Advance Publication by J-STAGE

日本機械学会論文集

Transactions of the JSME (in Japanese)

DOI:10.1299/transjsme.21-00090

Received date : 14 March, 2021

Accepted date : 26 November, 2021

J-STAGE Advance Publication date : 7 December, 2021

超小型電気自動車「NNC コンセプト」の提案

久保 登^{*1}, 小竹 元基^{*2}

“NNC” concept for micro electric vehicle

Noboru KUBO^{*1} and Motoki SHINO^{*2}

^{*1} Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, Japan

^{*2} Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwa-no-ha, Kashiwa-shi, Chiba, 277-8563, Japan

Abstract

Japan has been a super-aging society since 2007. The authors proposed a small four-wheeled vehicle along a concept called “NNC” suitable for such a society as Japan. The abbreviation “NNC” is after the initials of the following words, Narrow, Near and Current. A vehicle along the concept is about up to 1m wide and 2.5m long, tandem for two passengers, only for neighborhood business and can join the road traffic flow of ordinary cars. Vehicles by the NNC concept will be a new mobility device not a car nor a bicycle, which can be helpful for elderly drivers, mothers in childcare and can improve the structures of urban cities and rural areas.

Keywords : Super-aging society, Mobility, Small electric vehicle, Narrow, Near, Current, Charging speed, Passive safety, Car sharing

1. はじめに

超高齢化が進んだわが国では（内閣府, 2021）、高齢者が活動的な生活をなるべく長く送れるような社会（首相官邸, 2021）が求められる状況である。高齢者は、外出をしなくなると ADL（Activities of Daily Living; 日常生活動作）や QOL（Quality of Life; 日常生活の満足度）が低下する（古達, 武政, 2007）ことが知られており、無理のない外出を支援する移動手段の確保が欠かせない（秋田県鷹巣町, 1998）。徒歩圏よりも多少遠い範囲（片道 2 ～ 10km 程度）の移動が容易であれば、日常生活も活動的に保てる（鎌田, 2003）。しかし従来、我が国では、この程度の距離の移動は自転車か自動車に限られていて、必ずしも「常に至便」ではなかった。

このような現状について、本稿では「NNC コンセプト」と称する超小型電気自動車が適切と考え、以下、このコンセプトを説明しながら、状況の改善を図り、持続可能な社会の構築を容易にするアイデアを述べる。

2. 本論文の位置づけ

「超小型モビリティ」は、従来、「小型であれば運転も楽で、駐車時も省スペース、1 人乗車が多く定員も 2 人程度で十分」という認識（国土交通省, 2012）に留まっている状況である。なぜなら、このような超小型モビリティ構想（関根他, 2012）、（橋本他, 2017）、（竹原他, 2019）、（高橋他, 2014）には、本稿で述べる「車幅によって用途やインフラが支配される」という点が明示されていないからである。このような超小型モビリティ構想は、車幅がおおむね 1.2m ～ 1.3m 程度のため、かつての「360cc 軽自動車の用途・インフラ」と同じことになってしまう。結局、そのような車両の用途・インフラ（横 2 列乗り、駐車マスの大きさ、航続距離の要望等）は、360cc 規格を引き継いでいる現在の 660cc 軽自動車の利用形態に包含されることになる。

そこで本稿では、活動的な生活を支援し、社会に受容される超小型電気自動車の要件の抽出を行う。まず、移

動体はその幅で用途やインフラなどが決定されることを示す。そして、現行軽自動車（横2列乗り）よりも1列分狭い「縦2人乗り（タンデム型）」の4輪車を提案することで、その狭幅によるさまざまな新しい効果、つまり人々の行動変容やそれに伴う都市や郊外地の構造が変化することを示す。同時に、近距離用途に限ることによる、充電式電気自動車の適切な運用の指針と、交通流を乱さない速度を持つことによる社会（他の交通者）に対する受容性の高さについても述べる。さらに、これらの効用に対する課題についても触れる。

このような車両はいわば「自転車・原付二輪と自動車」の中間に位置するような超小型の電動移動体というべきものである。本稿では主に2人乗りの超小型充電式電気自動車（久保他, 2013）に注目し、その性質について説明する。併せて、このような車両の用途の開拓を通して、普及を図ることを目指す。

3. 超小型電気自動車の現状

一般の自動車は、高速道路を含む長距離走行ができるが、日常使用の多くは1人乗車の近距離移動である（国土交通省, 2012）。現在わが国の4輪車は、事実上、①「ミニカー（排気量 50cc またはモータ定格出力 0.6kW まで）」と、②「軽自動車および普通（小型）自動車」の2種類しか規定がなく、①と②の間の4輪車（たとえば排気量 125cc クラスの出力を持つ2人乗り4輪車両）は事実上存在できない。①の「ミニカー」はある程度使いやすいが、1人乗りに限られ、便利な近距離交通としては不十分な点も多い。自動車の大きな利点である「送迎」を考えると、2人乗りが可能な超小型電気自動車が有用であると考えられる。

現在までも、国内において超小型電気自動車は数種類市販されてきたが、いずれも提案車型が1種類であり、一般自動車のように多岐にわたる用途、生活形態、道路環境（インフラ）などに対応していないために、大きく普及していない。また、高い価格や、カーシェアの効用が不明確であるなど、かえって利用者の受容性を低下させるような状況にも陥ることが少なくない。2012年には、全国35道府県知事による「高齢者にやさしい自動車開発知事連合」がこのような車両のあり方をまとめた（水嶋他, 2012）が、その後本格的な普及には至っていない。

