

論 説

AI・ロボット革命と教育

大阪工業大学工学部ロボット工学科教授

大阪大学大学院医学系研究科 招へい教授 本田 幸夫

1. はじめに

最近AI・ロボットに関する質問を多く受ける。一つはAI（Artificial Intelligence）とロボットは何が違うのかという質問である。この質問には、「ロボットの頭脳がAIですからAIもロボットも同じものなのです」と答えている。例えば、自動運転の車は車ではあるがAI技術を搭載したロボットであるし、パソコンやスマートフォンアプリの音声応答技術などは、バーチャルな世界のロボット技術なのである。いずれも人を支援する最先端ロボット技術という点では同等なのであるが、産業用ロボット以外のロボットは明確な定義がないことと、日本はアニメや漫画の世界の人型やネコ型ロボットのイメージが強く、AIのようなバーチャルなロボット技術に対するイメージが湧きにくくこのような質問が多いのかもしれない。

いま一つの質問は、「AI・ロボットは人の仕事を奪うのですか」という質問である。表1はオックスフォード大学のオズボーン准教授（Michael A. Osborne）が、AI・ロボット技術で無くなる職業として提示した一例を示している。マスコミが大きく取り上げ話題となった結果、このような質問が多くなったと思われる。この質問には、「AI・ロボットは人の仕事を確実に奪います」と断定的に答えている。その理由は、AI・ロボットに限らず、どのような技術

にも光と影がある。このような最先端の技術をどのように利活用していくのかは、専門家だけではなくこれらの技術を利用する一般の人も含めて国民全体で考えることが非常に重要なことであるため、あえて議論を呼ぶような受け答えをしている。特に、AI・ロボットは、これまでの純粋な数学、物理や化学の世界のように科学的合理性で全てを決定できるような学問領域のシステムではなく、技術者の設計仕様や使用する人の使い方によっては人に危害を及ぼす可能性のある知能を持った機械なのである。しかし、一方でこれまでの社会を大きく変革させる可能性を持った夢の技術でもあるため、日本政府もロボット革命を成長戦略の柱の一つとして実用化を加速している（図1）。そのため、今後AI・

1. 小売店販売員
2. 会計士
3. 一般事務員
4. セールスマン
5. 一般秘書
6. 飲食カウンター接客係
7. 商店レジ打ち係や切符販売員
8. 箱詰め積み降ろしなどの作業員
9. 帳簿係などの金融取引記録保全員
10. 大型トラック・ローリー車の運転手
11. コールセンター案内係
12. 乗用車・タクシー・バンの運転手
13. 中央官庁職員など上級公務員
14. 調理人（料理人の下で働く人）
15. ビル管理人

表1 AI・ロボットが奪う職業ランキング



図1 国の成長戦略

ロボット技術の研究開発者やシステムインテグレータの早期の育成は、大学教育や企業の技術者教育を含め喫緊の課題となっている。一方、先に述べたように設計の仕方や使い方を誤れば人や社会に大きな損害を与える可能性も大きい技術であるため、大学でこれらの学問を学ぶとともに、人としての倫理観を養う情操教育が非常に重要になってくる。本稿では、AI・ロボット技術の現状と将来を概説し、教育者として理系志望の学生たちに教えておくべき重要な工学倫理について私見を述べている。

2. AI・ロボット技術の将来

AI・ロボット技術の将来については、大きく二つの要素技術の進化を分析しておく必要がある。一つは、CPU（Central Processing Unit）の技術進化であり、いま一つはロボットのアクチュエータ技術の進化である。図2は、インテルの創業者の一人で半導体技術者であったゴードン・ムーア（Gordon E. Moore）が、1965年

に自らの経験に基づいて提唱したCPU性能の将来予測である。当初はCPUを構成するトランジスタの集積度が1年半で2倍になると予想したものであった。その後ICチップの発熱問題などの技術的課題により、ムーアの法則は成り立たないと言われたが、コストなどの新たな指標などを考えると法則が成り立つため、明確な根拠がない単なる経験則ではあるがコンピュータの性能向上を予測する上で現在でも評価指標の一つとなっている。この図を見ていただくと、図の上部に真空管やトランジスタ、集積回路などの絵が添えてある。これらの技術が発明された年代を見るとムーアの法則を支えてきたのは、実は技術革新の歴史であったことがわかる。近い将来、量子コンピュータなど新たな技術革新が起こることを考えれば、コンピュータの性能はますます進化し、ムーアの法則に限界はないと予想するのが妥当かもしれない。

