

愛知学院大学産業研究所所報

地域分析

THE CHIKI
BUNSEKI
Vol. 55 No. 2

第55巻 第2号

2016年12月

論文

産業の情報化に伴う新学習指導要領についての一考察 ……吉田 聡 (1)

自動車で活用される組込みシステムの現状と課題について ……吉田 聡 (23)

産業研究所活動日誌抜粋 …… (39)

産業研究所規程 …… (41)

『地域分析』投稿規定 …… (43)

December
2016

愛知学院大学 産業研究所

産業の情報化に伴う新学習指導要領についての一考察

吉田 聡

- I はじめに
- II 企業の情報化と求められる人材
- III 新学習指導要領の特徴
- IV 情報教育の現状
- V 今後に向けた課題
- VI むすび

【要旨】

高度情報通信社会の進展に伴い、企業における業務も変化するとともに、企業が求める人材も変化してきた。このため、学校における人材育成も改革を行う必要が生じ、例えば高等学校では2003年度より普通科においても「情報科」が必修科目となった。しかし、全国の多くの高等学校において「情報A」を必修科目としていたため、生徒の興味や関心に沿ったものではなく、教育内容にも偏りがあった。このような背景から、2013年度より新たな学習指導要領が実施された。本論文では、高度情報通信社会の進展に伴い、必要となる業務や求められている人材を示すと同時に、新学習指導要領が初めて適用される本学新入生を対象に情報教育の現状を調査し、新たな学習指導要領の効果や課題などについて示す。

【キーワード】

企業の情報化、求められる人材、情報教育、新学習指導要領、情報入試

Abstract

With the development of an advanced information communication society, it has been also changed business in the enterprise and human resources required by companies. For this reason, it becomes necessary to reform the human resource development at school. For example, "Information Science" became a compulsory subject even in the general course in high school since 2003. However, it had the compulsory subject "Information A" in a number of high school. Therefore, this subject is not intended to be adapted to the interests and concerns of the students, there was a bias in educational content. From this background, a new course of study has been carried out since 2013. In this paper, I show the human resources that are business and sought needed in

advanced information communication society. And, I investigate the current state of information education for freshmen, then I show the effects and challenges of the new curriculum guidelines.

I はじめに

パーソナルコンピュータやインターネットの普及など、高度情報通信社会の進展に伴い、情報ネットワークを活用した業務も盛んに行われるようになってきた。また、企業間ネットワークも構築され、企業における生産性や製品の質も向上し、これまで紙媒体で作成されていた文書をデータ化し、通信回線を通じてやり取りする EDI (Electronic Data Interchange) などの電子商取引などを導入することでビジネスの形態が変化するだけでなく、オンラインショップなどの普及によって消費者の購買活動にも大きな影響が与えられた。その後、スマートフォンも普及し、消費者も気軽に情報の発信ができるようになり、口コミサイトやレビューサイトなどを活用して、企業や店舗、サービスなどの情報を共有できるようになってきた。最近では、製品そのものにコンピュータを組み込み、それらをインターネットに接続し、必要に応じて人工知能による処理を行う IoT (Internet of Things) の考え方も導入されるようになってきた。

このような状況になると、産業においても情報技術の知識を有する人材を育成する必要が出てきて、初等中等教育の段階から高度情報通信社会に対応した情報教育を行う必要も生じてきた。このような背景から、小学校の段階で「総合的な学習の時間」にてパソコンを活用する授業が導入され、また中学校の「技術・家庭科」の技術分野において「情報に関する技術」といった項目が設定されるようになった。さらに、高等学校においても、これまでは情報技術や情報処理について学ぶのは商業高校や工業高校など、一部の学校に限定されていたが、2003 年度より普通科においても「情報科」が必修科目となり、すべての生徒が「情報科」について学ぶことで、高度情報通信社会に対応した人材の育成に取り組むようになった。高等学校において「情報科」が必修科目となった当時は、情報活用の実践力に重きを置いた「情報 A」、情報の科学的な理解の育成に重きを置いた「情報 B」、情報社会に参画する態度の育成に重きを置いた「情報 C」が設置されていて、この中から 1 科目を選択履修することになっていた。ところが、全国の 75% 近くの高등학교において「情報 A」を必修科目としていたため、生徒の興味や関心に沿ったものではなく、教育内容にも偏りがあった。さらに、原則として「情報科」は入試科目ではなかったため、未履修の問題だけでなく、情報科の教員不足による専門外の教員による授業などで、当初の到達目標を達成しないといった問題も生じるようになった。

そうした中、2013 年度より新たな学習指導要領が実施され、普通科高校における情報科については「社会と情報」、「情報の科学」の 2 科目を設けて、これらの中から選択履修させるようになった。そして、2016 年度より、大学においても新学習指導要領の適用された新入生が入学するようになった。

本論文では、まず企業における情報化の変遷や、高度情報化社会における企業にとって必要とされる人材について述べる。そして、新しい学習指導要領における初等中等教育での情報教育について述べていく。その上で、新学習指導要領が初めて適用される本学新入生を対象に情報教育の現状を調査し、新たな学習指導要領の効果や課題などについて示す。

これまで、情報教育についての現状や課題について報告してきたが^{1), 2)}、本論文では企業の情報化や高度情報化社会における企業が求める人材についても言及するとともに、新しい学習指導要領に改訂されたことによる学習効果の変化についても示していくものである。

II 企業の情報化と求められる人材

1. 企業の情報化の変遷

1940年代におけるコンピュータの誕生に伴い、企業においても情報化が進むようになってきた³⁾。1940年代から1960年代にかけてのコンピュータは、空調設備のある大型の電子計算機室に大型コンピュータ、中型コンピュータ、ミニコンピュータなどの階層化されたコンピュータが配置され、コンピュータに関する技術を持った者が情報処理を行うといった集中処理の形態が中心であった。

1970年代頃にはマイクロプロセッサ (MPU) が開発されるとともに、ソフトウェアではグラフィカルユーザインタフェース (GUI) が登場することで、パーソナルコンピュータ (パソコン) が登場した。パソコンは、これまでの大型コンピュータと異なり、個人がワープロソフトや表計算ソフトなどを使うことのできる機器として、急速に普及が進んできた。これに伴い、企業等においてもOA (Office Automation) の考え方が普及し、業務においてもパソコンを利用した処理が多く用いられるようになってきた。

1990年代の中頃になるとインターネットが普及し、情報ネットワークを活用した業務も盛んに行われるようになってきた。また、企業間ネットワークも構築され、企業における生産性や製品の質も向上し、電子商取引などを導入することでビジネスの形態が変化するだけでなく、消費者の購買活動にも大きな影響が与えられた。

2000年代の中頃になると、パソコンだけでなくスマートフォンも普及し、アプリケーションを活用した購買のほか、消費者自ら情報を発信して企業や店舗、サービスなどの情報を共有できるようになってきた。

近年では、製品そのものにコンピュータを組み込み、それらをインターネットに接続し、必要に応じて人工知能による処理を行うIoT (Internet of Things) の考え方も導入されるようになってきた。

2. 求められる人材

企業での情報化が進展して業務の内容も変わることで、企業にて求められる人材像も変化してきている。具体的に求められる能力は、情報システムに関する基礎的な理解、エンドユーザコンピューティング、企画提案力、業務改革のための高い視点、プロジェクト管理能力などである⁴⁾。

パソコンやインターネットを活用した業務が増えているため、これらの知識は必要不可欠と考えられるが、製品にコンピュータが組み込まれることも多くなってきたため、製品を開発する際にはコンピュータのハードウェアやソフトウェア、ネットワークなどの情報システムについての知識も必要となってくる⁴⁾。例えば、商品やサービスを高機能化するた

めには、どのような情報システムを活用すれば良いのか、もしくはどのようなコンピュータを組み込めば良いのかといった考え方も必要になる。そのためには、コンピュータを利用することでどのようなことができるのかを理解することが重要となる。従来は、情報システムを開発する際には、コンピュータに関する専門知識を持つ技術者が行っていたが、専門的な業務を行う情報システムを構築したり、社会のニーズに合った情報システムを開発したりするためには、コンピュータの専門知識だけでは不十分であり、業務に関する知識や顧客のニーズを分析する能力も必要となってくる。このため、専門的な業務を行う情報システムを開発したり、コンピュータを組み込んだ製品を開発したりする際には、システム開発の専門知識を持った者と、業務や製品に関する専門知識を持った者が協調しながら行わなければならない。このことから、システム開発には現場の担当者に加わることや、顧客のニーズを開発者に伝える役割が重要となるため、情報システムの開発者以外の者でも、システム開発の方法や開発プロセスでの仕様書などを理解することが求められている⁴⁾。さらに、顧客と開発者との間でのインタフェースとなる役割を持つ者も重要となる。最近では、情報システムについての専門知識を持たない者でも簡単なプログラムを作成するためのソフトウェアパッケージも発売されている。このようなソフトウェアを用いて、情報システムの利用者自身がシステム開発を行うことをエンドユーザコンピューティングと呼んでいる。したがって、システムの利用者でもシステム設計や構築が行えることも求められている。

企業で業務を行う際には、企業における問題点を発見・分析し、その問題の解決方法を提案して文書にまとめる能力も求められている。他社との競争に勝ち、情報社会における企業の存在意義を確立するためにも、業務を見直して改善する能力を持つ者が必要とされている。このためには、顧客や社会のニーズや抱えている問題を分析し、自社の強みを生かした商品やサービスを企画する能力や開発する能力が求められる。そして、顧客に対して情報システムを提案する際にも、顧客の業務を理解するとともに、情報システムを導入する目的や効果を明確にする能力が求められる。さらに、企業の経営理念やビジネスモデル、企業や部署の強みや弱みについても理解する能力も求められる⁴⁾。

また、新しく商品を開発するためには、異なる複数の部署や他社のメンバーとの協力で、商品の企画から設計および製造を行うことが多くなっている。したがって、異なる専門家でプロジェクトとして業務を遂行する能力や管理する能力も重要となる。プロジェクトを管理するためには基本的な知識である PMBOK の体系に基づいて、それぞれの専門家の能力を発揮させたいうえで、限られたコストの中で期限までに完成させられるための能力も必要となる⁴⁾。なお、PMBOK とはアメリカプロジェクトマネジメント協会 (PMI) が取りまとめたプロジェクトマネジメントに関する知識体系であり、各種プロジェクトを実施する際のフレームワークとして事実上の国際標準として利用されている。

Ⅲ 新学習指導要領の特徴

1. 小学校および中学校での情報教育

小学校では、情報に特化した科目はなく「総合的な学習の時間」を中心に、各科目にて情報機器を活用するように示している。学習指導要領においても、総則編第1章第4の2の(9)にて『各教科等の指導に当たっては、児童がコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段に慣れ親しみ、コンピュータで文字を入力するなどの基本的な操作や情報モラルを身に付け、適切に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。』と示している⁵⁾。従来の学習指導要領との違いとして、「コンピュータで文字を入力するなどの基本的な操作や情報モラルを身に付け」とあり、小学校の段階にてコンピュータリテラシーの能力や情報モラルの知識を身につけさせるようにしている。総合的な学習の時間においては、国際理解、情報、環境、福祉・健康などの現代社会の課題や児童の興味・関心に基づく課題、地域や学校の特色に応じた課題を扱うことになるが、内容において『(8) 情報に関する学習を行う際には、問題の解決や探究活動に取り組むことを通して、情報を収集・整理・発信したり、情報が日常生活や社会に与える影響を考えたりするなどの学習活動が行われるようにすること。』と示している⁶⁾。この内容は、新学習指導要領において初めて記載されたものであり、情報を収集・整理・発信によって「問題の解決や探求活動」を行うという、企業が求める能力である「企画提案力」にも対応したものと考えることができる。なお、この記載について、従来は中学校における「技術・家庭科」にて示されたものであったが、新学習指導要領においては、小学校の段階で身につけさせるようにしている。

