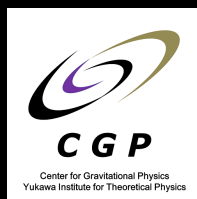
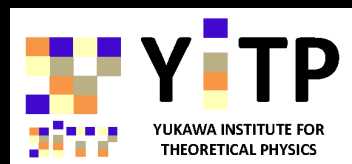
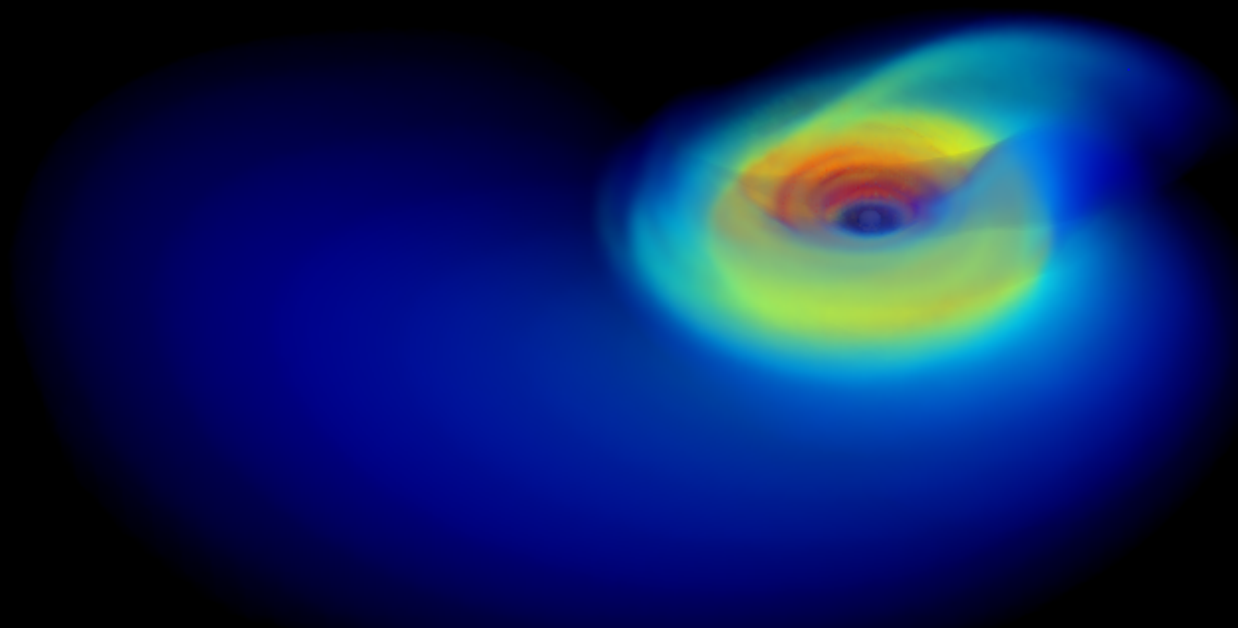


低質量ブラックホール・ 中性子星連星の合体



2020年12月「高エネルギー宇宙物理学研究会」

基礎物理学研究所

林 航大

Hayashi, Kawaguchi, Kiuchi, Kyutoku, Shibata

arXiv:2010.02563

Introduction

—重力波による連星系の観測—

GW170817:

- $1.36-1.89M_{\text{sun}}$ と $1.00-1.36M_{\text{sun}}$ の連星合体 (重力波)
(Abbott et al. 2017)
- 少なくとも一方は中性子星 (電磁波)
(Abbott et al. 2017)

GW190425:

- $1.61-2.52M_{\text{sun}}$ と $1.12-1.68M_{\text{sun}}$ の連星合体 (重力波)
(Abbott et al. 2020)

