

2020年に向けた自動車の IT 化に関する検証

杉 山 克 典

目 次

1. はじめに
2. 自動車関連産業の市場概要
3. 日本における自動運転の政策動向
4. 国際機関による自動運転の標準化
5. 自動車メーカーと IT 産業
6. 車載半導体メーカーと IT 産業
7. 自動走行車の現状と課題
8. おわりに

1. はじめに

車両には複雑な電子機器が搭載され、機械システムを置き換えている。現在では、電子機器（センサー）、アクチュエータ、マイクロプロセッサ、ダッシュボードや以下に示す主要なシステムが IT 化（電子化）されている¹⁾。

- ・エンジンコントロール
- ・安全システム
- ・シャーシ制御
- ・測定及び診断モジュール

- ・エンターテインメントシステム
- ・ナビゲーションシステム
- ・コミュニケーションシステム

上記のシステムは、互いに独立し機能的に発展してきた。本項での自動車のIT化とはそれぞれ独立して発展してきた自動車の機能が統合され、さらにセンサーやカメラ、レーダーといった新しいデバイスと共に、ネットワーク化され外部と接続可能となる状況を意味している。互いに独立して発展してきた機能を統合する事で自動車の“走る”，“曲がる”，“止まる”，“つながる”に“自動走行”という価値が追加される。所謂“自動運転”と言われる技術である。

“自動運転”自体の研究は新しいものではないが、今この“自動運転”技術が自動車産業の研究分野のみならず、IT産業においても注目されている。これは、“自動運転”が自動車産業にブレークスルーを引き起こし、交通インフラがネットワークで統合され、新たなモビリティの世界を構築する可能性を秘めている為である。

本研究は、“つながる”という新しい価値を自動車に与えたテレマティクスの研究からスタートしている。その中で2020年に向けた自動車のIT化について日本政府の政策面及び自動車産業、IT産業の動向を整理し、自動車産業とIT産業における自動運転へのアプローチに関して検証を行っている。

本稿では所謂“自動運転”をそのレベル（詳細は後述）に合わせて2つの用語を用いて論じている。全てのレベルにおいて“自動運転”という用語を使用すると、安全性という視点からユーザー（ドライバー）に誤解を生じさせる可能性があり、その為、SAE²⁾の自動運転の定義におけるレベル2およびレベル3までに関して“自動運転”という用語を使用せず、「自動走行」という用語を用いる³⁾。SAEのレベル2では、自動走行の監視は人間が行わなければならない、仮に自動走行システムの動作中に事故が発生

した場合の責任は、システムではなく自動車を運転していたドライバーにある。レベル2は、システムが全てを自動で制御しておらず、このレベルを“自動運転”という領域として論じると安全上の問題が発生する懸念があり、別用語として自動走行を使用した。自動運転という用語を使用する場合は、自動走行も含めた、包括的な概念として使用している。

2020年という年代で区切った理由は、2020年は日本にとって1つの転換点という年だからである。1964年以来2度目のオリンピックが東京で開催されるのはもちろんの事、2020年の自動走行の実現に向けて産官学が連携し、様々な取り組みが行われている。自動車産業に目を向けると、2020年に限定的ではあるが、自動走行の実現が予定されている。詳細は後述するが、オリンピックの成功と同様に自動走行の実現に向けた動きは、2016年から政府により活発に議論されるようになってきた。

一方でIT産業では、スマートフォンの飽和から新たな産業領域を探る動きが活発化している。そのターゲットの1つとして自動車産業が挙げられる。自動車のIT化は唐突に表れた訳では無い。さまざまな構成要素がIT化されていき、ネットワーク化された歴史を有している。しかし、ネットワークの高速化やコンピュータの処理能力の向上により、自動車を電子デバイスとして再定義することも可能となってきた。その為、IT産業は自動車産業への進出を加速させている（5及び6参照）。

筆者は次世代テレマティックスとIT産業の関連性を研究してきたが、近年はテレマティックスの領域を超えた自動車の自立化という方向に議論が進んでいる。表1を見ても日本のみならず米国や欧州においても、自動運転普及に関して活発に議論が行われている。その1つの節目が2020年となっており、2020年に向けた自動車のIT化に関して検証を行う事とした。

2. 自動車関連産業の市場概要

2016年の新車販売台数は、約497万台⁴⁾である。2015年と比較すると-1.5%減少となるが、自動車産業は日本を象徴する産業として、日本経

表1 自動運転普及ロードマップ比較

国	主体	プロジェクト名	普及時期・内容
日本	内閣府	日本再興戦略	2020年以降 自動走行システムの試用開始
	国土交通省	オートパイロットシステムに関する検討会	2020年代初頭 高速道路本線上での連続走行
米国	US-DOT (米国運輸省)	ITS Strategic Research Plan	2013年 車車間システムの NCAP 適用を判断予定 2015年 路車間システムの展開判断を計画 ※車載機搭載義務付けを検討中
	NHTSA (国家道路交通安全局)	Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles	2017年 自律走行の基本的安全要件の開発終了
欧州	European Commission (欧州委員会)	HORIZON2020	2020年 アクティブセーフティによる自動運転の製品化と市場投入
		eCall	2015年10月までに EU で販売される車両に eCall 準拠の通信端末の装備を義務付ける法案

(出典：特許庁)

済を牽引している。そこには、トヨタ自動車や日産自動車など完成車メーカーのみならず、1次サプライヤー、2次サプライヤー等の部品メーカーから構成される巨大な産業が形成されている⁵⁾。自動車産業の製造部門では国内に80万人の雇用を生み出し、輸出額として年10兆円を超える(2013年)国際市場で高い競争力を発揮している⁶⁾。自動車産業が輸出産業としていかに大きな意義を有しているかを認識できる額となっている。

2016年の車種別の販売台数を見ると「プリウス」が約24万台、「アクア」が約16万台となっており、Hybrid車の人気が高い事が伺える。

一方で、動力源として内燃機関を利用しない電気自動車も販売されてお

り、2016年米国においては、Teslaが約7万台を販売しており、次世代自動車の普及として論じられていた、「Hybrid車⇒プラグイン Hybrid⇒電気自動車⇒燃料電池車⁷⁾」という構造も意味をなさなくなっている。

