

# パススマイル／パススーパーライト

## PAS Smile / PAS SuperLight

中之薗晴彦 Haruhiko Nakano

明田久稔 Hisatoshi Akita

中山浩典 Hironori Nakayama

宮田彰一郎 Shouichirou Miyata

山本豊之 Toyoyuki Yamamoto

●PAS事業部開発室／(株)ワイ・イー・シー第1開発室



図1 パススマイル



図2 パススーパーライト

### 1 はじめに

電動ハイブリッド自転車PASは、1993年秋の発売以来、PAS (Power Assist System) ユニット小型化、バッテリ充放電管理のシステム化 (IFES: Intelligent & Flexible Energy System)などの技術的進化・改良が図られ、常に業界トップシェアを維持してきた。

そして2001年2月に高機能・低価格の新製品パススマイル(図1)を、4月には軽量・スタイリッシュなパススーパーライト(図2)を相次いで発売した。以下に、パススマイルシリーズの概要と開発内容を紹介する。

### 2 開発の狙い

電動ハイブリッド自転車に対して「価格を安く」、「重量を軽く」、「充電を簡単に」という要望が従来から多かった。今回「価格を安く」の声に對して、従来の常識を打ち破る低価格を実現させるべく、PASユニットの開発を行なった。「安い」だけでなく、「充電を簡単に」するIFESシステム機能や評判の走行性能はそのまま維持することを開発の目標として取り組んだ。

競合車を上回る「軽さ」を「安く」提供することもPASユニット開発の重要な課題であった。一方、完成車販売だけでなく、国内外の自転車メーカーにPASユニットを供給するために、機種展開の容易さと車体搭載性の良いパワーユニットを開発することも重要なテーマだった。

こうして、従来価格より約30%安いパススマイルと、アルミフレームを使った業界最軽量のパススーパーライトを実現させた。

### 3 仕様諸元と商品の特徴

図3にパススマイルの主要部品構成図、表1にパススマイルシリーズの主要な仕様諸元を示す。

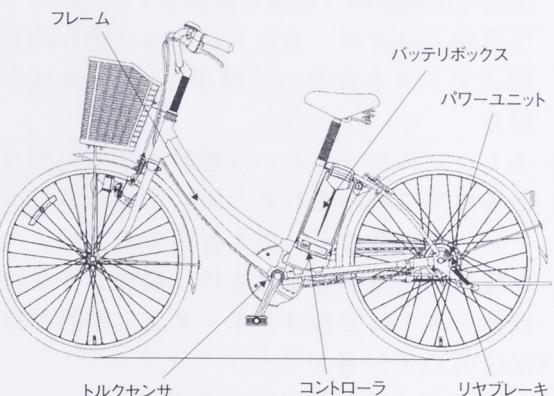


図3 パススマイルの主要部品構成図

表1 パススマイルの主要諸元表

	バススマイル		スーパー・ライト	
	26型STD	26型DX	26型STD	26型DX
全長 (mm)	1,893	1,893	1,800	1,800
車両重量 (kg)	25	27	18	21
モータ	直流ブラシ式			
踏力検出方式	位相差一変位式			
車速検出方式	走行信号処理方式			
電池種類	ニカド 5Ah	ニカド 5Ah	ニカド 3.6Ah	ニカド 3.6Ah
充電器	標準	標準	標準	標準
充電時間 (時間)	2.5	2.5	1.6	1.6
後輪変速装置	単速	P/U内装 2速	単速	P/U内装 2速

バススマイルシリーズには、パワーユニットの違いで単速と2速がある。スーパー・ライトはバッテリとフレーム形態が異なるバリエーションモデルである。

## 4 ドライブユニットの概要

### 4.1 トルクセンサ機構

トルクセンサアセンブリは、乗員がペダルに加えたトルクの大きさを検出し、それに比例した電気信号を出力する機能を担う。

従来バスのトルクセンサ部分は、モータ・減速機が一体になったパワーユニット内に収められていた。バススマイルではモータ・減速機部分がリヤハブに分割され、トルクセンサ部分はクラシク軸を中心としたボトムブラケット部に装備されている。

