

MATLABに関する技術の修得III

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2013-06-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 林, 庄司 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/7561

MATLABに関する技術の修得Ⅲ

第三技術室システム制御技術班 林 庄司

1. はじめに

MATLABは1980年Moler博士によって開発された。最初はFortran言語を知らない人でも行列計算が対話的にできるようにという目的でMATLAB (Matrix Laboratory) という言語をFortran言語を用いて開発された。1985年にMATLABをC言語化し、機能と品質を大幅にアップして製品化され、工学の分野では圧倒的な顧客を得た。現在第4世代言語とよばれているコンピュータ言語に分類されている。

MATLABの特徴には物理現象および社会現象の記述が簡単にできる、対話的に使え、行列については他に類をみない処理が可能などがある。¹⁾

今回の研修ではMATLABの機能が多くある中で、MATLAB拡張ソフトであるToolbox 内の Neural_Network Toolbox⁴⁾ と SIMULINK 内の Neural_Network⁴⁾ を用いて、その基本的な使い方の修得を行った。またそれらを用いて、簡単な非線形制御問題を解く技術を修得したので報告する。

2. システム構成とMATLAB言語

2. 1 システム構成

MATLABとしては、Windows版MATLAB5.3を用い、パーソナルコンピュータ (V650JD4 飯山電機) にインストールして行った。MATLABソフトとしてインストールされているものは、Table 2.1 に示す通りである。行列計算、簡単な信号処理からSIMULINK, Control_System, Neural_Network Toolboxなど制御問題を解くのに便利なツールやイメージ画像の作成など幅広いツールが備えられている。

またMATLABを使用するための基本的なコマンド、計算などに用いるための演算子、特殊文字については前々回の報告「UNIXのMATLABに関する技術の修得」福井大学技術報告集 Vol13, 59-64 (199

Table 2.1 MATLABソフト一覧

名 称	内 容
MATLAB	数学的計算、工学的計算をするための行列に基づいたシステムで、対話的に物理現象および社会現象を扱う。
SIMULINK,	動的な系をシミュレートするための対話型システムで、線形、非線形、連続型、離散型、多変量の系を扱う。
SIMULINK_Accelerator	SIMULINK用アクセラレータ。
Control_Toolbox	制御工学ならびにシステム理論によるモデリングの解析、設計を扱う。
Identification_Toolbox	システム同定のためのシミュレーションツール。
Signal_Toolbox	1次元、2次元デジタル信号処理のためのもので、デジタル・フィルタの設計と分析、パワー・スペクトル評価を行う。
Neural_Network_Toolbox	ニューラルネットワークを用いたシミュレーションツール。

7) に、また関数・グラフィック等のコマンドは前回の報告「UNIX版MATLABに関する技術の修得Ⅱ」福井大学技術報告集 Vol4, 45-50 (1998) に、それぞれ記載されているのでここでは省略する。

3. ニューラルネットワークの概説と神経細胞のモデル化

3. 1 ニューラルネットワークの概説

人間の脳は、140億以上の神経細胞 (neuron : ニューロン) からなる情報処理装置である。この膨大な数の神経細胞は複雑に結合しあって神経回路網を形成し、高度な並列分散処理を実現している。ニューラルネットワーク (Neural Network) はこの脳をモデルとして、人間に近い能力を持つ情報処理システムを実現しようとするものである。

1943年にMcCullochとPittsがニューロンの簡単なモデルを、次にHebbがシナプス (synapse) 結合の変化規則を提案した。これらの原則に基づき、1950年代の終わりにRosenblattが作りだしたパターン識別機械がパーセプトロン (perceptron) である。パーセプトロンの構造は、入力パターンを取り込む入力層、パターンを識別する中間層、出力信号を発生する出力層の3層からなっており、各層は複数個のニューロンで構成されている。ニューロンの結合は層から層の間のランダム、あるいはすべてのユニットについての結合となっており、各層内部のニューロン間の結合はない。そのため、入力された信号は一方向のみの伝達となる。中間層は、パターンの分類を結合の度合い (結合係数、重み) の変化によって実現するために設けてある。ここで、ニューラルネットワークの学習というのは、結合係数を変化させることにより、ネットワークの内部状態を環境に応じて適切な状態に作り変えることである。

