

2 光波混合ノヴェルティーフィルターの ロボット視覚制御への応用に関する基礎研究

Fundamental Study of Application of TWM Novelty Filter to Optical Sensor for a Robot

代表研究者 名古屋大学大学院工学研究科電子機械工学専攻講師 原 豊
Assistant Professor, Dept. of Electronic-Mechanical Engineering,
Graduate School of Engineering, Nagoya Univ.
Yutaka HARA

An optical novelty filter was developed for the purpose of controlling machine vision, based on the two-wave mixing (TWM) method in a photorefractive crystal BaTiO₃. By inputting simple animated images by a liquid crystal panel, the output response of the optical novelty filter was examined. It has been shown that the selective detection of moving objects is feasible by dividing the output plane of the optical novelty filter into some partitions and comparing the output-light intensities received by each partition.

研究目的

人間あるいは一般に動物は、動いている物体に興味を示し、その方向に目を向ける。この動作は、何気ないようでありながら、それを人工的に実現させようとする、現在の進んだ技術を持ってしても難しいものがある。コンピュータの利用による画像処理は、近年大いに進み、あらゆる所で利用されているが、画像の持つ膨大な情報量のため、リアルタイムで処理を行い種々の制御に利用するには、情報量を減らしたり簡単な処理のみを行うなど工夫が必要である。これに対して、レンズ系などを用いた光学的なアナログ処理は、本質的に並列処理であるので、画像情報の実時間処理に向いている。特に最近、光誘起屈折率効果（フォトリフレクティブ効果）を用いた光演算などが注目を浴びており、様々な分野

への応用が期待されている。

本研究では、光誘起屈折率効果を示すチタン酸バリウム単結晶を用いて、2光波混合（TWM: Two-Wave Mixing）法による光ノヴェルティーフィルターを構成し、動画像抽出の基礎的実験を行う。液晶パネルにより種々の画像情報をノヴェルティーフィルターに入力してその応答特性を調べ、ロボット視覚の方向制御などへの応用の可能性について調査を行う。最終的には、より生物にちかい知覚動作ができるロボットビジョンの実現を目標とする。

研究経過

光誘起屈折率効果とは媒質に光を照射した場合に、光強度に応じて媒質の屈折率が局所的に変化する現象であり、電気光学効果を有する多くの強誘電性結晶において確認されている。本研究で用いたチタン酸バ

リウム (BaTiO₃) 単結晶は、比較的低いレーザー光強度で強い光誘起屈折率効果を示すフォトリフラクティブ媒質であり、応答時間は数ミリ秒から数秒である。光ノヴェルティーフイルターの構成には様々な方法があるが、本研究では、構成が簡単な2光波混合法を採用した。図1に示すように、2本のコヒーレントな光ビーム (プローブ光と参照光) をチタン酸バリウム単結晶の中で交差させると、光の強度分布 (干渉縞) が生じ、光誘起屈折率効果によって、干渉縞に相似した屈折率分布が形成される。この屈折率分布が回折格子として働き、参照光の一部が回折され、透過プローブ光と同方向に伝搬する。このプロセスはプローブ光と参照光によるホログラムの書き込みと、参照光によるホログラムの読み出しを同時に行っているリアルタイムホログラフィーと解釈できる。特にチタン酸バリウム単結晶を外部電場無し状態で用いた場合には、透過プローブ光と回折参照光の間に180度の位相ずれが生じ、定常状態において2つの光強度が等しくなるように調整しておく、透過プローブ光と回折参照光は互いに打ち消し合い、出力光をほとんどゼロにすることができる。この状態においてプローブ光強度に変化が生じた場合、回折格子の状態はすぐには変化できないため、つまり光強度に対応した屈折率分布が形成されるまでに時間を要するため、出力光は完全には打ち消されなくなる。このため、プローブ光が画像情報を含んでいる場合には、画像中で変化が起きている部分すなわち動いている部分だけが出力光として現われる。図2に本研究で構成した光ノヴェルティーフイルターの概要を示す。1つのレーザー光源から出た光ビームをビームスプリッターによって参照光とプローブ光に分ける。プローブ光は空間フィルターによって波面を整える