一方、図3はカーネギーメロン大学の教授であるハンス・モラベック（Hans Moravec）が中学高校生向けに書いたコンピュータの記憶容量とCPUの処理能力を模式的に示した図である。この図に現在のスマートフォンやスーパーコンピュータ京などをプロットしてみると、現

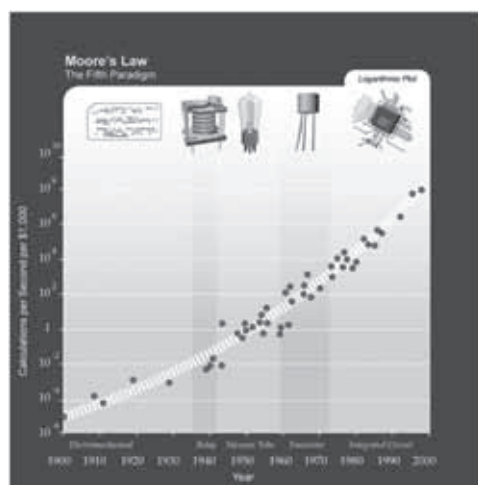


図2 ムーアの法則

(<http://spectrum.ieee.org/image/1527517>)

我々が使用しているスマートフォンやパソコンの CPU 処理能力はトカゲやネズミの脳の処理能力レベルと同等であることがわかる。トカゲやネズミは物にぶつかることなく敏捷に運動できるわけであるから、この程度の処理能力を持った CPU を活用すれば自動運転の車が実現することも宜なるかなと思われるであろう。

しかし、モラベックたちはコンピュータの性能はムーアの法則に従って指数関数的に進化をするが、ロボットの運動能力は1歳児の運動能力を超えられないであろうと予想をした。これをモラベックのパラドックスと呼んでおり、現在でもロボットの運動能力に関する技術レベルは、このモラベックのパラドックスを覆すレベルには至っていない。現状の技術レベルでは、ロボットは人のように俊敏にかつ柔軟に動くことはできないのである。その技術的な理由のひとつとして、ロボットの腕や足を駆動するデバイスの大半は生物の筋肉の駆動メカニズムとは異なるモータを利用していることにある。油圧アクチュエータを使用していることにある。油圧アクチュエータを使用していることにある。油圧源のコンプレッサは電動モータであるので、モータを使用しないロボットはないと言っても過言ではない。図4は日本の総消費電力における各機器が占める内訳を示した図である。これを見ていただくとわかるように、発電機を含めたモータが総消費電力の57%以上を消費している。すなわち、約200年前に電磁誘導の原理が発見されて以来、マックスウェルの方程式で体系化された電気機械エネルギー変換工学の結晶とも言えるモータが非常に優れた技術であるため、200年もの長い期間他の技術に置き換わることもなく我々の生活を支え豊かにしてきたのである。しかし、先に述べたように、人の体を動かしているのはモータではなく筋肉であり、筋肉を駆動させる原理は電磁誘導の原理ではない。人工筋肉の技術開発も進んではいるが、人の足や腕の筋肉を置き換えるような技術レベルには



図3 コンピュータの処理能力と生物の比較
(<http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/book97/ch3/AI.power.150.jpg> に追記)

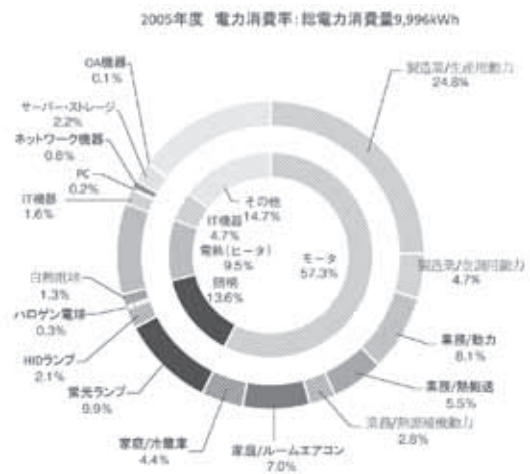


図4 2005年度日本の総消費電力の内訳

至っていない。しかし、バイオマテリアルなどの新材料の技術進展は目を見張るものがあり、近い将来モータを利用しない人工筋肉アクチュエータが実現することも予想される。このようにAI・ロボットを支える現状の技術を観察してみると、人が創造主となって人を含む生物の知能、運動能力を超えるロボットを創造することは夢物語ではなくなっている。未来学者たちが2045年問題として予想をした、AI・ロボットが人の能力をはるかに超えるシンギュラリティ（Singularity：技術的特異点）が起こるという予想は、バズワードではなく現実となる時代に我々は直面しているのである。

