

氏名・(本籍)	とみ た ふ み ひこ 富 田 二 三 彦
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 765 号
学位授与年月日	昭 和 57 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程)地球物理学専攻
学位論文題目	レーザー・レーダーによるナトリウム層の構造に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 上 山 弘 教 授 大 家 寛 教 授 田 中 正 之 助 教 授 斎 藤 尚 生

論 文 目 次

第1章 序 論

- §1 序
- §2 共鳴散乱
- §3 色素レーザー
- §4 レーザー・レーダーシステム

第2章 色素レーザー・レーダーによるナトリウム層の研究

Part I 送信装置

- §1 レーザー発振器
- §2 発振スペクトルの狭帯域化と周波数同調
- §3 周波数同調の検定

Part II 受信および解析システム

- §1 受信装置

§ 2	解析システム
Part III	観測方法
§ 1	レーザー・レーダー方程式
§ 2	Rayleigh 散乱光強度に対する考察
§ 3	中間圏ナトリウムの絶対密度
第 3 章	ナトリウム層の構造とその時間的変動
Part I	日変化
§ 1	観測経過
§ 2	ナトリウム層の Peak density
§ 3	ナトリウム層の Total content
§ 4	ナトリウム層の構造の日変化
Part II	季節変化
§ 1	Total content の季節変化
§ 2	ナトリウム層の構造の季節変化
Part III	波動現象
第 4 章	理論的考察
§ 1	歴史的背景
§ 2	化学反応
§ 3	ナトリウム原子とナトリウム化合物
§ 4	理論的考察
第 5 章	結語
§ 1	ナトリウム層の構造
§ 2	今後の課題
	謝辞・参考文献

論文内容要旨

中間ナトリウム層に関しては、古くから、夜間あるいは薄明時の大気光に含まれる D 線の観測に基づいて、間接的な推論が進められてきた。最近では、レーザー・レーダーによるナトリウム層の直接観測が世界各地で行なわれるようになり、深い関心を集めている。しかし、二三の観測所を除いては、観測の精度が充分でなく、これまでの研究の多くは、平均的なナトリウム層についての議論にとどまっていた。

本論文では、われわれが開発した高性能レーザー・レーダーによる精密観測に基づき、ナトリウム層が構造の変化を伴いながら、日変化および季節変化をしている事実を示すと共に、その機構に関し理論的な考察を行なった。

第 1 章では、レーザー・レーダーシステムに関する歴史的な背景と、その基礎についての一般的な記述を与えた。

第 2 章では、本研究に用いたレーザー・レーダーシステム、および観測方法について述べた。1972年に、わが超高層物理学研究施設は、日本で初めてレーザー・レーダーによるナトリウム層の観測に成功したが、当時の出力は 1 mJ と少なく、時間、空間分解能が不十分のため、観測データに対し、理論的考察は加えるにいたらなかった。本研究では、新たにレーザー・レーダーシステムを製作し、出力 80 mJ、発振波長幅 0.03 \AA のレーザー発振器を実用化した。さらに、受信システムの全面的改良により、高さ分解能 1.5 km、時間分解能 5 分の良質のデータを入手することが可能となった。さらに、ナトリウムの絶対密度を求めるために、基礎的な実験と研究を行なった結果、次のことが明らかになった。

(1) 送受信望遠鏡の視野設定条件により、レイリー散乱光強度の高さプロフィールが異なる。

これは特に 30 km 以下で著しい。

(2) 受光強度が強い場合、計測誤差が著しい。よって、パルス出力 10 mJ 以上で 30 km 以下のレイリー散乱の計測には、誤差についての周到な吟味が必要である。