1986年にRumelhartとHintonは、パーセプトロンの欠点を解消し階層型ネットワークの中間層に学習規則を与えるバックプロパゲーションアルゴリズム (back-propagation algorithm) を提案した。このバックプロパゲーションは目標値とネットワークの出力との誤差を出力層から逆に伝えていくことにより、ニューラルネットワークの学習を行う教師あり学習法である。この方法により、パーセプトロンにおける中間層の学習が可能になり、パターン認識能力を向上させることができるようになった。

今日のニューラルネットワークは、従来のコンピュータや人間にとって困難であったパターン認識、同定、分類、音声、映像、非線形制御システム問題を解くように訓練することができるところに大きな利点がある。

3. 2 神経細胞のモデル化

ニューラルネットワークの基本構成要素はFig. 3-1に示されるような神経細胞であり、これをニューロン (neuron) と呼ぶ。ニューロンは刺激を受けると興奮し、出力としてパルスを送り出すが、興奮

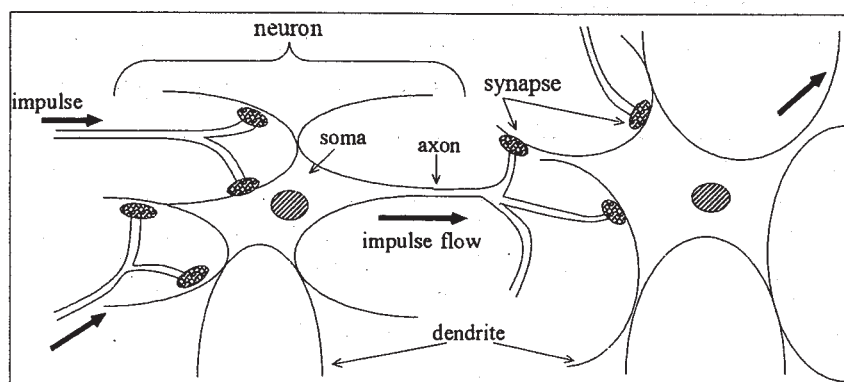


Fig. 3-1 ニューロンの基本構成

しないときにはほとんどパルスを出さない。そのメカニズムは他のニューロンから受け取ったパルスを刺激とし、この刺激の総和がニューロン固有のしきい値を超えると興奮し、しきい値以下なら興奮しないというものである。各々のニューロンはシナプス (synapse) と呼ばれる結節点によって結ば

れている。そしてシナプスに含まれている結合荷重が外界からの刺激によって変化することがニューロンの学習ということになる。これらを考慮してニューロンを多入力-出力の素子としてモデル化することができる。そしてこのモデル化したニューロンのことをユニットと呼び、Fig. 3-2に示す。ここでユニット内には固有のしきい値 θ_j^N が存在するので、N層のユニットへの入力の総 v_j^N とは次のように表される。

$$v_j^N = \sum_{i=1}^n w_{ij}^{N-1,N} u_i^{N-1} - \theta_j^N \tag{3-1}$$

しかし、興奮には飽和現象があるため、関数fの影響を受ける。従ってユニットの出力 u_j^N は次式のようになる。

$$u_j^N = f(v_j^N) \tag{3-2}$$

この関数にはシグモイド関数を用いる。

$$f(v_j^N) = \frac{1}{\{1 + \exp(-a \cdot v_j^N)\}} \tag{3-3}$$

ここで、aは任意の定数で通常は0である。もし、この関数がステップ入力であれば、入力を二つのグループに分け、それぞれを0か1の出力をもって判定するパーセプトロンで用いられた素子になる。

3. 2 Neural_Network の構成要素と機能

Neural_Network Toolboxを用いた信号処理や制御、予測は、特殊化された関数をMATLABの計算、グラフィック的环境下で使用できるようにしたものである。そしてそのコマンドおよび関数について、その主なものをTable 3. 1に示す。

Table 3. 1 コマンドおよび関数

	コマンド	説 明
ネットワーク	sim train init adapt	ネットワークのシミュレーション ネットワークのトレーニング " の初期化 学習ルールによるネットワークの適応訓練
伝達関数	hardlim logsig purelin tansig	ハードリミット伝達関数 対数シグモイド関数 線形伝達関数 双曲線正接シグモイド関数
訓練関数	traingd	バックプロパゲーションによるネットワークの訓練
モデルの設計	newelm newff newlind	Elmanリカレントネットワークの初期化を行う Feed-Forwardのネットワークの初期化 二乗和誤差を最小にする重み行列とバイアスを作成
SIMULINK	gensim	SIMULINKブロック作成を行う

