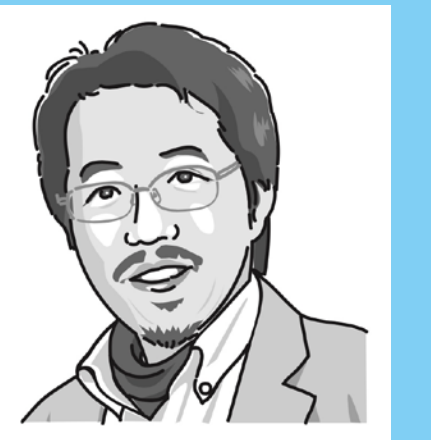


# 卒業研究紹介 (1)

# 宇宙物理系



Research Topics (1) : Astrophysics

指導教員 眞貝寿明

相対性理論は2つの理論から成り立っている。特殊相対性理論と一般相対性理論だ。どちらもアインシュタインが一人で作り上げた理論である。本研究室4年生は、全員が数学力試しとして相対性理論を勉強する。

**特殊相対性理論** (1905年) は、光の速さに近い場合の力学法則で、時間の進み方は観測者の運動状態によって相対的に異なる、という結論を導く。日常生活からは想像もできない世界かもしれないが、素粒子レベルでは実際に確かめられており、現在の素粒子物理学は特殊相対性理論の上に構築されている。

**一般相対性理論** (1915年) は、特殊相対性理論をさらに一般化したもので、重力の根源は時空の歪みである、という結論を導く。一般相対性理論は、光さえも出られないブラックホールの存在を導き、時空の歪みが重力波として伝わることを予言し、宇宙が膨張することを説明する。ワームホールやタイムマシンの可能性も理論的に導出される。

