

【概要】

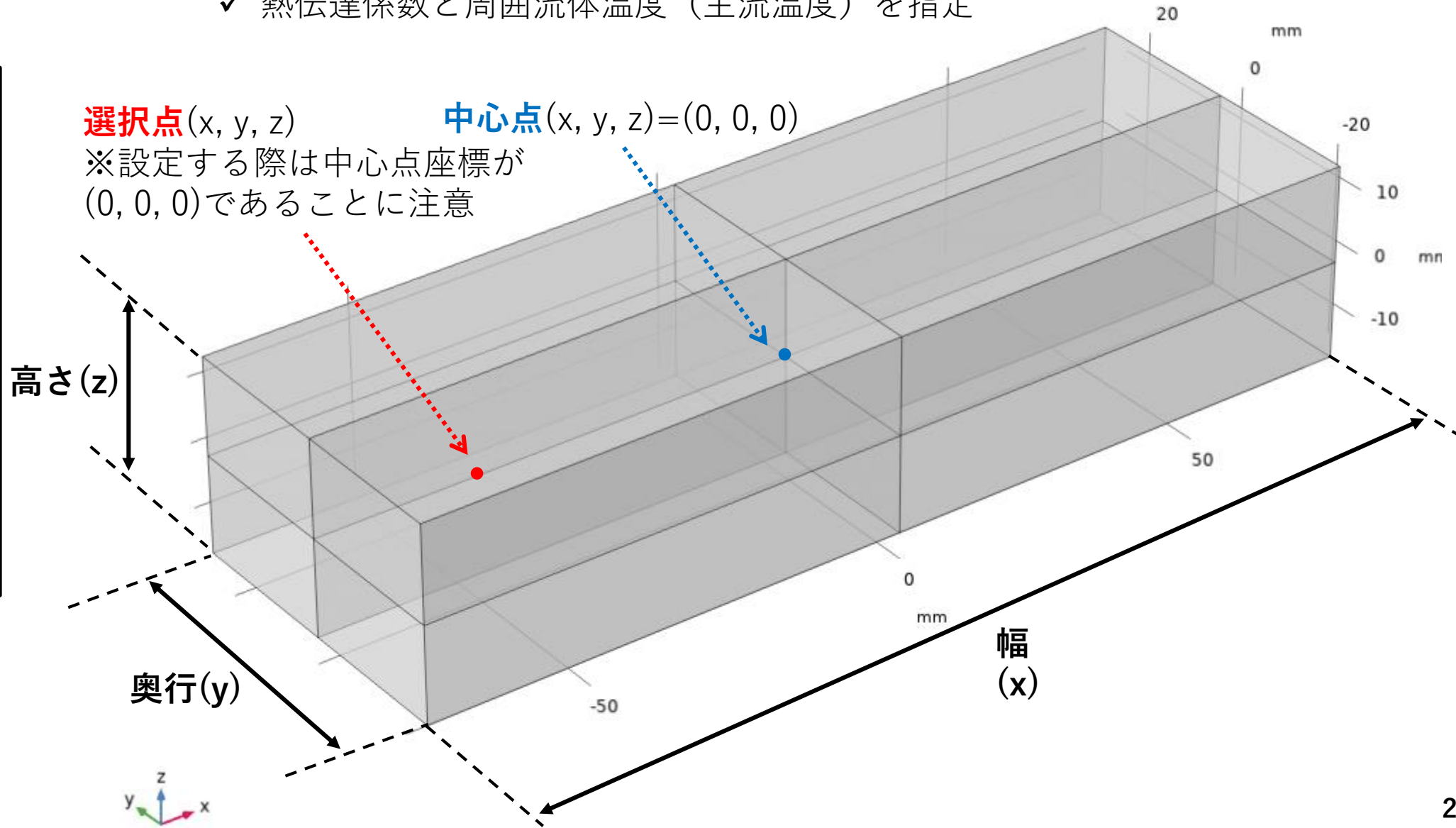
- 例えば**低温調理**のように、**直方体状食品**を**お湯の中で加熱調理**するケースをイメージしたアプリです。
- 対象食品は固体あるいは粘性の強いゲル・ペーストを想定していて、**食品内で流動は起こらない**と仮定します。
- 食品周囲の流体（水や空気など）とその流体に接している食品のすべての表面の間で**熱伝達**、また食品内部では**非定常熱伝導**という熱移動現象が生じています。
- 食品の**サイズ**（食品の幅・奥行・高さ）や**物性値**（食品の熱伝導率・密度・比熱）、**加熱条件**（食品の初期温度、食品周囲の熱伝達係数・流体温度(主流温度)、加熱時間)を**自由に設定**し、**食品内部温度を計算・可視化**します。
- 食品の領域をメッシュといわれる領域に分割して計算しますが、そのメッシュサイズ（メッシュ最大要素サイズ）も変更可能です。
- 注視したい選択点（x・y・z座標）は各自で設定可能です。
- この選択点と中心点の温度変化は**1Dプロット（加熱時間と温度の関係）**で確認できます。
- 内部温度変化やx・y・z軸上の温度変化は**アニメーション**でも確認できます。
- 計算内容の詳細および結果は**Wordファイル**として保存することもできます。
- 中心点の温度変化（値）を取り出すこともできます。
- 食品周囲の流体温度を食品の初期温度よりも低く設定すれば、**食品の冷却を解析するアプリ**としても使用できます。