4. NNC コンセプトの提案

NNC コンセプトとは、英語の“Narrow”, “Near”, “Current”の頭文字を採ったものである。Narrow は移動体の幅が狭いこと、Near は用途が近距離に限られること、Current は自動車交通の流れに乗ることを表す。以下、4.1 節で Narrow, 4.2 節で Near, 4.3 節で Current について説明する。また、小型車体において大きな懸念となる安全性についても 4.4 節で述べる。

4・1 Narrow・移動体の幅と特性

一般に交通機関は、それに用いる移動体の横幅によってインフラのコストや用途が支配される。鉄道では新幹線と在来線、海運では船舶の幅による荷役クレーンのサイズや「パナマ運河通過の可否」など、用途や運行範囲が変化する。さらに、移動体の横幅は座席幅や積荷のコンテナ幅によって離散的な値に決まることも多い。

Fig.1 The width of a vehicle and the infrastructure cost

Fig. 2 Widths of cars in Japan quantized by the width of human shoulder

図1に示すように、交通機関のインフラコストは移動体が掃く体積にほぼ比例するので、高さ方向が一定なら移動体の幅でインフラコストが決まってしまう。そのため、同じ幅の移動体であれば、移動体の長さが異なってもほとんどインフラコストは変わらない。図2は、わが国の旅客用自動車の車幅を比較したもので、「車幅方向に乗員が並ぶ列数」で比較的明快に区分できる。すなわち乗員が5列に並ぶ大型バスから2列までの軽自動車まで、自動車の保安基準にある乗員の肩幅(0.4m)刻みの、図中横軸の①から④までの離散的な「車幅群」があることが分かる。例えば、実際に、大型バスは通れないがマイクロバスは通れる交通規制や、車幅 1.7m を超える普通乗用車(3ナンバー車)は利用できない駐車場など、車幅によってインフラ状況が異なる状況もしばしば見られる。

車両の車幅が本来の車幅群をある程度超えると、用途やインフラが上位の車幅群に準ずることになる。④の軽自動車は、1976年までは車幅が1.3mであったが現在は1.48mになっており、そのため、用途やインフラ(車線幅や駐車場の駐車マスなど)も③の小型自動車群(車幅1.7m)とほとんど同じ扱いになっている。図2を見ると、④の横2列の車幅群の下位に、横1列の車幅群⑤を設定しうること分かる。実際に、1人乗り原付ミニカーである「トヨタ車体製(旧型)コムス」は、⑤に近い、車幅0.95mの1列型(1人乗り)車両である。

上記を考えると、特に超小型車では、横2人乗り(車幅1.2m~1.3m程度)と、縦2人乗りのタンデム型(車幅0.9m~1.0m程度)では、インフラや用途に大きな差異が生ずると考えられる。つまり、横2人乗りでは車幅が図1の⑤を超えて④の軽自動車に近いので、インフラや用途も軽自動車と同様になりやすいことになる。従って、保有・免許面などで相当の優位性がなければ、我が国の現状ではあまりメリットがない。これに対し、⑤に相当するタンデム型の超小型モビリティでは車幅を狭くできるので、以下の(1)~(5)のような様々な利点がある。

- (1) 狭隘路での走行・取り回しが容易である。
- (2) 車両両脇が目視できるので、道路脇駐車が楽であり(軒下など、建物から道路端までの余地の幅が1mあればよい)、路肩駐車の場合の幅寄せも容易で、他車両の側方通過にも影響しにくい。
- (3) 1台駐車の場合の車体両側の余裕が大きい。
- (4) 通常の駐車スペースでの2列駐車が可能である。
- (5) 軽トラックが入れないような狭い不整地への乗り入れが可能になる。

Fig. 3 Merit of the narrow vehicle on a parking lot

Fig. 4 Tandem type vehicle without side doors

よく気づかれるのは(1)、(2)だが、(3)は、現状の通常駐車マス(長さ5m×幅2.5m程度)を、車椅子対応の駐車マス(長さ5m×幅3.5m程度)のように使えることにつながる(図3)。また、図4のような車椅子を使用する家族を駐車スペースの小さい開業医に送迎するような用途にも使えるようになる。(4)、(5)の利点については、以下の5章で触れることとする。以上の考察により、本稿で提案するNNCコンセプト車両は、長さ2.5m×幅1.0m以内のタンデム型2人乗りの4輪車とする。この、車幅の狭さが「Narrow」の根拠である。なお、長さを2.5mとしたのは、(1)従来から存在する「原付ミニカー」および、2020年に国土交通省が新たに制定した「超小型モビリティ型式指定車」の全長がともに最大2.5mであること、(2)2.5mの全長であれば、タンデム型2人乗りの座席配置が無理なくできること、(3)一般の自動車(5ナンバーおよび3ナンバー)用の駐車マスの長さがおおむね5mであり、このスペースに縦方向に2台駐車できること、などを考慮したためである。

