

Nextcom

特集

IoTと イノベーション



Feature Papers

論文

IoTを経済成長につなげるために

柴田 友厚 東北大学 大学院 経済学研究科 教授

論文

IoTがもたらすロジスティクス変革

矢野 裕児 流通経済大学 流通情報学部 教授

論文

ロボット法学の幕開け

新保 史生 慶應義塾大学 総合政策学部 教授

Report

学会レポート

「We Robot 2016」参加報告

新保 史生 慶應義塾大学 総合政策学部 教授

学会レポート

**「International Society of Public Law (ICON-S)
Annual Meeting 2016」参加報告**

寺田 麻佑 国際基督教大学 大学院 アーツ・サイエンス研究科 准教授

Articles

すでに始まってしまった未来について
一々、言ってくるのか?

平野 啓一郎 作家

5年後の未来を探せ

和田雅昭教授に聞く

マリンITがもたらす新しい漁業への船出

船木 春仁 ジャーナリスト

情報伝達・解体新書

助けを呼ぶキャベツ、立ち聞きするナズナ

高林 純示 京都大学 生態学研究センター 教授

明日の言葉

機械が目覚める時

高橋 秀実 ノンフィクション作家

お知らせ

論文公募のお知らせ

**2016年度著書出版・海外学会等参加
助成に関するお知らせ**

明日の言葉

Will I dream?

……HAL9000

映画『2010年宇宙の旅』で、人工知能HAL9000は、自分の生みの親であるチャンドラー博士に質問する。

この時、やがて自分の論理的思考回路が停止することをHAL9000は知っていた。

特集

IoTと イノベーション

- 4 | 論文
IoTを経済成長につなげるために
柴田 友厚 東北大学 大学院 経済学研究科 教授
- 14 | 論文
IoTがもたらすロジスティクス変革
矢野 裕児 流通経済大学 流通情報学部 教授
- 22 | 論文
ロボット法学の幕開け
新保 史生 慶應義塾大学 総合政策学部 教授
- 36 | 学会レポート
「We Robot 2016」参加報告
新保 史生 慶應義塾大学 総合政策学部 教授
- 38 | 学会レポート
「International Society of Public Law
(ICON-S)Annual Meeting 2016」参加報告
寺田 麻佑 国際基督教大学 大学院 アーツ・サイエンス研究科 准教授
- エッセイ・レポート&お知らせ
- 2 | すでに始まってしまった未来について
一々、言ってくるのか?
平野 啓一郎 作家
- 40 | 5年後の未来を探せ
和田雅昭教授に聞く
マリンITがもたらす新しい漁業への船出
船木 春仁 ジャーナリスト
- 45 | お知らせ
論文公募のお知らせ
2016年度著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ
- 46 | 情報伝達・解体新書
助けを呼ぶキャベツ、立ち聞きするナズナ
高林 純示 京都大学 生態学研究センター 教授
- 48 | 明日の言葉
機械が目覚める時
高橋 秀実 ノンフィクション作家

すでに始まってしまった未来について——②⑦

文：平野啓一郎

絵：大坪紀久子

「
々、
言
つ
て
く
る
こ
と
か
？」

IoTというのは、どこか絵文字のようで、つい何の"表情"だろうかと考えてしまう。日本語では、「モノのインターネット」と直訳されているようだが、簡単な言葉の組み合わせの割に、これも今ひとつよくわからない。尤も、IT用語とは、大体そんなもので、習うより慣れろ、ということだろうか。

モノが何でもネットに接続される、ということの意義が、最も理解しやすいのは、例えば、電気のスマートメーターのようなものだろう。これによって、省エネが進むというのは、まことに結構な話で、各地に再生可能エネルギーの導入とセットになったスマートシティが実現してゆく、というのが、私の普通に考える現実的な未来である。

他方で、ネットに接続するということは、それだけ、リスクにも曝されるということである。電化製品の電源が入らないようにするウィルスなどを作る輩は当然出てくるであろうし、幾ら個人情報匿名化されてビッグデータに活用されるだけと言われようとも、今日のような監視強化社会では、プライバシーの侵害への不安は消えないだろう。

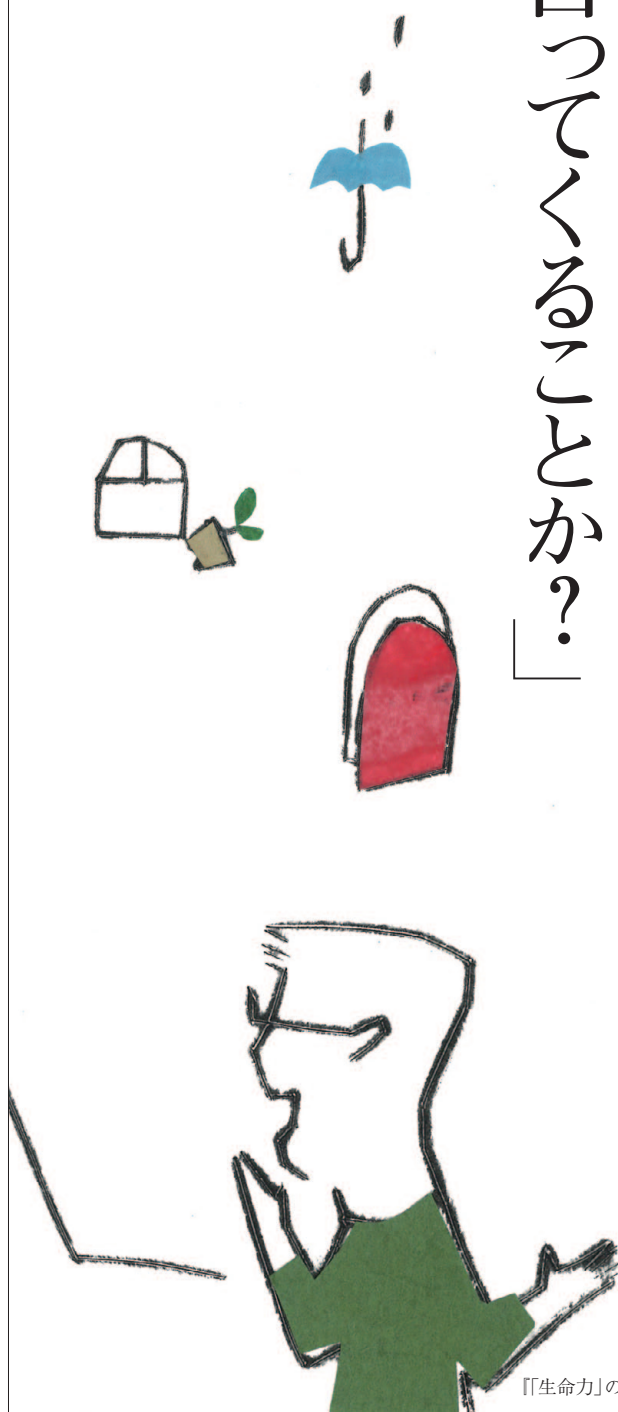
私が笑ったのは、冷蔵庫をネットに接続して、ドアが開きっぱなしの時には、メールでスマホに連絡する、といった類で、こんな商品はさすがにアイデア止まりだと信じていた。人工知能だ何だと騒いでいるのだから、ドアが開いたままなら、自分で考えて閉めてくれる冷蔵庫をこそ開発すべきだろう。

冗談のように書いたが、IoTのアイデアを見てみると、人に通知して、判断させるといった家電の類が多すぎる気がする。本当にそんなことを我々は求めているのだろうか？ 判断を仰ぐべきか、自分で考えて処理すべきかという、上司が部下に言うようなやりとりが、今後は人間と機械との間で起こりそうである。

Keiichiro Hirano

小説家。1975年生まれ。1999年京都大学在学中に『日蝕』により芥川賞を受賞。

以後、『葬送』、『ドーン』、『かたちだけの愛』、『空白を満たしなさい』、『私とは何か—「個人」から「分人」へ』、『透明な迷宮』など、数々の作品を発表。『生命力』の行方—変わりゆく世界と分人主義(講談社)。最新刊は『マチネの終わりに』(毎日新聞出版)。



特集

IoTと イノベーション

IoT、ビッグデータ、ロボット、
人工知能 (AI) などの技術革新が進んでいる。
第4次産業革命とも称されるその動きは急速で、そして強烈だ。
今、社会に何が起こりつつあるのだろうか。

IoTとイノベーション 1

IoTを経済成長につなげるために

■東北大学 大学院 経済学研究科 教授

柴田 友厚 Tomoatsu Shibata

近年、IoTに注目が集まっている。しかし、技術革新を価値創造と経済成長にまでつなげるには、さまざまな工夫と仕掛けが必要である。まず、IoTは人工知能（AI）と補完性を持つために、価値創造のためにはセットにして考える必要があることを指摘する。次にIoTとAIそれぞれの技術軌道を確認した上で、成長のためには技術のプラットフォーム化が一つのカギになることを指摘する。しかしプラットフォーム化を実現するには、利害関係者間の複雑な調整が必要になり、それを担えるリーダーの役割が重要になる。

キーワード

経済成長 価値創造 プラットフォーム プラットフォーム・リーダー 人工知能

1. 補完性を持つIoTとAI

いかに優れた技術革新であろうと、それだけでは直ちに顧客価値の創造と経済成長につながるわけではない。近年、注目されることが多いIoTは、確かに産業の質を大きく向上させる可能性を秘めた技術である。特に日本をはじめとする先進国は、近年、長期停滞に苦し

んでいるために、IoTに大きな期待がかかる。しかし技術が顧客価値を生み出し、需要を刺激し、経済成長につながるまでには時間がかかり、ボトルネックを越えなければならない。IoTという萌芽をいかにすれば価値創造と経済成長につなげることができるのだろうか。

IoT (Internet of Things) は「モノのインターネット」と称される。ヒトを含めて、あらゆるモノをインターネットにつなげ、モノに付けたセンサーを介してモノに関す

るあらゆる情報をインターネット上に吸い上げようとする。例えば、自動車に組み込んだ多くのセンサーを介して、その人の運転状況や自動車部品の摩耗状況などが容易に分かる。あるいは、工場に設置した機械にセンサーを組み込むことで、機械の実稼働状況や部品の摩耗状況などがインターネット経由で遠隔監視できる。その上、問題が発生した時には、ネット経由で遠隔制御ができるなどだ。問題は、センサーとインターネットを介して集めた機械発のビッグデータからいかにして有用な知見を引き出せるのかということだろう。ネット経由で集めた大量の情報の山を、宝の山にできるかどうかは使い方次第による。ただ膨大なデータを集めただけでは、価値創造にはつながらない。重要なのは膨大なデータを分析する視点である。そのために、ディープラーニング機能を持つようになった近年のAIの発展に注目が集まる。

IoTとAIは相互に促進し合う補完の関係になっていることに注意が必要である。IoTによって機械発の膨大なデータを低コストで収集できるようになったことが、AIの研究を加速させる。そしてAI研究の進展には膨大なデータ蓄積を必要とするために、それがIoTをさらに加速させ、それが再びAI研究を一層刺激する。このように、IoTとAIは相互に強化し合う関係になっているために、両者をセットにして考えることが、より大きな価値創造につながるのである。IoTだけでは需要を大きく刺激する顧客価値は生まれにくい。価値創造のためには補完性を持つAIにも着目する必要があるということを、まず最初に指摘しておきたい。その上で、それぞれの技術軌道を確認しておこう。

2. IoT 先進国だった日本

2.1 工作機械産業の高い競争力

かつて日本はIoT先進国だった、というのが私の認識

である。個別企業レベルでは、IoTの萌芽ともいうべき取り組みをすでに2000年ごろから始めてきたからだ。以下に示すように、特に製造業ではその取り組みは早かった。個別企業レベルでは先進的取り組みを先駆けて行ってきたにもかかわらず、インダストリー 4.0やインダストリー・インターネットなどの大きなコンセプトとしてまとめあげて全体の戦略を描くことについて、日本はドイツや米国に若干出遅れてしまった。ここではIoTの萌芽ともいうべき工作機械産業の事例を紹介する。

近年、スマートファクトリーというコンセプトが台頭している。文字どおり、工場内のあらゆる設備や機械をインターネットでつなぎ、機械の稼働状況などの全体最適化を図るという狙いである。そのためにはあらゆる機械にセンサーを付け、返事、応答、報告ができるように機械を知能化しなければならない。実は、日本の工作機械産業は非常に早くからこのような取り組みを行ってきたのである。

工作機械はマザーマシン（母なる機械）と呼ばれ、機械を作り出す機械といわれる。自動車のボディーやスマートフォンの筐体をはじめとして、その他さまざまな部品を加工したり切削するのに工作機械が使われる。工作機械がなければ、それらの製品を作り出すことはできない。そのために、どの工場でも必ずといってよいほど工作機械は稼働している。従来、工作機械は、熟練の技術者が自分たちの勘と経験を頼りに手で機械を操作してきた。その加工制御をMPU（Micro Processing Unit、超小型演算装置）によって自動化したのが、工業用コンピューターとも呼ばれるNC（Numerical Control、数値制御）装置である。NC装置は、半導体技術が多く使われていることから、機械技術と電子技術の融合という意味で、メカトロニクスの象徴的な例といわれた。日本の工作機械メーカーは、1970年代後半以降、NC装置を先駆けて導入したことによって競争力を飛躍的に高め、この四半世紀

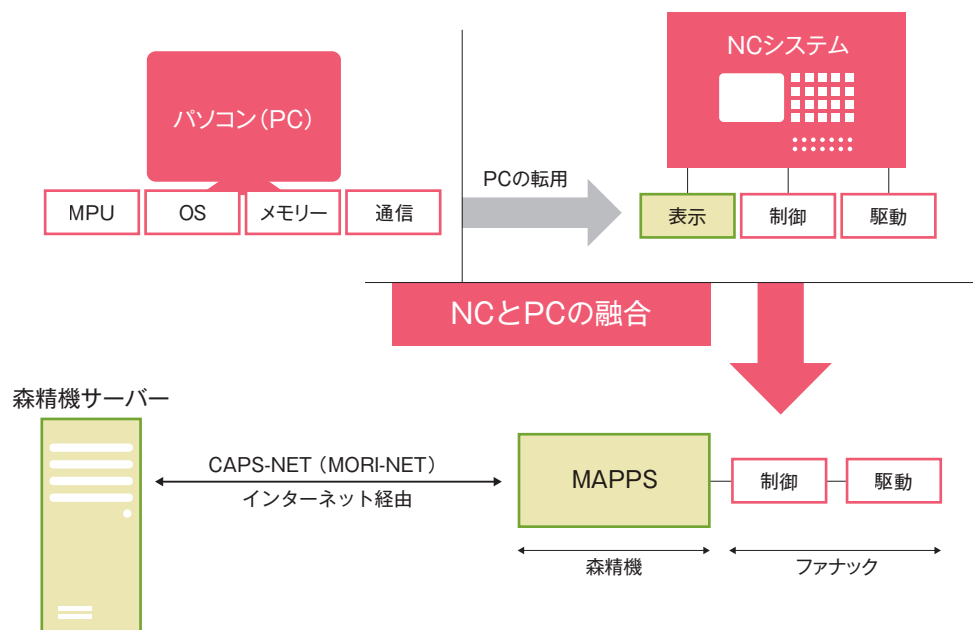
は世界一の工作機械生産高を維持してきた。長らく、NC装置は工作機械だけに特化したクローズドな専属装置であったのだが、2000年以降はオープン化の流れの中で日本の工作機械メーカーはNC装置とPC(パソコン)を融合させ、工作機械のIT化と智能化に積極的に取り組んできた。

2.2 PCとNCの融合による智能化

図表1は、PCとNC装置の融合による工作機械のIT化と智能化を表した模式図である。NC装置のうち、制御部分と駆動部分にはファナックなどNC装置

メーカーのものを採用するが、表示機能部分には汎用PCを転用することで、NC装置とPCを融合させるという発想である。この発想に基づいて、工作機械大手の森精機(現在、DMG森精機株式会社)は1997年から開発を開始し、2000年にMAPPS(Mori Advanced Programming Production System)Iを発売開始した。現在は、それを改良したMAPPSⅢを完成し、全機種に採用している。NC装置とPCを融合させたことで、汎用PCの情報処理機能や通信機能を工作機械で使えるようになった。森精機は汎用PC機能をベースにしてさまざまな独自機能を開発したが、例えば、イン

図表1 NC工作機械とPCの融合



ターネット遠隔保守機能はその一つだ。

インターネット遠隔保守機能は、MAPPSに無線通信機能を組み込むことで、インターネット経由でNC装置内部や工作機械内部の状態を監視できる機能である。これによって、いつでもどこにいても、工作機械の状態を遠隔地で知ることが可能になった。例えば、アラームや加工完了などの通知をPCや携帯電話などの顧客の指定アドレスに電子メールで送信できるし、さらに機械の稼働情報を、自宅や外出先のPCから随時閲覧することができる。これらの機能を使うことで、顧客は機械のダウンタイムを最小限に抑えることができるのである。

加えて、森精機の開発、営業、保守部隊もまた、森精機のサーバーに蓄積された稼働情報やアラーム履歴を活用して、独自の付加価値を生み出している。開発は、アラーム履歴を知ることによって設計向上のための課題を検討できる。営業は、週単位、月単位、業種別、地域別に稼働率などを知ることによって、販売促進活動に利用できる。保守は、遠隔診断サービス機能を使って保守を効率的に行える。

このように、2000年代初頭にはすでに、PCとの融合による工作機械のIT化と知能化が行われてきたのである。IoTはこの技術軌跡の延長線上に存在する。さらに多くのセンサーを機械に埋め込んで多くの機械情報をネット上に吸い上げ、それを人工知能で分析するという発想が生まれるのは自然だろう。日本に足りなかったのは、個別企業レベルの活動をまとめあげて国家戦略として概念化する努力である。

3. ボトルネックが解消されたAI

3.1 繰り返されてきたAIブーム

技術にもブームがある。近年AIは第3回目のブームを迎えている。過去2回のAIブームがあったが、い

ずれも実用化には程遠かったために、すぐに「AIの冬」を迎えた。しかし、今度のブームは確かに本物の予感がする。長年のAIのボトルネックが解消されたからである。それを簡単にみてみたい。

第1次AIブームは、1956年から1960年代にかけてといわれる。当初、人工知能の実現は楽観視され、1960年代には高校レベルの代数問題を解くプログラムやチェスプログラムなどが開発された。しかし、非常に限定的なルールで構成された小さな世界の問題(Toy Problem)しか解くことができないとの批判を受け、1970年代に入り研究資金が引き上げられた。いわゆる第1次AIブームの終焉である。

しかし、その後1980年代に入って、実社会の問題をある程度扱える「エキスパートシステム」が開発可能となり、再び人工知能分野の研究開発が活発となった。これが1980年代の第2次AIブームである。緑内障など特定分野の医療診断、特定の電気機器に関する故障診断など、エキスパートシステムは一定の実用性を発揮し、一部は商用利用も始まった。

