



低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.6)

—エンドユーザーにおけるケーススタディ（乗用車への MaaS と自律運
転の影響について）—

令和 5 年 3 月

Impact of Progress of Information Society on Energy Consumption (Vol. 6):
Case Studies at End-users (on the Impact of MaaS and Autonomous Driving on Passenger Cars)

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2022-PP-10

概要

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響について、ICTの利便性を享受し、かつデータ需要の発生源であるエンドユーザーを対象に検討した。ケースとして自律運転とMaaSが社会に浸透した時の乗用車台数の変化、通信量、消費エネルギーなどについてモデルにより考察した。モデルにおいては、自律運転車の普及にともない、その30%が自家所有からオンデマンド型の乗用車（主としてロボタクシーやカーシェア）の利用に移り、ロボタクシーは現在のタクシーの類推から自家用車の約4倍の移動需要を満たすとした。自律運転の国内市場への普及は市場調査資料から、2050年に約800万台と想定した。

この結果、2050年における運転免許保持者数比例で考慮した乗用車数5300万台が自律運転車の導入により約1000万台減少して4300万台になると推定された。必要な通信量は1TB/台/日と仮定して3000EB/年、アクセス系の通信量は7Gbps～700Gbps/基地局、これに対応する消費電力は14～60TWh/年と推定された。一方で自動車台数の削減に対応する省エネルギー効果は500TWh（2050）と推定され、MaaS+自律運転の普及による自動車台数の削減がエネルギー的にも好ましいと推定された。

自律運転とMaaSの社会への導入により、社会的効用として高齢者、移動弱者の移動の自由度が大幅に向上し、生活の質の向上が得られること、交通事故の減少による社会的コストの低減が1000ドル/人程度との推定もなされている。自律運転車普及のためには、自律運転技術の促進と実証実験が特に重要であるが、本提案書では触れなかった法的側面、経済的側面および社会環境面の制度の整備をともなった政策の推進も重要である。

Summary

The impact of the development of the information society on energy consumption was examined for end-users, who enjoy the convenience of ICT and are the source of data demand. As a case study, the impact of the penetration of autonomous driving and MaaS into society was examined using a model of changes in the number of passenger cars, the volume of communication, and energy consumption. The model assumed that as autonomous driving vehicles become more prevalent, 30% of them will shift from private ownership to being used as on-demand passenger vehicles (mainly robo-taxis and car-sharing), and that robo-taxis will satisfy about four times the travel demand of private cars, based on an analogy of current taxis. The penetration of autonomous driving in the domestic market was assumed to be around 8 million units in 2050, based on market survey data.

As a result, it was estimated that the number of passenger cars (53 million) considered in proportion to the number of driver's license holders in 2050 will decrease by approximately 10 million vehicles to 43 million vehicles with the introduction of autonomous vehicles. The required communication volume was estimated to be 3,000 EB/year assuming 1 TB/vehicle/day, and 7 Gbps–700 Gbps/base station for the access system, with a corresponding power consumption of 14–60 TWh/year. On the other hand, the energy-saving effect corresponding to a reduction in the number of cars was estimated to be 500 TWh (2050), and it was estimated that a reduction in the number of cars through the popularization of MaaS + autonomous driving would be favorable from an energy perspective.

It is estimated that the social benefits of the introduction of MaaS and autonomous vehicles include a significant increase in freedom of movement for the elderly and mobility-impaired, an improvement in quality of life, and a reduction in social costs of about \$1,000/person due to a decrease in traffic accidents.

While the promotion of autonomous driving technology and demonstration tests are particularly important for the popularization of autonomous vehicles, it is also important to promote policies accompanied by the development of legal, economic, and socio-environmental systems, which were not mentioned in this proposal.

目次

概要

1. はじめに	1
2. 前提条件	1
2.1 人口構成	1
2.2 都市・交通の構造	2
3. 自律運転	3
3.1 自律運転とその普及	3
3.2 自律運転レベル	4
3.3 自律運転化率	4
4. 自律運転と MaaS	6
5. 移動需要	7
5.1 総移動需要と相当需要乗用車数	7
5.2 タクシーの相当自家用車台数への換算	7
5.3 バスの相当自家用車数への換算	7
6. 自律運転の自動車台数への影響	7
6.1 自動車の分類と将来台数推定	7
6.2 乗用車	8
6.3 タクシー	9
6.4 乗合自動車	9
6.5 二輪車	10
6.6 鉄道	10
6.7 その他	10
6.8 自律運転の普及と乗用車台数の関係の推定	10
6.9 まとめ	11
7. データ量への影響	13
8. 消費エネルギー	13
8.1 走行に要するエネルギー	14
8.2 生産に要するエネルギー	14
8.3 通信に要するエネルギー	15
9. 自律運転と MaaS の社会的効用	15
9.1 社会的効用	15
9.2 経済的効果	15
10. まとめ	15
11. 政策立案のための提案	16
参考文献	16

1. はじめに

いままで情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響として、ICT インフラ系のデータセンター、ネットワークの消費エネルギー予測をしてきた [1-5]。ところで、ICT はエネルギーを消費するばかりではなく、それによる省エネルギーも期待される場所である。そしてその効果はエンドユーザーにおける ICT の効果として実現されるはずであるし、そもそもデータ需要はエンドユーザーで発生するはずであるから、エンドユーザー側の影響の検討は重要である。

しかし、2030、2050 年におけるエンドユーザー側の情報化に関わる消費エネルギーの推測は極めて難しい。それは例えばオンデマンド交通の普及、遠隔医療、リモートワーク、オンライン講義、などエンドユーザーの形態が多様であるためにその形態を個別に調査して集計することが困難なためである。さらに、この変化の激しい情報技術について 10 年先はまだしも、30 年先を想定することも困難である。

そこで、本提案書では限られた応用場面をモデル化して、その前提条件を明確にしてどのような状況があり得るかをケーススタディとして推定する。ICT と社会の関係については、総務省の情報通信白書から引用した図 1 のようなモデルを想定する [6]。このうち、応用場面としては社会に大きな利便性をもたらすとともにエネルギー的にも大きな影響があると考えられる自動車における自律運転 (Autonomous car) と MaaS (Mobility as a Service) を取り上げ、その影響について検討、試算する (航空機、鉄道については除外する)。

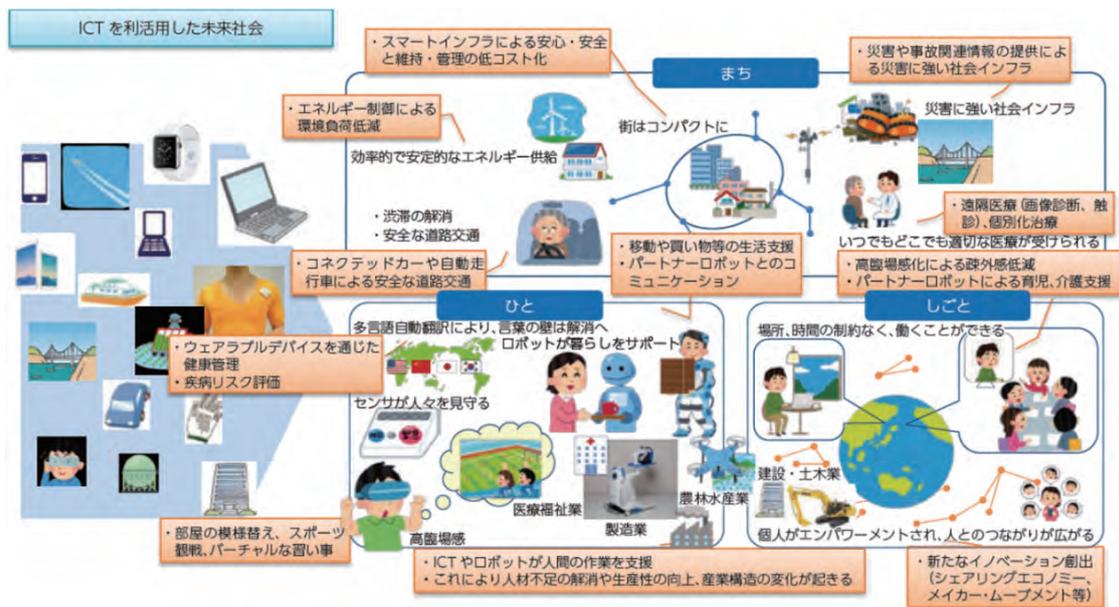


図 1 ICT を利活用した未来社会のイメージ [6]

