

熱・換気回路網モデルによる三種の技術

奥山 博康

建築物の熱・換気回路網のモデル

設計技術

シミュレーション理論
計算プログラム:NETS

測定技術

システム同定理論
計算プログラム:SPID

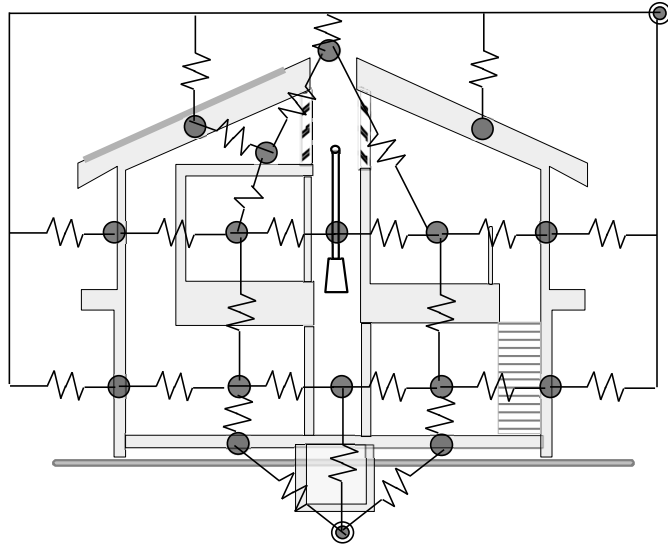
制御技術

最適制御理論
計算プログラム:SOCS

現代制御理論の状態空間法(古典理論は伝達関数法など?)