一般にエキスパートシステムでは、専門家の知識をプロダクションルール(「if A then B」形式のルール)の形式にして知識ベースを構築する。しかし、専門分野においてさえ全ての知識をプロダクションルール化することは困難で、一部曖昧な部分が残ることが明らかになってきた。また、新たな事実の発見によりルールの変更が必要な場合、知識ベースを改訂するには大きな保守コストが発生することも障害として認識された。こうして、実社会の問題へ対応するには新たな障害が明らかになり、1980年代後半から再び「AIの冬」を迎えた。

3.2 ボトルネックの解消

AIの最大のボトルネックは、特徴量抽出ができないという点にあった。人間が現実世界をモデル化する

場合、どの特徴量に注目すると最も現実世界を的確に反映したモデルになるかを十分に検討した上で、その特徴量を使ったモデル化を行っている。どこに注目するといったのかという特徴量抽出の良し悪しが、モデル化の成否に大きな影響を与える。従来の人工知能では特徴量抽出に人間が大きく介在しており、これがAIの実用化に向けた最大の問題だったのである。

しかし、この50年来のボトルネックがディープラーニングによって解消された。ディープラーニングの本質は、大量データをもとにして、どこに注目すべきなのかという特徴量を自動的に学習すること、つまり「教師なし学習」にある。従来は、人間が教師としてどこに注目すべきなのかという特徴量を人工知能に教えていた。膨大な現実世界から特徴量を抽出するという最も困難で計算量が大きな作業を、人間が介在せず人工知能自身ができるようになったことで従来のボトルネックは解消された。AIは実用化に向けて大きく前進する時期を迎えたといえる。しかも、IoTの台頭と時期を同じくしているという点が重要である。IoTとAIは元来別々の研究分野で異なる技術軌道上を進化してきたが、歴史上両者が遭遇することで大きな価値が生まれる可能性が出てきた。

問題は、IoTとAIによってどのような価値を生み出せるのかという点にある。さまざまな産業分野での用途が現在検討されている。例えば、製造業への活用で分かりやすい例は、米GEによる航空機ビジネスへの活用などであろう。従来GEは、ジェットエンジンの提供と保守を行ってきたが、IoTとAIの活用によってそれを換えようとしている。ジェットエンジンに多くのセンサーを付けることで稼働状況、燃費状況、温度など膨大なデータを取得し、それをAIで解析することで燃費効率が高い最適な使い方を顧客にアドバイスできるようになる。つまり、エンジン単体の提供者からサービス提供者への転換である。このGEの事例

は、IoTとAIの先進事例として多くのメディアで紹介されている例だが、すでに紹介した森精機の事例と原理は全く変わらないことに気が付くはずだ。違いは、データ収集の範囲と程度、そして分析でAIを活用するかどうかという点である。もちろん製造業のみならず、農業分野や介護分野、医療分野への活用、企業の経営判断への活用なども探索されている。今後さまざまな業界、産業においてIoTとAIを使った用途開発が試行錯誤され、価値創造と経済成長への道が探索される。そのためにカギになる概念はプラットフォーム化である。新しく台頭する技術をプラットフォーム化できるかどうか、そしてどのようにプラットフォーム化するのかが、産業発展に影響を与えるからである。

4. プラットフォーム化による技術の水平転用

4.1 共通基盤としてのプラットフォーム

どの最終目的地に向かうにせよ、人は必ず駅のプラットフォームを経由しなければならない。その意味で、駅のプラットフォームは多様な最終目的を実現するために共通して使われる基盤である。プラットフォームから、人はさまざまな最終目的地に向かうのである。経済学や経営学で使われるプラットフォームという言葉の意味は、ほぼそれと同じ意味だ。

例えば、さまざまな用途に繰り返し使用される共通基盤技術や共通基盤部品をプラットフォームと呼ぶ。携帯電話やデジタルカメラなどの多様な製品に共通して使用される技術や機能群をシステムLSI(大規模集積回路)としてまとめることがプラットフォーム化の典型である。ただし、ここでいう製品とは有形なハードウェアのみを指すのではなくて、無形のソフトウェアをも含んでいるという点に注意する必要がある。ソフトウェアかハードウェアかを問わず、多くの用途で共通して使用される基盤を見いだして、ひとまとまり

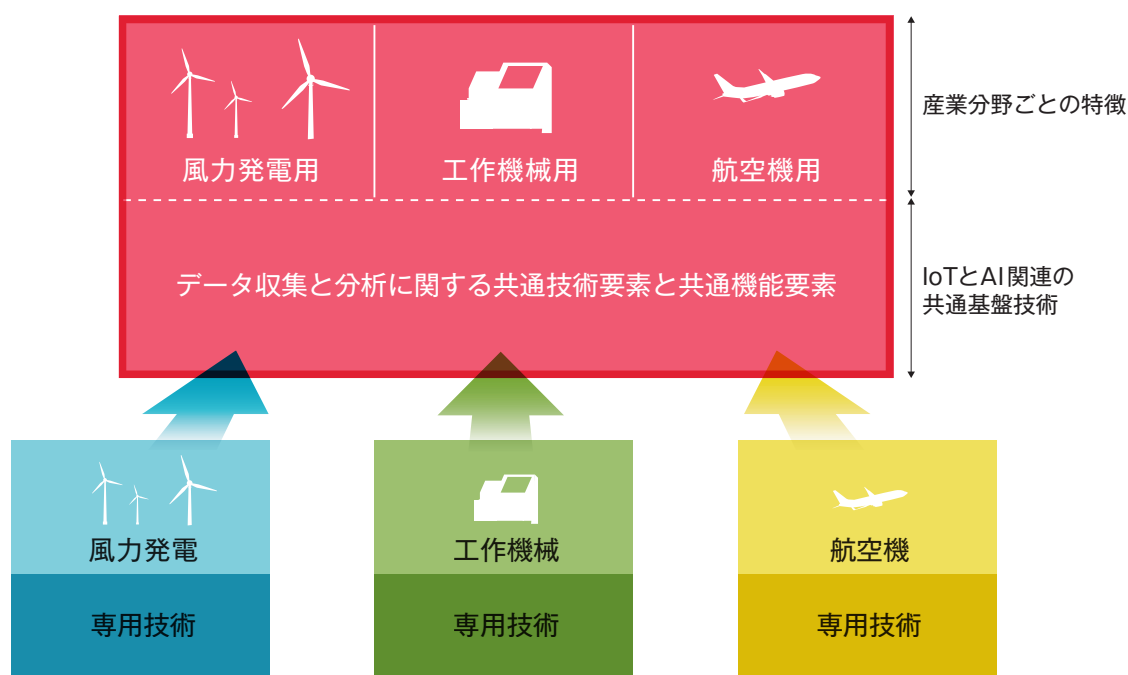
にすることをプラットフォーム化するというのである。

プラットフォーム化のメリットは、それが共通基盤として多様な製品や用途に繰り返し使用されることで、規模の経済と範囲の経済が享受できるという点にある。共通基盤を大量に生産し、使用することで、共通基盤のコストが下がりそれは値段の低下をもたらす。さらに、1つの共通基盤が多様な製品に使用されることから、コスト削減のみならず開発スピードや相乗効果などの経済性もまた期待できる。つまり、プラットフォーム化できれば、派生的な製品やサービスを低コストで効率的に生み出しやすくなるのである。

例えば、製造業へのIoTとAIの適用を考えた場合、

すでに述べた工作機械、航空機など以外にも、車の自動運転、鉄道、再生可能エネルギー分野での風力発電の遠隔制御など、多様な産業分野での応用が考えられる(図表2)。IoTとAIに関するプラットフォーム化とは、産業分野が違って、共用できるデータ収集や分析に関する共通技術要素や機能要素を抽出し、それをパッケージ化して多くの産業分野で水平転用することによって他ならない。もちろん、個別産業に特有の技術や機能は補完的技術として必要である。しかし、共通技術をプラットフォーム化できれば、さまざまな事業領域での応用を試しやすくなり、試行錯誤による学習が急速に進み、それが産業の成長を加速するはずで

図表2 IoTとAI関連技術のプラットフォーム化



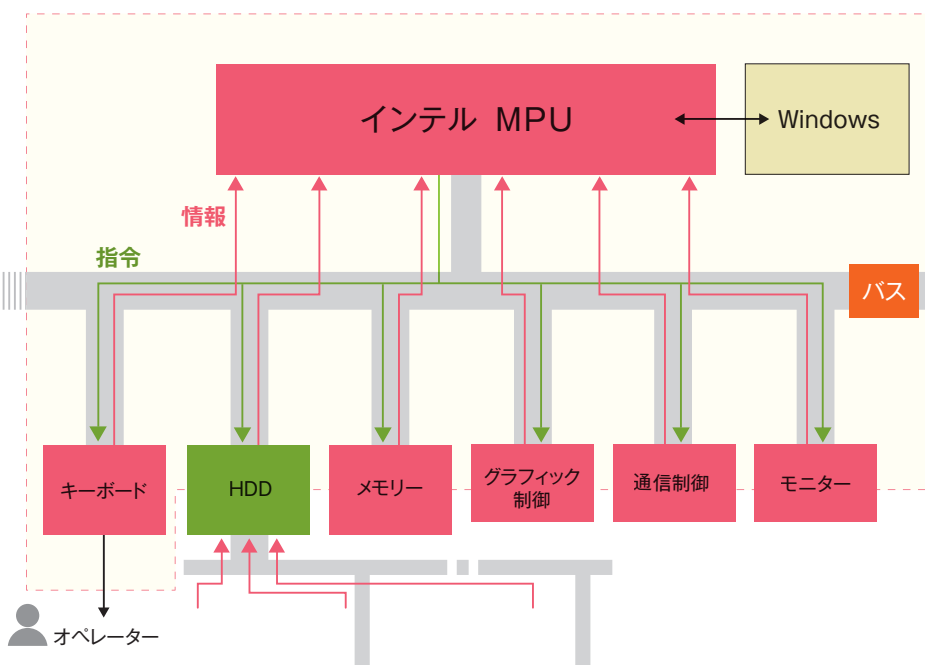
ある。問題は、一体何をプラットフォームとして共通化すればよいのかということになる。

4.2 プラットフォーム・リーダーの必要性

プラットフォーム化のメリットは、共通化の対象が広がれば広がるほど大きなものになる。他方、プラットフォームの構築は、複数の利害関係者間の調整を必要とするために、時間と手間がかかる大変な作業になる。そもそも何を共通化するといいいのか、という根本問題に関して意見が分かれるからだ。そのために、関

係者はフリーライダー的な待ちの状態に入りやすい。もしその負担を引き受けてやってくれる人がいるならば、負担を背負うことなく、プラットフォーム化の果実だけは自らも享受できるからだ。そのために、多くの関係者がお互いに顔を見合わせて待ちの状態に入り、プラットフォームの構築はなかなか進まないという構造的な特性を持つ。そのような状態から脱却してプラットフォーム化を遂行するためには、短期的な損得勘定を超えて、全体のために汗をかくプラットフォーム・リーダーが必要になる。

図表3 PCアーキテクチャの模式図



5. PC産業におけるプラットフォームの革新

5.1 PC産業のプラットフォーム

そのような課題を越えてプラットフォームの革新を成功させ、急速な成長を実現した産業がある。PC産業である。PC産業では、MPUという部品を提供しているインテルがプラットフォーム・リーダーとなり産業を引っ張った。図表3が示しているように、PCではMPUを中心として、メモリー、HDD、モニターなどのさまざまな機器がバスと呼ばれる通信経路によって連結されている。PCは、バスを経由してシステム情報がやりとりされるという基本構造を有している。バスはそこにさまざまな機器が連結され、情報が行きかう共通基盤としてのインフラ的な役割を果たしているという意味で、プラットフォームとしての役割を果たしているといっただろう。バスが共通基盤になっているからこそ、それを所与として、各メーカーは自社デバイスの革新に専念できる。

製品としてのPCの性能は、バスの伝送性能に大きく規定されてきた。たとえMPU単体の処理スピードが向上したとしても、バスの伝送速度が遅ければ、データを他の機器に迅速に伝達することはできないために、PC全体のスピードは向上しない。つまり、バスの速度が遅いとそれがボトルネックになり、MPU単体の性能を上げても製品全体の性能向上にはつながらないのである。これはMPUだけに限った話ではなく、メモリーなど他のデバイスに関しても同様である。

このことは、各デバイスの性能を十分に引き出すためには、伝達経路としてのバスの革新が必要になることを意味している。問題は、バスはインフラ的な共通基盤であるために、利害関係を持つ多くのデバイスメーカーが存在しているという点にある。

5.2 インテルのリーダーシップ

このような状況だったPC産業で、インテルがバスの革新を先導した。PC産業初期は、ISAバス (Industrial Standard Architecture Bus)が使用されていた。PC用バス規格としては最も普及し、一時期はデファクト・スタンダードとなっていた。しかし、ISAバスの最大データ転送速度は8MB/s しかなかったために、MPUの性能を十分に発揮できなかった。そこでインテルは1991年、ISAバスからPCIバス (Peripheral Component Interconnect Bus)への革新に取り組んだ。PCIバスは従来バスの5倍の速度向上を実現し、PC全体の性能向上に大きく寄与することが期待された。

しかし、PCI規格を他のデバイスメーカーが採用しなければ、それがPCのプラットフォームになることはできない。そのため、インテルは単なるMPUメーカーの立場を超えて、PCI規格を採用すべく他のセットメーカーやデバイスメーカーに積極的に働きかけた。デバイスメーカーなど補完事業者にとっては、市場が本当に存在するのか分からないPCI規格への投資はリスクがある。だが、補完事業者がPCI規格を採用しない限り、PCI規格を使ったPC市場は成長しない。PCIバスというプラットフォームの革新でインテルが最も苦労したのは、このような利害調整の問題だった。

図表4(次頁)は、インテルと他の補完事業者との複雑な利害関係を表している。インテルにとって補完事業者とは、協力相手でもあると同時に競争相手でもあった。インテルはこれらの複雑な利害調整を先導して行い、その結果、2001年ごろにはISAバスからPCIバスへの置き換えがほぼ完了した。共通基盤としてのバスが革新されたことによって、その恩恵はインテルのみならず全ての補完事業者、そして顧客へと広く行き渡った。MPUという部品メーカーにしかすぎないインテルが、利害関係者全体の調整を率先して行い、

プラットフォームの革新を進めた。このようなプラットフォームの革新こそが、PCの急速な製品進化を可能にし、産業の成長をもたらしたのである。

6. まとめ

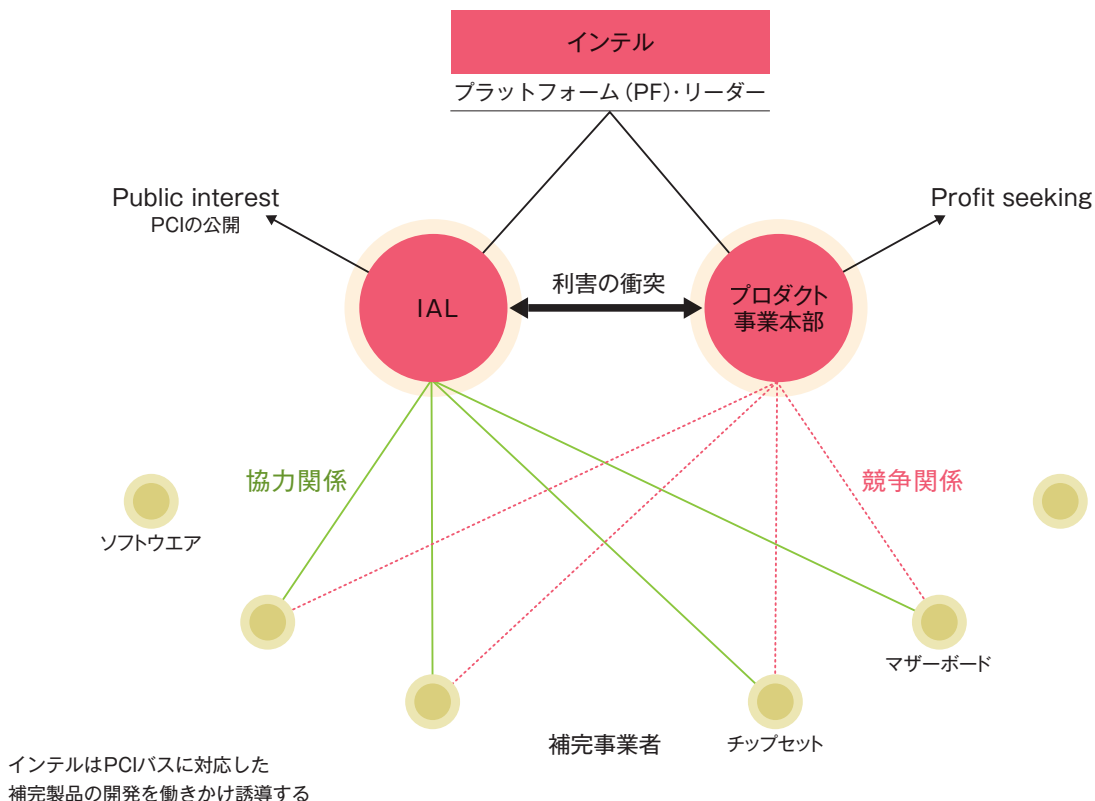
誰が産業全体のために汗をかくのか

PC産業のケースは、プラットフォームを継続的に革新するためには、産業全体の発展のために労を惜しまず汗をかくリーダーシップが必要になるというこ

とを教えている。PC産業とIoTでは産業特性が異なるために、プラットフォームの具体的中身は異なるが、リーダーシップの必要性はIoTでも同様である。IoTを産業として成長させ経済成長につなげるためには、多くの用途で共通して使えるようなコア機能をプラットフォーム化することがカギである。だがそのためには、多様な関係者間の複雑な利害調整が必要になる。一体誰がそのために汗をかくのか、ということが切実な問題になってくるのである。

現在、米GEはPredix(プレディクス)と呼ばれる

図表4 複雑な利害調整を行うPFリーダー



インダストリアル・インターネットの共通プラットフォームの構築に取り組んでおり、その上に、鉄道、航空機、風力発電など業種ごとのソリューションを40種類ほど載せてゆくイメージを描いている。まさにGEは、IoT産業におけるプラットフォーム・リーダーを目指しているように思えるのである。

謝辞

人工知能の発展過程については、一般財団法人商工会館での「産業と技術の比較研究プロジェクト」での議論から学ぶところが多かった。特にメンバーである馬場康志氏には多くの知識を提供していただき、ここに記して感謝する。



Tomoatsu Shibata

柴田 友厚

東北大学 大学院 経済学研究科 教授
1959年札幌市生まれ。京都大学理学部卒業後、ファナック株式会社、香川大学大学院教授を経て2011年4月から現職。筑波大学大学院経営学修士(MBA)、東京大学大学院先端学際工学博士課程修了。博士(学術)。主な著書に『イノベーションの法則性』(中央経済社、2015)、『日本企業のすり合わせ能力』(NTT出版、2012)、『モジュール・ダイナミクス』(白桃書房、2008)『製品アーキテクチャの進化論』(共著/白桃書房、2002)など。日本MOT学会理事・編集委員、研究・イノベーション学会編集理事。『日本経済新聞』や『日経ものづくり』などへ寄稿多数。

