

高速パターン識別光システムの研究開発

高速パターン識別 G リーダー
松岡克典 (産業技術総合研究所)

1. 研究の目的

実世界のパターン認識ができる知的ロボットの視覚機能の実現を目指して、多重相関光学系を用いた高速パターン識別光システムの開発を行う。従来の手法ではパターンの識別能力が低いため、実世界シーンに含まれる背景などによって偽信号が生じ、実世界での正しいパターン検出が困難であった。そこで、100種類の相関演算を用いることにより、1兆種類以上のパターンを識別する能力をもつパターン識別光システムの開発を行い、実世界でのパターン認識能力について評価する。

2. 研究テーマの内容の概要説明

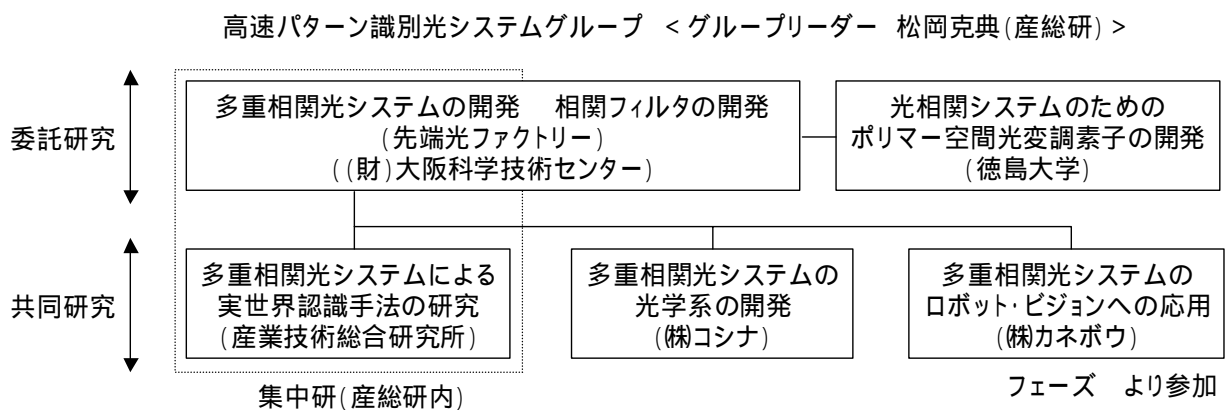
2.1 フェーズ (平成9年度～平成11年度)

フェーズでは、相関演算用の相関フィルタの設計手法を開発し、微細加工技術を用いて相関フィルタ光学素子として作製する技術を確立する。また、25種類程度の相関演算を同時に実行する小規模システムを試作し、フェーズでの集積化素子開発の設計指針を得る。

2.2 フェーズ (平成12年度～14年度)

フェーズでは、微細加工技術による光集積化技術を用いてシステムの小型化を図ることにより、多重相関演算をサイクルタイム30Hzで実行する能力をもつ光システムを開発し、その能力評価を行う。