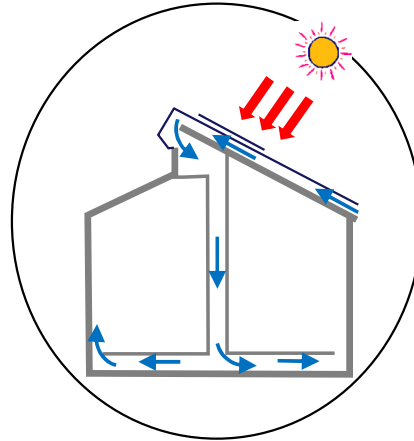
熱・換気回路網シミュレーション・プログラムNETSとは？

建物の熱回路網モデル

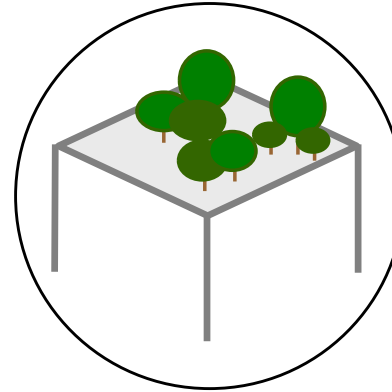


熱容量を持つ温度の節点と一般化熱コンダクタンスから構成

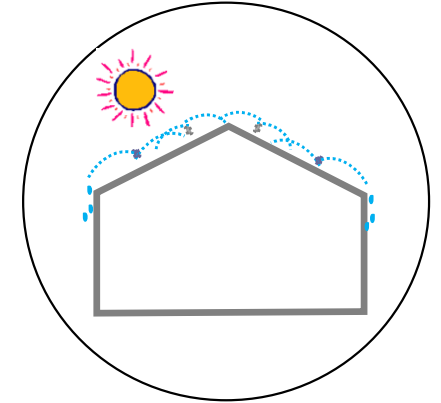
太陽熱利用



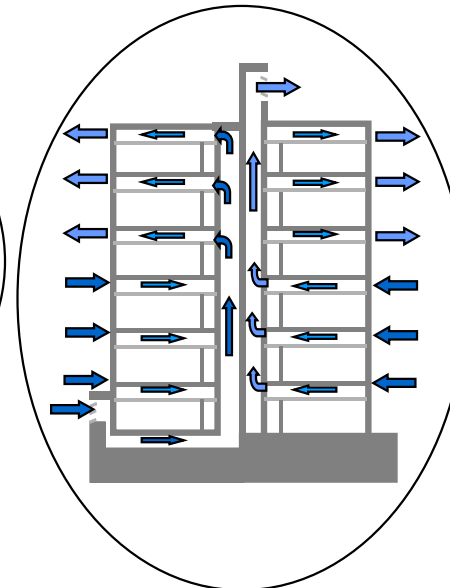
屋上緑化



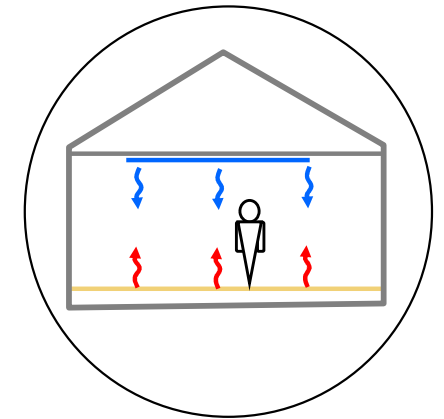
蒸発冷却利用



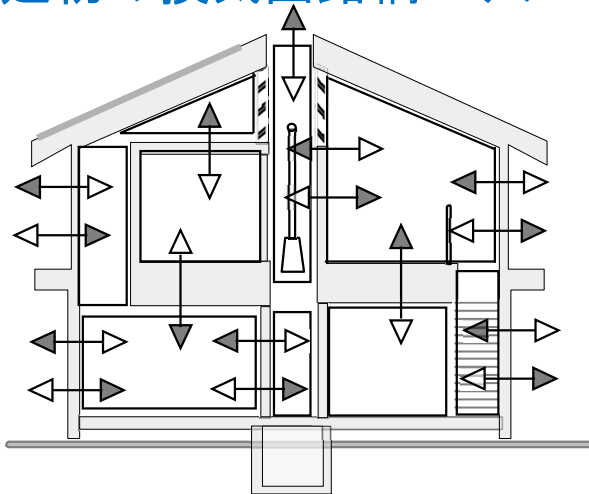
自然換気利用



放射冷暖房

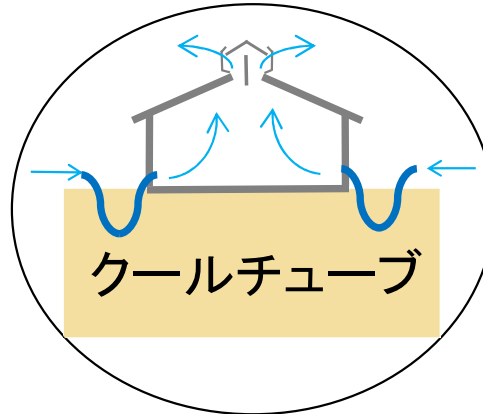


建物の換気回路網モデル



ゾーンの圧力の節点と流路から構成

地中熱利用

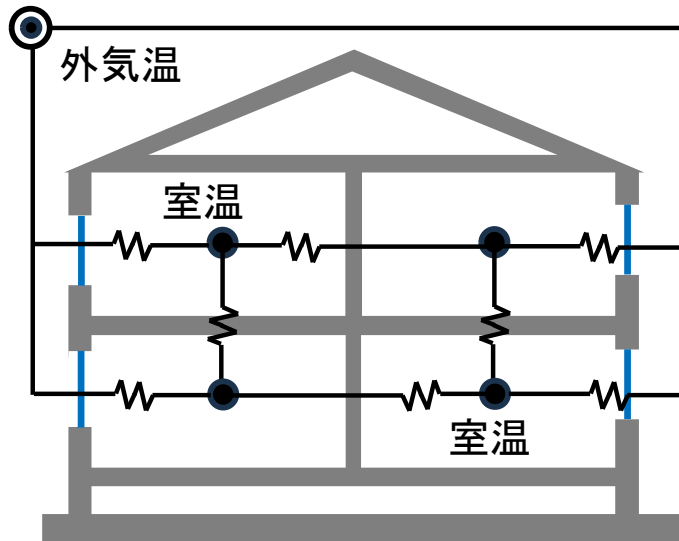


NETSはモデル化の自由度が高く、汎用性がある

熱回路網のシステム同定計算プログラムSPIDとは？

多数室熱性能測定

(熱の拡散系のシステム同定)