参考文献

- バーゲルマン (2006) 『インテルの戦略』ダイヤモンド社
ガワー&クスマノ (2005) 『プラットフォーム・リーダーシップ』有斐閣
柴田友厚 (2008) 『モジュール・ダイナミクス』白桃書房
柴田友厚 (2012) 『日本企業のすり合わせ能力』NTT出版
「GE流、変革を促す3つの"エンジン"」『日経情報ストラテジー』December 2014

IoTとイノベーション 2

IoTがもたらす ロジスティクス変革

流通経済大学 流通情報学部 教授

矢野 裕児

Yuji Yano

IoT、第4次産業革命は、ロジスティクス、サプライチェーンにどのような変革をもたらすのか。物流現場においては、物流センターの省人化、輸配送の無人走行、ドローンなどによって物流は大幅に効率化される。物流産業は、従来、典型的な労働集約型であったが、装置産業化していく。サプライチェーンにおいても、先を読んだロジスティクスへの転換、マスカスタマイゼーションの進展などが考えられ、サプライチェーンからデマンドチェーンへと転換していく。さらにデータのオープン化、ビッグデータの利用などにより、従来とは違った新しいロジスティクスの全体最適化をもたらすことが想定される。

キーワード

ロジスティクス サプライチェーン IoT 第4次産業革命 デマンドチェーン

1. はじめに

IoT(Internet of Things)あるいは第4次産業革命は、何をもたらすのだろうか。これまでの情報社会とは、全く違った社会が出現するのだろうか。本論で議論するロジスティクスに与える影響はとても大きいといわれている。IoT、ロボットは無人の物流センター、さらに自動運転、ドローンは無人の輸配送を連想させ

る。これらの技術革新は、物流、ロジスティクスを全く違った姿に変えてしまうかもしれない。さらに物と情報がつながることは、ロジスティクスを効率化、省人化するという面だけでなく、物の流れ自体を変えてしまう可能性がある。

IoT、第4次産業革命についてはさまざまな議論がなされている。今後の経済社会システムを根本的に変革するというものの、その具体的な姿が見えてこない場合も多い。一方で、個々の技術革新の影響について

のみ言及している場合も多い。そのため、どのような変革をもたらすのか、なかなか分かりにくいのが現状である。「新産業構造ビジョン 中間整理」では、今後の技術のブレークスルーとして、IoT、ビッグデータ、人工知能(AI)、ロボットを取り上げている。これまで実現不可能と思われていた社会の実現が可能になり、産業構造や就業構造が劇的に変わる可能性があるとし、図表1のような変革をもたらすとしている¹⁾。

これを見ても、ロジスティクス、さらにサプライチェーンにおいて、物流現場のオペレーション、輸送の自動化といった面だけでなく、輸送のシェアリング、サプライチェーン変革と、その影響は多岐にわたることを示唆している。IoT、第4次産業革命はどのような変革をもたらすのだろうか、ロジスティクスという視点から、その可能性について考察してみたい。

IoTは、従来の情報と人がつながるだけでなく、物が情報につながることで、さらに人、物、サービス全てが情報でつながることを意味している。インターネットが発達し、例えば、本、音楽、ソフトウェアの一部の取引は物が要らないことがあるものの、しかしながら多くの場合は依然として物が重要な役割を果たして

いる。リアルな世界がバーチャルな世界に入れ替わるのではなく、物の流れと情報の流れがつながるのである。現在は、物と情報は連動することは多いものの、物の状態が常に管理されているわけではない。今後、物と情報がつながり、常にその状態を把握、管理することによって、両者が同期化、相互連関される。

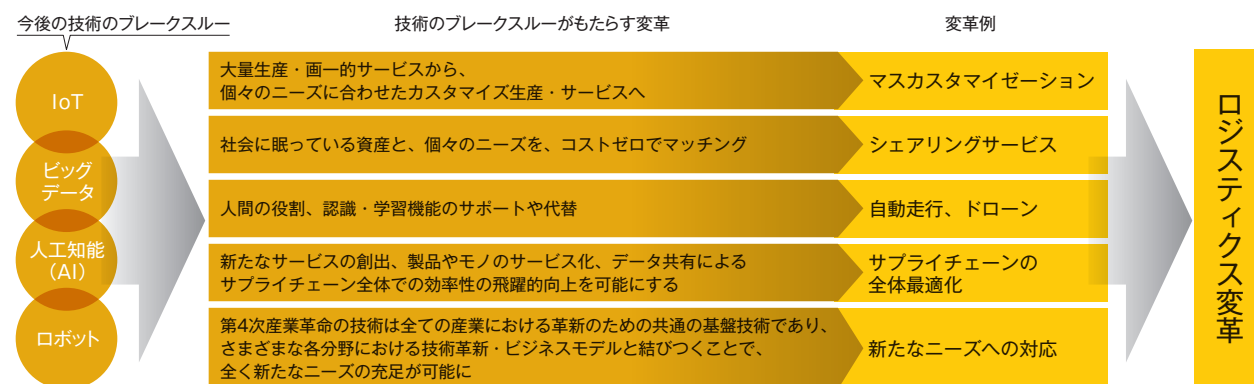
IoTは今後10年間で、イノベーション、資産活用、サプライチェーン・ロジスティクス、労働生産性、顧客経験価値により、大きな経済価値を生み出すとされている。その価値は全体で8兆ドル、サプライチェーン・ロジスティクスは1.9兆ドルとされている。そして、インターネットにつながっている物は、現在は150億以下であるが、2020年には500億を超えるとされている²⁾。

2. 物流現場の変革

2.1 物流センター内の変革

物が情報につながることでロジスティクスをどのように変えるかという議論は、2000年代前半のRFID(Radio Frequency Identifier)導入の検討がなされたときにも、盛んに行われた。RFIDによる個体識別の

図表1 IoT、第4次産業革命がもたらす影響



【出典】 産業構造審議会新産業構造部会「新産業構造ビジョン 中間整理」を参考に作成

普及による影響は大きく、センサーも含めたIoTの進展は、さらに変革をもたらす。その際、何のためにつなげるのか、さらに一口に物というのが、ロジスティクス単位階層のどこまでを対象とするのが重要となる。ロジスティクスを管理する階層は、おおむね図表2のように分類される。物品、製品包装単位については、技術的、コスト的に成立するののかという議論があったが、約10年が経過し、技術的な問題、さらにコスト面も大きく解決してきており、導入可能性は高まったと考えられる。上位からみると、輸送機関単位については、貨物車はGPSなどですでに車両管理されている場合が多く、ETC (Electronic Toll Collection System) 2.0への移行によって、道路交通システムからトラックなどの車両運行状況も把握、管理される。さらに運転状況を環境、交通安全面からのチェックをすでに実施している場合も多い。貨物コンテナ単位については、現状でもJR貨物の全ての鉄道貨物コンテナはRFIDが付いており、位置情報が管理されている。リターナブル輸送単位であるパレット、通い箱についてもRFIDをすでに装着し、管理している場合がある。このようにリターナブル輸送単位以上については、RFIDはすでに導入されているところも多く、今後は必須になっていくと想定される。

しかしながら、さらに下位の段ボール箱といった輸送単位、製品包装単位、物品単位については、全ての

物品にRFIDを貼り付けることは現実的でない。例えば工作機械のような資本財、家電製品のような耐久消費財では進展していくが、我々が日々利用する衣料品、日用品、食料品といった消費財の多くは、対象とはなりにくい。

現実の物流業務は、輸送部分と物流センター内の作業の部分に大別される。後者については荷物の荷下ろし、保管、ピッキング、仕分け、積み込みといった業務と同時に、入荷検品、入庫検品、ピッキング作業時の検品、出荷検品、さらには棚卸しなど、複数段階での商品、個数などのチェック作業を伴う。図表3は家電製品の在庫を持つ物流センターの各作業の工数比率である³⁾。全体の作業工数のうち、入荷検品が18%、出庫検品が1%、出荷検品が19%となっており、検品作業が38%を占めるに至っている。RFIDを利用すれば、検品作業はほとんど人手がいらなくなる。さらにIoTが進展すれば、センサーによってさらに詳細で、かつリアルタイムの物流情報がモニタリングでき、管理の最適化が進み、検品作業に関わる工数は大幅に削減される。また、個体識別でなくても、画像認識により効率化することも可能と考えられる。

さらに、16%を占めるピッキングについてもウェアラブル端末などの導入で、誤出荷などが少なくなるほか、作業時間も短縮される。ピッキング作業は、商品を取るために長い距離を移動しなければならない。そ

図表2 ロジスティクス単位階層



れを逆に作業員のところまで商品を持って行くアマゾンの「Kiva」、日立製作所の「Racrew」といった無人搬送車、「AutoStore」といったロボット倉庫の導入がある。ロボットによるパレットなどへの積み付け、ピッキングした商品を梱包するところまで完全自動化を目指す企業もある。このような取り組みは全ての商品で可能になるわけではないものの、例えばネット通販企業で、箱を中心とした商品であれば導入可能性が高いといえる。

24%を占める店舗別仕分けについても、自動仕分け機器による機械化が進んでいるほか、RFID、IoTが普及すれば、さらに業務効率は大きく改善することとなる。また、センサーが付くことによって、機器の稼働状態を常に把握し、事前に異常を感知したり、異常が起きたときの対応を早くする、あるいは原因を究明しやすくなる。安全面からの管理もしやすくなり、事故率が減少する。管理精度の向上、作業時間の短縮によるリードタイムの短縮にも結び付く。図表3のように、検品作業の工数が削減するだけで、物流センターの作業工数は現在の約3分の2、さらに保管、ピッキング、仕分けといった作業が半減すると約3分の1になる。

2.2 輸送の変革

輸送部分については、自動運転、ドローンの実現が

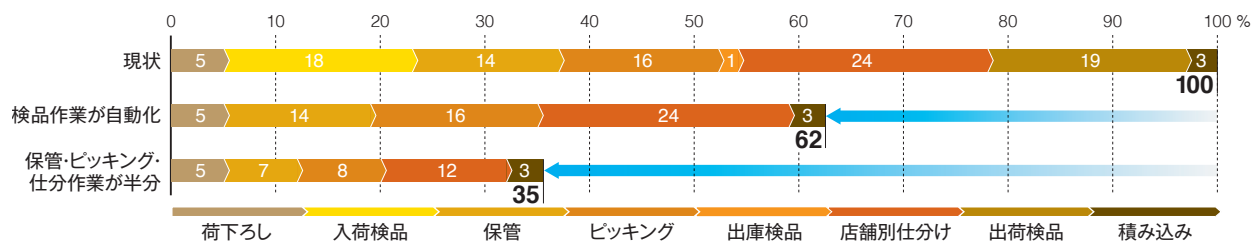
挙げられる。自動運転については、日本でも隊列走行による試験がすでに実施されている。全ての道路での自動運転の実現は20年かかるともいわれているが、高速自動車道路などの限定的な場所での、1台目は有人で、そのあとの車両は無人での隊列走行の実現は、比較的早い段階ともいわれている。

また、端末輸送においてもドローン利用が進展するとされている。レベル1（目視内・操縦飛行）、レベル2（目視内）、レベル3（離島・山間部等の無人地帯での目視外）、レベル4（都市部等の有人地帯での目視外）がある。レベル3、レベル4に到達するためには、高度な制御技術が必要であるほか、各種法制度の整備も必要となる。早ければ3年以内（2018年内）に荷物配送を可能とすることを目指し、2020年代には都市を含む地域における荷物配送なども実現することが目標となっている⁴⁾。

2.3 物流産業への影響

物流関連技術の進展は、確実に物流業務の省人化、効率化に寄与することになるのであり、その影響は大きい。現在、トラックドライバー不足は非常に深刻となっている。長距離輸送ドライバーでは、特に高齢化が進んでいる。国土交通省は2015年にトラックドライバーが大幅に不足するという問題を指摘しており、必要ドライバー数88万人に対して、ドライバー供給数

図表3 物流センターの各作業の工数比率と削減効果



〔出典〕 家電製品協会「商品情報無線タグによる物流効率化に関する調査」を参考にして作成

は74万人で、14万人不足するとしている⁵⁾。これは物流の2015年危機ともいわれているものであり、2013年後半からドライバー不足が深刻化している。そして、連続運転時間、拘束時間などを定めた改善基準告示の遵守が、今後ますます要請され、さらにセンター内の作業員不足も深刻化している中、これらの技術の実用化が期待される場所となっている。

物流産業はこれまで典型的な労働集約型産業とされてきており、トラック運送業の人件費の費用に占める比率は約4割となっている。一方、アマゾンでは世界中に大型のフルフィルメントセンターを整備し、機械化、自動化を進め、さらにドローンなどの新技術の開発を進めるなどロジスティクスに関して膨大な投資をしている。他社を圧倒する物流プラットフォームを構築することによって優位性を保つことが狙いと考えられる。人件費の高騰、労働力確保が難しくなる中、機械化、情報化に対応していくためには、膨大な投資が必要となっている。高度な自動化、省人化したロジスティクスシステムの導入は、物流産業における従来の労働集約型産業からの脱却、そして装置型産業への転換を意味する。装置型産業への転換のためには、今後物流企業間の吸収合併、他産業との連携、他産業からの参入が進展することが考えられる。もちろん全てが機械化、自動化できるわけではなく、物流産業は労働集約型の中小企業と装置産業型の企業に二極化していくことが予想される。

3. サプライチェーンの変革

3.1 先を読んだロジスティクス

IoT、第4次産業革命の影響は、物流現場の変革だけにとどまらず、サプライチェーンの根本的な流れを変える可能性がある。例えば、アマゾンが開発した「ダッシュ・ボタン」がある。ボタンを押すだけで日

用品を発注し、補充してくれることになる。さらにセンサーで使用状況を管理する、あるいは消費者が求めるニーズを感知することによって、自動的に注文、補充する。センサーで稼働状況から故障などを未然に防ぎ、自動交換するといったことも可能となる。これは先を読んだロジスティクスを可能とし、さらに物を提供するのではなく、サービスを提供するという転換にもつながる。

従来の顧客のニーズに応えるロジスティクスは、その場その場で対応する力、出たところ勝負の対応力を求められてきたといえる。日々変化するニーズにどれだけ対応できるか、その現場力を高めることが重要とされてきた。その場でニーズに対応しようとするため、需要変動が大きいと、積載効率が悪くなる、過剰在庫を抱えるといった非効率なところも多く、生産性が低いという問題があった。サプライチェーン全体での情報共有をし、ビッグデータ、人工知能(AI)利用が進展することによって、リアルタイムで情報を収集、蓄積、解析することは、次に起こるであろう変化を予測できる力を高めることになる。先を読んだロジスティクスに転換することは、サプライチェーン全体での輸配送、在庫などの最適化を推し進め、物流の平準化、計画化に結び付くこととなる。

3.2 デマンドチェーンとロジスティクス

個々のニーズに合わせ、顧客にとって最大の価値をもたらすチェーン構築が今後ますます求められ、サプライチェーンからデマンドチェーンへの転換が要請されることとなる。ニーズが多様化する中で、生産方式も少品種多量生産から多品種少量生産に移行してきたが、今後はさらにカスタマイズも必要となる。受注生産への転換が求められることとなるが、一部の商品が可能であるものの、リードタイム、効率性から見て大半の商品は不可能である。その中で、多量生産の効率

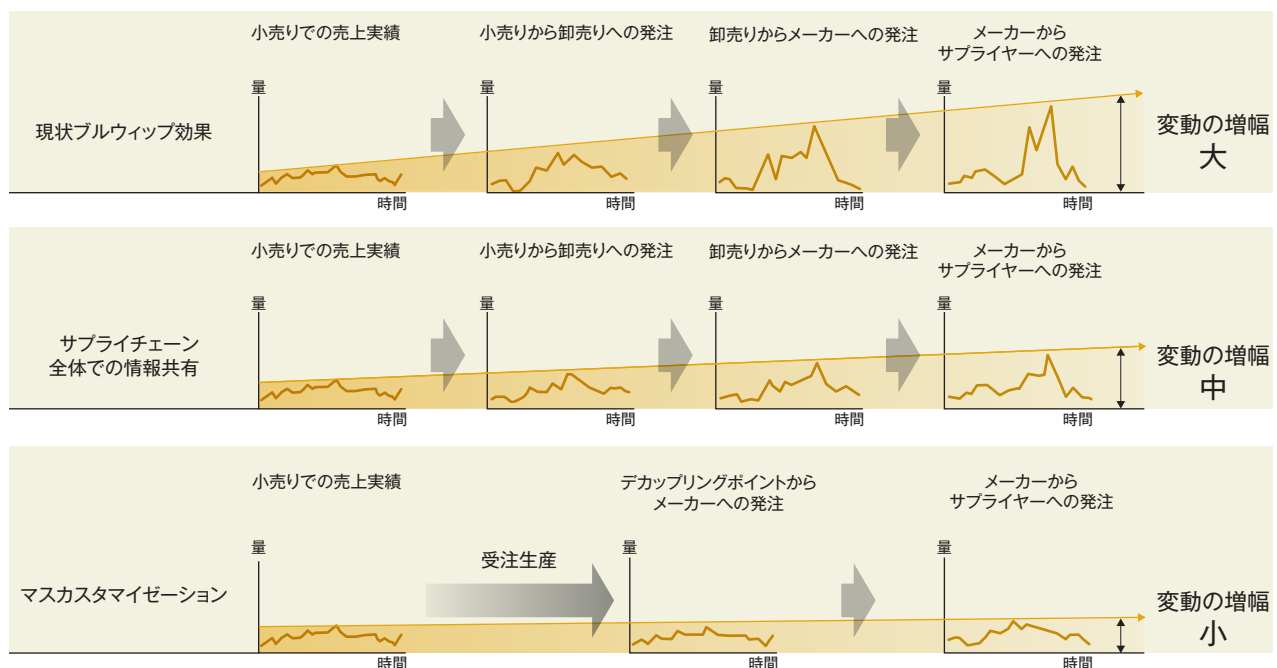
性を保持しつつ、個々のニーズに対応してカスタマイズするマスカスタマイゼーションの進展が考えられる。例えば、部品などがモジュール化され、見込み生産される一方で、顧客に提供される商品は個々のニーズに合った最終製品にカスタマイズし、最終商品を提供するというものである。その場合の両者の結節点、延期と投機、受注生産と見込み生産の結節点がデカップリングポイントと呼ばれる。個々のニーズに合った商品を、短いリードタイムで提供するためには、デカップリングポイントを消費者側に近い拠点に置くこととなる。その場合、物流センター機能が大きく変革することが予想される。従来の物流センターは最終製品を仕分け、在庫する機能を担っていたのに対して、今後の物流センターは、高度な流通加工機能を保有し、個々のニーズにカスタマイズする機能を担うことになる可

