

(様式 4)

別 紙 2

論文審査の結果の要旨

学位申請者 Fernando Subha Danushika

本論文は、「A Stochastic and Competitive Hebbian Learning Mechanism through Spike-Timing Dependent Plasticity to Lift Hard Weight Constraints on Hebbian Synapses (ヘブシナプスの明示的
重み制約を除くためのスパイクタイミング依存可塑性に基づく確率的競合ヘブ学習メカニ
ズムに関する研究)」と題し、6章より構成されている。

第1章「Introduction」では、人工神経回路網研究の現状と課題を整理し、生物学的知見に
矛盾せず、しかも安定的な確率的競合ヘブ学習メカニズムを実現する研究の重要性と必要性
を述べ、本研究の目的と範囲をまとめている。

第2章「Literature Survey」では、文献調査を通して、主に工学的見地から行われてきた人
工神経回路網に関する従来研究をまとめる。また、ヘブ学習メカニズムの不安定性の解決を
目指す多くの既存研究は、重み制約やしきい値操作、あるいは生物学的に不可能な仮説や制
約条件を用いており、学習効率悪化等の問題があることを述べる。さらに、シナプス可塑性
のメカニズムにも言及し、生物学的知見に矛盾しない、安定的な確率的競合ヘブ学習メカニ
ズムが未だ実現されていないことを述べている。

第3章「Background Theory」では、生物学的に矛盾しない提案メカニズムを構築するた
めに必要な神経生物学の基礎と各種理論についてまとめている。ニューロンとシナプス、短期
可塑性、長期可塑性（スパイクタイミング依存可塑性）、ホメオスタティック可塑性などの
シナプス可塑性、シナプス再分配（Synaptic Redistribution）、ステントのアンチヘブ則（Stent's
anti-Hebbian Postulate）、リスマンのアンチヘブ則（Lisman's anti-Hebbian Postulate）等につ
いて神経生物学分野の知見を記述する。

第4章「Mathematical Formulation of the Proposed Mechanism」では、前章で述べた神経生物
学の知見に基づき、シナプス可塑性のメカニズムを数学的にモデル化し、新しい協調的なニ
ューロン構造とネットワークモデルを提案する。具体的には、短期可塑性、長期可塑性、ホ
メオスタティック可塑性を数学的にモデル化することによってヘブ学習を安定化する理論を
構築した。この理論では、学習はレセプタおよびトランスミッタと呼ばれる微小な計算ユニ
ットの複雑な相互作用によって行われ、長期可塑性の結果としてシナプスの重みを学習する
確率的競合ヘブ学習メカニズムを実現する。

第5章「Evaluation of the Proposed Hebbian Learning Mechanism」では、計算シミュレーシ
ョンによって提案メカニズムを評価する。その結果、ヘブ則、ホメオスタティック可塑性、
ステントのアンチヘブ則、シナプス再分配等、神経生物学的に重要な現象を再現することが
できた。また、明示的な重み制約を与えることなく、長期可塑性（スパイクタイミング依存
可塑性）に基づく安定的な学習を実現することができた。

最後に、第6章「Conclusion」では、本研究全体の成果と課題をまとめている。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士（工学）の学位論文とし
て十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 山 田 耕 一