

欧州におけるロボットに関する  
政策と法を巡る動向

(佐々木勉構成員提供資料)

## 目次

<b>1. 欧州連合におけるロボティクスへの取り組み</b> .....	3
(1) ロボティクスの取り組み .....	3
(2) 官民パートナーシップ SPARC .....	4
<b>2. RoboLaw プロジェクト</b> .....	6
(1) ロボティクス規制のガイドライン .....	7
(a) なぜ規制が必要か .....	7
(b) ロボットとは何か .....	8
(2) ロボティクス規制のガイドラインの各論 .....	10
(3) ロボティクス規制のガイドラインの結論 .....	18
(a) ロボットは特別なケースカーアドホックな規制ー .....	18
(b) 新しい技術を規制する際の倫理の役割 .....	18
(c) ロボティクスの人間の能力と脆弱性に対する補完 .....	18
(d) 人間の能力を増強する技術: 議論の枠組の再構成 .....	20
(e) 安全性を誘導し望ましい技術を広めるための責任ルール .....	21
<b>3. 欧州議会での議論</b> .....	22

# 1. 欧州連合におけるロボティクスへの取り組み

## (1) ロボティクスの取り組み

欧州委員会は、Digital for Europe の取り組みにおける「研究とイノベーション」の大きな分野として「ロボティクス」(Robotics)を据えている。そしてその研究財源として欧州委員会が取り組む研究開発計画の予算「ホライゾン 2020」を充てている。

ロボティクスは、製造業、捜索・救助・修復、捜査・モニタリング、手術・ヘルスケア、家庭及び自動車、交通ないし運輸、農業など多様な分野で新規のそして高度化された製品開発によって、急速に伸びている市場である。そのため、ロボティクスは、家庭及び職場、病院そして工場でのロボット利用の急増が社会全体にどのように利便をもたらし、また欧州の経済成長、雇用増進そしてイノベーションの可能性を増大させるかという視点からの検討することが必要となっている。

欧州委員会は、120 を超える研究プロジェクトと協力アクションを通じて、ロボティクス関係のコミュニティにおける知識の共有と協力の堅固な基盤を形成してきている。その基礎には、「SPARC」と呼ばれる官民パートナーシップ (public-private-partnership) も含まれている<sup>1</sup>。

次表は、2015 年 3 月におけるロボティクスに取り組んでいる箇所をマッピングしたものである。産業関係 69 箇所、研究機関 129 箇所、関連組織 11 箇所、そしてブリュッセルをベースにした欧州のロボティクス関係者のための非営利組織 **euRobotics AISBL** (Association Internationale Sans But Lucratif) である<sup>2</sup>。

欧州委員会の研究・イノベーションを示すサイト



<https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/research-and-innovation>

<sup>1</sup> <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/robotics>

<sup>2</sup> <https://eu-robotics.net/index.html>

## 欧州におけるロボティクス拠点



出所: European Commission's objectives for supporting robotics in Europe<sup>3</sup>

## (2) 官民パートナーシップ SPARC

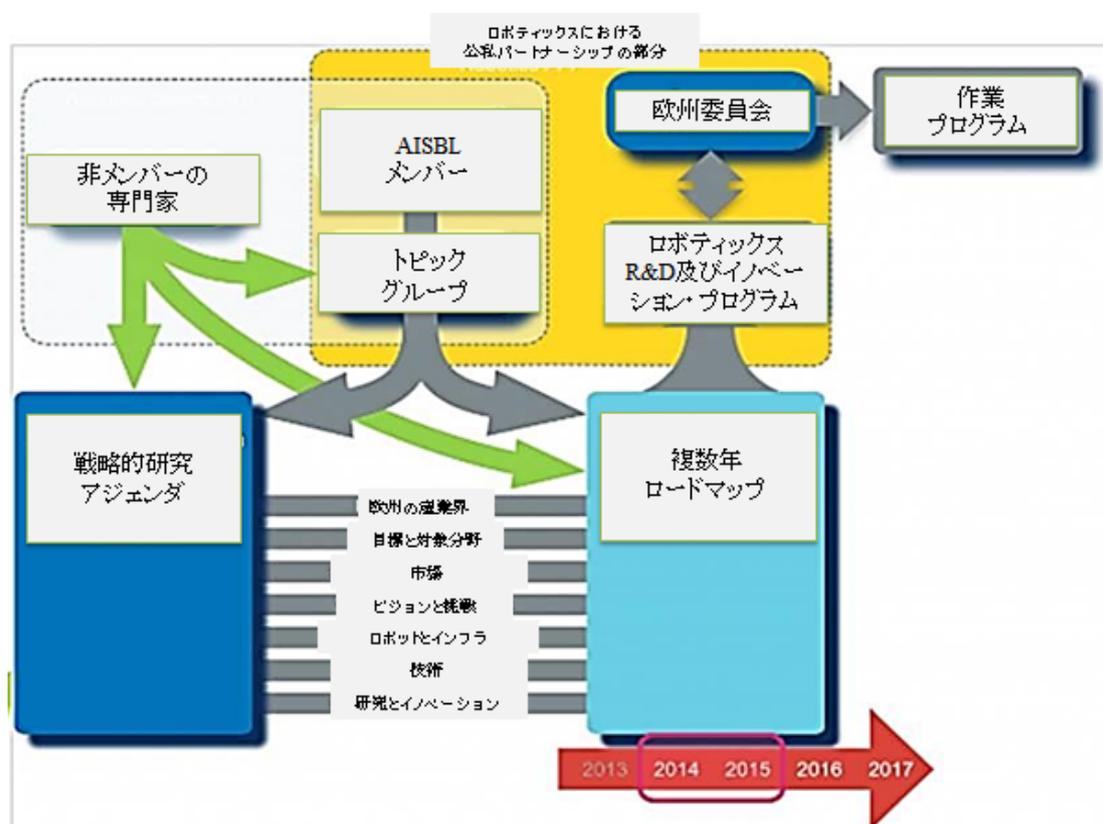
SPARC は、2014 年～2020 年まで 7 億ユーロの財源を欧州委員会から受ける民間主導としては世界最大のロボティクス・イノベーション・プログラムである。

SPARC は、ロボット研究及びロボット産業の育成を図る欧州委員会と、欧州の産業界そして学界が協力する官民パートナーシップ (Public-Private Partnership: PPP) であり、研究から生産までの各分野に関わっている。欧州の業界及び学界から 180 以上の組織がメンバーとなっている。この官民パートナーシップには、2012 年 9 月に設立されたブリュッセル・ベースのロボットに関する非営利組織 euRobotics AISBL も参加している。

AISBL の専門家が「トピック・グループ」で作業を進め、経済及び社会にとっての便益を最大化する市場分野についてアドバイスをを行い、複数年ロードマップ (multi-annual Roadmap: MAR) を作成する。このロードマップに基づいて、SPARC は、欧州委員会財源計画ホライズン 2020 のロボティクス分野における財源の勧告を欧州委員会に対して行う。

<sup>3</sup> Uwe Haass, European Commission's objectives for supporting robotics in Europe, French-Japanese-German Workshop On Human Centric Robotics 9-10 June 2015, Institut français, Munich

### ロボティクスにおける公私パートナーシップの仕組み



出所: Uwe Haass (2015), European Commission's objectives for supporting robotics in Europe

上表の黄色部分が官民の共同部分であり、その他の部分は民間に任せる部分となっている。

戦略的研究アジェンダ (SPA) は、ロボティクスのコミュニティに対してハイレベルな戦略的視点を提供する。それはまた、ロボティクスを利用しその市場の中で働く意図を持つロボティック専門家以外の人々、政策策定者、企業に、欧州のロボティクス・コミュニティ紹介者として行動する。

複数年ロードマップ (MAR) は、SPA に添付され、技術と市場の詳細を示し、毎年更新される。また「トピック・グループ」はロボティクス技術の現状についての議論をサポートすることになっている。

## 2. RoboLaw プロジェクト

これは、ロボティクスと法律の関係に焦点を充てた欧州委員会の初めてのプロジェクトである。プロジェクト総予算 189 万ユーロのうち、欧州委員会の研究プロジェクト財源計画 **FR7** から、150 万ユーロの支援(対象期間 27 ヶ月)を受け、2012 年 3 月から 2014 年 5 月まで実施された<sup>4</sup>。

このプロジェクトには、イタリア・ピサの**聖アンナ高等師範学校**(Scuola Superiore Sant'Anna : SSSA)が中心となり、オランダの**ティルブルフ大学**(University of Tilburg : TILT)、英国の**レディング大学**(University of Reading : UoR)、ドイツの**フンボルト大学**(Humboldt University of Berlin : HUB)(2013 年 4 月まで)、同じくドイツの**ルードヴィヒ・マキシミリアン大学**(Ludwig-Maximilian-University Munich : LMU)(2013 年 4 月から)の全部で五つの大学が参加した。プロジェクトの調整は聖アンナ高等師範学校教授エリカ・パルメリーニ(Erica Palmerini)博士が、そしてプロジェクト・マネージャーは同じく同校のペリクレ・サルヴィーニ(Pericle Salvini)博士が務めた。

プロジェクトは五つ主要な目標を設定した。

- (i) 社会への技術の統合化—ガバナンス・パターン—  
倫理ルール、技術標準、行動規範のようなソフトな法律ツールを含む規制ツールの特徴を研究
- (ii) ロボット法(Robolaw)のロードマップ  
既存のロボティクス関連の規則を比較できるようにした最新事情をまとめること
- (iii) ロボット分類学の確立  
様々な技術タイプ間における用語の相違を明確化すること
- (iv) ロボット技術の利用から生じる哲学的、人類学的、社会学的な帰結  
将来の技術、人間の価値及び社会の間関係を調べること
- (v) ロボティクス規制のガイドライン  
欧州委員会のために、「ロボティクス規制のガイドライン」を作成すること



<sup>4</sup> the RoboLaw Project leaflet (version 10 April 2012), <http://www.robolaw.eu/publicdocs.htm#leaflet>

## (1) ロボティクス規制のガイドライン

研究プロジェクトの目標(v)である「ロボティクス規制のガイドライン」(Guidelines on Regulating Robotics)は2014年9月22日に発表された<sup>5</sup>。以下では、その報告書からロボティクス規制をどう考えたかを探ることとする。報告書は、ロボット法に直接繋がる議論ではなく、ロボット法を考える場合の基本的な考え方及びアプローチをまとめている<sup>6</sup>。

### (a) なぜ規制が必要か

報告書は、「なぜ規制が必要なのか」から取り組んだ。

「RoboLaw プロジェクトの初期の内容が2012年に明らかにされたとき、雑誌 The Economist (2012年9月1日号)<sup>7</sup>は『厳格な規制はイノベーションを押さえ込むだろうが、他方で、法的な明確さの欠如はデバイス・メーカー、医者、患者、保険会社を闇の中においたままとするだろう』と書いた<sup>8</sup>。

を問題意識の出発点とした。未熟なあるいは行き過ぎた法律のために、科学の進歩が妨げられ、潜在的な利便が高まらず、競争に重荷を担わせ、経済その他を非効率にするという問題があるものの、他方で、信頼できるセキュアな法律環境の欠如が同様に技術のイノベーションを妨げるかもしれないという懸念である。前者の未熟なあるいは過剰な規制を回避すべきという視点は、権利や義務が明確に認識されあるいは予測できない曖昧な環境で人々が行動しなければならことによる法的空白を埋めるべきだという後者の視点は対立する。

しかし、まだ分からないリスクに対して有効に予防するためには、十分な予測が不可能でミスジャッジになるかもしれないとしても、規制の介入が必要だという考え方は成り立つ。必要かあるいは不要かのどちらの立場を採用するかについて、現状では、おそらく一意的な解はないだろう。ロボティクス規制の研究グループは、必要という立場をとることによって、研究を開始した。

<sup>5</sup> Robolaw (2014), Guidelines on Regulating Robotics, なお2014年9月24日に、欧州議会法務委員会ワークショップにおいて、Dr. Andrea BERTOLINI and Prof. Erica PALMERINI は、”REGULATING ROBOTICS: A CHALLENGE FOR EUROPE”と題して発表を行っている。  
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2014/509987/IPOL\\_IDA\(2014\)509987\(ANN01\)\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2014/509987/IPOL_IDA(2014)509987(ANN01)_EN.pdf)

<sup>6</sup> この報告書は、これまでにあったロボット法として、韓国が、ロボット開発を促進するため、2008年3月28日に可決した Intelligent Robots Development and Distribution Promotion Act (IRDDPA) に注目している。Robolaw (2014), Guidelines on Regulating Robotics, p.198

<sup>7</sup> 'You, robot? - Technology and regulation: A research project considers how the law should deal with technologies that blur man and machine' in The Economist, September 1st, 2012

<sup>8</sup> Robolaw (2014), Guidelines on Regulating Robotics. p.10

規制の必要性という立場の採用には、イノベーションの未来的な視点ではなく、ロボットがすでに実際に市場化される製品であるという視点から、ロボット開発の戦略を微調整したイノベティブなロボット・アプリケーションを計画するための法的なまた倫理的なガバナンスを求める業界や研究者からの声が反映されている。

「2014年3月29日付け雑誌 *The Economist* は、特集『ロボット、未来からの移住者』において、法律と規則が、ロボット市場の発展にとって重要であることを指摘している。欧州連合の域内市場におけるイノベーションを促進し、競争力を培うとする野心は、ロボティクスを戦略分野として位置づけ、欧州の諸機関が大きな注意を払う分野になっている」<sup>9</sup>。

そして消費者、エンドユーザーを保護することとイノベーションを促進することの競合する目標は、規制の努力の中でまたイノベーションそのものの中で調和されるべきであるとの研究者たちは考えた。規制の努力では、可能な規制ツール—法律ルール、技術基準及び標準化、行動規範、ベストプラクティス—を動員し、確実性、柔軟性、正確性そしてコンテキスト・ベースの解釈を提供することが重要である。

ただし、技術と規制が衝突するときにしばしば強調されるように、法律は必要に対して遅れることが多い。技術のイノベーションが新製品の登場にタイミング良く介入することは、規制者の能力を超えている。とはいえ、新技術の登場とそれに続く規制の間の時間的なギャップは、分析のための時間を用意し、十分な情報による政策の決定と実施を可能にする時間でもある。

その観点から、RoboLaw プロジェクトは、問題の多くがまだ顕在化していないにせよ、新技術が全く規制されない環境で発展し、ユーザーの行動に影響を与え、ニーズを作り出し、市場の需要とし、事実の力に押し流されないようにするため、作業を進めた。同プロジェクトは、絶えず進化する技術の将来のリスクについて予測するのが難しい場合でさえ、倫理的なそして法律的な枠組を用意し、必要な場合に適切なルールを作り出せるようにしておき、まずはイノベティブな製品の設計に際して遵守すべき倫理的で法律的な価値を提供すべきであるとの立場を出発点とした。

## **(b) ロボットとは何か**

研究者たちは、ロボティクスに関する規制枠組を提案するためには、倫理分析及び法律分析の基礎となる「ロボット」という用語の定義が必要であると考えた。しかしこれには定まった定義がない。

---

<sup>9</sup> 'You, robot? - Technology and regulation: A research project considers how the law should deal with technologies that blur man and machine' in *The Economist*, September 1st, 2012

バーチャル・ロボット、ソフトボット(softbot)、バイオロボティクス、バイオニクス、アンドロイド、ヒューマノイド(humanoids)、サイボーグ、ドローン、エクゾスケルトン(exoskeleton)という用語にしても、ロボットあるいはその一側面を指すために、学術用語あるいは一般用語として現在用いられているものの一部にすぎない。

「ロボット」と呼んでいる「モノ」(things)の数は、科学と技術の融合化のためまた一般用語と学術用語を区別しない用法のために、ドンドンと増加している。他方で、他の「モノ」とロボットを一意的に区別する要素を指摘することがどんどん難しくなっている。ロボティクスの父の一人である Joseph Engelberger の言葉は、「ロボット」の定義の困難さを象徴的に物語っている。「私はロボットを定義できないが、ロボットを見たときにはそれがロボットだと分かる」(Engelberger, 1989)<sup>10</sup>。

RoboLaw プロジェクトは、ロボットという用語の使用法を整理した。

最も広く理解されているところに依拠し、ロボットを「人間の活動を行うことのできる自律的なマシン」という定義から出発した。そしてこの定義から、三つの補完的な属性に言及した。

- (i) **物理的性質** (physical nature) : ロボットは物理的骨格 (body) を持たなければならないもので、通常、ロボットはマシンと呼ばれている。
- (ii) **自律性** (autonomy) : それは、自ら、すなわち、人的介在なしに行動できること。この自律性は通常、「ロボット」としてあるいは「ロボティクス」としてモノを資格付ける重要な要因とされる。たとえば、多くの辞書そして国際標準化機構 (International Standard Organization: ISO) (ISO13482) のような権威あるソースでも、自律性に言及している。
- (iii) **人間への類似性** (human likeness) : 人間に似ていること。外形及び行動においてロボットが人間に似ている (humanoid) べきであるという発想は、通俗文化の影響及び擬人化しようとする人々の想像力に根ざしている。しかし、人間の形態的また行動的特徴の設計には、機能の動機もあるかもしれない。すなわち、ただ人間の形と行動に類似するだけでなく、ロボットが環境や人間と相互作用する場合に、最も適したものであることも重要である (Breazeal, 2004)<sup>11</sup>。ドローンや手術ロボットのように人間ライクなデザインを持たないロボットの数も増加している。

ロボットという用語を定義する場合に主観性を抑える代替的な方法は、ロボットの主要なコンポーネントに着目するアプローチである。実務家の間では、ロボットが四つの要素から構成されるものとするコンセンサスがある。センサー (sensor)、作動装置 (actuator)、コントローラー (controller)、電

<sup>10</sup> Engelberger, J. (1989). *Robotics in Service*. Massachusetts: The MIT Press.