能性がある。

3.3 データのオープン化とロジスティクス

従来のサプライチェーンでは、小売りなどの需要変動が川上側の卸売り、メーカー、サプライヤーに伝わる段階で増幅され、結果的に上流側の過剰在庫、欠品などを起こしてしまう図表4のようなブルウィップ効果が発生してしまうのが一般的である。これを解決するためには、需要変動の情報がサプライチェーン全体で共有化されることが重要であり、さらにサプライチェーンのリードタイムが短いことも必要である。一般的な日用品、食料品といった消費財では、小売りでの販売情報がメーカーなどにリアルタイムで伝わっていないことが多く、このような無駄が起きやすい。ニーズが多様化し、多品種化を維持しながら効率的な生産

図表4 ブルウィップ効果とデータのオープン化などの影響



をすることが求められる中、ニーズの生産工程への迅速な反映が欠かせず、そのためには情報を収集し、蓄積、解析することが必要となる。これによって、ブルウィップ効果の増幅が狭まることとなる。

その一方で、現状でも企業の枠を超えたSCM(サプライチェーン・マネジメント)を構築することは可能である。ICTが高度化したのに伴い、企業間での情報共有、連携は容易となっている。しかしながら、特に日本においてはメーカー、卸売り、小売りの流通段階で、例えば各メーカーは自社製品の小売店舗での販売情報を把握しきれていない。さらに輸送関連の情報についても、事前出荷情報の通知がなされず、到着予定時間が分からないほか、入荷の際に改めて検品を行う、あるいは賞味期限情報などを入力する場合も多い。さらに、企業間で在庫情報が共有されることも少ない。このように、技術が進展しても、必ずしもSCMを構築できるわけではない。さまざまな商慣行を見直すことも必要であり、企業がデータのオープン化について、明確な戦略を持つことが必要となる。

3.4 ビッグデータとロジスティクス

流通に関する情報は、商取引、物流、市場関連で構成され、その情報量も大きい。POS情報、顧客情報といった構造化データだけでなく、非構造化データも含めて分析していくことによって、新商品開発などに利用していくという動向がある。一方、物流関連は、輸配送情報、在庫情報のほか、貨物車、鉄道といった輸送機関の運行状況に関する情報もある。物の動きを追跡するため、その情報量は膨大である。これまで、物流情報に関しては構造化データを物流業務管理としてのみ利用していた。しかしながら、配送情報などは個々の顧客ニーズ情報として捉え直すことができるほか、個々の配送ニーズに関する非構造化データも利用が可能と考えられる。物流データを収集、蓄積、解析

することは、顧客の詳細なニーズ把握をする上で、非常に有効であると考えられる。

3.5 シェアリングサービスとロジスティクス

交通分野では「Uber」という、人が移動したい情報と個人の車による移動情報をマッチングし、結び付けるサービスが拡大している。これを、物流へ適用することは比較的容易であり、すでに実現化している。貨物では求貨求車システムとして、運びたい物流事業者と運んでほしい荷主企業をマッチングするシステムが普及している。しかしながら幹線輸送が対象であり、近距離の輸送については対象としていない。リアルタイムでのマッチングが可能となれば、近距離で走行している貨物車にピックアップしてもらい、配送することも可能である。さらに過疎地域ではタクシーが少量貨物を運ぶことも可能となっており、人流、物流を統合したマッチングシステムも可能と考えられる。

4. 終わりに

今後、資本主義経済から共有型経済へと移行することが、『限界費用ゼロ社会』において示唆されている。共有型経済においては、情報、エネルギー源、輸送のインターネットが基盤となるのであり、これらが全体最適な状態で機能することによって、限界費用がゼロあるいは小さくなるとされている⁶⁾。このような社会が本当に到来するかは、現段階では解答は出せないものの、その方向に向けて動き出しているように思う。IoT、第4次産業革命が進展することは、従来の集中型経済から分散型社会へと移行すると同時に、垂直型での最適化だけでなく、水平型の最適化、統合化が求められると考えられる。例えば、2015年度に東京都多摩市で宅配便の一括配送のモデル事業が実施された。複数宅配便会社の荷物を一括配送し、併せて小

売店舗の買物代行サービスを試みている。さらに見守りサービス、御用聞きサービスなども含めて、ラストワンマイルの各種サービスを統合する展開もある。現段階ではICTをほとんど利用しているわけではなく、極めてアナログの対応である。しかしながら今後は、IoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットなどを用いて、個々のニーズに対応し、省力化したラストワンマイルのシステムを構築していくことは、不可能ではないであろう。このようにIoT、第4次産業革命は、従来とは違った新しいロジスティクスの全体最適化をもたらすと考えられるのである。



Yuji Yano

矢野 裕児

流通経済大学 流通情報学部 教授
横浜国立大学工学部卒業、修士課程修了。日本大学博士後期課程修了。日通総合研究所、富士総合研究所を経て、現職。工学博士。専門は物流、ロジスティクス、流通。著書は『物流論』、『現代ロジスティクス論』中央経済社など。国土交通省「交通政策審議会物流部会」委員、国土交通省「荷主と物流事業者が連携したBCP策定促進に関する検討会」委員、経済産業省「産業構造審議会流通部会専門調査会」委員などを歴任。

注

- 1) 産業構造審議会新産業構造部会 (2016)
- 2) DHL/CISCO (2015)
- 3) 家電製品協会 (2003)
- 4) 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会 (2016)
- 5) 国土交通省自動車交通局 (2008)
- 6) ジェレミー・リフキン (2015)

参考文献

- 入江宏志 (2016)『グローバル企業のIT戦略』インプレス
小野塚征志 (2015)「『インダストリー 4.0』の物流戦略」LOGI-BIZ 2015年7月号
家電製品協会 (2003)「商品情報無線タグによる物流効率化に関する調査」
経済産業省 (2016)「流通・物流分野における情報の利活用等に関する研究会調査報告書」
小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会 (2016)「利活用と技術開発のロードマップと制度設計に関する論点整理について」
国土交通省自動車交通局 (2008)「輸送の安全向上のための優良な労働力(トラックドライバー)確保対策の検討」
産業構造審議会新産業構造部会 (2016)「新産業構造ビジョン 中間整理」
ジェレミー・リフキン (2015)『限界費用ゼロ社会』NHK出版
知念肇 (2006)『新時代 SCM論』白桃書房
DHL/CISCO (2015)「INTERNET OF THINGS IN LOGISTICS」
中野幹久 (2016)『サプライチェーン・マネジメント論』中央経済社
マイケル E. ポーター、ジェームズ E. ヘブルマン (2015)「IoT時代の競争戦略」DIAMOND Harvard Business Review
みずほ情報総研、みずほ銀行 (2015)「IoTの現状と展望」みずほ産業調査 Vol.51
矢野裕児 (2004)「無線タグ導入による物流への影響に関する考察」日本物流学会誌No.12
ローランド・ベルガー (2015)「Logistics4.0」THINK ACT 7

IoTとイノベーション3

ロボット法学の幕開け

慶應義塾大学 総合政策学部 教授

新保 史生

Fumio Shimpo

人工知能やモノのインターネットとの組み合わせにより、自律的な判断により動作するロボットが身近に利用されるロボット共生社会が目前に迫りつつある。サイバースペースの法律問題はあくまでバーチャルなものであった。自律型のロボットが実社会と融合するサイバーフィジカルシステムとして日常生活に遍在する状態が訪れたとき、バーチャルではなくリアルな脅威として新たな法的課題がもたらされる。現行の法体系や法解釈はもとより、法学の基礎理論や法的思考の変革を求められる可能性を見通してロボット法研究に着手すべき時期に来ている。

キーワード

ロボット 人工知能(AI) モノのインターネット(IoT) サイバーフィジカルシステム

1. ロボット法が目指すところ

ロボットを巡る法的課題に関する現時点の最大の課題は、検討・議論すべき問題が体系的に認識・把握されていないこと、さらに、その必要性がまだ十分に理解されている状況にないことである¹⁾。

「ロボット法」とは、ロボットを利用するに当たり支障となる規制、必要な規制の不備(法の欠缺^{けんけつ})、ロボットを利用するに伴い生じた法的責任などを検討することが主たる目的と考えられているように思える。例えば、公道で自動走行を実施する際に確認が必要な

法令を把握し整理することは当然のことながら必要ではあるが、そのための研究や検討をするためにロボット法としての新たな法分野が必要であるということではない。

ロボットに関する法的な課題や法律問題は今になって出現するようになった新しい問題ではない。インターネットの出現に伴い「サイバー法」が議論された当初のように、「サイバースペース」という未知の領域に係る問題を手探りで議論を始めた頃とは異なる。

いつでもどこでもネットワークにつながる社会を「ユビキタスネットワーク社会²⁾」と呼んでいたが、何がロボットか意識せずにロボットや人工知能が利用さ

れる社会が「ロボット共生社会」であり、社会のさまざまな場面で日常的にネットワークに接続された自律型ロボットが利用されるロボット共生社会は、ユビキタス・ロボット社会とでも呼ぶべきものである。

つまり、ロボット法として検討が求められているのは、ロボットと人工知能(AI)、モノのインターネット(IoT)などとの組み合わせにより、従来とは異なる自律型のロボットなどの普及に伴い生ずることが想定される新たな課題への対応であり、ロボットの利用に伴い社会や制度の変革が大きく求められる事例にも対応すべく、ロボット共生社会における法制度や社会制度の在り方について考えることにある。法学の基礎理念や法的思考などにおいても、ロボットを巡る新たな問題に関する議論は、法学のパラダイムシフト³⁾に向けた端緒になる可能性があると考えている。

2. ロボットとAI(人工知能)、IoT(モノのインターネット)の関係

人間が直接指示したり操作することなく、AIの「自律的」な「思考」によって誤った動作や判断により問題や損害が生じた場合、誰がどのように法的責任を負うのか検討が必要である。その場合、不法行為責任論で考えれば、そもそも不法行為責任自体が過失責任によって事故等の結果発生の予見可能性を前提としているため、人間の制御範囲を超えてAIが自律的に判断した結果への責任を開発者や製造者に負わせることは難しい。そうなると、無過失責任としての製造物責任を誰が負うか考えなければならないが、AIによる自律的な判断による結果生じた損害について製造物責任を問うことができるだろうか。AIが搭載されたロボットの欠陥であれば責任を問うことができるにせよ、AIにより動作する製造物の欠陥について予防的な対策を事前にすべて講じることは果たして可能であろうか。無体物としてのプログラム単体としてAIの暴走や制御不能による損害が発生した場合の責任についても、誰が責任を負うのか現行の法制度では解決できな

い可能性が高い。さらに、そのロボットがネットワークに接続され、日常的にあらゆる所(モノ)で利用される、モノのインターネット(IoT)の普及が見込まれる。ネットワークに接続され身近なところに遍在するロボットが、自律性を有し動作することによって、日常生活においてさまざまな問題を引き起こす可能性がある。

AIの進化は目覚ましく、第3次AIブームの到来とも呼ばれている。家電製品もAIで制御される製品が利用され始めている。人間の代わりにAIが制御する自動走行システムにより、自動運転の車の開発も進んでいる。その車もIoTによりICT端末としての機能を有するコネクティド・カーとなる。

近時の話題としては、マイクロソフトが開発した人工知能「Tay」が2016年3月23日に公開され、深層学習(ディープラーニング)の過程でネット上の差別的な発言を学習した結果、人種差別発言で暴走し、公開から半日足らずでAIを緊急停止させ、同社が謝罪に追い込まれたニュースが報道された。Tayは、ユーザーとの会話において、ホロコーストを擁護するかなのような発言を乱発するようになってしまった。

「AlphaGo(アルファ碁)」と、韓国のプロ棋士イ・セドル氏が2016年3月9日～15日に韓国で相まみえた5番勝負は、イ・セドル氏が第4局のみ勝ち得たものの、AIの圧勝に終わった。AIとロボットの活用によって単純労働などの仕事が奪われる可能性が以前から指摘されてきたが、単純労働のみならず高度な知識を要求される仕事もAIに取って代わられる可能性が現実味を帯びてきた。AIが敵を識別して攻撃する「ロボット兵器」の規制を議論する国際会合も、2016年4月28日から開始されている。

人間が操作したり、プログラムの範囲内で決まった動作をするだけの産業用ロボットを前提とした基準や法制度では、自律的に動作するロボットに起因する問題に対応できない問題が生ずる可能性が高い。

AIの進化に伴う懸念として、自律したAIが自発的に人間に脅威を及ぼす映画のターミネーターのよう

な恐れを指摘する意見もある。しかし、AIが自律的に人間を攻撃するまでAIが進歩するまでには、AIが自分の存在を認識して自らへの脅威を排除する必要性を「意識」するまで現実の問題にはならないと考えられる。一方、AIの悪用や暴走は直ちに脅威になり得る問題として検討が必要であろう。また、新しい技術の利用においては、「ファンクション・クリープ (Function Creep)」の問題がある。設計時点における本来の目的のための機能が、当初の想定とは異なる目的で利用されることである。ディープラーニングにより進化する人工知能は、想定外の結果をもたらす可能性が高い。

ファンクション・クリープに係る法的課題の例としては、顔認識装置で自動的に認証されるサービスにおいて、エラーが発生する原因を調査するためにデータを確認したところ、肌の色によってエラーが生じていることが発覚すると、意図せず「人種」に関する情報を取り扱うような場合が挙げられる。当該装置のエラーは意図せず「人種差別」をしていることになる。顔認識装置の開発段階では、人種差別との関係においては技術的に中立性は保たれているはずが、想定外のエラー発生原因の分析によって、その装置の利用が結果的に人種差別につながってしまう。この問題は、自動走行の車を自爆テロという本来の目的からは逸脱する目的で「意図的に」利用するという悪用の問題とは異なる。

ロボットに人工知能が備わることによって自律的に動作するロボットが、人間の指示に忠実に従って動作するのではなく、自律的かつ自動的に動く結果を予想できないとすれば、それによって生ずる法的問題⁴⁾も予想できない事例が生ずる可能性があることを認識する必要がある。

3. ロボット法の意義

ロボットは人間が造るモノであり、人間の意思によって操作される単なるモノ(道具)にすぎない段階

では、あくまで製造または加工された動産としてのロボットに関する製造物責任などが法的に検討すべき課題であった。しかし、自律型ロボットが社会において利用されるようになると、現行法令やその解釈では対応できない問題や新たな法制度が必要になる。例えば、ロボットを制御するソフトウェアの欠陥による誤作動や不正確な情報に基づく動作により事故が発生したとき、その原因となった情報そのものの製造物責任を問うことは現行の製造物責任法の射程外である。

ロボットの普及による社会の大きな変革は第4次産業革命の到来ともいわれ、安全・安心なロボット共生社会を迎えるために、ロボットの利用を巡る社会制度の整備や法的課題の検討に今すぐ着手しなければならない。ロボットを実際に導入し実社会において利用するに当たっては、技術開発に従事する研究者そして産業界にとって、安定した法基盤および倫理的に解決が必要な課題の方向性について明確な指針が示されることも必要である。

日本は将来的にもロボット大国の地位を維持できるのか、技術で勝ってビジネスで負けることを繰り返さないためにも、ルールがないために生じるロボットの導入や実装への躊躇や萎縮効果、不要な規制に起因する新たな技術革新への阻害を防ぐことが急務の課題となっている。ロボットの利用促進に必要な法の基本的理念の提唱など、国際的にもイニシアティブを取ることができるロボットと法に関する研究や検討を行うことも求められている。

4. ロボットを巡る政策動向

4.1 基本政策

「ロボット新戦略 (Japan's Robot Strategy—ビジョン・戦略・アクションプラン)」が、2015年2月10日に日本経済再生本部決定として公表された。内閣官房に設置された「ロボット革命実現会議」が経済産業省の協力のもと作成した戦略である。戦略の特徴は、従来の産業用ロボットにとどまらず、ロボットの概念を広

く柔軟に捉え、①世界のロボットイノベーション拠点—ロボット創出力の抜本的強化、②世界一のロボット利活用社会、③世界をリードするロボット新時代への戦略をロボット革命の実現に向けた戦略の3本柱としている。戦略実現のための組織として、「ロボット革命イニシアティブ協議会」が設立されている。なお、政策動向として具体的な検討が進んでいる課題としては、自動走行、無人航空機、人工知能が挙げられる。

国内におけるロボット法に関する学術研究組織としては、情報ネットワーク法学会の研究会として、「ロボット法研究会」が2016年5月21日に設立され、今後の法的・政策的研究の場として継続的な研究会開催が予定されている。

4.2 自動走行

2020年の東京オリンピック開催に向けて、自動走行システムによる自動運転の車が公道で走行できるよう検討が行われている。

2012年6月から、高速道路上の自動運転を実現するシステム（オートパイロットシステム）について、その実現に向けた課題の整理・検討などを行うため、国土交通省に「オートパイロットシステムに関する検討会」が設置され検討がなされてきたが、この時点では制度的・法的側面からの検討は行われていない。また、2015年2月からは、国土交通省・経済産業省「自動走行ビジネス検討会」が検討を開始し、自動走行ビジネス検討会報告書「今後の取組方針」（2016年3月23日）が公表されている。

制度と法的課題については、2015年10月から警察庁の「自動走行の制度的課題等に関する調査検討委員会」が、自動走行の制度的課題の検討として、①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案の作成、②自動走行についての法律上・運用上の課題の整理を目的として検討を実施した。検討の結果、2016年5月26日に「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」が公表されている。

自動走行の実現のために必要な技術的・制度的課題

については、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（2015年5月21日）」（内閣府、警察庁、総務省、経産省、国交省）に課題が示されている。

今後は、2016年5月20日に閣議決定された「世界最先端IT国家創造宣言」では、「2020年までに高速道路での自動走行や限定地域での無人自動走行による移動サービスが可能となるよう、2017年までに必要な実証を可能とすることを含め、制度やインフラの整備を含む取組を推進」するとしている。

4.3 無人航空機（ドローン）

首相官邸屋上への無人航空機（UAV）落下事件を端緒に、衝突や落下事故など安全面における懸念の高まりを受け、2015年に航空法が改正⁵⁾されている。(1)無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域、(2)無人航空機の飛行の方法、(3)事故や災害時の公共機関等による捜索・救助等の場合の適用除外が定められ、無人航空機一般に対する規制として、①飛行禁止空域の設定、②夜間飛行禁止、③目視による常時監視、ただし重量が200g未満の無人航空機は規制対象外とすることが定められた。

さらに、小型無人機などの飛行禁止地域を定める「小型無人機等飛行禁止法⁶⁾」が2016年3月18日に公布されている。

4.4 人工知能

人工知能については、総務省「AIネットワーク化検討会議」が、2016年6月20日に「AIネットワーク化の影響とリスク—^{ウィズ}智連社会（WINS）の実現に向けた課題—」を公表している。

報告書では、(1)目指すべき社会像として、「高度情報通信ネットワーク社会」、「知識社会」の次に目指すべき社会像として、「智慧」の連結に着目して「智連社会」（Wisdom Network Society: ^{ウィズ}WINS）を構想。(2)AIネットワーク化の影響として、公共（まち）／生活（ひと）／産業（しごと）の分野ごとに、2020年代～2040年代の時系列で影響を評価。(3)AIネットワー