アシスト比1.0以下の法規を遵守するため、またわずかな踏力変化にも対応したきめ細かなアシストを行うために、出力信号には精度と再現性・応答性が要求される。

図4にトルクセンサアセンブリの構造を示す。トルクセンサアセンブリは、トルクを伝達する人力伝達系と、機械的変位を電気信号に変換する信号変換系とで構成される。ペダル踏力は、クラシク軸から、セレーション結合されたレバードライブに伝わり、2本のスプリングを介してフロントスプロケットに伝達される。

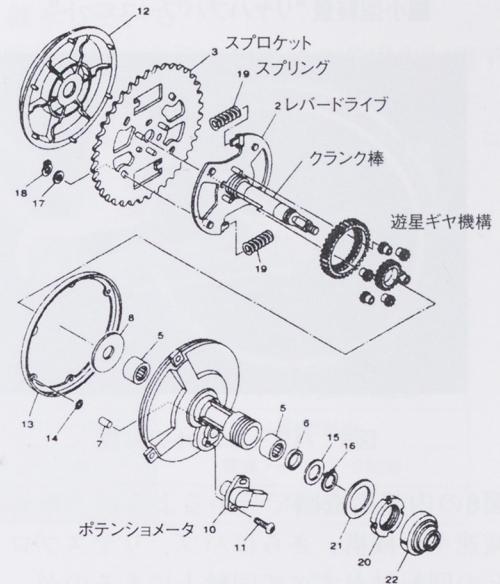


図4 トルクセンサアセンブリの構造

乗員の印加トルクと走行負荷とがバランスする点まで2本のスプリングが収縮すると、レバードライブとフロントスプロケット間に角度変位が生じる。その変位量を、2組の遊星ギヤ機構で増幅してポテンショメータの軸を回転させる。その結果、トルクに比例したポテンショメータの出力電圧が得られる。

従来バスのトルクセンサアセンブリは人力伝達系の増速機構も兼ねていた。そのため、2,000cm<sup>3</sup>エンジンと同等の人力トルクに耐えるほどの強固なギヤ機構が要求された。しかしバススマイルでは人力伝達系と信号変換系を完全に独立させたため、信号変換系に使用するギヤには高荷重が作用しない。よって小モジュールの樹脂成形品が採用でき、小型・軽量化に貢献できた。

### 4.2 パワーユニット機構

今回開発したPASユニットのなかで、従来と大きく変わった点の一つに、パワーユニットの配置と構造がある。パワーユニット機構を後輪ハブの中に入れた“リヤハブパワーユニット”がそれである。図5にパワーユニットの外観を示す。

リヤハブパワーユニットの特徴として、チェーンを介さずにモータが直接後輪をアシストするので、効率的な動力伝達が可能となる。また、自転車のいろいろなフレーム形態にも簡単に対応することができる。

## ■小型軽量“リヤハブパワーユニット”

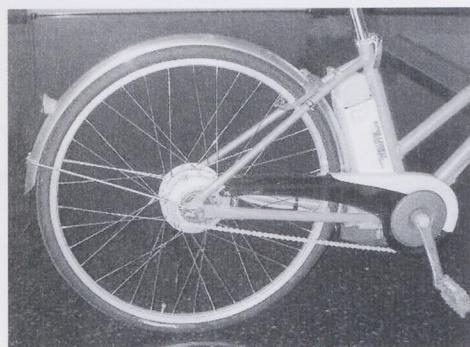


図5 パワーユニットの外観

図6の内部構造図で分かるように、モータと遊星減速ギヤ機構、さらにハブ、リヤスプロケットなどの回転軸がすべて同軸上にあるのが、このパワーユニットの特徴である。この構造により、従来の他社リヤハブパワーユニットに比べて、約半分の径にまで小型化することができた。

モータからのトルクは遊星ギヤ減速機構とスプラグ式クラッチを介してハブに伝えられる。チェーン、スプロケットを介して伝えられた人力系トルクはハブでモータからのトルクと合力される。

