

島田 慎也

Abstract

Since its development and sales began as a world first in 1993, the PAS electrically power assisted bicycle has continued to evolve based on its original development concept of “giving top priority to human sensibilities”.

By generating new demand, such as models that can take two infant passengers at one time, the domestic electrically power assisted bicycle market has broadened. The European markets have also followed an upward trend over the last few years reaching a scale of over 850,000 units in 2012 as shown in figure 1.

This paper looks at the development of the high-capacity, compact and light-weight OEM drive unit designed to meet the regulations and culture of European markets that differ to Japan (Figure 2).

1 はじめに

1993年に世界で初めて電動アシスト自転車PASを開発・発売して以来、“人間感覚を最優先する”開発当初の理念を受け継ぎながら、年々商品の熟成を重ねてきた。

国内の電動アシスト自転車市場は幼児2人同乗仕様など新需要の創出も合わせ年々拡大している。同様に欧州市場もここ数年増加の一途を辿っており2012年度は図1に示すように85万台を超える規模となっている。

今回、日本と異なる自転車文化や法規のもとに進化している欧州市場にマッチする小型・軽量で高性能なOEM用ドライブユニットを開発したので紹介する(図2)。



図1 欧州市場における電動アシスト自転車の伸張
(出展Industry & Market Profile[COLIBI COLIPED])

2 開発のねらい

欧州市場での自転車の価値の高さ、デザイン、法規や乗り方の嗜好など歴史やインフラの違いから来る自転車文化が国内市場とは異なることを念頭に、以下3点を開発の狙いとした。

- ・車両デザインとのマッチングに優れること
- ・小型・軽量、高出力
- ・欧州嗜好と規格に合わせたアシスト制御

3 開発概要

3-1. 車両デザインへのマッチング

取引先の欧州メーカーがフレームジオメトリとバッテリー搭載位置の自由度を重視し、かつリアセンタ(クランク軸と後車軸の距離)が短いデザインを求めることから、国内向けモデルで採用しているチェーン合力タイプを諦め、構造的に複雑なクランク合力タイプとした。これによりクランク軸の前方にモータ、減速機構をレイアウトし、リアセンタ



図2 PWユニット外観

を短縮するデザインが可能になった。またテンショナ機構が不要になり、車両搭載状態での最低地上高をスプロケット下端まで上げることができ、さらにはモータスプロケットを介さないで、外装変速への対応が容易になるなど搭載車両のデザイン自由度を上げることができた。

クランク合力とチェーン合力の方式の違いを図3に示す。

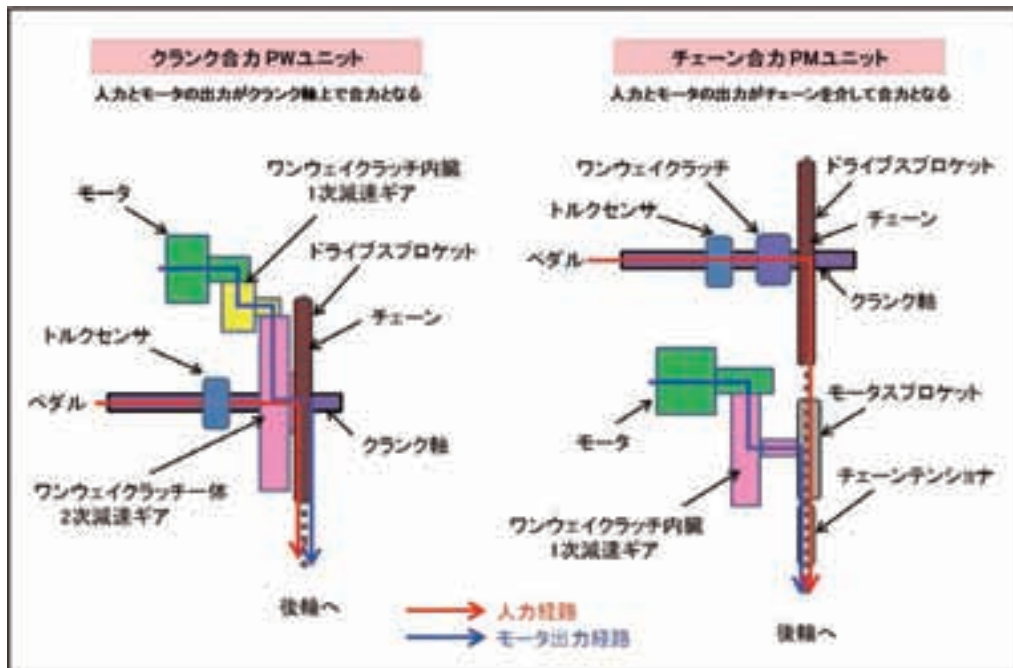


図3 クランク合力とチェーン合力

デザイン自由度に対する配慮はドライブユニット本体に加え、アシスト制御を行う上で車速を読み取るスピードセンサの構造や配置にも及んだ。

後述する法規の違いにより、国内仕様は車速とアシスト比の関係が規定されているため、法規のガイドラインに沿ってアシスト力を最大限に提供すべく細かな制御を行っている。

そのため、センサ部は多極マグネットを用いた多パルス仕様として、フロント（一部のモデルはリア）ハブ周りのスポークに円盤状のマグネットを装着する構造となっている（図4）。