3. 日本における自動運転の政策動向

2014年6月に、科学技術イノベーション総合戦略及び日本再興戦略において、科学技術会議が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するために戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）を創設⁸⁾することが決定された。その中で、自動走行がそのテーマとして選定され⁹⁾、通信技術を利用した自動運転の実用化を目指すことを決定した¹⁰⁾。SIP創設を受けて、2015年2月には国土交通省と経済産業省が省を越え「自動走行ビジネス検討会」を国土交通省に設置し、自動走行への政策が自動走行ビジネス検討会を中心として議論されるようになる。自動走行ビジネス検討会は、2015年に4回議事を行い、その後中間とりまとめを行っている。

自動走行ビジネス検討会を中心として議論されていた自動走行ではあるが、この発表後は、2016年は1回の議事と「今後の取組方針」という報告書が発表されているのみとなっている¹¹⁾。また、この発表の4日後に国土交通省に「自動運転標準化研究所」が設立されている。2016年11月には「自動運転における損害賠償に関する研究会」、「第6期先進安全運転推進検討会」、「国土交通省自動運転戦略本部」が設置されている。経済産業省では2016年10月に自動走行の民事上の責任及び社会受容性に関する研究を民間に委託し、自動走行ビジネス検討会のワーキンググループとして「将来検討ワーキンググループ」が設立される。

2016年6月に内閣府により「官民ITS構想・ロードマップ2016」が発表される。これは、2014年に発表された「官民ITS構想・ロードマップ」を基礎としているが、その後世界各国で自動走行に係る包括的な国家戦略文章¹²⁾が発表され、2015年に発表した「官民ITS構想・ロードマップ2015」を大幅に改訂したものとなっている。

表2 SAE 自動運転のレベル定義

SAE level	SAE name	SAE definition (simplified expression)	Steering and acceleration/ deceleration performed by	Monitoring of driving environment	Driving task backup	System capability (driving modes)
0	No Automation	Full-time performance by human driver of all aspects of driving	Human driver	Human driver	Human driver	None
1	Driver Assistance	Driving mode-specific performance by driving support system of either steering or acceleration/ deceleration	System performing either task	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	Driving mode-specific performance by one or more driving support systems of both steering and acceleration/ deceleration, with the human driver performing all remaining aspects of driving	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
3	Conditional Automation	Driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of driving, with the human driver responding appropriately to requests to intervene from the system	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	Driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of driving, even if the human driver cannot respond appropriately to requests to intervene	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	Full-time performance by an automated driving system of all aspects of driving	System	System	System	All driving modes

(出典：SAE¹³⁾より引用)

前述のように2016年には自動走行ビジネス検討会以外にも自動走行に関する、各種の委員会やワーキンググループが設立されている。これらの委員会やワーキンググループにおいては、検討すべき課題が重複しているものもある。重複している課題の問題点の1つは、設立される委員会やワーキング毎に予算が計上されている点である。さらにその予算は、自動運転に関する新規ビジネスに対するものではなく、今後進展する自動運転に関する課題を検討するための予算となっている。

自動運転の政策面で注意したい点は、自動運転に関する定義である。自動運転に関しては日本での発展普及のみではなく、グローバルに展開させていく必要があることは政府が設立しているワーキンググループ等の設立趣旨を見ても明らかである。すなわち、自動運転の定義もグローバルに使用されている定義を使用の方が建設的な議論を行う上で重要となる。そこで、米国や欧州における自動運転の定義を見てみると、SAEが策定した定義を使用している。

SAEは自動運転のレベルをシステムの介入を元にして0から5の6段階に分類している。国際的に自動運転に関して議論する場合は、SAEの定義を参考とし、そのレベル別に議論される。例えば市販車に搭載されている所謂“自動運転”は、SAEレベル2として定義されることになる。

一方で「官民ITS構想・ロードマップ2016」では、ドライバーの運転への関与度合、運転に係る責任関係等の視点から、米国運輸省の定義を踏まえて¹⁴⁾、表3に示したように、運転支援の手段を情報提供型と自動制御活用¹⁵⁾に分類し、自動制御活用型をレベルに応じて4段階に分類し、安全運転支援システムと自動走行システムを定義している。

「官民ITS構想・ロードマップ2016」ではこの定義を絶対的なものではなく、自動走行システム等の定義を巡る国際的動向に積極的に参加しつつ、国際整合性の観点や、技術の利用形態を巡る動向を踏まえ、必要に応じて見直すと論じている。自動運転における定義を自動運転に関する全ての政府機関において統一的に使用しているのであれば問題はないが、自動走行

表3 安全運転支援システム・自動走行システムの定義

分類		概要	注（責任関係等）	左記を実現するシステム	
情報提供型		ドライバーへの注意喚起等	ドライバー責任	「安全運転支援システム」	
自動制御活用型	レベル1：単独型	加速・操舵・制動のいずれかの操作をシステムが行う状態	ドライバー責任		
	レベル2：システムの複合化	加速・操舵・制動のうち複数の操作を一度にシステムが行う状態	ドライバー責任 ※監視義務及びいつでも安全運転できる態勢	「準自動走行システム」	「自動走行システム」
	レベル3：システムの高度化	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときのみドライバーが対応する状態	システム責任（自動走行モード中） ※特定の交通環境下での自動走行（自動走行モード） ※監視義務なし（自動走行モード：システム要請前）		
	レベル4：完全自動走行	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、ドライバーが全く関与しない状態	システム責任 ※全ての行程での自動走行	「完全自動走行システム」	