3.3 非線形信号データ処理

非線形信号データ処理は自動計測，制御工学などの工学の分野では大変重要である。しかしC言語やFortran言語などで信号を処理をするのは，熟練を要しないと甚だ難しく，またその計算に長時間を要するなどの問題がある。しかしMatlabの拡張ソフトであるニューラルネットワークツールを用いると，信号処理のための研究，設計，エンジニアリングに対して数値的な計算に必要なものをMファイルあるいはMDLファイルとして作成でき，これらのファイルの変更も簡単に実行することができる。

ここでは信号データの予測処理について述べる。Fig. 3-3-1 に信号波形データを示す。これは正弦波データに白色ノイズを付加して得られた非線形信号データである。ニューラルネットワークを用いてこの信号データを同定するためのSIMULINK

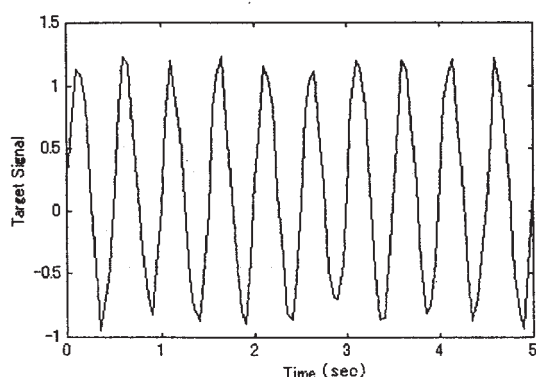


Fig. 3-3-1 信号波形データ

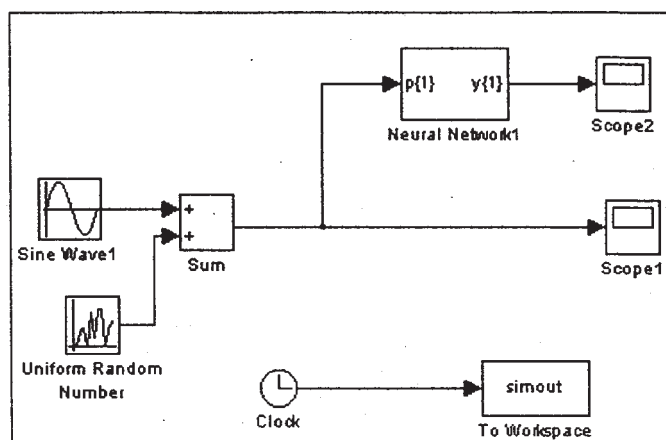


Fig. 3-3-2 ニューラルネットワークブロック図

ブロック図はFig. 3-3-2のように得られる。この図の Neural Network1サブシステムの内容は，Fig. 3-3-3に示すようである。これは信号の過去の5つの値（入力値）から1つの出力値を予測するものである。この入力値をニューロン（重みとバイアスを持つ）に入力し，対数シグモイド関数（logsig）を用いて，入力と出力についてバックプロパゲーション法によってニューロンに学習を繰り返し繰り返し行わせる。そのときのSum-Squared（二乗和）誤差が0.01以下になればニューロンの学習は終了し，ニューラルネットワークが構築される。ニューラルネットワークで処理した出力結果は，Fig. 3-3-4に示すようである。このときのSum-Squared誤差は試行回数5,000回で0.012であった。また学習に要した時間は約3分であった。