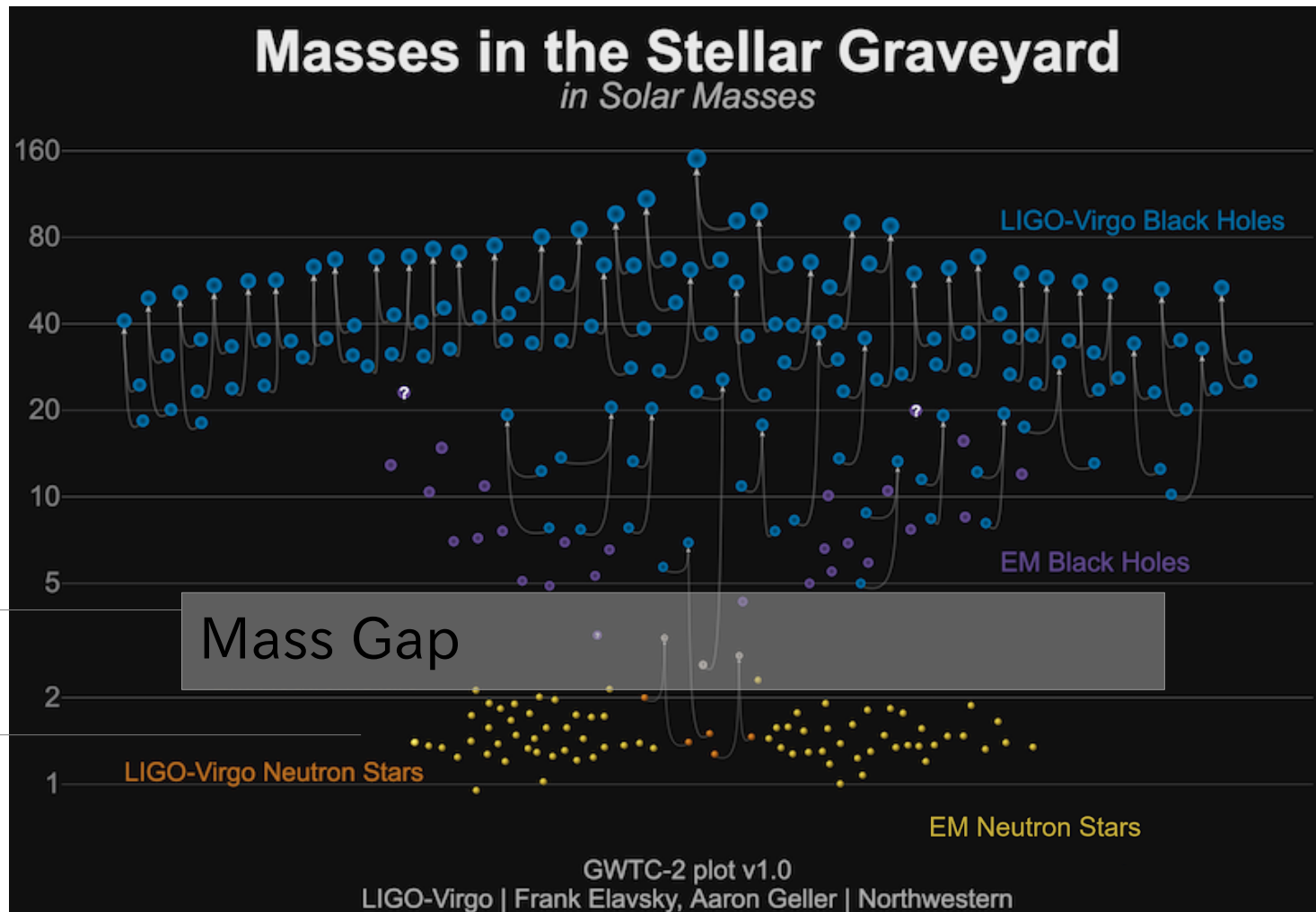
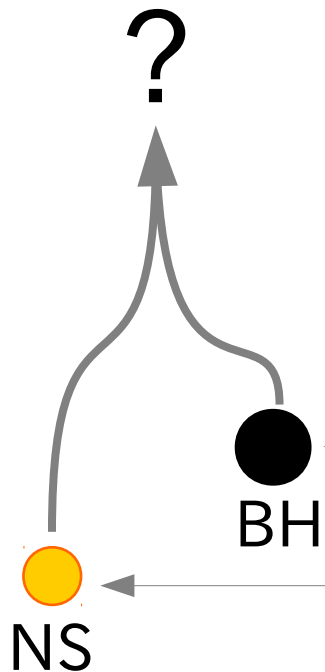


連星中性子星？ ブラックホール・中性子星連星？

Introduction

低質量ブラックホールと典型的な中性子星の連星の
合体現象について系統的な理解を深めたい

(低質量ブラックホール: $M_{\text{BH}} \sim 2-4M_{\text{sun}}$)



