

Over the AI ――AIの向こう側に：

困惑する人工知能 ～1秒間の演算の説明に100年かかる!?

<http://eetimes.jp/ee/articles/1610/28/news016.html>

コンピュータは、入力値から出力値に至る演算のプロセスを、順番通りに説明できます。ところが、「なぜ、その結果になったのか」と尋ねると、途端に説明できなくなってしまう。困惑し、黙りこくったり、自分が行った演算を“言い訳”のごとく延々と説明したりと、迷走を始めるのです。

2016年10月28日 11時30分 更新

[江端智一, EE Times Japan]



今、ちまたをにぎわせているAI（人工知能）。しかしAIは、特に新しい話題ではなく、何十年も前から隆盛と衰退を繰り返してきたテーマなのです。にもかかわらず、その実態は曖昧なまま……。本連載では、AIの栄枯盛衰を見てきた著者が、AIについてたっぴりと検証していきます。果たして”AIの彼方（かなた）”には、中堅主任研究員が夢見るような”知能”があるの

でしょうか――。[⇒連載バックナンバー](#)

海外ドラマが誤解を招く

私は、ドラマが苦手です。特に、ホームドラマといわれているものは、テレビの音が聞こえない所まで逃げ出すくらい苦手です([参考ブログ](#))。

しかし、そんな私でも、海外のドラマの中には気にいっているものがありまして、その中の1つが、[「ナンバーズ 天才数学者の事件ファイル」](#)です。

ひとことで言うと、数学を使った犯罪捜査のドラマなのですが、取り扱っている数学の手法が、豊富で多岐にわたっており、それなりに説得力もある、という点も気に入っています(参考：[ウイキペディア](#))。

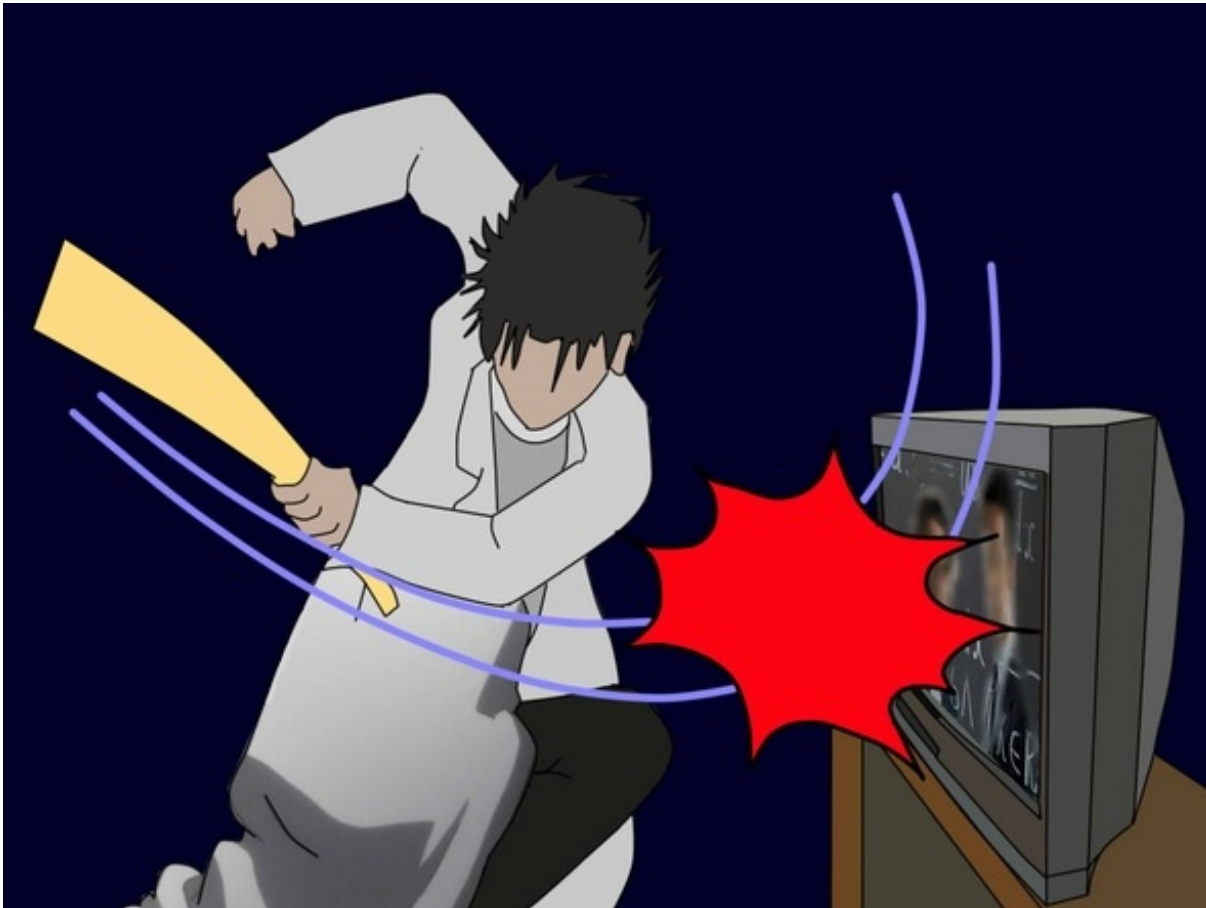
もちろん、ドラマですから、細かいことを突っ込むのは禁止だと分かっているのですが、こういうドラマが、数学、データ解析、そして人工知能に対する“誤解の温床”になっているんだろうな一とは思っています。

チャーリー：「兄さん。これは、ベイジアンネットワークを使うことで犯人の行動パターンが読めると思うよ。犯人は……という痕跡を残しているから」

ドン:「チャーリー、その解析、いつまでにできる？」

チャーリー:「今日の正午までには、なんとか」

できるか—————!



そもそも、現在進行形の犯罪のデータが整形されて用意されているわけがないし、仮にあったとしても正規化の生データをそのまま使えるはずないし、データの欠陥を補填する必要もあるし、ベイジアンネットワークの設計も含めて、最初の犯人の行動パターンを読み取るまで(しかも、初回の推論は思いっきり外れる)最短でも1カ月は必要だろうし、そもそも、数時間程度で、デバッグも含めた推論プログラミングが完了できるわけがないだろうし、第一(以下省略)

このようなドラマによって、数学とか、データ解析とか、推論とかが、こんなお手軽にできる、と世間の人が思い込んでしまうことは—— 私たち、エンジニアや研究員にとっては、とても迷惑な話なのです。

このドラマの主人公のチャーリーは天才数学者かもしれませんが、彼はデータアナリストでもなければ、Sler^{*})でもありません。

^{*}) System Integrationを行う人という意味で使われる略称

このドラマが、数学者、データ作成者、プログラマーという、異なる職種をごっちゃごちゃにして取り扱っている点にも問題があります。このドラマは、それらの仕事に従事している人たち ―― つまり、私 ―― について、著しい誤解を視聴者に与えているともいえます。

と、まあ、そういうことを言うことがヤボなのは分かっています。「フィクションの楽しいドラマ」であればそれで十分なのです。実際、私は、このドラマを毎週楽しみにしているのですから（家族にはウケていないようですが）。

