



# フーリエ変換を利用した形状認識と光インターコネクションによる高速化アーキテクチャ

安, 哲興

---

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1996-09-30

(Date of Publication)

2015-06-16

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲1587

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3129697>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1001587>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	アン 安	チョル 哲	ファン 興	(大韓民国)
博士の専攻分野の名称	博士(学術)			
学位記番号	博い第261号			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
学位授与の日付	平成8年9月30日			
学位論文題目	フーリエ変換を利用した形状認識と光インターコネクションによる高速化アーキテクチャ			

審査委員	主査	教授	峯本	工
		教授	小野厚夫	教授 金田悠紀夫

### 論文内容の要旨

一般に、形状に関する情報を含む画像情報はそのデータ量が多いために形状の認識過程で莫大な演算量の処理を必要とする。現在、画像情報のような莫大なデータを処理するためにはスーパーコンピュータを用いるか、特殊な光学系を用いるかしない限り実時間で認識処理を遂行する事は不可能である。スーパーコンピュータや特殊な光学系は生産ラインや設備などに経費及び装置容積などの問題で容易に設置できない。現行の電子計算機で形状認識を行う研究のほとんどが、画像データから特徴量を抽出し、参照データの特徴量と合致するかどうかを調べる手法を採用している。すなわち、特徴抽出という前処理を行ってデータの情報を減らした後に、マッチング処理をするという判別過程をとっている。このように極端とも思える一種のデータ圧縮をしなければならない原因は、現在の計算機の逐次処理という構造的問題にあり、処理速度に限界があるからである。また、光学系を用いる手法では、系の特徴である並列処理能力を生かし、画像データの2次元フーリエ変換(FFT)を使用する方法が多い。しかし、光学系では演算速度は速いが、精度が十分でない、演算のプログラミングに柔軟性がない、系への入出力インターフェイスがまだ発達してない、などの問題が解決されていない。並列作用による処理速度の面では、電子計算機は光学システムに及ばないが、全ての問題に柔軟に対応できる電子計算機が圧倒的に普及された現実を看過することはできない。今日、電子計算機のボトルネックである通信の問題を克服し、性能を向上させるため光インターコネクションが考えられてきている。この理由としては、光インターコネクションが、高速性・広帯域性・平面交差配線・空間配線・電磁雑音の影響を受けない等の点で、電気配線と比べて多くの長所を持っているからである。

光の超並列性を利用する光学的パターン認識では2次元FFTに基づいている場合が多い。筆者等の研究グループが開発した二値減算型結合変換相関器(BSJTC)は、多数の参照パターンの存在にもかかわらず他の相関器より光効率、大きな相関信号のサイドローブ、識別能力の面で優れていることが確認された。このBSJTCも2~3回のFFT実行を必要とする。このような状況の下で、本論文では画像データの2次元フーリエ変換を基本とした形状認識手法に関連する研究とこのフーリエ変換を光インターコネクションを用いて比較的小規模の電子計算機で高速に実行するためのFFT専用計

算機アーキテクチャに関する研究をまとめたものであり、本論文は全8章で構成されている。

第1章は緒論で、本研究の背景及び目的を述べている。

第2章は、光学系を用いたパターン認識の各種手法の基本原理と特長を述べ、二値減算型結合相関法(BSJTC)は複数の参照パターンと入力パターンの相関を求める演算を同時に並列処理に実行できる点で有利であることを指摘し、このBSJTCを十分なメモリを搭載した電子計算機で高速に実行する新しいアルゴリズムの提案を行っている。

第3章では、BSJTCの諸特性の中で今までにまだ調べられていなかった雑音に対する特性を調べた。雑音として信号強度に依存するものと依存しないものの2種類のガウス雑音を用意し、これらを信号に加算的に付与した入力パターンを用いてBSJTCからの相関出力信号の変化を調べ、BSJTCが従来の二値結合相関法より優れていることを示した。雑音の標準偏差値が入力信号最大強度の1/80程度になると、自己相関信号のピーク値およびS/Nは両者とも雑音を含まない場合の約1/2に低下することがわかり、BSJTCは比較的雑音に強いことがわかった。