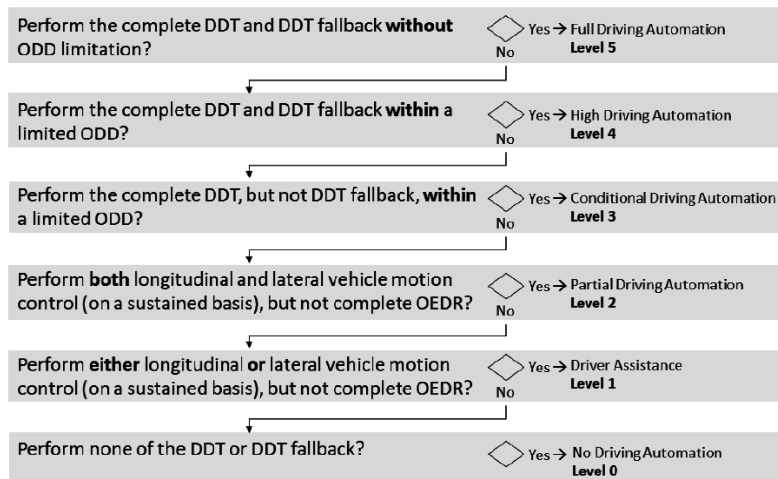
（出典：高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（2016），p. 5）

ビジネス検討会では、SAEの作成した定義を採用している。即ち、政府機関において自動運転の定義が複数存在するという状況を生み出していたという事になる。しかし、2016年12月7日に内閣官房IT総合戦略室から「自動運転レベルの定義を巡る動きと今後の対応（案）」が発表され、SAEの定義に合わせて調整が行われるようになっている。この案は、SAEの定義が2016年9月に改訂されことを受けての対応である。SAEの改訂では、技術的に精緻化されたものを導入し、DDT¹⁶⁾、OEDR¹⁷⁾、ODD¹⁸⁾という概念が導入され、SAEのレベル4とレベル5をODDの概念を踏まえて見直したものとなっている¹⁹⁾（表4参照）。内閣官房IT総合戦略室は、SAEの改訂に合わせて、現在の定義をSAEの改訂版に合わせるような提案を

表 4 SAE J3016 (201609改訂版)

Level	Name	Narrative definition	DDT		DDT fallback	ODD
			Sustained lateral and longitudinal vehicle motion control	OEDR		
Driver performs part or all of the DDT						
0	No Driving Automation	The performance by the <i>driver</i> of the entire <i>DDT</i> , even when enhanced by <i>active safety systems</i> .	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	n/a
1	Driver Assistance	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific execution by a <i>driving automation system</i> of either the <i>lateral</i> or the <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtask of the <i>DDT</i> (but not both simultaneously) with the expectation that the <i>driver</i> performs the remainder of the <i>DDT</i> .	<i>Driver and System</i>	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	Limited
2	Partial Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific execution by a <i>driving automation system</i> of both the <i>lateral</i> and <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtasks of the <i>DDT</i> with the expectation that the <i>driver</i> completes the <i>OEDR</i> subtask and <i>supervises</i> the <i>driving automation system</i> .	<i>System</i>	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	Limited
ADS (“ <i>System</i> ”) performs the entire <i>DDT</i> (while engaged)						
3	Conditional Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific performance by an <i>ADS</i> of the entire <i>DDT</i> with the expectation that the <i>DDT fallback-ready user</i> is <i>receptive</i> to <i>ADS</i> -issued <i>requests to intervene</i> , as well as to <i>DDT performance-relevant system failures</i> in other <i>vehicle</i> systems, and will respond appropriately.	<i>System</i>	<i>System</i>	<i>Fallback-ready user (becomes the driver during fallback)</i>	Limited
4	High Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific performance by an <i>ADS</i> of the entire <i>DDT</i> and <i>DDT fallback</i> without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .	<i>System</i>	<i>System</i>	<i>System</i>	Limited
5	Full Driving Automation	The <i>sustained</i> and unconditional (i.e., not <i>ODD</i> -specific) performance by an <i>ADS</i> of the entire <i>DDT</i> and <i>DDT fallback</i> without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .	<i>System</i>	<i>System</i>	<i>System</i>	Unlimited

(出典：surface vehicle recommended practice - SAE International p. 17)



(出典：J3016TM SEP2016 p. 18)

図1 自動化レベルの割り当てに関する簡易論理フロー

行った。「官民 ITS 構想・ロードマップ2016」においても自動走行の定義を必要に応じて見直すと述べている為、内閣官房 IT 総合戦略室の提案の通りに、自動運転の定義は統一していく必要がある。

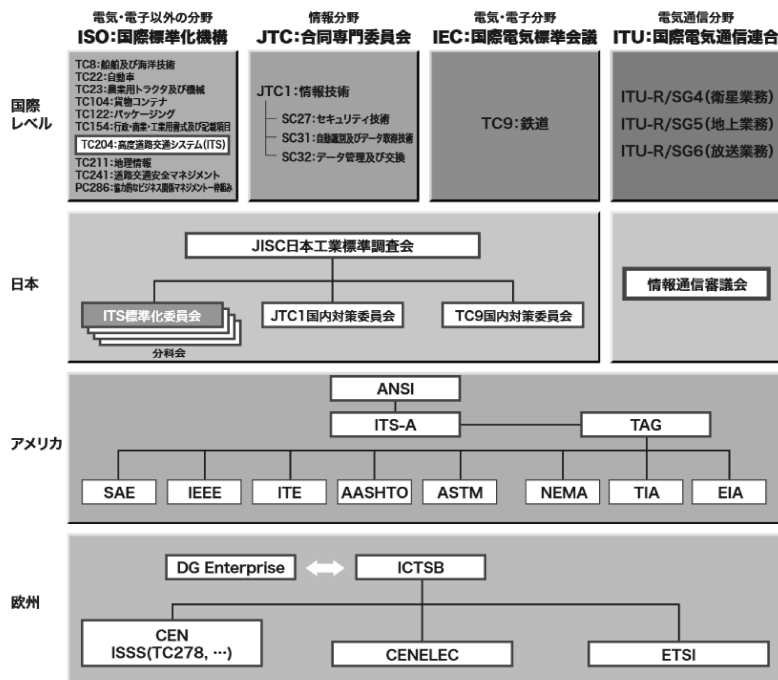
表4、SAE J3016の特徴は、規範的で法的なものではなく、技術的に有益であり、レベルの要素は最大機能ではなく、最小限の機能を示している点である²⁰⁾。自動運転のレベルは図1に示す簡易論理フロー図により分類される。

