

## ホログラフィックメモリを用いた全光型相関システム —画像検索への応用—

小館 香椎子<sup>1</sup>, 渡邊 恵理子<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>日本女子大学 理学部 (〒112-8681 東京都文京区目白台2-8-1)

<sup>2</sup>(独)物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1)

### All-Optical Correlation System Using Holographic Data Storage and Its Application to Image Search Engines

Kashiko KODATE<sup>1</sup> and Eriko WATANABE<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Japan Women's University, 2-8-1 Mejiro-dai Bunkyo-ku, Tokyo 112-8681

<sup>2</sup>International Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science, 1-1 Namiki, Tsukuba, Ibaraki 305-0044

(Received January 12, 2010)

The authors previously proposed and produced a Fast Face Recognition Optical Correlator (FARCO) based on the Vanderlugt Correlator. When the FARCO was combined with high-speed display devices, the resulting four-channel processing was able to achieve operational speeds of up to 4000 faces/s. Moreover, we proposed the super high-speed FARCO 2.0 that integrates optical correlation technology used in the FARCO and a co-axial holographic data storage system. Preliminary correlation experiments were carried out at a rotation speed of 600 rpm for image recording holographic disc with photopolymer (size: 12 cm, thickness: 500  $\mu\text{m}$ ) at a multiplex recording pitch of 20  $\mu\text{m}$ . We obtained highly accurate experimental results and a proven recognition rate of 100 %. These results demonstrated that the operational speed for correlation (173,000 frames/s), with a transfer rate of 7.5 Gbps, confirmed its excellent performance and speed, compared with the conventional digital signal processing architecture.

**Key Words:** Holographic data storage, Optical correlation system, Image search engine, Face recognition, Animation video identification

#### 1. はじめに

ホームビデオ, デジカメ, DVD, Blu-ray Discを用いたさまざまなマルチメディアコンテンツが, ビジネスから個人使用として大量に流通している. このような情報爆発の時代を迎え, 大容量のデータからの高速な情報検索技術の重要性が高まってきている. 現在主流のメタデータにおけるテキスト検索の高度化・高付加価値化だけでなく, 画像データの内容や映像シーンの解析を可能とする画像・動画解析システムの開発も盛んに行われている<sup>1)</sup>. しかし映像を対象にした検索や内容解析の場合にはデータ容量が膨大であるため, 外部ストレージからの転送速度が, 検索処理速度のボトルネックとなることが多い. この課題に対し, データベースの最適クラスタリング処理を施すことや, ハードディスクドライブ(HDD)上に類似クラスタを近接して配置する事で, 転送速度をデータ構造上で高速化する研究が行なわれている<sup>2)</sup>. しかし, 現状のメモリの転送速度と記憶容量は相反する関係にあり, 両方の機能を有するストレージはま

だ存在しない. 現状の製品として流通している各種データストレージの代表的なものとして, ハードディスクドライブ, 光ディスク, 磁気テープなどの容量と転送速度をFig. 1に示す. 特に1次ストレージの記録媒体であるHDDの進展は著しく, 記録容量が1 TB以上の製品も存在している. しかし, 複数のHDDをまとめて1台のHDDとして管理するRAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks)の実装形態をとったとしても, 転送速度の方は速くて数Gbps程度である. この他大容量を蓄積可能なデータストレージには, HDD, SSD(Solid State Drive), 光ディスク, 磁気テープなどが挙げられるが, いずれも転送速度は最高で数Gbps程度に留まっている.

したがって, 現状では既存のデータストレージを利用して, 大容量データとの照合などの演算を行う場合, 不可避免的にデータ転送速度がボトルネックとなっている. 一方転送速度の速いメモリとしては, コンピュータのメインメモリとして使われるDRAM(Dynamic Random Access Memory)等があるが, メモリ容量は数GB程度である.