2. 前提条件

2050 年の日本社会の予測として、以下を前提条件とする。

2.1 人口構成

2020 年に 124 百万人、うち 65 歳以上が 3600 万人、生産年齢人口が 7300 万人、2050 年に 9700 万人、内 65 歳以上が 3800 万人、15 ~ 64 歳は 5000 万人。高齢者人口のピークは 2040 年で約 3900 万人、その後減少するが高齢化率は 36% から 39% に上昇し続ける (図 2 参照 [7])。

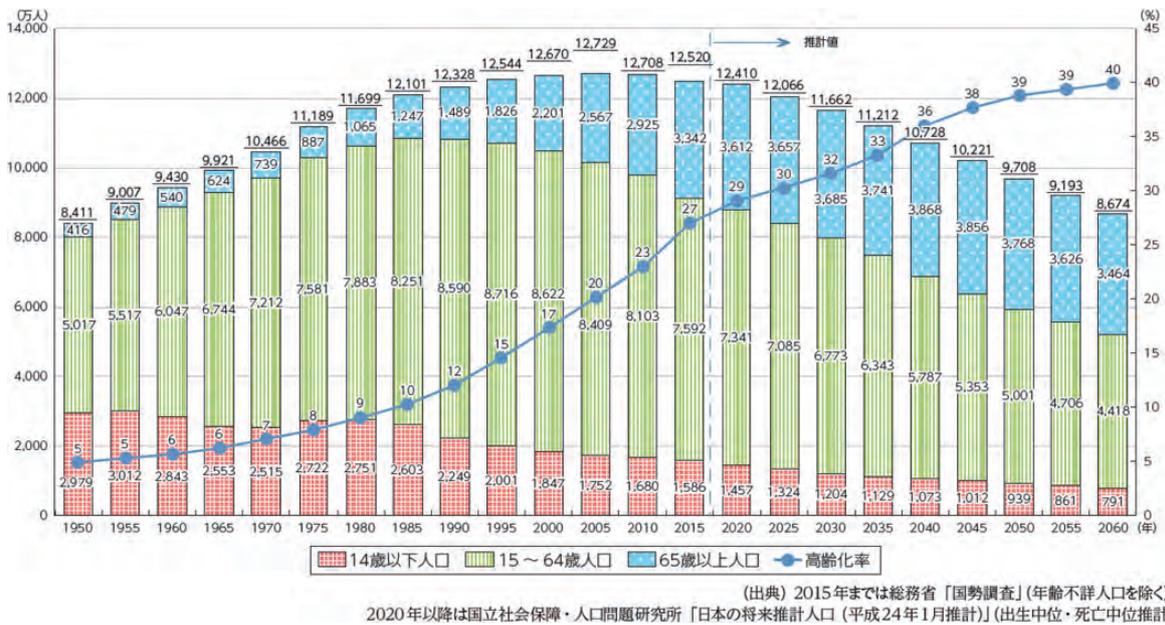


図2 我が国の人口の推移 [7]

表1 我が国の人口年齢構成の推移

			2015	2020	2030	2040	2050
総人口	Pally	千人	127000	125295	119125	110919	101923
15-64		千人	77000	74058	68754	59777	52750
65歳以上		千人	34000	36192	37160	39206	38406
20歳未満		千人	22000	21000	18000	16000	14000
20-70歳		千人	81000	76295	71125	64919	56923
70歳未満		千人	103000	97295	89125	80919	70923
70歳以上		千人	24000	28000	30000	30000	31000
80歳以上		千人	10000	12000	16000	16000	16000
90歳以上		千人	1800	2500	3500	5500	5000
運転免許保持者数	Hy		82140	81600	78400	73200	67500

これにともない、以下の状態が予想されている。

生産年齢人口(15～64歳)は表1のように7400万人→5300万人(2050)と予測されるため、労働力不足が予測される。

2015年度で65歳以上3300万人に対して要介護者が600万人程度なので、おおむね20%弱、2045年には高齢化率が上がるため要介護者は約1000万人。2050年も同等レベルと推定される。一方、現在介護職員は180万人程度で不足とされている。3.3人で1人を介護。生産年齢人口比でいくと約2.5%。2050年には同じく3.3人で1人を介護すると300万人程度必要になる。しかし生産年齢人口の5000万人の2.5%は125万人。差が175万人となる。

2.2 都市・交通の構造 [8]

2050年ごろまでに起きる変化としては、人口減と高齢化の効果として、地方では山間部等、高齢化が進んでいる過疎地の居住は放棄され、地方中核都市への集約が進む。中核都市は文化、経済、物流の拠点となる。核家族化、男女の平均寿命差、婚姻率と出生率の低下、離婚率の上昇、などに起因して高齢独居老人は増加する。

この結果、およそ下記の都市・交通構造が出来上がり、2030年はそれに向かう過程の初期段階

と考える。なお、MaaSの態様を近、中、遠距離とする区分は多くのMaasに関する文献でなされているが、区分距離には幅があり、必ずしも以下の数字ではない。

2.2.1 近距離移動範囲

前提条件 2.1.1 で人口の都市集中。中核都市の居住地域では半径 1 km 以内程度に生活インフラ（医院、スーパーマーケット、幼稚園、小中学校、ジム、小規模娯楽施設（映画館、など）、商店、飲食店など）がある。徒歩、あるいは超小型モビリティ（電動カートも含む）の自律運転車両で移動が可能。通信、事務機器など備えたりリモートワーク用オフィス、試作研究用ファブラボができています。

図書館、文化施設、病院などの大規模施設、市役所、ホール等公共施設、高校、駅などはおおよそ 5 ～ 10 km 以内程度の範囲にあり小型モバイルやオンデマンドカー、バス、自転車などで移動する。

2.2.2 中距離移動範囲

中核都市の半径 10 ～ 50 km 程度以内が通勤圏、大学、専門学校通学圏、商圈となり、自律化された公共交通機関（バス、鉄道）、オンデマンドカー、自家用車が主な交通手段。

2.2.3 遠距離移動

50 km 以上は中核都市間を結ぶ公共交通網（鉄道、飛行機）が中心。ビジネス、観光、物流など。人の移動は自家用車、カーシェアリング、バス、鉄道、飛行機の組み合わせによる。物流は鉄道、トラック。

3. 自律運転

3.1 自律運転とその普及

近い将来、自動車はセンサーや GPS などの情報を、積載したコンピュータが判断して、人の関与なしに交通することが可能になるといわれていて、これは自動運転とも自律運転とも呼ばれている。本報告では各個の判断で動くことを重視して英語の **Autonomous driving** に相当する自律運転に統一する。自律運転の社会に及ぼす影響については既に様々な検討がなされている詳細は文献を参照されたい [8-9]。

自律運転の普及については、技術的側面、法的側面、経済的側面および社会環境面がある。

技術的側面は自動車そのものが、自律運転可能なレベルかどうかというものであり、表 2 のようにレベル 1 から 5 まで分類されていて、レベル 4/5 が自律運転に対応している。技術的には一部の企業では自律運転可能な自動車を製造できる水準に到達しているともいわれている。

法的側面は責任の所在ほか交通法規の整備であり、法的整備がなされないと自律運転の普及は困難である。ただ、本書は技術を中心に自律運転の影響を評価するのが目的なので、技術進歩にともなって必要な法的整備はなされると仮定する。

経済的側面は自律運転車が高価格のため普及が拡大しない可能性であり、先進国で先に普及するが発展途上国では遅れると考えられる。ここでは、調査資料の予測を採用する [10]。

社会環境面については、自律運転システムの普及のためには人々のシステムへの容認が必要と考えられるが、これもここでの検討対象とはせず、普及におけるの阻害要因にならないと仮定する。環境面では自律運転に必要なデータ通信、データ処理環境の整備が必要で、高速大容量の無線アクセスネットワーク網、エッジサーバー、クラウドなどの整備が必要である。これについては、先進国においては必要な環境は技術進歩に即して整えられ、普及の障害にならないと仮定するが、発展途上国では障害になり得る。簡単のため、経済的側面を考慮した調査資料の自律運転の普及

率が達成できる程度には社会環境面は整えられ、独自の普及の阻害要因とはならないと仮定する。

3.2 自律運転レベル

表2のような自律運転のレベルが示されている[11]。実際に自律運転と呼べるレベルは4/5とされているので、本報告でもレベル4/5を自律運転と呼ぶ。

表2 自律運転レベルと予想されるセンサー搭載数[11]

