

# Cradle CFD

電子機器・熱管理編



# 自転車用LEDヘッドライトの温度予測シミュレーション

株式会社キャットアイ様 事例紹介

『熱設計PAC』を用いて自転車用ヘッドライトの温度を予測

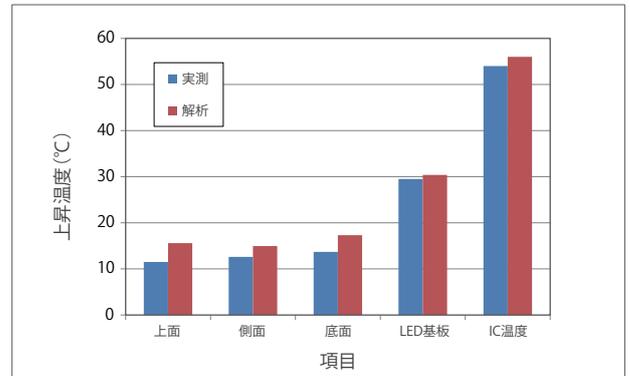
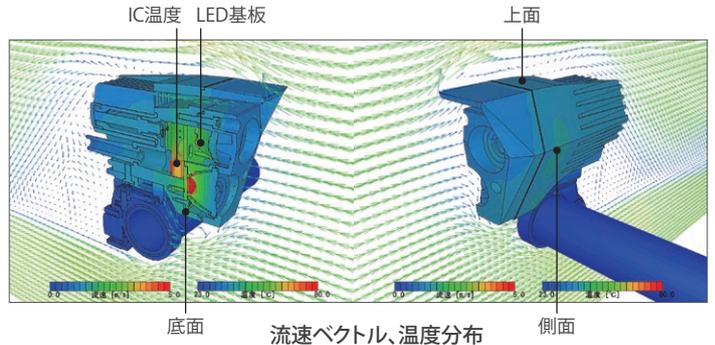
## 自転車用LEDヘッドライト

照射範囲の広いハイパワーライトには、その要求を満たす必要があり、複数のパワーLEDパッケージが用いられている。そのため、いかに放熱性能を高めるかが重要となる。CFDを行うことで上昇温度の予測や熱経路の特定といった設計にフィードバックする情報を得ることができる。



自転車LEDヘッドライト (HL-EL930RC)

### シミュレーションによる確認

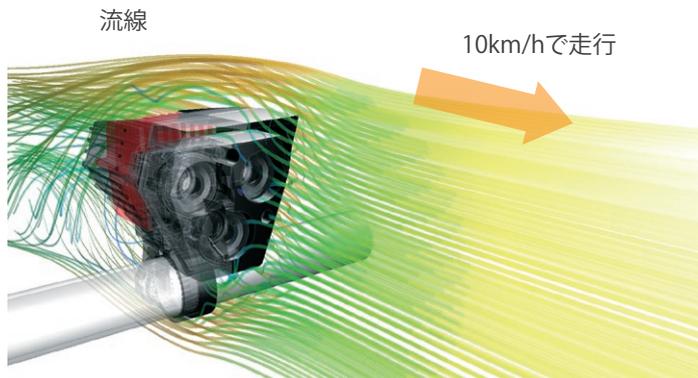


各部品の上昇温度

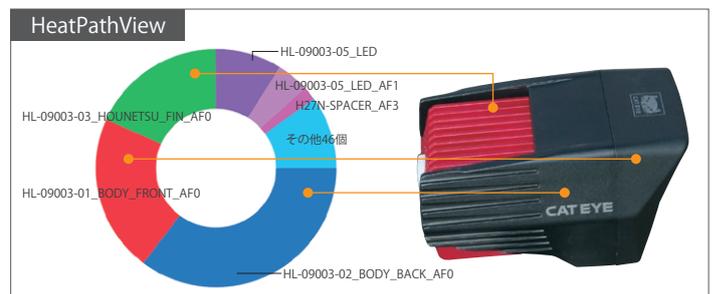
### 解析結果

実際の温度を精度よく予測!!

➡ 設計変更による違いを予測できる



風の流線を線で表現



大気への対流による放熱寄与

筐体のどの部分が放熱に寄与しているかがわかる!!

