スケールモデルにおける都市キャノピー内の３次元乱流構造の観測

1053201　木村 友人
指導教員　成田　健一

1. 研究目的　都市キャノピー内の乱流の観察方法としての３次元的可視化はいまだ例がない。風速を測定する測器として超音波風速温度計(SAT)が優れているが、高価であること･測器サイズが大きいということから、多点配置するのは難しい。そこで本研究は、都市街区空間の乱流場の特性把握を目的として、本学キャンパスに作成したスケールモデルサイトのキャノピーを対象とし、気温をトレーサーとした乱流渦の追跡を試みた。

2. 研究概要　観測サイトのスケールモデル街区は 1.5m(基準長さ:H)角のコンクリート立方体を 1.5m 間隔で整形配置したもので、その中央付近の一区画の街路と屋根面に鉛直面で５層、水平面で８層に熱電対 223 点を配置した。熱電対には速い応答性を持ち放射の影響を受けない素線(クロメル(＋)、コンスタンタン(－)：φ＝0.05mm)を使用し、超音波風速温度計をキャノピー内外に 9 点配置し､同時に 0.1 秒間隔で気温･3 成分風速を測定した｡測定期間は 2008 年 11 月 1 日～12 月 12 日で、解析対象期間は主風向が北西の期間とした。

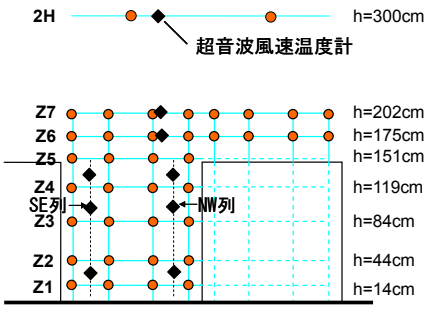

図 1　熱電対配置立面図

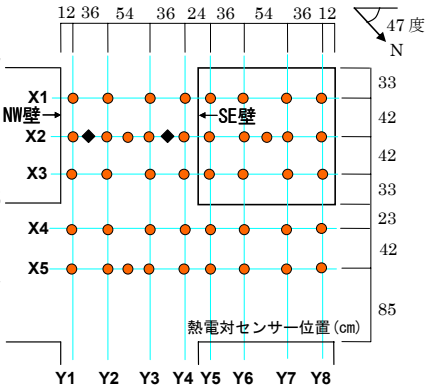

図 2　熱電対配置平面図

3. 測定結果　まず気温の標準偏差の分布(図３)を見ると、加熱面付近の値が大きい。このときＮＷ壁面側は上空風の流入側であり、壁面付近でも値が小さく、キャノピー上空・屋根面でも値は小さい。また、超音波風速温度計と熱電対の地点ごとの値はほぼ一致しており、乱流渦の追跡をするために熱電対の気温変動を用いることは妥当であると考えられる。そこで､気温のピークが現れた瞬間の前後数秒間について 0.1 秒毎の気温分布図を作成し考察した｡図 4 はその一例で、1.4 秒の間に冷たい空気塊が移動した様子がわかる｡移動距離は 2.2m 程度で､この時の平均風速 1.7m/s ×時間 1.4s=2.4m にほぼ一致している。しかし、キャノピー内では、気温のピークが、瞬間的に隣接する測定点に移動している様子を捉えることはできず､どこから移動してきたかわからない気温のピークも見られた｡その原因としては乱流渦のサイズが､今回の測定点間隔より小さいということが考えられる。そこで気温ピークの持続時間と平均風速から乱流渦径を算定した結果、キャノピー上空(1.35H)では径が大きいのに比べ、キャノピー内では径が 0.2～0.6m の間に集中している(図５)。今回の測定点間隔は水平面 24～56cm、鉛直面 24～41cm であることから、乱流渦のサイズに対して測定点間隔が広すぎたことがわかった。

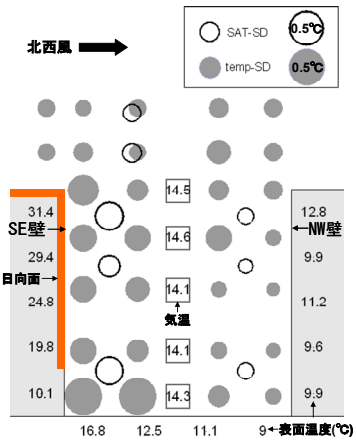

図 3　X2 断面の気温標準偏差の分布

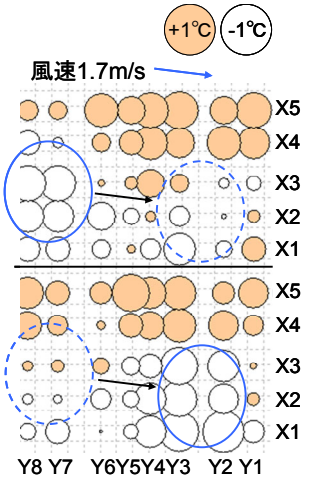

図 4　Z6 断面の気温分布
(下図は上図の 1.4 秒後)

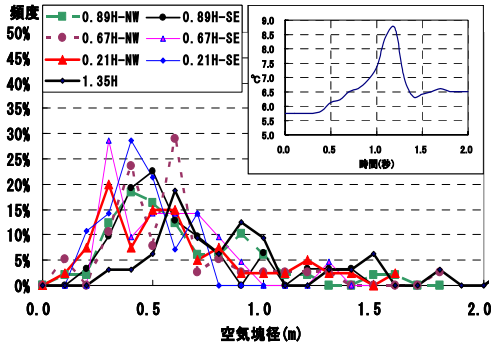

図 5　場所による空気塊径の頻度分布の比較

4. まとめ　数例ではあるが、2 次元的な空気塊の移動の様子を見ることができ、気温変動による乱流渦の追跡が可能であることが確認できた。しかし、今回の測定点間隔ではキャノピー内で発生した空気塊・乱流渦を 3 次元的に追跡することは難しい。そこで、測定点間隔を狭め、表面近傍に測定点を設けることで、空気塊・乱流渦の発生位置の特定、瞬間的な移動・拡散の様子を把握することができると考えられる。