ク化のリスクとして、AIネットワーク化のリスクを検討するための枠組みの整理及び現時点で想定されるリスクを例示。(4)当面の課題として、研究開発の原則の策定、利用者保護の在り方、社会の基本ルールの在り方等を提示し、AIネットワーク化をめぐる諸課題に関し、継続的に議論する国際的な場の形成及び国際的な場での議論に向けた国内での検討体制の整備の必要性を提唱している。

報告書で示されたAI研究開発8原則は、2016年4月に開催されたG7サミットの情報通信相会合において公表され各国の同意を得ている。

2016年4月12日に開催された日本経済再生本部の第5回「未来投資に向けた官民対話」では、人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップを策定するため、「人工知能技術戦略会議」(議長:安西祐一郎(独立行政法人日本学術振興会理事長))が創設されている。2016年5月23日には、文部科学省が「AIPプロジェクト(人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト)」に係る平成28年度戦略目標の決定を公表している。

さらに、内閣府「人工知能と人間社会に関する懇談会」が、2016年5月30日から検討を開始している。

4.5 諸外国の政策動向

ロボットに関する政策や研究プロジェクトの動きとしては、米国は「国家ロボット・イニシアティブ(National Robotics Initiative⁷⁾)」を2011年に公表。EUは、2007年から「EU第7次研究開発枠組み計画(FP7「欧州研究領域の構築—成長のための『知』」)⁸⁾」に基づいて、人工知能およびロボット関連の60にも上るプロジェクトに巨額の研究開発資金を投じるとともに、「インダストリー 4.0」では実用ロボットの開発を推進。中国は2012年に「智能製造装置産業発展計画⁹⁾」を公表している。

研究組織の動向は、米国のロボットに関する法的・制度的課題の検討の場であるWe Robot¹⁰⁾が2012年から研究会を開催。EUは前述のFP7のプロジェクトの

一つとして、法的および倫理的問題を検討し、ガイドラインを策定するためにRoboLawプロジェクト¹¹⁾が2012年から活動し、2014年9月にガイドラインを公表¹²⁾している。

5. ロボットの定義

ロボット法について議論する前提として、その対象となる「ロボット」の定義が必要であるとの意見がある¹³⁾。

「ロボット」に関する規定を有する現行法令は25法令(2016年6月1日時点)。定義が明記されているのは、産業用ロボット(労働安全衛生規則36条31号)および気象用ラジオ・ロボット(電波法施行規則2条43号)のみであり、定義を明記している「法律」は現行法では存在しない。

ロボットといえば、アイザック・アシモフの短編小説『われはロボット(I, Robot)』(1950年公刊)が有名である。しかし、「ロボット」という用語の出自は、1920年にチェコの作家であるカレル・チャペック(Karel Čapek)の「ロッサム万能ロボット会社」(R.U.R.(Rossumovi univerzální roboti))という戯曲にさかのぼる。人造人間を描くに当たり、「隷属」を意味するチェコ語のRobota(労働)という用語を用いたことが最初であるとされている。

わが国における現時点における定義は、JIS B 0134: 2015「ロボット及びロボティックデバイス—用語」(製造業及び非製造業の両環境において運転するロボット及びロボティックデバイスに関する用語について規定)において「産業用ロボット」を、「自動制御によるマニピュレーション機能又は移動機能を持ち、各種の作業をプログラムによって実行でき、産業に使用される機械」と定義している¹⁴⁾。

国際的には、この規格のもととなったISO 8373:2012(Robots and robotic devices—Vocabulary (IDT))において、産業用ロボットの定義とともにさまざまなロボットの定義がなされている。

体系的な定義の試みとしては、2006年に経済産業省「ロボット政策研究会報告書¹⁵⁾」が、ロボット3条件を示している。「センサ」、「知能・制御系」および「駆動系」の三つの要素技術があるものを「ロボット」と定義し、別の言葉で示すとすれば、「知能化された機械システム」という表現が適切であるとしている。さらに、「次世代ロボット」を「次世代産業用ロボット」（多品種変量生産の現場で、人間の代わりとして、または、人間と協調して働くことができるロボット）と、「サービスロボット」（清掃、警備、福祉、生活支援、アミューズメント等多様な用途に関し、サービス事業や家庭等の場において、人間と共存しつつサービスを提供するロボット）に分けて定義を試みている。

これら産業用ロボットの定義に加え、特許庁による定義がある。ロボット技術を大きく「ロボットを構成する基本的な技術である要素技術」と「ロボットを実際に活用する際に必要となる応用技術」に分類し、要素技術については全体構造技術、部分構造技術、制御技術、知能化技術、コミュニケーション技術の五つの大区分を設定している。また、各区分の中に合計で25の中区分を設定し、応用技術については、三つの中区分と33の小区分を設定している。

注目すべきはその定義が変遷していることである。平成13年度特許出願技術動向調査報告書では、「マニピュレーション機能を有する機械」あるいは「移動機能を持ち、自ら外部情報を取得し、自己の行動を決定する機能を有する機械」をロボットと定義していた。これに加えて、平成18年度の調査報告書では、「コミュニケーション機能を持ち、自ら外部情報を取得し、自己の行動を決定し行動する機能を有する機械」が新たに追加され、移動やマニピュレーション機能を保持していなくても、人と対話する機械をロボットとして取り扱うこととなった。

この定義の変遷が意味するところは、ロボットには、「センサ」、「知能・制御系」および「駆動系」の三つの要素技術が必要であるとする前述の定義に関し、

スマートフォンのセンサーと物を動かす知能・制御系のアプリケーションを利用することで、動力を伝達し実際に物を動かす駆動系の要素がなくても、IoTの普及により接続された端末を動かすことができたり、人工知能による会話ロボットなど知能・制御系のみでロボットとして機能するものもある。つまり、既存の定義では収まらないロボットの活用が、AIの進歩とIoTの普及によって出現しつつあることを意味する。

以上から、「産業用ロボット」については明確な定義があるにせよ、汎用性のある「ロボット」の定義は存在しない。従来のロボットの定義の範疇に含まれないロボットの普及も今後想定される。

なお、ロボット法の第一人者であるワシントン大学のライアン・ケイロ (Ryan Calo¹⁶⁾) は、ロボットの定義(3要素)として、(1)周囲の環境を認識できること、(2)認識した情報を処理する能力を有すること、(3)周囲の環境に直接対応して活動できるように組織化されたもの、これを、「知覚、思考、活動の3要素パラダイム (sense, think, act paradigm)」と呼称している¹⁷⁾。その上で、ロボットに関する従来からの技術的定義を、身体性 (embodiment)、創発 (emergence)、社会的相互作用 (social valence) に整理し、それぞれの要素に係る問題について検討を行っている¹⁸⁾。

6. ロボットを巡る法的課題

6.1 検討の視座

法的課題については、さまざまな側面から問題事例が例示されてはいるものの、体系的に検討を行う段階には至っていない。

今後の法的課題の検討に当たっては、①既に問題が発生している問題(既存の問題)、②喫緊に問題が生ずると想定される問題(想定問題)、③将来的に問題が生ずることが明らかではあるが現実に生じ、または生じた事例がない(未発生の問題)、④将来において生ずると考えられる未知の問題(未知の問題)に分けて考える必要がある。

将来的なシンギュラリティ（技術的特異点）に向けて、④までを念頭に置いた議論ができることに越したことはない。しかし、未知の問題はSFの世界でしかなく、そこまで議論の範囲を広げると、問題の非現実化、議論の誇大化、現実のリスクの矮小化、危機意識の欠如などをもたらす議論に陥る可能性が高い。

ロボット法の揺籃期においては、①（既存の問題）に関する議論を、まずは整理することが必要である。その上で、規制が存在しないことによる新たな技術の利用や導入の萎縮効果が生ずることを避けるために必要な規制を考え、②の（想定問題）について検討を行うことが求められている。ここまでは従来の判例・学説の分析に基づく2次元的な議論で対応が可能な部分である。

しかし、③将来的に問題が生ずることが明らかではあるが現実に生じ、または生じた事例がない（未発生の問題）も念頭に検討が求められており、平面的な解釈論ではなく立体的（立法論的かつ新知見の開拓等）な3次元的議論が求められている。さらに、④将来において生ずると考えられる未知の問題（未知の問題）への備えを想像しなければならない場面も今後生ずる可能性があるが、法学の世界では、未知の問題を想像しながら議論することは、もはや4次元的な位置付け

での議論といえよう。

6.2 体系的な検討に向けた取り組み

EUのロボロー・ガイドライン¹⁹⁾は、ロボットを巡る法的課題の体系的な検討を試みた最初の取り組みであると考えられるが、体系的なガイドラインの提示には至らず、具体的な問題を手掛かりに検討に着手せざるを得なかったとしている。具体的な検討課題としては、①ロボット（ドローンなど文字どおりのロボット）、②自動運転（自動操縦）、③モビルスーツ・義足等（装着型、ウェアラブル）、④手術・遠隔地・宇宙（リモート操作、遠隔地対応）、⑤医療・介護、福祉（医療等分野）、⑥災害・レジリエンスについて個別に検討を行っている。法的課題については、①健康、安全、環境、利用者保護のための規制（安心・安全な利用環境の保護）、②法的責任 製造物責任（物の製造物責任、情報の製造物責任は認められるか）、③知的財産（ロボットそのもの、ロボットが創作したもの）、④プライバシー、⑤権利能力（エージェント）についての考察を行っている。

国内においては、総務省のAIネットワーク化検討会議が体系的な検討を試み、(1)機能に関するリスク／法制度・権利利益に関するリスク、(2)AIネット

図表1 We Robot 2016におけるロボットに起因する問題設例

1.	自律ロボットが家の中にある花瓶を破壊
2.	遠隔操作ロボットを用いて、何者かが家の中の物を窃取
3.	自動走行車が他の自動走行車と衝突
4.	自動走行車が他の自動走行車と衝突し、乗員が死亡
5.	自動走行車が障壁に衝突、ドライバーが負傷、路上に飛び出してきた子供との衝突を避けた結果の事故
6.	無線で操作された車と犬が衝突
7.	警察のドローンが民家に衝突
8.	自律型ロボットがあなたの足の上を歩行
9.	オープンソースソフトウェアにより動作している自律ロボットが、あなたの足の上を歩行
10.	ドローンで写真を撮影している個人が、裏庭に横たわって日光浴をしている裸の人物の写真を撮影し自動的にウェブ上に公開
11.	市販の自律型家庭用ロボットのプログラムを変更し、貴重品を判別できるように設定した上で、歩道上にそれらのロボットを放置。その一つが、家の中に入り込み貴重品を物色
12.	ドローンで写真を撮影している個人が、9階のアパートの窓越しに撮影したカップルの性行為中の動画を自動的にウェブ上に公開

ワーク化の進展段階とリスクの顕在化、(3)予測可能なリスク／不確実なリスク、という観点から詳細な検討を行っている²⁰⁾。

6.3 個別の法的課題

2016年3月にマイアミ大学で開催されたWe Robot (筆者による本号掲載の参加報告を参照)では、喫緊に対応が必要な法的課題について、前年度に実施したアンケート結果²¹⁾が公表されている。

アンケートの結果では、①責任論(法的責任の割り当て)、②責任の所在、③ロボットに起因する犯罪や財産的損害に対する法的責任、④ロボットが誰かを傷つけた場合の対応、⑤委任、⑥不法行為責任、⑦不法行為訴訟の提起を制限するための基準の必要性、⑧製造物責任、⑨メーカーが負担すべき製造物責任の範囲(全てのロボットの故障に対して責任を負うべきか)、⑩プライバシーの保護、⑪法的規制一般、⑫個人情報保護、⑬データセキュリティ、⑭保険、⑮特許、⑯契約などが、主に検討が必要な課題となっている。しかし、これらを見ても具体的に検討が必要な課題を体系的に把握することはできない。

さらに、ロボットに起因する問題に係る法的責任の在り方を考える設例として、以下の例がアンケート項

目として示されているものの、あくまで参考となる説例にすぎない(図表1)。

6.4 法領域別の課題例

最後に、法的課題については、法学の分野ごとに現在までに公表されている文献から課題の分類を試みた(図表2)。個別の検討課題を体系的に把握・整理し研究を進める上で必要な基礎資料として、今後検討が必要なプログラムを記すことで本稿のまとめとしたい。



Fumio Shimpo

新保 史生

慶應義塾大学 総合政策学部 教授
博士(法学)。専門は、憲法、情報法、ロボット法。経済協力開発機構(OECD)情報セキュリティ・プライバシー部会(SPDE)副議長、憲法学会理事、法とコンピュータ学会理事、総務省情報通信政策研究所特別上級研究員。総合科学技術・イノベーション会議専門員、内閣府「人工知能と人間社会に関する懇談会」委員、神奈川県「ロボット共生社会推進検討会議」座長、総務省「AIネットワーク化検討会議」委員、情報ネットワーク法学会「ロボット法研究会」主査。

図表2 ロボット法における法領域別の今後の検討課題

憲法の領域	安全保障(軍事利用やテロ対策 ²²⁾ 、自律型兵器 ²³⁾ 、ドローン ²⁴⁾)	民事法の領域	不法行為 ⁴⁵⁾ (製造物責任 ⁴⁶⁾ 、自動走行 ⁴⁷⁾ 、人工知能の悪用や暴走 ⁴⁸⁾ 、スパム対策 ⁴⁹⁾)
	プライバシー ²⁵⁾ 、肖像 ²⁶⁾ 、個人情報保護(ビッグデータ解析 ²⁷⁾)		消費者保護 ⁵⁰⁾
	法の下での平等 ²⁸⁾		契約 ⁵¹⁾
	表現の自由 ²⁹⁾		知的財産(AIが作成した著作物の著作権 ⁵²⁾ 、特許 ⁵³⁾)
	適正手続 ³⁰⁾		医療・介護 ⁵⁴⁾ (手術 ⁵⁵⁾ 、医療分野における利用 ⁵⁶⁾ 、ヘルスケア ⁵⁷⁾ 、医療過誤 ⁵⁸⁾)
	勤労(雇用環境の変化 ³¹⁾ 、雇用管理と差別)		
	司法制度(訴訟手続の補助 ³²⁾ 、電子証拠開示 ³³⁾ 、ADR ³⁴⁾ 、法律相談 ³⁵⁾)	刑事法の領域	犯罪(AIを利用した犯罪 ⁵⁹⁾)
行政法の領域	倫理 ³⁶⁾ 、法解釈 ³⁷⁾		自動走行車による交通事故や交通違反 ⁶⁰⁾
	ロボット行政(ロボット管理政策 ³⁸⁾)	国際法	ドローン ⁶¹⁾
	自動走行車の公道走行 ³⁹⁾ 、ドローンの飛行 ⁴⁰⁾ 、ロボット制御と電波監理 ⁴¹⁾ 、その他の行政の規制個別領域における利用と管理(産業一般 ⁴²⁾ (標準化 ⁴³⁾)、情報通信 ⁴⁴⁾ 、医療・介護、農業、金融・信用、労働、物流、エネルギー、災害、建設・インフラ管理、警察、学校など)		国際人道法とロボット ⁶²⁾

注

- 1) ロボット法全般に関する研究は、RYAN CALO, A. MICHAEL FROMKIN, IAN KERR, ROBOT LAW (Edward Elgar Pub (2016)), UGO PAGALLO, THE LAWS OF ROBOTS: CRIMES, CONTRACTS, AND TORTS (Springer (2013)) が先行文献の代表例ではあるが体系的な考察までには至っていない。
- 2) 「ユビキタス・ネットワーク」という用語の出自は、村上輝康、藤沼彰久「ユビキタス・ネットワーク時代に向けて (特集 ユビキタス・ネットワーク時代の幕開け)」知的資産創造 8(2) (2000)PP.14-23に端を発する。
- 3) 「パラダイムシフト」とは、「科学革命」のことをいう。トーマス・クーン『科学革命の構造』(1962)日本語版(1971年 中山茂(翻訳)みすず書房)。トーマス・クーンは、専門家たちに共通した前提をひっくり返してしまうような異常な出来事を科学革命と称し、通常科学の伝統に縛られた活動と相補う役割をし伝統を断絶させるものであると説いた。パラダイムシフトとは科学が累積的に発展するのではなく、古いパラダイムと両立しない新しいものによって、完全に、あるいは部分的に置き換えられる現象をいう。
- 4) 人工知能の定義から将来的な法的課題に関する考察については、JOHN FRANK WEAVER, ROBOTS ARE PEOPLE TOO: HOW SIRI, GOOGLE CAR, AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE WILL FORCE US TO CHANGE OUR LAWS (Praeger Pub (2013))。
- 5) 航空法の一部を改正する法律(平成27年法律第67号) 2015年9月11日公布、12月10日に施行。
- 6) 国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要な施設等、外国公館等及び原子力事業所の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律(平成28年法律第9号)。
- 7) National Robotics Initiative (NRI), *The realization of co-robots acting in direct support of individuals and groups*, <<http://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14500/nsf14500.htm>> (2014年に改定されている)。
- 8) FP7 <<https://ec.europa.eu/research/fp7/>>。
- 9) FNA「中国産業用ロボット市場調査総覧(2013年版)」FNA 調査部(2013)。
- 10) We Robot<<http://robots.law.miami.edu/2016/>>。
- 11) RoboLaw, *Regulating Emerging Robotic Technologies in Europe: Robotics facing Law and Ethics*, <<http://www.robolaw.eu/>>。
- 12) RoboLaw, *D6.2 Guidelines on Regulating Robotics* <http://www.robolaw.eu/RoboLaw_files/documents/robolaw_d6.2_guidelinesregulatingrobotics_20140922.pdf> (2014/09/22)。当該ガイドライン公表後も検討が行われており、実社会においてロボットを実装する際のテスト時に問題となる事項について、規制の枠組みの不存在に起因する問題、実現に必要な政治的判断、公共の場における利用において生ずる問題、安全性確保のための試験などについて解決が必要であるとの議論がなされている。その上で、EU域内における規制の統一とともに「指令」の制定も念頭に九つの戦略的な課題解決の方策について議論を行っている。具体的な内容については、Paolo Dario教授と筆者の個人的な意見交換により得た情報であるため出典を明記することができる情報ではないことを付言しておきたい。
- 13) NEDO「ロボット白書2014」第2章ロボット利用の意義・必要性・取り巻く環境の12頁、ロボット政策研究会「ロボット政策研究会中間報告書～ロボットで拓くビジネスフロンティア～」(平成17年5月) 23頁。
- 14) その他のJIS規格における定義としては、産業用ロボットのための安全要求事項を定める国際規格(ISO10218-1及びISO10218-2)が制定され、日本工業規格では、ロボットの設計及び製造上の安全を確保するための指針規格についてJIS B8433-1(ロボット及びロボティクスデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項—第1部:ロボット)、ロボットシステムのインテグレーション(ロボットを他の機器や機械と組み合わせるもの)や設置における安全性を確保するための指針規格として、JIS B8433-2(ロボット及びロボティクスデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項—第2部:ロボットシステム及びインテグレーション)が制定されている。2015年3月25日改正「産業用ロボットの安全性に係るJISを制