□

こんにちは、江端智一です。

今回も、張り切って人工知能に関するお話を続けていきたいと思います。

本当に“正しく”動いているのか

まず、毎回毎回しつこいとは思いますが、「人工知能」という技術は存在しない([関連記事](#) :「[我々が求めるAIとは、碁を打ち、猫の写真を探すものではない](#)」)ので、今回も、「人工知能」といわれるものを実現する技術の全般を、カッコ付きの"人工知能技術"と表記します。

さて、"人工知能技術"とは、ほとんどの場合、コンピュータのプログラムとして実現されます。つまりコンピュータの存在を前提として、「人工知能」と呼ばれるものが実現されます。

―― でも、コンピュータでなくたっていいんじゃないの？

動物の脳を改造したり、クローン人間の脳だけ生成し、そこに「知能」を発生させることができるようにすれば、これだって立派な「人工知能」です([参考記事](#))。コンピュータで実現するより、よっぽど手っ取り早いと思うのですが、誰もそこには言及していない(したくない?)ようです。

それはさておき。

基本的に現状のコンピュータで実現されるプログラムは、それがどのようなものであれ、基本的にデータが入力されて、出力されるという点においては、情報処理システムでも制御システムでも、そして"人工知能技術"であろうとも同じです。



ただ、"人工知能技術"の場合、プログラムの内容(もっぱらパラメータの数値)を徐々に変化させていくものもあります。そこは特徴といえはいえるのですが、しかし自己チューニングしていくプログラムなんぞ、昔から腐るほどあります(例えば、フィードバック制御のプログラムなら、私も山ほど作ってきました)。



このようなパラメータのチューニングではなく、プログラムが、自分自身のプログラムを勝手に作り出す ― 例えば、最初は20行しかなかったのに、ほっといたら、3日後に2万行にもなっているプログラムを見せてもらえれば、ちょっと、私もビビるかもしれません*)。

*) 当然、(malloc () やクラスのインスタンスなどの) 動的メモリ生成などは、この概念には含みません。

実際、そのような自己生成型のプログラムについても、世界中で山ほど特許出願されています (昔、調べました) が、そのようなプログラムが、知識だけでなく、新しいアルゴリズムまでも自力で獲得して、有効に働いている ― という話を聞いたことがありません (私が知らないだけかもしれませんが、知っている人は、ぜひ教えてください) 。

私が何を言いたいかというと、現状の "人工知能技術" のプログラムであっても、構造的には、昔のプログラムと基本的には同じであるということです。

そして、さらに、"人工知能技術" のプログラムには、普通のプログラムにはない、決定的に面倒なことがあるのです。

それは、「本当に正しく動いているのか」が分からないことです。

人工知能ブームの根っこ

私は、宝くじや馬券を買いません。当たらないからです。でも、買わないなら、当たらないのは、当たり前だということは分かっています。

私は、めったにゲームもしません。勝てないからです。ゲームをしなければ、勝つことができないのは、当たり前だということも分かっています。



ぞ、増殖している……!?

つまり、ギャンブルやゲームは、勝ち負けという「結果」ではなく、その勝負の「プロセス」を楽しむことができる『余裕』が必要なのです。——そして、私には、その『余裕』がありません。

ところが私の場合、宝くじや馬券、ゲームと私の間に、「コンピュータ」が入るだけで、私のパラダイムが劇的に変化します。宝くじの確率、馬券の予測、そして、ゲームの戦略を「プログラムする」という話になれば、私の興味と集中力は、いきなり最大値に達します。

そのためには、いろいろな勉強をします。面倒な数式やアルゴリズムを理解するためであれば、少々高価な書籍だって購入します。そして、その書籍の価格は、宝くじや馬券よりも高い買い物になっています。

最近の一番高い買い物は、Amazonで購入した178米ドルの英文の技術書でした（英語が読めなくたって、フローチャートの絵があればいいんです*））。

*)「江端さん、その話なら、ええっと……、ああ、これこれ、この本のここに記載がありますよ」と、全文英語の分厚い技術書の中を差し示す後輩に、笑顔で謝意を伝えつつ、しばしば、傷つけられています（連載：[「英語に愛されないエンジニア」のための新行動論](#)）。

このように、私は、自分では何もしないクセに、コンピュータにやらせるためであれば、ものすごいパワーを発揮できる、ズルい人間なのです。

でも —— 自分の代わりに、何かを教育したり闘わせたりして、満足する人って、私以外にも、たくさんいますよね。

- 『自分ではなく』、自分の子どもを有名な学校に入学させることで、自分のプライドを保とうとしている保護者
- 『自分ではなく』、部下が苦勞して導き出した発明や解析結果を、自分が見つけたと言い張る上司
- 『自分ではなく』、小型の怪物を鍛えて、その怪物どうして闘わせるというゲームやアニメ*)に興じる子どもと大人たち

*) ええっと、「ポケットモンスター」って言うんですよね（間違っていたら教えてください）

しょせんは、同じ穴の貉（むじな）だと思うのです。

過去2回のブームも含めて、「人工知能ブーム」のブームの根っこは、ここ —— 自分では何もしないクセに、コンピュータにやらせるためであれば、ものすごい執念を発揮する —— にあるんじゃないかなー、と思っています。

それはさておき。

「プログラムが本当に正しく動いているのか分からない」の話に戻ります。

とても筋が悪く、そして怖い

プログラムという奴は、シンタックス（文法）を守り、各種のプログラム実行環境を正しくそろえ

てやれば、基本的には動き出します。シンタックスのエラーやアルゴリズムの修正作業(デバッグ)は、面倒くさいですが、「間違い探し」の一種と考えれば、それなりに楽しいと思えることもあります。

しかし、一度、そのプログラムが動き出してしまえば——そのプログラムの中に私が組み込んだロジック(アルゴリズム)が、正しく動いているのか、いないのか、分からなくなります。そして、動き出した後で、それを調べるのは、恐しく面倒くさいのです。

例えば、制御コントローラーのシミュレーションプログラムなどで、「入力値10と20と30を入れて、定数を0.5にした場合、6秒後の値は、12.56、25.35、100.01になっているはず」ということが、事前に分かっていて、プログラムも、その通りの挙動を示したのであれば、おおむね、このプログラムは大丈夫だろう、と安心することができます(複数パターンで重複チェックをします)。

(とある)非線形方程式による
過渡現象の計算結果



(とある)制御系シミュレーション
プログラム



では、このような「答え合わせができる回答集」みたいなものがあれば、そのプログラムは信用できるのか、と言われたら、正直なところ、「『回答集』の部分だけは信用できる」という以上のことはいえないのです。

新しく作ったプログラムは、常に恐怖と背中合わせです。特に航空、鉄道、電力、交通などの、人の命に関わる社会インフラシステムのプログラムを作る人にとって、その恐怖はハンパなものではありません。

ですので、プログラムやシステムの世界では「枯れたプログラム」とか「枯れたシステム」とかいう言い方があります。つまり、長年(10年以上のオーダー)で使われているプログラムなら、そこそこ安心できる、ということです。

