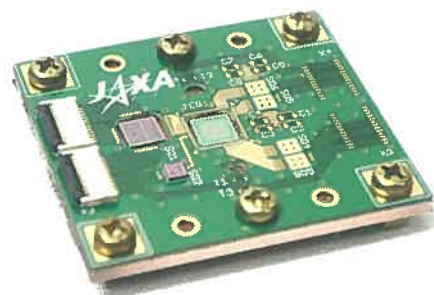


電気学会誌

The Journal of The Institute of Electrical Engineers of Japan

11

2015 Vol.135 No.11



十見百聞 電動バイク・超小型モビリティ市場への挑戦

—観光ビジネスとのコラボレーション—

特集 安全・安心社会の電気エネルギーシステムを考える(I)

～電力システムを取り巻く環境と課題・展望～

解説 宇宙開発におけるMEMSの役割

—ロケットの限られた空間に高性能・多機能・高信頼を詰め込む技術—

技術探索 日本における宇宙用太陽電池の開発

学生のページ 動作支援が少子高齢化社会の対策!?

～人間の歩行と転倒のメカニズム～



電動バイク・超小型モビリティ市場への挑戦 —観光ビジネスとのコラボレーション—

取材／鶴田和寛（文）・野中康太郎・吉武拓太（九州産業大学）
協力／（株）明和製作所

1. はじめに

福岡県の西端に位置する糸島半島には風光明媚な名勝が数多くある。「姉御の浜」「芥屋の大門」「幣の浜」「桜井二見ヶ浦」「芥屋海岸」など、遠浅の海水浴場やサーフィンに適した海岸が連なっており、最近では地元の食材を利用したおしゃれなカフェやレストランも増え、芸能人も移り住むほどの人気である。また、糸島市と福岡市にまたがった九州大学伊都キャンパスを中心とした学術研究都市も発展を続け、さまざまな分野で大きな成果を挙げている。このように、「豊かな自然」と「知の力」が存在する糸島市で、ものづくりと地域観光振興に取り組んでいる会社を発見した。電動バイクを販売し、糸島市に協力して同市に居住する九州大学の学生に格安でレンタルし、市内に充電スポットを設置して利便性を高めている。エコにも地域社会にも貢献可能である。さぞかし流行っているだろうと想像し、電動バイク、超小型モビリティの駆動装置を製作している（株）明和製作所（福岡県糸島市）取材した（図1）。明和製作所（MEIWA ELECTRIC MOTORS）は電気モータ、歯車、ダイカスト製品等の設計・製造・販売を行っている会社である。英語社名が表すとおり、モータに関する高い技術力があり、レアアース／永久磁石を使わないブラシレスモータであるSR（Switched

Reluctance）モータを2001年から開発し種々の産業用機器に向けて製品化している。この技術を元に、2010年から経産省基盤技術高度化支援事業⁽¹⁾（サポイン事業）にて超小型EV向けに効率を向上したSRモータによるEVドライブユニットを開発している。なお、モータというと完成された技術と思われがちだが、レアアース（ネオジム磁石等）の材料高騰を受けて、永久磁石を利用しない駆動用モータに関する研究開発が進んでおり、ハイブリッド車（HEV）や電気自動車（EV）といった電動車両、そして産業用機器などに向けて、さまざまな改善や新たな試みが続いている。SRモータは、突極構造を備えるロータとステータの間で生じる磁気抵抗（リラクタンス）の差を利用してロータが回転し、高回転での利用には最適

だが、低回転時のトルクが小さいことや、ロータとステータにある突起部分に磁束が集中してしまうことで、騒音や振動が大きくなる（人間にとって耳障りな周波数領域）ことが課題である。それでも、こうした課題を解決できれば、永久磁石を使わずに済むため、将来技術として期待が大きい。また、同社は地元（糸島市・観光協会・九州大学）と連携し、超小型モビリティ等活用観光推進協議会を設立し、2013～2014年度に九州初の導入事業を実施している。この事業では、海側と比べて魅力の発信が遅れている山側観光振興に向けて超小型モビリティ（2人乗り超小型電気自動車）レンタルを同市白糸の滝付近の広域基幹林道で実施し、その効果と社会便益の検証を行った。2年間の実証期間で一定の効果は認められたものの、その後