ブラックホール・中性子星連星の 合体過程

重力波放射による軌道進化



潮汐力による中性子星の変形



…定性的には潮汐半径 vs. ISCO

潮汐破壊

降着円盤形成・
物質の放出を伴うことも

落下

潮汐破壊せず、
物質は BH に落ち込む

小 ——— 質量比 ($M_{\text{BH}}/M_{\text{NS}}$) ———> 大

大 <———— NS 半径 ————— 小

大 <———— BH スピン ————— 小

Method

数値相対論シミュレーションにより
低質量ブラックホール・中性子星連星系の
合体過程を調べる

具体的には・・・

- ・ブラックホール周りに残る物質
 - (本研究では)降着円盤の質量とほぼ等しい
 - ジェットの駆動、wind による物質の放出
 - GRB、キロノバ(電磁波対応天体)
 - ・系からダイナミカルに放出される物質
 - R-process 元素合成
 - キロノバ(電磁波対応天体)
- に主に注目する

数値相対論シミュレーション

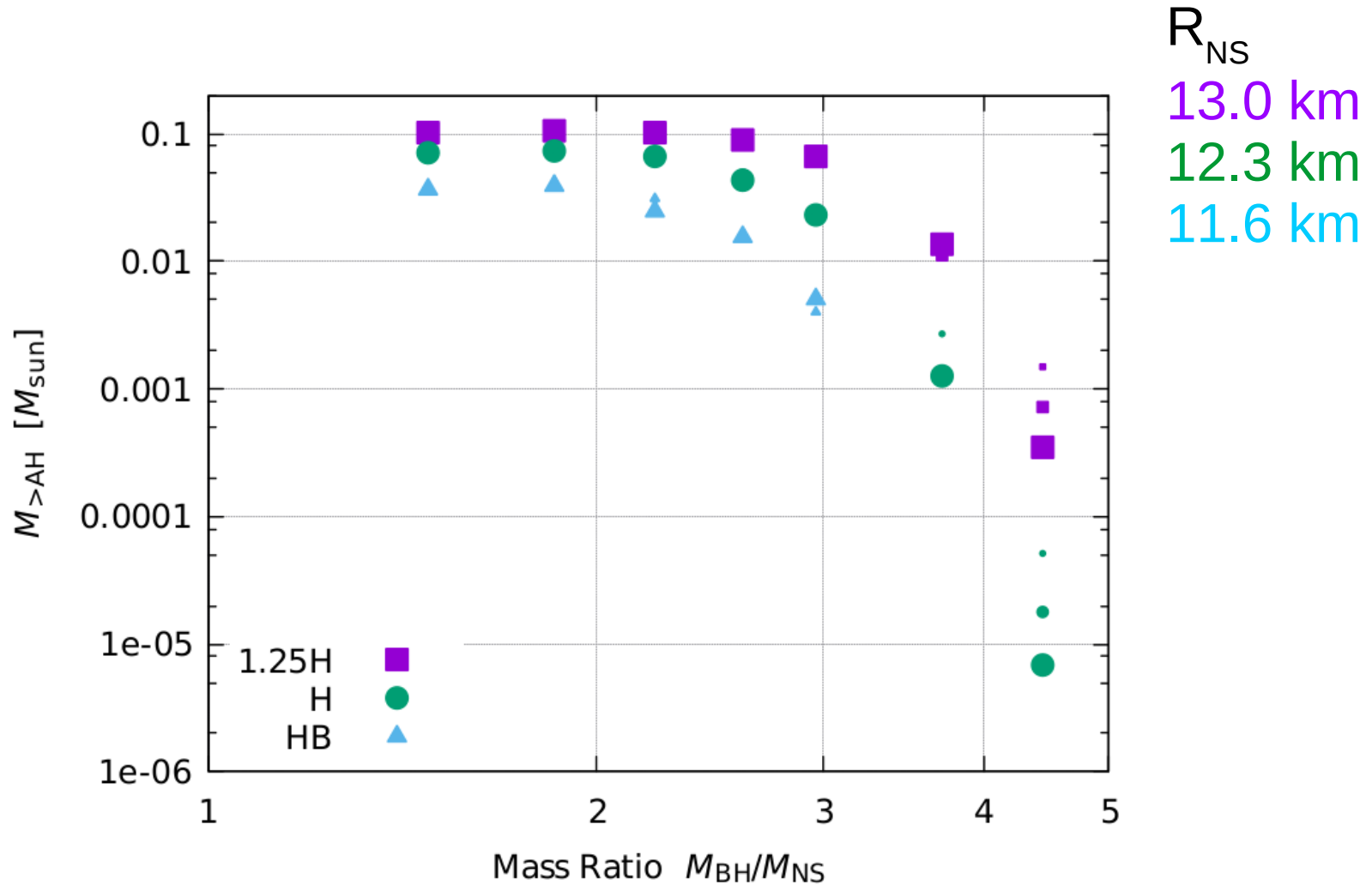
- モデルのパラメータ

- 中性子星質量: $1.35 M_{\text{sun}}$
- 中性子星半径: 11.6, 12.3, 13.0 km
- ブラックホール質量: 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6 M_{sun}
- ブラックホールスピン: ゼロ
- 解像度: 中性子星半径を約 50, 65, 80 分割

- 計算方法

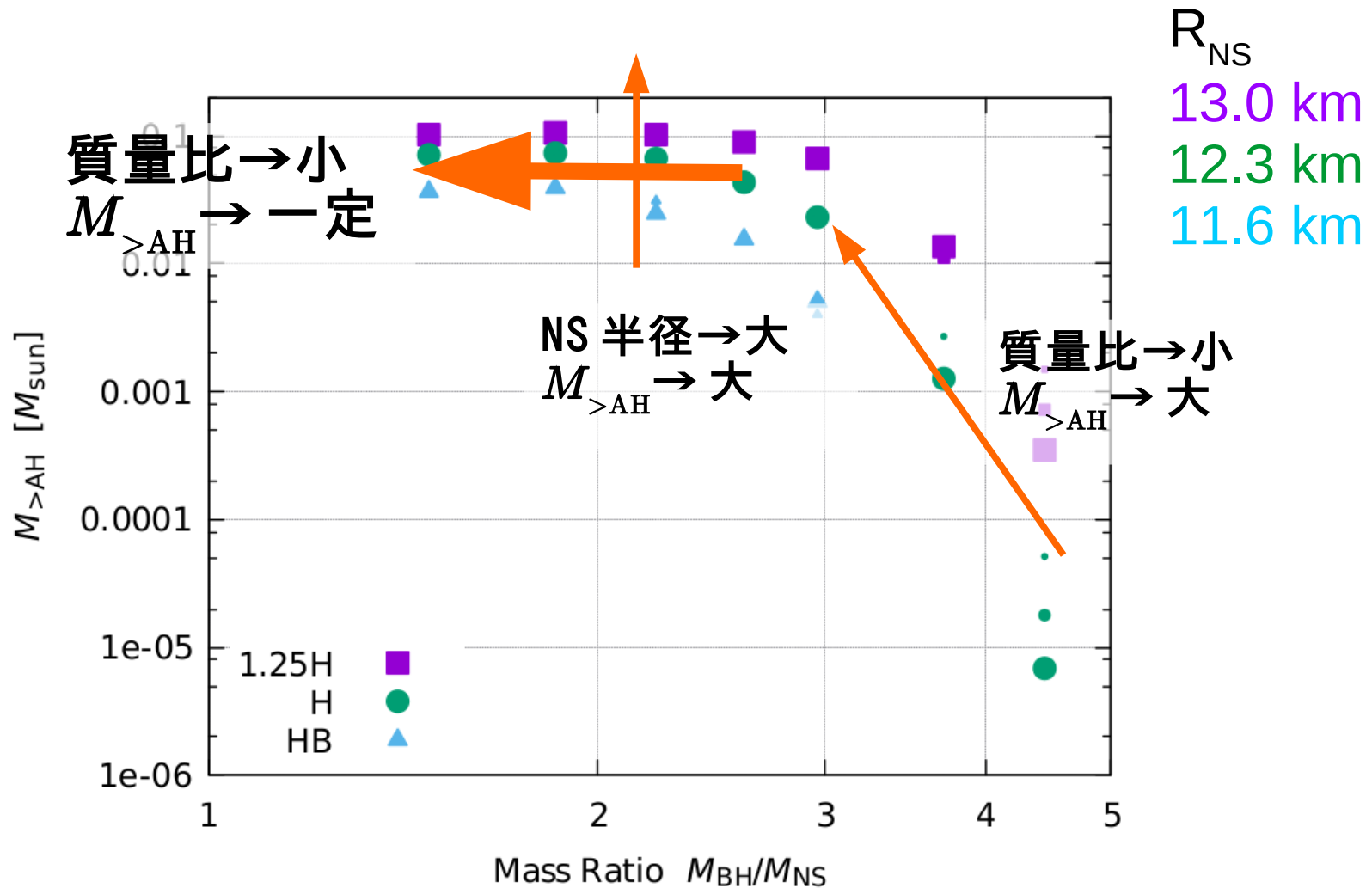
- 初期データ: LORENE ライブラリで計算 (Kyutoku et al. 2009)
- 時間発展: SACRA で計算
シリアル (Yamamoto et al. 2008)
MPI-OpenMP ハイブリッド並列化 (Kiuchi et al. 2017)

