの意思をアクセラレータポジションセンサ (APS) が電圧信号に変換し PDU に出力する。バッテリーパックに一体に配置されたバッテリーマネジメントユニット (BMU) は、バッテリー電圧・電流・温度等のバッテリー情報を Controller Area Network (CAN) 通信にて PDU に伝える。PDU は APS 信号とモータ回転数およびバッテリー情報より最適なモータ出力を算出し、モータを駆動する。また、PDU は限られたエネルギーを有効に活用するため、車両停止時には Pulse Width Modulation (PWM) 制御により灯火器の減光をおこない、さらに 3 分以上の車両停止時にはオートパワーセブリーへの出力を OFF にして、システムを自動で OFF にする。

4. 一体型駆動ユニット

駆動ユニットの設計は、バッテリーからのエネルギーを無駄なく駆動エネルギーに変換することを主眼に置いておこなった。

電力損失を最小化するため、高圧配線の長さを最短にする部品配置とした。バッテリー、PDU、モータを最短距離で結び、バッテリーからモータまでの総高圧配線長を 895 mm とした。

4.1. モータ

一体型駆動ユニットの機構を Fig. 10 に示す。モータはロータを 8 極、ステータを 12 スロットで構成した 3 相ブラシレス方式を採用した。希土類磁石を使用した Interior Permanent Magnet (IPM) 構造とした。減速ギヤを設け高回転型モータとしたことで、ビジネス用途に必要な後輪トルク 150 Nm を、外径 ϕ 149 mm、積厚 35 mm のコンパクトなサイズで実現することができた。

4.2. 自動遠心クラッチ

モータと同軸上に自動遠心クラッチを配置したことで、以下の 2 点の効果を得ることができた。

(1) 車両取り回し荷重の低減

二輪車では乗車での走行以外に、人力による車両の取り回しがおこなわれることが多く、これはビジネス用途においても使い勝手上重要な特性である。自動遠心クラッチを設けることで、人力による車両取り回し時はモータ軸の回転をなくし、従来のガソリンエンジンスクータ同等以下の取り回し荷重とすることができた。

(2) 効率向上

Fig. 11 に本駆動ユニットのモータの効率マップを示す。通常、モータ効率は低回転高トルク領域が低くなるが、自動遠心クラッチのストール回転数を 1900 r/min に設計し、効率が低い領域を使用せずに走行することができるようにした。前述のモータ構造と合わせることで、最高効率は 92.7%、実用域での効率は全域 75% 以上とすることができた。

4.3. モータ制御

PDU は APS 信号とモータ回転数よりトルク指令値を決定し、最も効率が高くなるよう PWM 制御をおこなうための出力 Duty 値と進角値を算出する。進角値は弱め界磁領域を活用する値とすることで、モータ回転領域は 0-9000 r/min

と広範囲な特性とすることができた。これにより変速機を不要とすることができ、変速機効率分の効率向上を実現した。Fig. 12 に同クラスのスクータの変速機効率を示す⁽²⁾。

また、変速機を廃止したことで、ガソリンエンジンスクータのクランク・ドライブプーリーが位置する場所に PDU を配置することが可能となり、シリンダヘッドや吸気系が占めていたスペースを、後述する普通充電器の収納スペースに利用することができた。EV-neo の駆動ユニットと、原付一種スクータ Honda Today の駆動ユニットとのシルエット比較を Fig. 13 に示す。

