

IoT とビジネス

三木良雄 工学院大学情報学部教授 システム数理学科学科長



1. IoTとは

IoTはInternet of Thingsの訳として“あらゆるものがインターネットに接続されている状態もしくは技術”と解釈されている。システムの形状としてはその通りであるが、この言葉が最初に定義された時には、RFID（無線タグ）などの物流管理の観点から、“世の中のモノの流れが人手を介さずに自動的にコンピュータの中に取り込まれる”と説明されていた。新しい技術が社会やビジネスにどのような影響をもたらすのかを議論や予想するためには、後者の古い定義の方が技術の本質を語っているように思われる。つまり、われわれが住む実世界（Real-world）のデータが人手を介さずに自動的にコンピュータの世界（Cyber-world）に取り込まれる手段があり、引き続きCyber-worldの中で何等かの処理が行われ、その結果が再びReal-worldにもたらされると考えることで、単にタグやセンサーの議論では無いことがわかる。このように、人手作業が技術に省力化されるというメリットだけでなく、Cyber側に取り込まれ何等かの処理がな

される部分に期待すべき価値があるように思われる。しかし、ただ単にコンピュータで何かを処理するだけではどのような価値が生まれるのかは不明なままである。最近よく耳にする人工知能ブームやIoTブームに対する期待はずれはこの価値を明確にしていないことに依存するのではないかと考える。



2. Cyber-world側での処理

IoTによってCyber側に取り込まれたデータはデータでしかない。最近では中学校や高等学校でも情報関連の教育カリキュラムが充実し、そこでも教えられているように「データ」は単なる信号や数値の状態では無意味であり、処理を経て「情報」に昇華されなければならない。ここで「情報」とは不確定な状況下において、人間の行動判断に有益となるデータを意味しており、すなわち収集されたデータの中から人間にとって有益な部分を信号処理や統計的分析によって抽出したものが「情報」である。ここまでの段階がビッグデータとしてブームになっていたのは記憶に新しい。

このような情報を人間にわかりやすく示すだけでも役立つが、生み出される情報を全て人間が見て何等かの判断をしなければならぬとなるとあまり便利だとは言いがたい。人間に役立つか否かという価値判断には何等かの傾向やルールがあるはずである。Cyber-worldではこのルールに相当するものを数理的な「モデル」として表現する。このとき、最初から万能のモデルが存在する訳ではないため、型だけ決めておき部分的な要素はパラメータとしておけば、大量の情報とそれが有益か否かの判断例は手本を入力することで、コンピュータが有益か否かの判断を自動でかつ最小の誤差で行うパラメータを計算として決定できる。このように“有益とは何か”というレベルにまで引き上げられたモデルは「知識」と呼べる上位の概念に到達する。実は、このモデルとパラメータの最適化の処理が人工知能や機械学習と呼ばれている技術の中身であり、先に手本と称したものが教師データと呼ばれるデータである。つまり、ここで大切なのは正しい答えは人間が与えているのであって、有益性をCyber側が勝手に決めているのでは無いということである。

一旦、モデルが確定するとCyber-worldの威力がフルに発揮される。一つは最適化である。モデルのパラメータを決定したときと同

様にコンピュータの得意技は文字通り計算である。確定されたモデルに対して、全ての場合では無いものの、どのような状態において効果が最大化あるいはリスク等が最小化されるのか（有益性が最大であるのか）が計算可能となる。つまり、Cyber-worldにデータが入ると人間の試行錯誤では時間的に追従不可能な何をすれば最も有益なのかという「最適解」をCyber側は導き出すことができるということである。二つめは、「予測」である。モデルが確定するとモデルを作成したときに使った（実際に起こった）データ以外の入力に対して出力が計算可能となる。つまり、今まで経験したことが無い状況に対してどうなるのか、何が起こるのかがわかる。これがすなわち「予測」である。以上のように、人手を介さずにReal-worldで起こった動きを自動的にCyber-worldへ入力することができる、「分析」、「モデル化」、「最適化」を経て人間の試行錯誤を越えた有益な情報をCyber-worldの中に構築した知識から得ることができるようになる。



