

蓄電機 LiB-AID E500 の開発

Development of Rechargeable Power Source LiB-AID E500

中 田 泰 弘*
Yasuhiro NAKADA
甲 斐 大 志*
Masashi KAI

藤 川 昂*
Go FUJIKAWA
山 名 康 介*
Kosuke YAMANA

縄 田 慶 陽*
Yoshiharu NAWATA
加 藤 雄 也*
Yuya KATO

要 旨

リチウムイオンバッテリーとインバータユニットを組み合わせることで、生活の中で使用されるさまざまな電気機器に対応可能な蓄電機 LiB-AID E500 を開発した。

本製品は、幅広いユーザ層に受け入れられるデザインと使いやすさを目標としている。電気性能はインバータ技術により、高品質な電力供給を可能とするとともに、並列運転やアシスト運転により起動電力の大きな電気機器にも対応した。また、モノコックフレーム構造による軽量樹脂フルカバー構成を採用し、強度を確保しつつ、小型かつ軽量を達成した。加えて、冷却構造の効率化およびファン配置の最適化により、高い静音性を実現した。

ABSTRACT

The rechargeable power source LiB-AID E500 was developed by combining a lithium-ion battery and an inverter unit to create a power source that can support various types of electrical equipment used in everyday life.

The goals for this product were a design and ease of use that can appeal to a wide range of users. The use of inverter technology provides an electrical performance that enables a high-quality power supply as well as parallel and assist operation support for electrical equipment with high-starting power. In addition, a lightweight resin full-cover configuration using a monocoque frame structure achieves a compact and lightweight form while at the same time securing strength. Furthermore, enhancement of the cooling structure efficiency and optimization of the fan layout realized a high level of quietness.

1. まえがき

近年、スマートフォンに代表されるモバイル端末の個人における普及状況は 80% を超え⁽¹⁾、人々の生活に欠かせないものとなっている。これらに搭載されているバッテリーは、より長時間の使用に耐えられるよう年々大容量化しているが、モバイルバッテリーを持ち運び、足りない電気を補うシーンも珍しくない。また、生活やレジャー等のさまざまなシーンにおいて、昼夜、屋内外を問わず電気が必要とされる時代を迎えており、気兼ねなく電気を使うことができる電源が欲しいという要望が顕在化している。

一方、LED 照明の普及や電気機器の省エネ化が進み、小電力でも使用できる機器は増加しており、少量でもいいから電気が欲しいと感じる機会が増えている。

本稿では、このような要望に応じて開発した LiB-AID E500 (以下 E500) について、小型、軽量ながら高品質な電気出力⁽²⁾やエンジン発電機との並列運転⁽³⁾などにより、ユーザのさまざまな使い勝手に対応した技術について紹介する。

2. 開発のねらい

2.1. 開発コンセプト

日本において従来の発電機ユーザは、建設現場などでの照明用や工具用電源、もしくは災害発生時のバックアップ用途として発電機を購入している。したがって発電機の使用は家庭用というよりも業務用としての意味合いが強かった。これに対し、趣味の多様化に伴いグランピングや

*パワープロダクツ R&D センター

軽自動車を利用したキャンピングカーでの車中泊や天体観測、音楽活動といった外出先で電気を必要とするシーンは広がる一方である。身近な生活に目を向けてみても、デジタルカメラやデジタルビデオカメラを使うことは日常的であり、中高年層を中心としたガーデニング領域でも電動工具が用いられている。しかしこのような場合でも、エンジン発電機は屋外での使用に限られること、燃料の持ち運びや、オイルなどのメンテナンスが必要となることなどから、使われるシーンには限りがある。

これら電気を必要とするさまざまなユーザの要望に応える電源は、小さく、軽く、静かで使いやすくする必要がある。また使用される環境もアウトドアや野外音楽活動をはじめとする屋外環境 (Fig. 1) だけでなく、リビングなどの屋内や狭所での使用に対しても使い勝手の良さが求められる。

