

early universe +
high energy astrophysics +
binary
= ???

高橋慶太郎
2008年
6月21日
@嵐山



咲耶 (さくや) 2008年1月30日誕生

原始ブラックホール

宇宙初期からあるブラックホール

- ・あらゆる質量
- ・やまほどあってもいい

なんであるか？

- ・密度揺らぎが大きい可能性がある

あるとどうなるか？

- ・ダークマター (MACHO)
- ・小さいものは蒸発して光る
- ・大きいものは蒸発しないが重力レンズしたり物質が降着したりバイナリーになったりでいろいろ足跡を残す

原始ブラックホールの形成

WMAP

宇宙背景放射

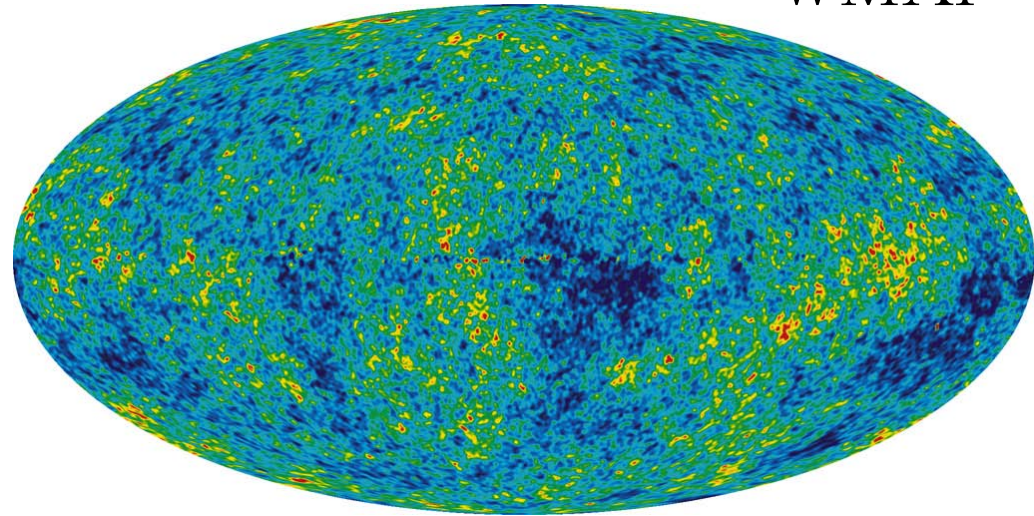
