

2. 未来100年を担うあなたへ贈る言葉

2-3 進化し続ける科学と人間の未来について

Evolving Science and Its Influence to Human

岡本栄司

1. はじめに

未来100年に向けた一言を書いてほしいと依頼を受けて気楽に引き受けてしまいましたが、いざ書き出してみると結構難しいものです。その理由はどうやら100年後がどうなっているのか予想が付きにくいからのようです。ばら色なのか、灰色なのかよく分かりません。そこで、まず逆に100年前に戻って、そこから今を眺めることによって、これから100年後がどうなっているか推論してみることにしました。その上で未来100年に向けて、私の意見を述べたいと思います。(あくまで私の雑感ですので思い込みが多いと思いますが御容赦下さい。)

2. 100年前、現在、そして100年後

1.1 100年前と現在

100年前というのは1917年頃ですが、第一次世界大戦の最中でした。1914年に始まって1918年に終わっています。日本は連合国として日本海軍特務艦隊が1917年に欧州に派遣されました。一方、ロシアでは11月革命により社会主義政権が誕生しました。これらは今から見ても極めて大きな出来事でした。技術産業的な面では、当時既に自動車は商用化されておりフォードT型も走っていました。ベルが1876年に発明した電話も商用段階に入っており、国際電話も始まろうとしていました。飛行機は1903年ライト兄弟の初飛行後、軍用で急速に発達して、第一次世界大戦当時には戦闘機もできていました。ただ、コンピュータは1940年代頃の発明なので(コンピュータの定義によっては発明時期も多少変

わってきますが)、まだ現れていません。私の専門の暗号は古代から使われていましたので、当然100年前も使われてました。戦争に必須の技術だったので、機械式暗号がこの頃から第二次世界大戦に掛けて続々出てきました。Enigma暗号はその代表例です。乱数を加える形のVernum暗号はこの年に電信用暗号として発明されました。ただ、原理自体は1882年にFrank Millerが発表していますので、Vernum暗号と言うよりOne Time Pad暗号と呼んだ方がよいようです。これは解読不能暗号です(暗号文攻撃に対して)。

それらの発明の中では、電話、自動車、飛行機はその後も線形的な発展をしたと言えるでしょう。つまり、100年前に今の状態は予測できないものでもなかったと言えます。それに対してコンピュータの発達はいわば指数的と言えるものです。(そもそも100年前にはまだ発明されていませんでしたが。)今はCPU自体の発達だけでなく、Web、AI、IoT、Cloudなどその応用も大変な進歩です。発明当時はほとんどの人がこの状態を予測できなかったと思います。

1.2 100年後

100年前からの技術進展を参考に、科学技術関係でこれから起こることを想像してみましよう。やはりコンピュータ分野の発達が大きいと思われます。ハードウェアでは量子コンピュータがどうなっているか興味深いところです。何しろ n 量子ビットで 2^n の状態を並列処理計算できるのですから。暗号分野ではそれを用いると因数分解や離散対数が容易に計算できるようになるので多くの暗号が解読されてしまいます。したがって代数的な暗号より組合せ的な暗号が増えるでしょう。暗号解読に限らず、多くの情報処理も高速実行できるようになるでしょうから、こうなると様々なことが実現できるようになります。同様に並列計算が可能なDNAコンピュータ

岡本栄司 正員:フェロー
E-mail okamoto@risk.tsukuba.ac.jp
Eiji OKAMOTO, Fellow.
電子情報通信学会誌 Vol.100 No.6 pp.446-450 2017年6月
©電子情報通信学会 2017

