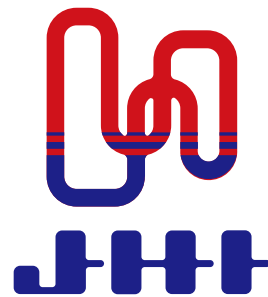


# 空冷ヒートシンク 開発実績ご紹介

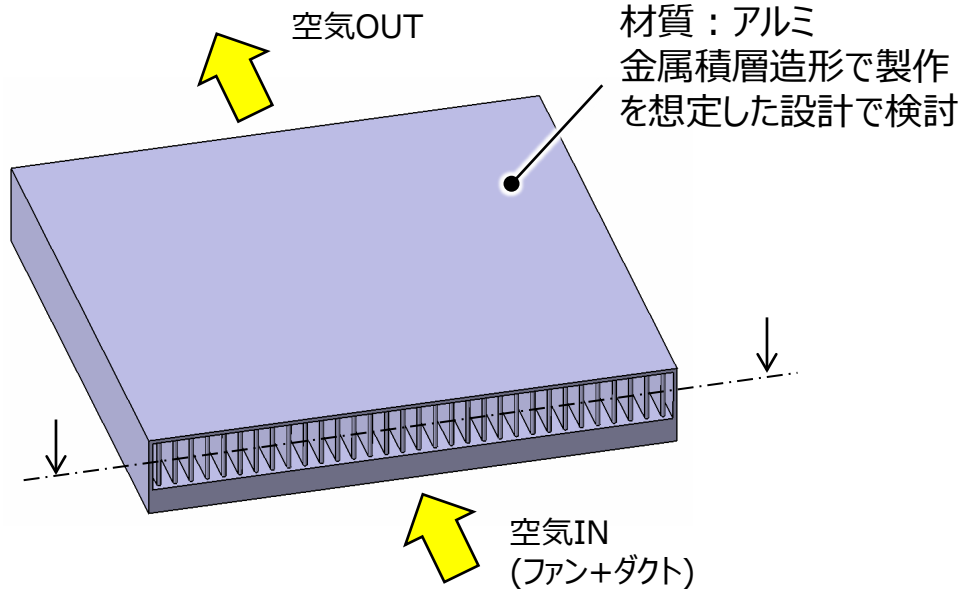
- ジャイロイド、ラティス、翼型フィンによる放熱性能改善
- 設計探査ソフト“HEEDS”による放熱性能最適化

2023/12/11

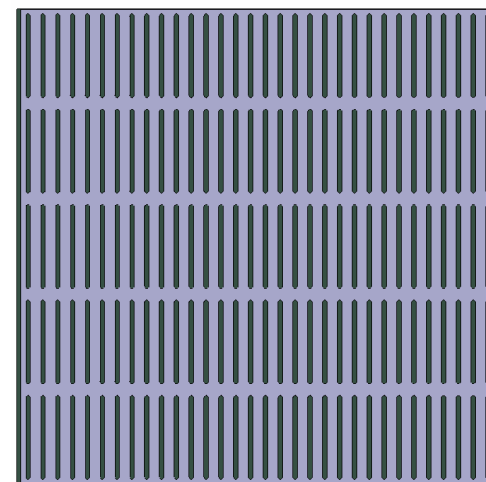


無断転載禁止

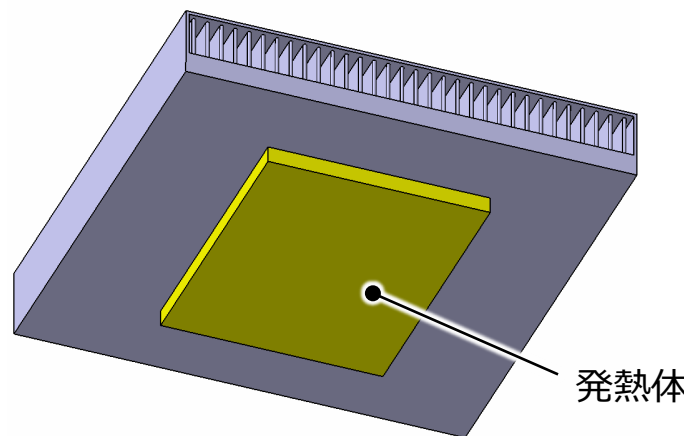
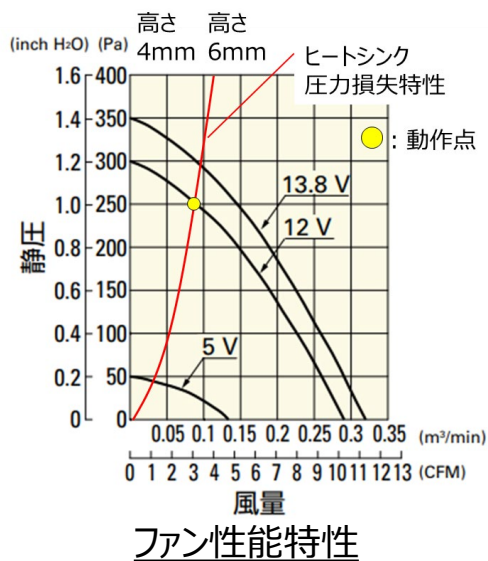
## ・評価仕様



## ・ヒートシンク断面



AMベース仕様  
(押し出しフィンの従来仕様)

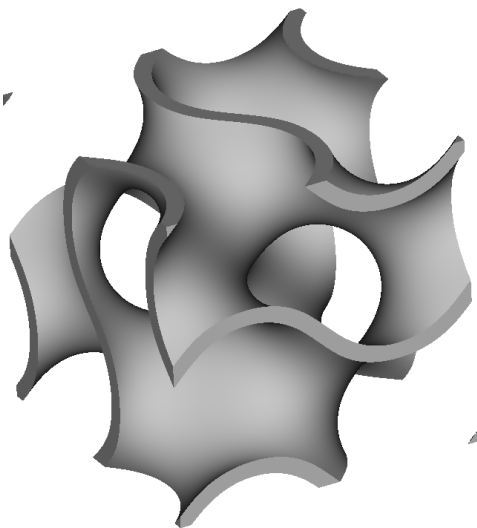


性能要件  
指定のポンプ(P-Q特性)において  
発熱体温度：xx以下  
(流量は圧損に応じて変動)

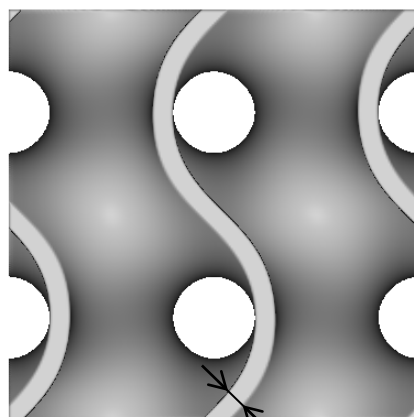
発熱体の放熱性能改善を狙い、ヒートシンクのフィン形状の検討を実施。

## ・ジャイロイド概要

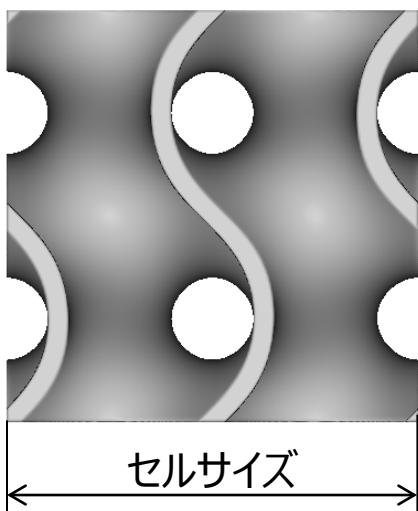
$$\sin(x) \cos(y) + \sin(y) \cos(z) + \sin(z) \cos(x)$$



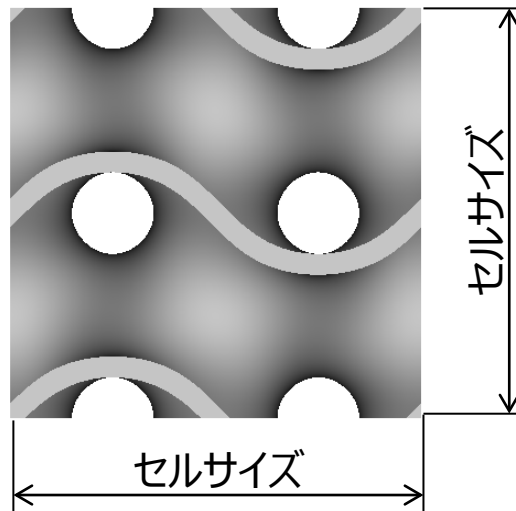
ISOMETRIC VIEW(1セル)



