

高輝度液晶プロジェクターを実現する衝突噴流採用の新空冷技術

宇都宮 基恭・西原 昌彦
谷 祐輔・山下 栄介

要 旨

NECでは、液晶プロジェクターの更なる高輝度化・小型化・軽量化・静音化・長寿命化を目指し、従来の一方から空気を流す空冷方式よりも高い冷却性能が実現できる新空冷技術の開発に成功しました。本技術により、光学パネルの温度上昇を従来よりも10~20%程度抑えることが可能です。

キーワード

●プロジェクター ●パネル冷却 ●衝突噴流 ●新空冷技術

1. まえがき

映像を拡大投写するプロジェクターは、企業や教育の現場を中心に普及拡大を続けています。その競争の軸は、高輝度化・高解像度化が基本ですが、一方で、小型化・軽量化・静音化・長寿命化も商品力強化の観点から重要な要素となっています。

しかし、高輝度化と液晶パネルの小型化が進展すると、光学パネル（入射側偏光板、液晶パネル、出射側偏光板）を通過する光束密度が増大し、結果として光学パネルの発熱密度が大きくなるため、従来の冷却方法では光学部品の十分な冷却が困難になってきます。

また、プロジェクターの冷却で広く用いられている強制空冷方式の場合、一般的に冷却能力の増加は冷却システムの大型化や動作騒音（ファン騒音）の悪化を伴うため、セットの高輝度化と小型化あるいは静音化は互いに相反する関係になります。



写真1 NP600

表 NP600の主な製品仕様

方式	三原色液晶シャッタ方式
パネルサイズ	0.63型MLA付（アスペクト比4:3）
画素数	1,024×768（768,432画素）
光源	230 W ACランプ
明るさ	3,500 lm
コントラスト比	500:1
画面サイズ	21~300 型
消費電力	325 W
外形寸法	308(W)×93.5(H)×262(D) mm(突起部含まず)
質量	2.98 kg

本稿では、これらの性能の両立のために開発した新しい空冷技術を、弊社製品（型名：NP600、写真1 及び表 参照）を例に紹介します。

2. 高効率パネル冷却に向けた施策

今回、液晶プロジェクターの更なる高輝度化・小型化・軽量化・静音化・長寿命化を実現するために、従来よりも冷却効率を向上させることに主眼に置き、製品開発を実施してきました。

本稿で紹介する冷却技術は、液晶パネルや偏光板などから構成される光学パネルの空冷方法として、異なる二方向からの送風の衝突により、高乱流性の噴流を発生させて、光学パネルを効果的に冷却するというものです。

3. 従来のパネル冷却方式と新パネル冷却方式

3.1 液晶ユニット部の冷却

液晶プロジェクターにおける液晶ユニット部の冷却の必要性について説明します。

液晶パネルの前後に光軸に沿って配置された入射側偏光板及び出射側偏光板は、おののおの一軸方向の偏光のみを通過させ、他の偏光を遮光する機能を持つため、動作時には吸光により発熱します。また、液晶パネルにおいても、各画素境界にあるブラックマトリックスにより透過光の一部が遮光されるため、同じく動作時に内部発熱します。これら液晶パネルや偏光板には有機材料が用いられることが多く、長時間にわたり波長の短い光が照射されたり、高温に曝（さら）されたりすると、液晶パネルの配向膜がダメージを受けたり、偏光板の偏光選択性が低下したりするなど、その機能が著しく損なわれてしまいます。そこで、これらの液晶ユニット部には強制空冷などの熱対策が必要となります。

近年、液晶プロジェクターに対する、小型化・高輝度化要求の高まりに伴い、ランプ出力の増加と表示デバイスの小型化が進められてきており、その結果、液晶ユニット部へ入射する光束密度は増加の一途をたどり、各光学デバイスの熱負荷は上昇してきています。

一般に、液晶ユニット部の冷却手段に強制空冷を用いる場合、ファン送風量を増加させて発熱体周りの風速を上げ、熱伝達率を改善することで放熱能力を高めて、増大する熱負荷に対応しています。しかしながら、ファン回転数の上昇による送風量の増加は、動作騒音の悪化を招き、またファンの大形化による送風量の増加は、装置小型化を阻害します。

一方、環境負荷の低減と、ランニングコストの削減を目的として、液晶プロジェクターの長寿命化への要求も高まりつつあります。ランプ交換を別にすれば、液晶プロジェクターの寿命を決定する要因は、主に液晶ユニット部における光学特性の劣化です。この場合、冷却性能の改善により光学デバイスの動作温度を低減させることで長寿命化を図ることができます。例えば、0.63"-XGAの液晶パネルの場合、パネル動作温度が60°C近辺ならばパネル寿命は2,000時間程度ですが、これを50°C前後まで下げるパネル寿命は4,000時間超まで延ばすことが可能になります。

