

# 回生機能付き電動アシスト自転車を探る

回生機能付き電動アシスト自転車とは、モータをアシストだけでなく、ブレーキ時に発電機として用いバッテリーに充電する電力回生機能を有する電動アシスト自転車のことである。本項では三洋電機、パナソニック サイクルテック、ブリヂストンサイクル、ミヤタサイクル、東部から発売される、回生機能付き電動アシスト自転車について、一般的な電動アシスト自転車との詳細な比較を交えながら徹底的に追及し、その真価を問う。

## 1. はじめに

電力回生技術は1970年代より鉄道業界で普及し、その後高性能二次電池の登場により広く一般化してきた、安全と省エネに関する技術である。電力回生は、駆動にモータを用いる多くの乗り物で採用されており、特にハイブリッドと名の付く乗り物のほとんどで採用されている。「ハイブリッド」という言葉は「異なる性質をもつものの混成物」という意味だが、乗り物のハイブリッドシステムでは電力回生を行うことはほぼ必須である。しかし、電動アシスト自転車においてはモータやバッテリーを搭載しているにもかかわらず、電力回生を行っていないことがほとんどである。今回は、電動アシスト自転車のうち回生機能を有する、真に“ハイブリッド自転車”と呼ぶことのできる少数派のモデルにスポットをあてる。

## ハイブリッド自転車



パナソニック ビビチャージ



ブリヂストン アルベルト e



東部 エアロアシスタント



ミヤタ 電動アシスト

## 2. 回生充電機構開発の経緯

回生機能付き電動アシスト自転車は、三洋電機が精力的に開発を行ってきた。三洋は自社の電動アシスト自転車を“電動ハイブリッド自転車”と称し、他社の一般的な電動アシスト自転車との違いである回生機能をその言葉に込めている。三洋電機の田中建明氏は電動ハイブリッド自転車開発の経緯を次のように述べている。

—電動アシスト自転車には、1回の充電で長距離走行ができること、自転車が軽いこと、価格が手ごろであること

とが望まれている。大きな容量のバッテリーを搭載すれば長距離走行が可能であるが、車体は重くなる。小さなバッテリーを搭載すれば車体は軽くできるが長距離走行には不向きである。三洋電機は、この長距離走行と軽量化という相反する要求を両立するために、これまでブレーキの熱として空气中に放散していたエネルギーを、モータで発電して電力としてバッテリーに戻す回生充電機能を電動アシスト自転車に搭載して、電動ハイブリッド自転車として発売している。



サンヨー エネルギーブバイク

通常の電動アシスト自転車では、家庭で充電して外出し、バッテリーが少なくなると家庭で充電する。最初に充電した分のアシストしかできないが、回生充電機能を搭載した電動ハイブリッド自転車では、下り坂などで発電し、バッテリーに補充充電することで走行距離を延ばすことができる。また、平地などの比較的楽な走行条件ではモータで発電しながらの補充充電も可能である。— 「電力回生とエネルギー貯蔵」サイエンス&テクノロジーより

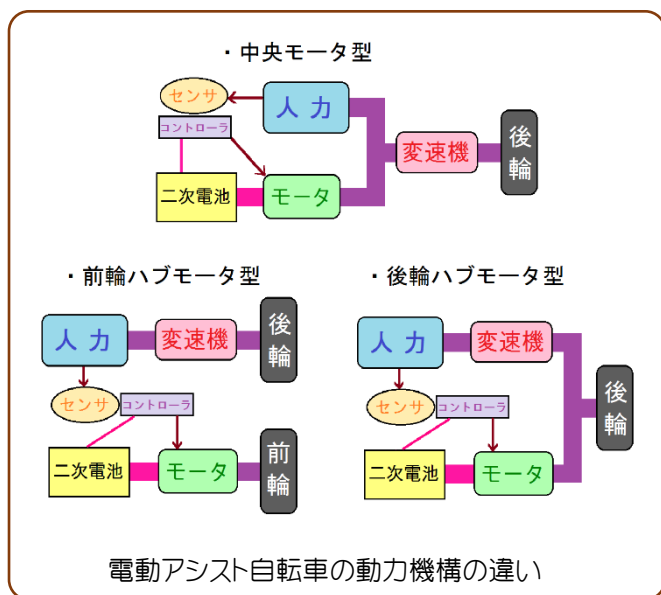
なお、現在市販されている電動アシスト自転車のほとんどが、クランク軸付近にモータを搭載した中央モータ型(センターマウント/センターユニット方式)となっている。人力とモータアシスト力が共にチェーンによって後輪に伝達される。走行中ペダルを止めるとモータの回転も止まり、車輪の回転力を直接利用できないためモータを発電機としては利用しない構造となっている。しかし、滑らかな加速が可能であり、上り坂に非常に強く信頼性が高い。



中央モータ型 ヤマハ PAS

### 3. ハイブリッド自転車の性能

#### 3-1. 前輪ハブモータ型の特性



後輪を人力で、前輪をモータで駆動するため、両輪駆動型とも言う。アシスト時後輪には通常の自転車以下の力しか働かないため、中央モータ型に比べチェーンや変速機にかかる負荷ははるかに小さくなる。両輪駆動により滑りやすい路面などでも比較的安定して走行できるが、モータの推力が直進方向に働きやすいため、急な旋回はしにくい。モータは変速機を介していないため、変速ギアが何段であっても 24km/h まで連続的にアシストさせることができる。前輪ハブにモータがあるため、構造的に回生制動が可能である(ただし、回生機能を有していない製品も多い)。モータ接続部にはトルク増加のための歯車(減速機)があり、これは走行中常に回すことになる。また、モータ内部にある強力な永久



磁石により、無通電時も車輪回転時は磁力線が変化してわずかにトルク変動(コギングトルク)を引き起こす。そのためアシスト OFF 時は中央モータ型と比べると少々ペダルが重くなり、惰性走行性能も劣る。また、中央モータ型と比較してペダルを踏んでからモータが作動するまでに若干時間を要する。駆動音(ノイズ)は他の形式と比べ大きめであることが多い。

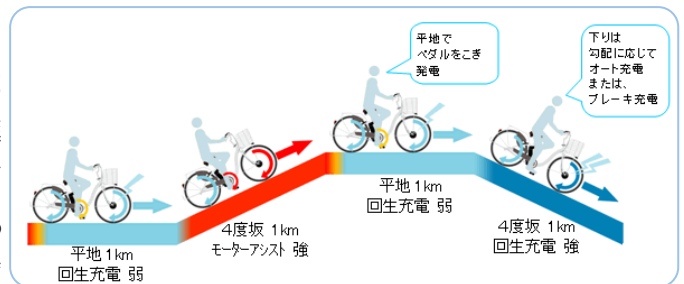
一般に前輪ハブモータ型の難点とされるのが、登坂能力についてである。平地や通常の勾配(約 7 度以下)では十分に威力を発揮するが、ドーナツ坂などの急坂(約 10 度以上)では後輪に荷重が集中することで前輪にかかる地面反力が減少し、



路面との十分な摩擦力を得られずモータ回転力が路面に伝わりにくくなる。この問題は前傾姿勢をとることである程度解消できるが、総じて急な登り坂でのアシスト力は中央モータ型と比べ劣ると言える。急な上り坂では中央モータ型の様にラクすることはできないが、通常の自転車と比べれば遥かに小さい力がかつ安定して進むことができるのは確かである。

### <サンヨー エネルーバイク>

エネルーバイクは、三洋電機が当初発売していた電動ハイブリッド自転車エナクルの後継機種である。発進時のアシストが強く、ふらつくことなく加速することができる。トルク検知は踏力をバネで受けとめる機械式であるため、ペダルを漕ぐ際には独特の感覚がある。全速度域でアシストがパワフルであり、中央モータ型と異なり24km/hまでアシストを実感できる。回生ブレーキ(回生充電)は左ブレーキレバーと連動しており、軽く握ることで回生スイッチがONとなる。回生スイッチON時はテールリフレクター上のストップランプ(ブレーキランプ)が早い点滅をし続ける(一部機種は非搭載)。前照灯点灯時はソーラーテールと同様に遅く点滅する。



2010年4月発売の最新機種ではパワー、オート、エコ充電の3つの走行モードを備える。オートモードでは惰性走行時の速度増加により下り坂を感知することで自動的に回生ブレーキがかかり、可能な限り速度を一定に保つように働く。エコ充電モードでは、惰性走行時やペダルが軽い時に若干の負荷をかけて回生充電を行う。ただし発進時や途中でペダルを強く踏み込んだ場合はアシストに切り替わる。パワーリザーブ機能を有しており、突然の電池切れで困らないよう、約1Ahの電池容量を残して一旦アシストを停止するが、パネル操作によりアシスト走行を復帰できる。回生ブレーキの動作範囲は約5km/h~24km/hであるが、速度によって制動力(発電量)は変化し、中速域(およそ15km/h)以下では速度が低下するにつれ制動力が弱くなる。回生充電はバッテリー残量が約90%以上では動作せず、約80%~90%では残量が減るにつれて発電量が増していくようである。駆動音はかなり大きめである。

### <パナソニック ビビチャージ>

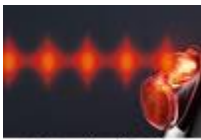
<走行条件例>	出だし	平地	上り坂	下り坂/ブレーキなし	ブレーキ時
<b>パワーモード</b> いつもパワフルアシストで急な上り坂もラク!	アシストON	アシストON	アシストON	アシストOFF	アシストOFF/ブレーキ再生
<b>オートマチックモード</b> 勾配によってアシスト力が自動で変わる!かしこい!	アシストON	アシストON	アシストON	アシストOFF/自動回生	アシストOFF/ブレーキ再生
<b>平地充電モード</b> アシスト力は控えめ。回生充電で長く走れる!	アシストON	アシストOFF/平地回生	アシストON	アシストOFF/自動回生	アシストOFF/ブレーキ再生

エコナビランプ点灯 ● 回生充電 ⚡ アシスト力 中 ● 強

ビビチャージシリーズは、事業統合したパナソニックと三洋電機の自転車部門が一体となって2010年秋より開発し、2011年末に発売された。パナソニックは2009年夏より同社オリジナルの回生機能付き電動アシスト自転車「リチウムビビ RX シリーズ」を販売しているが、ビビチャージではエネルーバイクの技術も数多く採用されている。パナソニックは家電などで、機械が自律的に電気は無駄使いを判断して節電する商品に「エコ

ナビ」の商標を付けているが、ビビチャージは同社の自転車で初めてこのエコナビ機能を搭載した液晶パネル(切り替えボタンによりバッテリー残量に加え、積算距離と消費カロリーを表示可能)を導入した。走行モードにおける基本仕様はエネルーバイクの最新型と同様であるが、「エコ充電」は「平地充電」と名を変えており、発進時のアシストは控えめになっている。エネルーバイクと同