フィン厚み

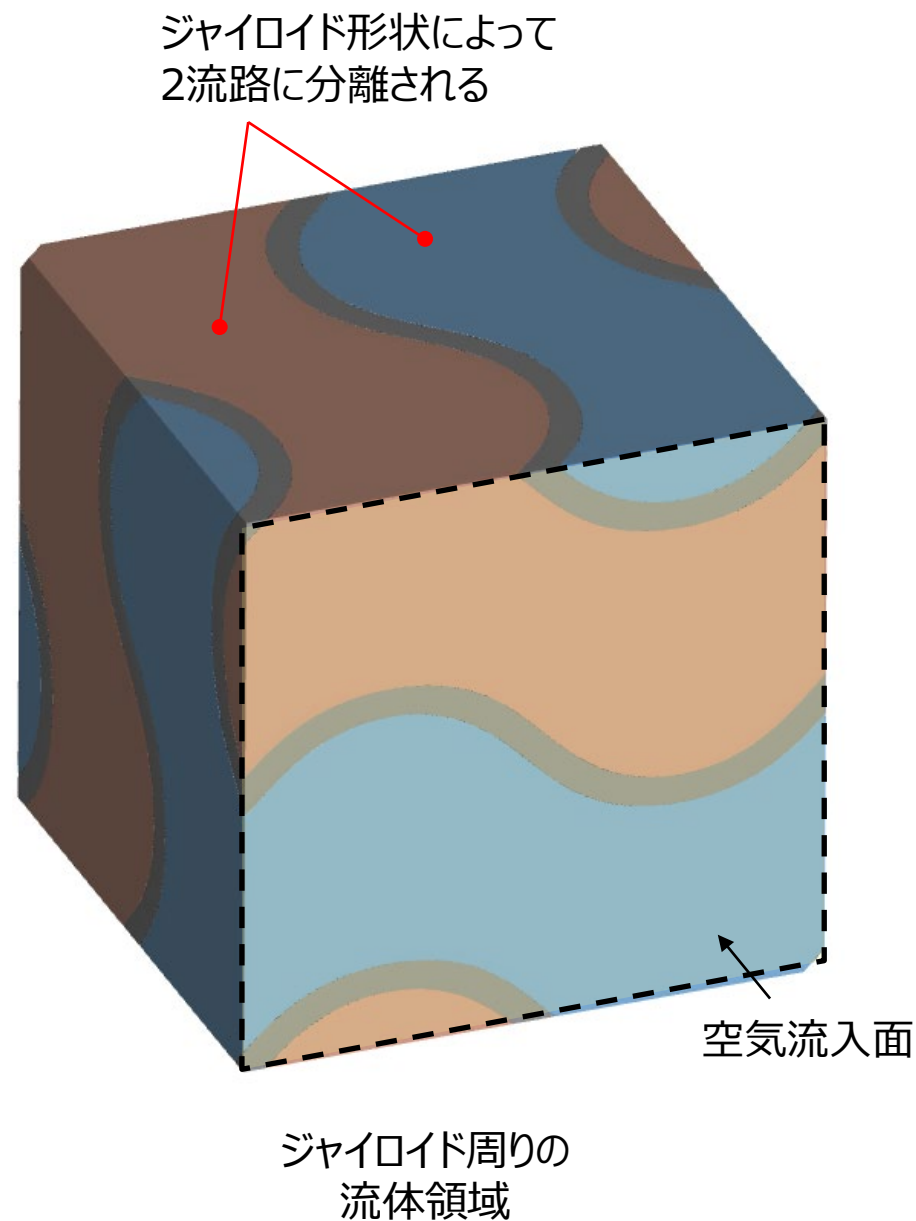


セルサイズ

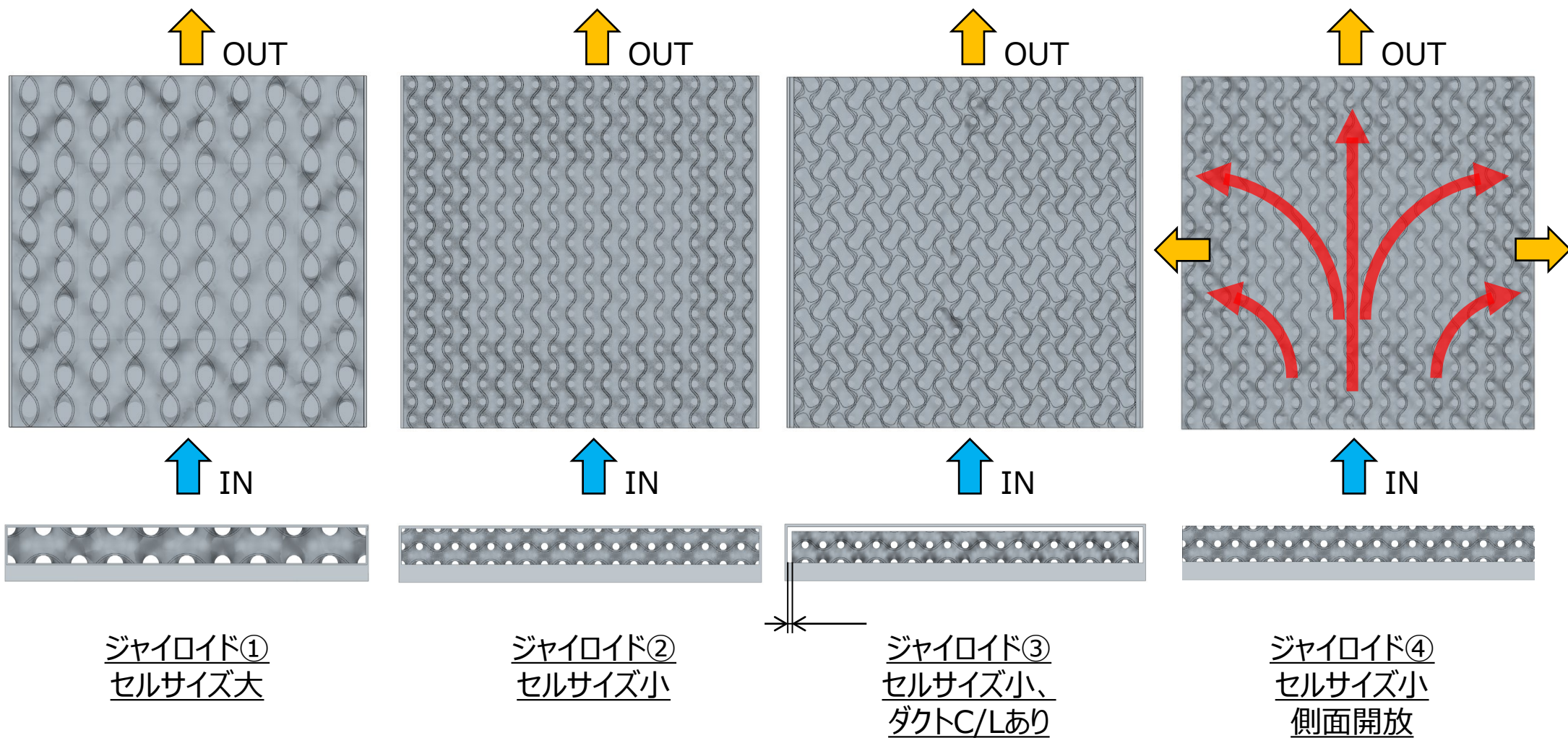


セルサイズ

セルサイズ



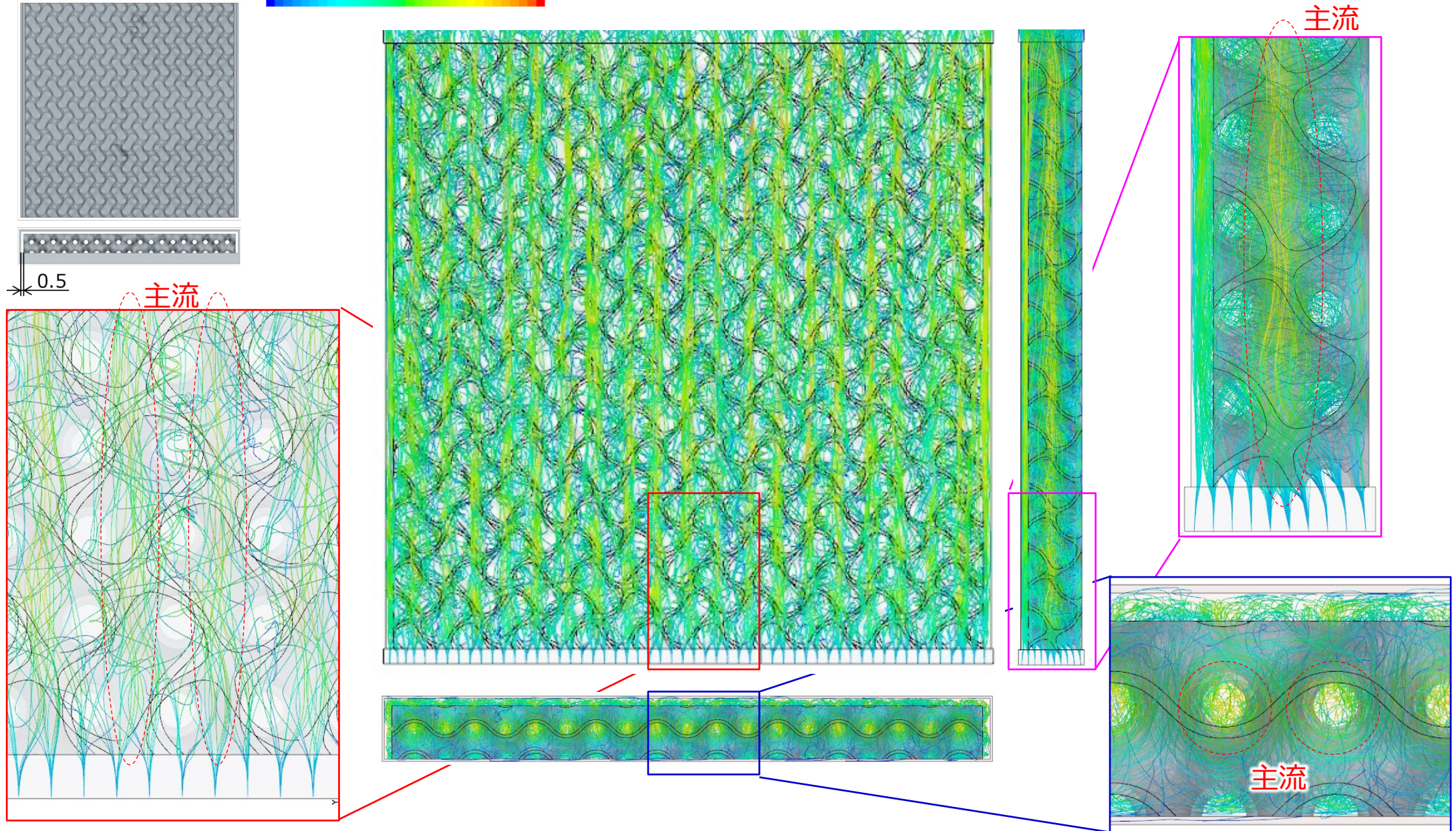
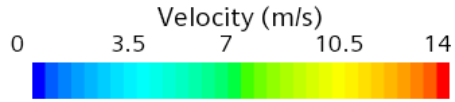
## ・ヒートシンク仕様



