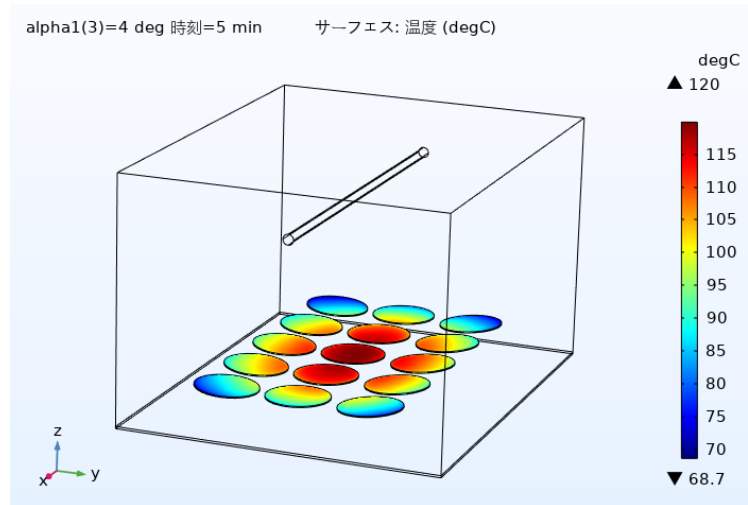


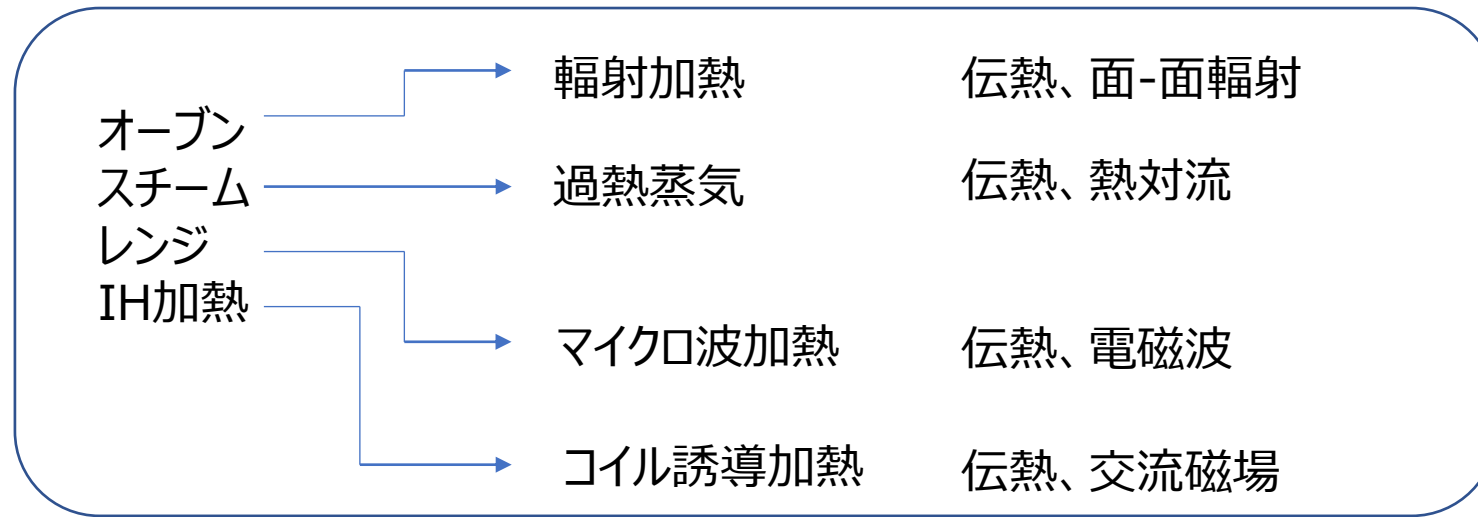
有限要素解析を利用した 加熱調理の最適化支援



橋口真宜¹⁾・米大海¹⁾・村松良樹²⁾

1) 計測エンジニアリングシステム株式会社、2) 東京農業大学教授

最近の加熱調理器の傾向と有限要素解析の必要性

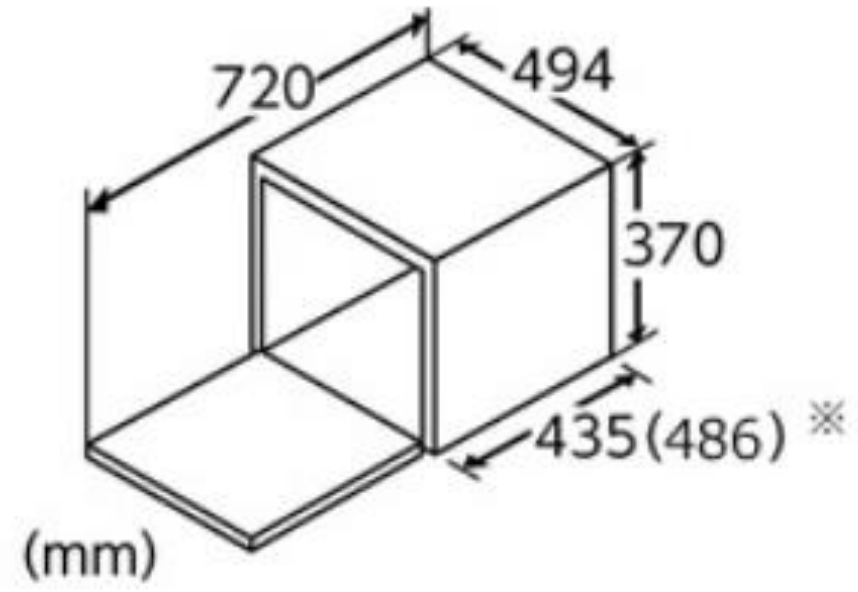
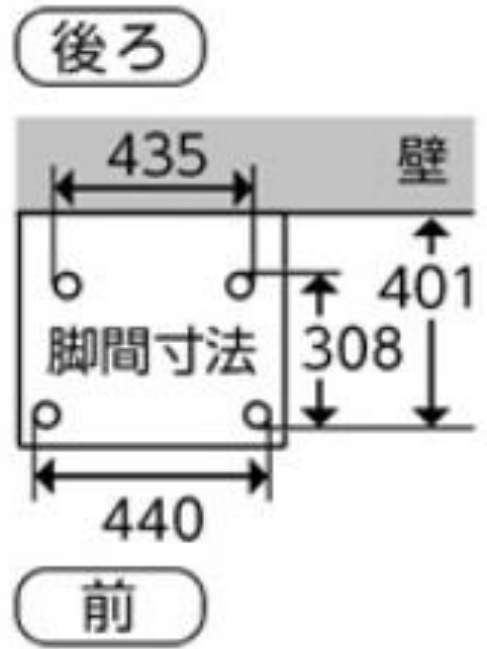