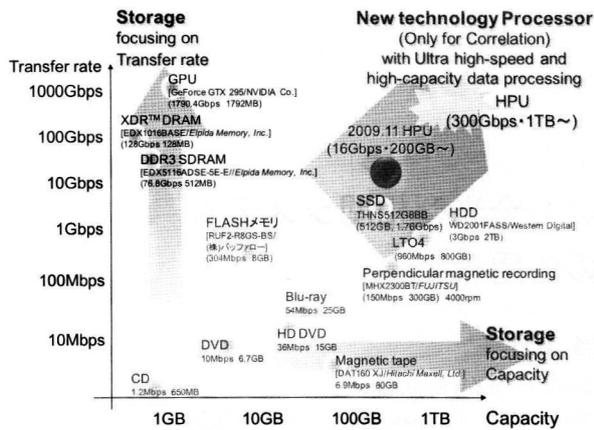


Fig. 1 Correlation between data transfer and data capacity, and location of all optical correlation system using holographic data storage (FARCO 2.0).

一方、次世代光ディスクのひとつの候補であるホログラムメモリは現状のメモリや、次世代メモリであるbit by bitの記録方式とは根本的に異なり、演算機能を持つ唯一のメモリで、データの読み出しと、相関(内積)演算を同時に行うことが可能である。従ってこれまでHDD, RAMとCPU(Central Processing Unit)により別々に処理していた情報処理の一部が数桁高速に行うことが可能である<sup>3)</sup>。

このような超高速・大容量処理のビジョンを元に、著者らはこれまでに開発してきた光相関演算アルゴリズム<sup>4)</sup>とホログラフィック光ディスクを融合し、高速かつ大容量を目指した全光型相関システム(FARCO(Fast Recognition Optical Correlator))2.0の研究開発を行っている<sup>5)</sup>。このFARCO 2.0では、大容量データを光情報としてホログラフィック光ディスクに記録し、デコードすることなく直接光で相関演算処理を行う。例えば現状のコンピュータであれば、100 Gbpsのデータ転送速度とCPUによる演算が必要である相関処理を、提案する全光型相関システムにおいては、僅か数Mbpsのデータ転送速度で転送して相関信号を検出できる。

本稿では、まず高速・高精度な光相関システムについて、原理、アルゴリズムと高精度化を実現した位相型マッチトフィルタについて述べる。次に、ホログラフィック光メモリと融合することにより、より超高速な相関演算を可能とした「ホログラフィックメモリを用いた全光型相関システム」と動画検索への応用例について述べる。

## 2. 光相関演算システム「FARCO」

### 2.1 光相関演算システム

レンズのフーリエ変換機能を用い2次元画像を並列に処理する光アナログコンピューティングは、画像表示とほぼ同時(光の速度)に相関演算が可能であるため大量のデータとの照合に優位であるといわれている<sup>6)</sup>。すでに、1960年代にVanderLugt Correlator(VLC)<sup>7)</sup>と結合変換

相関器(Joint Transform Correlator: JTC)<sup>8)</sup>の2つの原理が提案され、その潜在能力の高さから数々の研究が進められてきた<sup>9)</sup>。しかしながら1990年代になって、デジタルコンピュータの進展に比べて、より高速・高精度な演算処理を可能とする研究成果が得られなかったことで、光コンピュータの研究は下火になっていった。その理由として、高速な液晶表示デバイスやその他の要素技術開発が遅れていたため光本来の高速演算能力が発揮できていなかったこと、VLC相関器の軸合わせなどの技術的な課題が存在していたこと、また的確な応用ターゲットによる実証実験がなされていないことがあげられている。

著者らは1992年から光相関演算について研究開発を進めてきている<sup>10-12)</sup>。2005年になって、VLCの手法を用い大容量データとして顔画像を対象とした、光相関認証システムFARCOを構築し(1)パターン設計の自由度のある回折光学素子の導入による光軸ずらしの効果、(2)高精度で高速に計算が可能な位相相関マッチトフィルタの提案<sup>13)</sup>、(3)演算過程で従来の入力とデータベースを入れ替えた画期的な着想、および(4)表示デバイスとしての強誘電性液晶FLC-SLM(Ferroelectric Liquid Crystal spatial light modulator)(2.5 kHz, 1280 × 768 pixels)の組み込み、などにより1000 faces/s以上という高速化を実現した。さらに、(5)顔画像の認証実験により本人拒否率(False Non Match Rate: FNMR)および他人受け入れ率(False Match Rate: FMR)共に1%未満という高精度化を同時に実現している<sup>14)</sup>。

