

エコ・モビリティ車両の開発

— 産学官民連携を通じた自転車タクシーの開発 —

北海道職業能力開発大学校 江守 真

北海道職業能力開発大学校 印南 信男

関東職業能力開発大学校 水尾 準

Development of Eco-Mobility Vehicles

- Bicycle taxi development through industry-academia- government-citizen collaboration -

EMORI Makoto, INNAMI Michio, MIZUO Jun

要約

近年、世界的な異常気象による自然災害が多発し、地球環境問題に危機感を覚える人が増えてきている。このことは、人や物資の輸送手段にも影響を与えており、環境負荷が小さい自転車の利用が見直されている。そこで本開発では、自転車を利用し、自転車の足りない部分である「大きな荷物や人を乗せられる」という機能を付け足した車両開発をターゲットとした。取り組み当初は、市販の自転車タクシーの代替を目指していたが、町の人の意見などから個人利用もできる車両ということで開発が進んでいった。結果的には約2年半で、環境問題を考慮した、人や物資を輸送できる3タイプの自転車ベースの車両（エコ・モビリティ車両）の開発につながった。

I はじめに

現在、政府が掲げる環境未来都市構想⁽¹⁾により、環境や高齢化などの課題に対応しつつ、持続可能な経済社会システムを持った都市・地域づくりが進められている。札幌市では、2008年より、NPO法人エコ・モビリティサッポロが環境に配慮した交通手段を活用したまちづくりの一環として、市販の自転車タクシーを運行している。2016年7月からは、この取り組みをさらに発展させるべく、株式会社 Will-E 他と産学官民連携によって「地域オリジナルのモビリティ」を創造し、市民参加型のまちづくり及び地方創成を目指す取り組みが進んでいる。本校でもその一翼を担い、環境問題を考慮した「地域オリジナルのモビリティ開発」について産学官民連携を通して行うことになった。今回は、この開発を通して2年半、学生と共に取り組んだ成果を報告する。

II 開発のターゲット

エコ・モビリティとは、環境に配慮した輸送手段を意味する。現在、大きな環境問題として挙げられる地球温暖化問題は周知のとおりで、排気ガスを出さない輸送手

段は以前から求められていた。

そこで今回、排気ガスがゼロである自転車をベースとした車両（自転車タクシー）を開発のターゲットとした。これは、軽車両に分類され、車道の左側端に寄って時速10km程度で走行し、運転手も含め3人程度が乗車できる車両である。駆動力は、自転車と同じように人力を基本とするが、電動アシストを付加することで運転手の負担を減らして最小限のエネルギーで走行させる。現在は、観光を中心とした近距離輸送手段として札幌市以外でもいくつかの都市で実際に使用されている。札幌市で運行している市販の自転車タクシーを図1に示す。



図1 現在運行中の市販の自転車タクシー

日本における自転車タクシーの運行は、戦後の輪タクから始まり、一時期は役目を終え、姿を消していたが、15年ほど前から各地で環境に優しい交通手段という新しい認識のもとで導入が行われている。車両については、2005年の愛・地球博では国内メーカーからも3台が発表されていたが、現在、日本製の市販車両は見当たらず、海外メーカー製のものを輸入し、運行している事例が多数を占める。

以上を踏まえて、我々は、近距離において人や荷物の輸送に利用できる地域発の車両開発を目標とした。

III 開発の経緯

本校では、エコ・モビリティ車両の開発と銘打って2016年10月から開発を始めた。

着想のきっかけは、前述したとおり、国内において、市販の自転車タクシーが外国製のものしかなかったことにある。このため、自転車タクシーの購入コストが高く、保守部品も入手が困難であった。また、機能面でも小さな坂道を超えるのに苦勞し、バッテリーの持続時間が短いなどの問題があった。これらの問題について、札幌市で市販の自転車タクシーを運行していた NPO 法人エコ・モビリティサッポロが、株式会社 Will-E 等企業との間で相談を行っており、その後、本校にも地域連携により新車両を開発したいと話をいただいた。新車両の開発は、2016年7月に開催された産学官民合同ミーティングで、車両開発部門として、本校を含め、苫小牧高専チーム、企業チームの3チームがそれぞれ、オリジナルモビリティを開発するコンペ方式で進めることになった。

本校では、2016年に1号車両（アシストなし）、2017年に2号車両、2018年には1、2号車両とは発想を変えた電動アシスト付きのサイクルトレーラー（3号車両）を開発している。

IV 各年度の開発車両

1 2016年度開発車両(1号車両)

