

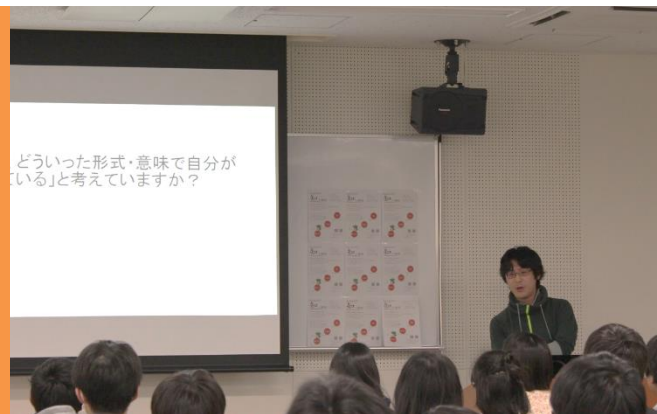
“生きているとはどういうことか？”

とはどういうことか？

芝井厚

情報科学研究科 博士後期課程 3年

ヒューマンウェアイノベーションプログラム 1期生



## 人間と人造人間の違いとは？

私は10歳くらいのとき、ずっと必死で、『ファイナルファンタジーIX』をしていました。もう鬼ごっこゲームしかしていませんでした。いわゆる人造人間的なキャラクターが出てきます。ありがちですが、人造人間だからという理由で悩みます。自分は生きているのか死んでいるのか。極論なので、このロジックが正しいかどうかは置いておいて、私も10歳なりに、人間と人造人間の違いは何かと考えました。仮に、それが親から生まれたかどうかだとしても、生きているということは、そういうことかどうかということは納得がいかないということで、10歳なりにいろいろ考えましたが、それほど長くは続きませんでした。なぜかという、救世主、『ファイナルファンタジーX』が現れたからです。またゲームに熱中していればよいという状況になりました。非常に幸運でした。

そこから数年、放置して、高校受験のときです。高校受験自体が、大人に踊らされている感があります。これはやっていられないと思いました。推薦でどこかに行きたかったのですが、これで私立高校に行くのは罪悪感があったので、国立の高等専門学校に入りました。一応、高等教育なので、地理や歴史をしなくていい代わりに、専門の教員のレベルが結構高くて、図書館も充実していたので、生きているとはどういうことか問題を調べ直そうということで行った結果、すればするほど、つまらない結果しか出てこないという結果に至りました。

例を挙げていきますが、まず人間機械論というものがある、これは否定もできません。機械的な記述をして、人間も解析することができます。そこまでは、アプローチの問題なのでいいとしましょう。今度は、還元主義力学というものができました。人もどんどん分けていくと細胞になります。先ほど分子の話がありましたが、細胞は、極論では  $F=ma$  で完全に記述できてしまうということがあるので、例えば、私たちが何よりも大事だと思っている私たちの意識のようなものが、私たちの体の動きにどう関わってきているのかということ、関わってきていないという感じがしました。

今の大人はそれでいいのだろうかと思って、意識というものはどう扱われているかということを中心に調べてみた結果、人の意識はおまけのようなもので、一方的に意識が出てくるものであって、意識が脳に何かもたらしているかということ、そうではないという見方が有力です。例えると、目覚まし時計から音が出て、目覚まし時計の音というものが存在するわけですが、音が目覚まし時計に何かをすることはありません。ですから、脳と意識というものは、こういう関係で、つらい、おいしい等も、特に意味のないことだという感じになってしまって、良くないと思いました。

専門ではなかったのですが、取りあえず、その後、高等専門学校で過ごしていくわけです。何をしていたかということ、複数台のロボットをうまく使おうと思って、普通の制御工学を行っていました。また受験は嫌だったので、内部で推薦進学しました。学部卒と同じ年齢になって、さすがにもう大学院に行くのであれば、年貢の納め時と

ということで、入試の勉強をしなければいけないと思ったところに、推薦で入れてあげますというお誘いがあったので、飛び付きました。それで、今、バイオ情報工学を専攻しています。

分野を変えるというのがからくりで、分野を変えるのであれば、入試は解けないのだから、そもそもあまり意味がないだろうということで、多様性を保つために特別枠で入れてもらった次第です。

今日は高校3年生の人はいますか？ ですから、受験は避けることができます。勉強をするべきかどうかを考えてから、勉強をしてもいいと思います。ちょうど大学院入学のときに、リーディングプログラムというのがありました。情報と生命と認知を合わせたプログラムで、月々たくさんお金をくれるというので、分野をそもそも変えていた身としては、ちょうどよかったです。入りました。これで一通り、研究を始める前の話は終わります。