### 2.2 位相相関マッチトフィルタ

実空間上で表現する2次元顔画像は振幅の情報のみを持っており、強度のみで表現することが出来る。また、この実空間上の顔画像はフーリエ変換により、周波数空間上で振幅と位相に分離することが出来る。

2次元顔画像 $f(x, y)$ のフーリエ変換画像を $F(u, v)$ で、次式のように表すと、

$$F(u, v) = |F(u, v)| \exp[-i\phi(u, v)] \quad (1)$$

$|F(u, v)|$ を振幅分布、 $\phi_f(u, v)$ は位相分布となる。

上記の画像のフーリエ変換により得られる振幅と位相の情報では、位相情報がより強く顔画像の特徴情報を持っている。従って、認証には振幅情報に比べて位相情報が重要であるといえる<sup>15)</sup>。

2次元顔画像を $f(x, y)$ 、 $h(x, y)$ と表すと、2つの画像の相関演算は次式であらわされる。

$$g(x, y) = \int \int_{-\infty}^{\infty} f(x', y') h(x' - x, y' - y) dx' dy' \quad (2)$$

これをフーリエ変換を用いて表すと、(3)式のように表わされる。

$$g(x, y) = F[F(u, v)H^*(u, v)] \quad (3)$$

ここで、\*は複素共役を、 $F$ はフーリエ変換演算子である。一方、 $F(u, v)$ は $f(x, y)$ のフーリエ変換であり、 $H^*(u, v)$ は、もっとも基本的なマッチトフィルタのパ

ターンである。

ここで、 $u$ と $v$ はフーリエ面での空間周波数を表す。ここで $H^*(u, v)$ は(4)式のように表す。

$$H^*(u, v) = |H(u, v)| \exp\{-i\phi(u, v)\} \\ = |H(u, v)| [\cos\{\phi(u, v)\} - i \sin\{\phi(u, v)\}] \quad (4)$$

ここで、振幅を1として規格化すると、(5)式のように位相項のみとなる。

$$H_p(u, v) = \exp\{-i\phi(u, v)\} \quad (5)$$

これを位相限定フィルタと呼ぶ。この位相限定フィルタを基本として、計算速度、量子化数、ピクセルサイズ、光軸からのシフト量によって顔認証用に最適化し顔画像特徴型位相限定相関フィルタを設計した。

2つの画像が与えられたとき、それぞれの画像の2次元フーリエ変換の振幅を1で規格化し、積をとった位相スペクトルの逆フーリエ変換を位相限定相関関数として定義する。

FARCOの位相限定相関フィルタは光相関演算の0次光と最後に出力される強度相関信号が重なることを回避し、かつ、周波数空間上でのキャリア周波数が、顔画像特徴の低周波領域を含むように設計されている。また、この過程により、フーリエ変換時の振幅の周波数分布を平均化し、高周波成分を強調する効果も備えている<sup>16)</sup>。

### 2.3 FARCOの顔認証アルゴリズム

構築した光相関演算システムFARCOでは、上述した位相情報を用いて、高精度な認証を行っている。FARCOの認証アルゴリズムはFig. 2に示すように、①顔画像の前処理、②顔画像の相関演算、③後処理の3部構成からなっている。まず、撮影された顔画像に次の①前処理を行う。前処理は、両目2点を基準にした切り出しサイズの正規化、グレースケール化、エッジ抽出、2値化、X軸の横方向に1/2のサイズ縮小からなっている。この前処理を施すことで、光相関演算用に最適化された画像となり、その後、②相関演算(マッチトフィルタリング)を行う。この相関演算部分では前処理を施した顔画像をフーリエ変換し、位相成分を抽出して、あらかじめ登録しておいたデータベース画像のマッチトフィルタにより

フィルタリングを行う。その後、逆フーリエ変換を行い出力された強度相関信号の値を取得する。③後処理では、相関演算により取得した強度相関信号値を用い、比較値(Comparison-Value) (Fig. 2)を算出する。算出した比較値が、あらかじめ実験により設定しておいたしきい値より低ければ本人と認証され、高ければ他人と識別される<sup>17)</sup>。

