

氏 名	岩 間 一 雄 いわ ま かず お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 665 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 5 月 23 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 気 工 学 第 二 専 攻
学位論文題目	Partially Autonomous Automata, Two-Input/Output-Pair Automata and Their Application to the LABOLINK Network Development (部分自律オートマトンと 2 入出力対オートマトンおよびそれらの 計算機ネットワーク LABOLINK の開発への応用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 矢 島 脩 三 教 授 坂 井 利 之 教 授 萩 原 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、光ファイバ伝送路による計算機ネットワーク LABOLINK の構築に当り新たに採用された 2 入出力対オートマトンモデルに基づく通信インタフェースの設計とその応用、また本モデルの一般化である部分自律オートマトンの理論的解析に関してまとめたものであり、7 章よりなっている。

第 1 章は緒論であり、本研究の目的、動機、内容のあらましを説明し、特に実際のシステム開発から本論文の題目の一部にもなった二種類の新たなオートマトンのモデルを導入するに至った経緯を述べている。

第 2 章では、部分自律オートマトン (PAFA) の基本的性質を議論している。PAFA は一種の非決定性の有限状態変換器であるが、決定性有限状態変換器にその特色である部分自律性を導入することによってその非決定性をえている。この部分自律性は外部入力による状態遷移と共に外部入力によらない自律遷移を定義しうるようにして導入したもので、その遷移が非決定的に選択されるものである。PAFA はよく知られているハフマン型非同期順序回路等をも記述するのに十分な能力を有しており、かつ、非常に簡潔なモデルであることを示している。主要結果の一つとして、PAFA が従来知られている最も一般化された有限変換器 (ST) と一般化された順序機械 (GSM) の中間の能力を有する理論的にも興味の深いオートマトン分野の新しいクラスを形成することが示されている。またその証明において、一つの入力系列に対する長さ l 以下の可能な出力系列の数の上限を計算するという手法を考案している。PAFA の場合、この上限が l の多項式のオーダになるという特色がある。ST と GSM に関しては、それぞれ、 l の指数関数、定数のオーダになる。さらに、PAFA が限定する関係のクラスの閉包性や接続の問題等についても議論している。

第 3 章は PAFA の等価性判定問題に関した章であり、部分自律性が問題を本質的に難しくすることを示している。主要結果として、PAFA の重要な部分クラスである単純 PAFA の等価性判定問題が、入出力記号数をそれぞれ 2 個と 1 個に制限しても $((2, 1) \text{ SPAFA})$ 、非可解になる、即ち、等価性を一般的に判定できるアルゴリズムは存在しないことを示している。本結果は、等価性判定問題が非可解になる

有限変換器のクラスに関する従来の Ibarra による最良結果を真に改良している。従来の非可解性の証明は、 k 全集合問題と呼ばれる部分問題の非可解性を示すことによっていたが、(2, 1) SPAFA の場合それが可解になってしまうので、異なった証明手法を考案している。本章の議論は、有限変換器の等価性判定問題が非可解になる本質的要因を示し、かつ可解と非可解の境界のクラスにせまるというオートマトン理論における重要問題に関する議論となっている。本論文での証明手法を応用して、Ibarra の公開した判定問題のいくつかの非可解性を示している。

第4章では、2入出力対オートマトン (2-IOPA) の基本的性質を主に通信インタフェースを合成する立場から解析している。2-IOPA は通信インタフェースを形式的に記述するために導入されており、そのため、2-IOPA は2つの入出力対を有する順序機械として定義され、それぞれの入出力対が独立のシステムに接続されることを想定してモデル化されている。一方の入出力に接続されるシステムは、他方の入出力対における情報を一般には直接的に知ることはできない、即ち、2-IOPA の動作に関して不完全情報のもとでの解析が行われている。また、2台の離れた計算機を結合する場合には、通常それぞれの計算機側に位置する一对のインタフェースが必要になるので、2台の 2-IOPA を縦続接続した系が重要となり、そのような系の動作の解析や逆に一つの 2-IOPA をそのような系へ分解する手法についても議論されている。

