重度障害者の移動具に関する研究*

(第1報, 利用者ニーズに基づくコンセプトの提案と車両の設計)

鎌田 実^{*1}, 小竹 元基^{*1}
志水 俊晴^{*2}, 藤井 直人^{*3}Research on Design of Mobility Tool for Severely Disabled People
(1st Report, Proposal of Vehicle Design Concept Based on Users' Demand)Minoru KAMATA^{*4}, Motoki SHINO,
Toshiharu SHIMIZU and Naoto FUJII^{*4} Department of Engineering Synthesis, The University of Tokyo,
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656 Japan

The disabled can acquire driving licenses, if they have physical ability to transfer from wheelchair to car seat, and also to drive it with steering wheel, even if it requires any special supporting devices. However, transferring to a vehicle and driving with a steering wheel are very difficult tasks for people with severe disabilities such as damage on the cervical vertebrae, and therefore they are not able to acquire driving licenses. As a result, they do not have any mobility tools other than powered wheelchairs, which means their traveling ranges are limited. If they use automobiles that they can get on easily from their wheelchairs, and they can drive by joystick instead of steering wheel, it is greatly expected that their quality of life must be raised. This paper proposes such type of vehicle named EVD, and design of prototype and examines its feasibility and effectiveness.

Key Words: Automobile, Maneuverability, Human Interface, Layout Plannig, Disabled, Mobility, Electric Vehicle, Barrier-Free Design, Wheelchair, QOL, Steer-By-Wire

1. はじめに

障害で下肢が不自由な人の移動には、車いすが用いられる。しかし、手動タイプは手でこぐため、その駆動トルク持続性には限界があり、また、電動タイプは道交法上、歩行者と位置づけされているため最高速度6km/hに制限され、バッテリー容量による航続距離の制約もあり、いずれも移動範囲は限られ生活圏に制約がある。車いすは、歩行の代替手段と考えるべきで、それ以上の移動には別の手段を組み合わせる必要がある。交通バリアフリー法の制定により、鉄道やバスなどの公共交通機関のアクセシブル化が進められることになり、ある程度のモビリティ改善に貢献するが、その対象が5000人/日を超える、路線バスや駅施設で地域格差があり、また利用者の動線全てがアクセシブルにならないと使えないという欠点がある。したがって、当面は自家用車(マイカー)に頼らざるをえないのが現状である。車いす使用者が、マイカーを使うためには、免許を取得し、上肢だけで運転ができる車両(自操車)を購入しなければならない。最近までの免許要件は、車いすから座席に自力で移乗でき、ハンドル及び手動補助装置で運転ができることが必

要とされ、上肢を動かして手動車いすをこげる脊髄損傷者であれば問題ないが、頸髄損傷のように上肢にも麻痺があり電動車いすを使用する重度の障害者には、事実上マイカー運転は閉ざされていた⁽¹⁾。しかし、1980年代より、電動車いす使用の重度障害者のモビリティを向上させるため、車いすのまま運転ができる車両への取り組みが行われている。その一例として、東京都補装具研究所では、小型乗用車を改造し、車いすのまま乗り込めて運転席となり、レバー操縦により運転する車両の研究開発が行われた⁽²⁾。当時の技術では十分満足いくところまで到達できていなかった。海外では、大型バンの改造で、リフトまたはスロープで車いすのまま乗降、運転席として固定、ジョイスティックで運転ができる車両が開発され、重度障害者の社会参加に貢献している。そのような状況の中、'97年には市民団体の活動で、そのような車両がジョイバンの名称で導入され、全国キャラバンを行い、ジョイスティック免許を取得するなど、重度障害者でも自動車運転ができる門戸が開かれた。

本研究は、以上の背景より、電動車いすを使用するような重度障害者のモビリティを改善し、生活圏の拡大による社会参加をより容易にさせるための移動具に関する検討を行う。前記のジョイバンは一つの解であるが、非常に高価(約1000万円)であること、車両が大型であり日本の交通事情では使いづらいこと、などから、本研究では、比較的容易に入手ができ、日常生活において使い勝手が良く、現行法規で実現できることを目指し、研究