<sup>11</sup> Breazeal, C.L. (2004) *Designing Sociable Robots*. Massachusetts: The MIT Press

源供給 (power supply) である。しかしこのアプローチの欠点は、それらがさまざまな製品に搭載されて広く普及しているために、ロボットとして定義できるものの数が過剰になってしまうという点である。例えば、コンピュータに接続したプリンターもロボットに分類されることになる。

そこで RoboLaw プロジェクトは、ロボットの顕著な特徴を挙げて、六つの基準に整理した。

- (i) **用途あるいは作業 (Use or task)** : ロボットが設計されるとき特定の目的あるいは応用に言及<sup>12</sup>。用途では、伝統的に二つの大きなカテゴリーに分けている。サービスと工業応用である。
- (ii) **環境 (environment)** : ロボットの外部、すなわち、ロボットが作業を行う空間。この場合、物理的環境と非物理的環境に分けることができる。それにより、宇宙、空中、地上、水中そして人間の体内(あるいは他の生物学的環境)で動作するロボットと、ソフトボットのようなサイバースペースで機能するロボットである。
- (iii) **性質 (nature)** : ロボットが自らを誇示し、あるいは存在している在り方。この基準はさらに具体性 (embodiment) を持つかどうかで、具体性のあるロボットとそうでないロボットに分かれる。マシン、ハイブリッドなバイオニック・システム、バイオリジカルなロボットは前者に、ソフトウェアあるいはバーチャル・エージェントは後者に属す。
- (iv) **ヒューマン・ロボット・インタラクション (HRI)** : これはロボットと人間の間関係に着目している。相互作用の形式、インターフェイス、役割、人間とロボットの類似性である。
- (v) **自律性 (autonomy)** : 自然環境(すなわち、実験室の外)の中で、実際の作業実施において人間の監督からの独立性の程度を指す。その程度は、完全な自律性 (full autonomy)、準自律性 (semi-autonomy)、遠隔操作 (tele operation) に分かれる。これにより、グーグル・カーのような無人自動車、またロボット支援の手術のために使用される遠隔操作システム、da Vinci もロボットとして分類される。

## (2) ロボティクス規制のガイドラインの各論

RoboLaw プロジェクトは、個別的なケースを取り上げてロボティクスの規制案を整理した。以下は、(1)セルフ・ドライビング・カー、(2)コンピュータ統合型外科システム、(3)ロボティック補綴、(4)ケア・ロボットに関する議論の要旨である。

---

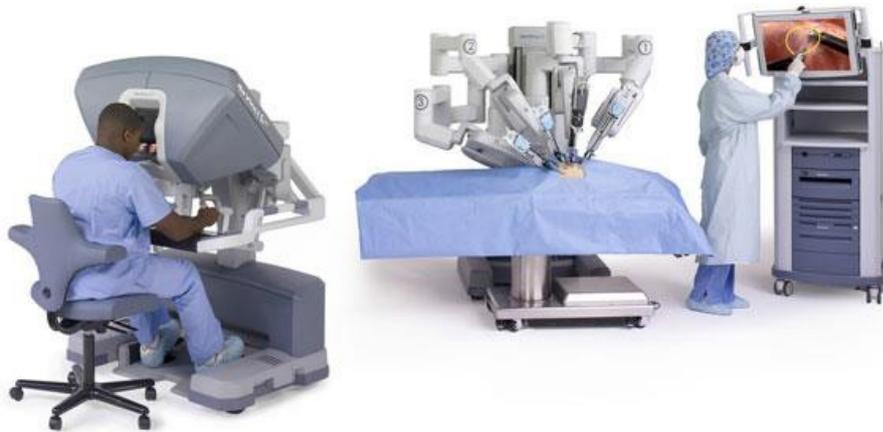
<sup>12</sup> ロボットという用語の語源は、チェコ語「robota」で強制労働を意味している。

1. セルフ・ドライビング・カー(無人自動車、自動化された車両)	
背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルフ・ドライビング・カーの可能性: 事故の軽減、公害の減少、高齢者・身障者のモビリティ改善</li> <li>障害物・衝突の警報、車線維持、注意力散漫の警報など運転者の補助。道路インフラの改善による自動運転環境整備も含む。</li> <li>2014年5月、グーグルが最初の自律的自動車の発表。ソフトウェアは Google Chauffeur (グーグル・ドライバー) と呼ばれる。最高速度時速 25 マイル</li> <li>ベルリン自由大学の AutoNOMOS グループが二台の試作車 (Spirit-of-Berlin) をベルリン市内で実験</li> </ul>
法的面の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>公開協議の必要性: 自動化された車両に対して社会が期待する安全性について、公開協議をすべき。その議論の結果は、それらの車両あるいは特性が市場に導入できる時期についての判断を容易にする。</li> <li><b>自動車保険:</b> 保険を掛ける者の利益が社会のもつ価値と利益に沿っているかどうか特に注意して、自動化された車両に関して保険を掛ける者の位置づけを調査する必要がある。特に、保険市場を競争的にするためにどのように条件を設定しておくべきかが調査されるべき。</li> <li><b>製造物責任制度の冷却効果:</b> 自動化された車両の分野では、製造物責任がイノベーションに与える冷却効果を考慮して、責任法の補償機能を事故防止機能から一穏やかな形で一分離すべき。犠牲者は保険によって補償され(補償機能)、保険を掛ける者は、事故の削減に必要なこと(事故防止機能)の合理的な評価にもとづき、製造物責任を問うかどうかを判断すべき。</li> <li><b>スウェーデン・モデル:</b> 自動車保険のスウェーデン・モデル(犠牲者が製造物責任よりも保険を通じて十分な補償を受けるシステム)は、自動化された車両の事故の犠牲者の補償についての有望なモデル。そのモデルがスウェーデンの特殊な性格(例えば、社会保障のきめ細かな制度)にどの程度基づいているか、より広範な導入(EU レベルでの)の場合の財務的な意味合いはどうか(費用がかかるのかあるいは節約的か)、一定カテゴリーの車両(たとえば、自動化された車両)にのみ導入できるのかどうかの調査を行うべき。</li> <li><b>加盟国間の制度の相違:</b> 交通の責任制度と保険の EU 加盟国における相違、そして犠牲者がそのシステムの中で受け取る賠償額の相違は、製造物責任に関してメーカーに異なったりスクをもたらすかどうかをモニターすることが重要。</li> </ul>

## 2. コンピュータ統合型外科システム

### 背景

- 長所
  - 外科手術能力の改善(人間の手による震えのような問題を改善)
  - リアルタイムの映像フィードバックによるオープンな外科手術
  - 安全性の改善
  - フローアップ段階の改善
  - 技術的正確性による手術費用の削減、回復時間の改善
  - 遠隔医療の可能性
- 外科ロボットの事例
  - 神経外科: NeuroMate system、Pathfinder、Renaissance robot
  - 整形外科: Robodoc、Caspar、OrtoMaquet、Rio robotic arm、iBlock、Navio PFS、Stanmore Sculptor
  - 腹腔鏡検査: da Vinci system、Zeus、FreeHand、Telelap ALF-X
  - 経皮手術: InnoMotion
  - 操縦可能なカテーテル(導尿管・血管アクセス装置): SenseiX、Niobe
  - 放射線外科: CyberKnife、TrueBeam STx
  - 緊急医療(Emergency Response): AutoPulse Plus、

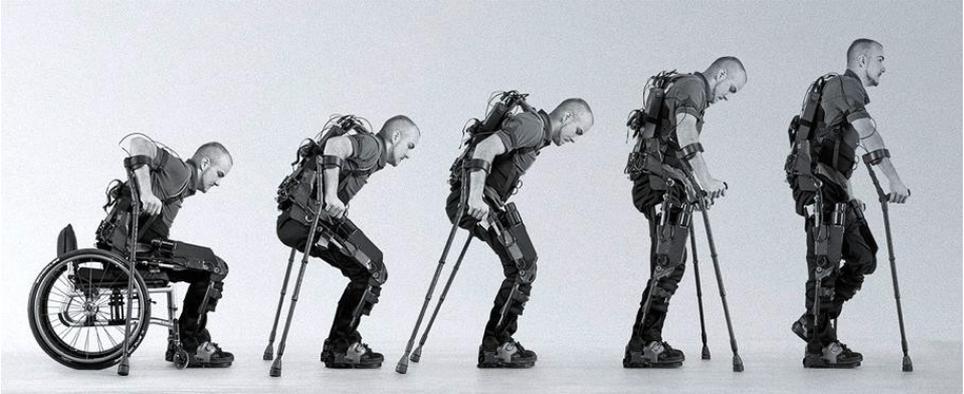


### 法的面の 提案

- (1) 専門的要件 (professional requirement) : 欧州の法律は、外科医がロボット装置を用いて手術を行うためには、以下を示さなければならないとする職業的要件を定めている。特に、
- (a) 理論的及び臨床的な最終検査を含めロボット支援の手術を行う能力に関する欧州の証明書取得のため、外科医は特別の訓練が求められるべき
  - (b) そうした専門的要件には、通常、手術医に求められるものとは異なった自律的な能力形成とその訓練の義務を含めるべき
  - (c) 特別な外科ロボットの利用と証明書を関連させる可能性も考慮できる。すなわち、証明書を持つ外科医は、特定の装置を利用した場合にのみ、手術を行うことが認められ、また他のロボットを含めて免許の延長を望む場合には、さらに訓練を受け、対応する試験

	<p>をパスするように求められるようにする。</p> <p>(d) いったん取得した免許は、外科医に対して、有効性を維持するために、年間最小限の手術数を行うように外科医に求めるべき。</p> <p>(2) 情報に基づく同意 (Informed consent) : 医者は、コンピュータ支援治療の主要な側面について患者に対し前もって情報を提供した後、その患者の同意を得なければならない。これには、以下が含まれる。</p> <p>(a) 外科ロボットの利用と「伝統的な」治療の相違、特に以下を示す。</p> <p>(i) 仮説的に、より大きなリスクをもたらすかもしれない側面</p> <p>(ii) 治療に関わる全ての副次的効果</p> <p>(iii) ロボティック外科手術が長所をもつと予想される理由</p> <p>(b) その場合、医者は、患者が少なくとも、自分の判断を根拠付けた参照及びソースを説明すべきであり、場合によっては、「伝統的な」治療との選択肢を説明すべきである。</p> <p>(3) 民事上の責任</p> <p>(a) コンピュータ支援外科手術に関する責任のルールは、患者にとってのダメージが医療チームの他のメンバーによる修正できなかった誤った評価により、ロボットの行為によって生じたものである場合には常に、責任が外科医について除外されることを明確にすべきである。</p> <p>(b) コンピュータ支援の外科手術に関する責任が直接あるいは間接に欧州レベルで規制することができるならば、過失 (negligence) のルールを採択すべき。</p> <p>(c) 遠隔医療は法律の衝突による問題が生じるかもしれないため、特に、責任と保険の水準に関する EU 統一ルールの導入は、越境の診療を進め法的確実性を保証するために、検討できるかもしれない。</p> <p>(4) 外科ロボットを使用した手術から生じるデータへのアクセス</p> <p>(a) 外科医の行為に関係しないロボットの不機能の場合、機械提供者 (一般的に、機械の製造元あるいは輸入業者によるダメージを主張する病院) は、与えられた命令、機械が行うプロセス、偶発的なシステム・エラーを含め、手術の間にロボットによって作成された「デジタル・データ」を製造元あるいは輸入業者から得る資格を与えられるべきである。</p> <p>(5) プライバシー: 一般的に、ロボティックスの外科医は、伝統的な外科の方法と比べて、患者のプライバシーについて特別な問題をもたらすようには思えない。そのため、「伝統的な」外科医の場合と同様に、個人データの蓄積は、いわゆる「データ最小化」と「合目的性」の原則に従って、限定されるべきである。</p> <p>(6) 外科ロボットの経済的側面</p> <p>(a) 外科ロボットの過剰なそして不合理な利用に関連する費用を抑えるため、公的病院は、マニュアルの腹腔鏡検査 (laparoscopy) によって実施できない手術についてのみ、あるいはロボットがベターな結果そして患者のより短い入院を保障する場合にのみ、そ</p>
--	---

	<p>うした装置の利用が認められるようにすべきである。</p> <p>(b) この分野における民間投資と研究を奨励する特別な財源プログラムを通じて、この技術をよりアクセシブルにし普及させる政策が選択されるべきである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 外科ロボットの市場における競争促進によって、そうした装置の価格を抑え、イノベーションを促進するように欧州連合は取り組むべき。このため、外科ロボット製造者に対する欠陥製品指令 (Defective Product Directive) の修正が、例えば、伝統的な医療の責任行為をそのまま製造物責任の訴えに移し替えるべきでないとして、患者による直接的な行為を抑止することを含め、様々な代替案が検討されるべきである。</li> </ul>
--	--

3. ロボティック補綴	
背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 長所 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 身障者の機能不全を改善、</li> <li>- 人体の失われた部分の補完</li> <li>- (正常な身体の者による) 身体能力の改善 (問題もあり)</li> </ul> </li> <li>• ロボティック補綴の事例 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 上肢装具: Michelangelo, I-Limb Ultra, BeBionic v3</li> <li>- 下肢装具、外骨格: BLEFEX, SARCOS, Nursing exoskeleton</li> </ul> </li> </ul> 
法的面の提案	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ロボティックな補綴の法的な定義を、以下のように、採択すべきである  「ロボティックな補綴は、代用の意図から自然な肢体の動きと機能を高め、あるいは代用するために、同時的また独立的に動作することのできる動力で提供されるメカニカルな装置であり、神経システムがもたらす生物学的信号を受け取り、機械の提供する動力及び作動装置の動きを確認し管理し、コントロールする信号に伝達する Brain Machine Interface (BMI) を利用するものである。」</li> <li>2. そうした装置は、移植される前には装具と見なされそのように扱われるべきであるが、人体に装着された場合には一恒常的ではない場合でさえも全ての効果において人体の一部と見なされるべきである。   そのため、人体に対するのと同じ保障がその人工装置にも拡張されるべきである。検査と保</li> </ol>

	<p>護管理のルールは、自然人の一部であるかのように適用されるべきであり、またその装置を装着した人は公式の ID で確認できるようにするため、装置の装着を許可されるようにし、その装置の装着者が公共スペースへのアクセスを制限されないように法的に明記すべきである。</p> <p>補綴が事故により損傷する場合には、その取り替えに関わる金銭的損失の他に、非金銭的な損失も考慮できるようにする。</p> <p>3. 責任に関しては、以下の側面が考慮されるべきである。</p> <p>(a) 安全性は、アドホックな技術規制の採択により取り上げられ、場合によっては、権限のある独立の専門機関によって規定され常時更新されるべきである。その基準は適切な安全水準を与えるために十分に高く厳しいものとするべきであり( EC のラベル表示が現在行っている安全性の最小水準に留まらず)、またロボティックの補綴と移植に厳密に見合ったものとするべきである。製造物責任のルールが目標の実現に十分に有効でないことが明らかになっていることから、安全な装置の製造のために追加的なインセンティブを与えるツールとして、責任のルールを緩めるべきである。</p> <p>(b) ロボティック補綴の開発は、一方において、この技術が身障者の生活の質を大きく改善でき、他方においてそれが潜在的な市場を示すため、その増大が EU にとって大きな利益になり、支持されるはずである。</p> <p>(c) これら技術の研究者と製造者の意欲を高めるために、既存の責任ルール、特に、欠陥製品指令 (Defective Product Directive) の適用を免除することが、装置の安全性のレベルを引き下げなければ、考慮できるかもしれない。</p> <p>(d) 類似の装置の利用が問題になる場合には、事故に関連する装着者と潜在的な第三者に対する十分な賠償を保障するため、代替的な賠償計画が考慮できるかもしれない。</p> <p>(e) 賠償額保障プランの一部を公的にまた一部を民間により財源調達される一は、被害者に対する迅速な補償を提供し、手続き費用を引き下げることができ、同時に、製造者が費用に繋がるダメージに対しての事前的な可能性を評価できるようにするかもしれない。</p> <p>4. 人間の機能増進に関わる問題</p> <p>(a) 一般における議論は始まったばかりであり、人間の機能増進に関する哲学的及び法的な問題を扱う研究プロジェクトに財源が提供されている段階である。</p> <p>(b) 欧州委員会は、特に公共の議論と倫理的・法律的研究の結果として、この問題に関する正確な政策方針を発展させるべきである。</p> <p>(c) ロボティックの補綴の開発はサポートされる必要があるが、最適な移植の選択は、個人にだけ任されるべきではなく、医療チーム及び医療体制の倫理陰会によって決定されるべきである。</p> <p>(d) そのため、以下のいくつかの基本的原則に基づき、一定のケースにおいて正確な決定の採択のためのガイドラインが採択されるべきである。</p> <p>i. 最も適切な装置を移植させる可能性は、二つの意味で個人の財力に依拠させるべきではない。低所得者は、健康と身体の完全性に対する基本的な権利の保護のた</p>
--	---

	<p>めの特定的な措置として国民厚生制度を通じてロボティックの補綴を移植させる可能性を与えられるべきである。同時に、市場で利用できる移植装置の購入ができる個人でも、それだけの理由により、装着される装置を自由に選択することが認められるべきではない。</p> <p>ii. 現在のまた近い将来の技術開発が関係する限り、補綴は失われたあるいは失いつつある機能の回復のための手段として、主として見なされるべきであり、そうように取り扱われるべきである。切断に繋がる事故の前の個人の状況、同年齢、同姓の統計的に正常な健康条件、そして全体的な身体状況が、最も適切な装置を決定する際には、考慮されるべきである。</p> <p>iii. 純粋な機能の増進は、人体に技術の相互作用に関する身体的影響の完全な評価が明らかであり(予防の側面)、また特定技術の社会的及び倫理的な意味合いが十分に整理されている時のみ(責任をもったイノベーションの側面)、認められるべきである。</p>
--	--

4. ケア・ロボット	
<b>背景</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 長所 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 身障者、高齢者のアシスタンス</li> <li>- 社会的サービスの支援</li> </ul> </li> <li>• ケア・ロボットの事例 <ul style="list-style-type: none"> <li>- テレ・プレゼンス機能: Giraff, AVA, Luna</li> <li>- 日常生活の行動支援</li> <li>- 慢性的な病気の管理</li> <li>- 社会的サービス: DustCart (ゴミ収集)</li> <li>- ショッピングセンターでの支援</li> <li>- スマートオフィス</li> </ul> </li> </ul>
<b>法的面の提案</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>定義:</b> 現在のところ、パーソナル・ケア・ロボットの法的な定義に関する必要性はない。しかしこの分野における政策の将来的な発展と、ケア・システムにおけるロボットに特別に適用する法的措置の採択には、法的な定義が必要となるだろう。ケア・ロボットと医療装置としてのロボットの区別は特に考慮されるべきである。</li> <li>2. 独立的な生活 (independent living) : ケア・システムにおけるロボット導入を支援する措置によって独立的な生活を推進することは、伝統的な形のケアの変更を意味すべきではない。ケア・サービスに関して、いくつかの選択肢が以下を保障するために利用できるようにすべきである。 <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) パーソナル・ケアに関する選択というコンテキストにおいて、独自の意思決定を表現するためのアシスタンスを必要とする人の自律性、</li> </ol> </li> </ol>

