

# 人とロボットのゆとり・無駄・冗長性

前野隆司（慶應義塾大学）

## ダンスのルール

### 前半：

ロボットは、脳（コンピュータ）にゆとり・無駄・冗長性がない。つまり、自由度が小さく、動く部分が少なく、正確、高速、単純。同じことを繰り返すのに向いている。これを体現せよ。

### 中盤：

ヒトの身体・脳のゆとり・無駄・冗長性を生かして、スティープ・ジョブズのいうStay hungry! Stay foolish!（ハングリーであれ。ばかげたことを恐れるな。）を実現せよ。

### 後半：

ヒトとロボットが融合する豊かな未来世界を体現せよ。

◇ ◇ ◇

## 人とロボットのゆとり・無駄・冗長性

書籍『「ゆとり」と生命をめぐる—生命の教養学VI』（慶應義塾大学教養研究センター編、慶應義塾大学出版会、2011年4月出版予定）の一部を抜粋・改変。

### 1 人とロボットの身体のゆとり

人とロボットの身体は、何が違うのでしょうか？加工・組み立てに特化した産業用ロボットと、人間の身体には、大きな違いがあります。機械工学でいう「**自由度**」が違います。

「直進または回転によって、ある一つの方向にだけ動くこと」を1自由度といいます。例えば、人の手首は上下、左右の2方向の動きと1軸回りを足して3自由度を持つといいます。

産業用ロボットは、関節を硬くするとともに、可動部を最小限に絞ることによって、自由度を小さく抑えています。要するに、産業用ロボットは、**自由度を減らすことによって、高速、高精度を実現している**のです。

一方で、自由度を絞ると、**複雑な動きはできない**というデメリットがあります。例えば、最低限の自由度しか持たない作業用ロボットが「ある場所に行って、部品をつかみ、別の場所へ行ってそれを締める」という単純作業を繰り返すときには高精度でいいのですが、「部品が少しずれていたから少し傾けた状態でつかむ」といったような、気の利いたことはできません。また、**故障に弱い**というデメリットもあります。例えば上下に動く部分が壊れたとすると、もうそのロボットハンドを上げ下げすることはできません。

それに対し、人間は**多自由度**です。肩の関節が3自由度、ひじ関節が1自由度、手首が3自由度。さらに指は1本あたり4自由度あるので手だけで20自由度もあります。これによって、指先を一つの点に持ってくるというタスクをこなす際にも、**いろいろな姿勢がありうる**わけです。要するに、何かを運ぶ定型作業をするだけであれば3自由度あれば充分ですが、せっかく手首や肩、指もあるので持ち替えてみたり、いろいろな姿勢で持ってみたりする。**一部が壊れ、ある姿勢をとれなくなっても、他の姿勢で代用できる**。こんな多様性を発揮できるところが人間の面白いところです。このような人間の身体の特徴を、必要以上の自由度があるという意味で、機械工学では「**冗長**」と呼びます。冗長という言葉は「**余裕**」や「**ゆとり**」とも捉えられますが、悪く言えば「**無駄**」とも言えます。

つまり、人間のメリットは、**複雑な動き、多様な動き、それから、一部分が壊れても対応できる**ということ。一方、**デメリットは、低速、低精度、そして自由度に無駄がある**ということです。人間の動作は実はとても遅く精度も悪いのです。例えば、ロボットはものを持った時に「○○グラムです」と正確な重さを計測できるのに対し、人間は軽いか重いか程度の判断しかできません。その代わりに、複雑で多様な動きができますし、一部が壊れても他のやり方で代用できるのです。要するに、自由度が冗長で「**無駄**」あるいは「**ゆとり**」があるおかげで、どこかが壊れても何とかするのが人間のいいところです。

以上のように冗長とゆとりには関係があります。**冗長**を辞書で引くと「**くたくたく長いこと、無駄が多くだらだら長いさま**」と書いてあります。確かに、冗長に何度も同じことを繰り返したりしていると、だらだらして無駄な悪い面もあります。しかし、冗長にはいい面もあるのです。人間の体には、実はくたくたく無駄がありますが、だからこそいろいろな動きができ、いろいろな事態にも対応できるのです。もう1度まとめますと、**冗長のメリットは多様で複雑、高度で、故障にも強く環境変動への対応ができること。デメリットは精度が低くて速度が遅い**ということです。

### 2 ヒトとロボットの脳のゆとり

では、ロボットの脳であるコンピューターと、人間の脳は、どう違うのでしょうか？それは、前者は正確で基本的にミスなしということです。これに対して後者は不正確で、おそらく何かを行うと100回のうち数回は間違えるでしょう。先ほどのロボットと人間の体の例と同じです。

物の壊れる確率というのは普通に作ると100分のいくつでしょうか。人間は100分の5くらいの確率で間違

えます。ところがコンピューターや最近の精密機械は、ハイテクによって、故障確率が100万分の1とか1000万分の1にまで下げられています。人類の科学技術の素晴らしさですね。

