

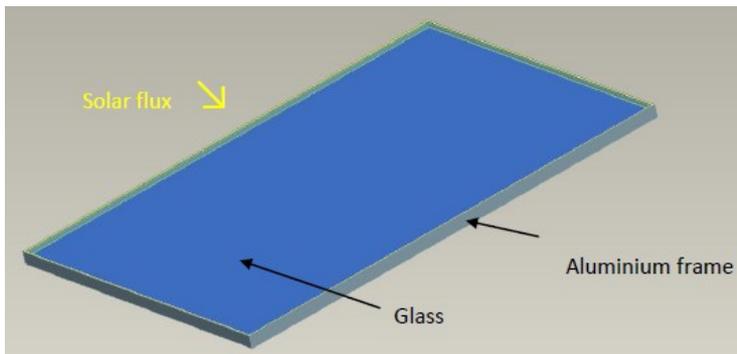


**CHAM Limited**  
Pioneering CFD Software for Education & Industry

## ソーラーパネルの熱流動解析

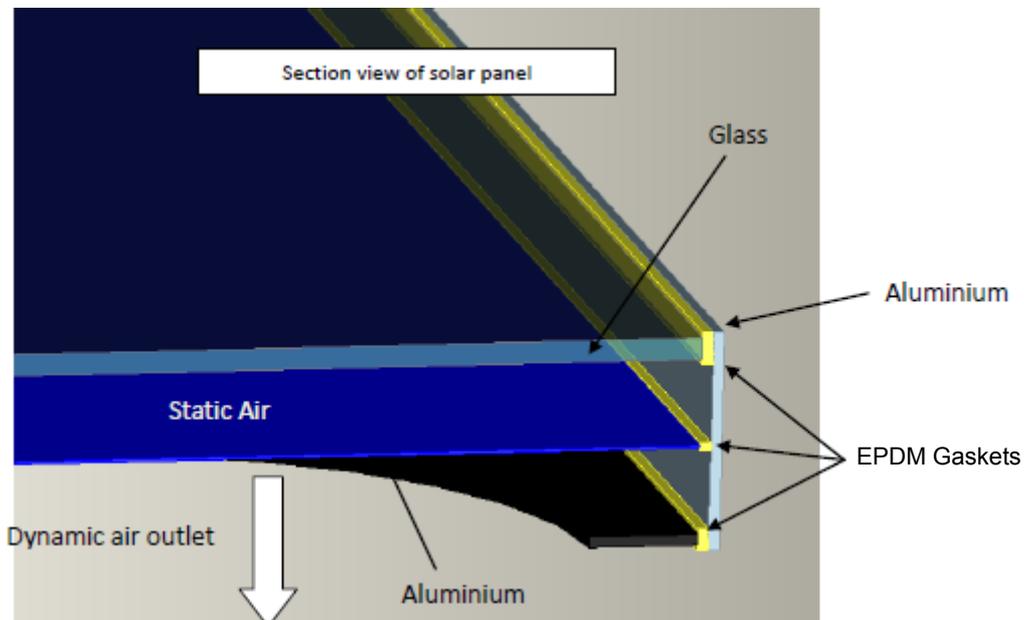
### A PHOENICS 2010 Demonstration Case

PHOENICS-2010 を用いて、ソーラーパネル内の熱伝達シミュレーションを行いました。  
フランス、ナントにある ICAM の LE2M 研究室のために設計されたソーラーパネルを想定しています。

