

銀河の星形成率に対する銀河衝突の影響

四ノ宮誠也(岩手県立水沢高等学校) 菅原優(宮城県仙台第一高等学校) 日置友智(宮城県仙台第二高等学校)

要約

私たちは銀河天文学の研究として銀河が生成した星の質量のピークがなぜ100億年前にあるのか調べた。これは、宇宙の年代ごとに銀河が生成する星の質量を調べた際、120~100億年前にかけては増加、100~50億年前にかけては減少していることがわかったことに端を発している。そこで私たちは銀河を衝突の有無や形状について分類しその数と銀河が1年に生成した星の質量の平均値を調べた。結果として、衝突している銀河が一年間で生成する星の質量の平均は衝突していないものより高いことが分かり、衝突している銀河の数の変化が100億年前に星の生成質量のピークをもたらしたと明らかになった。また、衝突している銀河の数の変化は主として宇宙膨張に影響されていることが分かった。

はじめに ~100億年前は銀河の星形成が活発だった!~

私たちは、まず宇宙の年代と銀河に含まれる星の質量[M_{\odot} (太陽一個分の質量)] 及び1年間に銀河が生成する星の質量[M_{\odot}/yr]の関係を探っていたが、いくつか銀河同士の衝突が見られるものがあった。この衝突が星の生成にどのような影響を与えるのか疑問を持った。また、銀河が生成する星の質量は平均的に年代を経るにつれて低下することが分かっているが、そのことに個々の銀河の衝突による影響はあるのか調べた。

