

デジタルマイクロミラーデバイスによる ダイナミックな舞台照明の実現

ブランドン・サイザー、チュウエン・シェン

DLPに基づく光投影システムは、LEDと従来光源のどちらを採用するかにかかわらず、ゴボなどの機械式システムに勝る多数のメリットを備える。本稿では、このようなシステムを構成するすべての機能的要素について解説する。

照明機器の輝度、色、配光を調整する機能は、多くの用途で大いに求められている。それによって、新しい機能を実現し、特定の活動に基づくダイナミックな効果をその場に添えることができる。DLP (Digital Light Processing) チップセットの主要コンポーネントであるデジタルマイクロミラーデバイス (DMD: Digital Micromirror Device) は、デジタルシネマ、大会場プロジェクション、会議室用プロジェクターの他、携帯型や組み込み型のプロジェクターなどの用途において、光の指向や制御を簡単に行うことができる。このようなシステムはLEDなどの光源を利用して、さまざまな種類の真空電球を利用する従来のシステムに代替することができる。

LEDをDLPチップセットと組み合わせて利用することの可能性を理解するために、舞台照明用にDMDを使用

するアーキテクチャについて検討する。このアーキテクチャは、米テキサスインスツルメンツ社 (TI: Texas Instruments) が、複数の狭ビームの小型光源を使用してプロジェクション用に開発したDLP技術に基づいている。LED以外にも、レーザーやレーザー蛍光体を使用することにより、このアーキテクチャを他の照明用途に適応させることができる。また、そのコンセプトは規模調整が可能で、より小さなDMDとよりシンプルな光学部品を使用すれば、コストと輝度を低下させることができる。

DLP技術の紹介

DLP技術は、DMDを使用して光を変調するMEMS (microelectromechanical system) 技術である。各DMDには数百万個もの独立したミラーを含めることができ、それぞれが画像の1つ

以上のピクセルに対応する。個々の微小ミラーの対角長はわずか数ミクロンである。このマイクロミラーを、オンとオフの2つの状態の間で非常に高速に切り換えることにより、入射光の制御と方向変更が行われる。サイズが小さいので、スイッチング遷移には数マイクロ秒しかかからない。図1は、個々のミラーを制御するDMDを示したものである。

DMDはマイクロミラーによって、プロジェクション対象のどこにいつ光を向けるかを制御する (<http://bit.ly/2O6zDpI>)。DLP技術に基づく多くのシステムで、単一のDMDによって光の制御が行われる。DMDを使用して1つの色を連続的に表示するほうが、マルチカラーシステムを使用するよりもシステム設計が容易になる。システムが色成分を備えていれば、単一のDMDによってマルチカラーの画像