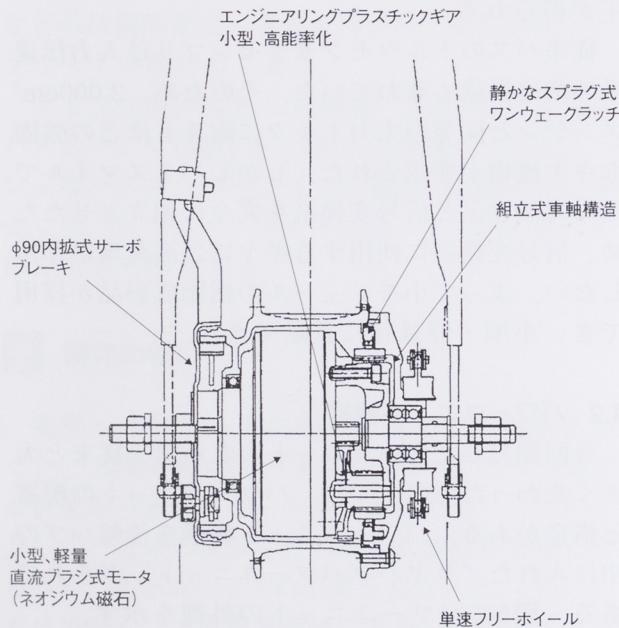


図6 パワーユニットの内部構造

遊星ギヤ機構には、樹脂製の2段ハスバ歯車を採用し、静肅性、軽量化を実現している。モータのフロントブレケットに減速機の構成を融合させ、

部品点数の削減、コンパクト化を図っている。

2速仕様のパワーユニットは、単速パワーユニットの人力系に、変速機構とクラッチ機構を入れた点が異なる。変速機構には、遊星ギヤと変速用ドッグクラッチを採用し、コンパクト化を図った。リヤハブパワーユニットには、後輪ブレーキとして、サーボ式内拵ドラムブレーキが内蔵されている。

## 5 電装系（コントローラ・モータ）

## 5.1 モータ

リヤハブパワーユニットにおける最適なモータとしてブラシ式DCタイプ（図7）を新たに開発した。モータの主要諸元を表2に示す。

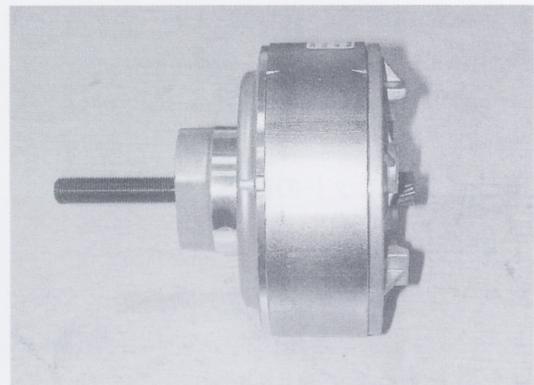


図7 モータの外観

表2 モータの主要諸元

定格電圧	24V
連続出力	235W
最高回転速度	4,300rpm以上
重量	1.35kg

本モータには高エネルギー積の希土類磁石を採用して、モータ単体での小型・高性能化を図った。

表3にモータのサイズおよび重量を従来モデルと比較して示す。

表3 モータのサイズと重量の比較

	PASスマイル	従来モデル
サイズ	φ101×53	φ80×100
重量	1.35kg	1.7kg

ドライブユニットの小型化のために、モータ軸とハブ軸を同一軸上に配置するレイアウトを採用した。モータ自体も、リヤブラケット部が後輪車軸の機能の一端を担っている。

フロントブラケット部も、モータ軸の軸受けやケースとしての機能だけでなく、遊星減速ギヤ取付機能を兼ねる構造となっている。

さらに、リヤハブから配線などが出てスポーク組立性を損なわないよう、給電端子のダイレクトカプラ化を図っている。

## 5.2 モータコントローラ

今回新規開発したコントローラ（図8）は、パワー部品の放熱用ヒートシンクとバッテリ支持部材、バッテリから放電端子などを一体化したケースを有している。この一体化構造により、部品点数削減と低コスト化を実現している。