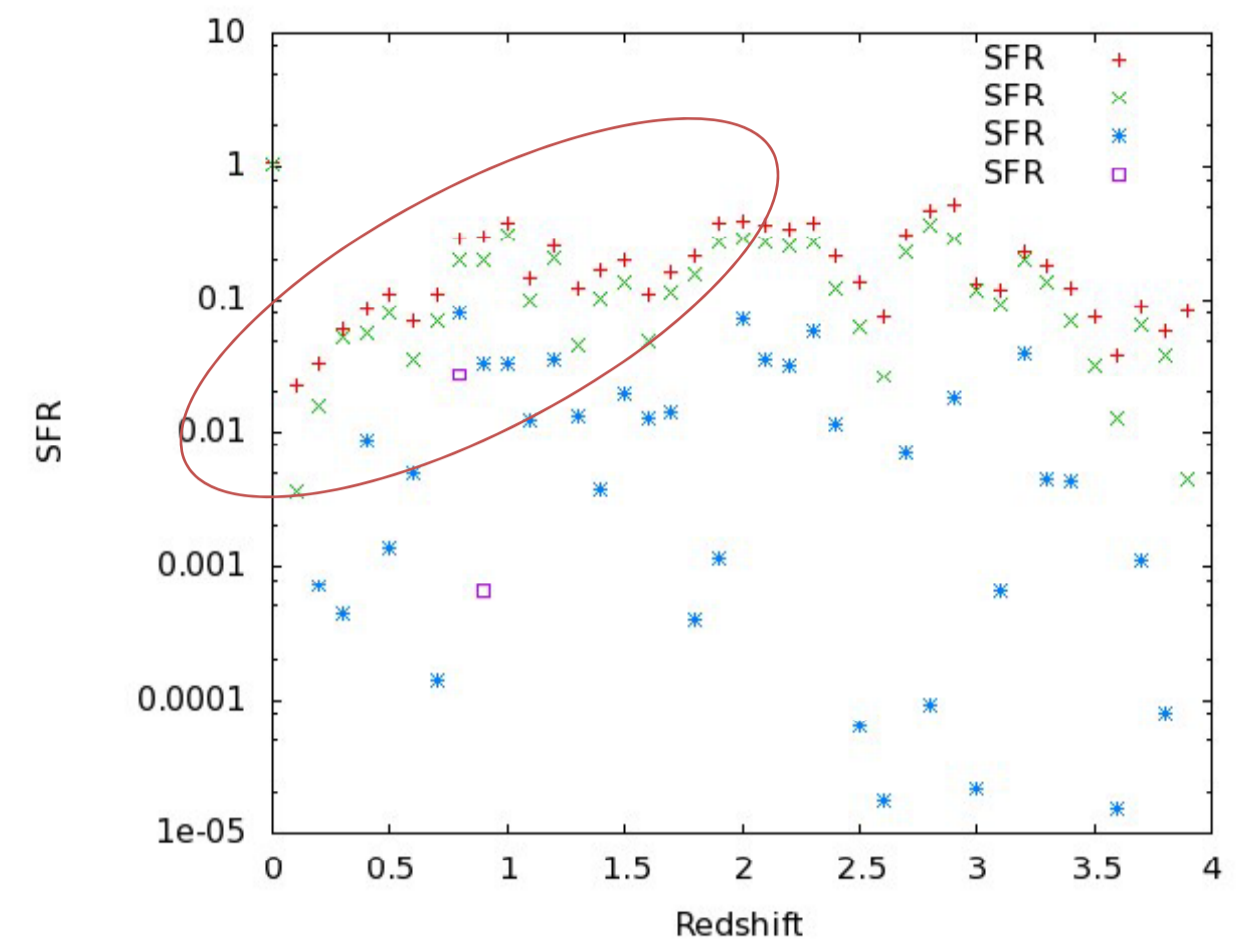


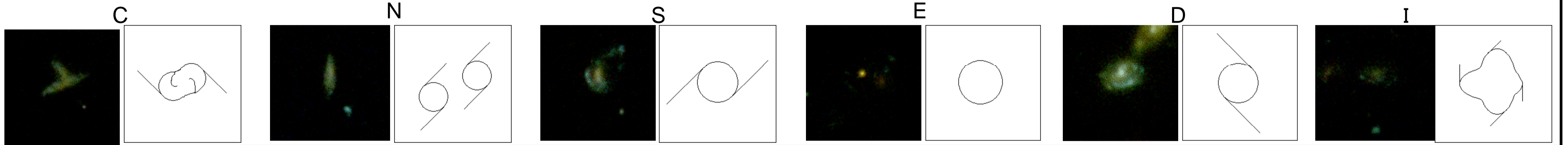
Fig.1 宇宙の年代と銀河が生成する星の質量の関係:100~50億年前にかけて値は減少傾向にある。

銀河に含まれる星の質量[M_{\odot}]の下限を $1.0e+07$,上限を $1.0e+09$ (紫), $1.0e+10$ (青), $1.0e+11$ (緑), $1.0e+12$ (赤)とした。

方法 ~衝突の有無と形状による分類~

すばる望遠鏡から得た赤外線画像データと、銀河の持つ星の総質量のデータ、銀河が生成する星の質量のデータを以下のように解析する。まず現在から117億年前までを年代ごとに区切り、また銀河に含まれる星の質量についても調べる範囲を定め、それぞれの範囲の銀河について銀河が生成する星の質量を調べる。

次に、調べる銀河の画像を確認し、他の銀河と衝突していると思われるものをC、付近に銀河が接近していると思われるものはN、それ以外はSと分類する。また銀河の形状が確認できる場合は、それが円盤銀河ならばD、楕円銀河ならばE、それ以外をIに分類し、分類ごとの銀河が生成する星の質量の平均値を求める。なお画像は、銀河の形状や、色も見るためにハッブル宇宙望遠鏡の可視光の画像を3色合成したものを使用し、分類は目視で行った。これによって得られる銀河が生成する星の質量の平均値から、年代や銀河に含まれる星の質量および衝突の有無、形状による銀河が生成する星の質量の傾向を調べる。



