自動運転車の一般化を見越した移動する居住空間の製品構造・生産工程に関する研究

構法計画研究室　小久保 友貴

1. 序論

1-1. 研究背景

移動しながら居住する暮らし方はこれまでに様々な事例があり、伝統的なものでは遊牧民の住居であるゲルなどを挙げることができるが、現代では世界的に見ても一般的な居住形態であるとは言い難い。しかしながら、自動運転車（Automated Driving Vehicle, 以下「ADV[注1]」と略す）の一般化によって今後移動しながら居住することが容易に、身近になると考えられる。ADV の技術開発や社会への導入後の法的・倫理的課題に対する研究は多数行われているが、ADV に長期的に居住することを前提とし車室を居住空間として位置づけた建築学的観点からの研究は他に見られないため、本研究はこの課題に取り組む。これは新たな居住形態の研究としても ADV の研究としても意義がある。

1-2. 目的

ADV 上で居住空間を成立させるためには、走行性能と居住性能の両立が不可欠であり、どちらか一方の性能に寄与する製品よりも製品構造が複雑になると考えられる。そこで本研究は、走行性能と居住性能の両方を持つ製品の生産方法と、その製品を構成する部品または部材間の関係を明らかにすることで、居住空間を持つ ADV の製品構造を予測するとともに、自動運転化に伴う自動車産業への他産業からの参入可能性について分析し、今後の居住空間を持つ ADV に求められる製品構造を示すことを目的とする。

1-3. 手法

上記の目的を達成するため、現在生産されている移動する居住空間の製品構造・生産工程を調査し分析する。分析対象はキャンピングカーとキャンピングトレーラーとし、国内に流通するモデルを取り上げてヒアリング調査とカタログの分析、製品の目視調査を行う。以上より　1. 部品の取り合い　2. 部位ごとの機能　3. 部品または部位の生産主体　を明らかにし、1.2.3 の関係を分析して製品構造を記述し類型化する。その後、自動運転技術の実現に伴う動力の電気化等の変化によって製品構造の複雑さや産業主体にいかなる影響が及ぶか考察し、自動運転技術の実現後に予測される変化を推測する。

1-4. 本論の構成

本研究は 6 つの章から構成されている。1 章は序論であり、研究の背景と目的を明らかにしている。2 章では本論における ADV の位置づけを示している。3 章では移動する居住空間の事例を分析し、それらの移動性と居住性について評価を行っている。4 章・5 章では移動する居住空間の代表的事例としてキャンピングカーとキャンピングトレーラーを取り上げ、その製品構造と生産工程を調査し分析している。そして、6 章では 4・5 章の結果に照らし合わせることで自動運転技術の実現によって移動する居住空間に今後起こり得る変化を考察して結論としている。

2. 自動運転車

2-1. 自動運転車産業の動向

自動車産業では昨今、「CASE」というキーワードが盛んに語られるようになっている[文献 1)]。「CASE」とは、自動車の「Connected：コネクティッド化」「Autonomous：自動運転化」「Shared/Service: シェア / サービス化」「Electric：電動化」の総称であり、これらによって自動車が単なる交通手段ではなくなり複数の他産業を横断するサービスへと移行し、あわせて社会的に様々な変化が起こると予測されている（表 1)。「自動運転化」はレベルが 5 段階あり、現在では自動運転レベル 2-3 の車両が販売され実走行している。しかしながら死亡事故がすでに発生する[文献 4)]など社会への導入にはまだ課題が多い。とはいえ、自動運転車が一般化することは確定的であり、政府がロードマップ[文献 2)]を公表し官民連携を進展させるなど、着実に技術と社会制度の整備が続いている。

表 1　自動運転技術導入に際して予測される変化

項目	概要	
安全性	動力源が内燃機関から電力に移行する	文献 2)p.9
電力	電池性能が向上する	文献 3)
走行性能	車間距離制御技術の向上	文献 2)p.34
移動頻度	MaaS（Mobility as a Service: モビリティサービス）が拡大する	文献 2)p.11
操舵部	安全運転に関わる監視・対応主体が人からシステムに移行する	文献 2)p.5