※ライト運動



※ブレーキ運動

等かそれ以上に高速時(約 20~24km/h)のアシストが強く実感できる。24km/h 以上になってもエネルギーバイクのように即座に電流を遮断せず、しばらくはモータ抵抗を打ち消す程度に微弱な電流を流し続けているようである。パナソニックオリジナルの技術として、同社主力のセンターユニット方式の車種で用いられる非接触の磁歪式トルクセンサに加え、2 段階回生機能が採用されている。左右どちらか一方のブレーキレバーを軽く握ることで弱い回生ブレーキ(ハーフ充電)、両方のブレーキレバーを軽く握ることで強い回生ブレーキ(フル充電)が作動する。制動力は後者(フル充電)がエネルギーバイクのブレーキ充電によるものに近い。回生ブレーキ(フル充電)の動作範囲は約 4km/h~約 30km/h であり、中速域以下に加え、回生上限速度付近でも制動力は低下する。回生充電はバッテリー残量が 90%以上でも微弱ながら動作する。ヘッドライトは

オートライト機能を有しており、電源 ON 時に暗くなると液晶パネルの光センサが照度を検知して自動点灯(テールライトはブレーキランプがゆっくり点滅)し、明るくなると自動消灯する。ブレーキランプはエネルギーバイクから継承され(上位機種のみ)、リフレクターと一体成型となり見栄えが向上している。駆動音はエネルギーバイク同様大きい。

### <ミヤタ 電動アシスト>



ミヤタサイクルは長らくヤマハ製パワーユニットを使った「good LUCK」という名のモデルを販売していたが、2012 年末に日本電産製のパワーユニットを使った新タイプを発売し、フルモデルチェンジを行った。動力機構を「パークロスアシストシステム」と称し、特にアフターサービスや安全性を重視したモデルとなっている。

強、標準、ECO の 3 つのモードがあり、ECO モードでは速度が約 12km/h を超えると状況によらずアシストされなくなる(三洋エナクルのエコ充電モードでは 12km/h 以上で回生充電を行っていた)。アシストはやや低速寄り重視で、エネルギーバイクやビビチャージと比べ 20km/h 以上の高速域でのアシストは弱く持続しにくい。モータの永久磁石による回転抵抗(コギングトルク)が前輪ハブモータ型の中では他社製に比べ抑えられているとみられ、若干惰性能力が高い。なお、トルク検知は機械式で、強く踏み込むとエネルギーバイクに似た違和感を得ることがある。回生充電は左右のブレーキレバーと連動しているが、動作は 1 段階となっ

## ・ ブレーキランプは“おまけ”ではない ・

ブレーキレバーを握ると後方のランプが激しく点滅する仕様は、三洋電機がエネルギーバイクで初めて採用したが、実はこの安全機能の採用を長年各メーカーに要望していた人物がいる。NPO法人自転車活用推進研究会の小林成基理事長である。

そもそも自転車は、法律上“車両”であり、車道左側走行が原則で歩道は例外である。しかし、我が国日本ではほとんどの自転車が歩道を悠々と走っており、自転車利用者に加えクルマのドライバーも“自転車は歩道を走るもの”という誤った思い込みをしている。ヨーロッパ諸国などに比べ、車道が狭く自転車道の整備も進んでおらず、車道を走ればクルマに怒鳴られることもしばしばある程だ。日本の電動アシスト自転車のアシスト規制が 24km/h 以下でかつ自走が禁止されているなど、海外と比べやたらと厳しくなっているのは、アシスト規制が日本の自転車利用の現状を考慮し歩道走行を前提につくられたからであるのだ。それでも多くの専門家たちは、自転車は歩道より車道走行の方が安全であると述べているが、その根拠は歩道走行時の自転車事故率の高さが物語っている。

自転車がオートバイと同じ安全装置を整備することで、自転車が車両であることの意識、車道走行の安全性は高まる。電動アシスト自転車ではバッテリーを搭載しているため、ブレーキランプをつけることは技術的に可能であるが、コストの面で難しいだろう。しかし、ハイブリッド自転車では回生充電のためのスイッチをブレーキレバーに設けることが多く、この機構をブレーキランプに併用することで比較的容易に実現できる。ブレーキランプは“おまけ”のようにしか宣伝されていないが、後続の自転車やクルマに追突される危険を回避する待望の切り札であると小林氏は語る。

ている。回生充電量(制動力)はかなり控えめであり、速度によらずほぼ一定の負荷となるように制御されている。動作範囲は約 3km/h 前後～約 27km/h であり、標準、ECO モードでは下り坂で自動的に回生充電を行う。なお、操作パネル切り替えで速度表示が可能である(精度はサイコン並)。他社製にない機能として、横方向の傾きを検知することで転倒時などに即座にアシストを停止させる安全機構がある。また、取扱店の専用 PC に接続することで、駆動ユニットやバッテリーの状況が即座にチェックできる「スマート診断システム」を採用している。駆動音はエネルギーバイク等に比べ静かである。

### <ブリヂストン アルベルト e>

ブリヂストンサイクルの電動アシスト自転車にも長らくヤマハ製パワーユニットが採用され続けてきたが、2014 年夏ごろの試作車イベントの登場を経て、同社は 2015 年 2 月に自社開発パワーユニット「BS DUALDRIVE」を採用した電動アシスト自転車アルベルト e の発売を開始した。



ベルトドライブを採用し、駆動系のメンテナンスフリーを実現している。さらに、バッテリーは通常の 25.2V のものから 36V の専用設計品となり、高速域の回生制動力を広範囲で確保することが可能になっている。悪路走行時などで前輪が空転した瞬間にはアシストを抑えるスリップ制御が働く。エコ、オート、パワーおよびアシストオフモード(回生ブレーキのみ動作)がある。発進時の踏み込み応答は遅めであるが、低速時のアシストが力強い。高速域ではほとんどアシストを実感できなくなる。磁歪式トルクセンサ、スピードセンサに加えクランク回転センサも搭載しているが、中央モータ型に比べるとアシストが持続しにくい(トルクが抜けるとアシストが即座に弱まる)。オートライト機能を有する。

回生ブレーキは左ブレーキレバーと連動しておりエネルギーバイクと制動特性が似ているが、動作範囲は約 1km/h(回生打ち切り時に衝動はなし)～約 36km/h(実測値)である。回生制動力は 12km/h 前後で最大となり、停止直前まで制動力として機能する。また 30km/h を超えてもある程度の制動力を発揮する。下り坂での自動回生も行うが、応答性は低く、速度を一定に保つ機能はなくあらかじめ強か弱のどちらかに設定する。駆動音は静かである。

### 3-2. 後輪ハブモータ型の特性

現在、後輪ハブモータ型の多くは非大手メーカーから廉価品として出ている。なお、ヤマハもかつてこのタイプの動力を採用していた。中国などで量産されている電動自転車(モータのみの自走が可能なフル電動自転車や、アシスト規制に従っていない製品など、我が国では公道走行が認められていないもの)もほとんどがこのタイプである。余談だが中華電動自転車の大半は安価な鉛バッテリーを搭載しているため、後輪ハブモータ型で巨大なバッテリーを搭載している自転車は、公道走行が違法な電動自転車である可能性が極めて高い。



このタイプで回生機能をもつものは少ない。ここでは明電エゴドライブ社開発の回生機能付きパワーユニットを搭載した東部のエアロアシスタントについて述べる。



公道走行が違法となる電動自転車は、巨大なバッテリーと後輪ハブモータが目印。

### <東部 エアロアシスタント>

明電が開発し中央物産(株)が製造するエアロアシスタントのユニットは、後輪ハブ内にモータやトルクセンサ、コントローラなどを集約したオールインワン構造となっている。構造上の制約で後輪に一般的な内装変速機やローラーブレーキが採用できず、クロスバイクなどに多い外装変速機と V ブレーキの組み合わせになっている。後輪に荷重が集中しているため、両立スタンドを立てる際の取り回しは良くない。前輪ハブモータ型と比べ、ペダルを踏んでモータアシストがかかるまでに時間がかかる。駆動音は非常に静かである。

モータは減速機を介していないダイレクトドライブで、コギングトルクは発生するものの前輪ハブモータ型と比べるとアシスト OFF 時の回転抵抗は小さい。ヘッドライトは他形式がバッテリーから給電するのに対し、前輪ハブダイナモから給電する。また、一般的な電動アシスト自転車に比べアルミを多用し軽量化(強度は劣る)をはかっていることもあり、電源 OFF でも通常の自転車とほぼ同様に機能する。アシストは他製品に比べ弱めであるが、ピビチャージと同様 20km/h を過ぎててもアシストを実感できる。



明電開発のモータ



走行モードは、アシストを行うパワーおよびエコモードと、アシストはせず約 10km/h 以上では常に回生充電を行う充電モードがある。充電モードではパネル操作により発電量を 3 段階(現行仕様)で操作できる。回生充電はブレーキレバーとは連動しておらず、アシストモードでは下り坂でのみ自動で回生ブレーキがかかり、速度増加を抑える。充電モードによる回生充電の動作範囲は約 10km/h 以上であり、上限は

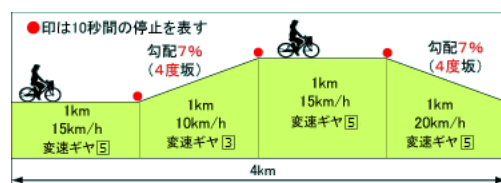
定かでない。急な下り坂での自動回生充電による制動力は、充電モードで充電量を最大に設定したときよりも大きい。充電モードでの発電量は速度低下に伴い減少してゆく。アシストモードで走行中に充電モードに切り替えれば回生ブレーキとして機能させることができる(メーカー非推奨)が、やや複雑な動作を伴ううえ回生充電が動作する速度範囲が高く常用ブレーキとしては使いにくい。両立スタンドを立て充電モードにして固定式自転車の様に使うことで、定地で人力発電により回生充電することが可能である。

能力別相対評価	ヤマハ パスシティ	三洋 エネルギーバイク	パナソニック ピビチャージWT	ブリヂストン アルベルトe(5段)	ミヤタ EXクロスSアシスト	東部 AERO Arex +LII
超低速(発進時)アシスト力	◎	○+	△+	○+	○	△
低速(10~14km/h)アシスト力	◎	◎	○+	◎	○+	○
中速(15~19km/h)アシスト力	○	◎	◎	○+	○+	○
高速(20~24km/h)アシスト力	△-	○+	◎	△	△	○
坂道発進(応答性・発進アシスト)	◎	○	○	△+	○	△
24km/h 以上走行能力(軽さ、GD 等)	○+	△	△+	△+	○	◎
惰性走行能力(モータ回転抵抗)	◎	△	△	△	△	○
低速(6~14km/h)回生制動力	×	○+	○/△	◎	△	△- (充電モード最大)
中高速(15~24km/h)回生制動力	×	○+	◎/○	○+	△	○ (充電モード最大)
高速(25~30km/h)回生制動力	×	×	○/△	○	△-	○ (充電モード最大)
超高速(31~35km/h)回生制動力	×	×	×/×	○	×	◎ (充電モード最大)

