

- 得意な言語で開発可
- 並列分散処理可
- MATLAB可



概要・結果

- ヒトの視覚研究のアプローチの1つとして、数理モデルの構築という手法がある。この視覚の数理モデルをスムーズに構築できるプラットフォームがあれば、今後研究されるモデルの開発や修正が容易になると考えられる。
- 視覚数理モデル構築用プラットフォームに必要な機能は、可視化、過去の開発コードの再利用などであることが調査により確認された。
- そこで、我々の研究により視覚数理モデル開発に最適であることがわかっているOpenRTMを、MATLABに対応させることで要求される機能を補う。

本研究により、視覚のモデル研究用に適していると考えられるOpenRTMがMATLABに対応された。MATLAB言語で記述された既存の視覚数理モデルをOpenRTM上で動作させることに成功した。さらに、新たに発見された知見による修正が可能であることを示した。

1. 背景・目的・問題点

視覚数理モデル開発をスムーズにしたい。

視覚数理モデル研究を支援するソフトウェアプラットフォームがあれば、研究・開発の効率が上がる。

- 欲しい機能**
- 既存のモデルを再利用可能
 - 処理結果の可視化
 - プログラミング補助
 - 並列分散処理
 - 複数言語への対応

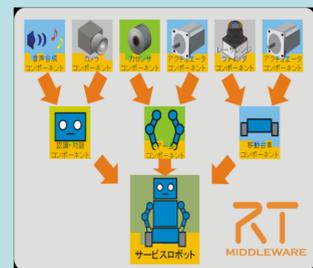
1からすべてを作ることは難しい(実質無理)。

既存のプラットフォームを基盤とし、必要な機能の拡張を行う。

既存のプラットフォームの数々を調査した結果、OpenRTMが基盤として最適であることが分かった。

OpenRTM

ロボットシステムをコンポーネント指向で開発するためのソフトウェアプラットフォーム。



OpenRTM上で視覚数理モデルの開発が可能であることは、我々の近年の研究で確認済み[1]。

OpenRTMは全体を一度に作るのではなく、頭部、腕部、脚部など、パーツごとに作成し結合させることによりロボットを構築する。

視覚数理モデルの構築を支援するプラットフォームを、OpenRTMの拡張により開発する。

OpenRTMを基盤として選んだ理由

- 視覚数理モデル開発用の機能を既に複数持っている
- 多言語に対応している
 - C++
 - Java
 - Python
- コンポーネント指向であること
- 個々のコンポーネントをモデルと解釈可能
- オープンソースであること
 - 多くの研究者が利用
- 並列分散処理が可能

2. 研究のアプローチ

1.1 視覚数理モデルの例

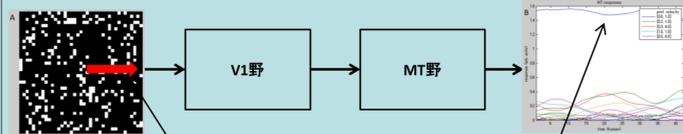
- 視覚的注意
- 文字認識
- 運動知覚
- など

1.2 モデル再利用に必要な要件は何か？

既存の視覚数理モデルをOpenRTM上で再利用する場合、何が必要になるのかを確認するため、SimoncelliとHeegerのモデルを調査した。

SimoncelliとHeegerの運動知覚モデル[2]

- V1野とMT野からなる階層型の運動知覚モデル。
- プログラムが公開されている。
- MATLABで記述されている。



モデルへの入力刺激。ここでは、スピードは1pixel/frameで、方向は0°のドット刺激。

入力刺激に対する出力。スピード1pixel/frame、方向0°(入力刺激)に選択性をもつMT細胞が最も強く反応している。

MATLABで書かれた既存モデルをOpenRTM上で使いたい！

OpenRTMは、MATLABに対応していない。

本研究では、OpenRTMにMATLABに対応させることにより、問題を解決する

3. OpenRTMのMATLAB対応

3.1 MATLAB Compiler

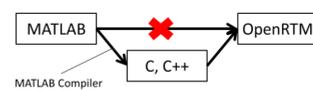
MATLAB言語で記述されているSimoncelliとHeegerのモデルを、本来MATLABに対応していないOpenRTM上で動作させた。

MATLAB Compilerを利用することで実現。MATLABコード(関数やスクリプト)をライブラリ化し、C++から呼び出す。

OpenRTM上でC++を経由してMATLABを利用する。

OpenRTMのMATLAB対応によるメリット

- MATLABで書かれたモデルを再利用可能
- 処理結果の可視化が簡単
- プログラミングが簡単
- 並列分散処理

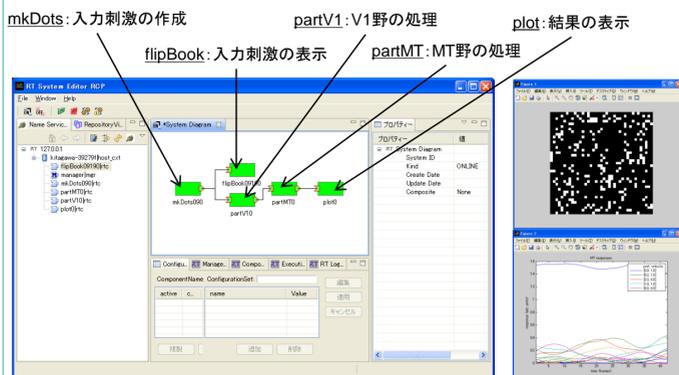


3.2 OpenRTM上でのMATLAB利用

SimoncelliとHeegerのモデルは階層構造を取っている。モデルの処理ごと、つまり脳の領野ごとにコンポーネント形式で分割可能。

SimoncelliとHeegerのモデルはOpenRTM上で分割して実装できる。

これにより、例えばV1野など、モデルの一部の修正を行いたい場合にその部分だけを交換することが可能になる。



SimoncelliとHeegerのモデルをコンポーネント群として実装した。

3.3 OpenRTMとSimulinkとの違い

Simulink
シミュレーションおよびモデルベースデザイン環境(MBD)