### 3. ホログラフィックメモリを用いた全光型相関システム

2次元画像を並列に処理する光アナログコンピュータは、画像表示とほぼ同時(光の速度)に相関演算が可能であるため大量のデータとの照合に優位である。しかし、2005年に構築したFARCOは画像表示用に強誘電性液晶ESLM(Electrically addressed spatial light modulator) (フレームレート2.5 GHz)を用いているが、画像表示デバイス専用の半導体メモリRAMにデータを保存しているため、数GBのメモリ容量とシステム応答速度は先に記述した1000 frame/s程度に制限され、光の特性が十分に発揮されていない。この課題に対して、参照データベース用メモリをホログラフィックメモリに変え、データベースをデコードすることなく光情報として、直接に並列アクセスすることが可能となれば、全光型相関演算が実現できる。したがって、これらのシステムを実現するためのキー技術は、ホログラフィックメモリシステムである。この記録再生方式は、ポリティックと同軸型の2方式で研究開発が進められている。

そこで著者らは、提案されていた同軸型ホログラフィックメモリ<sup>18)</sup>の光学系を用い、2節で述べた光相関システムと組み合わせ、全光型相関演算を可能とする画像配置を提案・設計した。その結果その基礎実験に成功<sup>19)</sup>し、現在100 Gbps以上の転送速度を目指している。

同軸型ホログラム記録方式においては、ホログラムの書き込み時に、Fig. 3 (a)に示すデータベース用画像の付近に点光源に近似して参照点を表示し、データベース画像と参照点を1枚のレンズでフーリエ変換すると、書込まれる光情報データはマッチトフィルタホログラムとなる。相関演算時には、Fig. 3 (b)に示すように、同じ光学系に識別したい画像を表示すると、ホログラムから回折してきた光が、データベース画像との類似度に応じた光強度の相関信号 (Fig. 3 (c), (d)) となって表れる。このように、簡易な同軸光学系でマッチトフィルタホログラムの書き込みと光相関演算が実現できる。また、提案する全光型相関システムでは、ホログラフィックメモリとして単独に使用する場合と比較して2次元画像データの受光を必要としないため、一つの受光素子を用いて相関演算による微小な一点の光強度信号のみを取得すれば良いので、読み出し光源として低いパワーのCWレーザー(Continuous wave laser)を利用できるなどの利点がある。

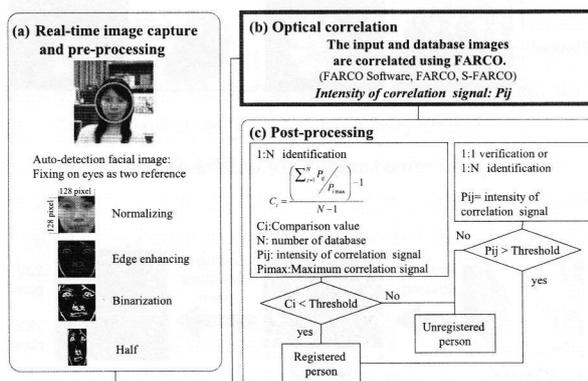


Fig. 2 Our hybrid facial recognition system: flow-chart representation.

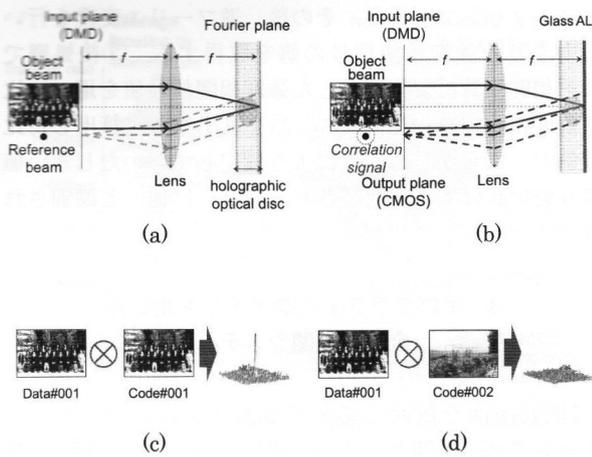


Fig. 3 Concept for a matched filtering correlation in FARCO system.  
 (a) Reading a matched filter.  
 (b) Filtering optical correlation process.  
 (c) Auto-correlation.  
 (d) Cross-correlation.