皆さんに考えてほしいことは、どういった形式というか、意味で、日々生きていて考えているのかということです。おいしい、痛い、つらい、楽しいと思う、そういう一日、ずっと動いていることに対して、そのイメージは、既存の確立された科学と矛盾するものを出していないのか。例えば、先ほど言っていた意識の話は、メカニズム的には問題はありませんが、明らかに印象的には矛盾を抱えています。私たちが、価値があると思っているものは、実はないという説明が、支配的に感じるわけです。これは文明がある国に関して、全人類共通の問題です。

## 「生きているとは何か」に対するこれまでのアプローチ

これまでは個人的な話ですが、ここからは世の中の的な話をします。なぜ問題になったのか。それは歴史的な経緯と、未来に来ると思われることの問題があるわけです。あとは、それがどういう性質の問題かということを考えるというわけです。

アリストテレスという人がいました。この人はいろいろな生物が生まれる過程を考えた結果、命の種のようなものがある場所に生気という生き物の素のようなものが入ったら、生き物が生まれる。生き物が何かということは、論理的には、生き物の素というものに押し付けているわけです。ですから、大丈夫だという問題です。2000年以上前なので、ここからどどんきちんと考えていくのかと思いきや、聖書が、全部神様がつくったものなので詮索してはいけないと言いました。気にした人は火あぶりという時代が、2000年近く続くわけです。それで停滞していました。

1600年くらいにデカルトという人が、人間のことは言っていないといいつつ、動物は機械のように考えてもいいのではないかと、横目で聖書を見つつ、主張し始めたわけです。これは動物機械論と呼ばれるものです。ちなみにデカルトは火あぶりに遭っていません。ただ、生き物と機械を関連付けて考え始めたわけです。

その次のフェーズとして、ニュートンは機械の挙動というものは、もうそのものの性質と初期条件さえ決まっていれば、100パーセント予測できる、機械に関しては、そこに生気は関わってこないということを行った後に、パスツールが生物と生気は関係ないと言い、さらにダーウィンが特に神様がつくったわけでもないと言って、一気に人類なり生物なりの生命観のようなものは、機械寄りに引き寄せられたわけです。これがもう20世紀です。

序盤は戦争があって忙しかったのですが、技術が出てきてしまったところが問題です。例えば、私の後輩が悩んでいます。悩んでいるかどうかは置いておいて、こういうことを前にインタビューで述べていました。人間は生きているつもりでいるけれども、部品の組み合わせでしかないということ、この人は考えています。さらに、いつか死ぬということは、もう受け入れられないという感じで、この人は死ぬことに抗い、人工細胞ということの研究しているので、後でつかまえて、話を聞いてみたら面白いと思います。ここまでが、歴史的にな

ぜこういう現代人が出現したのかという部分です。

## なぜこういう問題を考える必要があるのか

ここからですが、未来のことで気にしていることがあります。今からお見せするのは4年くらい前にYouTubeにアップロードされた動画です。どういうものかということ、MITの義足の研究者のところに、義手をした人がインタビュアーとして訪れて、研究しているところを見学しているわけです。被験者が、片足が義足になっていて歩いています。すごくよくできています。4年前です。今はもっと上に進んでいます。ここからは英語が分からないと何も面白くないフェーズが続きますが、数十秒です。皆さん、生きているとはどういうことかを考えてください。

割と足首は受動的というか、足首以外の動きに合わせて動かせばいいので、義手よりは楽ですが、それにしてもよくできています。多分、もうそろそろ、これはここから見たら生身の人間のように見えます。普通にすると、もう気付かないのではないのでしょうか、言い始めた後に、この人がしたり顔で、「あなたは、今私がこれを2個付けていることに気付いていないでしょう」と言って裾をまくと、両脚が義足であることが明かされます。すごいです。急に加速しても大丈夫で、驚くべきことに、よく考えるとすごいです。急に止まって、くるっとこちらを向いています。この場合、足首は脳とはつながっていません。この後、階段を軽やかに上ったり下ったりします。

この動画を見た瞬間に思い付いたことが、完璧な義手ができた翌日問題というものです。私が命名しました。すごくいい表現だと思います。皆、腕がないと困るので義手を研究しています。今は、義手の技術が時間とともに、人間の手と同じようなレベルまでどんどん近づいていきます。需要があるので、そのうちできるでしょう。もう、人がいる限り、人が欲望を持っている限り、この上昇が止まることはありません。ある日、完成してしまいます。