これは、お客さんから『10Mのイーサネットのイエローケーブル』と『20年前と完全同一のコントローラーを作って持ってこい』といわれる理由と同じです(関連記事:[制御の世界の“黒船”、TwinCATでメイドを動かす](#))。

しかし、“人工知能技術”で用いられる「推論エンジン」と呼ばれるプログラムは、この観点から言えば、とても筋が悪く、そして怖いのです。

なぜなら、推論エンジンの目的は当然「推論」にあり、そして「推論」は、そもそも「答え合わせ

ができる回答集」がないのです*)。ぶっちゃけて言えば、デタラメな推論をしたって、見つけられる人がどこにもいないのです。

*)もちろん、学習データを使った検証や、極端なケースを想定して、推論エンジンの動きをチェックすること程度のことはしますが。

逆問題が解けないことで起きた悲劇

学生時代、私は、研究室の担当教授の勧めで、人工知能研究(当時のファジィ、ニューラルネットワーク)のチームを立ち上げました(最初は1人からスタートした)。

当然、立ち上げたばかりですので、実績のある推論エンジン用のプラットフォームもライブラリもなく、私は、論文や文献を漁って、自分でゼロから推論エンジンプログラムを作らねばなりませんでした(そもそもインターネットがなかった)。しかし、これは、“人工知能技術”を習得する手法としては、最良の方法と確信していました。

- “人工知能技術”の数式やアルゴリズムが理解できなければ、プログラムを書くことはできず、

そして、

- そのプログラムを動かすことができても、その出力結果がメチャクチャであれば、その理解もムチャクチャであることが、瞬時にコンピュータから突き付けられる

からです。

私は、チームのリーダーとして、私の推論エンジンのプログラムをコピーせずに、全員にゼロから自分専用の推論エンジンを自作するように命じ、(結果的に)その自作ができた者だけが、私のチームに残留しました。

しかし、この私のチームの運用方針が、意外な落とし穴だったのです。

□

ある時、大学の教授のところに、食品加工製造装置(こっちは、サンマやサバ*)ではなく、街の手作りパン屋さん向けの専用オーブンの庫内温度・湿度制御の研究依頼が入り、私のチームで担当することになりました。

*) 関連記事: [「サンマとサバ」をファジィ推論で見分けよ! 史上最大のミッションに挑む](#)

私は、チームの後輩の1人に、「ファジィ制御」を試すように命じ、その研究の指導を行っていました。



ある日のこと、後輩の作った推論エンジンの推論結果に違和感を覚えた私は、推論ルールを確認して、さらに自分の推論エンジンの結果とも比較してみました。

—— 推論結果が、全然違う。

私は、急ぎその後輩を呼び付けて、推論エンジンの実装の内容を聞き、がく然としました。

後輩の推論エンジンの理解に、致命的な誤解があったからです。

江端: 「なんで、 $\min\text{-max}$ の $\max$ 計算で『加算』するんだ?」

後輩: 「え? $\max$ だから足し算で良いんじゃないんですか?」

江端: 「ファジィ値が、1を超えてしまうじゃないか!!」

後輩: 「え? 1を超えたらダメなんですか?」

江端: 「お前、Yes(1)とNo(0)の世界に、10倍のYesとか、-100倍のNoの概念を入れているんだぞ」

後輩: 「それが『ファジィ推論の特徴』ではないですか?」

—— ダメだ。ファジィ推論($\min\text{-max}$ 法)の考え方を、根本から誤解している

目の前が真っ暗になりました。ここまで彼が作った推論プログラムと、その推論結果(制御データ)は、この瞬間全て「ゴミ」となりました。

なぜ、指導員である私が、こんなメチャクチャな推論アルゴリズムを、推論結果から看破できなかったかという、推論結果が一定の値の間に納まる —— という、ファジィ推論特有の性質があったからです(関連記事: [“バーチャル江端”3人衆、ダイエットに散る](#))。

ごく普通の制御のシミュレーションのアルゴリズムのバグであれば、出力結果が0に収束するとか、無限大に発散するといった、分かりやすい現象で発見できる場合が多いです(もちろん、発見できない場合もあります)。

このように、結果(出力)から、推論エンジンのアルゴリズムのバグや、原因(入力)にさかのぼる問題のことを「逆問題^{*})」といいます。今回は「この逆問題が解けないこと」を問題としていますので、正確には、「逆問題の問題」と言うべきですが、面倒なので、ここでは、ひとくくりで"逆問題"と表記することにします。

参考:[ウィキペディア](#)

"逆問題"は、"人工知能技術"だけではなく、プログラム、数学に至るまで、もうどうしようもない問題のこととして、簡単に言えば、「何でそうなったのか理由を説明できない」という問題です。

最も簡単な"逆問題"は、「 $A+B=C$ という数式があって、 $C=5$ という結果になった場合、 A と B の値を求めよ」というような問題です。1つの C の値から、2つの A と B の値を確定的に求めることはできません。

ですが、"人工知能技術"の場合は、コンピュータという機械を使うので、入力値も途中の計算結果も全て記録しておくことができます。(恐しく面倒ではありますが)そのプロセスを逆方向にたどることができるので、「"逆問題"ではない」と言うこともできます。

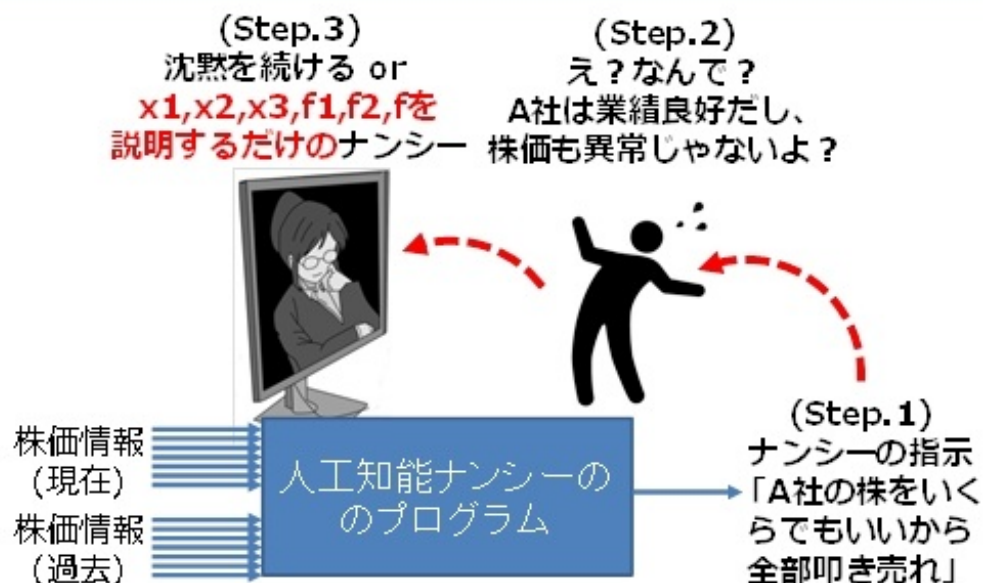
しかし、現実的には、“人工知能技術”は、巨大な“逆問題”なのです。

「なんで？」を人工知能に説明させると……

ここで、本連載の第2回「[我々が求めるAIとは、碁を打ち、猫の写真を探すものではない](#)」で登場した、コンピュータブレイン、ナンシーを使って説明します。

いわゆる“人工知能技術”の逆問題

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, f_1(x_5), f_2(x_6), f_3(f_1(x_5), f_2(x_6)), \dots)$$