2-2. ADV のコンセプトカー

ADV 開発は関連メーカーにとっての急務であり、毎年新しい ADV のコンセプトカーが発表される。しかしながらその形態は画一的であり、2014 年から 2018 年までに発表されたコンセプトカーを 29 車両収集した[注2]ところ、全ての車両が現行の乗用車またはバスのような一体的な形態をしていることが分かった。個人の所有を志向する車両は従来の車両に近いモノコックボディの形態を、サービス車を志向する車両は低床・箱型・前後対称の形態をとる場合が多い。この状況は実際に走行している実験車両でも同様であるため、デザインコンセプトは概ね定型化していると考えられる。

2-3. CASE による産業主体の拡大

「CASE」によって ADV に関連する企業は自動車メーカーだけでなく IT 企業や電機メーカーなどへと拡大している。中でもサービス化に伴う車内行動の変化は大きいと予想されており、ホテル業や小売業の参入を想定する自動車メーカーも存在している[注3]。その車両モデルは 2020 年に一部実証が予定されており、ADV は新たな建築空間として設計される段階に到達しているといえる。

3. 移動する居住空間の様態と製品構造

3-1.〈モノの輸送〉と〈人の輸送〉のための空間

この章では過去から現在までの乗り物をその機能と製品構造から分類する。分析を簡易化するため、タクシー・バス・トラック・トレーラー・乗用車の 5 つを他の乗り物と比較しながら分類を行う。分類項目は、1. 所有者　2. 自動車の種類　3. 製品の一体性　4. 輸送対称とした。3. 製品の一体性とは、車室と荷室が一体的で直接行き来ができるような、室の区別のない製品構造であるか、それとも車室と荷室が分離されているかの違いを示す。前者にはバスや乗用車が、後者にはトラックやトレーラーが当てはまる。荷室といってもトレーラーの場合は荷台がある場合や、車両が車両を牽引している場合があるので、分離されて一体的でない部分を「被牽引部」と表記する。

表 2 に示すとおり、これらの乗り物は〈製品構造が一体で運送対象が人〉のものと〈製品構造が分割されて被牽引部をもち運送対象が物〉の 2 種類に明確に分類できるが産業革命による機械化以前の交通手段の製品構造から変遷をたどっていくと、この二分化は交通手段の変遷に伴って次第に現れたことが理解できる。表 3 に示すように、馬車交通の時代に遡ると、〈運送対象が物〉の交通手段と〈運送対象が人〉の交通手段の製品構造には、どちらも同様に被牽引部を持ち、それらには多様な形態が存在していた。しかし現在は〈運送対象が物〉である交通は被牽引部を持つ製品構造になり、〈運送対象が人〉である交通は一体的な製品構造になっている。両者は異なる変化を遂げたのであるがこの理由は下記のように推察される。

1 〈運送対象を物〉とするものにおいては、貨物が大きいもの、危険なもの、匂いが発生するもの、など人と共存し難い様々な特徴を持つため、人と物を分離して運びたいという要求が生じた。また一種の製品構造では多様な種類の貨物に対応することが困難であった。

2 〈運送対象を人〉とするものにおいては、乗せるものの種類が「人」のみであり、大きさを変えれば、製品構造が同じでも様々な定員に対応できた。

以上の理由から現在もこの二分化は保たれている。〈運送対象を物〉とするものの被牽引部は現在も多様な製品構造を持ち続けている。

3-2. 現在の移動する居住空間の種類

図 1・表 4 に既存の移動する居住空間を挙げる。生活そのものを運ぶ移動する居住空間は〈運送対象が人と物〉であり、様々な形態が存在するため 3-1 で推察した二分化に当てはめることができない。図表には移動中に居住空間に入ることのできないもの・組み立ての必要なものを含めた広義の移動する居住空間を示した。これらを評価することにより特徴を示し、「ADV の登場を見越した移動する居住空間」に最も近い事例を明らかにする。