中学校学習指導要領では、総則編第1章第4の2の(10)にて『各教科等の指導に当たっては、生徒が情報モラルを身に付け、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を適切かつ主体的、積極的に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。』と示している⁷⁾。このうち、特に情報教育に重点を置いている科目は「技術・家庭科」と「道徳」である。

技術・家庭科においては、「技術分野」の「D 情報に関する技術」にて情報教育を行っている。この区分の内容は、「情報通信ネットワークと情報モラル」、「デジタル作品の設計・制作」、「プログラムによる計測・制御」の3項目で構成されている⁸⁾。「情報通信ネットワークと情報モラル」では、コンピュータの構成と基本的な情報処理のしくみ、情報通信ネットワークにおける基本的な情報利用のしくみを学び、著作権や発信した情報に対する責任と情報モラル、情報に関する技術の適切な評価・活用について考えるようにしている。「デジタル作品の設計・制作」では、メディアの特徴と利用方法を知り、制作品の設計ができるようにするとともに、多様なメディアを複合して表現や発信ができるようにしている。「プログラムによる計測・制御」では、コンピュータを利用した計測・制御の基本的なしくみを学ぶとともに、情報処理の手順を考えた上で簡単なプログラムの作成も行っている。

従来の学習指導要領とは異なり、すべての項目を生徒に履修させているものの、情報に関する時間数は改定前が約 44 時間だったのに対して、改訂後は約 22 時間となっているため、すべての内容を指導することが困難と考えられる⁹⁾。

道徳においては、学習指導要領道徳編における第 5 章第 4 節の 5 にて「情報モラルの問題に留意した指導」を示している¹⁰⁾。

2. 高等学校における共通教科「情報」

高等学校普通科にて学ぶ「情報」の内容は、「情報活用の実践力」、「情報の科学的な理解」、「情報社会に参画する態度」の 3 つの観点からなる¹¹⁾。

ここでの「情報活用の実践力」とは、課題や目的に応じた情報手段の適切な活用、必要な情報の主体的な収集・判断・表現・処理・創造、受け手の状況などを踏まえた発信・伝達としている。「情報の科学的な理解」とは、情報活用の基礎となる情報手段の特性、情報を適切に扱い、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法としている。「情報社会に参画する態度」とは、社会生活の中で情報や情報技術が果たしている役割や及ぼしている影響、情報モラルの必要性や情報に対する責任、望ましい情報社会の創造に参画しようとする態度としている。

従来の学習指導要領においては、「情報 A」は情報活用の実践力、「情報 B」は情報の科学的な理解、「情報 C」は情報社会に参画する態度に、それぞれ重きを置いた科目としていた。そして、普通科高校においては、これら 3 科目の中から 1 科目以上を履修することになっていた。しかし、全国の約 3/4 の高校が「情報 A」を必修科目としていて、「情報 B」と「情報 C」を開設している高校が少数であったことに加え、教科書に沿った内容にせず一部の内容のみを指導している高校も少なくなかった⁹⁾。このため、情報の科学的な理解や情報社会に参画する態度についての知識が不十分であるなど、学習指導要領に示された科目の目標を達成していないといった課題が生じた。

中央教育審議会においても従来の情報教育の問題点を踏まえて、情報社会に積極的に参画できる能力を身につけ情報に関する科学的な見方や考え方を確実に定着させるよう科目の見直しを図ること、情報を活用する上で必要となる情報モラル・知的財産の保護・情報安全等の実践的な態度を身につけさせること、生徒の多様な学習要求や進路希望等を実現させるよう、より広く、より深く学習することを可能にする内容を重視する、といった答申を行い¹²⁾、「社会と情報」、「情報の科学」の 2 科目を設けることになった。また、このときに従来呼ばれていた「普通教科『情報』」を「共通教科『情報』」と呼ばれるようになった。

「社会と情報」の目標を『情報の特徴と情報化が社会に及ぼす影響を理解させ、情報機器や情報通信ネットワークなどを適切に活用して情報を収集、処理、表現するとともに効果的にコミュニケーションを行う能力を養い、情報社会に積極的に参画する態度を育てる。』とし¹³⁾、情報の活用と表現、情報通信ネットワークとコミュニケーション、情報社会の課題と情報モラル、望ましい情報社会の構築について取り上げている。「社会と情報」は、情

報社会に積極的に参画する態度を育てることを目標としていることから、従来の「情報 C」に対応した科目と考えることができる。これに加えて、情報の活用と表現についても取り上げていることから、「社会と情報」は「情報 C」+「情報 A」の一部と考えることができる。

「情報の科学」の目標を『情報社会を支える情報技術の役割や影響を理解させるとともに、情報と情報技術を問題の発見と解決に効果的に活用するための科学的な考え方を習得させ、情報社会の発展に主体的に寄与する能力と態度を育てる。』とし¹³⁾、コンピュータと情報通信ネットワーク、問題解決とコンピュータの活用、情報の管理と問題解決、情報技術の進展と情報モラルについて取り上げている。「情報の科学」においては、情報技術を問題の発見と解決に活用するための科学的な考え方を習得させることを目標としていることから、従来の「情報 B」に対応した科目と考えることができる。これに加えて、情報社会の発展に主体的に寄与する能力の育成についても取り上げられていることから、「社会と情報」のように社会との関連性について学ぶ機会を増やしていることがわかる。

また、教育課程を編成するにあたって、従来の学習指導要領においては実習時間として「情報 A」では年間授業時数のうち2分の1以上、「情報 B」と「情報 C」においては3分の1以上充てる必要があった。新学習指導要領においては、実習に配当する授業時数の割合が示されなくなったものの、原則として同一年次で2単位を集中的に履修させるよう示されている。

3. 専門教科「情報」

日本において、プログラマやシステムエンジニア、ネットワーク技術者などの情報技術に携わる技術者の数が不足しており、情報社会に貢献できる技術者の育成を目的に、普通教科「情報」の開設と同時期に専門教科「情報」が開設された。

その後、情報産業の構造の変化や、情報産業が求める人材の多様化、細分化、高度化に対応し、創造力、考察力、問題解決力、統合力、職業倫理等を身に付けた人材を育成する観点から、科目の新設を含めた再構成、内容の見直しが行われることになった¹²⁾。具体的には、情報の各分野における応用的な知識と技術、職業倫理等を身に付けた人材を育成するというを目的に、従来11科目で構成されていたものを新学習指導要領においては13科目とした。この改訂により、新設した科目は「情報と問題解決」、「情報テクノロジー」、「データベース」、「情報メディア」の4科目である。また、従来の「図形と画像の処理」と「マルチメディア表現」の2科目は、「表現メディアの編集と表現」に整理統合した。さらに、従来の「情報と表現」から「情報の表現と管理」に、「アルゴリズム」から「アルゴリズムとプログラム」に、「コンピュータデザイン」から「情報デザイン」に、「情報システムの開発」から「情報システム実習」に、「マルチメディア表現」から「情報コンテンツ実習」に、それぞれ名称の変更を行った。そして、「情報実習」と「モデル化とシミュレーション」の2科目は廃止となった。したがって、今回の改訂によって専門教科「情報」は、「情報産業と社会」、「課題研究」、「情報の表現と管理」、「情報と問題解決」、「情報テクノロジー」、「アルゴリズムとプログラム」、「ネットワークシステム」、「データベース」、「情

報システムの開発」、「情報デザイン」、「情報メディア」、「メディアの編集と表現」、「情報コンテンツの開発」の13科目から構成される。

「情報と問題解決」は、情報と情報手段を活用した問題の発見と解決に関する基礎的な知識と技術を習得させ、適切に問題解決を行うことができる能力と態度を育てることを目標とした科目であり、問題解決の概要、問題の発見と解決、問題解決の過程と結果の評価について学ぶことになる。

「情報テクノロジー」は、情報産業を支える情報テクノロジーの基礎的な知識と技術を習得させ、実際に活用する能力と態度を育てることを目標とした科目であり、ハードウェア、ソフトウェア、情報システムについて学ぶことになる。

「データベース」は、データベースに関する知識と技術を習得させ、実際に活用する能力と態度を育てることを目標とした科目であり、データベースシステムの概要、データベースの設計とデータ操作、データベースの操作言語、データベース管理システムについて学ぶことになる。

「情報メディア」は、情報メディアに関する知識と技術を習得させ、実際に活用する能力と態度を育てることを目標とした科目であり、メディアの基礎、情報メディアの特性と活用、情報メディアと社会について学ぶことになる。

IV 情報教育の現状

1. 調査内容と結果

新学習指導要領での情報教育の現状を分析することを目的に、2016年7月に本学商学部新入生210名に「高校時代に学んだ情報教育についての調査」(アンケート調査)を行った。調査対象を新入生としたのは、高校時代に学んだ内容についての記憶が比較的鮮明と考えられることと、学習指導要領改訂後に入学する初めての大学生であるからということによる。調査項目は、高校時代に履修した情報関連の科目について(科目名, 単位数, 学年)のほか、企業で求められる情報処理能力¹⁴⁾の習得の有無、高校時代にもっと学びたかった内容、大学入学後の情報処理関連科目(情報リテラシーなど)を難しいと感じるか、についてである。新学習指導要領は、2013年度に高等学校に入学した生徒から適用される。このため、今年度の本学商学部新入生のうち、2013年度に普通科高校を入学した生徒に絞って分析を進めていく。表1に、高校時代に履修した情報関連の科目の分布を示す。

表1 高校時代に履修した情報関連の科目

科目名	人数	%
社会と情報	78	42.9%
情報の科学	49	26.9%
情報A	41	22.5%
情報B	7	3.8%
情報C	7	3.8%

表 1 に示したように、普通科高校出身の 4 割以上が「社会と情報」を履修していたことがわかる。また、3 割近くが旧学習指導要領における情報科（情報 A・情報 B・情報 C）を履修していたこともわかった。表 2 に高校在校時における情報関連科目の配当時間を示す。

表 2 情報科の配当時間

	人数	%	有効回答
週 2 時間 1 年間	13	8.4%	27.7%
週 1 時間 2 年間	4	2.6%	8.5%
週 1 時間 1 年間	30	19.4%	63.8%
覚えていない	63	40.6%	
上記以外	5	3.2%	
未回答	40	25.8%	

表 2 に示したように、有効回答（明確に覚えている人数）のうち、少なくとも 6 割以上の学生が標準単位数（2 単位）を充足していないと回答していることがわかる。表 3 に履修した学年を示す。

表 3 履修した学年

	人数	%	有効回答
1 年生のみ	48	20.1%	42.9%
2 年生のみ	25	10.5%	22.3%
3 年生のみ	16	6.7%	14.3%
1 年生と 2 年生	5	2.1%	4.5%
1 年生と 3 年生	0	0.0%	0.0%
2 年生と 3 年生	5	2.1%	4.5%
全ての学年	13	5.4%	11.6%
覚えていない	8	3.3%	
未回答	119	49.8%	

表 3 に示したように、有効回答のうち 4 割以上の学生が 1 年生のみで履修したと回答していることがわかる。表 4 に、情報科の科目（社会と情報・情報の科学など）を生徒自身が選択履修できたかどうかについて示す。

表 4 選択の可否

	人数	%
選択できた	2	1.3%
一部の科目のみ選択できた	6	4.0%
すべて学校が決めた科目だった	143	94.7%

表 4 に示したように、9 割以上の学生が「すべて学校が決めた科目だった（生徒自身が選択することはできなかった）」と回答していることがわかる。表 5 に、情報科を担当してい

た教員の専任教員・兼任教員・非常勤講師の分布を示す。

表 5 担当教員の専任・兼任・非常勤の分布

	人数	%
「情報科」専門の教員	97	65.5%
「数学」など他の科目を専門とする教員	35	23.6%
非常勤講師など	16	10.8%

表 5 に示したように、6 割以上の学生が「情報科」専任の教員が授業を担当したと回答していることがわかる。表 6 に、中学校にて学んだ「技術・家庭科」の内容が高等学校で情報科を履修するのに役だったかどうかの分布を示す。