### 3.1 全光型相関システム (FARCO 2.0)

マッチトフィルタに同軸型ホログラムディスクを使用し、光相関演算を行う全光型超高速相関システム (FARCO 2.0) の光学系をFig. 4に示す。記録時は回転させたまま高速記録を行なうためにパワーのあるQSWレーザー (Q-switched laser) を用い、閉じた状態のシャッターを開きDMD (Digital micromirror device) に表示した画像を記録する。相関演算時は低いパワーのCWレーザーを利用し、受光素子として弱い光強度信号も受光できるようにPhoto-Multiplier Tube (PMT) を用いている<sup>20)</sup>。

また、記録と再生装置を分離した小型な再生専用装置 FARCO 3.0を継続器として試作している<sup>21)</sup>。この装置は、International Workshop on Holographic Memories (IWHM) 2008において、優れた開発装置としてAwardを受賞している<sup>22)</sup>。本装置はパルステック工業 (株) と共同で設計・試作したものであるが、より小型でサーバラックへの搭載が可能な6 Unit程度の大きさの設計を進めている。

また、取り扱う対象画像を動画・アニメなどにも拡げるために、従来の前処理手法に符号化を施し、汎用画

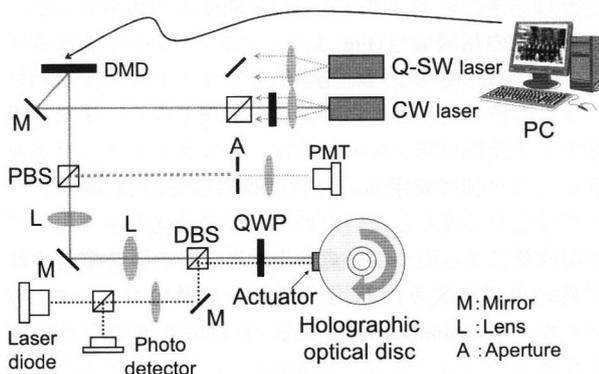


Fig. 4 Ultra high-speed optical correlator system using holographic data storage (FARCO 2.0).

像におけるファイルフォーマットの最適設計アルゴリズムの構築を行い、成果を得ている<sup>23)</sup>。

## 4. 全光型相関システム (FORCO 2.0) の実証実験

### 4.1 動画検索への応用

開発したプロトタイプ of FARCO 2.0 を使用し、精度評価のための認証実験を行った。ホログラフィック光ディスクの記録材料としてはフォトポリマーを用い、直径 12 cm、膜厚 500  $\mu\text{m}$  になるように石英基板を張り合わせて自作した。また、実験用のデータベース画像としては、Web上で 30 frames/s で流れているドラマ・アニメ・映画など 10 種類の動画の中から一部分を切り出し、大きさ 180  $\times$  240 pixel の画像 30 枚を用いている (Fig. 5)。さらに、Fig. 2 で示した従来の顔画像用の前処理に加えて、一般画像に対する最適化の検討を加え、Fig. 6 に示すように符号化を施した。これらの動画を回転速度 600 rpm のホログラムディスク上に、20  $\mu\text{m}$  間隔のシフト多重により記録した。

実証実験結果を Fig. 7 (a) に示す。ホログラムディスクに記録したデータベース画像 30 枚に対して、Data#23 を入力画像とした場合、同一画像同士の演算 (自己相関) では高い相関値が出力され、異なる画像の演算 (相互相関) では低い相関値が得られていることが Fig. 7 (a) からわかる。これらの結果から、提案した QSW レーザーによる記録、CW レーザーの読み出し、という異なる 2 種類のレーザー光源を用いた FARCO 2.0 において、十分な相関精度が得られる事が実証された。また、実証実験により算出した認証のエラーレイトの結果を Fig. 7 (b) に示す。未登録画像受け入れ率 (FAR)、登録画像拒否率 (FRR) 共に 0 % となり、認証率 100 % の高精度な動画識別が可能であるという結果を得た。これらは、ディスク型のホログラフィックメモリを用いた光相関演算システ