4. 国際機関による自動運転の標準化

車両が満たすべき技術的な基準は、国際連合の自動車基準基調世界フォーラム (WP29) で議論される。WP29の目的は、「安全で環境性能の高い自動車を容易に普及させる観点から、自動車の安全・環境基準を国際的に調和することや、政府による自動車の認証の国際的な相互認証を推進すること」にある。WP29は国連欧州経済委員会の下部組織であり、傘下に6つの専門分科会を有し、分科会で技術的、専門的検証を行い、検証を経た基準案の審議、採択を行っている。分科会で日本が議長又は副議長の

委員会は「ブレーキと装置」、及びその下部組織である「自動操舵専門家会議」となっている。そこでは日本が議論を主導する事が可能となる。また、2014年に開催されたWP29において、自動運転について議論する「自動運転分科会」が設立され、日本と英国が共同議長に就任し、自動運転に関する国際的な議論を主導している²¹⁾。

車両以外の分野でも自動運転に関して標準化が進められている。ITS分野の国際標準化は、ISO、IEC、JTC、ITUなどでも行われているが、その中でもISOのTC202で専門的に行われている²²⁾。自動運転に関しては車両のみならず、電気通信分野や情報分野など幅広い標準化の議論が必要とされている（図2参照）。



(出典：ITSの標準化2015より)

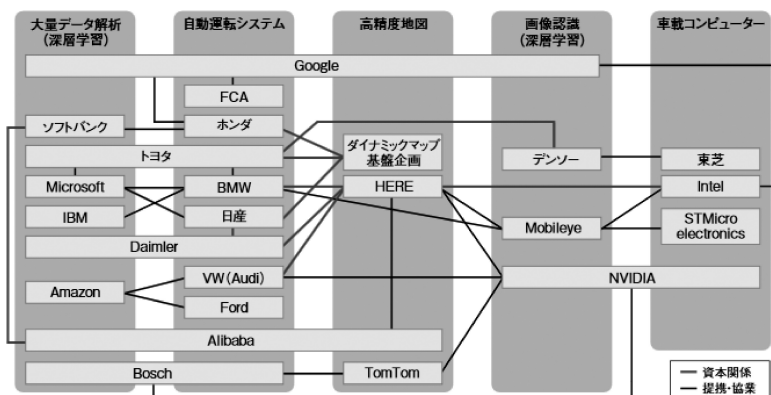
図2 ITSに関する標準化機関等の関連図

図2のように日本では、電気通信分野の標準化は情報通信審議会が行い、他標準化機関とは独立した存在となっている。米国や欧州においては、自動運転に関わらず標準化委員会は統一されている。

5. 自動車メーカーとIT産業

自動運転車両の走行性能は深層学習により左右される。深層学習の解析精度を高める為に、学習に使用する画像や音声のデータ量と質が重要となる。自動運転車両には各種センサーが搭載され、様々な状況のデータをリアルタイムで収集する事が可能となっている。深層学習の研究開発は自動車メーカーよりもIT産業が先行している分野でもある²³⁾。その為自動車メーカーはIT産業と業務提携や資本提携を行うようになってきた(図3参照)。自動車から収集されるデータには、ドライバーの行動や嗜好、さらに車内にカメラやマイク、心拍センサー等を設置すれば、健康状態や感情まで推定可能となるため、IT産業においても収集したいデータとも言える。

さらに、自動運転技術の開発において、自動車メーカーは映像認識や半



(出典：Automotive Technology (2017.3) p. 39)

図3 自動車メーカーのIT産業の連携

導体企業とも提携や連携を加速していつている²⁴⁾。例えば、Audi と BMW、Daimler の企業連合が買収した高度地図最大手の HERE²⁵⁾ との連携が挙げられる（図3 参照）。企業連合は HERE を介して、画像認識や車載コンピュータを手掛ける企業と提携も行っている。HERE は自動車メーカーのみではなく、半導体企業との提携を行っている。その1社に NVIDIA がある。HERE と NVIDIA は2017年1月4日の CES において自動運転車向けに業界をリードする高精度（HD）マップ作成ソリューションの共同開発を進めることを発表し²⁶⁾、NVIDIA の画像認識と車載コンピュータを使用し、高精度地図を自動更新する技術を披露した²⁷⁾。この技術は CNN²⁸⁾ に関する技術を使用して、自動車の走行中に新しい標識や白線、道路を発見すると、その情報を高精度地図に反映させるというものである。

HERE が NVIDIA との共同開発を発表したにも関わらず、NVIDIA の競業企業となる Intel は HERE の株式の15%を取得し、自動走行の為の高精度地図のリアルタイムアップデートをサポートする概念検証（PoC: Proof-of-Concept）アーキテクチャの研究開発で提携することに合意し²⁹⁾、高精度地図を巡り半導体産業の駆け引きが発生している。高精度地図が重要視される理由は、自動運転技術とデータ基盤を通じた交通データ等の利活用が相互的に発展していき、自動運転システムは、データ駆動型となりその基盤の一部として、ダイナミックマップ³⁰⁾ が重要となるからである³¹⁾。

自動車メーカーとIT産業の提携は海外に限った話ではない。図3には示されていないが、トヨタ自動車は、2015年の12月にモビリティ事業分野におけるAI技術の共同研究・開発を進めることを目的として、Preferred Networks に出資することで合意している³²⁾。Preferred Networks は、自然言語処理技術、機械学習技術分野で世界トップレベルの技術力を有するベンチャー企業 Preferred Infrastructure 社から、IoT にフォーカスしたりリアルタイム機械学習技術のビジネス活用を目的に独立させ、2014年3月に設立された企業である。トヨタ自動車は Preferred Networks に出資する1ヶ月前に人工知能技術の研究開発を行う新会社「TOYOTA RESEARCH