表 6 中学校における「技術・家庭科」の内容と高等学校での情報科の関連

	人数	%
履修するのに役立った	7	4.7%
どちらかといえば役立った	56	37.8%
どちらかといえば役立たなかった	32	21.6%
ほとんど役立たなかった	25	16.9%
内容が関連していなかった	28	18.9%

表 6 に示したように、4 割以上の学生が中学校での「技術・家庭科」の内容が高等学校における情報科を履修するのに役立ったと回答しているものの、5 割以上が役立たなかった若しくは関連していなかったと回答していることがわかる。表 7 に、「社会と情報」を履修した学生にとっての到達目標を達成したかどうかについて示す。

表 7 「社会と情報」における到達目標の達成度

	達成したと思う		どちらともいえない		達成しなかったと思う	
	人数	%	人数	%	人数	%
情報機器や情報通信ネットワークなどを適切に活用するための、情報の特徴とメディアの意味	33	21.4%	34	22.1%	87	56.5%
情報のデジタル化の基礎的な知識と技術および情報機器の特徴と役割	28	18.2%	36	23.4%	90	58.4%
情報を分かりやすく表現し効率的に伝達するために、情報機器や素材を適切に選択し利用する方法	21	13.6%	42	27.3%	91	59.1%
コミュニケーション手段の発達をその変遷および	21	13.6%	44	28.6%	89	57.8%

通信サービスの特徴						
情報通信ネットワークの仕組みと情報セキュリティを確保するための方法	17	11.0%	44	28.6%	93	60.4%
効果的なコミュニケーションの方法および情報の受信および発信時に配慮すべきこと	24	15.6%	40	26.0%	90	58.4%
情報化が社会に及ぼす影響および情報技術を適切に活用することの必要性	36	23.4%	26	16.9%	92	59.7%
個人認証と暗号化などの技術的対策や情報セキュリティポリシーの策定などの情報セキュリティ	35	22.7%	27	17.5%	92	59.7%
情報を保護することの必要性和そのための法規および個人の責任	39	25.3%	27	17.5%	88	57.1%
情報システムの種類や特徴およびそれらが社会生活に果たす役割と影響	26	16.9%	37	24.0%	91	59.1%
人間にとって利用しやすい情報システムの在り方、情報通信ネットワークを活用して様々な意見を提案し集約するための方法	20	13.0%	41	26.6%	93	60.4%
情報機器や情報通信ネットワークなどを適切に活用して問題を解決する方法	15	9.7%	45	29.2%	94	61.0%

表7に示したように、すべての項目について5割以上の学生が達成しなかったと回答していることがわかる。表8に、「情報の科学」を履修した学生にとっての到達目標を達成したかどうかについて示す。

表8 「情報の科学」における到達目標の達成度

	達成したと思う		どちらともいえない		達成しなかったと思う	
	人数	%	人数	%	人数	%

コンピュータにおいて、情報が処理される仕組みや表現される方法	16	10.4%	22	14.3%	116	75.3%
情報通信ネットワークの構成要素、プロトコルの役割、情報通信の仕組みおよび情報セキュリティを確保するための方法	10	6.5%	20	13.0%	124	80.5%
情報システムとサービスについて、情報の流れや処理の仕組み、社会生活に果たす役割と及ぼす影響	17	11.0%	18	11.7%	119	77.3%
問題の発見、明確化、分析及び解決の方法	8	5.2%	27	17.5%	119	77.3%
問題の解法をアルゴリズムで表現する方法、コンピュータによる処理手順の自動実行の有用性	10	6.5%	19	12.3%	125	81.2%
モデル化とシミュレーションの考え方や方法	11	7.1%	21	13.6%	122	79.2%
問題解決における情報通信ネットワークの活用方法、情報を共有することの有用性	13	8.4%	20	13.0%	121	78.6%
情報を蓄積し管理・検索するためのデータベースの概念	15	9.7%	18	11.7%	121	78.6%
問題解決の過程と結果について評価し、改善することの意義や重要性	11	7.1%	21	13.6%	122	79.2%
社会の情報化が人間に果たす役割や及ぼす影響について理解させ、情報社会を構築する上での人間の役割	10	6.5%	25	16.2%	119	77.3%
情報社会の安全とそれを	16	10.4%	22	14.3%	116	75.3%

支える情報技術の活用、情報社会の安全性を高めるために個人が果たす役割と責任						
情報技術の進展が社会に果たす役割と及ぼす影響	17	11.0%	20	13.0%	117	76.0%

表 8 に示したように、すべての項目について 7 割以上の学生が達成しなかったと回答していることがわかる。表 9 に、大学入試で「情報科」が選択できた場合に受験したかどうかについて示す。

表 9 大学入試で「情報科」が選択できた場合の受験の希望

	人数	%
選択したと思う	11	8.3%
どちらともいえない	40	30.1%
選択しなかったと思う	82	61.7%

表 9 に示したように、6 割以上の学生が大学入試で情報科を選択しなかったと思うと回答していることがわかる。表 10 に、高校にて情報科を履修したことによって、入学前よりもパソコンの操作や情報処理を学ぶのが好きになったかどうかについての分布を示す。

表 10 情報科の履修によるパソコン操作に対する意識

	人数	%
より好きになった	47	31.8%
変わらなかった	82	55.4%
好きにならなかった	19	12.8%

表 10 に示したように、5 割以上の学生が情報科の履修によりパソコン操作の意識が変わらなかったものの、3 割の学生は情報科の履修によりパソコン操作が好きになったと回答していることがわかる。表 11 に、情報に関する知識やパソコンのスキルを身につけるために、「情報科」の授業は十分にあったかどうかの分布を示す。

表 11 情報の知識やパソコンのスキルを身につけるための情報科の内容

	人数	%
身につけるのに十分あった	23	15.5%
どちらともいえない	58	39.2%
足りなかったと思う	67	45.3%

表 11 に示したように、4 割以上の学生が情報に関する知識やパソコンのスキルを身につけるために「情報科」の授業は足りなかったと回答していることがわかる。表 12 と表 13 に、高校時に情報科を履修したことによって身についた、企業で求められる情報処理能力を示す。

表 12 身についた能力（履修科目別）

	社会と情報	情報の科学
情報社会に必要なスキル・情報技術を用いたビジネスのスキル	18.2%	12.5%
社会を支える様々な情報システムの知識	20.5%	16.3%
情報弱者(デジタルデバイド)についての問題意識	19.2%	20.4%
サイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識	56.4%	49.0%
情報ネットワークやセキュリティについての知識	51.3%	38.8%
データを分析する方法	19.2%	10.2%
情報システムの作成手順についての知識	20.5%	12.2%
コンピュータや周辺装置の仕組みについての知識	32.1%	30.6%
新しい情報技術(3DプリンタやAR技術)の知識	6.4%	4.2%

表 12 に示したように、「社会と情報」を履修した学生の 5 割以上がサイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識、情報ネットワークやセキュリティについての知識について「身についた」と回答している。「情報の科学」を履修した学生については 5 割以上「身についた」と回答している項目はないものの、「社会と情報」同様にサイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識、情報ネットワークやセキュリティについて「身についた」と回答している学生が比較的多い。

表 13 身についた能力（履修時間別）

	週2時間を 1年間履修	週1時間を 2年間履修	週1時間を 1年間履修
情報社会に必要なスキル・情報技術を用いたビジネスのスキル	23.1%	0.0%	13.8%
社会を支える様々な情報システムの知識	30.8%	0.0%	23.3%
情報弱者(デジタルデバイド)についての問題意識	30.8%	0.0%	16.7%
サイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識	53.8%	25.0%	63.3%
情報ネットワークやセキュリティについての知識	23.1%	0.0%	53.3%
データを分析する方法	15.4%	25.0%	10.0%
情報システムの作成手順についての知識	23.1%	0.0%	16.7%
コンピュータや周辺装置の仕組みについての知識	23.1%	25.0%	26.7%
新しい情報技術(3DプリンタやAR技術)の知識	15.4%	0.0%	3.3%

表 13 を見ると、週 1 時間を 1 年間履修した学生が、サイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識、情報ネットワークやセキュリティについての知識、コンピュータや周辺装置の仕組みについての知識について、週 2 時間を 1 年間履修した学生よりも身についたと回答している学生の比率が高い。表 14 に、高校時代にもっと学びたかった内容について示す。

表 14 高校時代にもっと学びたかった内容

	社会と情報	情報の科学
インターネットやメールの活用方法	17.9%	20.4%
ワープロソフトの活用方法	41.0%	46.9%
表計算ソフトの活用方法	33.3%	36.7%
データベースソフトの活用方法	14.1%	24.5%
プレゼンテーションソフトの活用方法	28.2%	30.6%
ホームページの作成	25.6%	34.7%
プログラミング	37.2%	40.8%
グラフィックデザイン	25.6%	20.4%
コンピュータのハードウェアやソフトウェア	12.8%	18.4%
ネットワーク技術	29.5%	34.7%
セキュリティ対策	23.1%	26.5%
携帯情報端末(スマートフォンや iPad など)の活用	26.9%	26.5%
社会における情報システムの活用	10.3%	14.3%
インターネットや携帯情報端末上のモラル・法律など	11.5%	10.2%
その他	0.0%	2.0%

表 14 を見ると、「社会と情報」を履修した学生、「情報の科学」を履修した学生いずれも「ワープロソフトの活用方法」、「プログラミング」の順でもっと学びたかった人数が多いことがわかる。最後に、大学入学後（高校卒業後）の情報処理関連科目を難しいと感じるのかについて、調査結果を表 15 と表 16 に示す。

表 15 大学入学後の情報処理関連科目について（履修科目別）

科目名	とても簡単	どちらかといえば簡単	どちらかといえば難しい	とても難しい
社会と情報	1.3%	33.3%	53.8%	11.5%
情報の科学	0%	26.5%	65.3%	8.2%

表 15 を見ると、「社会と情報」を履修した学生、「情報の科学」を履修した学生いずれも「どちらかといえば難しい」と回答している学生が最も多いことがわかる。

表 16 大学入学後の情報処理関連科目について（履修時間別）

	とても簡単	どちらかといえば簡単	どちらかといえば難しい	とても難しい
週 2 時間 1 年間	0%	61.5%	30.8%	7.7%
週 1 時間 2 年間	0%	0%	100%	0%
週 1 時間 1 年間	0%	42.9%	57.1%	0%

表 16 を見ると、週 2 時間を 1 年間履修した学生にとっては 6 割以上がどちらかといえば簡単と感じている。週 1 時間を 1 年間履修した学生にとっては 6 割近くがどちらかといえば難しいと感じていることがわかった。

2. 考察

ここでは、新学習指導要領の効果について、旧学習指導要領にて履修した学生のデータ²⁾も用いながら検証する。

まず、高校時代に履修した科目であるが、学習指導要領改訂前では「情報 A」を履修した学生が 70%を超えていたが、「情報 B」を履修していた学生は約 15%で、「情報 C」を履修していた学生は 10%未満であった。これに対して、新学習指導要領にて表 1 に示したとおり、「社会と情報」を履修していた学生が 42.9%、「情報の科学」を履修していた学生が 26.9%であった。新学習指導要領においては、旧学習指導要領での科目である「情報 A」に直接対応した科目はないものの、「社会と情報」が「情報 C」に加えて「情報 A」の内容も含まれていることから「情報の科学」よりも高い採択率になったものと考えられる。また、新学習指導要領が適用された 2013 年度高校新入生（2016 年高校卒業生）においても、旧学習指導要領の科目である「情報 A」、「情報 B」、「情報 C」を履修していたことがわかった。本来、新学習指導要領は 2013 年 4 月 1 日の入学生から年次進行で段階的に適用させることになっているが、この時点では適用が十分になされていなかったとも考えられる。