本開発においては「持ち運べる新しい電源のかたち」をコンセプトに

- (1) 直感的に使える操作性
- (2) さまざまな電気機器に対応可能な高電気品質
- (3) 気軽に持ち運ぶことができる可搬性を開発のねらいとした。

2.2. デザイン

E500 は電気を供給する製品として、Fig. 2(a) に示す Honda の信頼性の高い初代発電機 E300 のイメージを利用し、「Neo Modern Compact Design」をデザインコンセプトとした。「Neo Modern」とは、古くからなじみのある形にモダンな形状処理を施すことで新しくも親しみやすい存在とすることである。これに構成部品の配色と形状による「Compact」デザインを加えることで、親しみやすく気軽に持ち出したい外観デザインをねらった。

先行デザインは Fig. 2(b) に示すように、E300 の形状をもとにシンプルな面質と構成で作られ、優しい丸みとエッジ

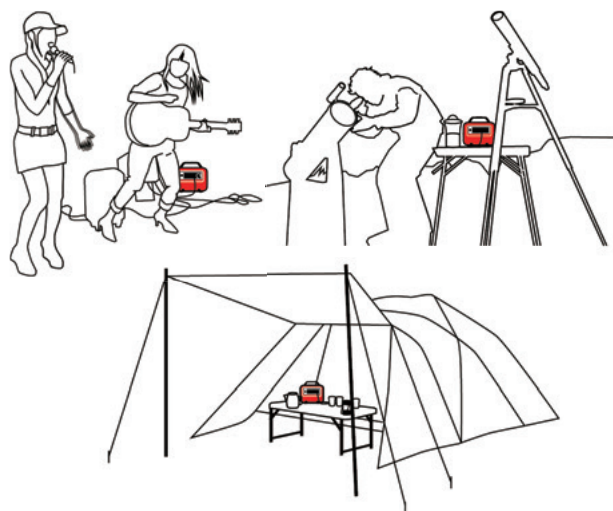


Fig. 1 Image of using the E500

を組み合わせたメリハリある端末処理をした。また、前後パネルのメインカラーと中心部のグレーの組み合わせと、角の丸みを大きくとる形状とし、「Neo Modern Compact Design」を表現した。

この先行デザインをもとに冷却性や量産性、コンセントパネルやハンドルの使いやすさを向上させ、Fig. 2(c) に示す E500 を仕上げた。

カラーバリエーションは Honda パワープロダクツの象徴である赤に加え、自己主張が少なく汎用性の高い白と黒を設定した (Fig. 3)。

これらの効果により幅広いユーザが、さまざまなシーンで E500 を使うことをイメージし、活用することをねらっている。

2.3. システム構成と特徴

E500 は Fig. 4 に示すように、主な機能として給電機能と充電機能を有する。給電部はさまざまな機器に対応できるよう交流出力コンセントを搭載するだけでなく、モバイル端末を充電できるよう直流出力 USB ポートも搭載した。充電部 (500 g) は、本体を軽量化するため別体とし、家庭用コンセント充電器だけでなく、自動車のアクセサリソケット充電器の両方が接続可能な構成としている。



Fig. 2 Design concept



Fig. 3 Color variations

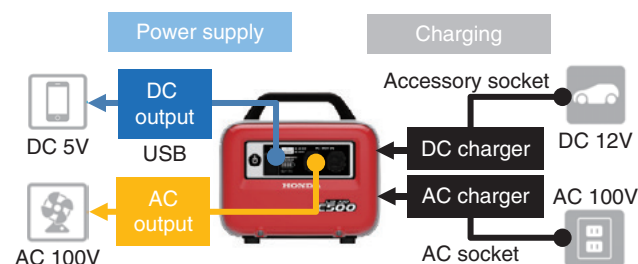


Fig. 4 E500 major functions

Table 1 Specifications of the E500

Item	Specification
Output AC voltage (V)	100
Frequency (Hz)	50/60
Rated output power (VA)	300
Maximum output power (VA)	500
Output DC voltage (USB) (V)	5
Rated output power (USB) (W)	10 (5 × 2)
Dimensions (L/W/H) (mm)	266 × 182 × 248
Mass (kg)	5.3
Sound power level (dB)	L _{WA} 42
Battery capacity (Wh)	377

