



瞬時に 3 次元構造を照らし出す 構造化ライトフィールド

群馬大学 大学院理工学府
奥 寛雅, 小原彬寛

1. はじめに

画像を利用した非接触の 3 次元計測は、主として寸法計測の必要性から盛んに研究されてきた。近年では、これに加えて Computer Graphics (CG) におけるモデリング用の三次元スキャナや、産業用ロボット用センサ、次世代モビリティ・自律走行ロボット用の外界センサとしても利用され、その重要性はますます高まりつつある。

比較的古くから研究されている 3 次元計測技術は寸法計測がその主目的であったため比較的静的な対象の計測が想定されていた。しかし、近年注目を集めている自動走行車やロボット、ヒューマンインターフェイスなどの分野では、変動する環境の中でリアルタイムに計測してフィードバックすることが重要となる。これらの分野のように、実世界における周囲環境の動的な変化を計測したい場合や、もしくは人間の操作に対して滑らかかつ即応的な反応が重要な場合には、キロヘルツ以上の計測・制御周波数やミリ秒以内の遅延時間が理想的である。

しかし、従来の 3 次元計測手法は高速な応答については不得手としてきており、このような高速計測を実現することは難しかった。この主な原因を詳しく述べるために、まずは従来の 3 次元計測手法を簡単に説明する。

これまでの画像による 3 次元計測手法は、三角測量に基づく幾何学的な距離推定原理に基づく手法か、もしくは光の往復時間の計測に基づく Time Of Flight (TOF) の原理に基づく手法に大別される。

三角測量はステレオ法とも呼ばれ、複数の視点から同一地点を計測し、その際に存在する視差を計測することで対象までの距離を推定するものである。しかしながら、この問題設定は基本的に逆問題であり、特に、どこが同一地点なのかを計測した画像等から探索する必要がある場合が多い。そのため、演算量が多くなるという原理的な制約を抱えている。高速化を実現するためには膨大な計算を高速に演算するために FPGA や ASIC の導入が必要となり、コスト面や汎用性の面で難点を持つ¹⁻⁴⁾。

TOF 方式は、センサ部の近くに配置された光源から光を射出し、対象で散乱されて戻ってくるまでの時間を計測するものである。レーザーとフォトディテクターを組み合わせた点計測方式と、専用の撮像素子による面計測方式とがあるが、高速化を念頭に置くと走査が不要な面計測方式が有利である。メートルオーダーの空間であれば、光は $(3.0 \times 10^8)^{-1} \sim 10^{-8}$ 秒程度、つまり 10 ns オーダーの時間があれば往復するので、原理的には 1 ミリ秒以内での計測も十分に可能である。しかし、主として市場の大きさや光量の制約などから、市販の TOF 用撮像素子は高速なものでも数十から 100 fps 程度のフレームレートであり、ミリ秒程度の応答速度には足りていない。より高速な計測を実現するためには独自に撮像素子を開発する必要があり、コストの面などから容易とは言えない。

そこで著者らは、既存の高速カメラや高速ビジョンと特殊な照明を組み合わせることで、比較的手軽に高速な距離画像計測を実現する手法を提案し、構造化ライトフィールド法 (Structured Light Field) と呼んでいる。本稿ではこの構造化ライトフィールド法を紹介する。