

氏 名	新 貝 柳 蔵 しん かい りゅう ぞう
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 631 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	The maximum period realized in 1-dimensional uniform neural networks with a refractory period (不応期のある一次元一様神経回路網で実現される最大周期)

(主 査)
論文調査委員 教 授 寺 本 英 教 授 山 口 昌 哉 教 授 高 須 達

論 文 内 容 の 要 旨

神経回路網の理論的研究は、1940年代に McCulloch と Pitts がそのニューロンモデルを提案して以来、多くの研究者により行なわれており、とくに、回路の興奮の時空パターン (reverberation) の解析は1960年代の Caianiello の論文以来、神経生理学や心理学のデータとの対比にも関係して広く研究が行なわれてきた。この分野の研究の特徴は非常に多数のニューロンを扱わねばならない点にあり、例えば、超多元の神経回路方程式を解くことは不可能である。そこで系を統計的に扱ったり、連続的な系と考慮して方程式を立てて解くという方向と、他に、ある規則的な結線構造を持つ特定の系に限定して、離散的かつ決定論的な研究を続ける方向とにわかれる。

本論文は後者の方向に沿うもので、第一歩として、一次元一様構造を扱ったものである。素子のニューロンは McCulloch-Pitts 型で不応期を有するものである。

ここで扱われた回路は任意ではあるが有限個のニューロンから成る系であるから有限オートマトンである。一般に、有限オートマトンに時間的に変化しない外部入力を加えると周期状態に入るが、状態数を増せばいくらかでも長い周期状態に入れることが可能である。また任意の結線を許せば McCulloch-Pitts ニューロンの回路でも長い周期を持つものが存在することが知られていた。

この論文は、不応期を持つニューロンを有限個一列に並べ、各ニューロンの閾値と隣接ニューロンとの結合係数が同一である一様な回路網の興奮パターンの時間的周期を調べたもので、結論として、このような一様回路では周期の最大値 $P_{\max}$ はニューロンの閾値、結合係数、ニューロンの個数、各ニューロンの初期状態に無関係であり、不応期 $R=2$ の場合を除いて、 $P=1$ または $P=R+1$ であるという顕著な結果を得ている。また $R=2$ の場合、ニューロン数を増せば、いくらかでも長い周期の系を構成できるニューロンが存在することを証明した。

研究の方法はセル構造オートマン理論の方法に属し、著者が発案した周期的時空パターンの構成法に特長がある。

- (1)まず3入力の McCulloch-Pitts ニューロンにより実現される3変数論理関数104個を8個のクラスに分類し、各クラスを代表する関数 $f_1 \sim f_8$ のみについて最大周期の問題を解けばよいことを示した。
- (2)不応期 $R=1$ の場合は著者の以前の論文の結果に含まれており、 $P_{\max}=2=R+1$ であることがわかっていた。
- (3) $R=2$ の場合は、実際に6番目の関数 f_6 がいくらでも大きい周期パターンを発生することを示した。
- (4) $R \geq 3$ の場合、上記8個の関数をさらに4つの場合に分け、夫々について、周期的時空間パターンを構成し、 $P_{\max}=R+1$ であることを示した。この周期的時空間パターンの構成法は、系の一端から時間的に逆方向にパターンを構成してゆき、逆方向の一意性がくずれる点で場合分けをしてゆき、最終的に他端の境界に達するというもので、この場合分けの総数が上記4組の関数夫々について、ニューロン数等によらず有限であることを確認するというものである。この手法は著者により他の論文でも応用されている。

論文審査の結果の要旨

この論文は神経回路網の理論的研究に関するもので、とくに、不応期を持つ McCulloch-Pitts ニューロンを有限個一列に並べ、各ニューロンの閾値と隣接ニューロンとの結合関係が同一である一様な回路網について、その興奮パターンの時間的周期を調べたものである。

結論として、このような一様回路網では、周期の最大値 $P_{\max}$ は、ニューロンの閾値、結合係数、ニューロンの個数、各ニューロンの初期状態に無関係であり、不応期 $R=2$ の場合を除いて、 $P=1$ または、 $P=R+1$ であるという顕著な結果を得た。また $R=2$ の場合、ニューロン数の増加につれて周期が無限に大きくなる系の存在を証明した。ここで得られた結果は、単に神経ネット・ワークの系に限らず、一般に多要素系のあらかず空間的作動パターンの伝播についての1つの基礎的な性質ならびに条件を明らかにしたものとして興味あるものである。またここで、申請者が考案した証明方法は多数の素子からなる系の振舞いの解析に有効であり、今後他の問題に利用されることが期待される。じっさい著者はこの論法を、参考論文5における2次元格子状の神経回路についての解析のための足がかりに使っている。

参考論文1は本論文のテーマのもととなったもので、同じく2と3は外部入力周期 q をもつとき系の周期 P との比、 P/q が定数6以下であることを示したものである。参考論文4と5は2次元格子状の回路を扱ったもので、前者は計算機シミュレーション、後者は理論的解析を行なったものである。

本論文は、参考論文とあわせて、申請者のこの分野への重要な寄与をなすものと判断してよい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。