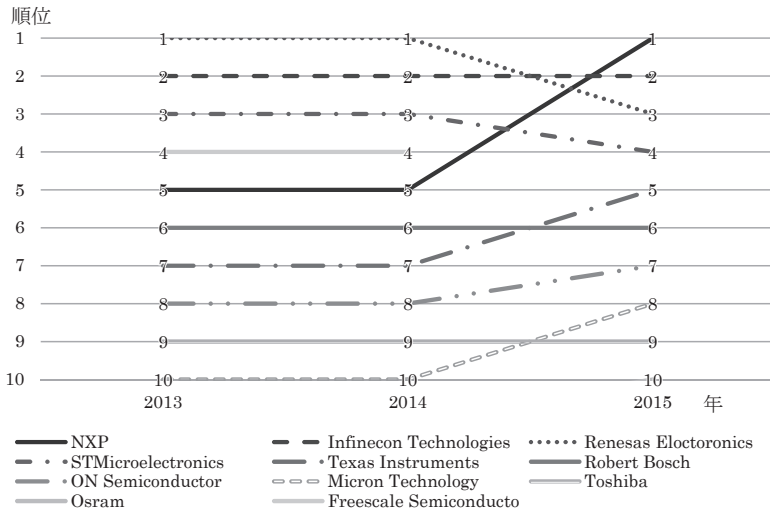
INSTITUTE, INC.」をシリコンバレーに設立し、5年で10億ドルを投入すると発表³³⁾したばかりでもあった。トヨタ自動車のAI関連に関する投資や出資からも自動車製造において、IT産業の重要性がみてとれる。ただし、このAI分野への投資目的に自動運転のレベル5までを見据えているかという点に関して言及されていない。戦略的な側面もあり、AI投資への“真の目的”に関する言及は避けたとも取れるが、仮にトヨタ自動車が自動運転のレベル5に照準を合わせているのであれば、研究所の設立時やPreferred Networksへの出資時に自動運転に関して何らかのアクションがあっても不思議ではない。発表が無いという事は、トヨタ自動車は自動運転に関して慎重な姿勢で臨んでいるとも言え、この点にIT産業との自動運転に関するアプローチの違いが見て取れる。

6. 車載半導体メーカーとIT産業

図3を注意深く見ると、現在の自動運転は水平分業されているわけでは無い。GoogleやNVIDIAトヨタ自動車のように複数の分野に渡り業務が展開されている。IT産業では各分野に必要な技術を短期間で手に入れるために大型買収を行っている（詳細は後述）。

自動車用の車載端末に使用されている半導体製造企業のシェアは図4のとおりである。2014、2015年にかけてはRenesasが首位であったが、2015年にシェア5位であったNXPがシェア4位のFreescaleを118億ドルで買収し³⁴⁾、車載端末用半導体シェアで首位となった（図4参照）。

図4から、車載用半導体市場は2014年まで比較的安定した市場を形成していたとみる事が可能である。しかし2015年にシェア5位であったNXPがシェア4位であったFreescaleを買収し、Renesasを抜き車載半導体のシェアトップに躍り出るといふ市場再編が発生した。この再編成はさらなる“巨人”を車載半導体の市場へと導くことになる。2016年には、車載半導体首位のNXPをファブレス企業として携帯端末用の半導体を開発し、3G世代のCMDA技術を独占し「通信業界の巨人」と称されてい



(出典：HISの資料³⁵⁾を元に筆者作成)

図4 車載用半導体シェア変動

た Qualcomm³⁶⁾ が470億ドルで NXP を買収することが発表された³⁷⁾³⁸⁾。山本 (2016b) は半導体製造事業では、従来型の製造業者は少数派となっており、多くの事業者は「ファブレス」、「ファウンドリ」、「IP ライセンス事業者」等の専門化へと舵を切っており、各事業分野において飛躍の機会を探っていると指摘しているように、半導体製造業者の主流は製造拠点を有していない点にあると指摘している³⁹⁾。Qualcomm も専門化してスマートフォンの AP マーケットで首位となっている。Qualcomm のようなファブレス企業で携帯端末用半導体において十分なシェアを有している企業が、車載半導体製造企業を買収してまで車載半導体市場に進出してきた点は注目に値する。言い換えると Qualcomm は従来型のビジネスモデルに反してでも、車載用半導体市場に参入する必要があったと言える。携帯端末における Qualcomm の動向に関しては山本 (2016a 及び2016b) が詳細に論じているので、本稿での議論は割愛するが、IMT-2000や IMT-2020の策定時の動向を考慮すれば、車載端末市場に Qualcomm が進出する事も納得できる。

更に、Qualcomm は自動運転技術において重要な要素となるネットワークの分野において、キープレイヤーとなり得る企業でもある⁴⁰⁾。Qualcomm は NXP の買収により車載端末の市場シェアを短期間のうちに手に入れた。さらに、V2V⁴¹⁾ や V2M⁴²⁾ において、通信分野における支配的な地位を利用し、自動運転の通信分野を支配しかねない点は注意しなければならない。

上記の Qualcomm の NXP 買収に関しては、Intel の動向が影響しているとも見ることが可能である。Intel と Qualcomm の自動運転に関する提携や買収に関し時系列に整理しておく。尚、自動運転においては、車載用端末だけでなく各種センサーも重要な構成要素である点を加えておく。

Intel は2016年7月に Mobileye と BMW と提携して2021年までに完全自動運転車を量産市場に投入することを発表した⁴³⁾。その3か月後の2016年10月に Qualcomm が NXP の買収を発表している。Qualcomm による NXP 買収の約5ヶ月後の2017年3月に Intel は Mobileye を153億ドルで買収している。Mobileye が開発する画像認識技術を搭載する車載コンピュータ「EyeQ シリーズ」は、安価単眼カメラで高い認識精度を実現している。

画像認識では深層学習が重要になる。深層学習で実現する画像認識に対応する GPU を搭載する車載コンピュータを他社に先駆けて開発したのは NVIDIA である⁴⁴⁾。図3を見ても NVIDIA は多くの自動車メーカーと提携を行っている。Daimler と NVIDIA は2017年1月の CES2017において、NVIDIA の車載コンピュータを搭載した車両を Mercedes-Benz ブランドでの販売を計画している⁴⁵⁾。NVIDIA の動向は、Intel の戦略に影響を与えたともいえる。

これらの動向を IT 産業の自動車運転市場への進出としてだけで捉えてみると、自動運転市場において後手に回る可能性がある。即ち上述のような状況は、IT 産業、特に Qualcomm のこれまでのビジネスに照らし合わせて読み解く必要がある。Qualcomm は「通信業界の巨人」ではあるが、そのビジネスを紐解くと特許ライセンスを活用したビジネスモデルに帰結する⁴⁶⁾。特許ライセンスのビジネスモデルの詳細は参考文献の浦川 他

