

KECK 10メートル望遠鏡と宇宙論の研究

定金 晃三 (大阪教育大学)

ハワイ島マウナケア山(海拔4200メートル)の山頂は世界的な天文観測センターとしてさまざまな大型観測装置が建設され、いま急激な変貌をとげつつある。日本の天文学界の総力を挙げて取り組んできたすばる望遠鏡を収めた、特異な角張った形をしたドームの外観はすっかり完成し、山上に異彩を放っている。そのすばるドームのすぐそばに、丸い二つの巨大ドームがある。よく見ると、この二つのドームの下部は一つの建物として連結されており、全体として一つのまとまりをなしている。この内すばるに近い方のドームには1992年に観測を始めたKECK I望遠鏡が入っており、他の一つには1996年夏に動き始めたKECK IIが収納されている。(写真1)

これらはいずれも10メートルという現時点で世界最大の口径を誇っており、すでに多くの成果を生み出した。この2基の巨大望遠鏡はアメリカの富豪W. KECK氏の寄付によって作られたもので、カリフォルニアの複数の大学が連合してKECK天文台という組織を作って運用している。この望遠鏡は1990年代に入って日本を含め世界各地で計画され、建造が始まった8メートル以上の口径を持つ巨大望遠鏡時代の先駆けをなした点で画期的な意義を持っていた。