完成した翌日から何が起こるかということ、人間の手より性能が上がってしまうわけです。そうなってくると、積極的な付け替え問題が発生するわけです。つまり、それまでの人間の腕のようなものをつくればいいという問題があったフェーズと、その翌日以降は、もう全く別質の問題が発生します。どう考えても、もうこちらのほうがややこしいです。ですから、今後、ここをうまく整理しないといけません。『攻殻機動隊』はわかりますか？人間の機能の全て、体をどんどん付けていこうというような、こういう世界にまっしぐらです。悪くはありません。私はこちらのほうがいいです。

別の方面から起こっている問題があります。去年の秋、3人由来のDNAを持つ赤ちゃんがもう生まれてしまいました。生まれてしまったものは仕方がないのですが、生まれてしまいました。何かというと、普通の場合、ゲノムは母と父由来です。半分になってつくられます。プラス、そこで含まないミトコンドリアというのもの、同じように遺伝子を幾らか持っています。今回、母親側のミトコンドリアが遺伝的な疾患をもたらすということが分かっていたので、方法としては、第三者のミトコンドリアを使って、3人のDNAを含む細胞をつくって、子どもをつくればいいという話です。なぜアメリカのチームがこれをメキシコで行ったかということ、アメリカではルール違反だからです。けれどもメキシコならばOKなので、行ってしまいました。非常に問題で、こういうギャップがあるということは、常に抜け穴が存在し続けるということです。世界が一つの宗教、一つの国にならない限りは、コントロールできないという問題があります。メキシコで駄目になったら、次はアフリカでしょう。

他には、頭部移植です。今年中に行う予定です。どういう手術かということ、カナヴェロというイタリア人医師が、ロシア人の筋萎縮性で筋肉がどんどん動かなくなっていって、そのうち死ぬということが分かっている人に

対して、首の付け替えを行う、首から下が健康な脳死した人と付け替え手術をすれば、生き延びることができるのではないかということを行いました。何年前から、提案しては国を追われ、また別の国で行うと言っては国を追われ、今はロシアか中国にいます。その手術を行う方向になっています。

マウスやサルならば、もう何件かうまく、何百匹中の何匹かは分かりませんが、できないことはないということになっています。ヒトも何回も繰り返していれば、そのうちできるようになるでしょう。1人目がこの人というだけです。人類の文明が続く以上、単調増加は止められないので、いつかはできてしまうという問題があります。

科学技術はどんどん進歩します。頑張ろうと頑張らなかりょうと、誰かが頑張ります。いくらでも生きられる時代が来た、いくらでも高性能になれる時代が来たら、どうするか。今、手術をしたら、あと5年生きることができますが、どうしますか。多分、5年後の技術で、さらに10年生きるのはないでしょうかと言われた場合に、死ぬか死なないか問題、人類史上初、死ぬか死なないかを選べるシチュエーションが来るわけです。誰も答えられません。

というわけで、少し心配していることとしては、医療と延命は不可分なので、新しい病気が発生するだけで、今まで健康扱いだっただけが新しい病気になるだけです。先ほどの遺伝子組み換えの例でいくと、例えばこの子は将来、目が悪くなると思うので、対応しておきましょうか。知能が平均の何分の1くらいになりそうなので、対応しておきましょうかという感じで、どうも底上げがなされるだけで、どんどん人は寿命が延びて、能力も上がっていきます。

ただ受け入れるか受け入れないかは、恐らく人によって、まちまちでしょう。宗教や国もあります。それは世界大戦になるので、そこを科学技術でうまく整理して、生命や自意識の存在を、宗教に頼らずに、理屈で皆で話し合える場ができればいいのではないかと思います。

## 生命を壊しながら生き物らしさの鍵を探す

ここから、専門研究の話をしていきます。先ほどの問題意識に矛盾しない範囲で、私が何をこそこそ行っているかという発表をします。背景としては、生きてるとはどういうことかです。これは問題ですが、石ころは生きていないと皆が言います。ダーウィンの意味で、細菌は生きています。皆がこれは生きてると言っていて、こちらは生きていないと言います。一体何が違うのかということを考えてみようという話です。