結果 ~衝突が星の形成に影響する!~

<銀河が生成する星の質量と、もっている星の質量の合計値の関係>

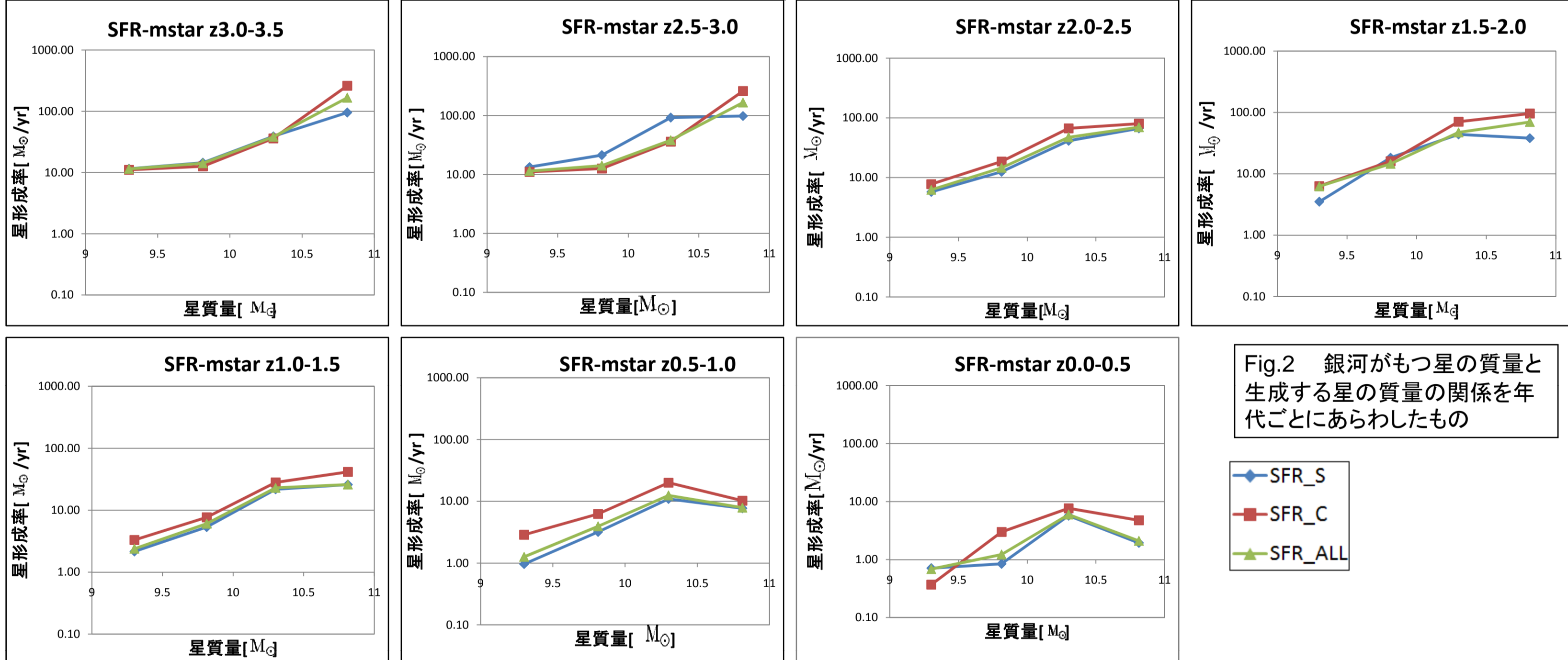


Fig.2は年代ごとの銀河に含まれる星の質量と銀河が生成する星の質量の関係を示したものである。銀河に含まれる星の質量が大きい銀河ほど、銀河が生成する星の質量が高くなっている。

ここで、分類の種類としてNが無くなっているのは、計測方法の問題で、NとSは同じ分類になることが分かったためである。Nの写真には2つ以上の銀河が写っているが、写った複数の銀河すべてについてC、N、Sの判定を行うから、それぞれについてNと判定される。例えば3個の銀河が近付いているように見える銀河では3回Nとカウントされるから、1個の銀河が写っている3枚の写真はSと判断したのと数が変わらない。したがって、Nの値の変化はSと一致するため、ここでは無視している。