一方欧州ではスポークパターンのデザイン性やディスクブレーキ等のバリエーション対応およびフロントフォーク周りのワイヤリング簡素化の要望があり、構造がシンプルで一般的な1パルスタイプのセンサとした（図5）。

日欧両市場におけるシティ向けデザインの電動アシスト自転車を図6～9に示す。図6,7は日本市場でPMユニットを搭載したモデルである。また、図8,9は欧州市場でPWユニットを搭載したモデルである。



図4 国内向けスピードセンサ

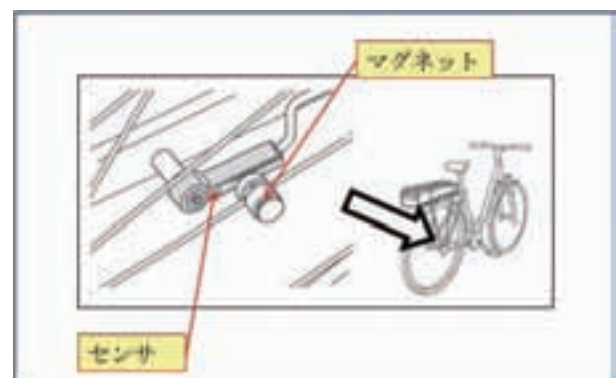


図5 1パルスタイプスピードセンサ



図6 YAMAHA PAS ナチュラ



図7 YAMAHA PAS CITY-S5



図8 Batavus社 Stream
(Batavus社HPより)



図9 Giant社 Prime E+2
(Giant社HPより)

3-2. 小型軽量化設計

3-2-1. 駆動系およびケース

小型化するためモータとギア類を最も凝縮して配置できる諸元を見出して、それを実現するための部品仕様を決めていく手法をとった。さらに従来アルミハウジングの形状でグリス飛散を防止していた部分の樹脂化や、ハウジングの合面の幅縮小など組立工程も従来と変わる点が多く、製造部門との協議を重ねて小型軽量化にトライした。図 10 に PW ユニットの外觀図を示す。

3-2-2. コントローラ

欧州市場で主流となっている 36V 駆動を採用するとともに、EMC 指令対応や市場での使われ方の違いを考慮して、コントローラは欧州専用の新規開発となった。

駆動系設計とレイアウト検討を重ね、モータパワーを供給するインバータ部分の放熱方式に新構造を採用した。ハウジングを構成するアルミ筐体へインバータ部分の発熱を直接的に伝熱できるようにすることで伝熱経路を短縮させた結果、放熱性能は大幅に向上した。

さらに基板の包絡容積¹⁾のミニマム化を狙い、異型基板

を採用し従来のレイアウトでは分割されていた基板の一体化を行うと共に、各素子の小型化、電解コンデンサの横置き配置、EMC 対応のフェライトコアレス設計などを織込むことで、従来基板比 20%以上のコンパクト化を実現した(図 11)。

1) そのものの輪郭で決まる体積

3-2-3. モータ

アシストパワーの源となるモータは、小型化と後述する欧州の高速巡航嗜好に対応するため、36V 電源の採用と合わせ、高いクランク軸回転数までアシストされるフィーリングを演出できる高回転・高出力型を新作することにした。

モータ電磁気設計の最適化のために、スロット数ポール数の見直しを行い、最終的に 12 スロット 14 ポールを選択した(図 12)。結果としてトルク密度²⁾を従来市場品に対し 10 ~ 20% 上げることができ、希土類の使用量を増やさずことなく小型化を達成した。また、フル充電から所定の電圧までは電池電圧が低下しても最大回転数が変化しない巡航性重視のキャラクタとした。モータの諸元を表 1 に示す。

