

ワイン方程式と構造設計 全四回シリーズ

第3回 構造設計とAI

平成30年3月14日
(株)飯島建築事務所
八木 茂治

Attention

このコラムでは、弊社のノウハウおよび守秘義務などに抵触しない範囲で資料を開示します。

<はじめに>

第2回コラムでは、一品生産を原則とする建築構造設計分野においても、統計に基づくベイズ確率が成立することを示し、それによってAIシステムを構築することが可能であることを明らかにしました。いずれ、構造設計の大半をAIが行うAI設計時代が到来します。

しかし、AIというbuzzword(バズワード)^{注1)}には、過去2度起きたAIブーム^{例えば1),2)}(今回のAIブームは3回目になります)とその挫折による暗黒の歴史、および、そのScience Fiction的な響きによって、胡散臭い雰囲気があることも否定しがたいと考えます。

そこで、このコラムでは、まず、過去のAIと、ベイズ統計もしくはディープラーニングによるAIとの違いについて触れます。その上で、現時点において公開されているAIライブラリーについて述べます。また、第2回コラムで示した延べ床面積と1階の層せん断力の関係に基づいて、ディープラーニングの実行例も示します。これらの考察を通じて、構造設計とAIとの関係について考察を行います。

<失望の歴史とバズワード化したAI>

AIの負の歴史^{注2)}については、文献1),2)などに詳しく記載されていますので、ここでは、第二次AIブームについて簡単に記します。

第二次AIブームは、1980年頃から開発された「エキスパート・システム³⁾」が支えていました。このエキスパート・システムは、第一次AIブームの反省を踏まえ、専門家(エキスパート)の知識をインタビューなどによって抽出しシステム化するというものでした。

当時を象徴する雑誌として、日経AIがあります。日経AIは、第二次AIブームがピークを迎えていた1986年に発行され、エキスパート・システムの開発が終焉を迎えた1992年に廃刊されています。

また、当時の熱狂が分かる書籍としては、文献3)・「AI基本用語50」があります。AI基本用語50の巻頭では、当時、隆盛を誇ったエキスパート・システムについて多くのページが割かれており、「AIビジネス」、「第5世代

コンピュータ」などが記されています。また、「パソコンAIシステム」と呼ばれた専用ハードウェア^{注4)}の情報についても記載されています。当時の人々が、エキスパート・システムに、大きな期待をかけていたことが分かります^{注5)}。

しかし、これらのKeywordは、2018年には死語と化しています。つまり、エキスパート・システムは、ほぼ実用化には至らなかったのです。エキスパート・システムへの期待が大きかった分、失望も大きいものになりました。

このため、AI=バズワード、現代のベイズ推論やディープラーニングも、一般には、いずれは消える胡散臭いプロジェクトと見なされるのではないかと考えます。

<ビックデータと機械学習>

では、今回のAIブームを支えるベイズ確率やディープラーニングは、何が違うのでしょうか?これについては、諸説有りますが、構造設計分野に限って考察すると、主な違いは、下記の4項目ではないかと考えます。

- 1) 設計データの電子化による蓄積=ビックデータの存在
- 2) ビックデータに基づく機械学習=アルゴリズム、知識移植を必要としない自立的なシステム、自動的な統計処理もしくは最適回路の構築
- 3) 単一目的のシステム構築が可能
- 4) 確率的なパターン認識

上記の1),2)は、かつてのAIの欠点を全てカバーしています。また、3)については、単一目的のシステム(例えば1階の柱外形のみ推定するシステム)なので、不具合の修正も容易です。

因みに、単一目的向けのAIを「弱いAI」といいます。建物全体を構造設計する大がかりなAIシステムも、この弱いAIを束ねることによって実現できると考えます。このため、不具合がある箇所の交換も可能で、システム全体のメンテナンスも容易です。

また、4)によって、設計者の判断の余地を残している点も、確認申請機関等への説明が必要となる構造設計分野では、重要な要素だと考えます。

以上の考察から、ベイズ確率やディープラーニングによるAIは、少なくとも構造設計分野においては、バズワードではないと考えます。

<DIY 可能な AI>

身近にある AI

現在、身近にある AI として、スマートホンなどに搭載された音声認識ソフトや翻訳ソフトが挙げられます。これらは、インターネットなどを利用して収集した膨大なビッグデータに基づいて、ディープラーニングを行って構築されたシステムです。近年、その性能が飛躍的に向上し、何かと話題になっています。このため、大手 IT 企業が、その威信をかけて開発競争を行っており、これらの AI の性能の向上は、まさに日進月歩です。

