

デジタルオプティクス

分科名：光
大阪大学 谷田 純

デジタルオプティクスは、光科学と情報技術の融合に基づく新しい研究分野である。デジタルオプティクスという名称自体はさまざまなコンテキストで用いられてきた。しかしながら、明確な概念が存在せず、研究テーマが発散し、研究資源の集約は進んでいない。本シンポジウムはこのような現状を踏まえ、デジタルオプティクスの概念を明確にすることを目標にして企画された。

デジタルオプティクスにおける代表的な技術として、計算イメージングとデジタルホログラフィがあげられる。いずれも、光学系で取得された物体信号をもとにして、デジタル演算により光線や波面の伝搬を計算し、物体空間を再構成する。パラメータ化された設定条件により、物体撮影後の視点移動やフォーカス点の変更などを自由に行える。デジタル演算の高い演算精度に依拠して、計測精度の向上や再現性に優れた計測技術としても有望である。

谷田は、デジタルオプティクスに対して、「光情報処理技術を基盤として、デジタル演算により光現象の一部を代行し、高性能、高機能、高信頼性を実現する、信号処理技術の実現形態」という定義を与えた。計算科学との比較を通して、実用的技術としてのデジタルオプティクスの有用性を示した。具体的な適用例として、コンプレッシブセンシングに基づく画像情報取得（CS イメージング）のフレームワークを説明し、DNA ナノプロセッサを利用したインテリジェントナノスコープを紹介した。

野村孝徳（和歌山大）は、デジタルオプティクスの考え方に基づいたデジタルホログラフィの高機能化の例として、シングルショット位相シフトデジタルホログラフィ、偏光デジタルホログラフィ、低コヒーレンスデジタルホログラフィを示した。撮像素子の高密度化・高分解能化、大面積化に伴い、視域が拡大し、分解能が向上する。コンピュータの演算能力向上により、光学系への要求が緩和され、研究室から現場に持ち出せるオンライン計測が実現される。一方、複雑な処理に伴う数値計算誤差の蓄積が問題となるため、精度保証演算の重要性が指摘された。

早崎芳夫（宇都宮大）は、デジタル超解像を応用したサブ波長構造を計測する顕微鏡を紹介した。デジタルオプティクスは、光情報、光計測、光制御、光照射が一体化されたシステムであるとの見解を示し、クラウド環境利用の可能性についても示唆された。レーザー誘起現象を対象として、計算モデルに基づく演算結果と光学系の計測結果との照合を利用した、計測系の限界を超える手法が示された。

的場 修（神戸大）は、信号出力側に光学系を利用する 3次元可視化システムとして、電子ホログラフィを紹介した。これは、信号入力側に光学系を利用するデジタルホログラフィと対極をなす技術である。現状のデバイス性能で実用的な視域を実現するため、位相表示再生、時分割技術、時間的合成、波面情報の再計算などの手法が示された。

下馬場朋祿（千葉大）は、計算資源を有効に利用する技術として、不等間隔サンプリングに基づく回折計算を報告した。任意形状面のフレネル回折計算を行う際、不等間隔サンプリングによる高速フーリエ変換を利用すれば計算の効率化が図れる。また、高開口数の光学系における回折計算に有効なスケール角スペクトル法も紹介された。光伝播計算はデジタルオプティクスの中核をなすものであり、重要な研究課題であることが認識された。

萩原兼一（大阪大）は、グラフィック専用プロセッサ（GPU）を利用した GPU コンピューティングに関して、具体的事例を交えて紹介した。開発環境 CUDA により、GPU を利用した高速演算技術は GPU コンピューティングとして整備された。しかし、個々の問題に応じたチューニングが重要であり、さまざまな工夫が求められる。特に、GPU と CPU 間のバント幅が狭いため、これらの間でのデータ転送はできるだけ避ける必要がある。

デジタルオプティクスは、光情報技術における新しい方法論であり、自然科学における計算科学の新展開として位置づけられる。光信号処理の部分はナチュラルコンピューティングの一手法と捕らえることもでき、その実装において、応用物理学が重要な役割を果たすものと期待される。応用対象として、極限情報の計測、不可視情報の可視化、複雑現象の解析などがあげられる。デジタルオプティクスという言葉は、いろいろな可能性を連想させる名称である。本シンポジウムは一つの方向性を示したものであり、これをきっかけにデジタルオプティクスに関する研究が進展することが期待される。