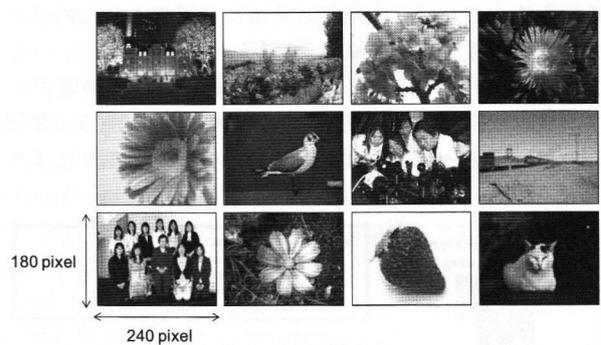


Fig. 5 Frame samples for database images.

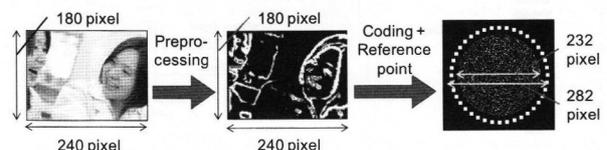


Fig. 6 Optimum coding database image for optical correlation.

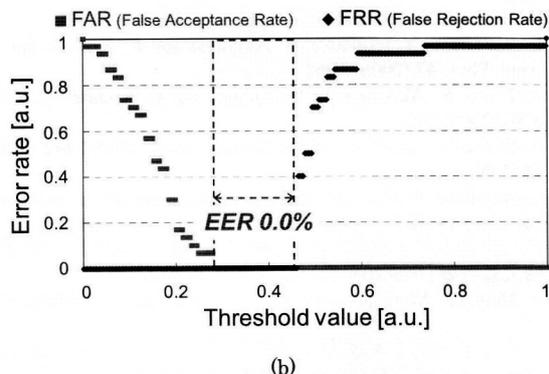
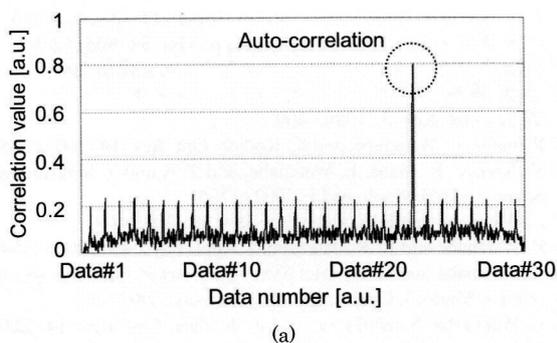


Fig. 7 Correlation results of 30 video data for FARCO 2.0.  
(a) Optical correlation mapping.  
(b) Dependences of experimental recognition error rates with threshold.

ムを動画検索に適用し、高精度な結果を得た世界初の結果である<sup>24)</sup>。実証実験に加えて、実用機におけるプログラムディスクの構造、インターフェイスおよび信号処理部分の標準化に関する検討を「次世代光相関技術を用いた超高速画像情報検索エンジン標準化委員会(戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE))」で行っている<sup>25)</sup>。

4.2 300枚の画像データを用いたシーン検索への応用  
次に大容量動画データの中から、目的のシーンをピンポイントに探しだすシステムの検討を行った。データベースとしては、動画を静止画に落とした、連続した画像300枚を使用した。この場合にもFig. 6のような符号化した画像を用い、多重記録間隔は20  $\mu\text{m}$ 、回転速度600 rpmで記録を行った。対象とした300枚の画像は連続した動画で構成されており、隣り合った画像同士の類似度が非常に高いものである。しかし、実証実験の結果は、登録動画受入率(FAR)、登録動画拒否率(FRR)共に0%という優れた結果を得た(Fig. 8)<sup>26)</sup>。この結果から、ホログラフィック光ディスクに記録した300枚の連続した動画データの中から、1シーンのみを精度良く検出できることを確認した。

#### 4.3 超高速画像検索に向けて

デジタル計算機における相関演算処理では、RAMへの計算用データの転送、CPUでの相関演算は別々に行われる。これに対し、提案したホログラフィックディスク

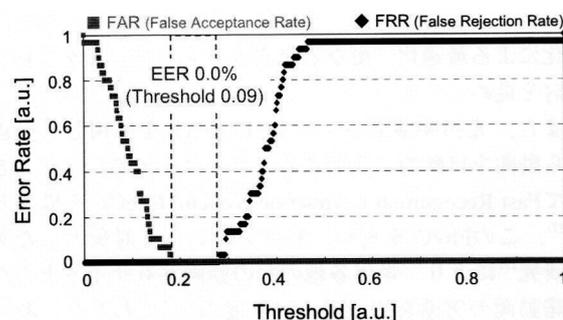


Fig. 8 Correlation error rates using 300 video database images.

