特別寄稿

工学院大学　工学部　情報通信工学科　教授　大塚（おおつか） 裕幸（ひろゆき）さん

アルゴリズム

かなり古い映画ですが「2001年宇宙の旅」は何度も観ました．ご存知の方も多いと思います．何度も観たのは，映像が衝撃的でかつストーリーが良くわからないという単純な理由からです．日本で公開されたのが40年以上も前だったかと思います．比較的最近の映画では「イーグル・アイ」も印象に残っています．これは私がドコモ北京研究所に在籍していた時に機内で観た映画です．この2つの映画に共通することは，素晴らしく優秀なコンピュータがストーリーの鍵を握っていることです．超有名な「HAL9000」とそれほど有名ではない「アリア」です．この人工知能をもったコンピュータは，もちろん人間が作ったものですが，人間に対して背信行為をします．コンピュータはあるアルゴリズムに従って単純に動いていれば，人間が作ったコンピュータが人間に背くはずがありません．では，このアルゴリズムって何だろうか？ということについてとりとめのないことを書きます．

学生教育用に，最近アルゴリズムに関する本を何冊か読みました．例えば，「How Algorithms Came to Rule Our World」[1]，「世界で最も強力な9のアルゴリズム」[2]です．あらためてアルゴリズムの偉大さを再認識するとともに，アルゴリズムの限界について考えてみました．基本的なアルゴリズムはYes or No，あるいは1 or 0です．いわゆる二者択一の連鎖です．選択肢のシナリオが画一的であれば，そのアルゴリズムが作り手（人間）に反逆する可能性はゼロです．しかし，映画を観ながら思ったことはコンピュータが感情を基に自分でアルゴリズムを書き換え，それを基に物事を判断する，そういう時代がやってくるのかな，です．人工知能分野ではすでに実現の目途が立っているのかもしれませんが，もしコンピュータに感情があるのだとすれば，それはアルゴリズムでどのように表現されるのだろうか，という単純な疑問も湧いてきます．論理的な思考を制御する複雑な感情は，アルゴリズムを使えば簡単に表現できるのでしょうか．それともアルゴリズムを感情でコントロールするそれとは別のアルゴリズムがあるのでしょうか．そういえば，映画「アイ，ロボット」では感情は理論を超える，というセリフがありました．理論はアルゴリズムに置き換えて良いと思うので，感情はアルゴリズムを超えるということです．アルゴリズムを超越する何かがあるのでしょう．

別の視点でアルゴリズムについて述べたいと思います．アナログとデジタルの関係です．先の1 or 0はもちろんデジタルです．しかし，人間が1＋2を計算するときに，どのように計算しているのでしょうか．これは脳のメモリである海馬における過去の計算結果の蓄えから答えを引き出しているのでしょうか（いわゆる暗記）？それともその都度計算しているのでしょうか？多くの人はその都度計算していると答えられるかもしれません．しかし，3桁の掛け算，324×926は，と問われるとすぐに答えが出る人は極めて少ないでしょう．少しプチ自慢になりますが私は暗算が普通の人より格段に得意です．先の3桁の計算の答えもすぐにでます（ちなみに答えの数字の並びに注目です）．どんなに簡単な計算でも，海馬から答えを引き出すのではなくアナログ手法で計算します．アナログ手法とは1 or 0を使わないことです．例えるならばPCM（Pulse-Code Modulation）*1符号化する前のアナログ情報を使って計算するということです．とは言っても，私はいつも疑問に感じています．人間はコンピュータではないが，人間の脳は本当に「アナログで動作している」のでしょうか．先のアルゴリズムの話題に戻りますが，アルゴリズムにも「アナログのアルゴリズム」と「デジタルのアルゴリズム」があるのではないかと思い始めています．私の場合ですが，「デジタルのアルゴリズム」で「アナログ処理」を行っています．では「HAL9000」と「アリア」はどうなのでしょうか．「デジタル（のコンピュータコードで書かれた）のアルゴリズム」で「デジタル処理」