4・2 Near・充電式電気自動車の適用範囲

充電式電気自動車は、充電の速さ（エネルギーの充填スピード）を考慮することが重要である。たとえば現在の急速充電（50～100kW）は、一般のガソリン車の給油スピードの 20,000kW 前後（34MJ/L のガソリンを 1.5～2s/L 程度で給油する）と比べると 2～3 桁の違いがある。自動車利用の基本スペックの一つであるエネルギー充填の速さがこれだけ違うと、両者を同じ使い方で用いることは不可能と言えよう。

図 5 は、著者らが考案した「充電境界図」（久保他, 2014）というチャートである。この図で横軸に満充電時間、縦軸に 1 充電航続時間（1 充電航続距離÷平均車速）を取れば、充電式電気自動車の 1 車種について「CC (Charge - Consume)点」が 1 つ得られる。CC 点は、その車種の充電能力に従ってその車種固有の 1 点となる。また、充電式電気自動車の「ある使い方 1 回」について横軸に「休息时间（充電に使える時間）」、縦軸に「走行時間（その使い方 1 回で走行する時間）」を取れば、「RR (Rest-Run)点」を得ることができる。RR 点は、車種にかかわらず、使い方が同じであれば同一の点となる。

The inclination of O-RR should be smaller than that of O-CC when an EV can be used sustainably for a travel indicating by point RR.
(To be more strict, the “OK” area would be required that $R_u < C_o$ and $C_h < R_e$.)

Fig. 5 charge boundary chart (Kubo, *et al.* 2014)

CC 点と原点を結んだ直線の傾きは、その車両の単位時間走行に対する充電必要時間を示すため、「実質的なエネルギー充填のスピード」であり、RR 点と原点を結んだ直線の傾きは、ある使い方（用務）の走行に対して、その用務を妨げないような充電に割ける時間を示すため、「ある使い方における実質的なエネルギー要求のスピード」と考えることができる。

図 5 において、ある CC 点を持つ充電式電気自動車は、RR 点が原点 O-CC 点の直線より左上側（図 5 で「NG」と記した領域）に位置するような使い方をすると、エネルギー要求スピードがエネルギー充填スピードを上回り、休息時間中に充電を終えることを繰り返す持続的な使用はできないことになる。すなわち、いくら大容量の電池を搭載しても、RR 点が図 5 の「NG 領域」に来るような使い方をする限り、早晩（数時間～数日程度で）「乗りたいけれど充電のために止まっていなければならない」という状態に陥る。従って、内燃車と同じ使い方を期待する限り、現状の充電式電気自動車は非常に大電力（仮に現状のガソリン車と同等の用途を期待するなら、エネルギー消費効率を考えても数千 kW 級）の充電方法が必要となり、現状の充電性能では円滑な車両運用ができないと考えられる。

このような、充電式電気自動車のエネルギー充填スピードの問題の解決方法は二つ考えられる。すなわち、(1) 充電式電気自動車の使い方の変更（用途の適切化）と、(2) スーパーキャパシタなどを用いた、短時間少量充電（「ちょこちょこ充電（堀, 2021）」と呼ばれる）や、それを極限化した、非接触式の連続給電による非蓄電池式の電気自動車の実用化（堀, 2019）である。

(1)は、充電式電気自動車の用途を、RR 点が図 5 の「OK」領域（正確には図 5 に示すように、 $R_u < C_o$ かつ $C_h < R_e$ の領域）に入るようなものに限ることで解決できる。これは、RR 点が OK 領域に入るように 1 回用務における充電時間(Rest)を長く、走行時間(Run)を短くすることであり、言い換えれば「日常近距離用途に限る」ということである。これが本稿の NNC コンセプトの“Near”の考えの根拠となる。

(2)の短時間少量充電に関しては、(1)とは逆に、図 5 中で CC 点を移動させる方略である。高速蓄電できるスーパーキャパシタを用いて、「数 km 走行できる電力を数十秒で充電」するようにすれば、買い物などの近距離用途

は、用務中に充電が完了する。近年研究が進んでいるワイヤレス給電技術と組み合わせて、走行路に給電コイルを埋め込むようにすれば、都市部・郊外共に頻繁に利用されるルートにおいては走行距離が長くなっても充電切れを気にすることなく円滑な利用ができると考えられる。

また、充電済みバッテリーユニットを交換する方式も(2)に準じた解決法となりうるが、この場合、外部に用意するバッテリーの個数（基本的に、最大で「充電時間÷1 充電連続走行時間」個だけ必要となる）や、重いバッテリーの交換作業の安全性、バッテリーの構成材料（金属・樹脂・液体類）の環境への拡散（廃バッテリー）などの問題を検討する余地がある。

4・3 Current・交通の流れに乗るということ

環境省・国土交通省が 2017 年から「グリーンスローモビリティ」構想を推進している。これは最高速度が 20km/h 未満の車両を用いるもので、このような低速車であれば事故の危険性が低下し、省エネにもなるという構想である（最高速度が 20km/h 未満の車両は、車両の保安基準も大幅に緩和される）。しかし、「低速」という意味については、何に対する速さが小さいのかが必ずしも明確化されていない。本来の「スローモビリティ」は、この点を明確にする必要がある。つまり、歩車分離が不完全な駅前路地や観光地などでは、対地速度や対歩行者速度が小さいことが望ましく、都市内外の歩道のあるバス道路など、歩車分離が成り立っている状況では、車道の交通流に対する相対速度が小さいことが望ましい。これが本稿における「NNC コンセプト」の“Current”の意味である。