2) 最大トルクを体積で除したもの

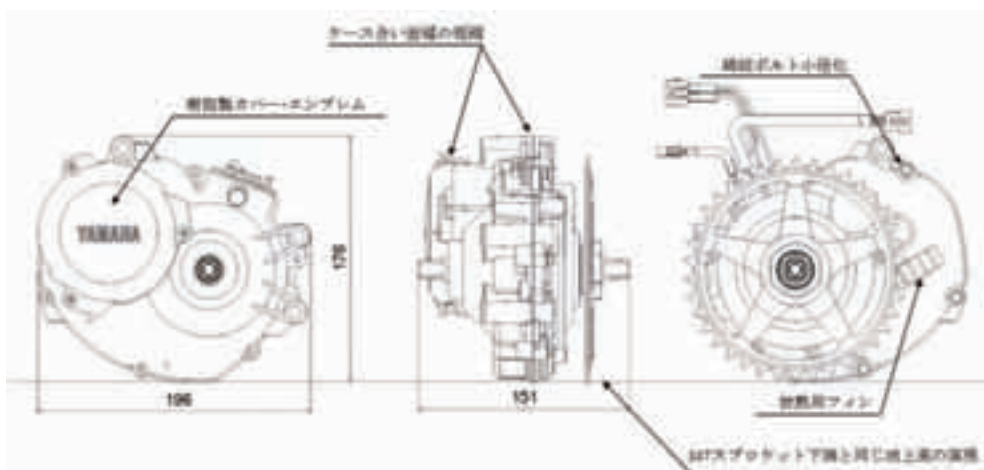


図10 PWユニット外観図

表1 PWモータ諸元

			PW	(参考) PM
電源仕様	電池電圧	V	36	26
構造	スロット数	—	12	18
	ポール数	—	14	12
	ロータ構造	—	SPM	SPM
	巻線仕様	—	デルタ結線	デルタ結線
重量 サイズ	ステータ	mm	φ92	φ101.8
	重量	g	900	1,223



図11 異型コントローラ基板

3-3. 欧州の法規、嗜好にあわせたアシスト制御

アシスト自転車の法規は日本市場、欧州市場それぞれにあり、表2に示す違いがある。

スピードセンサの仕様で述べたように、日本の法規では車速とアシスト比が細かく規定されている。その中で当社の製品は変速段数に応じて最適なアシストを提供することが市場での好評を得ている一因となっている。一方欧州の法規では車速に関しては 25km/h 以上でアシストしないことのみ規定されている。

また、国内、欧州の市場調査や取引先とのジョイントワークを繰り返す中で、法規を含む自転車文化の違いに加え、期待されるアシストのフィーリングの違いが次々と顕在化してきた。

そこで 3-1 で述べた車速センサ構造の簡易化要望対応と合わせ、長年培ってきた国内仕様の延長上ではない、欧州専用のアシスト制御を開発することにした。

今回開発した欧州アシスト制御の特徴を国内アシストと対比して表3に示す。



図12 12スロット14ポールのモータ部

表2 日欧の法規の主な違い

	EN15194 欧州	JIS D 9115 日本
アシスト比制限	なし (滑いでいればOK)	あり 比例的にアシスト (踏力:アシスト≒1:2)
ペダル停止後出力	2m走行以内に停止	短時間でも自走しない
車速制限	滑らるに漸減させ、 25km/h以上でアシストトルク0	0から10km/hまでは アシスト比≒2 10~24km/hで直線的に漸減させ、 24km/h以上でアシストトルク0

表3 日欧アシスト制御の特徴

	発進からの 加速・坂道	10km/h程度の 中低速域巡航	20km/h+の 高速域巡航	特徴
国内アシスト				人の踏力をアシストで増強する感じ ピークトルクが大きくメリハリの利いたアシスト 発進、坂道でのアシスト重視
欧州アシスト				人の踏力とアシストの融合する一体感 ピークトルク重視ではなく連続感重視のアシスト 高いクランク回転でもアシストがついてくる

3-4. まとめ

多くの新企画を織込んだ PW ユニットの狙ったデザイン性、アシストフィーリング、軽量高出力を達成することができた。ユニットとしての重量および性能（トルク）は以下のとおりである。

重量	3,500g（スプロケット除く）
最大ピークトルク	80Nm
連続最大トルク	70Nm

本ユニットは 2013 年の東京モーターショーに参考出展した YPJ-01（イプシロン プロジェクト ゼロワン）に搭載され、そのサイズやデザイン性は高い評価を受けている。

プットを魅力品質に創り上げ、さらに顧客満足度の高い商品の開発を行っていきたい。

最後に、本モデルの開発に際して OEM 取引先様からのサジェスションと多大な協力を戴きました。この場を借りて改めて御礼申し上げます。

■著者



島田 慎也
Shinya Shimada
事業開発本部
SPV事業部
第1開発部

4 おわりに

今回ご紹介したドライブユニットは、結果的に国内向けとは一線を画すものとなった。

その中でプロジェクトメンバーは、電動アシスト自転車市場が成長していく過程で、文化や法規の違いからお客様の使い方が市場ごとに多様化し様々なニーズとなり、また時代に応じ変化していくことを実感することができた。また、新規構造の実現に向けて製造部門との協議を行いながら自転車業界の短い時間軸の中で生産立上げができたことは、若いプロジェクトメンバーの自信になったと思う。次世代に向けて本モデル開発の経験を活かし、数多い市場要求からのイン