(b) 高い実現レベルの独立性の享受。

これらの権利は、技術的なソリューションの発展には各国レベルでのソーシャル・アシスタンスとケア・システムの法的措置の採択を必要とするが、目下、欧州の基本的権利憲章と各加盟国憲法のもとで保護され、活動的な高齢者の生活と独立的な生活に拡張されている。

3. **責任:**

- (a) 製造者に起因するダメージの場合、製造物責任(指令 85/374/EC)が一般的に適用される。科学的な知識はダメージを回避するための限定的な可能性を理論的に導くものの、我々は、ケア・ロボット促進の必要性のために製造者の責任を限定的ながら免除すべきであるとの立場をとらない。被害者への賠償を保障する必要性はどの加盟国の憲法でも欧州連合の基本的権利憲章でも基礎になっている。
- (b) ユーザーに起因するダメージの場合、その深刻さが失われた機能部分全体の回復ではないことにも繋がるかもしれないために、強制的な第三者あるいは当事者の保険の導入の余地を将来的に残しておくべきかもしれない。
- (c) 最後に、パーソナル・ケア・ロボットの利用の財源調達手段として、長期的なケア保険契約の利用を考えることができる。そのため、我々は、税的な救済のような長期的ケア契約を進める法的措置の採択を提案する。

4. **安全性とセキュリティ:** 第一に、我々は商品販売に関するルールの採用を提案する。それは、身障者用あるいはパーソナル・ユーズ用であるかどうかにかかわらず、製造者からアシスタンス技術を購入しあるいは賃貸する消費者を対象とすべきである。法律は「再考期間」も認め、製造者は法律に基づかない抗弁を行う資格をもたないようにすべきである。

5. **プライバシー:** 一般的に、パーソナル・ケア・ロボットによる個人データの蓄積は、指令 95/46/EC 第 6 条 1 (b) に従って限定されるべきである。それによれば、データ管理者が特別の合法的な目的の実現のために必要な場合に限りデータを集めることができる。さらに、遠隔操作のロボットを誰が、いつ、どこで、どのように操作するかは、前もって証明され、ユーザーに通知されなければならない。同様に、ロボットと同じ空間に位置するユーザーと人々のプライバシーを保護するための追加的な措置も必要である。最後に、アシスタンス・ロボットを利用しない権利も保障されるべきである。例えば、アシスタンス・ロボットの利用をカバーする条件の長期的なケア保険は、認めてはならない。支援される個人の疾病の種類に関連させることが可能な場合には、ロボットは、ユーザーがいつでもロボットに対するコントロール・レベルを確認でき変更できる方法で設計されるべきであることを提案する。製造者に対するセキュリティ措置の義務付けも必要であり、同様にユーザーによる継続的な更新も必要である。強制保険の導入は、個人データの違法な取扱を引き起こす金銭的及び非金銭的なダメージをカバーする場合に、有益かもしれない。

### (3) ロボティクス規制のガイドラインの結論

プロジェクト・チームは、各論での検討を経て、以下のように結論をまとめた。

#### (a) ロボットは特別なケースか—アドホックな規制—

ロボットはしばしば「例外的」なものに見なされるが、その立場に基づくならば、異なった基準を設ける必要が出てくる。すなわち、ロボットの自律性あるいは学習能力に関する純粋に技術的な側面から、既存のルール of 適切さが問題になる。そして代替的なアプローチ及び責任ルール (liability rules) —が開発されるべきであるという結論に至る。

確かにこの結論は適切かもしれないが、それを支える論拠は、それが倫理的分析及び法的分析の当面の実際的帰結において包括的な枠組を変化させるかもしれないために、さらに検討されるべきである。アドホックな規制は、ロボットのデザインに関係した本質的側面—すなわち、社会にもたらすサービスと効用の機能についての考察に依拠するのではなく、本質論的 (ontological) なもの—を必要とする。

#### (b) 新しい技術を規制する際の倫理の役割

倫理は、直接的にも間接的に新興技術を規制するという展望において多層的な役割を果たす。(i) 倫理は新興技術に対する社会的期待感の枠組となる、(ii) 倫理は新技術の設計の中に組み込むことができる、(iii) 倫理は、民主的な技術文化の形成に関わる価値の体系である。

#### (c) ロボティクスの人間の能力と脆弱性に対する補完

ロボティクスは人間の脆弱性 (vulnerability) を克服するために使用できる多くの器具・手段を提供している。顕著な例は義足であり、それは身体の一部を失った人の能力回復に役立っている。他のタイプのロボティクスでは、自閉症の子供が社会的な行動を学ぶのを助けるコンパニオン・ロボット、あるいは老人を補助するケア・ロボットがある。さらにロボットは、機能の回復だけでなく、「正常な」あるいは「平均」を超えた機能を持たせることができ、それは「正常な」(normal) な人々が義足的なモノあるいはコンパニオン・ロボットの利便を望むかしれず、それは倫理的評価とそれらの流通に関する新たな規制上の問題となる。これはロボティクスが新しい能力を提供するケースでは特に当てはまる。

同時に、規制者は、セルフ・ドライビング自動車 (self-driving car) が一般的となった場合に自動車を運転する能力の喪失のような、本来の人間能力の喪失にロボティクスが導くかもしれないことにも注意すべきである。この点で、人間の脆弱性が技術的な介在によってなくなるのでは

なく、その範囲あるいは性格を変化させ、新たな脆弱性がリスク減少化の副次効果として生じるということを認識することが重要である<sup>13</sup>。これは、ロボットの貢献が、どのように能力の回復あるいは改善につながるかという点にだけで評価できないことを意味している。それは他の機能に対する効果、社会的関係そして社会全体に対する効果を含め、全体的なコンテキストで評価されるべきである。

これは、ロボティックスのアプリケーションがどの種類の脆弱性を解決するのに有効とすべきかの政策的疑問に対して包括的な回答がないことを意味している。ロボット利用を(一般的に認められている)セラピーとして、あるいは(しばしば反対される)機能増強(enhancement)として分類しようとするのは無駄である。その区分は極めて流動的であり、コンテキスト依存적であり、個々の背景や仮定に依存しているためである。むしろ、問題は、ロボティックスが人間的な幸福(human-well-being)にどのように貢献できるかである。しかしこの疑問に対する答えは、幸福の定義、そしてそれに対する政府の役割に大きく依拠する<sup>14</sup>。

しかし公共政策は選択をしなければならない。どのロボティックス・アプリケーションを認め、促進し、あるいは抑制し、禁止するかである。規制上の意思決定の複雑さは、二つの方法で対処できるだろう。第一に、議論に分析的な明確さを持たせることである。RoboLawプロジェクトは、人間の能力のタイプ、それに対するロボットの影響のタイプ、人間とロボットの関係のタイプに関する区分のようなロボティックスに関する分類、分析、規範的評価について、規制者が概念的に正確に明晰な議論できる様々なツールを開発した。

第二に、ロボティックスの規制は、「スマート規制」、「規制上のイノベーション」あるいは「責任ある研究とイノベーション」の分野で培われた洞察を具体化するアプローチに従うべきである。規制研究及び技術的イノベーションの研究において、学者たちは、初期の警告システム、シナリオ作成、循環的手続き(例えば、義務の評価と時限的条項を含む)というツールを用い、自己学習的で、双方向的で、多層的に関係者が関与することの必要性を説いている。規制に関するスマートな手続きのアプローチは、柔軟で様々なグループのニーズに役立つ法的ルールと手続きをもたらす方法である。人間の脆弱性と能力に影響を与えるロボットのコンテキスト依存性により、規制に対するケース・バイ・ケースのアプローチが必要であることを意味し、それは、各コンテキストにおける問題(例えば、人間の尊厳、平等性など)、そして手続き(例えば、司法へのアクセス、技術へのアクセス、公正な手続き)の解釈を可能にするためである。

---

<sup>13</sup> Coeckelbergh, M. (2013). Enhancement and the vulnerable body: Questioning some philosophical assumptions. In F. Lucivero, A. Vedder (eds.), *Beyond Therapy v. Enhancement? Multidisciplinary analyses of a heated debate*. Pisa: Pisa University Press, 15-26

<sup>14</sup> Lucivero, F., & Vedder, A. (eds.) (2013). *Beyond Therapy v. Enhancement? Multidisciplinary analyses of a heated debate*. Pisa: Pisa University Press

#### (d) 人間の能力を増強する技術:議論の枠組の再構成

人間能力の増強技術に関する議論の進展経路は、多くの部門で追跡され分析されてきた。このトピックスは、それに賛成するグループと反対するグループの対立で始まり、将来の技術ベースのもたらす倫理的社会的な問題へとより妥当なそして複雑なスタンスへと至っている。長年、人間能力の増強に関する議論は、一方的なそして両極化した立場に分かれていた。その焼き直しが「トランスヒューマニスト」(transhumanist) 対「バイオコンサーバティブ」(bioconservatives) である。時間の経過の中で、どちらにも与せず、概念的な根拠を明らかにする他のアプローチも登場してきた。その試みは、規制に対する健全なアプローチを得るために、合理性と倫理性の観点から学ぶことに力点を置いている。しかし、現在の議論には、二つの大きな難題が立ちはだかっている。

第一に、「自然な」(natural) という曖昧な概念についての議論である。さらに、「増強」(enhancement) という用語は絶えず、「セラピー」(療法) に対立用語として定義されている。こうした特徴化によれば、増強は健康あるいは正常な機能の単なる回復を超えた全てである。ここでは、(a) 健康についての客観的で医学的な概念、(b) 正常な機能の科学的概念があるとの仮定に基づいている。しかしそうした狭い説明は、健康あるいは正常な機能の単なる回復を超えたセラピーのもたらす効果の全てをカバーしてはいない。

第二の問題は、議論が技術ベースの将来について推測するナイーブな試みを巡って行われていることである。そこで、特に欧州の学者は、最近、人間を「増強する」目的の技術的介入だけでなく、社会的及び文化的な側面も含めて、広い意味で再解釈を行い人間能力の増強という概念をもっと明確にしようという提案を行っている<sup>15</sup>。

人間能力の増強は社会に大きな影響を与える。したがって、人々の議論が必要であり、規制の必要性も考えられる。法律と倫理は、純粋に技術的視点だけでは評価できないこうした現象に対する規範的なスタンスの形成において相互に作用して係っている。

このテーマには、共通した欧州のアプローチが求められるべきである。欧州レベルで確認される政策は、共通の法的枠組そして欧州の科学界が広く共有している予防的原則との整合性を保障するものとなるだろう。問題は、欧州市民の安全であり健康の保護である。人間能力の増強というラディカルな主張に内在的な間接的強制のリスクに妥協させられるかもしれない個人の自律性、人間の尊厳を保護することである。また人間能力の増強技術へのアクセスに関する公平性、非差別性を保障することである。

---

<sup>15</sup> Coenen, S., Schuijff, M., & Smits, M. (2011). The Politics of Human Enhancement and the European Union. In J. Savulescu, R. ter Meulen, G. Kahane (eds.), *Enhancing Human Capacities*. Oxford: Wiley Blackwell, 521-535.

欧州の機関は、様々な規制が加盟国間の財・サービスの自由な流通に対して与える影響に関心を持っている。それに関して言えば、ある加盟国での制限的な規制あるいは禁止が他の加盟国で許容的な法律によって弱められることを回避するために、越境的な規制が必要になる。

**(e) 安全性を誘導し望ましい技術を広めるための責任ルール**

望ましくないまた有害な出来事に関連する費用を移転させる責任ルールは、加害者に対して、その被害を受けた他者に対する結果を内部化させる。理論的に言えば、正しい責任ルールの採用は、事故数の削減及び安全性への投資増大という点で、事前的に、社会的に望ましい行動に誘導し、事後的に、被害者の被った被害の回復を保障するはずである。

現在の市場経済では、個人に対して一般的に適用される伝統的な不法行為ルールのほかに、製造物責任—そして企業の責任—が消費者保護のために採用されてきた。この代替的なシステムは、(i) 製品の安全性のために投資の増大を保障し、(ii) 製造者に抗議をする際の消費者の立場を強化するためである。

欠陥商品に関する指令 85/374/EEC に代表される欧州のソリューションは、その点に関して、北米のそれと大きく異ならない<sup>16</sup>。しかし、欧州と北米のこの制度は、全体的な効果の点で批判されてきた。安全基準の引き上げが実質的に評価されなかったためである。いくつかのケースで規制は技術を冷却化させ、また補償費用の増大に繋がったためである。

そうした効果は、ドライバーレスの自動車や義肢のようないくつかのロボティック技術を遅らせあるいは歪めていたかもしれない。特に、ドライバーレスの自動車では、自動化システムが考慮しなければならない多くの要素(道路交通ルール、道路での他の車両、道路規則を守りあるいは違反する通行人、複雑な環境)が、非常に重要になる。そのため技術が十分に進展し真に自律的なマシンを製造でき、製造者が全ての事故に対する責任について問題ないと思っているにせよ、製造者に課す厳密な責任制度の賦課がその技術の真の発展を抑えていたかもしれない。この経緯は、義肢についても当てはまるかもしれない。

しかしそうした考察から導かれる結論は、全てのロボティックなアプリケーションを優遇せよということではない。(全体的にあるいは主として)技術的考察に依拠しない区別が必要だということである。それは既存ルールの修正を求めるマシンの自律的性質ではなく、むしろ社会的な望ましさである。そうであれば、積極的に引き受けることのできる政策決定が可能となる。理論的に言えば、これは、政府が優先したい技術の種類を確認し選択し、そして対応するインセンティブを採用する役割を政府が担うこととなる。市場的な視点からすれば、それは、制度的な価値の重要性和個人々の保護が優先されることの肯定を意味している。

<sup>16</sup> Owen, D. G. (2008). Products Liability Law. Hornbook series, Thompson West.

### 3. 欧州議会での議論

RoboLaw プロジェクトは、2014 年 5 月で終わった。そして上記報告書が発表された 2 日後の 2014 年 9 月 24 日に、欧州議会法務委員会ワークショップにおいて、アンドレア・ベルトリニ博士 (Dr. Andrea BERTOLINI) とエリカ・パルメリーニ教授 (Prof. Erica PALMERINI) は、「ロボティックスの規制: 欧州の挑戦」(REGULATING ROBOTICS: A CHALLENGE FOR EUROPE) と題して発表を行っている。

それを受けて欧州議会には、法務委員会 (Committee on Legal Affairs) に「ロボティックスと人工知能に関するワーキング・グループ」(Working Group on Robotics and Artificial Intelligence)<sup>17</sup> が設置され、2015 年 4 月 23 日より 2016 年 3 月まで 8 回の会合が開催されている (下表は、これまでの発表者・発表機関とテーマ)<sup>18</sup>。このワーキングはその後も継続している。

「ロボティックスと人工知能に関するワーキング・グループ」の発表テーマ

開催日	発表者	発表テーマ
2015 年 4 月 23 日	欧州議会 STOA (Science and Technology Options Assessment)	欧州議会による今後 20-50 年における科学の予測
	欧州委員会	欧州委員会におけるロボティックスの取り組み概要
2015 年 5 月 26 日	KUKA <sup>19</sup>	ロボット・トレーニングへの挑戦
	Christian Reimsbach (OECD)	データが動かすイノベーションとその雇用と技能に対する意味合い
	Maarten Goos (KU Leuven Uni.)	技術と雇用
2015 年 6 月 23 日	Claire Depre (EC, DG MOVE)	コネクテッド・モビリティ
	PSA プジオー・シトロエン	無人運転とコネクティビティ
2015 年 7 月 15 日	Peter Tannhäuser, (Head of the Legal Department of Eurocontrol)	無人飛行装置 (Unmanned Aerial Vehicles: Drones)
	Ottavio Marzocchi, (Policy Department, The European Parliament)	ドローンの民間利用によるプライバシー、データ保護に関する意味合い

<sup>17</sup> <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/juri/subject-files.html?id=20150504CDT00301>

<sup>18</sup> 2015 年 12 月 10 日、フランス下院は SPARC からロボティックスに関する EU の取り組みの説明を受けている。  
<http://sparc-robotics.eu/robotics-and-society-discussion-at-the-french-parliament/>

<sup>19</sup> KUKA は、Keller und Knappich Augsburg の略称で、ドイツ・アウグスブルグを本拠としたロボティックスの会社。

2015 年 10 月 22 日	Raja Chatila, (CNRS Senior Scientist, Director of ISIR) <sup>20</sup>	ロボティクスと人工知能の倫理問題
	Mihalis Kritikos, (Policy Analyst, Scientific Foresight Unit, EPRS <sup>21</sup> )	EU の倫理評価とデザインとしてのロボティクス倫理
2015 年 11 月 19 日	Alain Bensoussan, lawyer (avocat a la Cour d'appel de Paris)	ロボット法: ロボットのパーソナリティ
2016 年 1 月 26 日	Dr. Christien Enzing (Technopolis Group, Amsterdam,)	サイバー・フィジカル・システムの倫理的側面
2016 年 3 月 3 日	Enno Park (Cyborgs e.V)	サイボーグ技術

(以上)

<sup>20</sup> Centre national de la recherche scientifique (フランス国立科学研究センター)。ISIR は Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (情報及びその相互作用に関する科学研究部門)

<sup>21</sup> European Parliamentary Research Service。欧州議会内の調査研究部門。

## A I ネットワーク化のエコシステム

総務省情報通信政策研究所 コンサルティング・フェロー  
クロサカ タツヤ

## 概要

AI ネットワーク化の進展段階に応じた一般的な構造について検討したところ、Web サービスの普及や一般化の影響を評価し、進展段階のさらなる詳細化が必要であることが明らかになった。そこでそれぞれの進展段階を分析し、以下のように細分化した。