2016年度は、年度途中10月からのスタートであったことから、有志による参加で、応用課程生産機械システム技術科の1年生5名が集まり、専門課程生産技術科2年生2名も加わったメンバーで開発を行った⁽²⁾。応用課程1年生は、1週間に空きコマが1つもなかった状態で、全てが授業外での活動となったため、活動時間を確保するのに苦勞し、実質は2~3名を主体に開発を行った。

1号車両の全体構成を図2に示す。また、車両の仕様を表1に示す。計画では、電動アシスト部の開発は含めず、人力駆動ができる車両開発を目標に置いていたので、完成車両はこの時点の目標をほぼ達成できたが、課題点もあり、以下のとおりである。

1号車両の目標

- ・人力駆動が可能な自転車ベースの車両とする
- ・人（運転手以外）や荷物の輸送ができる車両とする

1号車両の達成事項

- ・人力による駆動が可能である（平地）
- ・乗客2名と荷物の輸送が可能である（平地）

1号車両の課題点

- ・ハンドルの切り過ぎによる横転の危険性がある
- ・チェーンが外れやすい
- ・チェーンから騒音がある
- ・人力駆動で始動する場合にペダルが重い



図2 2016年度開発車両(1号車両)の全体構成

表1 2016年度開発車両(1号車両)の仕様

項目	仕様
乗車定員	乗客2名、運転手1名
最大積載量	285kg（乗員含む）
全長×全幅×全高	3150×1100×1250mm
ホイールベース	2500mm
車両質量	82kg
最小回転半径	3300mm
駆動	人力駆動のみ
バッテリー	なし
灯火類	なし

2 2017年度開発車両(2号車両)

2号車両については、開発課題実習のテーマとして取り上げ、1年間かけて開発を行った⁽³⁾。

2-1 仕様

2016年度開発1号車両については、イベント等で市

販の自転車タクシーと合わせて展示・紹介する機会があり、その際、一般の方から大きすぎる、もう少し小さければ個人所有したいとの意見を複数いただいた。そこで、2017年度の開発はサイズダウンし、将来的に個人所有できる車両開発を目標とした。そして、学生達と相談しながら現在の法規制にとらわれない自由な発想で開発を行い、新しい近距離輸送手段の1つの形を世の中に提案するという考えで1年間の開発に取り組むことになった。2017年度開発車両（2号車両）の仕様を表2に示す。1号車両に比べてサイズダウンするため、乗車人数は1名減の2名（運転手含む）とし、全長は1m短縮した。また、人力駆動の他にモータによる駆動サポート機能を搭載した。

表2 2017年度開発車両(2号車両)の仕様

項目	仕様
乗車定員	乗客1名、運転手1名
最大積載量	150kg（乗員含む）
全長×全幅×全高	2150×1240×1200mm
ホイールベース	1600mm
車両質量	95kg
最小回転半径	3900mm
駆動	人力駆動+駆動サポートモータ モータ：ブラシレス DC 200W
バッテリー	リチウムイオン 12V 36Ah×2個 鉛シールド 12V 9Ah（灯火類用）
灯火類	前照灯、尾灯、方向指示器

2-2 構成

2号車両は3輪構造で、旋回時に安定性がある前輪2輪、後輪1輪の構成とし、駆動は後輪駆動としている。人力駆動を補助するモータは、後部座席足元に収納し、

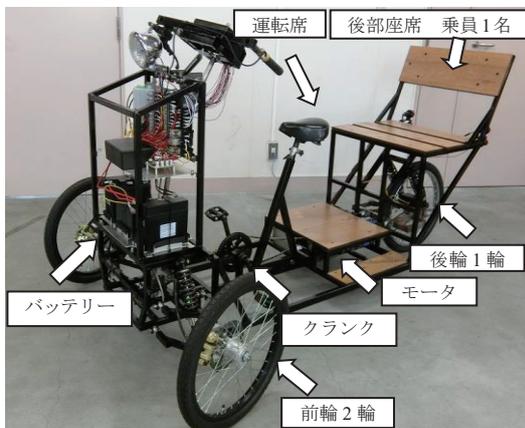


図3 2017年度開発車両(2号車両)の全体構成

フロント部にバッテリーを配置している。運転席のハンドル周りには、駆動サポートモータ及び灯火類をコントロールするスイッチ類がまとめられている。2号車両の全体構成を図3に示す。

2-2-1 フロント部

サスペンションは、ボディの重量を支え、走行中に生じる力を受け止める。本車両のフロントサスペンションには、ダブルウィッシュボーン式を採用している。上下一対のA字型のアームとコイルスプリング及びダンパ、ナックル等で構成され、高剛性で、車両が上下に動いた際でもキャンバ角の変化が少なく、路面とタイヤとの接地面の変化を少なくすることができる。フロントサスペンションを図4に示す。