3.2 従来のパネル冷却方式

一般的な液晶ユニットの冷却方式では、入射側偏光板と液晶パネルと出射側偏光板とから構成される液晶ユニット部が、R/G/Bの色光ごとに用意され、その下方にパネル冷却ファンと空冷ダクトからなる冷却装置が配置されており、パネル冷却ファンからの送風を空冷ダクトの吐出口を介して、液晶ユニット部の下側から上方に向けて、各液晶ユニットの板間に送風し強制空冷を行っています（図1）。

ところで、光学パネルを強制空冷により冷却する場合、その空気の流れが層流域にあるとき、強制対流の平均熱伝達率はファン風速の平方根に比例するため、パネル温度はファン風速の平方根に反比例して下がってきます。このことは、ある程度までパネル温度を下げると、風速変化に対するパネル温度変化の感度が鈍くなってくることを意味します。

これを、ファン風速とパネル温度の関係を示した図2のグラフを用いて説明します。例えば、パネル温度を68°Cから57°Cまで下げる（ $\Delta T=11^{\circ}\text{C}$ ）場合には、風速を5m/sから10

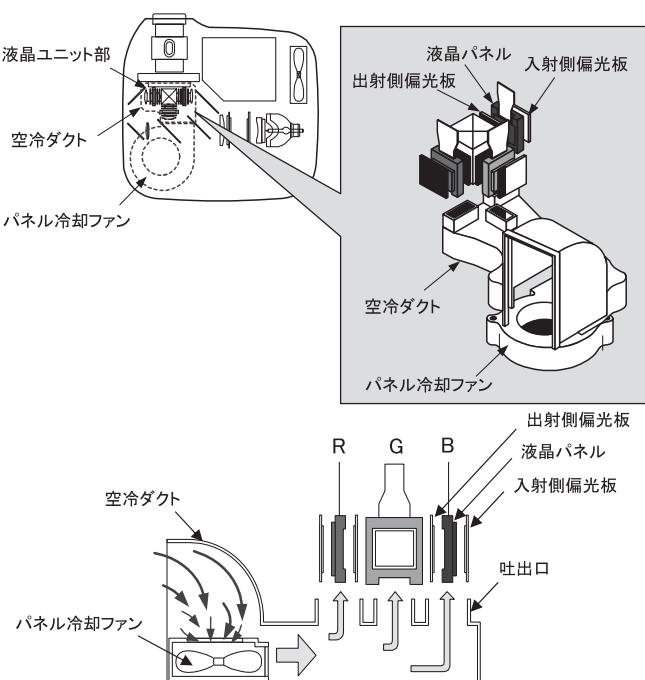
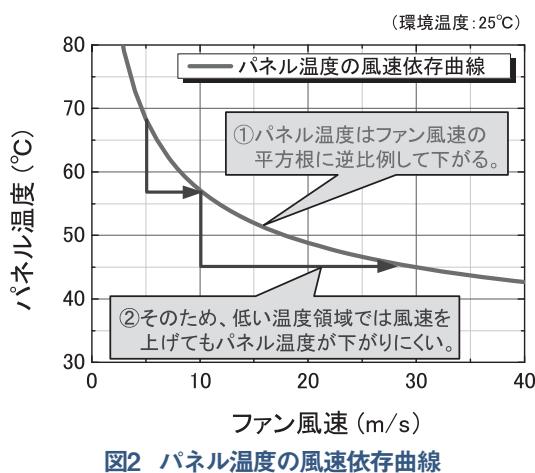


図1 従来のパネル冷却方式

プロジェクト

高輝度液晶プロジェクターを実現する衝突噴流採用の新空冷技術



m/sへ増加させる ($\Delta V=+5\text{m/s}$) だけで済みますが、更に57°Cから45°Cまで下げる ($\Delta T=-12\text{°C}$) 場合には、風速を10m/sから30m/sまで増加してあげる ($\Delta V=+20\text{m/s}$) 必要があります(図2)。

このように、狭い板間を流れるような層流域における強制空冷の場合、発熱体の温度をより下げるためには過大なファン風速が要求されるようになります。したがって、小型・静音冷却のためには、より効果的に熱伝達率を改善できる冷却方法が求められます。

3.3 新パネル冷却方式

一般に、発熱平板への強制空冷において、熱伝達率を改善して伝熱促進を行う方法には、薄膜化法と置換法の2つのアプローチが考えられます。

前者は、発熱体表面に形成される温度境界層を薄くすることで熱伝達を促進する方法です。この場合、温度境界層の厚さは主流方向速度の平方根に逆比例するため、風速を上げて発熱体の温度を下げるという前項で述べた従来のパネル冷却方式はこれに相当します。