<銀河が生成する星の質量と、銀河の衝突の関係>

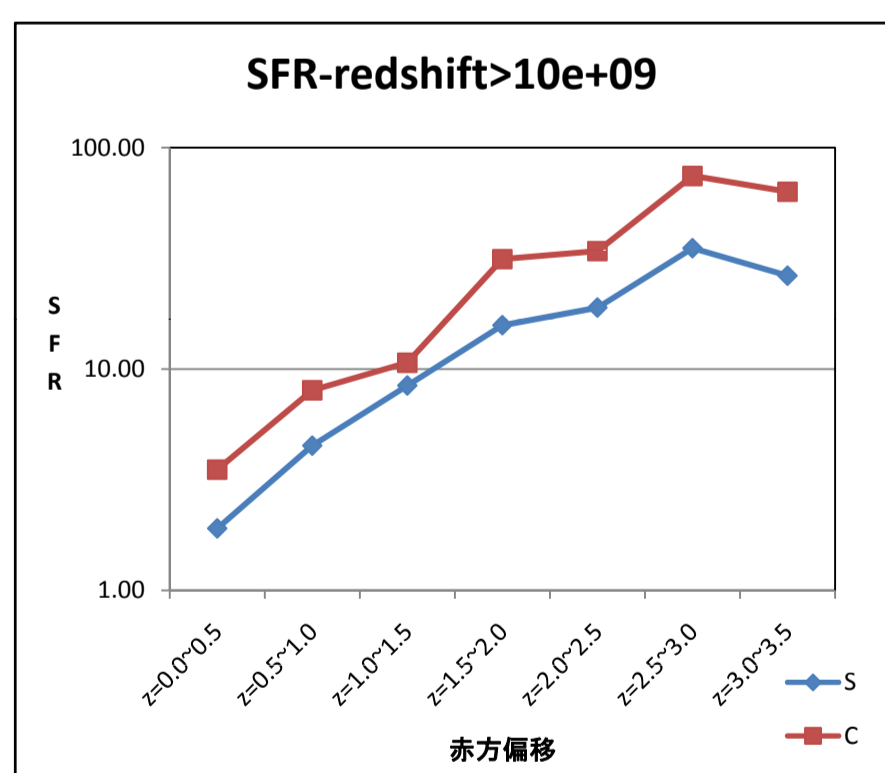


Fig.3 合わせて $10e+10$ 以上の星の質量をもつ銀河について、宇宙の年代と、生成する星の質量の関係をあらわしたものの。

Fig.3は $1.0e+09$ 以上の銀河に含まれる星の質量を持つ、衝突、衝突なしの2種に分類した銀河について、宇宙の年代と銀河が生成する星の質量の関係を示したものである。衝突している銀河、衝突していない銀河それぞれにおいて、年代が進むにつれて銀河が生成する星の質量が下がる傾向が見られた。また、衝突している銀河(赤)は衝突していない銀河(青)と比べて、わずかではあるが活発に星を生成していることがわかる。このことから、銀河の衝突は星の生成を活性化することが確認できた。