E500 のシステムを Fig. 5 に、完成機諸元を Table 1 に示す。リチウムイオンバッテリーとインバータユニット、USB ユニットの組み合わせ、交流 100 V と直流 5 V を出力できる構成とし、室内や夜間でも使用可能な静音性の高い電源を実現した。E500 の具体的な特徴は以下である。

- (1) 直感でわかるインタフェース
- (2) 並列運転、アシスト運転によるさまざまな電気機器への対応

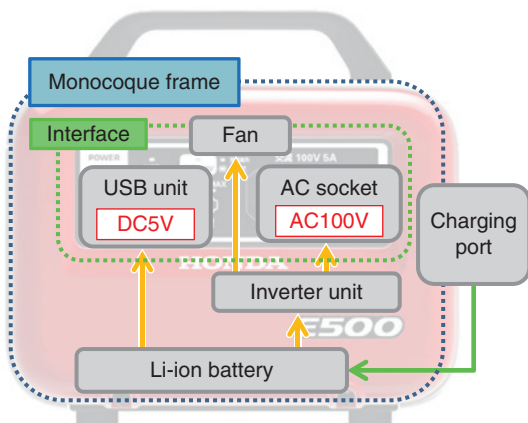


Fig. 5 System configuration

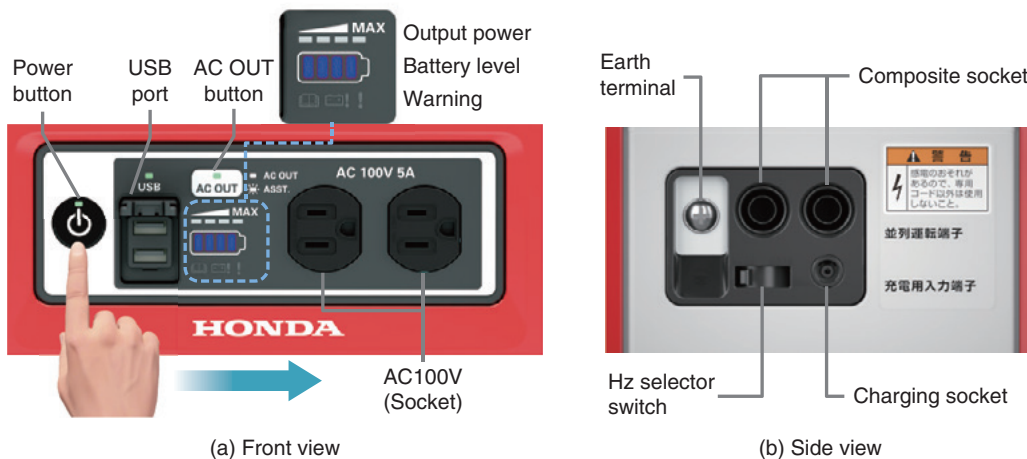


Fig. 6 Control panel design

- (3) 軽量 (5.3 kg) で強度の高いモノコックフレーム構造
- (4) 小型、低騒音化を実現した最適冷却機構

3. 技術紹介

3.1. ユーザインタフェース

コントロールパネルの外観を Fig. 6 に示す。Fig. 6(a) は給電時に必要なボタンと表示部を配置した正面パネルを示し、Fig. 6(b) は給電前のセットアップ時のみ使用するスイッチと接続端子を配置した側面部を示す。

