

## スプラディック Na 層発生頻度のグローバル分布解析 Global Distributions of Occurrence of Sporadic Na Layers

阿保真、長澤親生、柴田泰邦  
Makoto Abo, Chikao Nagasawa and Yasukuni Shibata

首都大学東京システムデザイン研究科  
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

### Abstract

We have observed mesospheric metallic layers such as Na by the resonance scattering lidars in Tokyo of middle latitude and Indonesia of the equatorial region. In these Na density profiles, sporadic Na layers (Nas) which have narrow width and high peak density is often observed. Some mechanisms for the production of Nas layers are proposed such as the neutralization of sodium ions in Es layers produced by the wind-shear mechanism. Correlation of Nas altitude and wind shear altitude is high in middle latitude. Otherwise on the equator, correlation of Nas altitude and wind shear altitude was high before midnight, but correlation was low after midnight. These results suggest that the formation mechanism of Nas is different in latitude. We correct global Na lidar data and discuss about longitude and latitude variations of occurrence of the Nas layers.

### 1. はじめに

我々は中緯度の東京、赤道域のインドネシアにおいて、共鳴散乱ライダーによる中間圏界面領域の Na 層等の金属層の観測を行っている。これらの密度プロファイルには、しばしば層幅が狭くピーク密度の高い sporadic 層が観測される。Fig.1 にインドネシアでの Na と Fe の sporadic 層の観測例を示す。sporadic Na 層の生成メカニズムとして、wind shear によりイオンまたは charged particle が集まりこれが中性化する説が有力である。その1つの根拠として中緯度では sporadic Na 層の発生高度と wind shear 高度の相関が高いことがあげられる。しかし、赤道では夜半前に発生した sporadic Na 層は wind shear との相関が高かったが、夜半後に発生した sporadic Na 層は wind shear との相関が低かった。(Shibata 2006) これらの結果より sporadic Na 層の発生メカニズムが異なることが示唆される。そこで、本講演では、今までに報告された高緯度、中緯度、低緯度合計 19 箇所での Na ライダー観測結果から、sporadic Na 層の発生頻度・季節特性について、緯度・経度並びに磁場の傾角・偏角について整理し、これらを衛星観測データ等と比較し議論する。

### 2. Sporadic Na 層発生頻度のグローバル分布

Sporadic Na 層発生頻度の全球的な比較は Clemesha et al. (1998) により試みられているが、今回はこれにその後観測が報告されている、Wuhan (中国)、Gadanki (インド)、Kototabang (インドネシア) など中低緯度の新たなデータを加えて Table 1 を作成した。Table 1 は、報告されている各 Na ライダー観測点の地理緯度・経度、磁場の傾角・偏角、sporadic Na 層の発生頻度を地理緯度北から順に並べたものである。これより、sporadic Na 層の発生頻度が高いのは北半球の高緯度 ( $>67^\circ$ ) と中低緯度 ( $<35^\circ$ ) であることがわかる。しかし、同じ地理緯度でも南半球では発生頻度が低い。我々は sporadic Na 層の生成に磁気緯度が関係していることを指摘

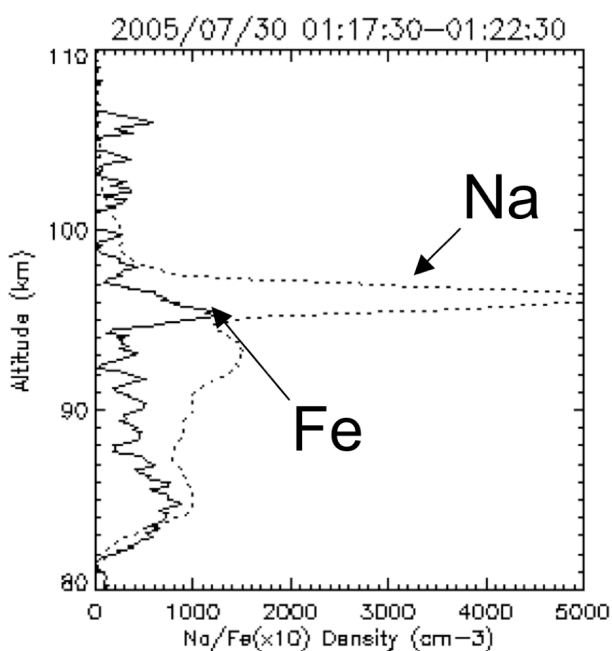


Fig.1 Example of a sporadic Na (Nas) layer and a sporadic Fe (Fes) layer observed at Kototabang, Indonesia.