(2016)を参照して頂きたいが、1990年代に入り Qualcomm は特許ライセンス事業を開始しており、QTL⁴⁷⁾の営業利益率は80~90%と高水準となっている⁴⁸⁾。上記の点を考慮すると、Qualcomm は自動運転における標準化による特許ビジネスでの高収益獲得を目指していると言える。これは Qualcomm のみに言える事ではなく、半導体産業にみられる傾向でもある。現状は特許と標準化が密接に関係しており、技術的に優れている仕様であっても、標準として採用されなければ意味をなさず、さらに標準化された仕様が特許に関わる。車載端末やその他の分野における標準化がデジュールではなくデファクトとして標準化されることも想定しおかなければならない⁴⁹⁾。

上述したようにIT産業においては、標準化と特許は密接に関係してきた分野となっている。表5は自動車メーカー別の自動ブレーキシステムのセンサーと認知対象の一覧である。この表からも搭載されているセンサーは各メーカーにより異なっており、センサーの種別により認知対象も異なる。

この点が、IT産業の標準化と大きく異なる点と言える。Qualcomm や Intel のような半導体産業における大型買収により、自動運転に必要となるセンサー類がデファクトとして標準化される可能性も高くなってきた。センサー類の標準化は部品の標準化のみを意味しているものではない。これらの標準化は、開発環境も含めたプラットフォームの標準化を意味している。センサー類におけるプラットフォームの標準化が行われてしまった場合、自動運転における日本の地位は相対的に低くならざるを得ない。IT産業による自動運転に必要となるテクノロジーによるロックインは既に始まっており、2020年までに勢力分布が決定してしまう可能性がある。さらに日本では、ソフトウェアに対する投資がハードウェアに対する投資と比較すると相対的に低い傾向が見受けられる⁵⁰⁾。自動運転に関する政府の補助金や予算を見ても、この点は改善されていない⁵¹⁾。自動運転に関して日本が先導していくのであれば、この点も課題の1つといえる。

表5 自動車メーカー別搭載センサーと認知対象

メーカー		トヨタ		ホンダ	マツダ	スバル	日産
システム名		TOYOTA Safety SenseC	TOYOTA Safety SenseP	HONDA SENSING	i-ACTIVE SENSE	EyeSight (Ver3)	エマージェ ンシーブ レーキ
センサー		レーザーレーダー 単眼カメラ	単眼カメラ ミリ波レーダー	単眼カメラ ミリ波レーダー	単眼カメラ レーダー 短距離レーザー	 ステレオカメラ	単眼カメラ
検 知 対 象	車両	○	○	○	○	○	○
	自動二輪車	－	－	－	－	○	－
	自転車	－	－	－	－	○	－
	人間	－	○	○	－	○	○
	作動 速度	約10～80 km/h	約10～80 km/h（歩 行者） 約10～最高 速 km/h （車両）	5 km/h	4～30 km/h	全車速 （0～100 km/h）	10～80 km/h
自動プレー キ速度		30 km/h 以下	30 km/h 以 下（歩行者） 40 km/h 以 下（車両）	80 km/h 以下	15 km/h 以下	50 km/h 以下	30 km/h 以下

(出典：各社の HP から筆者作成)

7. 自動走行車の現状と課題

日産自動車は2016年8月に発売を開始したセレナにプロパイロットという自動走行システムを搭載した。プロパイロットは高速道路での同一車線での走行を自動で行うシステムとなっている。注目点は、自動走行システムという先進技術が高級車というカテゴリーからではなく、中型ミニバン市場で中核をなしている製品から採用されている点である。この点は、各自動車メーカーの自動走行並びに自動運転に臨むスタンスの違いから生じるものではあるが、自動走行車の普及を推進するのであれば、主力となる

製品に自動走行機能が搭載された点は評価される。セレナの販売状況次第では、競業他社の同一カテゴリーにも波及する可能性は否定できない。

自動走行システム機能を市販車で初めて搭載したのはTeslaのModel Sである。Teslaの自動走行システムは、高速道路や自動車専用道路での自動走行が可能な“オートパイロット”，ウインカーを動作させ自動で車線を変更する“オートレーンチェンジ”，自動で駐車可能な“オートパーク”から構成されている⁵²⁾。Model Sは2016年5月に自動走行システムで走行中に、死亡事故を起こしている。この事故に対してNHTSAは事故調査の最終報告書で、Teslaのシステムには事故の原因となる欠陥はなかったと結論付け、さらに自動走行システムが全体として同社の事故率を下げている事を認定している⁵³⁾。Teslaはオートパイロット動作中も安全の責任を負うのはユーザー（ドライバー）であると主張しており⁵⁴⁾，Teslaの主張が受け入れられた結論となっている⁵⁵⁾。Teslaは事故から5カ月経過した2016年10月19日に公式blogにおいて、「今後生産される全ての車両に、将来の完全自動運転に対応可能なハードウェアが搭載される」⁵⁶⁾と発表し、事故の影響を受けることなく完全自動運転の開発を進めている。

一方で2016年7月にTeslaは自社の自動走行システムの中核部品を提供していたMobileyeとの契約を解消した。この契約解消には上記の事故も影響しており，TeslaとMobileyeの自動運転に対するスタンスの違い，特に安全性に対する相違による⁵⁷⁾。Mobileyeはこの提携が解消される以前に，BMW，Intelと提携して自動運転の開発を行う事を発表しており⁵⁸⁾，BMWとの提携もTeslaとの契約の解消に影響を与えたと言える。

この事故に対して国土交通省は以下のような発表を行っており，自動走行システムを搭載する車両を販売する場合は，ユーザーの認識を高める必要がある。

「5月に米国において事故が発生したテスラの『オートパイロット』機能を含め，現在実用化されている『自動運転』機能は，運転者が責

任を持って安全運転を行うことを前提とした『運転支援技術』であり、運転者に代わって車が責任を持って安全運転を行う、完全な自動運転ではありません⁵⁹⁾」

現状の自動走行システムにおいて見えてくる課題は、自動運転の標準化や政府による規制と IT 産業のスピード感の違いである。自動車における標準化は安全性に関係するため、慎重に議論される。一方で IT 産業では、安全性に関わる標準化とは別次元に存在していたため、市場シェア確保によるデファクトを獲得する戦略を採用している。このスピード感の違いが安全性に影響を及ぼさないようにしなければならない。Tesla と Mobileye の提携解消はその 1 つの表れとも言える。