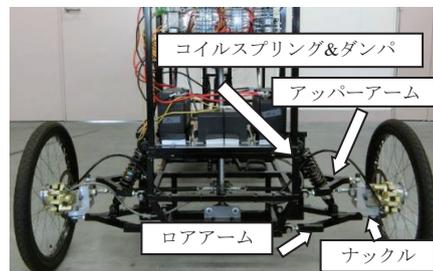


図4 フロントサスペンション

ステアリング機構は、3輪の旋回中心が一致し、旋回時に横滑りが少なくスムーズな走行が可能であることから、アッカーマン方式を採用した。2号車両では、ステアリングシャフトの回転を直接タイロッドを通じてナックルアームに伝え、タイヤが旋回するようにした。

タイヤは、20×1.75インチを使用し、ホイールは手組みした。また、ブレーキは油圧式ディスクブレーキとした。その他、前面にバッテリー収納スペースを設け、前照灯および左右の方向指示器も取り付けした。ホイール及び油圧ディスクブレーキを図5に示す。



図5 ホイール(左)及び油圧ディスクブレーキ(右)

2-2-2 運転席部

運転席には、座席とハンドルがある。いずれも身長170cm程度の運転者が運転するものとして設計しているが、体格の違う運転手に合わせてハンドルの角度や座席

の高さ及び前後の位置を調整できるようにした。座席は、ペダルの漕ぎやすさを優先するため、自転車のサドルを使用し、ハンドルは、腕を無理に伸ばさなくても旋回できるようにコの字形にした。

2-2-3 リア部

リア部は、1輪構造となっており、乗客用の後部座席が後輪の真上に配置してある。座席の後ろには尾灯・方向指示器・ブレーキランプが設置されている。リア部を図6に示す。

後部座席には、乗り降りしやすいようステップを設けてあり、リアサスペンションは両持ちのスイングアーム方式を採用して、2本のコイルスプリング及びダンパを配置している。また、後輪駆動となっているため、リアホイールハブの左右には人力駆動力とモータ駆動力を伝達するスプロケットを配置している。

タイヤは、20×2.15インチを使用し、チューブには発砲エラストマーを使用した中実チューブを採用している。

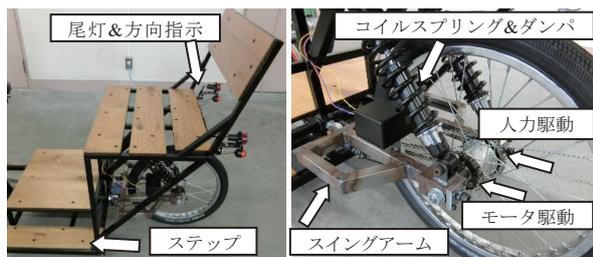


図6 リア部(左:全体図 右:拡大図)

2-2-4 駆動部

駆動部は、運転者の駆動力とモータの駆動力の両方を後輪に伝える。モータ駆動側は、チェーンとスプロケットを介して駆動力を伝達するようにしているが、モータ停止時には空転するようワンウェイクラッチを組み込んでいる。人力駆動側は、ペダル、クランク、チェーンなどに自転車部品を使用し、自転車と同じように運転者がペダルを漕ぐことをやめたときも空転するようラチェット式のフリーハブを使用している。駆動部について図7に示す。

2-2-5 操作・制御部

運転者が駆動サポートモータを使用するには、ハンドルに設置されているコントローラのメイン電源スイッチ(キースイッチ)をオンにする。駆動サポートモータは、サポートボタンを押す力に応じてスピードを制御する。サポートボタンを押す力は、薄型の圧力センサで測定している。その他、コントローラには、バッテリー残量を示すLEDを複数配置し、残量が少なくなるのに応じて

点灯から消灯に切り替わり、運転者が確認できるようにしている。また、前照灯、尾灯、左右の方向指示器のスイッチがあり、これらの灯火類の電源として鉛シールドバッテリーを使用している。コントローラを図8に示す。

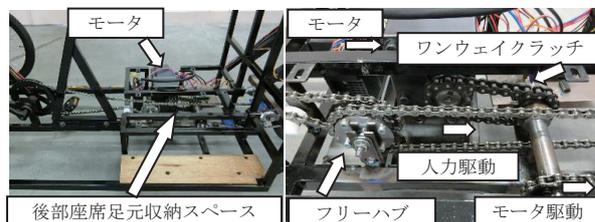


図7 駆動部(左:全体図 右:拡大図)