も出てきています。これはDNAを演算素子とするコンピュータで、最初に原理を思い付いたのはRSA暗号のAさん、つまりLeonald Adlemanだそうです。

コンピュータの進歩により実現しそうな例としては人間の解明と人工知能AIの発達が挙げられるでしょう。AIの話になると素人の私には分からないことが多いですが、それでも外野から見ていると、すごいことになりそうな予感がしてしまいます。まずはコンピュータによる情報処理的アプローチからの人間の脳内思考の解明が進むのではないのでしょうか。その解明によって逆にコンピュータにおける人間的な思考回路も実現するのではないのでしょうか。それは既に進みつつあると言えます。昨年、まだ当分勝てないと思われていた囲碁の世界でAIソフトのAlpha Goがプロトップ棋士に勝ったことは画期的な出来事でした。これは誰も予想しておらず、直前の学会誌でも勝てないだろうという論調の解説が載っていたくらいです。その後更に進化し、現時点で世界最強プロ棋士のネット碁において60局以上戦って無敗を誇っているようです。一般に囲碁ソフトの強さは読みの正確さにあると思うかもしれませんが、Alpha Goの強さは違いました。そのような一本道の強さではなく、布石の強さだったわけです。つまりは形勢判断能力の高さにありました。序盤の段階で形勢良しの手が打てたわけです。これは驚くべきことです。ビッグデータ（従来の大量の棋譜）と高速計算能力があれば、自己学習して良い手が分かってしまう。これはある意味で総合判断に基づく意思決定ができることにほかなりません。もちろん、今までもAIはある定式化された場での意思決定は行っていますが、人間の方が得意だと思われていました。それがそうとも言えなくなりつつあります。むしろ、場面によってはAIの方が優れていることが実証されました。意思決定はいろいろの場面で必要になります。100年後と言わず10年後でも、例えば車の運転はAIに任せるでしょうし、病状の診断もAIに任せる（参考にする）ようになるでしょう。運転では特に駐車などは今でもAIに任せたくる人が多いのではないのでしょうか。

ところで、このようにビッグデータと高速計算能力があれば自己学習してしまうということは、人工意識（AC: Artificial Consciousness）の芽生えにつながらないのでしょうか。考えてみれば、赤ちゃんがいつどのようにして意識を持つようになるか、自我を持つようになるかはよく分かっていません。これらが解明されてからAC誕生が実現すると考えるのが普通ですが、突然、自発的に意識が芽生えてしまうということはないのでしょうか。ハード的な記憶素子では難しそうですが、何かしらソフトな記憶素子が出てきたら？とあってしまいます。いずれにしてもAC誕生日はいずれはやってくるのでしょうか、いつになるのかは分かりません。100年以

内ではないような気がしますが、進歩の速さによっては可能かもしれません。

もしAC誕生が100年以内に起こると100年後は今とは似ても似つかぬ世界になってるでしょう。SF映画のようにコンピュータが人間を支配する可能性も0とは言いきれなさそうです。コンピュータ（AI）に対する恐怖は二つあるそうで、その一つがAC誕生以降コンピュータ自ら進歩していくというもの、もう一つは人間がAIを利用して悪事を働くというものです。後者は今すぐでも現実のものになりそうですが（既になっているとも言えるかもしれません）、究極的に怖いのは前者です。AI専門家からすると、それははるか未来の話で今心配する必要はないとのことですが、でもはるか未来というのは100年以降なのでしょう。急激な自己学習発展の様子を見せ付けられると不安です。それに、人間は体力、知力とも割と平等にできていますが、コンピュータは違って幾らでも巨大化できます。一方で、AC誕生後もコンピュータ（AI）は人間のしもべのようにサポート役に徹しているという考え方もありそうです。ただ意識を持っているわけですから、その後どう変わっていくかは予想できません。

2. 神への挑戦時代？

ある研究者は、AIが人間の知能を超えるsingularityが2045年に到来すると言っています。このsingularityがAC誕生を含むのかどうかよく分かりませんが、100年後となると更に72年も先です。そうすると能力はsingularity時点よりはるかに高まっていそうです。これらの技術革新をもたらす研究は、私から見ると「神への挑戦的研究」に見えます。例を挙げましょう。まず医学の分野では、既に自然生命体系への挑戦が始まっています。遺伝子操作は今や当たり前で、3人以上のDNAを持つ人も誕生しています。やがては好きなタイプの人間を産むことができるようになるかもしれません。生物では始原生殖細胞が作られ、人間以外では始原生殖細胞から既に卵子や精子ができています。つまり、雌雄いずれか一頭から卵子も精子も作れることになるわけで、考えてみれば不思議なことです。これからは人間に対しても医療進歩の名の下に進んでいくでしょう。次に、化学・物理学の分野からは、新たな生命体の誕生が挙げられます。これは実験室で有機生命体を作るというもので、今の地球上にはない生命体が誕生することになります。更に、情報科学の分野ですが、AC誕生を目指した研究が進むでしょう。つまり、自我を持つコンピュータ（AI）です。これは別に人間の形をしていなくてもよくて、ネットワークシステムでもいいわけです。私にはこれらの研究は神への挑戦のように見えます。（悪いと言っているわけではありません。）

