



CGH 計算におけるランダムアクセスを必要としない GPU 向けアルゴリズム

東京都立大学 システムデザイン学部
西辻 崇

1. はじめに

電子ホログラフィ方式の3次元映像技術は、「究極」と修飾されるほど、理論的に高い臨場感を実現できる映像技術である。その原理は、1947年にD. Gaborによって顕微鏡の高解像化技術として発明され、レーザー光源の発明に伴って3次元像の記録・再生技術として知られてきた。液晶技術の発展に伴い1990年代からは、旧来では写真乾板などの静的な素材への記録に限定されていたホログラフィの電子化が本格化した。これにより、3次元映像技術としての可能性が示されてきた。しかし、執筆時点においても電子ホログラフィの実用化はなされていない。要因は様々に考えられるが、極めて膨大な計算処理が伴うことが最も重要な問題の1つとして挙げられている。

電子ホログラフィでは、空間光変調器 (SLM : Spatial Light Modulator) によってレーザー光等を変調することで3次元像の反射光を再現する。SLMに入力する変調パターンが計算機合成ホログラム (CGH : Computer-Generated Hologram) である。CGHは計算機上で生成するデジタルな干渉縞であり、再生する3次元像の反射光 (物体光) と SLMに照射する照明光 (参照光) の仮想平面上における干渉現象のシミュレーションによって得られる。電子ホログラフィにおける計算量はCGHの生成に集中しており、特に物体光の計算量が極めて大きい。一説には現在の世界最高性能スパコンでも及ばないほどの計算性能が必要とされる。そのため、物体光計算の高速化が重要課題の1つである。

計算高速化の考え方は大きく2つある。1つはアルゴリズムの工夫による計算量削減、もう1つは高速計算機への実装である。両者は独立した技術・研究とも捉えられるが、相互に考慮することが求められる。例えば、計算量削減アルゴリズムの代表格であるテーブル参照法 (LUT : Look-Up Table) は、CGH計算に含まれる高負荷部分を事前計算し、メモリに格納したデータを都度読み出すことで、理論上は計算量を極小にできる手法である。しかし、高速計算機の代表格であるGPU (Graphic Processing Unit) への効率的な実装は容易ではない。これは、GPUがメモリアクセス速度より計算速度の方が十分に高速であること、メモリ容量が多くないことによる。そのため、一般にGPUに実装する場合、極力メモリアクセスを伴わない、または高効率なアクセスができ、低負荷な計算処理のみでCGH計算を構成するように計算方法を工夫したほうが良い。すなわち、ハードウェアの特性を考慮した計算アルゴリズムの開発が必要である。

これまでに多くのCGH高速計算アルゴリズムが提案され、GPUやFPGA (Field Programmable Gate Arrays) に代表される高速計算機への実装がなされてきた¹⁻²⁾。しかし、実用的な計算速度と再生画質、規模を実現する方式は実現していない。そのため、電子ホログラフィによる3次元映像技術は、少なくとも計算機観点からは早期の実用化は困難な技術であり、継続的な研究が必要な分野である。

本稿では、GPUを計算デバイスとして、効率的な計算の障害となるメモリへのランダムアクセス改善を考慮したCGH高速計算アルゴリズムを著者の研究を中心に紹介する。