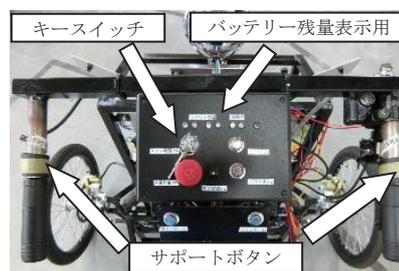


図8 コントローラ

2-3 2号車両の開発成果と評価

2号車両は、人力駆動に加えてモータ駆動も可能にしたため、駆動系のチェーンの取り回しを複雑化した。全体的には車重が重く、サポートモータの制御の改善が今後望まれる。2号車両の開発目標、達成事項、課題点は以下のとおりである。

2号車両の目標

- ・人力及びモータアシスト駆動が可能な車両とする
- ・人(運転手以外)や荷物の輸送が可能な車両とする

2号車両の達成事項

- ・人力駆動が可能である(平地)
- ・ユーザ操作でモータ駆動が可能である(平地)
- ・乗客1名と荷物の輸送が可能である(平地)

2号車両の課題点

- ・ペダル踏力に応じたモータアシストが未達成で、人力駆動で始動する場合にペダルが重い
- ・クランクを回す足がフレームに干渉しそうになる
- ・ハンドルが重く、最小回転半径が大きすぎる
- ・旋回時に後部座席がふらつく
- ・防塵・防水対策が不十分である

3 2018年度開発車両(3号車両)

日本における自転車保有台数は、2018年の統計⁽⁴⁾では、約6600万台で、1世帯当りでは平均1.266台とほとんど

すべての家庭で自転車を保有している。このことから、3号車両は1、2号車両とは発想を変えて、新しい車両というよりはむしろ保有している自転車を積極的に利用できるような後付け連結可能な車両の開発を行った。基本コンセプトはこれまでと変わらず、近距離における人や荷物の輸送手段の新たな選択肢となるよう開発することを目標として取り組んだ。

3-1 3号車両の概要

3号車両は開発名を「電動アシストサイクルトレーラーの開発」⁽⁶⁾として進めた。これは、自転車に連結して使用するサイクルトレーラーと言われる車両に電動モータを搭載させたものである。3号車両の全体構成、駆動部をそれぞれ図9、図10に示す。

3号車両は、1名の乗車が可能で、足元または座席を利用すればまとまった荷物も積載でき、自転車で牽引した際に負担を軽減できるようにアシストモータを搭載している。アシスト制御を行うために、自転車のペダルを踏み込む荷重データをペダルに埋め込まれたBLE (Bluetooth Low Energy) 装置から無線通信で開発車両側のマイコンに送ることで、アシストモータの駆動制御を行っている。

3号車両は、市販の自転車に連結・切り離しができるようにするために、ブレーキワイヤやコントローラにつながる電線も接続・切り離しができるようにしている。ここで言うブレーキとは、自転車のブレーキレバー(2本引き)を引いたときに連動する開発車両側の補助ブレーキのことである。また、コントローラは、自転車側に取り付けて、バッテリーの残量表示(LEDの点灯数で示す)やアシストのON/OFFができるものである。仕様を表3に示す。

3-2 3号車両の開発成果と評価

3号車両の試運転の様子を図11に示す。3号車両は、目標にしていたことがほとんど達成できたが、ペダルや連結部には改善が必要である。開発目標、達成事項、課

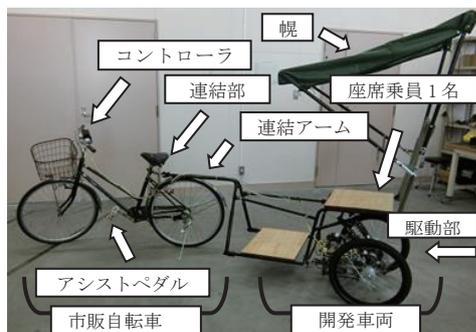


図9 2018年度開発車両(3号車両)の全体構成

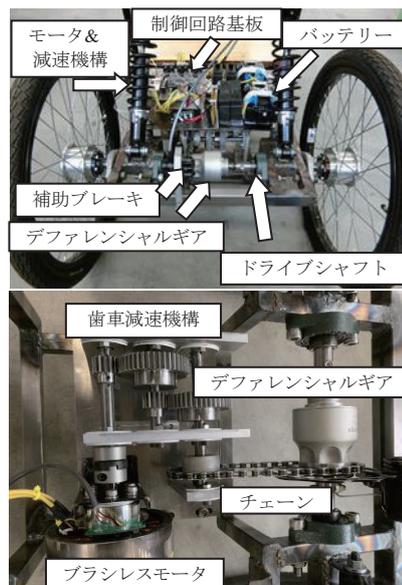


図10 駆動部の全体(上)と駆動伝達機構(下)

