大規模数理モデルや複合コンポーネントの構築を目的としたデータ可視化プログラミング環境の構築

人間情報学講座

1360001

赤澤文彦

指導教員　佐藤俊治　准教授

1. 背景並びに問題点

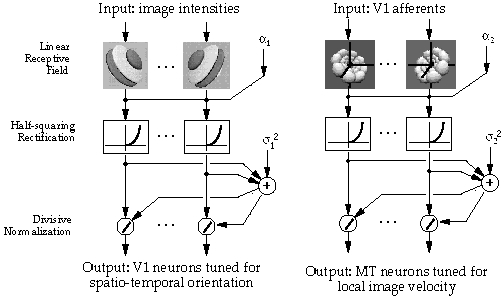
ヒトの情報処理を理解するための手段として、神経細胞特性や知覚特性を記述したり再現したりする数理モデルの構築、並びにシミュレーションによるモデル検証がある。例えば視覚情報処理の分野においては、外界像の動きを計算していると考えられているMT・MST野細胞のモデルがある。特に重要なMT・MST野モデルとしてSimoncelli & Heegerによるモデルがある１）。このモデルは実際にMT・MST野内の視覚神経細胞の性質を精度良く再現することが、シミュレーションの結果から示されており、Matlab言語による数理モデルの実装が公開されている。

図 1 Simoncelli & Heegerの数理モデル

入力

V1野

MT野

出力

図 2 Simoncelli & Heeger数理モデルのMatlabコードの処理を解析した結果

しかしながらNishimotoらによる神経生理学的実験によれば、Simoncelli & Heegerのモデルは十分ではなく、モデルの一部を書き換えるべきだとの結論が得られている2)。Nishimotoらの実験結果を反映させた新しい数理モデルならびに実装を得るためには先程のSimonclli & Heegerモデルで公開されているMatlabソースコードに改良を加える必要がある。その際の一部改変による改良を、実際のプログラミング言語の変更によって実現するためには、次のような手順が必要となる。

* + 1. 論文ベースでのSimoncelli & Heeger数理モデルの理解
    2. 数理モデルを実装したプログラム言語の解読、すなわち論文内容とMatlabソースコードとの対応関係の解読
    3. 改変すべき関数の同定
    4. Nishimotoの知見を反映した新しい関数への置き換え

ここで問題になるのはiiとiiiである。iiについて、図として表現されている処理の流れとプログラムソースコードとの対応関係の調査は、プログラム中に記述されているコメントや関数名・変数名から類推するなどしか方法がないという大きな問題があり、その時間的コストは大きく研究活動において決して無視することはできない問題である。iiiについて、改変すべき関数は多数存在し、同定するためにはそれぞれの関数について比較検討する必要があり、比較検討のためには評価基準が必要である。同様の問題は例えば視覚機能の一つである視覚的注意に関する数理モデルSaliency modelの研究においても生じている3) 4) 5)。

いずれにせよ、視覚は複数の領野と複数種の細胞から構成されており、それに対応する複数の領野や細胞モデルは、新しい知見が得られるたびに改変する必要があるが、これまでのi~ivまでの手段では著しく生産性が悪い。もし、図とプログラムを一対一で対応可能とし、プログラム(数式)の評価システムをも組み込んだ「数理モデル構築のフレームワーク」を構築することができれば、前述した大きな問題iiとiiiを同時に解決することができ、数理モデル研究の建設的な議論と検証に大きく貢献できると思われる。

1. 目的

そこで本研究の目的は、これまでに行われてきた数理モデル構築の新たなフレームワークの構築を目的とする。具体的にはこれまでの図としての数理モデルから具体的な数式や処理を考えて作成し、実際のプログラムソースコードを作成する一方向の実現手法だけではなく、図としての数理モデルと具体的な数式や処理と実際のプログラムソースコードが双方向な対応付けが可能であり、一部数式を変更・修正した場合の比較検討も可能な脳数理モデル構築用のフレームワークの提案を行う。

図 3 提案する新しいフレームワーク

1. 類似研究・手段に付いての検討

本研究の関連研究として類似研究・解決手法として先ずはソースコード解析手法の調査を行っている。主にビジュアルプログラミング6)、またはデータフロープログラミング7) 8)、グラフィカルプログラミング 9)と呼ばれる。

* + 1. Simulink

Matlabと共に動作するソフトウェアのため、公開されている数理モデルがMatlabの場合、改良が容易である利点があるがグラフィカルなUIに表示させるための手順が煩雑であり、構築に時間がかかる欠点がある。