現状の交通流の状況に、単純に最高速度 20km/h 未満の車両を投入すれば、交通流を乱すことが考えられる。それを避けるためにはインフラ整備（専用走行レーン）や、交通流の調整などが必要になり、実用化に時間がかかる恐れがある。これに対し、NNC コンセプトでは、一般道（高速道路以外）のみを走行する前提であり、最高速度は一般道の法定速度である 60km/h を想定しているため、上述のようなインフラ整備の必要がなく、早期に社会実装ができるものと考えられる。

また、「スロー」と「カレント」の考えは、歩行者に対しても、自動車に対しても、相対速度が小さければ、どちらも「流れに乗っている」と表現することが可能であり、矛盾するものではない。

4・4 安全性

本提案の車両が便利であっても、安全性が担保されなければ実用化はできない。一般に自動車の安全性は、①衝突安全、②予防安全と③本質安全に分類できるため、この 3 項目について述べる。

①衝突安全：現状の我が国の自動車の衝突安全基準を満たす最小の車体が軽自動車（車幅 1.48m）であるため、それよりもはるかに小型（車幅 1.0m 以内）の NNC コンセプト車両は、通常とは異なる衝突安全パラダイムを必要とする。この例として、ダイムラーベンツの「スマート（2000 年）」や BMW の「C1（2000 年）」のような、生存空間を確保できる強固な車両フレームを構築し、衝突の際の乗員の安全を確保する手法が挙げられる。NNC コンセプトでも当面この方略（図 6）を取ることを適当であると考えられる。

Fig. 6 Passive safety of NNC and ordinary cars

Fig. 7 The smaller car has the smaller chance to collision

この方略では、一般の自動車との衝突では、主に相手側の車両に「潰れてもらい」、自車のエネルギーを吸収してもらふことになる。NNC 車両は前端のノーズ部分が短くなるため、前面衝突は一般の自動車より厳しい条件に

なるが、上記のような「相手車両の変形によるエネルギー吸収」と併せ、自車ノーズ部分にも可能限りのクラッシュャブル構造を取り入れ、自車でも衝撃を吸収することは有用である。また、軽自動車より車幅が狭いながら、乗員は1列であるため、全幅から乗員幅を除いた余裕は軽自動車(2列)とほぼ同等である。このため、工夫によっては幅方向の一部分をクラッシュャブル構造とすることも考慮できよう。なお、自車が小型軽量であるために、衝突のエネルギーが両車の変形などで吸収されても、自車の乗員への衝撃は相当地に大きくなるものと予想される。これに対しては、たすき掛けシートベルト(上記のBMW C1が採用している)や、車体構造部を乗員からなるべく離して配置することなどによって、乗員の車外放出や車体構造部による打撲傷などを防ぐ方略が考えられる。製造コストに問題が無ければ、もちろん各種SRSエアバッグ等を搭載することも有用であるが、当面はそれがない場合でも「自転車および二輪車に比べればはるかに安全である」ということが利用者に認識されるようにすることが現実的と考える。

②予防安全：これは衝突を未然防止する技術である。現状では緊急自動ブレーキ装置等の低コスト化を期待するが、車幅の狭さによる旋回時や障害物の回避操舵などの安定性については、製造者が適切に考慮する必要がある。なお、4.1節で触れた、本稿の提案車両と同等の車長・車幅を持つ「(旧型)コムス」は、合計125kg程度の走行用バッテリーを床下に配置しているために重心が低く、安定している。北関東にある飲料配送企業がこの型の車両を300台程度、10年以上使用していたが、旋回や操舵等での転覆は1度も起きていない(この車両の納入業者から聴取)。本稿で提案する車両も、このような低重心化による安定性確保は予防安全機能を搭載する場合を含め、有効と考えられる。

③本質安全：これは、「事故を起こす対象を除去する」という方策(例：踏切事故防止のために立体交差化する)である。現在の高齢者の免許返納は、この本質安全の一形態であると言える。

自動車交通における本質安全は、究極的には「自動車を無くす」ということで、現実的には「自動車の大きさや質量をなるべく小さくする」、「自動車交通量を極力減らす」ということである。超小型であるNNC車両は車幅が狭く、車重が小さい(図7)ために、他者との接触の確率が小さくなり、万一の事故の際も加害性が小さくなる。

例えばここで、非常に単純化されるが、質量(乗員含む) M の車両が、質量 m の静止した歩行者に $V = 10\text{m/s}$ で剛体同士の完全弾性衝突をした場合を考える。一般の自動車の質量 $M_c = 1400\text{kg}$ 、NNC車両の質量 $M_n = 410\text{kg}$ 、歩行者の質量 $m = 60\text{kg}$ とすると、衝突後の歩行者の速さ v は、一般の自動車($M_c = 1400$)の場合、 $v_c = 19.2\text{m/s}$ 、NNC車両($M_n = 410$)の場合、 $v_n = 17.4\text{m/s}$ となる。両者の比 $R_v = v_n / v_c$ は、

$$R_v = 0.91 \quad (1)$$

となり、歩行者の速度は、一般の自動車に衝突した場合より、NNC車両に衝突した場合のほうが約1割遅くなる。

また、歩行者の直近を車両が通過して歩行者と車両が接触する場合(図8)、一般の自動車の車幅を w_c 、NNC車両の車幅を w_n 、歩行者の幅を w_p とすると、両者の接触の機会の比 R_c は、

