3次元都市スケールモデルにおける短波放射過程の数値シミュレーション

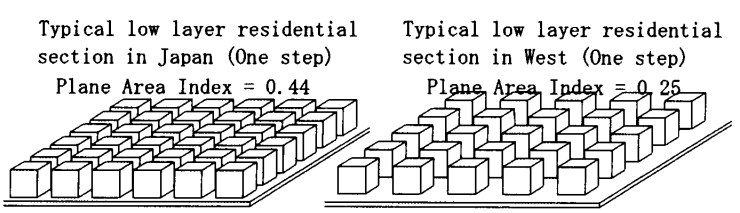
東京工業大学　学生会員　○河合　徹
東京工業大学　正会員　神田　学
東京工業大学　学生会員　勝山　滋朗
上越教育大学　中川　清隆

1．目的

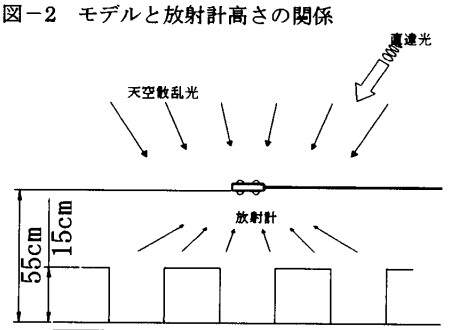
近年の都市環境への関心の高まりから、都市部での熱環境に対する研究が盛んに行われている。例えば、都市の幾何構造とキャノピーアルベドの関係について Aida(1982)の研究がある。同研究では非常に限られた条件での研究ではあったが都市の存在がキャノピーアルベドを低下させることを立証した。これを受けて、勝山(2001)は、より多岐にわたる幾何構造において同様の実験を行いデーターベースを構築している。しかしながら、都市部でのキャノピーアルベドに影響を及ぼすと思われるパラメーターは、実際、複数存在している。観測における限られた条件からのみの考察では、現象論的な議論に終始する可能性が高い。したがって、本研究では勝山による観測に加え、3次元的なシミュレーションモデルを併用することにより、よりシステマチックに現象を把握することを目的とする。

2．実験概要

図－1　実験モデルの概要



図－2　モデルと放射計高さの関係



本論では勝山(2001)によって行われた観測データを用いる。実験モデルの概要は、図－1、図－2 に示した通りである。コンクリートプレートを 360(cm)×360(cm)に並べた敷地に一辺 15(cm)の立方体のコンクリートブロックを、モデル都市が規則的な直行道路網を形成するように並べてある。コンクリートブロックの配置密度を変化させることによって都市の建蔽率に変化を与え、コンクリートブロックを2段に積み重ねることでフロンタルエリアインデックスに変化を与えている。放射計は屋根面から 40(cm)の所に設置している。

3．SUMM の概要

SUMM(Simple Urban canopy Model for Meso-simulation)では、2で示した観測条件と同様な規則的な模型都市を計算領域として、簡易解法、厳密解法の2種類の計算法を用いて短波放射の多重反射過程を解いている。各解法の概要は以下のとおりである。

（簡易解法） 簡易解法は、計算領域における最小構成単位を都市を形成する各要素（床面、屋根面、壁面）とし、この要素間の多重反射を解くことによりキャノピーアルベドを計算している。このため、精度は若干落ちるが、計算負荷の非常に少ないモデルとなっている。

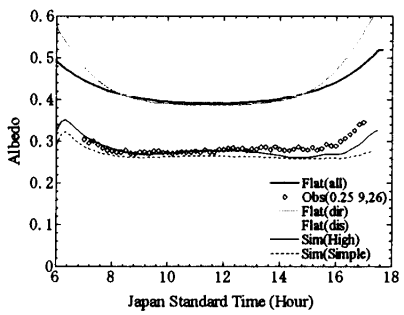
（厳密解法） 厳密解法は、計算負荷はより大きくなるが、簡易解法における各構成要素をさらに細かく分割することで、より厳密な解析結果を与えるアルゴリズムとなっている。具体的には建物要素の床面幅の 1/10 を一辺とする格子分割を行ない、各格子において多重反射を解いている。

キーワード　3次元都市スケールモデル，短波放射，キャノピーアルベド，多重反射
連絡先　〒152-8552　東京都目黒区大岡山 2-12-1　東京工業大学工学部土木工学科　ＴＥＬ03-5734-2597