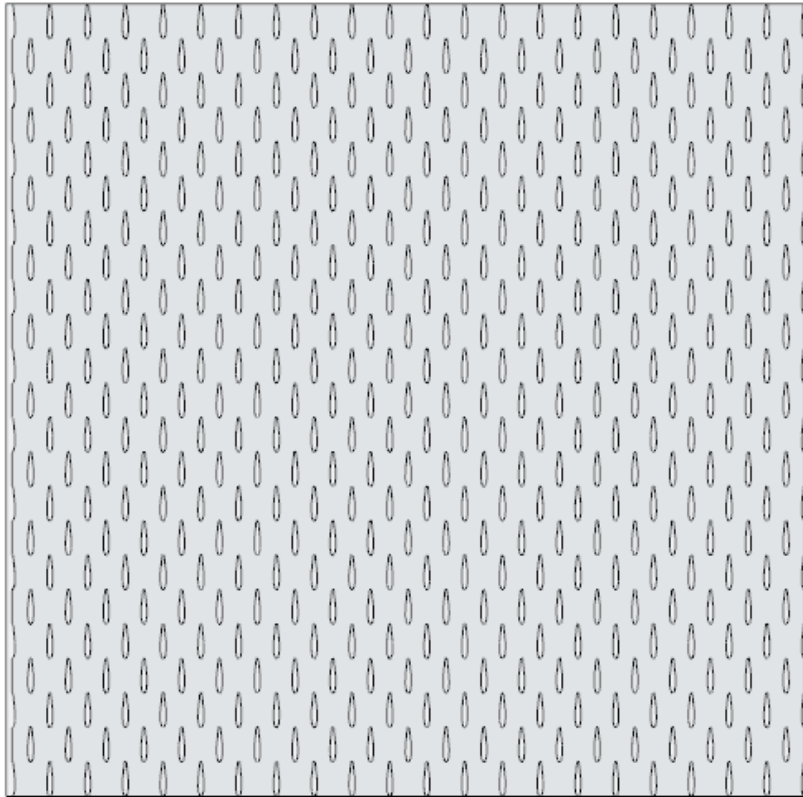
# フィン検討 ジャイロイド構造



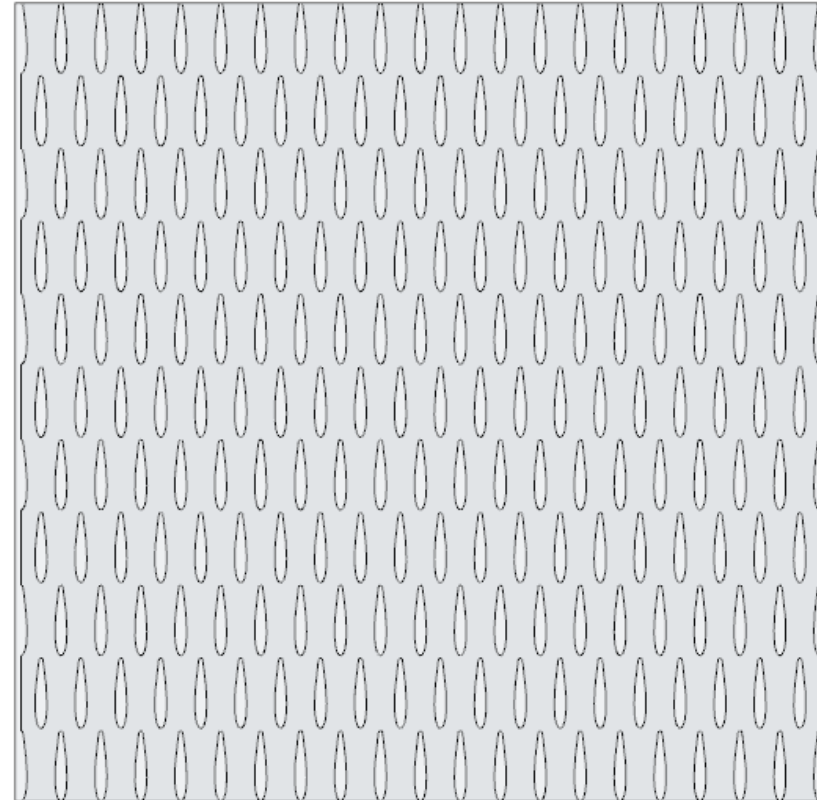
## 解析結果



## ・ヒートシンク仕様

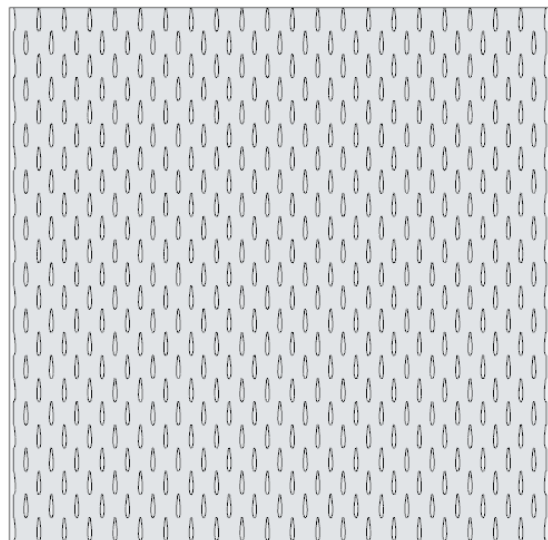


翼断面②  
翼厚小、中間配置



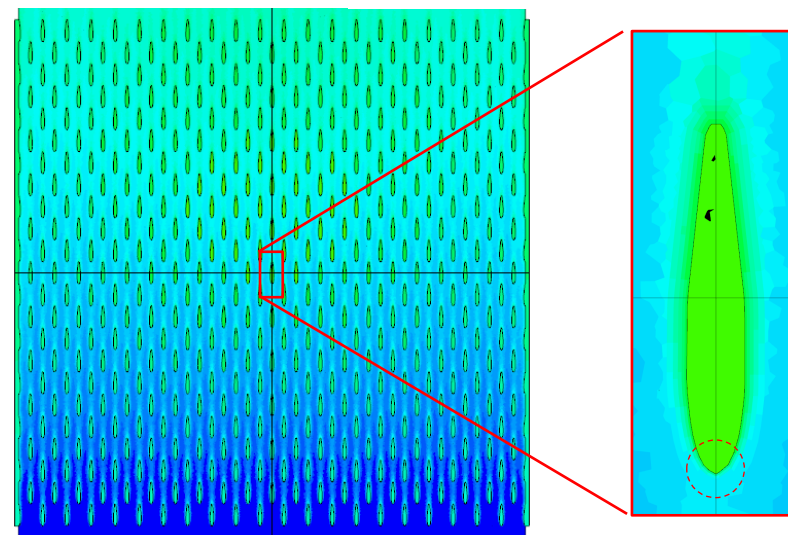
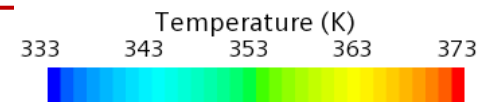
翼断面⑥  
翼厚大、密配置

## 解析結果



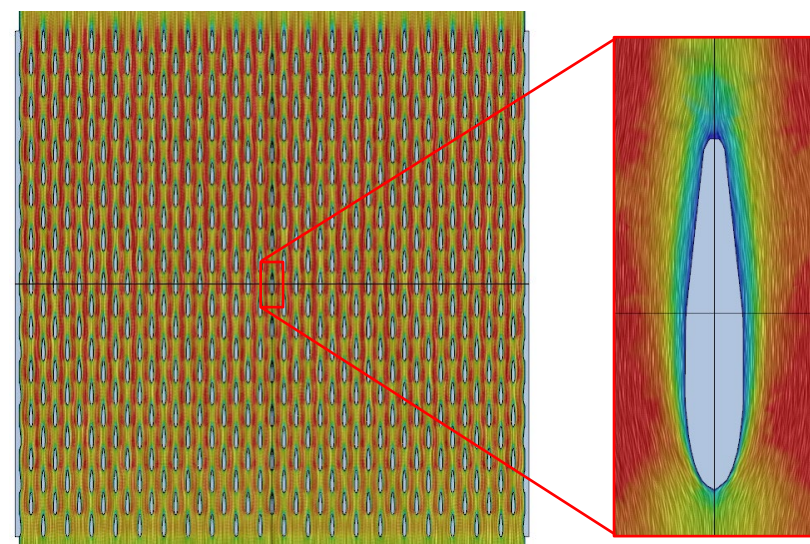
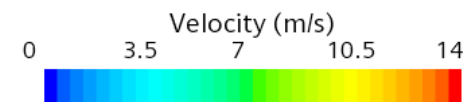
翼断面②  
翼厚小、中間配置