以上の結果をもとにして、観測データの解析を行なった。

第 3 章では、新レーザー・レーダーシステムによるナトリウム層の観測結果をもとに、その構造と、その時間的変動の特徴について述べる。主要な結果は次の通りである。

(1) ナトリウム原子の total content の日変化に関しては、様々な型が見られるが、概観的には、夕方から朝方に向けて増加する傾向が強い。

(2) 季節変化に関しては、秋から冬にかけて多く、春から夏にかけて少ない傾向が見られる。

(3) 日変化には、時間スケールの小さい、急激な変動が含まれるのが一般的である。また、

周期が1.5～2時間程度の波動が観測される場合もある。

- (4) 日変化、季節変化にはともに構造の変化を伴っており、構造の変化とナトリウム原子密度ないし総量の時間的変動とは不可分の関係にある。すなわち、total contentが減少する時は、まず、ナトリウム層の下部においてナトリウム原子の消滅が見られ、ついで、層全体にわたって消滅が見られる。また逆に、total contentが増加する時は、ナトリウム層のピークが下降しながら生長していくように見える。それと同時に、上方に裾を引く構造も見られる。
- (5) ナトリウム層に波状構造が見られることが多く、その垂直波長は約6kmで、数m/secの位相速度で下降している。

第4章では、以上の詳細な観測事実をもとに、理論的考察を行なった。現在までに知られている、ナトリウムに関する化学反応式の中から、重要なものを選び出し、検討した。その結果、ナトリウム原子の生成と消滅に関しては、酸素原子とオゾンが重要な役割を演じていることがわかった。

オゾンの増加は、ナトリウム化合物(NaX)の増加を促し、相対的にナトリウム原子密度の減少をもたらす。特に、オゾン密度の高さ分布において、80～90km領域は変動が激しいことか、観測により知られており、約85kmの高度に小さな第二ピークを示すことが多いが、この領域のオゾンの量の増加することと、ナトリウム層が下部から減少することが対応する。また、季節変化についても同様なことが言える。

一方、酸素に関しては、夏半球から冬半球への、風による輸送効果を考えに入れてモデル計算を行なった。その結果、高度100km以上で、冬期は酸素原子密度の増加が見られ、このため、ナトリウム層の上部で、ナトリウム原子の増加を招き、いわゆる、上方に裾を引くナトリウム層の構造が説明される。

以上、レーザー・レーダーを用いたナトリウム層の構造に関する観測、および、それに対する理論的な考察が、本論文の要旨である。

論文審査の結果の要旨

本論文は著者等により開発された高性能の共鳴散乱レーザー・レーダーの精密観測で明らかになったナトリウム層の微細構造およびその時間的変動の様相を示すと共に、その機構に関して理論的考察を行ったものである。

第1章、第2章においては、この研究に用いられた高性能のレーザーレーダーの送受信機システム]および測定上避け得ない誤差の吟味を行ない、真のナトリウム密度を求めるための方策を実験と理論の両面から検討している。

第3章では観測で明らかになったナトリウム層の構造とその時間的変動の特徴を述べている。主な結果は、

- (1) ナトリウム原子の総量は、一般には夜間朝方に向って次第に増加するが、一・二時間スケールの激しい増減を伴っている。
- (2) 季節的には秋から冬にかけて多く、春から初夏にかけて極小となる。
- (3) 日変化・季節変化ともに層の構造の変化と不可分の関係にある。すなわち、総量が激少するときはナトリウム層の下部において先づナトリウム原子の消滅が見られ、次第に層全体に及ぶ。反対に増加するときは、層の下部のナトリウム原子が顕著に増加し、見掛上、ピークの高さが下降するように見える。

第4章においては、上記の新しい観測事実に基き理論的検討を加え、ナトリウム層の下部のナトリウムの減少はオゾンの増加と深く関係し、層の上部の構造は酸素原子の分布と密接に関わっているという重要な示唆を与えている。

このように、従来ナトリウム層の生成論に関して永い間論争が続けられて来たが、この研究で実証的に明らかにされた新しい事実は、ナトリウム層の研究史上特筆すべき成果と考えられる。従って本論文は、著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を示すに足るものである。よって、富田二三彦提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。