進展段階0：AI ネットワークシステムの基礎形成

進展段階1：AI が、他の AI とは連携せずに、インターネットを介するなどして単独で機能し、人間を支援

進展段階1-1：AI ネットワークが実現するサービス対象が必ずしもネットワーク化されておらず、フィードバックが形成されない

進展段階1-2：IoT 等のデバイスの進展に伴い、サービスと AI のフィードバックが形成され、AI ネットワークの自己学習が進展する

進展段階1-3：データの大規模化に伴い複数の種類のデータを処理する AI ネットワークの高度化が進む

進展段階2：AI 相互間のネットワークが形成され、社会の各分野における自動調整・自動調和が進展

進展段階2-1：複数の AI ネットワークが連携し、より高精度の学習や予測を行う

進展段階2-2：複数の AI ネットワークの連携が自動的に制御され、その制御自体も AI ネットワークによって実現する

進展段階3：人間の潜在的能力が AI ネットワークシステムにより引き出され、身体的にも頭腦的にも発展

進展段階4：人間とインテリジェント ICT とが共存する社会

これらの進展段階に応じたエコシステムの構造や特徴を分析したところ、進展段階1-1における初期的な構造を除くと、以下のように集約された。

進展段階1-2～2-1：Web ジャイアント事業者における両面市場の形成

進展段階2-2：エコシステム同士の競争の可能性

進展段階3：社会全体のエントロピーに対する合意形成へのエコシステム形態の依存

このうち、進展段階2-2以降のエコシステムは、従来のエコシステムと新たなエコシステム（特に Web ジャイアント事業者によって形成されたエコシステム）との間で、対立や競争、またそれに伴うイノベーションの停滞が生じる可能性があることが分かった。

そのため、異なるエコシステムの連携を促進するためにも、AI ネットワークシステムにおける協調・オープン化の推進、また関係する市場の動向の継続的注視や AI 相互間のネットワークの形成に関する当事者間の協議の円滑化等による、イノベティブかつ競争的な

エコシステムの確保が必要である。

## 1 進展段階の検討に関する前提の整理

### (ア) 当初仮説

中間報告書では、AI ネットワーク化の進展段階を、以下のように整理していた。

1. AI が、他のAI とは連携せずに、インターネットを介するなどして単独で機能し、人間を支援
2. AI 相互間のネットワークが形成され、社会の各分野における自動調整・自動調和が進展
3. 人間の潜在的能力がAI ネットワークシステムにより引き出され、身体的にも頭脳的にも発展
4. 人間とAI ネットワークシステムとが共存

### (イ) 新たな検討課題

以上の進展段階の整理に基づき、それぞれの段階における一般的なエコシステムの構造について検討したところ、以下のような新たな検討課題が生じた。

#### ① 進展段階1が成立するための前提となる背景の整理

現時点ですでに進展段階1が形成されつつあるが、その技術的な基礎となっているビッグデータの収集・解析及びエコシステムが、進展段階1の背景となっていることから、それらの整理が必要である。

#### ② 進展段階の細分化

それぞれの進展段階の中で技術やサービスの展開に関して細分化が進んでいる可能性が高い。とりわけ現時点での先端的なサービス分野と目される進展段階2は、その背景となる技術及び事業構造の両面から、様々な類型が存在することが想定される。

#### ③ 進展段階間の関係性の精査

進展段階が進む際に、AI ネットワークシステムの系内部における要因のみならず、現時点ではAI ネットワークシステムの外側にある要因（環境変化を含む外部要因）によって、進展が誘発・変化される可能性がある。そうした観点を考慮した進展段階の精査が必要である。

以上の検討課題に基づき、当初仮説に追加と詳細化を行う形で、新たに仮説を整理し、その段階に応じたエコシステムの検討を行いたい。

## 2 進展段階0：AI ネットワークシステムの基礎形成

### (ア) 概要

AI ネットワークシステムが進展する基礎的な前提として、ビッグデータの収集・解析が挙げられる。ビッグデータの収集・解析が、技術的及び事業的に可能となり、実現されることで、シーズ（収集と解析の技術）とニーズ（収集と解析の必要性）の循環が形成された。このような好循環を得た結果が、AI ネットワークシステムへの期待を顕在化させた一因となっている。

現時点で、ビッグデータの形成に主要な役割を果たしているのは、WWW の普及である。WWW が単一的なプラットフォームとして世界中の生活者、事業者及び公的セクターに利用されることにより、WWW の技術やサービスを構成する事業者によるエコシステムが形成された。

WWW は、インターネットの発展の歴史的経緯の上に成立している。特にユーザエクスペリエンス（UX）<sup>1</sup>やユーザインタフェース（UI）<sup>2</sup>の観点からは、インターネットが開発された当初のUX/UIであるUNIXワークステーションが、パーソナルコンピュータのパラダイムにおいても継承された。そのいずれにおいてもWWWブラウザが標準的なUX/UIの役割を担ったことで、情報の入力と出力に関する安定的な体系をもたらし、データがWWWの上に集約されるようになった。

こうした状況は、昨今のスマートフォンやIoTのような非PC系UX/UIの普及によって、少しずつ変化が生じており、その意味において進展段階1とは様相が異なっている可能性がある。しかしながら、通信プロトコルや基本的なシステムの構造としてのWWWは、現時点でも安定的な地位を得ている。したがって、ここでは、WWWの普及と、それに伴う寡占的事業者（以下Webジャイアント事業者とする）の台頭を、進展段階0として位置づける。

なお、前述した「Webジャイアント」は本稿における造語だが、大規模Webサービスを提供する事業者のうち、①世界的な規模で事業を展開している、②数億人規模の膨大な利用者を擁する、③コンテンツ・ホルダーへの交渉力やネットワーク・トポロジの形成等、情報流通の基礎的な構造にまで直接的な影響を及ぼす、といった特性を有するものを指す。現在のインターネットにおいて、こうしたWebジャイアントの存在は、アプリケーションやコンテンツ等の上位層だけでなく、大陸間海底ケーブルの敷設等の物理層にも重大な影響を及ぼしていることは、すでにインターネット・ガバナンスの観点からも指摘が相次い

---

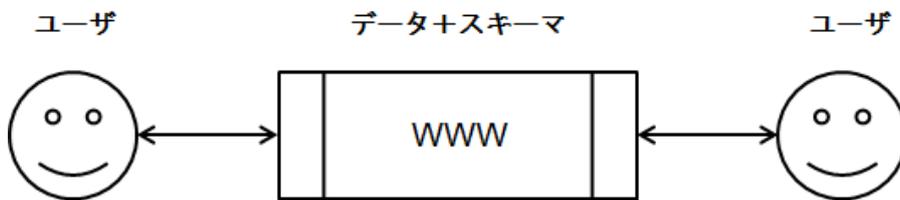
<sup>1</sup> 製品・サービスを使用する際の印象や体験。使い勝手や操作感を意味するユーザビリティやユーザインタフェースより広い概念であり、製品を所有したり、サービスに接したりする過程で得られる、満足感や喜びといった質的・精神的価値に重きを置く。（出所：デジタル大辞泉）

<sup>2</sup> 使用者がコンピューターを操作する上での環境。また、扱いやすさや、操作感。携帯電話やデジタルカメラなどの電子機器の操作に対しても使われる。（出所：デジタル大辞泉）

でいる。AI ネットワークの進展においても、特に初期段階においてはインターネット・エコノミーの影響を強く受けることから、こうした背景を含意した表現として位置づけた。

#### (イ) 基本的な構造

進展段階0の基本構造を図表1の通り整理する。進展段階0は、ユーザ同士がWWWを介して向かい合う構造を基本としているため、データとスキーマ<sup>3</sup>は混在しているか、そもそもスキーマが存在しない単なるコミュニケーション（データベースのような構造を持たない小さく不定形なデータの揮発的な交換による情報の伝達）に終始するケースも多い。



図表 1 進展段階0の基本的な構造

AI ネットワークシステムが台頭する進展段階1以降と比べて、進展段階0はWWWの先に概ねユーザが存在することが多い。従って、ユーザ同士が向かい合うため、ユーザ自身が持つインテリジェンスを前提とし、システム自体はインテリジェンスを持たない場合も少なくない。

しかしながら、WWWが提供するサービスによって大量のユーザを獲得した場合、それに伴いデータも増大し、複雑化することになり、その処理を効率化することが期待される。こうした背景により、主に内部処理の観点から自動化を進める力学が作用する。こうした自動化への動機が、進展段階1を促す一因として挙げられる。

#### (ウ) 想定される事例とエコシステムの特徴

グーグル、ヤフー、フェイスブック、アマゾン、マイクロソフト、ツイッター等 Web ジャイアント事業者が提供するサービスは、エコシステムの中核を担っている。

これらの事業者のサービスが共通して備える特徴は、データの囲い込みによる寡占化を指向していることである。WWWをプラットフォームとしたビッグデータの実現において、データの寡占が競争の優位性に資すると考えられることに起因する。

### 3 進展段階1：AIが、他のAIとは連携せずに、インターネットを介するな

<sup>3</sup> データの種類や大きさ、他のデータとの関連等によって定義されたデータベースの構造。データベースの構造自体が多様化していることから、ここでは広義に「集積したデータの構造体系」として位置づける。

## どして単独で機能し、人間を支援

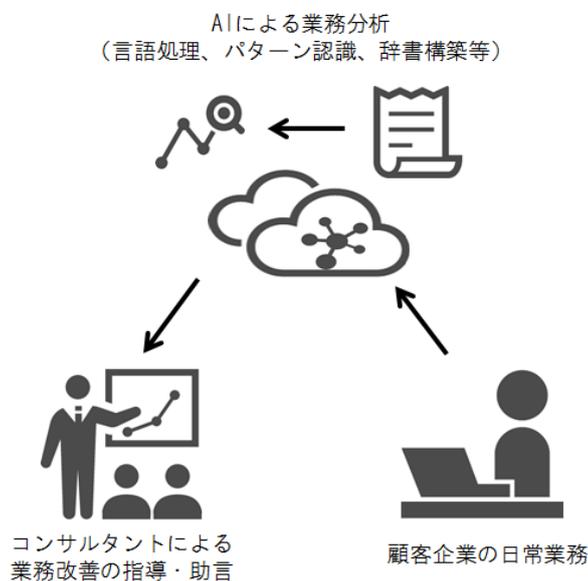
### (ア) 概要

AI が単独でその知識や探索機能を利用して頭脳労働を支援・代替する段階<sup>4</sup>である。具体的には、判例探索、症例探索、保険の審査等の場面での利活用が挙げられる。

ただし、「単独で機能」というのは、あくまで系としての AI が単独であることを意味しており、実際は通信ネットワークやクラウドコンピューティングの活用が当然想定される。そのため、あらゆるものごとのデータ化を前提とした、即時性を要する判断や複雑な判断を可能とするシステムの開発が進められると考えられる。

### (イ) 進展段階 1-1 の基本構造

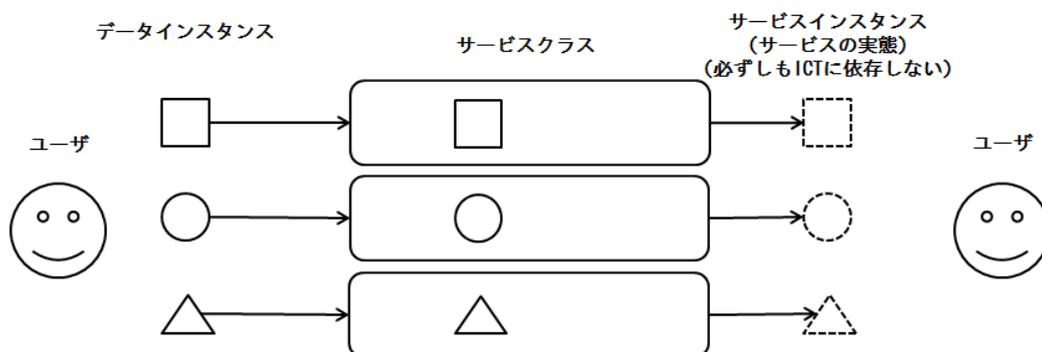
進展段階 1 のうち、初期的な過程に該当するものを進展段階 1-1 として、その具体的な例（AI を利用した企業の業務分析と改善のコンサルティング）を図表 2 に、またシステムアーキテクチャの基本構造を図表 3 の通り整理する。この段階では、①データとして表現される対象（データインスタンス）、②データインスタンスを取得して処理をするサービスクラス<sup>5</sup>、③処理の結果として表現されるサービス実態であるサービスインスタンス、によって構成される。進展段階 0 と比較した場合、サービスクラスの存否により、系の中にインテリジェンスを内包しているか否か、という点で大きく異なる。



図表 2 進展段階 1-1 の例示

<sup>4</sup> ICT インテリジェント化影響評価検討会議（AI ネットワーク化検討会議）第 1 回会合「討議用資料 1 問題の所在」（以下、「討議用資料 1」と言う。），pp. 19

<sup>5</sup> オブジェクト指向プログラミング言語における、特定の機能や役割をもたせたプログラムのこと。（出所：デジタル大辞泉）



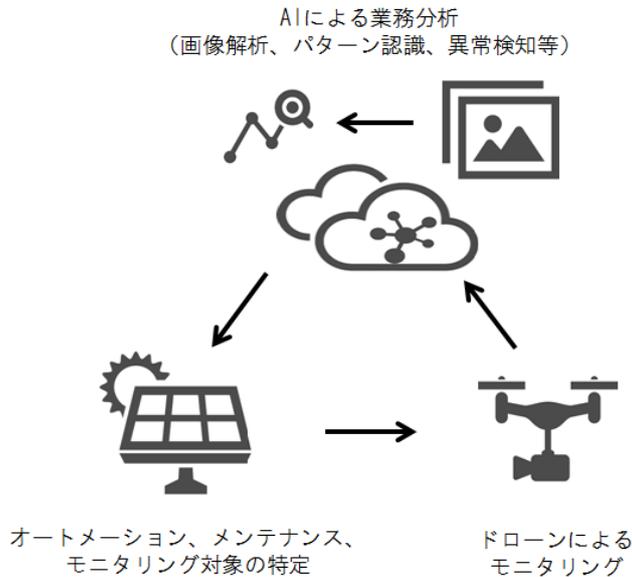
図表 3 進展段階1-1の基本構造

進展段階0と同様、進展段階1の構造そのものは、WWW及びそのサービス化並びにそのサービス化により生じた自動化を背景としている場合が少なくない。従って、ここで発生するサービスクラスの中核をなすのは、①データインスタンスをサービスクラスが受け取る際の前処理工程（例：不定形なデータを一元的に処理するための辞書やコーパスの作成）、②データインスタンスのパターン認識（例：達成すべき目的が特定された制限下での機械学習）等への適用である。

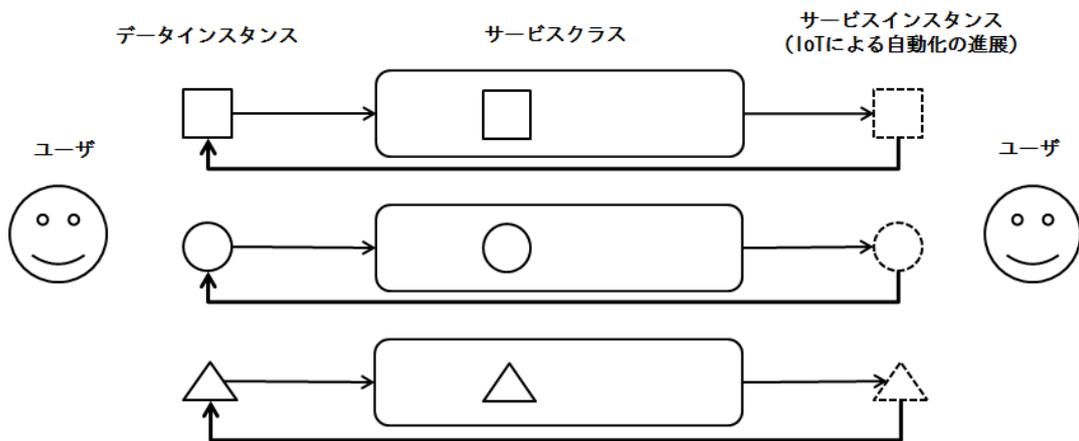
一方、サービスクラスによって処理された結果は、必ずしもICTに依存した表現形を採らない。たとえば、ある企業の業務分析にAIを活用した場合、その分析結果に基づく業務改善指導は、機械ではなく人間の業務コンサルタントが担う、というケースが見られる。そのため、サービスインスタンスの形成やサービスクラスの改善へのフィードバックは必ずしも自動化されておらず、サービスクラスの自律的な高度化は人間によるエンジニアリング（結果の解析とそれに伴う実装）を要することも少なくない。

#### (ウ) 進展段階1-2の基本構造

次に、系全体の構造は大きく変わらないものの、その要素が変わることによって情報処理の効率が高まった類型を、進展段階1-2として位置づける。その具体的な例（AIとIoT（ドローンによる撮影）を利用した施設のモニタリングやオートメーション）を図表4に、またシステムアーキテクチャの基本構造その具体的な例示を図表5の通り整理する。