つまり、両者のメリットとデメリットをまとめると、先ほどの身体の場合と同じ構造が浮かび上がってきます。ロボットの身体とコンピューターの場合は、速くて精度も高いというのがメリット。それに対して人間の身体と脳は、精度が低く、一個一個は遅いというのがデメリットです。その代わりに、脳のメリットは、冗長性・無駄・ゆとりを生かして、多様な選択肢を選べること。身体が多自由度だったのと同じです。脳はニューロンが1,000億個も活動しているので、例えばある式を解きなさいと言われたときに、XとYの方程式で解こうか、それとも鶴亀算で解こうかと、いろいろな方法からフレキシブルに選ぶことができます。しかしコンピューターのプログラムは「こんな時にはこうしましょう」という決まり通りにしか動かせません。

それから、人間の脳は、超冗長であるがゆえに対故障性が高いというメリットがあります。年をとるとだんだん故障してきて物忘れがひどくなってきますが、工夫すれば何とか生きていけます。例えば、物忘れがひどくなったら手帳を使ったり、直前にやっていたことをもう1回やってみると思い出したりします。忘れかけていても、ぼんやりは覚えていたりもします。工夫したりぼんやり思い出したりできるということは、多様な選択肢から選択できる冗長な自由度があるということで、先ほどの身体の場合と同じなのです。それから、環境変動への対応が可能だということも大きな利点です。コンピューターには「環境が変わったから気を利かせよう」ということはできませんが、脳にはできます。だから、人間は、職場が変わったり、友人を失ったり、気候が変動したり、思いもよらなかった境遇に置かれたりしても、なんとかそれに対応して生きていくことができます。

### 3 脳のゆとりが生み出す創造性

現アップル社CEOのスティーブ・ジョブズ (Steven Paul Jobs, 1955-) は、かつてマッキントッシュという画期的なコンピューターを発明しました。ところが、彼が思い付いたマウスやウィンドウシステムを、ビル・ゲイツ (William Henry Gates III, 1955-) という別の天才がうまくビジネスに利用したことにより、結局、当時のマッキントッシュはWindowsに負けてしまいました。その後、ジョブズは一度アップルを追放されましたが、また社長として戻ってきました。「一体何をやるのか」と思ったら音楽端末を作りました。これは脳のゆとりの良い例です。

コンピューターのビジネスモデルがすでに脳の中にある人が、その延長線上で失敗したら、「失敗したからやめてしまおう」と思うのが普通でしょう。硬直化した、ゆとりのない頑固な頭です。しかし、スティーブ・ジョブズは違いました。失敗したという経験に基

づき、「なぜ失敗したのだろう」と思考を繰り返し、新たなビジネスにつなげました。脳の冗長性(ゆとり)をバランスよく存分に生かしたのです。その結果、iPodは成功し、今度はその技術がマッキントッシュやiPadなどのコンピューターにも生かされて、もともとやっていたコンピューターの事業も再び輝いています。まさに、脳の冗長性、多様性の勝利です。**失敗さえも、無駄ではない。**失敗は、行動の冗長性であり、冗長さがあるから次につながる余裕が生まれるのです。彼が自身を「コンピューター会社を経営して失敗した人間だ」と思い込んでいたら、つまり心に余裕がなければ、ビル・ゲイツに負けた人で終わっていたかもしれません。余裕を持って、大いに学び、好奇心を持ち続け、失敗という一見無駄に見える行動もいとわず繰り返す強い意思を持っていたからこそ、脳の冗長性・多様性・対故障性を生かして、失敗しても再起することができたのです。ジョブズがスタンフォード大学で行った有名なスピーチの結びの言葉は、「**Stay hungry! Stay foolish!**」でした。「いつまでもハングリーであれ！ しかも、常にフーリッシュに失敗する無駄とゆとりを持って！」です。

常に失敗から学習するゆとりを持つことの重要さは、人や動物の学習や記憶のみならず、人類や動物の「進化」でも同じです。学習とは人間や動物が個体レベルで予期せぬ変化に適應することを表しますが、進化とは生物が種のレベルで適應するということです。実は、生物の進化も、新機能を獲得することによってゆとりを身に付け、そのゆとりによって次の進化の連鎖を巻き起こすという点では、個体の学習と同じです。進化とは、ゆとりに基づく学習なのです。このような面白い好循環を作り出すポテンシャルを秘めていることが、人間や生物の特徴なのです。

例えば、鳥の羽は、たまたま体を温めるはずのものが羽になりました。つまり、冗長な価値(剰余価値)を獲得した。そして、羽になったから空を飛べてしまった。空を飛べてしまったということは、移動もできるし、世の中を俯瞰して見ることもできるし、どこに虫がいるかを遠くから発見できることです。一つの進化が他の新たなゆとりを生み出すという好循環のループです。これこそが、ロボットやコンピューターと生物の違う点です。コンピューターやロボットは基本的には一つの機能、一つの目的しか持っていないので余裕がないのに対し、生物は飛ぶという動作だけみても、いろいろな機能と目的を持っています。つまり、ゆとりです。ゆとりがあるから、学習・適應できるのです。

(補足) スティーブ・ジョブズの有名なスピーチは、YouTubeの「Apple創始者・スティーブ・ジョブズの伝説のスピーチ」(日本語字幕付き)等で見ることができます。感動的なスピーチですので、ぜひご覧ください。

著者：

前野 隆司（まえの たかし）：1962年生まれ。慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科教授。博士（工学）。ロボティクス、ヒューマンマシンインタフェース、コミュニティーデザインなどの研究に従事。著書に、『脳はなぜ「心」を作ったのか』『錯覚する脳』『脳の中の「私」はなぜ見つからないのか』『記憶』『思考脳力のつくり方』など。