ボタン配置は、ユーザインタフェースの原則⁽⁴⁾に基づき、操作順序にしたがって左から右へと配置することで人が認識しやすい構成としている。さらに迷いなくスムーズな給電動作が行えるよう、電源ボタン (円形) と AC OUT ボタン (四角形) のように外形形状に違いを持たせ、ボタンの間に USB ポートを配置することで、ユーザが直感的に操作できるようにした。

中央部には電池残量と電気の出力状況、異常を知らせる警告灯などを集中配置することで、一目で E500 の使用状況を確認できるようにした。

加えて Fig. 7 に示すように、コントロールパネル表面にエンボス形状を施したメンブレンとタクトスイッチの採用ですっきりとした外観と操作感を両立した。

3.2. さまざまな電気機器への対応

さまざまな電気機器に対応できるように、E500 では並列運転、およびこれを拡張したアシスト運転、二つのモードで運転を可能とした。これらの二つのモードは、AC OUT ボタンの押し時間によって選択できる。

3.2.1. 並列運転

E500 で消費電力の大きな機器を使用する場合、供給電力が不足するケースがある。E500 は並列運転技術⁽³⁾を用いることで、Fig. 8 に示すように既販の専用コードを接続

するだけで二台分の電力を供給することができ、一台の E500 では電力が不足するケースにも対応した。

3.2.2. アシスト運転

電気機器の中には、モータのように始動時に機器に記載されている定格消費電力を超える電力を必要とするものが存在する。それらの機器を使用する発電機ユーザにとって、機器の始動電力はエンジン発電機の選定基準であり、場合によっては、より大きな出力のエンジン発電機を選ぶを得ない場合がある。これに対し E500 では、自社製エンジン発電機（インバータ内蔵）と並列運転をしながら、マスタとなるエンジン発電機の供給電力を補う、アシスト運転を可能とした。

E500 とエンジン発電機の並列運転時の出力分担を Fig. 9(a)、アシスト運転時の出力分担を Fig. 9(b) に示す。単純な並列運転では、機器の始動時だけでなくその後の機器の運転中にも E500 のバッテリーからの電力を消費することとなるが、アシスト運転を用いれば、E500 は始動時の短時間だけアシスト出力すればよく、バッテリーの電力を効率的に利用できる。

アシスト運転を実現するためには、先に述べた並列運転のほかに、アシスト開始のタイミング検出、供給電力の調整が必要になる。Fig. 10 に示すように電気機器が起動する際にはエンジン発電機の出力電圧の落ち込みが発生する。この電圧の落ち込みが、あるしきい値以下となったことを検出すると、E500 はアシスト出力をおこなう。アシスト運転時は通常の並列運転と異なり、E500 とエンジン発電機の供給電力バランスを均一にせず、機器に流れる電流値に応じて E500 の出力電圧を変化させ、エンジン発電機の不足電力分をアシストする。

出力 700 W のモータを内蔵した電気機器を、定格 900 VA の自社製エンジン発電機 (EU9i) に接続して起動

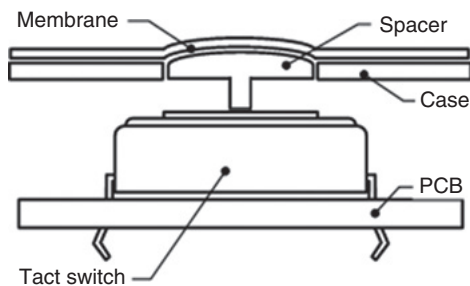


Fig. 7 Structure of buttons on front panel



Fig. 8 E500 parallel operation

した際の発電出力の変化を Fig. 11 に示す。ここではエンジン発電機の供給電力が機器の始動に必要な電力に到達しないため、エンジン発電機は過負荷により停止する。よってこのエンジン発電機だけではこの電気機器を使用できな