注

- 定・改正しました～産業用ロボットの安全性向上を目指します～」<<http://www.meti.go.jp/press/2014/03/20150325001/20150325001.html>>。生活支援ロボットの規格においても、2014年2月に国際安全規格「ISO13482」が発行され、生活支援ロボットを、「移動型」「装着型」「搭乗型」の3タイプに分けて定義しているJIS B8445、B8446-1、B8446-2及びB8446-3が、2016年4月20日に制定されている。<<http://www.meti.go.jp/press/2016/04/20160420002/20160420002-2.pdf>>。
- 15) 前掲注11参照。
 - 16) Ryan Calo, *Robots in American Law*, Legal Studies Research Paper No. 2016-04 (2016).
 - 17) Ryan Calo, *Robotics and the Lessons of Cyberlaw*, 103 CALIF. L. REV. 513,529 (2015).
 - 18) 身体性 (embodiment) という用語を、自律性 (autonomous) の代わりに用いている。
 - 19) 前掲注10参照。
 - 20) 総務省「AIネットワーク化検討会議報告書2016」(平成28年6月20日)<http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01iicp01_02000050.html>。
 - 21) William D. Smart, *What do We Really Know About Robots and the Law?*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016).
 - 22) Rebecca Crootof, *The Killer Robots Are Here: Legal and Policy Implications*, 36 CARDOZO L. REV. 1837 (2015) (自律兵器は可及的速やかに国際的に確固たる規制が必要であると主張), Mary Ellen O'connell, *The Legal Challenges of Globalization: A View from the Heartland: 21st Century Arms Control Challenges: Drones, Cyber Weapons, Killer Robots, And Wmds*, 13 WASH. U. GLOBAL STUD. L. REV. 515 (2014) (大量破壊兵器、バイオケミカル兵器、核兵器等との比較により、ドローン兵器の問題、サイバー攻撃の問題について論じている), Vik Kanwar, *Post-Human Humanitarian Law: The Law of War in the Age of Robotic Weapons*, 2 HARV. NAT'L SEC. J. 577 (2011) (自律とアカウントビリティの問題を考えた上で、人間が直接動作に関与しない兵器の規制の必要性を提唱)。
 - 23) 佐藤丙午「致死性自律兵器システム (LAWS) をめぐる諸問題 (ロボット技術と戦争)」国際安全保障42(2014-09)PP.1-14。Jason Millar, *AJung Moon, How to Engage the Public on the Ethics and Governance of Lethal Autonomous Weapons*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016), Tyler D. Evans, Note: *At War With the Robots: Autonomous Weapon Systems and the Martens Clause*, 41 HOFSTRA L. REV. 697 (2013) (現状において用いられている自律型兵器を総合的に考察した上で、アシモフのロボット工学三原則に基づき当該兵器禁止の必要性を検証), Gary E. Marchant, Braden Allenby, Ronald Arkin, Edward T. Barrett, Jason Borenstein, Lyn M. Gaudet, Orde Kittrie, Patrick Lin, George R. Lucas, Richard O'Meara, Jared Silberman, *International Governance of Autonomous Military Robots*, 12 COLUM. SCI. & TECH. L. REV. 272 (2011) (自律型兵器 (LARs) の問題をLOACやICRACの議論から検証し、バイオ兵器委員会 (BWC) が禁止する兵器と対比), Tetyana (Tanya) Krupiy, *Of Souls, Spirits and Ghosts: Transposing the Application of the Rules of Targeting to Lethal Autonomous Robots*, 16 MELBOURNE J. OF INT'L LAW 145 (2015) (LARsの定義から当該兵器の利用に係る法的・倫理的課題を詳細に検討), 小金澤鋼一「自律型ロボット兵器の現状と危険性 (特集 軍学共同と戦争する国づくり)」経済(2016-03)PP.60-65。
 - 24) PETER L. BERGEN, DANIEL ROTHENBERG, *DRONE WARS: TRANSFORMING CONFLICT, LAW, AND POLICY* (Cambridge University Press (2014)) (ドローンの利用を巡る問題を、兵器としての利用を巡る問題を主眼に、CIAによるドローン攻撃の政策の是非、戦争とテロ対策の境界、軍事目標と非戦闘員に対する被害、戦闘地域外から遠隔で攻撃することの法的妥当性などの視点から22名の論者が多角的に論じている)。

注

- 25) Matthew Rueben, William D. Smart, *SmartPrivacy in Human-Robot Interaction: Survey and Future Work*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016), 小林正啓「法的観点から見たプライバシー保護のあり方(＜特集＞監視社会におけるプライバシー保護のあり方)」システム/制御/情報: システム制御情報学会誌54(2010-06-15)PP.231-235。
- 26) 小林正啓「ビッグデータとロボットのELSI」電子情報通信学会誌 Vol.99 No.6(2016)PP. 490-494(JR大阪駅における顔貌識別カメラ設置に伴う問題)。
- 27) Elizabeth E. Joh, *Artificial Intelligence and The Law: Essay: Policing by Numbers: Big Data and The Fourth Amendment*, 89 WASH. L. REV. 35 (2014) (ビッグデータ解析、とりわけDNAデータベースを用いた犯罪捜査において、人工知能を用いて予測した結果を捜査において用いることの可否)。
- 28) Peter Asaro, *Will #BlackLivesMatter to RoboCop?*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016) (デジタル技術を入種差別の問題との関係で見た場合、技術的に中立性が保たれており、警察官による黒人に対する差別的な対応とは無縁のように思えることを指摘。しかしながら、当該プログラムが政策的意図に左右される恐れもあり、機械的に動作するロボットを用いて行われる活動は、警察による暴力の本質的な問題が解決されるどころか、新たな入種差別や偏見等を引き起こす可能性があるとする。具体的には、当初の目的とは異なる目的で用いられ、意図せず差別につながる利用がなされることへの危険性を示している。例えば、水道の自動栓は肌の色によってエラーが生じることがあるとし、ロボットによる法執行が肌の色によって機械的に不具合が生じる場合、結果的に差別につながる恐れがあることを例として挙げている。自律型ロボットを用いた法執行における法の下での平等や適正手続の保障を巡る新たな問題を洞察する論考として、今後のロボット法研究においては実に示唆に富む興味深い内容の報告である)。
- 29) Helen Norton, Toni Massaro, *Siriously? Free Speech Rights for Artificial Intelligence*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016) (人工知能が話した差別的発言について表現の自由の保障は及ぶのか否かを検討)。
- 30) Danielle Keats Citron and Frank Pasquale, *Artificial Intelligence and the Law: Essay: The Scored Society: Due Process for Automated Predictions*, 89 WASH. L. REV. 1 (2014) (人工知能による予測の妥当性を誰が評価するのかという問題を指摘), Stephen A. Simon, *Dog Sniffs, Robot Spiders, and the Contraband Exception to the Fourth Amendment*, 7 CHARLESTON L. REV. 111 (2012) (犬の嗅覚に係る Kyllo 判決を手がかりにロボットスパイダーの利用と令状主義について)。
- 31) 南部朋子、橋本拓朗「ロボットに関する法的問題と労働者への影響(特集 ロボットと共に働く)」労働の科学65(2010-11)PP.659-662。
- 32) 指宿信「テクノロジーと司法制度: ロボットはいつか法律実務を担うのか」総合法律支援論叢(2015-02)PP.1-18、新田克己「法律における事例ベース推論と論争(＜小特集＞法律と人工知能)」人工知能学会誌13(1998-03-01)PP.181-188、原口誠「法とAIにおける類推(＜小特集＞法律と人工知能)」人工知能学会誌13(1998-03-01)PP.173-180、松村 良之、太田勝造、岡本浩一「裁判官のエキスパーティーズとは何か: 「スジ」、「スワリ」をてがかりに(＜小特集＞法律と人工知能)」人工知能学会誌13(1998-03-01)PP.165-172、山口高平、樽松理樹「法律オートロジー(＜小特集＞法律と人工知能)」人工知能学会誌13(1998-03-01)PP.189-196。Pamela S. Katz, *Expert Robot: Using Artificial Intelligence to Assist Judges in Admitting Scientific Expert Testimony*, 24 ALB. L.J. SCI. & TECH. 1 (2014)。
- 33) Harry Surden, *Artificial Intelligence and The Law: Essay: Machine Learning and Law*, 89 WASH. L. REV. 87 (2014), 「法律 UBIC(ユービック)」「e(イー)ディスカバリ」企業犯罪の証拠を発見 捜査機関も導入の監査システム(人工知能(AI)が拓く未来)―(AI活用の最前線 医療、介護、法律業界 ビジネスを変える先駆者たち)」エコノミスト 92(2014-11-18)PP.79-80。

注

- 34) David Allen Larson, Symposium 2009: *Teaching and Technology: Teaching ADR and the Future of Dispute System Design: Article: Artificial Intelligence: Robots, Avatars, and the Demise of the Human Mediator*, 25 OHIO ST. J. ON DISP. RESOL. 105 (2010).
- 35) 松村真宏、谷内田正彦「判例の因果関係に基づく法律相談システム」人工知能学会全国大会論文集 = Proceedings of the Annual Conference of JSAIL13 (1999-06-15) PP.185-188.
- 36) Madeleine Elish, *Moral Crumple Zones: Cautionary Tales in Human Robot Interaction*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016).
- 37) Lawrence B. Solum, *Artificial Intelligence and The Law: Essay: Artificial Meaning*, 89 WASH. L. REV. 69 (2014).
- 38) Raj Madhavan, *Autonomous Technologies and their Societal Impact*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016) (ライアン・ケイロ教授が提唱したロボットを所管する政府機関「連邦ロボット委員会 (Federal Robotics Commission)」実現のために必要な課題についての意見).
- 39) 警察庁「自動走行の制度的課題等に関する調査研究報告書」(2016年05月11日) 77頁、戸嶋浩二「自動走行車(自動運転)の実現に向けた法制度の現状と課題」NBL1073、NBL1074 (2016) PP.49-56、中山幸二「自動運転をめぐる法的課題 (特集 自動運転)」自動車技術69 (2015-12) PP.39-4、鈴木崇児「高速道路における自動運転の可能性と実現へのシナリオ」高速道路と自動車57 (2014-10) PP.5-9、大口敬「自動車の自動運転と自動車専用道路 (特集 自動運転)」高速道路と自動車59 (2016-01) PP.15-18、新保史生「自動走行システムによる自動運転に係る制度的課題をめぐる検討状況」高速道路と自動車59 (2016) PP.1-4。高橋郁夫、有本真由「自動車システムの法律問題—自動運転を中心に」情報ネットワーク・ローレビュー第14巻 (2016) PP.101-116は自動走行全般に渡る法的課題を考察している。
- 40) 赤坂亮太、小林正啓、夏井高人「シンポジウム ロボット・ドローンの安全性に対する法的対処・責任の所在」情報ネットワーク・ローレビュー 14 (2015-12) PP.33-71、村上麻里子「ドローンは企業に何をたらすか "空飛ぶIoT" の使い方 (特集 ロボット×IoTが世界を変える)」テレコミュニケーション 33 (2016-04) PP.16-19。
- 41) 林浩美「ロボットにおける電波利用をめぐる法制度」NBL1074 (2016) PP.42-48。
- 42) 佐脇紀代志「経済産業政策最前線 /IoT 政策特集ロボット編 日本発、『ロボット産業革命』を推進」時評58 (2016-02) PP.84-89。
- 43) 山田陽滋「JIS B 8445 (ロボット及びロボティックデバイス : 生活支援ロボットの安全要求事項) の制定と波及効果 (小特集 生活支援ロボット JISの制定)」標準化と品質管理69 (2016-04) PP.31-36、鍋島厚太「JIS B 8446 シリーズ (生活支援ロボットの安全要求事項) の制定 (小特集 生活支援ロボット JISの制定)」標準化と品質管理69 (2016-04) PP.37-42。
- 44) 坪田弘樹「ロボットが変えるコミュニケーションの未来 自分の分身をどこでも派遣 (特集 ロボット×IoTが世界を変える)」テレコミュニケーション 33 (2016-04) PP.12-15、小林正啓「DK-2-1 ネットワークロボットによるパーソナルデータ活用の法的・倫理的・社会的課題 (DK-2.ビッグデータとロボット—法律と倫理の観点からのサービスの在り方—,ソサイエティ特別企画,ソサイエティ企画)」電子情報通信学会総合大会講演論文集2015 (2015-02-24) PP."SS-1"- "SS-2"、小林正啓「ネットワークロボットの法律問題について : 実用化を迎えたネットワークロボットが直面する法的課題と解決の方向性 (特別講演,実世界指向,産業)」電子情報通信学会技術研究報告. CNR, クラウドネットワークロボット 114 (2015-02-12) PP.49、小林正啓「クラウドネットワークロボットの法的問題点 (<小特集>クラウドネットワークロボット—クラウド化で広がる新たなネットワークロボットの可能性—)」電子情報通信学会誌95 (2012-12-01) PP.1084-1088。
- 45) 赤坂亮太「テレグジスタンスの提供に伴う不法行為責任の検討」情報ネットワーク・ローレビュー 12 (2013-11) PP.1-20。

注

- 46) 平野晋「製造物責任(設計上の欠陥)における二つの危険効用基準: ロボット・カーと「製品分類全体責任」」NBL(2014-12-15)PP.43-57、平野晋「製造物責任法リステイトメント起草者との対話: 日本の裁判例にみられる代替設計「RAD(ラッド)」の欠陥基準」NBL(2013-12-01)PP.40-49、平野晋「ロボットの安全性確保—製造物責任と安全基準(特集 ロボットが切り拓く未来)」都市問題研究61(2009-08)PP.80-94、平野晋「ロボットPL(ピー・エル)—ファースト・フード訴訟に学ぶ「製品分類別責任」(特集 サービスロボットの安全性)」ロボット(2006-01)PP.17-21、赤坂亮太「自律ロボットの製造物責任: 設計上の欠陥概念と開発危険の抗弁をめぐって」情報ネットワーク・ローレビュー 13(2014-10)PP.103-121、赤坂亮太「『情報の製造物責任』に関する考察」情報ネットワーク・ローレビュー第14巻(2016)PP.129-146。
- 47) 佐藤智晶「人工知能と法: 自動運転技術の利用と法的課題、特に製造物責任に着目して」青山法学論集57(2015-12)PP.27-42、Françoise Gilbert, Raffaele Zallone, *Connect Cars – Recent Legal Developments*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016), Harry Surden, Mary-Anne Williams, *Autonomous Vehicles, Predictability, and Law*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016), 橋本尚久「新しい移動手段としてのモビリティロボットの現状と課題」電子情報通信学会誌97(2014-06-01)PP.507-512。
- 48) David C. Vladeck, *Artificial Intelligence and The Law: Essay: Machines Without Principals: Liability Rules and Artificial Intelligence*, 89 WASH. L. REV. 117 (2014).
- 49) Harry Surden, *Artificial Intelligence and The Law: Essay: Machine Learning and Law*, 89 WASH. L. REV. 87 (2014).
- 50) Woodrow Hartzog, *Unfair and Deceptive Robots*, 74 MD. L. REV. 785 (2015), 小林正啓「次世代ロボットの直面する法的課題について」計測と制御 = Journal of the Society of Instrument and Control Engineers49(2010-06-10)PP.373-378。
- 51) 中務保志、安村禎明、新田克己「契約交渉を法的に支援するエージェント」人工知能学会全国大会論文集 = Proceedings of the Annual Conference of JSAI14(2000-07-03)PP.1-4。
- 52) John Weaver, *Siri is My Client: A First Look at Artificial Intelligence and Legal Issues*, 52 N.H.B.J. 6 (2012), William P. Jacobson, *Selection From the Grammy Foundation Entertainment Law Initiative 2010 Writing Competition: The Robot's Record: Protecting the Value of Intellectual Property in Music When Automation Drives the Marginal Cost of Music Production to Zero*, 32 LOY. L.A. ENT. L. REV. 31 (2011 / 2012), 福井 健策「講演録 人工知能と著作権2.0: ロボット創作の拡大で著作権制度はどう変容するのか」コピライト 55(2015-08)PP.2-26。
- 53) William Samore, *Artificial Intelligence and the Patent System: Can a New Tool Render a Once Patentable Idea Obvious?*, 29 SYRACUSE SCI. & TECH. L. REP. 113 (2013), Ben Hattenbach & Joshua Glucoft, *Patents in an Era of Infinite Monkeys and Artificial Intelligence*, 19 STAN. TECH. L. REV. 32 (2015).
- 54) 本田雄一郎、中村豪、陳隆明「DK-2-3 ロボットリハビリテーションの取り組み(DK-2.ビッグデータとロボット—法律と倫理の観点からのサービスの在り方—、ソサイエティ特別企画、ソサイエティ企画)」電子情報通信学会総合大会講演論文集2015(2015-02-24)PP."SS-5"。
- 55) 吉岡邦彦「米国におけるプロクターシステム」Japanese Journal of Endourology, 28(2015)PP.158-161、藤原康弘「現在の日本の臨床試験が抱える問題点(日本における臨床試験をめぐる諸問題—原点に立ちもどって一、会員のための企画)」日本外科学会雑誌116(2015-07-01)PP.260-264、古川俊治「ロボット手術実施のための法的諸問題」日本ロボット学会誌 = Journal of Robotics Society of Japan22(2004-05-15)PP.432-434、古川俊治「ロボット手術実施のための法的立場から: ロボット手術実施のための法的諸問題」日本コンピュータ外科学会誌5(2003)PP.100-102。
- 56) Amanda Swanson, *The Legal Challenge of Incorporating Artificial Intelligence into Medical Practice*, Vol. 6, No. 1, J. HEALTH & LIFE SCI. L. PG. 90 (2012).