* 原稿受人 2003年8月6日。

^{*1} 正員、東京大学大学院工学系研究科(☎113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)。^{*2} (株)シバックス(☎224-0057 横浜市都筑区川和町255-3)。^{*3} 神奈川県総合リハビリテーションセンター(☎243-0121 厚木市七沢516)。

E-mail: kamata@sl.t.u-tokyo.ac.jp

開発を行っていく。本論文では、ユーザニーズをどのように車両として実現していくかのプロセスを主たるテーマとして技術的検討を行う。運転操作系の検討は次報にまとめるため、参考にされたい。

2. ニーズ調査

2・1 調査の概要 身障者でも、健常者と同じように自動車運転がしたいというのが、障害当事者の望みである。しかしながら、ジョイバンのような大型バンを所有するのは非常に困難であり、日常使用限定ということで、車両の簡素化と低価格による入手容易性をどのようにバランスさせるのがユーザニーズとして強いのかを調べるため、アンケートおよびヒアリング調査を行った。調査は、自動車の形態への意見聴取だけでなく、広く生活状況を調べ、移動のニーズを明確にすることを目的とした。

対象は、大阪府損連協会のメンバー80名（年齢層は20代から60代まで多様だが30～40代が多い）と神奈川リハセンタの患者15名（事故による受傷が多く若年層が多い）である。

調査内容は、障害の程度、生活一般の状況、現状の移動手段、望まれる手段などのほか、著者らが開発した高齢者向け超小型電気自動車（シルバービークル、以下SV）⁽³⁾と、図1に示す車いす仕様車のイメージを提示（ヒアリング時には現車を展示）し、意見を問うものとした。なお、本研究の主題は重度障害者の移動具であるが、手動補助装置でマイカー運転が可能な層でも、移乗の手間を省略できる車両を望む声が強いため、アンケート・ヒアリングの対象者は、広義に車いす使用者としていることをここに断っておく。

2・2 結果と考察 アンケート結果は膨大になるため、その要約を表1に示す。自動車運転を行う人とそうでない人で外出頻度が異なり、アクティビティに差がでていたほか、自動車利用距離も5km以下の割合が過半数で、ほぼ全てが20km未満であった。重度障害者の多くは、電動車いすでの移動のため、行動範囲が限られるが、事故等で受傷した障害者も多く、健常者並み（受傷前）の生活を送りたいという強い意欲も伺えた。一方で、重度障害者は、あまり外に出歩かず、施設等での生活習慣が身につけており、現状の生活を大きく変えたくない、生活が変わることを想像できないといった声もあった。確かに受動的で生活保護を受ける生活は楽であるという一面はあるが、移動手段を手に入れて能動的な生活を送り、納税者となる

Fig.1 Silver vehicle and its wheelchair accessible type

Table 1 Results of Q&A to disabled people

Life style	Freq. of going out	Every day: 28%, 2~3 times/week: 26%, once/week: 19%, none: 21%
	Mobility tool	Wheelchair: 60%, Automobile: 18%
	Mobility distance	Less than 5km: 50%, 10~20km: 15%
	Mobility purpose	Hospital, Shopping, Restaurant, Job
	Using conditions	Almost 1 person riding, less than 1 hour for drive
Comments on EVD	Complaints	Transfer from wheelchair to seat, parking space, price of car
	1-seater: OK: 75%, Speed: OK: 55% (too slow: 25%)	
	Cruising distance: OK: 40%, Too short: 46%	
	Testing drive: OK: 80%	
	Want to buy: Yes: 30%, after a while: 50%	
	Other needs: full-cabin, 2-seater, air-con, holding of driver's body	

ことが社会の一員としての責務であり、それによる生活充実度（QOL, Quality of Life）の向上ははかりしれないものがあるため⁽⁴⁾、移動具開発の重要性を指摘する声も強い。

