



# インテリジェンスとモデリング Intelligence and Modeling

## 小畑 秀文

知性とは「物事を考え、理解し、判断する能力」である。漢字源によれば、知性の「知」は「矢」と「口」を組み合わせた会意文字であり、矢のようにまっすぐに物事の本質を言い当てることを意味するとある。日本語の知性にあたる英語の intelligence はラテン語の intellectus に由来し、inter（間）と lego（理解し選ぶ）から合成された動詞の intellego から派生したものという。その意味するところは「いろいろある選択肢の中から適切なものを選ぶ能力」であり、「本質的なところを見抜く」という“知”が意味するものにまさに合致していることになる。それぞれが独立して発達した全く異なる言語体系の中で、intelligence と知性という単語の由来までが見事に一致していることに、ある種の新鮮な驚きを感じる。

ある一つのシステムなり装置などの人工物をインテリジェント化するとは、そのものの応答・反応に知性や知恵が感じられるような仕組みを持たせることである。知性が要求される人工物は外界から完全に孤立して存在するものではない。必ず外界との間で相互作用が行われる。この相互作用の中で、その時々状況に相応しい応答や反応をする機能を持たせることがインテリジェント化ということになる。

いま、医用画像処理システムのインテリジェント化が盛んである。検診のために撮影した乳房 X 線写真を解析し、乳がんの検出を行い、医師に見落としがないように側面支援を行うコンピュータ支援画像診断システム（CAD システム）が実用になってから 12 年になる。このような CAD システムは、肺がん、肝臓がん、大腸がん、びまん性肺疾患などへとその対象を広げ、処理画像も通常

の 2 次元画像である X 線写真から 3 次元画像である X 線 CT 画像や MR 画像へと拡大しつつある。CAD システムの性能は着実に向上してきた。しかし、CAD システムのがん検出能力は今でも専門医に比べてかなり劣るものといわざるを得ない。実用化システムを開発した当時は知性を感じることができた。それが今や色あせてきた印象を否めない。システム性能の伸びが鈍化し、一つの壁に直面している状態といつてよい。そのような状況に陥っている原因は、診断に進む前に臓器構造を十分に理解する必要があるのに、それを十分に行わずに、病変の検出処理に注力しているところにある。医師は画像を注意深く見ることで、患者固有の各臓器の領域だけでなく、その内部構造をもまず認識し、正常構造のあるべき姿を思い描きながら異常部位を見つけ出す。それに対して、現状の CAD システムでは、患者固有の臓器構造を理解することよりも異常部位の検出処理に大半の処理が割かれているのが実状である。正常構造にも部分的に異常と判断したくなるような構造を示すことがあり、それを病変と見誤ることが多い。このような現状を打破するために、“まず患者固有の人体構造を画像から理解できるようにする”という課題へ正面から取り組む必要性が強く認識されるようになってきたわけである。

コンピュータビジョンの分野では、対象となる“世界”を記述するモデルの重要性は早い時期から認識されてきた。医用画像処理の場合も同様ではあるが、対象が直線や平面の組み合わせとはほど遠い複雑な形状をしている上に、極めて多様性に富み、数学的に取り扱うのが容易でないことから、臓器を数理統計的にモデリングするという考え方が導入されるのに時間を要したわけである。ここきて、体幹部（胸部および腹部）に関しては日本で組織的な取り組みが開始された。それは文部科学省科学研究費補助金の支援による平成 21 年度から 5 年間の

大規模プロジェクト「計算解剖学」<sup>注1)</sup>の取り組みである。人体内部という“世界”を数理統計的に記述するモデルを構築し、それに基づいて患者固有の臓器構造を画像から正しく理解し、その上で真にインテリジェントな診断支援や手術支援に進もうという試みである。