3-3. 移動する居住空間の評価

3-3.1 評価方法

移動する居住空間は、1. 移動の容易さと 2. 連続する使用時間 によって類別することができる。移動が容易なものは車両に近いものとして、連続する使用時間の長いものは住宅に近いものとして捉えることができよう。加えて、移動中に居住空間が使えるか、使えるとしたならばどのような行為が可能かをあわせて考えることで 3. 移動中の使い方の自由度を評価することができる（表 5)。

1 から 3 のそれぞれに対して段階を定義し、その段階と照らして表 4 で挙げた移動する居住空間と ADV を評価する。両者を比較することで、ADV に類似する既存の移動する居住空間を明らかにする。

3-3.2 評価結果

表 6 に示すとおり、ユニット住宅は居住に偏った移動する居住空間であるといえ、トレーラーハウスはユニット住宅に似た性質を持っている。乗用車は移動に偏った性質を持ち、居住性は低い。ゲルは、移動の容易さ・連続する使用時間から見れば車両に近い性格と住宅に近い性格を両立しているかのように見られるが、移動中の使い方の自由度が全く無いため、他のどの類型とも似通っていない。ADV と比較すると「自動運転車の登場を見越した移動する居住空間」に最も近い事例はキャンピングトレーラーとキャンピングカーであるといえる。一方でゲルやトレーラーハウスは移動の容易さ・自由度において低評価であるが、意匠における多様性を持つという特長がみられる。

表 2　製品構造と運送対象による分類

		製品構造			
		サービス用車両		個人所有車両	
		一体的	被牽引部有り	一体的	被牽引部有り
輸送対象	人	タクシー / バス		乗用車 / キャンピングカー	
	物		トレーラー / トラック		トラック / トレーラー

表 3　運送対象ごとの製品構造の変遷

	産業革命以前の交通 →	動力の機械化直後 →	大量輸送に対する需要増加後
〈運送対象が物〉	荷馬車 注4) 被牽引部有り	トラック 注5) 製品構造一体	トレーラー 注8) 被牽引部有り
〈運送対象が人〉	乗合馬車 注6) 被牽引部有り	バス 注7) 製品構造一体	バス 注9) 製品構造一体

トレーラーハウス 注10)（パークトレーラー）　キャンピングトレーラー 注11)　キャンピングカー 注12)

図 1　移動する居住空間の事例

表 4　移動する居住空間の種類と定義

モービルホーム	主に米国で流通している大型の住宅用トレーラーである　*1
トレーラーハウス	一定の場所に定置することを前提とし、室内での長期継続的居住を行う住宅用途のトレーラーである　*1
キャンピングカー	室内に居住してキャンプをすることを目的とした自動車であって車室内に就寝設備・水道設備及び炊事設備を備える車両である　*2
キャンピングトレーラー	キャンピングカーと同様の設備を持つ被牽引車である　*2
ゲル	遊牧民の住居で解体・組み立てができる移動式住居であり地場産の材料で作られた簡素な作りのユニットを組み合わせることで構成される
ユニット住宅	工場生産された部位または設備が、ユニット化され部品化されてトラック輸送によって現場に運ばれ、それらを組み合わせることによって作られる住宅のことである。

注）
*1　：トレーラーハウスとモービルホームは、厳密には異なるが日本においては同様のものを指す言葉として使われ、その定義には曖昧なところが多い。日本ではモービルホームを含めてトレーラーハウスと呼ぶことがあり、本研究での定義は日本トレーラーハウス協会の定めるところに準ずる。
*2　：これらの構造要件は国土交通省が定める「特殊用途自動車（8 ナンバー）の構造要件　用途区分通達 4-1-3(4) の自動車」によって定められている。