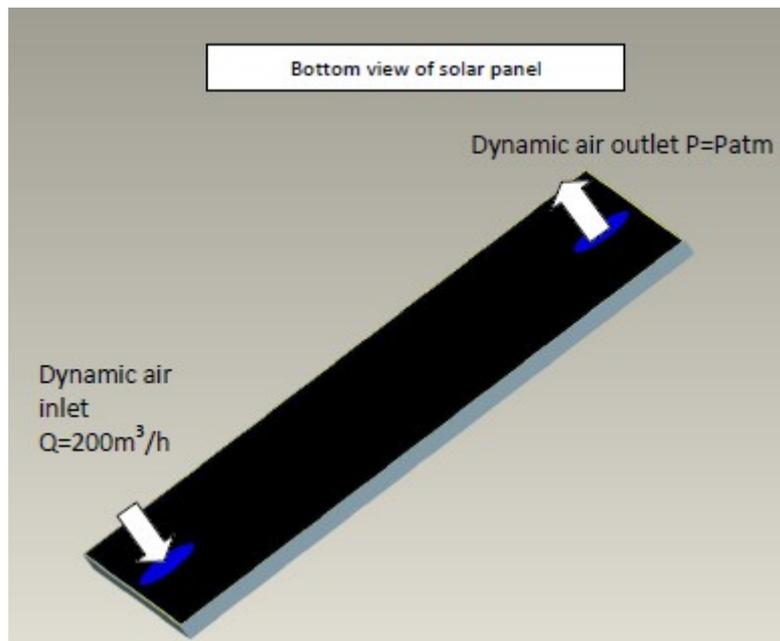


透明な青いガラスのソーラーパネル上面と灰色のアルミフレーム。太陽光はガラス面に垂直に入るとします。

水平な3つの層から構成されていてガラス、コレクタ、バックボードの間に空気層があります。パネルの目的は、太陽光照射により空気を暖めることです。ガラスとコレクタは、「温室効果」によって熱を収集し、この熱は、流入する空気に伝達されコレクタの後ろの空間を通過して移動します。このケーススタディでは、CFDモデルを構築してパネル内の対流、伝導と放射熱伝達プロセスをシミュレートします。



この断面は、透明なガラス、アルミコレクタ（青）、ABSバックボード（黒）、3つのEPDMガスケット（黄色）とアルミフレーム（グレー）を示し、ガラスとコレクタの間には静的空気があります。またコレクタとABSバックボード間には動的空気があります。

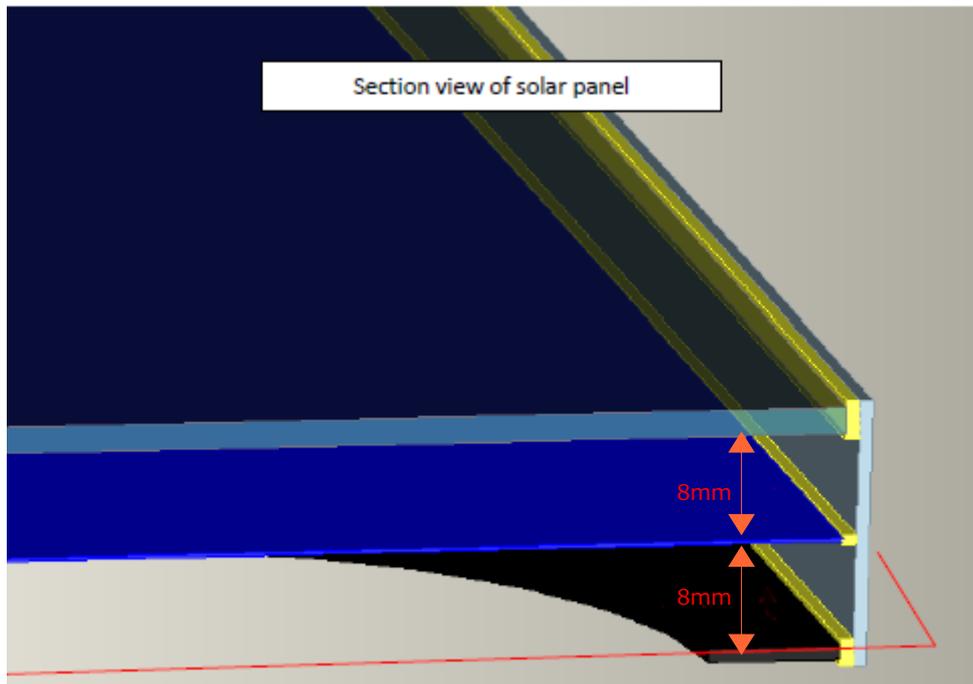


ABS バックボード（黒）、アルミニウムコレクタ（青）とアルミフレーム（グレー）。  
ABS 樹脂バックボード 2つの穴は動的空気のための入口と出口を表しています。

ソーラーパネルは単純なデバイスのように見えるかもしれませんが、それは熱伝達プロセスに関して比較的複雑な状況を含みます。すなわち：

- ・ ガラス外側表面上の太陽熱利得（ここでは太陽エネルギーの一部が吸収されます）
- ・ ガラスと静止空気を通しての残りの太陽エネルギーの伝達
- ・ 結果としてのコレクタ上面での太陽熱利得
- ・ ガラス外表面からの輻射による熱損失
- ・ ガラスとコレクタを介した熱伝導
- ・ ガラスとコレクタ間の静的空気層を横切る輻射による熱交換
- ・ コレクタとバックボード間の動的空気層を横切る輻射による熱交換；
- ・ バックボード内の熱伝導
- ・ コレクタをバイパス、静的空気からフレームを介する動的空気への熱伝導
- ・ コレクタとバックボード間の動的空気の対流による熱移動
- ・ バックボード外表面からの熱損失