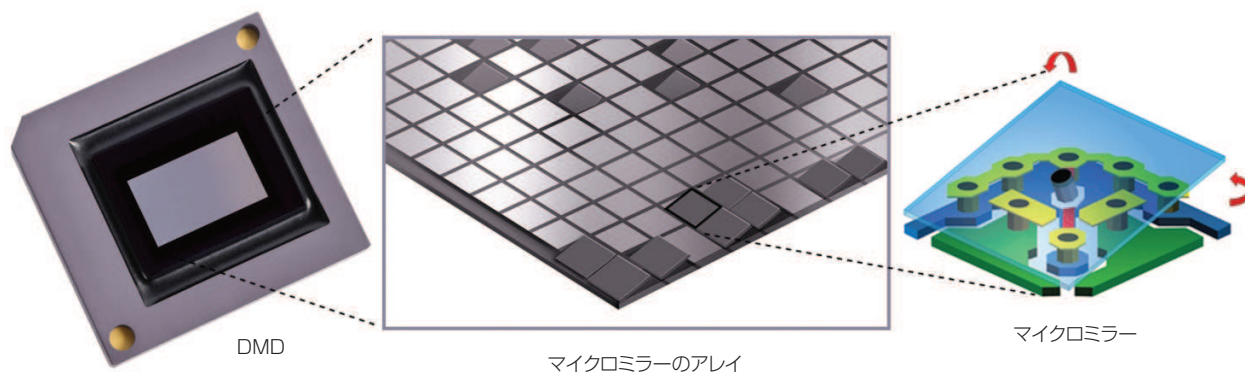


図1 1つのDMDで、各マイクロミラーを個別に制御できる。

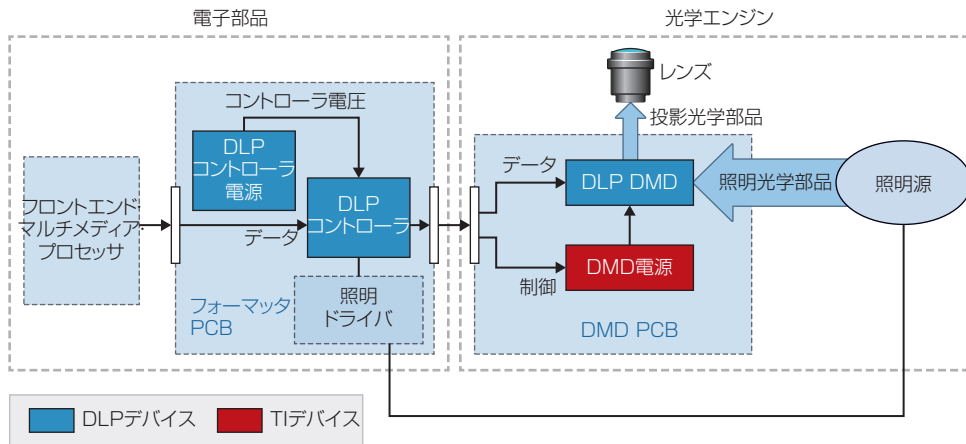


図2 DLPに基づくシステムのすべての要素を示したブロック図。

や動画を表示することも可能である。この色成分は、赤色、緑色、青色のそれぞれ独立した光源でも、回転式のカラーホイールでもよい。

DMDのマイクロミラーの速度に基づき、DMDは有色光のバーストを非常に短時間だけ、スクリーンまたは表面上の個々のピクセルに表示する。人間の目は、これらの短いバーストを組み合わせて、色鮮やかな画像や動画として認識する。

DLP技術はシネマ業界で大きな成功を収めており、世界中のデジタルシネマの80%以上でこの技術が採用されている。シネマ、教育現場、家庭用プロジェクションディスプレイ以外にも、DLP技術は、車載ヘッドアップディスプレイ、リソグラフィ、分光法、3Dプリントなど、さまざまな分野で利用されている。

舞台照明システムとDLPがもたらす付加価値

舞台照明は、ライブパフォーマンスやコンサートでの観客の視覚体験を高めるために古くから使われてきた。舞台照明により、シーンにおける登場人物の存在感を強調したり、登場人物の

感情を観客に対して視覚的に表現したり、その他の視覚的効果を添えたりすることができる。現行のシステムでもさまざまな色やパターンが表示できるが、システムが投影できるパターン数は、各システムに格納できるゴボ(GOBO: goes before the optics)の数によって制限される。

DLP技術を採用する舞台照明システムは、ゴボフィルタを使用してパターンを作成する代わりに、DMDを使用して画像やパターンを動的に作成することができる。従来のゴボフィルタをDMDに置き換えることにより、単色かフルカラーにかかわらず、無限の数のパターンや動画にアクセスして、視覚的効果を作成できるようになる。新しい画像を表示するために物理的なコンポーネントを追加する必要はないので、DLPに基づくシステムは、1回のパフォーマンスまたはショーで無限の数の画像を表示することができる。

DLP技術を採用して舞台照明システムを設計することのさらなるメリットとして、パフォーマンス中にゴボを切り替えるために必要な機械部品が不要になる。従来のシステムでは新しいパターンを表示するときに、照明源と投

影光学部品の中に新しいゴボを配置する必要がある。この動作には、次のゴボに切り替えるための回転式チャンバなどの機械装置が必要で、切り替えには最大で数秒かかる場合がある。

DMDの高速なスイッチング速度とプログラマビリティにより、DLPに基づく舞台照明システムには、新しい画像を表示するための機械部品が不要である。これにより、システムのサイズが縮小し、メンテナンスが容易になり、修理コストが低下する可能性がある。

DLP技術は、多くのメリットを舞台照明システムにもたらすが、ゴボ投影のほうが輝度の高いシステムを構築できる。次ページの表は、DLP技術とゴボ投影の基本仕様を列挙し、比較したものである。

DLP技術を用いたシステム設計

DMDがDLP技術の基本要素だが、その他の電子部品や、光源からDMDと投影レンズまでの光学経路、熱対策、照明源などの項目を、システム開発者は検討しなければならない。図2は、DLPに基づく標準的なシステムのブロック図で、システムのすべての検討項目が示されている。

