

浅川伸一著：博士（文学）学位申請論文  
「ニューラルネットワークの破壊実験によって表現された  
神経心理学的モデルの考察」に関する審査報告要旨

本論文は、従来、経験科学的色彩の強かった神経心理学の領域に対して、ニューラルネットワークを理論的背景とすることを提案しようとするものである。このことは、ニューラルネットワークを基礎に、神経心理学的に知られる臨床症状を計算論的立場から解釈しようとする試みに他ならない。その試みとは、旧来の神経心理学的解釈を全く新しい理論により統一的に再解釈することを意味する。同時に、このことは質的に異なると思われていた症状群を新しい視点から捉え直す機会を提供することにもなる。これは神経心理学的症状の記載から解釈までのすべてを自然言語のみで行なってきた伝統的な神経学、神経心理学に対していわゆるパラダイムシフトを起こしたことに相当する。日本における神経心理学的アプローチに根本的、理論的問題提起をしている点において本論文は大いに意義があり、労作と言わざるを得ない。

本論文で提示された研究の特徴は以下のように要約することができる。すなわち、神経心理学の分野で従来提案されてきた説明理論モデルはすべてニューラルネットワークで書き換えが可能であり、コンピューター上を実現できる。そして、一旦、コンピューター上を実現されたネットワークはそれを系統的に破壊することにより、脳内が物理的に損傷を受けている状態（神経心理学的症状の発現）と理論的に等価な状態を作ることができる。この破壊実験が神経心理学的症状のシミュレーションとなり、症状の再解釈が可能となるのである。本研究の特徴はここにある。

本論文ではまず、純粹失読症のモデル「2段階読字過程モデル」を提案している。本モデルでは、第一段階で入力された視覚パターンがその形態的特徴に従って分類され、第二段階では入力画像の詳細な特徴に従って、視覚入力に対応する入力画像に依存しない文字コードに変換される。ついで、学習が終了したネットワークに対して破壊実験を行なっている。第2段階の回路を切断すると従来の視覚言語離断仮説がシミュレートでき、障害の程度と文字の認識率に対応がみられた。また、損傷が軽い場合でも認識不能な文字が多いことも示された。さらに、純粹失読症で視知覚障害を合併する場合を雑音付加によるシミュレーションで示している。これにより視覚障害説では雑音の程度に頑健な傾向が示された。これにより純粹失読症の統一的解釈への道が開かれている。

第二のモデルとして「単語の読みにおける労働の分割問題に対する解としてのエキスパート混合ネットワーク」が提案されている。単語の読みに関する2大モデルとして二重経路モデルとトライアングルモデルが従来知られている。

二重経路モデルでは文字を音韻へ変換する直接経路と、不規則単語を読むためのルックアップテーブル付き経路からなる。一方、トライアングルモデルは同時的、相互作用的处理が仮定されている。文字は意味層を介する間接経路と音韻層に文字を送る直接経路の両方の影響を受け、その影響が異なって表現されることを労働の分割問題という。本研究ではトライアングルモデルは直接、間接の2つの経路を有する「語彙の自動分類機構を実現するエキスパート混合システム(ME)」であるとみなすことを提案している。この提案により、二重回路モデルにおけるルックアップテーブルも、トライアングルモデルにおける労働の分割問題も統一的に記述が可能であり、両モデルには本質的相違がないことが示された。このことは伝統的機能モデルがより一般的なニューラルネットワークモデルとして統一的再解釈が可能となったことを意味する。

本論文の第三の研究として「大脳基底核と皮質領野の相互作用を仮定したモデルによるリハビリテーションのシミュレーション」が提示されている。ここでは失語症の回復過程に関するモデルが提案され、言語治療の技法に理論的背景を与えている。まず、言語障害のリハビリテーションでは再活性化、再編成、および再学習の方法を重視している。さらに脳における言語処理には概念系、単語・文章生成系、両者を繋ぐ媒介系(皮質領野)の3系、それに加えて他の感覚経路からの入力系(大脳基底核)の計4つが想定されている。これらの仮定を背景に、まず、学習後のモデルの一部を破壊し失語症をモデル上で表現した。そして破壊されたネットワークを用いてネットワークの再学習をさせた。このことは失語症患者がリハビリテーションをしていることに相当する。本モデルによりリハビリテーションにおける再活性化、再編成、および再学習において、媒介系、および大脳基底核のユニットの再構成、再学習が視覚化して表現できることが示された。これにより、旧来の学習理論の範囲でしか把握できなかった言語治療の技法に計算理論を背景とする理論的根拠が提示されたことになる。伝統的リハビリテーションに対する新しい視点を提供している。

以上の内容により、本論文は博士論文としてのレベルに達しており、博士(文学)の学位を授与するに相応しい論文であると判断される。

2003年12月1日

主任審査委員 福澤 一吉 早稲田大学教授 言語病理学 Ph. D.(ノースウエスタン大学)  
豊田 秀樹 早稲田大学教授 教育学博士(東京大学)  
中川 正宣 東京工業大学教授 文学博士(東京大学)