

氏名(本籍)	河合 滋 (東京都)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第770号
学位授与年月日	平成4年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	超並列処理のための光演算および光インタコネクション
主査	筑波大学教授 工学博士 藤原 史郎
副査	筑波大学助教授 工学博士 谷田 貝豊彦
副査	筑波大学助教授 理学博士 青木 貞雄
副査	筑波大学教授 工学博士 南 日康夫
副査	工業技術院電子技術総合研究所 光技術部長 島 田 潤 一

論 文 の 要 旨

本論文は、著者が提案した新しい並光列演算システムの構成法、それに用いられる並列演算技術と光配線技術、およびこのシステムの応用技術に関する研究をまとめたものである。

光演算システムは、超並列、超高速の新しい情報処理システムとして期待されているが、基本的な要素技術の研究やシステム構成の提案に関する研究が多く、演算システムのアーキテクチャ、要素技術の試作検討、応用ソフトウェアを総合的に検討した研究はほとんどない。この分野の研究を進展させて行くためには、実証的研究が不可欠とされていた。

著者は、光技術を用いた新しい超並列情報処理のためのVRUM (Variable and Recursive Unit Networks)とよばれるアーキテクチャの提案、各要素技術の試作研究、さらに実証的な見地から、光演算システムの研究を行った。VRUMは、二次元の並列的データを処理する演算モジュールとこれの入出力データの配列を変化させる接続モジュールとから構成され、各モジュール内では、単一命令多重データ型処理を実行し、システム全体では多重命令データ型処理が行えるアーキテクチャである。このアーキテクチャを実現するためには、論理演算、数値演算、各構成要素を接続する光インターコネクションやネットワーク、この演算システムを制御するソフトウェアなど、異なったさまざまなレベルの技術を開発しなければならない。

論理演算モジュールとしては、三種の重み係数を利用する並列論理演算方式を提案し、面入力光電融合素子(VSTEP)とマイクロレンズアレイを利用した光学モジュールを試作し、二値二入力の

論理演算が動作速度20MHz_zで実行できることおよび多段接続が可能であることを実証した。また、数値演算法としては冗長二進数表現による並列化数値演算値器を計算機ホログラムを用いて試作し、加算器と乗算器に関して動作確認実験を行った。

並列演算要素や並列メモリ間の接続に用いられる多段のスイッチングネットワークとして、レンズを用いた高光利用効率のネットワーク構成を新たに提案し、マイクロレンズアレイを用いた光スイッチネットワークを試作し、配線原理の確認をした。

各演算モジュールへの制御信号あるいはデータの供給に有効な光バスについても検討した。この光バスは、平板導波路に側面から光を入力して導波路上に配置された受光素子によって光信号を取り出す、ブロードキャスト型のバスである。試作システムでは500mm伝播後の光損失は30dBであり、200mm伝播させたときの帯域は1GHz_zが期待できた。また、二次元光バスの原理確認のため、4台のマルチプロセッサの接続実験を行い、5MHz_zでクロックを分配して安定動作させることが可能であることを実証した。

以上のような演算モジュールや接続モジュールの検討をもとに、各モジュールの駆動方法、データの制御方法やプログラミングなどを検討した。具体的には、演算モジュールに論理演算と否定演算のみの機能を持たせ、接続モジュールには4方向のビットシフトの機能を持たせた場合について検討した。光学的には二組のVSTEPアレイと平板マイクロレンズアレイおよびビームスプリッタによって構成できる。モジュールの中のVSTEPは、受光、発光、保持、リセットの4状態をとり各状態をプログラミングすることによって、画像間演算、局所演算、エッジ検出などの画像演算が実現できる。一例として、8ビットの加算では、48ステップ、2×8ビットの乗算では59ステップで解が得られる。VSTEP素子を、1k個集積し、100MHz_zで動作させると、それぞれの演算は42kOPS (Operation per second)、34kOPSで実現される。また、一つのユニットが4mm³であるとすれば、乗算器は56×44mm³程度と極めてコンパクトな光演算システムが出来ることを示した。

審 査 の 要 旨

超並列光演算システム実現のための具体的アーキテクチャの提案、および、各構成要素の構成を、試作実験をふまえて実証的な見地から研究したことは、新しい試みであり、その成果は実用化システムの開発研究を一步前進させるものである。

よって、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。