3. サイバネティックスとCyber-worldの本質

先のような技術を説明すると未来へ向けた最先端技術のように思われるが、実は一連

のコンセプトは古くからサイバネティクス (cybernetics) として知られているものである。この文章でも冒頭からCyber-worldという表記をつかっているが、この”cyber”はまさにcyberneticsのから接頭語として使われるようになったものである。他にもサイボーグ (cyborg) やサイバーテロが有名である。この技術コンセプトあるいは学問体系は提唱者のノバート・ウィーナー博士が渡り鳥を見て、あらかじめ行き先を正確にセットしている訳でも無いのに途中で方向性を見失うことなく目的地に到達するメカニズムを人工的に技術として確立できないかと考えたところから始まったと言われている。つまり、人工生物のようなものを作ろうと考えたとき、その要素技術が通信技術、制御技術、情報処理技術、ロボット工学、人工知能などとして分類整理され、それぞれに研究開発されて今日に至っているのである。ここで重要なのは分野独立的に発展してきているものの最初のゴールである人工生物の完成には至っていないということである。したがって、渡り鳥の位置や周囲環境を察知するIoTの技術にしても、行動判断を行う人工知能にしても開発途上の技術であるとも言える訳である。

しかしながら、世間ではシンギュラリティの議論や人工知能によって消滅する

職業といった議論がメディアを賑わせている。上述のように人工生物は未完成である。そう考えれば要素技術一つを取り上げて脅威を抱く必要は無いように思われる。冷静に考えれば入力となるデータは我々人間社会から発せられたデータであり、Cyber-worldで情報や知識のレベルまで加工されたとしても、受け取る側はReal-worldである。Cyber-worldが勝手に我々の社会と敵対する社会を作る訳ではない。実は現時点でCyber-worldを構成する技術が人間を凌駕しているポイントをその技術の本質的な優位性だと正確に理解すれば、我々はそれを恐れるのではなく活用することが可能である。Cyber-worldの中核をなすコンピュータは意思を持つ訳でもなく、高速に計算する機械でしかない。しかし、その計算速度だけを人間と比較すると優位性は明確であり、今でも10年に3桁の伸びを維持している。また、一度プログラムされたコードは確実に同じ動作を昼夜問わず正確に繰り返すことができる。この点も人間がまねできないポイントである。さらに、ストレージ装置やメモリは一度記憶した内容を消去しない限りはずっと記憶し続けている。人間には寿命があり、生物として新たな生命が誕生しても、教育を受けなければ記憶を再現することはできない。このように、人間より

もすぐれているのは機械的なところであり、情報や知識の部分に関してはReal-world側、つまり人間の知恵や知識が本質的には価値を持っている。囲碁や将棋でコンピュータが人間に勝つという仕組みも、基本的な棋譜の考え方は歴代の名人のテクニックがポイントになっており、コンピュータは多数の名人の棋譜を記憶していることと、そこから盤面毎に最適な手を短時間に選択できるという機械的な強さが人間に勝っていることが優位性の本質である。

ところで、最近は「外部脳」という言葉を各種書物で見ることが多い。授業で学生が板書をノートではなく、スマートフォンのカメラで撮影しているのを見ると技術の発達によって人間の理解力や記憶力が退化するのではないかという懸念を抱くものの、絶対に忘れない優位性を意図をもって活用していると考えれば意味のあることだと思われる。また、インターネット上に大量に存在している情報は、その存在期間や内容の正確さに問題があるが、使う側が問題を理解して高速検索と大量データを活用するのであれば、これも意味のある方法であると考えられることができる。このように、古くから存在する技術思想に対して、その時々で活用可能な技術の本質部分を理解し活用すれば、Real-worldにおける優位性を確

実に手にすることが可能である。



4. ビジネスとIoT

ここまではIoTや人工知能などの技術を表層的にとらえて期待と不安を膨らませるのではなく、本質を活用すべきであるという点を述べてきた。いよいよビジネスへの適用や応用を考えるにあたり、やはりビジネスの本質論から入りたい。