#### 4. ハイブリッド自転車の航続距離






##### 4-1. 中央モータ型とのカタログ航続距離比較

ハイブリッド自転車は、走行中に回生制動による充電が行えることで、一般的な中央モータ型電動アシスト自転車と比較して 1 充電(充電器による)当たりの走行距離は長くなると言えるが、その差はどれだけあるか。業界統一新テストによるメーカー公表値をもとにおよその走行距離の差をだしてみる。パナソニックのハイブリッド自転車ピビチャージ DT(前輪ハブモータ 26.9kg)と、それに類似したフレームで同じ 8.9Ah-25.2V バッテリーを搭載したピビ DX シティ(中



<業界統一新テスト条件>

- 1) 環境温度は 20 ± 5 °C、無風の状態
- 2) バッテリーは新品を用い、バッテリーライトは消灯状態
- 3) 車載重量(乗員と荷物の合計)は 65 kg
- 4) 路面は乾燥した平滑な路面
- 5) タイヤ空気圧は標準空気圧
- 6) シャーシダイナモ(室内計測機)による計測

強 標準 オートエコ	約30km 約36km 約49km	<パス シティL5>  約219Wh (25.2V-8.7Ah) 中央モータ型
パワー オートマチック ロング	約34km 約37km 約50km	<ビビDXシティ>  約224Wh (25.2V-8.9Ah) 中央モータ型
パワー オートマチック 平地充電	約34km 約47km 約88km	<ビビチャーシDT>  約224Wh (25.2V-8.9Ah) 回生車
強 標準 エコ	約38km 約44km 約54km	<リリーアシスト>  約223Wh (25.3V-8.8Ah) 回生車
パワー オート エコ	約32km 約42km 約52km	<アルベルトe>  約223Wh (36V-6.2Ah) 回生車

業界統一走行テストでの航続距離(回生あり)

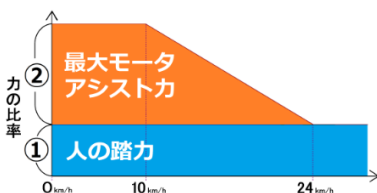
大きく設定することで低速時のトルクが強くなり、小さくすることで高速時の加速性能が増す。ビビチャーシでは24km/hまでアシストするため減速比を低めにしているようである。よって10km/hという低速では伝達ロスが生じやすく、バッテリーを浪費しやすいと考えられる(エネルギーバイクも同様の傾向がみられる)。一方アルベルトeでは21km/h以上の高速域でほとんどアシストされなくなるものの、低速での走行に向いており、ビビチャーシのように低速走行で効率が悪化することはあまり考えられない。

これより、ビビチャーシでは低速走行時はリリー、アルベルトeや中央モータ型と比べ伝達ロスが生じやすく、上り坂の勾配が急になり走行速度が遅くなればなるほど電費は悪くなるため、上り坂でも15km/h程度とやや高速度を保つと効率が良い。また、上り坂と同様に高負荷がかかる発進時もビビチャーシは不利になる。低速ギアで発進するなどモータにかかる負荷を小さくすると、効率は改善され中央モータ型との航続距離の差は拡大すると思われる。これに対し、リリーやアルベルトeは中央モータ型と使い勝手はほとんど同じであると言える。

回生ブレーキが制動力として有効に働くエネルギーバイク、ビビチャーシ、アルベルトeであれば、平地が少なく坂(約8度以下)が多い地域と相性が良く、好条件下での航続距離は中央モータ型のおよそ1.5倍に及ぶと考えられる。

#### 4-2. ハイブリッド自転車の実際の航続距離



クルマの実燃費はせいぜいカタログ燃費の8割程度にとどまることが多いであろう。しかし、電動アシスト自転車の場合、メーカー公表の航続距離を上回ることが多く、これは走行速度が速い人ほど顕著である。電動アシスト自転車は10km/h以上でアシスト比率が落ちてゆき、24km/hに達するまでにアシストがなくなるため、10km/h以上であれば速ければ速いほど電力消費は抑えられる。とりわけハイブリッド自転車では高速走行している時の方が



制動の際回生できる電力量も増えるため、その差は大きくなる。また、変速機を使いこなすことも電力消費削減に大きく寄与する。例えば、ビビチャーシでオートマチックモード、平地巡航22km/h前後、4度上り坂約17km/hのような運用であれば、一充電あたりメーカー公表航続距離の約2倍は走ることができる。

中央モータ 27.6kg)を比較する。業界統一テスト条件下で、パワーモードでの走行距離は両者とも同じ約34kmとなっているが、ビビチャーシではブレーキ時の回生充電を含めた数値であることから、平地や上り坂での電力消費は中央モータ型と比べ多いことがわかる。また、4度坂連続条件下ではすべてのモードにおいてビビチャーシが劣っていることより、ビビチャーシは上り坂での電費が悪いことがわかる。これより、ビビチャーシは通常走行(オートマチックモード)において平地や上り坂では中央モータ型より効率は劣るが、下り坂や減速時の回生充電を含めた総合的な航続距離は中央モータ型に比べ25~30%程度向上するようだ。

一方、リリーアシストやアルベルトeでは上り坂の電費が悪いとは言えない(ミヤタのリリーの4度坂連続条件における航続距離が長いのは、単純に他の車種に比べ最大アシストが控えめであるからと推定できる)。これは歯車減速比の違いによるものと考えられる。減速比は

強 標準 オートエコ	約10km 約11km 約13km	<パス シティL5>  約219Wh (25.2V-8.7Ah) 中央モータ型
パワー オートマチック ロング	約12km 約12km 約15km	<ビビDXシティ>  約224Wh (25.2V-8.9Ah) 中央モータ型
パワー オートマチック 平地充電	約8.3km 約9.5km 約12km	<ビビチャーシDT>  約224Wh (25.2V-8.9Ah) 回生車
強 標準 エコ	約18km 約20km No Data	<リリーアシスト>  約223Wh (25.3V-8.8Ah) 回生車
パワー オート エコ	約12km 約14km 約17km	<アルベルトe>  約223Wh (36V-6.2Ah) 回生車

4度上り坂 10km/h 連続走行での航続距離(回生なし)

## 5. ハイブリッド自転車が出回らない理由

### 5-1. アシスト思考の世の中

一般に電動アシスト自転車は、“ラクする自転車”“汗をかかない自転車”と称される。電動アシスト自転車の性能評価では、アシストの強さが大きな指標になっているのである。ある電動アシスト自転車専門店のスタッフに話を伺うと、「前輪モーターは非力なので、よほど長距離走る人を除いて、うちでは売れません。」と仰っていた。前述の通り、中央モーター型に対し、前輪ハブモーター型は急な上り坂に弱く、後輪ハブモーター型はアシスト自体が弱めという特性がある。これは、アシスト思考の強いユーザーにとっては致命的であり、特にヤマハやパナソニックの中央モーター型の乗り味を知っているユーザーからは、ビビチャージに対して上り坂でのパワー不足の声が上がっている。

前輪ハブモーター型の平地での充電走行や電源OFFでの走行においても苦言を呈している人がいる。現在の中央モーター型では、モーター直結の減速機にワンウェイクラッチの機能が付いているため、電源OFF時は減速機やモーターを回す必要がなく、普通の自転車にバッテリーとモーターの重量が加算された、言わばただ重りを載せただけの自転車になる。しかし、前輪ハブモーター型では、走行中モーターに加え減速機(歯車)を常に回すことになるため、電源OFF時は若干の走行抵抗が感じられる。惰性走行では、中央モーター型に対し約1.5倍速度減衰が早い(当会調べ)。なお、インターネット上で時々前輪ハブモーター型の長所として、電源が切れてもペダルが重くならないという声があるようだが、これは10年以上前の旧機構の中央モーター型と比較しての意見だと思われる。確かに、旧機構では電源が切れてもモーターや減速機が繋がったままであり、アシストが切れると非常に重たい自転車と化していた。そのため前輪ハブモーター型登場時はアシストOFFでも快適な走行ができることを謳い文句にしていたのかもしれない。



平地での充電走行は、余剰な力を発電にまわし、少しでも走行距離を伸ばすために行うものと考えられているが、筆者はそれに加え技術的な合理化を含んでいると考えている。前輪ハブモーター型は走行中常にモーターのコギングトルクと歯車の回転抵抗を

発生するため、アシストなしでは通常の自転車よりペダルが重くなってしまう。そのため、アシストなしでの走行は中央モーター型にも見劣りしてしまうため、どうせなら少しでもだけ負荷をかけて充電してしまおうという発想に至った可能性は否定できない。電動アシスト自転車のバッテリー1回の充電にかかる電気代は20円以下であり、回生充電により1充電あたりの走行距離が伸びても充電の手間が減るだけで、見かけ上の経済効果は極めて少ない。いずれにせよ平地での充電は、アシスト思考の強い人にとっては理解しがたいものであり、全く使えない機能だと言われてしまうのは当然かもしれない。

### 5-2. パナソニックの動向

ビビチャージは、三洋電機のエネルギーバイクの技術を多く踏襲し、さらにパナソニックオリジナル技術と新機能を盛り込んだ、言わば日本で最も高性能なハイブリッド自転車である。しかし、多機能である分通常の製品より1~2万円程高く、市場にはあまり出回っていない。三洋電機の吸収直前、パナソニックは電動アシスト自転車シェアの4割弱、三洋電機はシェア1割強を占めていたようだが、現在エネルギーバイクの後継車といえるビビチャージのシェアはパナソニック車全体の1割にすら及んでいない。



試乗会の様子

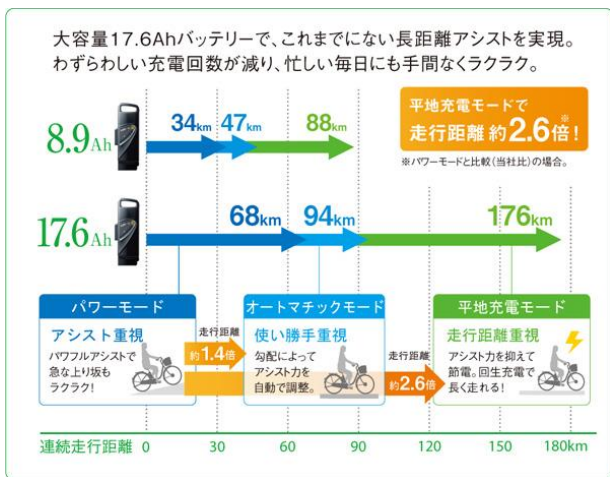


パナソニックセンター東京(有明)