表 5　移動する居住空間の評価基準

1. 移動の容易さ	◎	動かしたいときに動かすことができる	3. 移動する中の使い方の自由度の高さ	評価 A	寝ながら移動でき、非固定の住宅用家具・家電が使える
	○	牽引車があれば簡単に動かすことができる		評価 B	寝ながら移動でき、車両専用家具・家電であれば使える
	△	分解方法を知っていれば動かすことができる		評価 C	取れる姿勢に種類があり、車両専用家具・家電であれば使える
	□	技能者による大掛かりな牽引と道路の通行許可等が必要		評価 D-1	移動中は居室に乗車できないが、停止中は非固定の住宅用家具・家電が使える
	×	技能者による大掛かりな牽引と道路の通行許可等に加え揚重機械が必要		評価 D-2	移動中は居室に乗車できないが、停止中は車両専用家具・家電であれば使える
2. 使用時間	◎	1 日～1 週間程度		評価 D-3	姿勢が固定されており可能な行動が少なく限定され固定された家具・家電しか使えない
	○	1 日以内		評価 E	移動中は居室に乗車できない。家具・家電は積載しておらず停車後別に運ばれる。
	△	1 年以内			
	×	1 年以上			

低評価

表 6　移動する居住空間の評価

	トレーラーハウス	キャンピングトレーラー	キャンピングカー	ゲル	ユニット住宅	乗用車	ADV
1. 移動の容易さ	□	○	◎	△	×	◎	□
2. 使用時間	×	◎	◎	△	×	○	-
3. 自由度	評価 E	評価 D-2	評価 C	評価 E	評価 E	評価 D-3	評価 A

低評価

4. 移動する居住空間の製品構造と生産工程

4-1. 研究対象車両とその概要

本研究ではキャンピングカー２車両、キャンピングトレーラー３車両を対象に調査・分析を行った。各車両の特徴を表７に示す。製品構造を分析するため、車両を構成する部品をカタログと実車両の目視、ヒアリング調査によって収集した。物理的な接点を持つ部品の関係を「取り合い関係」、組立工程で先行する部品を「一次部品」、後続する部品を「二次部品」と定義し有向線分によって関係を記述した（図 2)。以降キャンピングカー A を例に上げ分析結果を述べる。

4-2. 部品の取り合い関係と組立工程

図 2 にキャンピングカー A の「FRP 製 車室ボディ」を中心とした部品の取り合い関係を抜粋し示す。この車両の製品構造は「FRP 製車室ボディ」を一次部品とする居住部のまとまりと、「動力部ボディ」を一次部品とする動力部のまとまりに分かれる。組立においてキャンピングカービルダーは、「FRP 製 車室ボディ」に二次部品を組み込み居住部を完成させ、自動車製造業者によって組み立てられた動力部と連結する。組立工程と物的なまとまりには対応関係があり、いずれも居住部と動力部に大別されていることが分かる。

4-3. 部品の属性と取り付け方法

キャンピングカーは、ビルダー独自で製作した部品とビルダー以外の製造業者が製作し販売する「製品化された部品」を組み合わせることで構成される複合的な製品である。部品同士の取り付け方法は、３つのパターンに分類できる（図 3)。部品に対する「加工」が必要な取り付けほど、生産工程と取り合い関係が複雑な傾向にある。

4-4. 部品と機能の関係

構成部品は、走行性能か居住性能またはその両方に係わっており、居住部の部品にも走行性能に係るものが多い（図 4)。居住部の部品で走行性能に係るものには、大別して、①走行中の空気抵抗を低減する目的で外装の一体性に寄与している部品（ex, アクリル二重窓）と、②走行中の車室内空間の安全確保に寄与している部品（ex, シート）がある。動力部の部品では「ソリッドスクエアフレーム」が走行安定性能と居住部の床の構造部材としての性能を持ち、走行性能と居住性能を兼ねているが、主として走行性能に従事する部品である。総じて部品の機能は走行性能が優先されているといえる。

4-5. エネルギーを使用する部品

キャンピングカー内に備えられる器具は外部電源等との接続がない間は、サブバッテリーか独立した燃料またはエンジンの発熱を利用することが一般的である。サブバッテリーには多数の器具が接続されており、１つの器具の電力消費が他の器具の使用に影響を及ぼすことから、接続された器具同士は物的に取り合っていなくともエネルギー的には多数の取り合いを持ち複雑な製品構造であるといえる。反対に、「ソーラーベンチレーター」は太陽光を利用して動き、「ガスコンロ」もガスボンベで動くため、それらの独立したエネルギー源を持つものは他の部品との取り合い関係が少ないと言える（図 5)。