障害者・高齢者のモビリティ研究のこれまでの成果⁽⁵⁾から、普通の自動車と6km/hの電動車いす・電動スクータの間に位置するような、一人乗用超小型電気自動車が、近隣移動の道具として役立つだろうと考え、今回の調査でもそのような車両をEVD（EV for Disabled）と称し、想定しての設問を用意した。健常者と変わらない自動車利用を望む声も少なくないが、費用面や免許取得面での入手容易性から、このような超小型車にも、高い評価がえられた。

3. 車両コンセプト提案

3・1 車両コンセプト アンケート等の調査時に超小型車への意見を聞いているが、本節ではこのEVDのコンセプトの煮詰めを行う。基本コンセプトとして重要なのが、重度障害者の自立生活を支援するということであり、他人の手を借りずに、独力で乗降・運転ができ、思うままに移動できること、近隣移動という限定をつけるが、それによる重装備からの解放で低価格の実用車として実現すること、である。具体的には次のように考え、新しい移動具のコンセプトとして提案する。

(1) 車いすのまま移動：これまでの自操車は、車いすからシートへ移乗が必要で、一部に屋根上やトランクへの格納タイプもあるが、車いすは折り畳んで車内へ

Fig. 2 Go-out style for disabled people (the plural reply)

格納していた。車いすは、乗り心地が良くなく、安全への対応が十分でない車いすから車のシートへの移乗はある意味で正論であるが、移乗・格納は手間がかかり、上肢がきちんと使えないと厳しい。また、ちょっとした移動に乗り換えるのは面倒であるという声も多い。上肢が使えない重度障害者にとっては、移乗・格納そのものが不可能であり、電動車いすも一般に折り畳むことができない。したがって、車いすのまま移動ができる車体構造が強く望まれている。

(2) **実用的な電気自動車**：車両への乗降が家の中でもできるようにするには、排気ガスの出ない電気自動車（以下、EV）とすることが望ましい。EVとすると自宅で充電が可能となり、わざわざ給油に出かける必要もない。また、電動モータの小型化により、車両レイアウトの自由度が高められ、車いす乗降を容易にでき、さらにジョイスティック等の操作系との親和性も良い。近隣移動に限定すれば、重いバッテリーを必要以上に搭載することが不要で、実用的なEVとして実現可能となる。

(3) **自動車の用途**：自動車の用途を明確にするため、80名のアンケート対象者に、外出先について調査を行った結果を図2に示す。主要な外出先は病院（全体の79%が良く行くと回答）や商店街（同69%）などである。それらの大多数は日常生活圏に存在するため、「街中の足」として使用できる程度の自動車で十分といえることができる。

(4) **低価格**：欧米で市販されている、車いすのまま運転ができるジョイスティック操縦車両は極めて高価格であり、多くの重度障害者の移動具とはなりえない。そこで、近隣移動、超小型1人乗りという制限を設けることにより、過剰な装備を廃し、低価格な実用車を目指すことができる。

(5) **原付規格**：日本には、原動機付き第1種自転車（3・4輪（いわゆる原付ミニカー）という保安基準上のカテゴリがあり、それに合致することで簡素な装備の実用車

Table 2 Specifications for each vehicle

		EVD (Target)	Proto1	Proto2	Silver Vehicle	Joy Van
Length	mm	2300	2141	2300	2270	5000
Width	mm	1200	1305	1200	1230	2000
Height	mm	1700	1694	1650	1620	2000
Weight	kg	400	550	440	350	2500
Max speed	km/h	50	30	43	28	Over 100
Climbing angle	deg	10	5.8	8	10	Over 20
Seating capacity	—	1	1	1	1	6
Cruising distance	km	50	38	50	21	Over 500
Motor power	kW	3	3.6	3	2.4	100
Battery Voltage	V	72	72	72	48	—

として1人乗用超小型車が実現できる。道路交通法上では、4輪車で普通免許が必要となるが、原付クラスのメリットは税金・保険の面でもあり、維持費を普通の自動車に比べ飛躍的に少なくできる。