情報科の配当時間については、学習指導要領改訂前では、週 2 時間を 1 年間で履修したと回答した学生は 18%、週 1 時間を 2 年間で履修したと回答した学生は約 15%、週 1 時間を 1 年間で履修したと回答した学生は約 60%、未履修と回答した学生は約 7%であった。改訂後に入学した学生は、未履修と回答した学生はいなかったものの、週 2 時間を 1 年間で履修したと回答した学生は 27.7%、週 1 時間を 2 年間で履修したと回答した学生は約 8.5%、週 1 時間を 1 年間で履修したと回答した学生は約 63.8%であった。新学習指導要領においては、原則として同一年次で 2 単位を集中的に履修させるよう示されているため、週 2 時間を 1 年間で履修した学生が増えたものと考えられるが、規定の時間数に満たない学生が依然として 60%を超えている。

企業で求められる情報処理能力を見ると、改訂前に入学した学生のうち、情報社会に必要なスキル・情報技術を用いたビジネスのスキルが 12.0%、社会を支える様々な情報システムの知識が 10.6%、情報弱者（デジタルデバイド）についての問題意識が 9.2%、サイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識が 34.5%、情報ネットワークやセキュリティについての知識が 24.6%、データを分析する方法が 5.6%、情報システムの作成手順についての知識が 7.7%、コンピュータや周辺装置の仕組みについての知識が 18.3%、新しい情報技術（3D プリンタや AR 技術）の知識が 4.2%の学生が「身についた」と回答していた。改訂後は、情報社会に必要なスキル・情報技術を用いたビジネスのスキルが 17.0%、社会を支える様々な情報システムの知識が 17.9%、情報弱者（デジタルデバイド）についての問題意識が 18.7%、サイバー犯罪・知的財産権やプライバシーについての知識が 40.0%、情報ネットワークやセキュリティについての知識が 34.9%、データを分析する方法が 17.1%、情報システムの作成手順についての知識が 16.8%、コンピュータや周辺装置の仕組みについての知識が 28.8%、新しい情報技術（3D プリンタや AR 技術）の知識が 8.2%の

学生が「身についた」と回答していた。このことから、すべての項目について改訂後の方が「身についた」と回答している学生が多いことがわかる。

大学入学後（高校卒業後）の情報処理関連科目を難しいと感じるかについて、改訂前に入学した学生については、とても簡単と回答した学生が2%、どちらかといえば簡単と回答した学生が38%、どちらかといえば難しいと回答した学生が53%、とても難しいと回答した学生が7%であった。改訂後は、とても簡単と回答した学生が0.6%、どちらかといえば簡単と回答した学生が26.6%、どちらかといえば難しいと回答した学生が60.4%、とても難しいと回答した学生が12.3%であった。

以上のことから、学習指導要領が改訂されたことにより、企業で求められる情報処理能力について、教育効果は上がったものと考えられる。

V 今後に向けた課題

アンケート調査結果を見ると、現状でも規定の2単位を履修していないと回答している学生が2割近くいることがわかった。また、新学習指導要領に示されている「原則として同一年次で2単位を集中的に履修させる」ことができていないと回答している学生についても2割以上いることがわかった。さらに、新学習指導要領が適用される2013年度入学生でも、旧学習指導要領の科目である「情報A」、「情報B」、「情報C」を履修していたと回答している学生が3割近くいることがわかった。今後は、これらの問題を改善する必要があると考えられる。

授業の到達目標についても、「社会と情報」を履修した学生は学習指導要領に掲載されている項目すべてにおいて、「達成しなかったと思う」と回答した人が5割以上であった。「情報の科学」については8割以上が「達成しなかったと思う」と回答していた。今後は、それぞれの項目について学ぶ意義などを明確にした上で、目的意識を持って教育することが重要と考えられる。

また、情報科を担当する教員のスキルの問題も存在する。表5にも示したように、情報科以外を主たる教科として担当している教員によって情報科を学んだ学生が23.6%いることがわかった。すべての普通科高校においては「情報科主任」の教諭を配置する必要があるが、学校によっては数学や公民など他の教科を担当している教員が情報科主任を担当し、多くのクラスで非常勤講師が情報科を担当するといった方法をとる学校もある。また、情報科の教員になるためには、大学の教職課程にて教職に関する科目としての「情報科教育法」のほかに、教科に関する科目として「情報社会及び情報倫理」、「コンピュータ及び情報処理(実習を含む。）」、「情報システム(実習を含む。）」、「情報通信ネットワーク(実習を含む。）」、「マルチメディア表現及び技術(実習を含む。）」、「情報と職業」の各区分からそれぞれ2単位以上、合計で20単位以上取得しなければならない。しかし、普通科高校にて情報科が必修科目として設定される際に、他の教科を担当している教員が15日間の講習を受けることで、情報科の教員免許を取得したというケースもある。これらの教員は情報科

を主たる専門領域にしているわけではないが、学校ごとの専任教員数を増やすことができないため、大学にて情報科を専門的に学び、教職課程を履修して情報科の教員免許を持つ者がいても新規に採用する教員が少ない。このため、引き続き、専門外とする「情報科」を指導せざるを得ないといった問題もある。この場合、学習指導要領に示された内容を十分に指導せず、ワープロソフトや表計算ソフトの使用法の指導に終始している場合もある。さらに、教員免許を取得するための必修科目である「教育実習」についても、実習生の母校（実習受入校）の情報科主任が情報科以外を主たる教科として担当している場合、情報科での教育実習の指導が困難となり、実習生の受け入れ自体できなくなることも考えられるため、他の免許状を併せて取得させ、情報科以外の教科で教育実習せざるを得ない場合もある。

一方で、大学入試において「情報科」を試験科目に設定する必要性も指摘されており、「情報入試研究会」も設立され、高校生対象に公開模擬試験などを行うという動きもある^{15),16)}。2013年5月に第1回大学情報入試全国模擬試験が実施され、全国5カ所の本試験会場と6カ所の団体試験会場（高等学校の校舎）にて合計80名が受験した¹⁷⁾。試験範囲は、高等学校普通科の新学習指導要領にて定められた科目である「社会と情報」および「情報の科学」である。高校生は47名が受験し、最高点が90点、最低点が16点、平均点は34.1点であった¹⁷⁾。また、一部の大学においても入試科目に「情報科」を加えることの重要性が指摘されており、例えば明治大学情報コミュニケーション学部においては入試にて「情報総合」という科目名で、2013年度入試においては情報社会や情報倫理に関する問題、論理的な説明に関する問題、与えられた情報から規則を抽出する問題、長文読解の問題を出題した¹⁸⁾。さらに、慶應義塾大学総合政策学部と環境情報学部（SFC）においても、2016年度入試から「情報」を入試科目に加えることになった¹⁹⁾。

入試科目に「情報」を加えることは意義があると考えられるが、表9に示したように、6割以上の学生が大学入試で「『情報』を選択しなかったと思う」と回答している。多くの大学で入試科目として「情報」が設定されていないため、「情報科での受験」が現実的に考えられないということも理由として考えられるが、表3にも示したように「情報科」の履修は4割以上の学生が1年次にて終わらせている。このため、入試対策や受験に対するモチベーションも上がらないことも考えられる。

表10に示したように、3割の学生は高校での情報科の履修によりパソコン操作が好きになったと回答しているものの、5割の学生は以前と変わらなかったと回答し、1割の学生は好きにならなかったと回答している。また、「社会と情報」と「情報の科学」のどちらを履修させるかについては、本来は高校でどちらか一方の科目に決めてしまうのではなく、いずれの科目も設定して生徒の多様な能力・適性、興味・関心等に応じて生徒が主体的に選択できるようにすることが望まれている。しかしながら、表4に示したように、9割以上の学生が「すべて学校が決めた科目だった（生徒自身が選択することはできなかった）」と回答している。今後は、生徒の能力や興味、適正に応じて情報科を学ぶことの意義や必要性

をよりアピールし、入試においても受験を希望するよう充実した教育を行うことも重要と考えられる。

VI むすび

本論文では、まず企業における情報化の変遷や、情報化した企業にとって必要とされる人材について示した。そして、新しい学習指導要領における初等中等教育での情報教育について示した。その上で、高等学校において新学習指導要領が初めて適用された本学新生を対象に情報教育の現状について調査を行い、企業における情報化の変遷や、高度情報化社会における企業という観点からも新たな学習指導要領の効果や課題などについて示した。

新学習指導要領に改訂された後でも、普通科高校において、教科「情報」の標準単位数を充足していない高校が60%以上存在することがアンケート調査により判明したため、改善の余地があることを示した。また、新学習指導要領における各到達目標について「達成しなかったと思う」と感じている学生が多数いたため、こちらも改善の余地があることを示した。

しかしながら、学習指導要領改訂後においては、改訂前よりも企業で求められる情報処理能力について、すべての項目で「身についた」と感じている学生が多かったため、今後この比率を増やせるよう教育の充実化について、引き続き検討する必要があることも示した。

今後は、IoT、組込みシステム、人工知能、マルチメディア技術など、より高度な技術が活用されるようになってきた情報社会における人材育成や教育について検討するとともに、大学での一般情報教育や専門課程としての情報教育の課題などについても検討していく予定である。

なお、アンケート調査の実施および分析にあたっては、本学商学部新生および授業担当教員にご協力いただいた。ここに御礼申し上げます。また、本研究の一部は産業研究所平成28年度研究プロジェクトによるものである。

参考文献

- 1) 吉田聡 “初等中等教育における情報教育に関する一考察”，愛知淑徳大学教志会研究年報第2報（2016）
- 2) 吉田聡 “情報教育の現状と課題についての一考察”，愛知学院大学地域分析，第52巻2号（2014）
- 3) 木村猛能，角和博，山本利一，本郷健，森山潤，中村隆敏，工藤雄司『改訂 情報科教育法』学術図書出版社（2010）
- 4) 駒谷昇一，辰巳丈夫『情報と職業』オーム社（2002）
- 5) 文部科学省『小学校学習指導要領解説総則編』（2008年）

- 6) 文部科学省『小学校学習指導要領解説総合的な学習の時間編』(2008年)
- 7) 文部科学省『中学校学習指導要領解説総則編』(2008年)
- 8) 文部科学省『中学校学習指導要領解説技術・家庭編』(2008年)
- 9) 久野靖, 辰巳丈夫, 大岩元, 小原格, 兼宗進, 佐藤義弘, 橘孝博, 中野由章, 西田知博, 半田亨『情報科教育法』オーム社(2011)
- 10) 文部科学省『中学校学習指導要領解説道徳編』(2008年)
- 11) 文部科学省『初等中等教育における教育の情報化に関する検討会(第7回)配付資料』
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/027/shiryo/05073101/004-4.pdf
- 12) 中央教育審議会『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)』
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1216828.htm
- 13) 文部科学省『高等学校学習指導要領解説情報編』(2010年)
- 14) 駒谷昇一“一般企業現場に求められる能力について”日本情報科教育学会第6回全国大会, pp5-6(2013)。
- 15) 鈴木貢“情報入試－ワーキンググループの目的と活動内容－”, 情報処理, Vol. 54, No. 9, pp952-955(2013)
- 16) 久能靖“あなたにとって「情報」って入試科目ですか?”, 情報処理, Vol. 55, No. 4, pp352-355(2014)
- 17) 佐久間拓也, 辰巳丈夫“第1回大学情報入試全国模擬試験問題の紹介と解説・実施報告”, 情報処理, Vol. 55, No. 4, pp356-362(2014)
- 18) 山崎浩二“情報入試で求める人材とは”, 情報処理, Vol. 55, No. 4, pp363-365(2014)
- 19) 村井純, 服部隆志, 植原啓介“グローバルな学際人材のための情報科入試”, 情報処理, Vol. 55, No. 4, pp366-370(2014)

自動車で活用される組み込みシステムの現状と課題について

吉田 聡

- I はじめに
- II 組み込みシステムの概要
- III 自動車における組み込みシステム
- IV IoT時代における自動車技術
- V 今後に向けた課題
- VI むすび

【要旨】

近年、テレビ、ビデオ、デジタルカメラなどの情報家電にはマイクロコンピュータが内蔵されていて、内蔵されたプログラムにより様々な処理を行うことができる。最近では情報家電に限らず、あらゆる製品にコンピュータが組み込まれてプログラムによって制御されている。このようなシステムを組み込みシステムと呼び、今後も高い成長が見込まれている。組み込み技術を活用したシステムの代表的なものとして自動車がある。近年の自動車には50～100ものマイクロコンピュータが組み込まれているとされている。最近では、この技術をさらに発展させ、自動車をインターネットに接続して人工知能も活用することで運転の自動化も可能になりつつある。さらに、自動車に限らず、ありとあらゆるものがインターネットに接続したIoTといった社会も注目されている。本論文では、まず組み込みシステムの特徴を示し、自動車で用いられる組み込み技術を述べる。そして、自動運転などIoT時代で活躍が期待される自動車の技術を述べるとともに、今後に向けた課題を示す。

【キーワード】

組み込みシステム, 自動車, ECU, ITS, IoT, Vehicle IoT, 自動運転カー

Abstract

Recently, the information appliance with an integrated microcomputer, they can various processing by the built-in program. Recently, not only the information appliance, the computer also any product is controlled by a built-in program. These systems are embedded systems and expected to high growth in the future. There is a car as a typical system utilizing the embedded technology. The recent car have been built-in micro computer 50 to 100. Recently, this technology further developed, it is becoming possible automation of operation by utilizing even artificial intelligence to connect the motor

vehicle to the Internet. Furthermore, not only the automobile, IoT that all things can be connected to the Internet have also been noted.