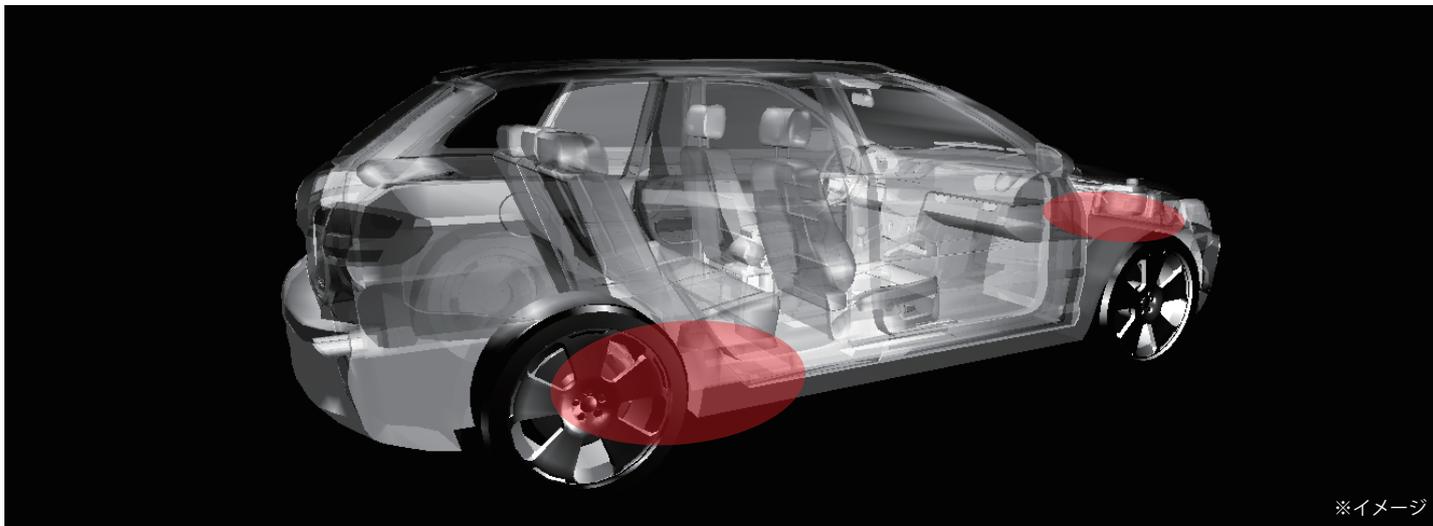
➡ 熱設計へのフィードバックが可能

### comment

CFDを使用することで、実測を行う前にPC上で放熱確認、上昇温度を予測することが出来るようになった。また、実際に試作を行わなくても複数の形状と材料を使用した場合での温度予測を出来るため時間と試作コストを節約することが出来る。熱を考慮した設計を行う上では十分に活用できるツールである。

# ハイブリッド／電気自動車 部品の冷却

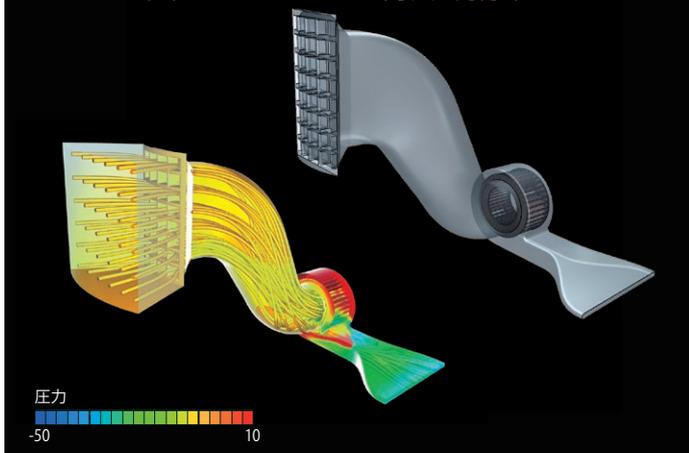
## SCRUYU/Tetra 機能紹介



※イメージ

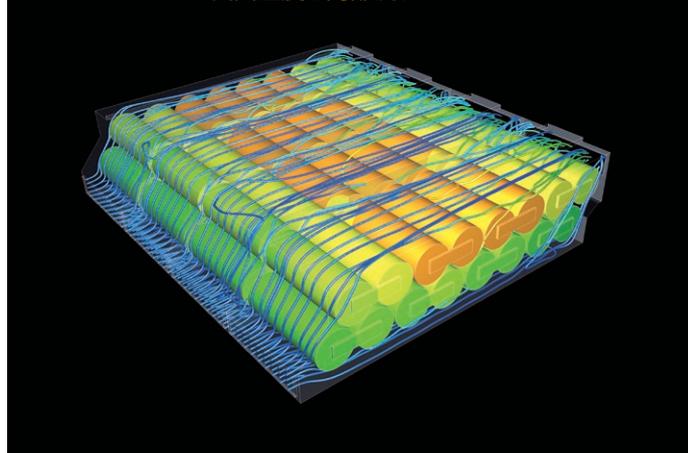
### バッテリー冷却モジュール

バッテリー冷却モジュールのダクト内、圧力分布



### バッテリーパック

バッテリーセルの表面温度と内部流れ



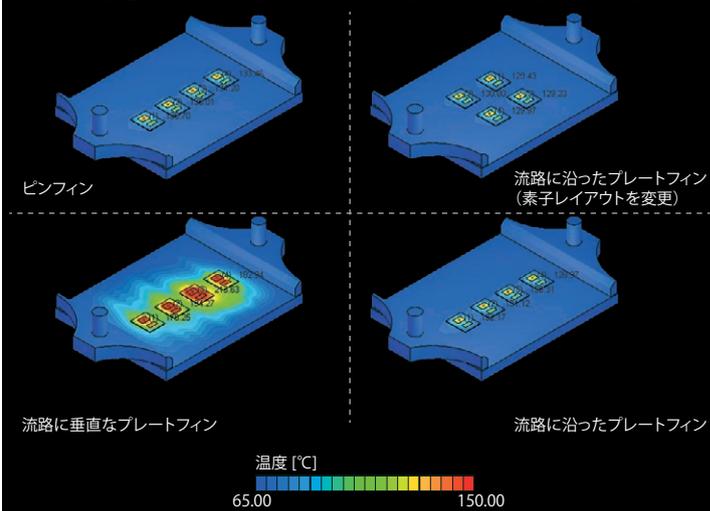
### IGBT 水冷モジュール



HEV/EVの主な構成ユニットであるPCU、中でも三相交流電源を出力するインバータの主スイッチとして、主要な役割を担うIGBTは最も重要な部品の1つに挙げられます。

IGBTは車格により様々な電力に対応する必要があり、冷却性能の検討はIGBTモジュール設計において重要な検討項目の1つになります。シミュレーションを用いることで、放熱フィンの形状や素子のレイアウトによる放熱効果、温度分布の違いなど、複数のパターンを見える化し、比較する事で、直感的に寄与度やより最適な設計を把握することができます。