複合機が店頭に
並ぶようになってきた。

目に見えない加熱機構

有限要素解析による可視化が有効

市販の加熱調理器の寸法の例



【庫内寸法】幅394 × 奥行309 × 高さ235 mm

X Y Z

有限要素解析環境

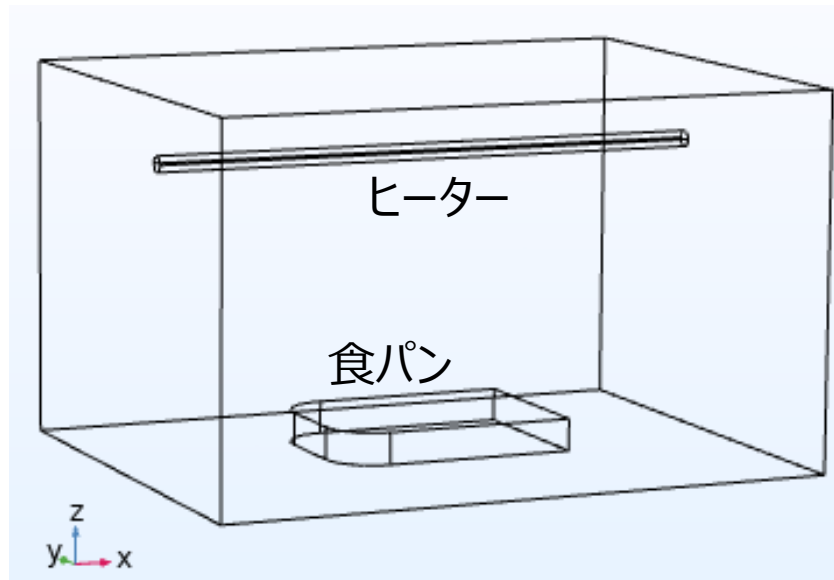
ソフトウェア

COMSOL Multiphysics® Ver.5.5
Heat Transfer Module

計算機

Windows 10 Pro
64ビット CPU Intel® Core™ i7

食パンの輻射加熱への適用



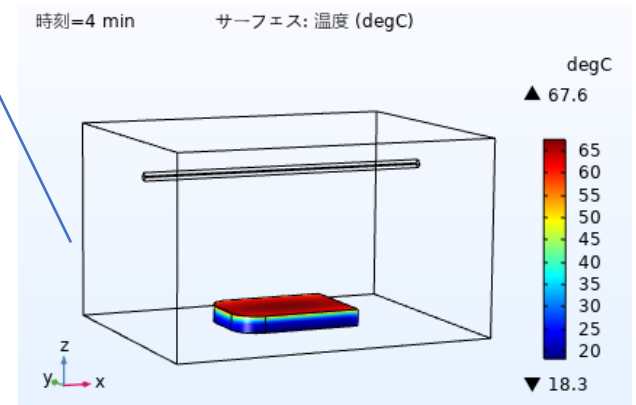
