

長野市内大気環境のライダーモニタリングⅡ

～大気エアロゾル動態の広域観測～

斉藤保典¹⁾・西岡高明¹⁾・川原琢也¹⁾・野村彰夫¹⁾・岩井邦中²⁾・星川和俊³⁾

¹⁾信州大学工学部 ²⁾信州大学教育学部 ³⁾信州大学農学部

Lidar monitoring of the atmospheric environment in Nagano city Ⅱ

～Global monitoring of spatial-temporal variation of atmospheric aerosol～

Yasunori SAITO¹⁾, Takaaki NISHIOKA¹⁾, Takuya D. KAWAHARA¹⁾, Akio NOMURA¹⁾,
Kuninaka IWAI²⁾ and Kazutoshi HOSHIKAWA³⁾

¹⁾Faculty of Engineering, Shinshu University, ²⁾Faculty of Education, Shinshu University,

³⁾Faculty of Agriculture, Shinshu University

Key words : Lidar, Atmospheric aerosol, Nagano city, Global monitoring

Spatial-temporal variation of aerosol

ライダー, 大気エアロゾル, 長野市, 広域観測, エアロゾル動的挙動

はじめに

近年地球をとりまく大気環境はさまざまな要因から悪化の一途をたどっているが、長野県長野市においても例外ではなく、交通量の増大や高速道路、新幹線、市街地再開発やオリンピック関連施設の建設などの産業活動からのエアロゾル（大気浮遊物質）の発生拡散が懸念されている¹⁾。さらに、高海拔盆地状の地形から、発生したエアロゾルが市内上空に滞留しやすく、放射冷却現象によりエアロゾルが地上付近に高濃度の層となって現れたり、限られた地域にエアロゾルの滞留がみられる現象も確認されている²⁾。写真-1は工学部情報工学科棟屋上から長野駅をはさんで北方の山を撮影したもので、中央から右側の山腹付近に灰茶色のエアロゾル層の滞留が見られる。

このような大気構造を調べる観測手段として、従来はポイントサンプリング、あるいはその場観測と呼ばれる方法（気球ゾンデ、飛行機、ロケット etc.）がとられてきたが、時間分解能、距離分解能の向上に限界があり、また観測行為そのものが観測対象物を乱す要因になることも多く、必ずしも最適な大気観測手法ではなかった。

一方我々が使用しているライダー（レーザレーダ）では³⁾、光と物質の相互作用を利用することによって

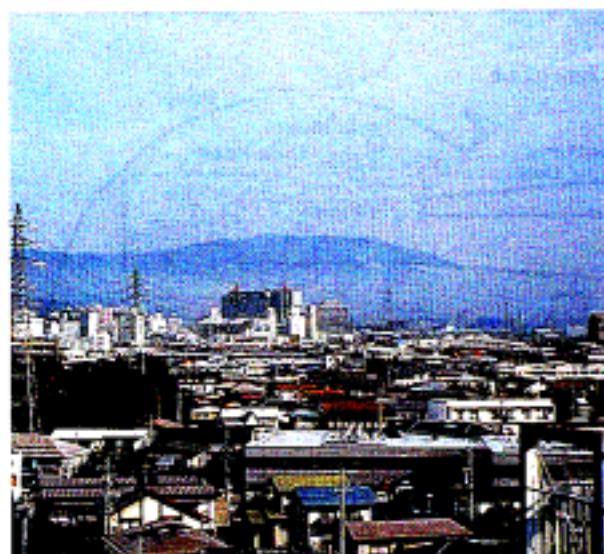


写真-1 長野市内上空の様子

大気中に存在するエアロゾル・分子・原子等の位置、及び濃度を遠隔的、実時間で把握することが可能である。観測対象物を乱すことなく広範囲を同時に観測することができ、特にエアロゾルの発生、拡散等の動的挙動のモニタリングに適している。

本研究では可視光レーザを使用しレーザ光と物質の相互作用のうちのミー散乱現象を利用して、大気中に存在する粒径約0.01～10 μ m程度の固体または液体の

エアロゾル動態の広域観測を目的としている。今回の報告では、エアロゾルの局所的な発生源から拡散する過程の水平掃引観測による広域モニタリング実験結果について、また、地上付近におけるエアロゾルの高度分布の季節変化の調査・比較を目的とした鉛直掃引観測結果についてそれぞれ述べる。