パナソニックサイクルテックは約10台の電動アシスト自転車を載せたキャラバンカーを全国の各支店に配備しており、イベント等や取引先の店舗での試乗会に出動



している。しかし、現在試乗車としてビビチャージは用意されていない。また、パナソニックセンター東京(有明)にも約20台が展示されており、事前連絡で試乗可能であるが、やはりビビチャージはなく(かつては置いてあったようだ)、同社セレクトカタログにも載っていない。このように、ビビチャージを積極的に売ろうとしないパナソニックであるが、これには様々な事情があると見受けられる。始めは多くのラインナップを設け、アピールを行っていたようだ。しかし、販売不振が続いたのであるろうか、コスト削減のためもともとあった計6種類のラインナップは現在3種類(2015年3月現在)にまで減っている。



パナソニックはビビチャージの格付けに成功していないと筆者は思っている。ビビチャージは登場以来、業界最長距離走行が可能であることを前面に出し、他の機種とは桁違いである航続距離 160km(現在のモデルでは 176km)を謳い文句にしているが、これは平地充電モードを使用した場合の目安である。そもそも平地充電モードとは平地で微小な回生ブレーキをかけ続けて発電するモードであり、電動アシスト自転車ガラクする自転車だと思っている大方の人が日常的に使用するとは考えにくい。

売れなかった理由として、制御プログラム及び設計の変更も指摘できる。前述の通り、ビビチャージはエネループバイク

の機能をほぼ受け継いでいるが、発進時のアシストは両者間で大きく異なる。エネループバイクでは最初にガンと効かせていたが、ビビチャージでは控えめになっている。これは、乗り味や安全性に対する両社の考え方の違いのようである。しかし、インターネット上のビビチャージに関する評価レビューには、「出だしのアシストが弱い」「3速がダメダメ」「発進時にふらつく」といったエネループバイクにはない苦情が多数寄せられている。ただし、これらは中央モータ型に乗りなれた人からの意見であり、ギアを1速や2速(内装3段の場合)にすることであっさり解消できるのだが、電動アシスト自転車のユーザーの多くが高速ギア固定で走っている現状から察するに、パナソニックの味付けは一般受けしていないように思える。とりわけ発進時は登り坂と同様荷重が後輪に集中するため、意識的に強くアシストするサンヨーの味付けは効果的なものかもしれない。

### 5-3. 最近の動向

エネループバイクとビビチャージはともに 24km/h までアシストするような機構となっている。これまで前輪ハ

#### 回生充電の動作上限速度

エネループバイクではモータ小型化のため、モータ無負荷時の回転数をアシスト上限速度である 24km/h に設定しているとのことだ。電力回生には昇圧チョッパ回路を利用しており、モータの回転数が無負荷回転数を超えるとモータによる誘起電圧がバッテリー電圧を超えてしまい、インバータによる充電の制御が不能に陥るため回生充電を行えない。エネループバイクは 24km/h 以上で回生ブレーキが働かないのはこのためである。ビビチャージでは 24km/h 以上でも回生ブレーキが働く(実測によるものであり、メーカーは 24km/h 以上では働かないとしている)ことより、無負荷回転数も 24km/h 以上に設定されていると考えられる。

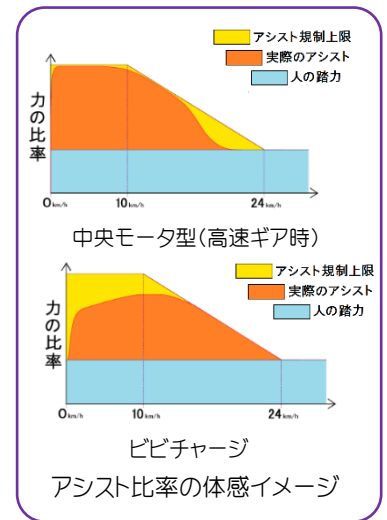
モータの定格出力はエネループバイクもビビチャージも同じ 250W であり、最大出力も大差ないと思われるが、前者のモータに比べ後者のモータは厚さが薄く小型化されている。一方で、低速時のアシスト力の強さは前者が勝るため、後者はモータ減速比を小さめに設定することで、結果的に無負荷回転数が 30km/h 前後になり、回生ブレーキの動作上限速度も同様になったのかもしれない。アルベルト e ではバッテリー電圧が 36V と高く、これが回生動作上限速度を向上できた理由か、あるいは制御の改善によるものかは定かでないが、いずれにせよ高速で回生ブレーキが効かないのは制御の限界に起因しており、意図して行っていることではないと言える。



SANYO エネループバイク モーターユニット部分の構造  
http://fiction-cycles.blogspot.jp/2012/01/sanyo\_02.html  
より

ブモータ型の特徴とは、大概出荷台数で圧倒しているエネループバイクのことを指していたため、「概して前輪モータは上り坂に弱い」と言われ続けてきた。しかし、鮮烈デビューを果たしたアルベルト e を分析してみると、決して上り坂に弱いとは言えず、同じ前輪ハブモータ型であっても味付けの仕方によって特性が大きく変わることがわかった。高速性能と低速性能のどちらを重視するかは、モータの出力や内部の減速機の剛性を特段高めない以上二者択一であり、両者は相反するものであると言える。

アルベルト e 発表の報道陣向け説明会では、「中央モータ型はハブやチェーンの耐久性考慮により上限まで出力できない」「アルベルト e はほぼ規制上限まで出力できる」と謳っていたようだが、アシストの出力の大きさに関して実際は中央モータ型ではチェーンを緩衝材として利用できることから一概にハブモータが優位であるとは言えない。現に最も軽いギアにしてアルベルト e (5段) とパスシティ-L5 の発進時のアシストの強さを比べると、明らかに後者の方が強い(中央モータ型の場合、通常1速を使用することはないため、これらは性能の優劣を決めるものではない)。また、高速時のアシスト力はビビチャージと比べ劣っている。具体的には約 5 度の上り坂でアシストを生かしつつペダル踏力を大きくして高速走行を試みると、パスシティ-L5 では 17km/h 前後、アルベルト e では約 19~20km/h、ビビチャージでは 22~23km/h まで出すことができ、それ以上は困難である。これより、アルベルト e は前輪ハブモータ型ならではの利点を生かしつつ、中央モータ型に近いアシスト特性を持たせていると考えられる。



## 6. 中央モータ型の現状

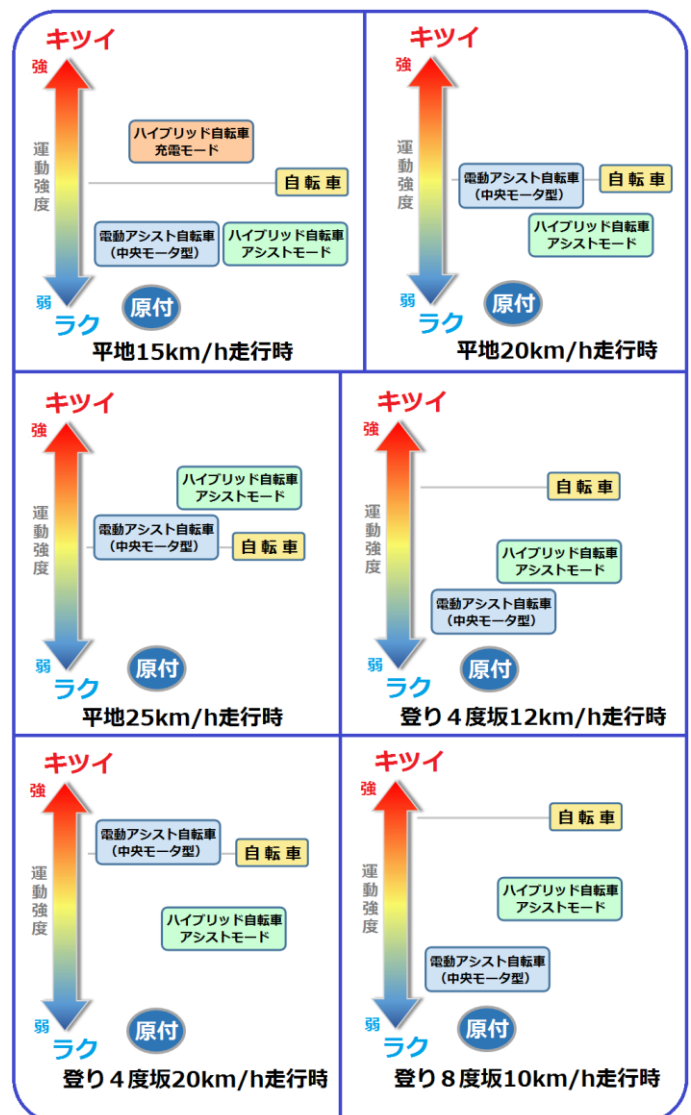
### 6-1. 人力との同調性に乏しい機構

＜高負荷時は人力よりモータアシスト優先＞

急な上り坂でも力強いアシストを得られ、定評のある現在主流の中央モータ型であるが、実は欠点も多々ある。

モータが変速機を介しているため、変速ギアのポジションによりアシストされる速度域が異なり、例えば1速で発進すると 10km/h を過ぎたあたりからモータ回転数が飽和し始め、シフトアップせずにはほとんど加速できなくなる。通常の自転車では、登坂時にはギアを軽くしてケイデンスを高く(ペダル回転を速く)するのが効率的な走り方となるが、中央モータ型電動アシスト自転車ではケイデンスが低いときにモータが効率良く機能する仕様であるため、上り坂でもケイデンスは低めに保つ必要がある。立ち漕ぎするなどしてケイデンスを高くした場合はモータが空回りしだしアシストを得られなくなる。低速時はとてもラクに走れるが、約 20km/h 以上になるとアシストがほとんど効かず通常の自転車と変わらなくなる。よって中央モータ型は状況によらず、常にペダルをゆっくり回転させてラクに走るための自転車であると言える。

中央モータ型は、急な上り坂であっても非常に強いモータアシストを発揮し、平地とあまり変わらない

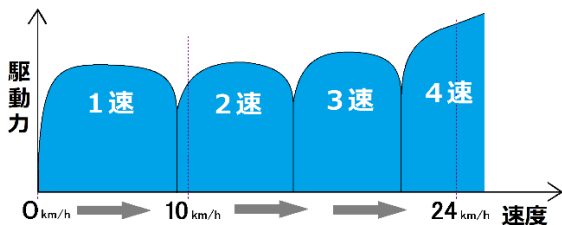


力で登ることができるが、高速走行には向いていない。上り坂などの高負荷時において、前輪や後輪ハブモータ型では低速ギアにしてペダル踏力を強くすることで、モータアシスト力と人力の両方を効率的に発揮できるため、22km/h くらいまでは通常の自転車よりラクに出すことができる。しかし、中央モータ型ではモータを生かすために高速ギアにすると踏力トルクが小さくなり、逆に人力を生かすために低速ギアにするとモータが空回りするため、結局前輪や後輪ハブモータ型のようにモータと人力双方の力を同時に効率よく発揮することができない。電動アシスト自転車はモータアシストを生かせなくなると重たい自転車となるため、結果的に約 20km/h～24km/h での走行時は通常の自転車より運動量が多くなる。

