

機械学習による網膜入出力ニューロン間の結合状態の推定

情報科学科 岩松 立真

指導教員：神山 斉己

1 はじめに

ヒトの網膜は、波長感度の異なる3タイプ(L, M, S)の錐体(cone)が光を受け取り、双極細胞などを介して、網膜神経節細胞(RGC)へと光情報を伝達する。RGCは錐体からの光情報をスパイク列として視覚中枢へと伝達する。錐体-RGC間の結合は非常に複雑であるため、RGCと機能的に結合している錐体の位置・タイプを解剖学的に求めることは困難である。

芹澤 [1] は、錐体-RGC間の網膜数理モデルを構築し、逆相関法を用いた錐体-RGC間の機能的な結合推定を解析した。逆相関法は、網膜への入力刺激と、RGCの出力スパイクを観測するという手法である。数理モデルでは錐体-RGC間の結合状態を任意に設定できるため、機能的結合の推定結果の同定精度を解析することが可能となった。

2 スパイク誘発平均刺激 (STA:Spike-Triggered Average)

STAとは、RGCがスパイク発火する直前の入力刺激の平均であり、どのような刺激が与えられると発火しやすいかという情報が含まれている。STAを算出は逆相関を求めるものである。また、錐体はタイプによって波長感度が異なるため、得られたSTAをRGB成分に分解して解析することで、結合状態にある錐体タイプの推定を行っている(図1)。

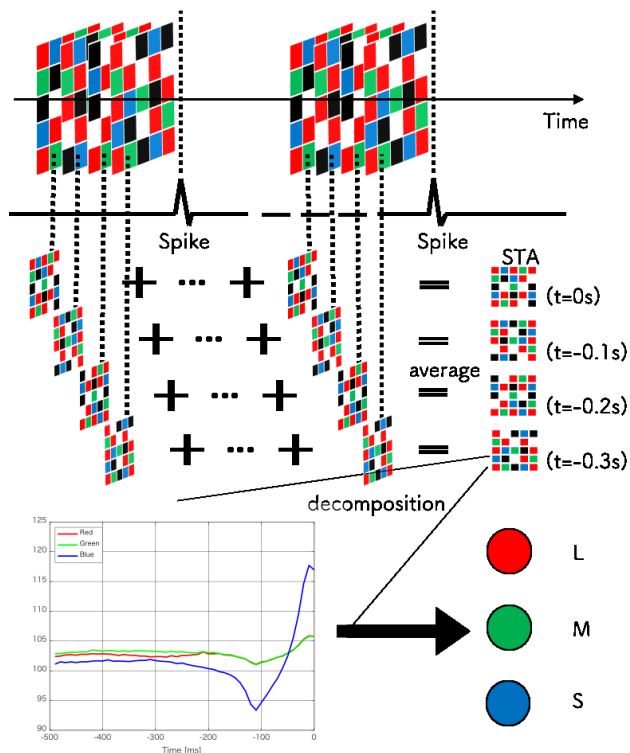


図1 STA算出

RGB成分に分解されたSTAから錐体タイプの判断において、芹澤は各成分の数値的な比較を行った。本来STAはスパイク発火直前の入力刺激を時系列に沿って観測しており、時間は重要な指標の一つである。しかし、各成分の大小比較のみでは時間的な特性を含んでいない。そのため、単一RGC観測時の推定精度は6割程度に収まっている。

そこで、本研究ではSTAから錐体タイプを判断する手法に機

械学習の一つであるLSTMを導入した。LSTMは時間的な特性を含んでおり、判断基準を自動で定められるため、錐体-RGC間の結合状態をより高精度で推定できる。

3 LSTMモデル

機械学習には過去の事象を含んで判断できるLSTMを用いる。入力データの作成は、芹澤が作成した錐体数 25×25 の網膜数理モデルを 5×5 に単純化したモデルで行う。錐体タイプはL, M, Sの3種類、観測スパイク数は10万回とした。各錐体でSTAを算出しているため、1度のシミュレーションで25回STAが得られ、それを4回行いデータ数を100個としている。

得られた100個のSTAと、結合状態の錐体タイプ(正解ラベル)の組を入力データとし、構築したLSTMモデルに与えた(図2)。作成したデータの10%はテストデータ、残りを学習データとした。

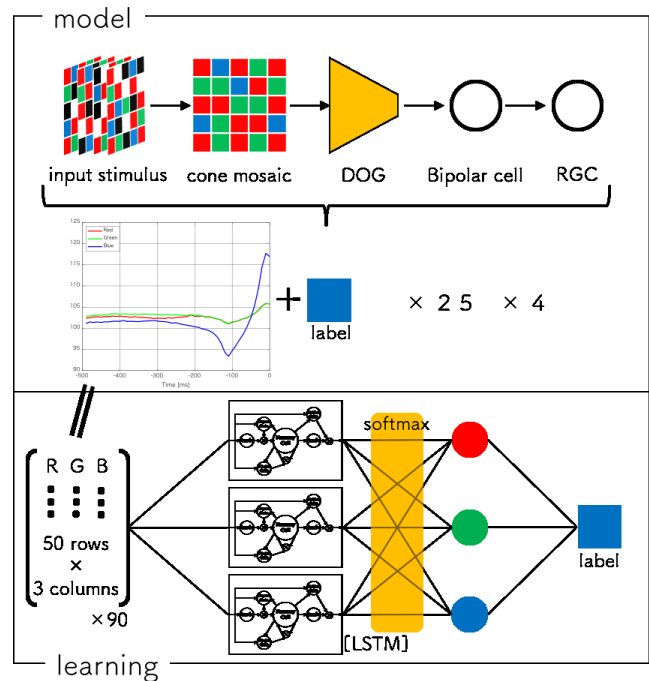


図2 機械学習

テストデータでの正解率は70%(10個中7個正解)と決して精度が高いとは言えないが、今後パラメータの最適化やLSTMモデルの改良によって高精度での結合状態推定が期待される。

4 まとめ

本研究では、単純化した網膜数理モデルを用いてSTAを算出し、構築したLSTMモデルを用いて錐体-RGC間の結合状態の解析を行った。目標としている精度には辿り着いていないが、今後LSTMモデルの改良によって高精度での推定が期待される。今後は結合状態の推定精度向上を目指し、入力データ数の増加やLSTMモデルの改良、パラメータの最適化を行っていく。

参考文献

- [1] 芹澤弘和 (2013), “網膜入出力ニューロン間結合の推定手法に関する研究”, 平成 25 年度愛知県立大学大学院修士論文。