

VII-114 スキャニングライダーによるSPM濃度の空間分布計測に関する基礎的研究

東京工業大学大学院 学生会員 石井宏明
株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング 類家 誠

東京工業大学 正会員 神田 学

1. はじめに

ヒートアイランド現象をはじめとする都市大気現象の研究は観測機器の開発とともに進んできた。そのうちの1つ、レーザーライダーの利用によって境界層高さの変動や、海風の侵入挙動の研究が進んできた。レーザーライダーはレーザーを発射し、SPM（粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質）による後方散乱を受信することによって、SPMの相対濃度分布を得ることができる。SPMの分布は大気構造に依存しているので、SPMをトレーサーとして大気構造を可視化する事もできる。これまでは鉛直一次元が計測が主であったが、近年、レーザービームを走査させることによって二次元あるいは三次元的に相対SPM濃度を計測できるスキャニングライダーがIHI（株）によって開発された。

本研究の目的は、この新型スキャニングライダーを用いて、(1)既存のSPM濃度計による同期計測値と比較検討することにより、受信信号強度（ライダー信号）からSPM濃度を定量化する手法について検討すること、及び、(2)神宮の森から新宿上空に至る大気のスキャニング観測の結果より、SPMの空間分布と大気境界層の時空間構造解析への適用例を示すこと、の2点である。

2. 観測概要

2.1 観測日時と場所

1997年8月1日～9日、明治神宮と新宿副都心を一望できる代々木の青少年オリンピックセンターの屋上でスキャニングライダー観測を行った。屋上からの風景を写真-1に示す。明治神宮の北半分と左端に新宿副都心が撮影されている（スキャニングライダーの設置場所は図-1①に示す）。

2.2 観測方法

スキャニングライダーは角度を変えながら計測する事で二次元、あるいは三次元データを得る。神宮の森から新宿上空に至る大気構造を立体的にとらえるために、横一断面（図-1中C）、縦二断面（図-1中A、B）と3種類の断面を設定した。これを1セットとし、2時間おきに計測した。この基本計測の他に、垂直角度（仰角） 25° で横計測（斜め計測）を数回行った。既存のSPM計として、レーザー粉じん計を神宮の森直上（図-1中②）に設置した。そのほか、渋谷区の β 線吸収法によるSPM計測結果（図中③）も利用した。

3. ライダー信号と既存SPM計との比較

図-2(a)に8月7日におけるライダー信号と既存SPM計との比較、(b)に湿度変化を示す。(a)、(b)から、ライダー信号から得られるSPM濃度が現在一般的に用いられている β 線吸収法の濃度よりも、湿度の高いところ

キーワード : スキャニングライダー、SPM、大気境界層高さ、 β 線吸収法

連絡先 : 〒152-0033 目黒区大岡山2-12-1 緑が丘1号館518号室(Tel.)03-5734-2597(fax.)03-5734-3577

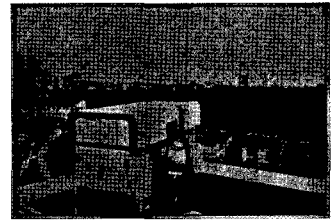


写真-1 スキャニングライダーと観測点からの風景（明治神宮北半分と新宿駅付近）

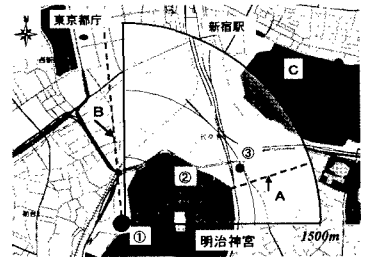


図-1 ライダーの測定断面（A～C）
A鉛直断面Ⅰ（神宮方面）、B鉛直断面Ⅱ（新宿方面）、C水平断面
各計測器設置場所（①～③）
①スキャニングライダー②レーザー粉じん計③ β 線吸収法計測場所（渋谷区）

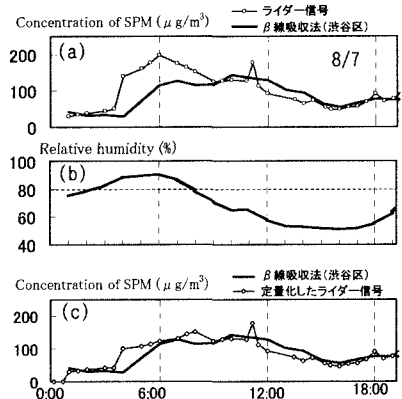


図-2 湿度の影響 (a) β 線吸収法とライダー信号の比較 (b) 湿度（渋谷区測定局）(c) β 線吸収法と湿度の影響を考慮したライダー信号の比較

大きくなっていることが分かる。ライダー信号は散乱断面積に比例することからSPM粒子が膨潤した影響であると考えられる。そこでSPMを凝結核として雲粒が成長する時の理論式、ケーラー曲線を用いて湿度と膨潤後の半径の関係を求め、湿度影響分を補正した。図-2(c)から補正したライダー信号は β 線吸収法と互換性を持つことが分かった。