## 一般相対性理論

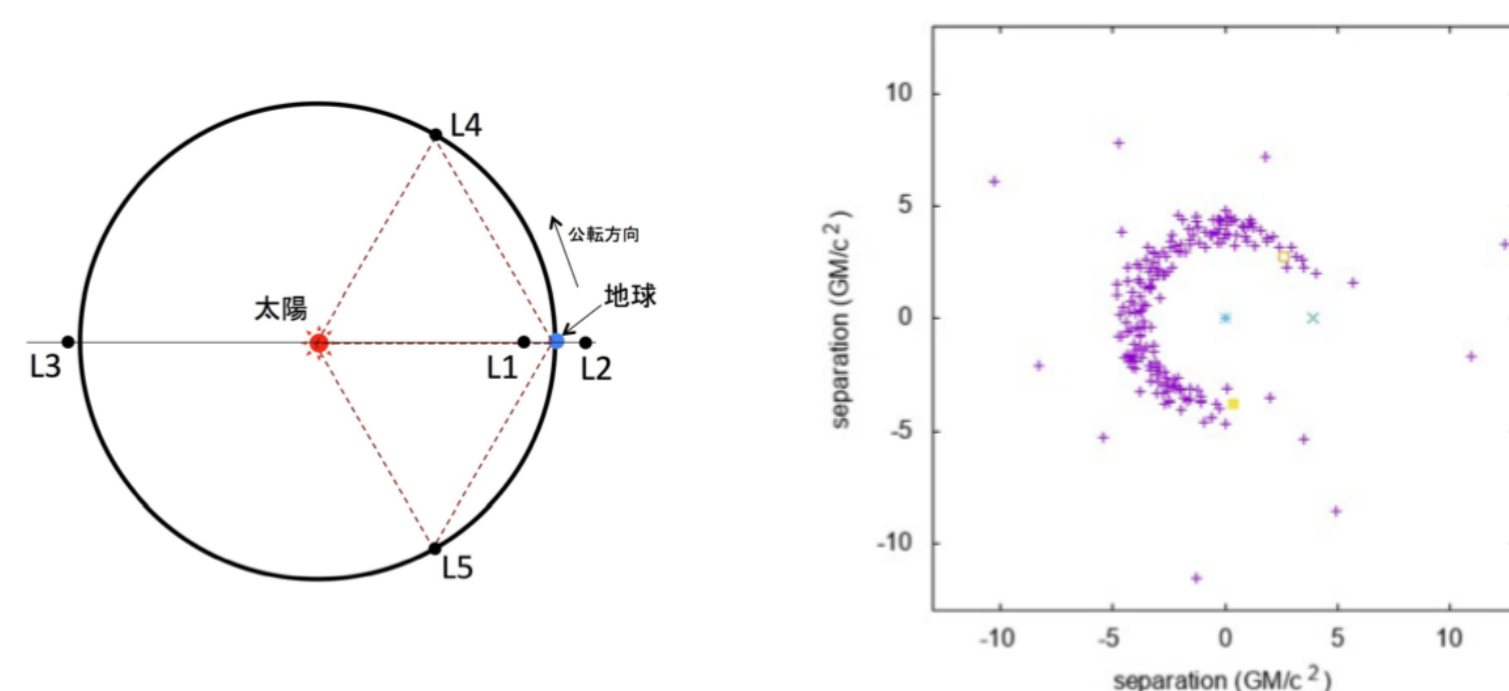
アインシュタイン方程式

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

シュワルツシルドブラックホール

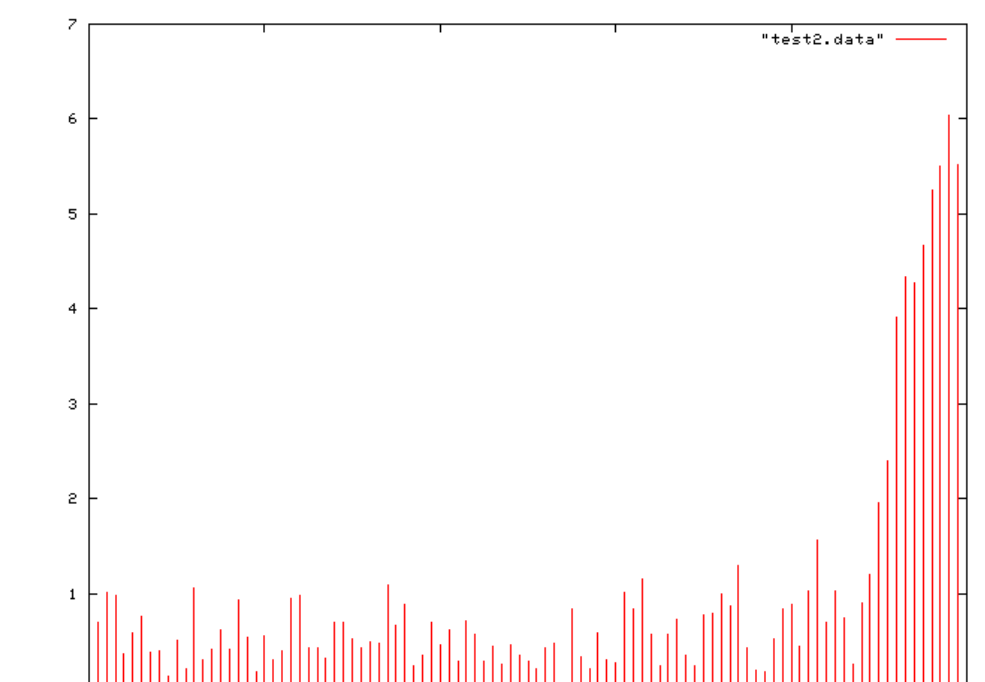
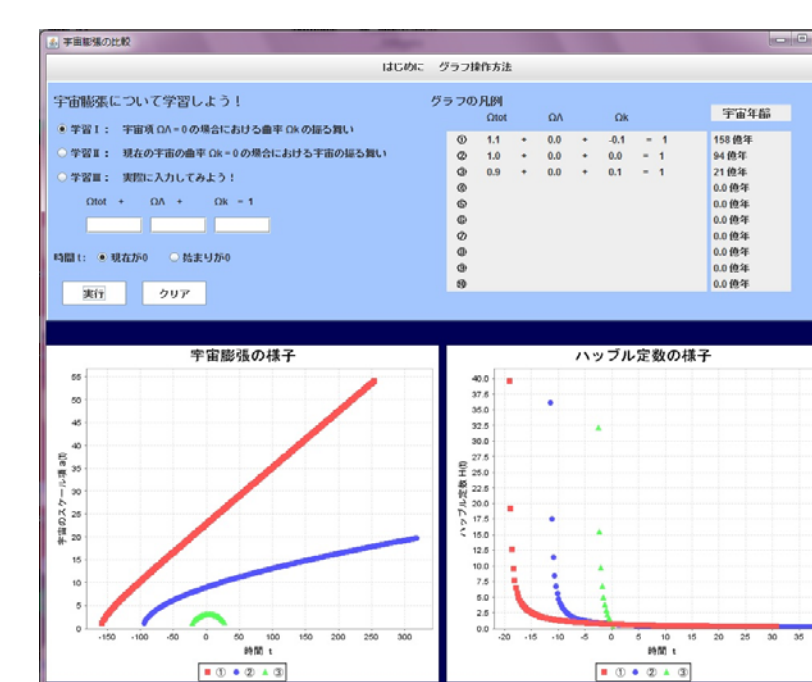