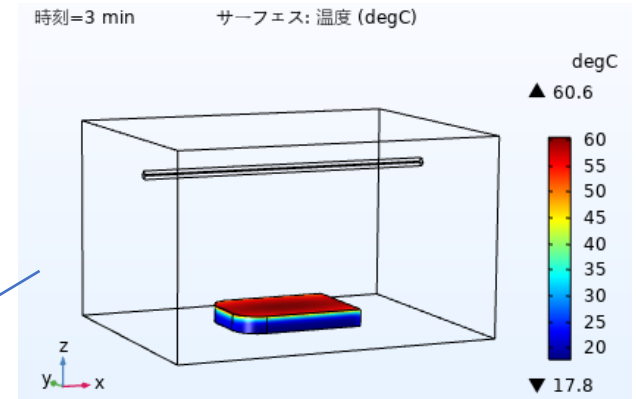
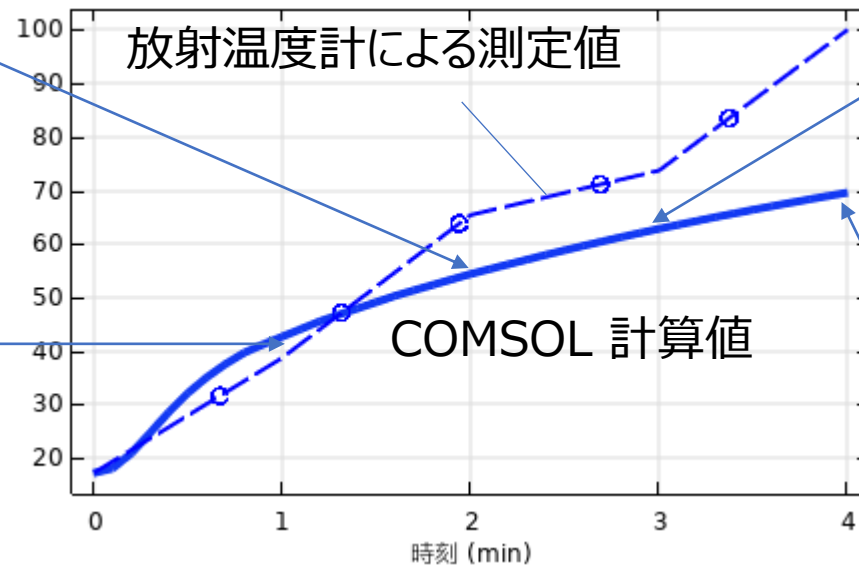
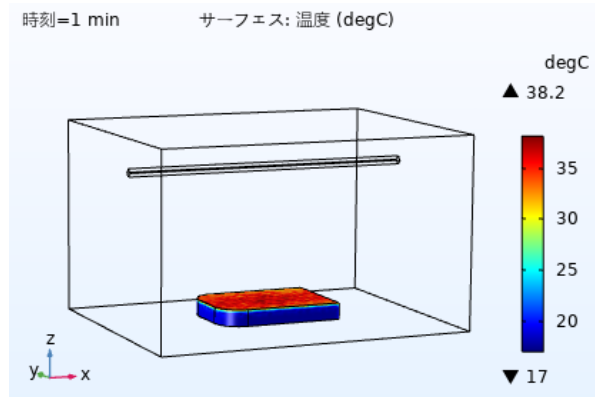
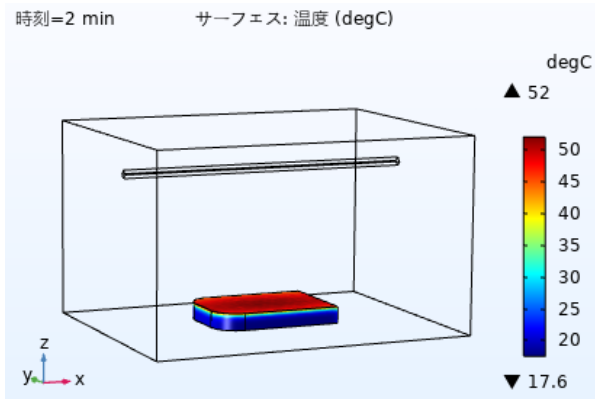
計算規模

4分間加熱

CPU時間：4分程度

計算結果

食パンの上面温度の平均値と放射温度形による表面温度の測定値を比較した。
調理器の蓋の開閉や複数の食パンが必要など、実験も難しい。
ターンテーブルは回転を止めた状態で取り扱った。



