• feature _{車載ライダ}

マルチスペクトル機能を搭載する 車載ライダ

スコット・バクター、ナディーン・バード

より多くのライダ波長を追加することで、自動車の周囲環境に関するさらに 詳しい情報を取得することができる。

この20年間で、3Dライダ(LiDAR)はまさに文字通り、カメラによる従来のイメージングにさらなる次元を追加した。もともとは測量用に開発された3Dライダだが、今では無数の用途に利用されている。中でも最も顕著な用途は、部分的または完全自動運転のアシストである。

走査またはフラッシュという一般的なカテゴリーに該当する、数多くの異なるライダアーキテクチュアが存在するが、最近まではそのすべてに、共通する1つの特徴があった。つまり、白黒カメラと同様に、モノクロだという点である。カラーカメラのほうがより多くの情報を提供できるのと同様に、より多くのライダ波長を追加すれば、自動車の周囲環境に関するさらに詳し



図 1 アウトサイト社のマルチスペクトルライダは、長距離(数百メートル)ライダの主流アプリケーションを特に対象としている。

い情報を取得することができる。

標準的なカラーカメラの赤緑青 (RGB)の3波長だけでなく、複数または多数の波長を加えることで、アクティブなマルチスペクトルまたはハイパースペクトルのセンシングが可能になる。パッシブなスペクトルセンシングと同様に、これによって、物体を構成する物質を識別することが可能になる。自動運転システムに対しては、安全性を劇的に向上させることができる。その例としては、車両前方の遠く離れた場所の道路条件(凍結や浸水など)の検出や、人間を同程度のサイズの物体と区別する能力などが挙げられる。

課題に対応するための取り組み

マルチスペクトルライダのメリット は明白であるにもかかわらず、自動車 分野で使用される可能性を秘めた商用 システムの開発は、迅速かつ簡単には 進まなかった。主な理由は、リアルタ イムセンシング(少なくとも数フレーム 毎秒)が必要であることと、量産市場 向けの車載デバイスとして、サイズ、 重量、電力、費用(size、weight、power、cost:SWAP-c)の厳しい制約を 満たさなければならないことである。 加えてマルチスペクトルライダは、最 先端のモノクロソリューションと同程 度の距離及び解像度性能を備え、走行 車両に発生する衝撃、振動、温度範囲 に耐えられる必要がある。

多波長ライダの初期の例は、チュー ナブルレーザ光源を使用し、主に大気 研究を対象とするものだった。しかし、 それから数十年が経過しても、光パラ メトリック発振器(Optical Parametric Oscillator: OPO) などのチューナブル 光源は、上述の要件の多くを満たすこ とができない。それに対する解決策が、 必要なすべての波長を同時に生成でき るレーザ光源だった。この種の光源に 基づく、コンパクトなマルチスペクト ルライダデバイスを最初に実証したの は、米MITリンカーン研究所(MIT Lincoln Laboratory)で1990年代終盤 のことだった⁽¹⁾⁽²⁾。それらの概念実 証実験では、多数のレーザパルスと、 内蔵されている電荷結合素子 (Charge Coupled Device: CCD)分光器を使用 して、スペクトルが各ポイントにおいて 連続的に取得された。このアーキテクチ ュアにより、低解像度の単一のフレーム を数分以内に取得することができる。

それからおよそ10年後の2012年に、分散素子、アバランシェフォトダイオードアレイ、マルチチャンネルの高速デジタイザを使用して、広帯域光源から8つの波長を同時に取得できる3Dライダが実証された(3)。受信したレーザエネルギーは8つに分割され、受信器パスには損失が生じるため、距離は20m以下に制限されていた。また、このシステムには、10万ドルを超えるコンポーネントが含まれていたため、幅広い用途に適した設計ではなかった。その後の数年間で、この種のデバイスを、当時可能だったさまざまな測定に

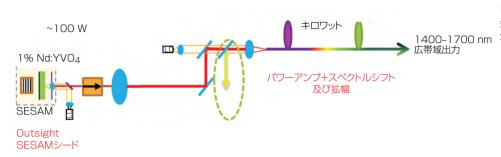


図2 アウトサイト社のレーザは、特別に設計されたマイクロチップ固体レーザ発振器と、スペクトル拡幅も行う単一の1400-1700 nm 増幅器で構成されている。

主に適用した、100件を超える科学論文が発表された。しかし、基本的なアーキテクチュアとその後のSWAP-cの問題は、ほとんど変わらないままだった。

2018年に仏アウトサイト社(Out sight)は、長距離(数百メートル)ライ ダの主流アプリケーションを特に対象 とした、新しい種類のマルチスペクト ルライダを、1から開発する取り組み に着手した(図1)。これは、光源仕様 の観点から見ると、パルス繰り返し周 波数が500kHz以上、パルス幅が数ナ ノ秒、パルスエネルギーが数μ]で、対 象スペクトル範囲をカバーする広いス ペクトル幅を備えることを意味する。 高い繰り返し周波数は、高解像度の点 群をビデオフレームレートで提供する ために必要で、短いパルス幅は、良好 な距離解像度を提供し、パルスエネル ギーは、適度なサイズのスキャナアパ ーチャで長距離に対応するために必要 である。また、非常にコンパクトで、 低コストでの量産製造が可能でなけれ ばならない。