**説明できない！意味のある説明ができない！
説明が終わる前に人類が減っているかも**

ナンシーは、推論計算のプロセスを、入力値から出力値に至るまで、その処理を行ったの順番に説明することができます。しかし、あなたの疑問である『なんで、その結果となったのか』の『なんで』に対しては、説明ができないのです。

ナンシーは、何も考えずに、プログラムされた通りのことをやっているだけだからです。ナンシーに上記の $A+B=C$ という「足し算」というプログラムが施されていれば、 $A=2$ 、 $B=3$ という入力を与えられたナンシーは、 $C=5$ という値を出力するだけです。

ナンシーは、あなたの疑問の『なんで』には説明はできませんが、その“人工知能技術”プログラムの計算プロセスを説明することはできます。

しかし、皮肉なことに、コンピュータの性能が上がれば上がるほど、その説明は、どんどん難しくなっていくのです。

前回、私がAmazonで購入した5000円のコンピュータ「Raspberry PI3(ラズパイ3)」は、(私の試算で)1581MIPSの性能を持っています。これは1秒間に15億8000万回の計算ができることになります。

もしナンシーを、ラズパイ3に実装して、ナンシーに「1秒間分の推論の計算プロセスを説明しろ」と命じたら、ナンシーは、15億8000万回の数値と関数の説明を開始することになります。

早口で1回分(例えば「Aの初期値は10」)を2秒で口述したとして*)、ざっくり31億6000万秒=100.26年を必要とします(31.6億秒÷3600秒÷24時間÷365日)。

*) 非線形関数や微分積分のプロセスを、ナンシーがどうやって説明するのか、さっぱり分かりませんが。

もし、私たちが、人間と同程度の振る舞いをする"人工知能技術"が欲しいのであれば、“人工知能技術”の推論結果に対する『なんで』を説明する“人工知能技術”が必ず必要となります。人間は理由なしに行動することができない生き物で、人間の世界において、『なんで』が登場しないコミュニケーションは、存在しないからです。

しかし、そうすると『なんで』を説明するその人工知能に対する『なんで』を説明する人工知能が……と、無限のループを描いて、もう、訳が分からなくなります。

こうして考えると、人工知能と比べて、人間の知能は、本当にすごいです。

上司:「なんで、月曜日の朝が締切の資料が出来上がっていないんだ!」
(意訳:「『土日に関心』と言ったはずだ」)

部下:「いや、だって、週末は友達とスキーの約束があったし、作らなければならぬ資料の量が多すぎて、どっちみち間に合わないと思ったからです」
(意訳:「そもそも命令がムチャだろうが」)

と『なんで』に対して、しっかりと回答ができる「人間知能」のなんと素晴らしいことか。

少なくともこの上司は、この部下を怒鳴りつけるか、どっかの部署に飛ばすか、それに対してこの部下は、この上司のパワハラを訴えるか、——ともあれ、次のアクションに進むことができます。

いずれにしても、黙りこくるか、1秒間の推論結果の言い訳に100年もかかるような、そんな知能なんか —— 私はいらない。

ともあれ、この人工知能の『なんで』の問題が未解決であるために、これまで、人工知能を試したいと考える若手研究員の志が、どれだけつぶされてきたのか分かりません(お忘れかもしれませんが、私は第2次人工知能ブームの時には、夢と希望にあふれる若手研究員だったのです)。

そして、今なお、私はさまざまなワークショップや研究発表会で、この『なんで』の問題に苦しめられている研究員やエンジニアの話(泣き言)を、リアルタイムで聞いています。(これは、週末研究員ではなく、平日研究員としての話も含まれるので、詳しくはお話できませんが)、とにかく、このネタだけで、私たちは、1滴のアルコールもなく、大いに盛り上がる事ができるのです。

そして現実に —— 25年以上も前に、1人で「人工知能」のチームを立ち上げ、そして、その後

、自分の研究を進めるために（または、誰からも邪魔されないために）「人工知能」という看板を下げ、「人工知能」という言葉を使うことを封印した——そういう研究員を、私は、少なくとも1人知っています。

□

では、ここからは後半になります。

この連載の後半は、「私の身の回りの出来事」を使った、「数式ゼロ」のAI解説になります。

ベイズアンネットワークとは

今回は、前半に登場した「逆問題」を逆に使い倒すことで、一見無価値なデータをお金を支払ってでも欲しいデータに変えてしまう、“人工知能技術”の1つである、「ベイズアンネットワーク」について説明したいと思います。

そしていつも通り、『ベイズアンネットワーク』が“人工知能”なのかどうかについては、今回も『[江端AIドクトリン](#)』に基づいて私が勝手に判定しました。

読者の皆さんには、このコラムで、私が「人工知能ブーム」をディスっているように見えるかもしれませんが、そうではなく、私は“人工知能技術”の発展のために、エールを送り続けている応援団長くらいの気概を持っています。

そして、“人工知能技術”の中には、私を心底驚がくさせ、「これは絶対に役に立つ技術」と認定しているものもいくつか存在しています。

その1つが、「ベイズアンネットワーク」です。

この技術は、皆さんが高校生の時に学んできた（そして今、完璧に忘れている）条件付き確率という、非常にすっきりした数式だけが使われており、それ以外のものは全く使っていない、とっても良いです。

そして、この「ベイズアンネットワーク」は、これまで読者の皆さんからいただいたアンケート（「人工生殖」「性同一性障害」「ダイエットの目的」など）の中から、私が皆さんに絶対できないような質問や、皆さんが絶対に答えてくれないような回答に対して、皆さんのダークサイドを暴き続けてきた（と信じている）、私が見える“人工知能技術”の最終兵器です。

私は「ベイズアンネットワーク」が好き過ぎて、読者の皆さんにも、その原理と凄さを理解して貰いたくて仕方ありません。そこで、（EE Times Japan編集部は何と言われようとも*）来月も含めて、2回かけて説明させていただきたいと思います。

*）は、はい……。20ページになっても30ページになっても編集……させていただき……ま……す……（編集部一同）。

ベイズの定理とベイズ推論

「ベイズネットワーク」の説明の前に、まず、それを理解するためのベイズの定理と、ベイズ推論の話から始めたいと思います。

ベイズ推定とは何か(その1)

■江端は「難しい話」はできません

→というか、よく分かりません。興味もありません。
「道具」として使えればいいんです

■ある物事の原因とその結果が分かっている時、 結果からその原因に遡ることができる推定

例: 「合コンすれば、結婚できる」というデータに対して、
「結婚した人が、合コンを月1回以上でして
いた確率は？」を求めることができる

「金を払ってでも知りたい」情報に変わる

ベイズ推定とは、「因果関係をひっくり返す」解析を行うことで、データの中に含まれる隠れた情報を暴き出す手法です。上記にも記載していますが、「合コンすれば結婚できる」なんて情報は、はっきりいってゴミですし、「合コンしても、結婚できない」という情報も同じくゴミです。

