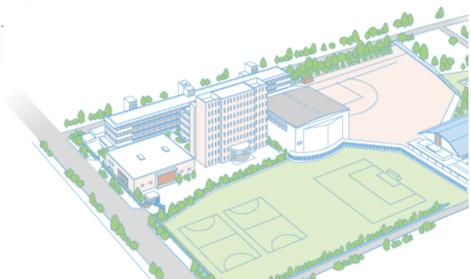


# Excelを用いた熱伝導の数値シミュレーション

中央大学附属高等学校 泉 裕人

## 研究背景・目的

中央大学附属高校の教室棟は  
**西側が寒く 東側が暖かい**

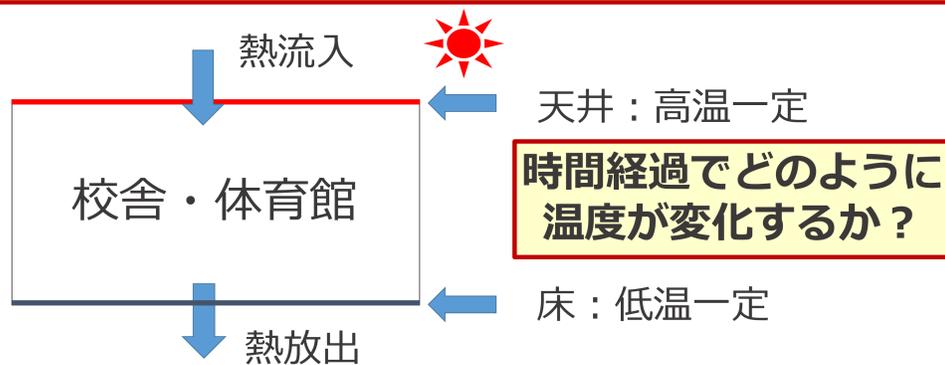


- ◆ 西側の教室は他の建物の影になって熱が入らない
- ◆ 1階は地面に熱が逃げるため温度が下がる

教室や体育館の温度差について  
シミュレーションで検証する

## シミュレーションの理論と手法

天井は太陽光で温められるから高温一定  
床は太陽光に当たらないから低温一定とみなせる



熱伝導を表す方程式 = 拡散方程式<sup>[1]</sup>

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

T: 温度 D: 熱拡散率 t: 時間変化 (x, y, z): 空間座標

境界条件: 天井と地面の温度を一定として考える

## Excelを用いた2次元シミュレーション

- ◆ **差分法**: 解析領域をメッシュに分割し各点の温度を求める  
⇒ Excelのセルをメッシュとして扱う
- ◆ 境界条件からこの問題は定常熱伝導として扱えるので、基礎方程式は次のようになる<sup>[2]</sup>

		$T_{i,j+1}$	
$T_{i-1,j}$	$T_{i,j}$	$T_{i+1,j}$	
		$T_{i,j-1}$	

$T_{i,j}$ : 点(i, j)の温度

$$D \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0$$

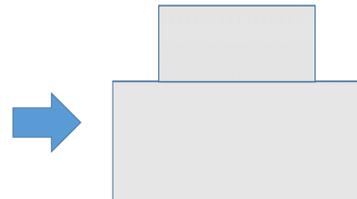
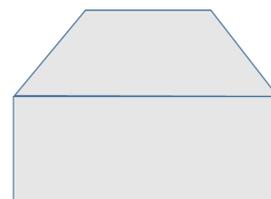
- ◆ 各座標軸を差分化して以下のように表す<sup>[2]</sup>
- $$\left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right)_{i,j} = \frac{T_{i+1,j} + T_{i-1,j} - 2T_{i,j}}{h^2} \quad \left( \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right)_{i,j} = \frac{T_{i,j+1} + T_{i,j-1} - 2T_{i,j}}{h^2}$$
- ◆ この式を基礎方程式に代入して以下の式が得られる<sup>[2]</sup>

$$T_{i,j} = \frac{1}{4} D (T_{i+1,j} + T_{i-1,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1})$$

ある点の温度は**その周囲4点の平均**から求まる

## 実験方法

教室は条件が複雑なので  
同環境にある体育館をモデルに実験した

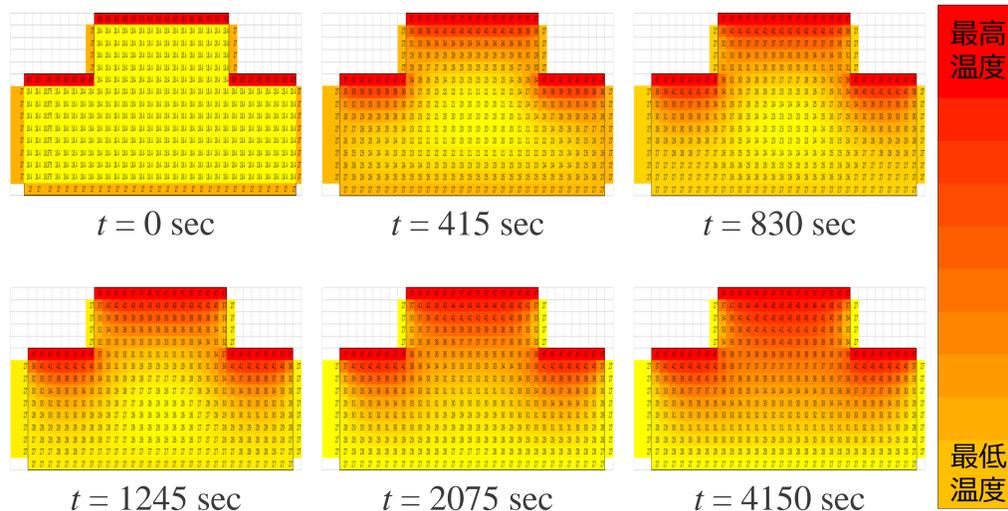


シミュレーションしやすいように  
モデルを単純な形で近似した

パラメータ	値
体育館の寸法	高さ15.39m × 幅32.4m
時間ステップ Δt	41.5 sec
天井の温度	46.5 °C
地面の温度	27.0 °C
室外気温	27.0 °C
セル分割数	高さ15 × 幅32

## 実験結果と考察

### 時間経過による体育館の温度変化



- ◆ 時間経過によって天井側から熱が拡散し体育館全体が温まっていく様子が再現された
- ◆ この境界条件の下では**ある地点での温度は最終的にある一定の温度勾配を示す**ことがわかった  
→これは教室も同じだと予想される

## 今後の課題

- ◆ これまで行ったシミュレーションに奥行きを加えた**3次元シミュレーション**を行う
- ◆ **細かい条件を考慮した教室のモデル**でシミュレーションを行いより正確な結果を得る
- ◆ 教室で実際に温度を測定し、シミュレート結果との**整合性を確認する**

## 参考文献

[1] 日本機械学会: JSMEテキストシリーズ 伝熱工学. 丸善出版, 1-48. (2005)  
[2] 伊藤 章: <https://chemeng.web.fc2.com/ExcelCe/exhc.html>