(6) **魅力あるデザイン**：機能を盛り込んだとしてもデザインが無骨であるとユーザの心を惹きつけない。車いすでもデザインを売り物にした高価なものが使用者に受け入れられており、所有すること・乗ることがステータスとなるようなデザインを採用する。

(7) **従来免許取得ができなかった層への対応**：従来の免許取得の条件は、前述のように車いすから座席への移乗・格納、そして手動補助装置で運転操作ができることであったため、身体的条件から免許取得をあきらめていた人も多い。最近、欠格条項の見直しから、適切なハードがあれば取得が可能となっている。ジョイスティック等、従来の補助装置に代わる運転装置の採用で、より多くの障害者が運転可能になるように目指す。

3・2 類似車との比較 EVDコンセプトの基本諸元を、比較対象車と並べて表2に示す。前節のコンセプトの一部は、既に対応している車型もある。以下に、それらの状況をまとめ、EVDとの違いを明確にする。

・**車いすのまま運転**：普通の自動車では、欧米のリフトまたはスロープ付き大型バン、国産バンの改造、国内メーカーの対応例がある。これらはいずれもベース車が大きく、車両価格も極めて高い。乗降に広大な駐車スペースが必要で、実際の使用で制約が多い。一方、超小型車では、欧州の1、2人乗用ミニカーの事例があり、国内原付クラスでは、富山県や島根県のメーカーの事例があるが、乗降のためのスロープが長く、速度が20km/hまで等の制限があり、実用上の制約が大きい。

・**ジョイスティック操縦**：欧米では大型バンに取り付け改造を行う専門メーカーがあり、一部国産車への取り付け例もある。しかし、操作の難しさや価格の点で普及が拡大しているとは言い難い。研究レベルでは、前述のように東京都補装具研の取り組みがあり、複数台の試験車製作で検討が続けられたが、当時の技術レベルでの実用化は困難との判断で実用化は見送られた。著者らは、市販

タイプと異なる制御則で操作の容易化を達成する方式を提案した⁽⁷⁾。最近では、ITSなどの関連でジョイスティック操縦等のバイワイヤ方式を検討している例が増えており、コンセプトカーの公開例もある。ハンドル操舵をジョイスティックに置き換えるには、ステアリングゲインの増大による不安定性を反力制御等による工夫で取り除く必要があり、運転のための訓練も十分に行う必要がある。

・**原付ミニカー**：原付ミニカーは、実技試験不要の原付免許で乗れるということで約20年前に流行ったが、道路交通法改正で普通免許が必要となり急速に衰退した。最近、キットカーやデリバリ用途で再び車種が増えてきており、低公害車の普及向上の面からEVが多い。玩具メーカーが玩具の実車版として発売したものは人気が高く、実用EVとして評価されつつある。

このように、EVDコンセプトと一部のコンセプトを同一とする車両は少なくないが、重度障害者の自立支援となる移動具を、機能に制限を設けることによりリーズナブルなコストで実現し、障害者の免許取得を拡大しようとする点を備えている車両は無く、EVDコンセプトが唯一のものである。

4. 機能確認モデルの製作と評価

4・1 プロト1の設計 前章でまとめたコンセプトを技術的にどう実現していくかが設計上重要なポイントである。そこで、下記にしめす必要機能を盛り込んで車両として成立するかを検討するため、機能確認モデル(プロト1)を製作することにした。

・**車いす乗降機能**：障害者が独力で乗降できる機構が必要となる。また、駐車場所に制約を受けないう、乗降装置が車外に大きくはみ出さないこと、それにより普通の駐車場で乗降を可能とすることを目標とした。種々の方式を検討したが、電動モータを用いるEV化により、車両レイアウトに自由度が増すため、低床・後部ニールダウン・スロープ乗車の方式を採用することにした。具体的には、床高200mm、ニールダウン120mmとし、800mmのスロープ長さにより、地面から8度以内の角度で車両乗降を可能とする。図3にニールダウン時の車両後方からの外観を示す。ニールダウンは、左右1対のモータでサスペンションのダンパ部を縮めることとし、同時にワイヤでスロープの出し入れも行えるように工夫した。

