

氏 名	岩 室 史 英
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 1583 号
学位授与の日付	平成 7 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科物理学第二専攻
学位論文題目	OH 夜光除去分光器の開発

論文調査委員 (主 査)
 教授 小山勝二 教授 政池 明 教授 今井憲一

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は、近赤外波長域において、上層の地球大気が発する非常に明るい夜光輝線を、これまでに無かった新しい手法により分光的に取り除く事によって、従来の観測装置の数倍の検出能力を持つ装置、OH 夜光除去分光器（以下 OHS と略記）を開発して観測性能の実証を行なったことを述べたものである。

赤外線波長域の天体観測は、星の形成過程や銀河中心領域の物理状態の研究に最も適した観測手段として発展してきた比較的新しい観測的研究の分野である。ところが近年、非常に遠方の天体、すなわち、宇宙の初期に形成された天体の観測にもとづく研究が、天体物理学上の最重要な課題のひとつになってきている中で、これら遠方の天体の近赤外線観測が、初期宇宙での天体の形成を探る上で鍵を握る情報をもたらす可能性を有すると期待されるようになってきている。しかし赤外線での観測は、従来検出器の性能が観測の限界を決めていたため、遠方の天体の極めて微弱な放射を観測することは困難だったが、最近になって検出器の高性能化が急速に進んだ結果、むしろ、大気が発する夜光と呼ばれる放射（主として、紫外光で励起された OH ラディカルの振動回転遷移の放射）によって観測限界が決まるという事情になってきた。この夜光放射は、波長 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ の近赤外線領域に卓越しており、非常に幅の狭い数多くの輝線スペクトルからなる。この波長域は、遠方の天体が放射した紫外から可視光領域のスペクトルが、赤方偏移を受けた結果として観測されるものであり、宇宙の初期天体に関する重要な情報をもたらすので、夜光放射の影響を除いて観測することが可能になれば、この分野の観測的研究に大きな寄与をすることが期待されていた。

申請者は、OH 夜光が幅の狭いラインのみであり、かつ個々のライン位置が精密にわかれば、それらのラインを高い分解能の前置分光器で除去することが、現実的な光学系で製作可能であることを示した。そのため、まずハワイ大学天文台の有する 2.2 m 望遠鏡のクーデ分光器を用いて、大気の OH 夜光輝線を 3 度にわたり詳細に観測し、150 本余りの輝線の波長同定をすると共に、輝線間の背景光の強度は、この波長帯

での輝線を含んだ平均的な背景光の強度の2%程度であることを明らかにした。また、それらの観測と並行して、独自の光学設計プログラムを開発して、約150本足らずの夜光輝線のみを取り除く特殊な光学系の設計を進め、申請論文に書かれているような具体的分光器システムの提案を行なった。

申請者が開発したOHSと呼ぶこの装置の概要は次の通りである。まず、高い波長分解能で分光して得られるスペクトル像面にバーコード状の黒色プレート(夜光マスク)を置いて、ほとんどすべての強い夜光ラインを吸収・除去する。その後、夜光を除去された光はグレーティングに当たって、分光時と全く逆の過程で元の白色光のビームに再合成され、最終的には高性能の赤外線カメラで観測するものである。なお、この光学系の途中にプリズムを挿入することにより、低分散の分光観測ができるようにしていることで、遠方の天体の連続スペクトル成分の検出限界を高めている。開発されたOHSは夜光マスク上で十分に高い波長分解能を得るため、分光器の長辺が2mを超える大型の装置となっているが、実際の望遠鏡に取り付けられるように実際上の工夫も行なわれている。

OHSを用いた観測は、装置の製作が完了した後、ハワイ大学のマウナケア山天文台にある2.2m望遠鏡を用いて平成6年3月までに4回行なわれている。装置の性能を確認するための、2回の試験観測を含めて、これまでに行なわれた観測の結果にもとづき、夜光マスクを始めとする様々な部分の改良のほか、調整・解析方法が確立されてきた内容についても、論文ではかなり詳しく記述されている。論文にまとめられた装置性能は、夜光除去率1/18、OHS本体の光透過効率34%(望遠鏡・赤外線カメラ・検出素子の量子効率を含めたシステム全体の効率は5%)で、この分光器を通すことによって効率は低下しているが、背景光を大幅に減らすことができるため、従来の観測方法よりも1等(2.5倍)程度暗い天体の観測が可能であることを確認している。

平成5年10月以降行なわれた2回の天文学的観測では、重力レンズ天体であるMGO 414 + 0534、遠方の赤外銀河IRAS FSC 10214 + 4724等の観測で成果を得ている。前者はこれまでの観測で正体の判っていない天体であるが、OHSによる分光観測の結果、赤方偏移パラメータ $z=2$ の星生成直後の銀河である可能性が指摘された。後者は、非常に暗い天体であるにもかかわらず分光観測を行ない、いくつかの輝線の他、連続光成分の強度・スペクトルの傾きが得られた。特に後者は、口径4mクラスの望遠鏡でも赤外分光観測は難しい天体で、OHSの能力を具体的に示した結果と考えることができる。