2.3 研究開発体制と分担



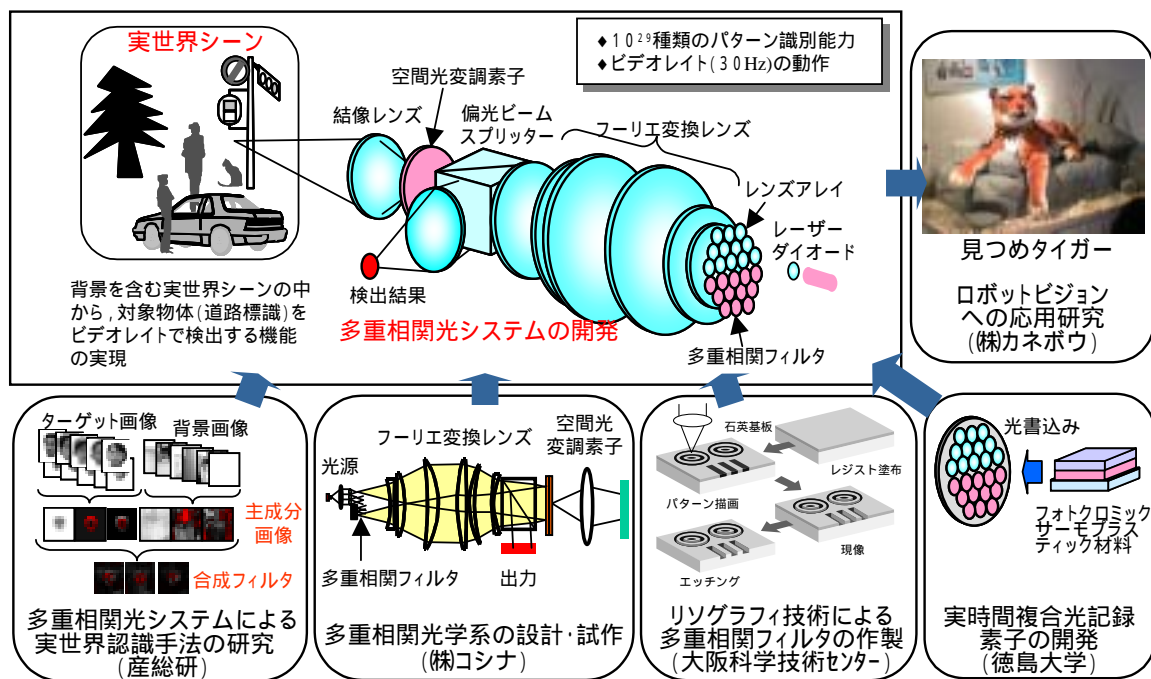


図3 多重相関パターン識別光システムの研究開発の概要

3. 5年間の研究成果

背景などを含む実世界像の中から対象物体を検知することのできる光システムの開発を目指して、多重相関演算によるパターン識別を行う光システムを開発し、実世界で応用できることを示した。具体的には、以下の研究を行った。

1) 多重相関パターン識別手法の開発

多重相関パターン識別の能力を決定する多重相関フィルタの設計手法として、トレーニング画像の主成分画像を用いる方法を提案し、その有用性を確認した。多重相関フィルタを設計するツールを開発し、具体的対象画像に対して多重相関フィルタを簡便に設計する手法を開発した。

2) 多重相関光システムの開発

多重相関光学系の光学設計を行い、性能の高いフーリエ変換レンズを設計することができた。また、試作光学系を用いて多重相関光システム(全長1100mm)を開発し、多重相関演算により実世界でのパターン検知ができることを確認した。開発システムでは約80msecの応答速度が確認できた。

また、光学システムの小型化の検討を行い、全長600mmの小型版の光システムを開発するとともに、全長120mmの超小型版のシステム設計ができた。

3) 多重相関光システムのロボットビジョンへの応用

試作した多重相関光システムをロボットビジョンに応用して、そのシステムの安定性・応用可能性について評価した。虎形ロボットを開発し、その視覚機能に多重相関光システムを用いた。実世界の中で人の多重相関光システムを用いて顔を検知して、その人を見つめるように虎の顔を動かすことに成功した。開発システムを展示して成果普及に努めるとともに、その展示の中で10日間以上に渡って安定した動作が確認できた。

4) 多重相関光システムのための空間光変調素子の研究

多重相関光システムでの画像入力部や相関フィルタ部に必要となる高性能のポリマー空間光変調素子を実現することを目指して、サンドイッチ形フォトリフラクティブポリマー素子とサーモプラスチック光記録素子の研究開発を行った。2光波を用いたフォトリフラクティブ効果の高い素子を開発することができた。また、サーモプラスチックとフォトクロミック材料を組み合わせた新しいハイブリッド形空間光変調素子を開発することができた。この素子により、多重記録が可能なことを検証した。

