

加藤信介研究室

[サステナブル社会の建物内外の空気環境制御]

生産技術研究所 人間・社会系部門

Department of Human and Social Systems

http://venus.iis.u-tokyo.ac.jp

専門分野 建築・都市環境工学

工学系研究科建築学専攻

市街地での有害危険物質拡散源同定のためのリバースシミュレーション(時間逆解析)

テロや事故が起き市街地の不特定位置にて有害危険物質が発生した際に、その発生位置を特定し、避難経路や救命活動の選択的決定を援けるための数値解析手法を構築する。

与えられた濃度場を初期条件として物質の移流拡散方程式を時間に対して逆に解く。特にレイノルズ平均モデルで、かつ速度場が時間定常な場合、モデル化された乱流輸送を含む分子拡散項は負の拡散を解かなくてはならず、数値不安定性の要因となる。その数値不安定性を除くために、空間平均処理(フィルタリング)を施し数値振動を緩和する。

平均濃度場へのフィルタリングと拡散流束へのフィルタリングを試みた。その結果、時間に対して逆に方程式を解くことは可能で、特に後者は濃度発生点への濃度収束がよいことが分かった。

また、建物などの障害物が存在した場合も、数値解析が可能で発生源特定に有効であることが分かった。

今後は実市街地にて適応可能なモデル化手法を検討する。

○時間逆発展する移流拡散方程式

$$\frac{\partial C}{\partial t} - U_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{v_i}{\sigma_i} \frac{\partial C}{\partial x_i} \right)$$
 逆勾配輸送

○フィルタリング

$$\bar{F}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} G(r) F(x-r) dr$$

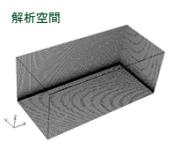
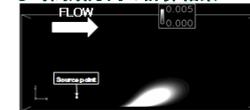
$$G(r) = \sqrt{\frac{6}{\pi \Delta^2}} \exp\left(-\frac{6r^2}{\Delta^2}\right)$$
 ガウシアンフィルタ

○フィルタリングの対象

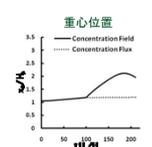
$$F_i = C_i$$
 濃度場にフィルタリング

$$F_i = -\langle uic \rangle = \frac{v_i}{\sigma_i} \frac{\partial C}{\partial x_i}$$
 拡散流束にフィルタリング

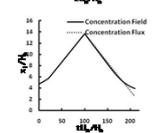
○時間順方向の計算結果



○逆解析(濃度場にフィルタ)



○逆解析(拡散流束にフィルタ)



非定常、不均一な室内温度分布を考慮した期間空調エネルギーシミュレーション手法の開発

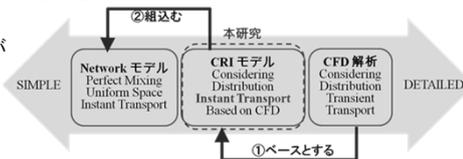
タスク・アンビエントやパーソナル空調システムなどのような不均一な室内温度分布を高度に利用する室内環境に対して、既往のネットワークモデルに基づいたエネルギーシミュレーションでは精度の劣化が問題視されている。

本研究では、CFD解析によって得られる気流の予測情報を活用した評価手法である室内温熱環境形成寄与率CRIを用い、それをネットワークモデルへ組込むことで、室内の変動温度分布性状を考慮する建物の期間空調エネルギーシミュレーション手法を提案することを目的とする。

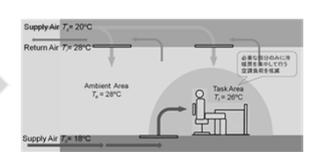
CRIは熱源から1Wの単位発熱が生じた場合に、その熱源の効果の及ぶ範囲とその程度を温度上昇の寄与として評価する。温度場における線形性を仮定すると、全熱源が存在する場合の温度分布は各熱源の発熱量とCRIを用いて加重和として表すことができる。

全発熱源による一様拡散温度にTRNSYSやHASP/ACLD等により算定した室温を与えることにより、ネットワークモデルと本手法の連成を行い、CFDを毎回実施することなく室内の温度分布を予測することが可能となる。

○研究の立脚点



○研究の対象: 不均一な室内環境



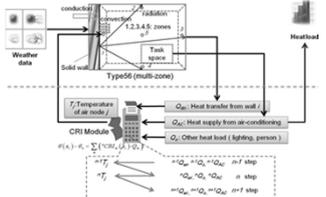
○本研究にCRIの定義(数値解析による)

$$CRI_m(x) = \frac{\Delta T_m(x)}{Q_m} \Delta \theta_m(x)$$
 熱源mによる位置 x の温度上昇 / 熱源mの室内積分発熱量

○CRIを用いた温度分布の予測

$$\theta(x_i) - \theta_0 = \sum_m (CRI_m(x_i) \cdot Q_m)$$
 全ての熱源の寄与の重ね合わせ

○CRIとネットワークモデルの連成



サーカディアンリズム(概日周期)を考慮したオフィス空間の室内環境制御

日中のオフィス空間は画一的で変化の少ない光、温熱、音、空気環境計画が多く、おおよそ24時間で1周期の人体のリズム(サーカディアンリズム)を乱し、結果として執務者の心理、生理や知的生産性が損なわれる可能性が危ぶまれている。

そこでサーカディアンリズムを考慮したオフィス空間における光環境、温熱環境の制御手法を提案する。

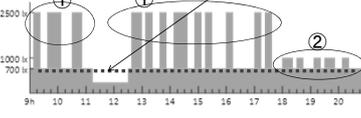
光環境については、自然光の時間推移、執務者の嗜好を考慮した照度条件を設定しサーカディアンリズムの阻害を抑える環境制御を試みた。その効果を執務者の交感神経、副交感神経の優位性に基づく生理的影響によって評価した。

温熱環境については、人体の深部体温変化に合わせて午後の室温を抑制しサーカディアンリズム調整効果を期待した。その効果を執務者の深部体温変化への影響を抑える環境制御を試みた。

結果、いずれの方法も心理、生理への有効な働き掛けが見られ、適切なサーカディアンリズムの維持に寄与している可能性が見られた。今後は光環境については青色光などの波長の影響について、温熱環境については快適性と両立を図るために個別送風機などを用いた際の影響について評価する予定である。

○概日周期を考慮した光環境制御

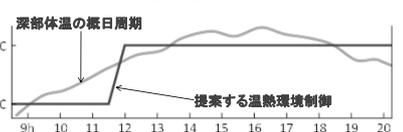
(一般のオフィス想定した照度一定制御)



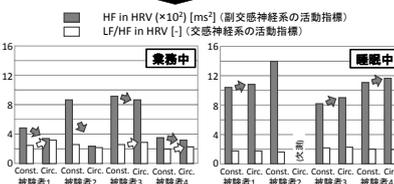
①被験者要望時のみ高照度(20分後に700lxまで自動減衰)

②最大照度の抑制(18時以降は最大照度を1000lx)

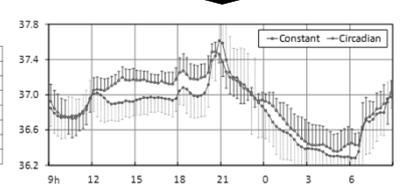
○概日周期を考慮した温熱環境制御



人の深部体温の概日周期を考慮し午後の室温を3°C高く設定(縦軸は温熱環境制御にのみ適用)



業務中の交感神経系優位性と睡眠中の副交感神経系優位性が高まった。



午後の深部体温上昇が促進され、深部体温リズムの振幅増大と位相前進がみられた。