KECK望遠鏡はこれまでの望遠鏡に対する常識の多くを打ち破ったという点でも画期的であったと言える。

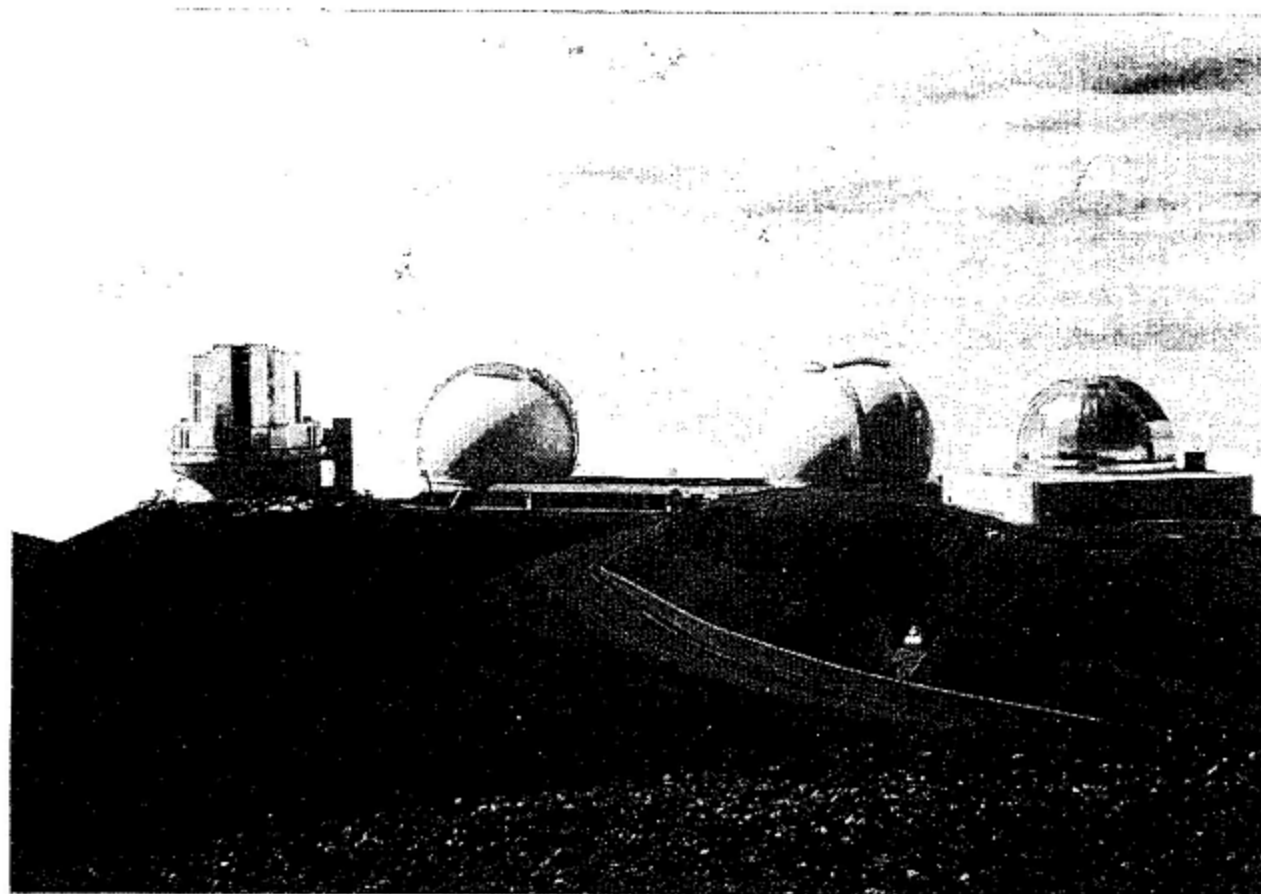


写真1 : 1997年11月のマウナケア山頂の様子。左端の角張ったドームがすばる。中ほどの2つがKECKで、右端はNASAの赤外線望遠鏡。

まず、反射望遠鏡と言えは大きな一枚ガラスを研磨して、放物面の主鏡を大金をかけて磨くという常識を破り、小型（口径1.8メートル）の鏡36枚を繋ぎあわせて主鏡を構成するという破天荒な試みを行った。36枚の鏡は支持（サポート）機構に載せられ、能動的な制御を受けながら常に一枚鏡と同等の性能を出すように設計されている。鏡の研磨や初期の調整などに苦労はあったが、現在では平均して1秒以下の星像を実現しており、このやり方では2秒を切ることは難しいだろうと予想していた連中は尻尾を巻かざるを得ない状態になっている。小型の鏡を多数使うことはメンテナンスの面でも大きな効果をもたらしている。大型望遠鏡の鏡は普通数年に一回取り外してメッキのやり直し作業を行うが、この間は当然観測は休止となる。KECKの場合は小型の鏡を一枚一枚外してメッキに出し、その間代わりの鏡を取り付けることで観測を休む必要はない。さらに大きなメリットは、鏡が小さいことからメッキをするのに使う真空蒸着釜が径2メートルもあればすむことで、これは大きき10メートルの真空釜を山の上に運び上げるのに大騒ぎを演じたすばるの場合とは大違いである。（天文月報1997年2月号140頁の記事参照）