$$R_c = \frac{w_p + w_n}{w_p + w_c} \quad (2)$$

となる。 R_c は、 $w_c = 1.7\text{m}$ 、 $w_n = 1.0\text{m}$ 、 $w_p = 0.5\text{m}$ (歩行者の肩幅)とすると、

$$R_c = 0.68 \quad (3)$$

となり、一般の自動車では接触してしまう場合と比べて、NNC車両は3割程度、衝突を回避できる(歩行者のぎりぎりをかすめて行く形になる)。

Fig. 8 A chance to collision depends on the vehicle width

さらに、車両に接触された歩行者は、衝突後に作用される運動エネルギーに比例した傷害を受けると仮定し、一般の自動車と接触する機会を 1 とすると、一般の自動車（幅 1.7m の乗用車等）が全て NNC 車両に置き換わった場合、車両・歩行者事故において歩行者が受けた傷害の程度に関する値 I_n は、現状の I_c と比べて、

$$I_n = I_c \cdot R_c \cdot R_v^2 = 0.56 \quad (4)$$

となり、4 割以上の削減となる概算値が得られる。

また、5 章で述べるような小規模商店街が発達して徒歩圏が増えれば、自動車交通量は大きく減少すると考えられる。仮に徒歩圏の面積が大幅に増え、交通量が 2 割程度減少したとすると、上記の I_n は、さらに

$$I'_n = 0.8I_n = 0.45I_c \quad (5)$$

となり、一般の自動車が走る場合に比べ、歩行者の傷害の程度に関する値を半減できることが概算できる。

本質安全性を向上させるという意味で、NNC 車両は、高齢者の限定免許用車両としても好適である。さらに、道路工学的には「輪重の 4 乗則」で道路舗装が破壊されることから、軽量の車両が増えれば、将来の道路補修費が軽減されることも期待できる。

5. NNC 車両を用いた都市や地域社会の変革

4 章までで、NNC コンセプトの要件を説明したが、このような車両を用いて都市構造や地域社会生活のあり方の改善が期待できる。以下に、車幅の狭さから生まれる、日常の生活必需品入手方法の変化や、それに伴う交通量の減少、また、農林業への適用と高齢農家への対応、ラストワンマイル利用についての可能性について述べる。

5・1 タンデム型の特性と社会変革の可能性

4.1 節の(3)や(4)のような、スペース効率の利点は、それだけでは当然のように見えるが、以下のような大きな社会変革を起こす可能性がある。サイドドアのないタンデム型の車両（全長 2.5m×全幅 1.0m）を用いれば、通常の駐車スペースに、4 倍程度の車両の駐車が可能になる。その場合、小規模な駐車スペースしかない、鉄道駅に近い「旧町商店街」や、都市郊外のコンビニエンスストアなどにおいて、これまでの 4 倍程度の自動車利用客の集客が見込める（図 9、図 10）。これにより旧町商店街の復活や、コンビニエンスストアの「ショッピングモール化」（そこに行けば食料を含む日常生活品が全て調達できる）が図れる。

Fig. 9 Four cars can be parked in a parking lot

Fig. 10 Small shopping mall with more customers

Fig. 11 Increasing on-foot area with small shopping malls (©Google Map)

Inhabitants will have much more walking distance areas indicated by red edged transparent circles to superstores which are located at the center of each circle than when they have only several large shopping malls indicated red painted circles.

図 11 は国内のある地域のコンビニエンスストア（白抜き円中心）と大規模ショッピングモール（赤円中心）の位置である。各円内は中心の商店の徒歩圏である。仮に図 11 の中にある全てのコンビニエンスストアが、日常買い物が一通りできる小さなショッピングモールとなれば、日常品買い物の徒歩圏が飛躍的に増加し、そのための自動車交通量が大幅に減ることになる。自動車交通量の減少は、直ちに交通事故発生の減少につながる。

なお、上記のような「駐車スペースの削減」のためには、側面開放型カスライドドアなどの「開き戸型ではない」サイドドアの車両である必要がある（開き戸型サイドドアは、図 12、図 13 のように、車両の大小にかかわらず、ドア自体や開閉スペースの大きさはほぼ同一である。図 13 では、隣の超小型モビリティ駐車マスに、開いたドアが大きくはみ出ているのが分かる）。

Fig. 12 A micro vehicle with side doors

Fig. 13 The side door opened sticking out to the next parking lot

5・2 農林業用途と高齢農家対応

また、中山間地では、高齢化により自家の農地・林地などの手入れ・見回りなどを諦めてしまうことが増えているが、4.1 節(5)のような不整地への乗り入れができれば、農林業の超高齢化への対応策となりうる。現在の軽トラックは、360cc 時代の車両より車重で2 倍(1 トン)程度、車幅で15% (0.18m) 程度大型化しているの、ここで取り上げる軽量・狭幅の NNC コンセプト車両の利点を活かせば、中山間地での居住者の外出作業機会を減らさず、零細だが多数残っている農地・林地の再活性を図ることができる。さらに地域内の個人移動や、次節に述べるような、公共交通利用の際の「ラストワンマイル交通（駅・停留所から自宅までの移動）」にも利用できるような環境が生み出せる。著者らは、実際に東京郊外の畑作農家や里山（雑木林）管理団体に、農林作業用として、1 人乗りの超小型モビリティに荷台を設置したものを試用してもらい、その有用性を確認している（図 14、図 15）。