<銀河が生成する星の質量と、銀河の形状の関係>

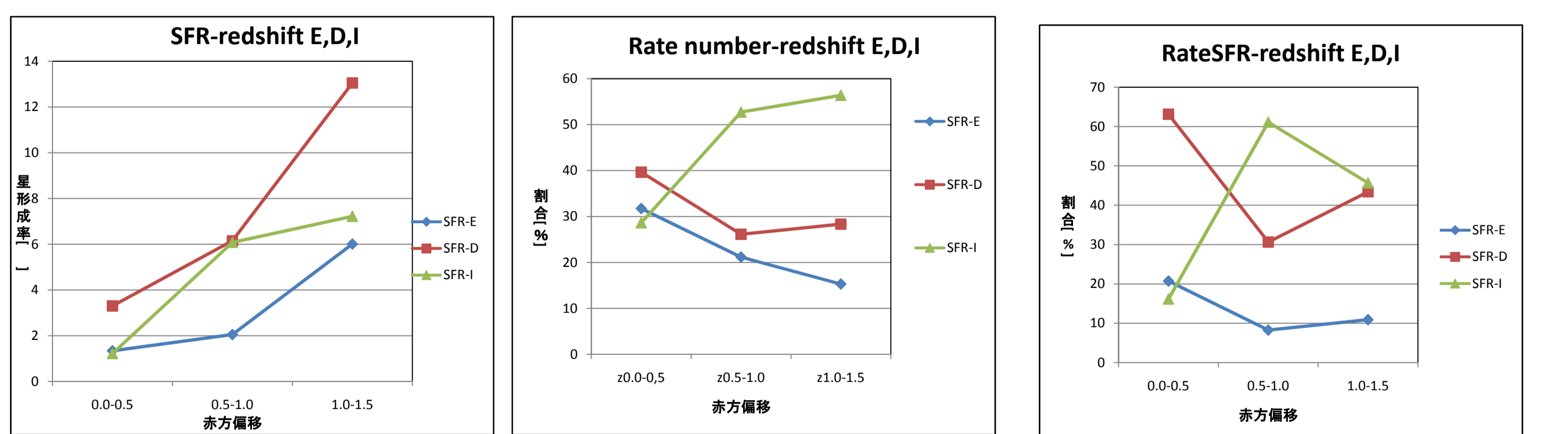


Fig.4 楕円銀河、円盤銀河、その他の赤方偏移と星形成率の関係

Fig.5 楕円銀河、円盤銀河、その他の総数に対する年代ごとの割合

Fig.6 楕円銀河、円盤銀河、その他の銀河が生成する星の質量が全体に占める割合を年代ごとにあらわしたものの

Fig.6は合わせて $1.0e+09$ 以上の星の質量を持つ楕円銀河、円盤銀河が生成する星の質量と宇宙の年代の関係を示したグラフである。楕円銀河が生成する星の質量(SFR_E)は円盤銀河が生成する星の質量(SFR_D)よりも低いことがわかる。Fig.7は全体の個数に対しての楕円銀河、円盤銀河、その他の銀河が占める割合、Fig.8はそれぞれの銀河が生成する星の質量に占める割合を表したものである。銀河の衝突が起こった後は楕円銀河が形成されると仮定すると、円盤銀河の割合は年代を経るにつれて減少すると予想できるが、結果からは優位な傾向が確認できなかった。