このような研究は悪用されると大変なので、研究者側に倫理上の規制が必須です。でも、現状では、それらの規制がない国で進めれば法的には問題ありません。となると、それを阻止するには全世界に適用できる刑法制定が必要ですが、これはこれで難しそうです。

3. 未来の人間社会

3.1 人間の仕事

私は、世の中は AC 誕生まではおおむね明るいと思っています。物質的には恵まれるでしょう。例えば農業、漁業、工業などは AI でコントロールする形で機械化され、僅かな人間の手を煩わすだけで済みそうです。現に手元にある「情報処理」に載っている「変なホテル」では、ロボット (AI) や情報処理端末がフロント業務から会計まで行っており、少人数の人間がバックで控えているだけです。人間の仕事が情報機器に置き換わっています。このようなケースでは人間は少なくて済みつつありますが、一方、ネット社会では大衆の力が生産的になっていることもあります。Web システムは巨大な知識集合体で、分からないことがあれば検索することによってすぐにでも答えが出てきますし、実際よく使われています。これは結局みんなの知識が集まったもので、SNS も Web の上に成り立っています。ここではほかの人との関係は意識する必要はありませんが、結果として協力した形になる“アノニマス協働システム”とも呼ぶべきシステムになっています。電子貨幣の一つ Bitcoin で使われている Block Chain という仕組みはその一種です。これは極めて民主的な仕組みで、参加者の多くが協力すれば不正を防ぎ信頼性が保てるようになっています。協力に対しては報奨金というインセンティブがあり、また匿名性が守られるということなどが協力しやすい理由になっています。アノニマス協働システムは人間が主体的にやれることの一つです。(もちろん、作業にコンピュータは欠かせませんが。)

3.2 人間の生活

AC 誕生が 100 年後より更に後だとすると、コンピュータシステム (AI) のおかげで、人間は楽に暮らせそうです。ネットは当たり前で、余り存在すら意識しなくていいようになっていて、子育てや教育なども AI の助けを借りて効率的に行えるでしょう。そして Smart City に住んでのんびり暮らすというわけです。その方が医療をはじめ、安心した暮らしができます。現に今でも高齢者は都会に住みたがっています。元気なうちは田舎暮らしもいいですが、元気でなくなると、各種サービスやインフラなどが整っている Smart City に住もうとします。Smart City では効率的な生活ができ、また AI のおかげで生産性が上がり、人には余暇は生まれます。

となると人はゲーム、スポーツ、芸術、レジャーなどの楽しみに時間を割けるようになるでしょう。低コストで必要なものが手に入る、というかただ同然で手に入るようになるかもしれません。自然界では自然の恵みが動物たちを育てていますが、その自然の恵みと同じような環境をコンピュータシステムが提供してくれるわけです。(生存競争があるので全く同一視はできないですが。) ということで、人間生活は物質的には楽になるでしょう。

3.3 人間関係

人間生活は物質的には楽になりそうですが、人間関係など精神的な面ではそう楽でもないかもしれません。ネット社会となると、人間は Smart City に集中して住むようになるにもかかわらず、互いに用がなければ話すことが少なくなり、人間同士のコミュニケーションは広がりにくくなりそうです。今ですら 20 年前に比べて人と知り合うことが少なくなったような気がします。その代わり、学校や職場で知り合いができると、逆に非常に密接でその他との壁が大変高くなってしまいます。この密接さゆえに、今度はいじめなどのトラブルが絶えません。

このような、ネットワークが発達して実社会がギスギスする現象は既に起きています。知らない人や利害関係がない人には挨拶もしなくなってきたくらいです。あるコミュニティでは挨拶禁止ルールができたというニュースがありました。今の社会では性悪説が優勢で、人を見たら泥棒と思えと多くの親は子供に教えていますし、それを裏付けるような報道もたくさんあります。積極的にコミュニケーションを求めて努力しない限り、人間との直接的なつながりは家族や学校、職場等の外には余り広がりそうにありません。そして、個人の意見はネットを通じて匿名で行うというのが定着しそうです。つまり都会には人がたくさんいても、他人には挨拶どころか目も合わせず、ひたすら無関心となるわけです。