素子温度を小さくする放熱フィンと素子レイアウト設計の検討例



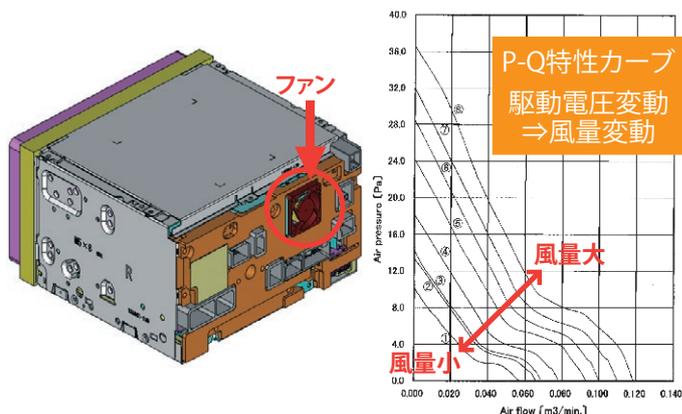
# HDDナビゲーション

富士通テン株式会社 様 事例紹介

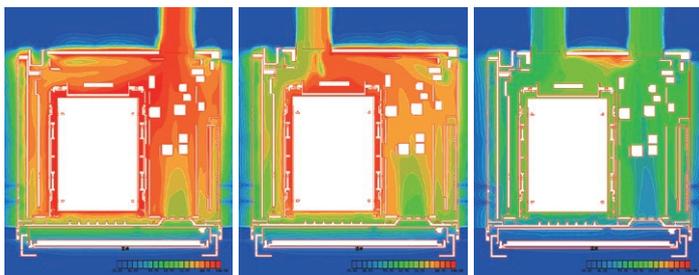
カーナビゲーション製品開発に『熱設計PAC』を用いて様々な機構効果を検証  
 ーファンの性能、個数、設置位置の設計構想をシミュレーションで可視化、多数の比較案を短い期間で検討



## ファン風量変動による温度変化の検証

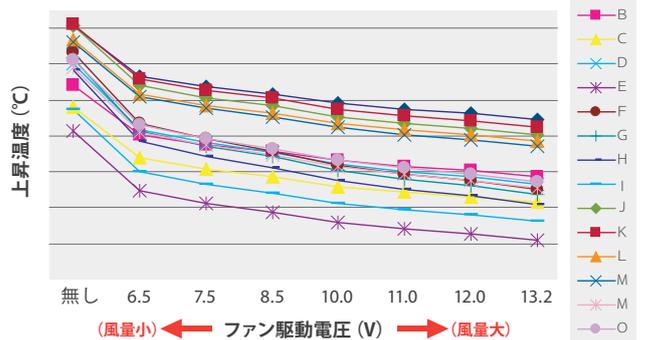


## ファン設置位置・数の違いによる冷却効果比較



風の流が変わる⇒温度分布が変わる⇒最適構造検証

## ファン駆動電圧ー上昇温度の比較【CFD】



風量を増加すると各部位の温度は一様に低下する

## 相対比較解析によるCFD活用の効果

- 筐体に穴を開けたら温度は何°C下がるか?
- 筐体・ヒートシンク等にメッキ・塗装等を施し、放射率(輻射率)を変えたらどれだけ効果があるか?
- ファンや発熱部品をどう配置するのが Best (Better) か?
- ファンの駆動電圧(風量)を変えたらどうなるのか?
- ファンの数を増減したらどうなるのか?
- 冷却したい部位の空気は動いているのか? → 風の流が見える!

可視化!

設計構想段階からの最適な放熱構造の検証に活用可能!

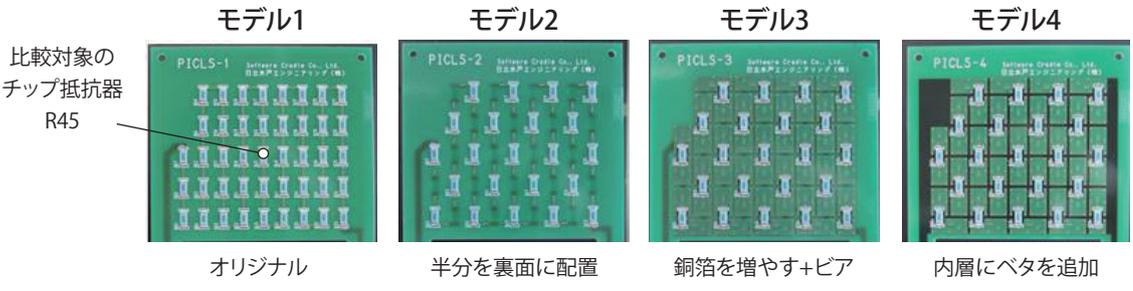
まず、『熱を考えた設計』を実施したうえで、『CFDで確認』する。  
 これが効果的な活用法である!