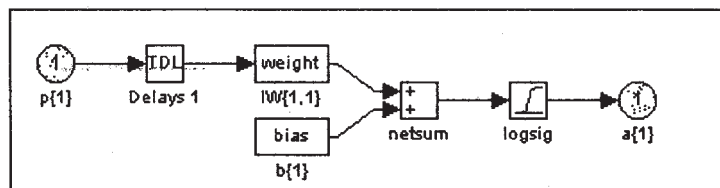


Fig. 3-3-3 Neural Network1サブシステム

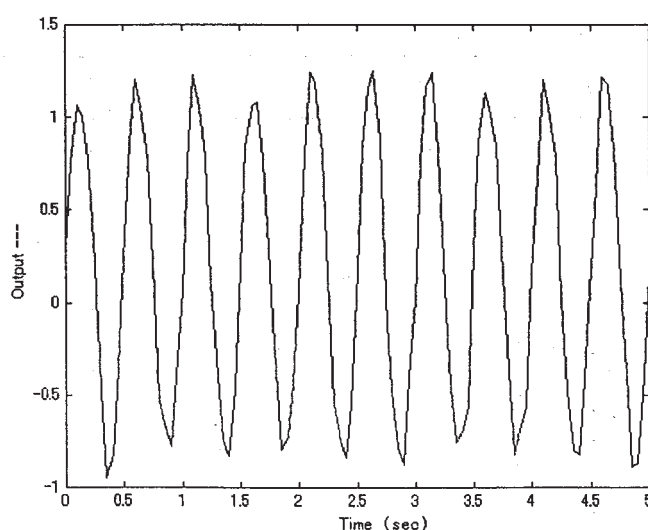


Fig. 3-3-4 ニューラルネットワークの出力結果

Fig. 3-3-1と Fig. 3-3-4を比較するとニューラルネットワーク出力の値と良い一致を見，ニューラルネットワークシステムの有効性が確認された。

3.4 非線形制御モデルとその応答

ここでは Fig. 3-4-1 に示すDuffing振動系モデルを制御対象とする非線形制御システムについてモデルを作成し、シミュレーションを行う。ところで、Fig. 3-4-1 の運動方程式は (1) 式のように与えられる。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + N_k = q(t) \quad (1)$$

ここで N_k は変位 x の関数で、 $N_k = kx + \alpha x^3$ 外力 $q(t)$ は 調和外力として $q(t) = Q\cos(\omega t)$ で与えると (1) 式は、

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx + \alpha x^3 = Q\cos(\omega t) \quad (2)$$

となる。但しシステムのパラメータは Table 3. 2 に示す通りである。

このシステムのブロック図は Fig. 3-4-2 に示す。図のNeural Network2 は (2) 式で表されるDuffing振動系モデルである。次にモデルのstep応答特性を示すとFig. 3-4-3のようである。

この図において、破線はstep入力を付加したときのシステムの応答であり、実線はニューラルネットワークで予測した出力応答である。図から明らかなようにネットワークの出力応答が6秒で良好にモデルに追従したことが示されている。ここでのニューラルネットワークの試行回数と学習誤差はFig. 3-4-4 に示すようで、Sum-Squared誤差は試行回数5,000回で0.134であった。また学習に要した時間は約4分であった。