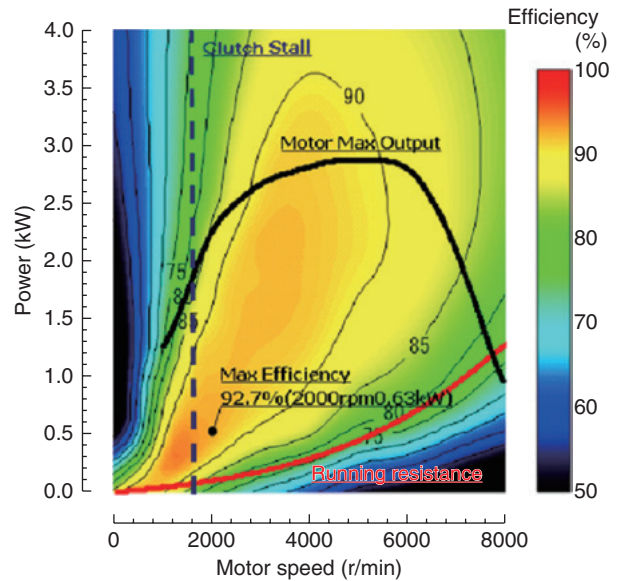


Fig. 11 Power and efficiency of motor

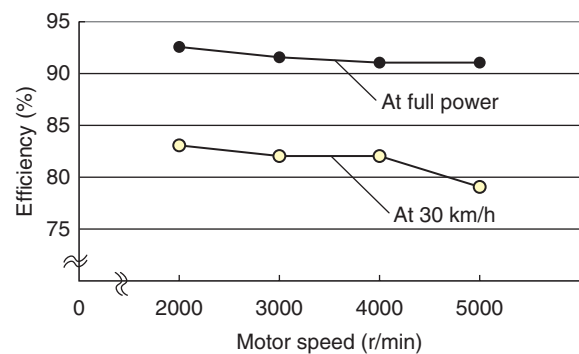


Fig. 12 Belt torque converter efficiency

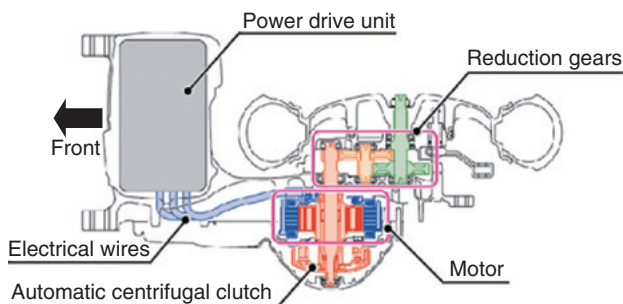


Fig. 10 Layout of drive train unit

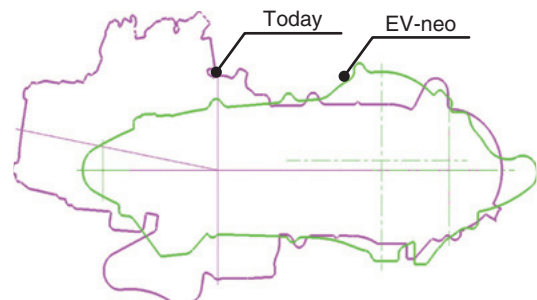


Fig. 13 Comparison of contours

アクセル開度が低い領域では、モータ回転数に応じて再生発電制御をおこない、従来のガソリンエンジン車のエンジンブレーキ同等の制動力を発生させつつ、バッテリーにエネルギーを回収させ、航続距離の向上に寄与させた。

これらの一体型駆動ユニットの構成により、ビジネス用途における目標動力性能である一人乗り +30 kg 積載での 12 度登坂発進性能および 30 km/h 定地走行で、一充電あたりの航続距離 34 km を得ることができた。

5. バッテリー

5.1. バッテリー選定

ビジネス用途での目標性能を満足させるため、バッテリーは、低温での放電容量低下が少なく、充電受け入れ電流が大きい特性を備えた、東芝製のリチウムイオンバッテリー SCiB™ を選定した。公称電圧 2.4 V、公称容量 4.2 Ah の性能を有する単セルを、3 並列 10 直列を一つのモジュールとし、3 モジュール直列にて公称電圧 72 V、公称容量 12.6 Ah のパッケージとした。

5.2. バッテリーパック構造

Fig. 14 にバッテリーパック構造を示す。バッテリーモジュールには、Voltage/Thermal Monitoring Board (VTM 基板) を一体で設け、常にバッテリーの状態についての情報 (電圧・温度) の収集をおこない、その情報はバッテリーパック内に配置された BMU によって監視される。また、バッテリーパック上部には、バッテリー冷却ファンおよび、メインスイッチが OFF 時に高圧回路を遮断する、コンタクトユニットを備えた構造とした。これらの構造にて、ビジネス用途に必要な以下の性能を満たすことができた。