4-6. 小結

車両の動力部と居住部は製品構造の上で分割されており、組立工程にも反映されていることから、外面的には一体的に見えるキャンピングカーは、実際には被牽引部をもつ車両の製品構造と同じ製品構造をもつことが明らかとなった。また、居住部部品の多くが走行性能に係ることから部品の機能においては居住性能よりも走行性能が優先されていることが示唆される結果となった。

表７　調査対象車両の概要

	キャンピングカー		キャンピングトレーラー		
	A	B	C	D	E
種別	キャブコンバージョン（キャブベース）	キャブコンバージョン（バンベース）	アメリカン トレーラー	ヨーロッピアン トレーラー	日本製トレーラー
居住部構造体	外装 FRP シェル	アルミ骨組みパネル	アルミ骨組み	家具ユニット	アルミ骨組み
製作	自社工場（タイ・日本）	自社工場（日本）	自社工場（アメリカ）	自社工場（ドイツ）	一部外注（日本）
生産順序	ベース車両→内装組入済シェル	ベース車両→床→壁パネル→天井	ラダーフレーム→床→外装パネルシェル→家具	シャシー→床→家具→壁→天井	シャシー→アルミフレーム→床→壁→天井

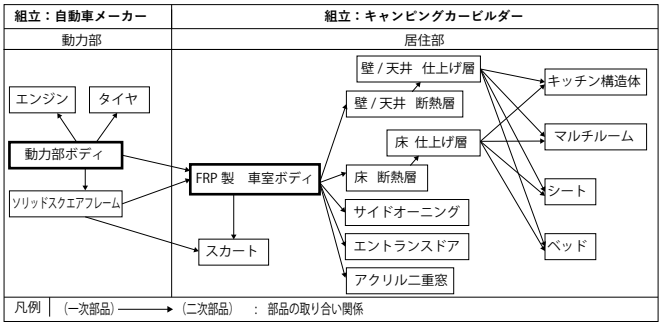

図 2　取り合い関係と生産主体

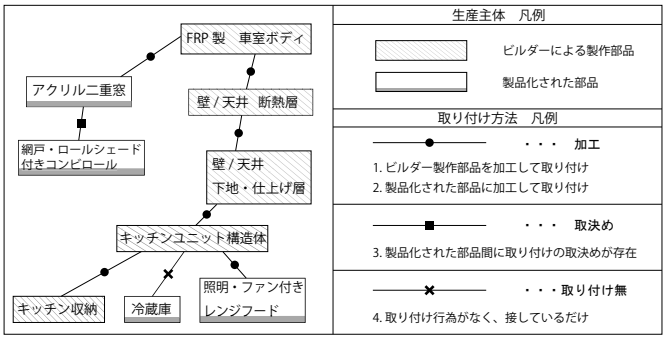

図 3　部品の生産と取り付け

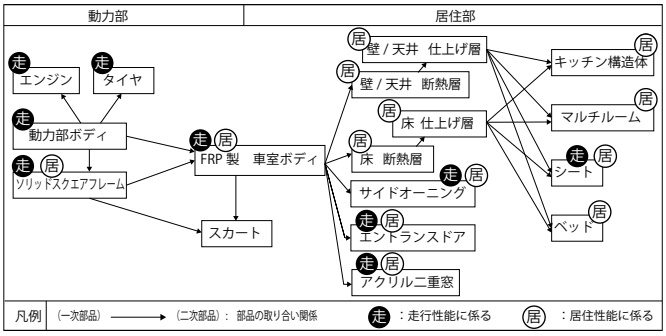

図 4　居住性能と走行性能

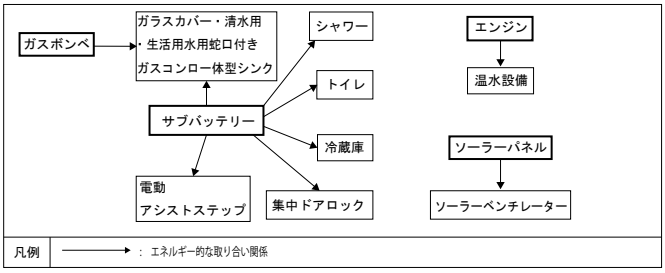

図 5　エネルギーを使用する部品の構造

5. 移動する居住空間における今後の展開

5-1. 産業構造上の主体 / 組立工程上の主体

キャンピングカー A を例に産業構造の特徴を示す（図 6）。産業構造としては、組立工程上先行する一次部品としての自動車に対して架装を行うキャンピングカービルダーが、自動車産業を主体産業とする副次的な産業となる。即ち、産業構造上の主体は自動車産業である。