合体後ブラックホール周りに残る物質 —シミュレーション結果—



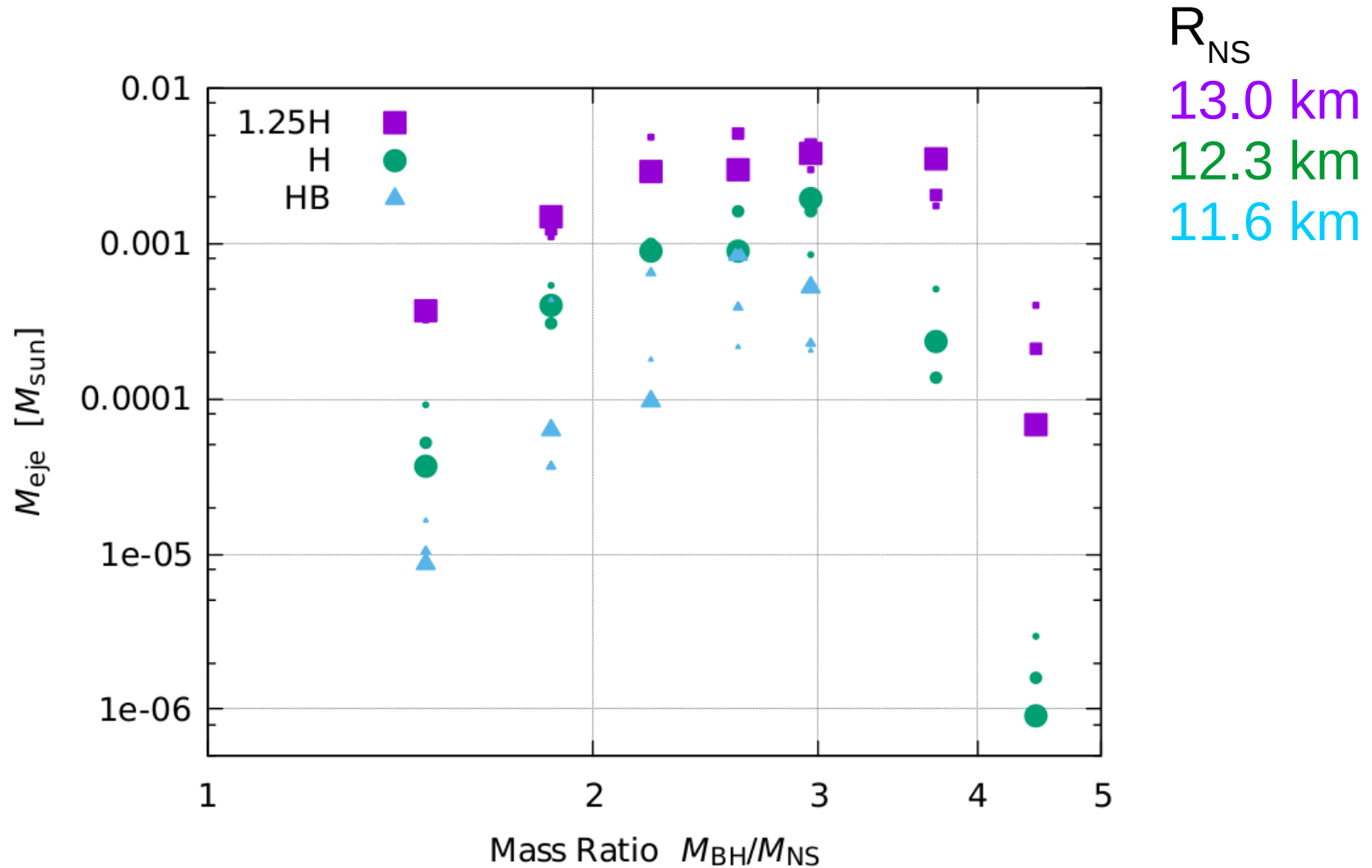
※ 準定常状態に落ち着いた、合体開始後 12ms で評価

合体後ブラックホール周りに残る物質 —シミュレーション結果—



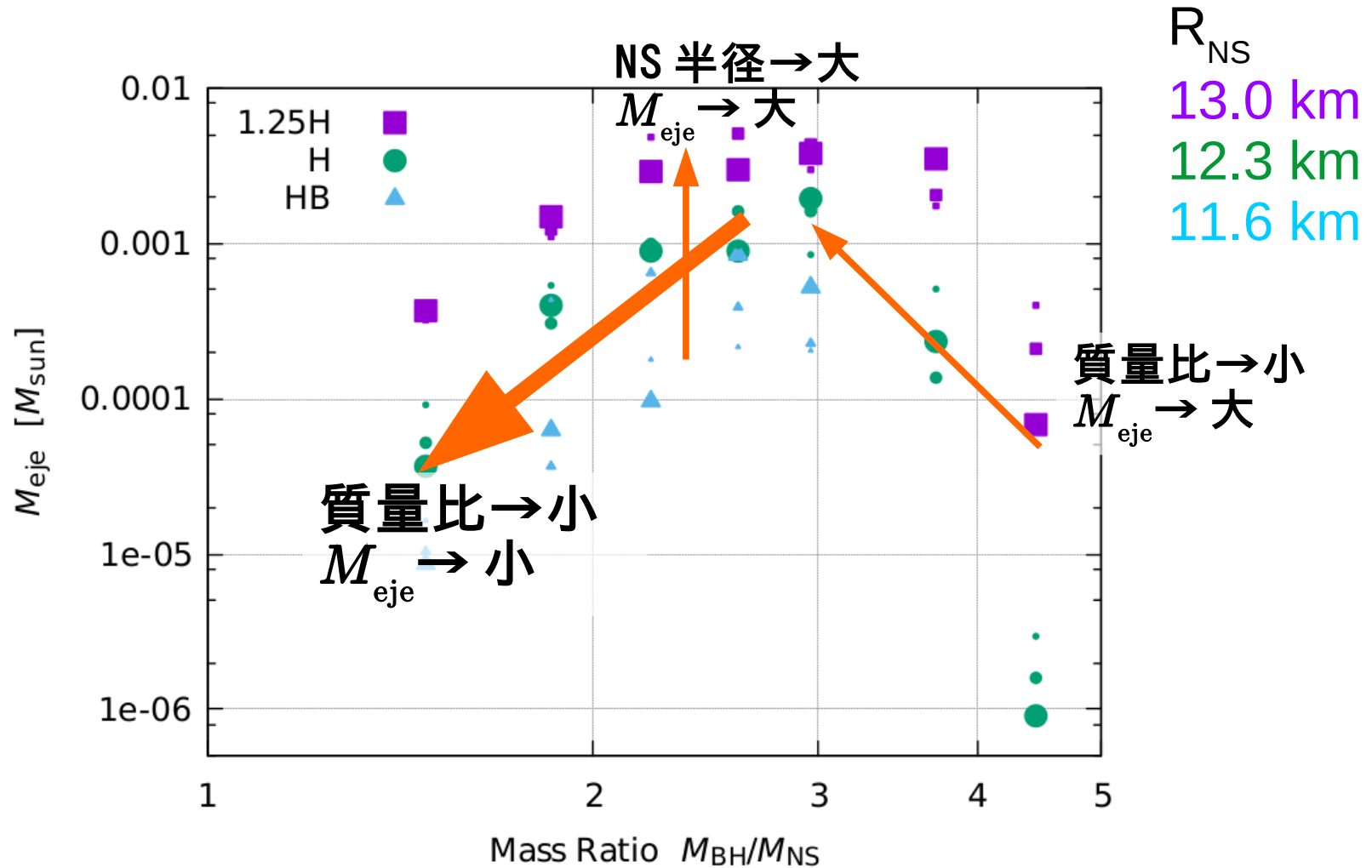
※ 準定常状態に落ち着いた、合体開始後 12ms で評価

