ライダの進歩が自動運転車両の成功を促進

ジョン・ジョセフ

ライダ（lidar）は、自動運転車輌を安全に走らせるための要求精度に対応している。面発光レーザ（VCSEL）を使った半導体レーザベースのフラッシュライダシステムは、コストを下げ、可動部品を除去することで商用化と普及を促進する可能性がある。

自動運転車両では、レーダー、ソナー、ビデオ処理は、それぞれに限界があるので、それらが協働することになる。レーダーとソナーは、物体の位置決め精度や空間分解能が不足している。これらの点は、ソフトウエアで制御される判断の一層の向上に必要となる。カメラは、環境要素に制限される。例えば、太陽光の明るい閃光、夜間の条件あるいはトンネルなど。その代わりに、光検出と測距（ライダ）は正確で高い空間分解能のデータを提供し、映像センサの飽和、低分解能のレーダー反射、不明瞭な場合には、ライダはフィードバックシステムになり得る。

自動車業界はより高いレベルの自律性を追求しなければならなく、これは自動車メーカーやコンポーネントサプライヤーへの自動車用ライダの普及促進になる。ライダ、レーダー、ビデオの統合が、自動運転車両を可能にするのに必要なセンサの最終的なソリューションになるという意見の一致が専門家の間で広がりつつある。

現在、DPSSもしくはファイバレーザや機械式スキャニングシステムを使用するライダシステムは高性能であるが、高コストでもある。それらは、簡単にはコスト削減できそうにない。したがって、コストを下げ、デバイスサイズを縮小しながら、急速にパフォーマンス向上を進めることはできない。

レーザ、カメラと3D点群

プロセッサが、ドライバー支援および自動運転車両に必要な瞬時の判断ができるようになるには、対象の特定、運動ベクトル、衝突予測と回避策によりセンサパッケージが正確な3D情報を提供しなければならない。

ライダは、ディテクタの応答に合わせた、高速、ハイパワーパルス光を利用してこの情報を提供し、反射光から対象物までの距離を計算する。この3D情報の分解能を向上にディテクタアレイもしくは動作タイミングを設定したカメラを使うことができる。パルスの速度は、深さ方向分解能の決定に重要である、また結果として得られたデータは3D点群集計に使用される。3D点群は、高速処理アルゴリズムで解析され、データをボリューム識別子やベクトル情報に変換する。これらは、衝突確率を判定するために、車が進む位置、スピード、方向に関連づけられている。

車載コンピュータは、つまりは、人と車、速度、方向の3Dアクションムービー（映像）のモデリングを行っている。その同じムービーに、ライダデータからの対象物を持ち込み、未来がベクトル射影によって計算されるゲームに対象物が関わってくる。このゲームは、ソフトウエアアルゴリズムを通したベクトル診断や予測行動を評価する早期警戒システムを構成する。

現在のライダ技術

自動走行「グーグルカー」の屋根に搭載された円筒形スキャニングライダはますますよく見られるようになっている。そのような回転ミラーシステムは高性能であり、これまでに一次テストと開発プラットフォームを自動運転車両でのライダ利用に提供してきた。このタイプのシステムから、車の車体パネル内に収まるような低コストでコンパクトなライダシステムに移行するために、開発者は多くの代替策を検討している。

より小さなスキャニングミラーシステムは1つの代替策だ。別の選択肢は、MEMSベースのスキャニングライダである。これらのスキャニングシステムは、立体角の小開口から十分な出力を持つ高輝度レーザを必要とする。これによって長い到達距離を得るための高い放射強度が得られる。そのような高輝度の光源は、ハイパワー端面発光半導体レーザダイオードか固体レーザのいずれかでなければならない。高輝度レーザビームにはアイセーフが維持されている、これは低いデューティサイクルパルスとFOVをスキャンするビー

