

Beyond H_0 determination

筑波大学計算物理学研究センター

日本学術振興会特別研究員 米原厚憲

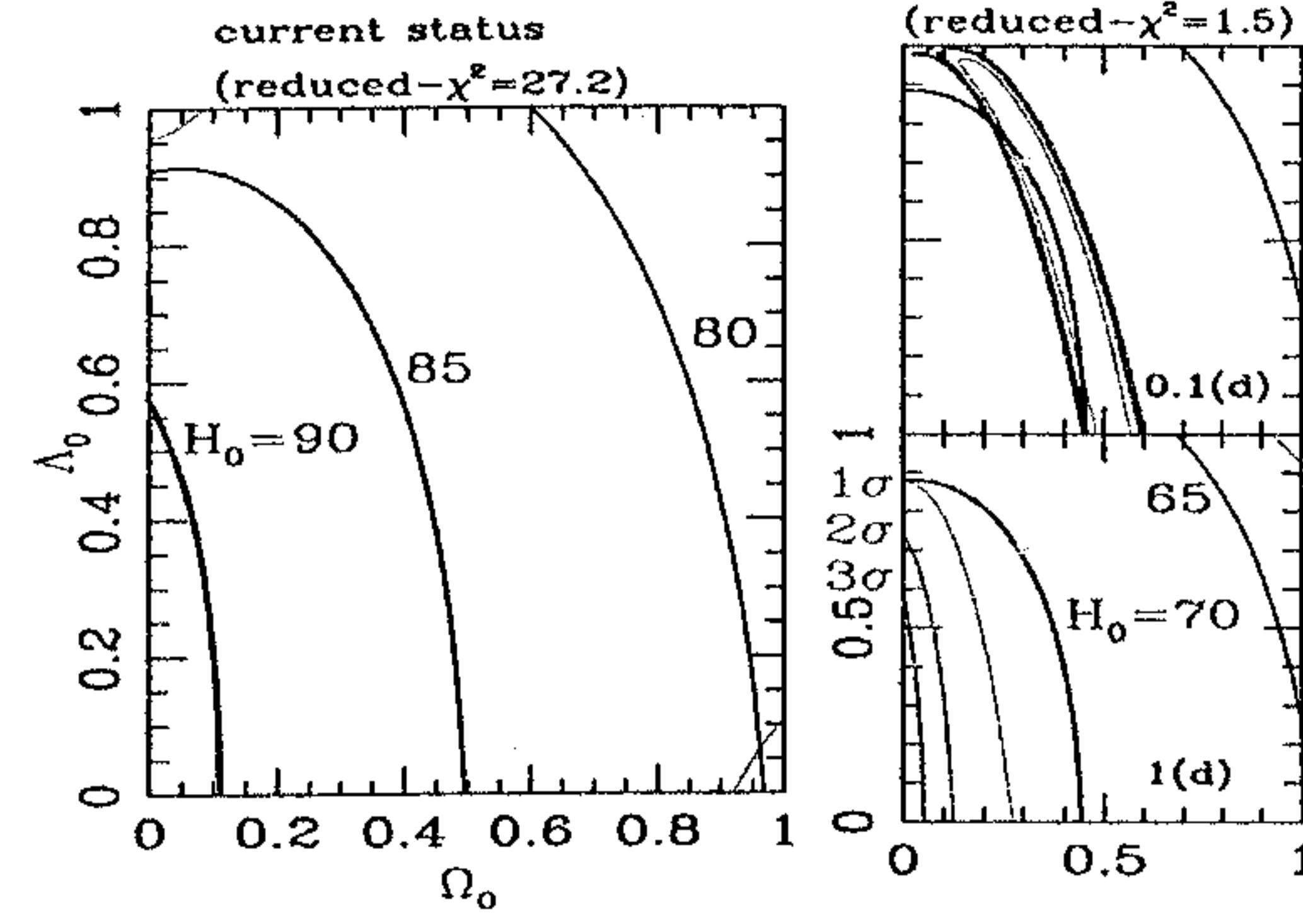
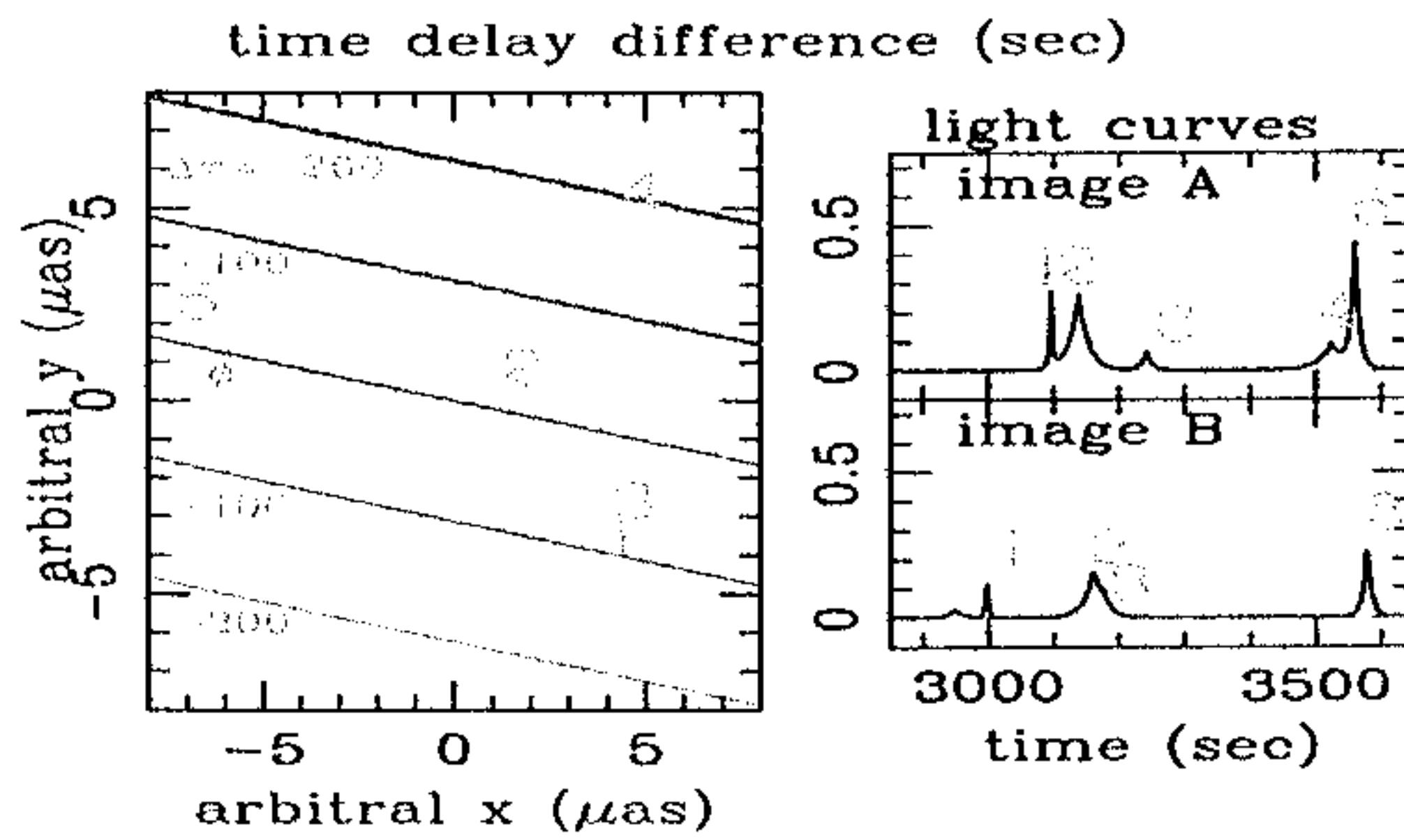
(yonehara@rccp.tsukuba.ac.jp)