システム構成・改良

ライダーシステムは信州大学工学部情報工学科棟6階屋上（高さ約25m）の観測ドーム内に設置されている。システムの構成は、前回に報告したものとはほぼ同じであるが⁴⁾、以下に示す改良を行うことによって、より精度の高い観測データの取得が可能となった。

(1)ハードウェア構成

ハードウェアの改良は、ハーフミラーを受信望遠鏡上部に設置したことである。これにより送信系レーザーから分光したレーザー光をパワーメータで直接測定する。この結果はRS-232Cケーブルを介してパソコンに送られ、観測結果の規格化に利用される。ハードウェアの構成図を図-1に示す。

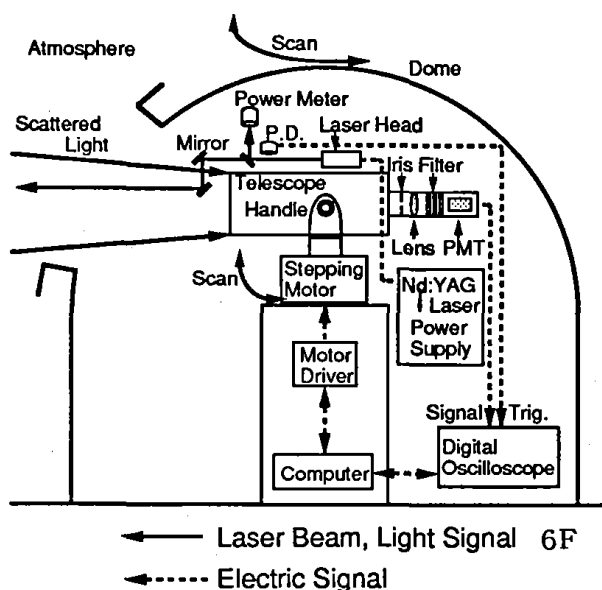


図-1 ハードウェア構成図

(2)解析用ソフトウェア構成⁵⁾

観測結果として、パソコンにはデータファイル、パラメータファイル、パワーメータファイルの3種類が生成される。これらのファイルをパソコンからワークステーションに転送後、掃引1ステップごとにパワーメータファイルからのデータを基に補正を行い、データの再構築を行う。この結果を解析ソフトウェア

LSAS(Lidar Simulation Analysis Software package)の観測解析部において処理を行う。このソフトにおいてシステムパラメータを読み込み、距離自乗等の補正を行い10段階の濃淡分布として表示している。ただしこの結果には、大気透過率、近距離での視野重なり等の補正は行われない。LSASにおける解析用ソフトウェアの流れを図-2に示す。

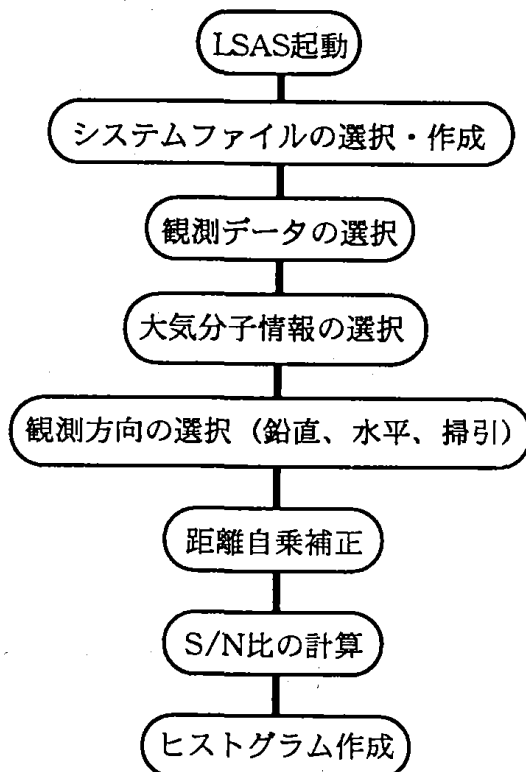


図-2 解析用ソフトウェアの流れ

掃引観測の条件

掃引観測の目的として、水平掃引観測はエアロゾルが局所的に発生する場所からどのように拡散流動するかをモニターするために、また鉛直掃引観測はエアロゾルの高度分布の季節変化の比較を目的としてそれぞれ行った。