「合コン」はお金も時間もかかり、人によっては苦痛も伴う*) こともあると思います。

*) 私は、合コンで、イスラム教のラマダンについての話題を振って、どの女の子からも口をきいてもらえなくなったという、「『合コン』トラウマ」を抱えています。

それでも「合コン」が、例えば「婚活」に有効な戦略であるなら、それを数値(成功する確率)で現わすことができるだけで、「金を払ってでも欲しい」情報に変わります。

さらに、男女の差、年齢などのデータもあれば、それらも条件とした確率を求めることができます。これが条件付き確率です。

この条件付き確率とは、トーマス・ベイズ(Thomas Bayes, 1702~1761年)の死後に発表された「ベイズの定理」のことです。日本では、時代劇ドラマ「暴れん坊将軍(徳川吉宗)」が、法的機関(江戸の町奉行など)の存在を無視して、超法的措置で腐敗官僚を、勝手に私刑に処していた時代のころになります。

このベイズの定理から「ベイズ推定」という推論方式が生まれたのですが、なぜ、ベイズ推定が今頃になるまで騒がれてこなかったのかというと、恐しく計算が面倒くさく、使いものにならなかったからです。

以下は、私がベイズ推定を「手計算で試みた」ものです（真面目に読まなくてもいいです）。

ベイズ推定の半端ない計算の一例

問1: 血液検査が「異常あり」の場合、病気D1のみに罹患している確率を出せ

求める値は、 $P(T1=1 | D1=1) = P(T1=1, D1=1) / P(T1=1)$

$P(T1=1, D1=1) = P(T1=1 | D1=1, D2=1) P(D1=1) P(D2=1) + P(T1=1 | D1=1, D2=0) P(D1=1) P(D2=0)$

$= 0.950 \times 0.001 \times 0.002 + 0.940 \times 0.001 \times 0.998 = 0.00094$

$P(T1=1) = P(T1=1 | D1=0, D2=0) P(D1=0) P(D2=0) + P(T1=1 | D1=0, D2=1) P(D1=0) P(D2=1) + P(T1=1 | D1=1, D2=0) P(D1=1) P(D2=0) + P(T1=1 | D1=1, D2=1) P(D1=1) P(D2=1)$

$= 0.001 \times 0.999 \times 0.998 + 0.290 \times 0.999 \times 0.002 + 0.940 \times 0.001 \times 0.998 + 0.950 \times 0.001 \times 0.002 = 0.002516$

以上より、 $P(T1=1 | D1=1) = 0.00094 / 0.002516 = 0.373543281$ となり、**約37%**という解答が算出できる

D1	P(D1)
0: なし	0.999
1: 罹患	0.001

D2	P(D2)
0: なし	0.998
1: 罹患	0.002

D1	D2	P(T1 D1, D2)	
		0: 異常なし	1: 異常あり
0	0	0.999	0.001
0	1	0.710	0.290
1	0	0.060	0.940
1	1	0.050	0.950

1の推論結果を出すのに、手計算で3時間

しかし、コンピュータの発明、そして近年の計算力の飛躍的な能力向上によって、ベイズ推定が、自宅のPCでサクサクとできるまでになってきたのです。

実は、この「ベイズ推定」、大っ嫌いな人も多いのです*）。

*）トーマス・ベイズさんの名誉のために言っておきますが、彼は、ベイズの定理を考え出しましたが、ベイズ推定の手法を案出したわけではありません。

ベイズ推定とは何か(その2)

■好きな人は多い

分からんものは分からんままでいい→「**一様分布**」
分かった時にどんどん内容を変える→「**ベイズ改訂**」

■嫌いな人も多い

「**後で結論が変わる**ような、そんないい加減な推定があるか!」

■結構な難問を問いてきた

沈没した潜水艦を探す問題、臨床検査における偽陽性問題、モンティ・ホール問題、その他たくさん

この「人間くささ」「ザックリ感」がイイ

ベイズ推定は、私たちが高校で習ってきた確率の概念を破壊するような考え方の集大成です。

「確率が分からないなら、取りあえず半分(50%)としとけばいいじゃんYO!」
「新しいデータが見つかったら、後から付け加えればいいじゃんチェケラ(check it out)!!」

という感じに —— 私には、どうにも、ベイズ推定から、軽薄なDJの声が聞こえてくるような感じがするくらい —— ぶっ飛んでいます(多分、嫌われている理由は、この辺だと思う)。

それでも、この話がいい加減な理論でなく、「条件付き確率」という完全な数学の観念に立脚していることを、私に魂のレベルでたたき込んだのが、[モンティ・ホール問題](#)でした。

この問題は、私の固定的な確率の概念をぶっ壊し、確率が後発的にどんどん変化して行くことを(変化しても構わないことを)私に教えました。

この問題、私だけでなく、どんなに説明されても、納得できない人がたくさんいて、「直感で正しいと思える解答と、論理的に正しい解答が異なる問題」の適例とされています。皆さんもぜひ、モンティ・ホール問題に取り組んで、「苦しんで」いただきたいと思います。

「パンティ問題」で定理を導く

では、今回もネイト・シルバーさんの「シグナル&ノイズ」のネタを使わせていただいて、ベイズ推定の話をしてと思います。

ベイズ推定を「パンティ」で理解する

■出展:「シグナル&ノイズ」ネイト・シルバー著

■事案

出張から帰宅したあなた(女性)は、
ダンスの中に自分のものでない
パンティを発見した



↓
これが「条件」

**パンティ発見時に、パートナー(男性)が
浮気をしている確率は？**

↓
これが「条件付き確率」

「単なる確率」ではない

ここからの説明の目的は、パートナー(男性)の浮気の確率が、他の条件によって(ダンスの中からパンティが発見されたという事実で)変化することを理解していただくことです。

まず、この問題を検討するに際して、以下の確率情報が与えられているもの(Given)とします。

「パンティ問題」に必要な情報

(1) 一般的な統計による浮気の確率 → 4%

「事前確率」と言われるもので、一般的なデータが使われる
(ことが多い)