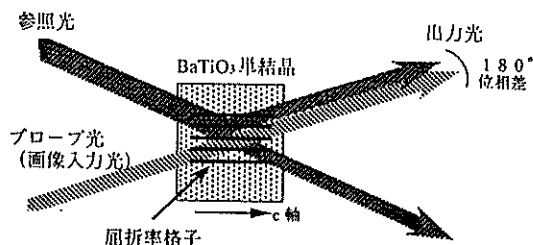


図1 光ノヴェルティーフイルターの原理

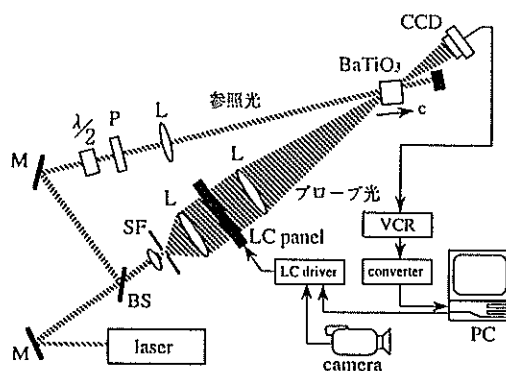
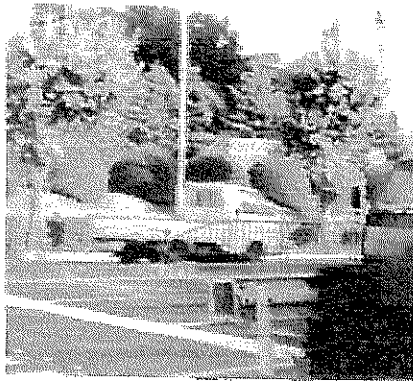
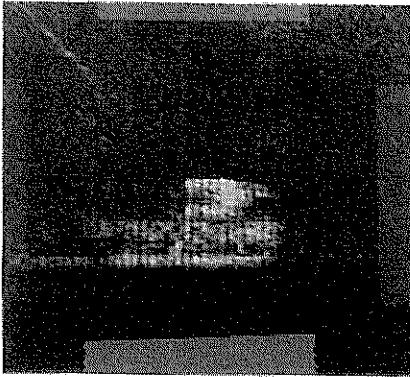


図2 実験装置

とともにビーム直径を拡大し、液晶パネルを通過させることによって画像情報の入力を行った。液晶パネルには、ビデオカメラで撮影した画像がリアルタイムで入力できるほか、定量的応答調査のため、コンピュータで作成した画像も入力可能である。結晶を通過した出力光はCCD素子で検出してビデオデッキで記録しておき、必要に応じて出力画像をビデオフレームメモリを介してコンピュータに転送し解析を行った。なお、実験装置全体は振動除去のため除振台上に構成しており、空気の揺らぎによる影響を除くため装置全体には覆いをしている。また、結晶中における余分な散乱や反射により出力画像が劣化するため、結晶の周りに遮蔽板を取り付け、余分な散乱光を防ぐことで良好な出力像を得ることが可能となった。



(a) 入力画像



(b) 出力画像

図3 構成した光ノヴェルティーフィルターによる移動物体抽出

図3に構成した光ノヴェルティーフィルターの出力結果を示す。図3 (a) は入力画像であり、図3 (b) の出力画像では静止している背景は消えて、左から右へ動いている軽トラックの部分のみが信号光として出力されている。

本装置における基本特性を調査した結果、画像の変化後に定常状態に至るまでの応答時間は2～3秒であること、移動物体の大きさと速度に依存して出力画像が変化すること、出力光強度は背景と物体のコントラストに強く影響を受けることなどが明らかになった。そして、検出すべき対象を制限するならば、移動物体の検出に適用できる可能性が示された。

ところで、1つの画面中に移動物体が1

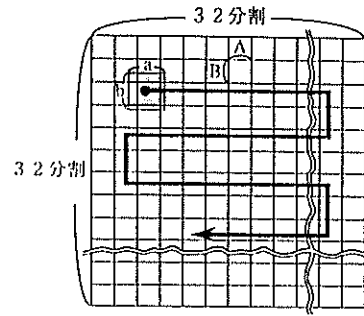


図4 コンピュータで作成した入力画像の模式図

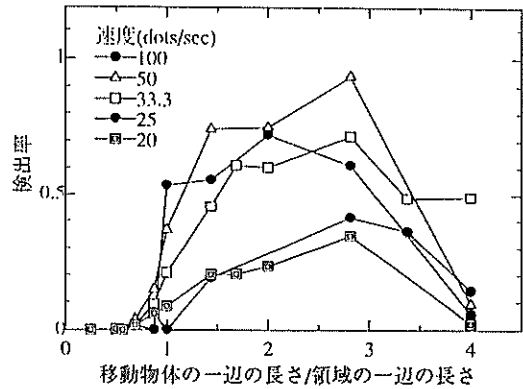
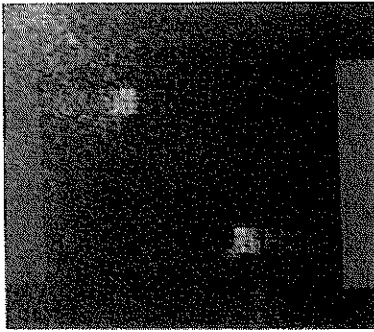
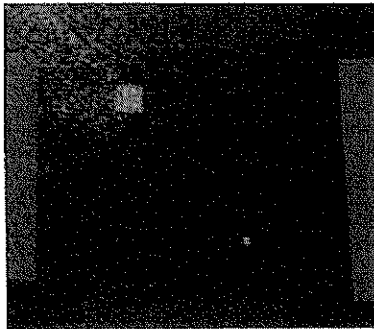


図5 領域分割法における移動物体検出の対象の大きさと速度依存性

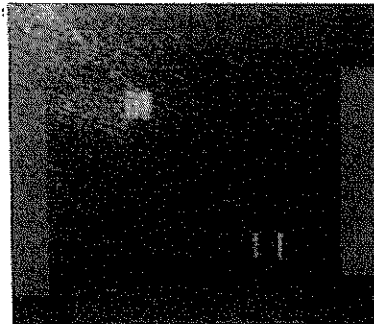
つとは限らず、通常複数個存在することが予想される。そこで複数の移動物体が存在する場合に、いかにして対象物の選択性が得られるかを調査するため、簡単な動画をコンピュータにより作成し、それを入力画像として光ノヴェルティーフィルターの出力画像を解析した。最初に入力画像として図4に示す様な $a \times b$ (dots) の大きさと任意の速度を持つ矩形物体を画面内で動かした。このとき、出力検出装置としては 32×32 個のフォトダイオードアレイを想定し、出力面上の 32×32 に分割された各小領域 ($A \times B =$ 入力画面上に換算して 13.3×13.3 dots) のうち、最大の光強度を受光した位置を移動物体の位置と考える。それが真の移動物体の重心位置を含む領域



(a) 大きさと速度が等しい2物体.
検出比は上：下=0.60：0.40



(b) 速度は等しく大きさが異なる2物体.
検出比は上：下=1.00：0.00



(c) 大きさは等しく速度が異なる2物体.
速度は上が大.
検出比は上：下=0.96：0.04

図6 2つの移動物体の選択的検出

とその最近傍8領域のいずれかと一致している場合には正しく検出が行われたと定義して検出率を求めた。図5にその結果を示す。これより、物体の大きさや速度の違いで検出率が異なり、フォトダイオードなどの検出器出力の比較から移動物体の順位付

けが可能であることが判明した。つぎに2つの移動物体の画像を入力とし、それらの大きさや速度を変えて、実際に検出結果に違いができることを確認した。図6に2つの移動物体の条件が異なる3つの場合について、光ノヴェルティーフィルターの出力画像と検出割合の比を示す。

研究成果

2光波混合による光ノヴェルティーフィルターを構成し、その基本特性を明らかにした。また、その特性に基づいたロボット視覚制御システムの構成を検討し、出力画面上において適当な領域分割をすることにより複数移動物体の選択的検出が可能であることを明らかにした。これは人間の目と同じように、動きのある大きなものや小さくても動きの速いものに目が向けられるという反射的特性を簡単な装置で実現できることを意味している。

今後の課題と発展

現在の実験装置は以前に比較するとかなり良好な出力像が得られるようになったが、まだノイズ成分が十分には除去されておらず改善の余地がある。また、研究の成果に基づき、簡単な視覚センサの方向制御装置の試作を行っているが、その分解能をあげる際に信号処理の方法が問題となり、解決していく必要がある。今後はさらに、本装置に光画像処理による認識動作も付加し、より高度なロボット視覚システムの構築を目指していきたい。

発表論文リスト

- (1)原 豊, 栗原浩一, 酒向俊明, 新美智秀, 平成7年度第1回「光応用技術研究会」pp.16-24 (1995)
- (2)原 豊, 酒向俊明, 水原 晋, 新美智秀, 日本機械学会第73期通常総会講演会講演論文集(IV) pp.506-507 (1996)