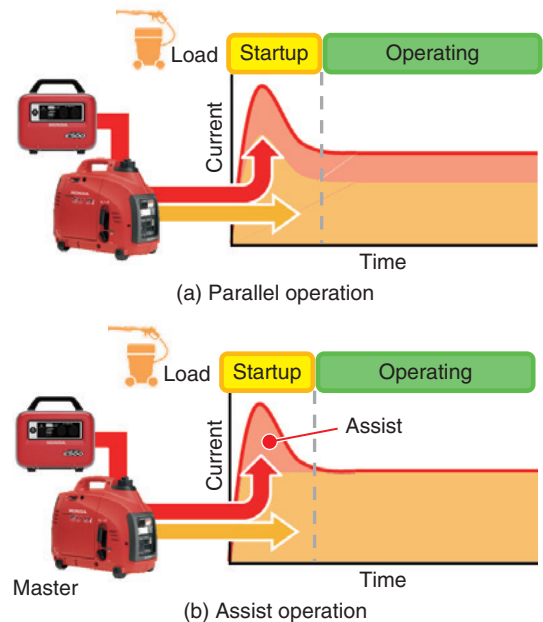


Fig. 9 Parallel operation and assist operation

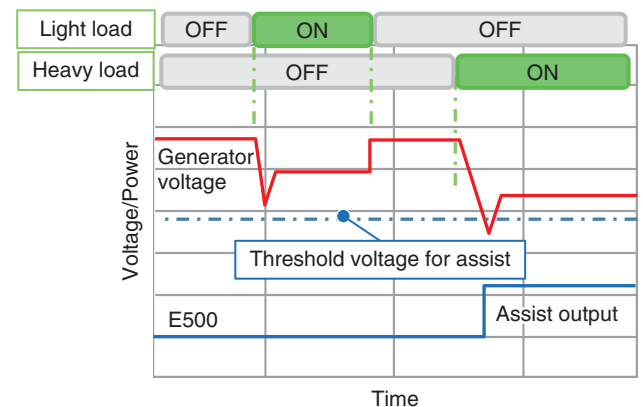


Fig. 10 Assist start timing

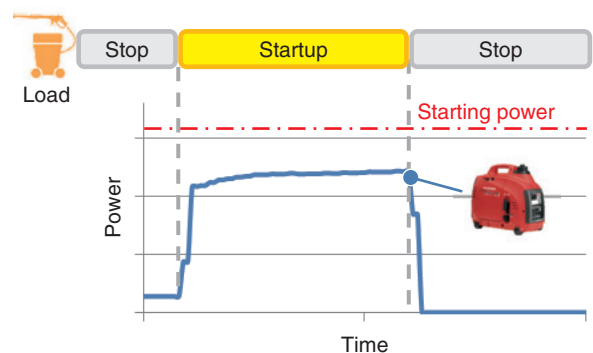


Fig. 11 Generator power shortage for 700 W load

い。次に、同じエンジン発電機を E500 でアシスト運転した結果を Fig. 12 に示す。アシスト機能により機器始動時の EU9i の不足電力を E500 がアシストすることで、機器の使用が可能になった。

3.3. バスタブ型モノコック構造

E500 のフレーム構造を Fig. 13 に示す。小型、軽量化をおこなう一方で、フレームは電子部品を守る骨格の役割を果たす必要がある。そこで、フレームをアッパーカバーとアンダーカバーの上下二部品で構成するモノコックフレーム構造（軽量樹脂フルカバー構造）とし、内蔵部品を保護しつつ強度を高めるために、形状をバスタブ型とした。この形状によって、電子部品はネジ等で固定される必要なく、自立が可能になり組立性も向上した。

さらに、モノコックフレームの形状にコントロールパネルやインバータ等を支持するための構造と、冷却風の通路を作りこんだ。その結果として、面剛性を高めることができたため、特殊な樹脂材を用いることなく、軽量かつ安価で入手性が良いポリプロピレンを採用することができた。