OpenRTMとSimulinkとは、何が違うのか？

並列分散処理: 将来、大規模な視覚数理モデル(脳)を作る場合に必要機能
言語: Java, Python可

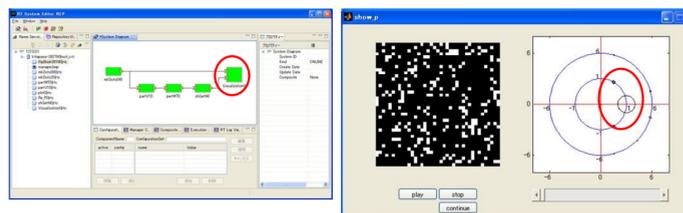
4. モデルの拡張・修正

4.1 可視化

既存モデルについて、さらなる理解や考察のため、モデルの処理結果をより見やすい可視化が必要。

MATLAB GUIもMATLAB Compilerでライブラリ化可能。

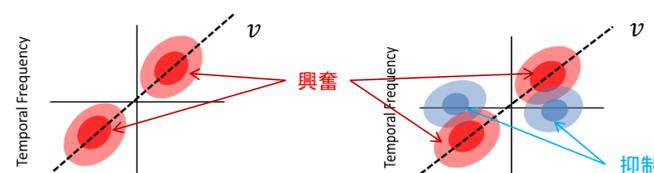
スライダーにより、各フレームごとの反応を確認可能。ボタンにより、再生、停止、続行を選択可能。入力刺激とそれに対する反応を並べて表示



SimoncelliとHeegerのモデルを新しく可視化した

4.2 新たな知見の導入

NishimotoとGallantの実験[3]による新しい知見 -MT細胞には抑制性受容野がある。

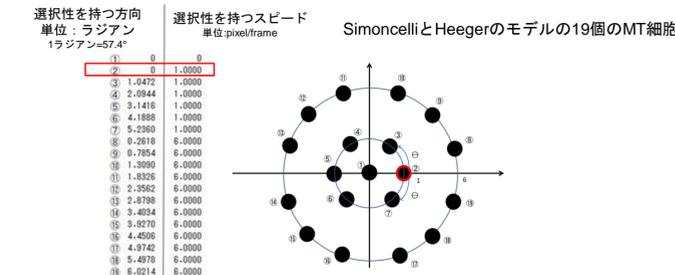


SimoncelliとHeegerのモデル。

可視化コンポーネントを見ると、選択性のない細胞も反応していることがわかる。

V1野とMT野間の重み付けを変更することなく、MT野内での情報処理によりモデルの修正を行った。

4.3 新しいモデル



隣り合う細胞の反応を抑制する (Winner-Take-All)

選択性を持つスピード以外の刺激が入力されたときに抑制される

5. 修正結果の検証

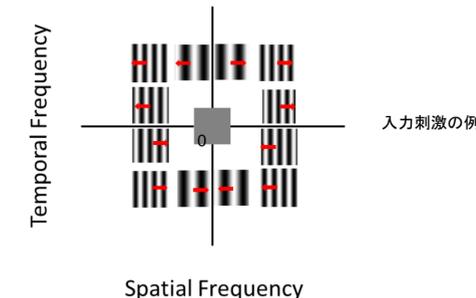


新しい知見によるコンポーネントを追加したSimoncelliとHeegerのモデル。

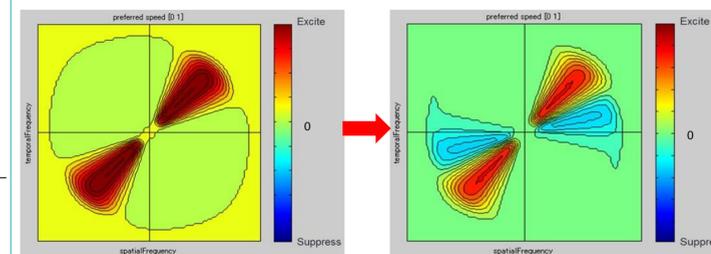
MT野の後に接続し、MT野の出力を調整する形で抑制性を実装した。

5.1 検証方法

新しい知見の導入を確認するため、修正したモデルの出力結果を検証する。方向0°でスピードが1pixel/frameの刺激に選択性をもつMT細胞1つのみに注目し、時間周波数と空間周波数を様々に変えたグレーティング刺激を入力として、MT細胞の反応の様子をプロットした。



5.2 検証結果



SimoncelliとHeegerのモデルのMT神経細胞の受容野図。刺激に対する反応は興奮のみ。

修正したSimoncelliとHeegerのモデルのMT神経細胞の受容野図。刺激に対する反応は興奮と抑制がある。

以上の結果からSimoncelliとHeegerのモデルの修正は、NishimotoとGallantの実験結果を再現しているといえる。

6. 結論

OpenRTM上で既存の視覚数理モデルの動作と修正が可能

参考文献

- 占部一輝, "脳神経系モデル構築を目的としたシミュレーション基盤に関する研究", 電気通信大学大学院修士論文, 2012.
- Laurent Itti, Christof Koch, "A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention", Vision Research 40, 1489-1506, 2000.
- 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.