実際の乗降では、車いすは直進性が悪いので、狭い車両に確実に乗降できるようにスロープならびに車両

Fig.3 Rear view of EVD at riding situation (Proto1)

床面にガイドを設けた。このガイドに沿った乗降ができるように、車いす側にもピンを取り付け、図4のような乗降支援システムとなった。車いすを運転席として使用するためには、固定装置に20Gという強度要件がかかるが、この車いすのピンを車側アタッチメントで掴む方式として要件をクリアしている。進入時にはストッパにあたる場所で自動的に固定がなされ、解除は運転席に設置したレバーで行うこととし、車いす使用者が車いすに乗ったまま容易に乗降できる方式を提案した。

・**超小型EV機能**：1人乗りの超小型車両であるため、乗降システムが決まり、必要機器の配置を考えるとほぼ車両の大きさが決まる。車両の操舵時の安定性、直進性などを重要視し、トレッドやホイールベースは他の原付ミニカーに比べるとやや大きめとし、原付ミニカーとしての機動性は発揮できるような寸法設定とした。直接視界を広くとれるように、運転席を車両のほぼ中央に配置し、車両前部の機器配置を考えた。車両駆動用電動モータは、左右後輪部に2個配置し、タイヤの直前に電動モータを設置し、チェーンで車輪を駆動することにした。電動モータは緻密な制御を可能とするように1.8kWのACサーボモータで、12Vシールタイプ鉛バッテリー6個直列構成で電源電圧は72Vとした。左右のモータは独立に制御可能とし、コンピュータで擬似的なデフを想定した制御を行えるよう設計した⁽⁸⁾。

Fig.4 Support system for getting on EVD(Proto1)

・操作系：操舵・駆動制動の入力装置としてジョイスティック操縦を採用した。過去の研究⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾で、適切な反力制御を行うことで運転の安定化がはかられることがしめされているが、信頼性・耐久性が保証された反力制御可能なジョイスティックが無かったため、中立点へのばね反力のみ工業用ジョイスティックを使用した。ポテンショメータにより計測された、ジョイスティックからの指令値により、左右操舵用モータ及び駆動制動用モータを動かすが、そのシステム構成は図5のようになっている。車両操縦用のジョイスティックの配置は、車いすのジョイスティックと位置が干渉しないように工夫をしたが、手を浮かせて操作するのは困難なので折りたたみ式の腕置き台を設置した。プロト1では、灯火類やホーンなどは省略しているが、その操作系の配置についても十分考慮して運転席周りを設計している。なお、非常時に対応できるように、機械結合のハンドルもバックアップ系として併置してある。

・その他：プロト1は機能確認用と位置付けたため、電気部品は専用品とせず汎用品を用いており、重量、スペース的には不利である。車体は角パイプの溶接構造で構成し、各種部品をそれぞれ配置、あまり構造の最適化に重要視せず、設計したため、車両の重さは初期の想定以上のものとなった。また、装備品についても、目的以上のものは設置せず、灯火類や外板パネルなどを省略する、各機器がむき出しの構成となっている。プロト1の主要諸元を表2に、外観を図6に示す。

4・2 評価 開発関係者で、まず試走・評価を行った。車いすでの乗り込み・固定は、予定通りに達成できていたが、ジョイスティック操縦に関して

Fig.6 Description of proto type "EVD"

は、低速域では特に問題なく運転可能なものの、35km/hを超えるとふらつきが多くなった。これは、車体速度に依存する車両挙動に対して、ステアリングゲインが固定であるためである。そのため、不感帯の設定や可変ゲインの採用で多少の安定化は可能と思われたが、初心者にも安定した運転ができるようにするには既報通り反力制御がかかせない⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾。車両の基本性能としては、車両重量が予定値を越えてしまったため、車両性能である航続距離や登坂性能が目標性能に大きく不足した。次に、神奈川県と兵庫県のリハビリテーションセンターに持ち込み、実際に障害者に試乗いただき、評価を行った。評価の模様を図7に示すが、免許非保有者には乗降とスタッフ添乗の極低速運転を、免許保有者には速度を制限して運転して頂いた。それぞれの場所で約10名ずつの人に対し、試乗・