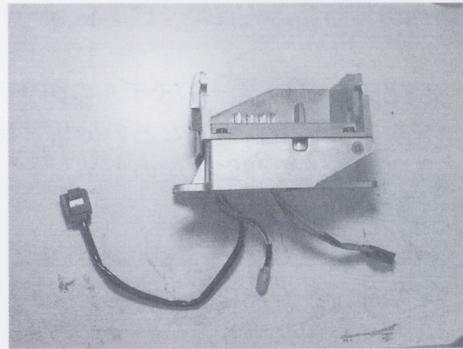


図8 モータコントローラの外観

アシスト制御仕様においては、リヤハブパワー ユニットに最適のアルゴリズムを開発した。制御仕様の新規開発項目として、

- (1) 新規トルクセンサに対応した、人力検出制御
- (2) 走行状態・変速ギヤに応じた、モータ出力自動補正制御

などがあげられる。これにより、一充電当たりの航続距離を従来通り確保しながら、スムーズによりパワフルなフィーリングを実現した。

今回、アシスト制御用変数については、仕様変更対応可能な回路構成とした。これにより、CPUマスクが確定した後でも柔軟な仕様変更が可能となり、開発期間短縮に大きく貢献した。

IFESシステム対応機能や、システム異常履歴を記憶・表示できるダイアグノーシス機能は、従

来通り継承している。

基板関係では、表面実装部品の多用化と電子部品の最適な選定および4層基板の採用により、さらなる小型サイズを実現した。表4にコントローラの主な仕様を示す。

表4 コントローラの主な仕様

項目	内 容
電流検出方式	電流センサ
モータドライブ方式	ハーフブリッジ型PWM駆動
コントローラ基板	4層1枚基板
アシスト制御方式	電流フィードバック制御
基板サイズ	70×60

## 6 バッテリボックスアセンブリと車体系

パススマイルとパススーパーライトの大きな違いは、バッテリボックスとフレームにある。

パススマイルでは、バッテリとしてDセル5Ahのニカド電池を20本直列に使っている。IFESシステム構成は従来モデルと同様だが、充電側と放電側のレセプタクル、さらにバッテリマネージメント用基板を収納する本体ケースも一体構造にしている点が従来のものと異なっている。この一体化構造は、バッテリボックス内の配線の簡素化、コスト低減などに大きく貢献している。図9にパススマイルのバッテリボックスアセンブリの外観を示す。

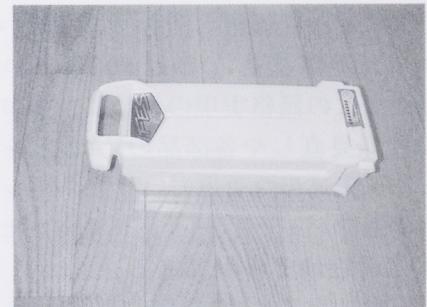


図9 パススマイルのバッテリボックスアセンブリ

パススーパーライトは、軽量・コンパクトを重視するために、3.6AhのCセルニカド電池を採用している。IFESシステム構成やボックスもコン

パクト性を重視した設計になっている。その結果、バッテリボックスアセンブリ重量は2.2kgであり、スマイルに対して1.5kg軽くなっている。バススーパーイトのバッテリボックスを図10に示す。

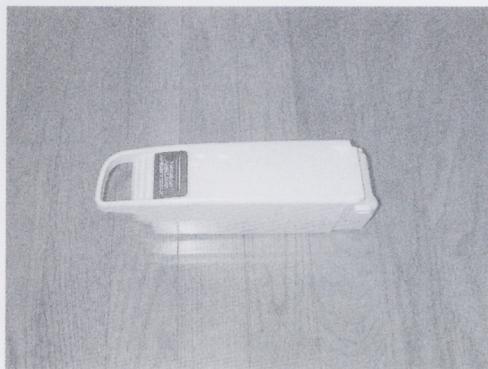


図10 バススーパーイトのバッテリボックスアセンブリ

バススマイルのフレームは、リヤハブパワーユニットやコントローラのバッテリ支持部材一体構造などに伴って、より自転車のフォルムに近いものになった。フレーム形態としてはダブルソード型を採用している。