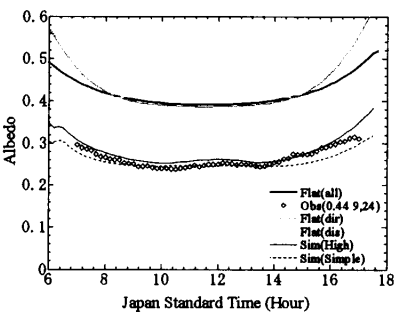
4．解析条件

SUMM では解析条件、つまり各種パラメーターを適時与える必要がある。本論では素材に対するアルベドは、全天日射に対するフラット面のアルベド観測し、これに直散分離モデルを用いることで直達光成分アルベド、及び、散乱光成分アルベドを与えている。計算で考慮する多重反射回数は 3 回（残差分を考慮する）、鏡面反射比率は 0、気象条件は、平均的な日照率 1.0 の日、計算における散乱比は 0.2 を設定している。この妥当性については 6 の感度分析で検証する。

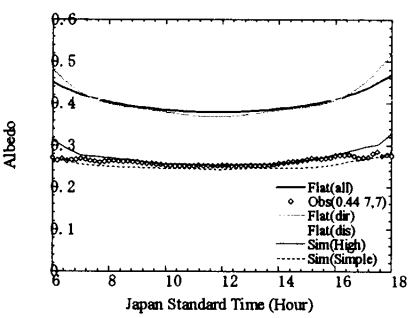
5．シミュレーション結果の検証



図－3 Numerical simulation(0.44、9/24)



図－4 Numerical simulation(0.25、9/26)



図－5 Numerical simulation(0.44、7/7)

図－3～図－5 は、4 に示した解析条件での SUMM によるシミュレーション結果と同条件の観測結果を比較したものである。各図において、季節変化、建蔽率の変化を問わず、概ねシミュレーションが実現象をよく再現している。細かな部分における両者の相違についてここでは詳述しないが、観測地（学校の屋上）の傾き、低太陽高度時の散乱比の増加（シミュレーションでは散乱比を 0.2 に固定）、放射計の設置高度などが主な原因となっていることが推測されている。

6．感度分析

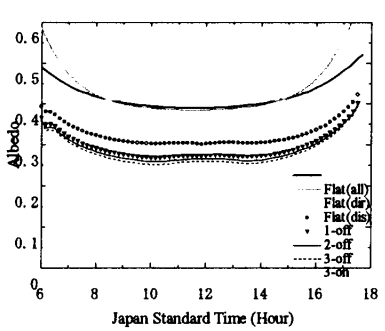


図.6 多重反射回数(0.44、9/22)

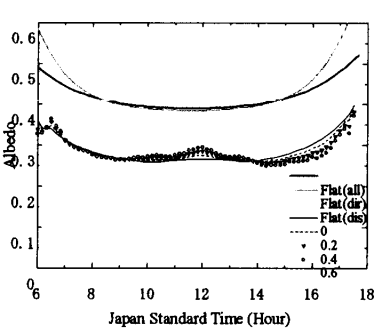


図.7 鏡面反射比率(0.44、9/22)

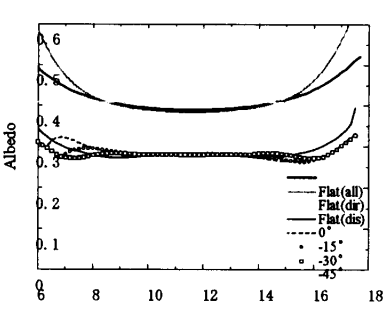


図.8 ストリート方向(0.44、9/22)

図－6～図－8 は観測、解析条件で設定したパラメーターに対する感度分析の一例である。

（多重反射回数(図-6)）フラグの on は最終的な多重反射の残差分を考慮しない場合で、off はこの逆を表している。∞回の多重反射を考慮したときの値が図の実線と破線の間にあることを考えれば、3-off でほぼ収束した値になっていることが分かる。

（鏡面反射比率(図-7)）観測で用いたコンクリート素材は鏡面反射比率がほぼ 0 にできるが、鏡面反射比率を徐々に大きくすると、キャノピーアルベドの日変化形状はより急な変化を呈するようになっている。

（ストリート方向(図-8)）観測ではストリート軸の傾きを南北軸から時計回りに 8° としているが、この方向を徐々に変化させると、ストリート軸が太陽方位角に一致する時刻を中心にキャノピーアルベドの日変化形状が推移しているのが分かる。

7．参考文献

勝山滋朗　スケールモデルを用いた 3 次元都市キャノピーの放射実験（水理講演会）