自動運転レベル	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
名称	運転支援	部分運転自動化	条件付き運転自動化	高度運転自動化	完全自動運転
運転主体	人	システム	システム	システム	システム
センサー	超音波センサー×4、長距離レーダー×1、短距離レーダー×2、後方カメラ×1	超音波センサー×8、長距離レーダー×1、中距離レーダー×4、ADASカメラ×1、Viewingカメラ×4	超音波センサー×8、長距離レーダー×2、中距離レーダー×4、ADASカメラ×3、Viewingカメラ×4、LiDAR×1、DR（自律航法）×1	超音波センサー×10、長距離レーダー×2、中距離レーダー×4、短距離レーダー×2、ADASカメラ×7、Viewingカメラ×6、LiDAR×5、DR×1	超音波センサー×10、長距離レーダー×2、中距離レーダー×4、短距離レーダー×4、ADASカメラ×9、LiDAR×5、DR×1
コンピューター能力	<0.25TOPS	最大0.25TOPS	最大250TOPS	最大500TOPS	最大1000TOPS
主な機能	ACC（車間距離制御装置）、AEB（衝突被害軽減ブレーキ）	ACC と LKA（レーンキープアシスト）、渋滞アシスト、自動駐車	ALC（自動車線変更）、運転手監視、高速道路自動運転	高速道路入出の仮想アシスト	リモート駐車

3.3 自律運転化率

自律運転はまず貨物車から先に普及すると考えられているが、自動車による普及率の差異を予測することは現時点では困難なので、自律運転化率（ β ）は車種の別なく一律と仮定する。

今回は国内についての調査なので、国内市場調査資料[10]の数値を用いる。もっとも、2050年ごろの普及率は図3では30%程度であるが、今回の検討結果は14%であり、大きく異なるとも言えない。

自律運転化率はレベル4/5の車両数割合とし、簡単のために世界でも日本でも等しいとし、市場調査資料予測値によるCASE1と、自律運転の効果を明確化するために、仮想的に0～40%の普及率を仮定したCASE2を検討した。

自律運転化率を求めるにあたって、現在の乗用車の国内生産台数、販売台数[12]、廃車台数[13]、中古車輸出台数[14]などの比率を調べる必要がある。これは2018年では、表3のようになっている。これから国内生産台数のうち約50%の408万台が国内で販売されることが分かる。販売台数は廃車台数285万台と中古車輸出台数111万台とバランスするはずであり、10万台ほど合わない。統計の時間差などの影響があるのかもしれない。

自律運転の普及率については種々推測があり、例えば図3のようなものがある[15]。

表3 乗用車台数（単位千台）
の国内におけるバランス

	2018
生産台数	8360
輸出台数	4358
販売台数	4391
内輸入車	310
内国産車	4081
廃車	2850
中古車輸出	1108

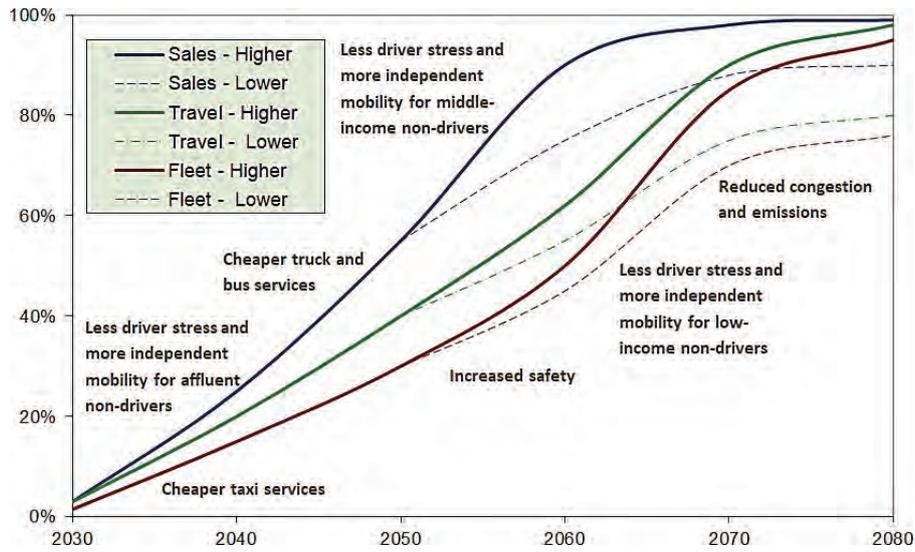


図3 自律運転の普及率例 [15]

(1) CASE1

自律運転車数は市場調査資料 [10] に基づき、レベル 4/5 を自律運転車として、その生産台数を 2025、2035、2045 年の数値から、それ以外の年については内挿、2045 年から 2050 年は外挿して求め、表 4 に示す。この各年度の生産台数から累積生産台数を求めた。国内販売台数は表 3 から生産台数の 50% とした。次に、乗用車の平均使用年数を 14 年、タクシー用途は 5 年（後述）として [13]、それ以降は廃車されるものとして累積廃車台数を算出し、累積生産台数より差し引いて国内における自律運転乗用車の稼働台数とした。これと乗用車基準台数（後述）の比率から自動運転化率を求めた。

表 4 自律運転車台数予測 [10]

単位（千台）

		2025	2030	2035	2040	2045	2050
国内総生産台数	N	8900	8690	8450	8050	7640	7230
国内販売台数	N*50%	4450	4345	4225	4025	3820	3615
自律車生産台数	レベル4/5	0	380	550	980	1370	1920
自律車累積生産台数	レベル4/5	0	380	2790	6830	12900	21400
自律車国内販売台数	レベル4/5	0	190	275	490	685	960
自律車国内販売累積台数	レベル4/5	0	190	1395	3415	6450	10700
自律車廃車台数	ロボタクシー		0	558	482	808	1214
自律車廃車台数	自家用		0	0	0	372	1916
自律車稼働台数			190	837	2933	5270	7570

(2) CASE2

2030 年の人口構成で固定して、自律運転化率（ β_2 ）を 0～50% で変化させて自律運転の影響を調べた [10]。

4. 自律運転と MaaS

ICT が近い将来、交通に及ぼす影響として注目されているのが MaaS である。MaaS は移動としてのサービスということで、鉄道、バス、タクシーなどの移動手段と、予約、利用、決済などが統合されたサービスを指す。特にオンデマンド型のタクシー、バス、カーシェアや近距離用の超小型自動車（1～2人乗り）、電動カートなど新しい移動手段が注目される。

MaaS と自律運転の組み合わせが特に注目されるのは乗用車に与える影響で、自律運転の普及による自律運転オンデマンドカー（ロボタクシーやオンデマンドバス、オンデマンド超小型車）の出現で、現在乗用車および二輪車を移動手段にしているかなりの人はオンデマンドカーサービスにシフトすると考えられる [16-19]。

特にロボタクシーは通常のタクシーと同様に移動手段を提供するもので、いつでも呼び出せ、駐車場の心配もなく、自分で運転する必要もなく目的地に運んでくれる。また、自律運転車は、自律運転対応のために車体コストが40%程度増加するといわれているが、タクシーのコストの75%を占めるといわれる人件費が不要になる [20-21]。車両償却費がタクシーに占める割合は2.5～4%に過ぎない [20-21] ので、それが1.4倍になっても、タクシーコストの3.5%になるだけで、その結果、設備投資の増額を考慮してもおそらく現在の料金の1/4 というような大幅な料金低下が予測される [21]。また無人のため勤務時間の制約がなく、整備に必要な時間を除けば、24時間いつでも利用可能となる。

また、別の分析によると、レベル5自律運転車における車両費用と都市半径のクロス分析から、1日当たりの車両費用が1万円といった、個人所有のレベル0車両の10倍以上の費用であっても、半径の小さいコンパクトな都市ではLV5は高い普及率を達成し得ることが示されている [22]。このため、ある程度高価な車両価格であっても自律運転車普及は進むと考えられる。

このようなロボタクシーが普及すると、自家用車の利用が頻繁でない場合、維持管理の費用と手間がかからず、運転もしなくてすむオンデマンドに代替が進むと考えられる。

この割合については、47%が自家用車所有をやめるという資料 [16] や30%がやめるというデータもある [17]。またフィンランドで提供されている MaaS システムの Whim においては自家用車利用が導入前の40%から20%に減少したとされている（50%が所有をやめる） [18]。これから、MaaS において自律運転可能な自動車では乗用車からロボタクシーを主とするオンデマンドカーに約30～50%が移行すると推定される。