Fig. 14 NNC vehicle for agriculture

Fig. 15 NNC vehicle for light forestry

5・3 ラストワンマイルと閉店ガソリンスタンドの活用

図 16 は、中部地方の過疎地にある閉店したガソリンスタンドである。この店舗跡は現状では地域の観光案内所になっているが、例えば行政が行っている地域コミュニティバスのバス停をここに置けば、この場所を移動手段の結節点にすることができる。バス利用者は自宅からここまでをNNC コンセプト車両で移動しバスを待ち、帰路はここまで戻ってくれば同じ車両で自宅に帰ることができる。バスの乗換え待ちを地域コミュニティとして活用することもでき、ガソリンスタンド関係者・燃料供給業者などとの連携も図れることが考えられる。

The closed gas station located in Toyota City, Aichi Prefecture has been currently available as a tourist information office. The station can be turned into a transfer site from a last-one-mile mobility just as NNC vehicle to ordinary buses.

Fig. 16 Reusing a closed gasoline station into a tourist information office

6. カーシェア利用の問題点

従来、超小型モビリティ提案には、しばしばカーシェア利用が同時に提案されている（原,2017）。これは、自動車の稼働率がかなり小さい（我が国では、1 台の自動車は平均すると全時間の5%程度しか走行していない）ことから、車両の稼働率を向上させるためと、超小型モビリティ車両の価格が比較的高価（軽自動車と同額ないし2 倍程度）であり、利用者に対して価格負担を少なくするための、2 つの理由から採用されることが多い。

しかし、日常用途としての移動体は、①ドアツードア性（自宅から目的地まで乗り換えなしで行ける）と、②随時性（早朝・深夜を含むいかなる時間帯でも、常に車両が利用できる）という2 つの性質を持っていることが必須である。現状の個人所有の自家用車は、この2 点を十分に満足する乗り物であり、そのためにこれだけの普

及を見ているのは明らかである。これに対し、現状のカーシェアは、利用者の自宅から貸出拠点までの移動が必須であることと（①が不十分）、営業時間外や車両がすべて出払っている場合に利用できない（②が不十分）、という点が決定的に不便である。車両が出払ってしまうことがないようにするには、ピーク需要に合わせて車両を用意する必要があるが、上記の「利用の随時性」を完全に満たそうとすると、用意する車両数は、各ユーザーが車両を私有する場合の数と同数になる。

All the articles of a sharing system will get finally down to the state of the roughest-handling user C. The administrator of the system have to make all the articles resumed to the good condition at least such that the most careful user A satisfies.

Fig. 17 All the shared articles will go down to the condition by the "worst handling user"

また、図 17 のように、「共有物」は共有者（ここではA～Fの6人）全員が使用するため、全ての共有物の状態は、最終的に共用者の中で最も扱いが手荒い人（ここではC）が使った後の水準に落ちる。共有利用では、一般に次に使用する人が決まっていないため、次回利用までにそれぞれの共有物を元の（新品の）状態、あるいは最低限「最も扱いが丁寧な人の水準（ここではA）」にまで戻す必要がある。そのため、一般に共有利用は私有利用よりも共有物全体の維持コストが大きくなる。この性質は、人間が物品を私有する原理的要因の一つと考えられる。したがって、本稿で提案するような日常用途の超小型モビリティは、供給価格を安価にして、私有利用を基本とすることが適当である。

7. NNC 車両の受容性の検討

7・1 複数の車型の提案

従来の超小型モビリティの提案は、本稿で示した、Narrow, Near, Current の3点のどれか一つ以上が欠けていたために社会に受け入れられにくかったと考えられる。さらに、4章で述べたように、超小型モビリティがこれまであまり普及してこなかった大きな原因は、様々な用途に対して車型が1種類の提案ばかりだったためと考えられる。このような状況を改善するため、著者らは東京大学・柏キャンパス（千葉県柏市）において、図 18(1)～(4)のような試作車両を製作して実際に作業用などで試用し、得失などを検討した（ベース車両はトヨタ車体製「コムス」）。これらをキャンパス周辺の農林地や住宅地で実際に地域住民らに試用してもらった結果、彼らの自動車利用需要（買い物、地区自治会活動、収集場所までのゴミ袋運び、農地見回り、平地林内の間伐や下草刈りなど整備作業ほか）にたいへん適していることがわかった。これらはいずれも、1人乗りで小回りが利き、80cm立方程度の積載スペースを持っていることが、自動車利用需要にうまく合致しているためであると考えられる。さらに、図 18 (4)のように、親子3人乗りの車両があれば、現在普及している親子3人乗り電動アシスト自転車からの乗り換えが期待でき、安全な親子移動を実現し、子育て支援にも役立つと考えられる。

(1) For maintenance of woods

(2) For delivery

(3) For tomato farm

(4) For a parent and two children

Fig. 18 Variation of micro vehicles

7・2 具体的な NNC コンセプト車両

ここまで NNC コンセプトによる超小型モビリティの全体展望を述べたが、今後の超小型電気自動車の実用化として、このような様々な用途向けの車両を、少数の中古市販車両の改造ではなく、新規に設計・試作して（図 19）、早期に市販できるような状況に持ち込むことが望ましい。これについては、現在、東京大学・生産技術研究所の「次世代モビリティ研究センター（ITS センター）」や、東大・千葉県柏市などによる「柏 ITS 推進協議会」、有志企業などとの連携を進めている。また、上述のように、様々な用途に適する車型も必要であり、図 19 のような「乗用車タイプ」や親子 3 人乗りタイプ以外にも、バンタイプ、トラックタイプなど（図 20）も企画しうる。