観測範囲を図-3に示す。図-3中の南東方向に示した扇形状の範囲が水平掃引で観測した領域である。仰角を1度とし、水平掃引分解能1度で30ステップ（全水平掃引角度30度）を行った。所要時間は、受信信号の積算回数が512回により1ステップ約1分で、1データ（30ステップ）の水平掃引観測には約30分を要する。鉛直掃引観測は図-3中の北東方向の位置で行われた。鉛直掃引は仰角50度から5度までの45度の範囲を、掃引分解能5度で10ステップ行った。所要時間は約10分である。水平、鉛直掃引観測ともサンプリング

グ時間は40nsで、これは観測方向に対して6mの距離分解能となる。実際の観測では、両掃引観測ともに約6kmまでを観測対象範囲としたが、解析結果は3km前後までの受信信号の強度を10段階の濃淡分布として相対表示した。受信信号電圧の最大値、射出レーザーエネルギー等は、観測当日における気象条件等も考慮した上で設定された。

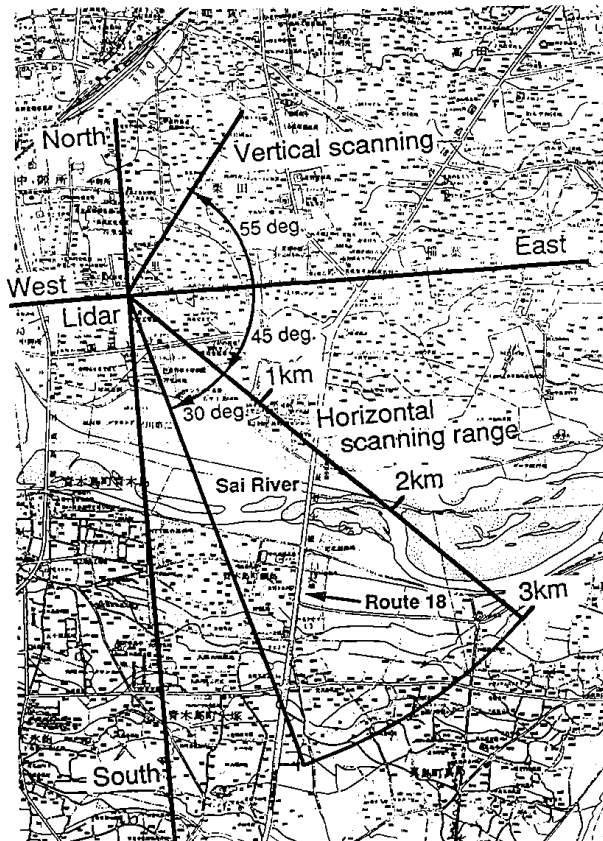


図-3 観測範囲

水平掃引観測結果

観測は長野市を南北に縦断する国道18号線（長野大橋）上空を対象として行われた。同領域は長野市内でも有数の交通量を持ち、朝夕に激しい交通渋滞が発生することが知られている。車輛通行に伴う高濃度エアロゾルの発生とその拡散流動過程の把握を目的に行った。観測例として1996年7月30日午前5時から午前10時までの解析結果を図-4に示す。観測開始時での観測ドーム内の気温は約25℃、湿度約80%であった。終了時の気温は約32℃、湿度約70%に変化した。同日は晴れており、工場や病院から排出される白煙は目視でも確認できた。レーザーパワーは約45mJであった。図上に示された気象データは、システムから北に3.5km離れた長野地方気象台で測定されたもので（写真-1

中央やや左手後方山腹中）、経験的ではあるがライダー観測の行われた若里地区の気象条件とはだいぶ異なることが多い。そのためライダーによるエアロゾル分布状況と風向などの同気象データより想定される挙動とは必ずしも一致しない可能性がある。