8. おわりに

本稿では、自動車の IT 化に関して政策面、自動車産業の動向、IT 産業の動向に関して検証を行ってきた。政策面においては、省庁間の委員会やワーキンググループの乱立や予算問題などの課題はあるが、概ね充実した内容となっていると言える。

日本の自動車産業においては、2016年に SAE のレベル 2 に対応する自動走行車が市販されるなど、2020年に向けて着実な歩みを見せている。

一方で IT 産業は、政策面や自動車産業とは別次元の時間軸で行動を行っていると言える。IT 産業は標準化と特許ビジネスに関して、自動車産業と比較すると、IT 産業に利があり、自動運転ビジネスが成熟した際には、大きな実利を IT 産業が得る可能性がある。これは、自動車産業が安全性を重視し、慎重に自動運転を議論しているとも言えるが、イノベーターというべき IT 産業は自動車産業の動向を待つてはくれない。この点を理解して自動運転の政策や標準化を行わないと、IT 産業が主導する自動運転市場となりかねない。

注

- 1) Center for Automotive Research (2011), p. 1.
- 2) Society of Automotive Engineers の略。
- 3) 自動走行という用語を使用した理由は、自動走行ビジネス検討会等の政府機関が使用していたためである。
- 4) 日本自動車販売協会連合と全国軽自動車協会連合の発表による合計。
- 5) 杉浦 他 (2014), p. 8.
- 6) *Ibid.*, pp. 10–11.
- 7) 桃田 (2009), p. ii.
- 8) 2014年12月に戦略的イノベーションプログラムが動いている。
- 9) 対象分野としてエネルギー、次世代インフラ、地域資源、長寿健康という4分野が選定され、そのうちに次世代インフラとして自動走行システムが対象課題となっている。
- 10) 国土交通省 (2013)。
- 11) http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk7_000015.html
- 12) 例えばアメリカでは“ITS Strategic Plan2015–2019” (2014)、欧州では“Automated Driving Roadmap” (2015) が発表されている。欧州各国においても、ドイツでは“Strategy for Automated and Connected” (2015)、フランスでは“The New Face of Industry in France” (2014)、イギリスでは“The Pathway to Driverless Car” (2015) を発表している。その他にもスウェーデン、オランダ、ベルギー、フィンランド、スイスなどが戦略を発表している。
- 13) https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf
- 14) NHTSA が2016年に発表した“Federal Automated Vehicles Policy”において自動走行の定義にSAEの提唱している定義が採用されている。
- 15) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (2016)。
- 16) Dynamic Driving Task.
- 17) Object and Event Detection and Response.
- 18) Operational Design Domain.
- 19) 自動運転の定義に関しては、内閣官房IT総合戦略室の資料により詳細な説明がなされているので、そちらを参照されたし。
- 20) SAE (2016), p. 17.
- 21) http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/douro/dai9/siryou3.pdf
- 22) 詳細はITSの標準化を参照。また国際標準化動向は香月 (2015) を参照。
- 23) 清水 (2017), p. 38.
- 24) 清水 (2017), p. 58.
- 25) HERE は Nokia の地図事業であったが2015年に Audi, BMW, Daimler の企業

連合に売却している。買収総額は28億ユーロ（当時）であった。

- 26) <http://www.nvidia.co.jp/object/here-partner-ai-technology-hd-mapping-cloud-car-20170110-jp.html>
- 27) 清水（2017），p. 58.
- 28) Convolutional Neural Network.
- 29) <https://here.com/en/company/newsroom/press-releases/2017-10-01-70>
- 30) 道路及びその周辺に係る自車両の位置が車線レベルで特定できる高精度三次元地理空間情報（基盤的地図情報）及び，その上に自動走行等をサポートするために必要な各種の付加的地図情報（例えば，速度制限など静的情報に加え，事故・工事情報など動的情報を含めた交通規制情報等）を載せたもの。
- 31) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（2016），p. 12.
- 32) <http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/10680141>
- 33) <http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/10169760>
- 34) <http://investors.nxp.com/phoenix.zhtml?c=209114&p=irol-newsArticle&ID=2120581>
- 35) <https://technology.ihs.com/580273/automotive-semiconductor-market-grows-slightly-in-2015-while-ranks-shift-ihs-says>
- 36) 山本（2017a），p. 293.
- 37) <https://www.qualcomm.com/news/releases/2016/10/27/qualcomm-acquire-nxp>
- 38) 米国の市場調査会社 Capital Forum のレポートでは，この買収に関して，中国商務部（MOFCOM）が認可の条件として事業部の売却を要求する可能性がある点，米国の外国投資委員会（CFIUS）が Qualcomm と NXP との合併に反対する可能性がある」と指摘している（詳細は以下を参照。http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1331289）。
- 39) 山本（2016b），p. 51.
- 40) 山本（2017a）が指摘しているように IMT-2020ではそれ以前として比較すると Qualcomm がその独占的な地位を利用してビジネスを進展させていく事は困難となっている。但し，スマートフォン等のベースチップ供給においては，無視する事の出来ない存在であることは否定できない。
- 41) Vehicle-to-Vehicle の略。米運輸省（DOT）は2016年12月13日，コネクテッドカーの導入に，すべての乗用車に，近くを走行する車同士が情報をやりとりする V2V 通信技術の搭載を義務づける規制案に関する発表を行った。
- 42) Vehicular-to-Machine.
- 43) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-07-01/bmw-teams-up-with-intel-mobileye-for-self-driving-car-by-2021>
- 44) 清水（2017），pp. 22-23.
- 45) <https://techcrunch.com/2017/01/06/nvidia-and-mercedes-benz-to-bring-an-ai-car->