次に産業構造と組立工程を比較すると、組立工程の切れ目がそのまま産業構造上の切れ目と一致していることがわかる。即ち、産業間で組立上の擦り合せを行うことはなく、副次的な産業に属するビルダーが部品を加工又は製作することで一つの製品に仕立てているといえ、組立工程上の主体はキャンピングカービルダーである。

5-2. 他産業の部品生産への参入可能性

一次部品としての自動車を生産する自動車メーカーと組立主体としてのビルダーは、それぞれ独自性を持つ閉じた産業であるため、これらへの他産業の参入は困難である。一方、製品化された部品の生産分野においては、他産業の参入可能性は高いと考えられる。移動する居住空間が発展する上で産業規模を拡大するためにも、他の産業が参入しやすい部品の構造を明らかにすることは有効であるが、直接的にその特徴を述べることは難度が高い。そのため、一体性が高いほど参入しにくい部品であると仮定し、一体性が高い部品を明らかにすることで当該の部品以外の部分が参入しやすい部品であると考える。この仮定に基づけば、表 8 に示した一体性が高い部品の類型に該当しない部品ほど、他産業の参入可能性が高いといえる。

6. 結：完全自動運転化実現後の居住空間の変化

完全自動運転化の実現によって予測される変化を表 9 にまとめ、表 9 の予測に基づき影響が及ぶと考えられる移動する居住空間の構成部品を表 10 に示した。表 9c の車間距離制御技術の向上により走行が安定し、低速を保ち、途中停車することなく全ての車両が走るようになると ADV に高速走行が要求されなくなると考えられる。安定した低速走行が一般化すると、現在の自動車並みの走行性能は要求されなくなり、その代わりに車室の居住性能の充足が求められるようになると考えられる。3 章で示した走行性能が高度化する以前の馬車の被牽引部の幌や、移動の容易さの評価において低評価であったトレーラーハウスやゲルに様々な意匠が見られたことは、走行性能を重視しない場合の ADV にも多様な意匠があり得ることを示唆している。現状のキャンピングカーとキャンピングトレーラーには走行性能と居住性能の両方を有している部品が多く使用されているため、これらの車両は複雑な製品構造を持っている。部品が持つ機能への要求が単純化される時、これまで自動車の生産に関わることのなかったメーカーの部品生産への参入が容易になり、従来の産業以外にも多様な産業が主体となることが考えられる。例えば電子部品に強みを持つ電機メーカーが、表 9b による電気機器性能の向上に伴って、車載機器の全てを製作することや、組立主体であり複雑な加工に対する強みを持つビルダーが産業主体となることさえ考えられる。現状のコンセプトカーのデザインは、走行性能の向上や大量輸送を志向する画一的なデザインとして定型化している。それらは、これまで副次的であった産業や二次的であった部品が主体となって、独自性の高い車両を生産する想定をしていない。ADV には、居住空間としての設計の余地があるのではないだろうか。