表 DLP技術とゴボ投影の比較

仕様	DLP技術	ゴボ
解像度	最大数百万ピクセルがプログラム可能	N/A
パターン制御	新しいパターンを任意の時点で動的にプログラム	格納されているゴボの数に制限される
信頼性／所有コスト	20年以上の出荷実績を誇るMEMS技術	多くの機械部品にメンテナンスが必要

DLPシステムの電子部品は、フロントエンドプロセッサ、フォーマットプリント回路基板(PCB: Printed Circuit Board)、DMD PCB、照明源ドライバの4つの主要コンポーネントに分類できる。それぞれが、全体的なシステムの機能における重要な役割を担うので、システムを設計する際に検討が必要である。

フロントエンドプロセッサは、入力された任意の動画または画像データを、DLPコントローラが認識できる形式に変換する。BluetoothやWi-Fi接続など、追加機能を備えるプロセッサを選択して、設計の使用性をカスタマイズしたり改善したりすることができる。このフロントエンドプロセッサは、特定用途向けの画像ソフトウェアによって、さらにカスタマイズすることもできる。

フォーマットPCBには、DLPコントローラと、チップの駆動に必要なすべての電子部品が搭載される。DLPコントローラは、フロントエンドプロセッサからのデータを、DMDが受信できる形式でDMDに送信する。各

DMDは、専用のデジタルコントローラを持ち、性能を最適化するための電源管理集積回路(IC: Integrated Circuit)を備える場合もある。

DMD PCBには、DMDとその動作を実装するために必要なすべての電子部品が搭載される。DMD PCBは、フォーマットPCB上のDLPコントローラと通信して、データを受信し、必要な画像を表示する。DMD PCBは、設計の光学エンジンの一部でもある。

ドライバ電子部品

照明電子サブシステムには、システムの照明源の駆動に必要なすべての部品が含まれる。照明電子部品は、DLPコントローラおよびフォーマットPCBと通信して、DMDに照射する光を戦略的に調整してブラックレベルを改善することができる。照明ドライバ電子部品は、スペースを節約するためにフォーマットPCB上に配置できる場合もある。

熱対策は、図2には示されていないが、DLP技術に基づくシステムにおいて重要な要素である。熱対策の目的は、推奨される動作温度範囲内にDMDを

維持することである。効率的で効果的な熱対策は、DMDの寿命と信頼性の向上につながる。DMD以外の一部のICにも、冷却対策が必要な場合がある。また、LEDなどの光源には通常、望ましい性能を達成するために効率的な熱管理が必要である。

DLP Productsエコシステムの光学モジュールメーカー(OMM: Optical Module Manufacture)によって現在、幅広い種類の光学エンジンが製造されている。さまざまなサイズで、多種多様なDMDを採用し、異なる照明源を使用して幅広い輝度レベルを達成する製品が存在する。光学エンジンを使用することにより、最終装置のメーカーは、専門技術やリソースの必要なく、製品開発サイクルを迅速に進めることができる。

光学設計の検討事項

光学システムのコンポーネントを構築する際には、設計に求められる輝度またはルーメン、光源、サイズ制約、全体的なシステム構成を理解することが重要である。柔軟なシングルチップのアーキテクチャのほうが、システム設計が容易で、サイズもコストも削減できる可能性がある。DMD内のマイクロミラーは、オン/オフの遷移時間が非常に高速であるため、オンチップにDLPを実装すれば、パルス幅変調(PWM: pulsewidth modulation)によるグレースケールとカラーのシーケンシャル操作が可能である。広く使われている直径1インチのゴボプロジェクターに合わせるには、アスペクト比4:3の0.95インチのSXGA+DLPを使用することができる。入手可能な多数の投影光学部品をそのまま使用するか、少し変更するだけで、ゴボと同じ特性を実現することができる。

電球とLEDの両方が、舞台照明に一般的に使用されるが、平方ミリメートルあたりのルーメン出力が高いLEDは、このようなシステムに非常に適している。図3は、DLP技術を採用し、電球を光源として活用する光学設計例だが、代わりにLEDを使用することもできる。LEDを使用すると、ルーメン出力が低下し、それほど高い輝度を必要としない用途においてコストを抑えることができる。

照明光学システム(投影レンズを除く)には、光学出力を持つ構成要素が2つしかないため、製造は比較的シンプルで簡単である。投影レンズのサイズは、用途の要件に依存し、通常はシステムとは別に設計して搭載することができる。