In this paper, I show the characteristics of the embedded system, and describe the embedded technology used in the car. And, I describe the technology of automatic operation of the vehicle, which can be realized by IoT. Finally, I show the challenges for the future.

I はじめに

1960年代にプラント制御などの工業制御にコンピュータを組み込み、その後、大規模な交通制御や通信システムなどにもコンピュータが活用されるようになった。1970年代にはIntel社が8ビット汎用マイクロコンピュータ「i8008」が発表され、その後Zilog社によって「Z80」が発売された。当初、マイクロコンピュータは電卓向けのプロセッサとして用いられていたが、1980年代に入るとプロセッサの低コスト化やリアルタイムOSの登場により家電製品などの民生機器にも組み込みシステムが用いられるようになってきた。1990年代に入ると半導体技術の進歩やパソコンの普及により、マイクロプロセッサの低コスト化が進み、さまざまな機器のコンピュータ化が進んできた。近年においては、家電機器、AV機器、OA機器、FA制御、医療機器、計測機器や業務用機器などにもマイクロコンピュータが内蔵されていて、内蔵されたプログラムにより様々な処理を行うことができるようになってきた。このように、産業におけるあらゆる製品はコンピュータが組み込まれて、プログラムによって制御されている¹⁾。このようなシステムを組み込みシステムと呼び、今後も高い成長が見込まれている。日本政府も組み込みシステムの重要性を認知し、2006年に「中小企業によるものづくり基盤技術の高度化に関する法律」における「特定ものづくり基盤技術」として、経済産業大臣が指定した技術に「組み込みソフトウェア」を指定している。また、経済産業省も組み込みソフトウェア産業への強化策推進を行い、所管の独立行政法人情報処理推進機構（IPA）も組み込みシステムの信頼性や安全性の向上、人材育成や技術力の向上を目的にスキル標準（ETSS）、キャリア基準、教育研修基準のガイドラインを設けて、技術者だけでなく、企業のマネージャ、経営者にも活用されている。

組み込み技術を活用したシステムの代表的なものとして自動車がある。近年の自動車にはECUと呼ばれる電子制御装置が搭載されていて、エンジン制御、電動パワーステアリング、アンチロックブレーキシステム（ABS）、エアバック、エアコン、イモビライザ、シートベルト、サスペンションなど、50～100ものマイクロコンピュータが組み込まれているとされている。

最近では、組み込み機器もネットワーク接続され、さらにクラウドコンピューティングの発展や人工知能やセンサの技術の進化により、ありとあらゆるものがインターネットに接続できるようになりつつある。このような世界をIoT（Internet of Things）と呼び、今後のビジネスや産業構造にも変化をもたらすとされている²⁾。IoTにおいては、それぞれのモノにセンサなどのデバイスを装着することにより周辺の情報を取得し、取得した情報をクラウド上に送信する。送信された情報はクラウド上のサーバに蓄積されて人工知能などによる処理で最適な解を求めてから、処理結果をアクチュエータにより実行する。この技術を用いることによって、自動車の自動運転など様々な分野での活用が期待できる。自動車の自動運転が可能になれば、交通事故や道路渋滞の軽減が期待できるほか、公共交通機関の整備が十分でない地域、高齢社会、運転手不足の物流業界などの問題の改善にも期待できる。

本論文では、まず組み込みシステムの特徴を示し、自動車で用いられる組み込み技術を述べる。そして、自動運転など IoT 時代で活躍が期待される自動車の技術を述べるとともに、今後に向けた課題を示す。

II 組み込みシステムの概要

コンピュータを組み込むことで、ある特定の機能を実現したシステムを組み込みシステムと呼ぶ。また、組み込みシステムを用いて製造された機器を組み込み機器と呼び、組み込みシステムに内蔵されたソフトウェアを組み込みソフトウェアと呼ぶ。組み込みシステムが適用される機器の例を表 1 に示す³⁾。

表 1 組み込みシステムの適用例

分野	組み込み機器の例
通信端末	携帯電話, 固定電話, 公衆電話, FAX
個人用情報機器	PDA, 電子手帳, カーナビ
パソコン周辺機器	プリンタ, スキャナ, ハードディスク, DVDドライブ
OA機器	コピー機
AV機器	テレビ, ビデオ, デジタルカメラ, オーディオ機器
娯楽機器	ゲーム機, カラオケ, パチンコ, 電子楽器
業務機器	POS端末, 自動販売機, ATM
家電機器	炊飯器, 電子レンジ, 冷蔵庫, 洗濯機, エアコン
医療機器	心電計, 電子血圧計, CTスキャナ, レントゲン
交通・運輸	自動車, 信号機, 電車, 航空機, 船舶
設備機器	エレベーター
工業制御・FA機器	工作機械, プラント制御, 工業用ロボット
ネットワーク設備	交換機, PBX, ルーター
計測機器	オシロスコープ, デジタルテスター, 電力メーター, ガスメーター
宇宙・軍事	ミサイル, 人工衛星, ロケット

表 1 に示したように、組み込みシステムは家庭で用いられるものから宇宙規模で用いられるものまで多様にわたっている。また、組み込みシステムは一般的なパソコンと異なり、ある特定の用途に専用化されたシステムであるため、ハードウェアやソフトウェアもその目的に応じて開発される。

組み込みシステムは 1960 年代には鉄鋼などのプラント制御などに活用されている。その後、1970 年代に自動車のエンジン制御や家電機器などにも適用されるようになった。近年では情報通信技術の発展により、組み込みシステムの適用分野も急速に拡大し、さらに高機能化・大規模化・低コスト化も進んでいる。組み込みシステムに共通する特徴を次に示す。

① リアルタイム性

リアルタイム性とは、定められた時間までに必要な処理を完了する性質をいう。例えば、

自動車のエンジンやブレーキの制御は、定められた時間内に処理を完了しないと事故につながることになる。

② 高い信頼性

ここでの信頼性とは、システムが正しく動作する性質を意味する。例えば、自動車の走行中においてはシステムの誤動作は事故につながるうえ、医療機器などでは人命にかかわる場合もある。また、組込みシステムはソフトウェアを含めて法律的にも「製品」とみなされるので、製造物責任法（PL法）の適用対象になる。

③ リソース制約

ここでのリソースとは、CPU（MPU）、メモリ、入出力装置などコンピュータを構成する資源を意味する。組込みシステムは、高性能化が求められているにもかかわらず、製品によってはリソースが小型・軽量である必要がある。これに加えて、低消費電力といった厳しい要求もなされる場合がある。しかしながら、大量生産される製品においては、コスト削減の要求も厳しくなっているのが現状である。

III 自動車における組込みシステム

組込み技術を活用した機器の代表的なシステムの一つが自動車である。自動車には ECU（Electronic Control Unit）と呼ばれる電子制御装置が 50 個以上搭載されている。それぞれの ECU は、プロセッサやメモリを含んだコンピュータシステムであり、プログラムが内蔵されて以下に示すような自動車の様々なシステムを制御している⁴⁾。

① エンジンコントロール ECU

このシステムは、自動車のエンジンへのガソリンや軽油などの燃料の供給や点火を制御する。従来の自動車のエンジンは、吸気管やシリンダに燃料を吹き込む方式が一般的であったが、ECU はアクセルペダルの踏み込み量などから燃料の噴射量や噴射時間を制御する。ECU は、アクセルペダルの踏み込み量以外にもセンサから取り込んだ外気温やエンジン回転数、走行速度などからも燃料の噴射量を制御することが可能であるため、燃料の噴射を必要最低限に減らすことで燃費を抑えることができるだけでなく、排出ガスに含まれる汚染物質を抑えることも可能となる。

② 電動パワーステアリング ECU

このシステムは、ドライバーがハンドルを切ったときに電動で前輪の向きを変えるためのモータを制御する。ECU はドライバーのハンドル操作に応じてモータの ON/OFF や回転数の調節を行う。また、低速走行時と高速走行時でモータを制御するための応答を変えるだけでなく、ハンドル操作を補助してふらつきを減らす機能を持たせることも可能となっている。

③ アンチロックブレーキシステム ECU

このシステムは、濡れた道路や雪道など滑りやすい路面で急ブレーキ操作を行った際に陥る自動車の不安定な走行を防止する。濡れた道路や雪道など滑りやすい路面で急ブレー

キ操作を行うと、スキッドロックという状態に陥り、タイヤが路面をグリップできなくなって車体の制動が効かなくなってしまう。ここでの ECU は、各車輪に付けられたセンサからの信号を常時解析しこの状態を回避するための制御を行う。具体的には、ロックの兆候があるとブレーキを短時間だけ解除することでタイヤがグリップできるようになり、ロックが起きないようにする。

④ スキッドコントロール ECU

このシステムは、アンチロックブレーキシステム ECU に対してさらに高機能を持つもので、濡れた道路や雪道など滑りやすい路面で急ハンドルや急加速を行った際に起きるロックを回避することができる。ここでの ECU は、車輪間の駆動力を配分するといった制御も行っている。

⑤ エアバッグ ECU

このシステムは、衝撃センサから信号を受けるとエアバッグ膨張用の爆薬に点火する機能を持つ。近年では、スマートエアバッグと呼ばれるものがあり、座席の重量センサからの情報に基づいて体重を計算したうえで、エアバッグを最適な大きさに膨らませることも可能となっている。

⑥ エアコン ECU

このシステムは、通常のエアコンと異なり、社内室温を調整するだけでなくフロントガラスの曇りを除去して視界を確保することも可能にしている。ここでの ECU は、車内センサによって測定された温度や湿度と外気センサからの値と比較して、エアコンから吹き出される空気の温度、湿度、風量などを最適な値に調整する機能を持つ。

⑦ イモビライザ ECU

イモビライザは自動車の盗難防止を目的としたしくみである。自動車のキーに IC タグを埋め込み、エンジン部分 (IC リーダ) はキー (IC タグ) に書き込まれた情報と車両の情報が一致しているか判断してエンジンの始動を行う。このため、自動車の持ち主の持っている鍵以外では自動車を始動することができない。ここでの ECU は、自動車 1 台ごとに異なる ID を IC タグに記録してキーに埋め込んだ内容をチェックする。キーから ID が読み込めなかったり、異なる ID であったりした場合は、自動車のエンジンが始動せず、ハンドルのロックを解除することもできない。したがって、盗難の被害に遭うことを防ぐことができる。