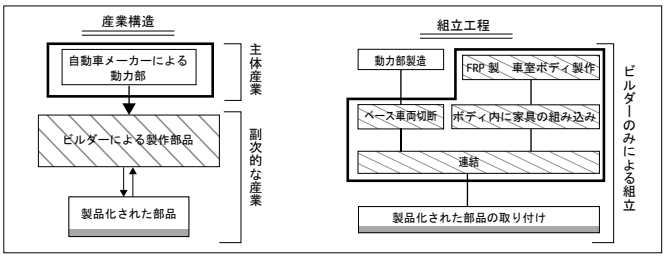

図６　生産工程と産業構造

表 8　一体性が高い部品の類別

パターン	具体例　〔___ 部品名称 ___（概要）〕
1. 部品に対して複数の機能が備わっている部品	照明・ファン付きレンジフード（光・換気） 網戸・ロールシェード付きコンビロール（虫除け・遮光）
2. 構造要件・法律上の制限がかかる部品	座席・テーブル天板の転用による就寝設備（構造要件） 保安部品（保安基準）
3. 他の部品との取り合い数が多い部品	FRP 製車室ボディ （居住部の構造体であり、全ての取り付けにおける最上流部品）
4. 走行性能に係る部品	アクリル二重窓（車室ボディと一体化し空気抵抗を低減）

表 9　完全自動運転技術導入に際して予測される変化（*cf.* 表 1）

概要	予測
a. 動力源が内燃機関から電力に移行する	エンジン部品が消失する
b. 電池性能が向上する	電源がサブバッテリーから電池へ移行
c. 車間距離制御技術の向上	走行速度が一定になり、車体が安定する
d. MaaS（Mobility as a Service: モビリティサービス）が拡大する	移動頻度が高まる
e. 安全運転に関わる監視・対応主体が人からシステムに移行する	人間による操舵部が消失する

表 10　完全自動運転化による影響を受ける部品

内容	完全自動運転化による影響
① 水源またはサブバッテリーと接続している部品	予測 B より、電池により電力が部品毎に供給され、独立する →消費電力量を考慮せず、様々な家電・設備を積載可能になる
② 走行性能に係る居室内部品	予測 A,C より、安全性が高まり、部品への性能要求が緩和される →住宅用資材や家具の使用が可能になる
③ 走行性能に係る外装部品	予測 C より、外装部材の一体化に対する制限が緩和される →外装デザインが多様化する。

参考文献

1) 中西孝樹：CASE 革命 2030 年の自動車産業，日本経済新聞出版社，2018 年 11 月

2) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議：官民 ITS 構想・ロードマップ 2018, 2018 年 6 月

3) NEDO：二次電池技術開発ロードマップ 2013，2013 年 8 月

4) NHTSA:「テスラ車死亡事故に関する報告書」（最終閲覧 2019. 2. 1）https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2016/INCLA-PE16007-7876.PDF

5) 佐々木烈：日本自動車史写真・史料集，三樹書房，2012 年 6 月

注釈

注 1) 自動運転車を表す英語表記は多数存在し、他には「Autonomous-Vehicle」や「Self-Driving-Car」が該当するが、本研究では「Car」ではなく「Vehicle」の文意を重要視するため「ADV」を採用する。

注 2) 2014 年から 2018 年の間に発表されたコンセプトカーをモーターショー及びメーカーのプレス発表より収集し分析した。

注 3) トヨタ自動車：「トヨタ自動車、モビリティサービス専用 EV “e-Palette Concept” を CES で発表」https://newsroom.toyota.co.jp/jp/corporate/20508200.html（最終閲覧 2019. 2. 1）

注 4) 画像出典：「金輪四輪荷馬車（東京）」（物流博物館所蔵『小運搬具研究資料』掲載 http://www.chie-project.jp/011/no21.html（最終閲覧 2019. 2. 1）

注 5) 画像出典：鹿島茂，『馬車が買いたい！』，1990，白水社，p. 16

注 6, 7) 参考文献 5（p. 2, p. 39 参照。）

注 8) 画像出典：日本トレクス株式会社　ウイングセミトレーラー http://www.trex.co.jp/products/trailer/index.html（最終閲覧 2019. 2. 1）

注 9) 三菱ふそう HP，AEROSTAR 製品情報 https://www.mitsubishi-fuso.com/content/fuso/jp/lineup/buses/aero_star/index.html（最終閲覧 2019. 2. 1）

注 10) 画像出典：株式会社スペースイマジネーション HP　http://www.space-h.com/about/（最終閲覧 2019. 2. 1）

注 11) 画像出典：AIR STREAM JAPAN　カタログ

注 12) 画像出典：VANTECH　カタログ