Refsdal(1964)によってアイデアが提案されて以降、重力レンズを受けた Quasar の光度変動を用いて、像の間の time delay を観測し、Hubble 定数を測定するという研究が精力的になされてきている。近年、様々なこの種の天体について、数十%程度の誤差でこの time delay が決定されており、それに伴い、Hubble 定数の値としても、ある程度良さそうな結果を出しつつある。まだ、観測誤差などの影響で、十分とは言えない精度ではあるが、今後、現在進行中の monitoring プロジェクトなどによって、より一層、精度が良く、信頼性の高い結果を出してくることと思われる。

ところでそもそもこの time delay は、天体までの距離（奥行き）と、レンズ天体－光源の相対的な位置関係が決まれば、適当なレンズモデルを介して一意に決まるべきものである。ここで、天体までの距離は、Hubble 定数のみならず、 Ω_0 や Λ_0 にも依存していること、また、光源は有限の拡がりを持っており、光度変動の原因となる flare は、光源の様々な場所で発生していることを思い起こせば、この time delay の測定は、
 (1) Ω_0 や Λ_0 といった宇宙論 parameter を制限/測定することが可能となる
 (2) Quasar の光度変動の原因である flare の発生場所を制限/特定することが可能となる

といった可能性を秘めていることに気がつく。そこで、この二つの可能性について考察した。

宇宙論 parameter の測定に関しては、現在の精度では右の左図のとおり、Hubble 定数の推定はある程度できても、他の parameter に関しては、信頼領域すら書くことができない。しかし、time delay が 1 日の誤差で決まれば、右の左下図のような領域に、そして、0.1 日の精度で決定できれば、左上図のような狭い領域に、宇宙論 parameter の値を制限することが



可能となってくることが分かった。この精度は地球規模の monitoring プロジェクトで達成可能であると考えられる。ただし、レンズモデルによる不定性を無視できないため、同時に信頼できるレンズモデルの構築も必要である。

さて一方で、光源の場所の違いによる time delay への影響はどのようなものかというと、Yonehara

(1999)によって導かれた式を用いることで、レンズ天体の redshift が 1 度、像の間隔が 3 秒角程度、そして flare の間隔が、 $3 \times 10^{15} \text{ cm}$ ($10^9 M_\odot$ の black hole の $100 r_g$ 程度の近傍) であったときに約 1 秒の差に相当することが分かる。つまり、timing observation などの手法を用いて 1 秒の精度（時間分解能）で flare の time delay を測定することができれば、 $100 r_g$ という空間分解能で、光源の flare の分布等を調べることが可能になるのである。左上の図は、time delay の光源の場所による違い（左）と、期待される光度曲線（右）、そしてランダムに置いた flare の場所（数字）を書いたものである。実際、Chartas(2001)によって、重力レンズを受けている Quasar にも X 線での激しい変動が観測されており、このような手法が実際に使えるであろうことを予感させる。ちなみに、こちらの手法に関しては、レンズモデルの不定性や宇宙論 parameter の違いには、ほとんど影響されない。