個別研究の成果を各研究フェーズ毎に分けてまとめると、以下のようになる。

3.1 フェーズの研究成果（平成9年度～平成12年度）

相関演算用の相関フィルタの設計手法を開発し、微細加工技術を用いて相関フィルタ光学素子として作製する技術を開発した。また、多重相関光システムを試作し、その機能の検証を行った。

(1) 高速パターン識別光システムの開発（大阪科学技術センター，産総研）

(株)コシナで試作した多重相関光学系に画像入力部と画像出力部を加えた多重相関光システムを開発し、その基本性能を評価した。焦点距離200mmのフーリエ変換レンズを用いて、多重相関光システムのタイプを試作した。また、多重相関フィルタアレイとピーホールアレイを並べた多重相関フィルタ素子を、電子ビーム描画装置を用いたリソグラフィ技術によって作製する方法を開発した。そして、アルファベットを識別する多重相関フィルタを作製し開発システムに組み込んで、多重相関演算によるパターン識別性能を評価した。コンピュータシミュレーション結果との比較から、所望の多重相関演算が試作光システムで実現できていることが確認できた。

(2) 多重相関光システムによる実世界認識手法の研究（産総研）

多重相関演算によるパターン識別手法を確立するために、従来の単独相関演算を用いたパターン識別手法との比較を行い、多重相関手法の優位性を明らかにした。そして、単独相関フィルタの設計手法を用いて多重相関フィルタの設計を行い、人の顔を検知する多重相関フィルタを設計した。また、多重相関演算を実行する光システムの概念設計を行い、(株)コシナでの光学設計に繋いだ。

(3) 多重相関光システムの光学系を開発（(株)コシナ）

多重相関光システムの概念設計を受けて、光学システムの光学設計および試作を行った。フーリエ変換レンズの設計においては、光軸上および光軸外においてスポット径が $3.3\mu\text{m}$ 以下の高性能レンズを設計することができた。これは、従来の写真光学系の10倍から100倍の高い結像性能をもつものである。

(4) 光相関システムのためのポリマー空間光変調素子の開発（徳島大学）

高性能のポリマー空間光変調素子を実現することを目指して、サンドイッチ形フォトリフラクティブポリマー素子とサーモプラスチック光記録素子を試作し性能評価を行った。フォトリフラクティブポリマー素子では、半導体レーザーとHe-Neレーザーを同時照射して光ポーリング効果を発生し、フォトリフラクティブ効果を増強できることが分かった。また、加熱・放電時間を自動制御できるサーモプラスチック光記録システムを開発し、サーモプラスチック光記録素子の空間周波数特性がサーモプラスチック層の成膜時の溶液濃度に依存していることを明らかにした。

3.2 フェーズ の研究成果（平成12年度～14年度）

多重相関フィルタの新規設計手法を開発した。また、開発した多重相関光システムの応用研究として、顔を検知して動作するロボットビジョンシステムの開発を進め、実世界での動作検証と機能検証を行った。

(1) 高速パターン識別光システムの開発（大阪科学技術センター，産総研）

人の顔を識別するための5種類のフィルタパターンを記録した多重相関フィルタ素子を開発し、試作システムに組み込んで、その性能を評価した。コンピュータシミュレーション結果と良い一致が得られ、開発システムの実世界での適用可能性を確認できた。また、システムの小型化を進め、焦点距離80mmのフーリエ変換レンズを用いたタイプシステムを開発した。また、全長12cmの超小型システムのシステム構成を考案し、光学設計を行って、実用化に向けたシステム提案を行った。

(2) 多重相関光システムによる実世界認識手法の研究（産総研）

多重相関フィルタの耐雑音性とパターン識別性の観点から、トレーニング画像の主成分画像を用いた設計手法を提案し、その有用性を明らかにした。また、この設計手法を実行する設計ツールを開発し、簡便に多重相関フィルタを設計することを可能にした。そして、多重相関パターン識別の動作をシミュレーションするソフトウェアを開発し、多重相関パターン識別手法の事前評価を可能とし、開発システムの応用展開を図った。