図表 4 進展段階1-2の例示



図表 5 進展段階1-2の基本構造

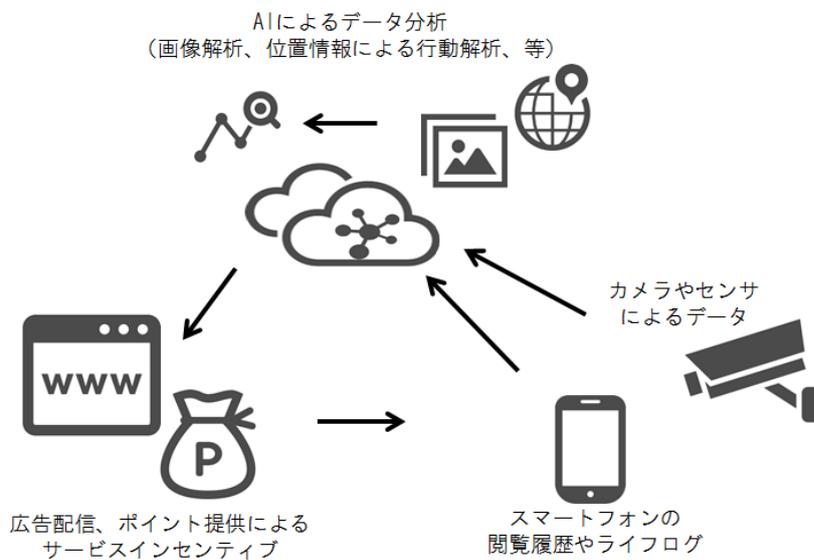
こうした構造が成立する一因として、IoT が挙げられる。IoT の出現によって、サービスインスタンスがデータ化され、データインスタンスへのフィードバックが自動化される。それに伴い、データインスタンスの大規模化やサービスクラスの高度化が自動的に進展する。また、IoT によるサービスインスタンスの自動化は、サービスクラスの高度化に不可欠な系の外部にある情報（外部環境）の獲得にも寄与する。具体的には、いわゆる情報家電やロボットによるサービスが、その典型的な事例と言えるだろう。

進展段階0（WWW ベース）や、進展段階1の基礎的な構造（系の中に人間を介する余地が残る）の場合、フィードバックや外部環境の獲得にムラ（不確定・不確実、不安定、不連続、等）が生じた。一方、それらが自動化された状態では、系を改善するプロセスそ

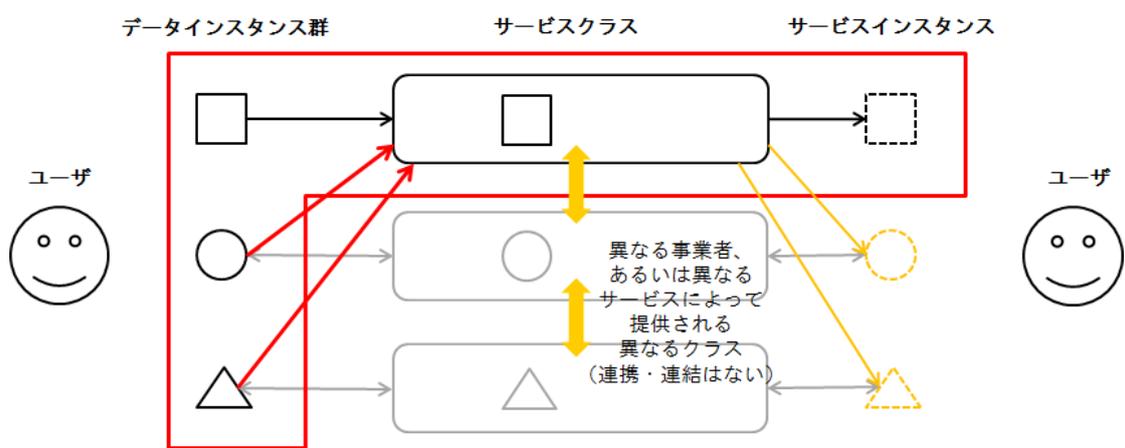
のものを系の中に埋め込むことが可能になり、サービスクラスの水準（例：機械学習の精度）は大きく向上する。

**(エ) 進展段階 1 – 3 の基本構造**

次に、データインスタンスの大規模化が進展した類型を進展段階 1 – 3 として位置づける。その具体的な例(複数の入力デバイスから得られた異なるデータを単一の AI が解析し、ポイント付与や広告配信を精緻化するシステム)を図表 6 に、またシステムアーキテクチャの基本構造その具体的な例示を図表 7 の通り整理する。



図表 6 進展段階 1 – 3 の例示



図表 7 進展段階 1 – 3 の基本構造

進展段階 1 – 3 では、大規模で多様なデータインスタンスを単一のサービスクラスが対

応するケースが想定される。

従来のデータインスタンスとサービスクラスは、固定的な対の関係にあった。一方、進展段階0の基礎であるビッグデータ解析の進展と、進展段階1-2のようなフィードバックの自動化の進展により、大規模かつ不定型なデータの解析が可能になったことで、より多様なデータインスタンスが単一のサービスクラスによって処理できるようになったことが、この背景として考えられる。

この段階におけるAIが実現する機能は、単なる効率化の実現だけでなく、付加価値の向上を目指すものと考えられる。具体的には、データの組合せにより従来は知り得なかった知識や知見の獲得（例：画像情報、記述情報、メタ情報の統合（文脈やパターン的一致等）による意味解釈の高精度化）等が挙げられる。

### (オ) 想定される事例とエコシステムの特徴

図表8に進展段階1-1～3の事例を示す。

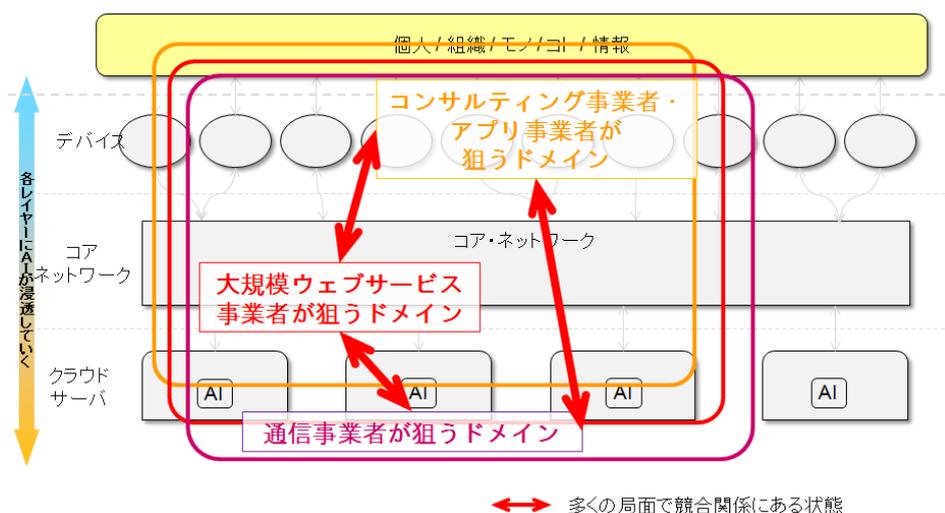
名称・事業者名	概要	予想される将来的な展開	
進展段階1-1	ホットリンク	中国人観光客のロコミ情報による消費動向や観光行動のリアルタイム分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>付加価値の提供（事業予測）</li> <li>データ収集の拡大</li> </ul>
	インバウンド・インサイト（ナイトレイ社）	SNS解析による訪日外国人の位置・移動情報の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>データ収集の拡大</li> </ul>
	IBM	ワトソンによる業務分析支援 <ul style="list-style-type: none"> <li>FIA-COG（生保外交員支援アプリ）</li> <li>インサイトマッチング（求職者と求人企業のマッチング自動化）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>付加価値の提供（業務改善）</li> </ul>
進展段階1-2	ソフトバンクロボティクス	Pepperによる接客支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>付加価値の提供（業務改善）</li> </ul>
	FiNC	遺伝子・血液検査、生活習慣等のライフログを元にした健康増進アドバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>データ収集の拡大</li> </ul>
	総合警備保障	ドローンによる太陽光パネルの異常発見	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>異常発生の予測</li> </ul>
進展段階1-3	ベジタリア	環境センサー、土壌センサー等を解析し、栽培アルゴリズムや収穫時期予測等を提供	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>付加価値の提供（業務改善）</li> </ul>
	Yahoo!+Salesforce	Yahoo!DMPとSalesforce Marketing Cloudの連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析の高度化</li> <li>付加価値の提供（ネット広告の品質向上）</li> </ul>
	竹中工務店	BAのAIによる高度化（ビル内の電力、照明、温度、入退室等の集中最適制御）	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>付加価値の提供（異常発生の予測）</li> </ul>
	音声認識全般	様々なサービスのUIとして音声認識を適用し、サービスごとやユーザごとの特徴に最適化された認識技術・合成技術・処理技術等に適用	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>付加価値の提供（圧縮・処理の効率化、辞書の自動生成）</li> </ul>
	ロボットタクシー	車の周辺状況の把握と制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析の高度化</li> <li>付加価値の提供（効率化、サービス革新）</li> </ul>

図表 8 進展段階1-1~3の事例

エコシステムの中核を担う事業者は、進展段階1-1~3のいずれにおいても、進展段階0において収集されたビッグデータを保有する、大規模ウェブサービス事業者（いわゆる Web ジャイアント事業者）であると考えられる。

一方、たとえば IBM 社の「ワトソン」のように、同社が以前から保有する営業力等を駆使して、顧客が有する情報を収集するというアプローチを採る事業者も存在する。また進展段階1-2~3において、IoTによって獲得される情報は、従来の大規模ウェブサービス事業者もまだ収集の途上にある。

進展段階1の全般において、コンサルティング事業者やアプリ事業者による付加価値の提供が主体となるサービスを想定し、その場合のエコシステム上において事業者が占める位置（ドメイン）と関係性を、図表8の通り整理する。



図表 9 進展段階1のエコシステム（ドメインと関係性）

こうした「非 WWW の情報」による進展段階1の発展は、AIの利活用分野の多様性にも依存する。その一方で、大規模ウェブサービス事業者の技術力は総じて高く、非 WWW 領域への進出も着実に進んでいると考えられる。

そのために、大規模ウェブサービス事業者以外の事業者が、AIのエコシステム形成で主導的な役割を担うためには、より具体性があり即時的なニーズの強い分野への適用を、営業力等をはじめとした競争優位性を活用して、強力に促進することが期待される。

## 4 進展段階 2 : AI 相互間のネットワークが形成され、社会の各分野における自動調整・自動調和が進展

### (ア) 概要

AI のネットワーク化による協調が進展し、社会の各分野における自動調整・自動調和が進展する段階<sup>6</sup>である。この段階では、AI ネットワーク化に伴い分散処理が進むことで、処理の効率化、大規模化、体系化が進展するものと考えられる。具体的には、産業機械と部材の連携、サービスロボットとセンサの提携、交通、物流、オフィス業務、生活環境等の自動調整等が挙げられる。

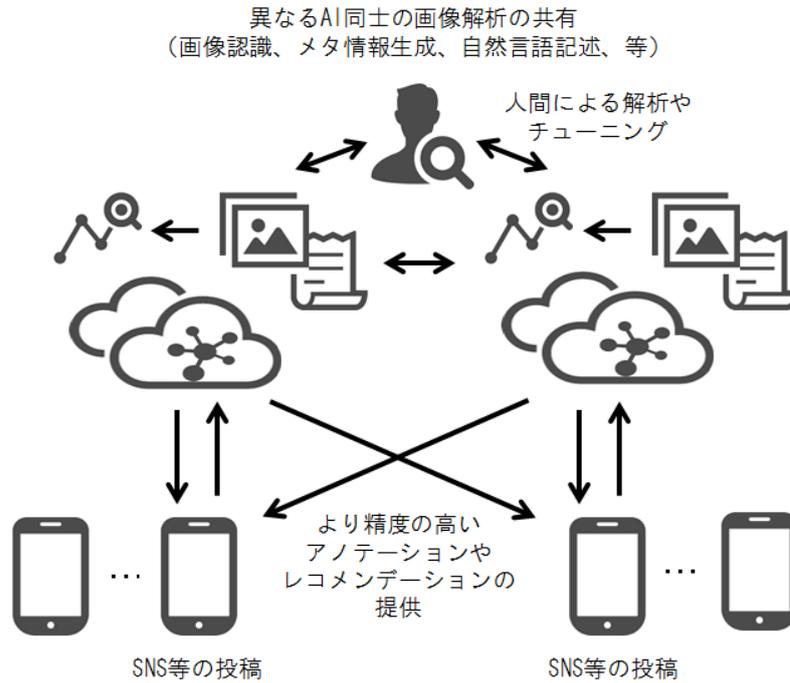
また、ネットワーク上に用途の異なる多種多様な AI が出現するとともに、これらを取りまとめる能力を有するメタ AI も出現し、協調が進展することが予想される。このことにより、AI 相互間で学習結果が自動的に交換・結合されるようになり、関連づけられる情報の範囲が拡大する。

### (イ) 進展段階 2-1 の基本構造

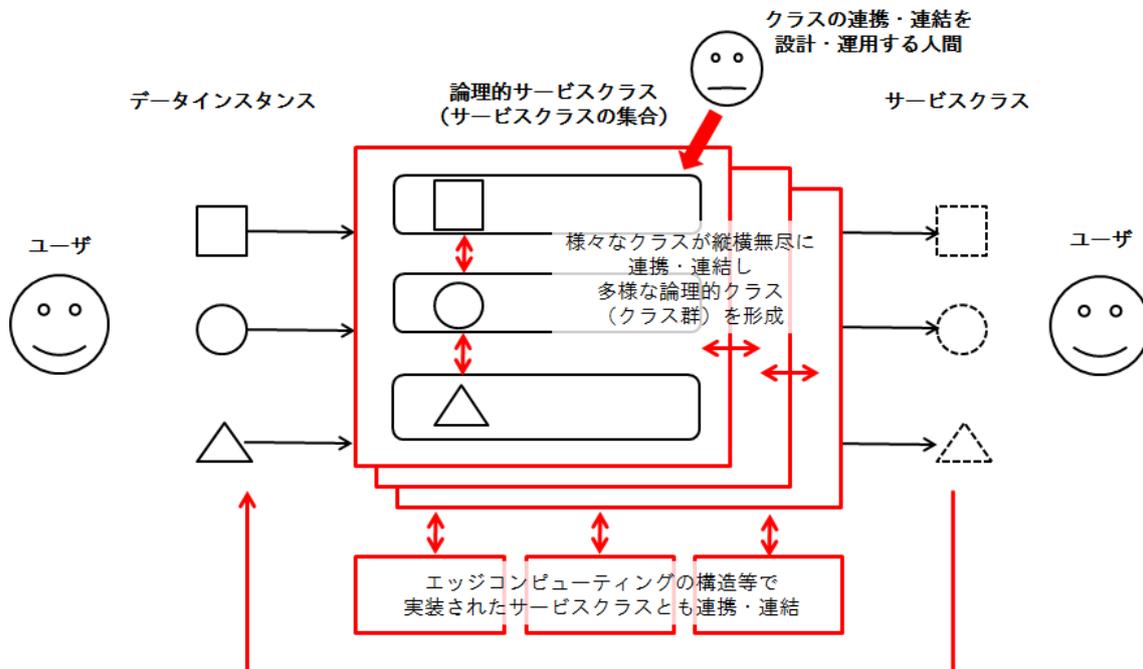
進展段階 2 の基本構造のうち、初期的な過程を進展段階 2-1 として、その具体的な例（複数のサービスに基づく個別のシステムアーキテクチャを有する SNS 事業者の画像解析の共有）を図表 10 に、またシステムアーキテクチャの基本構造を図表 11 の通り整理する。この段階では、進展段階 1-3 が想定した「多様なデータインスタンスを単一のサービスクラスが対応する状態」がさらに発展し、従来は特定のデータインスタンスと相対の関係に固定化されていたサービスクラス同士が複合的に連携する形態が想定される。

---

<sup>6</sup> 「討議用資料 1」, pp. 24



図表 9 進展段階 2-1 の例示



図表 11 進展段階 2-1 の基本構造

複数の種類のデータインスタンスの処理を、複数のサービスクラスが処理し、それがさ

らに複数のサービスクラスを生成し、より複雑なフィードバックが構成される。この場合、データインスタンスとサービスクラスの関係は固定的なものではなく、データインスタンスの状況に応じて動的に組み替えられるものと想定される。そうした動的な利用形態への対応として、サービスクラスが連携・連結したクラス群によって「論理的サービスクラス」が構成される。

この場合の個別サービスクラスの関係は、垂直的、水平的、あるいはその組合せによる様々な構成が想定される。例えば、全体の系と個別の系の組合せを想定した場合、全体的な情報通信ネットワーク（全体の系）と企業や家庭等のユーザのネットワーク（個別の系）との階層構造を有した組合せが考えられる。エッジ・コンピューティング<sup>7</sup>（ネットワーク周縁部にもサーバを配置することでアプリケーション処理の低遅延化や通信トラフィック最適化を可能とする技術）もこの一例と言えるだろう。

また、工場における産業ロボットや、事業者を超えて連携する製造過程のサプライチェーンのように相互作用を重視したシステム等、個別の系の連鎖による形態もありうる。

こうした個別サービスクラス同士の関係は、事業者や既存の産業構造を超えた形態での構成が進みうる事が予想される。また、進展段階2-2以降はさらに多様で複雑さを増し、その複雑さがAIネットワークシステムの高度化を導く動機の一因とみなされる。

進展段階2-1における論理的サービスクラスの構成は、予め設計された各サービスクラスのAPIが担うことが考えられる。APIの設計や管理は基本的に人間の手によって行われる（ないしは人間によって設計・運用される規律によって制御される）ことが多いことを踏まえれば、この段階での論理的サービスクラスの構成には、人間が介在した設計が必要となる。

ここでAIネットワークシステムが実現する機能も、進展段階1-3と同様に、単なる効率化の実現だけでなく、付加価値の向上を目指すものと考えられる。ただし、サービスクラスの処理能力が向上することにより、より大量で現実に即したフィードバックを獲得し、個別サービスクラスと論理的サービスクラスの両方の精度が高まる事が予想される。

また、進展段階1-3と2-1は、処理するもの（サービスクラス）と処理されるもの（データインスタンス）、処理結果（サービスインスタンス）の相乗効果によって発展する、相互補完的な側面をも備える。従って、進展段階2-1の到達が、進展段階1-3のさらなる大規模化をもたらす可能性もある。