AI ライブラリーは完全公開

近年のブームとなっているディープラーニングの特徴の一つとして、その基礎理論は、多くの文献によって公開されている点が挙げられます。

これは、

- 1) 確率的勾配降下法、誤差逆伝播法やシグモイド関数は応用数学の一分野であり、1960 年代から多数の論文が発表されていること
- 2) ディープラーニングは、アルゴリズムや知識移植を必要としない自立的な機械学習を前提にしていること
- 3) 機械学習を行う上で、データの収集および取り扱い方に、ノウハウ=企業秘密があるだけと関連していると考えられます。

このため、比較的早い時期に、Caffe⁴⁾などの複数オープンソースライブラリーがインターネットで公開されました（以下、公開ライブラリーという）。つまり、ライブラリーそのものには、企業秘密はほとんどありません。公開ライブラリーでは、そのソースコードも含めて、完全に公開されています。

従って、統計的に有意なデータが手元にあれば、特定の用途向けの AI を、DIY することが可能です。

なお、ベイズ統計のライブラリーも、そのソースコードも含めて完全に公開されています。

公開ライブラリー

公開ライブラリーとしては、Caffe の他に、Chainer⁵⁾、TensorFlow⁶⁾、DeepDream⁷⁾などが挙げられます。詳細については、各開発プロジェクトチームが、インターネットで公開している情報を参照して下さい。

個人的な印象ですが、現時点では、Google 社が開発元になっている TensorFlow が、頭一つ抜けていると感じています。

余談ですが、上記の公開ライブラリーの性能は、猛烈な速度で向上しています。これは、かつて Linux^{注6)}が公開され、様々な開発者の手によって、その性能が飛躍的に向上した経緯と良く似ています。

一方、過去の AI ブームでは、アルゴリズムそのものが基幹要素=企業秘密となっていたため、開発者以外には完全なブラックボックスとなっていました。これが、研究の進展を遅らせ、失望を招く原因の一つになったとも考えられます。

<ディープラーニングの実行例>

ここでは、第 2 回コラムで示した延べ床面積と 1 階の層せん断力の関係を対象に、ディープラーニングの実行例を示します。このシステムを使用すれば、基礎的设计用荷重は、誰でも推定出来るようになります。

開発環境 (概要) は、Python 3.6.2, Anaconda3 5.0.0, TensorFlow 1.4.0 です。構築した Deep Neural Network (以下、DNN という) は、図 1 に示す 5 層の隠れ層モデルとしました。図 2 に、TensorBoard⁶⁾で作図したシステム構成図 (概要) を示します。

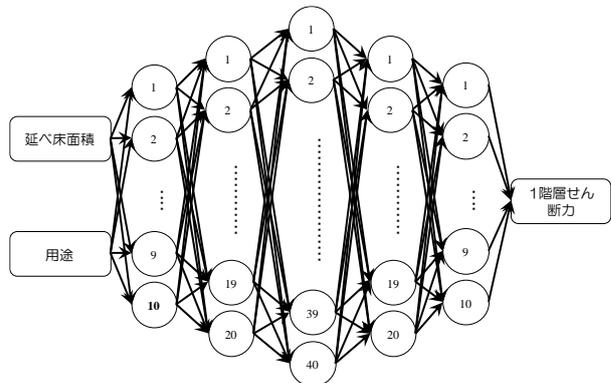


図 1 : DNN モデル (概要)