図1 （株）明和製作所（屋上はソーラーパネル）

の継続と商業ベースでの運用への移行は見送りとなった。これには国土交通省の「超小型モビリティの認定制度(2013.1.31)」が大きく影響しているようだ。この認定制度⁽²⁾では、軽自動車基準が基本であるため、国内の市場性が視界不良だからだ。端的に言えば、超小型モビリティに軽自動車並みの装備と安全基準を設ければ、価格も高くなる(軽自動車と同等)ため、軽自動車のほうが費用対効果は高いということだろう。また最終的な新車格の内容はおろか、導入時期の目安も示されていない。そのため、この事業に車両を開発・提供した(株)Kobotは事業を撤退、このフォーマットでの製品開発を行う新たな企業が現れにくい状況にあり、明和製作所の駆動装置開発も当面は工場間搬送や農作業用の特殊車両や配送業務用のスクーターに向けたものが中心となっている。

とはいえ、一般的な電気自動車は高価であるし、永久磁石(レアアース)を使わずにすむSRモータを利用した明和製作所の駆動装置を使った超小型モビリティには大きな可能性がある。

2. SRモータ

「モータとは永久磁石とコイルがあり、フレミングの左手の法則により力(トルク)を生じ、コイルに流す電流の向きで回転方向を変える構造である」と思い込んでいた筆者にとって、SRモータの構造は「衝撃的」であり、一種の「ダイヤモンド」のように感じた。SRモータは、1838年にイギリスのR. Davidsonが製作したと言われている。エンジンバラとグラスゴーを結んだ中間のフォールカークで電気鉄道に利用して実験したらしい。当時の日本は明治維新を30年も^{さかのぼ}遡る時代であり、今更ながら産業革命の偉大さに驚いてしまう。SRモータは、Switched Reluctance Motorの略であるが、Reluctanceとは磁

気抵抗で、励磁されている相が形成する磁気回路のリラクタンスが低くなるようにする向きにトルクが発生することを利用している。ちなみにInductanceは電気抵抗のことであり、混乱しないように注意が必要である。励磁されている相を切り替える意味でswitchが使われているが、実際は転流commuteの方がイメージに近いかもしれない。一般的なSRモータの特長と弱点を列記する。特長:(1)永久磁石を利用しないため希土類高沸、調達不安の影響がない。(2)衝撃による割れや高温・経年変化による減磁などによる永久磁石の脆弱性と無縁。(3)高温や衝撃などの悪環境に強く安全性・信頼性が高い。(4)高速回転時の効率が良い。弱点:(1)運転効率が希土類磁石に比べて低い。(2)振動・騒音が精密モータよりも高い。次に、明和製作所が開発したSRモータの特長を示す。(1)高度な制御技術と最適化されたコア形状でSRモータ効率を従来比10%UP。(2)モータコア・シャフトの精度・剛性向上および減速機との一貫設計・製造により、振動・騒音を低減。(3)小型EV駆動に最適化した制御設計により快適な始動応答や実運転領域での省エネを実現。図2に明和製作所が開発したSRモータを示す。永久磁石を使用せず、銅板でできたロータの突極がステータで切り替えられる電磁石に引き付けられて回転するシンプルな構造になっている。SRモータの用途



図2 SRモータ(明和製作所製)

としては、車両駆動用(バス、重機、EV、農機)、民生家電用(食品加工機、掃除機、遠心機、洗濯機)、産業機器用(ポンプ、自動織機、圧縮機)、インフラシステム(鉄道車両HVAC、採掘装置、水噴射ポンプ、クレーン)などが期待されている。明和製作所ではこれまでSRモータの高速特性・堅牢製・制御性を生かした業務用攪拌機、特殊工具、駆動装置などを製品化してきている。