## 【計算内容】

- 直方体状食品の中心点の座標  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$
- 初期条件：温度一定
- 境界条件（食品すべての表面）：食品全表面と周囲流体の間で生じる熱伝達による熱流束を指定する条件
  - ✓ 熱伝達係数と周囲流体温度（主流温度）を指定

伝熱解析を実行するために、食品の**サイズ**（食品の幅・奥行・高さ）や**物性値**（食品の熱伝導率・密度・比熱）、**加熱条件**（食品の初期温度 [初期条件]、食品周囲の熱伝達係数・流体温度（ここでの“食品周囲の流体温度”は“主流温度”を意味します） [境界条件]、加熱時間）を**設定**します。



# 【アプリ使用手順】



## 1. 計算条件の設定 (入力)

食品の幅(x):	<input type="text" value="150"/>	mm
食品の奥行(y):	<input type="text" value="50"/>	mm
食品の高さ(z):	<input type="text" value="30"/>	mm
食品の熱伝導率:	<input type="text" value="0.40"/>	W/(m·K)
食品の密度:	<input type="text" value="1080"/>	kg/m <sup>3</sup>
食品の比熱:	<input type="text" value="2500"/>	J/(kg·K)
食品の熱拡散率:	<input type="text" value="1.481·10&lt;sup&gt;-7&lt;/sup&gt;"/>	m <sup>2</sup> /s
食品の初期温度:	<input type="text" value="15"/>	°C
食品周囲の熱伝達係数:	<input type="text" value="2500"/>	W/(m <sup>2</sup> ·K)
食品周囲の流体温度:	<input type="text" value="63"/>	°C
加熱時間(分):	<input type="text" value="90"/>	min
メッシュ最大要素サイズ:	<input type="text" value="5"/>	mm
タイムステップ(s):	<input type="text" value="60"/>	s
選択点 x座標(mm):	<input type="text" value="50"/>	mm
選択点 y座標(mm):	<input type="text" value="0"/>	mm
選択点 z座標(mm):	<input type="text" value="0"/>	mm

## 出力

中心点温度評価(値)

テーブル 1

8.85 8.5 850 0.85

基本的に、見出しやボタン前に記された数字の順に操作してください。

1. 計算条件の設定(入力)
2. 形状作成
3. メッシュ
4. 計算
5. 中心点 & 選択点温度プロット
6. 内部温度変化-1
7. 内部温度変化-2
8. x軸上温度変化
9. y軸上温度変化
10. z軸上温度変化
11. レポート作成

# 【アプリ使用手順】



1. 計算条件の設定 (入力)

食品の幅(x):	150	mm
食品の奥行(y):	50	mm
食品の高さ(z):	30	mm
食品の熱伝導率:	0.40	W/(m·K)
食品の密度:	1080	kg/m <sup>3</sup>
食品の比熱:	2500	J/(kg·K)
食品の熱拡散率:	1.481·10 <sup>-7</sup>	m <sup>2</sup> /s
食品の初期温度:	15	°C
食品周囲の熱伝達係数:	2500	W/(m <sup>2</sup> ·K)
食品周囲の流体温度:	63	°C
加熱時間(分):	90	min
メッシュ最大要素サイズ:	5	mm
タイムステップ(s):	60	s
選択点 x座標(mm):	50	mm
選択点 y座標(mm):	0	mm
選択点 z座標(mm):	0	mm

出力

中心点温度評価(値)

テーブル 1

8.85	8.5	850	0.85
e-12	e-1	e-1	

## 1. まず、“単位”に注意して、計算条件を設定します。

(1)食品のサイズ（食品の幅・奥行・高さ）の設定

(2)食品の物性値（食品の熱伝導率・密度・比熱）の設定

※物性値は食品ごとに異なります。

※各物性値は、加熱中、一定値とします。

※熱拡散率は、熱伝導率、密度、および比熱の値と熱拡散率の定義式から自動計算されます。

(3)加熱条件（食品の初期温度、食品周囲の熱伝達係数・流体温度(主流温度)、加熱時間）の設定

※熱伝達係数は、流体の性質や流れの特性などによって変化します。

※食品周囲の熱伝達係数および流体温度（主流温度）は、加熱中、一定値とします。

(4)計算条件（メッシュ最大要素サイズ、タイムステップ）の設定

※メッシュ最大要素サイズを小さくすれば、計算領域（メッシュ）は細かくなり、原則的に計算精度は上がりますが、計算コストがかかります（例えば計算時間が長くなります）。