- 10万分の1のゆらぎ
- 全く線形

しかし小スケールでは
どうなってるかわからない

もし大きなゆらぎが
あると、コラプスして
ブラックホールに
なることができる。

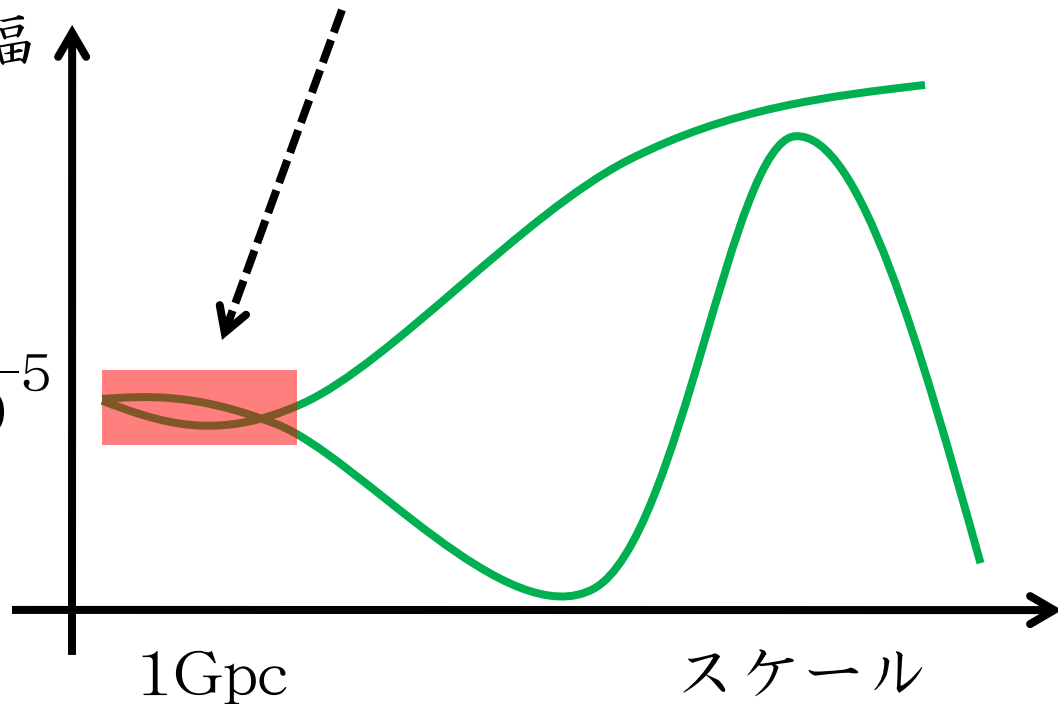
→ 原始ブラックホール

ゆらぎのスケールで
できるBHの質量が決まる



振幅

10^{-5}



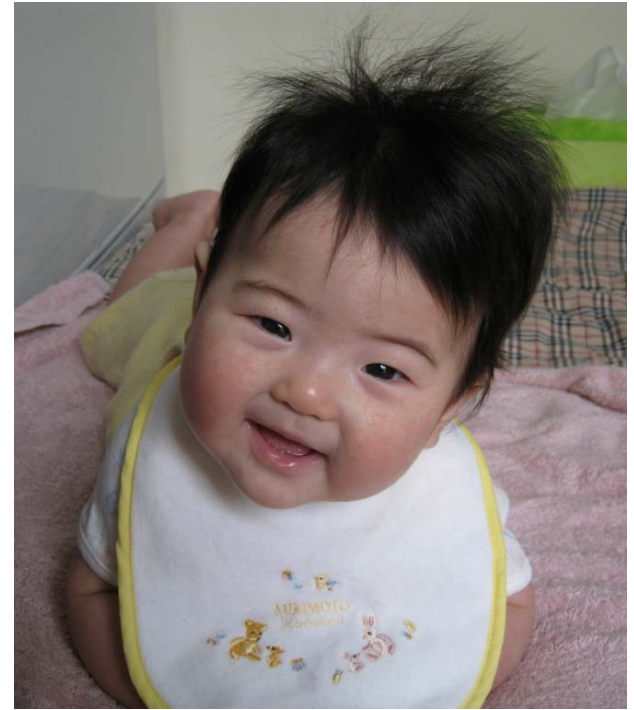
1Gpc

スケール

モチベーション

なんでそんなものを
考えるんですか？

- ゆらぎの大きさを探りたい
- ダークマターにならないか？
- IMBHを説明できないか？
- 高エネルギー天体にならないか？



ブラックホールは放射する (Hawking radiation)