# 基板のレイアウト変更による温度低減予測と実測比較

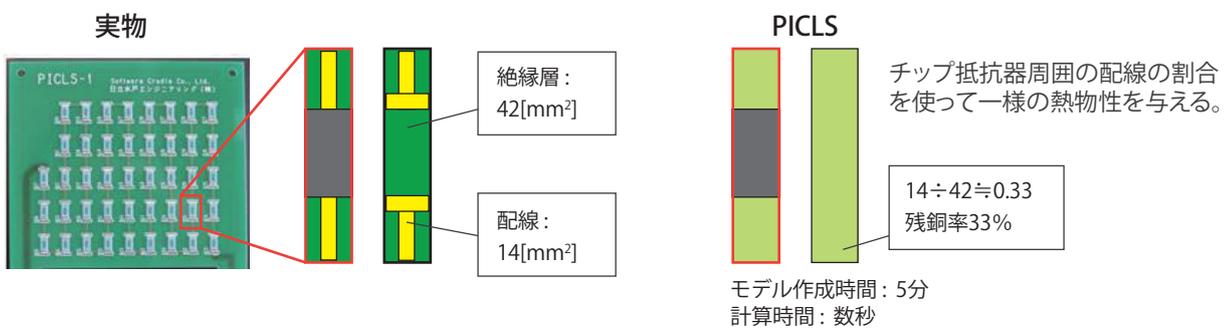
『PICLS』を活用し、基板の熱解析を行いチップ抵抗器の温度を予測

## プリント基板の熱解析

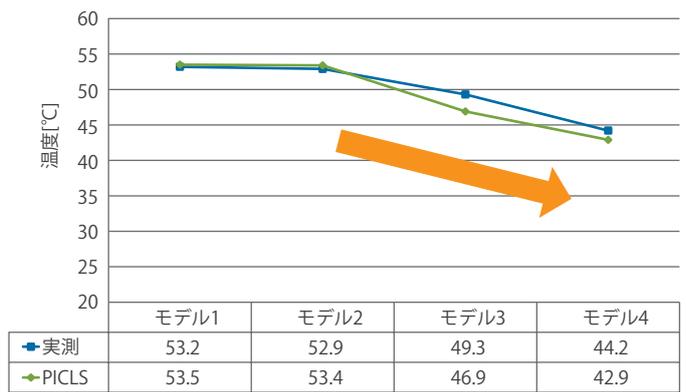
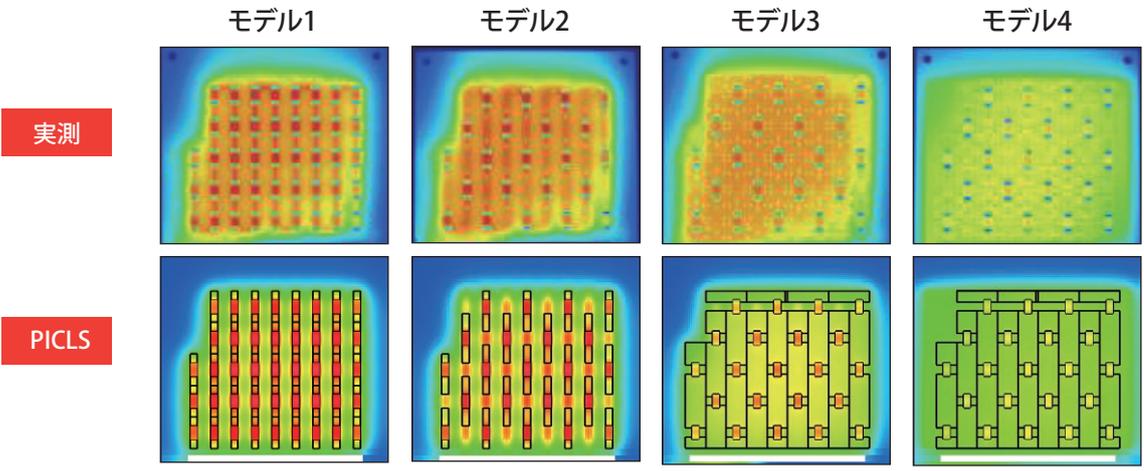
### 解析対象



### モデル化



### 解析結果



### comment

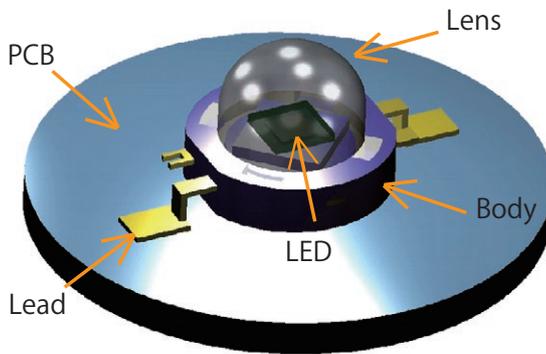
R45の温度グラフを見ると、実測もPICLSの結果もモデル1⇒2⇒3⇒4と温度が下がっており、モデル間の温度差の大きな傾向を掴んでいる。  
 部品配置やサーマルビアなど基板レイアウトの比較検討を短時間で行うことが可能。

