

2. エッセイ集

9 プログラミングパラダイムとしての深層学習

丸山 宏 ((株) Preferred Networks)

プログラミングツールとしての深層学習

人工知能が大きな話題になっているが、私はいわゆる人工知能ではなく、深層学習に代表される機械学習の技術がどのように実問題を解いていくかに興味を持っている。ここでいう実問題とは、画像認識などの典型的な機械学習向けの問題にとどまらない。深層学習の応用分野は急速な広がりを見せていて、今まで通常のプログラミングで開発されていたアプリケーションにも、深層学習の適用が始まっている。すなわち、深層学習は「人工知能」向けの技術というよりは、汎用の問題解決ツールになってきつつある、というのが私の認識である。

プログラムとは、非常に抽象的に言えば、ある入力 X を受け取りそれに対応する計算結果 Y を出力する関数 f であるといえる。すなわち、 $Y = f(X)$ を計算するのがプログラムである。 X や Y は、スカラ値でもよいし、高い次元のベクトルであってもよい。通常のシステム開発においては、 $f(X)$ を計算する手順を段階的に詳細化することによって開発を行う。これを演繹的システム開発と呼ぼう。一方、機械学習に基づくシステム開発においては、 X と Y の具体値ペアの集合すなわち訓練データを与えることによって開発を行う。これを帰納的システム開発と呼ぶことにする。

演繹的システム開発においては厳密な解が得られ、多くの場合現在のデジタルコンピュータ上で効率的な実行ができるが、細部まで厳密にアルゴリズムを指定する必要があるために、開発にコストと時間がかかり、バグも生じやすい。機械学習に基づく帰納的システムでは、解は確率的であり、その精度は訓練データの量と質に依存するが、通常の意味でのプログラミングは行わないのでバグが生じにくく、(機械学習の汎化性能にもよるが) 入力や環境の変化に強いロバストなシステムとなる。

機械学習工学

帰納的システム開発において、システムの要件をどのように定義し、どのように開発やテストを行い、運用保守したらよいのだろうか? 伝統的な演繹的システム開発においては、その方法論はソフトウェア工学として広く知られていて、デジタルコンピュータとほぼ同じ60年の歴史がある。一方帰納的システム開発における方法論(機械学習工学と呼ぼう)はいまだ確立されておらず、それぞれの研究者・開発者が手探りでやっているのが現状である。

機械学習工学の中心的な興味はどこにあるだろうか。ソフトウェア工学における主要な興味の1つは、サブルーチンやオブジェクト指向、Webサービスのようソフトウェアの再利用であった。システム開発の成果物であるソフトウェアは作成に多大なコストがかかり、価値の高いものであるからできるだけ再利用したいのである。帰納的システム開発においては、開発成果物は訓練の結果得られる学習済みモデル(pre-trained model)である。学習済みモデルの作成にも、高品質かつ大量の訓練データ、問題に適したネットワーク構造とハイパーパラメータの設定のノウハウ、多くの計算資源などが必要であり、コストも高い。したがって、機械学習の成果物である学習済みモデルについても、できるだけ再利用することが、今後の機械学習工学で重要になってくるだろう。

学習済みモデルの再利用

学習済みモデルの再利用には、通常のソフトウェアの再利用と同様に、ホワイトボックス再利用(ソースコードの利用と同様、モデルの詳細が開示された上での利用)と、ブラックボックス再利用(モデル詳細が開示されていない状態での利用)がある。ホワイトボックス再利用においては、新たな訓練データ

を加えて、似ているが異なるタスクに応用することができる (Fine Tuning と呼ぶ)。ブラックボックス再利用においては、これに加えて、学習済みモデルを教師として新たなモデルを学習させたり (これを蒸留と呼ぶことがある)、複数の学習済みモデルの多数決を取って精度を上げたりする (アンサンブルと呼ぶ手法の一形態) こともできる。

このように、一度作られた学習済みモデルを効率よく再利用することが、これからの機械学習工学の主要なテーマの1つになるだろう。その際、複数のプレイヤー間でどのように学習済みモデルを流通させるかは重要な観点である。

ワークショップ「機械学習の社会実装に向けて」

このような機械学習工学の議論を加速するために、我々は産業技術総合研究所人工知能研究センターなどと協力して機械学習利用促進勉強会 (MLEP) という研究会を立ち上げ、2016年6月に北九州国際会議場で開催された人工知能学会全国大会において、「機械学習の社会実装に向けて」と題したワークショップを行った (図-1)。このワークショップは、下記2つのセッションから構成した。

第1のセッション「深層学習でどのように儲けるか」は、機械学習とりわけ深層学習の価値を、どのように流通させるかについて、ビジネス的な観点から議論した。うまいネットワーク設計と適切な訓練データに基づいて学習された学習済みモデルは、1次モデル、派生モデルを問わず、非常に大きな価値を持つが、その一方、作成には、そのノウハウだけでなく、質の良い大量の訓練データと膨大な計算資源を必要とする。学習済みモデル作成者の権利を守り、その価値を金銭的利益として還流させつつ、再利用を促進するような社会的な仕組みとはどのようなものなのか、そのために必要なコンセンサスは何かを、ビジネス・技術・知財のそれぞれの観点から議論した。

一方、オープンソースソフトウェアや、一部の動画コンテンツのように、多くの派生を推奨することによって社会全体の活動を活発化する考え方もある。こ



図-1 「機械学習の社会実装に向けて」ワークショップの様子 (2016年6月)

れは、草の根の二次創作が広く受容されている日本の文化には、より親和性の高い考えかもしれない。第2のセッション「ニコニコ深層学習β」では、さまざまなコミュニティの事例を参考にしながら、深層学習の利用事例、構築や運用のノウハウ、学習済みモデルなどがコミュニティによって広く共有され、流通することによって社会全体として深層学習/機械学習の利用が広まっていくシナリオについて議論した。ここでは、このようなコミュニティにどのようなインセンティブを与えたら良いのか、またコミュニティにおける「作法」をどのように設計したら良いのか、などのアイデアが、オープンソースコミュニティやニコニコ学会βなどの事例から話しあわれた。

今後の展望

深層学習/機械学習に基づく帰納的システム開発が今後広まるにつれ、機械学習工学にかかわるさまざまな技術・方法論が産業競争力の重要な要素になることは間違いない。帰納的システム開発から、より高い価値を引き出し、より良い社会を作るためにアカデミア、産業界、政府、個人が何をすべきかを明らかにしていきたい。

(2016年6月28日受付)

丸山 宏 (正会員) hm2@preferred.jp

1983年東京工業大学理工学研究科修士課程修了。同年日本IBM(株)入社、人工知能、機械翻訳、XML、情報セキュリティ等の研究開発に従事。2006~09年同研究所所長。2009~10年キャノン(株)デジタルプラットフォーム開発本部副部長。2011~16年統計数理研究所教授。2016年より現職。