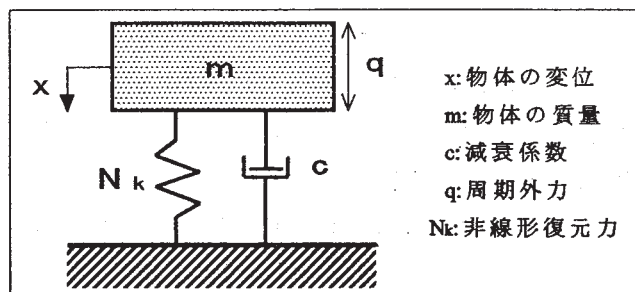


Fig. 3-4-1 Duffing振動系モデル

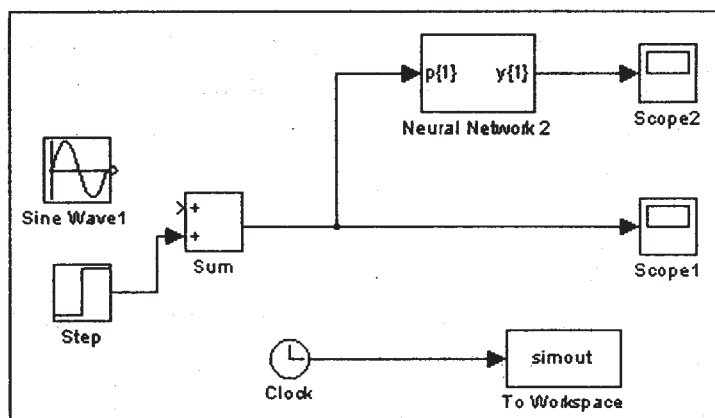


Fig. 3-4-2 ブロック図

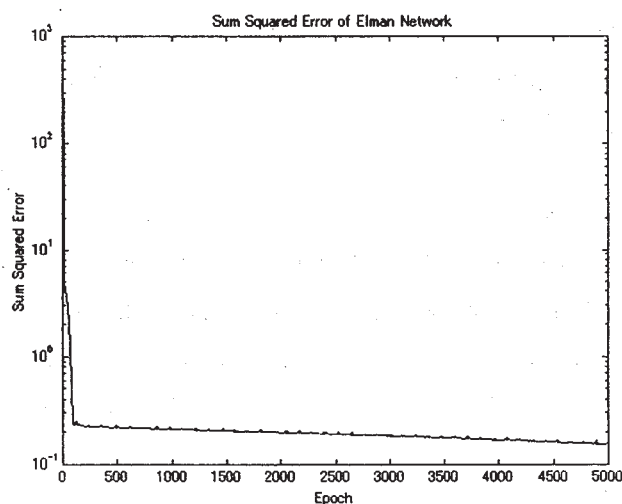


Fig. 3-4-4 学習誤差

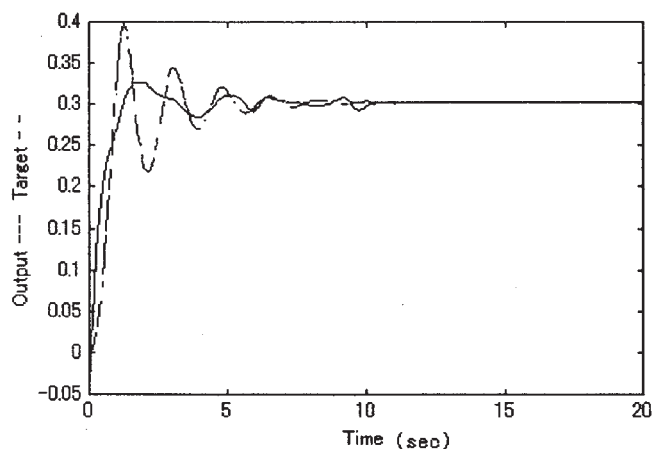


Fig. 3-4-3 Step応答特性

Table 3. 2 システムパラメータ

$m : 1\text{kg}$	$Q : 1.0$
$c : 1.0\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}$	$\omega : 2.0 \text{ rad/s}$
$k : 2.0\text{N}/\text{m}$	外乱 : 0
$\alpha : 30$	

4. まとめ

MATLABは物理現象および社会現象のモデル化や記述が簡単にできる利点がある。データ処理や数式処理が対話的に行え、それらの結果をグラフ、動画として取り出すことができる。制御工学の分野だけではなく、広く工学の分野でC言語やFortran言語を使用しているユーザに第4世代言語として良く用いられている。

今回の研修ではMATLABの機能が多くある中で、MATLAB拡張ソフトであるToolbox内とSIMULINK内にあるNeural Networkのソフトについて、その基本的な使い方の修得を行った。非線形信号データのニューラルネットワークの同定については、正弦波信号データに白色ノイズを付加した非線形信号データについて、ニューラルネットワークを構成して、非線形信号データとニューラルネットワークからの出力との正確な一致を行いその適応を確認した。また非線形制御問題を解く方法については、システムのブロック図を作成し、そのシステムのstep応答について求め、その有効性を確認できた。よってMATLABのNeural Networkソフトの一部分の技術の修得ができた。

5. 今後の課題

MATLAB拡張ソフトでToolbox, SIMULINK内にあり、今回十分修得できなかったNeural_Networkについて、信号解析、非線形動的制御システムの解析などを引き続き行う予定である。またRobust Control, Wavelet, System_Identification解析などのソフトについても理解を深める必要がある。

特に非線形制御問題を解く場合、その系が極めて複雑あるいは数学的に未知な場合についても系の解析が必要とされている。その場合MATLABは解析の有効な手段となりうるし、大学における研究と学生の技術指導上有用なものである。今後さらに広範囲にMATLAB全般にわたり理解を深め、一層の技術修得を計る必要がある。

参考文献

- 1) 小国 力 MATLABと利用の実際 1995 サイエンス社
- 2) The MathWorks, Inc. MATLAB Use's Guide サイバネットシステム社
- 3) The MathWorks, Inc. SIMULINK Use's Guide サイバネットシステム社
- 4) Neural_Network Toolbox 1998 サイバネットシステム社