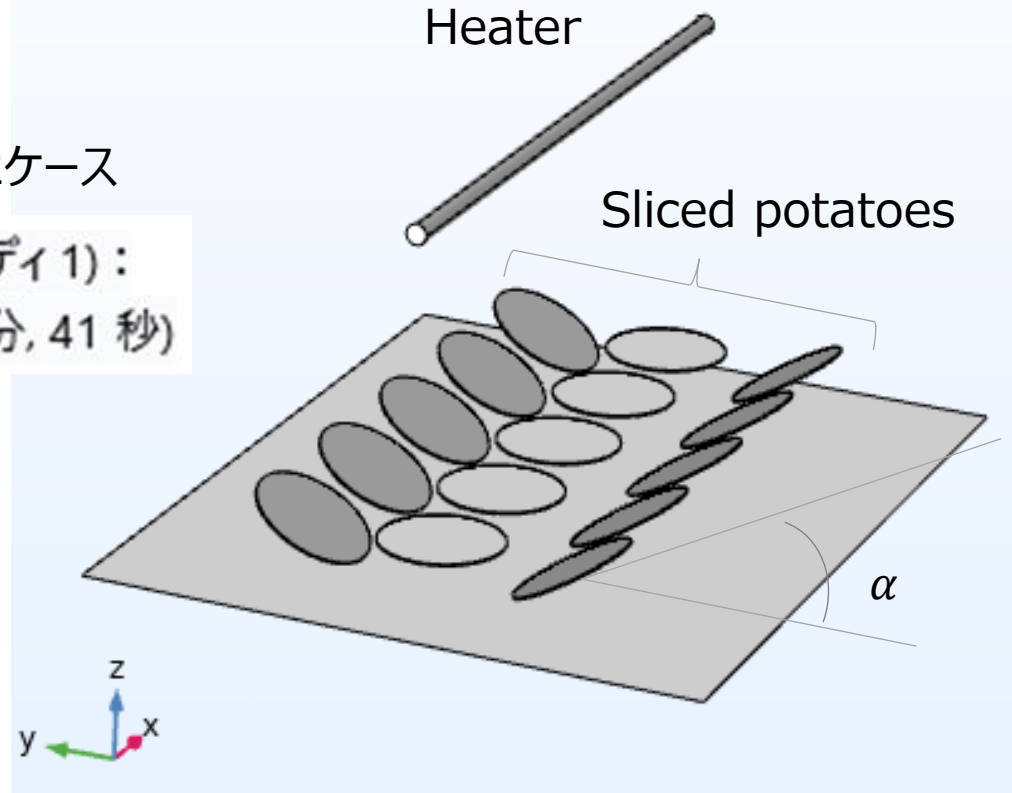
スライスしたポテトの加熱への適用例

- 1) 1320Wのヒーターで15枚の薄切りポテトを輻射加熱
- 2) 薄切りポテトの表面熱伝達を考慮
- 3) 初期温度から加熱開始5分後までを12通りの姿勢角 α について、ポテトの昇温過程をシミュレート

計算規模

5分間加熱、姿勢角12ケース

計算時間 (スタディ: スタディ 1):
30881 秒 (8 時間, 34 分, 41 秒)



