

LiDAR センサーの原理と構成要素

株式会社 ハイパーデジタルツイン
 芝浦工業大学
 伊東敏夫

1. はじめに

センサーとしての LiDAR の基本原理は、レーザー光を対象物体に照射し、その反射波を解析することにより、照射点を測距することである。測距方法は、レーザー光をパルスとして発光する直接飛行時間計測（dTOF：direct Time Of Flight）か、レーザー光を連続照射して強度変調する間接飛行時間計測（iTOF：indirect Time Of Flight）、周波数変調連続（FMCW：Frequency Modulated Continuous Wave）が代表的なものである。

したがって、LiDAR の構成要素としては、レーザー光を発するレーザーダイオード（LD：Laser Diode）と、反射光を受信するフォトダイオード（PD：Photo Diode）が重要部品である。そしてファンビームを生成するビーム変更器は、方式によって構成が大きく異なる。

2. LiDAR の測距方式

2-1 TOF

LiDAR の測距方式は、これまで dTOF¹⁾が多かった。dTOF は、光が一定の速度で媒質中を進むという既知の事実を利用している。空気中で光は、約 3×10^8 m/s で進む。レーザー光をパルス状に発光すれば、送信パルスは対象物体で反射され、PD で受光することができる。

LiDAR と対象物体間の距離は、図 1 に示すように、パルスの到達時間と送信時間の差を求めることによって測定することができる。送信パルスは、LD 光源によって生成することができる。dTOF の深度分解能は、使用する回路のタイミング分解能によって制限される。一般的に、dTOF で測定可能な最小範囲はセンチメートル単位に制限されることが多い。dTOF の測距範囲は、許容される送信パワーと受信感度で決まり、典型的な受信感度では最大範囲が 100～200 メートルである。

センサーよりも高出力なシステムでは、最大範囲を数キロメートルまで拡張することができる。また、計測対象地点にコーナーキューブを用いて測距距離を延長することも可能である。

送信時間と受信時間の差から測距するもう一つの手法が iTOF²⁾である。ただし、iTOF はパルス波ではなく、連続波を用いる。iTOF の連続は、振幅変調連続波（AMCW：Amplitude Modulated Continuous Wave）と呼ばれる振幅を強度変調したものである。dTOF では送信波と受信波の時間差を求めたが、図 2 に示すように、iTOF では送信波と受信波の位相差を求める。

iTOF の測距分解能は、遅延による位相シフトを解消するシステムの能力に制限される。RF チャープの場合、分解能はチャープが示す周波数の広がりによって制限される。例えば、送信波に 1GHz の変動があるとき、分解能は 15センチメートルになる。1センチメートルの分解能を達成するためには、15GHz のオーダーの変動が必要になる。

iTOF の測距範囲は、dTOF 同様に送信パワーと受信感度で決まる。さらに、受信機で検出できる最大周波数によって制限される。