Fig.7 Evaluation at rehabilitation center

Fig.5 Control system of EVD (Proto1)

Table 3 Evaluation results of Proto 1

Driving W/O transferring to seat	Yes: 100%
Get on the vehicle	Difficult: 80%
Dimension of the vehicle	OK: 75%, Too big: 10%, Too small: 10%
Comments	Want to have luggage space
	Improvement of switches
	Want to have air-con
	Want to use own wheelchair
	Want to buy as second car

ヒアリングを行った。結果の概要を表3に示す。これから、基本コンセプトに対して概ね賛同がえられたものの、細かな使い勝手に関して数多くの注文が寄せられた。一番不評であったのが、車いすのままの乗降である。それを可能とすることは強い賛同がえられたが、勾配を登りながら固定を行うプロセスは難しく、なかなかうまくできないという声が多かった。また、前後進切り替えにロータリスイッチを用いたが、四肢麻痺の人には操作不能であった。その他、荷物置き場が必要、車室を有しエアコンが欲しい、専用車いすではなく、自分の使っている車いすを使用したい、などの意見があり、次期試作車の設計への参考になった。今回の被験者は、障害レベルに伴う、車いすの形式も様々であり、あらためて障害者対応の機器開発の難しさを感じた。また、汎用的な基盤技術でどこまでを用意し、その先の個別対応をどのように考えるべきかを明確にしていく必要がある。ただし、運転操作系の個別対応の議論は次報で行うため、ここでは言及しない。

5. 実用試作モデルの製作と評価

5・1 プロト2の設計 2次試作車（プロト2）は、機能確認モデル（プロト1）の評価に基づく改良に加え、公道で評価可能な商品レベルの造り込みをする実用試作モデルと位置付け、設計製作することとした。プロト1で課題となった乗降性の改良を特に重点とし、乗降方式の再検討を行った。その結果、車両の床を地面まで落として水平移動で固定ができる方式が有力候補となった。床を可動とするためには、その駆動機構と車両全体の剛性確保が重要課題となる。前者については、図8に示すように、2個の電動モータを用いワイヤとガイドでバランスよく吊り下げる方式を考案した。後者については、床を除いたフレーム部だけでも十分な剛性を確保し、さらに床とフレームの固定も確固となるような方式とした。フレーム構造は図9に示すようなもので、重量物は前部に配置、それを十分な強度のフレームで固め、それに付

Fig. 8 Floor lift of mechanical of Proto2

Fig. 9 Frame structure of Proto2

ながら後輪部は上部に通したロールバーで連結し、全体の剛性を確保した。設計にはFEMと3D-CADを用い、剛性と軽量化を両立させる設計の最適化をはかった。車いす固定については、基本的にプロト1と同様の方式で、ガイドに沿って進行し、ストッパにあたる場所でピンを掴む方式であるが、軽量化のために構造を簡素化した。平らな状態での進行なので、容易に着脱できるが、車両に組み込む前に床面単品で乗降テストを繰り返し、ガイド等の形状を最適化した。

車両駆動用の電動モータは、プロト1から一転し、車両レイアウト、車両の重量バランスの関係から、図10に示すように、前部に1個配置し、そこから前輪を駆動するFF方式の駆動系とし、1個でも十分な出力を発生できるコンパクトな電動モータの採用した。

操作系については、信頼性の高い反力制御付きジョイスティックが無いことから、プロト2ではジョイスティックを後付できるような準備工事にとどめ、左右操舵は小径ハンドル、駆動制動は、ワイヤによる機械結合のレバーでの操作とした。ドライブバイワイヤが