## 温度コンター図

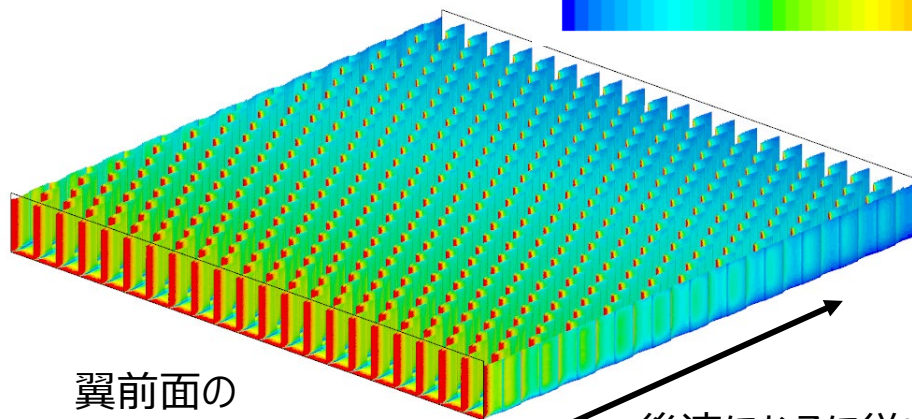


翼前面の  
温度境界層  
薄い

## 流速ベクトル図



## 熱伝達率

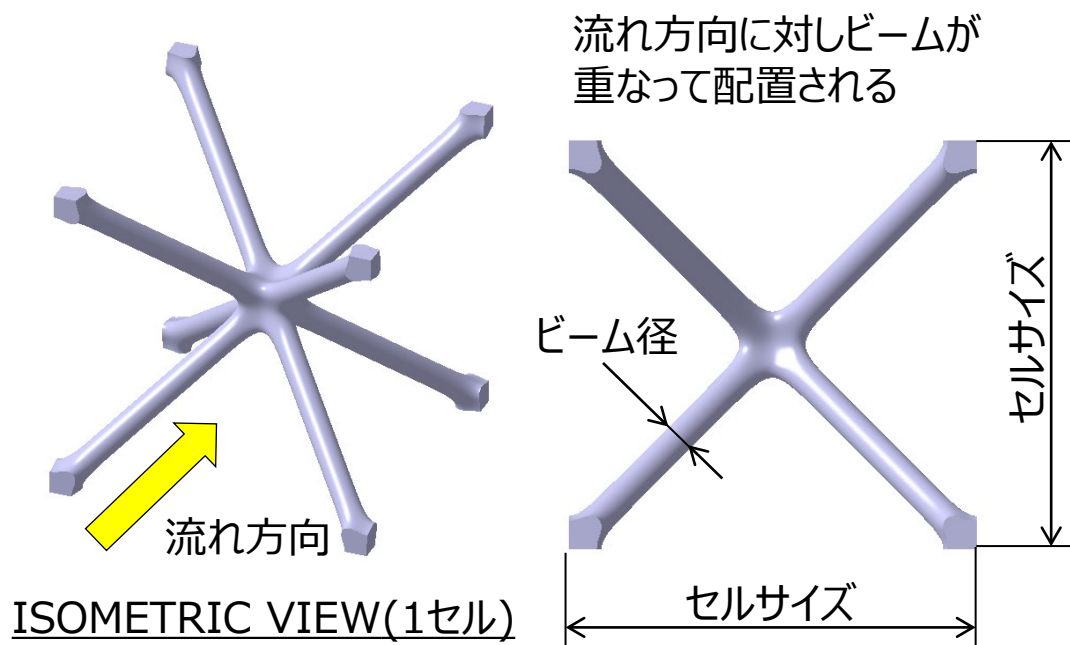


翼前面の  
熱伝達率大

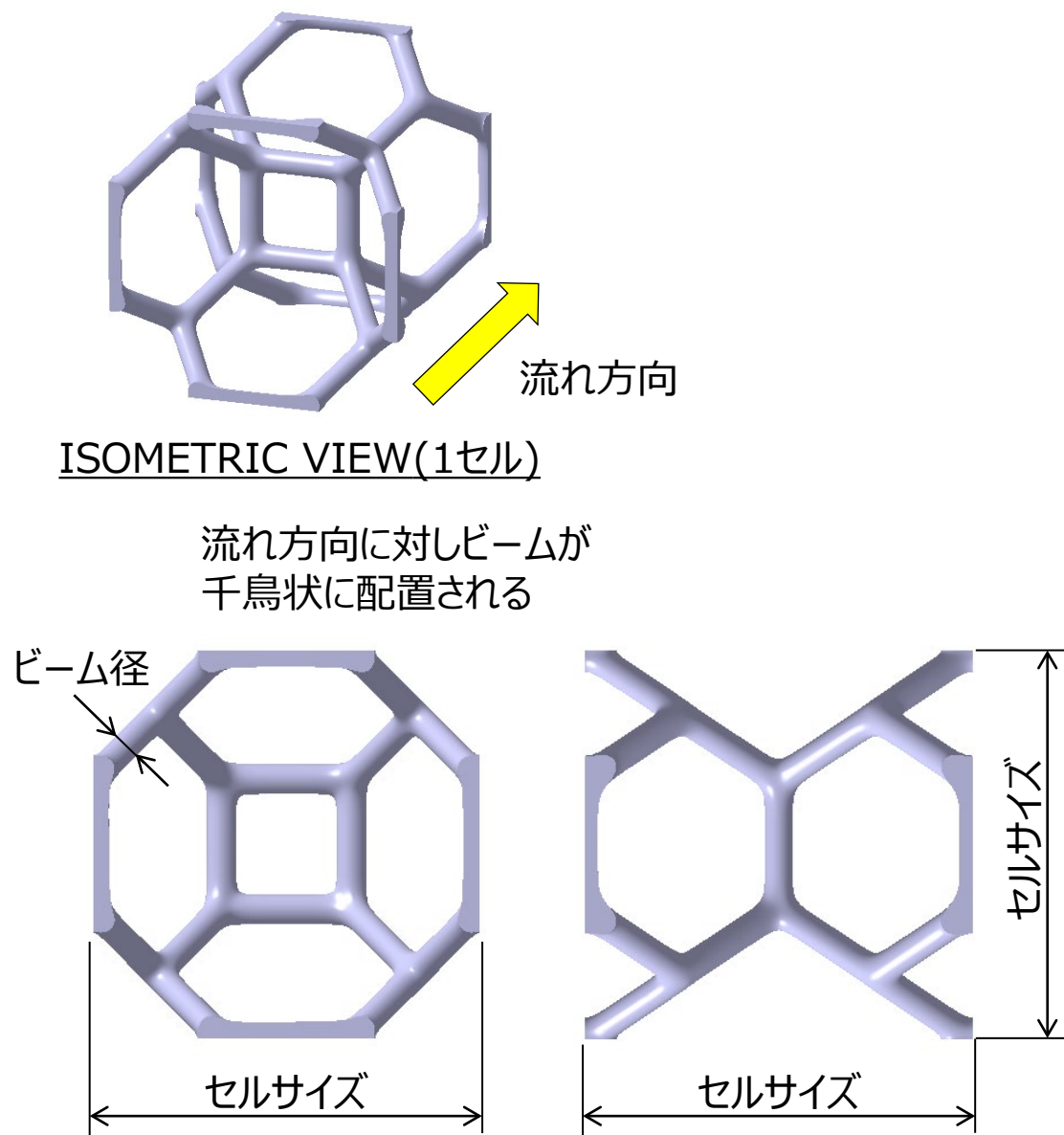
後流になるに従い  
熱伝達率低下

## ・ラティス概要

### ・体心立方構造



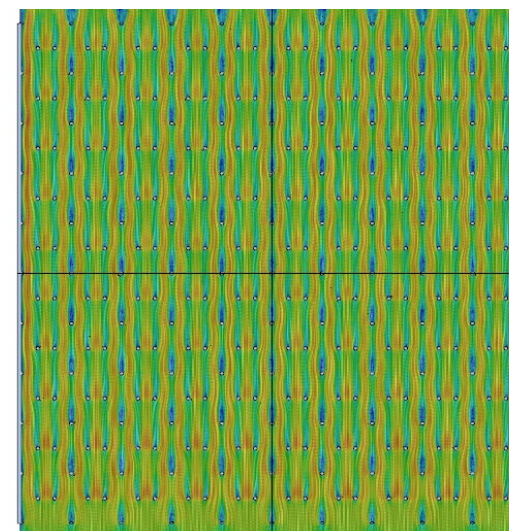
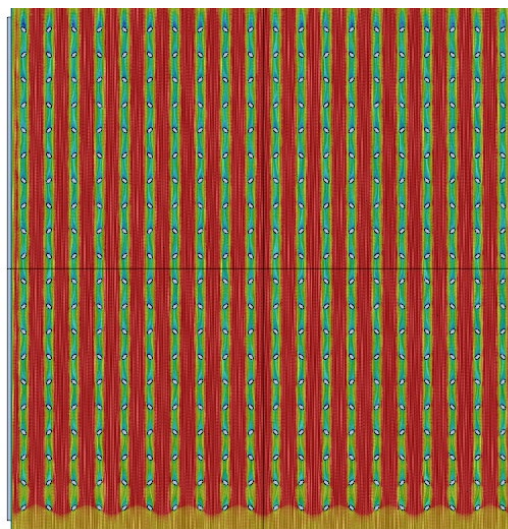
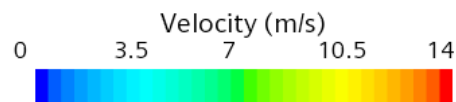
### ・ケルビントラス構造



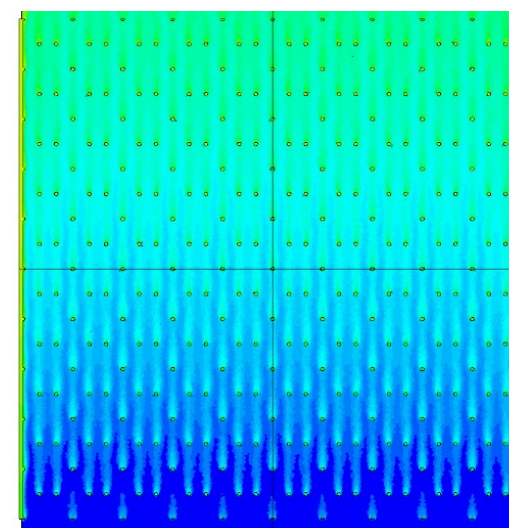
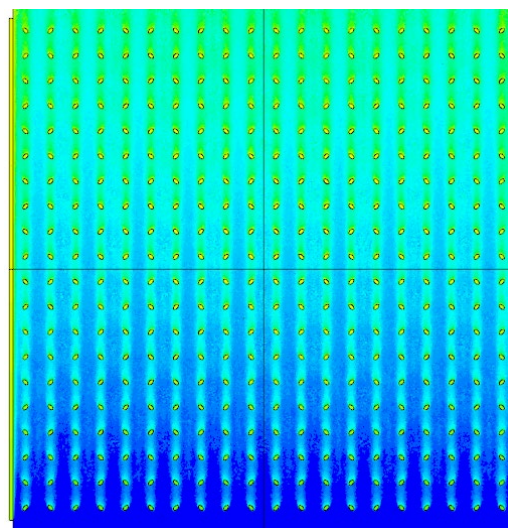
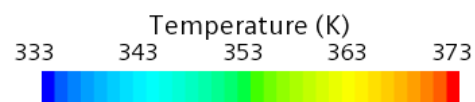


