

氏 名	上 林 弥 彦 かん ばやし や ひこ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 226 号
学位授与の日付	昭 和 45 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 電 子 工 学 専 攻
学位論文題目	Several Classes of Sequential Machines, Languages and Related Systems (順序回路, 言語および関連した系のいくつかのクラスについて)

論文調査委員 (主 査)
教 授 前 田 憲 一 教 授 清 野 武 教 授 坂 井 利 之

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、順序回路、言語および関連した系のいくつかのクラスについての研究であり、Ⅲ部9章よりなっている。

第Ⅰ部は第1章から第6章よりなり、順序回路（有限オートマトン）のいくつかのクラスに関する理論的研究の成果について述べている。

第1章は順序回路の基本的な事項、この論文で用いる用語や記号の定義等について述べたものである。

第2章は順序回路の部分クラスで、扱いや記述の比較的簡単な有限記憶順序回路について述べたものである。まず有限記憶順序回路の性質について述べ、つぎに n 状態順序回路の記憶の上限について議論している。記憶の上限については、いくつかの議論がされてきたが、ここで述べている結果は現在知られているうちで最良のものである。記憶の下限に関しては、2 値入力 2 値出力等の特殊なものについての議論はあったが、ここでは多値入力多値出力の一般的な場合の結果を与えている。さらに、有限記憶順序回路の部分クラスである出力記憶順序回路の下限に関しても知られていたものよりも良い結果を得ている。さらに上下限を備えた順序回路の存在することを示している。最後に有限記憶順序回路と他の重要なクラスである情報無損失回路の関係について述べ、情報無損失性の上限についても上記の議論を応用している。

第3章は連続系の可観測回路および可制御回路にそれぞれ対応する可観測順序回路および可制御順序回路について定義し、その性質、相互関係について述べている。従来、可制御な線形順序回路が扱われていたが、ここでは非線形の場合を含む統一的な扱いがなされている。まず基本的定義および性質について述べ、従来混同されていた強連結性と可制御性の差異を明白にしている。また非線形の場合の可観測性、可制御性の最良の上下限を示した。とくに線形の場合は、線形連続系と全く平行な議論のことができることが示され、線形順序回路における Kalman の双対定理が示されている。任意順序回路の可観測または可制御回路による実現法が示され、最後にいくつかの可観測性、可制御性に関する拡張された概念が定義されてい

る。

第4章は順序回路による写像の性質と符号間干渉のある通信路への応用について述べている。すでに知られている情報無損失回路とは異なる写像の、前置型の順序回路が新たに定義され基本的性質が述べられている。符号間干渉のある通信路で2値の信号を送信する場合は、必ず誤りの蓄積しない復号化回路となるような符号化回路の構成法のあることがグラフ理論を用いて示されている。

第5章はいくつかのクラスの順序回路に対する故障検査系列に関するもので、有限記憶、出力可観測、識別可能系列を持つ順序回路を対象にしている。有限記憶・出力可観測順序回路に対する方法は集積回路等で注目されているシフトレジスタ回路に用いると有用である。識別可能系列を持つ順序回路に対しては、既知の方法を基礎にして組織的に短い検査系列をみつけれられるような手法を提案している。

第6章は以上で扱ったいろいろなクラスの順序回路についての相互関係をまとめ、このような方法とは異なった代数的方法による新しいクラスについて述べている。この方法は従来独立に議論されていた2つの代数的方法（線形回路と入力半群的扱い）を共に含む概念である。

第Ⅱ部は言語理論に関するもので第7章および第8章よりなる。

第7章は閉包言語とよばれる言語の新しいクラスについて述べその基本的性質を示したものである。これは従来の書き換え規則の形によるクラスとは異なり、閉包の公理を満足するような操作に対して不変な集合を扱うもので、パターンとその誤り集合やプログラム形の理論に應用できる。特に重要な可換性の閉包によって定義された可換性言語の性質について詳しく議論している。

第8章は有限オートマトンの代数的拡張として考え出された tree オートマトンと 言語理論の関係について述べている。決定性 tree オートマトンをシミュレートする決定性 プッシュダウンオートマトンの存在と、言語における意味割り当てと tree オートマトンとの関係が示されている。