ダイナミカルな物質の放出 —シミュレーション結果—



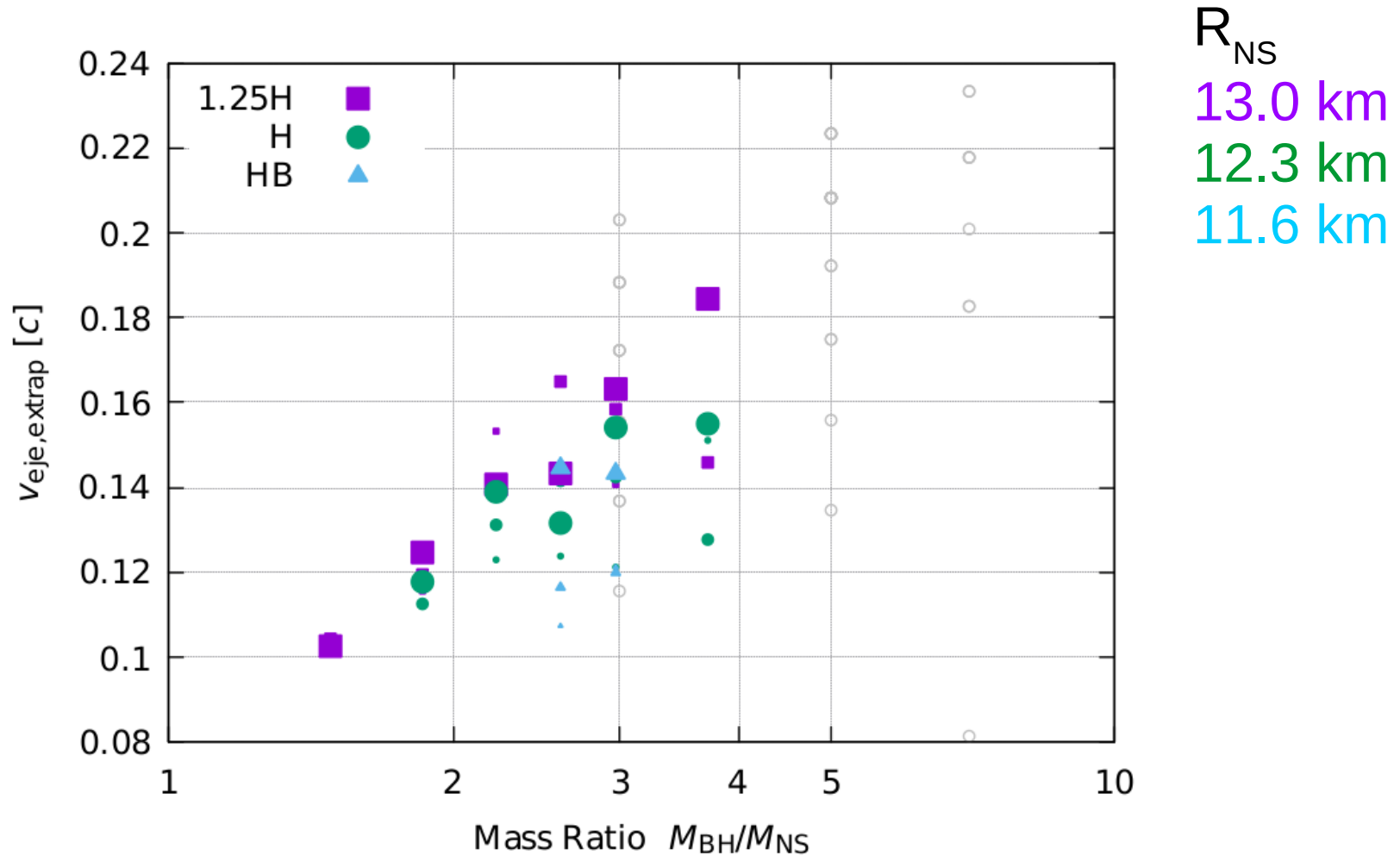
※ 準定常状態に落ち着いた、合体開始後 12ms で評価

ダイナミカルな物質の放出 —シミュレーション結果—



※ 準定常状態に落ち着いた、合体開始後 12ms で評価

ダイナミカルに放出される物質の速度 —シミュレーション結果—



※ 準定常状態に落ち着いた、合体開始後 12ms で評価

Summary

- スピンゼロの低質量ブラックホール・中性子星連星の合体について、質量比 $M_{\text{BH}}/M_{\text{NS}}$ を小さくすると、

ブラックホール外に残る物質の質量が一定になる
パラメータ領域や

放出される物質の質量が減少する

パラメータ領域が存在することが

数値相対論シミュレーションによって

新たに明らかになった