## 解析結果

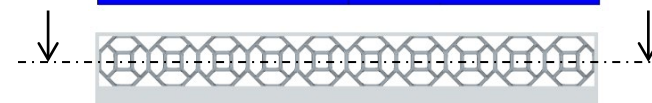
### 流速ベクトル図



### 温度コンター図

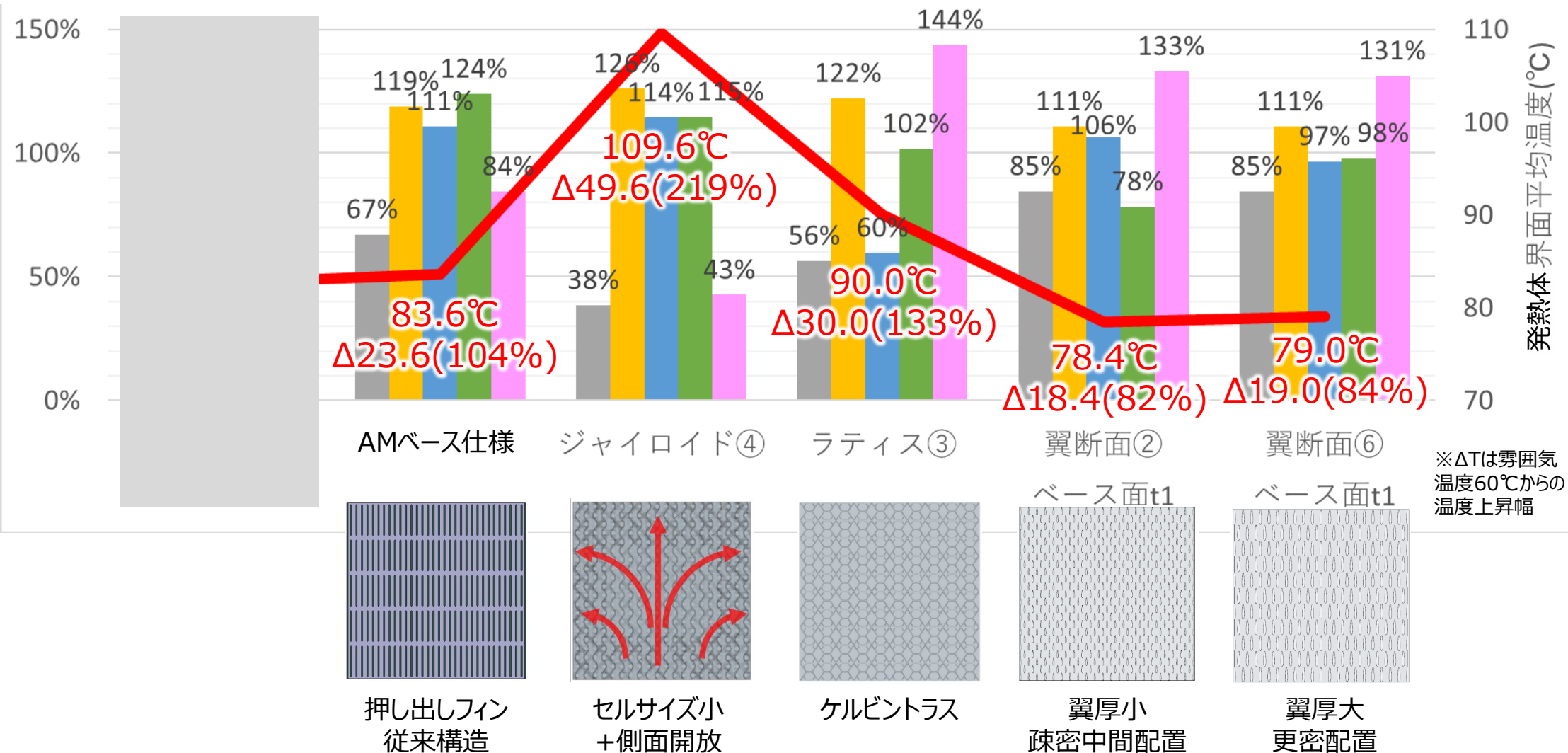


ラティス①  
体心立方構造



ラティス③  
ケルビントラス構造

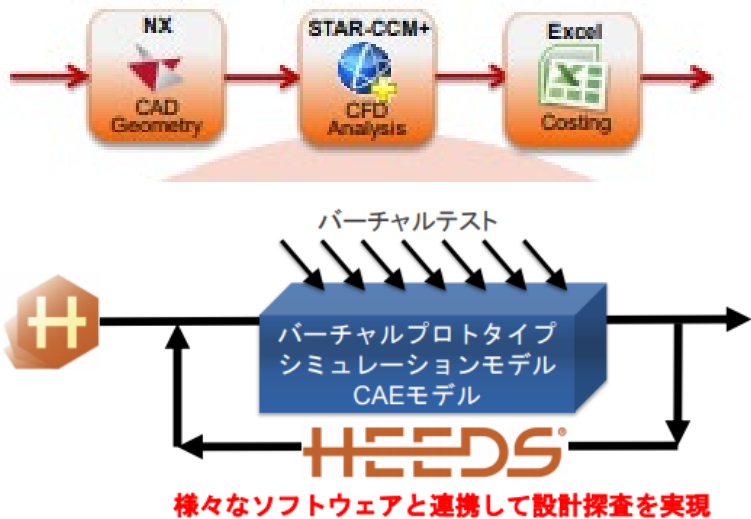
■ 風量(m<sup>3</sup>/min) 
 ■ 圧力差(静圧)(Pa) 
 ■ 熱交換面積(mm<sup>2</sup>) 
 ■ 重量(g) 
 ■ 平均熱伝達率(W/m<sup>2</sup>-K) 
 — 発熱体界面平均温度(°C)



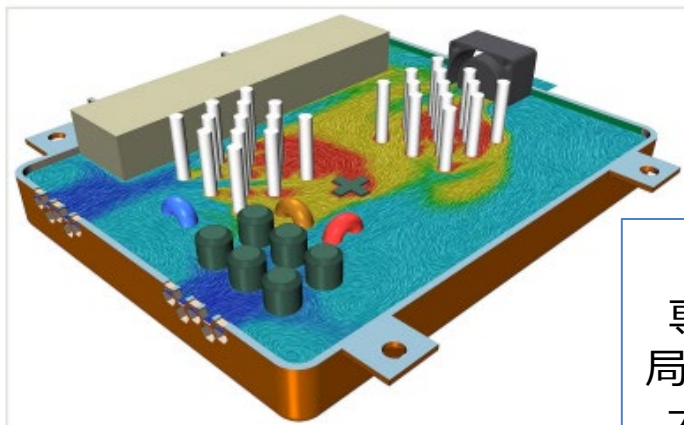
**翼断面ピン(ベース面t1)はベースの82%。**

•最適化により更なる放熱性能向上が期待できる。

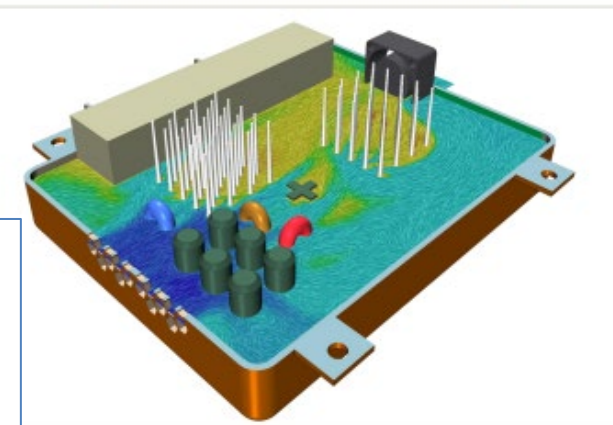
## 最適化ソフト“HEEDS”概要



目的: ヒートシンクの質量最小化  
 制約: 部品の温度には上限  
 入力パラメータ: 放熱ピン形状、ファンの位置



**HEEDSの特徴**  
 専門的な調整が不要で、  
 局所最適解に限定されにくく  
 大域最適解が得られ易い



## HEEDS探索アルゴリズム: SHERPA

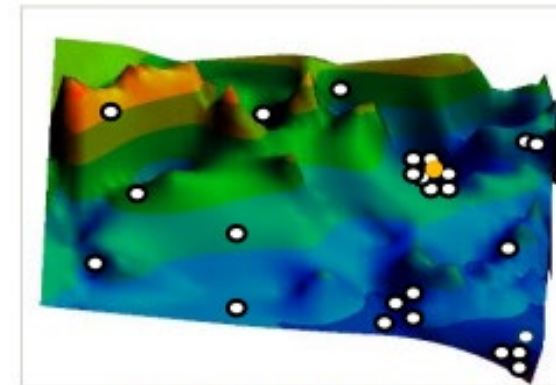
### SHERPAの探索フレームワーク

- ハイブリッド
  - 複数の探索アルゴリズムを自動で組合せ
  - 大域探索と局所探索を同時に行う
  - 全ての手法の中からベストなものを選択
- 自己学習型
  - 設計空間に合わせて自動チューニング
  - 設計変数の数に上限なし
  - 様々な問題に自動で柔軟に対応

最適化の専門知識は不要

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> 変数のスクリーニング  | <input checked="" type="checkbox"/> モデルの簡素化       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 実験計画法 (DOE) | <input checked="" type="checkbox"/> アルゴリズムの選択     |
| <input checked="" type="checkbox"/> 応答曲面法 (RSM) | <input checked="" type="checkbox"/> アルゴリズムのチューニング |

### SHERPAの探索結果



空間全体を探索しつつも  
 最適点周りに探索点が集中

# 最適化検討(プレ検討)

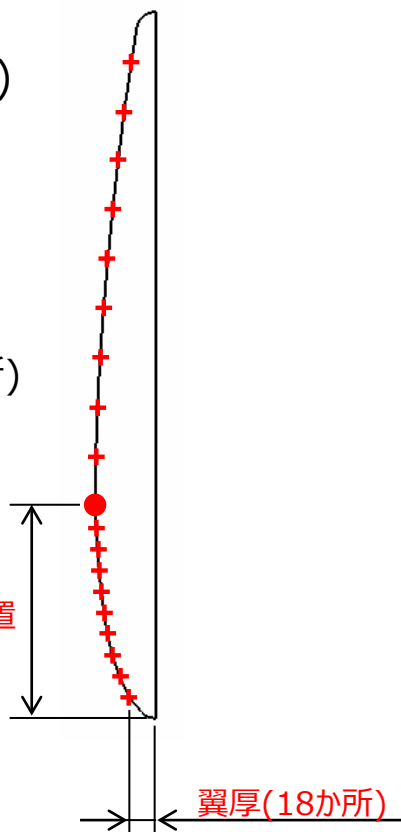


## 解析仕様、設計変数、目的関数

- 解析モデル
  - 翼断面⑥ベース(試作仕様翼厚大)
  - 1翼に縮小(解析コスト削減)
- 設計変数(19変数)
  - 最大翼厚位置、翼厚
- 目的関数
  - 発熱面温度最小
  - 圧損最小(風速設定のため)
- 制約条件
  - なし