3. AI・ロボット技術の光と影

どのような技術にも、光と影がある。AI・ロボット技術にも同様のことが当てはまる。しかし、この技術の特異性はインターネットが普及した結果、膨大な情報が誰でも簡単に手に入られるようになったことにあり、さらにその情報を利用して様々なサービスが提供され、すべての人がその利便性を享受するようになったため、好むと好まざるに関わらずAI・ロボット技術を受け入れざるを得ない状況になっている現実にある。ユビキタスネットワーク社会と言われ、身の回りのすべてのモノがインターネットに繋がり、誰でもが簡単にAI・ロボット技術を利用できるIoTと呼ばれるバラ色に見える未来が広がる一方で、AI・ロボットの開発の方向性や使い方を間違えると人の命を脅かす大きな社会問題になるという負の側面を忘れてはいけない。例えば、急速に実用化が進んでいる自動運転のロボットカーが事故に遭遇した時を考えてみよう。運転席に父親、助手席に母親、後部座席に子どもたちが乗っていると仮定する。交通事故が起きる状況になったとき、ロボットカーのAIは父母と子どもそれぞれについて死亡する確率を計算する。例えば、「まっすぐ行けば、全員が4割の確率で死ぬ」「左にハンドルを切れば、運転席の父親は死ぬ確率が90%だが、助手席の母親は90%、後部座席の子どもたちは70%助かる」「右にハンドルを切れば、母親は100%死ぬ。しかし、子どもたちは90%、父親も90%助かる」という結果が出た時、どれをロボットに選択をさせるのか、非常に判断が難しい状況になる。なぜなら、人それぞれの人生観や家族愛が絡んでくるからである。正解が見つからないのであるから、通常であればAI・ロボットは論理の破綻が生じてしまうフレーム問題に直面し判断できないことになるが、利用者の同意なしに、例えばAI・ロボットの開発者や運用者、為政者、保険会社などのステーク

ホルダーがなんらかの判断プログラムを事前に入力してしまう危険性が無いとは言い切れない。このようにAI・ロボットにどのような判断をさせて作動させるのかというシステム設計には、利用する人々の選択が重要な設計要素になる。人の判断は十人十色で様々であり、工学の世界の科学的合理性では判断できないことが多く存在する。倫理的妥当性をどのように判断をするかが、AI・ロボットを研究開発する技術者のみならず、AI・ロボット技術を勉強したいと考えている学生たちに考えてもらわないといけない最も大きな技術課題の一つなのである。

4. 工学倫理教育の重要性

図5は、プリンストン大学のストークス教授(Donald E. Stokes)が提唱したイノベーションを起こすためのパスツール象限という考え方を模式的に表現した図である。彼はイノベーションを創出するためには、基礎科学すなわちサイエンスの研究は重要であるが(この領域をボーア象限と呼んでいる)、それだけでは不十分であり、他方、社会に役立つ実用的な工学すなわちエンジニアリングも同様に重要であるが(この領域をエジソン象限と呼んでいる)、これだけでもまだ不十分であると考えた。社会課題を解決するイノベーションを生み出す学問領域としては、これら二つの領域を包含したパスツール象限を目指す研究開発が最も重要であると主

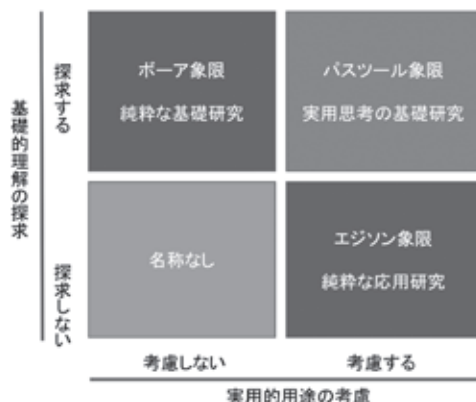


図5 パスツール象限

- ・GPS
- ・インターネット
- ・音声認識 (Siri)
- ・手術ロボット Davinci
- ・人工装具
- ・ルンバ
- ・MEMS
(微小電子機械システム)
- ・無人飛行機
- ・炭素複合材
- ・ステルス技術

表2 DARPA から生み出された技術

張している。このパスツール象限を目指して研究開発を進めた機関が、米国国防総省国防高等研究開発局 DARPA である。DARPA から生み出された技術の一部を表2に示している。DARPA は軍事技術を研究開発する機関であるが、単に軍事技術の研究をするだけでは無く、その先を見据えて軍事技術を転用して広く社会に役立つ商品開発に繋げていたことは驚きに値するし、AI・ロボットの研究開発にとっても大いに参考となる。