(1) バッテリー冷却性能

リチウムイオンバッテリーは電池温度が高い状態にさらされると容量低下が進行する。ビジネス用途として十分なバッテリー寿命を満足するために、Fig. 15 に示す構造の冷却システムを開発した。バッテリー温度が 42℃ を超えると冷

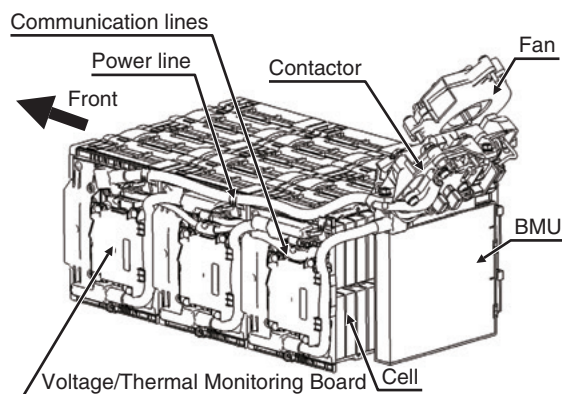


Fig. 14 Battery pack

却ファンが作動し、ハンドル下部に設けた吸気口から、埃等の侵入を防ぐフィルタを通して、バッテリーパック内に外気を送り込む。外気はクリアランスを設けて配置された各セル間を通過してバッテリーパック外へ排出される。これにより外気温 35℃ の環境での坂道連続走行においても最高温度を 55℃ 以下に抑えることができた。

(2) 耐環境性

バッテリーパックは、密封構造となっており、かつ吸気口および排出口も外からの直接被水がないようレイアウトし、水たまり走行や雨中走行に十分耐えられる耐環境性を持たせることができた。

(3) バッテリー出力制限制御

リチウムイオンバッテリーは低温時に内部抵抗が上昇し、放電電流による出力電圧降下が大きくなる特性があり、バッテリー容量がまだ残っているにもかかわらず車両停止となってしまう可能性がある。本システムでは以下に示すバッテリー出力制限制御 (MAP1 から MAP4) (Fig. 16) をおこない、バッテリー容量を有効に使うことができるようにした。