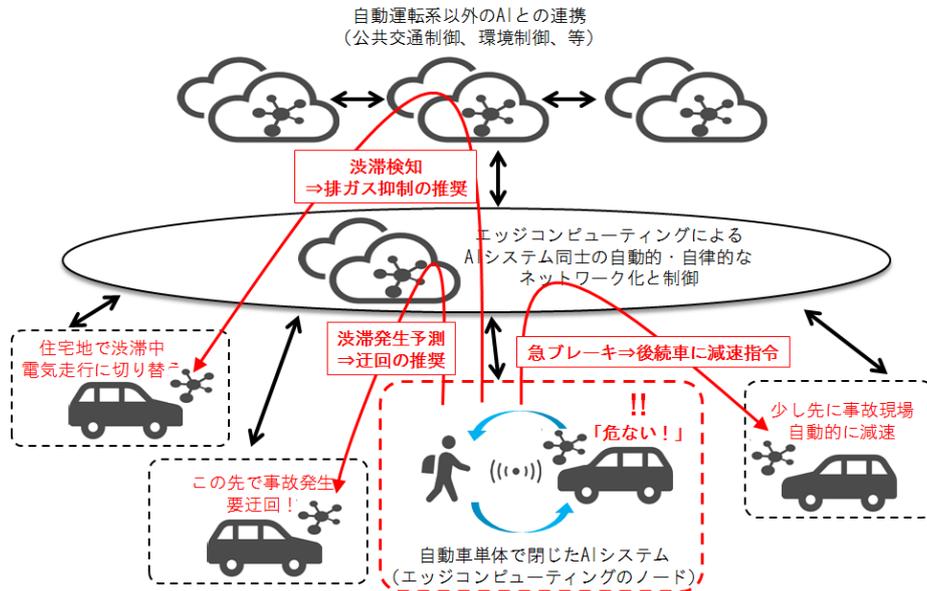
#### **(ウ) 進展段階2-2の基本構造**

サービスクラス同士が連携する進展段階2-1のさらなる発展として、サービスクラス群を自動的に制御し、より最適な論理的サービスクラスの形成を指向する形態を、進展段階2-2として位置づける。その具体的な例（レベル2-3程度の自動運転を実現する際の全体的なシステム）を図表12に、またシステムアーキテクチャの基本構造その具体的な例

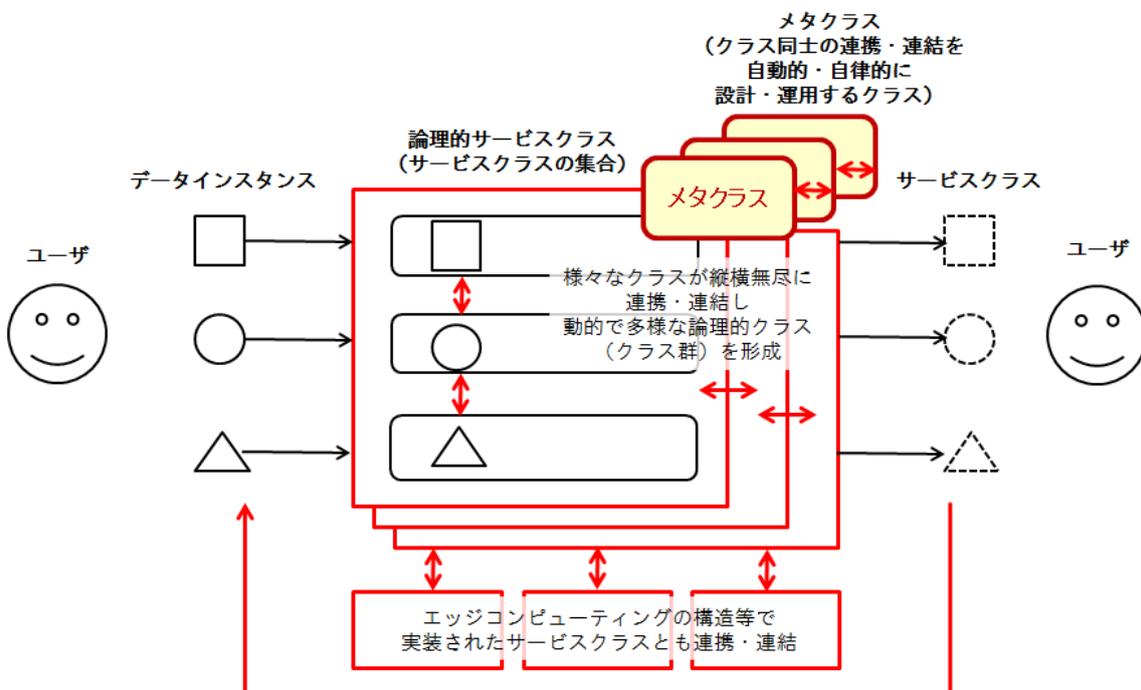
---

<sup>7</sup> <http://www.ntt.co.jp/journal/1508/files/jn201508059.pdf>

示を図表 1 3 の通り整理する。



図表 10 進展段階 2-2 の例示



図表 11 進展段階 2-2 の基本構造

進展段階 2-1 では、人間の介在を前提としてクラス同士の連携・連結が構成されてい

たが、進展段階 2-2 ではクラス群の上位に位置づけられた「メタクラス」がその制御を担うことを想定する。メタクラスによって自動的に制御される場合、人間によって設計・運用される静的な API も必要とせず、サービスクラス同士をデータインスタンスの状況やサービスインスタンスによって導き出された新たなサービスへの要求に応じて、動的に連携・連結するような論理的クラスが組成される。

メタクラスは、初期的には同一事業者内に存在する複数の AI の統括を自動化する機構として、構築されると考えられる。しかしながら、メタクラスが果たす機能は、当初より個別の AI との相関性や依存性が弱まっていると考えられ、メタクラス同士の協調による事業者を超えた AI ネットワークシステムの連携・連結は、少なくとも技術的可能性という点では、メタクラス登場の早い段階から視野に入るものと思われる。従って、メタクラス相互間の連携は、事業者による事業戦略の観点から促進されることが予想される。

この段階における AI ネットワークシステムは、効率化の実現や付加価値の向上だけでなく、たとえば自動運転のように、そもそもサービスクラス同士の自動的な連携が成立要件となるサービスの普及等により推進される可能性がある。

具体的には、自動運転では、ある閉じた個別の系（例：個別の自動車）が、全体の系（例：社会全体の交通システム）との調和を図ることが求められる。こうしたエッジ・コンピューティングの構造では、個別の系（エッジ）で完結して対処しなければ追いつかない処理（例：瞬時の事故回避）と、その結果の全体の系へのフィードバック（例：事故回避情報の共有による事前の危険回避）という、異なるサービスクラスが存在する系を連携・連結する必要がある。

その際に、全体の系と個別の系のそれぞれの状況に応じ、最適な連携・連結を実現するためには、連携・連結を司るメタクラスによる全体最適の指向が必要となる。同様のニーズは、家庭内家事ロボットとそれに担われる遠隔モニタリングやヘルスケア等のサービス連携でも想定される。

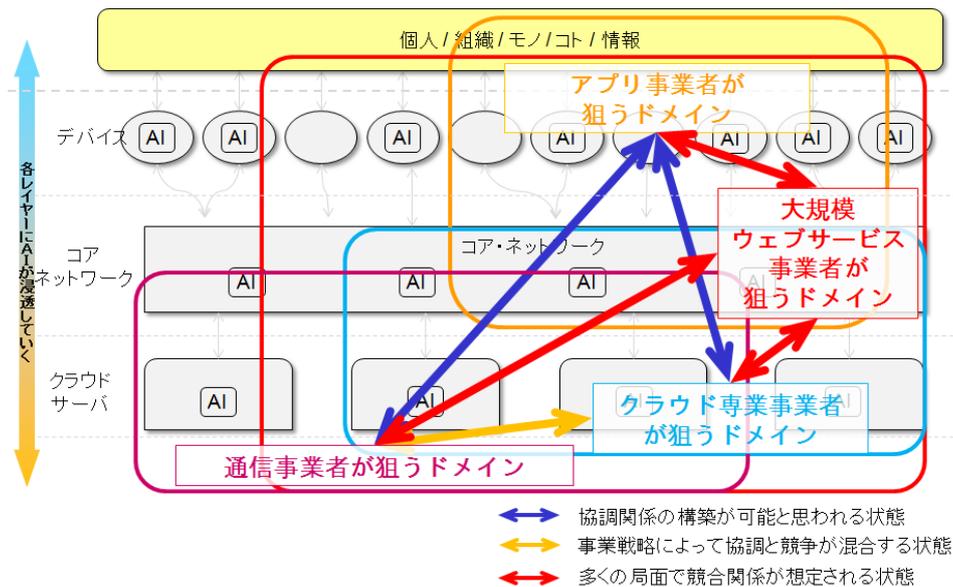
#### **(エ) 想定される事例とエコシステムの特徴**

図表 1 4 に進展段階 2 の事例を示す。進展段階 2 において、2-1 及び 2-2 の区別は、事業者の技術・サービスの開発や運用の状況に応じて変化するが、その詳細は必ずしも公開されておらず、現時点で外部から判断することは難しいため、ここでは両方を集約して取り上げる。

名称・事業者名	概要	予想される将来的な展開
カラフルボード (SENSY)	人工知能がユーザーやエキスパートの好みを理解し、学習結果をもとにコーディネート、アイテム、ニュースをレコメンドするサービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析フレームワークの横展開</li> <li>付加価値の向上（販売促進）</li> </ul>
Googleの多角化	Alphabet参加の各事業者がデータ連携し、解析技術の共有化とメタ情報の収集・生成を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析の高度化</li> <li>規模の拡大（寡占指向）</li> </ul>
Amazonの多角化	メディアサービス（配信、電子書籍）参入による物販事業へのフィードバック	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析の高度化</li> <li>付加価値の向上（販売促進）</li> </ul>
Facebook+Instagram	画像収集・管理・解析技術の共有化と、メタ情報（タグ）の収集・連携による付加価値の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析の高度化</li> <li>付加価値の提供（ネット広告の品質向上）</li> </ul>

図表 12 進展段階2の事例

また、進展段階2-1において、図表10（複数のサービスに基づく個別のシステムアーキテクチャを有する SNS 事業者の画像解析の共有）の例示に基づき、そこで想定されるエコシステム上において事業者が占める位置（ドメイン）と関係性を、図表15の通り整理する。



図表 13 進展段階2-1のエコシステム（ドメインと関係性）

この段階においてエコシステムの中核を担う事業者は、現時点においては Web ジャイアント事業者であると考えられる。その背景として、いずれの段階においても、より大量なデータとそれを解析できる技術基盤が必要とされることが挙げられる。

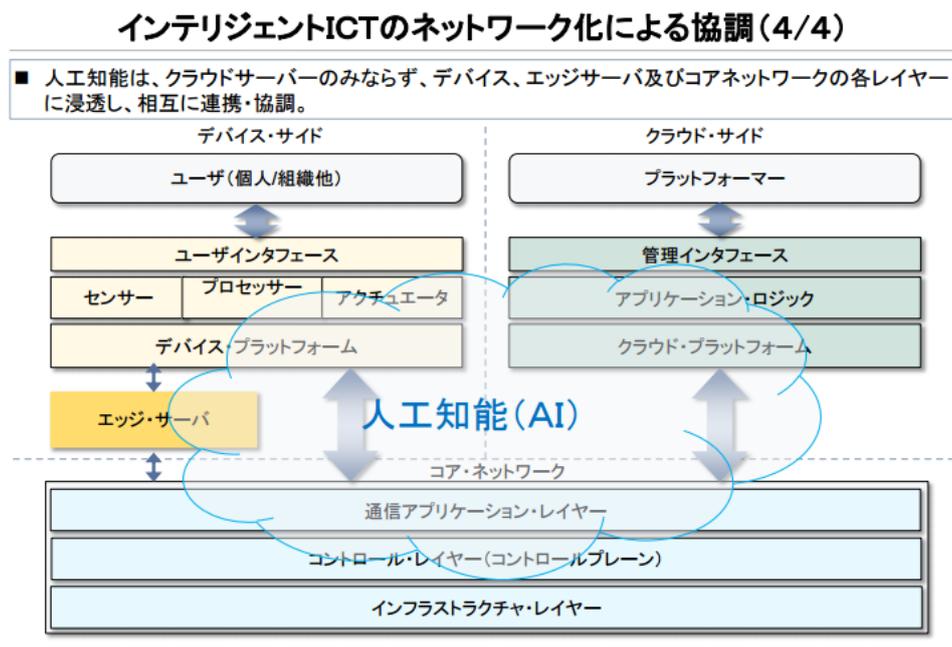
また Web ジャイアント事業者は、様々なシステム機能を有しており、産業構造の広範にわたって事業化している。そのためエコシステムを構成する個別要素（アプリやクラウド

等)との関係も、それらに対して相当程度の競争力を有しており、利害が対立する局面も少なくない。

しかしながら、進展段階1-2でも触れた通り、IoTの台頭によって、いわゆる「非WWWサービス」の形態が出現すると予想される。この場合、従来の大規模ウェブサービス事業者以外も、データの収集と解析の機会を獲得する可能性があり、エコシステムを構成するプレイヤーの多様化が考えられる。従って、エコシステムの中に多様な事業者が自律的かつ分散的に存在する状態を維持・拡大するためには、こうしたプレイヤーの研究開発や事業化、またプレイヤー間の協調を支援することが期待される。

一方、技術基盤に着目すると、特にインフラストラクチャ・レイヤー(図表8)における技術要素は、GPGPU<sup>8</sup>や量子コンピューティング等が、それらを構成する要素として挙げられるが、こうした領域は従来からICTインフラを担う通信事業者ないしは機器ベンダ、半導体ベンダの研究開発が進んでいる。

特に通信事業者は、SDN<sup>9</sup>/NFV<sup>10</sup>の台頭により、ネットワーク運用の論理化・ソフトウェア化を進展しつつある。これに伴い、インテリジェントICTによる異常検知やセキュリティ対策、あるいは資源効率化を目指す取り組み<sup>11</sup>も期待される。



<sup>8</sup> General-Purpose computing on Graphics Processing Units : GPUによる汎用計算

<sup>9</sup> Software-Defined Network : コンピュータネットワークを構成する通信機器をソフトウェアによって論理的に定義・構築・運用し、ネットワークの構造や構成、設定などを柔軟かつ動的に制御する技術。

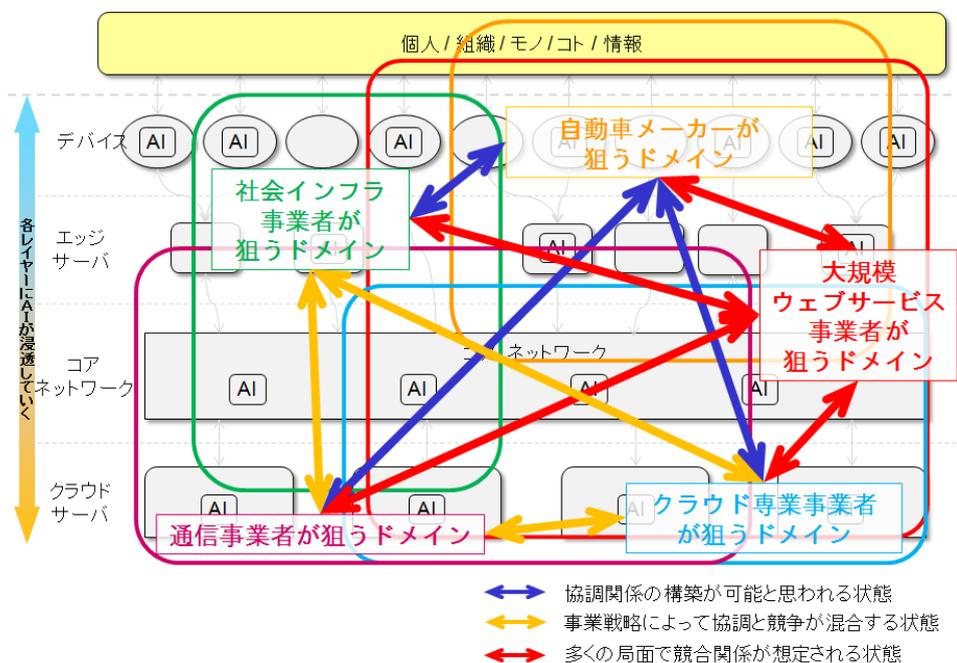
<sup>10</sup> Network Function Virtualization : 従来は専用機器で提供されていたネットワーク機能を汎用機器(IAサーバ)上の仮想マシンで動作させるソリューション。

<sup>11</sup> 林雅之構成員資料

図表 14 インテリジェント ICT のレイヤー構造 (出所:「討議用資料 1」, pp.27)

一方、大規模ウェブサービス事業者もその技術の獲得を進めている。たとえばグーグルは、量子コンピューティングに関する投資を進めており<sup>12</sup>、研究開発競争が活発化している。現時点で同分野は研究開発の途上にあると見られており、大規模ウェブサービス事業者を含め、多くの研究者・事業者に残されていると考えられる。

次に、進展段階 2-2 において、図表 10 (複数のサービスに基づく個別のシステムアーキテクチャを有する SNS 事業者の画像解析の共有) の例示に基づき、そこで想定されるエコシステム上において事業者が占める位置 (ドメイン) と関係性を、図表 17 の通り整理する。



図表 15 進展段階 2-2 のエコシステム (ドメインと関係性)

進展段階 2-2 においては、エコシステムの中核を担う事業者は、当該サービス分野に長けた事業者となる可能性がある。その背景として、①自動車やロボットに搭載されるクラス等の開発に専門性が伴う、②それに伴い全体の系の構造自体も当該サービス分野に特化して設計・運用される (例: 自動運転に特化したエッジ・コンピューティング)、といった可能性が考えられる。

ただし、この場合においても、特に全体の系においては、より大量なデータとそれを解析できる技術基盤が必要とされる。また、それらを保有しているのが、現時点では大規模

<sup>12</sup> 第 2 回経済分科会 田中絵麻構成員資料 pp. 7

ウェブ事業者であるのは、進展段階0～1と同様である。従って、大規模ウェブサービス事業者による当該分野への新規参入や、技術基盤の提供による参加も予想される。

進展段階2-1と同様、この場合にもWebジャイアント事業者は、様々なシステム機能を有しており、産業構造の広範にわたって事業化している。そのためエコシステムを構成する個別要素（アプリやクラウド等）との関係も、それらに対して一定程度の競争力を有しており、利害が対立する局面も少なくない。

しかしながら、前述の通り、自動車やロボットの分野では高い専門性が必要とされること、またそれゆえにエッジ・コンピューティング等においても当該分野に対してより専門的な解析や処理を可能とする特性が必要とされることなどから、Webジャイアント事業者の競争力は現時点で必ずしも高いとは言えない。