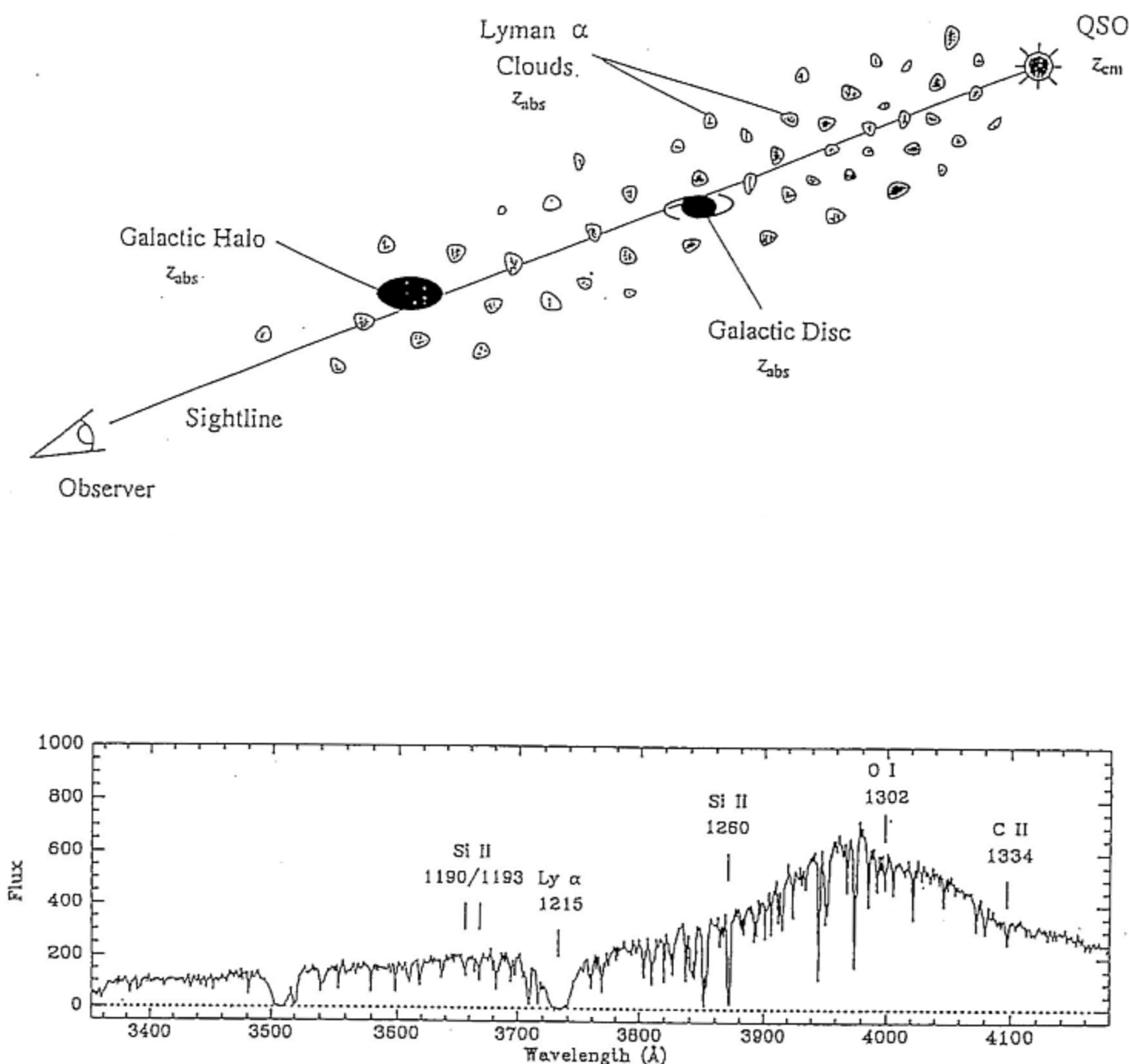


図1：QSOのスペクトルにライマンアルファの森が形成される様子を示す概念図。

さて、KECK I 望遠鏡のナスミス焦点の一方にはHIRES (High Resolution Spectrograph) と呼ばれる大型の分光器が設置されている。この分光器はエシエル方式の光学系を使っており、広い波長範囲のスペクトルを高い分解能で一度に観測することが可能になっている。例えば、16等台の点光源(恒星やQSO)の場合、可視域の高分散(波長分解能30000程度)スペクトルを数時間の積分でSN比50以上で観測することができる。これはまったく驚異的な性能で、KECK+HIRESを使うことによって観測的宇宙論に新しい時代が開けてきたと言っても過言ではない。

そのような観測のひとつとして、QSOのスペクトルに見られるライマンアルファ(Ly α)の森のスペクトルを解析して、宇宙初期の重水素(D: Deuterium)量を決めようとする研究が行われている。QSOは宇宙の中でもっとも明るい天体であり、したがって、極めて遠方にあっても観測が可能である。赤方変位が3より大きいQSOではLy α の輝線が可視波長域に見えるが、この輝線の短波長側に多数の細かい吸収線が見える。これらの吸収はQSOと観測者の間の空間に分布する(原始銀河を含む)吸収体で形成されると考えられている(図1)。

吸収体の中で z が大きく(したがって、古い天体)物質の進化が進んでいないものは、宇宙の初期の状態を止めていると考えられる。これらの天体の分光観測から宇宙初期(ビッグバン直後)の物理状態(バリオンの密度など)を知るのに最も重要な量のひとつとされるD/H比を決めてやろうというわけである。

Dの原子構造は普通の水素(H)と全く同じであるが、エネルギー準位にわずかの違いがある。その結果、DのLy α はHのLy α より速度にして82 km/s短波長側に表れる。Ly α の森の中で、DとHのLy α が分離して見えているのを探し、それらのスペクトル線のプロフィールを解析すれば、D/Hを決定できるはずである。このような考えは1980年代からあったが、実際にKECK望遠鏡を使った観測結果が発表されたのは1994年になってからであった。その時の結果はD/Hの値は10の -4 乗程度というもので、それまでに他の元素(He4とLi7)から得られていた結果と矛盾しないとされた。ところが、1996年になって別のグループが同じくKECK望遠鏡を使って別のQSO2個の精度の高い観測を行なって解析した結果を発表し、D/Hの値は一桁低いと主張しはじめた。観測データの質や解析の方法の厳密性などでは後者のグループの結果の方が信用できそうに思われるので、今のところそっちに分が有りそうな形勢になっている。(図2)