渋滞する前（例：午前6時、午前7時）の国道上空はエアロゾルがほとんど見られない。強い信号がみられる場所は食品工場や病院の上空付近のみであることより煙突からの排煙や水蒸気と考えられる。その後道路上空に強い受信信号が見られるようになる（例：午前8時、午前10時）。特に国道18号線上空に帯状に信号がみられ、車輛通行によるエアロゾルの発生が確認された。

これらの観測解析結果は、エアロゾルの局所的な発生源からの拡散過程の把握にとって、水平掃引観測が非常に有効なものであることを示すものである。今後の水平掃引観測では、時間分解能の向上およびライダー観測場所における気象条件の把握などが、よりの確大な大気エアロゾル動態の把握に有効であると考えられる。

鉛直掃引観測結果

鉛直掃引観測は、夏期と冬期による大気鉛直構造の比較を行うことが主な目的で、それぞれ数回の観測を行った。各観測例（1995年12月11日、1996年7月14日）をそれぞれ図-5⁴⁾と図-6に示す。それぞれの観測当日は、観測日まで数日間に渡り晴天が続き、エアロゾルが大気中に多量に存在すると推測できる日を選んだ。解析手法は解析用ソフトウェア構成で述べた通りであるが、鉛直掃引観測結果では同じ高度からの受信信号を比較すると、より近距離から（大きな仰角時）の信号が強い。これはエアロゾル濃度が高く透過率が低いことが原因であると思われる、今後透過率の補正が必要と思われる。

相対的な解析評価としては、冬期は地表から高度にして700m付近（図中矢印で表示）に強い受信信号がみられる。これは天候が晴天であったために冬期に特有な放射冷却現象が発生し、接地逆転層が形成され、大気中のエアロゾルが地表付近に高濃度の層となって滞留したものと考えられる。また、明け方にかけての放射冷却による接地逆転層の発達に伴い、境界層高度が降下する過程が観測結果から読みとれる⁴⁾。