ビジネスの議論をする際によく「ビジネスの目的は金もうけである」という趣旨の定義を耳にする。そのために「コスト削減が必要であり、業務効率を上げるために最新技術を導入する」という流れが生まれる訳であるが、この考え方だと既に前例のある水準に追いつくことはできてもイノベーションと呼べるレベルに到達するのは困難であると考えられる。イノベーションという言葉も「技術革新」と解釈されていることが多く、この考え方も現状の業務を優れた技術が開発されたのであれば、それにより革新的に改善できるかもしれないという他力本願的な改善意識に立脚したものだと考えられる。この範囲ならばIoTと称して、工場の現場に設置された機器のデータ、作業されている作業者の動画像、視線などをリアルタイムに収集して

現在の生産効率と行動パターンとの関連性を分析し、作業改善に結びつけたり、生産工程上のボトルネックを発見したりすることが可能である。しかし、これらの改善活動は高度経済成長を支えた我々の先輩が築き上げた技術と基本的には同じ路線であり、新しい技術によって劇的に改善されるというよりも、問題を発見し改善しようとする人間側の意識と努力が重要であることは言うまでもない。

私は企業研修の場でも、学生の就活指導でも「企業には社会に対して貢献しようとする理念がある」「その理念を貫くための利益を出す力が必要である」の2点を唱えてきた。このような社会的役割の観点からイノベーションを考えると“新たな価値を社会に提供すること”が少子高齢化を克服し世界に進出すべき日本産業界の使命であるように思われる。IoTから始まる一連の技術の応用に関して最初に考えられるのは先が読めるという「予測性」と人間よりも発見力が高い「最適性」を活用するという観点である。例えば、小売店の販売実績データと会員データを機械学習的に分析すると、カレンダー、商品の種類、会員のプロフィールという条件から、特定の日に何がどれくらい販売可能かという予測が可能である。これにより、過剰在庫のロスや販売機会のロ

スを削減可能である。このような販売データの分析では単純な予測だけでなく、会員がどのような生活者なのかの分析まで可能である。しかし、このような例は斬新なところもあるが、基本的には従来人間が行っていた業務の一部分を効率化しているとも考えられ、まだ改善の延長線であるとも思われる。



5. IoTによるイノベーション

企業理念を貫きつつも新たな提供価値を社会に提供するという観点では、先に述べたReal-worldのデータが自動的に「入力」された後のCyber-world側で実行される「分析」、「モデル化」、「最適化」に続いて、Real-worldを「制御」し、それによって引き起こされた行動変化が新たなデータを発生させ再び「入力」されるというフィードバック・ループをReal-worldとCyber-worldを連携させた広範囲でイメージすることがとても重要になる。卑近な例では、飲食店検索サイトのサービスで評判を見た顧客が実際に店に足を運び、その評価をサイトに投稿するというループによって、検索というCyber-worldの機能に影響を受けたReal-worldの人間が行動を起こし、その行動の結果として他の人

間の行動にも影響を与え、最終的には評判の良い店はReal-worldだけで展開される口コミよりもはるかに高速に地位が確定する。このように、フィードバック・ループによって社会が自律的にある形態へ収束するという現象が期待できる。

このような現象はある種の独占や寡占を生むと考えることができる。先の検索サイトサービスで言えば優良店舗を広く認知してもらうことが本業であるが、そこに予約のサービスを付加し、さらに料金決済やポイント管理機能を付加すると、利便性が著しく向上する。このようにサービスがあるレベルまで成長すると本来のサービスを越えた活用や拡張が想定される。つまり、会員のプロフィールと決済情報を持ち、少なくとも飲食店に関しての利用状況（金額、行動範囲、嗜好など）のデータが把握できている訳なので、その情報が活用可能な食料品販売や衣料品、あるいは不動産などの業種に展開が可能である。インターネット時代に入り、Web2.0やサービス・マッシュアップの素地が技術的にも文化的にもできているので、一つのサービスの上に他の事業者がサービスを連携させるモデルは珍しくない。しかし、ここで重要なのはWebサービスの連携の部分ではなく、利用者の静的、動的なプロフィールデータとReal-worldの実店舗情報が最初の