たとえば自動車の自動運転の場合、自動車そのものの制御の高度化はもちろん、外部環境（例：道路情報、気象情報、等）のリアルタイムな取得やそれに基づく全体最適と公平性が担保された設計と運用が必要とされる。この場合、外部環境に関する情報は、環境モニタリングセンサー等の社会インフラ事業者が担うことが想定されるが、Webジャイアント事業者はこうした分野に現時点で競争力を有しているとは必ずしも言えない。

おそらく進展段階2-2は、当該分野の専門性や要求水準の高さを理由に、エコシステムの中で多様な事業者が、自律的かつ分散的に存在する状態が当面維持される蓋然性が高い。従って、こうしたプレイヤーの研究開発や事業化、またプレイヤー間の協調を支援することはもちろん、そうした利活用の分野の特定を進め、ICTによる当該産業構造全般の高度化に向けた施策の実施が期待される。

## 5 進展段階3：人間の潜在的能力がAIネットワークシステムにより引き出され、身体的にも頭脳的にも発展

### (ア) 概要

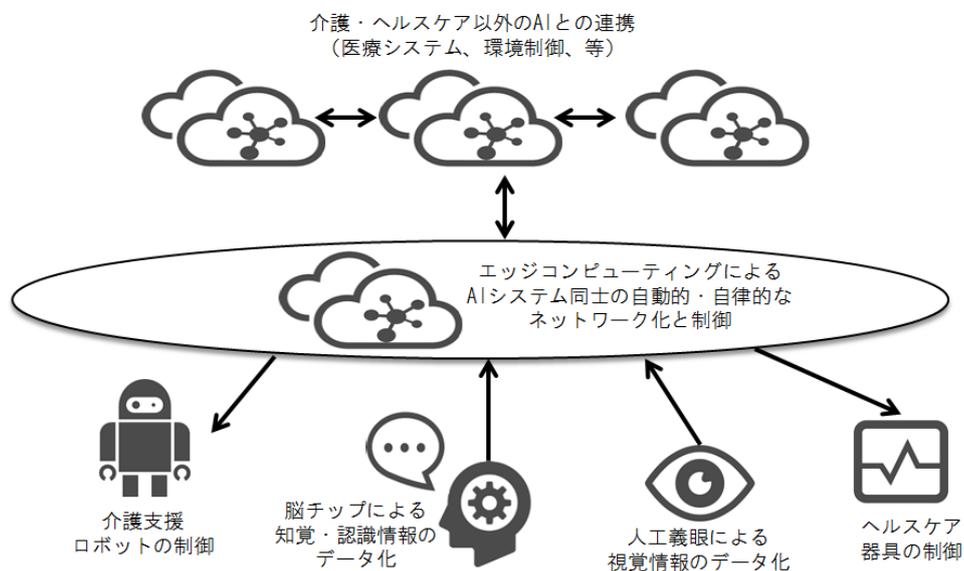
センサによる感覚器官の能力向上や、アクチュエータによる身体機能の能力向上が進み、それらが人間及びAIネットワークシステムと高度に連携することで、人間の潜在的能力が引き出される段階<sup>13</sup>である。具体的には、脳情報の外部への出力、人間の意思に基づく義手・義足・ロボット等の操作、ロボットの遠隔操作、人間とロボットの協働、等が挙げられる。また、それに伴い、人間の五感に直接作用する拡張現実・仮想現実、脳情報の解読及び可視化・実体化、人間とAIネットワークシステムとの相互作用の設計等も想定される。

### (イ) 進展段階3の基本構造

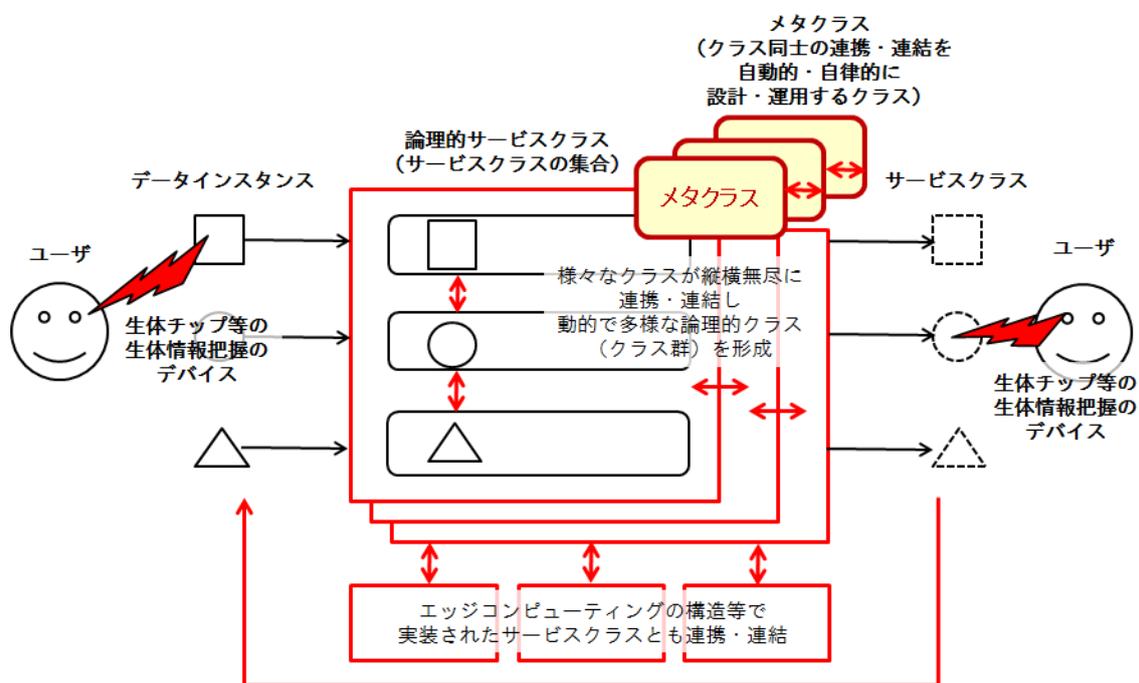
進展段階3の具体的な例（脳チップや人工義眼を利用した生体情報の直接的なAIとの結合に基づく医療・ヘルスケアサービス）を図表18に、またシステムアーキテクチャの基本構造を図表19の通り整理する。

---

<sup>13</sup> 「討議用資料1」, pp. 29



図表 18 進展段階3の例示



図表 19 進展段階3の基本構造

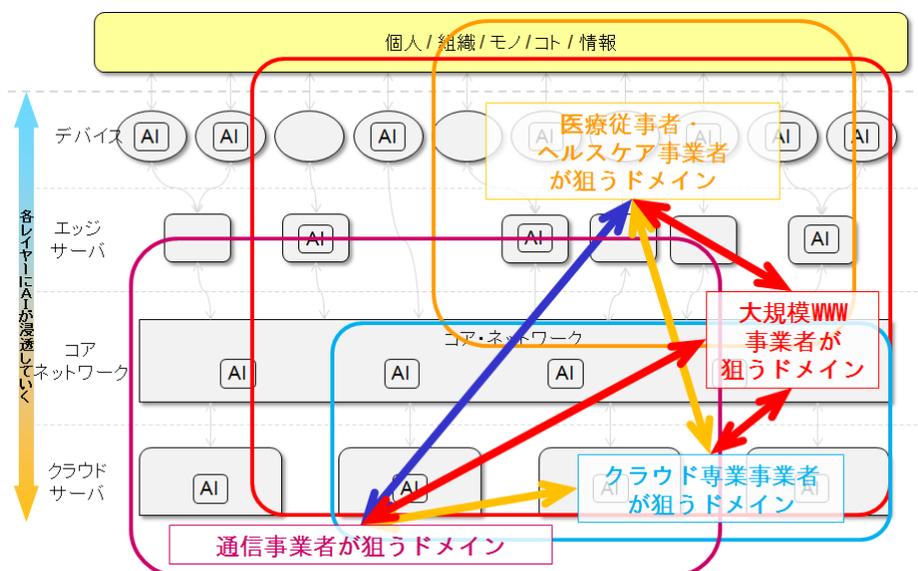
進展段階3におけるAIネットワークシステムの処理系（入力・解析・出力）の構造は、進展段階2-1～2と大きく変わらないと想定される。一方、最も大きな相違点は、ユーザ（人間）に関するインスタンスが、生体チップをはじめとする生体情報を把握するデバイスによって取得されるということである。

生体チップ等のデバイスは、すでに米国国防高等研究計画局（DARPA）がBMI（Brain-Machine Interface）に関する研究開発を発表<sup>14</sup>した通り、すでに取り組みが進んでいる。また、直接的に脳と機械を結合せず、心理学的な手法や非破壊検査的な外部観測によって、脳と機械の結合を促進するような取り組みも存在する。

こうしたアプローチが進めば、論理的サービスクラスに入出力されるデータインスタンスの質や量は飛躍的に向上し、人間の生理的・感情的な反応をより直接的に反映したサービスインスタンスの提供等が考えられる。

#### （ウ） 想定される事例とエコシステムの特徴

次に、進展段階3において、図表18（脳チップや人工義眼を利用した生体情報の直接的なAIとの結合に基づく医療・ヘルスケアサービス）の例示に基づき、そこで想定されるエコシステム上において事業者が占める位置（ドメイン）と関係性を、図表20の通り整理する。



図表20 進展段階3のエコシステム（ドメインと関係性）

進展段階3におけるエコシステムの構造は、特に産業構造的な観点としては、進展段階2-2（図表17）における特徴を引き継いでいる。しかしながら、脳チップのような生体情報を直接的にAIネットワークと結びつけるデバイスの導入が前提となること、そうし

<sup>14</sup> “Bridging the Bio-Electronic Divide”, <http://www.darpa.mil/news-events/2015-01-19>

た前提は現時点でまだ法的・倫理的な判断や合意形成が進んでいないことから、進展段階3の実現にはその目的の限定や手段の必要性・合理性がより明確に求められると考えられる。

具体的には、身体機能の障害者の支援や、教育機会を得られなかった人への遠隔教育や就労のサポート等が挙げられる。従って、エコシステムの中核を担うのも、当面はそうした機能を提供する事業者や研究開発者が想定される。

そのため、単にAIネットワークに関する技術的・事業的な知見だけでなく、当該分野における実績やリスク管理等について長けているプレイヤーによる取り組みが期待され、医療・ヘルスケア分野等に専門性を有した事業者（ないしは医療従事者）等が一定の役割を果たすものと考えられる。

## 6 進展段階4：人間とインテリジェントICTとが共存する社会

### (ア) 概要

進展段階4は、進展段階3までに生じた様々な課題が解消され、人間が様々なAIネットワークシステムに包まれ、AIネットワークシステムの存在を前提として活動する段階である。AIネットワークシステムは、様々な自動調整・自動調和を実現し、あたかも有能な執事のように人間を支援したり、家族のように生活に参加することが予想される。

進展段階4は、進展段階3までに顕在化した経済・社会的な課題を克服し、AIネットワークシステムが広く社会に受け入れられた状態である。そのため、基本的な構造やエコシステムについては、進展段階3の想定を敷衍したものとして顕在化すると考えられる。

### (イ) 課題克服に向けた論点の整理

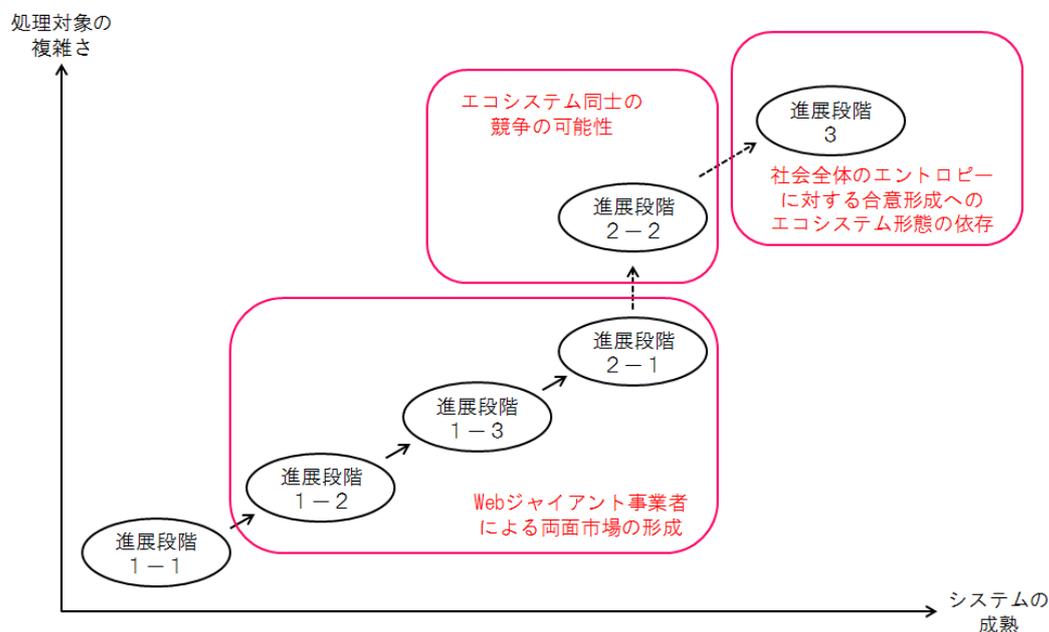
AIネットワークシステムの基本的な構成や機能は、進展段階3で概ね達成されており、ここではあくまでそれらの普及・高度化が進むための課題解決が論点となる。たとえば、①AIネットワークシステムによる判断や動作が、全体最適と公平性をどのように担保するのか、②リスクについてどのように向かい合うのか、③過渡期に生じる課題の対応（雇用問題、倫理的問題等）、④公正な競争の確保とネットワークの円滑な形成等が論点として考えられる。

## 7 イノベティブかつ競争的なエコシステムの確保に向けた考察

### (ア) 進展段階初期のエコシステム：両面市場の形成

各進展段階でも述べた通り、AIネットワークシステムの進展に応じて、それを構成するエコシステムは変化する。AIネットワークシステム進展の初期段階においては、データ獲得とAIネットワークの開発を促進するにあたって、インターネット・エコノミーの影響を

強く受ける。こうした観点から、進展段階に応じたエコシステムは、下図の通り概ね3つの形態に集約することが可能だと考えられる。



図表 21 進展段階に応じたエコシステムの整理

まず、進展段階 1-1 は、AI ネットワークの初期的な段階である。この場合、データインスタンスとサービスインスタンスは一体（すなわちデータ保有者がサービス利用者となる）と考えられ、そうしたデータ保有者＝サービス利用者とデータ解析等の役務を提供する事業者が直接相対するビジネスモデルが想定される。

具体的には、工業分野や農業分野の自動化（例：工場のロボットの運用効率化や、農場でのビニールハウス運用や収穫作業の機械化）を目的として、AI ネットワークの利活用を進めるといような利活用形態において、受益者（工場や農場の所有者や運営者）が費用負担し、AI ネットワークの導入を進めるといものである。

従ってこの状態のエコシステムは、既存のシステムインテグレーション業界のような、直接取引を前提とした比較的単純な構造が想定される。

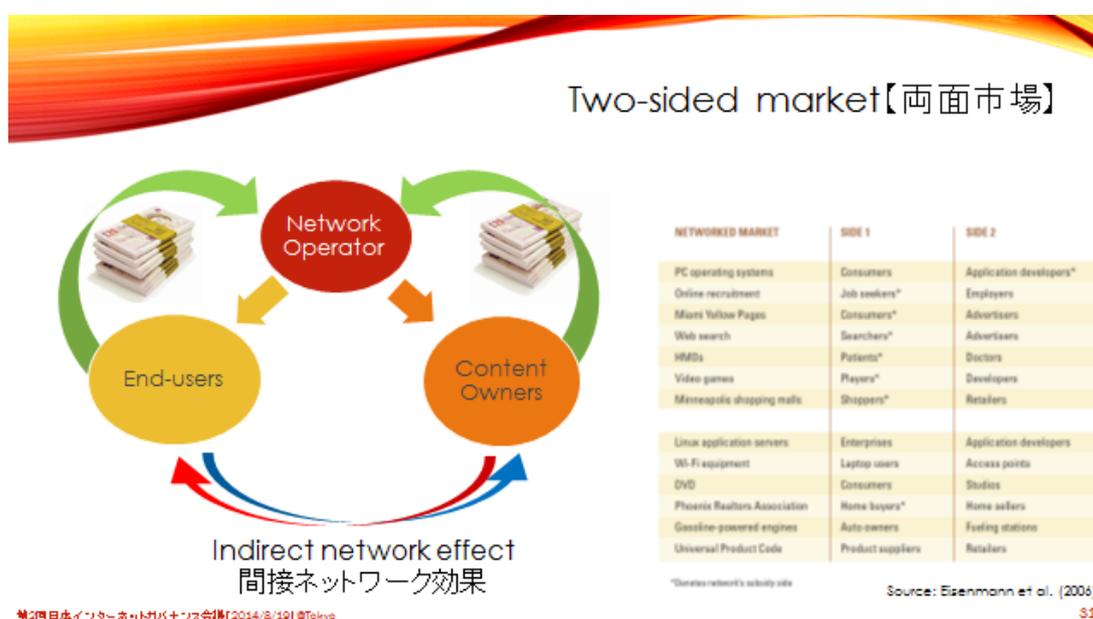
次に、進展段階 1-2 において、AI ネットワークはシステムとして自己学習を開始する。この場合においても、データ保有者＝サービス利用者と事業者の関係は相対する状態は変わらないが、一方で事業者側は、処理対象の複雑化に対応することで AI ネットワークの競争力を高めようとする。そのため、より多くのデータインスタンス獲得を期待し、それに適したエコシステムを志向するようになる。

進展段階 1-3 では、こうした傾向がより強化される。事業者側はサービス利用者の潜

在需要に対応すべく、様々なサービスを提供するようになり、それに伴いサービス利用者はより多くのデータを事業者側に供給することになる。一方、サービス利用者（及びそれが供給するデータインスタンスの総量）の増加によって、AI ネットワークシステム事業者を介して新たなサービスを提供することを目論むサードパーティ事業者の登場が想定される。また、こうした事業者の取り込みが、サービス利用者の潜在需要をさらに喚起することにつながり、AI ネットワークシステムの競争力をさらに強化する、という循環構造の形成が考えられる。