したが、Clemesha も、磁場の傾角が 0-59° 又は 70-90° であり、かつ磁場の偏角の大きさが 11° 以下である場合に発生頻度が高いこと指摘している (Table 1 の網掛け部分)。磁力線の傾きが関係するのは、電離層の sporadic E 層の生成機構として支持されている wind shear 理論の成立要件を満たすのに必要であるためである。

Table 1. Locations where lidar measurements of mesospheric Na have been carried out

Location	Geographic Latitude	Geographic Longitude	Magnetic dip angle	Magnetic declination	Occurrence of Nas	Reference
Heiss Island	80	50	84	27	-	Juramy 1981
Svalbard	78	15	82	1	○	Gardner 1988
Andoya	69	16	78	2	○	Hansen 1990
Sondrestrom	67	-51	75	-40	○	Heinselmann 1998
Poker Flat	65	-147	77	27	△	Collins 1996
Winkefield	54	-1	68	-4	×	Gibson 1971
Haute Provence	44	6	60	-1	×	Megie 1977
Illinois	40	-88	69	-1	×	Senft 1989
Tokyo	35	139	48	-6	○	Nagasawa 1995
Wuhan	31	114	45	-5	○	Yi 2002
Haleakala	21	-156	39	10	◎	Kane 1993
Mauna Kea	20	-155	37	10	◎	Kwon 1988
Arecibo	15	-67	47	-11	◎	Kane 1993
Gadanki	14	79	10	-5	○	Kumar 2007
Kototabang	0	101	-20	-2	○	Shibata 2006
Alcantara	-2	-44	0	-20	△	Clemesha 1998
Sao Jose dos Campos	-23	-46	-31	-19	△	Batista 1989
Syowa	-69	39	-64	-47	-	Nomura 1987
South Pole	-90		-73	-27	-	Collins 1994

### 3. 衛星観測との比較

Fan et al. (2007) は Odin 衛星による Na の太陽励起光の掩蔽観測から高度分解能 2km で Na 層の高度プロファイルを求め、そこから sporadic Na 層の発生頻度のグローバル分布を求めている。この観測は太陽光を使う測定原理の制約から、観測時間が Local Time の 06 時と 18 時に限定され、さらに 20° より高緯度の冬は観測が出来ない。従って Local Time 特性や季節特性が完全には平均化されていない。この条件をふまえた上で結果を見ると、sporadic Na 層の発生頻度が高い領域は、南半球のアルゼンチン周辺、日付変更線周辺の赤道域、オーストラリア南部の南極域となっている。これらの領域は地上観測のない地点であるが、アルゼンチン周辺は日本に次いで電離層の sporadic E 層の発生頻度が高い領域であり興味深い。一方衛星観測の結果と Table 1 の地上観測の結果とは必ずしも対応していない。これは観測時間の問題が大きいと考えられる。例えば東京では夕方や朝方には sporadic Na 層はほとんど発生せず、夜半前に頻繁に発生するため、衛星からの観測では捉えることが出来ていない。

### 4. まとめ

Sporadic Na 層発生頻度の各緯度経度の地上ライダー観測の比較結果並びに全球的な衛星観測結果から、Sporadic Na 層の発生と電離層の sporadic E 層の発生との相関が高いという従来の主張が支持される結果が得られた。しかし、Local Time 特性や季節特性には地域ごとに違いがあり、このあたりに Sporadic Na 層の発生機構の全容解明のヒントが隠されていることが推察される。今後この点を中心に解析を進める。

### 参考文献

- Clemesha, B. R. et al., *J. of Atmos. and Solar-Terr. Phys.*, **60**, 1773, 1998.  
 Fan, Z. Y. et al., *G.R.L.* **34**, L15808, 2007.  
 Shibata Y., et al. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84A**, 317, 2006.