3. 電動バイク

電気モータで駆動される移動体を考えると、EV(電気自動車)、電動バイク、電動車椅子、自動搬送(移動)ロボットなどが想像されるが、実は電動バイクは国内ではほとんど普及していない。一方、中国では市場規模(2013年)が3000万台/年の生産があり、保有台数は1億台以上といわれている。日本国内においても今後普及が見込まれそうだが、少子高齢化のため国内市場は小さく、法規制と高い要求水準(自走車両はすべて原付や自動二輪の範^{ちゅう}疇で、原付並みの走行性能・航続距離)があるばかりでなく、中国産電動バイク(走行性能や用途的には日本のアシスト自転車に近いイメージ)が安価なため、原付より安くという期待(実際はガソリンバイクと同等の走行距離を実現するためにはバッテリー高のため数倍のコストがかかる)もあり、普及どころか各メーカ



図3 試乗した電動バイク

の商品開発も滞っている状態である。

同社では国内各社の製品を取り扱い、テストマーケティングを実施した結果、現在は糸島市の定住化促進事業として、市に居住する九大生向けにモペットタイプの電動バイクをレンタルするほかに、配送業務用に1充電航続距離100kmを実現したモデルを企画販売している。

図3が試乗させていただいた電動ビジネススクーターMELMOである。このバイクの駆動モータは車輪の中にモータが組み込まれた方式で、エンジンタイプに比べて加速が良く非常に静かである。現在同社ではさらに駆動力を高めた業務用電動3輪スクーターを開発している国内ベンチャー企業にSRモータによる駆動ユニットを提供しており、近々製品化が予定されている。

4. 超小型モビリティ

自動車・交通分野のCO₂削減・省エネは、政府のエネルギー・環境戦略上、極めて重要な柱（次世代自動車は、日本再生戦略において集中実施すべきグリーン成長の五つの先導的中核プロジェクトの一つ）である。超小型モビリティとは、交通の抜本的な省エネルギー化に資するとともに、高齢者を含むあらゆる世代に新たな地域の手軽な足を提供し、生活・移動の質の向上をもたらす、省エネ・少子高齢化時代の「新たなカテゴリー」の乗り物（国土交通省：超小型モビリティの導入促進、平成25年1月）と記されている。自動車よりコンパクトで、地域の手軽な移動の足となる1人～2人乗り程度の車両（エネルギー消費量は、通常の自動車に比べ1/6（電気自動車の1/2）程度）であり、市販されている小型EV（日産リーフなど）よりも一回り小型である。大手自動車メーカーも試作品を製作し、デザインも含めて展示会等でコンセプト展示

している。導入効果としては、抜本的な省エネ（通常の自動車より少ないエネルギーで省エネ・低酸化に寄与）、新たな市場創出（新たなカテゴリーの乗り物として、自動車市場に新たな需要を創出）、高齢者・子育て支援（高齢者等の移動支援、外出機会増加、送迎行動が容易に）、観光振興等（観光地の振興や地域の賑わい）が期待されている。つまり、CO₂の削減のみならず、観光・地域振興、都市や地域の新たな交通手段、高齢者や子育て世代の移動支援等の多くの副次的便益も期待されている。また、超小型モビリティの認定制度（2013.02 国交省）では、長さ、幅および高さがそれぞれ軽自動車の規格内のもの、乗車定員2人以下のもの（2個の年少者用補助乗車装置を取り付けたもの）にあっては、3人以下、定格出力8kW以下（内燃機関の場合は125cc以下）のもの、高速道路等を走行せず、地方公共団体等によって交通の安全と円滑を図るための措置を講じた場所において運行するもの、と規定されている。