進展段階 2-1 では、進展段階 1-3 で拡大したサードパーティ事業者の取り込みが、AI ネットワークシステムとしてもさらに構造化される。具体的には、サービス事業者の AI ネットワークシステムの資源をサードパーティ事業者に提供したり、M&A 等によってサードパーティ事業者を取り込んだ上で、異なる AI ネットワークのシステム連携やシステム統合を進めることが想定される。従って、AI ネットワークシステムの構造という観点では、より複雑さを増した高度化が進むことになる。

以上のように整理すると、進展段階 1-2 ~ 2-1 は、「両面市場（図表 22）の構造に基づくエコシステムの形成」が進むと集約することができる。両面市場とは「ネットワーク効果をレバレッジとして効かせて、一方で無料で他方で有料で、2 種類のユーザを共通のプラットフォームでつなぐようなビジネスモデル」<sup>15</sup>及びそれによって構成された市場を指す。



図表 22 両面市場の構造 <sup>16</sup>

<sup>15</sup> 依田高典「両面市場から見たクラウド・サービスの研究」（『電気通信普及財団研究調査報告書第 27 号』第 27 号、2012 年）

<sup>16</sup> 実積寿也「ネットワーク中立性」（第 2 回日本インターネットガバナンス会議発表資料）

両面市場の特徴は、片方の利用者（消費者）に見かけ上の大きな便益（例：高品質サービスの無料提供）を提供し、その規模を大きく拡大させることで、もう片方の利用者（事業者）の事業機会（例：消費者にコンテンツを配信する）を拡大する、という二重構造を一つの系として内包していることにある。両者を束ねるのはプラットフォーム事業者であり、プラットフォーム事業者による両者の裁定によって、利用者と事業規模の拡大が可能となる。従来の Web ジャイアント事業者のほとんどは、WWW におけるサービス提供について、このメカニズムを事業運営に導入している。

Web ジャイアント事業者は、WWW の中で両面市場メカニズムによる事業拡大を進めることで、結果的に両方の利用者から巨大な規模のデータ（ビッグデータ）の取得に成功した。そして Web ジャイアント事業者は、そうしたビッグデータ処理や、それに基づくサービス開発に、すでに AI ネットワークを利用しつつある。

従って、両面市場メカニズムは、AI ネットワークシステムにおいても、特に進展段階 1-2 ~ 2-1 においては効果的な事業拡大の手法だと言える。また、進展段階 0 及び 1-1 を踏まえれば、少なくとも当該進展段階においては、WWW のパラダイムから継続した事業開発が Web ジャイアント事業者を中心に進んでいるとも言える。以上を踏まえると、Web ジャイアント事業者が支配的な地位（いわばエコシステム＝生態系の頂点）を占める、両面市場を基にしたエコシステムが、進展段階 1-2 ~ 2-1 においては、依然として高い競争力を得ていると考えられる。

#### **(イ) 進展段階中期以降のエコシステム：既存構造の敷衍によるエコシステム形成**

進展段階 2-2 におけるエコシステムは、進展段階 2-1 までのエコシステムと、構造が異なる可能性がある。

進展段階 2-2 は、様々な AI ネットワークシステム同士が共存する中、それらが高度に連携することで、新たな AI ネットワークシステムを形成する形態が想定される。また、そのように生成された AI ネットワークは、静的に維持される場合もあれば、ある特定の目的のために一時的に連携し、その目的が達成された後は連携が解消される、といった動的（または暫定的）な形態も考えられる。

たとえば、自動車の自動運転を想定した場合、まず自動運転対応車自体が一つの AI ネットワークシステム（または目的別に設定された複数の AI ネットワークが静的に維持されて一台の自動車としての系を構成する場合もあり得る）として考えられる。一方で自動運転は、対応車両が単独で実現できるものではなく、自動運転対応車や非対応車、あるいは自動車以外の交通物体や、道路交通システム等の（自動車から見た場合の）外部環境との連携も必要となる。

こうした場合、①自動車同士の連携、②自動車以外の交通物体が持つ AI ネットワークシステムとの連携、③外部環境が持つ AI ネットワークシステムとの連携、が少なくとも求め

られるが、一方で AI ネットワーク実現以前、すなわち自動車に関する社会インフラや産業構造の現状において、それらの機能はそれぞれのシステムが自律的かつ分散的に存在、それが都度協調しあうことで実現されている。

従って、仮に進展段階 2-2 が、現状の自動車に関する社会インフラ及び産業構造を敷衍した形で出現するのであれば、おそらくそこで構成されるエコシステムも、現状の市場構造や競争環境の影響を一定程度受けたものになることが予想される。

具体的には、図表 23 のように、たとえば同一の自動車メーカーの自動運転車同士は、当該車両が市場に投入された時期によって細かくは機能が異なるものの、定期点検時のソフトウェアアップデート等の対処も含めて、車両同士の協調を優先的に構成することが容易であると考えられる。一方、異なる自動車メーカーの自動運転車の場合、基本的な設計思想や機能の評価基準（優先すべき機能の順位等）、あるいは自動車以外の交通物体や外部環境との関係性について、メーカーごとに考え方が異なるため、協調よりも事業者間の競争が顕在化する。実際に、世界中の自動車メーカーがレベル 2 を射程に入れた自動運転車の市場投入をすでに進めているが、現時点では自動運転車同士の協調はほとんど実現されていない。

	A社の自動運転車	B社の自動運転車	自動運転非対応車
A社の自動運転車	<b>【協調】</b> 市場投入時期やアフターケアの体制にもやや依存するが原則として協調が容易	<b>【競争】</b> 車両販売の競争環境下で設計思想、評価基準等に各社で違いがあり協調が困難	<b>【補完】</b> 自動運転システムが非対応車の挙動を想定したシステムを構成した場合に実現
B社の自動運転車	/	<b>【協調】</b> 市場投入時期やアフターケアの体制にもやや依存するが原則として協調が容易	<b>【補完】</b> 自動運転システムが非対応車の挙動を想定したシステムを構成した場合に実現
自動運転非対応車	/	/	<b>【協調】</b> 運転者（人間）による運転に関する共通基盤上での協調

図表 23 自動運転車間の協調・競争・補完の関係

しかしながら、自動運転非対応車（つまり従来の自動車）がこれまで対処してきたように、車両性能はもちろん、交通法規の整備、道路インフラの高度化、そして運転車の技能向上（ないしは支援の拡大）等の環境対応の拡充によって、メーカーの異なる自動運転車同士もある程度は協調関係を形成することが可能だと考えられる。

こうした場合のエコシステムは、原則として産業の水平分業が進んだ上で、水平間での

競争に対して何らかの社会的な規律が与えられることで、全体の系が成立している形態が想定される。すなわち、自動車メーカー同士は競争するものの、交通法規や道路インフラといった自動車（および自動車が提供する移動・運搬等の機能）に関する運用については、政府を含めた他の主体が担当し、垂直関係においては一定の優先順位が存在（交通法規や自動車整備法規に適合した車両の市場投入、等）することで、自動車という系全体の秩序が維持されている状態である。

ただしこの場合は、水平間の競争が成熟しているため、系全体の秩序を維持するために必要な最低限の協調しか進まず、そうした協調の阻害が結果として自動運転の実現に支障を来すことも懸念される。従って、自動運転を促進させるには、自動車間はもちろん、外部環境との協調も含めた、AI ネットワークシステムの相互接続性・相互運用性や、それを実現するためのオープン化の推進等が必要となる。

#### **(ウ) 進展段階中期のエコシステム：新たな価値提供による競争の交錯**

一方、進展段階 2-2 においては、前述した既存構造の敷衍によらない、新たなエコシステム形成の可能性も考えられる。

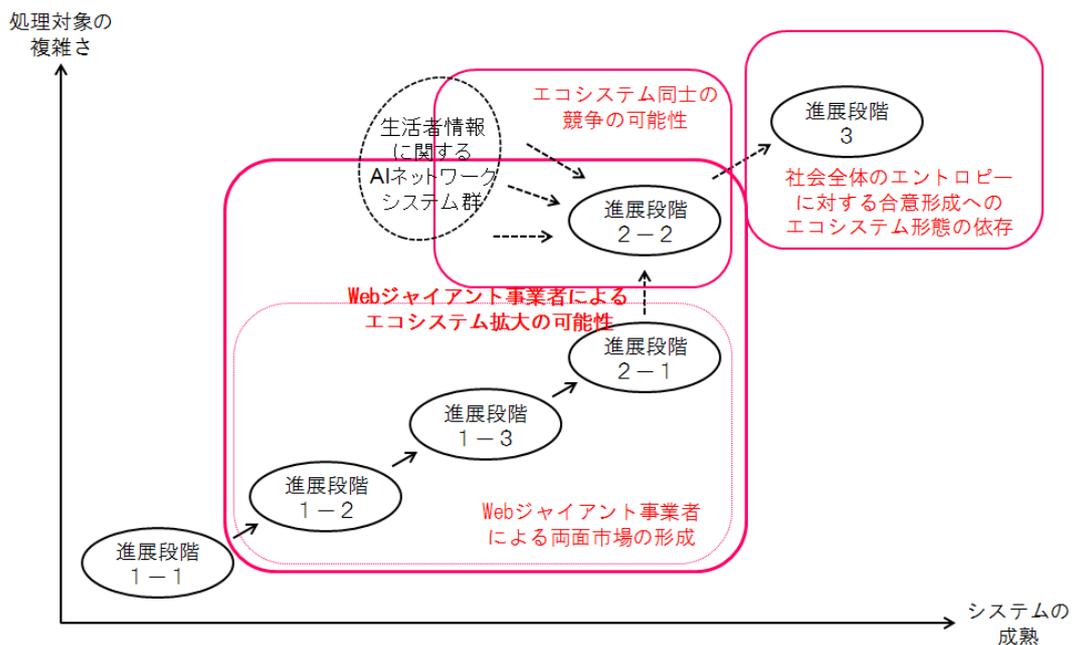
自動車産業を中心とした既存エコシステムは、あくまで自動車製造を中核に据えている。そのため、いかに同業他社よりも多くの新車を販売するかが、競争の評価を決める。これに対して、そもそも人間の社会生活に基軸を置いたとき、自動車が実現する本来的な価値は、自動車そのものではなく、自動車が提供する移動・運搬といった機能にある。

また、自動運転が登場する以前（つまり現時点）での自動車による交通は、図表 23 の「自動運転非対応車×自動運転非対応車」のセルで整理した通り、運転者同士の協調によって、系の秩序が形成されてきた。

従って、移動・運搬という価値を得るためには、必ずしも自動車を所有または運転する必要はない。これは公共交通機関やレンタカー等の存在により自明である上に、昨今ではシェアリングエコノミーの台頭により、よりその価値の顕在化が多様化している。

こうした移動・運搬の価値は、提供されるサービスの機会が多いほど、価値は遡増する。これは、公共交通機関の輸送能力や、カーシェアリングの台数、あるいは自動車配車サービスの提供車両の拡大に伴う利便性向上が、顧客満足度や再利用（リピート）の向上につながることを想定すれば、自明と言える。

だとすると、利用者の価値向上と事業者の機会拡大は、前項で述べた進展段階 1-2 ~ 2-1 における両面市場によるエコシステムと、高い親和性があると考えられる。その場合、図表 24 のように、自動運転車の開発・製造ではなく、自動運転によって実現される移動・運搬の価値に焦点をあわせることによって、進展段階 2-2 においても、Web ジャイアント事業者を頂点に位置づけたエコシステムが構成される可能性がある。



図表 24 Web ジャイアント事業者によるエコシステム拡大の可能性

また、自動車産業を中心とした既存のエコシステムに対して、Web ジャイアント事業者が確立するエコシステムは、結果的に自動車産業から見た場合、破壊的イノベーションとなる可能性もある。Web ジャイアント事業者が提供する自動運転サービスによって、移動・運搬の機会が著しく向上した場合、社会生活における「待ち合わせ」も、たとえば以下のような変化が想定される。

従来のように時間や場所を予め決めるのではなく、「あと 3 時間以内で 30 分、快適な場所で打ち合わせをしたい」という目的を示す。それによって、自分と相手の前後の予定、趣味・嗜好、さらに打ち合わせの目的等を AI ネットワークシステムが解析し、自動運転システムと連携。最適な場所に自動的に連れて行ってくれる。

このようなライフスタイルの変化は、すでに携帯電話普及時にも生じており、人間がそれを受容することができる。またそれを実現するサービスは、Web ジャイアント事業者が取得しているビッグデータを解析し、それを自動運転の運用に反映させれば、Web ジャイアント事業者に相当の優位性がある。

反対に、自動車メーカーがこうしたサービスを確立するには、利用者に関する情報を有する事業者との協調、または自動車メーカー自身がプラットフォームを確立する必要がある。しかし、Web ジャイアント事業者がすでに進展段階 2-1 までに競争力を獲得していることから、現時点で自動車メーカーが追いつくことは容易ではない。

この場合、自動車メーカーや、彼らを中心としたエコシステムは、単に社会に対して車

両を提供する役割を果たすだけの存在、となりうる。通信産業において OTT 事業者が台頭したことで、いわゆる「通信事業者の土管化」が指摘されたように、自動車メーカーは「土管屋」となり、移動・運搬の実現というサービス（機能）を他のエコシステムを持つ事業者が担う、ということである。そして新たにエコシステムの中核を担うのは、両面市場を確立し、利用者と事業者の両方への接点を有する Web ジャイアント事業者となりうる。

AI ネットワークは、これまで社会で人間が担ってきた機能を代替または高度化する。これを移動・運搬に置き換えれば、そこで代替されるのは自動車そのものではなく、人間（すなわち運転者）である。そしてその人間に関する様々な情報は、すでに自動車メーカーよりも Web ジャイアント事業者の方が多く取得しており、また今後もスマートフォン等のデバイスを通じて、情報の規模は拡大の一途をたどるだろう。そしてそれが AI ネットワークを強化していくと考えれば、こうしたエコシステムの変化が生じる蓋然性は高いと言える。

ただし、前項でも述べた通り、自動運転の実現には、自動車間はもちろん、外部環境との協調も含めた、AI ネットワークシステムの相互接続性・相互運用性や、それを実現するためのオープン化の推進等が必要となる。特に、自動車自体の情報（位置情報、走行状態、走行時の周辺情報、制御に関する情報、等）がオープン性を持たなければ、自動車メーカーによって閉じられた系の中でのみサービスが提供されることになる。

これは、図表 23 の「A 社の自動運転車×B 社の自動運転車」のセルで整理したような、自動車メーカー同士の競争による自動運転実現の阻害を生じさせる。また、自動車自体の閉鎖性は、多くのスマートフォンがすでに内蔵しているジャイロセンサーの機能を用いる等、自動車そのものとは接続しない外部デバイスによって、自動車自体の情報を代替取得させる動機を、Web ジャイアント事業者に与える。その結果、自動車メーカーを除外したエコシステムの構築が進められる可能性もある。

一方、現在の Web ジャイアント事業者は、それぞれが巨大な事業基盤を有するものの、原則としては事業者（またはそのグループ内）での「囲い込み」戦略を採っており、データは必ずしも開放されていない。そして、そうした Web ジャイアント事業者の閉鎖性が、結果として彼らを中心とした自動運転のエコシステム確立を阻害することにもつながる。

そのため、AI ネットワーク化において、データ寡占等に着眼した、データ等の創造・流通・蓄積の状況、事業者間の競争状況その他市場の動向の注視が必要である。

特に、AI ネットワークによる自動運転が実現する際、自動車メーカーが低付加価値化を回避し、いわば「スマートパイプ」のような地位を獲得するためには、自動車を降りた後の利用者の行動等、自動車だけでは直接的には取得できない情報との連携が必要である。

そうした観点からも、既存のエコシステムを必ずしも前提とせず、異なるエコシステムの上に存在する AI 同士が連携できるよう、データのオープン化を進める等の環境整備が、結果的に既存のエコシステムの発展にも貢献する可能性がある。そのため、AI 相互間のネットワーク形成に関する当事者間の協議の円滑化についても、それを促進するための環

境・制度整備が期待される。

### (エ) 進展段階後期のエコシステム：社会全体のエントロピーに対する合意形成への依存

進展段階3は、AI ネットワークシステムとしての全体構造が進展段階2-2を敷衍したものとなると想定されるため、そのエコシステムについても原則として進展段階2-2において確立されたエコシステムの影響を受けるものと考えられる。

ただし、構造として進展段階2-2までと大きく異なるのは、BMI 等を介して身体への直接的なアクセスが可能になることである。これは人間の身体が AI ネットワークの大きな系の中に包摂されることを意味している。あるいは視点を変えれば、進展段階3が達成された時点で、人間は AI ネットワークを構成する要素の一つに過ぎない存在となっている、とも言える。

この場合、生命倫理的な論点もさることながら、特にエコシステムに焦点を合わせると、従来は人間の意志の優柔不断さや表現能力の限界、あるいは系全体として見た場合の合理性の欠如等によって生じていた社会的なエントロピーの高さ（または無駄の多さ）が効率化されていくことで、経済社会に与える影響を検討する必要がある。具体的には、需要と供給のマッチングが高度に実現され、社会における無駄が大きく削減することにより、結果的に取引量や取引機会の減少、ひいては GDP の減少等が生じる可能性がある。

こうした指摘は、すでにインターネットの台頭における情報メディア産業において指摘されている。たとえば、米国において既存の新聞社がインターネットの台頭に伴い、紙から WWW に媒体を変化させたあと、アドテクノロジーの高度な発達（アドエクスチェンジ等による広告在庫と媒体のマッチングの高度な効率化）が進んだことによって、新聞社が Web サイトを運営することによって得られる広告収入が大きく減少したことで、新聞社の事業性が一層低下したという指摘<sup>17</sup>がある。

こうした自体が進展段階3において生じるとしたら、それに対する移行措置の提供等、過渡期的な対応が必要となる。またその際の前提として「AI ネットワークシステムによる社会的なエントロピー低下」がそもそも不可避であるとしたら、それを踏まえた上での合理的な社会像（または人間像）について、社会的な合意形成が求められる。進展段階3におけるエコシステムは、おそらくこうした動向にも影響を受けながら、形成が進むものと考えられる。

---

<sup>17</sup> <https://wirelesswire.jp/2013/03/35558/>