⑧ シートベルトコントロール ECU

従来から、シートベルトの装着をセンサでチェックし、その情報をもとに警告ランプを点灯させるシステムが存在していた。これに加えて、シートベルトコントロール ECU は衝突予告信号を受け取ると、シートベルト装置に内蔵された巻き取りモータを作動させて乗員の身体を座席に強く押し付けさせる。これによって、衝突の際の衝撃を最小限に抑えることが可能になるだけでなく、頭部なども固定されることによりエアバックからの衝撃で身体にダメージが加わることも抑えることが可能になる。

⑨ サスペンションコントロール ECU

自動車の運転中に急加速や急減速、急激なコーナリングを行うと車体が前後左右に傾き、乗り心地を損ねる。さらに、浮き上がった側のタイヤが路面をグリップできなくなり、安全性にも影響を与えることになる。サスペンションコントロール ECU は、自動車の傾きの発生を検出してサスペンションの高さを自動調整し、車体を水平に保つ機能を持つ。

⑩ ドア ECU

このシステムは、ドアごとに取り付けられていて、パワーウィンドウ、ドアロック機構、スイッチなどの制御を行う。パワーウィンドウでは、スイッチの押し方でモータの回転速度を変えて窓の開閉速度を調整したり、物が挟まったときに自動停止させたりする。ドアロック機構は、走行速度が一定以上になったときに全てのドアを一斉にロックする機能を持つ。また、ドア ECU はワゴンカーのスライドドアを自動的に開閉することも可能にしている。

これらの ECU は自動車における様々な箇所に分散して配置されている。それぞれの ECU の電源やスイッチを結ぶためには多数の配線が必要となる。配線が多くなると、これらを結ぶための電線の重量も増えるため、走行のための燃費も無視できないほどの影響を及ぼす。このため、最近の自動車では車載 LAN を搭載し、電線の量を減らして軽量化するとともに、ネットワーク化により情報の共有化も可能にしている。なお、自動車における組込みシステムにおいては、事故を防止するために強いリアルタイム性が求められるため、ドイツの BOSCH 社が提唱し、現在は国際標準とされている自動車専用のネットワークのプロトコルである CAN (Controller Area Network) が制定されている。CAN は車載 LAN において信頼性や故障検出機能に優れたプロトコルであるため、エンジン制御、トランスミッション、ブレーキシステムなど、走行の安全に関わる重要な箇所に用いられている。このほか、ライト、ドアロック、ワイパー制御、エアコン制御、ドア制御などには CAN を簡略化した LIN (Local Interconnect Network) が用いられている。

また、自動車においては、多数の組込みシステムを連携させて多様なサービスを提供する技術も開発されている。その代表例として ITS (Intelligent Transport Systems) がある。ITS とは高度道路交通システムのことであり、交通事故や道路渋滞などの問題を解決するとともに、環境への配慮や歩行者の支援などを目的に 1995 年に定義されたシステムである⁵⁾。ITS は次のような組込みシステムと連携している。

① カーナビゲーションシステム

このシステムは、運転手に渋滞情報、事故情報、工事情報などの交通情報などを表示する。具体的には、VICS (Vehicle Information and Communication System) にて、道路交通情報通信センターが道路上に設置した電波ビーコン、光ビーコン、FM 多重放送からの情報を収集し、その情報を自動車に搭載したカーナビゲーションシステムに送信する⁶⁾。電波ビーコンは、おもに高速道路に設置されていて、インターチェンジ間の所要時間、渋滞情報や分岐に関する案内、事故や故障車、工事、災害、気象条件等による通行止め、車線規

制、速度規制、チェーン規制などの情報を提供する。光ビーコンは、主要な一般道路に設置されていて、渋滞や所要時間に関する情報、事故、故障車、工事、災害、気象条件等による規制情報を提供する。さらに、駐車場の満車情報や空車情報などの処理も可能である。FM 多重放送は、各地にある NHK の FM 放送局から当該都道府県とその周辺の道路交通情報を提供する。提供する情報の内容は、ビーコンとほぼ同じである。

② ETC (Electronic Toll Collection System)

このシステムは、有料道路や駐車場料金の自動収受を行うもので、料金所などでの渋滞解消を目的に 2000 年に実用化された。具体的には、料金所に設置した路側アンテナと自動車に取り付けられた車載器との間で無線通信を行う。これによって、自動車は料金所にて停止することなくクレジットカードを利用した支払いを済ませることが可能になる。さらに、有料道路の入口や出口付近での発車と停止を繰り返ささないことにより、自動車の燃費を向上させることもできるため、料金所周辺の騒音や排気ガスの軽減も可能となる。

③ AHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems)

このシステムは、道路と自動車が路車協調という形で連携して、センサや路車間通信などを利用して交通事故や渋滞の削減を目指したものである。具体的には、見通しが悪いカーブ等において、道路に設置されたセンサが停止車両や落下物等の障害物を検知し、その情報をビーコンから自動車に伝える。また、カーブの手前において、ビーコンがカーブまでの距離やカーブ形状を自動車に伝える。これらのほか、道路の路面に設置されたレーンマーカが車線内の位置情報検知する機能、交差点において道路に設置されたセンサが接近する自動車を検知する機能、交差点等においてセンサが横断歩道上の歩行者を検知する機能、センサが道路の路面状況等を把握する機能を持たせて、その情報を自動車に伝えて運転手に警告を行ったり、操作の支援などを行ったりすることも可能になる。

このように、現在の自動車は組込みシステムを多く搭載して、走行性能や安全性の向上だけでなく、快適な環境での走行も可能にしている。

IV IoT 時代における自動車技術

組込み機器は、機能や目的の複雑化・高度化に伴い、外部の機器との連携も必要になってきた。このような背景から、機器のネットワーク化に関する研究も積極的に行われるようになってきた。IoT (Internet of Things) は「モノのインターネット」のことであり、機器同士がネットワーク接続することにより、高度な機能を実現することが可能になったものである⁷⁾。

IoT においては、それぞれのモノにセンサなどのデバイスを装着することにより周辺の情報を取得し、取得した情報をクラウド上に送信する。送信された情報は蓄積され、必要に応じて人工知能などによる処理で最適な解を求めて、処理結果をアクチュエータにより実行するという流れである。

この技術を活用した代表的な応用例としては、自動車のインターネット化がある。自動

車における IoT 活用の先駆けは、2004 年頃に出現したコネクテッド・カーである。コネクテッド・カーは自動車とデータセンターとの間でインターネット接続し、多数の自動車から位置情報やワイパーの状態だけでなくバッテリーや CAN のデータを分析してカーナビゲーションにフィードバックするというものである⁸⁾。

この技術を活用することで、単に効率的な走行性能や便利な運転だけでなく、自動運転も可能になってきた。2010 年には Google 社がカリフォルニア州において自動運転車の試験走行を行った。国内においても、2013 年にトヨタ自動車、日産自動車、ホンダの 3 社が国会周辺の公道で自動運転に関する実証実験を行い、安倍首相が実際に試乗している。

また、自動車メーカー各社は自動車向け IoT (Vehicle IoT) を活用した自動運転システムの研究開発に力を入れており、政府においても 2020 年頃を目途に広く普及させることを目標に掲げている。また、ボストンコンサルティンググループは 2035 年に自動運転車が世界新車販売台数の 25%、3,000 万台超の販売台数になると予想している⁹⁾。このように、自動運転車は社会的にも極めて注目度の高い技術であることがわかる。

NHTSA (米国運輸省道路交通安全局) では、2013 年に自動運転に関する一次政策方針を公表し、自動化のレベルについて定義した。NHTSA による自動運転のレベルを表 2 に示す。

表 2 NHTSA による自動運転のレベル

レベル	概要
レベル 0 (自動化なし) No-automation	常時、ドライバーが運転の制御 (操舵、制動、加速) を行い、自動車の全操縦システムの安全な操作について全責任を負う。
レベル 1 (特定機能の自動化) Function-specific Automation	操舵、制動、加速の制御を 1 つ以上支援する自動車で、運転手が物理的に運転から開放されるわけではなく、ドライバーは全体を制御し、安全な操作について全責任を負う。しかし、主操縦システム (車間距離適応走行制御 (ACC) や電子安定制御等) の限られたコントロール権限を自動操縦に任ずことを選択できる。
レベル 2 (複合機能の自動化) Combined Function Automation	操舵、制動、加速の制御が 2 つ以上同時に自動化された自動車である。レベル 1 と異なり、自動運転モードが起動すると、運転手が物理的に運転から開放される (ハンドルから手を離すことと、ペダルから足を離すことを同時に行うことが可能になる) が、安全操作の責任はドライバーにあり、すぐに自動車を安全に制御する用意が常に必要とされる。
レベル 3 (半自動運転) Limited Self-Driving Automation	操舵、制動、加速の制御すべてが自動化された自動車であり、緊急時のみドライバーが自ら運転操作を行う。レベル 2 と異なり、走行中に常時ドライバーが交通を監視する必要はないが、緊急時や自動運転モードを維持できない状況になった場合においてはドライバーに信号を送り手動モードに切り替える。
レベル 4	操舵、制動、加速の制御だけでなく、周辺の監視すべてが自動化された自

(完全自動運転) Full Self-Driving Automation	自動車である。ドライバーは目的地や運行指示を入力すればよく、いかなる時も走行中は運転に関する操作を行うことはない。レベル3と異なり、無人で運転を行うことも可能で、安全運転の責任は自動走行システムが負う。
---	---

表2に示したレベルのうち、現時点で実用化されている「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」(レベル2)であり、システムは車線維持支援、車線変更支援、自動ブレーキ等を行う機能を持っている¹⁰⁾。

通常、人間が自動車を運転するためにはアクセル、ブレーキ、ハンドルを操作し、目視を中心とした周囲の監視を行いながら運転を行う。

自動運転を行うためには、通常人間が行う「認識」、「判断」、「操作」についてコンピュータによって処理を行わせる必要がある。

ここでの「認識」とは、歩行者や車両、障害物などを検出し、自動車の周囲の状況を理解することである。認識する際には、IoTの構成技術の一つであるセンサが用いられる。具体的には、カメラなどの環境センサによる物体検出やGPSなどの位置センサによる位置の検出が行われるほか、ミリ波レーダやレーザなどによるセンシングも組み合わせながら認識が行われる。このとき、自動車の現在位置、現在走行中の車線の位置、走行車線上での障害物の有無、交通信号の内容、周りの車両の位置や衝突の危険性などについて、極めて複雑な情報を取得する必要がある¹¹⁾。これらの情報を人間の処理と同様に行うためには、静止している物体の位置、移動中の物体の位置と速度と、物体の移動特性を把握するための物体認識といった可視領域の認識を行う必要がある。さらに、高速走行時に必要となる遠方車両の情報、カーブや見通しの悪い交差点で検出困難な対向車の情報、目的地までの経路などの不可視領域の認識も必要である。

まず、可視領域を認識する際には静止障害物検出を行い、障害物と重複しない経路を走行することで衝突事故を回避させる必要がある。ここで用いられる技術として、空間中の障害物の配置を表現する手法である占有度グリッドマップや、路面の傾斜などを検出する路面検知システムなどが用いられる。占有度グリッドマップは、過去の計測値も蓄積することが可能であるため、死角を削減することも可能となる。路面検知システムは、占有度グリッドマップで障害物と認識される可能性がある傾斜についても識別することが可能になる。傾斜を検出することで、自動車の速度抑制か斜めに走行するかなどの判断にも活用することが可能となる。静止障害物検出のほかに移動物体認識も行い、障害物の将来位置を予測することで前方車両や対向車との衝突を回避させる必要がある。移動物体を認識するために、障害物情報が発生したときに移動物体を抽出する移動物体候補検出、同一の物体を判別するラベリング、時間的な対応付けを行うトラッキング、物体の位置・速度・加速度等を推定するフィルタリングなどの処理が行われる。なお、歩行者や自動車は常に同一の速度で直線に移動するとは限らないため、道路構造の認識や地図情報などから移動速度や移動方向の推定も必要になる¹¹⁾。