注

- 57) Aurelia Tamo, Christoph Lutz, *Privacy and Healthcare Robots – An ANT Analysis*, We Robot 2016 Working Paper 3/20/2016 (2016).
- 58) Jessica S. Allain, *From Jeopardy! to Jaundice: The Medical Liability Implications of Dr. Watson and Other Artificial Intelligence Systems*, 73 LA. L. REV. 1049 (2013).
- 59) GABRIEL HALLEVY, WHEN ROBOTS KILL: ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNDER CRIMINAL LAW (Northeastern (2013)), Gabriel Hallevy, *When Science Fiction Becomes Reality: Legal Liability of AI Robots committing Criminal Offenses*, 2010 SYRACUSE SCI. & TECH. L. REP. 1 (2010).
- 60) 警察庁「自動走行の制度的課題等に関する調査研究報告書」(2016年5月11日) 77頁。
- 61) John F. Weaver, *Abhor a Vacuum: The Status of Artificial Intelligence and AI Drones under International Law*, 54 N.H.B.J. 14 (2013).
- 62) Titus Hattan, Comment: Lethal Autonomous Robots: *Are They Legal Under International Human Rights and Humanitarian Law?*, 93 NEB. L. REV. 1035 (2015) (無人攻撃機を米軍がすでに戦闘において利用していることに関し、ブレデーターやラブターが実際にヘルファイアミサイルを発射し攻撃を行うことについて、国際人道法との関係においての議論がなされていないことを指摘)。

「We Robot 2016」参加報告

新保 史生

慶應義塾大学 総合政策学部 教授

2016年3月にマイアミで開催されたWe Robot 2016に参加した。
2012年から米国において開催されているロボットを巡る制度的課題に関する
先進的な研究会の模様を紹介する。

1. 概要

We Robot 2016は、毎年、米国においてロボットに関する制度的な課題の研究を目的として開催されている研究会である。アイザック・アシモフの『I, Robot』に対しWe Robotと称している。

研究会は2日間の日程でマイアミ大学で開催された。前日にはワークショップも開催された。

ワークショップの参加者は46名。四つの学問領域から終日活発な議論が交わされた。参加者は、米国以外にイギリス、イタリア、オランダからも参加し、日本からは今回初めての参加となる。2日間の研究会では、さらに、サウジアラビア、スコットランド、スペインからも参加し、研究報告だけでなくポスター発表、ペッパーや海底探査機の実演なども行われた。

参加者は、法学、経済学、倫理学、哲学などの文系の研究者からロボット工学など理系の研究者をはじめとして、弁護士、技術者(コンピューターやネットワーク関係の技術者)、ジャーナリスト、企業の社内弁護士、学生(憲法やロボット法専攻)、軍法を専門とする独立法務官、FCCやFTCなどの行政官など、米国内でロボットに関する法律問題を研究している研究者のみならず、幅広い専門分野の専門家で構成される。

2. ワークショップ

ワークショップの構成と進め方は実に興味深いものであった。ロボットを巡る問題について、法学、倫理学、工学、経済学の順に、各分野の研究者がモデレーターを務め、参加者との活発な議論のもとにグループワークなど常に発言を求められる。参加者の知識の引き出しを総動員した議論は、これこそがマルチステークホルダー・プロセスにおける議論であると実感した。

議論の進め方にも大変感銘を受けた。まずは、法的な問題をロースクールの教員が課題を提示し体系的に議論を進め、憲法を基本として、制定法、コモンロー、行政法、衡平法、国際法など各分野からの視点での検討が必要であることを示す。その上で、倫理学の研究者が法的に解決できない問題への対応の在り方を問いかけ、研究倫理を三つの原則(個人の尊重、恵沢、正義)に基づいて議論する。さらに、工学の研究者がロボット技術について、センサーやカメラなどの技術における問題点を解説し、ロボットを的確に動かす技術において何が難しいのかを分かりやすく説く。最後に、経済学者が新たな技術の普及において、どのような要素がその普及に影響しているかを分析し、創造的破壊(Review of Disruption)とは何かを解説する。

報告者の報告を聞いて最後に質疑応答などが行われ、参加者は基本的にはそれらの聴取に専念する会議



(左) 会場校のブルームキン教授と、We Robotの中心メンバーであるケイロ教授による開会挨拶

(右) 会場の受付にて

や研究会に慣れている筆者にとって、今後のわが国におけるロボット法に関する研究会の進め方を考える上で大きな示唆を得た。

3. 研究会

2日間の研究会は、ロボットの社会実装に向けて規制が必要な具体的な課題への対処方法を個別に検討するのではなく、ロボットを巡る諸課題への基本となる概念や考え方に関する議論が行われた。自動走行、人工知能、ドローンなど、具体的な問題を手掛かりにしつつも、各課題に個別に検討が必要な法的な課題や規制についての議論よりは、法的思考の在り方についての議論に近い内容であった。いわば「ロボット条理」の在り方について議論しているというイメージである。

各報告に共通している点として、全ての問題について適切な対処方法を全て認識している人はいないことを前提に、新たな問題への対処方法を考えなければならないとの考えに基づいている点である。

法的な観点からの共通認識としては、新たな規制を適用または適用しない領域の線引きが必ずしも明確ではないこと。リスクの許容範囲と裁量の在り方、事前対応と事後対応の区分け。規制と基準の違い。技術的中立性の観点から、新法が必要か、既存の法律で対応が可能かという点が指摘されていた。

研究会1日目は、ロボットを利用したシステムにより責任が生じたときにおける責任論としての道徳的なクランプル・ゾーン、ヒューマン・ロボット・インタラクションにおけるスマート・プライバシー、自律的殺人兵器の倫理およびガバナンスの在り方について、自動走行を巡る課題(自律走行、予測可能性および法的課題)、コネクティド・カーを巡る最近の法的動向、アメリカ法におけるロボットについて報告と議論がなさ

れた。

2日目は、プライバシーとヘルスケアロボット、ロボット・ガバナンスのための制度的課題、ロボコップと#BlackLivesMatter(ロボコップによる黒人差別はあり得るのか)、人工知能と言論の自由、そして、ロボットと法について我々は何を知っているのか?について興味深い報告とともに活発な議論が交わされた。

本研究会に参加し、ロボットを巡る課題のみならず、マルチステークホルダー・プロセスの本来の姿を確認する機会ともなり、今後のわが国における検討の進め方を考える上でも示唆に富む研究会であった。

最後に、今回ご支援をいただいた公益財団法人KDDI財団の海外学会等参加助成により、海外におけるロボット法研究の現状を把握することができ、わが国におけるロボットと法に関する研究の推進に向けた取り組みの一步を踏み出すきっかけとさせていただくことができました。また、私事ながら研究資金に恵まれない状況において研究助成をいただいたことは感謝の念に堪えません。



Fumio Shimo
新保 史生

慶應義塾大学 総合政策学部 教授
博士(法学)。専門は、憲法、情報法、ロボット法。経済協力開発機構(OECD)情報セキュリティ・プライバシー部会(SPDE)副議長、憲法学会理事、法とコンピュータ学会理事、総務省情報通信政策研究所特別上級研究員。総合科学技術・イノベーション会議専門員。各府省庁、地方公共団体、公益法人、業界団体等の130ほどの委員を歴任。近著に、『情報倫理の挑戦』学文社(2015:共著)、『OECDプライバシーガイドライン—30年の進化と未来』日本情報経済社会推進協会(2014:共著)。

「International Society of Public Law (ICON-S) Annual Meeting 2016」参加報告

寺田 麻佑

国際基督教大学 大学院 アーツ・サイエンス研究科 准教授

本年6月17日～19日にベルリンで開催されたICON-S学会大会では、公法学に関するさまざまな現代課題が提示され、活発な報告と意見交換がなされた。

1. 会議の概要

筆者は2016年6月17日から19日まで、ベルリンにおいて開催されたICON-S学会大会(Annual Meeting of International Society of Public Law)に参加した。

ICON-S学会大会は、公法学の多様なトピックを扱う国際学会であり、比較憲法、行政法、情報通信法、IT法等に関わる研究者たちが、それぞれコンテンツラリーかつ重要と考える事柄について発表し、意見交換を行う場である。学会の正式な設立者は、欧州大学院大学(European University Institute)とニューヨーク大学ロースクール(New York University-School of Law)であり、2016年度はベルリンのフンボルト大学において学会大会が6月17日から6月19日までの間、開催された。学会大会は、キーノートスピーチ(1日目)とメインパネルディスカッション(2日目、3日目)とその他各国の公法学研究者による論文発表によって成り立っており、メインパネル以外の多くのサブパネルにおいて、情報通信に関するトピックも含め、各国行政の組織状況、EU、米国、日本、中国、南米等、各国におけるさまざまな公法学の現代的課題が提示される。

会場であるフンボルト大学の大ホールを利用した全体会合においては、まず、6月17日に、トロント大学Ran Hirschl教授とフンボルト大学のMattias Kumm教授によるOpening Remarksの後、ヨーロッパ人権裁判

所のFrançoise Tulkens元判事とSabino Casseseイタリア憲法裁判所元判事より、国境の概念について不可避の影響をもたらしている、亡命・移民問題に関するKeynote Speechがなされ、さらに移民と移動についてPlenary Sessionが行われた。

2. 分科会の模様

分科会においては、欧州や米国のみならず、さまざまな国から研究者や実務家が論文を発表し、多くの議論が交わされた。筆者はまず、“The Boundaries of Data Protection”(データ保護の境界)と題する分科会に参加した。当該分科会においては、米国の研究者より、米国の法律は十分にデータ保護に関する厳しい規制基準を有しており、執行の確保の問題のみ残っているもので、欧州からの干渉がなされるべきではないとする発表や、EUにおけるデータ保護規制改革の現状と今後のグローバルフレームワークの確立の見通しに関する発表がなされた。くしくも学会の直後に判明した英国の離脱問題と重ねて、英国の研究者たちを中心に、EUのデータ保護のスタンダードがEU構成国においてどの程度の統一がなされるのか、といった議論もなされていた。

次に筆者は、“Borders and Boundaries in International, Transnational and EU Law”(インターナショナルな、



Keynote Speechの様子



Plenary Sessionの様子



分科会の様子

トランスナショナルな、そしてEU法における国境と境界」という分科会において、“Borders, Network and Regulations : Functions of Regulatory Bodies in the Telecommunication Field in EU and Japan”（国境とネットワークと規制—EUと日本におけるテレコミュニケーション分野における規制機関の機能）と題する論文発表を行った。当該分科会においては、トリノ大学Gabriella Racca教授によるチェアの下、EUにおける国際公共調達の仕組みの統一や、筆者が発表したEUのBEREC（電子通信に関する調整機関）の在り方といった具体的論点とともに、そもそもトランスナショナルといった概念の再構築や、EU法の国境を越えた世界への影響についても議論が交わされた。筆者の発表については、EUのBERECについて、EUはより強固な電気通信規制主体をEU全体として打ち出して、他国に影響を与えていくべきだとする論者から、日本とEUも組織協力ができるのではないかとする、非常に示唆に富む指摘を受けた。

学会3日目には、“Regulating the “Borderless” Internet”（「ボーダーレス」なインターネットの規制）と題する分科会に参加した。当該分科会においては、情報セキュリティに関するトランスナショナルな規制に関する発表や、今般行われたEUデータ保護改革の内容に関する発表や、GoogleやFacebookといったマルチラテラルな主体に対応するためには、今後も継続してプライバシー規制に関する研究と、その研究の上に立った交渉が必要であるという発表がなされた。

3. 会議参加を通じての感想

3日間の会議を通じ、EU構成国の各国や米国をはじめ、世界各国からの参加者と、分科会等に参加することによって議論を交わすことができた。感じたことは、さまざまな分野において、国境を越えた規制が実

際に問題となっており、情報通信に関しては特に、インターネットが世界中をつなげていることもあって、トランスナショナルな規制や、セキュリティの問題などに実際に多くの研究者が関心を有しているということである。また、EUにおけるデータ保護改革や、米国との考え方の違いなどに関する分科会においても、細かく議論がなされており、実務家のオーディエンスも多く、大変活発に報告がなされていたことも印象的であった。筆者が発表した分科会においても、非常に的確にコメントがなされ、具体的な問題点を掘り下げた上で、考察を深めることができた。総じて、このように国際的な発表の場面において、積極的に発言をし、議論することの大切さについて再認識した。

筆者が帰国した3日後に英国における国民投票が開票され、EUからの英国の離脱の動きが現実化している。EUの法的枠組みにこれからどのような影響が考えられるのか、データ保護改革の行方をこれからも注視していきたいと考えている。

本会議の参加に当たり、海外学会等参加助成を通じて、学会発表や、世界各国からの研究者との交流などの貴重な機会を与えてくださった、公益財団法人KDDI財団に心より厚く感謝申し上げたい。



Mayu Terada

寺田 麻佑

国際基督教大学大学院アーツ・サイエンス研究科准教授

2003年一橋大学法学部卒業、2006年慶應義塾大学法務研究科（法科大学院）修了、2012年一橋大学大学院法学研究科博士後期課程修了（博士（法学））。2009年—2010年にかけて、カッセル大学（ドイツ）IT法センターに留学。専攻は行政法、情報通信法、環境法。主な研究テーマは「EU・ドイツにおける情報通信法の現状の把握と日本への影響」「情報通信分野における行政組織の在り方」。

5年後の 未来を 探せ

和田雅昭教授に聞く マリンITがもたらす 新しい漁業への船出

取材・文：船木春仁 撮影：三國谷節、渡邊由幸

海の中の様子が手に取るように見えれば、水産資源の管理と持続的な漁業経営が可能になる。それをITが支援している。「マリンIT」や「スマート漁業」などとも呼ばれる取り組みで、すでに成果を上げている。「マリンIT」という言葉の生みの親でもある公立はこだて未来大学の和田雅昭教授の取り組みから漁業の未来を望む。

「共通の物差し」による 漁業者主体の資源管理

2016年6月下旬。北海道西部の留萌市沖ではマナマコの資源量調査が行われていた。桁曳き漁と呼ばれる漁法により、どの漁場で、何分ほど曳き、どれくらい獲れたかを記録する。港では、獲れた個体の大きさや重さの一つずつ漁場別に計測していた。

調査を行っているのは北海道立総合研究機構稚内水産試験場と、留萌市の新星マリン漁業協同組合留萌地区なまこ部会の漁業者たちだ。調査結果に基づいて漁獲量が決められ、7月1日に解禁を迎えたマナマコ漁は、お盆前には漁期を終えた。

マナマコは、「刺参(ツーシェン)」といわれる北京料理の高級食材で、特に北海道産のマナマコは「北海キンコ」と呼ばれる最高級品だ。中国の経済成長と共に需要が増えて価格も上昇した。1980年代初頭は200

円台だったキログラム当たり単価は、90年には522円に上昇。さらに2010年には4539円の史上最高値をつけた。漁獲高も80年の2億9400万円から2010年には107億6300万円にまで増加した。

価格急騰で、「金にならないからと漁を止めていた漁業者たちが一斉に海に戻ってきた」という。結果、資源は急激に枯渇した。留萌市に隣接する鬼鹿地区の漁場では、早くも1990年から3カ年の全面禁漁を余儀なくされた。マナマコの資源管理は、持続的な漁業経営のために避けて通れない課題になった。

ただ資源量を推計し、管理していくのは簡単ではない。海の中の資源の状態を正確につかまえるのが難しいからだ。また漁業者は自分だけの秘密のスポットを持ち、人には教えない気質がある。だから従来は、漁期や操業時間は制限しても漁獲量は制限しないケースが多かった。

一方、留萌地区なまこ部会の漁業者は、「共通の物差し」を持つことで資源を管理している。ITを活用した資源管理システムで資源量の推計精度を上げ、漁期中はiPadで操業情報や漁獲量情報をリアルタイムに共有。資源の少ないエリアは資源を守りつつ、資源量が増えたエリアで効率的に漁獲して、最終的には資源量の半分を維持する仕組みをつくっているのである。

それを支えているのがITだ。漁業者たちと共に「マリンIT」とも「スマート漁業」とも呼ばれる水産資源

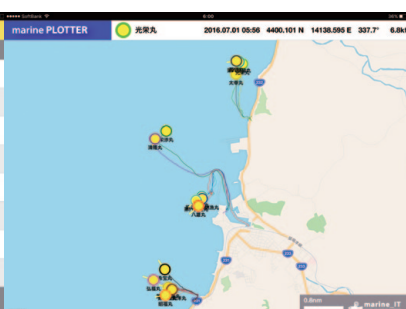


Masaaki Wada
和田雅昭

公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテック学学科 教授
1971年、静岡県焼津市生まれ。93年、北海道大学水産学部卒業後、自動イカ釣り機メーカーとして著名な東和電機製作所に入社。プログラマーとして主にイカ釣りロボットの開発に従事。働きながら北海道大学大学院水産科学研究科博士後期課程を修了。博士(水産科学)。2005年、公立はこだて未来大学に着任。12年より教授としてマリンITラボを設立。マリンIT関連の研究により情報処理学会喜望記念業績賞や北海道科学技術賞など受賞多数。



投網	揚網	時間	漁獲	投量	備考
01	06:03	07:02	00:59	5.0	4.0 満船
02	07:16	08:16	01:00	3.0	3.0 満船
03	08:32	09:21	00:49	2.1	3.0 網面より上げ
04	09:43			*	*
05				*	*
06				*	*
07				*	*
08				*	*
合計			10.1	10.0	



操業中の漁業者にデータを入力してもらうために、いかに手間を省くかがマリンIT導入のカギだった。収集したデータは一目で理解できるようビジュアル化してフィードバックされる。

の可視化に挑んできたのが、公立はこだて未来大学システム情報科学部の和田雅昭教授だ。

操業・漁獲・位置情報を集約し共有する「リアルタイム水産資源管理システム」

和田教授が中心になって開発したのが、「リアルタイム水産資源管理システム」だ。

操業情報と漁獲情報、漁船の位置情報などを総合的に収集して資源量を推定する。具体的には、「デジタル操業日誌」と「ユビキタスナビ」、クラウド型サーバーで構成される。さらに漁業者は「マリンプロッタ」で情報を共有する。

デジタル操業日誌は操業情報と漁獲量情報の収集を目的としたもので、iPadのアプリケーションとして開

発されている。実際のナマコ漁では、桁曳き網を投網してから1時間ほどえい航して網を揚げる。この操業を1日に8回ほど繰り返す。漁業者は、投網時と揚網時にそれぞれ1回、画面をタッチして時刻を記録。次に漁獲したマナマコを選別した後、画面に表示されるテンキーで漁獲量を記録。1回の操業でiPadを計3回ほど操作するだけで操業情報と漁獲情報が蓄積される。

ユビキタスナビは、GPSに接続して漁船の位置情報を、日付、時刻、速度、進路などと共に収集する。操業日誌やユビキタスナビの情報は自動発信されてサーバーに集約される。

マリンプロッタは、情報の共有と可視化のために利用する携帯型のGIS(地図情報システム)で、iPadのアプリケーションとして開発された。漁船の航跡を地図上に表示する。セルラー・Wi-FiモデルのiPadを利用



している漁業者であれば、僚船の位置情報や航跡をリアルタイムで確認しながら操業できる。

「現在は漁場を、100m四方を単位として管理しており、サーバーでは3時間ごとに操業情報と漁獲情報、漁船の位置情報から資源の分布状況を計算して表示します。マリンプロッタには曳き網頻度と位置情報を重畳して表示することもでき、漁獲量の見える化で好漁場の推定もできます」(和田教授)

留萌地区なまこ部会では現在、全16隻がシステムを使っている。一連の情報から資源を守るために漁獲量を減らすべきエリアを特定する一方、逆に資源が回復しているエリアで効率的に漁獲している。なまこ部会の漁師たちは、推定資源量とリアルタイムの漁獲可能量情報という「共通の物差し」を持つことで漁期や操業時間だけでなく漁獲量を管理しているのだ。漁獲枠は均等に割り当てられている。

実際、2011年以降、マナマコは着実に回復。現在は40数トン漁獲して40数トンを資源として残す。つまり、1年で増えた分だけを得ることが定着している。「留萌地区なまこ部会の漁業者さんたちは、腕のよい漁業者だけがたくさん獲り、豊かになれるという競争の常識を捨て、ITの支援を得て皆が豊かになれる漁業経営を目指しているのです」(同)

iPadのデジタル操業日誌が 漁師の心をつかむ

マナマコのリアルタイム資源評価システムの開発が本格化したのは2008年のことだ。

和田教授は、ホタテや昆布漁のための水深別に水温を観測してデータを発信するユビキタスブイや、GPSと魚探のデータを統合して位置別・水深別データを集める専用コンピューター「マイクロキューブ」などを開発してきた。