を用いた全光型相関演算では、データの転送と同時に相関演算を行うことが可能である。

ここでは、転送速度に焦点をあて、相関時の高速性について考察をする。記録画像サイズ(DMDの画素サイズ)を、画像のx軸のサイズ $P_x$  pixel、画像のy軸のサイズ $P_y$  pixelとすると、光相関演算における転送速度 $V_r$  bpsは画像サイズと装置の回転数に比例し、多重記録のピッチに反比例する関係にある。したがって、ディスク半径 $r$  mm、多重記録間隔 $d$  mm、ディスク回転数 $R$  rpmとした場合、次式で表すことが出来る。

$$V_r = P_x P_y \frac{2\pi r R}{d 60} \quad (6)$$

4.2節の実験では、転送速度7.5 Gbpsが実証され、高速転送と相関演算が実現した。

提案している全光相関システムでは、ページデータの取得や復号化の必要がなく、取得する相関信号の高低のみにて同一画像、異画像の判別を行っている。従って、データベース画像をホログラフィック光ディスクにより多く多重記録し、さらにより高速回転をすることにより、演算速度と同時に転送速度をも増すためできるので、システムのさらなる高速化が可能となる。

## 5. まとめ

光の持つ高速性・並列性を生かした演算システムとして、多くの研究開発がされながら実現が難しかった光コンピューティングを、基本原理としてVLCを用い、演算過程での入力とデータベースを入れ替えた画期的な着想と位相相関フィルタの導入、および光学系の工夫などにより、実現した高速・高精度な「光相関演算システムFARCO」について述べた。さらに、この「光相関演算システム」と大容量記録可能な「ホログラフィック光ディスク」を融合した「ホログラフィックメモリを用いた全光型相関システム(FARCO 2.0)」の提案とプロトタイプ構築について示した。さらに、FARCO 2.0を用い動画を対象として画像対画像検索の実証実験を行い、自作したホログラムメディア(20  $\mu\text{m}$ 間隔のシフト多重記録、回転速度600 rpm)で光相関演算を行い、認証率100%の高精度な結果を得た。これらの結果から、相関速度173,000 frames/s、転送速度7.5 Gbpsに相当する超高速な

システムが実現できた。今後は、データベース画像の符号化による最適化、更なる超高速・大容量記録を目指し検討を進めていく。

また、光相関演算システム(FARCO)を応用し、動画から動画を自動的に識別するソフトウェアのシステムとしてFast Recognition Correlation System(FReCs)を構築した<sup>27)</sup>。このFReCsを用い、35コンテンツを対象とした調査研究<sup>27)</sup>により、世界各地の64の動画共有サイト上の無許諾動画の実態を平成20、21年度の2回にわたり、明らかにする事に貢献した。この調査結果から、FReCsは動画画像の識別に関するアプリケーションに十分適用可能な精度を持つことを確認した<sup>28)</sup>。FReCsの照合部分をFARCOに置き換えることによる更なる高速演算化の検討を進めている。

## 謝 辞

本研究の一部はNEDO大学発事業創出実用化研究開発費助成事業、および戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)の助成を受けて行なっている。

## 参考文献

- 1) 佐藤 真一: 信学会誌 **91** (2008) 155.
- 2) 廣池 敦: はいたつく **12** (2007) 487-21.
- 3) 渡邊 恵理子, 小館 香椎子: オプトニュース電子版 **2** テクノロジートレンド (2009).
- 4) 渡邊 恵理子, 小館 香椎子: O plus E **31** (2010) 1408.
- 5) E. Watanabe, Y. Ichikawa, R. Akiyama, and K. Kodate: Jpn. J. Appl. Phys. **47** (2008) 5964.
- 6) Joseph W. Goodman: *Introduction To Fourier Optics* (McGraw-Hill, 1996).