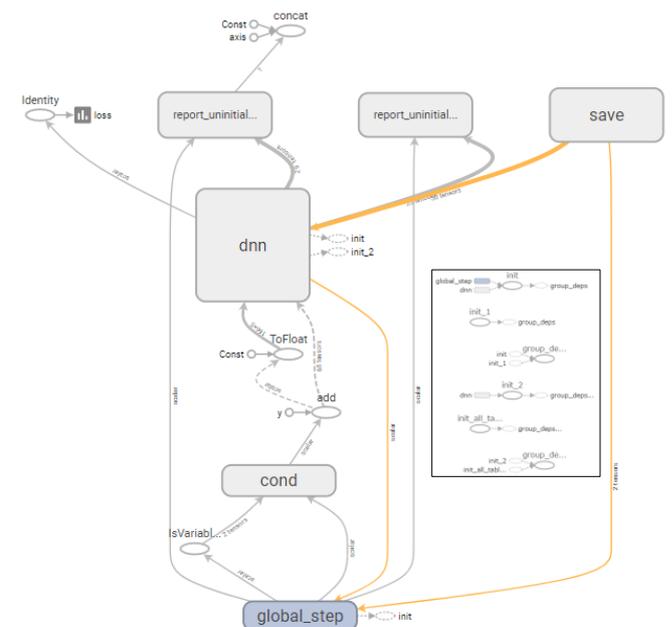


図 2 : システム構成図 (概要)

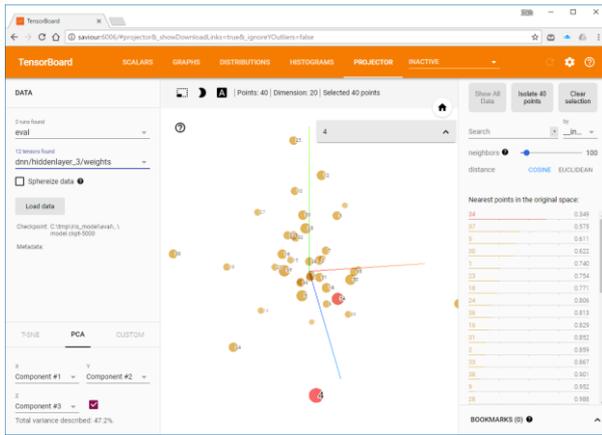


図3：第3層のUnitの重み分布図（概要）

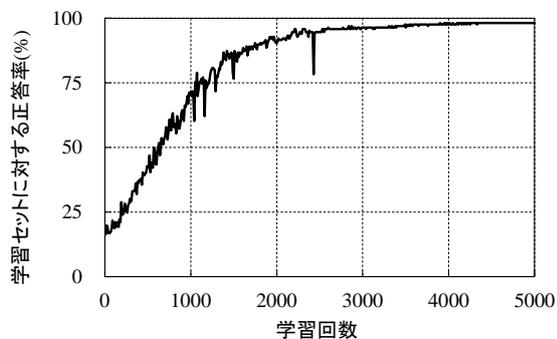


図4：学習回数と正答率の推移

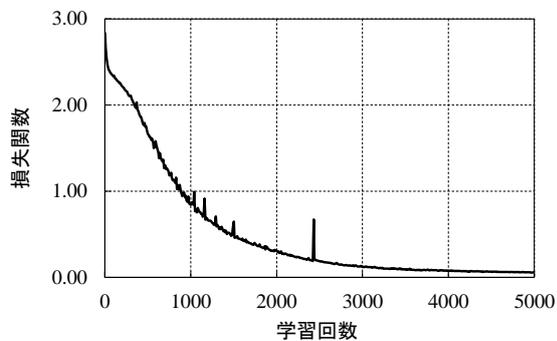


図5：学習回数と損失関数の推移

この例題では、1階の層せん断力の推定精度を高めるために、用途も入力パラメータに加えました。

DNNを採用した理由は、延べ床面積の他に用途も入力パラメータとしたので、1階の層せん断力を推定する系が非線形になるためです。一般に、線形系に対してはベイズ推定、非線形系に対してはDNNが用いられる傾向にあります。