# LED素子の放熱経路

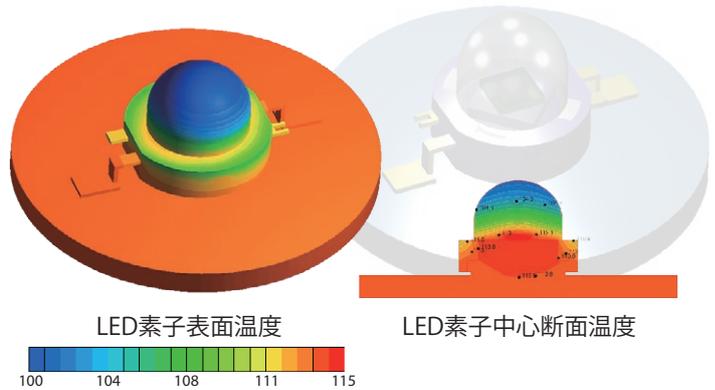
## SCRYU/Tetra 機能紹介

### 『SCRYU/Tetra』を用いたLED素子の温度試験測定値との結果比較

#### LED素子の放熱解析

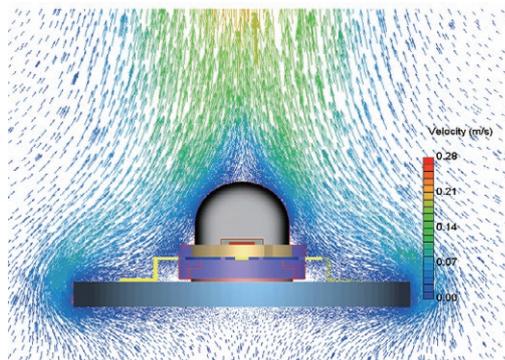


#### 素子表面温度と中心断面温度

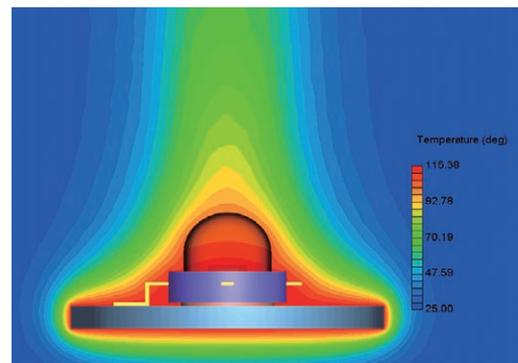


LED素子の放熱は主に素子の設置されるPCBやその背面に設置されるヒートシンクなどを利用して行われます。熱がPCB側から逃げていく様子が良く再現されています。

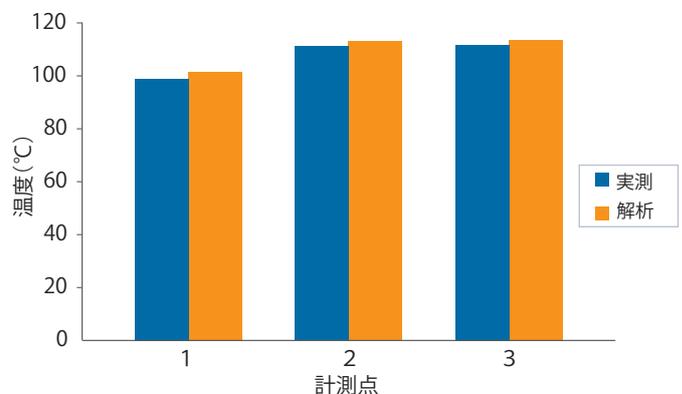
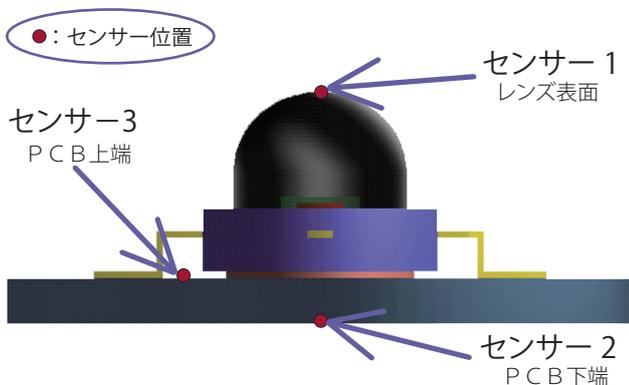
#### 素子周辺の流れ分布(ベクトル図)



#### 素子周辺の流体温度分布(コンター図)



#### 実測値と解析値の比較(温度)



#### comment

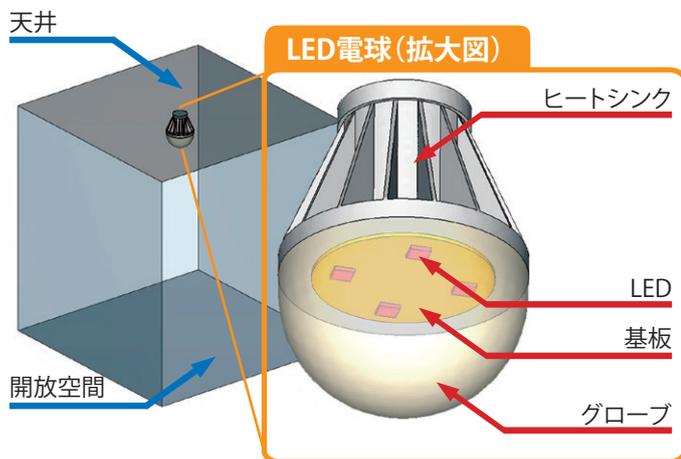
PCBを通しての放熱をはじめ、LED素子自身の発熱による周辺空気自然対流から引き起こされる放熱効果も考慮した解析を実施しました。実測値とほぼ同等(約2.2℃差)の結果を得ており、現象の傾向を捉えるには十分な結果となりました。シミュレーションを用いる事で、LED素子の寿命を左右する放熱設計での定量的な知見を得ることが可能になります。