このような車両の市販については、車両価格、すなわちユーザーの負担する金額が決定的に重要である。そのために、あえて高価でも劣化・老朽化しにくい材料を用いて、想定使用年数での減価を最小限に抑え、ユーザーが減価分の安価な負担のみで利用できるような新しい提供形態も模索する。軽合金あるいは炭素繊維などの錆びない材料を用いれば、「世代間のカーシェア」を行って、同一の車体を数十年間使ったり、その後に高度なリユースやリサイクルをしたりするなど、これまでとは全く異なるライフサイクルを持つ移動体も期待でき、国連の提唱している SDGs 活動にも沿ったものとなる。

Fig. 19 An NNC car (left, L 2500mm x W 950mm x H 1600mm, 350kg) and “a parent and children” type (right)

Fig. 20 NNC car instances for cargo (left) and truck type (right)

8. まとめ

本稿では、車幅の狭さ、近隣用途限定、交通流に乗る、という超小型モビリティ車両が持つべき 3 つの属性について述べた。これに沿った NNC コンセプト車両は、安全性を含めた高齢者の移動対策、子育て支援、さらには都市変革の可能性までを見込める、自転車・原付バイクでも自動車でもない、全く新しい乗り物になると考えられる。

また、大容量バッテリー搭載の長航続距離の充電式電気自動車は、充電スピードの点から内燃車と同様の使い方ができないことが理論的に明らかになった。我が国では、長距離移動には新幹線や高速バス、航空機に頼ればよく、一部の電気自動車が喧伝する「静止から 100km/h までの加速が 3 秒を切るような加速力」は、日常生活を営む上での移動においても無用な性能であり、それを商品訴求力の一つにせざるを得ないところに、従来式発想の電気自動車の無理を見ることができる。

我が国は、全国を一通り見ても、どの地域でも都市部、郊外住宅地（大規模分譲住宅団地）、農村部、中山間地などが存在し、超高齢社会において、高齢者の日常生活のための個人移動手段を早急に整えなければならない。したがって、本稿の NNC コンセプトによる超小型モビリティは、これまでにない新しい発想を持つ、我が国の今後の社会生活に真に役立つような自動車として、内外から大きく注目されることとなろう。

9. 今後の展望

本稿執筆中の現在（2021 年），世界で猛威を振るっている新型コロナウイルス禍が今後収まれば，経済活動や社会的な生活様式にも様々な変化が起こるものと予想される．交通分野においては，不用不急の長距離移動の減少や，交通システム構築のための資源・移動エネルギーの節約などの省資源・省エネ化がさらに進むものと考えられる．その場合においても，日常生活に必要な不可欠な近距離移動を，電気を基本とした少ないエネルギーで行い，移動体の寿命も長い，「NNC コンセプト」による新しい超小型電気自動車とすれば，今後の持続可能社会の実現に対しても，非常に有効なものであると考えられる．

謝辞

本稿をまとめるにあたり，東京大学生産技術研究所・須田義大教授および畑勝裕助教，東京理科大学理工学部（執筆当時・東京大学大学院新領域創成科学研究科）・堀洋一教授に有益な助言を多数いただいた．ここに謝意を表する．

文献

- 内閣府，平成 30 年版高齢社会白書（全体版）（2018），available from
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl_1_1.html>，（参照日 2021 年 2 月 11 日）．
- 首相官邸，人生 100 年構想（2019），available from
<<https://www.kantei.go.jp/jp/headline/ichiokusoukatsuyaku/jinsei100.html>>，（参照日 2021 年 2 月 9 日）．
- 原佳代子，ワンウェイ・カーシェアリング「チョイモビ・ヨコハマ」実証実験と今後の展開，国際交通安全学会誌，Vol. 42, No. 1 (2017), pp. 57-63.
- 橋本成仁，藤本紳介，キム ヘヨン，超小型モビリティシェアリングシステム導入による街の魅力への影響の要因分析—岡山市を対象として—，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.73, No.5 (2017), pp. I_931-I_939.
- 堀洋一，未来のクルマとエネルギー—モータ／キャパシタ／ワイヤレスへのパラダイムシフト—，エネルギー・資源，Vol. 40, No. 5 (2019), pp.4-9.
- 堀洋一，いつかはキャパシタ，キャパシタフォーラム（2007），available from
<http://capacitors-forum.org/jp/mag/1-2/vol1-1/2007>，（参照日 2021 年 2 月 14 日）．
- 鎌田実（研究代表者），高齢者との共生を目指した移動システムの開発，平成 12 年度～平成 14 年度科学研究費補助金研究成果報告書（2003）.
- 古達彩子，武政誠一，神戸市北区における地域高齢者の外出頻度とその要因，神大保健紀要，Vol. 23 (2007), pp. 24-34.
- 久保登，鎌田実，小竹元基，超小型電気自動車の用途開拓による社会実装の試み，日本機械学会 第 22 回交通・物流部門大会 講演論文集，講演番号 1204 (2013).
- 久保登，鎌田実，小竹元基，電気自動車の用途開拓検討に利用する『充電境界図』の提案，日本機械学会第 23 回交通・物流部門大会 講演論文集，講演番号 1314 (2014).
- 国土交通省，超小型モビリティ導入に向けたガイドライン（2012），available from
<https://www.mlit.go.jp/common/000212867.pdf>，（参照日 2020 年 6 月 28 日）
- 水嶋教文，大野寛之，新国哲也，超小型モビリティの導入に向けた国内の動向と交通研の取り組み，独立行政法人交通環境安全研究所フォーラム 2012 講演集（2012），pp. 32-36.
- 関根崇人，岡本直久，石田東生，高齢者の交通行動に基づく新しいモビリティの可能性について，土木学会 第 45 回土木計画学研究発表会・講演集，論文番号 42 (2012).
- 高橋一貴，石田東生，岡本直久，高齢者の生活を豊かにするための手段としての超小型モビリティの利用可能性に関する研究，土木計画学研究・講演集，第 49 回（2014）.
- 秋田県鷹巣町，臨空都市“たかのす”まちづくり計画調査報告書（1998）.
- 竹原裕隆，藤原淳貴，氏原岳人，水柿大地，阿部典子，西山基次，中山間地域における超小型モビリティの利用パターンと導入効果に関する研究—美作市・上山地区を事例に—，交通工学論文集，Vol. 5, No. 1 (2019), pp.1-10.