申請者は、新しい概念の赤外線分光器「OHS」の開発的研究を行なって、実際の観測において成果を期待できる本格的な観測装置を設計製作した。4回に亘る観測の結果から、第1号機のOHSは従来の観測方法に比べて1等程度高い観測能力を持つことを示した。また将来、すばる望遠鏡にOHSが取り付けられた場合、他の方法では観測の困難な初期銀河の進化の様子を詳しく研究することが期待できることを示している。

論文審査の結果の要旨

赤外線波長域の天体観測を行なって、宇宙の初期に形成された遠方の銀河やクェーサーなどの観測的研究を進めるために、これまでの観測装置では避けられなかった強い夜光放射の影響を、特殊な光学系によってほぼ取り除くことのできる新しいタイプの分光器システムを開発・製作し、実際の観測においてそ

の性能を実証した。

波長 $1\mu\text{m}$ 以上のいわゆる近赤外線領域は、上層の地球大気が放射する非常に明るい夜光輝線のバンドに対応しているため、微弱な天体の観測に対して検出感度を制限するような強いバックグラウンド放射をだしている。その結果、通常の測光・分光の観測の方法では、遠方の暗い天体の信号を十分な SN 比で測定することは困難であった。申請者は、この近赤外波長域において、これまでに無かった新しい手法により各々の夜光ラインを分光的に取り除く事によって、「OH 夜光除去分光器」と呼ばれている（以下 OHS と略記）独創的な分光観測装置を開発したこと、および数度の実際の観測においてその性能を確認したことなどを申請論文としてまとめている。

まず申請者は、 $1\sim 2\mu\text{m}$ 帯の OH 夜光ラインのうち相対的に強度の大きな約 150 本の除去によって、検出感度を最大 5 倍程度まで高めることが可能であることを示して、実際の光学系の設計に入っている。現実にこのような新しいタイプの装置を製作するためには、夜光輝線のライン位置や強度を十分な精度で知ることが必要である。そのために、申請者はハワイ大学天文台の有する 2.2 m 望遠鏡のクーデ分光器を用いた観測も行っており、その成果も論文として発表されている。これらの情報をもとに、申請者自身が開発した独自の光学設計プログラムを用いて、約 150 本足らずの夜光輝線のみを取り除く特殊な分光フィルター機能を含んだ光学系の設計を進め、論文に詳細に書かれているような具体的分光器システムの提案を行なった。この提案の内容は、国内国外の望遠鏡や観測装置に関する研究会、シンポジウムなどでも発表されて、微弱天体に対する高い感度をもつ可能性に注目と期待が集まった。

実際に申請者が設計製作した OHS と呼ぶ装置では、高い波長分解能で分光して得られるスペクトル像面が反射面となっており、その上に OH 夜光ラインの 1 本 1 本を吸収するメッシュ（夜光マスクと呼ぶ）をおくことによって、それ以降の反射光束には、OH 夜光成分がほぼ完全に除去されるようになっている。申請者のアイディアの最も重要な点は、OH 夜光成分を除去したのちに、分かれた波長成分を再度グレーティングに逆の光路で入射させることによって、白色平行ビームを得られるように光学系を考案したことである。その結果、白色光束をもう一度プリズム等で分散をかけて低分解能スペクトルを得ることができる。このような低分散スペクトルの観測は、特に遠方の暗い初期銀河の連続スペクトルを測定する際に本質的に重要で、この OHS の優れた特徴となっている。暗い天体のスペクトル情報は高い波長分解能の場合には、スペクトルエレメント当たりの光子数または最終的な電子数が小さくなり過ぎて、検出器の読出雑音レベルに埋もれてしまうためである。一方、若い初期銀河の、近赤外線域における連続スペクトルの進化の様子についても、申請者は独自の銀河進化のシミュレーションコードを作成してチェックしており、開発した OHS のもたらす天体物理学的な意義についても十分に吟味されている。

OHS 分光装置の製作が完了した後、ハワイ大学のマウナケア山天文台にある 2.2 m 望遠鏡を用いて、2 回の試験観測を含めて、これまでに 4 回の観測が行なわれている。論文では得られた装置性能として、夜光除去率 $1/18$ 、OHS 本体の光透過効率 34% などがわかったこと、およびそれにもとづいて、従来の観測方法よりも 1 等 (2.5 倍) 程度暗い天体の観測が可能であることを確認している。さらに、申請者が現在の OHS の開発を通じて得た経験にもとづいて、問題点と今後の改良についての指摘も行なっている。当初の問題点として、① 常温のプリズムで分光した光を赤外カメラで受けているため、熱放射が無視できない量

になっていること、②装置が非常に大型であるため、天体の追尾に伴う装置形状の微小変形が、長時間の露出を妨げていること、等が指摘されていたが、それぞれ、フィルターで長波長側の観測波長域を減らしたり、補強をするなど改善され、観測に支障が無い程度に抑えられていることを示しており、OHS装置が既に実用的にも優れた性能を有する状態であると判断できる。

以上のように本論文は、新しい概念の赤外線分光器「OHS」の開発的研究を行なって、試験観測や本観測において高い観測性能を実証したこと、さらに実際に遠方の銀河の分光観測も実施して新しい知見が得られていることなどを記述したものであり、その装置の独創性と有効性が認められる。よって、理学博士の学位論文として価値あるものと認めた。