ヒータ位置は市販品のように中心からずれた位置に設置。

姿勢角 α は左右同じ。

有限要素解析用のメッシュ

統計

メッシュを完成

メッシュ頂点: 10395

要素タイプ: **全要素**

4面体: 32939

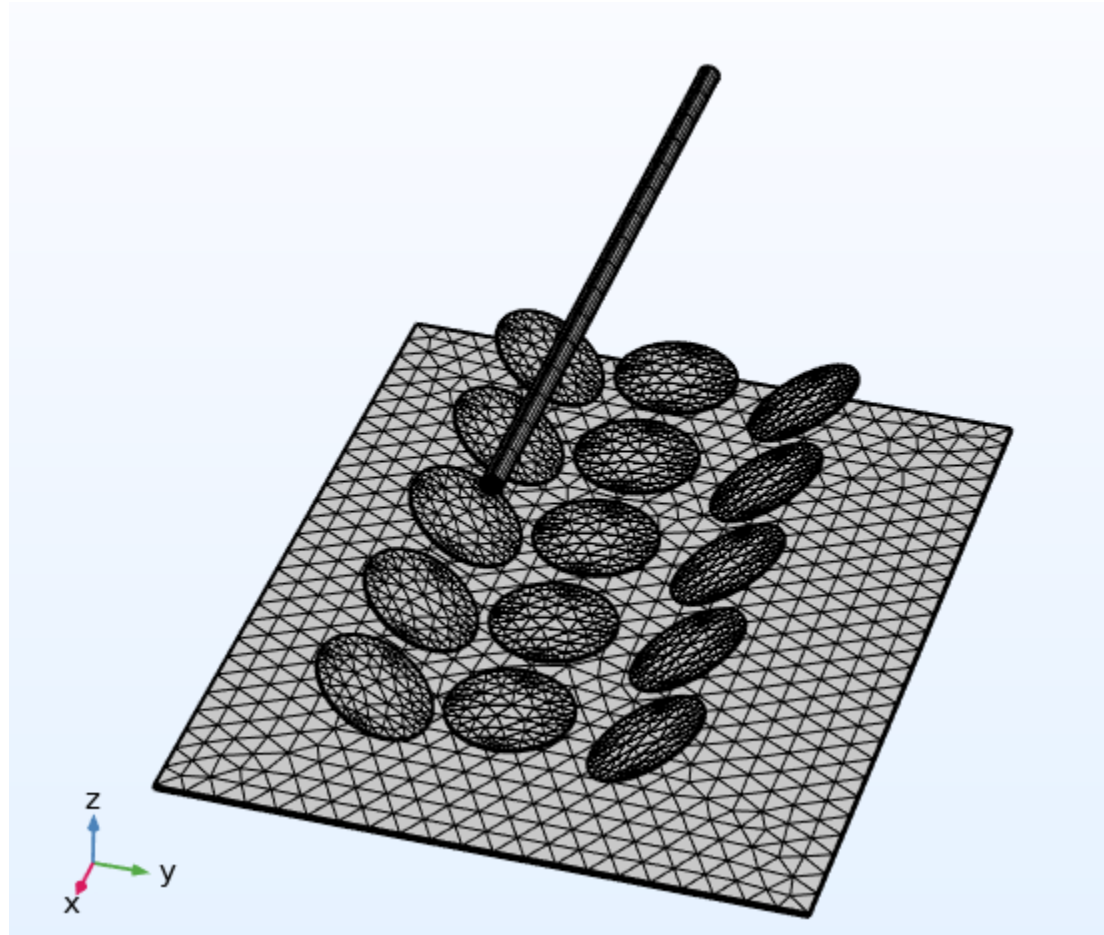
プリズム: 1408

3角形: 15392

クアッド: 320

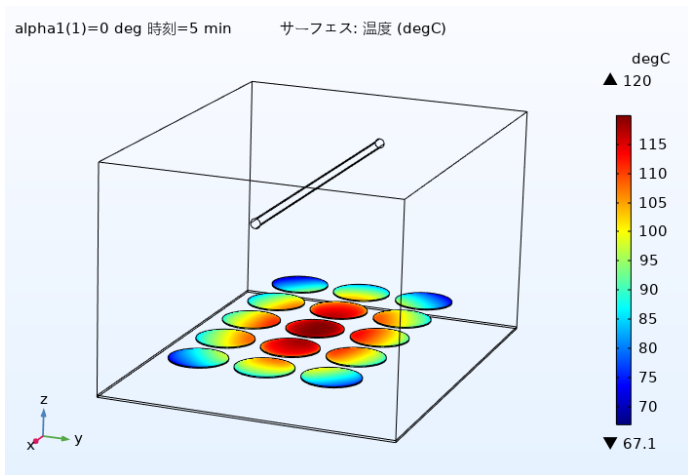
エッジ要素: 1624

頂点要素: 140

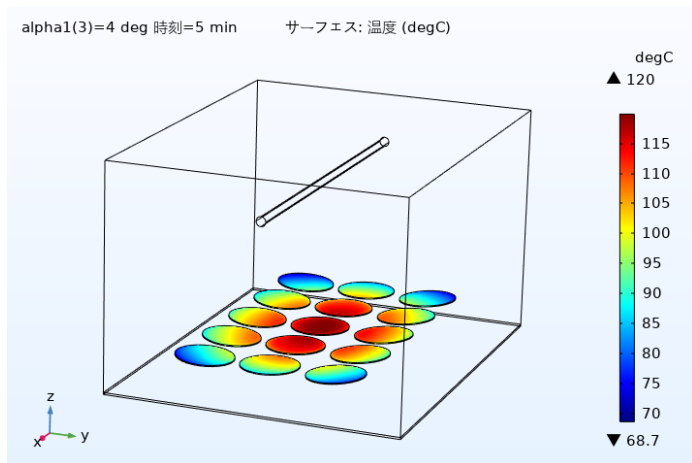