生物化学的な生物の定義は、ざっくり自己複製能、代謝、細胞性が強くて、あとはダーウィン進化する、どんどん皆が好き勝手に付け加えていきますが、こういうものは常に議論を生み出し続けるだけです。例えば「ウイルスは生きていない、なぜならば…」と人は気付いていきますし、「ウイルスは生きています、なぜならば…」ということと言えます。そこも何を持って言うべきかということは、結局、研究者たちの好みでしかなくて、適当に偉い人たちのコンセンサスで決められる世界で、数十年ごとに新しい定義が出ては、数十年後にまた別の定義。もう前の人が死んだくらいに、次の偉い人が定義するというのが、今後続くということが、目に見えています。ですから、定性的な定義自体が間違っているのではないかと考えて、なだらかな遷移でつないで、定量的に違いを見てみれば、別のアプローチができるのではないかという考え方があるわけです。

化学物質は生きていません。これをうまく組み立てていって、生きています細胞のようなものをつくれれば、何かしら、その間に何が起こるかということが見えるのではないかという希望的な研究があって、それは先ほどの悩める現代人の彼さんが取り組んでいることです。定量的な生の尺度をつくるために、いい材料になるのではないかとありますが、結構大変で、今できている人工細胞というものは、一つの遺伝子くらいしか乗せ

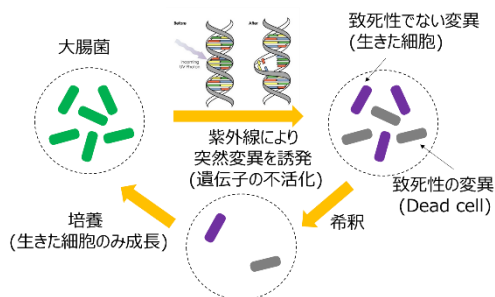
ることができていません。

他の生物に寄生しているものは置いておいて、単独で元気に生きている生物は、少なくとも数千の遺伝子を持っています。だいぶ隔たりがあります。数十年かかっても、まだ、だいぶ隔たりがある状態です。受験が嫌だという理由でこの研究室に入ってきた時点で、私が別に行うべきではないと思いました。他にも優秀な人はいます。行う意味がないと思いました。

ですから、取りあえず逆で行こう、天然細胞を単純化するほうで行っていきこうと決めました。スタートは絶対に生きています。ですから、先ほどの人工細胞は生きているか問題を回避するために、生きているところからスタートすればいいということです。それから、つくるのは大変と分かっていますが、壊すのは壊すだけです。簡単です。そういう感じで始めました。

主にランダム変異によるゲノム縮小という手法で行っています。細菌として、大腸菌がいます。そこには2万4000個くらいの遺伝子が乗っていて、一個一個の遺伝子はゲノム上にいます。それは結局、文字列で、1個1000ベースくらいのATGCでできます。1000文字くらいのプログラムと思ってください。

仮に、この文字を間違えた、自分を複製するときミスが起きたというものが、いわゆる突然変異です。これが起きたときに、ものによっては、遺伝子の機能を全部失う場合があります。それが起こると、遺伝子の不活化と呼ばれますが、これによって遺伝子が一つ減ります。ゲノム縮小という現象です。機能する遺伝子の数という意味で、細菌の遺伝子を1個減らしたということがいえるわけです。これをひたすら繰り返せばいいのではないかと実験を行っています。



細菌がたくさんいる所に紫外線を当てます。がんになるのと同じような感じで、DNAが傷ついて、遺伝子がランダムに不活化されます。そうすると、失ってはいけない遺伝子の機能が失われて死んでしまうものと、そうでもないものが残ります。それを希釈して、もう一回、栄養を与えて増やすと、生き残りだけがまた増えてくるので、最初の集団は変異を持ったもののみになります。これを繰り返せば、遺伝子数は減っていくのではないかと。

半年くらい実験をして、不活化された遺伝子の数を6系列くらい並行して行った結果、平均100個くらいいけば、半年弱で50個くらいなので、大丈夫ではないかということで行っている実験が、40年かかりますが、今、大体20ヶ月くらいです。

一応、もっと速く。始める前は10倍速いはずでした。何かしらの未知のファクターで10分の1に下がっています。よくある話なので、どうにか解決しようとはしています。もっと単純な生物から始めて、最後のほうだけ行おうということも、今、並行して行っています。まず、これをこのまま行うことはないと思っています。

## 生き物らしさの尺度で暮らしを楽しむ

ここからここまでが生き物と定義するよりは、もうここを貫く何か、物理学上化学のような、生き物らしさの尺度をつくりたいと思っています。そうすると、次に何ができるかということ、これができると、われわれが普段使っている他のシステム全てに、これを適用できるわけです。

例えば、そこの椅子の生きている度を10増やす、このコンピューターの生きている度はスカイネットが怖いので100に制限しますというような応用も、できなくはないかと思います。これは世界をだいぶ楽しくすると思います。さらには、個人的にはさっさと機械の体が欲しいです。ですから、ここからここへの遷移、医師の人た