システム同定する係数：

- ・ 壁体の貫流熱コンダクタンス
- ・ 室の相当熱容量
- ・ 室の日射熱取得係数

システム同定の方法：

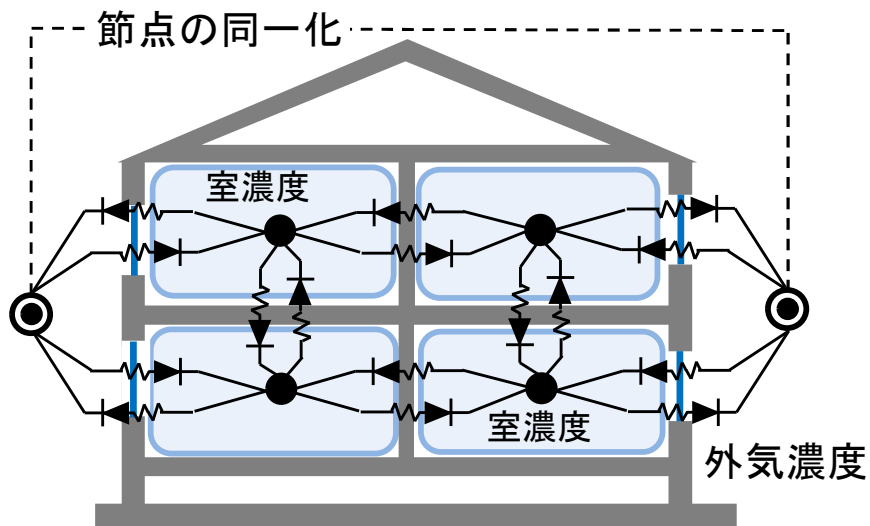
- ・ (原理) 最小二乗法
- ・ (回帰式) 熱流収支の連立常微分方程式から

システム同定に与えるデータ：

- ・ 外気温と日射量と各室温の時系列データ

多数室換気測定

(ガスの拡散系のシステム同定)