第Ⅲ部は、矢島らによって開発された、情報を両方向に伝送しかつ独立に処理し得る双方向理論回路の合成法と応用に関して述べた第9章よりなっている。

この第9章では、まず素子数が n の回路2つに相当する回路が双方向論理回路では、たかだか $\frac{1}{2}n$ で、できることが示され、つぎに回路を表現する回路行列を用いて回路の等価変換の適用による双方向論理回路の組織的合成法がいくつかの例と共に示されている。種々の遅延線を用いた回路合成が示され、それを用いて一つの連結した回路を双方向論理回路で合成する方法が示されている。双方向論理回路の独自の応用として、片方向に実現すべき回路を実現し、逆方向に故障検査の容易な回路を実現した故障検査能力のある回路の構成が示されている。また、その他の双方向回路の応用が示され、最後に遅延線の信号伝達時間を利用した他の論理回路とその応用が示されている。

最後の結言では、本論文の成果の要約と残された問題点について略述している。

論文審査の結果の要旨

順序回路、言語および関連した系に関する論文は、計算機などのデジタルシステム、PCM 通信などのデジタル通信系などの分野の基礎理論、抽象理論であるが、著者は本論文において、これらの分野の相当広い部分にわたり問題を一般的にとらえ抽象化し、種々普遍的な性質を導くことに成功している。

本論文の第Ⅰ部においては、順序回路の種々のクラスについて考察を加え、従来それぞれ異なった観点から定義されたため、その相互関係についてはあまりよく知られていなかった順序回路の各クラスにつき、それらの観点を整理しなおし、また、いくつかの新しいクラスをも導入し、相互の関係を明らかにしている。それらのうち主要な結果としては

有限記憶順序回路の記憶の上下限について、現在知られているうちで最良の結果を与えている。有限記憶順序回路の各クラスと情報無損失回路およびその逆回路の間の関係を求め、無損失性の上限を明らかにした。

連続系における可観測性と可制御性が順序回路でどのようなになるかを示し、その種々の性質を明らかにした。

順序回路を入出力集合間の写像として扱う立場から新しいクラスを導入し、それによって符号間干渉のある通信路の符号化ならびに復号回路の性質を明らかにしたなどである。

順序回路の故障検査は非常に問題点が多いのであるが、ここでは、シフトレジスタ系の順序回路に対応するものと、一般の状態数の上限を与えた場合について検査の手法を提案している。

従来の線形順序回路や入力半群による順序回路を統一的に扱いオートマトンの分解定理や正規部分群による最小化の方法などを示している。

第Ⅱ部においては、デジタルシステムの入力集合に関係する、また具体例としては、計算機のソフトウェアの基礎と関連のある、言語理論に関し、閉包言語を定義し、いくつかの性質を明らかにしている。これは従来の書き換え規則の形になる言語のクラスとは異なるものであり、プログラムの形式理論に応用できることを示している。これらのうち、特に可換性に留意した可換性言語の性質がある程度明らかにされている。

また、順序回路の代数的拡張である tree オートマトンと言語理論との関係を考察し、それらによって定義される言語のクラスを受理するオートマトンが作れることなどを明らかにしている。

第Ⅲ部においては、順序回路の具体的な例として、従来のものとは異なる情報を双方向的に伝送し、かつ、独立に処理し得る双方向論理回路の組織的な合成法を明らかにしている。双方向論理回路は従来の単方向回路で2回路分の働きをするが、素子数はただかき倍でよいことを示しており、さらに、回路行列を導入することによって組織的に双方向回路を合成することが可能であることを示している。

さらに双方向論理回路の独自の応用として、片方向に目的回路を実現し、逆方向に故障検査容易な回路を実現した、故障検査能力のある回路の構成が可能であることを示している。最後に、双方向回路とオートマトン理論との関連についても、いくつかの性質を明らかにしている。

これを要するに、本論文は従来概念の明確でなかった順序回路、言語およびそれに関連したいくつかのクラスについて理論的に詳細な検討を加えてその性質を明らかにするとともに、その応用面についても数々の新しい事項を示したもので、学術上、実際上貢献するところがすくなくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものとみとめる。