

K2 ホログラフィックメモリを用いた光情報検索システム — 光情報検出部の評価 —

上牧 崇泰† 五十嵐 友貴‡ 大河 正志‡ 関根 征士‡ 佐藤 孝‡

†新潟大学自然科学研究科 ‡新潟大学工学部

1.はじめに

我々のグループでは、光の高速性、並列性に着目し、ホログラフィックメモリを用いた光情報検索システムに関する研究を行っている。本情報検索システムは、ホログラフィックメモリ部、検索フィルタ部、光情報検出部からなる。これまで、光情報検出部には、アレー状に並べたフォトディテクタを使用していたので、ディテクタ毎に検出回路が必要で、システムの大規模化が困難であった。今回、フォトディテクタアレーの代わりに、デジタルカメラを使用して光情報検出部を構築し、その評価を行ったので報告する。

2.光情報検索システム

図1に光情報検索システムの概略を示す。

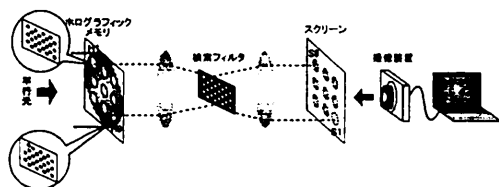


図1 光情報検索システムの概略図

図1のように、本システムはメモリとなるホログラムと、情報を選別するための検索フィルタ、検出結果を検出する光検出部及び2枚のレンズからなるフーリエ光学系により構成される。それぞれのホログラムには異なる二進情報がフーリエ変換されて記録されており、コリメートされたHe-Neレーザ光を照射すると、各ホログラムの情報が同時に再生され、レンズによってH1からS1のように各番号に対応した位置に達する。検索フィルタには液晶ディスプレイの使用を考慮しており、検索したい情報を有するホログラムの再生光はすべて遮断されるように、透明・不透明部分が表示される。そのため、被検索情報が記録されたホログラムからの再生光は、スクリーンには到達しない（以後、光の到達しない点のことを暗点と呼ぶことにする）。一方、ホログラムに記録されている二進情報と検索フィルタに表示される情報が、1bitでも異なっていれば、その情報光が検索フィルタで遮断されずスクリーン上に到達する。

このように再生された情報は検索フィルタによって選別される。そこで、撮像装置によってスクリーン上を監視し、暗点を検出することで、検索したい情報がどのホログラムに記録されているか知ることができる。ホログラフィックメモリ上のホログラム数すなわち記録情報数が増えれば増えるほど、並列処理の利点を生かすことができる。

3.情報検索処理

図2は今回作成した暗点検出ソフトの画面であり、左側の画像は、H1の情報を検出したときの画像である。

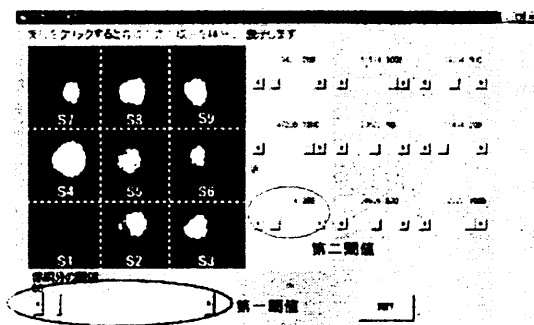


図2 暗点検出ソフト画面

今回扱う撮像画像は8bit 256階調のbitmap形式とした。本研究では、情報の記録・再生ともに赤色のHe-Neレーザを用いているので画素の赤色成分にのみ注目した。以下“成分”という言葉は画像中の画素の赤色成分を指すこととする。暗点を検出するため、それぞれのホログラムに対応する領域内で、各画素の濃度をすべて加算して、濃度の合計値と指定した閾値を比較する。濃度の合計値が閾値より小さいときは、ホログラムの記録情報が検索情報と一致したことを表し、大小関係が逆の場合は情報が一致していないことを表す。ところで、撮像画像において、光スポットの周辺の画素には雑音成分が多く、検索時に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、雑音除去のため、一定の濃度値に満たない画素を初めから足し合わせないようにする。そのために第一閾値（雑音除去閾値）を設定する。そして、求めた各エリアの画素合計値がある基準値に満たないとき、

暗点であると判断し、そのエリアに対応するホログラムに検索情報が記録されていることが分かる。この基準値を第二閾値（暗点検出閾値）とする。正確に情報検索を行うためには第二閾値を適切に設定することが重要である。第二閾値の設定を容易にするためには、全ホログラムの再生光強度が同じ値であることが望ましい。しかし、今回はホログラムの再生光強度のばらつきを抑えることはできなかった。そのため、第二閾値はホログラム毎に設定しなければならなかった。本研究ではこれらの一連の検索動作をプログラムにより処理した。

4. 閾値の決定

4.1 第一閾値(雑音除去閾値)の決定

各画素の濃度を第一閾値と比較し、それより画素の濃度値が小さければ、濃度値を0とする。画像において濃度成分は0~255のいずれかの値をとるので、第一閾値も0~255の間で可変とした。第一閾値を低く設定しすぎると光スポット周辺の雑音領域まで加算してしまう。また、第一閾値を高く設定すると加算される画素が極端に少なくなる。閾値を0から20付近とした場合周辺雑音が特に目立ち、60以上では合計に含まれる画素が極端に少なくなった。そこで、今回第一閾値は40に固定することとした。

4.2 第二閾値(暗点検索閾値)の決定

ホログラムの記録情報と検索したい情報が一致したとき、ホログラムの再生光はすべて検索フィルタで遮断される。この時の画像濃度の合計値をAとする。一方、情報が1bitだけ異なり、ホログラムの再生光が検索フィルタを1bit分だけ通過し、出力面に到達した時の画素濃度の合計値をBとする。この合計値の差、すなわちA-Bが情報1bit分の光強度を表す。これら2つの光強度の中間に、第二閾値を設定する。表1は実際に設定した第二閾値の例である。

表1 第二閾値の決定

	情報遮断時の濃度値	情報1bit通過時の濃度値	決定した第二閾値
H1	1512	18872	10200
H2	1536	16352	9000
H3	0	12496	6200
H4	58632	66128	62000
H5	4472	9976	7200
H6	0	1872	940
H7	0	888	450
H8	0	7568	3800
H9	248	2904	1600

5. 情報の検索結果

表1のように設定された第二閾値を使って、情報検索を試みた。検索情報としてホログラムに記録された9種類の情報を使用し、それぞれの検索情報に対して3回ずつ検索を行った。3回の検索はそれぞれ違う日に行い、その都度、光学系を組みなおした。図3はホログラム1のときの検索結果で、破線は第二閾値の値を表している。ホログラム1に対して検索を行った結果、暗点時の光強度が閾値を下回っており、検索に成功した。閾値との差も大きく、設定した閾値は適切であったといえる。その他のホログラムについても同様の検索を行い、ほとんどの検索に成功したが、9つの内、2つのホログラムにおいて検索ミスが生じた。第二閾値の設定を誤ったことが原因である。今回の検索において、適切な第二閾値の設定が情報検索において重要であることが分かった。

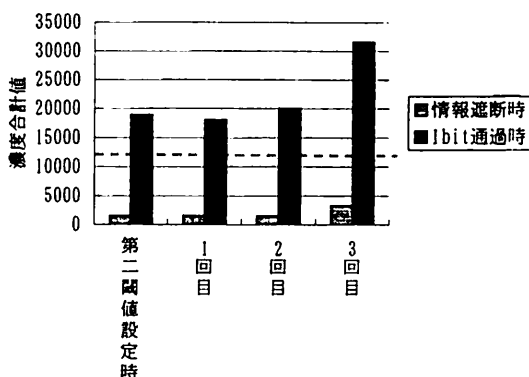


図3 ホログラム1の検索結果

6. まとめ

今回、光情報検出部に撮像装置（デジタルカメラ）を利用した光情報検索システムを構築し、情報検索を行った。ホログラムの記録情報と検出したい情報が一致したときに現れる暗点を検出するため、撮像装置で取り込んだ画像を、第一閾値と第二閾値を使って、処理した。その結果、第一閾値と第二閾値がうまく設定できれば、情報検索が問題なく行えることが分かった。しかし、各ホログラムの回折効率すなわち再生光強度がばらつき、それぞれのホログラムに対して、別々の閾値を設定しなければならなかった。ホログラム数すなわち記録情報数が非常に多くなったとき、ホログラム毎に閾値を設定するというのは、現実的ではなく、ホログラムの回折効率の再現性を高める根本的な解決が望まれる。