多くのドライバーが、一部分ではあっても、カーナビ（カー・ナビゲーション・システム）の指示に従わないコースを走ることがあるのではないと思う。筆者もその一人である。特にメインルートから外れた、信号機の無い、いわゆる裏道に相当するルートを愛用している場合がそうである。そのルートに特別な利点を見出しているからこそ、ドライバーはそこを走るといえる。筆者はカーナビの指示を無視してこの裏道を走るたびに、申し訳ないような感覚を覚えつつ、いつも通るルートなのだからいいかげんに覚えてほしいものだ、と感じてきた。カーナビに学習機能を持たせることは必須である、と強く思っていた。ところが、先日納車された車のカーナビには期待通りの学習機能があったのである。それを発見したとき、わずかとはいえインテリジェンスを感じ、その進歩にある種の満足感を持つことができた。道路地図があれば、最短経路はユニークに定まる。しかし、当然のことながら道路状況により所用時間は変わり、最適ルートはそれに強く影響される。その上、ドライバーの価値観や好みにも適応することが理想的なカーナビには期待されるであろう。単なる道路地図だけでなく、ルート上のすべての道路の状況とドライバーの性行をも包含した“世界”が精度よく表現できることが真にインテリジェントなナビゲーションを行うための前提である。道路網は二次元的に広大な広がりを持つ。その現況把握に必要な社会的インフラは今はまだ不完全であり、ドライバーの性行を把握するための技術的課題も多く、真にインテリジェントなナビゲーションの実現はまだ先のことと言わざるをえない。しかし、そこへ向けての技術は着実に前進しているといつてよい。

工場のインテリジェントな運用に必要なモデリング技術は今や非常に進んだ状況にある。フィードバック制御の基本的な原理は、安定性の保持などの条件を無視して単純化していえば、制御対象の動特性にかかわらず、コントローラのゲインを十分に大きくすればシステム出力を常に目標値に近い値に保つことができる、ということである。しかし、単純なフィードバック制御よりも高い

精度が要求される場合には、制御対象の動特性の厳密なモデルが必須となる。さらには、ローカルなサブシステムの最適運用だけにとどまらず、数あるサブシステム間の相互作用をも包含した工場全体の最適運用まで要求される時代を今や迎えていると言ってよい。工場という“世界”全体を適切に表現するモデルに基づいての制御・運用を考える高度化の時代が到来したわけである。それには、CADシステムやカーナビがそれぞれ対象とする“世界”を精度良く理解できる仕組みが必要であるのと同様に、工場全体の現況を適切に把握できることがまず必要条件となる。

従来の工場におけるセンシングの対象は、速度・流量・温度などの単純な物理量や化学量が主であった。これに対して、最近では機器やシステムの安全性や保全性、省エネルギーなど、従来の測定量に比べてより包括的にシステムの状況を示すものが重要視されるようになってきている。これらは直接的に計測することも困難で、ある種のあいまいさを含み、かつ幾つかの情報を組み合わせて初めて導かれる複合した指標である。モデルには工場を構成するサブシステムの相互作用やこれらの複合化した指標をも表現することが要求される。しかも、このモデルに基づいて工場全体の現況を把握し、その最適運用の観点からの個々のローカルなシステムの運用・制御が必要となる。フィールド機器・分析計のインテリジェント化とフィールドバスによるネットワーク化は必然の流れといつてよい。ネットワークを経由して集められる情報が統合化され、工場全体の現況が正しく把握されれば、望ましい状態へ向けた的確な対応、すなわち広い意味でのインテリジェントな最適運用のための条件が整うことになる。

工場のインテリジェント化とそのさらなる高度化はこれから益々重要性を増す。その基盤をなすモデリングは、どこまでを対象とするか、その範囲や深さは際限がないほどであり、技術的にも極めて高度なものが要求され、これからも不断の研究開発が必要である。本特集号で紹介されるインテリジェントなフィールド機器・分析計からも知れるように、横河電機株式会社は高度な計装・制御技術を誇る世界的企業である。この分野でのインテリジェント化のトップランナーとして、更なる発展を期待したい。

注 1) <http://www.comp-anatomy.org/wiki/>