この割合は利便性に依存して、待ち時間が長い場合には選択率が下がる。あるシミュレーションでは600台（18.2 km²）程度で待ち時間が2分とあり、33台/km²程度の普及率となる。待ち時間は利用人数にも依存するので、このまま全ての場合に適用できないが、この普及率は東京23区（622 km²）で20千台程度、日本の市街地面積（11万 km²） [23] では約360万台となる。

なお後述のように都市部の大量輸送は路線バスの方が合理的と推定されるが、地方でバスの便も少ないような条件の場所では、オンデマンドの利便性が高い。

さらにラスト1マイルの解決手段として、物流、人の移動ともに超小型モビリティが注目され、利用され始めている [24-26]。おそらく配達用途や手軽な移動手段としての二輪車は自律運転が実用化された場合には、安定性の高い四輪の超小型モビリティに変化し、自転車、歩行者の一部も利便性から超小型モビリティ利用者にシフトすると考えられ [17]、この傾向は高齢化とともに一層強まると考えられる。

5. 移動需要

5.1 総移動需要と相当需要乗用車数

高齢化にともない運転可能人数は減少するが、全ての人が必要とするから、任意の年 (y) において、その年の総人口 (Pall, y) に比例する移動需要があるとし、これに対応する相当需要乗用車数 (ND, y) を仮想的に導入した。これはタクシーやバスなど公共交通の車両数がオンデマンドカーに置き換えられる過程の計算上必要とした。

基準年を2015年とし、総人口 (Pall, 2015=12700万人) に対しての乗用車数 (NC, 2015=6050万台) を需要に見合う乗用車数の基準とした。

すなわち

$$ND, y = (Pall, y / Pall, 2015) * NC, 2015 \quad (1)$$

5.2 タクシーの相当自家用車台数への換算

タクシー台数 (NT) は基準年の2015年に220千台で年間14億人が利用した [20]。これは約17人/台/日となる。また一日当たりの実車走行距離は80~100km [27-28] であるので、これを相当自家用車数に換算する。自家用車の1日当たりの平均走行距離が20kmとある [29] ので、タクシー台数の4倍をタクシーによる相当需要乗用車数とする [20]。これに関しては自家用乗用車の10倍と推定する例もある [30]。

5.3 バスの相当自家用車数への換算

乗合路線普通バス台数 (NP) は60千台 (2015) で年間43億人を輸送しているので、240人/台/日となる。平均走行距離は8km/人なので、自家用車の8/20倍であるから、 $240 \div (20/8) = 100$ としてバス台数の100倍を相当需要乗用車数とする [31-32]。これから、オンデマンドカーによる路線バス代替は、その輸送能力から都市部の頻りにバスが運行される地域では合理的でないと考えられる。

なおバスのコストは実車走行距離当たり477円/kmで、その50%が人件費のため、自律運転化によるコストダウンの余地は大きい [21, 33]

また小型営業乗合自動車 (以降小型バスと呼ぶ) (定員11~29人) は2015年に24千台あった。この輸送実績は不明だが、ここでは定員や乗車率を勘案して、小型バス1台は路線バスの1/10の能力、すなわち相当需要乗用車数を10台と仮定した。小型バスの台数をy年においてNS, yとして、

$$ND, 2015 = NC, 2015 + 4 * NT, 2015 + 100 * NP, 2015 + 10 * NS, 2015 \quad (2)$$

とした。

6. 自律運転の自動車台数への影響

6.1 自動車の分類と将来台数推定

自動車検査登録情報協会の分類 [13] に従い、自動車の種類を乗用車、貨物車、乗合車、特殊用途車、二輪車に分類する。2020年はコロナの影響のために統計値が特異と考えられるので、自動車台数は2015年を基準年として、それまでの傾向から人口不変の場合の自然増加 (減少) 率を各自動車について設定した。将来におけるy年の自律運転の影響を受けない自動車数は、運転免許保持者数に比例し、それに自然増加率を乗じたものとし、自動車種類ごとに推計した。詳細は、各自動車別推計を参照。

自動車のうち、特殊自動車、貨物車については人の移動とは関連しないと考えられるので検討対象としない。二輪車は移動用途と配送用途があると考えられ、人の移動とも関連するが、自律化された場合に4輪車と同様に二輪のままの自律化があり得るのか、4輪車にシフトするかなど不明なので、今回は検討対象外とし、乗用車、タクシー、営業用乗合自動車を検討対象とする。

6.2 乗用車

y年における乗用車数を(NC, y)とする。また計算の便宜のために仮想的に自律運転が導入されない場合の基準乗用車数をNC0, yとし、この数はy年における運転免許保持者数(Hy)に比例するとする。また、乗用車数の増加率(α)を直近5年間の傾向から0.2%/Yとして、2015年を基準年にとると

$$NC, y = Hy/H2015 * NC, 2015 * (1 + \alpha)^{(y-2015)} \quad (3)$$

となる。ここで、NC, 2015=6050万台、H2015=8200万人である。

将来の運転免許保持者数(Hy)の推定は、18歳以上の人口に比例すると考えたが、この人口推定がなく、15歳以上の人口推定(Hy, o15)があるので、この人口数と運転免許保持者数が比例するとした。比例定数Aは2015年において求めた。

$$A = H2015/H2015, o15 \quad (4)$$

$$Hy = A * Hy, o15 \quad (5)$$

オンデマンドカーが利用可能な場合にどの程度が自家用車からオンデマンドカーの利用に移行するかについては、日本のアンケート調査で30%という数値がある[17]。またフィンランドのWhimというMaaS実験において自家用車をやめる割合が50%であった[18]。これは自家用車の維持コストとプライバシーや所有の満足などのバランスの結果と考えられる。本提案書では自律運転の進展により、基準乗用車数(NC0, y)のうち自律化された自動車の一定割合($\gamma=40\%$)がオンデマンドカー(オンデマンド型のシェアードカーおよび無人タクシー(ロボタクシーカー))に置き換わると仮定し、この数をNC, od, yとする。

システムの形態については多くの議論があるが、オンデマンドカーが出現するであろうことは広く認識されている[34-35]。ロボタクシーは、おそらく事業者により提供されると思われる。また自律運転自家用車所有者の一定割合(例えば13%)がシェアードカーを提供したいと考えていて[17]、この効果は本来計算すべきであるが、全体が複雑になるので、本報告ではシェアードカーの効果についてはロボタクシーに含める。ロボタクシーは自家用車由来(NC, od, y)とタクシー由来(NT, auto, y)の合計(NOD, y)となる。ロボタクシーはタクシーと同等であるので、タクシーと同等の輸送効率(自家用車の4倍)とする。残り(1- γ)の自律運転乗用車(NC, auto, y)は趣味その他の事情により個人所有として残る。

また乗用車の需要の一部はオンデマンドバスに流れると考える。乗合自動車の方がコスト的、エネルギー的に有利であり、町がコンパクトになると運行回数が増えてそれほど不便ではないので、乗合自動車の利用は多いと考えられる。これをオンデマンドカーの $\epsilon\%$ と仮定し、とりあえず10%とする。オンデマンドバス1台の増加で乗用車の減少率は δ (当面90%、10台分)とする。

この結果、非自律運転車数(NC, n, y)は、オンデマンドカーにより交通手段が代替される影響を受け、(6)-(11)式のように台数が減少し、NC, n, yが0になった時点で自律化は終了すると考えられる。なお将来的には少数は趣味の対象や自律化になじまない乗用車として留まる部分もあると考えられる。