食品のサイズや使用する端末（パソコン、ワークステーションなど）のスペックや計算目的に応じて、メッシュ最大要素サイズを設定してください。まずはデフォルトで計算して、その計算結果や計算時間から、これらの値を変更してみてください。

※ここでのタイムステップは、計算結果を取り出す時間刻みで、実際に計算を実行する時間刻みとは異なります。

(5)選択点（x・y・z座標）の設定

※設定する際は中心点座標が(0, 0, 0)であることに注意してください。選択点の温度変化を1Dプロット（加熱時間と温度の関係）で確認することができます。

# 【アプリ使用手順】



3. このボタンをクリックすると、計算内容の詳細をWordファイルとして出力します。Wordファイルでは支配方程式なども確認できます。必要であれば保存先やファイル名を指定して、Wordファイルを出力してください。

2. これらのボタンをクリックすると、形状作成・メッシュ分割・計算を実行し、計算結果の確認ができます。

- ✓ メッシュ分割（メッシング）では、4つの三角形からなる四面体要素で計算領域（食品）を自動的に分割します。設定する「メッシュ最大要素サイズ」とは、四面体を形成する1辺の最大サイズと考えてほぼ差し支えありません。
- ✓ 中心点と各自で設定した選択点温度変化は1Dプロット（加熱時間と温度の関係）で確認できます。中心点の座標は(x, y, z)=(0, 0, 0)であることに注意してください。
- ✓ 内部温度変化やx・y・z軸上の温度変化はアニメーションでも確認できます。

4. このボタンをクリックすると、中心点の温度変化を数値で確認することができます。必要であれば、これらの値を、クリップボードへコピーして別形式のファイル（例えばExcelファイルなど）へ貼り付けることもできます。

1. 計算条件の設定 (入力)

食品の幅(x):	150	mm
食品の奥行(y):	50	mm
食品の高さ(z):	30	mm
食品の熱伝導率:	0.40	W/(m·K)
食品の密度:	1080	kg/m <sup>3</sup>
食品の比熱:	2500	J/(kg·K)
食品の熱拡散率:	1.481·10 <sup>-7</sup>	m <sup>2</sup> /s
食品の初期温度:	15	°C
食品周囲の熱伝達係数:	2500	W/(m <sup>2</sup> ·K)
食品周囲の流体温度:	63	°C
加熱時間(分):	90	min
メッシュ最大要素サイズ:	5	mm
タイムステップ(s):	60	s
選択点 x 座標(mm):	50	mm
選択点 y 座標(mm):	0	mm
選択点 z 座標(mm):	0	mm

出力

中心点温度評価(値)

テーブル 1

8.85	8.5	850	0.85
e-12	e-1	e-1	

# 【例題】



1. 計算条件の設定 (入力)

食品の幅(x):	150	mm
食品の奥行(y):	50	mm
食品の高さ(z):	30	mm
食品の熱伝導率:	0.40	W/(m·K)
食品の密度:	1080	kg/m <sup>3</sup>
食品の比熱:	2500	J/(kg·K)
食品の熱拡散率:	1.481·10 <sup>-7</sup>	m <sup>2</sup> /s
食品の初期温度:	15	°C
食品周囲の熱伝達係数:	2500	W/(m <sup>2</sup> ·K)
食品周囲の流体温度:	63	°C
加熱時間(分):	90	min
メッシュ最大要素サイズ:	5	mm
タイムステップ(s):	60	s
選択点 x座標(mm):	50	mm
選択点 y座標(mm):	0	mm
選択点 z座標(mm):	0	mm

- 左の赤枠内に示された条件で計算を実行して、計算結果を確認してください。
- その際、食品の中心点と選択点の温度が食品周囲の流体温度（主流温度で、この場合は63 °C）とほぼ等しくなるまでにかかった時間を求めてみてください。
- また、食品の中心点の温度が食品周囲の流体温度（主流温度で、この場合は63 °C）に保持された時間も求めてください。  
←食品によっては食品衛生の観点から保持温度と保持時間を注視しなければならないものもあります。

出力

中心点温度評価(値)

テーブル 1

8.85	8.5	8.50	0.85
e-12	e-1	e-1	