考察 ～宇宙膨張が衝突する銀河の個数に影響する！～

私たちは得られた結果の中から、特に銀河が生成する星の質量と、銀河の衝突の関連に着目した。

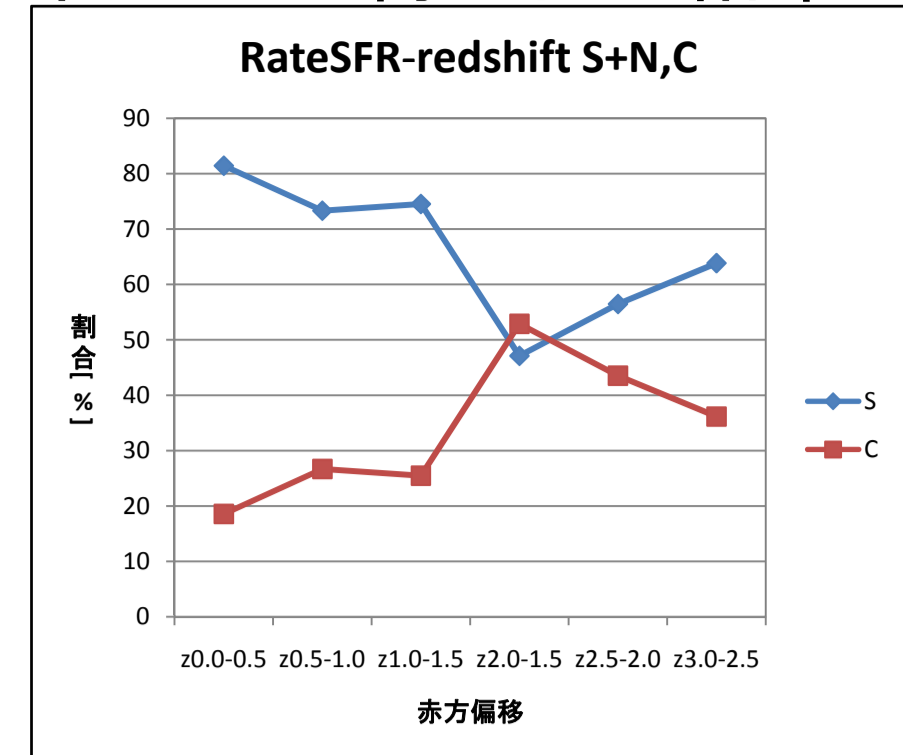


Fig.7 ある年代で観測された銀河が生成する星の質量の合計値に対して、衝突している銀河と衝突していない銀河が占める割合をそれぞれ表したもの

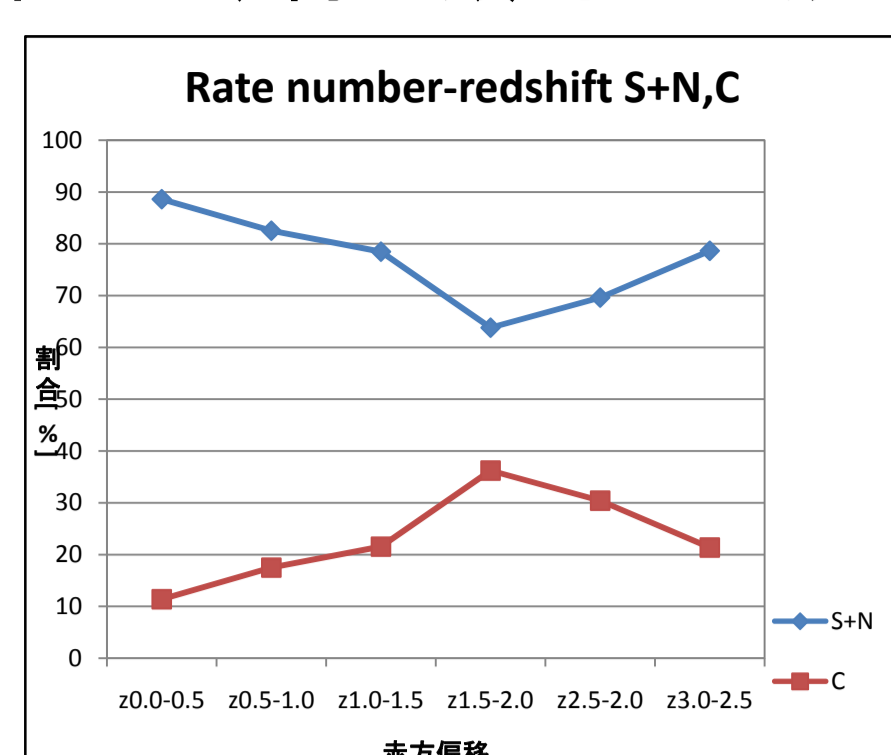


Fig.8 衝突ありの銀河と衝突なしの銀河の総数に対する年代ごとの割合

左のグラフは衝突している銀河と衝突していない銀河それぞれの数が銀河の総数に対して占める割合を年代別に示したものである。衝突している銀河の数は100億年ほど前を境にして減少に転じ、逆に衝突していない銀河は上昇に転じることが分かる。これはFig.1に示す星の生成の傾向と一致しており、衝突による星の生成促進が宇宙全体での星の生成促進につながる主要な要素であることが示唆された。