- 小さいものは明るく、あっという間に蒸発
→ 爆発天体、宇宙線生成
- 大きいものは暗く、ずっと生き残る
→ ダークマター、ガス降着で光る

$10^{15} M_{\text{sun}}$: 現在まで生き残るかどうか



これまでの研究

宇宙初期
原始ブラックホール形成

軽い
蒸発する

重い
蒸発しない

突発天体

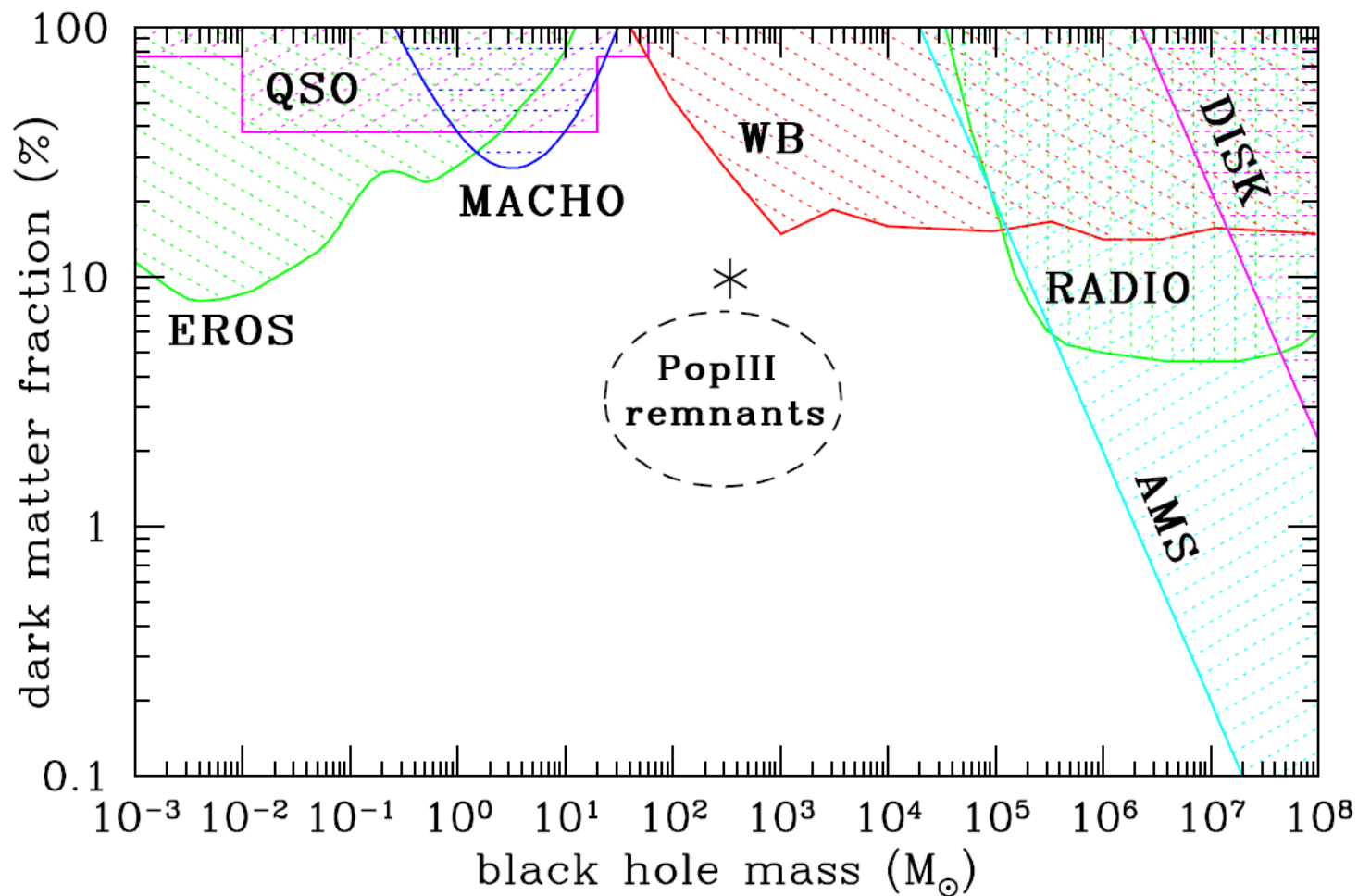
宇宙線生成

MACHO

ガス降着
CMB, ULX

バイナリー
重力波源

重いブラックホールへの制限



Nakamura et al. (1997)

当時のMACHO探索 (LMC microlensing) によると

- ・ 銀河内のMACHO総質量 ~ 0.6 ハロー質量
- ・ 1つのMACHO天体の質量 ~ 0.5 太陽質量
- ・ バイナリーイベント \sim 全体の1/8 (~ 10 AU)