一方でオンデマンドカーの利便性による新規利用者(徒歩、自転車など)の増加もあると考えられ[20]、この数の予測は難しいが、この数をNDC, y(オンデマンドカー換算)とし、オンデマンドカー数に比例するとし、比例定数をgとする。ここでは20%とする($g=20\%$)。自律運転化率を β とすると、

$$NC, y = NC, n, y + NC, auto, y \quad (6)$$

$$NC, auto, y = NC0, y * \beta * (1 - \gamma) \quad (7)$$

$$NC, od, y = NC0, y * \beta * \gamma \quad (8)$$

$$NDC, y = g * NC, od, y \quad (9)$$

$$NC, n, y = NC0, y * (1 - \beta) - 4 * NC, od, y - 10 * NS2, auto, y + 4 * NDC, y \quad (10)$$

$$NOD, y = NC, od, y + NT, auto, y \quad (11)$$

6.3 タクシー

タクシーは分類上乗用車であるが、オンデマンドカーの影響を大きく受けて減少すると考えられるのでここに取り出して記述する。タクシーの輸送効率を1台当たり非自律運転の乗用車10台の可能性という文献もあるが、本報告では4台と考えた。タクシー自身も自律化が進むので、その分、非自律運転のタクシーは減少する。自律運転タクシー（ロボタクシー）はオンデマンドカーである。これは24時間稼働可能であるが、自動車の整備点検も必要なので、ここでは非自律運転タクシーの輸送能力と同等と仮定する。y年における仮想的な自律運転が導入されない場合のタクシー基準台数を NT_0, y 、実際のタクシー台数を NT, y とし、自律化したタクシー台数を $NT, auto, y$ 、非自律化タクシー台数を NT, n, y 、2015年を基準として乗用車の増加率と等しい増加率を仮定する。 $NT, auto, y$ はオンデマンドカーの一部となる。

$$NT_0, y = H_y / H_{2015} * NT, 2015 \quad (12)$$

$$NT, y = NT, auto, y + NT, n, y - 0.5 * NC, auto, y \quad (13)$$

$$NT, auto, y = \beta * NT_0, y \quad (14)$$

$$NT, n, y = (1 - \beta) * NT_0, y \quad (15)$$

となる。ただし、 $NT, y > 0$ 。すなわちタクシーが0になったときにオンデマンドカーによる代替が終了する。

なお、平均的なタクシーの実車率（客を乗せた走行距離の全走行距離に対する割合）は30%であり、これが80～100km/日となる。実動率（稼働したタクシーの全台数に対する割合）は90%なのでタクシーの平均年間走行距離は10万kmとなる[27-28]。タクシーの廃車までの走行距離は約50万kmとされているので、タクシー用途の場合には5年で廃車という計算になる。

ただ、現在のタクシーは流しなどがあるが、ロボタクシーの場合にはオンデマンドで最も利用者に近い位置の車が提供されるので無駄な走行は少なく、実車率はかなり向上し走行距離も小さくなると考えられる。ただ、実績値がまだないため、上記現行タクシーの諸元を使用する。

また、乗用車の自律化率により出現するロボタクシーはコスト競争力が高いと推定されるため、タクシーの自律化は乗用車の自律化よりも急速に進み、人のサービスが必要な場合に限って非自律化タクシーが残ると考えられる。

6.4 乗合自動車

乗合自動車（定員11人以上）には、普通営業乗合自動車（通常の路線バス、貸切バスなど）、小型営業乗合自動車（定員11～29人、路線バスなど）、自家用乗合自動車がある。輸送効率の観点から普通乗合自動車は自律化されてもオンデマンドカーの影響は受けないと仮定する。自家用乗合自動車も送迎用など用途、輸送人員の点から乗用車の自律化の影響は受けないとする。小型乗合自動車はオンデマンド型バスとして、一部乗用車、タクシー、二輪車の需要を代替すると考えられる。なお2015年の乗合自動車数は合計で230千台で長期的には減少傾向があるが、今回は傾向による台数変動はないとして利用者数（総人口比例）のみを変動要因とした。

y年における普通乗合自動車数を NP, y とし、自律運転乗合自動車数を $NP, auto, y$ 、非自律運転乗合自動車数を NP, n, y とする。同様にy年における小型乗合自動車数を NS, y とし、自律運転小型乗合自動車数を $NS, auto, y$ 、非自律運転小型乗合自動車数を NS, n, y とする。また自家用乗合自動車数は NQ, y とし、自律運転乗合自動車数を $NQ, auto, y$ 、非自律運転乗合自動車数を NQ, n, y とする。ここで小型乗合自動車自身の自律化による数は $NS1, auto, y$ とした。また、y年における仮想的な自律化の影響を受けない場合の乗合自動車数を、それぞれ NP_0, y 、 NS_0, y 、 NQ_0, y として経年的な増加は考えないが、人口減少の影響を受けるとした。

$$NP_0, y = H_y / H_{2015} * NP, 2015 \quad (16)$$

$$NS_0, y = H_y / H_{2015} * NS, 2015 \quad (17)$$

$$NQ_0, y = H_y / H_{2015} * NQ, 2015 \quad (18)$$

$$NP, \text{ auto}, y = NP0, y^* \beta \quad (19)$$

$$NS1, \text{ auto}, y = NS0, y^* \beta \quad (20)$$

$$NQ, \text{ auto}, y = NQ0, y^* \beta \quad (21)$$

$$NP, y = NP, \text{ auto}, y + NP, n, y \quad (22)$$

$$NQ, y = NQ, \text{ auto}, y + NQ, n, y \quad (23)$$

となる。y年における小型自律運転乗合自動車は既存の小型乗合自動車の自律化によるNS1, auto, yに加えて、自家用車由来のものNS2, auto, y、潜在需要由来のものNS3, auto, yがある。潜在需要数については、推定は難しいが、オンデマンドによる利便性で需要が増加すると見込まれるものでオンデマンドカーと同じく、オンデマンドバスのg=20%と仮定する。すなわち

$$NS, \text{ auto}, y = NS1, \text{ auto}, y + NS2, \text{ auto}, y + NS3, \text{ auto}, y \quad (24)$$

$$NS2, \text{ auto}, y = NC, \text{ auto}, y^* (1-\gamma)^* (1-\varepsilon)^* (1-\delta) \quad (25)$$

$$NS3, \text{ auto}, y = g^* NS1, \text{ auto}, y \quad (26)$$

となる。

6.5 二輪車

二輪車について今回は検討の対象としないが、定性的な見通しを述べておく。二輪車は現在、主に個人の移動用と商業（配達）用途に利用されていると考えられる。個人の移動用については趣味の運転対象と簡易な移動手段、商業用途は郵便やピザ配達のような近距離配達手段と考えられる。簡易な移動手段はシェアリングの進展によりオンデマンド乗用車、乗合自動車、超小型モビリティに相当部分が置き換わる。配達手段は配送に人手が必要であるため、二輪が残ると考えられるが、将来的に荷物の受け渡しも自動化されるなら、超小型モビリティに相当部分が置き換えられる[9, 26, 34]。

自律運転二輪車の技術も研究されていて[35]、これがどの程度実用化されるかは現段階では不明だが、いずれにしろ将来的にも周囲の自動車との安全連携手段を有した非自律運転または自律運転二輪車は趣味の領域で残ると考えられる。以上から、傾向としては自律運転の浸透にともない二輪車は減少すると予想される。

6.6 鉄道

これも今回定量的な検討はしないが、定性的な見通しを述べておく。鉄道はレールの維持管理が必要なため、道路の維持管理が公共的になされる自動車に比較して維持管理費は大きいと考えられる。一方で高速大量輸送が可能で、利用者数が多ければ一人当たりのコストは低下する。

中距離域（50 km 以内程度）より狭い範囲の鉄道で周辺人口の少ない地域では、乗合自動車に代替されると考えられる。これは人口減による乗客減のため鉄道が維持できなくなることとMaaS+自律運転による乗合自動車は運転手不要のため、運行本数を多くしやすく、利便性が向上すると思われるからである。

6.7 その他

貨物車は自律化による増減はないとして、運転可能人口に比例し、また年率0.6%の減少を仮定して総数のみを計算した。特殊用途車も自律化による増減はないとして年率0.4%の増加を仮定して総数のみを計算した。

6.8 自律運転の普及と乗用車台数の関係の推定

本研究での前提条件による自律運転と乗用車台数の関係を分かりやすくするために、自律運転車数を、乗用車基準台数（約6000万台：2030年ケース）の10%から40%に変化させた場合に、どのような比率になるかを図4に示した。この図ではより強調された形で自律運転車の普及にと