3.4. 冷却機構

E500 は、バッテリーの直流電圧を交流電圧に変換する際、バッテリーやインバータなどの内部損失により熱が発

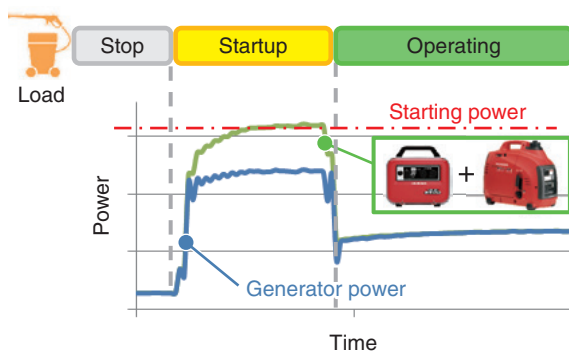


Fig. 12 Result of assist operation

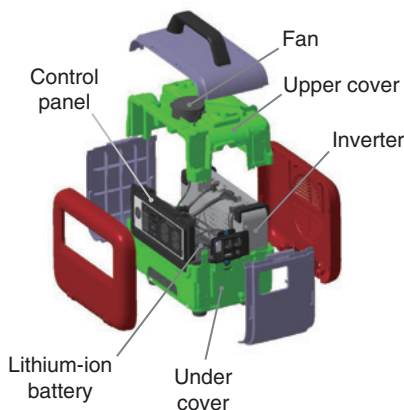


Fig. 13 Monocoque frame structure

生するため、冷却が必要となる。E500 ではフレーム構造による冷却とファンによる冷却の二種類の冷却手法を採用した。

3.4.1. フレーム構造による冷却

冷却構造を Fig. 14 に示す。冷却風の入口を下部に、出口を上部に設けることで、自然換気を促す煙突効果を利用した。さらには、インバータ部から発生した熱を金属ケースに伝えて放熱構造の一部とすることで、一般的に用いられるヒートシンクなどの部品を増やすことなく十分な冷却が得られ、小型化と軽量化に寄与した。

3.4.2. 冷却ファンによる冷却

効率的な冷却をおこなうため、下記三点を設計仕様に反映した。

- ・ 最も高温となるインバータ部品を冷却風入口に配置
- ・ インバータ高温部の局所的な冷却経路の形成
- ・ 狭い空間でも風量確保が可能なプロアタイプのファンを採用

ファン動作時の筐体内における流れ場について数値解析した結果を Fig. 15 に示す。インバータの局所的な高温部に集中的な流れを形成するとともに、バッテリー周囲の



Fig. 14 Cooling air flow

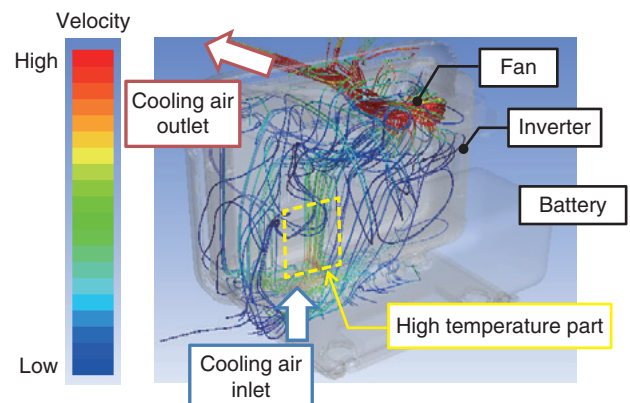


Fig. 15 CFD analysis of internal air flow

空気の滞留防止が図られ、一つのファンでねらい通りの冷却風の流れが実現していることがわかる。なお E500 では、ファンを内部温度が上昇した場合のみ作動させることにより、ファン動作による電池の消費を最小限に抑えた。