(2) 発見時に「浮気をしている」見積り → 50%

パンティの存在は絶対的だ。しかし、私のパートナーはこんなに
不注意(マヌケ)な奴だったかな？

(3) 発見時に「浮気をしていない」見積り → 5%

私へのプレゼントかもしれない。私の友人の忘れ物かもしれ
ない。(考えたくないが)パートナー自身のものかもしれない

このケースでは(2)(3)は「主観」値

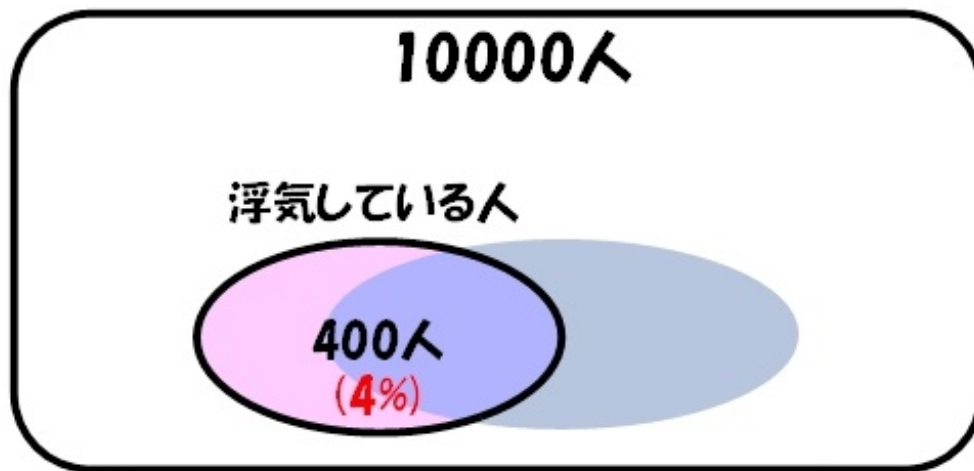
上記のケースでは、(1)は統計的かつ客観的なデータから導かれた確率ですが、(2)(3)は
エイヤ！ で、値を決めています。本来は、データから導かれていることが望ましいので、一応、「
パンティを発見した時の浮気の数値データ」をネットで探しましたが、見つけれませんでした
た(もっとも、その手の記事は山ほど見つかりましたが)。

さて、「シグナル&ノイズ」では、ここからいきなりベイズ推定の話になっているのですが、私は
ここで、具体的な数値に落して説明してみたいと思います。

確率で語ると分からなくなるので、「横浜スタジアムに集まった1万人の既婚男性が、[『アメリカ横断ウルトラクイズ』](#)形式で質疑応答をする」というイメージで、考えてみましょう。

まず、1万人の既婚男性のうち、デフォルトで4%が浮気をしているので、400人が浮気をして
いることになります(下図)。

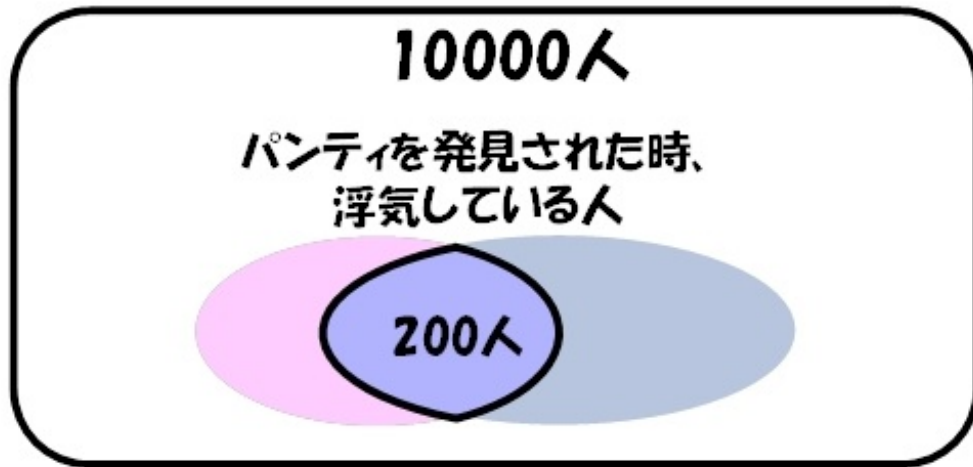
「パンティ問題」を数字で実感する



$$\begin{aligned} & 10000人 \times P(\text{浮気あり}) \\ = & 10000人 \times 4\% \\ = & 400人 \end{aligned}$$

次に、奥さんにパンティを発見された時に、浮気をしている人は200人になります。これは、前述の浮気をしている人が、パンティを残しているという(仮定の)確率50%から導きます(下図)。

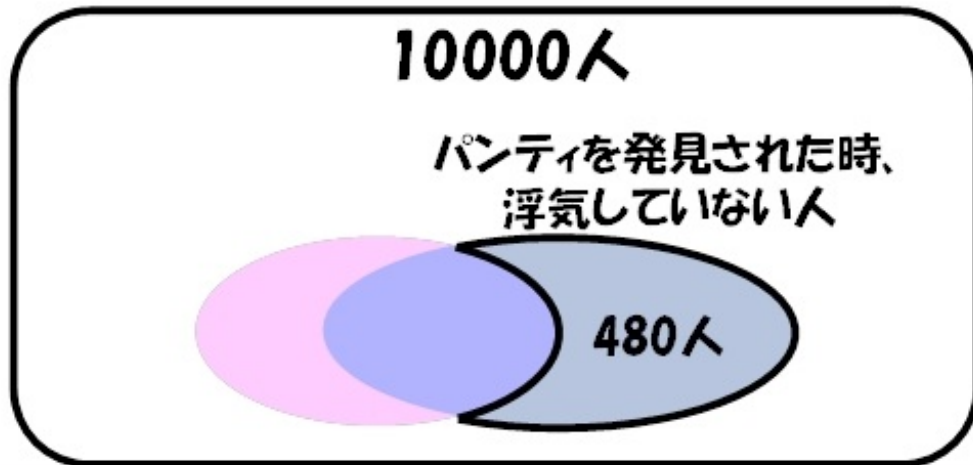
「パンティ問題」を数字で実感する



$$\begin{aligned}
 &= 10000人 \times P(\text{浮気}) \times P(\text{パンティ浮気}) \\
 &= 10000人 \times 4\% \times 50\% \\
 &= 200人
 \end{aligned}$$

さらに、パンティを発見された時に、浮気をしていない既婚男性は、480人になります。これも前述の、浮気をしていなくても、女性のパンティを残しているという——いわゆる女装癖か、あるいは、奥さんへのサプライズギフトを考慮した（仮定の）確率5%から導きます（下図）。

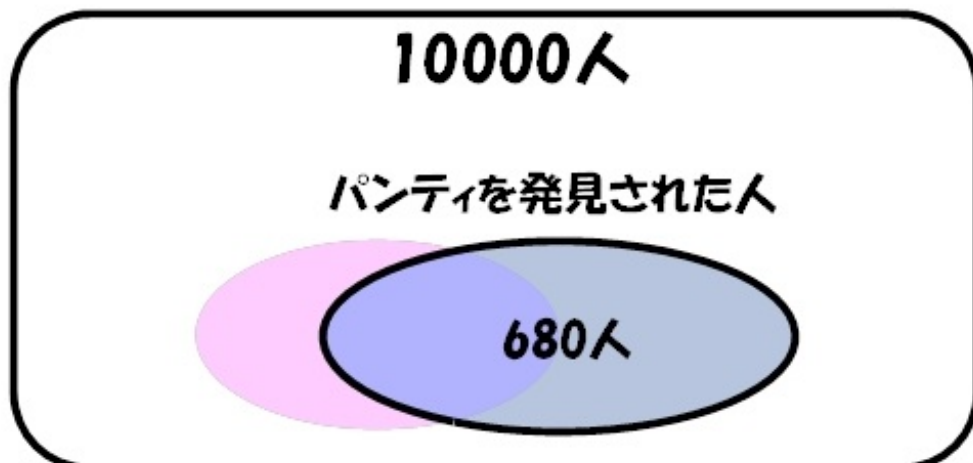
「パンティ問題」を数字で実感する



$$\begin{aligned}
 & 10000人 \times P(\text{浮気なし}) \times P(\text{パンティ|浮気なし}) \\
 = & 10000人 \times 96\% \times 5\% \\
 = & 480人
 \end{aligned}$$