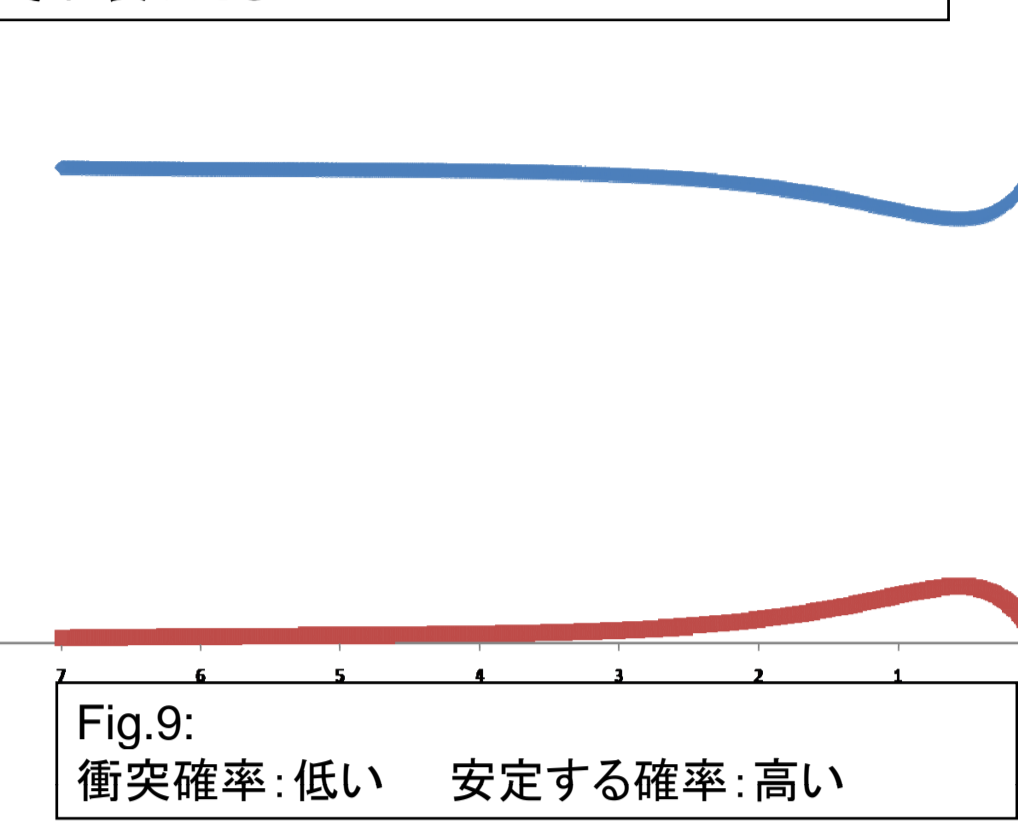


Fig.9: 衝突確率:低い 安定する確率:高い

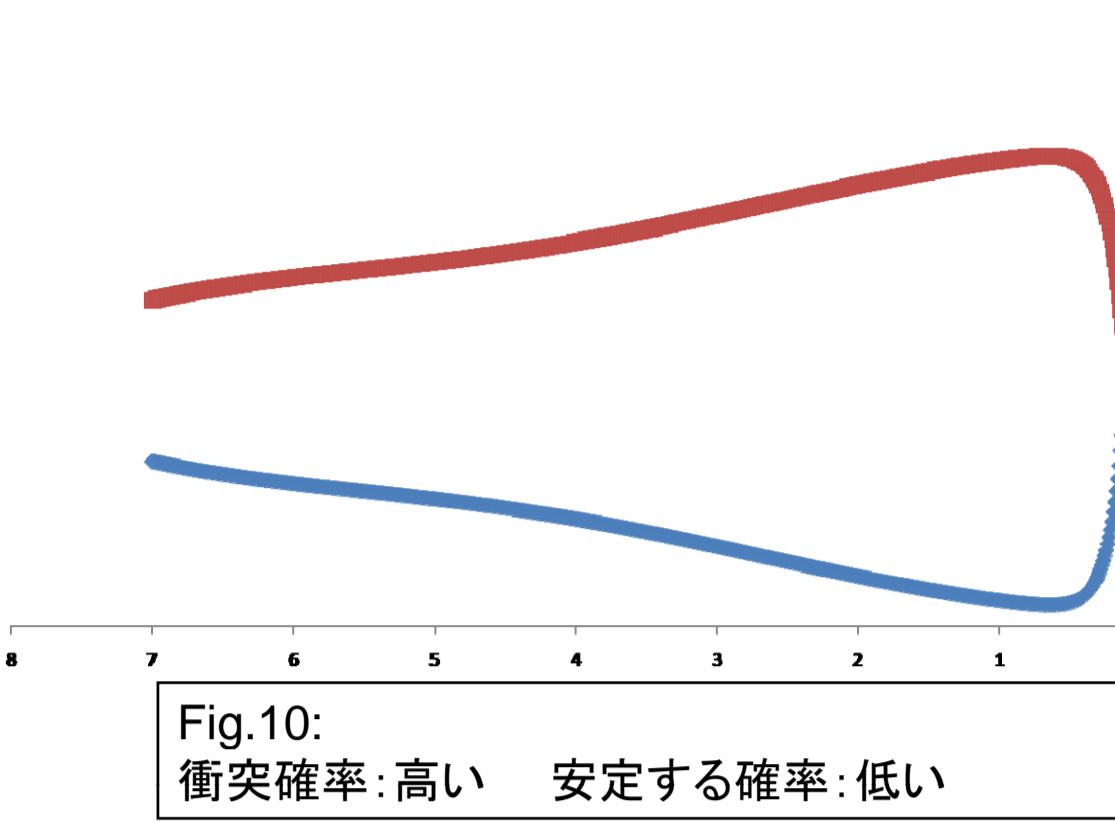