これは何か？

- ・ 白色矮星では数が足りない
- ・ 褐色矮星
- ・ ブラックホール？

ブラックホールだとするとこの質量のものは星からはできないので原始ブラックホールでしかありえない。

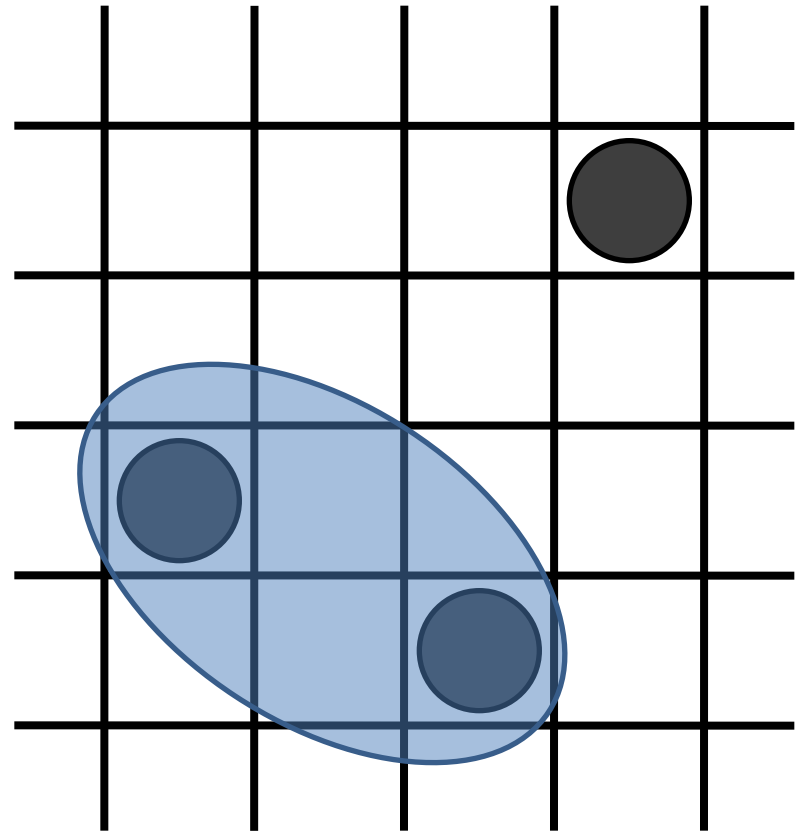
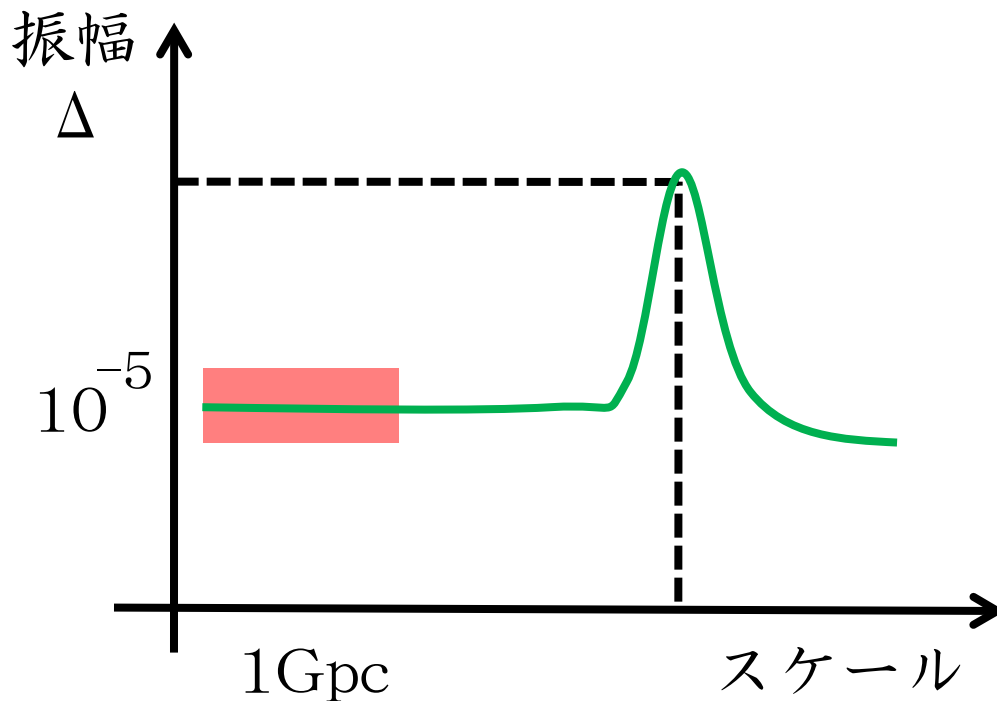
そこで