さて、ここで、浮気をしていようが、浮気をしていまいが、とにかく、奥さんにパンティを発見されてしまった人は、680人(=200人+480人)となります(下図)。

「パンティ問題」を数字で実感する



$$\begin{aligned}
 & 200人 + 480人 \\
 = & 680人
 \end{aligned}$$

ここから、パンティを奥さんに見つけられた(680人)という条件下において、本当に浮気をしていた人(200人)の確率として、 $200 \div 680$ である、29.4%が導かれることになります。

「パンティ問題」を数字で実感する

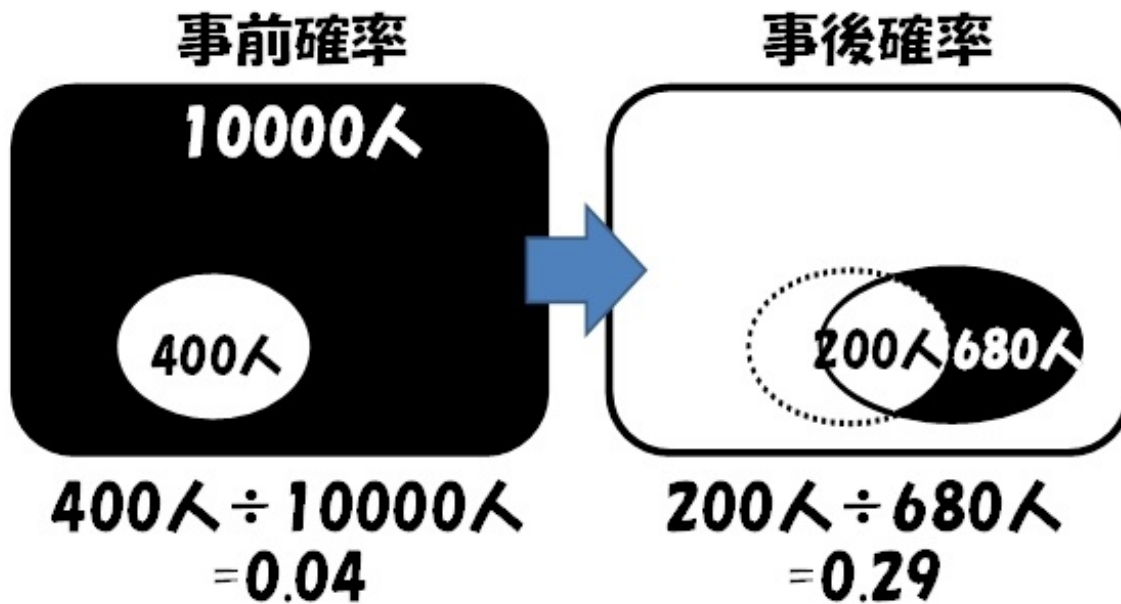


**パンティ発見時に、パートナー(男性)が
浮気をしている確率は？ = 29.4 %
(元々の確率4%からアップ)**

つまり、妻は、「夫は4%くらいの確率で浮気するもの」、と常に心に留めておかなければなりませんが、ここに「パンティ発見」という事実が発生した瞬間、この浮気の確率が29.4%に跳ね上がる——事後的に確率変動する——という事実が、数学的に確認されたことになるわけです。

この事前確率と事後確率の関係を比較したものが下図です。このように母集団の数が変わっているのではなく、確率に条件が付いたことで、確率計算の対象が、すり替わっていることが分かります。

事前確率と事後確率



計算対象がすり替わっている

さて、「数式ゼロ」のAI解説としてはふさわしくありませんが、この「パンティ問題」から、「ベイズの定理」を導き出せることを示します。

「パンティ」から「ベイズの定理」へ

$P(\text{浮気}|\text{パンティ}) =$

$$\frac{1万人 \times P(\text{浮気}) 4\% \times P(\text{パンティ}|\text{浮気}) 50\%}{P(\text{浮気}) \times P(\text{パンティ}|\text{浮気}) + P(\text{浮気なし}) \times P(\text{パンティ}|\text{浮気なし})}$$

1万人 x 4% x 50% 1万人 x 96% x 5%

$P(A|X) =$

$$\frac{P(A) P(X|A)}{P(A) P(X|A) + P(\bar{A}) P(X|\bar{A})}$$

200人 480人

【ベイズの定理】

パンティ持っている時に
浮気している確率

$P(A|X)$

$P(A) P(X|A)$

$P(X)$

浮気してい
る確率

浮気してい
る時にパン
ティ持ってい
る確率

パンティ持っ
ている確率

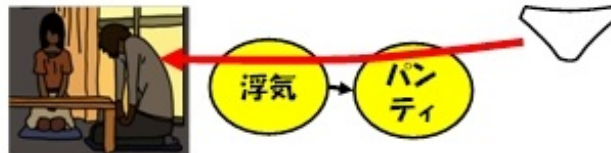
「定理」を忘れたら「パンティ」を思い出そう

「ベイズアンネットワーク」の解説の前半は、この「ベイズの定理」の考え方までとします。

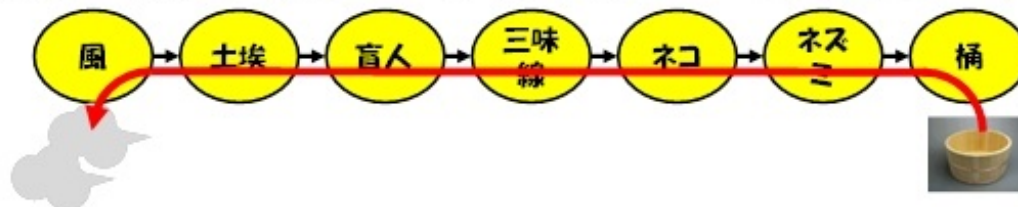
次回、後半では、ベイズアンネットワーク(別称、ベイズネット)の考え方を、私がこれまで使ってきた具体的な事例を含めて、お話したいと思います(下図は次回掲載予定の図です)。

ベイズネットとは何か(推定)

例1:「パンティ発見時に、浮気をしてる(確率は)?」



例2:「桶屋が儲かった時、風が吹いている(確率は)?」



「因果の連鎖」ネットワークを使って、
結果から原因へ遡る

まとめ

それでは、今回のコラムの内容をまとめてみたいと思います。

【1】数理解析技術や、“人工知能技術”を取り扱う、ドラマや映画などのコンテンツの大半は、これらの技術やエンジニアたちを、あまりにも安易に描きすぎていると思います。私は、これらのコンテンツが、「人工知能」への幻想を作り出している要因の1つであると考えます。

【2】現在の“人工知能技術”は、コンピュータの利用を前提とするプログラムからできており、そのプログラムの構造は、基本的に、これまでのプログラムと全く同じであることを説明しました。