他方、サイバー世界 (ネット社会の中) におけるつながりは実社会より密になる傾向があるようです。そのため、もろい面もあり、歯止めが効かなくなる可能性すらあります。また、一部の意見にみんなが同調し、それが総意ようになっていく現象が多々見られます。

このように、リアルな人間関係が希薄になると当然の結果として、人口は減るでしょう。現に、文化程度が高い国では出生率が下がっています。1970 年ぐらいまではどの国でも 2.0 以上でしたが、1980 年以降は 2.0 を切っています。子供を育てるのは大変、ということで今は二人いれば十分と思っている家庭が普通なので、平均では当然 2 を切っています。今開発途上国でも 100 年後には人口は減るでしょう。つまり 100 年後には、少ないけど優秀な DNA を持つ人間がコンピュータ (AI) 等のサポートを受けて暮らしているという未来図が描けま

す。こうなると物質的に楽そうなので、あとは精神的な充実があればいいわけです。その鍵はリアルな人間関係の改善にあると思います。

4. 100年後に向けての課題

4.1 セキュリティ確保の重要性

AC 誕生までは楽しい世界を予想しますが、それでもそれを支えるための仕組みは必要です。また、AC 誕生後に備えた準備も求められます。特に重要なのはセキュリティ対策です。AI との関係で言えばその信頼性確保が求められます。不正データによる学習でおかしな動きをしてしまわないようにする必要があります。一方で、従来型の犯罪は少なくなるでしょう。監視カメラ、AI による不正チェック機能など、情報機器のおかげですぐに逮捕できそうですから。でも逆に AI を用いた犯罪は増えてきそうです。例えば、プライバシーはあちこちに散在している多くのデータから引き出されてしまうでしょう。データは暗号化しておけばいいと思うかもしれませんが、使うときは復号されていることが多く、そうなると思えないとも限りません。プライバシー侵害以外にも詐欺や不正アクセスなどに対して情報犯罪防止対策が欠かせなくなります。AI は犯罪側にむしろ有効な気がしてしまいます。例えば、詐欺などに使われたら、簡単にだまされてしまいそうです。もちろん法律でプライバシー侵害は罰せられることになるので、法を犯してまで実行する人は少ないかもしれませんが、国をまたがると拘束力が及ばなくなります。またテロ国家やテロ組織は他国の法律は気にしないでしょう。

AC 誕生後も安全な世の中にするためにコンピュータ (AI) に倫理モジュールをあらかじめ組み込む必要性も出てくるでしょう。(例えば最近本誌で紹介された書籍「心を交わす人工知能」を参照。)それが外れたら意識も消滅するようにしておいて、人間に対するセキュリティを高めようというものです。そして、あくまで人間をサポートする役に徹してもらおうとするものです。ただ、対象は意識を持つ大規模ネットワークも含まれますので、そう簡単ではない可能性もあります。

4.2 人間力の強化

100 年後はどうか分かりませんが、近い未来ならアノニマス協働システムは人間力が発揮できる有効な仕組みの一つでしょう。例えば認証システムを例に取れば、通常はネット承認で認証を済ませ、問題が起きたときは(多数の?)人間が承認して認証処理する仕組みです。このような、人間集合体の英知に信頼性の基盤を置くシステムはネット社会でも有効でしょう。