図3に、TensorBoardで作図した第3層のUnitの重み分布を示します。

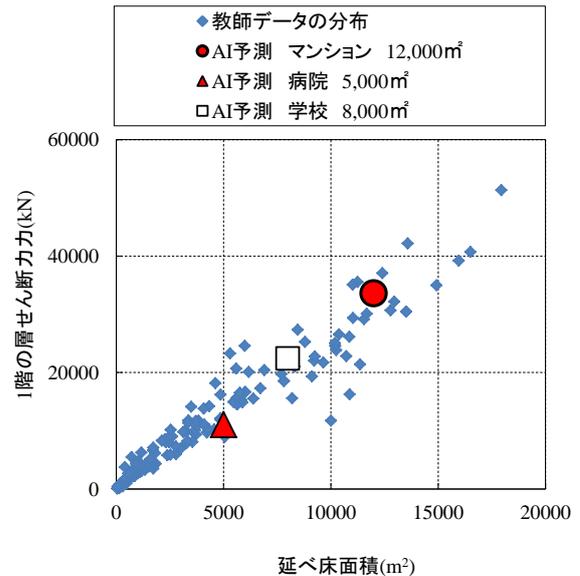


図6：DNNによる1階層せん断力の推定結果

図4に学習回数と正答率の推移を、図5に学習回数と損失関数の推移を示します。図より、学習回数が5000回になると、DNNが収斂することがわかります。本システムの場合、最終正答率は98.2%、損失関数は0.06となりました。

図6に、構築したDNNを使用して推定した1階の層せん断力と教師データとの関係を示します。図より、AIの予測精度の高さがわかります。また、用途および延べ床面積によって、1階の層せん断力/延べ床面積の傾きが異なり、推定系が非線形であることもわかります。

以上より、統計的に有意なデータが手元にあれば、特定の用途向けのAIを、比較的容易にDIYすることができます。

また、構築したDNNを使用すれば、構造設計エンジニアでなくても、1階の層せん断力を簡単に、かつ高い精度で推定することができます。

<まとめ>

第3回では、ベイズ統計もしくはディープラーニングの特徴について考察し、現時点において公開されているAIライブラリーについて紹介しました。

また、第2回コラムで示した延べ床面積と1階の層せん断力の関係を例に、AIをDIYし、その推定精度の高さを示しました。統計的に有意なデータが手元にあれば、特定の用途向けのAIを、比較的容易にDIYすることも示しました。

構造設計の大半を、AIが行うAI設計時代は、やってきます。

<次回は>

第4回はAI設計時代の構造設計エンジニアの役割について考察します。

注記

注1) バズワード (buzzword) とは、もっともらしいけれど実際には定義や意味があいまいな用語で、かつ特定の期間や分野の中で流行している言葉のこと。権威付けされた専門用語のような印象を与える言葉

注2) AI元年ともいえる1956年のダートマス会議の提案書では、「学習のあらゆる面または知能の他のあらゆる機能は正確に説明できるので、機械でそれをシミュレートすることができる」と記されたように、第一次AIブームでは、アルゴリズムによって、コンピュータに論理的な思考をさせようというアプローチが取られました。しかし、このアプローチでは、パズルのような小さな問題しか扱えず、実用化出来ませんでした。

エキスパート・システムは、この反省に基づいて、アルゴリズムに替えて、専門家の知識をコンピュータに移植して、知識データベースを作成し、IF THEN ルールによって、専門家が行う思考をコンピュータに行わせるようなアプローチが取られました。しかし、この手法も、知識の更新が難しく維持コストが高いことと、組合せ爆発にも対応できないため頓挫しました。

注3) エキスパート・システム専用ハードウェアとしては、Jeffrey Perrone & Associates による「Expert-Ease」や、Radian社による「Rule Master」などがありました³⁾。

注4) 当時、先進諸国は競って、多額の国費を投じて、エキスパート・システムなどの開発を支援していました。主なプロジェクトとしては、英国のAlvey計画、ECのESPRIT、米国のMCCやSCI等が挙げられます³⁾。

注5) Linuxはオープンソースプロジェクトによって、開発されたOSです。Linuxは世界中の有志たちがボランティア的に作り上げ、ソースコードも完全に公開されています。
<https://www.linux.org/>

参考文献

- 1) 例えば、小林雅一：
クラウドからAIへ アップル、グーグル、フェイスブックの次なる主戦場
朝日新書、2013.7
- 2) 例えば、Wikipedia：
人工知能の歴史
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E7%9F%A5%E8%83BD%E3%81%AE%E6%AD%B4%E5%8F%B2>
- 4) Berkeley AI Research and by community contributors：
Caffe
<http://caffe.berkeleyvision.org/>
- 5) Preferred Networks & Preferred Infrastructure：
Chainer
<https://chainer.org/>
- 6) Google：
TensorFlow
<https://www.tensorflow.org/>
- 7) Deep Dream Generator：
DeepDream
<https://deepdreamgenerator.com/>