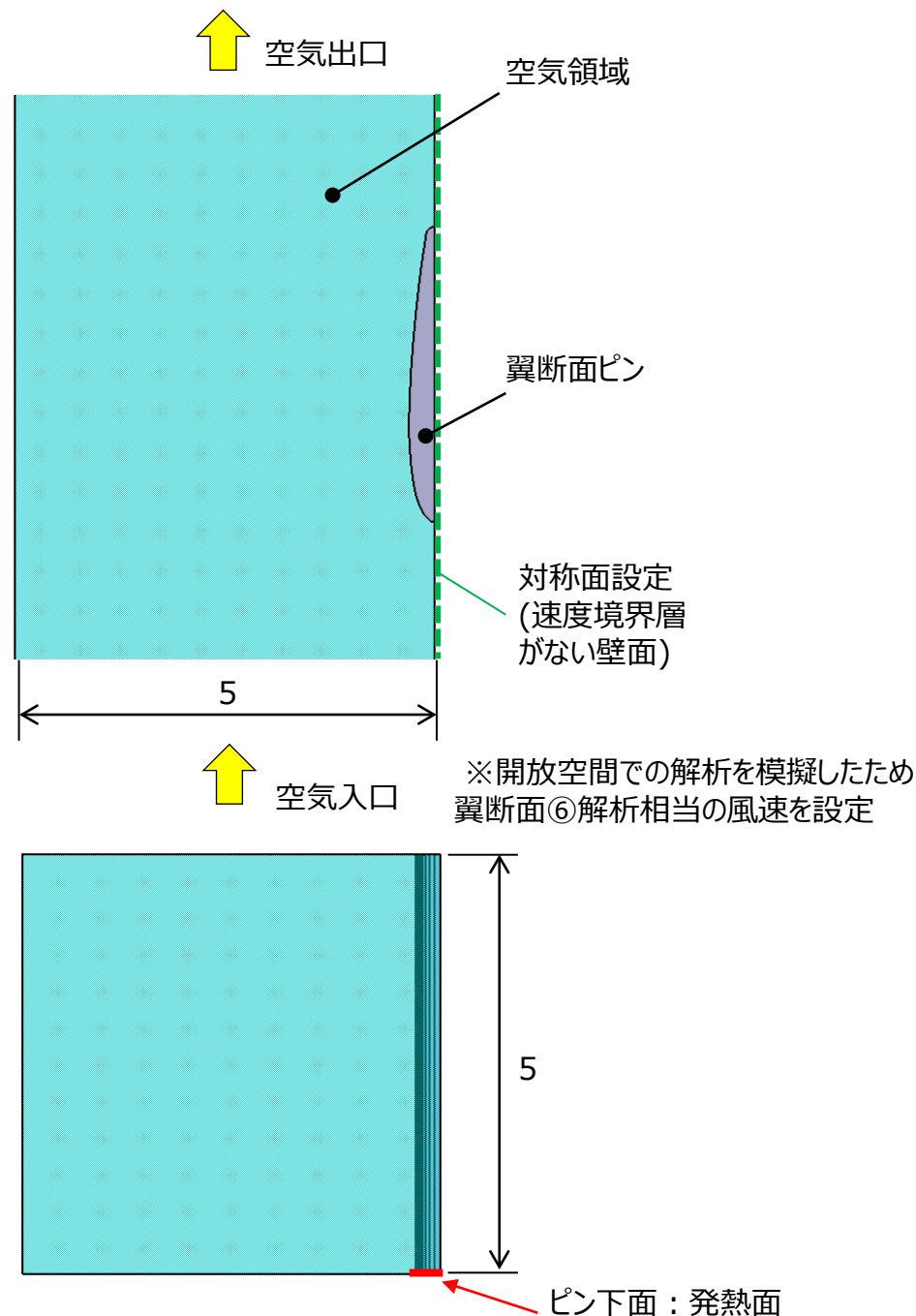
設計変数

- : 最大翼厚位置
- + : 翼厚設定箇所(18か所)

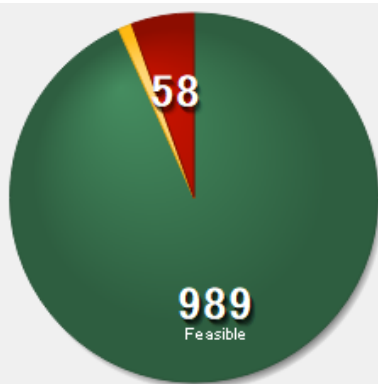


翼断面スケッチ

翼形状を変数化し、  
放熱性能MAXとなる  
よう最適化する。



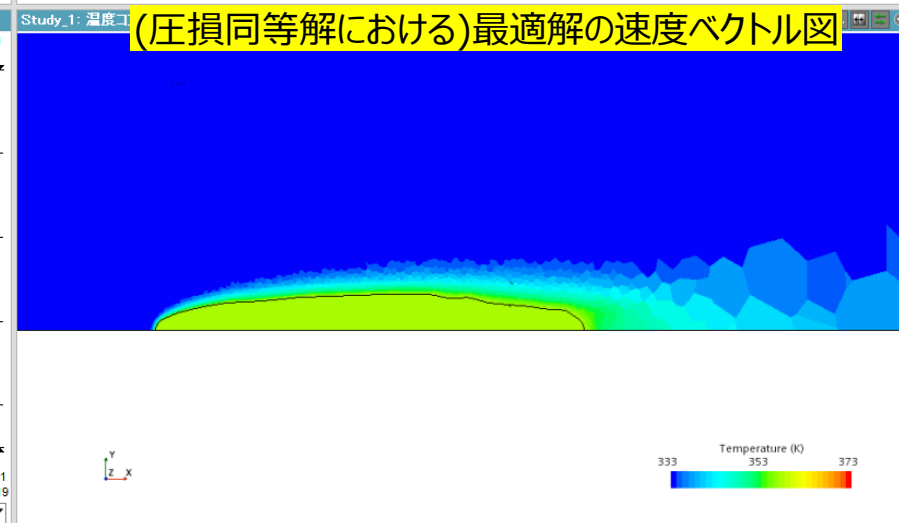
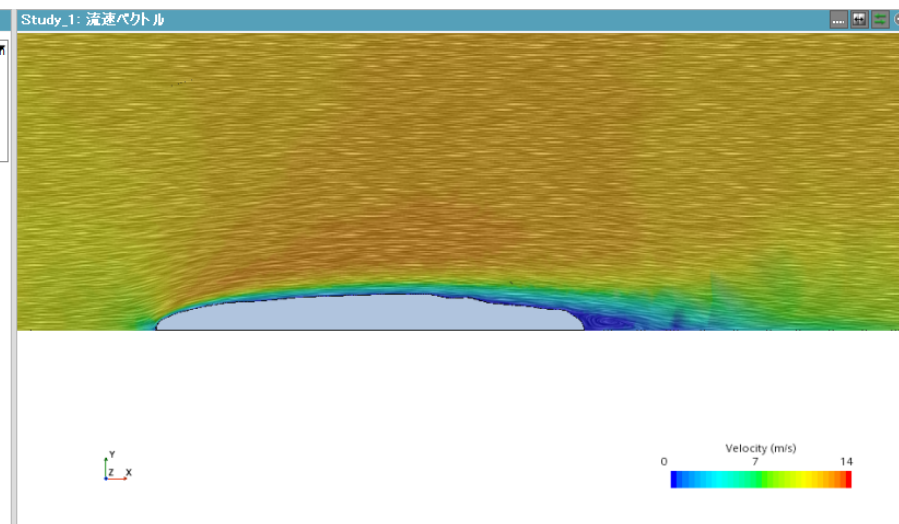
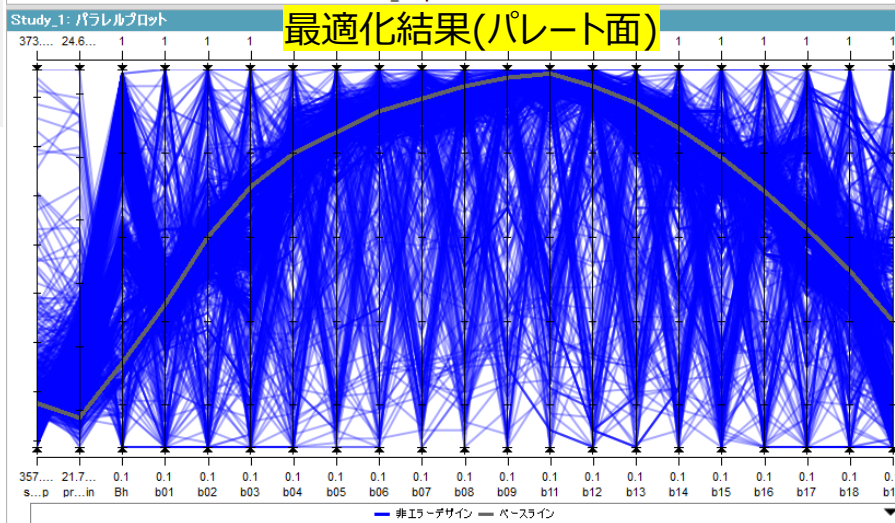
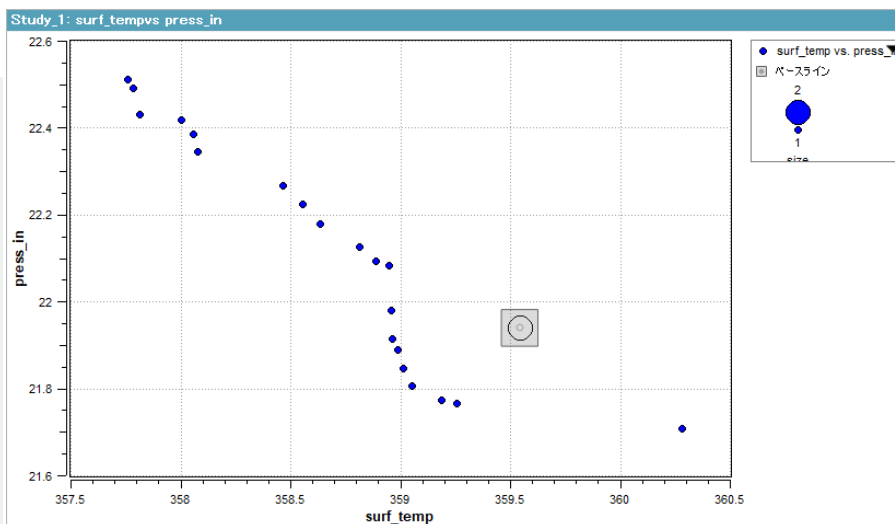
## 最適化推移



ステータス: キャンセルされました  
タイプ: 最適化計算  
方法: Multi-Objective SHERPA  
バージョン: 2021.2.0.211021  
開始: 3 17, 2022 @ 15:58  
経過時間: 3 d 17 hr 3 min 52 sec