# LED電球の熱流体解析

## SCRYU/Tetra 機能紹介

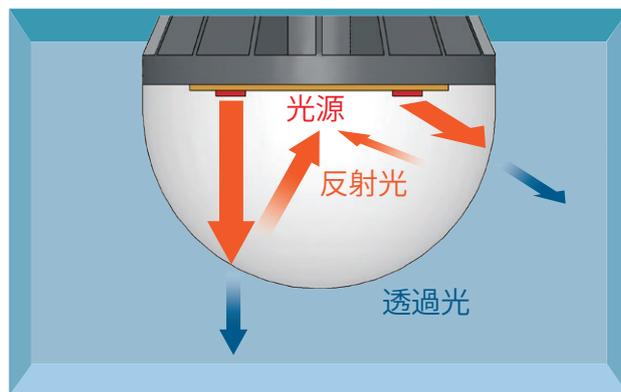
『SCRYU/Tetra』を用いて電球カバーの透過率による熱的な影響を確認

### 解析モデル概要



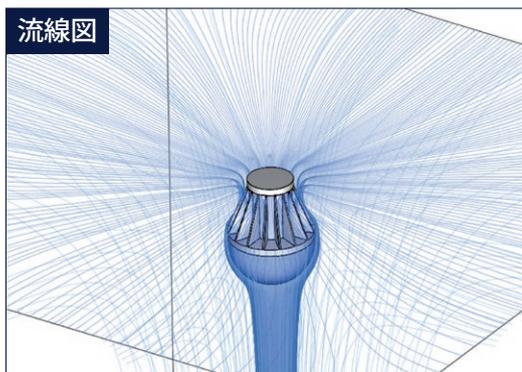
### 透過率の影響

光源から発生した光はグローブの透過率にしたがって透過光と反射光に分かれます。反射光の一部はグローブ内で熱として吸収される為、各部品温度に影響を与えます。

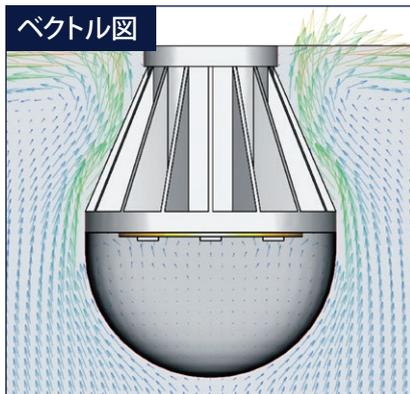


### 流れの可視化表現

#### 流線図



#### ベクトル図



#### 流線表示

流れの軌跡を3次元的に描画します。フィンの隙間に空気が通っているか等の確認に有効な表現になります。

#### ベクトル表示

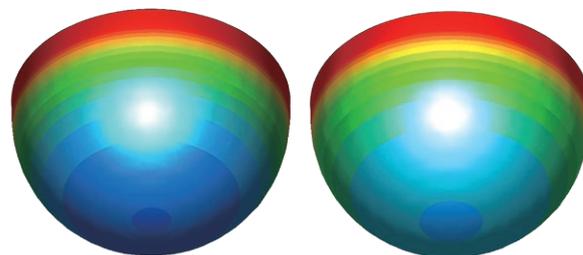
流れの速さを青から赤の色分布や、矢印の大きさで表現し、流れの方向を矢印で表現します。

検査面での断面描画で良く使用される表現になります。

### 透過率による表面温度分布の違い

透過率：1.0

透過率：0.8



**グローブの表面温度に約3度の差が生じている**

### comment

LED電球は、省エネ、小型化を実現し、電球本来の明るさを維持することはもちろん、空間を演出する光の色温度や広がりなどの調光制御、電球そのもののデザイン性など、多様なニーズがあげられる様になっています。高い製品力を持つ高品質な製品設計を実現する為、解析による現象把握を設計者が容易にできることは、シミュレーションの大きなメリットとなります。

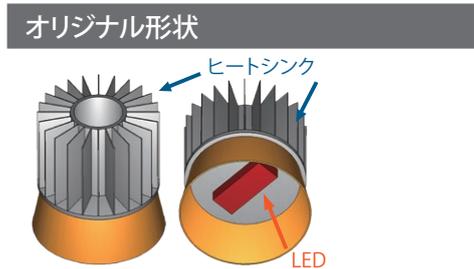
# 照明器具の放熱設計と最適化アプローチ

オプション機能紹介

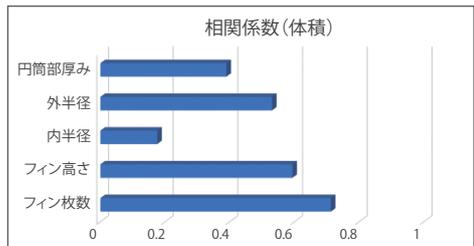
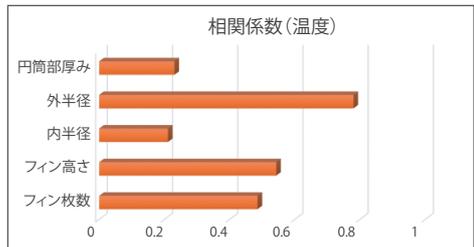
最適化オプションツールを用い、ヒートシンクの最適形状を確認

最適化の目的	最適化の手法	設計変数
<b>ヒートシンク形状を変更して</b> 1. LED温度を規定まで下げる LED上昇温度 $[\Delta T \text{ } ^\circ\text{C}]$ : 最小化 ( $\Delta T$ : 40 $^\circ\text{C}$ 以下) 2. 軽量化する ヒートシンク体積(重量): 最小化 (0.0005 $\text{m}^3$ 以下)	<b>■ 実験計画法 (サンプリング手法)</b> 中心複合計画法 $\Rightarrow$ 43回	フィンの枚数 $\leftarrow$ 24 ~ 48枚 $\rightarrow$
	<b>■ 近似モデルを用いた多目的最適化</b> 適用手法 $\Rightarrow$ RBF 多目的最適化手法 $\Rightarrow$ NSEA+	円筒部厚み $\leftarrow$ 2 ~ 5[mm] $\rightarrow$
<b>オリジナル形状</b>	<b>■ 使用アプリケーション</b> STREAM Optimus <sup>®</sup> for Cradle	フィン高さ $\leftarrow$ 80 ~ 120[mm] $\rightarrow$
		外半径 $\leftarrow$ 65 ~ 75[mm] $\rightarrow$ 内半径 $\leftarrow$ 25 ~ 35[mm] $\rightarrow$

設計変数を変更しサンプリングをする。



## サンプリング結果の分析



- 温度に対してはフィン枚数、フィン高さ、外半径の相関が強く、これらを大きくすることで温度も低減する方向に向かうことがわかる。
- 体積に対しては、フィン枚数、フィン高さ、外半径の相関が強い。