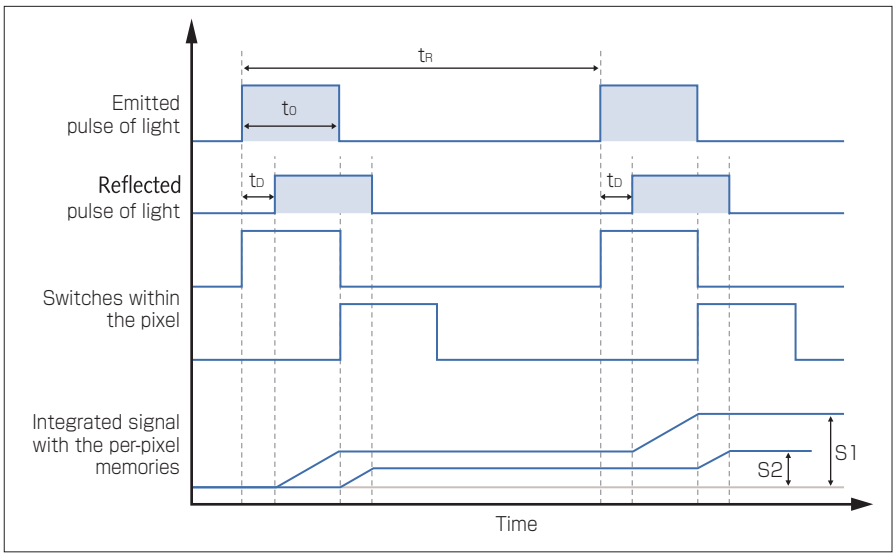


図1　フラッシュライダタイミング概念の説明。レーザパルス、反射光、カメラやディテクタ内のスイッチのシンプルなタイミングを説明している。

ムの動きによるものである。

ハイパワー高速フラッシュライダ

より安価で小型のライダを製造するために、OEMの中には、高輝度光源や機械式動作から重点を移そうとしているところもある。急速に成熟してきた焦点面アレイを利用して時間を設定したFOV照射がターゲットになっている。このライダ技術は、「フラッシュ」ライダとして知られており、そこでは高速のパルスレーザが「フラッシュ」し、タイマーを動作させる。それによって焦点面アレイの各ピクセル、あるいは時間設定したカメラが赤外光に応答するのにかかる時間をカウントする。

フラッシュライダによって、個々のピクセルから対象物までの正確な距離が計算され、3D深度のマップが作成される。マップは、ビデオ画像シーンや他のセンサと統合され、周囲環境の完全評価を提供する（**図1**）。ライダシステムの複雑さ、サイズ、コストを抑制するために、このアプローチを達成しようとしているところが数社ある。フラッシュライダの変種も開発されており、そこではたくさんの、より小さなFOVを利用して、レシーバの複雑さを軽減しようとしている。

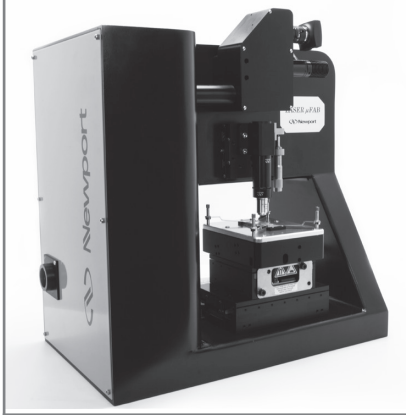
フラッシュライダでは、各ピクセル（x、y）が、それ固有の距離データを持ち、その結果が3D点群となる。コンピュータは、距離情報とベクトルによって特定される多数の対象物のアップデートやトラッキングを行うことができる。xとyの分解能は、カメラ分解能に依存する。z距離分解能はレーザのパルス幅または立ち上がり時間とセンサの速度に依存する。

現在、自動運転に適する最先端のセンサは、パルス幅200psの分解能だ。理想的には、フラッシュライダレーザは、一ケタ台ナノ秒範囲のパルス幅があればよい。同時に、十分なピークパワーで、必要とされる距離とFOVの対象物を照射できればよい。実現されたもののほとんどで、レーザからのシングル「フラッシュ」のビーム発散はレシーバFOVに光学的に整合されている。目的は、FOV全体が瞬時に照射されることである（ゆえに、「フラッシュ」ライダと呼ぶ）。

Newport
Experience | Solutions

2D/3D レーザー微細加工用
ワークステーション
μFAB

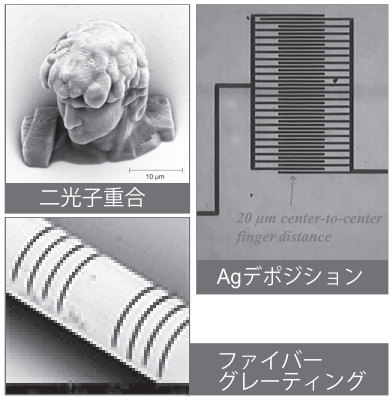
高性能ステージ
任意のレーザーと組み合わせ
微細加工用ソフトウェア提供



アプリケーション

◆マイクロ3Dプリンター（二光子重合）
◆レーザーアブレーション、表面改質
◆バイオ応用
（ナノサージェリー、マイクロダイセクション）

フェムト秒レーザー
微細加工サンプル



http://www.newport-japan.jp/
E-mail:newport@japanlaser.jp
JLC JAPAN LASER 株式会社日本レーザー
本　社　〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1
TEL: 03-5285-0853（直）
大阪支店　TEL: 06-6323-7286
名古屋支店　TEL: 052-205-9711