(3) 多重相関光システムの光学系の開発（株コシナ）

多重相関光システムの光学系の評価を進め、試作した光学システムが、入力画像のもつ分解能12LP/mmを上回る画像解像性能を有することを確認した。これにより、所望の特性を有する光学系が作製できていることを検証できた。

(4) 多重相関光システムのロボットビジョンへの応用研究（株カネボウ）

開発した多重相関光システムをロボットの視覚機能に利用して、人の顔を検知しながら、その人を見つめることができる虎形ロボットを開発した。本ロボットの試作により、複雑な背景である群集の中で多重相関光システムを用いて人の顔を検知できること、その検知信号を用いてリアルタイムで虎の顔を動かすことができることを実証できた。開発システムは、10日間以上の展示においても安定した動作が確認できた。

(5) 光相関システムのためのポリマー空間光変調素子の開発（徳島大学）

サーモプラスチックとフォトクロミック材料を組み合わせたハイブリッド形空間光変調素子を開発した。開発した素子では、従来の空間光変調素子では困難であった情報の追記記録が可能になった。これにより、多重相関光システムにおける多重相関フィルタ面での追記記録素子としての可能性が示された。

4. 研究目標に対する達成度

100種類の相関演算を同時に行う光学システムの検証には至らなかったが、多重相関演算によるパターン識別を実現する光システムを開発できたこと、それを実世界でのパターン認識に応用できることを明らかにできたことは、当初予定していた基本機能を実証する目標を達成できたといえる。処理速度に関しては30msecを当初目標としたが、使用した空間光変調素子の応答速度の限界から80msecしか達成できなかった。これは、応答速度の速い空間光変調素子が入手可能になった時点で置き換えることにより問題解決できるもので、基本的には30msecの応答時間を達成できる見込みを得ることができた。

以上のことから，本研究開発の達成度は約80%程度と考える．

5．成果活用に関する報告

【関連特許】

- 1) 光情報処理システム，松岡克典，一岡芳樹，特許第2542487号（平成8年7月25日）
- 2) 多重相関を用いたパターン認識システム，松岡克典，岩城忠雄，笠間宜行，武居利治，山本正美，米田康司，松本光晴，加藤浩巳，一岡芳樹，西原浩，西田信夫，特願平8-254858（出願日：平成8年(1996)9月26日）
- 3) 相関演算光学装置，笠井一郎，松岡克典，平成14年6月26日出願（特願2002-186167）

【成果公開・展示】

- 1) “見つめタイガー”展示，ロボットフェスタ関西2001，大阪国際会議場，2001年7月20日～7月29日
- 2) “見つめタイガー”展示，産総研関西センター一般公開，産総研関西センター，2001年9月28日
- 3) “見つめタイガー”展示，テラ光情報基盤研究成果発表会，大阪科学技術センター，2002年11月20日
- 4) “見つめタイガー”展示，国際新技術フェア2001（日刊工業新聞社），東京ビッグサイト，2001年11月13日～15日
- 5) “見つめタイガー”展示，産総研関西センター一般公開，産総研関西センター，2002年8月2日
- 6) “見つめタイガー”展示，テラ光情報基盤研究成果発表会，大阪科学技術センター，2002年10月28日
- 7) “見つめタイガー”展示，梅田センタービル1階，2002年9月13日～11月20日

6．フェーズ（5年終了後以降）の取り組みの予定

研究成果を見て分かる形で世の中に示すことにより，具体的な産業界への応用展開を模索する．具体的には，開発したロボットシステムである見つめタイガーの展示を通じてハードウェアとしての多重相関光システムの成果公表を進めるとともに，多重相関パターン識別手法のシミュレーションソフトを公開することにより，産業界での具体的課題に対する開発手法の適用可能性を評価する手段を提供して，技術の成果普及・展開を図る．

産業界からの技術的問合せについては，（独）産業技術総合研究所が窓口となり，共同研究，技術指導あるいは補助金事業への展開を進めて，成果の実用化を図る．