


情報通信研究機構（NICT）等の研究グループは、カラーフィルタが不要で、1回の撮影により一般照明光や発光体をマルチカラーのホログラムとしてセンシングできるシステムを開発した。高速度でのマルチカラー3次元動画像観察が実現されると期待される。

企業名	 国立研究開発法人 情報通信研究機構（NICT）		
主力事業	情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関		
所在地	〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1		
TEL	03-6253-2100	URL	https://www.nict.go.jp/
資本金	—	従業員数	—

【本技術の概要】

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）、学校法人桐蔭学園桐蔭横浜大学および国立大学法人千葉大学の研究グループは、自然な光で照明された3次元空間や蛍光体の発光を瞬間のマルチカラーホログラムとして記録できるシステムの開発に成功した。NICTが提案・研究してきた「計算コヒーレント多重方式」^(注1)を用いることで、1回の撮影で複数種類・多数の蛍光体を同時にホログラムとして記録ができ、カラー3次元顕微鏡として使用できるようになった。また、カラーフィルタアレイ^(注2)が不要で、1回の撮影で蛍光体のカラー多重ホログラムのセンシングを達成したのは世界初となる。

本技術によれば、これまで障壁となっていた自然光のマルチカラーホログラムにおける記録速度が高速化され、生体観察や動的現象の観察にとって不可欠な高速度のマルチカラー3次元動画像観察が可能になると期待される。今後は本技術を微弱な光のマルチカラー3次元動画像顕微鏡として発展させる予定である。

（注1）ホログラフィの原理を用いて多次元情報を多重記録する技術の一つで、ホログラムの記録時にリアルタイムでホログラムを形成することができる。

（注2）カラーイメージセンサに一般的に採用される色吸収フィルタのアレイ（2次元配列）。カラーイメージセンサでは、CCDやCMOSイメージセンサの各画素に赤、緑、青色のいずれかの色（波長）情報のみを透過し、それ以外の波長の光を吸収して遮光するカラーフィルタが搭載されている。

【背景】

現在、生命科学、材料科学、産業、芸術、日々の暮らしに至るまで、その場のありのままの情報を3次元画像センシングする技術・システムに関する研究開発が世界的に進められている。その中で、インコヒーレントデジタルホログラフィ^(注3)は、レーザを用いず自然な光で3次元情報をホログラムとして記録するため、動画記録可能な3次元蛍光顕微鏡、3次元非線形光学顕微鏡、自然光ホログラムセンサへの応用が期待されている。一方で、自然な光のカラーホログラムセンシングでは、従来カラーフィルタアレイ、または、多数回の記録が必要で、明瞭なホログラムの取得、記録時間を短縮化できる原理の創出が課題であった。

（注3）レーザを用いず、ハロゲンランプやLEDなどの各種一般的な照明器具、蛍光体などの発光、非線形光、太陽光など、自然な光をホログラムとしてデジタルセンシングする技術。

【今回の成果】

本研究グループは、ホログラフィの原理を用いて多次元情報を多重記録する技術の一つである NICT が提案する「計算コヒーレント多重方式」を用い、カラーフィルタアレイが不要で、1回の撮影により一般照明光や発光体をマルチカラーのホログラムとしてセンシングできるシステムを開発し、専用のモノクロイメージセンサを試作、搭載したことで、本システムが実現した。これにより、色で分子組成が標識された複数種類・多数の蛍光体の瞬間のカラー多重ホログラフィック3次元顕微鏡センシングを世界で初めて実証した。

試作イメージセンサでは、波長情報の記録のためにカラーフィルタの色吸収を用いることなく、波長依存性位相変調素子アレイを用い、計算コヒーレント多重方式に必要な色ごとに異なる光波のリズム（位相）変化を与えることで、カラー情報と明るいホログラムの取得を両立した。1回のホログラム画像撮影で測定できることから、従来のホログラフィック多重を用いるカラー多重3次元蛍光顕微鏡に比べ、測定回数250分の1以下を達成した。これらの成果は、生体観察や動的現象の観察にとって不可欠な、多数の物体の同時かつ高速なマルチカラー3次元動画像観察の実現に貢献することが期待される。

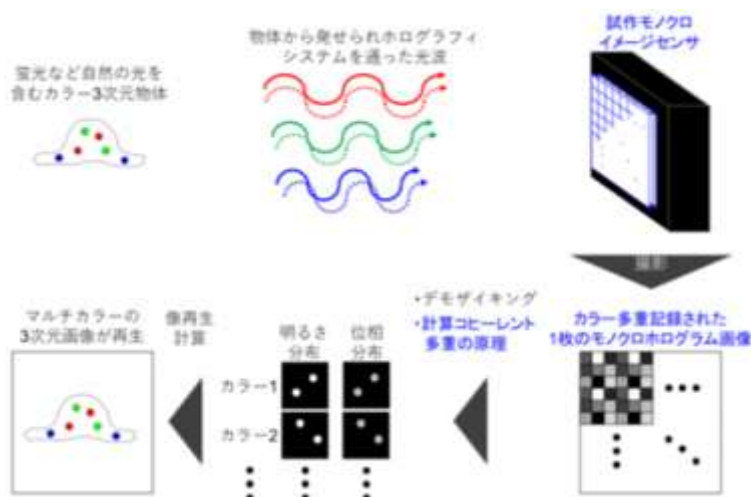


図1. 今回開発されたセンシングシステムの測定手順

<インコヒーレントデジタルホログラフィの記録光学系例>

蛍光顕微鏡やその他の多様な光学顕微鏡、物体の3次元画像センシングなどに向けて研究されている。光の振動方向（偏光）を利用し液晶などの空間光変調器を用いる光学システムや、自己干渉計、マイケルソン干渉計を用いる光学システムで実施されることが多い。カラーホログラムを得る場合、マイケルソン干渉計とフーリエ分光を用いる方法が従来用いられるが、一般的に500回以上、少なくとも250回以上の記録を従来必要としていた。また、カラーイメージセンサを用いる場合、センサに搭載されたカラーフィルタによって光のエネルギーが吸収されるため、明瞭なカラーホログラムの取得ができなかった。