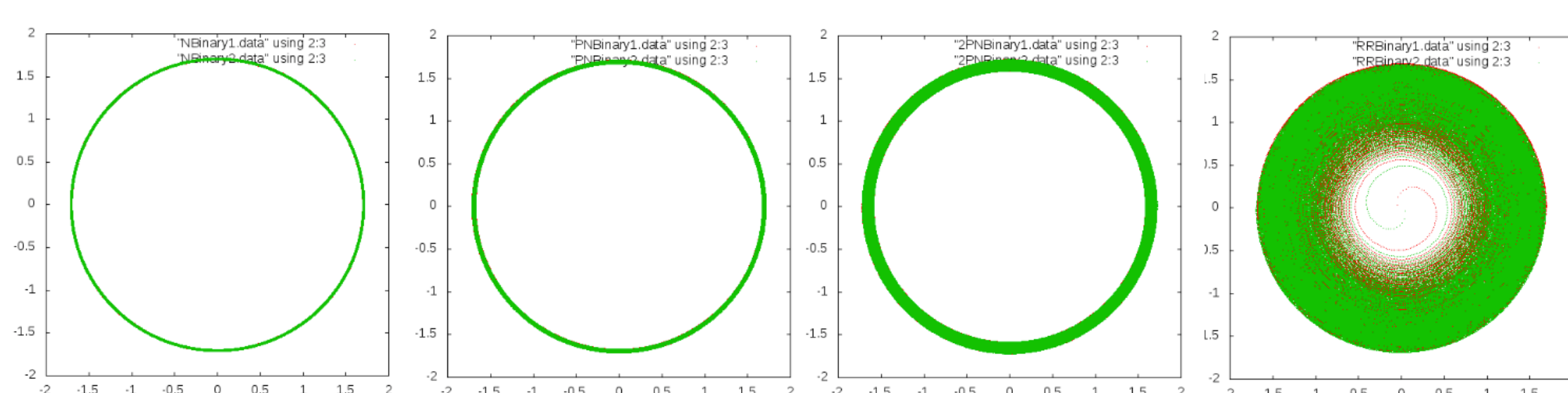
$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)dt^2 + \frac{dr^2}{1 - \frac{2GM}{rc^2}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$