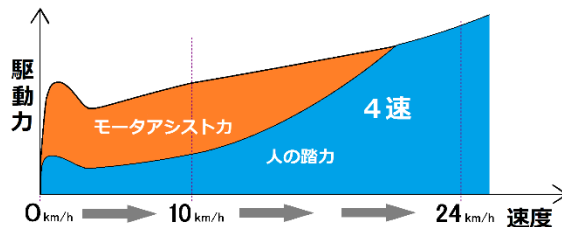
前述の通り、現行のセンターモータ型はアシストが切れた状態では減速機やモータを回さなくて済むため、ハイブリッド自転車などに比べペダルは軽くなる。通常の自転車より重量があるため、運動量(運動の勢い)が大きく惰性走行性能は高い。一方でブレーキ時には比較的強い握力が必要とされ、ブレーキシューの摩耗も早く起きやすい。特に回生充電がブレーキのアシストとして働くハイブリッド自転車と比べると、その差は大きい。

### < 駆動系に負担をかける構造 >

MT(マニュアルトランスミッション)の自動車で、3速や4速で発進する人はいないであろう。自転車でも自動車同様、1速で発進し速度が乗ってきたら2速、3速と順に切り替えることで、最小限の力で効率良く加速でき、さらに変速機やチェーンやスプロケットにかかる負荷を抑えることができる。内装変速機の場合、加速中に変速する



内装5段変速車の理想的な加速



電動アシスト自転車(内装5段変速)の一般的な加速

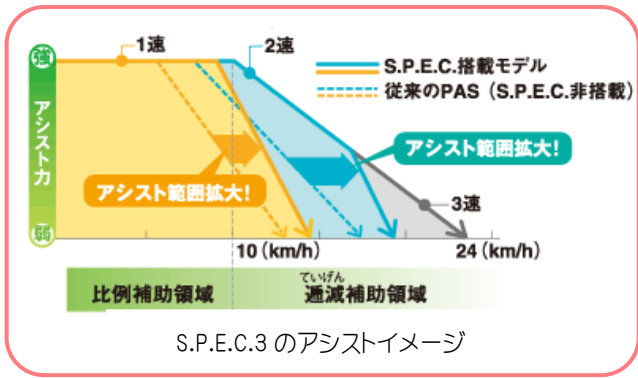
とギアにダメージを与える(内装5段、8段で顕著)ため、変速時は力を抜く必要があるが、MT の自動車のようにクラッチを別で操作する必要がないため、一瞬ペダルから力を抜けば変速可能である。しかし、モータ出力が人力と共にチェーンにかかる中央モータ型の場合、ペダルから力を抜いてもモータ出力がなくなるまで若干タイムラグがあるため、通常の自転車の様にスムーズには変速できず、MT 車と似たような挙動を伴う。さらに、1速で発進すると急加速してすぐにモータ回転が頭打ちになるため使い勝手が悪い。中央モータ型の1速は激坂やアシストオフでの発進以外では使う機会がないと言っても過言ではない。

一般に、中央モータ型は高速ギアで加速することが十分可能であり、内装3段変速車であれば余程の急坂を登るときを除いて、

常時3速で走っている人がほとんどであるため、前述の人力同調の悪さはほとんど問題視されていないが、変速機を使いこなして効率よく走りたい人にとっては扱いにくいと言わざるを得ない。また、駆動系の摩耗や故障のリスクは通常の自転車と比べ大きい。上位機種では高耐久な変速機やチェーンを採用し高速ギア固定であっても実用上あまり問題ないこともあるが、強く踏み込んでの急発進は禁物である。スポーツ車など内装8段変速採用車では特にトラブルが多いという。なお、中央モータ型と比べ、前輪ハブモータ型は駆動系にかかる負荷は遥かに小さいが、前輪リムが外傷を受けて交換する際などは修理費用がかさむため、修理やメンテナンス性に関して必ずしも優位であるとは言えないが、走行中の変速により大きなダメージを受ける可能性は小さい。

## 6-2. 先駆者ヤマハを追うパナソニック

近年発売されたヤマハのパスには、前輪(内装 8 段変速では後輪)にスピードセンサが搭載されており、最高速ギアを除く各ギアそれぞれのアシスト速度範囲を少し拡大する機能「S.P.E.C.」がある。これにより、低速ギアでのモータアシスト頭打ち速度を高めている。しかしこれは前述の通り高速ギア固定で走る人が多い現状、効力を発揮する場面はほとんどないと言える。強いて言えば、ヤマハのパス(同社が動力ユニットを提供するブリヂストンのアシスタなどを含む)には応答性に優れた速度計機能があり、これはスピードセンサの情報により表示されるた



め、一役買っている。

さらに2013年以降発売されたパスの多くには、クランク軸にも回転センサを設けることで、ペダル踏力の変動によらず一定のアシストが効きやすくなった「トリプルセンサーシステム」を搭載している。これにより、例えば上り坂に差し掛かった時に、一旦ペダルを強く踏み込めばその後ある程度力を抜いてもアシストは弱まらずスイスイ進むことができる。なお、「トリプルセンサーシステム」が搭載される以前より、概してヤマハ製ユニットはパナソニック製と比較しアシストを持続しやすい傾向があるようだ。

ヤマハのスピードセンサは 2009 年頃リリースされたモデルから搭載されているが、2013 年モデルよりパナソニックもヤマハのスピードセンサ同様の機構であるホイールセンサを搭載した（蛇足だが前輪中央にあるスピードセンサ（ホイールセンサ）の位置はヤマハでは車体左側、パナソニックは車体右側であるため、スピードセンサの位置でメーカーの区別がつく）。さらに、パナソニックは2015年モデルより新開発の「マルチセンサーモーター」を主力機種に搭載しているが、これにはクランク回転センサが新たに組み込まれている。



中央モータ型のパワーユニットに関して、技術革新という点で近年はヤマハがパナソニックの一步先を行っている感がある。そもそも電動アシスト自転車がここまで普及してきたのは、「電動アシスト自転車」を「自転車」として国に認可させたヤマハ発動機の偉大なる功績あつてのものである。現在まで衰えることのない同社の開拓者精神は大いなる尊敬に値する。しかしながら、パナソニックの性能が低いわけでは決してなく、物足りないと感じるかは人それぞれである。例えばクランク回転センサは走行中に内装変速機を切り替える際にはかえって迷惑な機能となり得る。「トリプルセンサーシステム」車では、変速の際に変速機に負担をかけないためには力を抜くだけでなくペダルをほぼ完全に止めなければならず、走行中の変速を積極的に行う人にとっては難有りだ。

以前は「強力アシストのヤマハ、長距離走れるパナソニック」と言われていたが、近年では両者間の違いはほとんど感じられなくなっている。両者とも力強さに加えアシストの持続を重視してきている背景には、電動アシスト自転車は“ラクする自転車”だとする民意があると言える。この価値観が変わらない限り、この業界では自転車らしさより乗り物らしさを求めるヤマハが主導権を握り続けるであろう。



売上 NO.1 パナソニック ビビ DX

パナソニックは電動アシスト自転車の出荷台数で見ればシェアNO.1という実績を保持している。ヤマハがフレームなどパワーユニット以外のパーツのほとんどをブリヂストンから受けているのに対し、パナソニックは多くのパーツを自社系列会社で調達し国内生産にこだわり、他社がやらないような受注生産製品の販売を行っている。土休日もお客様相談窓口を稼働し、試乗会などの機会を多く設けて消費者への発信および消費者からの意見を反映させ易い体制をつくっている。また同社は、法人向けや海外向け商品については先陣を切っている。親会社が家電メーカーであることからオートライトや操作パネル機能などについても優位に立っており、家電量販店という販売ルートが確立されているのも強みだ。

## 7. 現在のハイブリッド自転車から見えてくる将来性

ここでは、ハイブリッド自転車を代表してビビチャージWT、アルベルト e、エアロアシスタントArexについて、筆者の使用経験をもとに体得した実力および課題を挙げる。

### 7-1. 回生ブレーキの有用性



### <ビビチャージ、アルベルト e>

- ・ブレーキレバーを握っていくと機械式(摩擦)ブレーキよりも先に回生ブレーキがかかるように調整することで、平地では中高速時は回生ブレーキのみで減速することができる(停止直前はブレーキレバーの握りこみが必要)。日ごろ回生ブレーキを優先的に使用することで、ブレーキシューの摩耗が抑えられ交換周期が長く経済性が良いことに加え、緊急時の機械式ブレーキの制動力を維持しやすく、安全性が高い。
- ・回生ブレーキの有用性は、雨天時に強く実感できる。ほとんどの自転車が前輪に装備しているキャリパーブレーキは外気に露出しているため、雨天時はブレーキシューとリムの間に水膜ができ制動力が大幅に低下する。だが、電気ブレーキである回生ブレーキそれ自体は雨の影響を全く受けない。タイヤと路面の摩擦(粘着)が減少するだけなので、前輪回生ブレーキと後輪ローラーブレーキを使えば急ブレーキを除き雨天時も晴天時と変わらない制動力を発揮することができるため、安全である。
- ・高速域からブレーキをかけるとたくさん充電できる。重い荷物を運んでいれば、加速の際に消費する電力は多くなるが、回生ブレーキにより回収できる電力も多くなる(制動距離を長くとる必要がある)。

### <ビビチャージ、エアロアシスタント>

- ・オートマチックモード/アシストモードで走行中に下り坂に入ると自動で回生ブレーキがかかり、ブレーキシューをすり減らすことなく速度を一定に保ち、かつバッテリーを充電することができる。制動を弱くする場合は平地充電モード/充電モードに、解除する場合はパワーモード/電源オフに切り替える。