- to-market-within-a-year/
- 46) 浦川 他 (2016)。
 - 47) Qualcomm Technology Licensing.
 - 48) *Ibid.*
 - 49) この対処として Allied Security Trust (AST) や License on Transfer Network (LOT) の会員になるという方法がある。AST は、会員が特許購入のための委託費を拠出して基金への預託を行い、預託金により用乳された特許が会員にライセンスされる仕組みとなっている。LOT は、会員企業が有する特許が NPE (Non-Practicing Entity) に売却された場合においても、NPE が他の会員企業に権利行使できない仕組みとなっている。
 - 50) 杉山 (2008)。
 - 51) 詳細は参考文献 内閣府 政策統括官 (2016) を参照されたい。
 - 52) <http://car-moby.jp/41800>
 - 53) <https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2016/INCLA-PE16007-7876.PDF>
 - 54) <http://gendai.ismedia.jp/articles/-/49147>
 - 55) SAE のレベル 3 においても自動走行時の責任はドライバーにあると明記されており、SAE の定義通りの結論であるとも言える。
 - 56) <https://www.tesla.com/jp/blog/all-tesla-cars-being-produced-now-have-full-self-driving-hardware?redirect=no>
 - 57) <http://www.reuters.com/article/us-mobileye-tesla-idUSKCN11M2GO>
 - 58) その後 Mobileye は Intel に買収されている。
 - 59) http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000216.html

参 考 文 献

- Center for Automotive Research (2011) “Automotive Technology: Greener Vehicles, Changing Skills ELECTRONICS, SOFTWARE & CONTROLS REPORT”, CAR.
- デロイト トーマツ コンサルティング (2016) 『モビリティ革命2030 自動車産業の破壊と創造』, 日経 BP 社.
- 自動走行ビジネス検討会 (2017) 「自動走行の実現に向けた取り組み方針」, 自動走行ビジネス検討会.
- 自動車技術会 (2015) 「ITS の標準化2015」, 自動車技術会.
- 上条俊介 (2015) 「標準化に見る自動運転」, 『IATSS Review』, 国際交通安全学会 Vom. 40, No. 2, p. 3.
- 香月伸一 (2015) 「ISO/TC204における ITS の国際標準化動向」, 『JARI Research Juurnal』, 日本自動車研究所, ID: 6851.
- 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (2016) 「官民 ITS 構想・ロードマップ

- 2016～2020年までの高速道路での自動走行及び限定地域での無人自動走行移動サービスの実現に向けて～」, 内閣府.
- 桃田健史 (2009) 『エコカー世界大戦の勝者は誰だ?』, ダイヤモンド社.
- 桃田健史 (2016) 『IoT で激変するクルマの未来 自動車産業に押し寄せるモビリティ革命』, 洋泉社.
- Morgan Stanley (2016) “Autonomous Cars Self-Driving the New Auto Industry Paradigm”, *MORGAN STANLEY BLUE PAPER*, Morgan Stanley.
- 永野志保 (2013) 「知的財産と国際標準」, 『特技懇』, 特許庁技術懇話会, No. 268, pp. 50-63.
- 内閣府政策統括官 (2016) 「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動走行システム研究開発計画」, 内閣府.
- NHTS (2016) “Assessment of Safety Standards for Automotive Electronic Control Systems”, NHTSA.
- NHTSA (2017) “ODI RESUME Investigation: PE 16-007”, NHTSA.
- NTCAustralia (2016) “Regulatory reforms for automated road vehicles”, *Policy Paper*, NTCAustralia.
- OGL (2015) “The Pathway to Driverless Cars: A Code of Practice for testing”, OGL.
- OGL (2016) “Pathway to Driverless Cars: Proposals to support advanced driver assistance systems and automated vehicle technologies”, OGL.
- SAE (2016) “SURFACE VEHICLE RECOMMENDATION PRACTICE: J3016”, SAE INTERNATIONAL.
- 清水直茂 (2017) 「ソフトバンクの野望 グーグルトヨタも飲み込むか」, 『日経 Automotive』, 日経 BP 社, 第72号, pp. 34-45.
- 蜂谷勝之 (2014) 「シリコンバレー発の自動運転にみるプラットフォームの構築」, 『みずほ産業調査』, みずほ銀行産業調査部, Vol. 45, No. 2, pp. 213-223.
- 杉浦孝明, 佐藤雅明 (2014) 『自動車ビッグデータでビジネスが変わる! プロローグカー最前線』, 株式会社インプレス R&D.
- 杉山克典 (2008) 「日本のソフトウェア産業の現状分析」, 『広島経済大学経済論集』, 第31巻, 第3号, pp. 191-203.
- 杉山克典 (2015) 「次世代 Telematics と IT 産業の関連性」, 『広島経済大学経済論集』, 第37巻, 第4号, pp. 91-102.
- 特許庁 (2014) 「平成25年度 特許出願技術動向調査報告 (概要) 自動運転自動車」, 特許庁.
- 特許庁 (2016) 「平成27年度 特許出願技術動向調査報告 (概要) 自動車予防安全技術」, 特許庁.
- 鶴原吉郎, 中森智博 (2014) 『自動運転 ライススタイルから電気自動車まで, すべてを変える破壊的イノベーション』, 日経 BP 社.

浦川慶史, 小林誠 (2016)「特許ライセンス活用ビジネスモデルとその収益性に関する考察」, デロイトトーマツ.

VDA (2015) “Automation From Driver Assistance Systems to Automated Driving”, VDA.

山本雅昭 (2016a)「2015年から2016年 Q1 のスマートフォン市場動向の検証」, 『広島経済大学経済研究論集』, 第39号, 第3・4号, pp. 39-49.

山本雅昭 (2016b)「2015年のスマートフォン市場動向からみる半導体業界」, 『広島経済大学経済研究論集』, 第39号, 第3・4号, pp. 51-64.

山本雅昭 (2017a)「ポスト4G 移動体通信と規格標準化に関わる環境的課題」, 『広島経済大学50周年記念論集』下巻, pp. 293-320.

山本雅昭 (2017b)「2016年のスマートフォン市場動向の検証」, 『広島経済大学経済研究論集』, 第40号, pp. 1-13.