後者は、発熱体表面近傍の流体と、そこから少し離れた位置にある流体との交換(温度置換)を助長することで伝熱促進を図るやり方であり、非定常的な渦の生成/消失を伴う乱流を制御することにより達成されます。

発熱平板に対して噴流を垂直方向から衝突させて冷却を行う衝突噴流冷却は後者にあたり、1) 衝突噴流による発熱体表

面の温度境界層の破壊(剥離)、2) 衝突面に生じる旋回渦による流体交換(温度置換)、3) コアンダ効果(流れの中に流体を置くと、流体と固体壁面との間の圧力が低下し、流れが壁面に吸い寄せられ、その物体に沿って流れの向きが変わる流体の性質)による噴流の壁面滑り、といったプロセスを経

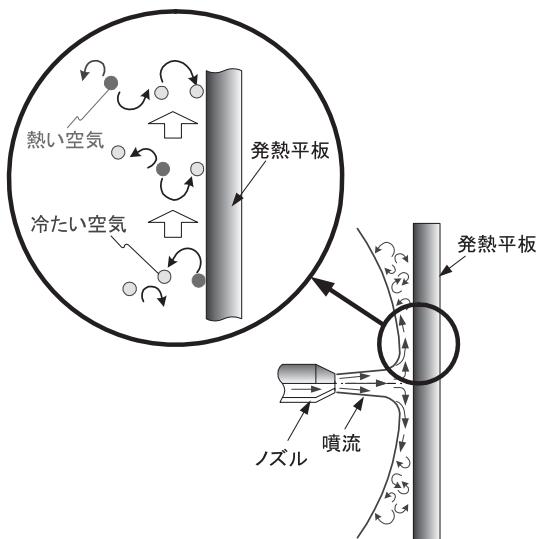


図3 一般的な衝突噴流冷却の原理

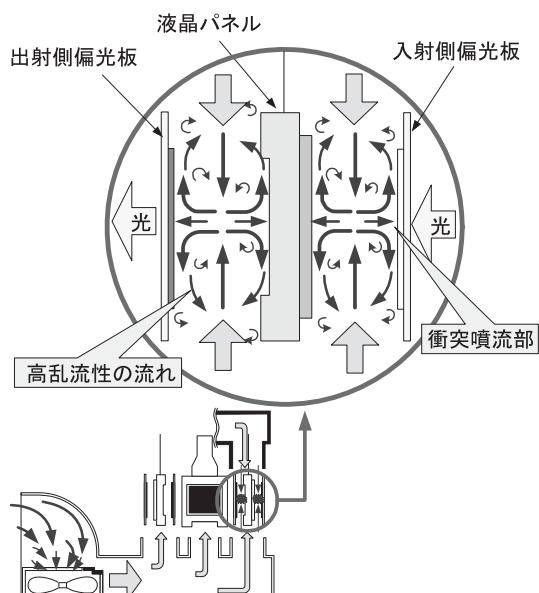


図4 新パネル冷却方式

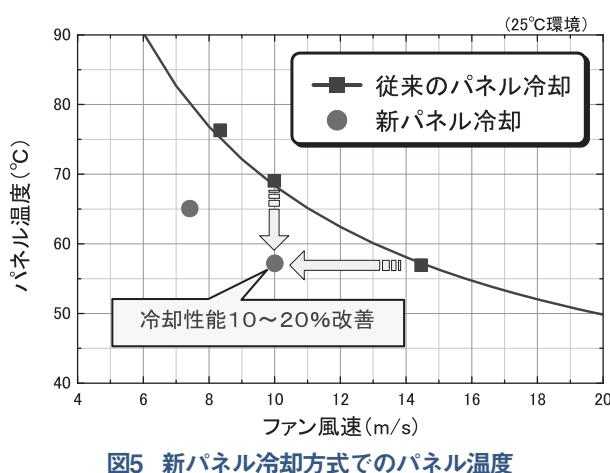


図5 新パネル冷却方式でのパネル温度

て、発熱平板に沿って送風する従来の方法に比べ、5~10倍の冷却能力を発揮します（図3）。

本稿で紹介する液晶プロジェクターの新パネル冷却技術は、この衝突噴流冷却の原理を利用しておらず、液晶ユニットの上下から冷却空気を互いに対向方向へ送風して、液晶パネルと偏光板の間の空間の光透過面中央近傍で衝突させるようにしています。これにより、液晶パネルと偏光板の双方の発熱面へ各々垂直に向かう旋回流が発生するため、垂直噴流が成形され、熱伝達率を飛躍的に増大させて伝熱促進を行うことができます。このような冷却方法を用いることにより、光学パネルの温度上昇を従来よりも10~20%程度抑えることに成功しました（図4、図5）。