この頃になると、半導体レーザのシード源と複数の増幅段をベースとした、アイセーフな波長1550nmのファイバレーザが利用可能だった。その出力を、適切な非線形ファイバにおいて広げることが可能で、すべての光学仕様を満たすことができた。しかし、システムの複雑さとコストがやはり、そ

の使用を妨げる障害だった。

同社のレーザは、2つの主要要素だ けで構成されている。すなわち、特別 に設計されたマイクロチップ固体レー ザ発振器と、スペクトル拡幅も行う単 一の増幅器である(図2)。発振器を、 半導体可飽和吸収ミラー(semiconductor-saturable absorber mirror: SESAM) によってパッシブにQスイッ チすることにより、幅1ns、エネルギ 一約100nJ、繰り返し周波数500kHz のパルスが得られる。このエネルギー は、ダイオードベースのシードレーザ によるものよりも約2ケタ高いため、 単一の増幅及びスペクトル拡幅段だけ で、1400~1700nmの範囲をカバー する数μ]のパルスという、所望の出 力仕様を達成することができる。また、 当社のシード源には、短いパルスと高 い繰り返し周波数を得るための高速電 子部品が不要であるため、複雑さは緩 和され、コストは削減される。

コンパクトで低コストのレーザ光源の開発は、課題のほんの一部にしかすぎない。マルチスペクトルライダは、少なくとも既存システムと同程度の性能で、モノクロの点群を生成するという、より従来型のライダの処理を実行する必要がある。具体的には、同等のシステム全体効率で、同程度の最大距離を達成する必要がある。マルチスペクトルライダの過去のアーキテクチュ

アでは、それは不可能であるように思われる。過去の設計はいずれも、分散素子と複数の検出器、または、音響光学フィルタなどのバンドパスフィルタ素子を使用して、一度に1つの波長を選択している。

どちらの場合も、総レーザエネルギ ーがスペクトルバンドの数で分割され て、それに応じて距離が短くなる。こ の一見根本的な問題を解決するため に、当社は、「inverse multispectral」 (逆マルチスペクトル)という新しいア プローチを考案した。個々のスペクト ルバンドを選択する代わりに、ノッチ フィルタリングによってそれらを除外 するという方法である。スペクトルバ ンドが5つの場合、レーザエネルギー の20%ではなく80%が、測距に利用 可能となる。各バンドにおける測定と、 バンドが除外されていない状態での測 定により、過去のアーキテクチュアと 全く同じマルチスペクトル情報を取得 することができる。

最後の要件としてライダは、自動運 転車を制御するための十分な情報を提 供するために、点群フレームをビデオ レートで取得できる必要がある。原理 上は、複数の検出器を使用する方法で、 必要な速度を達成することができる が、エネルギーが分割されるという上 述の問題がある。そこで、波長または 波長がないことを、連続的に測定する

レーザー・光技術のお困りごとは **レーザー専門商社の**

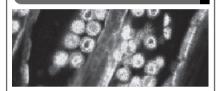


にお任せください!

レーザー加工



顕微鏡、バイオイメージング



原子・分子・量子研究



検査・分析・評価



ナノフォトニクス、微細加工



光技術に関するご相談は

https://www.japanlaser.co.jp/

E-mail: jlc@japanlaser.co.jp

じJLC 禁田本レーサー

本 社 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1

TEL: 03-5285-0861

大阪支店 **TEL: 06-6323-7286** 名古屋支店 **TEL: 052-205-9711**

• feature 車載ライダ





図3 20Hzのフレームレートで走査する場合、従来の3Dデータは20Hzのフルフレームレート、マルチスペクトル情報はフルフレームレートの波長数分の1のレートで出力される。

必要がある。最初の選択肢は、各波長を順番に固定のスキャナ角度で測定することである。しかし、レーザの繰り返し周波数を500kHzとすると、これには、かなり高速なノッチフィルタリング機構が必要になるほか、フレームレートが波長数で分割されてしまう。

そこで同社は、フレーム全体を1つの波長で走査して、フレーム間で波長を切り替えている。このデータを、当社の特殊なSLAM (Simultaneous Localization And Mapping:自己位置推定と環境地図作成の同時実行)ソフトウエアで結合することにより、フレーム単位のマルチスペクトル情報を生成することができる。20Hzのフレームレートで走査する場合、従来の3Dデータは20Hzのフルフレームレート、マルチスペクトル情報はフルフレームレートの波長数分の1のレートで取得

される(図3)。

自動運転は、マルチスペクトル3D ライダの多数の用途のほんの1つにしかすぎない。コンパクトで低コストのマルチスペクトルライダのメリットが活用できるその他の用途は、採鉱、農業、スマートインフラなど、多様な分野で開拓されている。

参考文献

- (1) S. Buchter and J. J. Zayhowski, MIT Lincoln Laboratory Solid State Research, 1, 1-3 (1999).
- (2) B. Johnson et al., Proc. SPIE, 3710, 144-153 (1999).
- (3) T. Hakala et al., Opt. Express, 20, 7, 7119-7127 (2012).

著者紹介

スコット・バクター (Scott Buchter)は、仏アウトサイト社 (Outsight)の共同創設者で、ナディーン・バード (Nadine Buard)は、同社シニアディレクター。

e-mail: sbu@outsight.tech

URL: www.outsight.ai