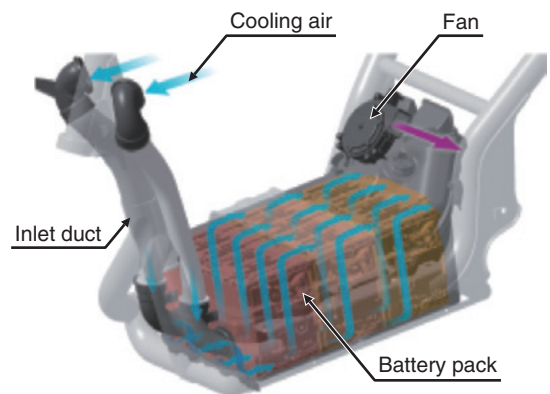


Fig. 15 Battery cooling system

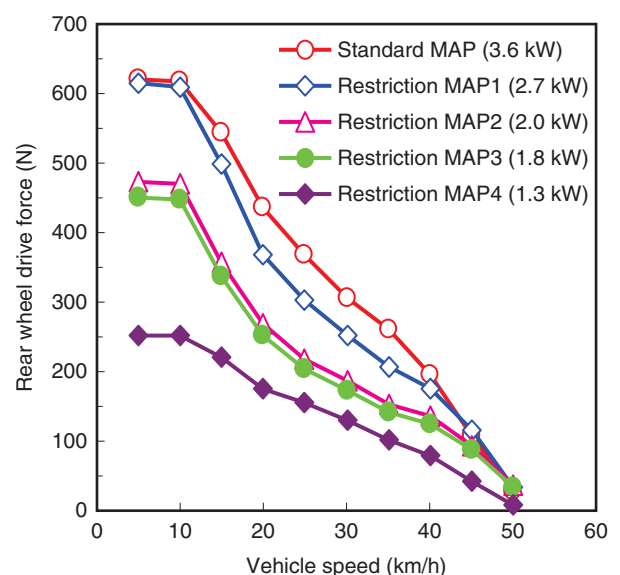


Fig. 16 Characteristics of output power

- ・ PDU は全セル電圧を BMU より受取り、最低電圧値 ≤ 1.95 V となった場合に出力制限 MAP1 に移行する。
- ・ 出力制限 MAP1 での走行時においても再度、最低電圧値 ≤ 1.95 V となった場合は、さらに 1 段階下の出力制限 MAP2 に移行させる。出力制限 MAP は 4 パターン設定されており、徐々に出力が低い MAP への移行をおこなう。
- ・ 走行中のバッテリー温度は放電電流による発熱で上昇するので、それに伴い内部抵抗値も減少するため、車両が停止した際には、標準の出力 MAP へ復帰させる。
- ・ ただし、最も低出力となる最終段の出力制限 MAP4 への移行は、最低電圧値 ≤ 1.90 V となった場合とした。この状態は State of Charge (SOC) が 0% 近傍の状態であると判定し、上位 MAP への復帰はおこなわずに一定時間出力後に出力停止とする。

以上のバッテリーパック構成と出力制限制御により、ビジネス用途の目標性能である -10°C から 35°C での使用が可能なこと、かつ水たまり・雨中走行が可能な耐環境性能を満足させることができた。

6. 充電システム

Fig. 17 に充電およびバッテリー残量管理システムの概略図を示す。充電器の AC プラグを交流商用電源に接続し、充電出力コネクタを車両側コネクタに接続して充電をおこなう。また、BMU の監視下にあるバッテリー情報は、CAN 通信にて PDU へ送られる。PDU は、充電器の制御およびメータ内に配置したバッテリー残量表示灯に出力をおこなう。

6.1. 急速充電器

急速充電器の主要諸元を Table 2 に示す。入力単相 200 V、出力電圧 86 V、出力電流 28.4 A として、バッテリー容量 0% から 80% までは 20 分で充電可能とした。

また、満充電近傍では出力電流を 28.4 A から 3.2 A へ切り替える二段定電流式充電をおこない、確実に満充電状

Table 2 Quick charger specifications

Size	W526 mm × H400 mm × D274 mm
Weight	18.8 kg
Charging time	Approx. 30 min (at ambient temp. of 25°C)
AC power source	Single-phase 200 V
Charging current	1st stage: 28.4 A $\Rightarrow$ 2nd stage: 3.2 A
Input	200 V 2900 VA 50/60 Hz
Output	DC86 V: 14.2 A $\times$ 2 DC14 V: 2 A

態にすることができるようにした。二段定電流式充電における充電時間とバッテリー容量の関係を Fig. 18 に示す。

28.4 A の出力を得るために、出力容量 14.2 A のコンバータ 2 台で構成し、また、各基板・冷却機構の最適配置により、コンパクト化と軽量化を実現し、全幅 526 $\times$ 全高 400 $\times$ 奥行 274 mm、質量 18.8 kg とした。さらに、取手を付属し、移動可能なものとするこで、特別な設置場所を必要としない構成とした。

また、出力コネクタは、Fig. 19 に示すように、充電出力端子を 2 系統持たせる構造とし、充電電流が大きい急速充電器は 2 系統、以下で説明する出力電流が小さい普通充電器は 1 系統を使用する仕様とし、共用可能なものにした。これにより充電器のタイプによらない簡単な使い勝手を実現した。