加熱開始後5分での計算結果の例

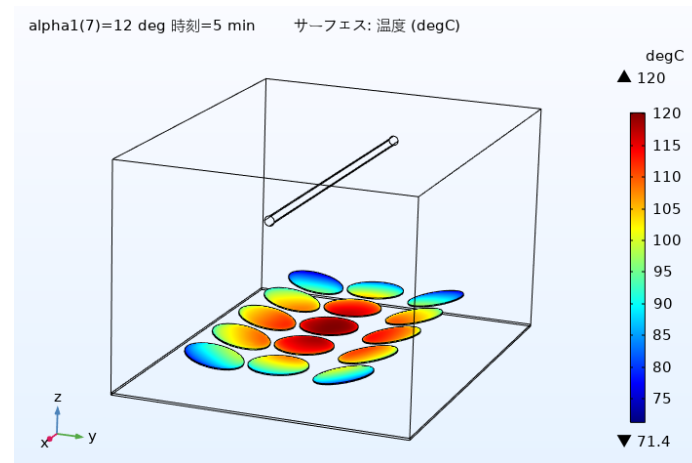
$\alpha = 0 \text{ deg}$



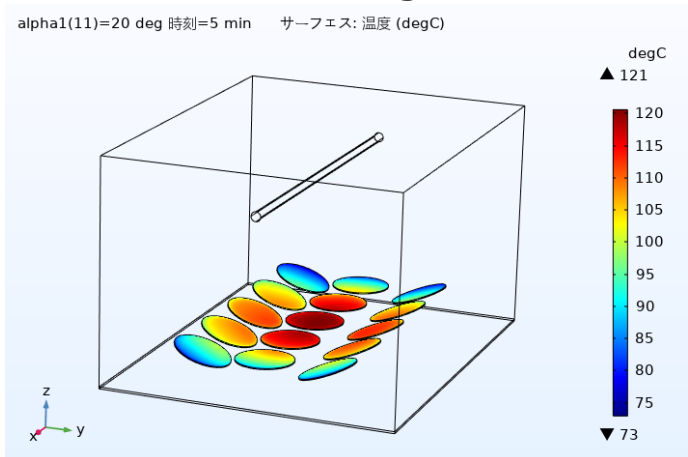
$\alpha = 4 \text{ deg}$



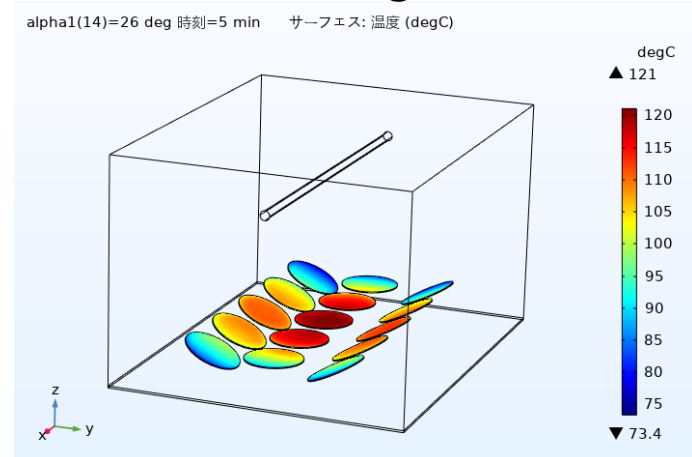
$\alpha = 12 \text{ deg}$



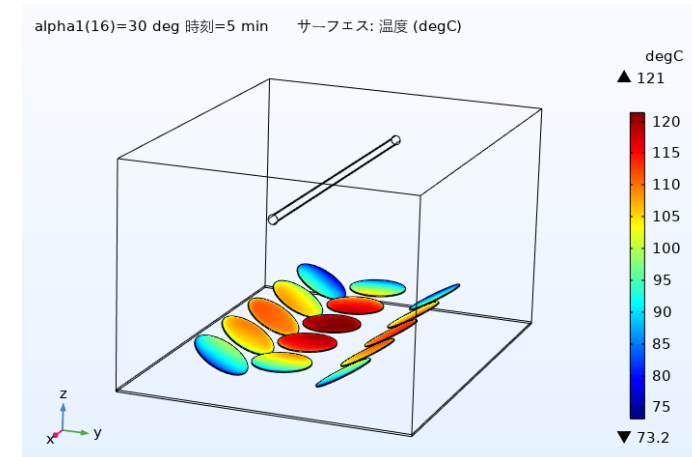