## パレート解から導き出された最適解

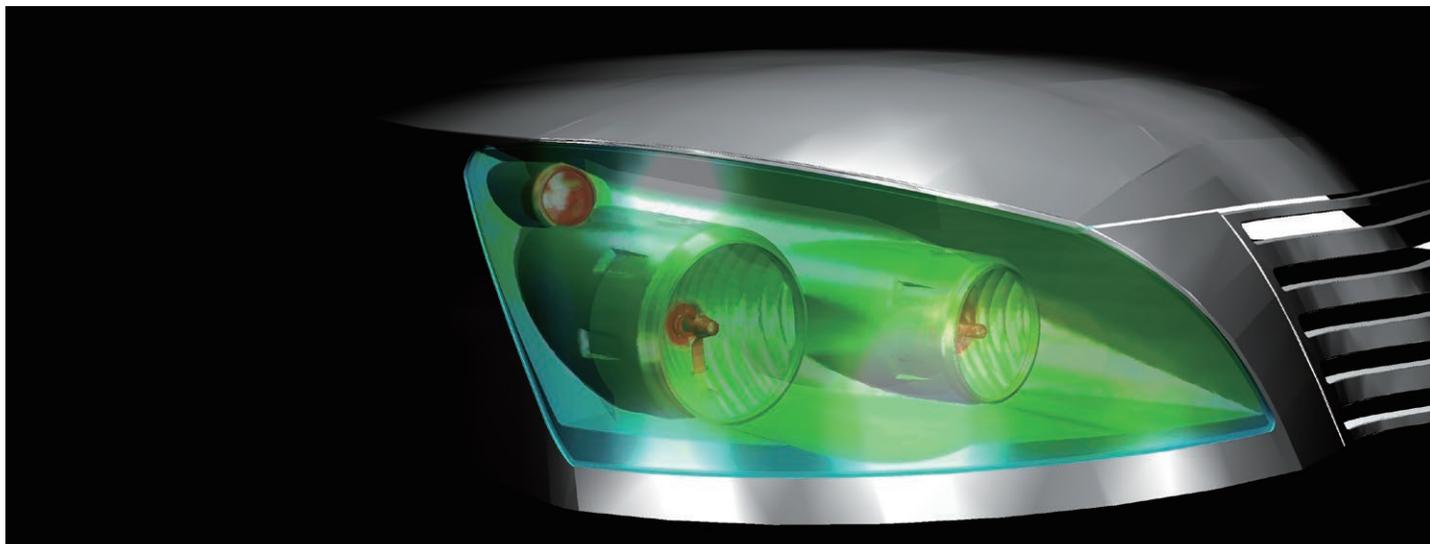
最適化タイプ	体積 $[\text{m}^3]$	上昇温度 $[\text{ } ^\circ\text{C}]$	フィン枚数	ヒートシンク高さ [mm]	円筒部厚み [mm]	外半径 [mm]	内半径 [mm]
軽さ優先	$2.40 \times 10^{-4}$	39.1	28	82.5	2.4	72.8	25.0
バランス	$3.11 \times 10^{-4}$	35.4	30	104.9	2.9	74.4	26
放熱性能優先	$4.12 \times 10^{-4}$	33.3	38	115.6	3.5	74.7	25.1

## comment

最適化プロセスは多くの設計変数を目的の1点へ絞り込むために非常に有効である。また、提示された設計変数では、物理的に目的を満足できないことがわかるなど、設計プロセス初期においても重要な役割を果たす場合も多い。一方で、最適化のためのサンプリングは、多くの解析ケースを実行する必要性が有り、やみくもに設計変数を多くしないこと、高速に計算できる解析ソフトを選ぶことも重要である。

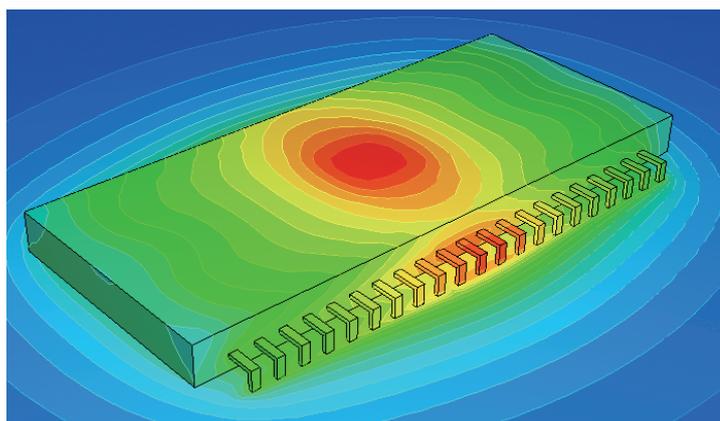
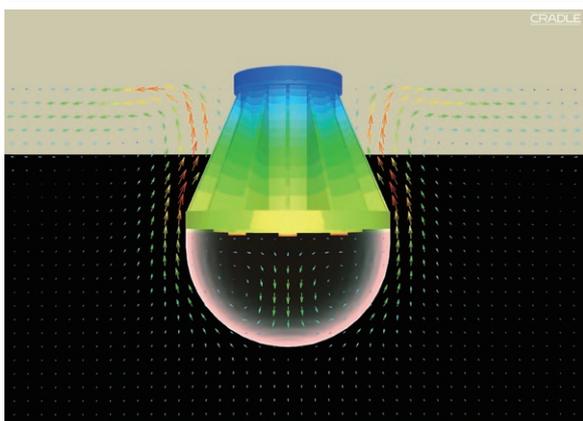
# 照明機器向け放熱解析事例

SCRYU/Tetra 熱設計PAC STREAM 事例紹介



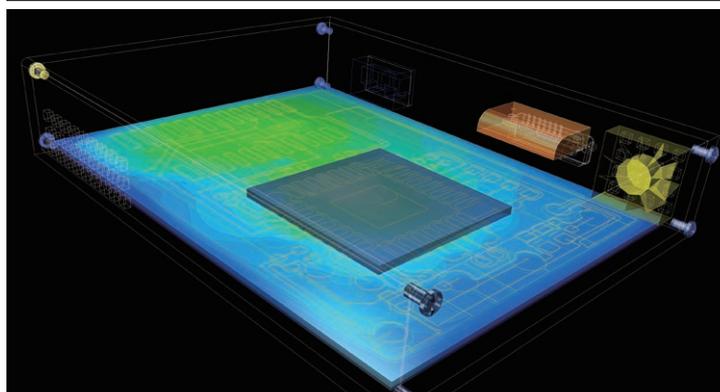
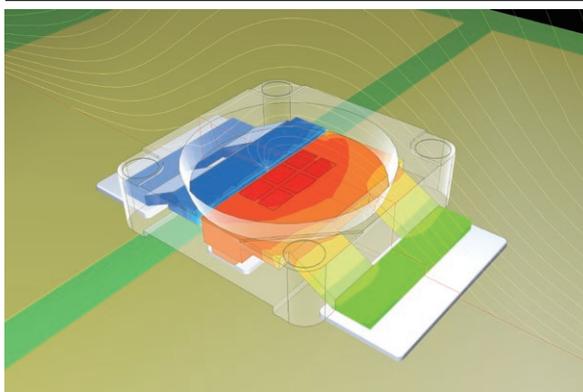
LED電球 - LED Bulb