DLPによるコストの削減

DLP技術に基づくこの光学設計は、より小さく安価なDMDに合わせて簡単に調整することができる。このトレードオフにより、設計の全体的な輝度は低下するが、すべての舞台照明で、高いルーメン出力による高い輝度が求められるわけではない。0.65インチのDMDに合わせて設計を調整すると、同じ光学的アーキテクチャを採用しつつ、各次元で0.707倍に直線的に規模を縮小することができる。システムを縮小すれば、半分のルーメン出力を確保しつつ、光学部品や光源のコストを削減することができる。

LED照明源を投影システムに採用することには、従来の電球と比べてコスト面でのメリットがある。赤色、緑色、青色のLEDを電球の代わりに使用すれば、回転式カラーホイールが不要となり、ホイールの回転と同期に必要な電子部品もすべて不要になる。LEDを採用する投影システムは、カラーホイール

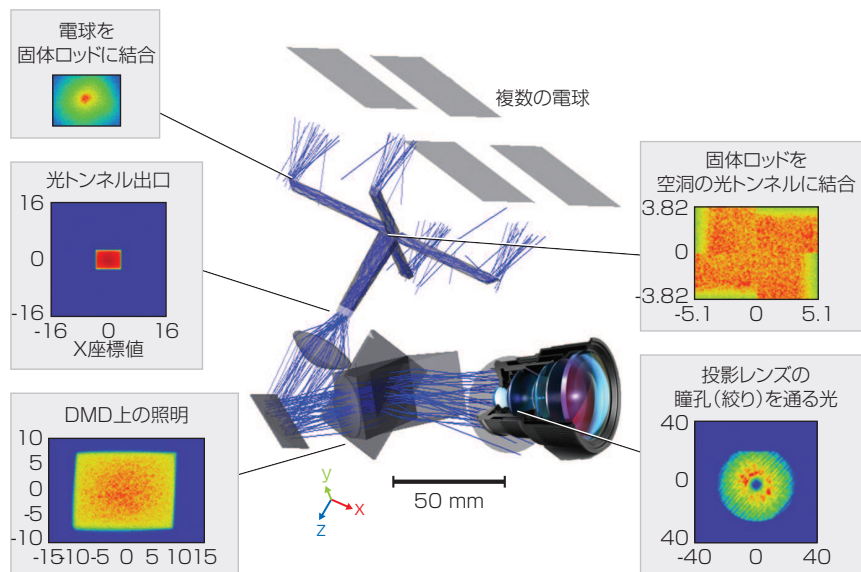


図3 DLPシステムを通した光学経路を示す、光線追跡(ray tracing)シミュレーション。

のコストが削減できるだけでなく、電球照明を採用するシステムよりもはるかに豊富な色を生成することができる。

LEDは、寿命も従来の電球よりもはるかに長いので、システムの電球を交換しなくてもよいという点で、消費者のコストはさらに削減される。DMDとLEDを採用する投影システムは現在、1500ルーメン以上が達成可能で、色を損なうことなく明るい部屋で色鮮やかな画像を表示できるだけの十分な輝度を備える。照明分野においてLEDがますます一般的に使用されるようになるにつれて、輝度はさらに高まる一方で、コストは引き続き低下すると見込まれる。

まとめ

本稿では、DLP技術をゴボの代わり

に舞台照明で使用することにより、無限の選択肢の中から視覚的效果が作成できるようになることを説明した。DMDを動的に再プログラムすることにより、機械部品を必要とすることなく、無限の数のパターンを作成することができる。モーターと機械部品がなくなれば、舞台照明システムの修理とメンテナンスにかかるコストが削減できる可能性がある。

0.95インチのSXGA+DMDをType-Aパッケージで使用することにより、強制空冷のみを使用して、合計出力輝度が1万5000ルーメンの舞台照明システムを実現することが可能である。それだけの光出力を必要としないシステムならば、より小さなDMDとLEDを使用することにより、コストを抑えることができる。

著者紹介

チュウエン・シェン(ZHONGYAN SHENG)は、米テキサスインスツルメンツ社(Texas Instruments)DLP事業部の光学システムエンジニア。ブランドン・サイザー(BRANDON SEISER)は、同事業部の異分野間ローテーションプログラムのエンジニア。

URL: www.ti.com/dlp-chip/overview.html

LEDJ