もなってオンデマンドカーの普及が促進され、自家用車が減少し、全体で乗用車が減少する様子が示される。

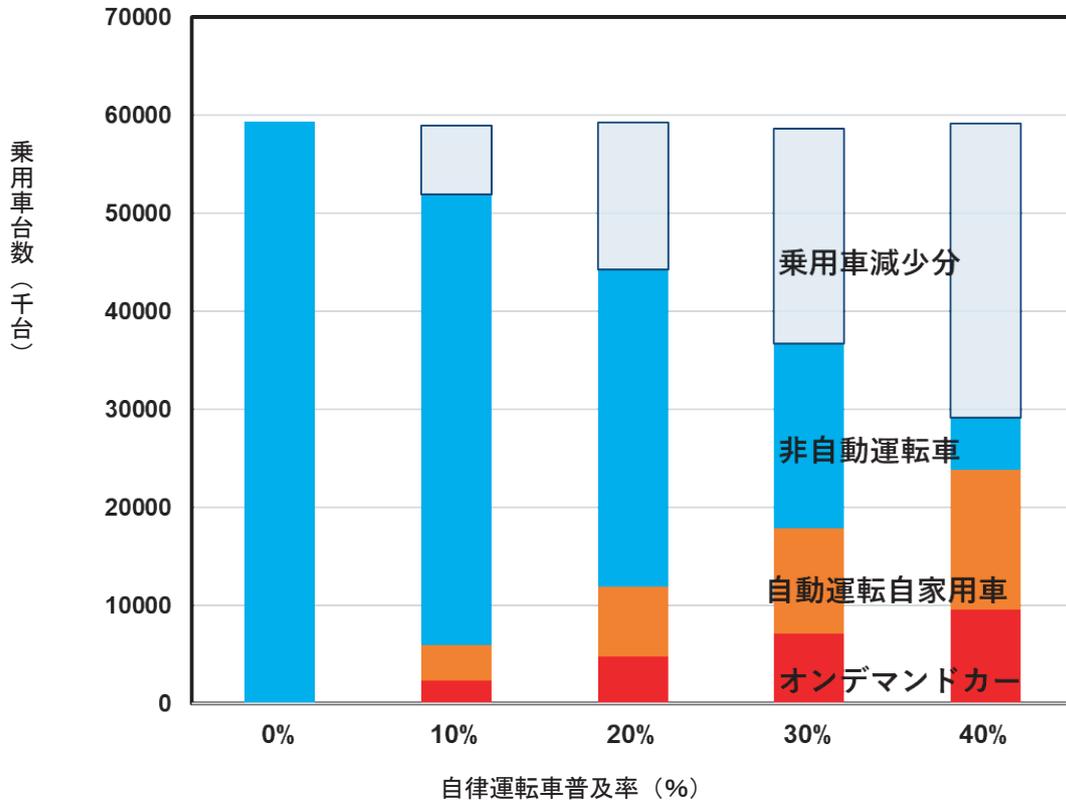


図4 自律運転車の普及率と乗用車台数推定

6.9 まとめ

以上から計算した台数を表5にまとめた。この時使用したパラメータの一覧を表6に示す。オンデマンドカーの効用がタクシーと同等とすれば、オンデマンドカー1台で4台の自家用車の代替が生じる。このため自律運転によるオンデマンドカーの普及にともない、急速に乗用車の台数が減少するという結果になった。

また、今回は乗用車基準で自律化率を貨物車、乗合自動車に適用したが、貨物自動車をもっともはやく実用化されるという見方が多いようなので、本提案書のように車種に関わらず一律に進むということはないと考えられる。

表5 自律運転の普及と各種自動車台数への影響

			2015	2020	2030	2040	2050
運転免許保有者数	Hy	千人	82000	82000	78000	73000	67000
自動運転比率	β		0	0	0%	5%	14%
需要乗用車数	ND,y	千台	70340	69400	66000	61500	56500
オンデマンドカーに対する新規需要	NC,d,y	千台		0	16	240	600
乗用車基準台数	NC0,y	千台	60500	61100	59300	56600	53000
乗用車（自律運転による減少後）	NC,y	千台	60500	61100	59000	53000	43000
全自律運転乗用車	NC,auto,y	千台			190	2900	7600
自律運転自家用乗用車	NC,auto,y	千台	0	0	110	1700	4600
非自律運転乗用車	NC,n,y	千台	60500	61100	59000	49900	35800
オンデマンドカー	NC,od,y	千台	0	0	80	1200	3000
オンデマンドカー（ロボタクシー：自律化乗用車）	$NC0,y*\beta*\gamma$	千台	0	0	80	1200	3000
オンデマンドカー（ロボタクシー：タクシーから）	NT,auto,y	千台	0	0	0	10	30
タクシー基準台数	NT0,y	千台	225	230	220	210	190
非自律運転タクシー	NT,n,y		225	230	220	200	160
乗合車		千台	227	227	216	203	187
普通営業乗合自動車（バス）基準台数	NP0,y	千台	87	87	83	78	72
自律運転普通営業乗合自動車（自律運転バス）	NP,auto,y	千台	0	0	0	4	10
小型営業乗合自動車 基準台数	NS0,y	千台	24	24	23	22	20
オンデマンド小型バス	NS,auto,y	千台	0	0	0	1	3
オンデマンドバス（小型バスの自律化）	NS1,auto,y	千台	0	0	0	1	3
オンデマンドバス（乗用車から）	NS2,auto,y	千台	0	0	0	0	0
非自律小型乗合自動車		千台	24	24	23	21	17
自家用乗合自動車	NQ0,y	千台	116	116	110	103	95
乗用自動車合計		千台	61000	62000	60000	55000	46000

表6 自律運転に関わるパラメータ設定

パラメータ	数値	単位	説明
β			自律運転化比率（レベル4/5）富士キメラ総研[10]
γ	40	%	自律運転車の内非自家用車（オンデマンドカー）に移行する比率 当面30%
δ	80	%	自律運転非自家用車の内乗合自動車に移行による台数減少率 当面80%
f	25	%	自律運転非自家用車がシェアードカーに移行後の台数減少率 当面25%
a	0.2	%/Y	乗用車自然増加率（人口不変の場合）
b	-0.6	%/Y	貨物車自然増加率（人口不変の場合）
c	0.4	%/Y	二輪車自然増加率（人口不変の場合）
d	50	%	二輪車の内移動需要
g	20	%	オンデマンドカーに対する新規需要（歩行者などから）

国内の乗用車については、もともと人口減による影響で乗用車数は減少すると考えられ、それは乗用車基準台数で表されている。これが2030年には5930万台と推定され、2040年には5660万台、2050年には5300万台と推定される。この条件においてMaaS+自律化が進むと、自律化率が5%の2040年には5400万台、14%の2050年には4300万台と、自律化の進展にともない自動車台数の減少は顕著と推定された。この台数減少による関連産業への波及効果は大きいと推定される。

なお、表4から自律運転車の生産台数は2050年に約200万台の予想であり、国内販売はその50%の100万台、その40%の40万台がロボタクシーになるとすると、移動需要の面から、約160万台分の非自律運転乗用車が不要となる。一方でロボタクシーの廃車までの年数を5年程度と見積もると、その補充分(20%)の考慮が必要でロボタクシーの純増効果としては30万台程度となる。結局、国内だけでロボタクシーが存在しない場合と比較して年間約120万台程度の販売台数減と推定される。

自家用車が自律化されMaaSが導入されると利便性とコストから乗合自動車やロボタクシーの需要が増大すると考えられるが、自律化率は急速には向上しないので全ての需要を満たすことは難しい。おそらくMaaS+自律運転は公共交通機関に優先的に導入して利用者のバランスをとる必要があると考えられる。例えばタクシーにも同じ自律化率を仮定したが、既に述べたように経済上の理由などからタクシーは自家用車よりも自律化が進みやすく、介護タクシーなど人のサービスが必要な用途に非自律化タクシーが残ると推定される。最終的には自律運転の普及によりタクシー、トラック、バスの運転手の需要は激減すると考える。

7. データ量への影響

自律運転時のデータ通信量については、72 GB/台/日[36]、1 TB/台/日[37]、4,000 GB/台/日[38-39]、という文献がある。またデータ発生量と通信量も必ずしも分けられていない。自律運転は現在開発中の技術で、共通認識として、AIが採用されること、車載センサー、カメラなどからの膨大なデータや道路情報などを車、エッジ、クラウドで分担するというところまでがあるが、どのようなシステムを利用して、どこでどれだけの情報を処理するかなどは、将来予測ということもあり、まだ明確ではない。学習時と推論時でもAIに必要な計算量や通信量は異なると考えられる。