第4章では、複数の子音、母音、複合子音及び複合母音からある規則にしたがって構成されている定型体ハンゲル識別にBSJTCの利用を試みた。したがって、参照パターンにこれら多数の子音と母音を、それらが定型体文字の中で配置される位置に関する知識データも反映されてくるように並べて、未知入力ハンゲルとの相関信号を求める。強い相関信号出力の出る子音及び母音の参照パターンと定型体ハンゲルの構成原則に関する知識から、入力ハンゲルを特定する。参照パターンの配置の仕方等にまだ検討を要する問題点が一部残っているが、このような手法で定型体ハンゲルをほぼ成功的に識別できると結論し、入力パターンと多数の参照パターンを同時照合するにBSJTCが有効であることを、再び実証している。

第5章は、現在の電子計算機の演算速度を制限している問題要因がデータ伝送方式にあることを指摘し、多くの特長を持っている光インターコネクションを導入することによってこの問題が改善できることを指摘した。そして、計算機のボード間光インターコネクションに光閉じ込め空間型インターコネクションを利用することを提案した。

第6章では前の5章で提案した一点発信・複数点同時受信の光インターコネクションに基づいて現行の技術レベルで実現可能な光インターコネクションの方式として、高反射率を持つ2枚の円形薄板を、情報処理単位のビットの数だけ積層して構成するインターコネクションを提案した。このインターコネクションは、波長多重方式でデータ伝送することにより多数点間の同時多重通信が可能であり、隣り合うのボード間通信において信号クロストークをなくすることができる。この光インターコネクションの有効性を基礎実験で示し、種々の並列コンピュータのアーキテクチャへの応用を提案した。

第7章では、前章で提案した高反射率積層板を用いた波長多重光インターコネクションを4波長多重を用いる光インターコネクションにすると、データの流れが2次元FFTのバタフライネットワークにおけるデータの流れとうまく対応することを示し、高反射率積層板を利用した高速2次元FFT専用コンピュータのアーキテクチャを提案している。このアーキテクチャに従って構成する専用コンピュータを用いた場合に、サンプル点数 $M \times M$ の画像データをフーリエ変換するのに必要な浮動小数点演算の掛算の回数を見積もっている。そして、181MFLOPSの演算性能を持つプロセッサを搭載した16枚のボード間を本論文で提案された光インターコネクションで接続したとして、 $1024 \times 1024$ のサンプル点を持つ画像データのフーリエ変換をビデオレートで実行するためには、光インターコネクションにおける通信のための信号変調周波数は32.8MHzとなることを示している。プロセッサおよび光通信の変調周波数に関するこれらの性能は現在の技術で十分に達成できており、提案されたアーキテ

クチャの専用コンピュータは実現可能であり、BSJTCによる形状認識が各分野で実用化されるようになると期待している。この光インターコネクションを用いた専用計算機によるFFTの高速実行はBSJTCの有用性を増大させるようになると考えられる。また、この提案されたFFT専用計算機アーキテクチャは、そのまま一般の超並列計算機アーキテクチャとして使用できることも一つの大きな特徴であると言える。本論文で構想・提案されたFFT専用計算機は試作（制作）費の問題が解決され、実際に作ることが今後の課題として残っている。この方式の並列計算機が完成されると、FFT専用計算機だけではなく画像・医用画像の高速処理マシンと電子ホログラフィにおける干渉縞の高速生成マシン及び高速グラフィックディスプレイ処理マシン等として大きな役割をすると期待できる。このアーキテクチャを利用した実際的な計算機の出現が強く望まれる。

第8章では本論文全体のまとめを述べている。

## 論文審査の結果の要旨

画像情報を用いた形状認識の実時間処理の実用化への期待が近年の電子計算機の進歩とともに徐々に大きくなってきている。形状に関する情報を含む画像情報はそのデータ量が多いため形状の認識過程で莫大な演算量の処理を必要とする。したがって、今日ではスーパーコンピュータを用いるか、特殊な光学系を用いるかしない限り実時間で認識処理を遂行する事は不可能である。スーパーコンピュータや特殊光学系は生産ラインや店頭などに経費及び装置容積等の問題で容易に設置できない。現在、電子計算機で形状認識を行う研究のほとんどが、画像データから特徴量を抽出し、参照データの特徴量と合致するかどうかを調べる手法を採用している。また、光学系を用いる手法では、系の特徴である並列処理能力を生かし、画像データの2次元フーリエ変換を使用する方法が多い。しかし、光学系では演算速度は速いが、精度が十分でない、演算のプログラミングに柔軟性がない、系への入出力インターフェイスがまだ発達していない、などの問題が解決されていない。このような状況の下で本論文では画像データの2次元フーリエ変換を基本とした形状認識手法に関連する研究とこれを比較的小規模の電子計算機で高速に実行するための計算機アーキテクチャーに関する研究をまとめたものであり、論文は全8章から成っている。