ところが、もしその結果を受け入れるとすれば、He4やLi7から推定されていたバリオン密度とは矛盾を来すことになるので、昨年から大問題になっている。

このようにKECK望遠鏡は今大活躍しているが、上に述べたD/Hの問題の解決にはまだ相当の時間がかかりそうである。すばる望遠鏡のナスミス焦点にもHIRESを上回る波長分解性能を持つ分光器(HDS: High Dispersion Spectrograph)を載せ、2000年の観測開始を目指しているが、HDSも宇宙論の研究で目覚ましい結果を挙げたいものと考えている。

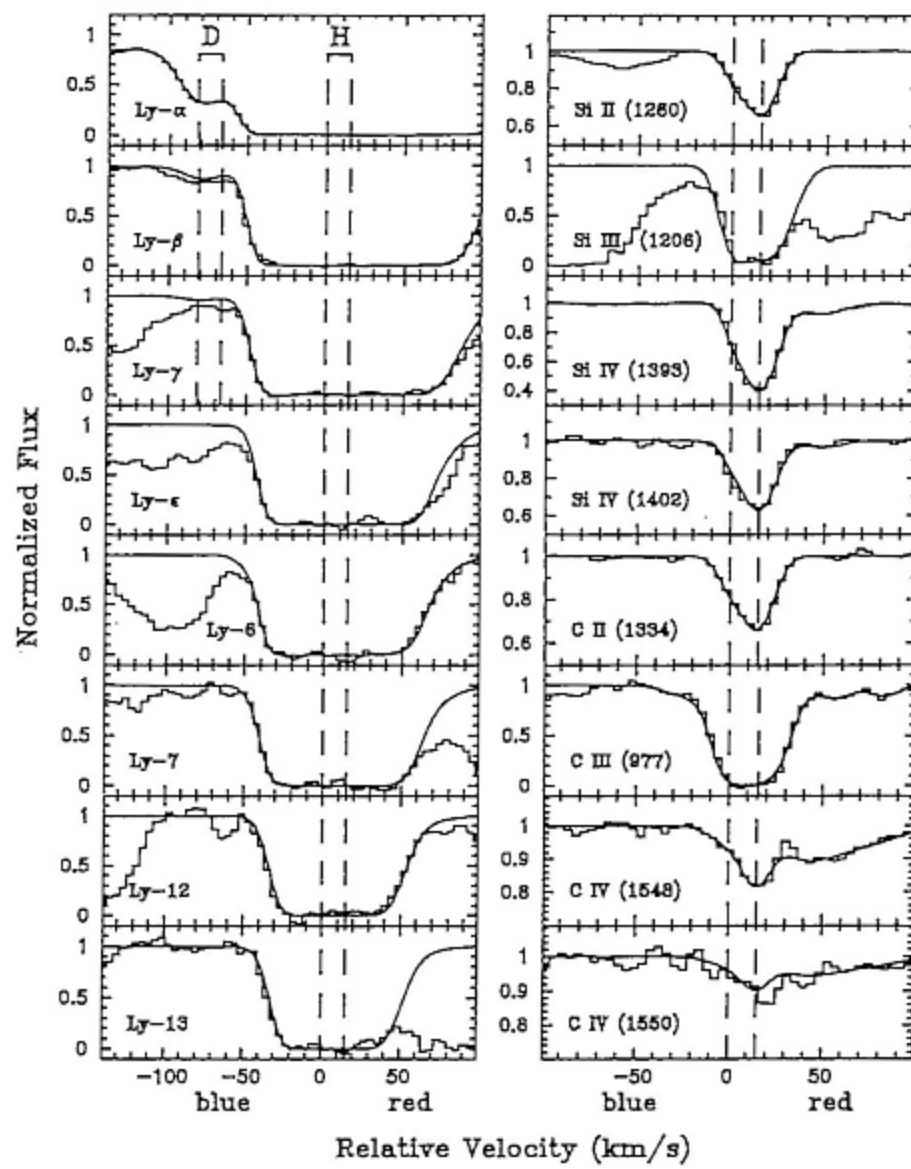


図2 : QSO 1937-1009 のスペクトルとD/Hの解析。左の上がLy α 線、DとHのペアが観測された(と解釈している)。Tytler and Burles, 1996.