ちがいう遷移をスムーズに生かすために、今、ここを研究しているところもあるわけです。

そうすると、次に何ができるかという、人口の問題を解決します。スケールを 10 分の 1 とすれば、地球に 10 倍の人が住めるということです。さらに言うと、電源を切って倉庫に積めば宇宙に行けるので、わざわざ地球にこだわる必要すらなくなるという感じで、いろいろな問題が解決するのではないかと考えています。

皆さんに行ってほしいことは、最初のほうにもあったと思いますが、全人類共通に関わるべき問題を考えてほしいということと、これが結局どういう問題なのかということも、あまり考えている人はいないので、少し考えてほしいと思います。いいアイデアが出たら、連絡してください。遊びに来たらいつでも優遇します。来てくださいということで、終わります。

## 質疑応答

**質問 1** 完璧な義手ができた時、付け替える人とそうでない人の間で戦争になるという話がありました。なぜ戦争になるのか、説明していただけませんか。

**回答 1** 例えば、アメリカは OK で、アラブは駄目となったら、人をどんどん高性能に改造していくので、OK の国がどんどん強くなっていきます。当然、強い国と弱い国で淘汰が起こります。その場合は、弱い国は爆弾を爆発させるしかないのです、派手なことをするしかなくなってくるという意味で、世界大戦が起きてもおかしくないのではないかと感じます。確証はありませんが、専門ではありませんが、中東で起こっていることは、今も似たようなものでしょう。宗教がなかったら、あそこまで行っていないはず。宗教が何かというと、こだわりなので、こういうことを心配しているということです。

**質問 2** 人類の機械化についてどう思われますか。

**回答 2** 最終的に起こります。機械化する側が生き残ることは確かですが、機械化を拒む側が悲惨な目に遭うのも確実ではないかと考えています。殺されるまで行くかどうかは分かりませんが、価値観を無理やりねじ曲げることを強制されることは、当然、起こると考えています。

**質問 3** 芝井さんは、アリストテレスのような生氣と体を分けるような考え方をお持ちだということですか。そのほうが良いと思いますか。

**回答 3** 必ずしも生氣のような、ふわっとしたもので表現される必要があるとは考えていなくて、例えば、システムというものはいろいろな記述ができます。力学的に記述したら、味気ない、生命はない感じになってしまいますが、例えば力学と熱力学の関係は分かりませんか。そういう、あくまでも情報科学、あるいは工学や物理学の記述で、生きているとはということ、うまく表現できればいいのではないかと考えています。

**質問 4** なだらかな遷移につないだ上で、また生きている、生きていないの区別が出てくるような気がします。

**回答 4** そうです。ですから、いろいろな実験をしています。少しずつ変えていったサンプルをたくさんの人にを見せて、どこまで生きていますか、と聞くようなことも大事です。生物というものは、人間の頭の中にしかない概念です。例えば神様から見れば、私たちはただ粒子が動いているだけです。生物などというものは特にないにもかかわらず、私たちには確実に生物はいると見えています。ですから、人間の頭も



だいぶ調べていかないと、結局、理解できない気はします。

**質問 5** 減ると、死んでいるはどう区別するのですか。

**回答 5** 増えてくるか、増えてこないです。与える栄養のリッチさにも依存するので、難しい話ですが、今のところは、思い付いたことを行うしかありません。

**質問 6** 先ほど突然変異していて、遺伝子がなくなって、それを一個一個減らすということを言いましたが、1個減らしたけれども、自分で進化して1個遺伝子を増やす場合もありますか。

**回答 6** 可能性としては起こり得ます。どこかで、その新しい遺伝子をつくることと減らすことが、このような感じで、平衡状態に陥る可能性はあります。ただ、それは一般に変異率が高い生物ほど、持っている遺伝子は少ないということが自然界の観察からいわれているので、当分は大丈夫だろうと思っています。

**質問 7** 脳死や心臓死がありますが、個人的には、どうなったら自分は死ぬと思っていますか。

**回答 7** 機械の体を手に入れれば、自分は死なないです。予定です。ですから、あまり考えたことはありません。決めてもいません。

**質問 8** 研究するにあたって倫理的な問題はありますか。

**回答 8** 大腸菌、細菌は、特に何も言われません。大阪大学は両生類までOKです。どこか以上の生物は倫理規定がありますが、どこか以下は一切ないという、なかなか悲しい規定になっています。

(文責: 島谷二郎・秦徳郎)