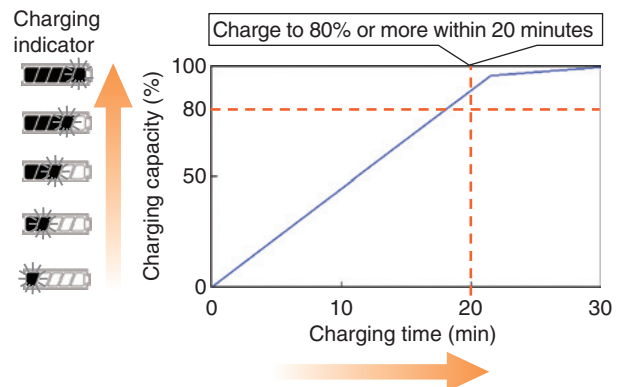


Fig. 18 Quick charge characteristics

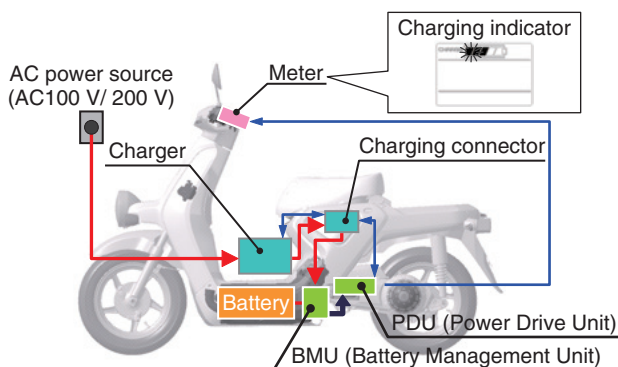


Fig. 17 Schematic drawings of charging system

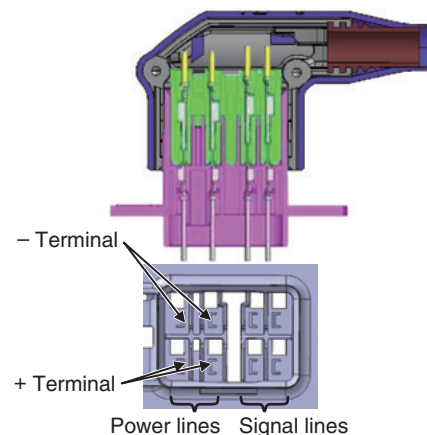


Fig. 19 Charger connector

Table 3 Standard charger specification

Size	W244 mm × H189 mm × D172 mm
Weight	3.2 kg
Charging time	3.5 h (at ambient temp. of 25°C)
AC power source	Single-phase 100 V
Charging current	3.2 A
Input	100 V 275 VA 50/60 Hz
Output	DC86 V: 3.2 A



Fig. 20 Storage of standard charger

6.2. 普通充電器

普通充電器の主要諸元を Table 3 に示す。入力単相 100 V、出力電圧 86 V、出力電流 3.2 A として、バッテリー容量 0% から 100% までを 3.5 時間で充電可能とした。

各基板、冷却機構の最適配置により、全幅 244 × 全高 189 × 奥行 172 mm、質量 3.2 kg と、コンパクトなサイズと軽量化を実現し、Fig. 20 に示すように車両のユーティリティボックス内に収納可能とした。

7. まとめ

ビジネス用途における二輪車の使用形態調査の結果、「短距離往復配達型」と「小口配達型」の 2 タイプに分類でき、その走行パターンや稼働パターンによりビジネス用途を満足する目標性能を設定した。

これにより、最小限のバッテリー搭載量で、上述の目標性能を満足する電動二輪車 EV-neo を開発し、以下の成果を得た。

- (1) 希土類磁石 IPM モータ、自動遠心クラッチ、PDU を一体とした駆動ユニットで、コンパクト化と実用域全域 75% 以上の効率を達成し、一人乗り +30 kg 積載時の登坂発進能力 12 度の動力性能と、30 km/h 定地走行で、一充電あたりの航続距離 34 km を実現した。
- (2) 冷却性能と耐水性を両立したバッテリーパック構造と、バッテリー出力制限制御にて、外気温 -10℃ から 35℃ での使用を可能にするとともに、水たまりおよび雨中

走行可能な、実用に耐えうる耐環境性を実現した。

- (3) 二段階定電流充電方式を採用した急速充電システムにより、バッテリー容量 0% から 80% まで 20 分の急速充電を可能にし、少ないバッテリー搭載量でもビジネス用途を満足する実用性を実現した。

参考文献

- (1) 新村裕幸, 鍋谷真, 長敏之: タフで使えるビジネス向け電動二輪車「EV-neo」の開発, 自動車技術, vol.65, No.3, 2011, p.114-115(2011)
- (2) 中澤祥浩, 熊谷千昭: 実用電気スクーターの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.6, p.17-23

■ 著 者 ■



長 敏 之



本田幸一郎



味村 政 秀