- 合体する直前のブラックホール連星のラグランジュ点の動き (奥村, 2018年度)

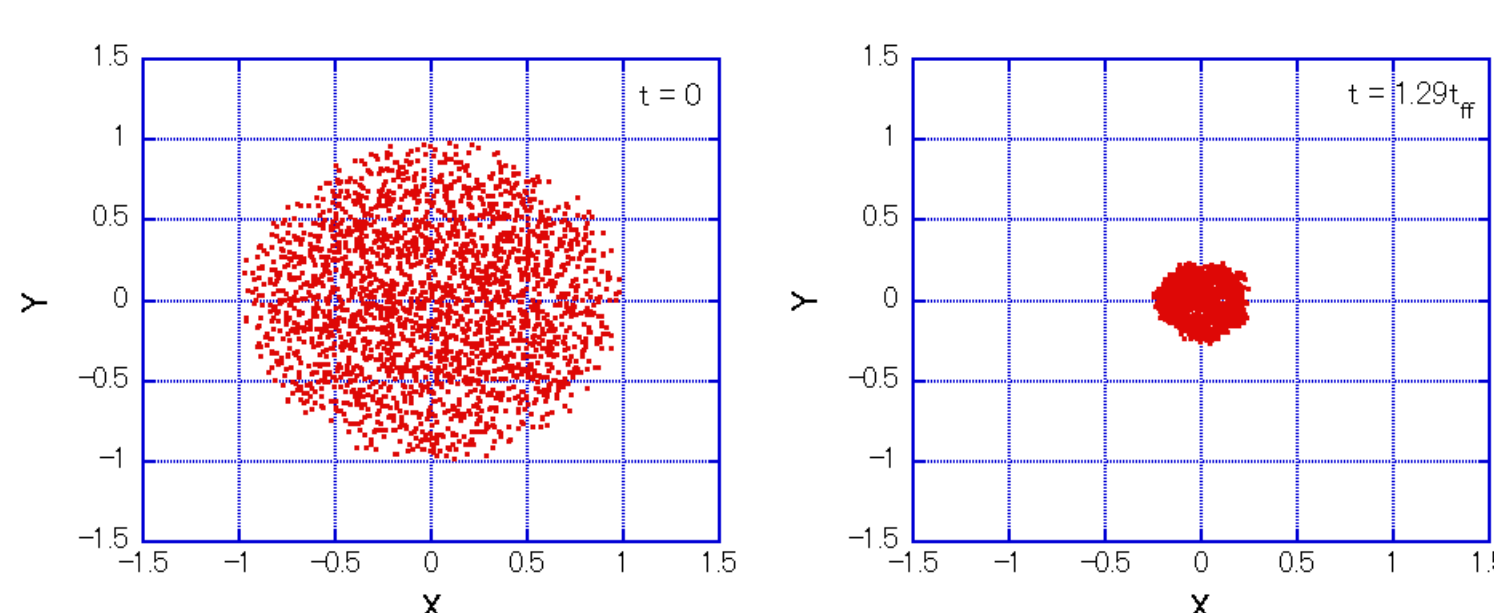


- 宇宙論パラメータによる宇宙膨張則の比較ツール (東田, 2013年度)
- 重力波のデータ解析と並列処理 (北口, 2008年度)

- ポスト・ニュートン近似での天体の運動 (山本, 2015年度)



- 多体粒子の重力崩壊によるブラックホール形成 (山田, 2007年度)



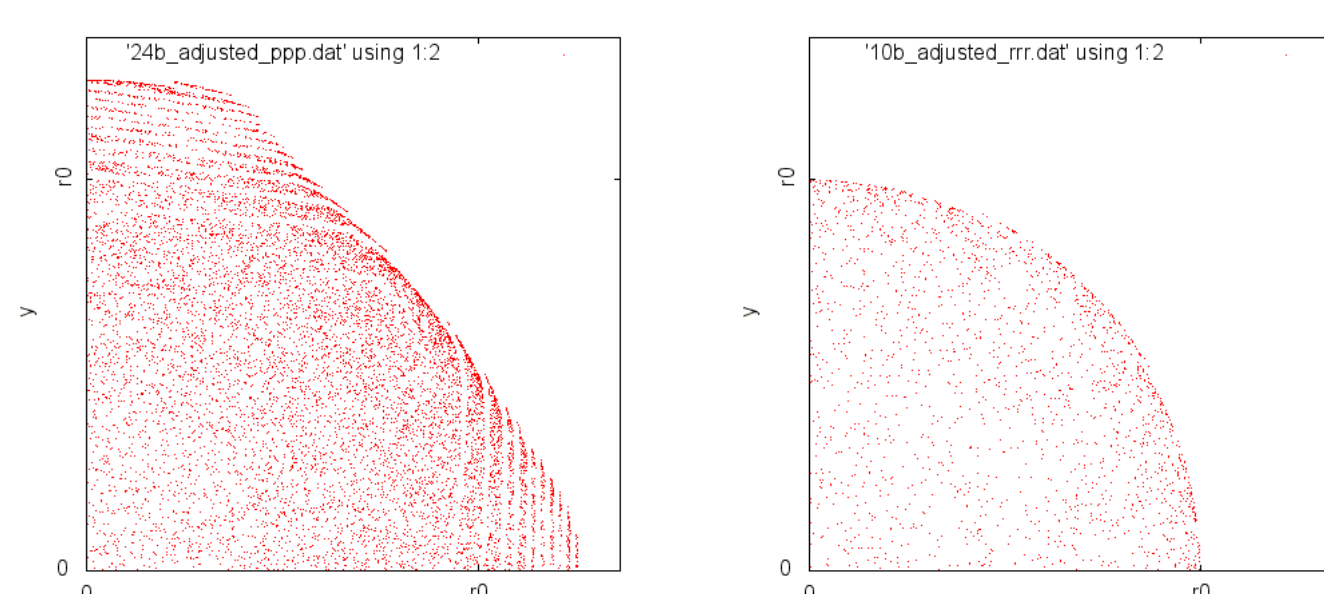
- 重力レンズ効果を応用した写真の加工 (日比野, 2021年度)