夏期の観測結果からは、地表から上空1km付近にかけて幅300m～500m程度のエアロゾルの層によると考えられる強い受信信号が確認されたが、冬期のような

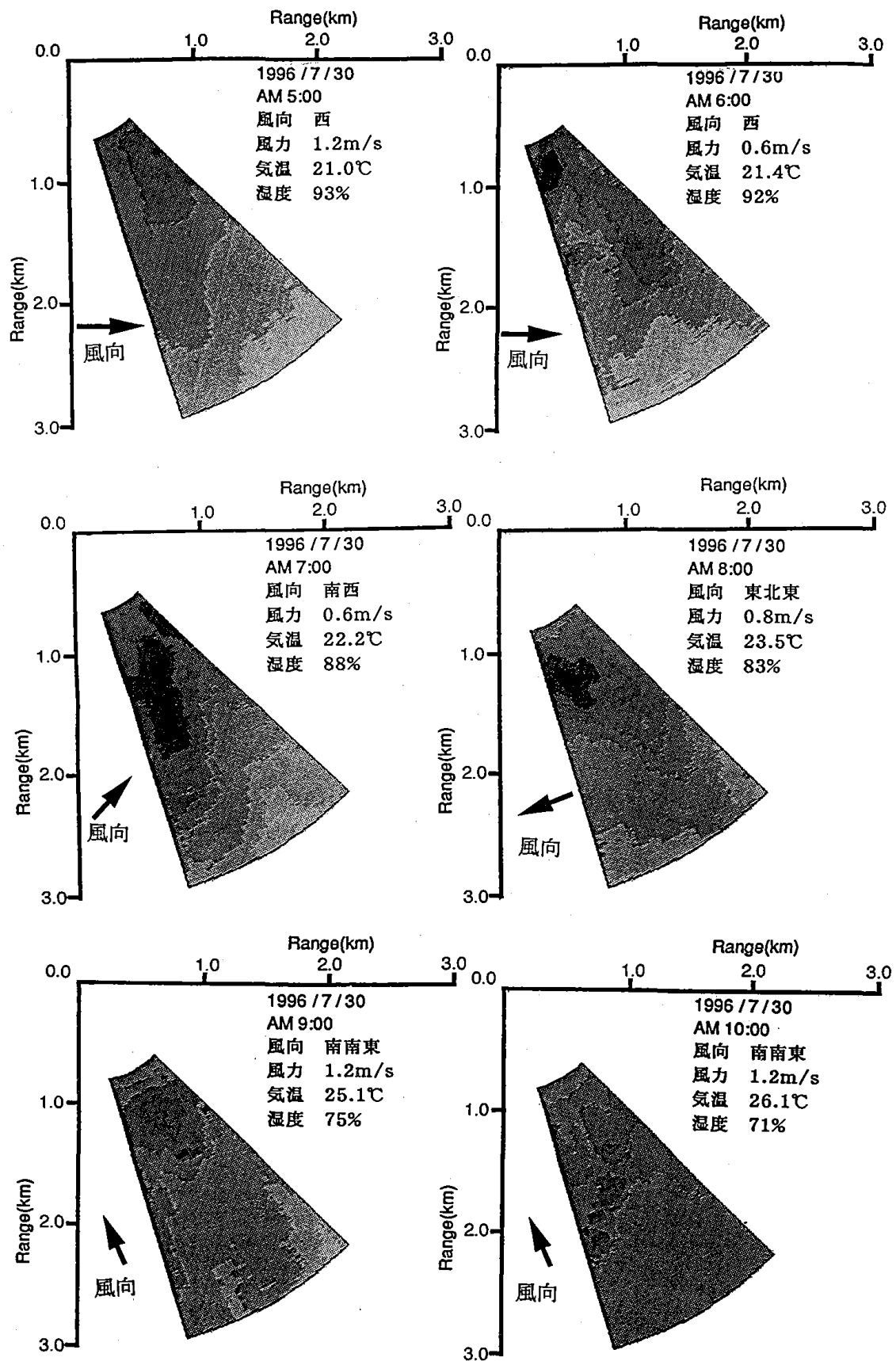


図 - 4 水平掃引観測結果

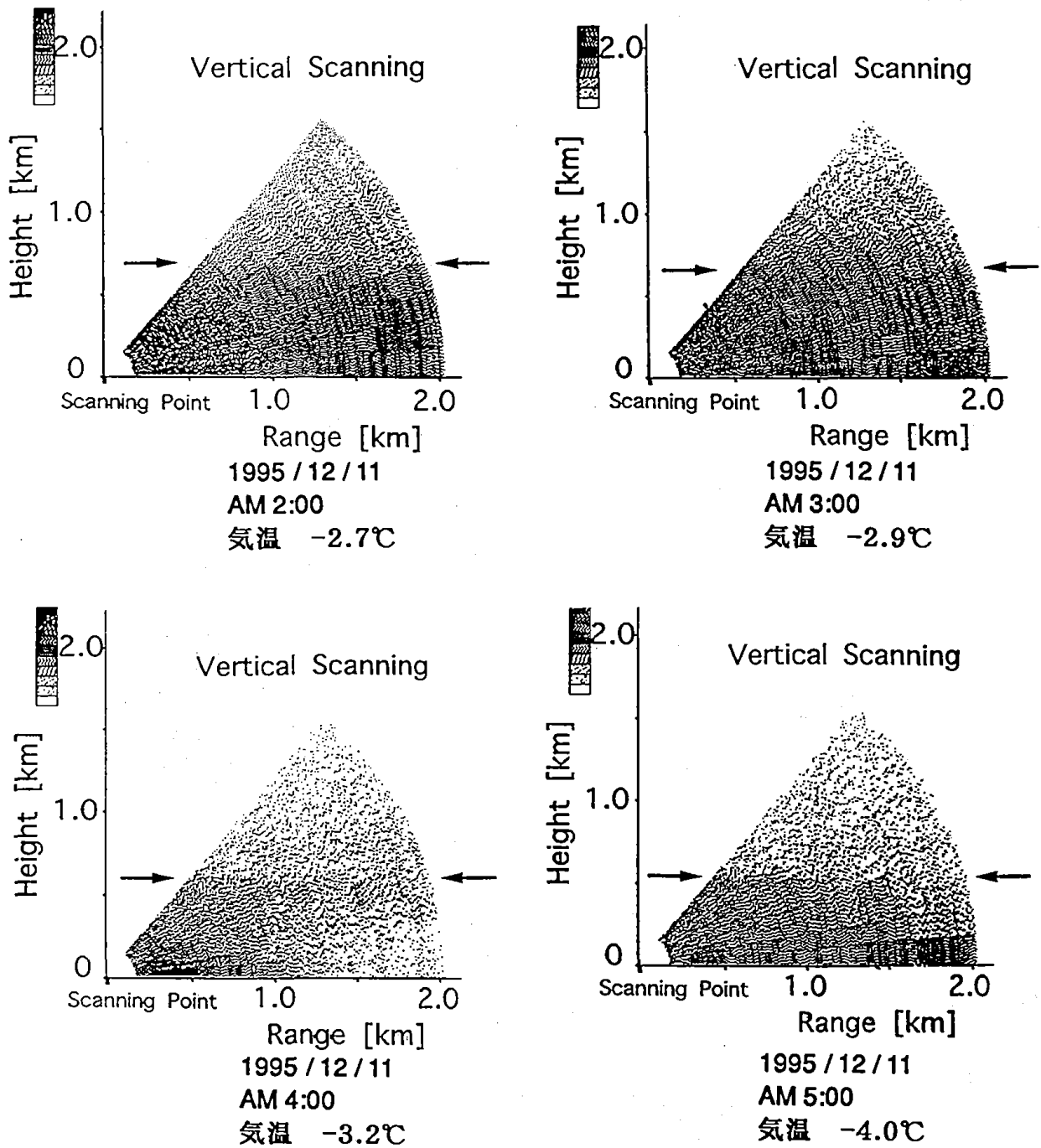


図 - 5 鉛直掃引観測結果 (冬期)⁴⁾

地表付近の高濃度層は見られなかった。この原因としては、大気中に浮遊するエアロゾルが盆地状の地形のため他地域へ拡散しにくいことが考えられる。また、昼間太陽からの熱が地表に吸収され、夜間においてそ

の放射熱によって大気の上昇が発生し（ヒートアイランド現象⁶⁾）、また大気中エアロゾルが熱を吸収することで、エアロゾルが一定の高度に層となって押し上げられたのではないかと推測している。