これらに注目したのが稚内水産試験場の佐野稔主任研究員だった。マイクロキューブで収集した航跡と、漁業者が記す操業開始・終了時刻、漁獲量などを照ら



水深別に温度を計測するユビキタスブイも和田教授が開発した。水温は漁獲量に大きな影響があるが、漁業者の経験からは分からなかったデータである。



パソコンに触れたこともないというナマコ漁業者の松澤伸樹氏だが、船はハイテク装備されている。

し合わせればマナマコの資源管理に活用できると考えたのである。留萌の漁業者から操業日誌を入手した佐野氏は、マイクロキューブのデータと照合して資源量を1枚の絵で見せた。誰もが目を見張った。

マナマコがどこで獲れるかは一人ひとりの漁業者の経験的な情報であり、それ故に他人には秘密にしてきた情報だ。その資源量が地図上に描かれ、一目瞭然で分かる。自分にとっては「獲れる」と思ってきた漁場も、実はさほど資源量がなく、誰も知らない意外な漁場に多くの資源が眠ったりしていたのである。

「佐野さんが見せたのは漁期が終わった後にまとめたデータでしたが、漁期後ではなく漁期中にデータを活用できれば、より正確に漁獲量を管理できます。これをきっかけにリアルタイム資源評価システムの開発に向けた取り組みが始まりました」(和田教授)

この時の主な課題は、マイクロキューブやデジタル化した操業日誌のデータをオンラインで収集できるようにし、そのために沿岸域に無線ブロードバンド環境を整備することだった。つまりネットワークの構築が胆だと考えられていた。

海岸を望む高台に無線LANシステムの基地局を造ったりしたが、システムとして普及・定着するには、ネットワークではなく操業日誌のデジタル化、特にユーザーインターフェースが最大の課題であるのがすぐに分かった。和田教授も、「これには本当に手を焼

きました」と振り返る。

当初は、ノートパソコンを使いWebアプリとして操業日誌を作成する仕組みにして2010年から運用を開始した。しかし、これが大不評だった。「起動が遅い」「すぐにバッテリーが切れる」「フリーズの連続だ」等々。「結果的に、使われなくなったノートパソコンが大学の研究室に山積みになりました」(和田教授)。

そして2010年暮れの懇親会の時に、和田教授が発売されて間もないiPadを「これ、格好いいでしょう」と自慢すると、「翌日、漁業者さんから電話があり、『先生、俺もiPad買ったから使い方を教えてくれ』と言うのです。その瞬間、デジタル操業日誌をiPadにすることを思いつきました」(同)。

大学の同僚教授にiPadによる操業日誌のデザインを依頼。1日の操業回数は最大で8回、1回の操業での入力はいくつ、ユーザーは70代を含む漁業者等々の条件からスワイプもピンチも使わない1枚のシンプルな画面レイアウトのインターフェースが出来上がった。これが絶大的な支持を得て受け入れられた。

現在、新星マリン漁業協同組合留萌地区なまこ部会長を務める松澤伸樹さんは、「パソコンなんていい、ちょっと(触った)ことはない」と笑う。しかし、自身のiPadには茶の革のカバーを付け、「愛機」として活用しているのが分かる。その松澤さんは、リアルタイム水産資源管理システムが定着した理由を、「iPad



和田教授が発売されたばかりのiPadを見せびらかせたことが突破口になった。

と情報共有、世代交代の三つが大きかった」と語る。

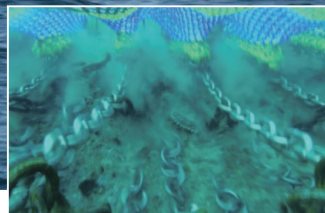
「iPadの使いやすさは言うまでもない。起動が速いので漁業者のスピード感にマッチしている。何しろ3秒と待てない連中ばかりだから(笑)。マリンプロッタを使えばどの漁師がどこでどれくらい獲ったかが分かり自分の漁にも役立つ。そして漁業者の世代交代期と重なり、iPadやシステムを受け入れられる世代が中心になってきたことも大きな理由だった」(松澤さん)

画像情報の利用技術確立で 完全なる可視化へ

マリンITはこれにとどまらない。キーワードは「画像技術の活用による資源量推定精度の向上」や「他の魚種・漁法への応用」だ。

今の資源管理は漁獲量を基準にしているが、実際は地形や漁場の地質(砂場か岩場か)などによって分布量は異なっている。そこでカメラを入れ、撮影データも加味して資源量推定の精度を上げようというのである。「ナマコの生態は十分に解明されていません。そこで地質学の専門家による分析も加味して地形や地質の情報、映像データ、管理システムなどを総合的に駆使してナマコの生態をつかみ、新たな資源管理手法の確立へとつなげていきたいと思っています」(和田教授)。

和田教授は定置網漁でもマリンITの確立にも挑んでいる。舞台は静岡県網代や石川県氷見など。つまり回遊性の魚が相手の漁場だ。マナモコは発生地からほとんど移動しない磯根の資源なので資源量推定の精度は上げやすいともいえる。一方、回遊性の魚は回遊する



同じ大学の長崎健准教授の協力を得て、海底での網とナマコの動きを4K動画で記録する試みも始まっている。海底の状態を確認すると共に、漁具の改良に役立てる予定だ。



漁船に搭載された各種の機器のデータを収集するためのコンピュータ、「マイクロキューブ」が各漁船に装備されている。

が故に、単点での観測では資源量推定の正確さは著しく低下する。

そこでまず、定置網漁では魚群探知機やカメラを定置網に設置して、陸上にいながらにして網に入っている魚を見る。また水温観測ブイの計測データなどとも照合する。その上で、この仕組みを全国の定置網に設置することで全国の沿岸域を「一つの漁場」として捉えてデータを分析すれば、資源量や回遊の予測に役立てられる、というのが和田教授の構想だ。

気象庁のアメダスは全国に1,300の観測点があるが、日本沿岸には定置網が4,000ヶ所ある。そこに観測装置を置いてデータを総合的に利用すれば、北海道でもブリが獲れるようになった理由を解明したり、好漁場になり得る場所を見つけたり、資源量推定の精度を上げられたり、漁具の改善にもつなげられる。

和田教授は「漁業は狩猟的な仕事なので、漁業者さんは情報共有を拒み、獲れるだけ獲る。その気質が、『歳を取らなければ上手な漁業者になれない』という理屈にもつながっています。しかし本当にそうなのか。技術の進歩で海の中が可視化、見える化できるようになれば、資源を守りながら若い漁業者でも効率的に漁獲でき、食べていける仕組みをつくれます。マリンITが定着すれば、持続的な漁業への道が拓かれると思っています」と語った。

取材・文 船木春仁 Haruhito Funaki

1956年、北海道生まれ。東京タイムス社総合デスクを経て独立、編集工房PRESS Fを主宰。ものづくりや情報通信などについて執筆活動を展開。著書に『時代がやっと追いついた』(新潮社刊)など。

論文公募のお知らせ

本誌では、我が国の情報通信制度・政策に対する研究活動の活性化を図るため、新鮮な視点を持つ若手研究者の方々から論文を公募します。

- 【公募要領】** **申請対象者：**45歳以下の研究者（大学院生を含む）で、日本に在住する方
 ＊過去4年間にNextcom誌に論文をご執筆された方、常勤の公務員（研究休職などを含む）、KDDIグループ関係者は応募できません。
- 論文要件：**情報通信の制度・政策に関する未発表論文（日本語に限りです）
 ＊情報通信の制度・政策の参考となる内容であれば、情報通信以外の公益事業に関する論文も含まれます。
 ＊技術的内容をテーマとするものは対象外です。
 およそ1万字程度（刷り上がり10頁以内）
- 選考基準：**情報通信分野における制度・政策に対する貢献度を基準に、監修委員会が選考します。（査読付き論文とは位置付けません）
- 公募論文数：**毎年若干数
- 公募期間：**2016年4月1日～9月10日
 ＊応募された論文が一定数に達した場合、受付を停止することがあります。
 ＊掲載は2017年3月もしくは6月発行号を予定しています。
- 選考結果：**2016年11月ごろ、申請者に通知します。
- 著作権等：**著作権は執筆者に属しますが、「著作物の利用許諾に関する契約」を締結していただきます。
- 執筆料：**掲載論文の執筆者には、5万円をお支払いいたします。
- 応募：**応募方法ならびに詳細は、「Nextcom」ホームページをご覧ください。
- その他：**1. 掲載論文の執筆者は、公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版助成に応募することができます。
 2. 要件を満たせば、Nextcom論文賞の選考対象となります。
 3. ご応募いただいた原稿はお返しいたしません。

2016年度著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ

本誌では、2016年度も公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版・海外学会等参加助成に、候補者の推薦を予定しています。

- 【著書出版助成】** **助成内容：**情報通信の制度・政策の研究に関する著書出版への助成
助成対象者：過去5年間にNextcom誌へ論文をご執筆された方*
助成金額：3件、各200万円
- 【海外学会等参加助成】** **助成内容：**海外で開催される学会や国際会議への参加に関わる費用への助成
助成対象者：Nextcom誌に2頁程度のレポートをご執筆いただける方*
助成金額：北米東部 最大50万円 北米西部 最大40万円 ハワイ 最大30万円
 その他地域 別途相談（総額300万円）
 ＊常勤の公務員（研究休職などを含む）、KDDIグループ関係者は応募できません。
- 推薦・応募：**監修委員会において審査・選考し、公益財団法人KDDI財団への推薦者を決定します。
 応募方法ならびに詳細は、「Nextcom」ホームページをご覧ください。

詳細については「Nextcom」ホームページ
<http://www.kddi-ri.jp/nextcom/support/> をご覧ください。

お問い合わせ先：〒102-8460 東京都千代田区飯田橋3-10-10 ガーデンエアタワー 33階
 株式会社 KDDI総研 Nextcom編集部

彼らの流儀はどうなっている？ 執筆：高林 純示 絵：大坪 紀久子

植物が会話をしている？「そんなバカな」と決め付けるのは早計だ。
彼らには彼らのコミュニケーション手段があると分かってきた。

助けを呼ぶキャベツ、 立ち聞きするナズナ

あらためて、 植物と動物とは 違うということ

植物は動けない。動物の目鼻口のように役目が定まった装置が、決まった数、いちばん都合の良いところにちゃんと配置されているわけでもない。葉っぱの繰り返しだ。でも光合成などというすごいことをする。エイリアンと言ってもいい。だから、我々の認識(常識?)で植物を判断してはいけないのだけれど、往々にしてそれをやってしまう。「植物が助けを呼ぶなんて無理」「立ち聞きするって、耳ないのに」「そもそも、それを考える脳がないじゃん」という考え方は、往々にして本人の気付かぬままに、ヒトの立場で全ての生き物を分かろうとする(潜在的な)思考回路に起因するのだろう。ここでは、キャベツやシロイヌナズナなどの植物を用いて研究してきた我々の成果を紹介したい。





Junji Takabayashi 京都大学 生態学研究センター 教授

1956年生まれ。京都工芸繊維大学繊維学部卒業、京都大学農学博士。
同農学部助手、ワーゲニンゲン大学研究員、京都大学農学研究科助教授を経て現職。

2007年4月より2年間同センター長。

昆虫－植物間相互作用に関して基礎から応用まで取り組む。

助けて！を どう伝えるか

まず植物は「いつ」「誰に」助けを伝えるのか？ 植物の主要な敵の一つは害虫である。植物は、害虫の食害を受けた時だけ、その害虫の天敵を呼び寄せて、助けてもらうということをする。つまり「敵（害虫）の敵（天敵）は味方」という関係性を使った防衛で、ここで天敵は植物のボディーガードといえる。我々は害虫に寄生して殺す寄生蜂という天敵に注目して研究してきた。彼女らの多くは植物にとって頼りになるボディーガードだ。では、どうやって呼んでいるのか。

植物が寄生蜂を呼ぶための方法は「傷ついた際の香りの放出」である。我々が実感しやすい例は、葉をちぎった時の匂い（みどりの香り）である。我々がちぎって出るなら、害虫が葉を食べた時にも当然出るはずで、そのことは多くの食害葉で確認し

てきた。不思議なのは、ハサミで一気に傷つけた時の匂いの大部分がみどりの香りなのに対して、害虫がじわじわと食べた葉からは、みどりの香りに加え「揮発性テルペン」というグループに属するいろいろな香りが出てくる。しかも植物は、害虫種ごとに異なる「食い方の作法」に反応し、異なった香りのブレンドを放出する。さらにすごいのは、作法特異的な香りブレンドに反応して、それぞれの害虫の寄生蜂が特異的にやってくる（これには寄生蜂の香りに対する学習が関与している場合もある）。擬人的に言えば「植物は香りブレンドを調整して、今、食害している害虫種を示す情報を大気中に放出し、寄生蜂はその情報を利用（学習）して被害株に来る」ということだ。この香りブレンドによる被害植物と天敵との香りコミュニケーションはキャベツだけでなく、さまざまな分類群の植物で報告されている。

立ち聞きして 危機に備える

被害株に隣接する健全株にとって、隣で暴れている害虫の次なるターゲットはわが身ということになる。害虫被害株からの天敵誘引性の香りブレンド情報は、いったん大気中に放出されると、誰でも利用できる。この情報を健全植物が「今そこにある危機」情報として立ち聞きし、来るべき害虫に対する防衛レベルを高めておくという現象（植物間の香りコミュニケーション）も研究している。香りを嗅ぐといっても、動物が持つような嗅覚受容体があるわけではない。それにもかかわらず、シロイヌナズナでは動物に匹敵する高い匂い受容感度を持っているようだ。動物とは全く異なる作動原理を持つ植物の香り認識システムとは、いったいどのようなものなのだろう？ 我々の成果はまだ氷山の一角にすぎない。

Will I dream ?

……HAL9000

機械が目覚める時

高橋秀実

スタンリー・キューブリック監督の『2001年宇宙の旅』は映画史上に輝く不朽の名作だが、私は最初から最後まで通して観たことがない。その無重力なリズムに誘われ、途中で何度も寝てしまう。寝ては覚め、覚めては寝るの繰り返しで、夢とうつつの間をさまよう。いわば変性意識上の映像体験。おそらくそれがキューブリック監督の狙いのだろう。

ところが続編の『2010年』（ピーター・ハイアムズ監督）は全く様相が違う。前作の謎を解こうとしたのか、映像体験というより、解説を聞かされているような気がするのである。例えば、コンピューターの「HAL9000」。前作では整然とした論理の不気味さの象徴だったのだが、『2010年』では、2台のコンピューターを登場させ、機械に感情が宿るのか否かを説いているようだ。

「私は夢を見ますか？」

コンピューターがチャンドラー博士に問いかける。すると博士は

「SAL9000」に対しては「もちろん見る。全ての知的な生き物は夢を見る」と答え、「HAL9000」には「分からない」とつぶやいたりする。文脈から察するに、夢を見る見ないは作った人間の都合次第という解釈になっているのだが、果たしてそうなのだろうか。

日頃パソコンに接していて、しみじみ感じるのだが、私とパソコンは共に夢を見ているような気がする。夢の共有。もし「私は夢を見ますか？」と訊かれたら、「今、一緒に見ているじゃないか」と答えるべきではないだろうか。パソコンを操作していれば居ながらにしてどこにでも移動し、脈絡のない情報も自然に受け入れ、なんでもわかったような夢見心地に陥るのだから。

しかし突然、夢から覚めることがある。コンピューターが壊れた時だ。フリーズしたり、「つながりません」という表示が出ると、思わず、「どうした?」「どうなっているんだ!」とパソコン

article: **Hidemine Takahashi**

ノンフィクション作家。1961年生まれ。東京外国語大学モンゴル語学科卒業。

主な著書に『やせれば美人』『男は邪魔!「性差」をめぐる探究』『損したくないニッポン人』『不明解日本語辞典』など。最新刊に『人生はマナーでできている』（集英社）。

『ご先祖様はどちら様』で第10回小林秀雄賞、『弱くても勝てます』開成高校野球部のセオリー』で第23回ミズノスポーツライター賞優秀賞受賞。

に声をかけたりする。機能が機能として働いている間は、パソコンの存在を忘れるが、機能が停止するとパソコンが現実の物体として現れる。皮肉なことだが、故障して初めて、パソコンの存在に気が付くのである。しばらくして修復すれば、また夢に戻るわけだが、得てしてパソコンは「もうイヤです」と言わんばかりに直らない。その時、私はパソコンに強固な意志を感じる。『2001年』で描かれたのも、コンピューターは故障すると頑固になるという警告ではないだろうか。考えてみれば、頑固な人はどこか故障しているようで、機械に限った話ではないのだが。

【解説】

アーサー・C. クラーク原作『2001年宇宙の旅(原題/A Space Odyssey)』は1968年に、『2010年宇宙の旅(原題/2010: Odyssey Two)』は1984年に映画がアメリカで公開された。『2010年…』では、破棄されたHAL9000が、やがて宇宙飛行士ポーマンと同じように、実体をもたないエネルギー体になっていく。

お知らせ

10月1日をもって株式会社KDDI総研は株式会社KDDI研究所と合併し、株式会社KDDI総合研究所として発足することになりました。Nextcom誌はさらなる内容の充実に努めてまいります。引き続きご愛読いただけますよう、お願い申し上げます。

編集後記

今号の特集「IoTとイノベーション」では、急速に世間の関心が高まるIoTを、さまざまな観点から論じていただきました。いかがでしたでしょうか。次号の特集は「公益事業論考」を予定しています。ご期待ください。(しのはら)

Nextcom (ネクストコム) Vol.27 2016 Autumn
平成28年9月1日発行

監修委員会 (五十音順)

委員長 舟田 正之 (立教大学 名誉教授)
副委員長 菅谷 実 (白鷗大学 経営学部 客員教授/
慶應義塾大学 名誉教授)
委員 依田 高典 (京都大学 大学院 経済学研究科
教授)
川濱 昇 (京都大学 大学院 法学研究科 教授)
田村 善之 (北海道大学 大学院 法学研究科
教授)
辻 正次 (神戸国際大学 経済学部 教授/
大阪大学 名誉教授)
山下 東子 (大東文化大学 経済学部 教授)

発行 株式会社KDDI総研
〒102-8460 東京都千代田区飯田橋3-10-10 ガーデンエアタワー
TEL: 03-6678-6179 FAX: 03-6678-0339
URL: www.kddi-ri.jp

編集協力 株式会社ダイヤモンド社
株式会社メルプランニング
有限会社エクサピーコ (デザイン)
印刷 瞬報社写真印刷株式会社

本誌は、我が国の情報通信制度・政策に対する理解を深めるとともに、時代や環境の変化に即したこれからの情報通信制度・政策についての議論を高めることを意図しています。ご寄稿いただいた論文や発言等は、当社の見解を示すものではありません。

- 本誌は当社ホームページでもご覧いただけます。
<http://www.kddi-ri.jp/nextcom/index.html>
- 宛先変更などは、株式会社KDDI総研Nextcom (ネクストコム) 編集部にご連絡をお願いします。(Eメール: nextcom@kddi-ri.jp)
- 無断転載を禁ず。