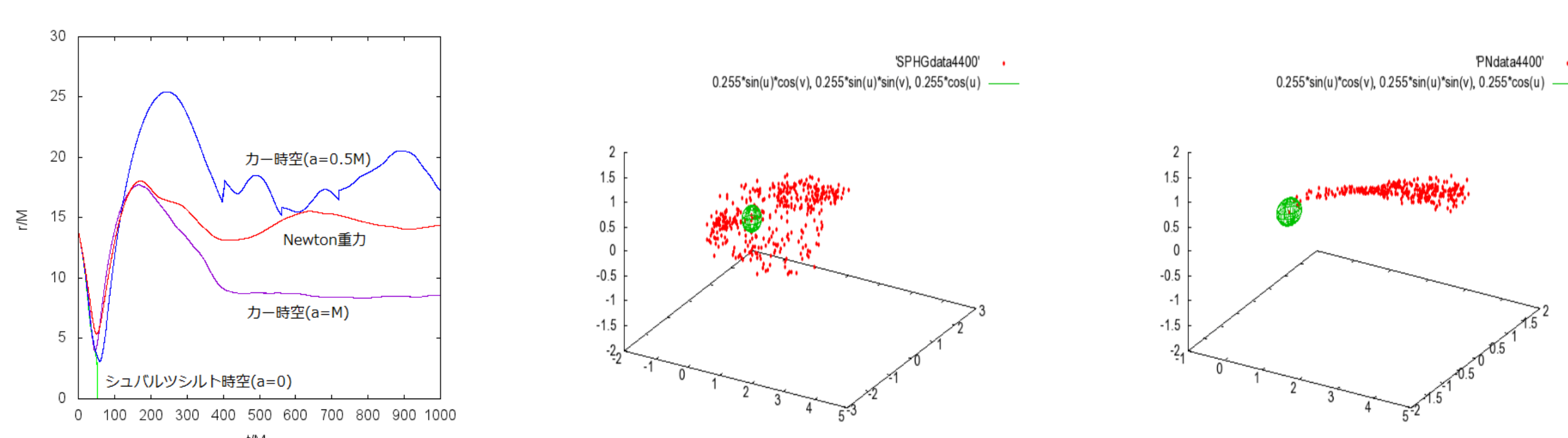
図3 BHによって歪んだ写真

図3 WHによって歪んだ写真

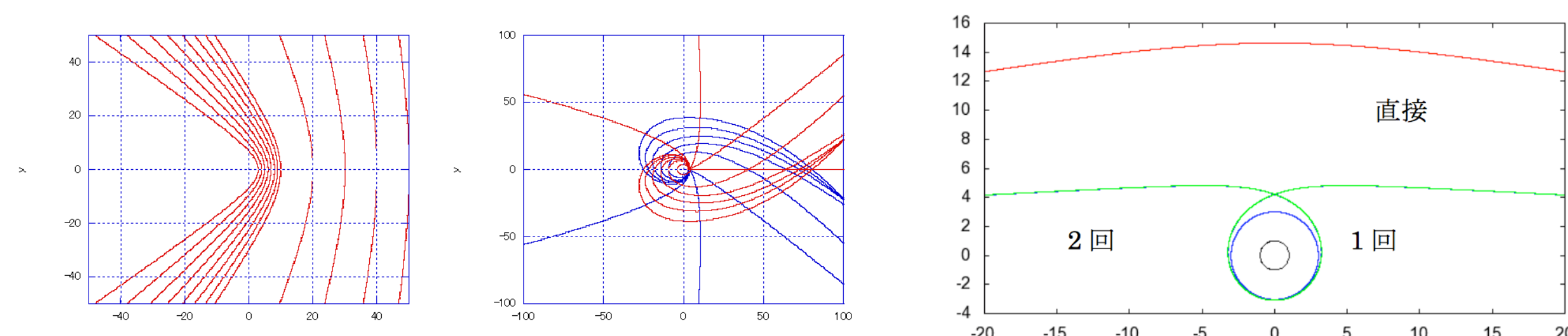
- 周期的に配置されたブラックホールの変形 (森本, 2013年度)