ここでは、およその影響を見るために、学習は除いた通常運転時の通信量として、仮に1,000 GB (=1 TB)/台/日と想定する。この場合2050年に国内に約800万台の自律運転乗用車があると、その発生データ量は、8 EB/日 (=3,000 EB/Y)となる。これは2050年の従来の無線アクセス系予想通信量の21,000 EB/Yを基準にする[5]と、15%と、膨大な通信量を占めることが分かる。

この通信量はエッジとクラウドで分担されると考えられるので、全てがクラウドまで流れるわけではないが、現在からはけた違いの情報量といえ、通信網の整備が必要である。また、自律運転等に必要となる上記データ量を情報処理するデータセンターなどの計算機能の拡充は必須と考えられる。

通信速度の点では、自動車が運転されている時間を8時間とすると通信量は2 Gbps/台、国内の全発生通信量は稼働率30%として約7 Pbpsとなり、基地局数を100万とすると、1基地局当たり7 Gbps、交通の集中を考慮して十分に余裕をみて100倍とした場合には700 Gbps/基地局程度、通信量が増加することが推定され、基地局における通信速度の向上も必要と考えられる。

8. 消費エネルギー

自動車の消費エネルギーは走行に要するエネルギーと自動車の生産に要するエネルギー(原料部分と製造部分)および廃車に要するエネルギーと通信に必要なエネルギーに大別される[40]。表7はフォルクスワーゲンによる、ゴルフをベースにしたディーゼル車および電気自動車の種々

電力の一次エネルギー別のCO₂排出量グラフの一部をLCSで表にしたものである。廃車に要するエネルギーについては、フォルクスワーゲンの解析で極めて小さいので割愛する。

表7によれば、20万km走行基準時におけるディーゼル車の生産におけるCO₂排出量は29g/km、走行におけるCO₂排出量は111g/km、BEV (Battery Electric Vehicle) の生産におけるCO₂排出量は57g/km、走行に要するエネルギーは電源構成により、例えば風力発電で2g/km、EU-28 Mix (EU平均) で62g/kmである[40]。

表7 ディーゼル車と電気自動車のCO₂排出量 [40]

The CO2 balance of an electric car depends on the power mix (g-CO2-eq/km)				
	Production	Well-to-Tank	Tank-to-Wheel	total
Diesel	29	11	100	140
BEV Wind Power	57	2	0	59
BEV EU-28 Mix	57	62	0	119

Calculation based on: e-Golf 7 PA,
 production and use (200,000km) in the EU

8.1 走行に要するエネルギー

駆動方式の違いについて考慮すると、1台当たりのCO₂排出量については、表7から、ディーゼル車の111g-CO₂/kmから電気自動車の風力発電利用の2g-CO₂/kmまで、駆動方式や電源構成に応じて様々である。

しかし本提案書では、MaaSと自律運転による影響により、同種自動車の台数が変化すると考え、電源構成や駆動方式の違いによる影響は考えない。そうすると全走行距離が変わらなければ自律運転の有無による消費エネルギーは変わらない。路線バスについては需要者数が大きく変わらないとすれば、消費エネルギーは変わらない。ロボタクシーについても、自家用車代替部分について走行距離は変わらないと考える。

実際には、タクシー代替部分は低料金の影響で需要が増加する一方で、合理的な配車、運転経路により1台当たりの空車距離(無駄な走行距離)は減少すると考えられる。さらに低料金と利便性、および高齢化の進展から自分で運転する人数が減少し、ロボタクシーやオンデマンド小型バス、超小型モビリティの需要は増加すると考えられているが、この増加の程度の予測は難しいので、今回の検討対象外とする。

別途自律運転においては運転制御に必要なエネルギーが発生する。これは主として、自動車走行制御(車載コンピュータ)、道路状況や経路、周辺情報、オンデマンド、料金、決済に関する計算(エッジまたはクラウド)、通信に必要なネットワーク消費電力からなる。

8.2 生産に要するエネルギー

2015年自動車生産台数919万台に対して生産時のCO₂排出量662万t、2020年度は797万台の生産に対してCO₂排出量520万tであった[21]。これは1台当たり0.7t程度となる。ただ、これは原料部分が含まれていないので製造時に要するエネルギーと考えることができる。原料分も考慮したCO₂排出量は表7によると、ディーゼル車で約6t/台、電気自動車約12t/台となる[40]。原料部分のCO₂排出量が大きいたことが分かる。

今回考慮するのは2030年以降であるから、電気自動車の生産に要するエネルギーを用いることとして、生産台数減少の効果を計算する。CO₂のエネルギー換算は原油換算で行う(2.619kg-

CO₂/l、38.2 GJ/kl)。そうすると 12 t-CO₂/台は 175 GJ/台となる。

消費エネルギーおよび CO₂ 削減効果は、その年の基準乗用車台数 (NC_{0,y}) - 乗用車数 (NC_y) とすると、表 8 に示したように 2040 年に 5% の自律運転車普及率で CO₂ 削減量は 4300 万 t、エネルギー削減量は 600 PJ、2050 年に 14% の自律運転比率で CO₂ 削減量は 12000 万 t、エネルギー削減量は 1,800 PJ (=500 TWh) となる。なお、前述のように 2050 年の年間乗用車生産台数減少数としては 120 万台程度であるから、単年度の省エネルギー効果としては 200 PJ/年 (=55 TWh/年) となる。

表 8 乗用車の生産台数削減による消費エネルギー削減

			2015	2020	2030	2040	2050
自動運転比率	β		0%	0%	0.1%	5%	14%
乗用車基準台数	NC _{0, y}	千台	60500	61100	59300	56600	53000
乗用車数	NC, y	千台	60500	61100	59000	53000	43000
減少台数		千台	0	0	300	3600	10000
CO ₂ 削減量		10 ⁶ t	0	0	4	43	120
エネルギー削減量		PJ	0	0	60	600	1800

8.3 通信に要するエネルギー

3,000 EB/年に対するアクセス系ネットワークの消費電力は、Vol.5 の結果から比例計算すると、慎重ケースで 60 TWh/年、楽観ケースで 14 TWh/年となる [5]。

そうすると、さきほどの生産にかかわる 500 TWh/年の消費エネルギー削減に対して、通信に要するエネルギーの方が小さく、MaaS+自律運転の導入はエネルギー的に好ましいと考えられる。

なお、自律運転のために計算に関わる消費電力がさらに必要となるが、考慮要素が多く未評価である。

9. 自律運転と MaaS の社会的効用

9.1 社会的効用

社会的効用は数値化が困難であるが、特に交通事故の激減による死者、負傷者の減少は社会の期待が非常に大きい。

また、高齢者への低価格な自立移動手段の提供により、病院、リハビリ等運動施設、劇場、図書館など文化施設、レストランなどへのアクセス向上による社会生活の充実や自立生活の実現など QOL の向上が挙げられる。

9.2 経済的効果

交通事故については、米国では年間 1300 万件の衝突事故があり、170 万件で死傷者がでた。負傷者は 240 万人、死者は 3 万 5000 人。この事故によるコストは、医療救急サービス、法務、失業、渋滞などで 2400 億ドルのコストがかかっている。国民当たり 1,000 ドル/人程度といわれている [41]。

10. まとめ

自律運転と MaaS が社会に浸透した時の影響を乗用車台数の変化、通信量などについてモデルにより考察した。モデルにおいては、自律運転車の普及にともない、その 30% が自家所有からオンデマンド型の乗用車（主としてロボタクシーやカーシェア）の利用に移り、ロボタクシーは現在のタクシーの類推から自家用車の約 4 倍の移動需要を満たすとした。自律運転の国内市場への普及は市場調査資料から、2050 年に 800 万台程度と想定した。

この結果、2050年における運転免許保有者数比例で考慮した乗用車数の5300万台が自律運転車の導入により約1000万台減少して4300万台になると推定された。これに必要な通信量は1TB/台/日と仮定して3,000EB/年、アクセス系の通信量は7Gbps～700Gbps/基地局、これに対応する消費電力は14～60TWh/年と推定された。一方で生産台数減少に対応する省エネルギー効果は500TWh/年と推定され、MaaS+自律運転の普及による自動車台数の削減がエネルギー消費の削減に寄与すると考えられる。

さらに社会的効用として高齢者、移動弱者の移動の自由度が大幅に向上し、生活の質の向上が得られること、交通事故の減少による社会的コストの低減が1,000ドル/人程度との推定もなされている。なお、時間の関係で本提案書では深入りできなかったが、自律運転超小型モバイルが近距離ユースとして多数普及し、利便性が高まることが予想される。