Fig. 10 Driving and steering constructions around front wheel

Fig. 11 Chassis construction of Proto2

Fig. 12 Exterior of Proto2

現行の保安基準で認められていないことから、基本的に機械結合の操縦系を主としている。

図11にプロト2の構造構成を示す。これは乗降用に床を下げた状態である。駆動系を前部に集めたため、後輪はスイングアームのシンプルなサスペンションで支えられる。電気系部品も極力小型軽量のものを選定し、プロト1に比べ、大幅に軽量化を達成した。外装を取り付ける前の状態で、航続距離・登坂性能などプロト1では所定の性能が出ていない項目についても計測を行ったところ、十分な性能がえられた。

外板パネルのデザインは、シンプルながら流麗なものを目指して製作し、図12のようになった。当初のコンセプト通り、半天候型であるが、前窓面が多少側面に回りこみ、少々の雨でも濡れずに走行できる。後面には観音開きの扉を設け、床の上下に合わせて開閉するようにした。

メータパネルは液晶パネルに諸々の情報を表示する方式とした。スイッチ類は、なるべく操作を容易化するように努めたが、パーキングブレーキの解除レバーだけは他車部品の流用でやや扱いにくい。ハンドルは当初バー方式を採用したが、力を入れる方向がわかりにくいとの指摘を受け、通常の丸ハンドルにグリップをつけたものに変更した。

プロト2の主要諸元は表2に示されている。

5・2 評価 開発関係者による試走・評価では、前述のようにプロト1で性能不足であった点はほぼ満足いく結果がえられ、加速性能も充分であり、一般道路での交通流にも対応できる。操縦性能も良好

Table 4 Evaluation results of Proto2

Dimension of the vehicle	OK:63%, Too big: 6%, Too small: 25%
Maximum speed	OK:43%, Too late: 38%, Too fast: 6%
Need for vehicle compartment	Yes: 68%, No: 19%
Want to buy ?	Yes: 25%, Depend on the price: 37%, No: 13%

で、床が別体であるにもかかわらず剛性も十分あると感じられた。しかし、アシスト機構をつけていないハンドルは、特に据え切り時に重く、タイヤからの反カトルク（セルフアライニングトルク）がハンドルに十分反映されないためカーブからの立ち上がりでハンドルを積極的に戻す操作が必要であった。そのため、サスペンションのアライメントの細かなチューニングを行う必要がある。

障害当事者による評価は、これまでのところ横浜リハビリテーションセンターといくつかの福祉車両展示イベントで行った。評価結果を表4に示す。横浜リハビリテーションセンターのスタッフからは高い評価を得たものの、障害者は上体がしっかりしたスポーツ競技者が多かったため、コンセプトは支持するが今の自分には不要という意見が多かった。しかし、プロト1の評価者に聞くとまた違った評価になるものと思われる。最高速度が40km/h迄安全に走行可能な訓練コースの展示イベントでは、このままでも完成度が高いという評価をえた。しかしながら、実際の公道では、混合交通で他車からどう見えるか、駐車場等での使い勝手、車両の信頼性・耐久性などの評価を行っていく必要がある、今後取り組む予定である。

6. コンセプトの検証

本章では、EVDのプロトタイプの開発・評価を通して、障害者の移動具への新しい提案に対し、コンセプトの検証を行う。

（1）車いすのまま移動：電動車いす使用の重度障害者、手動車いす使用で普段は座席への移乗で自乗車を使う障害者の方々からも、強い要望・高い評価をえた。乗車・車いす固定方法については、プロト2の方式であれば、問題なくできた。また、スロープやリフトの展開面積を不要とする床上下方式では、車両の大きさに車いす長さを付加したスペースがあれば乗降可能であり、他車に対して優位性を有する。普通の駐車場の広さで乗降可能、かつ小回りの良い車両である。

（2）実用的なEV：車いすのまま運転できればEVである必要は無いという意見もあるが、EVの静かさや

快適性は高く評価された。ガソリンスタンドに行かなくても自宅で充電できることも利点として挙げられた。自宅の玄関を改造することで、屋内まで乗り入れることも可能であるため、屋内外のシームレス化にも有効であるとのコメントもあった。E V で問題となる航続距離については、使用者の生活習慣から、超小型の近隣移動用のコンセプトとしては十分であるとの声が多く、車両性能としては、E V 特有の低速高トルク性能により発進時にもたつくこともなく、最高速度は低いものの、問題視する意見はなかった。