- 7) A. Vanderlugt: IEEE Trans. Inform. Theory **IT-10** (1964) 139.
- 8) C. S. Weaver and J. W. Goodman: Appl. Opt. **5** (1966) 1248.
- 9) 谷田貝 豊彦: 光コンピューティング (共立出版 2004).
- 10) 小館 香椎子, 大矢 百合, ロシャン・タブリヤ, 神谷 武志: Opt. Rev. **3** (1996) 400.
- 11) R. Inaba, E. Watanabe, and K. Kodate: Opt. Rev. **10** (2003) 255.
- 12) K. Kodate, R. Inaba, E. Watanabe, and T. Kamiya: Measurement Science and Technology **13** (2002) 1756.
- 13) E. Watanabe and K. Kodate: Opt. Rev. **12** (2005) 460.
- 14) E. Watanabe and K. Kodate: Jpn. J. Appl. Phys. **45** (2006) 6759.
- 15) E. Watanabe and K. Kodate: *State of the Art in Face Recognition* (ed. Dr. Mario, I. Chacon M, intechweb.org, 2009) 109.
- 16) E. Watanabe, S. Ishikawa, and K. Kodate: Opt. Rev. **14** (2007) 255.
- 17) K. Kodate, A. Hashimoto, and R. Thapliya: Appl. Opt. **38** (1999) 3060.
- 18) H. Holimai, X. Tan, and J. Li: Appl. Opt. **45** (2002) 910.
- 19) E. Watanabe, Y. Ichikawa, R. Akiyama and K. Kodate: Jpn. J. Appl. Phys. **47** (2008) 5964.
- 20) A. Naito, R. Akiyama, E. Watanabe, and K. Kodate: MOC'08 P-86 (2008) 294.
- 21) E. Watanabe, A. Naito, and K. Kodate: Proc. SPIE **7442** (2009) 74420X-1.
- 22) E. Watanabe, A. Naito, R. Akiyama, and K. Kodate: *International Workshop on Holographic Memories 2008* (2008) 104.
- 23) 日本女子大学: 自動動画検索技術を用いた海賊版実態調査研究報告書(平成20年度)(経済産業省 2008)
- 24) A. Naito, E. Watanabe, and K. Kodate: MOC'09 **J-100** (2009) 322.
- 25) 日本女子大学: 平成20~22年度「次世代光相関技術を用いた超高速画像情報検索・著作権管理技術の研究開発」戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)(SCOPE 2008~2010)
- 26) 内藤 あん奈, 渡邊 恵理子, 小館 香椎子: 2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会講演予稿集 **3** (2009) 928.
- 27) 日本女子大学: 自動動画検索技術を用いた海賊版実態調査研究報告書(平成21年度)(経済産業省 2009).
- 28) 村上 保夫, 小館 香椎子, 渡邊 恵理子, 秋山 怜子, 内藤 あん奈, 新 覚碧: (財)日本心臓血圧研究振興会附属榊原記念病院 臨床研究助成 第16回 研究発表会 (2008).

## レーザワード

### 位相限定相関フィルタ (phase-only correlation filter)

画像をフーリエ変換した後、全ての周波数の振幅を1として位相成分のみを残して再び逆フーリエ変換して得られる再生像は、元画像の構造をほぼ保持している。これらのことから振幅情報に比べて位相情報は重要である。通常の相関演算ではピークの周辺においても1に近い大きな相関値となるが位相限定化を施した場合、設計次第でピーク値のみに最大値が得られ他の場所は0に近い小さな値をとり、精度の高い認証システムが可能であ

る。この位相限定相関フィルタは、上記の位相限定処理をデジタルコンピュータで行う方法と、ホログラフィー技術を利用して液晶空間光変調器やホログラムメディアに相関フィルタを書き込み、光相関演算により実現する方法がある。光相関は大容量データとの高速マッチングの可能であるため、従来多くの計算容量を必要としている動画照合などにおいて大いに期待されている。

(小館 香椎子)