- ・ 原始ブラックホールのバイナリー形成条件
- ・ バイナリーのseparation、eccentricityの分布関数を考える。

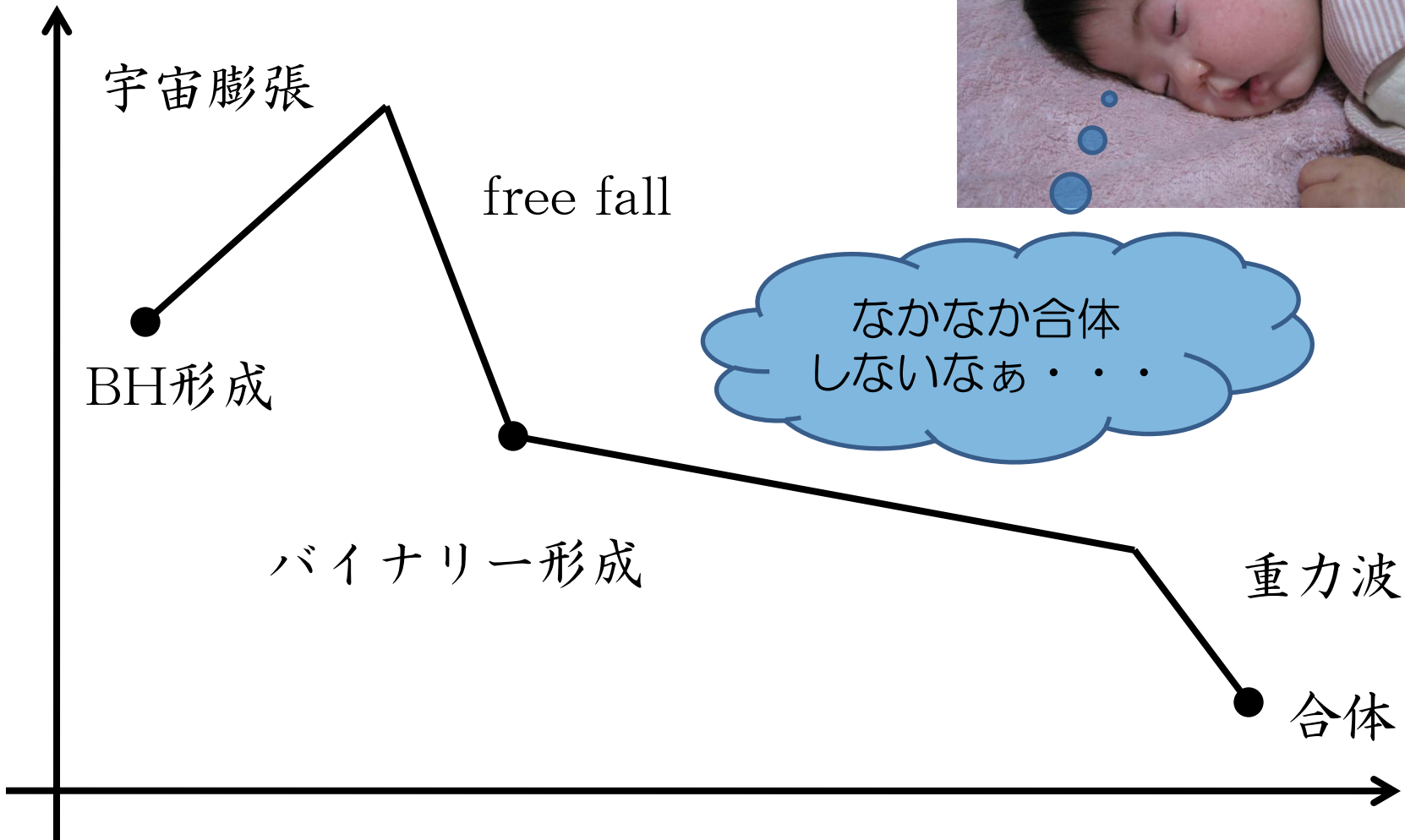
バイナリーの形成

ゆらぎのスペクトルに応じて確率的にブラックホールができる

- ・スケール → ブラックホール質量
- ・ゆらぎの振幅 → ブラックホール形成確率 $P(\delta) \propto \exp(-\frac{\delta^2}{\Delta^2})$
- ・最も近い2つに注目してlocalにエネルギー密度が高ければ宇宙膨張に勝ってfree fall
→ バイナリー形成



バイナリーの進化



Nakamura et al. (1997)の結論

- ・ 銀河のMACHOの総質量を説明できるように
ブラックホールの個数を決める
- ・ バイナリー分布関数を計算する
- ・ MACHO探索のバイナリーイベントの割合を計算
→ ~1% (まあまあ?)
- ・ 今ちょうど合体するようなバイナリーの数を計算
→ LIGOイベント~数個/year
(もともと距離の近いごく少数のバイナリーが合体)

実際は現在までにLIGOイベントは観測されていないのでMACHOのほとんどが原始ブラックホールというのは否定されるだろう。

→ 5%以下とかそんなもん?