不可視領域を認識する際には地図データなどを事前情報として取得しておく。ここで用いられる技術として MMS (Mobile Mapping System) がある。MMS は測位衛星、光ファイバジャイロ、ホイールエンコーダ等により自車の位置を測位し、カメラやレーザなどで計測した情報を地図上にマッピングして 3 次元地図を構築する。なお、測位衛星からの情報のみでは電波の反射の多い都市部では正確な認識が困難となる。そこで、車輪の回転量、車線の情報、複数のセンサからの情報を複合して位置推定する手法も用いられている。また、夜間の繁華街で背景に多数の照明があるときの信号の誤認識、信号が多数ある場所での誤認識などを防ぐために地図による認識の補助も行われる。さらに、可視領域を認識するための占有度グリッドマップは、計測できなかった場所（見えなかった箇所）を特定できることに加え、道路での物体の移動頻度や速度分布の事前情報を利用することで、見えない場所からの「出会い頭事故」を予測することも可能となる¹¹⁾。

自動運転における「判断」には、パスプランニングが用いられる¹²⁾。パスプランニングとは、もともとロボットなどの動作軌道を自動生成するための機能であり、自動車においては経路や軌道を計画することを意味する。特に、多数の対向車両の存在する環境にて右折を行う際には、対向車両間のスペースを探索してタイミングを見計らってから進入するような運転計画をしなければならないため、経路だけでなく軌道の計画が重要となる。

道路上では自動車などの移動物体が多数存在するため、自動運転を行わせるためには対向車などの移動物体の予測軌道を算出する必要がある。また、道路上に障害物がある場合は、その物体によって回避操作の方法が異なるため、移動物体の予測軌道の算出だけでなく個々の物体の識別も必要となる。このほかにも、交差点の右左折、信号機に応じた交差点の進入判断、歩行者の配慮など、様々な状況に応じた運転行動をとる必要があるため、パスプランナによるプランニングが重要となる。

自動運転における「操作」では、自律運転知能システムによって経路を計画し、加減速や操舵などの制御を行う¹³⁾。自律運転知能システムは、モデル化された熟練運転手の運転行動に基づいて、基本走行、潜在リスク予測、緊急回避といった制御を行う。基本走行での制御は、目標コースに沿った走行、目標速度の維持や前方の車両の追従、センサが検知した障害物に対して最適経路の決定といったことを行う。潜在リスク予測での制御は、他の自動車の陰など歩行者が突然飛び出してくるような場所において、死角からの歩行者の飛び出しを予測し、あらかじめ速度を落とすなどして衝突のリスクを軽減する。緊急回避での制御は、事故直前に緊急ブレーキを作動させたり操舵回避などを行ったりする。障害物回避には、ポテンシャルフィールド法というアルゴリズムがよく用いられていて¹⁴⁾、数秒先における車両軌跡上での車両回転角速度についての計算を行う。これによって、死角からの歩行者の飛び出しを考慮した目標減速度を計算し車両前後方向の運動を制御することができる。

以上の処理をクラウドや人工知能と連携させることによって、自動車の運転を支援することが可能となる。

自動運転カーが普及することにより、交通事故や道路渋滞の軽減ができること期待できるが、公共交通機関の整備が十分でない地域、高齢社会、運転手不足の物流業界などの問題の改善にも期待できる。また、人手不足や不採算で廃止された地方の路線バスに代わる移動手段として、無人タクシーのサービスも期待を集めている。さらに、自動車の位置や運転履歴等もクラウド上のサーバに記録して管理することも可能になるので、カーシェアリングの普及も期待される。

V 今後に向けた課題

現在、自動運転技術の開発には、欧米ではBMW、GM、Daimler、Audi など、国内ではトヨタ、日産、ホンダ、富士重などが参入している¹⁵⁾。BMW社は、2020年以降に市街地で自動走行可能な自動車の発売を目指している。GM社は、2017年にアメリカおよび中国にて高速道路での自動運転機能を搭載した自動車の発売を予定している。Daimler社は、2020年までの発売を目指して開発を進めている。VM傘下のAudi社は、2017年に高速道路の単一車線で60Km/h以下で動作可能な自動運転技術を市販車に搭載する予定である。国内においても、トヨタおよびホンダが2020年を目途に高速道路で車線変更が可能な自動車の発売を目指している。富士重は、2017年に高速道路で同一車線上を自動追従する機能を搭載した自動車の発売を予定し、2020年には車線変更なども可能な車両を発売する予定である。日産においては、2016年中に高速道路同一車線上の自動運転技術を搭載したミニバン「セレナ」を発売し、2018年に車線変更可能な自動車を投入し、さらに2020年には市街走行可能な自動車の発売を目指している。

自動車メーカーだけでなく、最近ではGoogle、Apple、DeNAなどのIT企業も開発に算入している¹⁵⁾。Google社はハンドルやブレーキのない試作車で公道走行実験を実施し、2017年の出荷を予定している。DeNA社はロボット開発のZMP社と共同で「ロボットタクシー(株)」を設立して神奈川県内において自動運転タクシーの実験を行い、2020年までの事業化を目指している。また、Apple社においても自動運転技術の開発に着手している。

このように、自動運転技術は自動車メーカーだけでなく、IT業界および部品メーカーなど多様な業種が参入しており、開発競争も激化が予想される。

その反面で、法制度や技術面でも課題が多く残されている。道路交通法第70条には「車両等の運転者は、当該車両等のハンドル、ブレーキその他の装置を確実に操作し、かつ、道路、交通及び当該車両等の状況に応じ、他人に危害を及ぼさないような速度と方法で運転しなければならない」と定めている(安全操作履行義務)。このため、運転者がハンドルから手を離して自動車を走行することは道路交通法の違反となり、3ヶ月以下の懲役または50,000円以下の罰金となる。道路交通法第70条の規定は、1949年に採択された国際的な交通規則である「ジュネーブ条約」に対応したものである。ジュネーブ条約では、「一単位で運行されている車両または連結車両には、それぞれ運転者がいなければならない」、「車両の運転者は、常に車両の速度を制御していなければならない」、また、適切かつ慎重な方法

で運転しなければならない」と定めている¹⁶⁾。したがって、現行の法律において、自動運転がレベル 4 で無人運転を行った場合は道路交通法の違反となるため、法改正も行う必要がある。また、運転免許を取得するための試験制度や講習内容などについても見直しをする必要があると考えられる。さらに、事故が起きた際の責任の所在についても検討する必要がある。現行法では、自動車事故の責任は運転者にあるが、自動運転を行った際の事故においては製造メーカーにも責任が生じる。このため、事故に備えた保険制度についても検討しなければならない課題であると考えられる。

これらを踏まえて、政府の新戦略推進専門調査会の道路交通分科会において、今後の法整備やガイドライン作りに向けた検討も行われている。また、警察庁も「自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン」を策定している¹⁷⁾。今後は、これらをもとに、レベル 4 での完全自動運転や無人運転も考慮した法整備の見直しが期待される。

技術面での課題として安全率の向上が考えられる。物体認識の際に障害物を検知した場合、障害物が歩行者や駐車車両であった場合と電柱やポールであった場合とでは回避の方法も異なってくる。また、障害物を認識して緊急停止を行ったり急な軌道変更を行ったりした場合は追突事故等の危険が生じる。また、障害物の検知が遅れた場合は、障害物への衝突の危険もある。これを解決するためには、高精度のセンサを活用するだけでなく、複数のセンサを併用して認識を多重化することで、物体認識における認識率を向上させることが必要不可欠となる¹¹⁾。

走行する際に加減速や操舵、走行経路や軌道などの判断は、タイミングや調整方法を誤ると事故にもつながる。これを解決する方法としては、人工知能におけるディープラーニングで最適な走行アルゴリズムを開発する必要がある⁸⁾。ディープラーニングには計算の対象となる大量のデータが必要となるが、サンプルデータを取得する際には熟練した運転手の特性をモデル化し学習することで、高品質のアルゴリズムを生成しなければならない。走行アルゴリズムの品質は自動車の競争の要因にもなるため、熟練した運転手の特性を多く取得し、アルゴリズムを開発する技術の向上についても今後検討しなければならない課題と考えられる。

また、セキュリティの問題も無視することはできない。自動車業界では、自動車の電気・電子システムの機能安全に関する国際規格 ISO 26262 への対応が進められている。現在の規格では故障に対する安全性への影響は考慮されているが、セキュリティの脅威については考慮されていない¹⁸⁾。IoT を活用して自動運転を行うためには、自動車にインターネットを含む様々なネットワークと接続する必要があるが、そこでサイバー攻撃を受けると多大な影響を及ぼすことになる。例えば、外部から自動車の CAN ネットワークに不正侵入することで、自動車内部の ECU のソフトウェアを改ざんすることも可能になる。ECU のソフトウェアが改ざんされると、制御機器の誤作動により大惨事につながる可能性もある。同様に、自動車のネットワークに侵入して、運転車が意図しないブレーキやアクセル、ハンドルなどの遠隔操作の乗っ取り行為も可能となる。また、車両の位置、目的地、目的地までの途

中経路、途中での速度などの走行情報の漏洩や、車内での音の盗聴、カメラによる盗撮などの可能性も考えられる。このため、製造メーカーは安全性や信頼性を向上させるだけでなく、サイバー攻撃からの防御についても対策を立てる必要があるが、自動車特有のセキュリティ対策が存在するため¹⁸⁾、そのための技術が求められている。まず、自動車の制御システムは、安全系、ボディ制御系など複数の領域で構成されているが、これらを横断的に分析する標準的な手法がないため、セキュリティリスク分析が難しい。また、現時点で自動車のセキュリティに関する国際規格が公表されていないため、セキュリティ対策の範囲や強度などについての判断が難しい。さらに、セキュリティの強度を上げるとシステムが複雑になるだけでなく、リソース制約の厳しい自動車の ECU のメモリ領域を増やさなければならない。

現状では、IPA が「自動車の情報セキュリティへの取組みガイド」を公表し、自動車システムに関わる脅威や、そのためのマネジメントにおける取り組み、企画フェーズにおける取り組み、開発フェーズにおける取り組み、運用フェーズにおける取り組み、廃棄フェーズにおける取り組みなどを示している¹⁹⁾。また、ISO 26262 においても、セキュリティについての内容も盛り込まれた改訂を行うとされている。

今後は、IoT を構成するネットワークやサーバのほか、CAN や ECU に関する技術の向上が望まれるとともに、自動運転に関わるセキュリティ対策の標準化についても望まれる。

VI むすび

本論文では、まず組込みシステムの特徴を示し、その代表例の一つである自動車で用いられる組込み技術を示した。

現在の自動車には、エンジンコントロール ECU、電動パワーステアリング ECU、アンチロックブレーキシステム ECU、スキッドコントロール ECU、エアバッグ ECU、エアコン ECU、イモビライザ ECU、シートベルト ECU、サスペンションコントロール ECU、ドア ECU などの概要を示し、自動車には 50 個以上の電子制御装置（組込みシステム）が搭載されていることを示した。また、複数の組込みシステムと連携した ITS として、カーナビゲーションシステム、ETC、AHS などの動作について示した。

そして、現在注目を浴びている IoT の概要を示すとともに、組込みシステムの搭載された自動車をさらに進化させた Vehicle IoT の活用としての自動運転カーの処理や基盤技術についても示した。自動車において自動運転を行うために必要となる、「認識」、「判断」、「操作」の処理方法についても示した。そして、自動運転カーが普及することによる生活形態の変化についても示した。

最後に、自動運転カーを実現するために検討しなければならない法整備などの課題や、自動車を安全に走行させ、かつ運転者のプライバシーを守るために必要となる CAN や ECU などのセキュリティ対策についての課題を示した。