また、自律運転車普及のためには、本提案書では障害にならないと仮定した法的側面、経済的側面および社会環境面の制度の整備をともなった政策の推進が重要である。

11. 政策立案のための提案

MaaSと自律運転の普及により、ロボタクシーの増加などにより乗用車数の大幅な減少を中心として社会に大きな変革がもたらされる可能性があることを、モデルを用いて定量的に示した。この時、必要な通信量としては、800万台の自律運転乗用車に対して予想の振れ幅は大きいものの、3,000EB/Y程度と大量の情報通信量が発生する可能性があり、通信網および計算機能の大幅な強化が必要と予想された。この生産台数の減少による消費エネルギー削減効果は500TWh程度と大きいことが予想された。一方で、MaaSと自律運転の導入により交通弱者である、高齢者、身体障害者等の移動の自由度が増加し、さらに交通事故の減少が期待されるなどの社会的効用も期待できる。

現在、多くの国がMaaSと自律運転の実用化に向けて検討を進めている。日本においても、省エネルギーや社会的効用の点からも自律運転技術の促進、通信網の整備、計算機能の整備などの積極的な推進が望まれる。

進めるにあたっては、特に自律運転の技術促進と実証が重要であるが、社会実装のためには、技術的側面に加えて本書では深く立ち入らなかった法的側面、経済的側面および社会環境面の整合性ある政策推進、制度の整備などが重要と考えられる。

参考文献

- [1] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.1)”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2019年3月。
- [2] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2)”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2021年2月。
- [3] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.3)”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2021年2月。
- [4] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.4)”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2022年2月。
- [5] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.5)”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2023年1月。
- [6] 総務省，平成27年度版情報通信白書，(2015)。
- [7] 国立社会保障・人口問題研究所，日本の将来推計人口，平成29年推計報告書，(2017)。
- [8] 経済産業省産業構造審議会，“IoTやAIが可能とする新しいモビリティサービスに関する研究

- 会”，中間調査報告，(2019)， https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/smart_mobility_challenge/pdf/20190408_03.pdf，(アクセス日 2023年1月25日)。
- [9] 自動運転バス・シャトル車種一覧 (2022年最新版)，自動運転ラボ (jidouten-lab.com)。
- [10] 富士キメラ総研，“2020自動運転・AIカー市場の将来展望”，(2020)。
- [11] 一般社団法人電子情報技術産業協会，“第10版 電子部品技術ロードマップ”，(2022)。
- [12] 日本自動車販売連合会，2021自動車統計データブック (第39集)。
- [13] 自動車検査登録情報協会ホームページ，“我が国の自動車保有動向”，<https://www.airia.or.jp/publish/statistics/trend.html>，(アクセス日 2023年1月25日)。
- [14] 財務省，貿易統計普通貿易統計概況品別表 (概況品コード70503011)。
- [15] T. Litman，“Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning”，Victoria Transport Policy Institute Documents (2022)，<https://www.vtpi.org/avip.pdf>，(アクセス日 2023年1月25日)。
- [16] Strategy&，“デジタル自動車レポート2019”(2019)，<https://www.strategyand.pwc.com/jp/ja/publications/digital-auto-2019.pdf>，(アクセス日 2022年12月19日)。
- [17] 山本他，“自動運転車によるシェアカーの普及に関する研究”，第53回土木計画学研究発表会・講演集，1324-7，(2016)。
- [18] 井上，“マイカー半減…次世代交通 MaaS の衝撃”，日経ビジネス トレンドボックス (2018)，<https://business.nikkei.com/atcl/report/15/226265/112900304/>，(アクセス日 2023年1月25日)。
- [19] J. Smith，“バイクの自動運転化で“操る楽しさ”は失われるのか？最新の取り組みから見たこと”，For Ride Column (2020)，<https://forride.jp/motorcycle/future-of-motorcycle>，(アクセス日 2023年1月25日)。
- [20] 東京タクシー・ハイヤー協会ホームページ，東京のタクシー2020，(2020)，<https://www.taxi-tokyo.or.jp/datalibrary/index.html>，(アクセス日 2023年1月25日)。
- [21] 一般社団法人 日本自動車工業会，“自動車製造業における地球温暖化対策の取り組み”，産業構造審議会自動車WG資料，(2016)。
- [22] 紀伊他，“共有型完全自動運転車両の普及に関する基礎分析”，土木学会論文集D3 (土木計画学)，Vol. 73, No. 5 (土木計画学研究・論文集第34巻)，I_507-I_515，(2017)。
- [23] 国土技術研究センターホームページ，国土を知る，<https://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary06>，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [24] グロービス経営大学院，MBA用語集，ラストワンマイル，https://mba.globis.ac.jp/about_mba/glossary/detail-19720.html，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [25] JAF (日本自動車連盟) ホームページ，クルマ何でも質問箱，<https://jaf.or.jp/common/kurumaqa/category-construction/subcategory-eco-car/faq048>，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [26] 国土交通省ホームページ，“超小型モビリティについて”，https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000043.html，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [27] 国土交通省，北海道運輸局資料，<https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/content/000181030.pdf>，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [28] 国土交通省，交通政策審議会自動車交通部会タクシー事業をめぐるワーキンググループ13回資料，“タクシー事業の実態”，(2008)。
- [29] 自動車工業会，“2021年度乗用車市場動向調査”，(2021)。
- [30] 中西，“CASE革命 2030年の自動車産業”，日経BizGate，(2019)，<https://bizgate.nikkei.co.jp/article/DGXMZO4249797015032019000000>，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [31] 日本バス協会ホームページ，<https://www.bus.or.jp/index.html>，<https://www.bus.or.jp/event/data.html>，(アクセス日 2023年1月30日)。
- [32] 国土交通省，自動車輸送統計年報，<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalis>

- t&toukei=00600330&kikan=00600&tstat=000001078083&cycle=8&year=20201&month=0&result_back=1&result_page=1&tclass1val=0, (アクセス日 2023 年 1 月 30 日).
- [33] 公共交通トリセツ, “バスを走らせるときには, どのような費用が必要ですか?”, <https://text.odekake.co.jp/20200915-1/>, (アクセス日 2022 年 12 月 22 日).
- [34] 自動運転ラボ, MaaS 解説 (2022 年最新版), (2022), https://jidounten-lab.com/y_maas-toha-2020#-9, (アクセス日 2023 年 1 月 30 日).
- [35] 平塚, “自動運転や電動化、バイク新時代への先端技術”, 東洋経済 ONLINE, 自動車最前線 (2022), <https://toyokeizai.net/articles/-/610392>, (アクセス日 2023 年 1 月 30 日).
- [36] Monoist, “完全自動運転車に 1 TB のフラッシュメモリが必要になる理由”, <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/1706/20/news001.html>, (アクセス日 2023 年 1 月 10 日).
- [37] 経済産業省, デジタルインフラ (DC 等) 整備に関する有識者会合, “デジタルインフラをめぐる現状と課題”, (2021).
- [38] Think IT, “車が「1 日 4,000 GB の情報を生み出す」新時代のために我々がすべきこと”, (2016), <https://thinkit.co.jp/article/10624>, (アクセス日 2023 年 1 月 10 日).
- [39] 富士フイルムウェブサイト, 市場トレンド, “IoT, AI, 自動運転…注目の新技術の裏で企業が直面する新たな課題とは?”, (2022), <https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/data-management/data-archive/tips/trend/003#>, (アクセス日 2023 年 1 月 10 日).
- [40] Volkswagen AG Website, “From the well to the wheel”, (2019), <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/04/from-the-well-to-the-wheel.html#>, (アクセス日 2023 年 1 月 10 日).
- [41] Foundx Review, “自律運転車とその二次影響”, (Benedict Evans, a16z) (2017), https://review.foundx.jp/entry/cars_and_second_order_consequences, (アクセス日 2023 年 1 月 30 日).

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.6)

—エンドユーザーにおけるケーススタディ (乗用車への MaaS と自律運転の影響について) —

令和 5 年 3 月

Impact of Progress of Information Society on Energy Consumption (Vol. 6):
Case Studies at End-users (on the Impact of MaaS and Autonomous Driving on Passenger Cars)

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2023.3

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 上席研究員 三枝 邦夫 (SAEGUSA Kunio)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ 8 階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2023 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