$\alpha = 20 \text{ deg}$



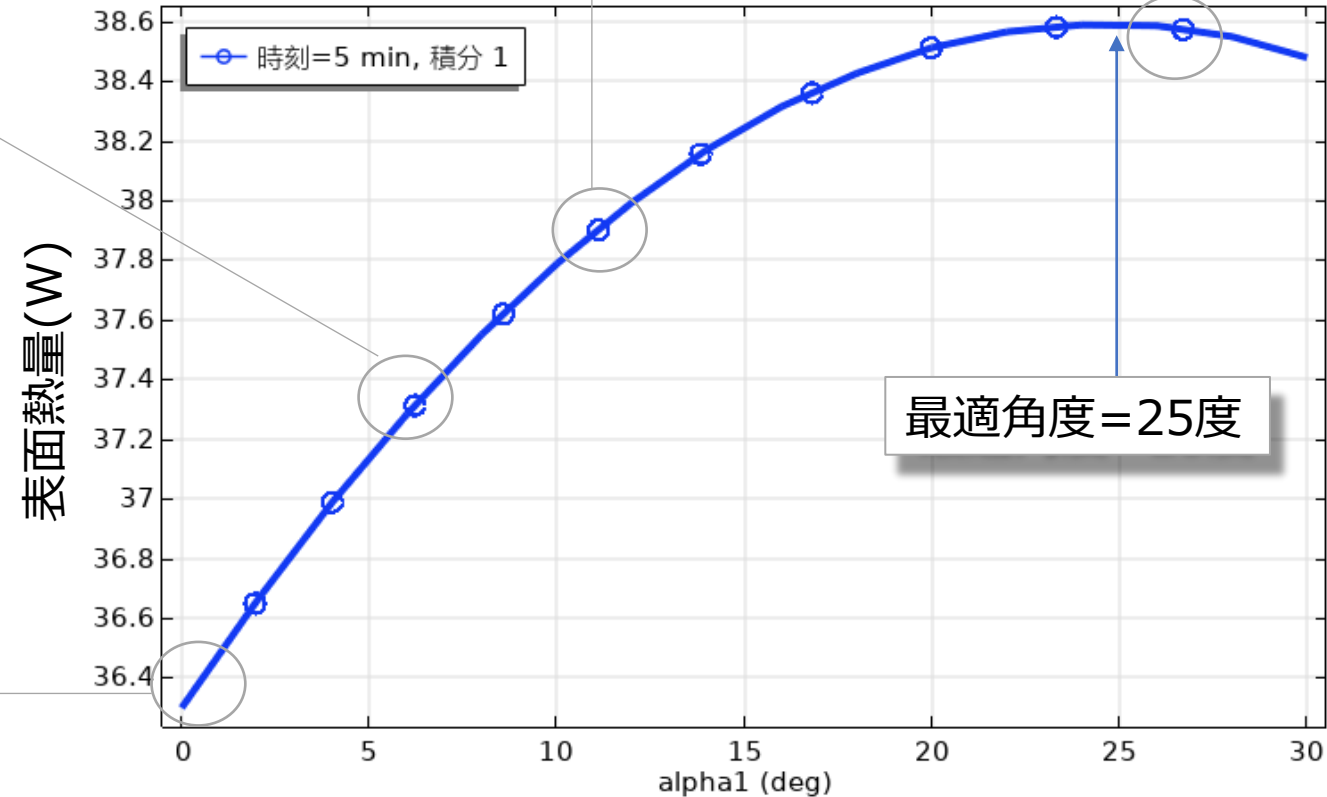
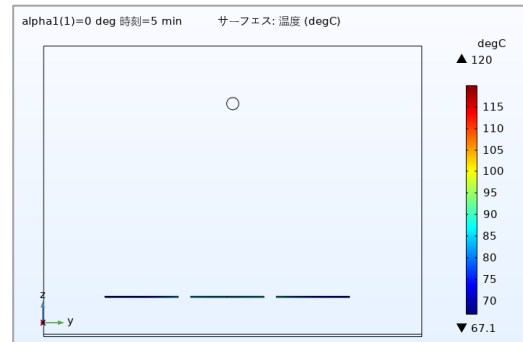
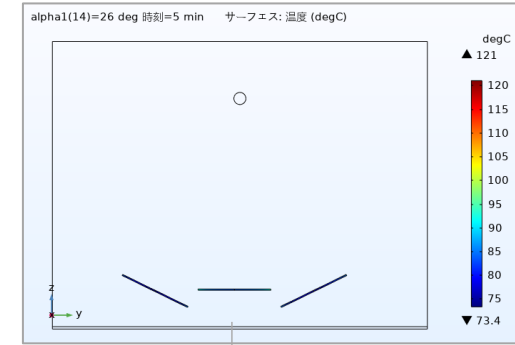
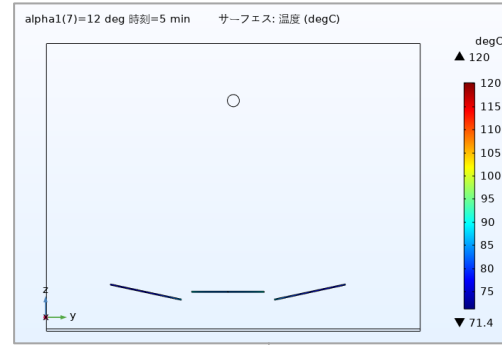
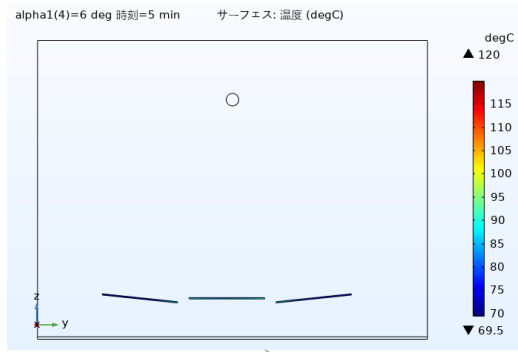
$\alpha = 26 \text{ deg}$



