

銀河中心大質量ブラックホールが特性の異なるバーに及ぼす力学的影響

穂積俊輔 (滋賀大学教育学部)

利用カテゴリ XT4B

1 はじめに

円盤銀河の中心に存在が示唆されている大質量ブラックホール (SMBH) による力学的影響として、棒状銀河において棒状構造 (バー) が消失する現象が数値計算で示されている。これまでの研究は、バー消失に必要な最小の SMBH 質量やその消失メカニズムに重点が置かれていたので、円盤の自己重力不安定であるバー不安定で形成された同じバーに質量の異なる SMBH を円盤中心に付加してバーの形状変化を調べていた。そのため、バー構造そのものの系統的違いから生じる SMBH の影響の違いは全く考慮されていない。

そこで、同一の質量分布の円盤に対して、バー不安定に影響する円盤モデルのパラメータを系統的に変えて特性の異なるさまざまなバーを形成させ、各バーに同じ質量の SMBH を円盤中心に加えて、バー特性の違いによる銀河中心 SMBH の力学的影響を調べる。その結果から、どのようなバーが SMBH によって壊されやすいのかを明らかにする。

2 モデルと方法

円盤の質量モデルとしてバルジやハローのない厚さゼロの 2 次元 Toomre (1963) 円盤を採用する。この質量分布に対して、Kalnajs (1976) と Miyamoto (1971) によって与えられている平衡分布関数 (DF) を使い、DF に含まれるモデルパラメータを変えることによって、さまざまな Toomre (1964) の Q 分布をもつモデルを用意する (図 1)。なお、各モデルの粒子数は $N = 10^7$ とし、計算の単位系は、 $G = M_d = a = 1$ とする。ここで、 G は万有引力定数、 M_d は円盤質量、 a は円盤のスケール長である。

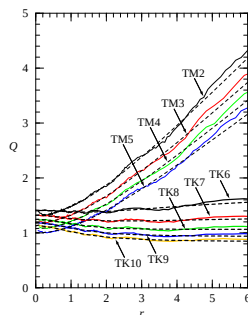


図 1: 各平衡分布関数による Toomre の Q 分布。TK6, TK7, TK8, TK9, TK10 は Kalnajs の平衡分布関数によるモデルであり、TM2, TM3, TM4, TM5 は Miyamoto の平衡分布関数によるモデルである。実線は $N = 10^7$ の N 体モデルで計算された分布であり、破線は対応する平衡分布関数から解析的に得られた分布を示す。

一方、円盤がバー不安定を起こしてバーが十分に成長した時刻 $t = 200$ に、SMBH を外場として円盤中心に付加する。SMBH は断熱的に付加するために、質量をゼロから出発させ、 $t = 300$ で SMBH 質量である $0.01 M_d$ となるように成長させる。

円盤の進化は重力 softening が不要で、純粋ニュートン力で計算できる self-consistent field (SCF) 法を用いる。

3 結果

SMBH を付加した後のバー振幅の時間進化を図2に示す。この図から、形成されたバーの振幅はモデルごとに異なるが、SMBH を付加した後のバーの振幅は比較的似た時間進化を示すことがわかる。このことから、振幅が小さいバーは同じ質量の SMBH によって壊されやすくなる。

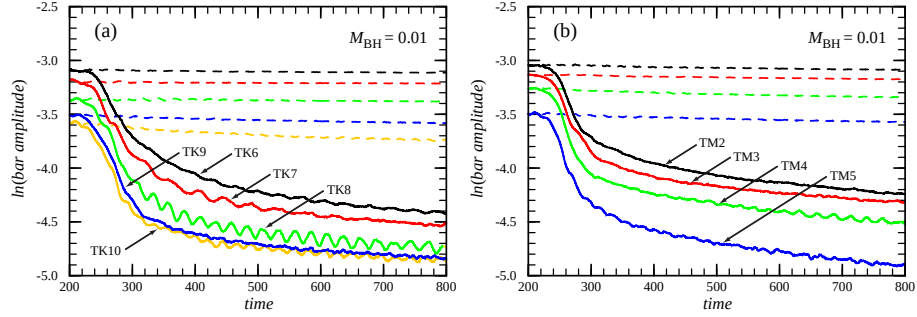


図 2: 円盤質量の 1% の質量をもつ SMBH を付加された円盤におけるバー振幅の時間進化 (実線)。(a) Kalnajs DF によるモデル。(b) Miyamoto DF によるモデル。破線は、対応するモデルの SMBH を付加しない場合のバー振幅の時間進化を示す。

4 議論とまとめ

SMBH によって壊されやすいバーは振幅の小さいバーであるが、なぜ、そのようなバーが壊されやすいのかを調べるために、バーの特性を表すバーの長さ、および、バーの軸比とバー振幅の関係を調べた。図 3(a) に示すように、バー振幅の小さいバーほどバーの長さは短い。一方、図 3(b) からわかるように、バー振幅の小さいバーほどバーは丸い。したがって、バー振幅が小さいバーは、短く丸いバーとなるので、同じ質量の SMBH から受ける力学的影響が大きくなってバーが壊されやすいと考えられる。さらに、図 1 から、DF を指定したとき、冷たい円盤ほど形成されるバーの振幅が小さいこともわかる。つまり、円盤中心の SMBH によって壊されやすいバーは、冷たい円盤で形成されたバーである。

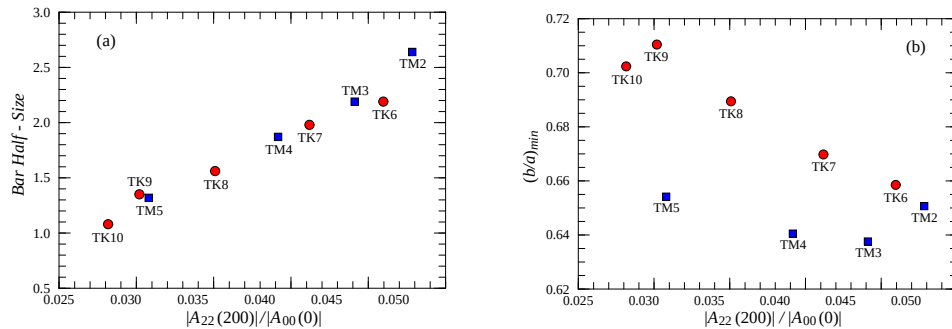


図 3: SMBH を付加する直前 ($t = 200$) におけるバーの特性。(a) バー振幅に対するバーの長さ。(b) バー振幅に対するバーの軸比の最小値。