そこで我々は考えた。

アイデア

バイナリーでしかもガス降着したらどうなるか？

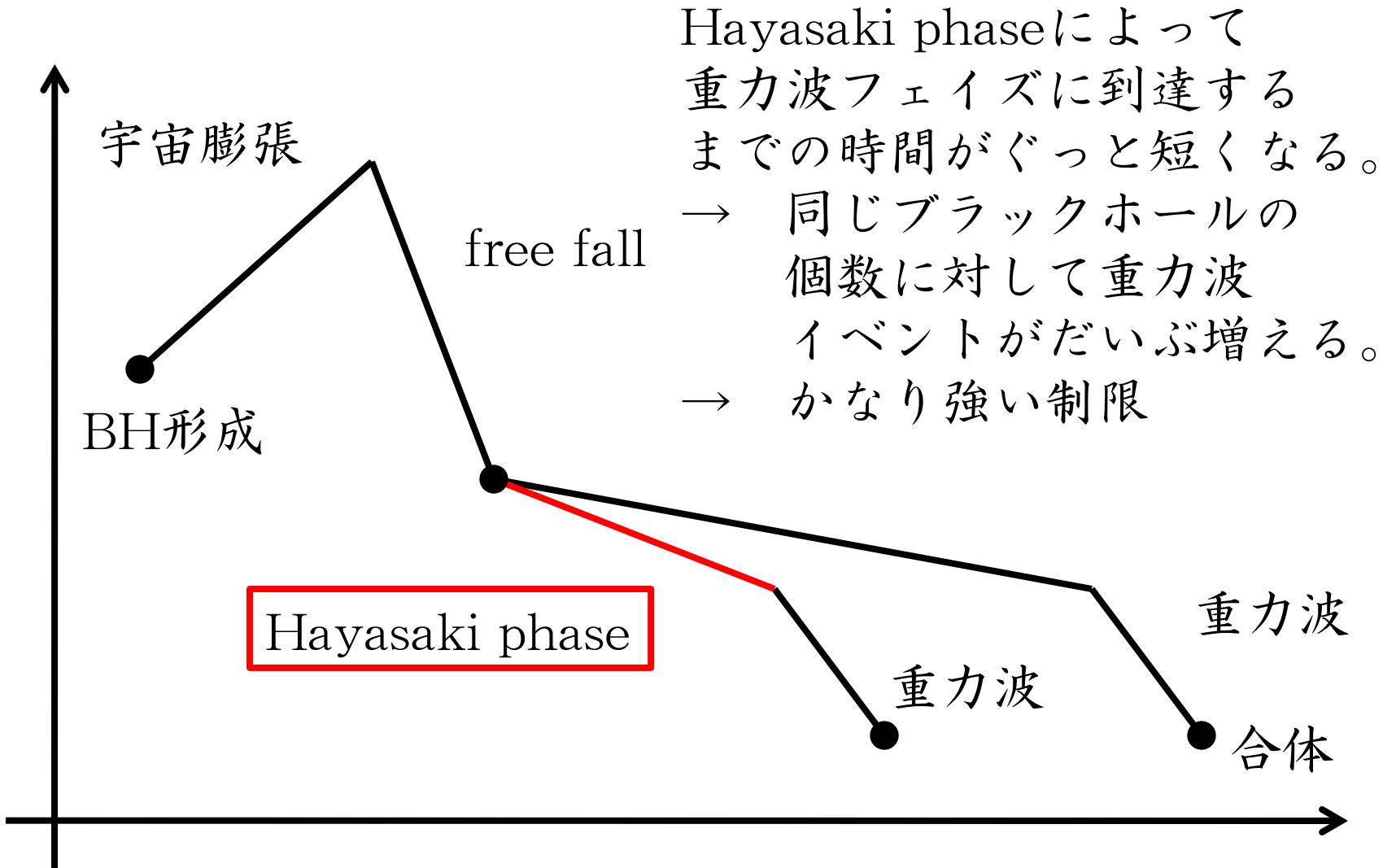
→ Hayasaki mechanism

ガスがあるとバイナリーの進化がだいぶ変わる



2007年夏合宿

バイナリー進化 with Hayasaki phase



Hayasaki phaseによって
重力波フェイズに到達する
までの時間がぐっと短くなる。
→ 同じブラックホールの
個数に対して重力波
イベントがだいぶ増える。
→ かなり強い制限

さらに

重力波だけでなく光にも注目したい

- ・ブラックホールの一部はバイナリーを形成
 - ・晴れ上がり後ある程度の割合で降着円盤が形成
- triple disk systemがゴロゴロしてたらどうなるか？
- ・現在まで生き残る？
 - ・再イオン化に寄与？
- 何か考えましょう。

どうもお疲れさまでした。