半導体 デバイス - Semiconductor Devices



LEDデバイス - LED Devices

配線パターンの考慮 - Heat Dissipation Analysis considering Gerber Data



## comment

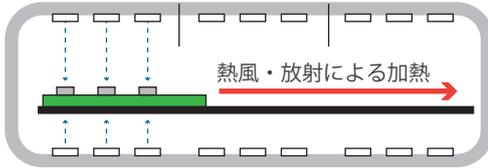
高集積のLSIやLEDなど、発熱量の大きく小型化が進む電子部品の熱をいかに効率よく放熱するかが、大きな課題となっています。省エネ、長寿命など高品質な製品開発において放熱設計は必要不可欠であり、シミュレーションで可視化することで、新たなアイデアを具体的に評価し、多くの検討を容易にします。

## リフロー工程の基板温度予測とチップ立ちシミュレーション

『熱設計PAC』と『SCRYU/Tetra』を活用し、基板のリフロー工程を解析

## リフロー工程の基板温度解析(熱設計PAC)

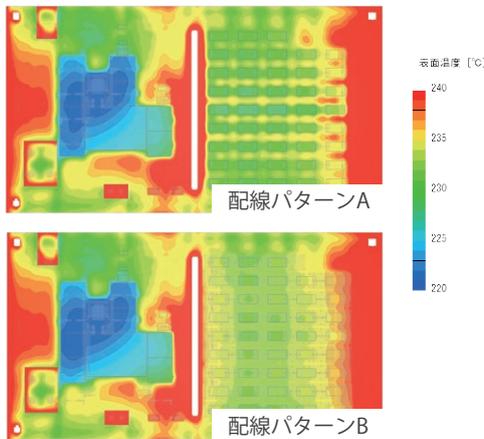
## 解析モデル



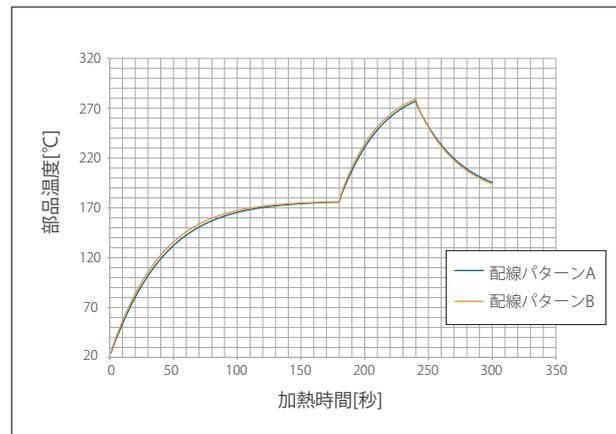
リフロー炉

リフロー炉内の熱風、放射による加熱を再現した非定常熱流体解析を行う。配線パターンや部品の配置、材質を変更した解析が可能。

## 解析結果



200秒後の基板温度分布

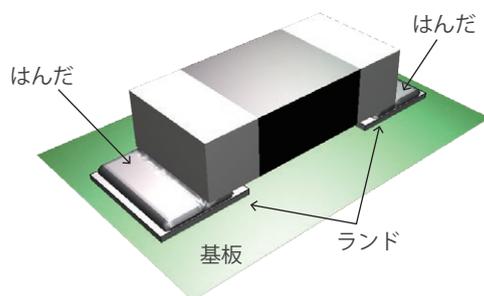


チップ抵抗器温度の時系列変化

▶▶ 配線パターンや部品配置による基板温度の変化が確認できる。

## チップ立ちの解析(SCRYU/Tetra)

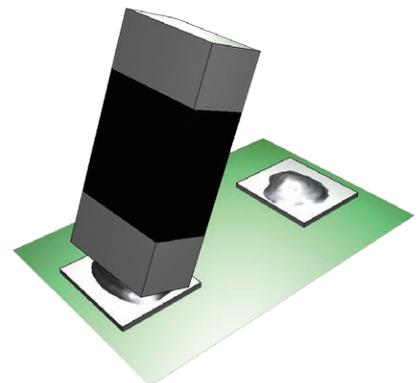
## 解析モデル



0402サイズ チップ抵抗器

溶融はんだの挙動をVOF法を利用して解析する。チップ抵抗器は、溶融はんだから受ける力によって並進及び回転する。溶融時間のズレやチップ抵抗器の位置ズレを条件として与える。

## 解析結果



## comment

溶融はんだがチップ抵抗器に与える力からチップ抵抗器が立つ(マンハッタン現象)様子が確認できる。溶融時間やはんだ量、チップ抵抗器の位置を変更することが可能。



お問い合わせはこちら





Hexagon はセンサー、ソフトウェア、自律型テクノロジーを組み合わせたデジタルリアリティのグローバルリーダーです。当社は産業、製造、インフラ、公共部門、モビリティアプリの全域でデータを活用することで効率、生産性、品質および安全性を高めています。

当社のテクノロジーは生産と人に関連するエコシステムを形成し、接続と自律化を拡大し続け、スケーラブルで持続可能な未来を保証します。

HexagonのManufacturing Intelligence 事業部は、設計とエンジニアリング、製造、および計測分野のデータを活用し、製造をよりスマートにするためのソリューションを提供しています。

Hexagon (ナスダック・ストックホルム HEXA B) についての詳細は、[hexagon.com](https://hexagon.com) をご覧ください。また [@HexagonAB](https://twitter.com/HexagonAB) をフォローしてください。