80時間で1060回解析  
(有効な解析は989回)

※最適化に必要な  
解析数(目安)は300回



最適化の傾向分析

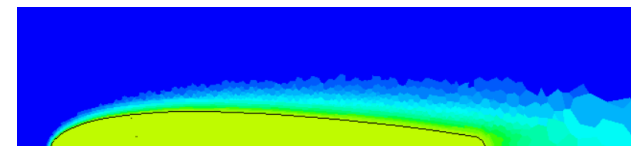
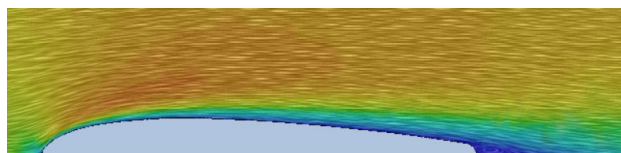
(圧損同等解における)最適解の温度コンター図

**最適化ソフトにより1060回の解析を自動で行い、最適化完了。**

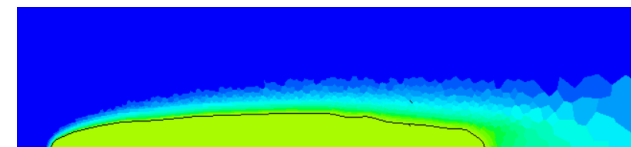
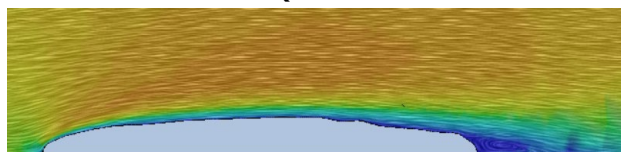
次項に最適化の詳細な結果を記載。

## 最適化結果

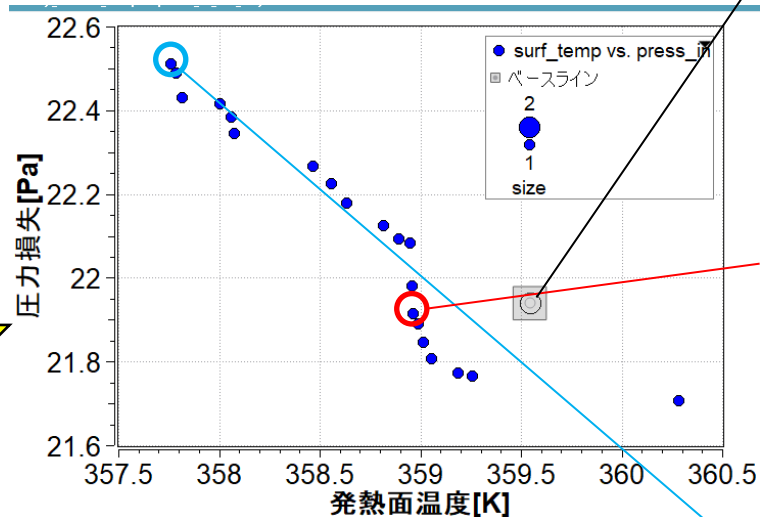
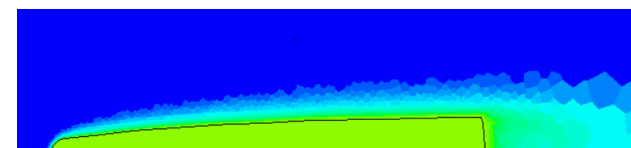
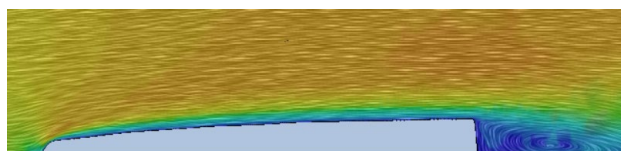
・ベース



・最適化結果①(発熱面温度低減、圧損同等)



・最適化結果②(発熱面温度最小、圧損増加)

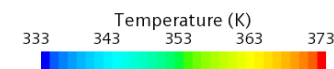


最適化結果(パレート面)

流速ベクトル図



温度コンター図

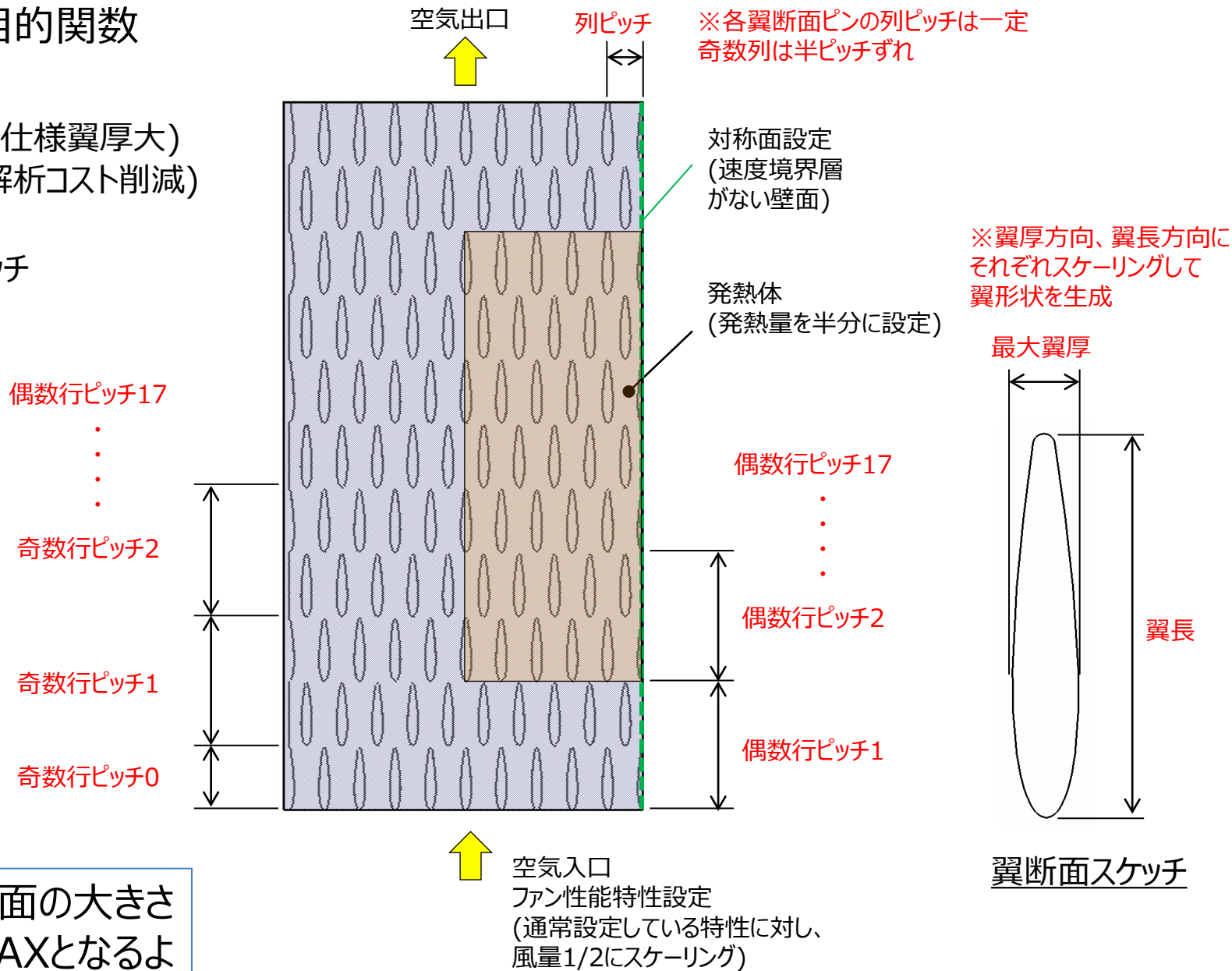


最適化結果より、放熱性能が優れる2つの形状をピックアップ。

・性能が優れる翼断面の探査手法構築と最適形状の勘所を把握。

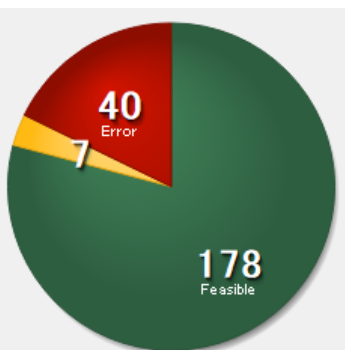
## 解析仕様、設計変数、目的関数

- 解析モデル
  - 翼断面⑥ベース(試作仕様翼厚大)
  - 幅方向半分に縮小(解析コスト削減)
- 設計変数(38変数)
  - 最大翼厚、翼長、ピッチ
- 目的関数
  - 発熱面温度最小
- 制約条件
  - なし

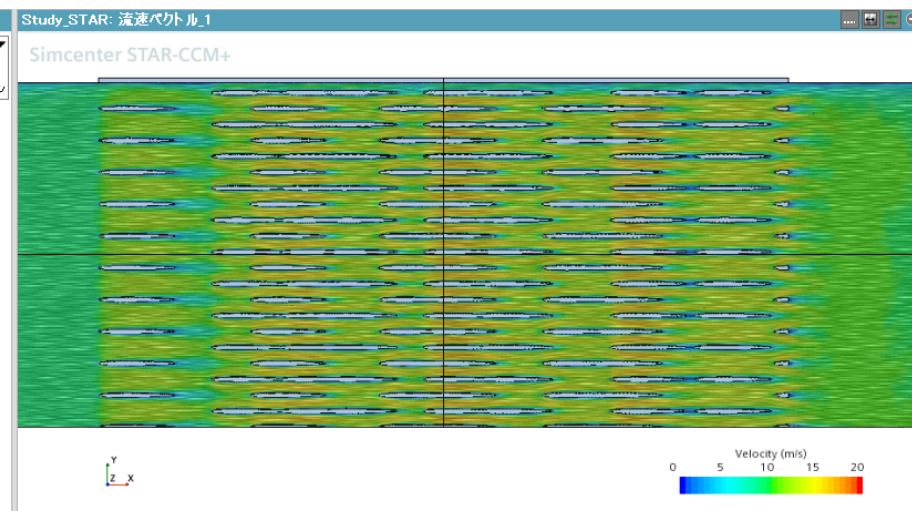
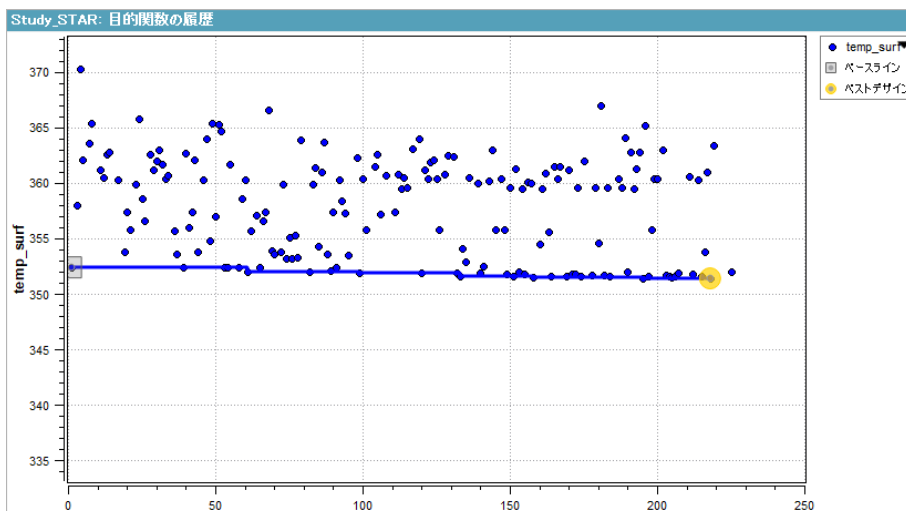