飲食店検索サービスを基盤として複数サービスの共有資産となっているところである。このように、複数の事業の基盤となる事業はマルサイディッド・プラットフォーム（Multi-sided Platform）と呼ばれている。ある事業をスタートにIoTと呼ばずとも実世界の情報をCyber-worldに蓄積し、その情報が他の事業にとっても有益と言えるレベルに達したとき、他の事業の基盤という社会的位置づけを得るとともに利用者に対しては今までの異なる存在価値となる。これが、インターネットとその延長にあるIoT時代のイノベーションスタイルである。非常に雑な表現を許してもらえれば、基盤となっている事業はCyber-worldとReal-worldのフィードバック・ループにより自律的に勝手に成長し、電気を入れておくだけで利益を生み出す。さらには、別の事業がその基盤上で自律的に発展し、企業の社会的意義を発展させる。これが理想的なIoTビジネスだと考えられる。

しかし、ここで入力としてのIoTだけに着目するのは危険である。Cyber-worldで最適化あるいは未来予測された情報を制御情報としてReal-worldに投げればそれで人間は勝手に行動するか？と問えばそうではないはずである。また、感情的にもCyber-worldに人間が制御されているという形が受け入れられるとは考え難い。実は、「入力」、「分

析」、「モデル化」、「最適化」、「制御」の流れの中で議論が不足しているのが「制御」の部分のように思われ、逆にIoTビジネスの成功を考えると最も重要なのは最後の「制御」部分であるとも考えられる。安易にヒューマノイド・ロボットをここに据えても人間にとっての有益性を自然に伝える方法論は確立できない。現時点で自律的に発展しているビジネスを見る限り、制御部分の最良手段は有益性が確立したビジネスそのものではないかと考えられる。つまり、従来ビジネスが改善される過程の中で自然にフィードバックの効果が生まれていくという流れである。



6. まとめ

本稿ではIoTでセンシングした結果をCyber-worldで最適化し、その結果をビジネス（人間や社会貢献の文脈）でReal-worldに還元する。そうすると、世の中でメリットが認められ、さらにそのビジネスを前提とした他のビジネスが成長する。それは結局、新たなビジネスモデルや社会構造を作り出すということに至るという流れを述べた。つまり、IoT等、サイバネティクスを構成する技術を部分的に活用し、業務改善を

行うことは間違いではないが、究極的な姿として、「勝手に世の中が良い方向へ変わる」「勝手にビジネスが増殖する」「勝手にビジネス収入が増える」という自律的な構造まで到達するためには、自身のビジネスモデルやビジネスプロセスは変えずに効率改善だけを目指すのではなく、究極的なモデルにまで到達した暁に何が起こり得るのか、現状そこまで自社ビジネスと技術のセットが揃えられるのかを考察するのが最も重要である。このように自事業に関して、現状の改善に留まらず究極的なゴールを考え、その実現性がどこまであるのかをIoTや人工知能の技術と対比させたとき、真の技術活用とイノベーションが期待できるということを示した。本稿が読者ビジネス発展の一助となれば幸いである。

プロフィール.....
みき・よしお 工学院大学情報学部 教授 システム数
理学科 学科長。1960年大阪府生まれ。1984年京都
大学工学部物理工学科卒業。1986年京都大学大学院
工学研究科電子工学専攻修士課程修了、1998年 博士（工
学）学位取得。1986年（株）日立製作所入社。マイク
ロプロセッサ開発、大型計算機用LSI設計CADシステ
ムの研究開発に従事。2015年より現職。専門は、知
能情報学、メディア情報学・データベース。主な著書に
『IoTビジネスをなぜ始めるのか？』（日経BP社、2016
年）がある。