バススーパーイトのフレームには、軽量化のために、アルミパイプ製フレームを採用した。フレーム形態は、スポーティなスタッガード型と乗り降り性を重視したU型とがある。

## 7 コスト

今回のモデルでは、「価格を安く」の要望に応えるべく大幅な小売価格の引き下げを行い、最廉価モデルでは充電器込みで69,800円という価格を実現した。この価格実現のために、各コンポーネントの仕様見直しや各部品のVAなどを徹底的に行なった。先述のコントローラヒートシンク部の一体化構造やバッテリーボックス内レセプタクルの一体化構造はその例である。

新たに採用したリヤハブパワーユニットとトルクセンサアセンブリにより、フレームのボトムブラケット回りが、従来の自転車と同じ形態になった。これにより、フレーム製造が容易になり、自転車の製造設備をより流用できるようになり、コスト低減を図ることができた。

製品仕様以外に、営業・サービス部門のロゴ

ストオペレーション化や物流・梱包費用の見直しなど、総合的なコスト低減を行なった。特に、営業・物流・生管部門を中心に行なった七部組み製品の配送センター移転や九部組み組立工場の移転は、従来の往復輸送ルートをいっきょに片道ルートだけにして、輸送コストの削減に大きな貢献を果たした。表5にバススマイルシリーズの小売価格一覧を示す。

表5 バススマイルシリーズの小売価格一覧

	車両本体価格	充電器
バススマイル	¥62,800	¥ 7,000
バススマイルDX	¥72,800	¥ 7,000
スーパーイト	¥82,800	¥ 7,000
スーパーイトDX	¥92,800	¥ 7,000
バスロイヤル(参考)	¥89,800	¥10,000

## 8 品質への取り組み

本モデルの開発では、過去のモデルの開発問題、生産トラブル、クレーム情報などの分析と反省から、開発品質向上ならびに確保のために、いくつかの新たな手段を実施した。

(株)モリックとのQA品質活動は一つの実施例である。新作部品の設計仕様や意図が製造部門に十分伝えられなくて発生するトラブルを未然に防止するために、開発部門と品質保証部門を中心に、試作段階で図面記載内容を洗い出し、主要管理項目や重要品質項目として、製造部門と一緒にその対応方法について検討した。製造部門では、それらの対応項目をQA工程表や検査規格書などに織り込み、生産試作までに新たな検査治具や作業標準などの準備に取り組んだ。

また、開発時に発生した問題対策の徹底と横展開・再発防止のために、社内ネットワークやEメールを使って情報提供・実施の確認、共有サーバによる問題情報の管理・共有化などを行なった。

これらの地道な活動の結果、短期に難易度の高い新規機構を開発できた。しかし、コスト・開発品質の目標レベルから見ると、開発方法上の課題やQA品質活動上の課題がまだ存在する。次回のモデル開発に向けて、それらの課題を解決し、さらに品質のレベルアップを図っていきたい。

## 9 おわりに

本モデルの開発では、小形軽量のパワーユニット、トルクセンサーセンブリを新規採用し、さらに従来モデルで好評のIFESシステムを熟成継承している。また、電動ハイブリッド自転車の需要拡大のために、コスト低減を行い、今までにない普及価格を実現することができた。今後もさらに熟成に向けて努力し、市場拡大に繋げて行きたい。

電動ハイブリッド自転車の市場は、今後もさらに競争の激化が予想される。本モデル開発の経験を生かし、マーケットのリーダーとして、さらに顧客満足度の高い商品開発にチャレンジして行きたい。

最後に、本モデルの開発に際して、開発の早い段階から共同で高い目標に取り組んでいただいた(株)モリック製造部門、購買部門の皆さん、三洋電機(株)およびブリヂストンサイクル(株)の設計部門、製造部門、購買部門の皆さんに改めて御礼申し上げます。

## ●著者