### <ビビチャージ、エアロアシスタント、アルベルト e>

- ・回生充電中は操作パネルの電池残量表示が空から満へ増えていくように流れ、発電を実感しやすい。
- ・リチウムイオンバッテリーは使用していくうちに徐々に容量が低下していく。低下する割合は、充放電回数に加え、充放電深度や使用環境および保存の仕方によって大きく変わる。使わないときは室温以下かつ残量を少な目(完全放電しない程度)にしておいた方が劣化しない。ビビチャージやアルベルト e は回生充電による走行中の継ぎ足し充電により走行距離を伸ばすことができるため、毎度満充電に近い状態まで充電しなくても運用できる可能性が高い。また、満充電に近い状態であると、回生充電が動作しなかったり効きが制限されたりするため、ブレーキとして有効利用できなくなる。80%以下で充電を止めることで、使用開始当初から回生ブレーキを有効活用することができる。回生充電モデルは、充放電の回数が増えるから劣化が早まるのではという意見があるが、残量が多くないときの低深度の充電は劣化にほとんど影響を与えない(制動距離を長めにとり、高速時は極力ハーフ充電にとどめると一層良い)。放電深度が小さく、頻繁に充放電を繰り返す平地充電モードを常用する方が、パワーモードを常用するよりもバッテリーを長持ちさせることができる。

### <ビビチャージ>

- ・ブレーキ充電時の最大制動力(発電量)は平地充電のおよそ 20 倍であり、両ブレーキレバーを軽く握り(フル充電)20km/h前後で走行中は、単位時間当たり急速充電器(NKJ048)で充電時の約2倍の電力(実測値を基にした計算値でおよそ 200W)を回生充電する(ビビチャージ WT にて 当会調べ)。実測では約5度の坂を回生ブレーキのみを使用して500m下って得た電力で、同じ坂をオートマチックモードで約200m上れた。上り坂では4割前後人力が含まれていることより、電力回生効率は約25%(過去のメーカー公表値では約30%)であると言える。なお、27km/hを超えたあたりから回生制動の効きが大きく低下するが、これは過大充電によるバッテリー劣化防止のため充電電流を絞っているからと思われる。

## 7-2. 変速機の有効活用で、究極の省エネを実現

中央モータ型は1速発進しにくく発進時にバッテリーを消費しやすいが、前後輪ハブモータ型では加速時に1速→2速→3速とギア変速して人力を効率よく投入することで、バッテリー消費を抑えつつ発進から20km/h以上の高速域までスムーズに加速することができる。また、上り坂では通常の自転車と同じように低速ギアにしてペダ

ル回転を速くすることで人力を効率よく駆動力に反映でき、モータアシストが支配的で変速の自由度に乏しい中央モータ型よりも速度を出しやすい。

### 7-3. 外部充電なしを可能に

電動アシスト自転車は通常の使い方では上り坂と発進時にバッテリーを多量に消費する。走行中の回生充電でアシスト走行に必要な電力を全てまかなうことは、通常不可能である。しかし、アシストを上り坂以外では使用しない割り切った使い方をすれば、道路状況にもよるがこれを実現できる場合がある。加速の時にアシストさせないことが肝心であり、そのためには搭乗者が1速→2速→3速といった段階的な変速を行うことが必要である。バッテリー残容量を40～50%前後にしておくことで、リチウムイオンバッテリー長寿命化にもつながる。

#### <アルベルト e>

アシストオフモードで回生ブレーキが動作するため、アシストオフモードで通常走行を行いブレーキの度に少しずつ補充充電して上り坂でのみオートモードのアシスト走行に切り替える。同じ内装5段変速であるビビチャージ WT やバスシティ L5/S5 と比べ GD(歯車比距離)が高いため、アシストオフでの発進時は1速でもやや重く感じるかもしれない。外部充電なしにこだわらないのであれば、エコモードにすることで適度なアシストが得られスムーズに加速できる。

#### <エアロアシスタント>

前輪ハブダイナモ搭載のため、手元の電源スイッチから独立してオートライトが点灯することより電源 OFF でも扱いやすい。基本は電源OFFもしくは初段充電モードで走行し、ブレーキをかける際にただちに充電モードにすることである程度減速する。ただし電源を入れ充電モードにするまで約2～3秒かかる上に、制動力は約12km/h以下ではほとんどなくなるので上級技である。アシストモードの下り坂での自動回生充電はリチウムイオンバッテリー充電への中継ぎとしてキャパシタ(コンデンサ)を使っているようであり(個人的見地に基づく)、バッテリー容量が小さい割に急な下り坂でも非常に強い回生制動をかけることができる(ただし、長い下り坂などでキャパシタの充電容量を超えると振動が生じ、制動力は低下する)。上り坂だけはアシストを使い、急な下り坂ではアシストモードの自動回生、緩い下り坂では充電モードを利用することで積極的に発電する。操作は複雑であるため、制動距離と安全が十分確保できるときのみ行う。

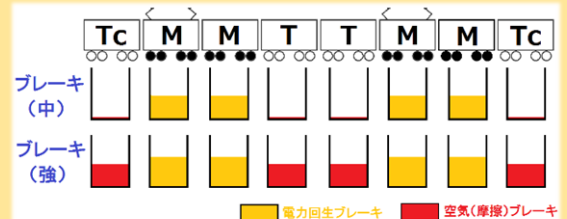
### 7-4. 究極の有酸素運動を提供

#### <ビビチャージ、エアロアシスタント>

#### ・ 回生ブレーキと遅れ込め制御

回生ブレーキは多くの電車で常用ブレーキとして使われている。電車の編成中にはたいていの場合、モータを備えた電動車(M車)と備えていない付随車(T車)の両方が存在するが、回生ブレーキを使えるのはM車のみである。従来は各車両それぞれで均一の大きさでブレーキをかけていたが、近年の車両ではT車のブレーキ力をできるだけ使わず、M車の回生制動力を強めることでそれを補う(遅れ込め制御)ことをしている。これにより、摩擦ブレーキの使用頻度を抑えられ経済性向上と省エネルギー化に寄与している。ただし停車直前や非常ブレーキ時、他の電車による回生負荷(電力の消費者)が十分得られないときなどは回生ブレーキの効きが制限されたり回生失効が起きたりするため、全車両摩擦ブレーキなどを使用する。また、回生制動が立ち上がるまで若干時間がかかるため、ブレーキ指令後まずは摩擦ブレーキのみ即座にかけ、回生制動が立ち上がると同時に摩擦ブレーキを緩めるといった制御を行うことが多い。

前輪ハブモータ型ハイブリッド自転車のブレーキは、先に回生ブレーキが効き、遅れて摩擦ブレーキがかかるように調整することで、遅れ込め制御とすることができる。



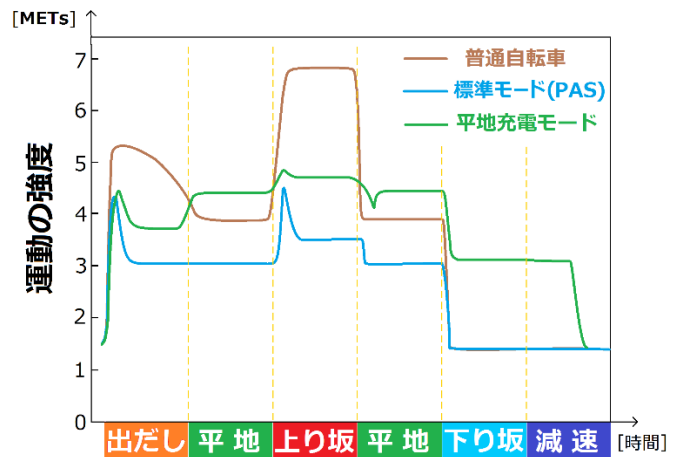
有酸素運動とは、低負荷を長くかけ続ける運動のことであり、空気から酸素を体内へ取り込む呼吸器系の能力や、筋へ酸素を取り込む循環系の能力、さらに筋で酸素を合成する代謝系の能力といった全身持久力を向上させる。全身持久力を鍛えることは健康に直結し、続けることで体質を変えることもできる。

現代人の多くが運動不足であると言われていたが、近年自転車通勤者が増えている。通勤通学は社会活動を行う上で避けては通れない。この通勤通学にサイクリングを取り入れることで、運動という目的を付加することができる。徒歩では困難な距離でも、自転車を使えば速度は徒歩の約 3~4 倍となり、効率よく移動することができるので、行動範囲も大きく広がる。だが、通常の自転車は、坂道を登るときには運動強度が平地走行時の約2倍以上に達することもある。逆に、下り坂ではふたつペダルを漕ぐ必要はないため運動強度は著しく低下する。つまり、自転車は歩行に比べ道路状況などによって運動強度が大きく変化しやすい。平地主体の地域では効果的な有酸素運動(全身持久力強化のための運動)になるが、坂道の多い地域では無酸素運動すなわち筋力トレーニング的な意味合いが強くなる。キツイ運動は毎日続けられず習慣化しない可能性が高いうえ、体に有害である活性酸素を多く発生させることになり、特にアスリートでない一般人にとっては健康に悪影響を与える可能性もある。



ヤマハのアシストOFFモードは、坂道だけアシストさせたい人には役立つ。

電動アシスト自転車であれば、人の漕ぐ力 1 に対し最大 2 までの大きさでモータアシストがかかることから、上り坂ではアシスト比率を高めることで、平地とあまり変わらない運動の強さを維持することができる。しかし、一般的な電動アシスト自転車はあくまで“ラクする自転車”であり、通常の自転車で十分快適だという人にとって健康増進という観点では必要ないだろう。だが、上り坂でアシストする代わりに平地や下り坂で発電抵抗をかけ、搭乗者にそれと釣り合う力でペダルを漕ぎ続けることを促す回生充電モデルでは、長時間効果的な有酸素運動を行えるため、ラクしたい人でなくても十分に利用価値があるはずだ。このように、走行中のペダル負荷変動を均一化することができるハイブリッド自転車は、移動手段としてだけでなく、高機能なフィットネスマシンとしても利用できる。



運動強度の変化イメージ

### 7-5. 非常用発電機として機能

ハイブリッド自転車には人力を発電に使えるという大きな強みがある。電車や自動車など他の乗り物で電力回生はあくまで運動エネルギーや位置エネルギーを電気エネルギーとして回収するためのブレーキとしてしか意味を成さないのに対し、ハイブリッド自転車では人が持つ化学エネルギーから電気エネルギーを生み出す発電機としても運用することができる。

電動アシスト自転車を防災用として使う場合、発電できないセンターモータ型を選ぶのはナンセンスだ。リチウムイオンバッテリーを満充電して保管するのは寿命を短くするため、望ましくない。ハイブリッド自転車であれば、走行中の発電でバッテリーに充電できるため、非常用発電機として機能させることができる。保管時は半分程度の充電でも問題ないだろう。

前輪モータ車の場合、特殊な装置がなければ基本的に走行によってしか充電を行えない。これに対し、後輪ハブモータ型ではスタンドを立ててその場で発電できるため、防災自転車としての有用性は非常に高い。東部は電動アシスト自転車のバッテリーからシガーソケットを通じ携帯電話などの外部機器を充電することができる二次アダプターを販売している。これにより、人力発電により得たエネルギ