翼断面ピンのピッチと翼断面の大きさを  
変数化し、放熱性能MAXとなるよう  
最適化する。

## 最適化推移

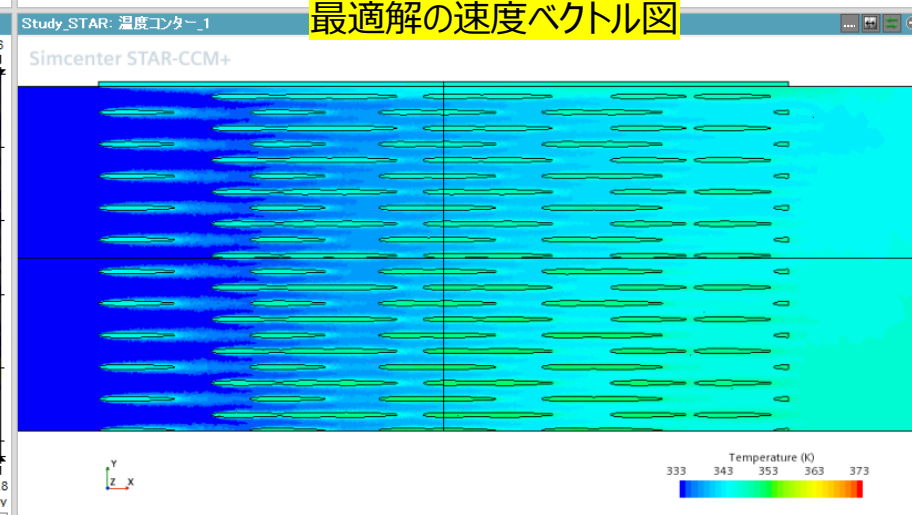
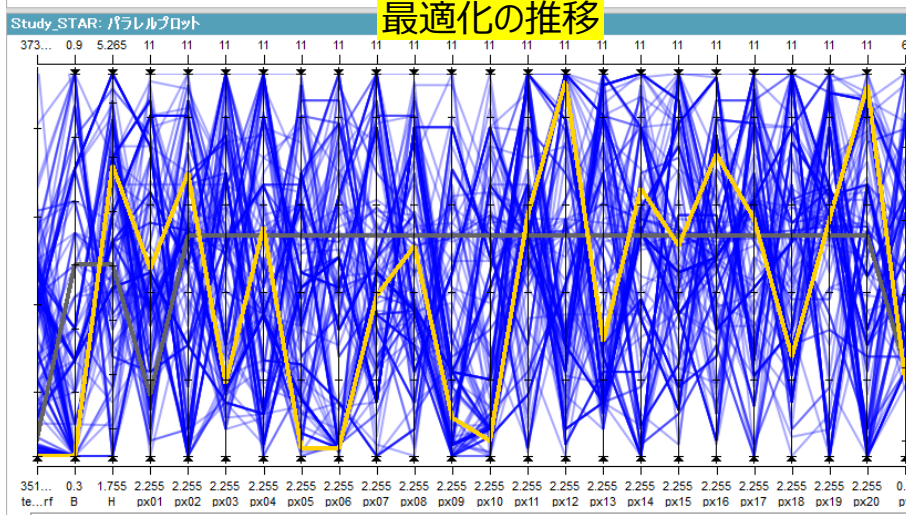


ステータス: キャンセルされました  
タイプ: 最適化計算  
方法: SHERPA  
バージョン: 2021.2.0.211021  
開始: 4 7, 2022 @ 18:09



121時間で225回解析  
(有効な解析は178回)

※最適化に必要な  
解析数(目安)は190回



最適化の傾向分析

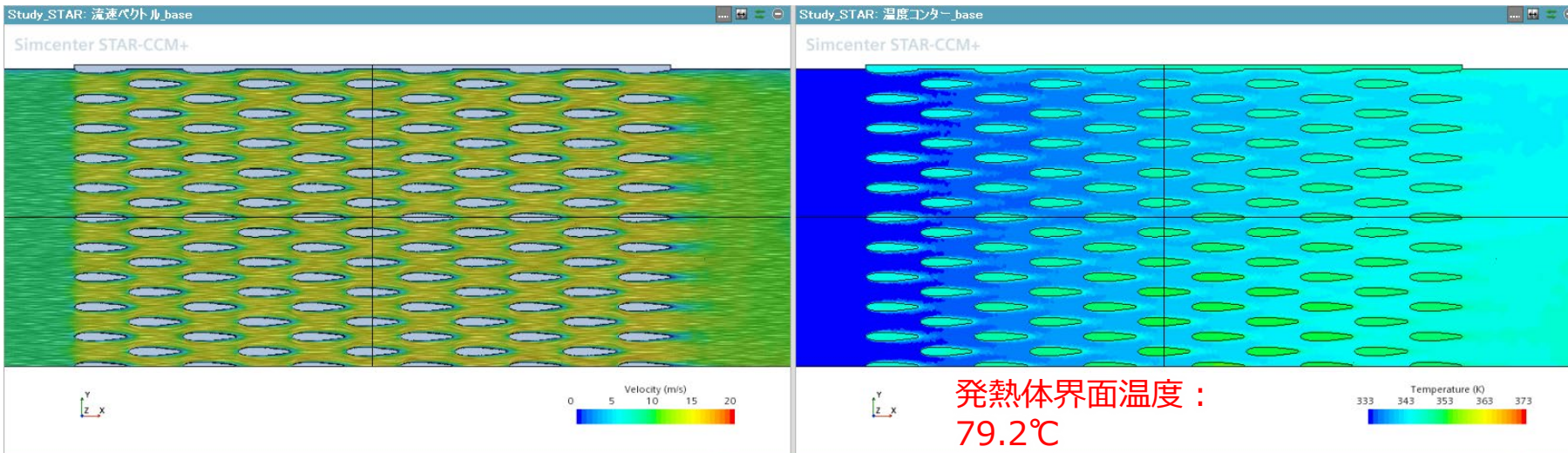
最適解の温度コンター図

**121時間で178回の解析を自動で実施(探査推奨回数は190回)**



## 最適化結果

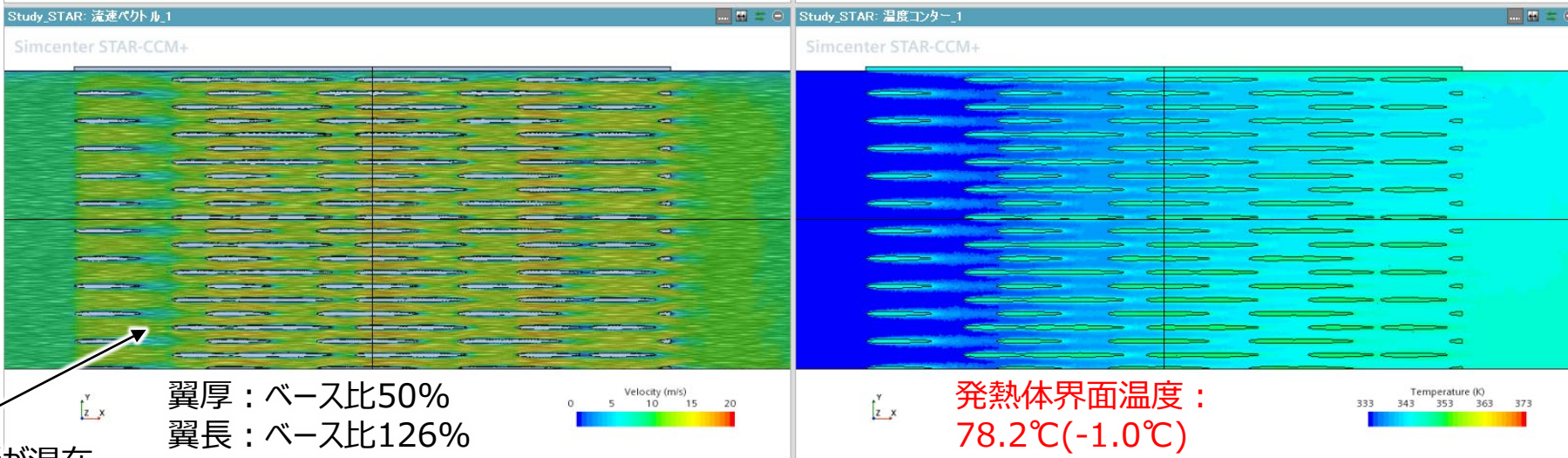
ベースモデル  
(翼断面⑥)



## 最適化結果

幅方向ピッチ : {  
ベース比93%

流れ方向ピッチ :  
広い箇所と狭い箇所が混在  
(狭い箇所は翼どうしが結合)



翼厚 : ベース比50%  
翼長 : ベース比126%

流速ベクトル図

温度コンター図

細長い翼型、流れ方向ピッチの広狭混在により放熱性能改善。

最適化により放熱性能向上の新たな傾向を確認できた。