- ブラックホールの重力場の影響を受けたガス雲 (松本, 2014年度)
- SPH法を用いた重力の潮汐力効果 (福島, 2009年度)



- 回転ブラックホールによる重力レンズ (入江, 2008年度)
- ブラックホールを周回する光の軌道 (神木, 2014年度)
- 重力レンズ効果による画像の変形と明暗変化 (西田, 2016年度)



## 特殊相対性理論

- 準光速ロケットから見える風景 (葭矢, 2012年度)

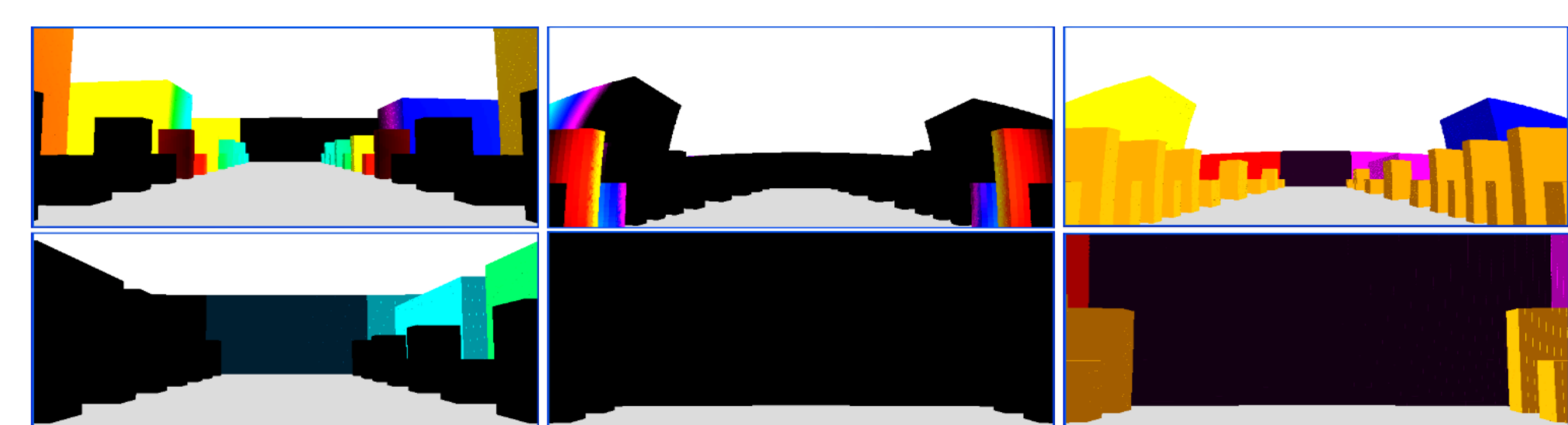
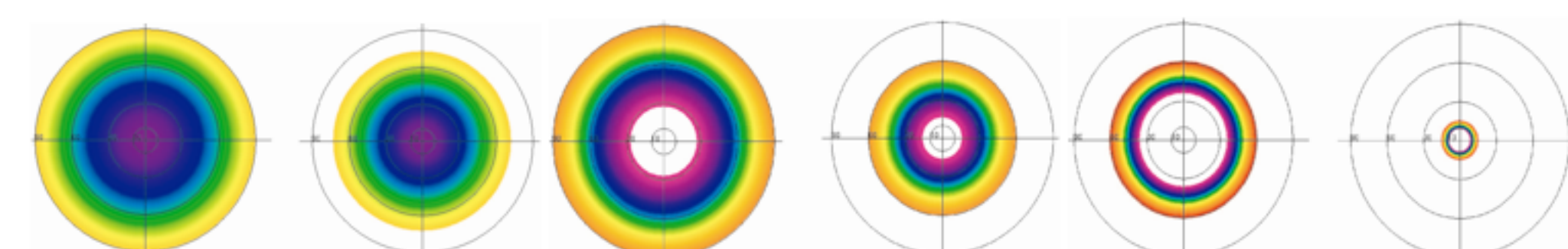


図2: 速度0.2cドップラー有り

図3: 速度0.8cドップラー有り

図4: 速度0.8cドップラー無し



ローレンツ変換の式

$$\begin{pmatrix} t' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma v/c & 0 & 0 \\ -\gamma v & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