4. スキャニングライダー観測結果

4.1 鉛直断面計測結果

特徴的なSPMの空間分布をとらえることのできた8月2日の断面計測結果を図-3に示す。図-4にはこの日の地上レベルでのSPM濃度変化を示した。①8:00では、地上～500mまでの層に高いSPM濃度が検出されている。これは朝方の低い対流混合層内に地上起源のSPMが集積しているものと考えられる。地上SPM濃度（図-4）の一回目のピークに対応する、900m付近の高濃度エコーは前日の残留混合層の上端と対応しているものと思われる。②10:00では、8:00に見られた500m以下の高濃度SPM層が消えている。これは日射の増加に伴い500m近傍にあった対流混合層が急激に発達し、前日の残留混合層まで到達したものと考えられる。この混合層高度上昇に伴う希釈効果で混合層内のSPM濃度は8:00のそれよりも小さな値となっている。地上SPM濃度も減少していることが分かる。一方、混合層の上端ではきわめて強いエコーが検出されているが、これは、しばしば混合層上端に形成される積雲である。③11:30では、地上から700mまで高濃度域が現れており、10:00までの傾向と一変している。鉛直一次的には、日射の増加に伴い、混合層高度は増加していくはずであるから、地上～700mまでの高SPM濃度層は、海風フロントなどの移流の影響であると想像される。この効果が地上SPM濃度の二つ目のピークに現れている。④13:30では、③で見られた700m付近の高濃度域は消え、観測高度範囲内でほぼ一様に、低いSPM濃度が分布している。このように地上レベルでのSPM濃度変化は境界層高さの変化や海風の進入などの影響を強く受けていることがわかる。

4.2 都市と神宮における境界層高さの違い

8月2日の22時18分から、仰角を25度とした水平計測を行った結果、神宮の森と都市域の大気境界層高さの違いを明確に捉えることができた。図-5にその結果を示す。SPM濃度勾配がきつくなっているSPM濃度 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ のコンター線を境界層高さとして比較すると、都市域のほうが50m程度高くなっているが分かる。この境界層高さの違いは、夜間においても都市域で人工廃熱が存在することや、森林上空の方が放射冷却しやすいなどの理由により、場所的な顕熱の違いが生じた結果と解釈できる。このような水平方向の違いは弱風で大気が安定な夜間に捉えやすく、大きな乱流混合の生じている不安定な日中には有意な差を見いだすことは出来なかった。

5. まとめ

スキャニングライダーを用いた観測を行った結果、以下ことが分かった。①湿度による粒子の膨潤を理論的に見積もり補正をするとライダー信号と β 線吸収法は互換性を持つことが分かった。これは、ライダーを用いて定量的にSPM濃度計測ができる可能性を示す。②神宮の森から新宿上空に至るスキャニング観測の結果より、SPM濃度に与える希釈効果、海風フロントの影響をとらえた。また、都市・森林の境界層高度の違いなどを示した。

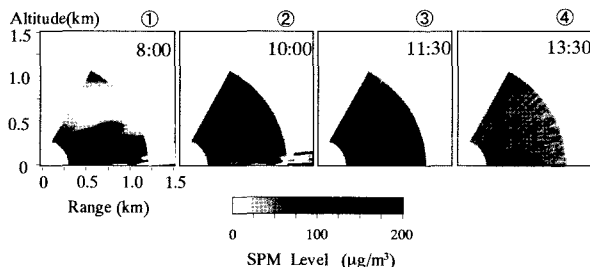


図-3 8月2日の断面計測結果

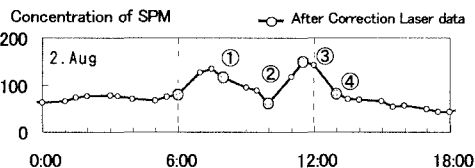


図-4 地上レベルでのSPM濃度変化

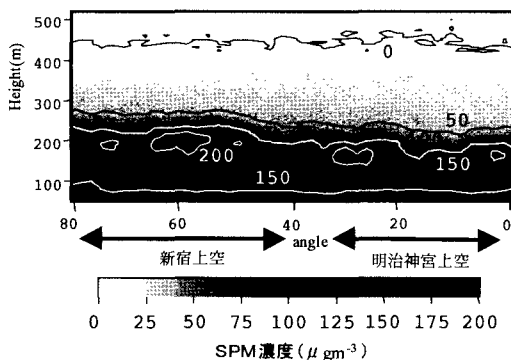


図-5 斜め計測で得られたSPM濃度の空間分布