第1章は緒論である。

第2章は、光学系を用いたパターン認識の各種手法の原理説明と特長をまとめ、著者等の研究グループが開発した二値減算型結合相関法（BSJTC）は複数の参照パターンと入力パターンの相関を求める演算を同時に並列処理で実行できる点で有利であることを指摘し、このBSJTCを電子計算機で高速に実行する新しいアルゴリズムの提案を行なっている。

第3章では、BSJTCの諸特性のうちでこれまでにまだ調べられていなかった雑音に対する特性を調べている。雑音として信号強度に依存するものと依存しないものの2種類のガウス雑音を用意し、これらを信号に加算的に付与した入力パターンを用いてBSJTCからの相関出力信号の変化を調べ、BSJTCが従来の二値結合相関法より優れていることを実証した。

第4章では、BSJTCで定型体ハンゲル文字の識別を試みている。定型体ハンゲルは複数の子音・母音および複合子音・母音からある規則にしたがって構成されている。したがって、参照パターンにこれら多数の子音と母音を、それらが定型体文字の中で配置される位置に関する知識データも反映されてくるように並べて、未知入力ハンゲルとの相関信号を求める。強い相関信号出力のでる子音および母音参照パターンと定型体ハンゲルの構成規則に関する知識から、入力ハンゲルを特定する。参照

パターンの配置の仕方等にまだ検討を要する問題点が一部残ってはいるが、このような手法で定型体ハンゲルをほぼ成功裏に識別できると結論し、入力パターンと多数の参照パターンを同時照合するにBSJTCが有効であることを、再び実証した。

第5章は、現在の電子計算機の演算速度を制限している問題要因がデータ伝送方式にあることを指摘し、光インターコネクションを導入することによってこの問題が改善される可能性を指摘している。そして、以後の章で議論する計算機アーキテクチャーのボード間光インターコネクションに光閉込め空間型インターコネクションを利用することを提案している。

第6章では、光閉込め型インターコネクションとして高反射率の平行反射板間の自由空間を利用する方式の光配線を提案し基礎実験を行なって一点発信・複数点同時受信方式のデータ通信が可能であることを示した。また、この方式のインターコネクションに利用する光の波長を多重化する技術を導入することによって、多数点間の同時多重通信が可能であることも強調している。基礎実験の結果にもとづいて、ボード間データ通信を上記の平行反射板を必要ビット数だけ重ねた高反射率積層板によって結合することを提案した。そして、高反射率積層板による波長多重光インターコネクションの並列コンピュータアーキテクチャーへの応用を提案した。

第7章では、前章で提案した高反射率積層板を用いた波長多重光インターコネクションを4波長多重光インターコネクションにすると、データの流れが2次元高速フーリエ変換（FFT）のパタフライネットワークにおけるデータの流れとうまく対応すること示し、高反射率積層板を利用した高速2次元FFT専用コンピュータのアーキテクチャーを提案した。このアーキテクチャーに従って構成する専用コンピュータでサンプル点数 $M \times M$ の画像データをフーリエ変換するのに必要な浮動小数点演算の掛算の回数を見積った。そして、181MFLOPSの演算性能を持つプロセッサを搭載した16枚のボード間を光インターコネクションで接続したとすると、光インターコネクションにおける通信のための信号変調周波数は32.8MHzとなり、 $1024 \times 1024$ 点のサンプル点を持つ画像データのフーリエ変換をビデオレートで実行できると見積もった。プロセッサおよび光通信の変調周波数に関するこれらの性能は現在の技術でも十分に達成できており、提案されたアーキテクチャーの専用コンピュータは実現可能であり、BSJTCによる形状認識が各分野で実用化されるようになると期待している。

第8章は本論文全体のまとめを述べている。

本研究は、形状認識に関する技術の開発およびこれを実行するための並列電子計算機アーキテクチャーの発展に貢献する価値ある知見の集積であると認める。よって、学位申請者安哲興は博士（学術）の学位を得る資格があると認める。