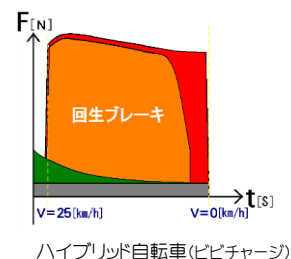
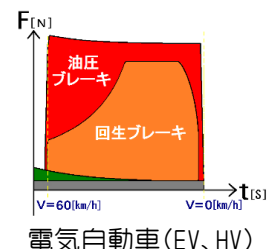
ーを貯めて携帯電話などを充電することができ、防災用の発電機としても機能する。

## 7-6. ハイブリッド自転車の回生効率

筆者はイベントなどでパナソニックサイクルテックの方と何度かお話しする機会があったが、そのときビビチャージの話を持ち掛けると決まって「効率があまり高くないので…」「効率がもっと上げられれば良いんですが…」と返答をいただく。元三洋電機の方から偉大な功績を残されたOBの方まで同じような回答を受けるという徹底ぶりだ。

電気鉄道の回生効率は最近の車両(VVVF、遅れ込め制御車)で最大約40%だと言われているようだ。ハイブリッド自転車の回生効率は約25~30%であるようだが、これが低いと言えるか。確かに堂々と謳える数値ではないかもしれないが、個人的には電車と比べてもそこまで低いとは言えない気がする。少なくとも以下の理由から自動車(HV、EV)よりは回生効率が高いと推定できる。

ハイブリッド自転車は、ブレーキレバーの引き具合を一定に保っていても速度によって制動力に変化が生じるが、効きを強くしたい場合はさらに握り込めば確実に摩擦ブレーキが働くため、一般に問題ないとされる。これに対し、電気自動車のブレーキシステムは、ブレーキペダルからブレーキ本体に至る油圧や機械的なつながりを切り離し、ブレーキペダルの動きをセンサで検知し、回生制動力を考慮しつつアクチュエータによって油圧を制御するといった複雑な仕組みとなっている。自動車の運転では応答性が重視されることや従来の自動車と運転感覚が異なると危険であることなどから、ブレーキペダルの一定の踏み込みに対し、制動力の大きな変化があってはならないとされる。そのため回生制動力の割合はそれほど高くできず、回生ブレーキは基本的に油圧ブレーキ(摩擦ブレーキ)と協調させて使用することになる(回生ブレーキを独立して操作できる車種もある)。また、高速走行時はモータによる発電電力が大きく一気に電流が流れてバッテリーが劣化するのを防ぐため回生制動力は大きくできず、バッテリーを使わずにリアルタイムで電力需給できる電車のように高速時に回生制動を中心として減速することは困難である。ただ自転車であれば通常運用速度は0km/h~約30km/hと限られた範囲であるため、回生ブレーキを優先して使用できる可能性が高く、自動車と比べ有利であると言える。



**F**: 制動力  
**t**: 経過時間

- … 機械式ブレーキ
- … 回生ブレーキ
- … 空気抵抗
- … 動摩擦、モータ抵抗など

## 8. ハイブリッド自転車売るために

ハイブリッド自転車は高性能であるが、その機能は多くの人にとって分かりにくいのが事実である。ハブモータ型の構造上出力を高く設定できたとしても、低速時は中央モータ型と比べるとアシストが強いとは言えず、アシストの強さを売りに出すことは得策ではないだろう。

特に中央モータ型に乗り慣れ、変速の怠慢に陥ってしまった人はハイブリッド自転車の良さを実感できない可能性が高い。また、前輪モデルでは高い旋回性能や30km/h超えの高速性能を求める人にとっては相性が悪い。また、回生ブレーキは応答性や速度による制動力の変動があり、シビアな制動を求めるスポーツ自転車には向いていないと言える。これらのことより、メインターゲットや宣伝文句は以下のように考えられる。

### <メインターゲット>

- ・初めて電動アシスト自転車デビューする人
- ・ラクをするのが目的ではない人(学生や、原付から乗り換えまたはクルマと併用する人など)
- ・「回生ブレーキ」を知っている人、「両輪駆動」(前輪 モータ)に魅力を感じた人

### <アピールポイント>

- ・両輪駆動(前輪モータの場合)、回生ブレーキ
- ・運動になる(ビビチャージ、エアロアシスタント)



- ・安全性が高い(雨天時の回生ブレーキなど)
- ・長持ちする(駆動系にかかる負荷が小さく、ブレーキシューが摩耗しにくい)
- ・楽しく省エネを体感できる(パネルや駆動音など)
- ・人を生かす設計—(中央モータ型と異なり、変速の自由度が高い)

#### <売れる人>

- ・鉄道および自動車業界の人、鉄道ファン、HV や EV の所有者
- ・学生、20代~30代の若い人
- ・健康意識の高い人、痩せたい人
- ・車道を走ることが多く、ある程度スピードを出す人
- ・変速機を使いこなせる人、乗り物好き
- ・スポーツバイク愛用者(後輪ハブモータ型のみ)

#### <合わない人>

- ・急坂(約 10 度以上)が多いまたは平地のみの地域で、かつゆっくり(15km/h 以下)走る人
- ・スポーツバイク愛用者(後輪ハブモータ型を除く)

#### <特筆事項>

- ・「アシストが強い」=「バッテリー消費が早い」=「バッテリー劣化が早い」を明記し、電動アシスト自転車の性能がアシストの強さで決まらないことを言う。
- ・発進時や上り坂では軽いギアを使うよう説明する。また、前輪モデルでは、急な上り坂では姿勢を前傾にすることを促す。
- ・バッテリー長寿命化と回生充電有効活用のため、必ずしも満充電にする必要はないことを明記する。特に、出発してすぐに下り勾配が長く続くような運用では、80%程度の充電で留めることを推奨する。



8度坂であれば、低速ギアにすることで難なく突破できる。中央モータ型より人力投入は多くなるが、スピードが出しやすい。

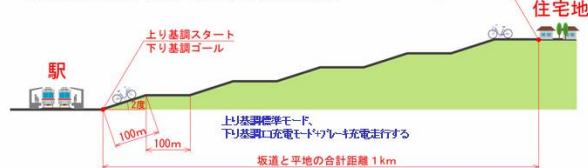


1速にして前傾姿勢を保てば、14度坂をなんとか立ち漕ぎせずクリアできる。ただし、中央モータ型よりもキツイ。

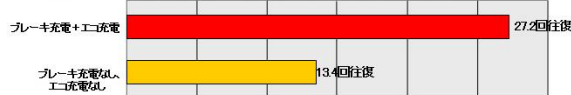
#### ■ 特長2 エコ充電モード

SANYO

「エコ充電モード」はこのような下り基調のコースを走行する場合に特におすすめです。  
走行モデルパターン  
「丘陵地の谷に駅があり、丘の上が住宅地の場合」



上記のコースを1回の充電あたり、何往復できるかの比較



Copyright(C) SANYO Electric Co., Ltd. All Rights Reserved.

3



## 9. 新・都市交通

### 9-1. 鉄道と道路交通

現在、都市部の通勤における交通の主役は鉄道である。鉄道は次の点で、他の交通機関を圧倒している。

- ①安全で利用料金が安く、時間に正確で便利である、
- ②空間利用性が非常に高く、輸送能力が非常に優れている、
- ③公共交通機関の中で抜群にエネルギー効率が低い、
- ④人口密度の高い都市部の空気を汚さない

このような圧倒的パフォーマンスの高さから、都市交通における鉄道の優位性はゆるぎないものであろう。しかしながら、鉄道の輸送能力は 1960 年頃から逼迫し続けている。首都圏人口の増加にあわせて、それ以上の輸送力増強を行い 40 年前に比べればいくらか改善されているとは言え、未だに朝夕ラッシュ時には満員電車が健在であり、多くの人々が我慢と苦痛の通勤ラッシュにさらされている。鉄道の輸送能力をもっと上げるといふ案があるはずだが、これまでわが国の財源は鉄道ではなく道路に集中して当てられてきた。それには長らく日本が国



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Motorcycles\_in\_Taipei.JPG より

として自動車産業を支えるために、自動車の利用を推奨してきたという背景がある。環境問題が取りざたされるようになってからも、日本は省エネ技術を磨き、自動車業界は技術で局面を乗り越えてきた。しかし、技術では解決できないことも多々ある。左の写真は、台湾における交通渋滞の様子であるが、バイクの数が自動車を大きく上回っている。実際にはクルマを買える所得がないゆえバイクに乗っている人が大半かもしれない。しかし、この写真に写っているライダーの多くがもしもクルマに乗り換えたとしたらどうなるであろうか、考えてみてほしい。数倍規模の交通渋滞が発生し、道路交通はたちま

種類別	ガソリン自動車 マツダ アクセラ	軽自動車 スズキ ワゴン R FZ	ハイブリッド車 トヨタ プリウス	電気自動車 日産 リーフ
燃費・電費	約 19.6km/L	32.4km/L	30.4km/L	8.77km/kWh
航続距離	999km ※JC08 モード	874km ※JC08 モード	1368km ※JC08 モード	228km ※JC08 モード
種類別	自動二輪車 Kawasaki Ninja 250	バイク ホンダ スーパーカブ 50	電動スクーター ヤマハ EC-03	電動アシスト自転車 パナソニック ビビチャージDT
燃費・電費	25.7km/L	75.2km/L	約 68km/kWh	約 232km/kWh
航続距離	436km ※WMTC モード	473km ※WMTC モード	43km ※30km/h 定速	47km (オートマチックモード) ※業界統一新テスト条件

上段の自動車は、すべて減速時に回生制動を行っている。ヤマハは電動スクーターでも、電力回生は行っていない。

ちまひしてしまうだろう。日本のクルマ社会は、鉄道網が発展しているおかげで問題があまり起こらずに済んでいるのである。裏を返せば日本の道路交通は、自動車の相乗りを広めたり、二輪車や自転車など小型の車両の利用を促進したりすることで改善の余地が大いにあると言える。

## 9-2. 都市道路交通のこれから

日本は、蓄電池技術が未だ発展途上であるこの世の中で、ハイブリッド自動車という革新的な工業製品を世界に普及させてきた。その代表格であるトヨタのプリウス(3代目)のカタログ燃費は、同じような型のガソリン車に比べ 1.5 倍～2 倍を誇る。しかし、自家用車として主流の普通自動車は、定員 5 人が基本であるものの朝夕ラッシュ時に乗っているのはたいてい運転手 1 人のみである。いくら低燃費であっても乗員 1, 2 人であれば、燃費効率は原付にかなわない。逆に、5 人乗せて走れば、着席定員(約 25 人)を乗せた中型路線バス(約 5.8km/L ※重量車モード燃費)よりも環境負荷は小さくなると言える。