【3】どんなプログラムであれ、そのロジック(アルゴリズム)のミスを発見するのは難しいことと、特に“人工知能技術”プログラムの場合、「本当に正しく動いているのか」を確認することが、恐らく難しいことを、私の学生時代の不勉強な後輩の実例で示しました。

【4】“人工知能技術”は、その推論結果に対して理由を説明する能力がなく、そのため、実際のシステムにおいて、“人工知能技術”がなかなか採用されていない現状を説明しました。そ

して、"人工知能技術"の研究を続けるために、あえて「人工知能」という言葉を使わないことを決意したある研究員のお話をしました。

【5】「ベイジアンネットワーク」の考え方の基本となる、ベイズの定理およびベイズ推定について、パンティと浮気の因果律を使った説明を試みました。

“人工知能の冬の時代”を生き抜く資質

——もし私が、第2次人工知能ブームの終えん時のパージ(purge)に屈することなく、今も人工知能研究を続けていたら——と、今でも、考えないことはありません。

しかし、予算が付かない研究を続けることは、少なくとも企業研究員には無理です。

それでも、そのような困難なパージの嵐をくぐり抜け、研究題目を改ざんし、研究内容を上に報告しないまま、研究を続けて、花を咲かせた人だっています。かつてのNHKの番組「プロジェクトX」は、そういう話ばかりでした*)。

*)ところで、これって、「会社にうその報告をして、虚偽の業務を実施していたという時点で『私文書偽造』『業務命令違反』にならないのかな～～」とか、今でも私は思っているのですが。

それはさておき。

少なくとも私は、第2次ブームから、今回のブームに至るまでの、“人工知能技術”の研究の冬の時代に、たった1人の孤独な研究を続けることはできませんでした。

もちろん、週末、GW、お盆や正月の休暇に、個人で研究を続けることだってできたと思いますが、誰からも評価されず、発表もできず、なにより、予算のない研究は「ひもじい」のです。

私は、その「ひもじさ」に耐え切れず、ステーキハウスにある食品サンプルの前で、指をくわえて立ち続け、最終的にそのステーキハウスのドアを開けてしまいました(この場合、食品サンプルとは、国や会社から、予算が付くような研究テーマ(「クラウド」とか「IoT(モノのインターネット)」とか、今なら「人工知能」)のことです。

今回の人工知能ブームは、「ブーム」と名前がついているのですから、かならず収束します。そして、さらに遠い未来——多分20年くらいのオーダーで——必ず、(何かの技術をきっかけとして)第4次の人工知能ブームが再来します。

こんな「ブーム」に左右されることなく、人工知能の研究を続けたいと願う、特に若い研究員の皆さんは、もうすぐ始まる「ひもじい20年間」をどうやって生き抜くか、今のうちに真剣に考えておいた方が良いでしょう。

最近、私は、研究員がやりたい研究を続けるために必要とされる資質というのは、「能力」「才能」「熱意」「カリスマ」というようなものよりは、むしろ、「粗食」で幸せになれるような「自己暗示」ではないかと思うのです。

毎日の納豆ご飯ともやし炒めを「我慢する」——のではなく、毎日の納豆御飯ともやし炒めを、心から「おいしい」と思える、自己暗示の能力こそが、研究員には必要とされているのではないかと思います。

正直なところ、研究員は、学会や研究会、講演などの表舞台で目立ってナンボ、というのは事実ですし、また、（残酷なことを言うようですが）多くの場合、「納豆御飯ともやし炒め」の人生の多くは、「納豆御飯ともやし炒め」の人生で終わっています（私は、よく知っています）。

それでも、私は——1年365日、いつでも、「納豆御飯ともやし炒め」をおいしいと思える人だけが、次の20年後の人工知能ブームへの架け橋となり、そして、第4次の人工知能ブームを立ち上げる当事者と成り得る——と信じているのです。

⇒「Over the AI ——AIの向こう側に」⇒[連載バックナンバー](#)



Profile

江端智一（えばた ともいち）

日本の大手総合電機メーカーの主任研究員。1991年に入社。「サンマとサバ」を2種類のセンサーだけで判別するという電子レンジの食品自動判別アルゴリズムの発明を皮切りに、エンジン制御からネットワーク監視、無線ネットワーク、屋内GPS、鉄道システムまで幅広い分野の研究開発に携わる。

意外な視点から繰り出される特許発明には定評が高く、特許権に関して強いこだわりを持つ。特に熾烈（しれつ）を極めた海外特許庁との戦いにおいて、審査官を交代させるまで戦い抜いて特許査定を奪取した話は、今なお伝説として「本人」が語り継いでいる。共同研究のために赴任した米国での2年間の生活では、会話の1割の単語だけを拾って残りの9割を推測し、相手の言っている内容を理解しないで会話を強行するという希少な能力を獲得し、凱旋帰国。

私生活においては、辛辣（しんらつ）な切り口で語られるエッセイをWebサイト「[こぼれネット](#)」で発表し続け、カルト的なファンから圧倒的な支持を得ている。また週末には、LANを敷設するために自宅の庭に穴を掘り、侵入検知センサーを設置し、24時間体制のホームセキュリティシステムを構築することを趣味としている。このシステムは現在も拡張を続けており、その完成形態は「本人」も知らない。

本連載の内容は、個人の意見および見解であり、所属する組織を代表したものではありません。



[中堅研究員はAIの向こう側に“知能”の夢を見るか](#)

今、ちまたをにぎわせているAI(人工知能)。しかしAIは、特に新しい話題ではなく、何十年も前から隆盛と衰退を繰り返してきたテーマなのです。そしていまだに、その実態はどうも曖昧です。本連載では、AIの栄枯盛衰を数十年見てきた私が、“AIの彼方(かなた)”を見据えて、AIをあらゆる角度から眺め、検証したいと思います。果たして“AIの向こう側”には、中堅主任研究員が夢見るような“知能”があるのでしょうか――



[我々が求めるAIとは、碁を打ち、猫の写真を探すものではない](#)

ちまたには「人工知能」という言葉が氾濫しています。ですが、明言しましょう。「人工知能」という技術は存在しません。そして、私たちがイメージする通りの「人工知能」の実現も、恐らくはまだまだ先になるでしょう。



[笑う人工知能 ～あなたは記事に踊らされている～](#)

AI(人工知能)に関する記事は、メディアにあふれ返っています。私は「これらの記事では“人工知能”のことがさっぱり分らん」との結論に至りましたが、では、人工知能を技術的に理解している人は実際どれだけののでしょうか。ざっくり推定すると、なんと、例えば「深層学習」を理解している人は50万人のうち4人、という結果を得たのです。



[NEC「予測の根拠を説明できる人工知能」を強化](#)

NECは2016年5月26日、大規模なデータから多数の規則性を発見しさまざまな事象の予測／処方分析が行える独自の人工知能技術「異種混合学習技術」を、分散処理に対応させたと発表した。従来よりも規模の大きなデータを高速に扱えるようになり同技術の応用範囲が広がるという。

Copyright© 2016 ITmedia, Inc. All Rights Reserved.