* + 1. LabView

グラフィカルなUIで操作できるため、テキストベースでソースコードを改良するよりも構築が早い利点がある。しかし視覚データベース Visiome に登録されている数理モデルでLabView 実装のものはなく、過去の資源を生かすことができない欠点がある。

新しいフレームワークを提案する歳、GUIはフレームワークの習得や普及には欠かせない要素である。本研究ではフレームワークの実装としてWEBブラウザベースのアプリケーションとする。WEBブラウザはほぼ全てのPC環境に標準でインストールされており、最新のブラウザではユーザーが特段インストールをしなくてもHTML5,JQuery,Ajaxが動作する環境が用意されている。ユーザーは新たにソフトウェアをインストールする必要が無く利便性が高い。またOS依存にはならず単一の開発環境で対応出来るため開発効率を高める事ができる利点もある。更に近年隆盛なタブレットやスマートフォンでも利用が可能なため、より直感的な操作感で数理モデルの改良が可能になる。

対象とする数理モデルはSimoncelli & Heegerの数理モデルとJuddの数理モデルを対象とする。

Simoncelli ＆Heeger数理モデルは直列的な処理が続き、Judd数理モデルは並列的な処理を行う数理モデルであり、先ずはこの2つのパターンに限定して提案した双方向の変換が可能な環境の開発を行う。



図 4 並列的な処理

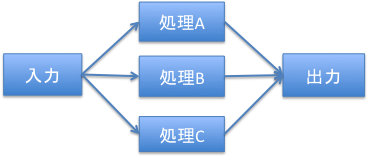


図 5 並列的な処理

1. 現在までの結果

テキストベースのソースコードの字句解析はDOM APIでパース処理を行いやすいKey-Value形式のJSONとし、JQuery,Ajaxでテキストファイルのパース方法を調査検討している。同時にJQuery,Ajaxの機能を利用してブラウザに表示する機能の調査検討も行っている。

1. 考察と今後の予定

2014年10月28日（米国時間）にWEB標準化団体W3CによりHTML5は正式に勧告された10)。HTML5で新たに実装されたドラッグアンドドロップとローカルストレージ機能を利用することでサーバーにファイルをアップロードすることなくローカルPCで完結する環境が構築できればセキュリティ対策としても外部へのソースコード漏洩の危険性が限りなく低くなり有効だと思われる。各主要ブラウザも勧告を受けたことで動作の差異が少なくなり利用できそうな技術は積極的に採用していきたいと考えている。

参考文献

1) E P Simoncelli and D J Heeger, A Model of Neuronal Responses in Visual Area MT. Vision Research, 38(5), pp 743-761, 1998.

2) Shinji Nishimoto and Jack L. Gallant,”A Three-Dimensional Spatiotemporal Receptive Field Model Explains Responses of Area MT Neurons to Naturalistic Movies”, Neuroscience, 31(41):14551- 14564, October 12,2011.

3) Erkut Erdem, Aykut Erdem.Visual saliency estimation by nonlinearly integrating features using region covariances [JoV 2013]

4) Jianming Zhang, Stan Sclaroff.Saliency detection: a boolean map approach [ICCV 2013]

5) Tilke Judd, Krista Ehinger, Fredo Durand, Antonio Torralba.Learning to predict where humans look [ICCV 2009]

6) W.R. Sutherland (1966). "The On-line Graphical Specification of Computer Procedures". MIT.

7) Johnston, W.M.; Hanna, J.R.P. and Millar, R.J. (2004). "Advances in dataflow programming languages". *ACM Computing Surveys* 36 (1): 1–34. doi:10.1145/1013208.1013209. Retrieved 2011-02-16.

8) Johnston, Wesley M.; J.R. Paul Hanna, Richard J. Millar (March 2004). "Advances in Dataﬂow Programming Languages". *ACM Computing Surveys* 36: 1–34.doi:10.1145/1013208.1013209. Retrieved 15 August 2013.

9) Diagrammatic-graphical programming languages and DoD-STD-2167A Bragg, S.D. ; Driskill, C.G. AUTOTESTCON '94. IEEE Systems Readiness Technology Conference. 'Cost Effective Support Into the Next Century', Conference Proceedings. DOI: 10.1109/AUTEST.1994.381508

10) HTML5勧告–オープン・ウェブ・プラットフォームの重要なマイルストーンを達成http://www.w3.org/2014/10/html5-rec.html.ja