4. 小型液晶プロジェクターへの適用を考慮した流路分岐型の空冷ダクト

このような衝突噴流冷却は、送風を180° 対向して衝突させることで理想的な冷却性能が得られます。空冷ダクトの液晶パネル上下配置は装置小型化・軽量化を阻害し、また冷却ファンや空冷ダクトの追加実装は静音化を阻害するとともにコストアップを招くため、小型の液晶プロジェクターへの適用には課題が残っていました。

そこでNP600においては、光学エンジンの下方に配置する空冷ダクトの流路を途中で分岐することにより、単一の冷却ファンと単一の空冷ダクトで、光学パネルの光透過面中央位置近傍の板間において、直交する送風の衝突を発生させる

ことができるようになりました。これにより、上述した理想的な180° 対向衝突に準じた高い冷却効果が得られています。この場合、冷却ファン数量を抑えて、冷却性能を改善できるため、コストを抑制しながら静音化が図れます。また、冷却装置の実装容積を抑えることができるようになるため、小型の液晶プロジェクターにも適用することができるようになりました（図6、写真2）。

説明の簡略化のため
G-ch流路のみを表示

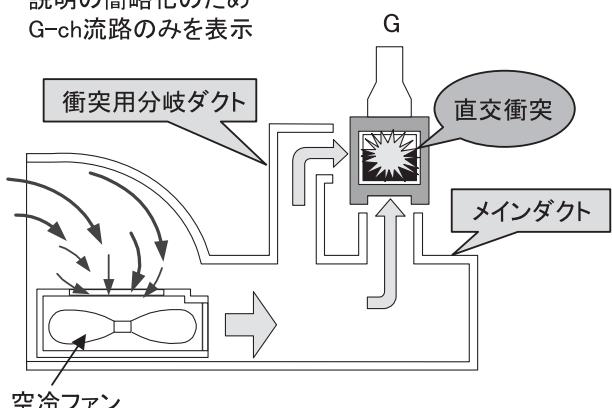


図6 直交での衝突噴流冷却

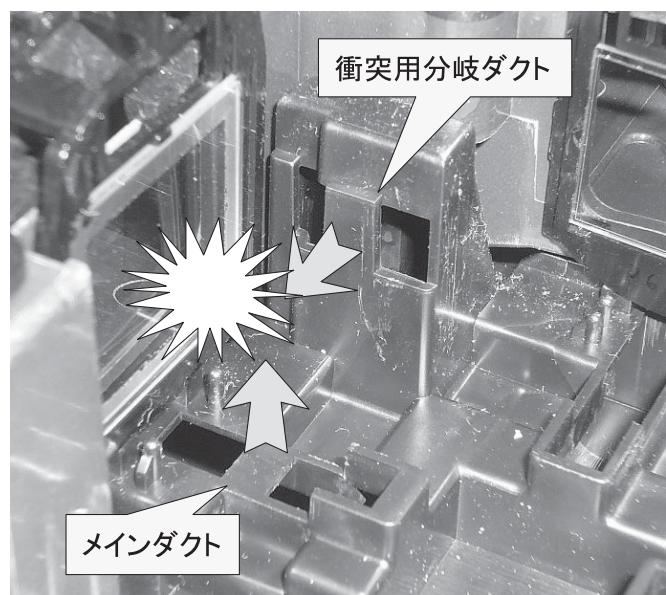


写真2 流路分岐型ダクトの適用例 (NP600)

プロジェクト

高輝度液晶プロジェクターを実現する衝突噴流採用の新空冷技術

5. むすび

今回、弊社では液晶プロジェクターの独自のパネル冷却技術を確立し、装置の更なる高輝度化・長寿命化に成功しました。

今後、更なる性能向上を追求し、お客様に感動と満足を頂けるよう努力し、プロジェクター市場におけるシェア拡大を目指してまいります。

執筆者プロフィール

宇都宮 基恭
NECディスプレイソリューションズ
先行技術開発室
開発グループ
マネージャー

西原 昌彦
NECディスプレイソリューションズ
プロジェクター開発本部
第三技術グループ
マネージャー

谷 祐輔
NECディスプレイソリューションズ
プロジェクター開発本部
第三技術グループ

山下 栄介
NECディスプレイソリューションズ
プロジェクター開発本部
第三技術グループ

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

関連URL

<http://www.nec-display.com/products/projector/index.html>