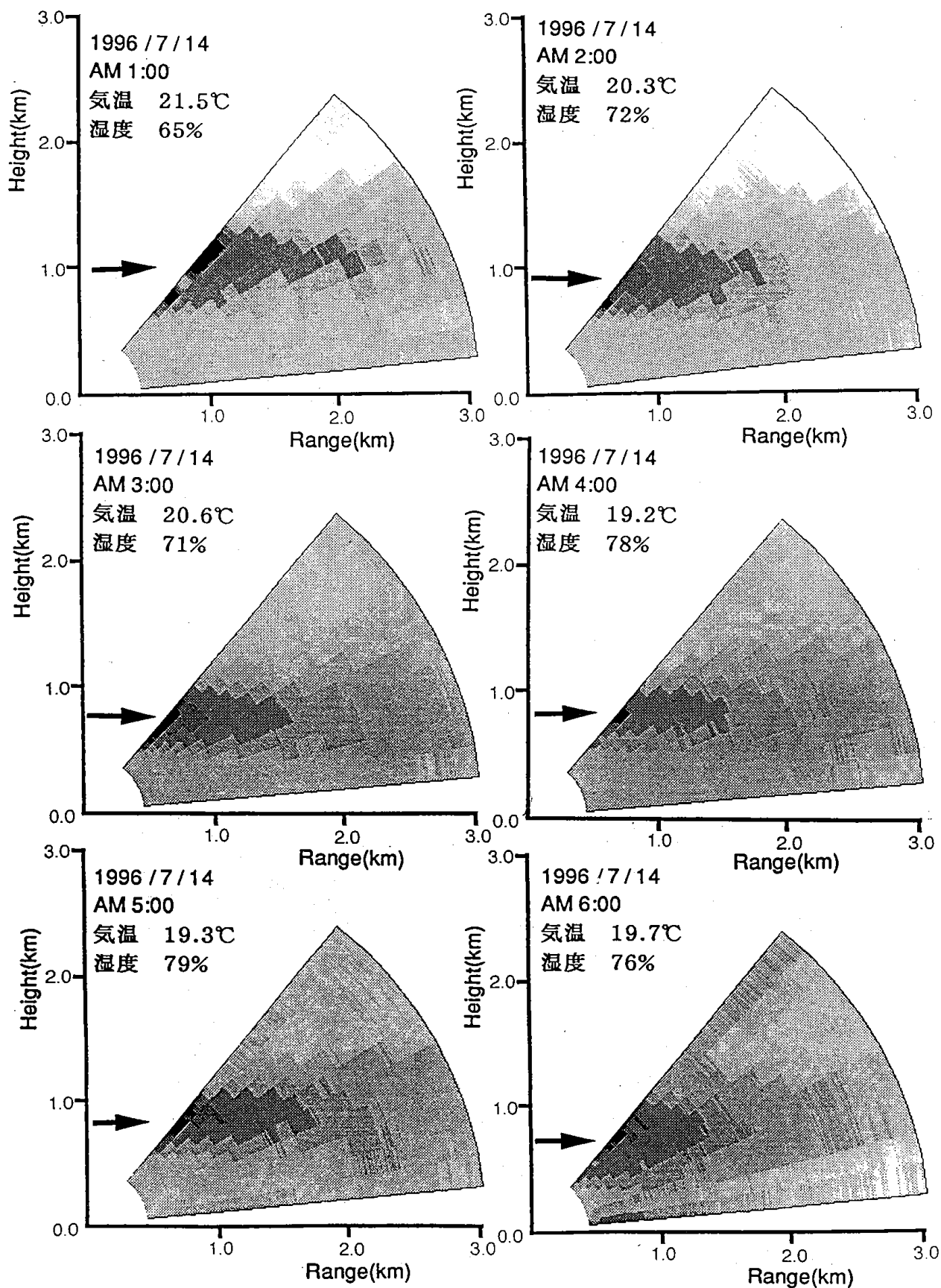


図 - 6 鉛直掃引観測結果 (夏期)

おわりに

エアロゾルの動的挙動を把握するため、掃引可能なライダーシステムを構築し良好な観測結果を得た。

1) 水平掃引観測結果からは、幹線道路での車輛通行に伴い発生したと思われるエアロゾルの広域拡散過程を示した。また煙突などからの局所排出源からの拡散過程も示された。

2) 鉛直掃引観測では季節によるエアロゾルの滞留構造の比較を行い、冬期における大気構造は地表付近にエアロゾルを滞留させやすい傾向があること、また夏の構造には、ある一定の高度にエアロゾルが高濃度の層となって滞留させやすい傾向があることを示した。

今後の予定として、水平及び鉛直両掃引観測を同時に行い、結果を総合的に解析することによって大気構造を3次元的に把握するための観測計画を立案している。

参考文献

1) 斉藤保典：主要幹線道路周辺から住宅域へ流入す

る高密度浮遊粉塵の流れの可視化に関する研究，平成4－5年度科学研究費補助金（一般研究C）研究成果報告書，1-29，1994.

2) 栗田秀實：長野県衛生公害研究所，天気，35，335-336，1988.

3) 斉藤保典，山村祐司，松井一郎，杉本伸夫，野村彰夫，鹿野哲生：低層大気観測用車載型ライダーの開発と盆地における動作試験，天気，43，817-823，1996.

4) 斉藤保典，手塚秀剛，川原琢也，野村彰夫，鹿野哲生，岩井邦中，星川和俊：長野市内大気環境のライダーモニタリング，信州大学環境科学論集，18，75-79，1996.

5) 倉林和代：レーザーダ受信信号解析用ソフトウェアパッケージの開発，信州大学大学院工学系研究科修士論文，1996.

6) 倉嶋厚：暮らしの気象学，133-136，草思社，1984.

（受付 1997年1月16日）