(3) **車両価格**：100万円ならすぐに欲しいという人が多数あり、本格的なジョイスティック車とは違った割り切りによる容易入手性への強いニーズがある。しかしながら、プロト2のような手作りによる製造では目標価格の約2倍以上になる見込みで、公的な資金援助、原付ミニカークラスE V の本格普及による部品の低価格化、少量生産を低コストで実現する生産体制への努力が必要である。

(4) **原付規格**：近隣移動を主とする使用法のため、最高速度は40km/hも出れば十分であり、簡素な装備へは肯定的な意見が多かった。一方で、外部に車室がむき出しになっているため、体温コントロールが困難な方からは、車室を有し空調装置があった方が良いという意見もあった。現状の重量400kg、航続距離50kmというのが、電池容量等の点で一つの最適値という判断であるが、障害レベルに応じた個人対応のバリエーションも考えていく必要がある。

(5) **デザイン**：原付車といえども100万円以上の価格となるため、それなりのデザインにして欲しいとの声が強く、プロト2のデザインは及第点であった。

(6) **操作系**：身体的な残存機能により、ジョイスティックでないと運転できないので絶対ジョイスティック操縦が欲しいという声と、ジョイスティックでの運転は難しいのでいらないという意見に二分された。技術的には次報に示すような対応の目途がたっているが、耐久性・信頼性の高い反力制御が可能なジョイスティックの開発が必須である。

以上をまとめると、EVDコンセプトは概ね受け入れられているものと判断されるが、目標価格をどう実現するか、細かなニーズにどのように対応していくか、などが課題である。

7. まとめ

本論文では、運転免許取得ができなかった重度障害者に対して、主観的評価によるデータベースの蓄積、それをもとにした設計により、自動車運転を可能とする移動具に関する検討を行ってきた。その結果、車いすのまま乗り込めて運転ができる超小型電気自動車であるE V D コンセプトを提案し、2台のプロト車の製作、評価を通じて、そのコンセプトの妥当性を確認した。実用化レベルまでの技術的検討はほぼ済んだが、商品化としては価格の問題が課題として残っている。

次報では、運転操作系に関する検討を述べる。

終わりに、本研究開発は、財団法人テクノエイド協会の研究開発助成によるものであることを記し、プロジェクト遂行においてご協力いただいた各位に幸甚なる謝意を表し、結びとする。

文 献

- (1) 総務庁編, 障害者白書平成10年版, 大蔵省印刷局, 1998
- (2) 市川湧, 中谷弘能, 障害者用自動車の開発—操縦桿操舵のむずかしさと5号車の概略について—, 東京補装具研究所報告書, 1989
- (3) 鎌田実, 齊藤正則, 加藤洋之, 畠田真宏, 高齢者の使用に適した移動媒体の研究, 日本機械学会第8回交通物流部門大会講演論文集, No. 99-59, pp. 137-140, 1999
- (4) 大内尉義, 老年学, 医学書院, 2001
- (5) 秋山哲男, 鎌田実, 清水浩, 高齢者・障害者の交通システム計画における電気自動車導入の効用について, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 962, pp. 241-244, 1996
- (6) 山崎一平, 鎌田実, 操縦桿による車両運動の研究—第二報: 左右方向の運動の制御及び前後方向との連携操作—, 自動車技術会論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 75-81, 2000
- (7) 山崎一平, 鎌田実, 操縦桿による車両運動の研究—第三報: 車両実験による検証—, 自動車技術会論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 83-89, 2000
- (8) 小竹元基, 永井正夫, 操安性向上を目指した超小型電気自動車の車輪駆動トルク制御, 自動車技術会論文集, Vol. 34, No. 4, pp. 169-174, 2003