以上のように、一見、政府からの期待も大きく、副次的便益も期待できる超小型モビリティが普及しないのは何故だろうか？ 端的に言えば、超小型モビリティ認定制度は軽自動車を基準に作られており（若干の緩和措置あり）、ミニカー（原付4輪）ベースの試作車にはレベルが高すぎ、認定の対象外になってしまうからである。主な基準緩和の概要は、①高速道路等を走行せず、地方公共団体等によって交通の安全と円滑を図るための措置を講じた場所において運行することを条件に、一部基準の適用除外が可能、②二輪自動車の特性を持つ車幅1300mm以下のものについては、灯火器等について二輪自動車の基準を適用可能、③自動車の最高速度が、その設計上または速度抑制装置等の装備により30km/h以下であるものについて

は、衝突安全性に関する基準の適用除外が可能等である。また、対象とする超小型モビリティに関する、その他、安全性向上のための要件として、①電気自動車等については、歩行者等に当該車両の接近を知らせる車両接近通報装置の装備義務付け、②車両の前後面にそれぞれ基準緩和マークの表示義務付け、③運転者に対する速度警報装置、衝突警報等、事故防止につながる装置の装備の推奨等が規定されている。自家用車を運転される一般ユーザーにとっては「当たり前」ではあるが、これらを装備して、モータ駆動（バッテリー必要）し、軽自動車以下の価格を実現することは困難であることは言うまでもない。電気自動車はモータを動かせば良いだけだから、と安易に考えがちだが、車は走るだけでなく、安全性が非常に重要であり、市場に普及させるためには、認定制度を含めて非常に高いハードルを越える必要がある。現時点の国土交通省の認定制度では、「この制度を活用した地方公共団体等における先導的・試行的導入により、超小型モビリティに係る技術的な資料を得るとともに、成功事例の創出や国民理解の醸成を促し社会受容性を高めることで、将来的な保安基準等の見直し等について検討するに当たっての参考とします」とされており、国内の超小型モビリティの市場性は視界不良である。しかし、地方公共団体における先導的・試行的な導入は認められており、実績を作りながら新しい認定制度の策定を待っている状況である。

5. 観光活用推進事業

明和製作所は認定制度が発表されるとほぼ同時に糸島市と共同で「超小型モビリティ等活用観光推進協議会を設立」し、九州初、全国でも2番目の試みとして2013年4月～2015年3月末まで導入事業を実施した。設立した協議会が申請者となり、2人乗り小



図4 試乗した超小型モビリティ

型EVとして地方運輸局長に、車両の構造、必要な基準緩和項目と理由、運行地域、運行上の安全対策を申請し、認定後に軽自動車検査協会にて1台ごとに車検、使用者に対する運行地域、安全対策等の事前説明、各車両に認定証の写しを携帯、申請者が毎年の運行結果を地方運輸局長に報告、という手続きを行い、レンタカー運用（事業許可も必要）を開始した。風光明媚な白糸の滝（充電スポット）を拠点とし、EASTコース（雷神社（充電スポット）、雷山千如寺）とWESTコース（波呂展望場、一貴山展望場、ぱりい～展望場、木の香ランド（充電スポット）、極楽展望台）の山間道を最高時速20 km/hで走行可能であった。

また、糸島市と九州大学では並行して白糸の滝へのマイクロ水力発電所の設置導入を行い、そこに明和製作所の発電機（EVモータを応用して開発）が導入され、発電した電力で観光施設に給電、超小型モビリティの充電にも活用された。

取材時にはこのコースでの運行は終了し、市街地での運行実証に移行していたため、我々は前原駅から糸島市役所志摩庁舎までの約5 kmを試乗させていただいた（図4参照）。天候に恵まれたせいか、田園風景と風に包まれ、非常に開放感があった。しかしながら、乗り心地は良いとは言えなかった。すれ違う普通乗用車が大きく感じ、右折待ちでは心が落ち着かなかった。車体ボディの剛性、狭い車幅に起因する安定性、クッション性（地面が