今後は、自動運転カーの新たな活用法を提案するとともに、そのための技術について検

討する予定である。さらに、IoT がもたらす産業構造の変化などについても検討していく予定である。

参考文献

- 1) 星野, 並木, 菊池, 日比野『組込みソフトウェア開発入門』技術評論社 (2008)
- 2) 小林耕二『IoT ビジネス入門』あさ出版 (2016)
- 3) 阪田史郎, 高田広章『組込みシステム』オーム社 (2006)
- 4) SE 編集部『組込みソフトウェアレポート 2005』翔泳社 (2004)
- 5) 独立行政法人情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター『組込みシステム開発のすべて』日本実業出版社 (2007)
- 6) 財団法人道路交通情報システムセンター「VICS の仕組み」
<http://www.vics.or.jp/known/structure/index.html>
- 7) 瀧本往人「基礎からわかる『IoT』と『M2M』」工学社 (2016)
- 8) 野村継男“自動運転の開発動向”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp436-440 (2016)
- 9) ボストンコンサルティンググループ <http://www.bcg.co.jp/documents/file180099.pdf>
- 10) 国土交通省報道発表資料 <http://www.mlit.go.jp/common/001137302.pdf>
- 11) 竹内栄二郎“環境認識(認知)技術”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp441-445 (2016)
- 12) 菅沼直樹, 米陀佳佑“自動運転自動車のパスプランニング”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp446-450 (2016)
- 13) ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク“安全安心な走行を実現する自律運転知能システムの運動計画と制御”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp451-455 (2016)
- 14) 能登, 奥田, 田崎, 鈴木“個人適合型ポテンシャル法に基づく障害物回避アシスト制御”, 自動車技術会秋季大会学術講演会前刷集, No. 138-11, pp. 11-14 (2011)
- 15) 日本経済新聞『イノベーション 暮らし未来図』2016年5月5日付朝刊, pp. 14.
- 16) 三原寛司, 景山浩二“自動運転に関する法規制と実証実験”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp460-464 (2016)
- 17) 警察庁『自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン』
<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/gaideline.pdf>
- 18) 倉地亮, 松原豊, 高田広章“車載機器のセキュリティと安全性”, 情報処理, Vol. 57, No. 7, pp632-637 (2016)
- 19) 独立行政法人情報処理推進機構『自動車の情報セキュリティへの取り組みガイド』
https://www.ipa.go.jp/security/fy24/reports/emb_car/documents/car_guide_24.pdf

産業研究所活動日誌抜粋

自 平成 28 年 9 月 1 日

至 平成 28 年 12 月 25 日

9 月 28 日(木)

第 1 回講演会

於・10 階第 2 会議室 (16:30~18:00)

演題 : 「英国 EU 離脱ショック後の日本経済見通しと
金融政策運営」

講師 : 増島雄樹氏

ブルームバーグ L.P. 主席エコノミスト (日本担当)

演題 : 「ESG データと従来の財務データの違い」

講師 : 佐藤円裕氏

ブルームバーグ L.P. マーケット・スペシャリスト
(株式担当)

10 月 6 日(木)

第 4 回運営委員会

於・9 階多目的室 (12:20~12:40)

〈主要議題〉

1. 平成 29 年度特別予算について
2. 平成 28 年度予算費消状況について
3. 『地域分析』第 55 巻第 2 号発行について
4. その他
 - (1) 『地域分析』印刷部数について

10 月 12 日(水)

第 2 回所員総会

於・10 階会議室 1・2 (16:30~16:39)

〈主要議題〉

1. 平成 29 年度特別予算について
2. 平成 28 年度予算費消状況について

3. その他

- (1) 『地域分析』印刷部数について

11月4日(金)

第5回運営委員会

於・9階多目的室(12:20~13:10)

〈主要議題〉

1. 平成29年度活動計画について
2. 平成29年度プロジェクト申請一覧について
3. 平成29年度経常予算について
4. 研究員規程の改正について
5. その他

- (1) 『地域分析』投稿規定について

- (2) 平成28年度プロジェクト1件の取り下げについて

- (3) MKC南側土地取得について

11月9日(金)

第3回所員総会

於・10階会議室1・2(16:30~16:45)

〈主要議題〉

1. 平成29年度活動計画について
2. 平成29年度プロジェクト申請一覧について
3. 平成29年度経常予算について
4. 研究員規程の改正について
5. その他

- (1) 『地域分析』投稿規定について

- (2) 平成28年度プロジェクト1件の取り下げについて

- (3) MKC南側土地取得について

愛知学院大学産業研究所規程

(名称・場所)

第1条 本大学商学部に、愛知学院大学産業研究所(以下「本研究所」という。)を置く。

(目的)

第2条 本研究所は、産業、経済の各分野の研究を目的とする。

(事業)

第3条 本研究所は、前条の目的を達成するために、次の事業を行う。

- (1) 産業、経済に関する理論的、実証的調査研究
- (2) 研究所報の刊行
- (3) 研究叢書の刊行
- (4) 研究会・講演会の開催
- (5) 研究資料の収集・整理・保管及び利用に関する便益の提供
- (6) その他前条の目的を達成するために必要な事業

(組織)

第4条 本研究所に、所長、幹事、所員及び事務職員を置く。

2 本研究所に、研究に専従する研究員を置くことができる。

(所長)

第5条 所長は、所員総会の推薦により、学長が委嘱する。

2 所長は、本研究所を代表し、本研究所の運営一般を統括する。

(幹事)

第6条 幹事は、所員総会において、所員のなかから選出する。

2 幹事は、研究所事務の円滑な運営をはかり、研究所報の編集等を行う。

(所長・幹事の任期)

第7条 所長及び幹事の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

(所員)

第8条 (1) 所員は、商学部の専任教員とする。

(2) 前号のほか、所長は、所員総会の議を経て、本大学専任教員を所員に委嘱することができる。

2 前項第2号の所員の任期は1年とし、所員総会の議を経て更新できる。

(研究員)

第9条 研究員の種類、待遇、義務及び採用手続きについては、別に定める。

2 研究員の任期は1年とし、運営委員会の議を経て更新できる。

(所員総会)

第10条 本研究所に、運営に関する基本方針を決定し、予算及び決算を審議するため、所員総会を置く。

2 所員総会は、全所員をもって構成し、所長が議長となる。

3 所員総会は、所長が招集する。ただし、全所員の4分の1以上の要求がある場合には、所長はすみやかにこれを招集しなければならない。

(運営委員会)

第11条 本研究所に、所員総会において定められた基本方針及び予算にしたがい、事業の運営に関する問題を議決するため、運営委員会を置く。

2 運営委員会は8名をもって構成し、そのうち6名は、所員の互選により選出する。所長及び幹事は運営委員とし、所長が運営委員会の座長となる。

3 座長は、運営委員会を招集する。ただし、運営委員の要求のある場合には、座長は、すみやかに運営委員会を招集しなければならない。

4 運営委員の任期は2年とし、1年ごとに委員の半数を改選する。ただし、再任を妨げない。

(委員会)

第12条 本研究所は、必要に応じて、委員会を置くことができる。

(定足数・議決)

第13条 所員総会、運営委員会及び第12条に定める委員会は、それぞれの構成員の2分の1以上の出席がなければ、会議を開き、議決することはできない。

2 所員総会及び運営委員会の議事は、別に定めのある場合を除いて、出席者の過半数で議決をし、可否同数のときは、所員総会においては議長、運営委員会においては座長の決するところによる。

(事務局)

第14条 研究所事務の円滑な運営をはかるため、本研究所に事務局を置く。

2 事務局は、幹事及び事務職員で構成する。

(経費)

第15条 本研究所の経常費は、本大学の年間研究予算その他をもってあてる。予算及び決算は、所員総会の議を経るものとする。

(細則)

第16条 本規程に定めるもののほか、本研究所に必要な細則は別に定める。細則は運営委員会の議を経て、所員総会が承認することを必要とする。

(規程改正)

第17条 本規程の改正は、所員総会において全所員の3分の2以上の賛同をえて、商学部教授会の議を経て、学長が承認することを必要とする。

(施行期日)

附 則

本規程は、平成6年4月1日より施行する。

本規程は、平成11年2月12日より改訂施行する。

愛知学院大学産業研究所所報『地域分析』投稿規定

1. 投稿資格者

『地域分析』の投稿資格者は、原則として愛知学院大学産業研究所所員及び研究員・客員研究員（いずれも所員の推薦状を要する）とする。ただし、定年退職の元所員は、投稿有資格者とする。共著論文等は、少なくとも1名の投稿有資格者を含まなければならない。なお、所員の著書に対する書評を投稿資格者以外の者が投稿する場合は、当該所員と編集委員会の承認を要する。

2. 転載の禁止

他の雑誌に掲載された論文、研究ノート、資料、調査、書評、翻訳などは、これを採用しない。

3. 電子化の許諾

本誌に掲載された全ての原稿は、原則として、本研究所、本学図書館ないし国立情報学研究所が電子化媒体によって複製、公開し、公衆に送信することができるものとする。

4. 原稿の形式および分類

(1) 原稿は、横書きとする。

(2) 原稿の巻頭に査読論文、一般論文、研究ノート、資料、調査、書評、翻訳の別、タイトル、執筆者名（いずれも和文および欧文）および目次を付する（「9. 原稿授受」参照）。ただし原稿の分類は、編集委員会の判定結果にもとづき、変更を求めることがある。

(3) 原稿及び図表の量が著しく多いものについては、予算の関係上削減を求めることがある。

(4) 査読論文の場合、2ヶ月余の査読期間を要する。

(5) 英文論文投稿で外注英文校正を希望する場合は、これに付す期間を要する。

(6) ディスカッションペーパー（DP）の編集委員会への作成申込み有資格者も、1に同じとする。

(7) 論文には、80～200語の英文要旨（Abstract）をつけること。

5. 抜刷

抜刷は、30部（DPの場合は、3部）までを無料とし、それを越える分については実費を投稿者個人負担とする。30部以上を要する場合は、その部数を表紙に朱書きする。

6. 執筆予定表

投稿は原則として執筆予定表にしたがうものとし、予定表は『地域分析』編集委員会が作成・提示する。

7. 提出期日

投稿は所定の提出期限までに行う。締切以後に提出された原稿は掲載されない場合がある。

8. 原稿の修正

投稿後の原稿に修正は、原則として行わないものとする。万一やむを得ない場合は初校において修正し、修正範囲は最小限に止める。大幅な修正の結果、印刷費が追加される場合にはその追加費用を投稿者の個人負担とすることがある。

9. 原稿授受

原稿授受については、次の通り当所事務局担当宛に届けること。

- ・原稿を郵送する場合は書留郵便にする。
- ・原稿提出の際は、表紙に題名、原稿種類（査読論文、一般論文、研究ノート、資料、調査、書評、翻訳の別）、氏名、原稿枚数、図版等を明記する。なお、表紙のコピー1部を提出する。

（事務局の控えとする。）

- ・英文タイトルは、投稿時に提出することとする。
- ・受理日は、編集委員会が受理を決定した日とし、論文末尾に付記する。

題名	欧米語
	邦語
氏名	邦語
	欧米語
	原稿種類
	原稿枚数
	図半数 図表

2006年10月改訂，2014年4月改訂，2016年2月改訂，2016年4月改訂

執筆者紹介

吉 田 聡 (所員・本学商学部 准教授)

2016年12月15日 印刷

2016年12月20日 発行

【非売品】

地 域 分 析 (愛知学院大学産業研究所所報)

第55巻 第2号

編集兼発行人 愛知学院大学産業研究所

代表者 内 田 滋

印 刷

発 行 所 愛知学院大学産業研究所

愛知県名古屋市北区名城3-1-1

(〒462-8739) TEL : 052-911-1011

The Journal of the Research Institute of Business
THE CHIKI BUNSEKI

Vol. 55 No. 2

Contents

Articles

- The new Course of Study along with Informatization of the Industry
.....*Satoshi YOSHIDA* (1)
- Current Conditions and Problems of Embedded System Utilized in the Vehicle
.....*Satoshi YOSHIDA* (23)
- Shorter Diary of the Institute* (39)
- The Rules of the Institute (41)
- Note for Contributors (43)

December 2016

THE RESEARCH INSTITUTE OF BUSINESS

AICHI GAKUIN UNIVERSITY

Nagoya, Aichi, Japan