

第 20 章 煙と避難のシミュレーション

建築物に限らず人を収容する施設においては、万が一火災が発生した場合の人命の安全を確保するための対策が施されていることが必要であろう。建築基準法においても「国民の生命、健康及び財産の保護」を謳っており、災害の一つである火災から人や財産を守るために最低の基準を定め、これをもって「公共の福祉の増進に資することを目的」としている。一方、1998（平成 10）年に建築基準法が改正され、性能規定が導入されたことを受けて、設計火源に基づく火災性状予測に対して在館者の避難安全性を評価する方法が運用されてきている。その軸を成すのが、室や避難経路となる廊下等において避難に支障を来すまでに要する時間として規定された煙等降下時間と、それらの空間からの避難に要する時間として規定された避難時間であり、両者を比較することで避難安全計画の妥当性を検証する仕組みが広く建築設計に普及してきている。本章では、まず火災安全工学におけるシミュレーションの対象と基礎概念を幅広く概説した上で、火災時に可燃物の燃焼によって生じる燃焼生成ガスや煤などを総称した煙の流動性状と、火災時の在館者の避難性状の 2 つを対象として、それぞれ別々に種々のシミュレーションの手法や基礎的な知識等を紹介する。

火災安全工学の分野において、煙流動性状は大雑把に分類するとゾーンモデルとフィールドモデルが数値計算法として適用されてきている。前者は、空間毎にコントロールボリュームを設定した一層ゾーンモデルや、空間毎にコントロールボリュームを上部煙層と下部空気層の 2 つを設定し、火源からの煙の発生や室間の開口部を介した煙や空気の流動によって上部煙層と下部空気層の境界高さが変化する二層ゾーンモデルが一般的である。さらに二層ゾーンモデルにおける上部煙層の形成過程や垂直方向に温度分布が存在することに着目して拡張された多層ゾーンモデルも開発されてきた。一方、後者のフィールドモデルは一般的に計算対象空間を 3 次元の微小空間に分割したコントロールボリュームを設定し、それらでの質量やエネルギー、運動量、化学種などの変化や反応、またコントロールボリューム間でのそれらの移動を種々の物理的あるいは化学的法則の下に計算することで全体像を把握しようとするものである。

避難性状に関しては、様々な手法が存在するためその分類は複雑であるが、避難者の個々の移動から避難者全体の動きを再現しようとするエージェントモデルに基づくものと、建物の各室から避難する避難群集が避難経路を移動する挙動やその流動のネックとなる扉を通過する挙動に着目した流動モデルに大別されるであろう。前者は、人（エージェント）の振る舞いを様々なモデルとして規定し、複数のエージェントによる同時進行的な仮想空間上での移動実験として捉え、コンピューターを用いた数値計算によって実行するマルチエージェント・シミュレーションが主流を成している。後者は、各空間あるいは空間内を複数のセルに分割してコントロールボリュームを設定し、それらのネットワークとして避難経路を規定し、コントロールボリュームにおける避難群集の集結や流出、これらに伴う避難者の滞留の状況を予測するものである。この概念を用いて避難経路の滞留人数やネックを通過するのに要する時間を手計算レベルで解くグラフ解法や簡易計算法が、建築防災設計においては避難