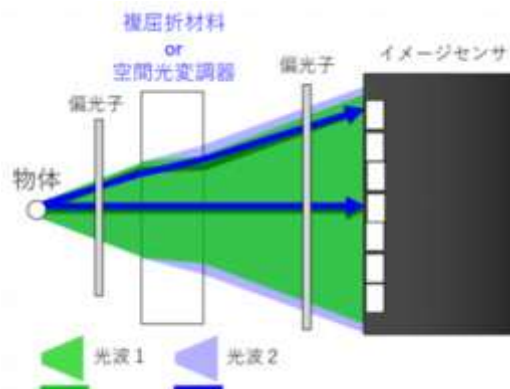


図2. インコヒーレントデジタルホログラフィの記録光学系の一例

＜NICT が提案した計算コヒーレント多重方式＞

ホログラムの記録時に、ホログラムを形成する複数波長を含む物体光波 1、2 のいずれかに対し、コード化のために波長ごとに異なる位相変調（波長依存位相シフト）を与える。位相シフトを与えながら、複数種類の波長多重ホログラムを記録する。像再生時には、波長ごとに与える位相変調量を所望の波長における光波を抽出するための復号鍵とみなし、位相変調量と計算機内での干渉（コヒーレント多重）に基づく演算により所望の波長の光波のみを選択的に再生する。計算機内で得られた各波長の光波情報から、複数波長の 3 次元画像を再生する。インコヒーレントデジタルホログラフィに適用する際、液晶型空間光位相変調器（Liquid crystal on silicon spatial light modulator: LCoS-SLM、Liquid crystal spatial light modulator: LC-SLM）を用いて位相変調を与えることが多い。

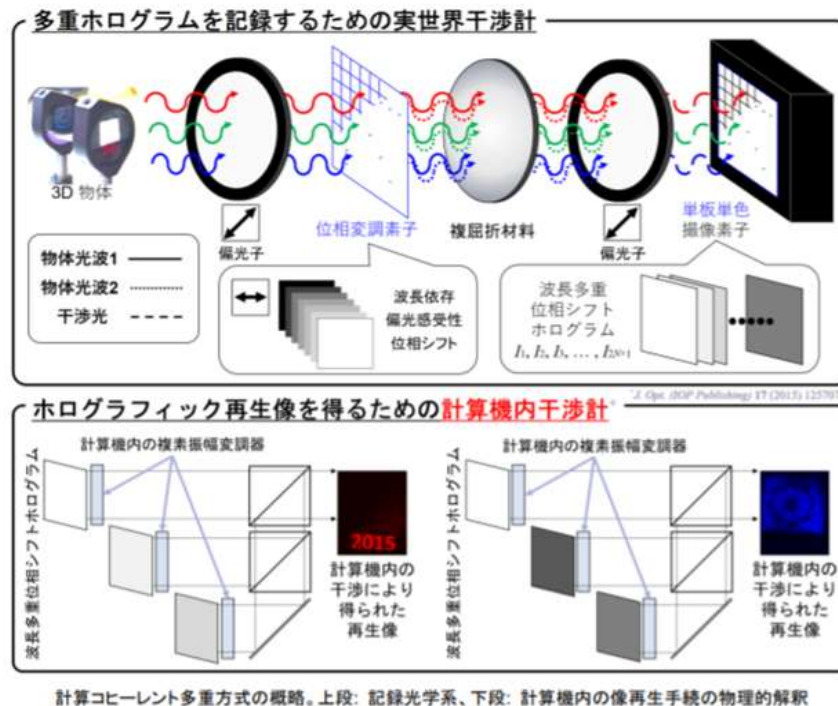


図 3. NICT が提案した計算コヒーレント多重方式

【各機関の役割分担】

- 情報通信研究機構：2 種の自然な光を用いるホログラフィックカラー多重顕微鏡システムの開発、実験全般
- 科学技術振興機構：イメージセンサの試作、光学システム設計、蛍光顕微鏡応用に関する共同実験
- 桐蔭横浜大学：蛍光顕微鏡応用に関する共同実験
- 千葉大学：蛍光顕微鏡応用に関する共同実験

【今後の展望】

NICT は、光学システムの改良により、記録の高速化や、多数の動く微小物体の同時 3 次元動画観察、より小さな物体の高画質観察を行い、自然光など弱い光に適用可能なマルチカラー 3 次元動画顕微鏡としての活用、動的な生命現象の観察・発見や科学材料の分析を行う装置への発展を目指す。

専門家による目利きコメント

生体観察や動的現象を生きたままの状態、リアルタイムで観察できることは、生命現象の解析や化学材料の開発には不可欠である。その実現に欠かせない高速度のマルチカラー3次元動画像観察が可能になると期待される。今後、微弱な光のマルチカラー3次元動画像顕微鏡の開発に期待したい。

お問い合わせ

国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所 電磁波応用総合研究室
TEL : 042-327-7576