パスツール象限を目指す研究開発はイノベーションを生み出す方法論の一つであるが、私はこのパスツール象限は人間中心の考えで社会課題を解決するという思想が根底にあり、それを理解することが大変重要であると考えている。

人間中心の考えは工学倫理と深い関係を持っている。理系を目指す学生、特に工学や理学を学ぼうと考えている若い学生たちには、倫理や道德と言ってもピンとはこないのではないかと思われる。数学や物理の世界は、統一された理論によって結論が一意的に決定できる決定論的世界の学問であるからである。しかし、AI・ロボットという技術は、生命科学と同じように、直接、間接を問わず人の体や生活に介入する技術であるので、これらの技術の研究開発を目指す人材には、正しい倫理観を持った人として育成していかなければならない。研究者や技術者になる前に、まず人として他人を思いやれる優しい心を持っていることが必要不可欠なのである。先に事例として紹介した自動運転の車が事故に

遭遇した時の指示をどうするのかという問いが、この倫理観に大きく関係してくる。数学や物理のように、普遍的に正しい一つの解はないのである。人それぞれによって様々な正解があることを受け入れる考えを持った人材を育成することが重要である。私はこの工学倫理教育は大学に進学した後では遅すぎると考えている。これまで高大連携教育として、数理系科目を教える過程でその応用としての AI・ロボットなどの最先端技術の紹介をすることで、無味乾燥に思える基礎学問に対する興味を持たせてきた。これからは、さらに一歩進めて科学的な合理性と工学的な倫理の妥当性を議論する連携授業をすることが重要であると考えている。

5. 大学教育での挑戦

私が奉職する大阪工業大学は、大阪駅前に21階建ての工学キャンパスを2017年4月に開校する(図6)。新工学部の名称はロボティクス&デザイン工学部と命名した。この名前には、これまでに述べてきたようにロボティクスという学問を学ぶだけではなく、人に優しい倫理観を具備したAI・ロボットとは何かを考えられるエンジニアを育成するという強い思いが込められている。そこで、三つの基本コンセプトをもとに教育を行う予定である。

- (1) パイ型人才の育成
- (2) 異分野との融合教育
- (3) 社会実証による実践的工学倫理教育

図7にパイ型人才とは何かを模式的に示している。深い専門性と倫理観に関わる人間中心の考えができるようにするために、専門分野以外への好奇心を持つ教育プログラムとして異分野との融合教育を実施する。具体的には、機械工学を源流としたロボット工学科以外に、生体医工学、電気情報工学などを源流とするIoTを学ぶシステムデザイン工学科、そして建築やインテリア、プロダクトなどのデザインを学ぶ空間デザイン学科があり、これら3学科の学生たち

がPBL（Project Based Learning）で入り混じって課題解決を行う教育プログラムを用意している。また完全クォータ制の採用で、ギャップタームに海外留学、留学生の受け入れをしやすくし異質な文化との出会いの機会も多くとれるようにした。三つ目の柱である社会実証による実践的工学倫理教育とは、図6に示すキャンパスの1階は市民に開放した空間であるため、企業と連携をして超高齢社会に役立つAI・ロボット技術である介護ロボットや自立支援ロボットなどを一般の市民の人たちに体験してもらい、率直な感想や表情などのビッグデータを収集分析することで、研究テーマの深掘りとともに社会課題解決と自らの研究テーマの紐付けを行い、人間中心の工学とは何かを議論の中心に学ぶ社会実証の場を用意している。研究の方法論として、スタンフォード大学で考えられたデザイン思考の考え方を取り入れている。図8はデザイン思考の考え方を活用して、学生たちにモビリティの過去から現在、未来の技術の動向を分析させた一例である。この分析の後、実際にプロトタイプを製作して1階で社会実証を行い、さらに改善を進めるというイノベーション創出のエコサイクルを梅田キャンパスで実現していく予定である。

6. 最後に

「AI・ロボットと教育」というテーマで、技術の動向とAI・ロボットが実用化する時代の高等教育として考えておかなければいけない工学倫理の重要性を述べた。AI・ロボット工学の教育の本質は、人に優しい社会規範とは何かを理解し人間中心の考え方ができる人材の育成にある。梅田の新キャンパスをベースに、技術と倫理の両面をバランス良く考えられる実践的な理系人材を育成していく所存である。



図6 梅田キャンパスの外観



図7 パイ型人材



(1) 過去から現在



(2) 現在から未来

図8 デザイン思考を活用した分析例