第5章では、2-IOPA に基づいて開発された通信インタフェースの設計手順を述べている。従来の経験と直観に基づく設計に代って、オートマトン理論に基づく組織的手法の試みとなっている。例えば、通信線上の通信手順を、2-IOPA の分解という手法によってある程度自動的に求めている。システムの信頼性の向上のための冗長性の付加についても、いったん冗長性を除いたあとで、有効性のある冗長性を導入している。例えば、2-IOPA の実現に当って出力記憶型の順序機械の採用によって、相手側インタフェースの状態観測を単にシフトレジスタによって行うことが可能になることを示している。本手法を、計算機ネットワーク LABOLINK における2台の計算機間の結合に応用し所期の目的を達成したことを述べている。

第6章では、LABOLINK の設計思想、全体構成、特色を簡潔にまとめている。LABOLINK は星状の接続形態を有する小規模なネットワークであり、個々の開発手法としても、前述のオートマトン理論による通信インタフェースの設計の他に、世界的にも初期に属する光ファイバ伝送路の実用化等多くの特色を有していることを述べている。

第7章は結論であり、本論文の主要結果と今後の課題をまとめている。

論文審査の結果の要旨

計算機ネットワークの通信インタフェースの設計は、従来経験と直観にたよる面が強く、その組織的設計手法が望まれる。本研究は小規模計算機ネットワーク LABOLINK の通信インタフェースの開発に際し、オートマトンモデルを利用して理論的裏付けのある設計を試みたことをその動機としている。このため、新たに2入出力対オートマトン (2-IOPA) を考案導入し、インタフェースの形式的記述と特色のある組織的設計手順の開発を可能とし、実際に LABOLINK の開発に応用されその有用性を確かめている。ま

たさらに、2-IOPA の一つの特色である部分自律性を詳しく解析するため、より簡単なモデルである部分自律有限オートマトン (PAFA) を導入し、いくつかのオートマトン理論的に興味ある結果を得ている。主な成果は次の通りである。

(1) 従来よりよく知られている決定性の有限状態同期順序機械に無信号記号を導入する形で部分自律性を導入し、オートマトン理論の中で興味深い一つの新しいクラスとなる部分自律オートマトン (PAFA) を導入した。これはハフマン型非同期回路を記述するのに十分な能力を有することを示した。

(2) PAFA においては、一つの入力系列に対する長さ l 以下の可能な出力系列数の上限が l の多項式のオーダーになることを見出し、一般化有限変換器が指数関数、一般化順序機械が定数のオーダーをもつことに対比して興味深い結果である。

(3) PAFA の部分クラスである単一出力記号単純 PAFA でさえもその等価性判定問題が非可解となることを証明し、オートマトン理論における重要問題である非決定性有限変換器の等価性判定問題に関する従来の最良結果を真に改良している。

(4) インタフェースの設計は、そのモデルである 2-IOPA の等価変換によって実現されるという立場をとっており、2-IOPA の分解によって 2 台のインタフェースを生成し、その間の通信手順を定めうることを示している。さらに、信頼性の向上に役立たせるため相手側インタフェースの状態観測を出力記憶順序機械の採用によって実現している。本手法を LABOLINK で実用しており長さ 3 のシフトレジスタによって出力記憶を実現している。

(5) LABOLINK の開発では、その基本設計にも参加し、そのネットワーク形態、ハードウェア構成やソフトウェア構成の面でも種々の提案工夫を行っている。

要するに本研究は、計算機ネットワーク LABOLINK の開発に際し、その通信インタフェースの組織的設計手法としてオートマトン理論の手法を試みその有用性を示すとともに、このとき提案された 2 つのオートマトンモデルがオートマトン理論的にも極めて興味ある新しいクラスであり、この分野の幾つかの未解決問題に解を与えたものであり、学術上、実際上貢献するところが少なくない。

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認める。