References

- Cabinet Office, JAPAN, Heisei 30 nen-ban kourei shakai hakusho (zentai ban) (2018), available from https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/s1_1_1.html, (accessed on 11 Feb. 2021) (in Japanese).
- Cabinet Public Relations Office, Jinsei 100 nen jidai kousou(2017), available from <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/ichiokusoukatsuyaku/jinsei100.html>, (accessed on 9 Feb. 2021) (in Japanese).
- Hara, K., “Choimobi Yokohama” one-way car sharing field test and future prospectus, IATSS Review, Vol. 42, No. 1 (2017), pp. 57-63 (in Japanese).
- Hashimoto, S., Fujimoto, S., and Kim, H., Factor analysis influence on the appeal of the city by introducing ultra-small mobility sharing system -for Okayama City-, Journal of JSCE D3, Vol.73, No.5 (2017), I_931-I_939, (in Japanese).
- Hori, Y., Cars and Energy in the Future ~Paradigm Shift to Motor/ Capacitor/ Wireless~, Energy and Resources, Vol. 40, No. 5 (2019), pp.4-9 (in Japanese).
- Hori, Y., Itsuka-wa kyapashitaa, article on Capacitor Forum web site (2007), available from <http://capacitors-forum.org/jp/mag/1-2/vol1-1/2007>, (accessed on 14 Feb. 2021) (in Japanese).
- Kamata, M., Report of “Koureisha tono kyousei o mezashita idou shisutemu no kaihatsu”, report of Grants-in-aid for Scientific Research (2003) (in Japanese).
- Kodatsu, A. and Takemasa, S., Factors affecting going-out frequency among community dwelt elderly in Kita-ku, Kobe City, Journal of Department of International Health, Kobe University Graduate School of Health Sciences, Vol. 23 (2007), pp. 24-34 (in Japanese).
- Kubo, N., Kamata, M. and Shino, M., Social installation of micro-electric vehicle with various new purposes, 22nd Conference of Transportation and Logistics Division (2013), presentation No. 13-63 (in Japanese).
- Kubo, N., Kamata, M. and Shino, M., The “Charge boundary chart” used for utility of electric vehicles, Conference of Transportation and Logistics Division (2014), presentation No. 14-65, (in Japanese).
- Ministry of Land, Infrastructure and transport, JAPAN, Chou-kogata mobiritii dounyuu ni muketa gaidorain (2012), available from <https://www.mlit.go.jp/common/000212867.pdf>, (accessed on 28 June 2020) (in Japanese).
- Mizushima, N., Oono, H. and Niikuni, T., Chou-kogata mobiriti no dounyuu ni muketa kokunai no doukou to koutsuu-ken no torikumi, Proceedings of Forum of National Traffic and Environment Laboratory (2012), pp.32-36 (in Japanese).
- Sekine, T., Okamoto, N. and Ishida, H., Role of personal mobility based on travel behavior or old people, Committee of Infrastructure Planning and Management 2012 Spring Conference (CD-ROM) (2012), Paper #42 (in Japanese).
- Takahashi, K., Ishida, H. and Okamoto, N., Koureisha no seikatsu o yutaka ni surutame no shudan toshite no choukogata mobiritii no riyou kanousei ni kansuru kenkyuu, 49th Committee of Infrastructure Planning and Management 2014 Spring Conference (2014) (in Japanese).
- Takanosu Town, Akita Prefecture, JAPAN, Report called “Rinkuu Toshi, Takanosu, Machi zukuri keikaku chousa houkokusho” (1998) (in Japanese).
- Takehara, H., Fujiwara, J., Ujihara, T., Mizugaki, D., Abe, N. and Nishiyama, M., Study of usage patterns and introduction effects of micro electric vehicles in mountainous area: A case of Ueyama Area in Mimasaka City, JSTE Journal of Traffic Engineering, Vol. 5, No.1 (2019), pp. 1-10, (in Japanese).