これらの全てのプロセスは、関連している場合には可視光と赤外線放射を分けたモデルで表現されます。研究の目的は、ソーラーパネル効率を決定できるソーラーパネルから排出される動的空気の温度や、ガラス、コレクタ、バックボードの温度分布を確認することです。



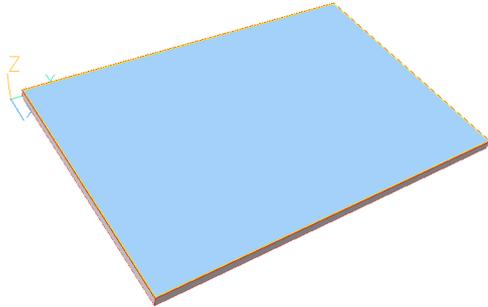
PHOENICS モデルは質量、動的空気内の運動量、熱エネルギーのための保存式を解きます。LE2M 研究所で指定されたソーラーパネルの動作パラメータは、PTC の ProEngineer からインポートした CAD から PHOENICS-2010 を使用して作成されます。幾何学的形状の規則性の観点から、PARSOL (カットセル) 機能は使用されません。

ソーラーパネルの物理特性は、可視光および赤外線放射が別々に処理されることを必要とし、その対策は表面の吸収率が放射率と異なるようにすることで行われます。可視光および赤外線のためのガラス放射率と吸収率や透過率はモデルで指定する必要があります。同様のパラメータ (透過率を除く) は、コレクタの上下面およびバックボードでも必要になります。これらの特別な要件は、デフォルトの PHOENICS の輻射モデル、IMMERSOL の標準機能にはありませんが、平板間の輻射に基づいた特別モデルが「GROUND」と呼ばれる PHOENICS のユーザプログラム機能を使用して容易に導入されました。

太陽放射フラックスの入熱量は、直射光  $1000\text{W}/\text{m}^2$  + 拡散光  $800\text{W}/\text{m}^2$  としました。なお、これらの各々について、放射量の  $1/3$  は可視スペクトル内にあり、 $2/3$  は赤外線であると仮定します。

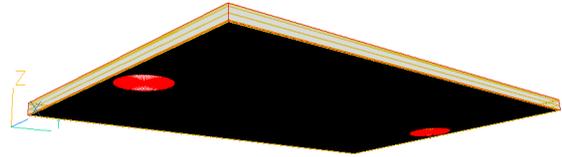
使用メッシュサイズは  $67 \times 58 \times 50$  であり、計算には、完全収束するまでに、3GHz のシングルプロセッサ上で 15 分かかりました。平均出口空気温度は  $38.3^\circ\text{C}$  となりモデルの空気の熱利得は  $1224\text{W}$  と予測されます。したがってパネル全体の効率は  $68\%$  となります。モデルから得られる興味深い情報は、システム内の個々の放射熱流束です。例えば、ガラス-コレクタ間の放射伝熱量は  $630\text{W}$  であり、コレクタとバックボード間では  $510\text{W}$  です。  $180\text{W}$  はガラスからの再放射によって失われ、  $115\text{W}$  はバックボード背面からの放射によって失われます。

なお、以下の図から分かるように 温度パターンの有意な不均一性があります。コレクターは、空気が送風される側でかなり高温です。追加情報のこれらのタイプはシステム全体の動作をより深く理解を提供することで、改善が可能かもしれない側面を特定するために設計者にとって役立つ可能性があります。



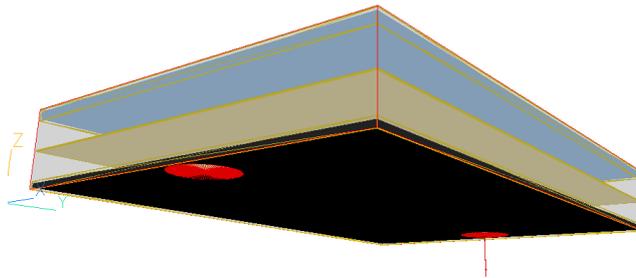
LE2M Solar Panel

ソーラーパネル形状



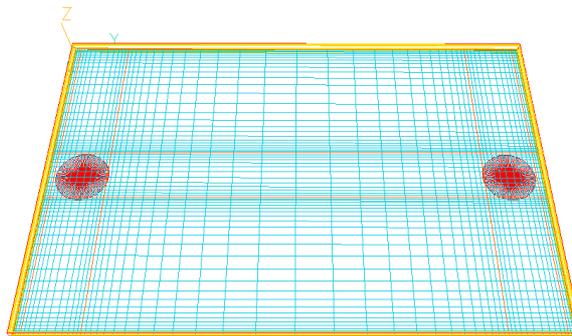
LE2M Solar Panel

ソーラーパネル形状 (下側)