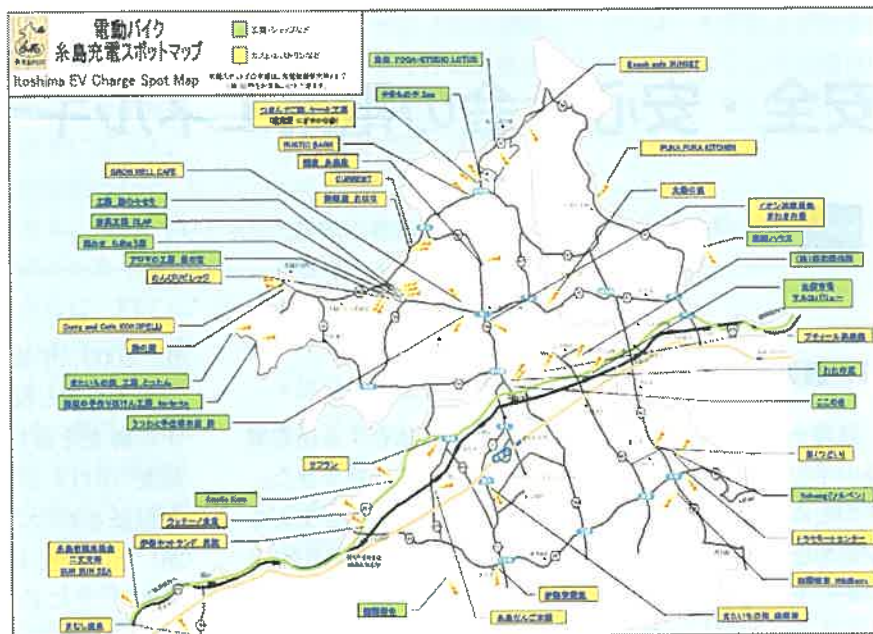


図5 糸島半島の充電スポット

らの衝撃緩衝性）などがその要因だろうか。バイクより剛性も高く安定しているはずなのに、このように感じてしまうのは普段運転している車の運転感覚と比較してしまうからだと思われる。現時点では、一般車が通れない、または安全の確保が難しくゆっくり走る必要がある、限られたコミュニティ内（離島、山間部、大型スーパー等）での運用がふさわしいように思われた。

明和製作所では、2人乗り小型EVのほかに、観光産業活用事業の一環として（2015年3月で終了）、前原駅前からの電動バイクのレンタルを実施し、糸島半島に42か所の充電スポットを設置した（図5）。充電スポットは現在も継続しており、駅前観光協会からのアシスト自転車レンタルも行われているので、カフェで寛ぐ間に充電可能である。

6. 今後の展望

超小型モビリティの普及は、低炭素社会の実現や、人口減少や高齢化といった環境変化に直面している地域社会における新たな移動手段となる可能性とともに、自動車産業に新たな市場を創出するものとしても期待されてお

り、自動車メーカーや関連企業をはじめ、これまで自動車産業との関連がない異業種からの新規参入も相次いでいる。こうしたなか、超小型モビリティの今後の普及には2人乗り小型EVの規格動向（国土交通省）が鍵を握っているようだ。前出の超小型モビリティ導入促進支援事業（2013年～2015年）による取り組み結果を受け、早期に2人乗り小型EVの車両規格が創設される（軽自動車規格とは一線を置く電動ミニカーや電動トライクに近い形）ことを期待したい。動力源となるモータにはレアアースを利用しないSRモータが利用できれば、一層の技術革新につながる可能性もある。

7. おわりに

早く取材にご協力いただいた（株）明和製作所の生野岳志社長、関係諸氏に深く感謝いたします。

文 献

- (1) 経済産業省中小企業庁経営支援部創業・技術課：戦略的基盤技術高度化支援事業研究開発成果事例集（平成22～23年度研究開発プロジェクト）p.214
- (2) 国土交通省都市局・自動車局：「超小型モビリティ導入に向けたガイドライン～新しいモビリティの開発・活用を通じた新たな社会生活の実現に向けて～」2012（平成24年5月）