システム同定する係数：

- ・ 室間と外気との風量
- ・ 室の有効混合容積

システム同定の方法：

- ・ (原理) 最小二乗法
- ・ (回帰式) ガス流収支の連立常微分方程式から

システム同定に与えるデータ：

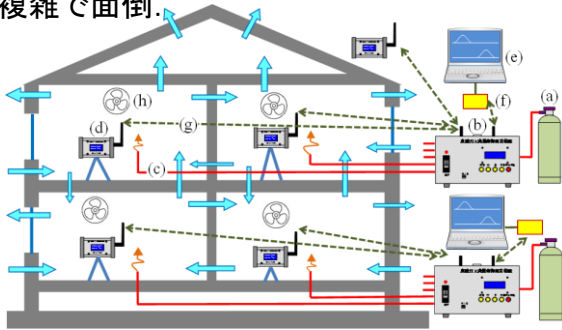
- ・ 各室濃度と外気濃度の時系列データ

数式モデルと計算プログラムは熱回路網用と兼ねることができる

熱回路網のシステム同定計算プログラムSPIDによる 多数室の伝熱と換気の現場測定法の進展

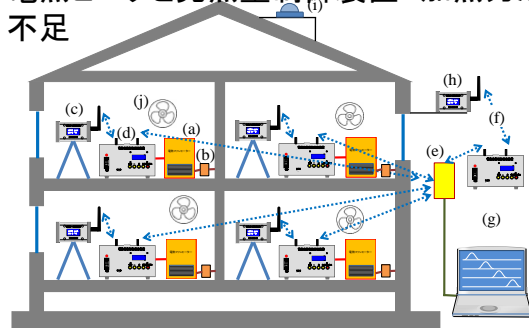
これまでの測定システム

ガスボンベと流量制御装置と長いチューブ
複雑で面倒。



第三世代の多数室換気測定システム

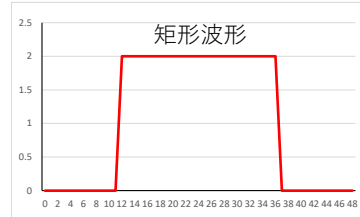
電熱ヒータと発熱量制御装置。加熱力が不足



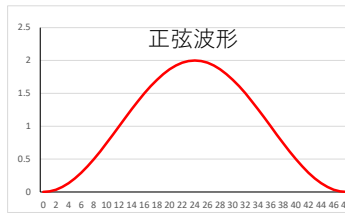
第二世代の 多数室の熱性能測定システム

励振波形

- 初期の多数室換気測定システムではガスを矩形波で供給していた。

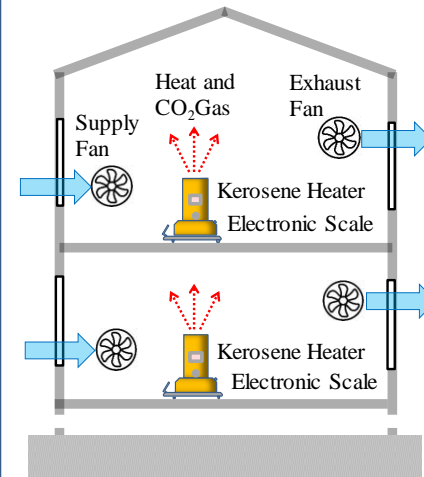


- 伝熱系へ適用のために正弦波形にした。
- しかし制御装置が複雑であった。
- 矩形波でも二重移動平均で良くなった。
- 再び矩形波に戻した。



灯油暖房器利用で実用性向上

- 熱と炭酸ガスの同時発生が利用でき、伝熱と換気の同時的な測定ができる。
- 発熱量が大きくできる。
- 高価で面倒な機器は不要。



灯油暖房器



デジタル台秤

灯油の重量減少を電子秤で測定し、発熱量と炭酸ガス発生量を計算する。



温・湿度・炭酸ガスの測定記録器

ハード的には、次第に簡単で経済的になり、多機能的になっている。

状態とエネルギー供給の最適化計算プログラムSOCSとは？

状態空間法の最適制御理論に由来する

評価関数＝

＋ 熱的快適性

$W_c \cdot (\text{中立の躯幹温度 } 37^\circ\text{C} \text{ との偏差})^2$

＋ 省エネルギー性

$W_e \cdot (\text{投入エネルギーの } 0 \text{ W との偏差})^2$

＋ 低質エネルギー性

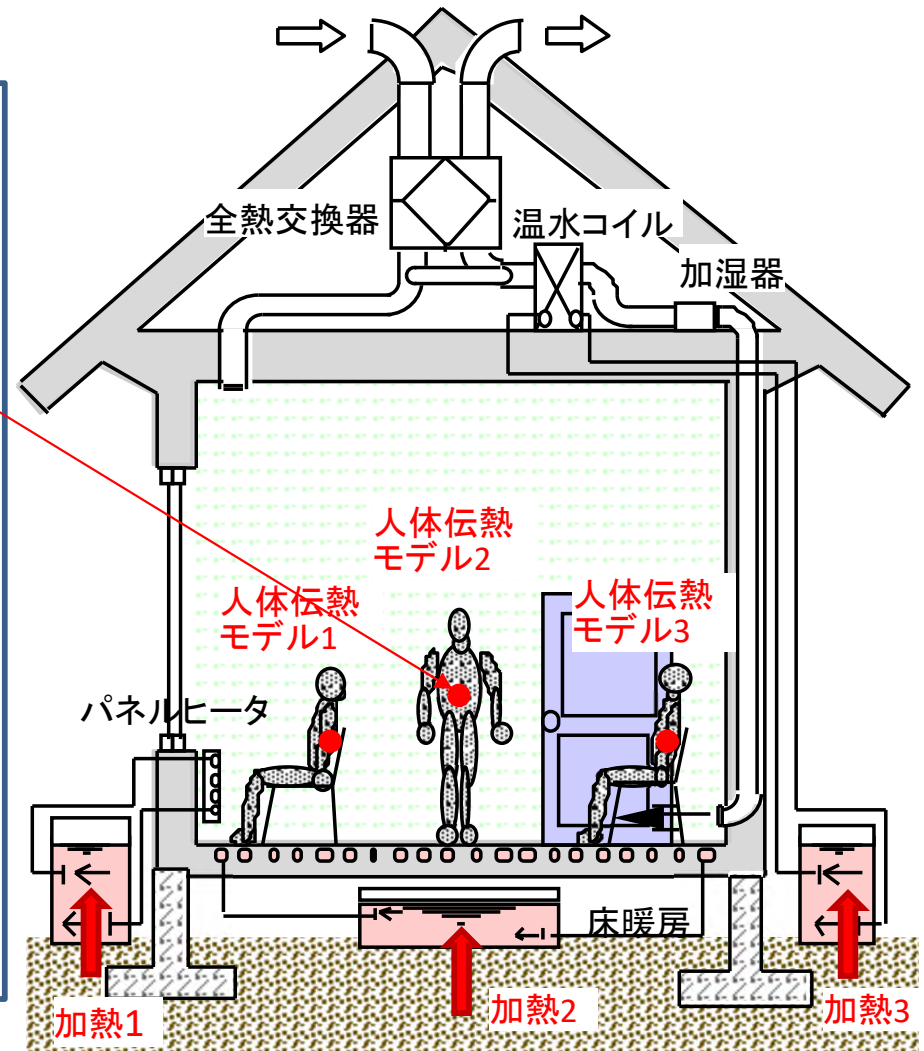
$W_x \cdot (\text{冷温水の外気温との偏差})^2$

この評価関数を最小にする熱供給と温度状態の解を、状態空間法の最適制御理論の問題として、ラグランジェ乗数法により導いた。

制御法ではなく、最適設計法としての応用を考え、元々の非定常解から定常解を導いた。

計算プログラムSOCSを作成し、幾つかの試算までで中断している。

(最後は1996年, Optimization Theory for State and Energy Supply Based on a Heat and Moisture Transfer Network Model and Numerical Investigation, [Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate](#))



外気温に近いぬるい熱ならば自然エネルギーが有効利用できる