現在エコカーと呼ばれるクルマのほとんどが制動時に電力回生ブレーキを併用している。駆動用モータを備える電気自動車ハイブリッド自動車はもちろん、ガソリン車や軽自動車でも減速時にオルタネータ(クルマの発電機)を集中稼働させ、キャパシタやリチウムイオン電池を介して鉛蓄電池を充電することで回生ブレーキを実現している。ハイブリッド自動車は、ブレーキでの電力回生に加え、エンジンの効率が悪い低速時にモータを使うことで燃費の向上が可能であり、都市部での発進停止を頻繁に繰り返すような運用では高い効果が見込める。しかし、路線バスではまさにこのような運用であるにもかかわらず、ハイブリッド車の導入があまり進んでいない。しかも、ハイブリッドバスのカタログ燃費はほぼ同型の通常のディーゼル車と比べ 10%以下の差しかない(実際の運用では、カタログ燃費以上の差は出ると考えられる)。現在の電池技術では、車重が膨大であるバスにおいてはクルマの様に電力回生することは困難であるようだ。アイドリングストップに関しても、近年はバスよりクルマの方が積極的に行っている。バス業界では、ここ数十年でワンステップやノンステップバスが普及し人には優しくなっているものの、環境に優しいと言えるのは乗客をたくさん乗せたとき限定なのである。都市部のバス業界では燃料電池車および水素ステーションの普及が望まれ、一部は LRT(次世代型路面電車)への切り替えも検討すべきである。

通勤ラッシュ時にクルマに人を多く乗せて走るようにすれば、バスへの依存は減るだろうが、現在日本で相乗りはほとんど実践されていない。相乗りは日本人の気質(特に東京)に合っていないため、「普通自動車を通勤で使用する際は原則 2 人以上で乗らなければならない」などと法律で規定されなければ普及しないだろう。よって現実的には都市部において、温暖化や環境汚染に加え交通渋滞を引き起こさないために 1, 2 人乗りの小型で環境性能の高い乗り物が求められるはずだ。筆者は、自転車がまさにこの要求を満たした乗り物だと考えている。速度こそ遅いが、発進停止回数が多く日常の行動距離が短い都市部において、その欠点はかなり薄れる。また、災害などで公共交通がマヒしたときには数少ない有効な交通手段となりうる。自転車を新しい都市交通として有効利用できる社会を、日本はつくっていく必要がある。



## 9-3. 日本人に自転車が必要な真の理由

自転車は安全性に問題があると思われる方が多いだろう。確かに、走行空間が整備されていない現在の日本の道路環境では、危険性は少なからずある。自転車は車両であり、車道走行が原則であることを自転車利用者だけでなく、クルマのドライバーにも認識させ、何より国や自治体がクルマだけでなく自転車が通ることを想定



した道路を整備していく必要がある。

筆者は現在大学の機械科に属しており、ロボット系の研究室を覗くと思うことがある。現在のロボット技術は、多くが人間のような自由度のある動きの実現を目標に研究されている。たとえ人間に近い動きができていてもバッテリー消費は非常に激しく、効率という点では人間に全く及んでいない。逆に言えば、人間は機械に比べ、未だ遥かに効率的な動きができていなのだ。そんな人間の力を使わないのはもったいないのではないだろうかと思ってしまうのである。自転車は、高効率ないわば人間エンジンを、生物が備えていない車輪という慣性力を引き出す人工的機構と組み合わせることで実現した、人類史上最も効率の高い乗り物である。

人間エンジンの性能には個人差が大きく負荷変動に弱いのがネックである。そこで、人力の不足する場合にモータによって動力を補う電動アシスト自転車の出番である。ハイブリッド自転車は、このような発想に近いと言える。しかし、もともと電動アシスト自転車はそのような考え方から生まれたものではなく、バイクを主に売るヤマハが経営難を打開するべく、免許を持たない人（特に高齢者）でも気軽に使える乗り物として、1993年に登場させたものだ。ヤマハとしては、電動アシスト自転車が原付の市場を争うのは本望ではなく、新しい都市交通として自転車が普及していくことに対し複雑な心境であるだろう。現在の電動アシスト自転車は、低速走行を前提にした乗り物である。しかし、都市交通として機能させるためには、ある程度スピードを求めることも必要であろう。自転車走行空間の整備が進み、自転車の車道走行が一般化すれば、現在のアシスト規制の変更、あるいは海外の例から見ても免許制の新たな電動アシスト自転車が生まれてくることは想像できる。いずれにせよこれらのイノベーションの実行は、自転車メーカーに課せられた使命なのではないだろうか。



トヨタのモードスイッチは、自動化とは異なる新たな価値を生み出している。

クルマの自動運転がそう遠くない将来実現されると言われている。交通に限らず様々な分野で、安全性の追求によって概ね自動化に行き着いている世の中であるが、自動化の推進は人間の感覚を退化させることにつながるの言うまでもない。また、自動化が必ずしも高効率化に結びつくとは限らない。現在日本のクルマは変速を自動で行うAT車が大多数を占めているが、ヨーロッパでは未だMT車が主流となっている。AT車とMT車で、操作は当然ながらAT車がラクであるが、変速の際損失が少ないMT車の方が燃費は良い。AT車の普及率が高い日本はいかにも技術大国らしい様に思えるが、それはメーカーの技術レベルが高いだけで、一般使用者の機械を扱う能力や技術は欧米と比べ低いと言わざるを得ない。これは、自転車の変速機の操作で顕著に表れている。日本の自転車の多くにはシマノ製の高性能な変速ギアが採用されているが、日本ではスポーツバイクを除いてその性能がなかなか生かされていない。とくに、電動アシスト自転車でメジャーな内装3段変速は2速か3速固定で使われているのが常である。日本人の自転車ユーザーの多くは、どうやら走行中に変速することを知らないようである。シマノはさらに高機能な内装8段や11段変速なども生産しているが、そのほとんどがヨーロッパ向け製品である。変速機は使いこなせば機械的な負荷を減らし、効率も高くなるのだが、使われなければただの重りであるばかりか、部品点数が多いことで剛性は低くなる。自転車は、軽量であることが特に求められるため、幸いあまり自動化の波にのまれずにいる。自動化の流れは必然ではあるが、自動化で人にラクさせることが、本当に人のためになるものであるか、日本人は考える必要がある。自転車は多くの人にこのことを訴えかける良いツールになるはずだ。

電動アシスト自転車は、決してラクするための自転車ではなく、人を生かす自転車であってほしい。

#### [参考資料]

- ・ パナソニック サイクルテック、ヤマハ発動機、東部(AIRO LIFE)、ミヤタサイクル、トヨタ自動車 各社 HP
- ・ そこが知りたい家電の新技术 三洋電機「エナクル」 <http://kaden.watch.impress.co.jp/cda/column/2006/12/13/214.html>
- ・ WEDGE Infinity 電動アシスト自転車「ビビチャージ」 パナソニックと三洋の技術を結集 <http://wedge.ismedia.jp/>
- ・ Car Watch プリジストンサイクル、フロントモーターを採用した車両 [http://car.watch.impress.co.jp/docs/news/20150120\\_684461.html](http://car.watch.impress.co.jp/docs/news/20150120_684461.html)
- ・ 電動アシスト自転車 まとめ@wiki <http://www26.atwiki.jp/den-assist/>
- ・ チームキープレフト 自転車時代がやってきた！【自活研・小林理事長の自転車コラムその15】 [http://www.teamkeepleft.net/news\\_detail/107/](http://www.teamkeepleft.net/news_detail/107/)
- ・ 株式会社 ライトレール HP より 「満員電車がなくなる日」 著者エッセンス



## ハイブリッド自転車の現状

筆者は昨年秋、調査のため東京にある「電動アシスト自転車専門店」を4店舗ほど見て回ったことがありますが、ハイブリッド自転車を店内に置いている店はありませんでした。また、量販店でもほとんど見かけることはなく、ヨドバシカメラではビビチャージDをまれにみる程度です。皮肉にも、ホコリをかぶって色あせたエアロアシスタントや、3割引でたたき売りされているミヤタのリリーを見たことがあります。このようにお店にハイブリッド自転車が在庫としてあることはめったにないのが現状です。私はビビチャージWTを購入するとき「これが欲しい」とカタログを見せながら店員さんに尋ねると「急坂に弱い」や「超長距離乗るのでなければ普通のものが無難」と言われ、別のモデルも考えるよう勧められました。私は事前に長所や短所を調べ研究目的も兼ねて回生モデルを買うと決心していたので意思を貫き通せましたが、このような場面で多くの方は考えを変えるかもしれません（その店員さんのアドバイスは筆者には偶然不要でしたが、いたってまともだったと言えます）。このように、ハイブリッド自転車はお店では売れにくくなってしまった以上、当分の間はホームページやカタログでの宣伝によって消費者の心を掴む必要があるかもしれません。

## ハイブリッド自転車界に朗報！未来は明るい

2015年2月、日本の自転車業界をリードするブリヂストンサイクルが、ベストセラーである通学自転車アルベルトに自社開発の回生機能付き前輪ハブモータを搭載した電動アシスト自転車アルベルトeを発売しました。これまで自転車業界ではメーカー問わず、ハイブリッド自転車は「回生充電」と謳っており、回生制動をブレーキとして位置付けていませんでした。しかし、今回のブリヂストンのアルベルトeの宣伝では、回生制動をアシストブレーキ、つまりブレーキとしてみなしています。昨年末に自転車活用推進研究会や自転車協会を訪れ、安全機能として電動アシスト自転車への回生ブレーキの普及を提案していた私は、今回のアルベルトeの発表を非常に画期的なものだと考えています。またアルベルトeでは、およそ10km/h～15km/hで走ることが多い子供乗せの女性や高齢者ではなく、20km/h前後と比較的高速で走ることが多い若い世代をターゲットにしたことで、前輪モータのアシストならびに回生ブレーキを有効に発揮できることが期待できます。商品機能と使用者が見事にマッチしており、宣伝方法によっては必ずやヒット商品になると信じています。アルベルトeの発売をきっかけに、電動アシスト自転車への回生ブレーキ採用がメジャーになることで、販売店の方々の前輪モデルや回生充電モデルに対する認識が変わり、ミヤタ、東部、パナソニックのハイブリッド自転車も売れやすくなることが期待できます。

## ハイブリッド自転車の課題

ハイブリッド自転車の回生ブレーキは、バッテリーの充電状況によって効きが変わり、概ね残量90%以上では全く効かないよう設定されており、およそ70～80%以上では効きが制限されます。よって、回生ブレーキとして有効に使うためには、残量80%以下の領域で使用するのが望ましいと言えます。

私は、ハイブリッド自転車の充電器については、残量80%程度で一旦充電が切れる機能を標準装備することを提案します。また、この機能の実行は使用者の判断に委ね、満充電することも可能にし、公表の航続距離については従来通りの数値を謳うことができます。

2015年3月

点園電鉄/電気通信大学鉄道研究会  
NPO 法人自転車活用推進研究会  
鹿本 享受