こうなると人間の力が重要となりますので、その強化が必要となります。人間力の強化には個々人の強化と人

間のつながりの強化があります。まず、個々人の強化ですが、その基盤は教育と人材育成です。ではこれからはどのような人材が求められるのでしょうか。それは多分コンピュータ (AI) でなく人間であることを武器にできる人で、少なくとも飛躍した発想ができる人、直観力に優れた人ではないでしょうか。記憶力や計算力ではコンピュータにかないません。また、膨大なデータから知能獲得をするのもコンピュータは得意です。しかし、飛躍した発想や、直観力は人間がまだ優っています。前例がないことや少ないデータから本質を抽出することではコンピュータに負けません。ただ、永遠に勝ち続けられるとも思えませんが、少なくとも皆さんが頑張っている間は大丈夫でしょう。とは言うものの、飛躍した発想や直観力を伸ばすのは容易ではありません。ただ、小さい頃のことを思い出して頂きたいのですが、二つの選択肢があると、皆さんは変わっている方、ほかの人が選ばない方を選択してしまう癖がありませんでしたか? つい、人と違った方を選んでしまうことが、これは研究者という人間特有の性質だと思います。ほかと同じことをしては研究になりません。これが研究者魂で、皆さんも持っているはずです。この普通と違う性癖を更に伸ばすことが大切なのではないでしょうか。これを伸ばすことが飛躍した発想や直観力を伸ばすことにつながり、未来 100 年を支える基盤の一つになると思います。

次に人間のつながりの強化ですが、これにはリアルな人間のつながりを回復する必要があります。今、それが薄れつつあります。特に AC 誕生後は本当にリアルな人間関係が薄れそうで心配です。たとえコンピュータ (AI) が人間のサポート側に回っている世の中になっていたとしても、人間関係に異変が生じるでしょう。特に問題は恋愛です。恋愛は人間関係で最も根幹に関ることなのですが、ここに擬似人間が入り込んできたらどうでしょう。そちらの方にひかれる人間が出てくる可能性もあります。なぜなら、好みも全て把握されてしまったら、その人にぴったりの相性を持って近付いてくる擬似人間に心が奪われてしまうと考えられるからです。そうなる、擬似人間がその人間を利用して悪事を働くことも可能かもしれません。そのような状況を題材にした“Ex Machina”(邦題「エクス・マキナ」)という映画もありました。御覧になった人も多いでしょう。人口も減ってしまいます。ですから、リアルな人間のつながりの強化が必須です。これがひいては人間全体の力の強化につながるでしょう。

このようにして総合的に人間力が強化され、今後重要になるセキュリティ研究や AI 研究が進むこと、それが私の希望です。というのも、例えば AI を駆使した犯罪には AI で対抗することになるでしょうから。

それと同時に強い倫理観が必要になります。地球を減ぼさないために、研究者倫理を今以上にしっかり持って

頂きたい。今、核兵器を持っている国はたくさんありますが第二次世界大戦以降では戦争に使われてはいませんが、それは地球を滅ぼしたくないという倫理観が働いているからだと思っています。同じように、科学技術の発達が全世界を滅ぼすことにつながらないように倫理観を全研究者がしっかり持ってもらうように努力してもらいたいと強く思います。



おかもと えいじ
岡本 栄司 (正員：フェロー)

1973 東工大・工・電子卒。1978 同大学院博士課程了。工博。同年 NEC 入社。その後北陸先端大、東邦大を経て 2002 から筑波大教授、現在同大学名誉教授。情報セキュリティの教育研究に従事。1989 年度本会論文賞受賞、2004 IPSJ フェロー。著書「暗号理論入門」など、

(平成 29 年 1 月 11 日受付)



平成 29 年 7 月号小特集予定目次
「テクノロジーが創る快適」

- 小特集編集にあたって……………編集チームリーダー 清水芳孝 中平勝也
1. 住まいの快適性とエネルギー……………田辺新一
 2. 鏡がつなぐ IoT と近未来の暮らし……………浅井理恵子
 3. 心地良い音を実現するためのオーディオ機器と信号処理技術……………沖本 越

「デザインイノベーション——専門や業種を超えた課題解決に向けて——」

- 小特集編集にあたって……………編集チームリーダー 洲鎌 康 石田 亨
1. 【総説】デザインからデザイン思考へ——技術、商業、文化の共進化——……………Barry M. KATZ (訳)石田 亨
 2. 【大学】大学におけるデザイン学教育プログラム……………石田 亨
 3. 【企業】企業からのイノベーションへの挑戦……………角岡幹篤 黒瀬義敏
 4. 【地域】異次元・異領域の人材をつなぎ、未来の地域新事業を創る……………齊藤義明
 5. 【学会】ストーリーとしての研究開発……………森川博之