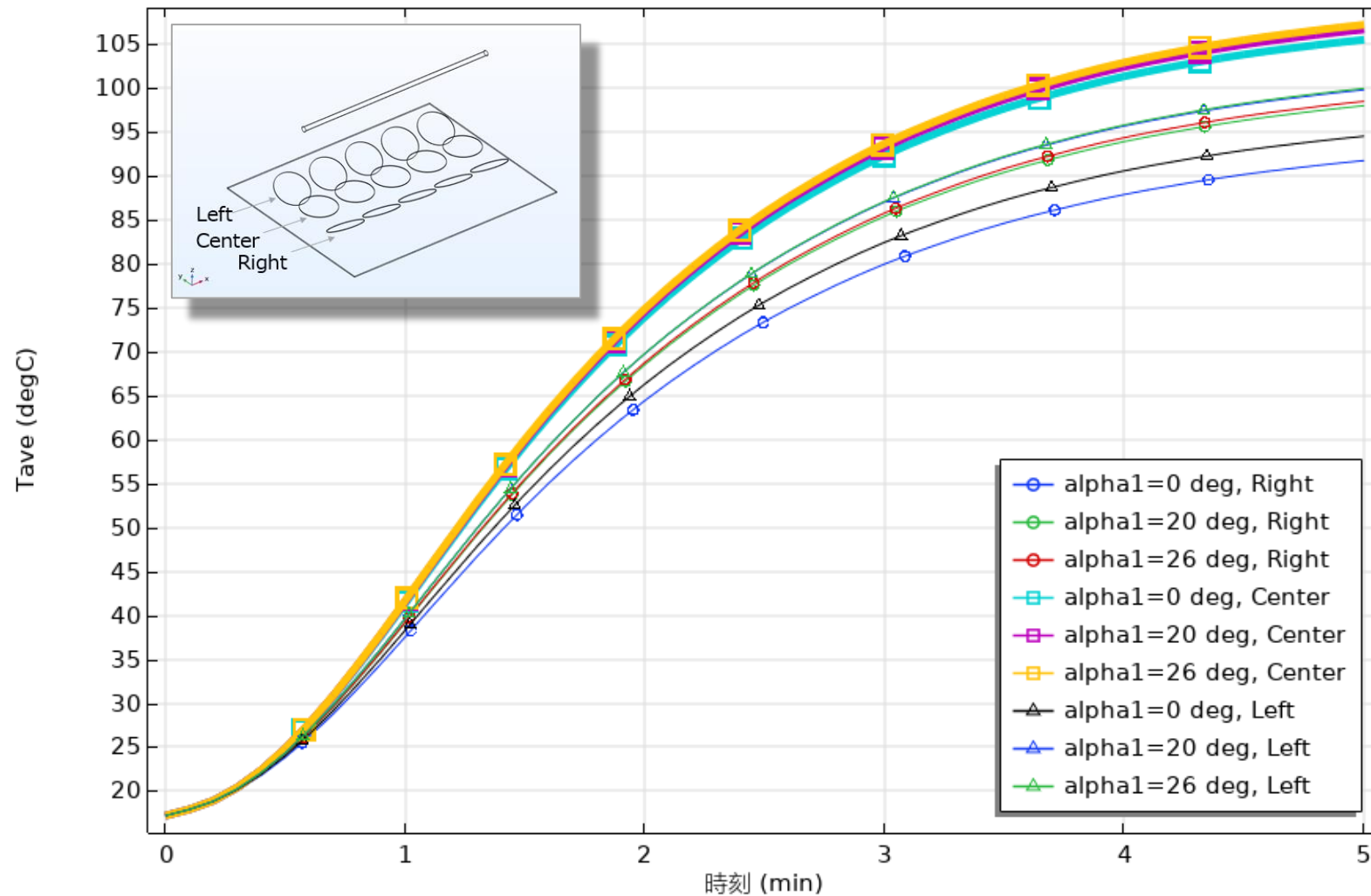
$\alpha = 30 \text{ deg}$



表面熱量を最大にする姿勢角の検討結果



加熱過程への姿勢角の影響検討



8~9度の平均温度上昇を達成できると予測。

簡単な実験を試行した。
 スライスしたジャガイモについて加熱開始5分後の表面温度を計測（放射温度計）
 真下を基準とした比率を参考値として示す。（厚み、面積異なる）
傾斜角による変化は認められる。
 真下：1（80℃）
 横：0.9（0度傾斜）
 0.87（25度傾斜）
 0.83（45度傾斜）
 実験では所定の厚みで均一にスライスをすることや傾斜角を設定することはとても難しい。