これに加えて、ファンを換気風出口から遠い筐体内中央に配置して、ファン動作時の作動音を遮蔽することで、Table 1 に示す騒音値 L_{WA} 42 dB の優れた静音性能を達成した。また Fig. 16, Fig. 17 に示すように、同程度の容量をもつバッテリーを搭載した他社製品と比較して E500 は約 50% の質量と容積を実現した。

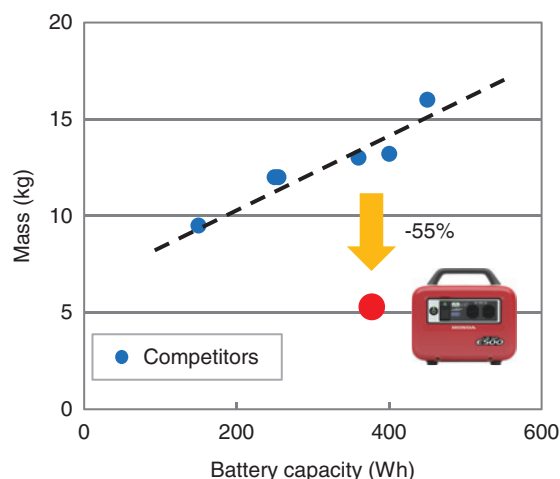


Fig. 16 Comparison of mass with competitors

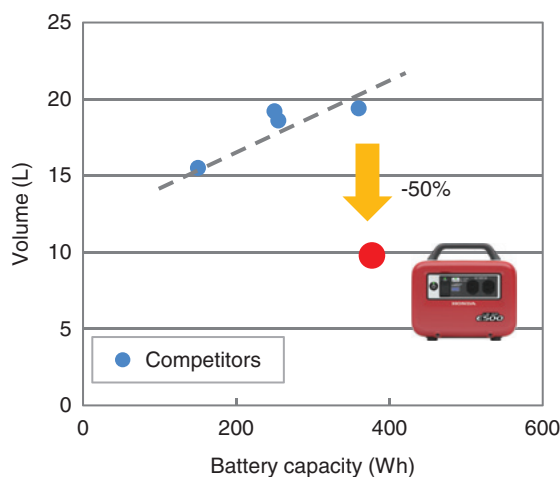


Fig. 17 Comparison of volume with competitors

4. まとめ

リチウムイオンバッテリーとインバータユニットの組み合わせによる蓄電機 LiB-AID E500 を開発した。デザインコンセプトを「Neo Modern Compact Design」とし、親しみやすいデザインとした。また、お客様の使われるシーンを

考慮し、使い勝手を踏まえた作り込みをおこなうことで以下を達成した。

- (1) 直感でわかるインターフェース
- (2) 並列運転, アシスト運転によるさまざまな電気機器への対応
- (3) 軽量で強度の高いモノコックフレーム構造
- (4) 小型, 低騒音化を実現した最適冷却機構

LiB-AID E500 が人々の生活に寄り添う商品として、また、お客様の生活そのものを広げる一助としてさまざまなシーンで活用されることを期待したい。

参考文献

- (1) 総務省:平成 28 年通信利用動向調査, p. 6, (2017)
- (2) 藤井茂, 清水元寿, 中村政史:正弦波インバータ発電システムの構築, HONDA R&D Technical Review, Vol. 8, p. 70-76
- (3) 田中良男, 河内敏文, 伊藤慶太, 中村政史:軽量, コンパクトな「GENE21 シリーズ」ポータブル発電機の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol. 11, No. 2, p. 15-22
- (4) ヤコブ・ニールセン:ユーザビリティエンジニアリング原論, 東京電機大学出版局, p. 92-95, (1999)

■ 著 者 ■



中田 泰 弘



藤 川 昂



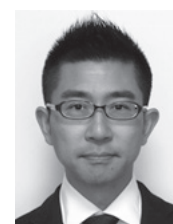
縄 田 慶 陽



甲 斐 大 志



山 名 康 介



加 藤 雄 也