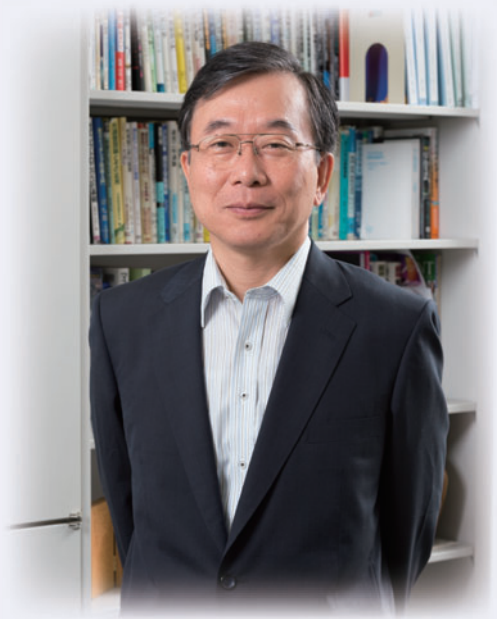
Profile

1981年北海道大学工学部卒業，1983年同大学院修士課程修了，同年日本電信電話公社横須賀電気通信研究所入所，1999年NTT移動通信網（株）に転籍．256QAMデジタル無線方式，光ファイバ活用型PHS方式，位置情報サービス，TD-LTE方式などの研究開発に従事．その間，ドコモEurope UK（ロンドン），ドコモ北京研究所に勤務．1992年北海道大学より博士（工学）．2010年工学院大学教授．IEEE，IEICE各会員．

を行っていると考えるのが普通でしょう．あるいは，もしかすると「アナログのアルゴリズム」で「デジタル処理」を行っているかもしれません．一般的に誤りや混乱は「デジタル」ではなく「アナログ」に起因しているからです．私は暗算を実行する場合，体調が良くかつ精神状態が良いとき（要は集中できている状態）は脳内の計算ツールが極めて精巧な状態になります．自分ではその計算ツールはアナログと思っていますが，脳内は究極のデジタル状態になっているかのようです．それは，振幅と量子化*2両方においてです．状態が思わしくない時は，量子化はもちろんのこと，振幅が時間的に変動します．こうなると脳内は大混乱に陥ります．この好調，不調の要因の1つは感情であるとも言えます．「HAL9000」，「アリア」，「アイ，ロボット」の感情を「アナログのアルゴリズム」とすると「アナログのアルゴリズム」が「デジタルのアルゴリズム」を凌駕したのではないかと想像してしまいます．

現代はアルゴリズムがすべてを支配していると言っても過言ではありません．科学の分野におけるアルゴリズムの進化，功績を見れば明らかです．そして「ゲーム理論」のように，過去の偶然と思われる事象の関係性を調べることで，物事あるいは事象の将来を予測することがアルゴリズムで実現できるようにもなってきました．昔，読んだ本に「自分は自分が行こうとしている未来からやって来る」という名文を今でも覚えています．これは目標に向かって進むという意味ですが，予測の正当性を逆説的に述べているとも言えます．

通信分野では，バックボーンネットワークのルーティングや負荷分散制御，個々のユーザに最適解を与えるネットワーク制御を「アナログ的なアルゴリズム」で実現できると素晴らしいと思います．「アナログ的な」と書きましたが，これは人間が作った「デジタルなアルゴリズム」に加えて，自己認識できるアルゴリズムのことです．わかりやすい例としては，基地局が周辺を観察し，過去の通信データから次の事象を推測しそれに合わせて最適なシステムパラメータに更新していく，みたいな感じです．すなわち基地局の「デジタルのアルゴリズム」が自分で進化していく仕組みです．



最後になりますが，先に，人間の脳は本当に「アナログで動作している」のでしょうか，と書きました．脳細胞がどのように動作（活動）しているかはわかりませんが，アルゴリズムがスピードや正確性において人間より優れていることは間違いありません．人間が何かを判断するときに，あるいは計算（暗算）するときには，アナログ的な感情・感覚ではなくて，とても「シンプルなデジタルのアルゴリズム」の集合体が超高速で動作しているとなると，アルゴリズムはこれまで以上に人間を翻弄することになります．願わくはそうではないことを祈り，人間とアルゴリズムの共生を信じたいと思います．

文　献

[1] Christopher Steiner: “Automate This: How Algorithms Came to Rule Our World,” 2012.

[2] ジョン・マコーミック：“世界でもっとも強力な9のアルゴリズム，” 2012.

---

*1 **PCM**：サンプリング周波数で標本化した信号の振幅を2進数で表す符号化アルゴリズム．

*2 **量子化**：デジタル通信において，アナログデータの振幅および位相量を離散的なデジタルの値で近似すること．