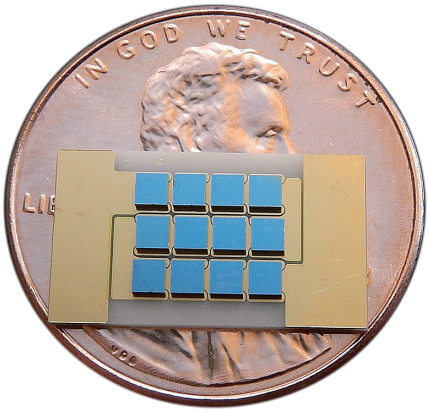


図2　ダイム（10セント硬貨）上のサブマウント。暗色に見えるレーザチップ部は、裏面に400を超えるレーザを使用している。

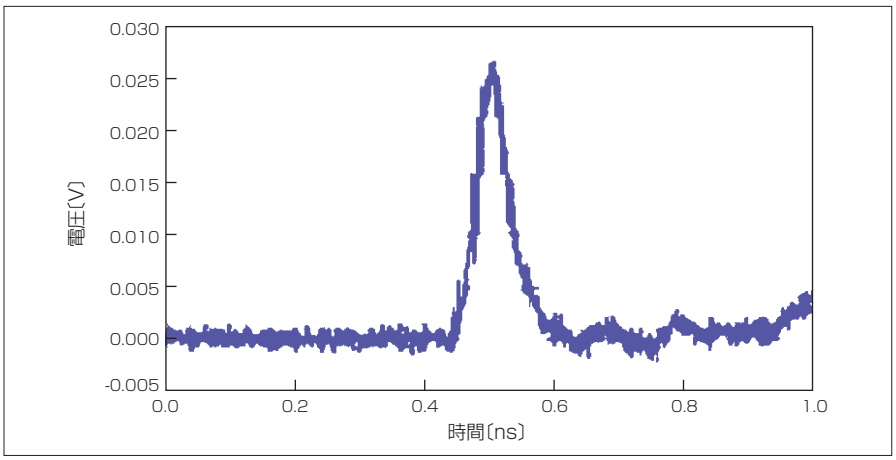


図3　7nsパルスは、図2で示したVCSEL構造から生成。

自動車ライダ応用は、対象とする主要な距離範囲は2つに分けることができる。横と「警戒範囲」角度では20～40mの中距離、車輌の前後150～200mの長距離範囲。

中距離アプリケーションでは、多数箇所への設置が必要になり、非常に大きな視界（FOV）を捉える必要がある、これは水平軸で100°を超える。これらは、数が多いことから、非常にコストに敏感なセンサとなる。サイズもまた問題になる。車の車体パネル内に収まる必要があるからだ。

ライダシステムの空間分解能はカメラ特性によって決まり、ビームは大きなFOVに意図したとおりに広がるので、フラッシュライダは、半導体レーザ、特にVCSELアレイのような、輝度を下げたハイパワーレーザに適したアプリケーションである。フラッシュライダシステムは、適度な繰り返しレートを採用して相対的に低いデューティサイクルとしている。そのようなアプローチは、適度なヒートシンク仕様、駆動回路により小型の電子部品を持つ半導体レーザの採用に有利に働く。

最近まで、DPSSやファイバレーザのような高輝度光源だけが、フラッシュライダに必要な高いピークパワーと短パルスを生成できた。ところが今では、より低コストの半導体レーザが、これらの高価な発振器を置き換えることができ、自律走行技術を本流に押しやることができる。

業界のタイミングを変える

TriLumina社のレーザ構造は、フラッシュライダアプリケーションに最適になっている。レーザそのものは非常に広帯域であり、より小さなアレイバージョンは10Gb/sフリースペース光リンクで十分な性能を備えている[1]。高出力パルス動作向けに特別なパッケージに収めたより大きなアレイはピークパワーが1～5kWが可能であり、パルス幅はナノ秒の一ケタ台である。

われわれのVCSEL構造では、裏面放射設計の基板を光が透過する。この構造は、高速回路との効率的な結合により、フラッシュライダの要件に最適な、より小さく、安価なレーザ光源を可能にする（**図2**）。フラッシュ照射する設定では、VCSELアレイは空間的に拡張された光源となり、高出力動作のアイセーフ懸念が抑えられる。

短パルス電流ドライバに調整した当社のレーザは、短パルス動作する（**図3**）。また、別のスキャニング技術もあり、これらはサブグループアレイを用いてFOVの多様なセグメントでON/OFFすることができるので、より高価で高分解能の焦点面アレイを重視しなくてもよくなる。

TriLumina社は、レーザ駆動回路設計や駆動回路特性へのマッチング改善に継続的に務めており、立ち上がり時間1ns以下の実証が見込めると考えている。さらに、この技術は極めて拡張性が高いので、中距離用の自動車フラッシュライダのピークパワー要件にも応えられると考えている。光源とドライバ回路の両方の半導体ベース技術は、量産による規模の経済を可能にし、車輌の多数の位置に無理なく設置できるようになる。

参考文献

(1) R. F. Carson et al., "Compact VCSEL-based laser array communications systems for improved data performance in satellites," Proc. SPIE, 9226, 92260H（Sept. 17, 2014）; doi:10.1117/12.2061786.

著者紹介

ジョン・ジョセフはTriLumina社の創始者であり、製品開発担当副社長を兼任する。

e-mail: john@trilumina.com　URL: www.trilumina.com

LFWJ