表3 2018年度開発車両(3号車両)の仕様

項目	仕様
乗車定員	乗客1名
最大積載量	79kg(乗員含む)
全長×全幅×全高 (幌を除く)	(展開時) 1900×610×1250mm (折り畳み時) 700×610×650mm(連結アーム除く)
車両質量	41kg
駆動	自転車牽引+駆動アシストモータ モータ: ブラシレス DC 165W
バッテリー	駆動用: リチウムイオン 18V 6Ah×2個 コントローラ用: 鉛シールド 12V 0.7Ah
灯火類	なし

題点は以下のとおりである。

3号車両の目標

- ・市販自転車で牽引可能な車両とする
- ・ペダルの踏力に応じてアシストが可能な車両とする
- ・人や荷物の輸送が可能な車両とする
- ・市販自転車に連結・切り離しが可能な車両とする
(工具を使用せず、簡単に可能なこと)
- ・切り離し後はコンパクトに収納できる車両とする

3号車両の達成事項

- ・市販自転車で牽引することが可能である(平地)
- ・ペダルの踏力に応じてアシストが可能である(平地)
- ・乗客1名と荷物の輸送が可能である(平地)
- ・市販自転車に連結・切り離しが可能である

- ・収納時は全長・全高で約 50%サイズに折り畳み可能
- 3号車両の課題点
- ・連結・切り離しに微調整を要する(要工具)
 - ・専用ペダルの厚みにより、踏み込みにくい
 - ・アシストがスムーズでない(間欠的)
 - ・防塵・防水対策が不十分である



図 11 開発車両(3号車両)の試運転の様子

V 開発を通じた学外との交流

本取り組みは、地域ニーズによるもので、「EMV プロジェクト」と呼ばれるプロジェクトの下、産学官民が参加してはじまり、本校では、2年半で3台の試作車両を開発した。当初、予定していたコンペは実現できなかったが、産学官民連携者との情報交換や報告会はもちろんのこと、さまざまな展示会やイベント、講演会等に参加して、学生・指導員ともに学外との交流の機会を多く持つことができた。学生達が学外に出て臆することなく産学官民連携者と意見交換をしたり、一般の人に対して自分達の活動の紹介や意見を聞いたりする姿を目の当たりにして、改めて貴重な経験と広い視野が得られたと確信できた。

産学官民連携の一貫として出展した1号車両のイベントの様子を図12に示す。また、2号車両の産学官民連携者への報告会における実演の様子を図13に示す。



図 12 産学官民連携でのイベント出展の様子(1号車両)



図 13 産学官民連携者への実演の様子(2号車両)

VI おわりに

今回の取り組みでは、低環境負荷のモビリティを実現するという目標を掲げて自転車ベースの車両を開発してきた。その結果、必ずしも利便性を追及したモビリティ開発にはつながらなかったかも知れない。しかし、これからのモビリティは、単独で発展していくのではなく、今後の社会情勢やまちづくりと密接に関わりながら共に発展していくと考えられる。これはすなわち、その社会に、そのまちに住む人々の意識改革によって、これまでの利便性を追及する発展だけでなく、多少の不便さがあるが、地球環境と次の世代の人々を考えた発展の形があると考えられる。このような考えから、我々は環境にやさしい近距離輸送手段の新たな選択肢を提案するために、人や荷物を運べるモビリティの開発を続けている。この趣旨を理解して、産学官民連携者の協力も得ながら前向きに頑張る成果を出した学生達には感謝申し上げる。

【参考文献】

- (1) 内閣府地方創生推進事務局、環境モデル都市の概要、<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo> (最終アクセス日 2019/8/22)。
- (2) 江守他、エコ・モビリティ車両の開発を通じた自主的ものづくり活動、北海道職業能力開発大学校紀要、第33号、2018年3月、pp.13-16。
- (3) 岡崎他、エコ・モビリティ車両の開発、応用課程開発課題実習梗概集、No.17、2018年3月、pp.47-56。
- (4) 自転車産業振興協会、平成30年度自転車保有実態に関する調査報告書抜粋、2018年10月、p.54、<http://www.jbpi.or.jp/report.cgi> (最終アクセス日 2019/8/22)。
- (5) 佐藤他、電動アシストサイクルトレーラーの開発、応用課程開発 課題実習梗概集、No.18、2019年3月、pp.37-46。