LE2M Solar Panel

ソーラーパネル形状 (厚さ方向拡張表示)



LE2M Solar Panel

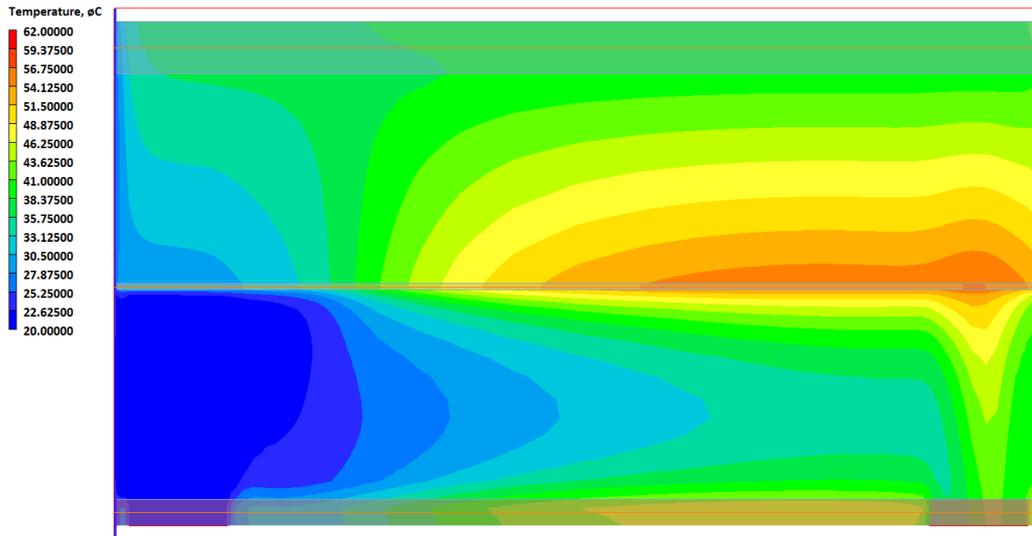
計算格子



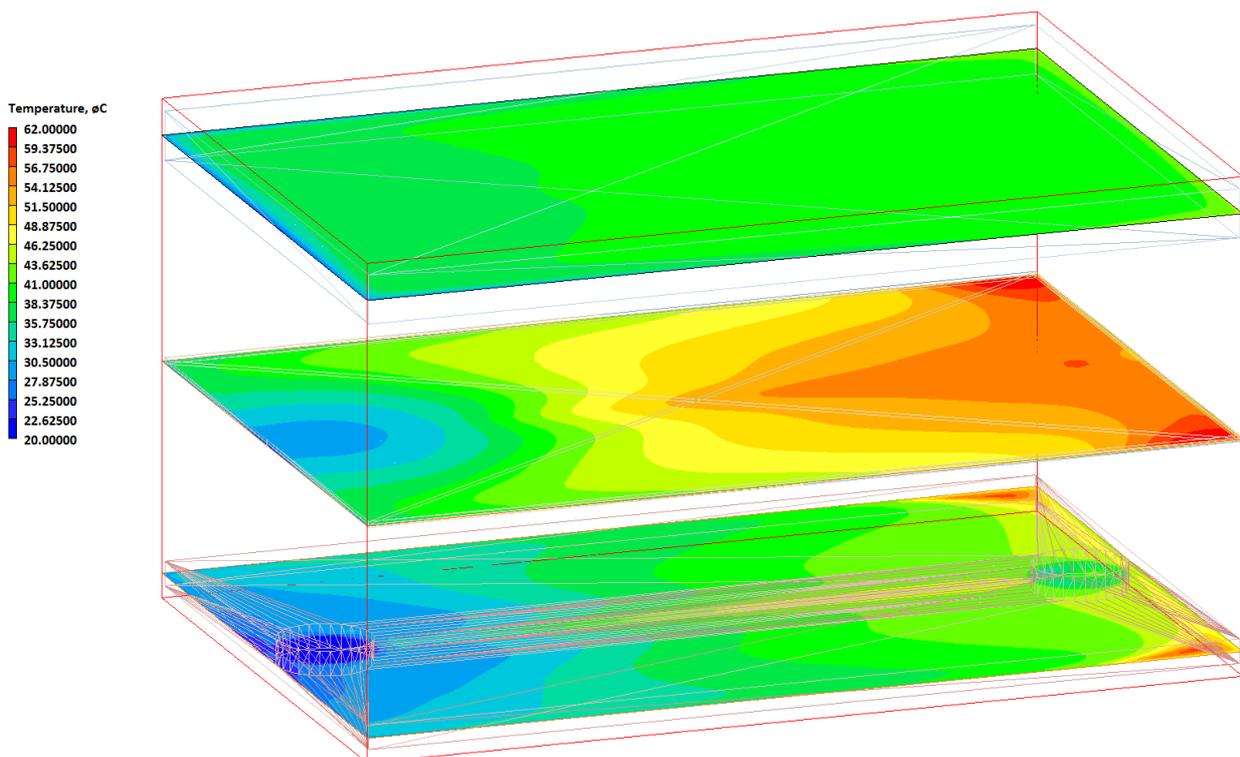
## 結果図

以下の図は、パネル内の温度分布を説明しています。

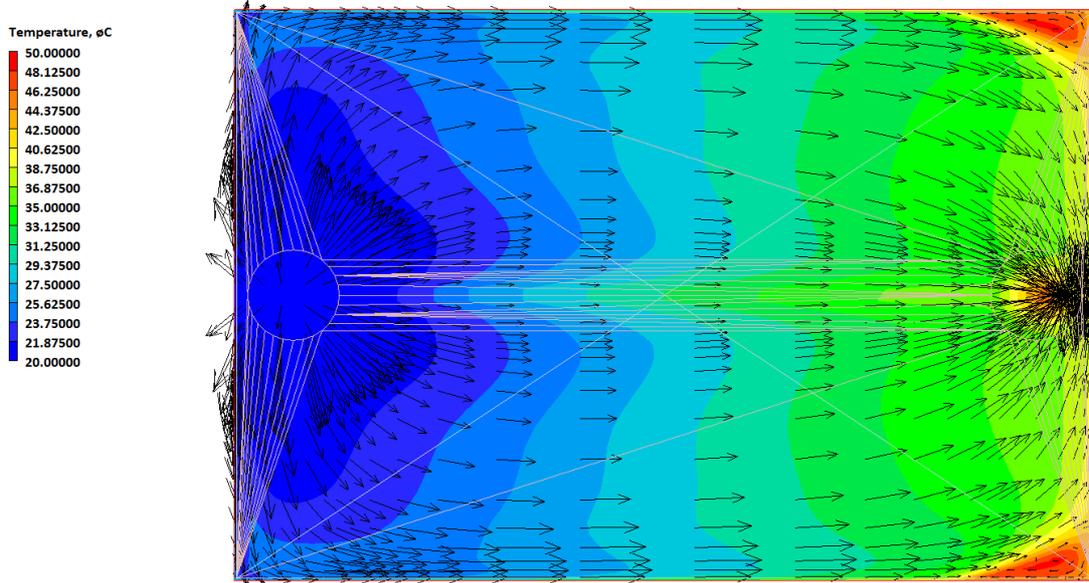
注意) 最初の2図は分かりやすくするために垂直方向を20倍に伸ばしていることに注意してください。



中心断面の垂直方向温度分布



ガラス、コレクター、バックボード上の温度分布



動的空気空間の速度ベクトルと温度コンター図

本研究では、ソーラーパネルの複雑な熱伝達および空気流プロセスをモデル化するため、および空気流出温度によって測定されるように、パネルの効率を予測するために PHOENICS の能力を実証した。モデルは、それ故に達成すべき最適化された設計を可能にする、幾何学的パラメータと、パネルの性能に対する材料特性の影響を予測するための有用な設計ツールの基盤となっています。

#### まとめ

本研究では、ソーラーパネルに複雑な熱伝達および空気流プロセスをモデル化するため、および空気流出温度によってパネルの効率を予測することで、PHOENICS の能力を実証しました。モデルは、それ故に達成すべき最適化された設計を可能にする、幾何学的パラメータと、パネルの性能に対する材料特性の影響を予測するための有用な設計ツールの基盤となっています。