Fig.10: 衝突確率:高い 安定する確率:低い

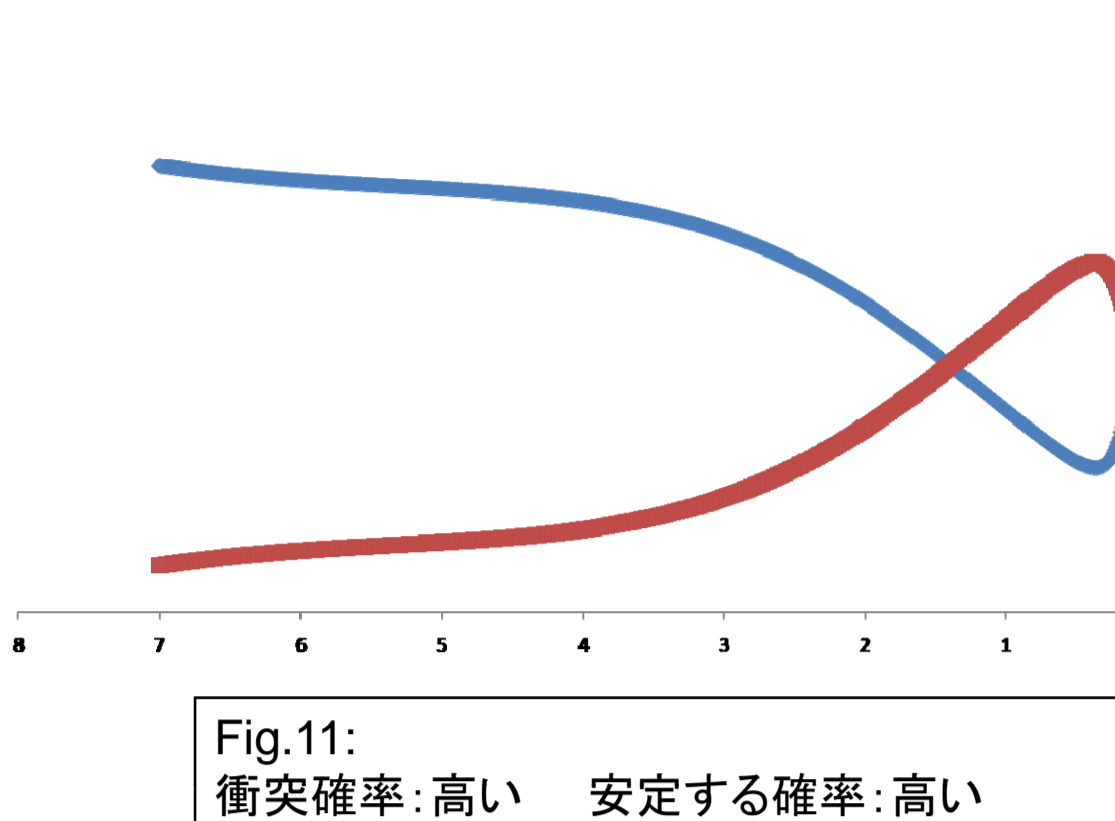


Fig.11: 衝突確率:高い 安定する確率:高い

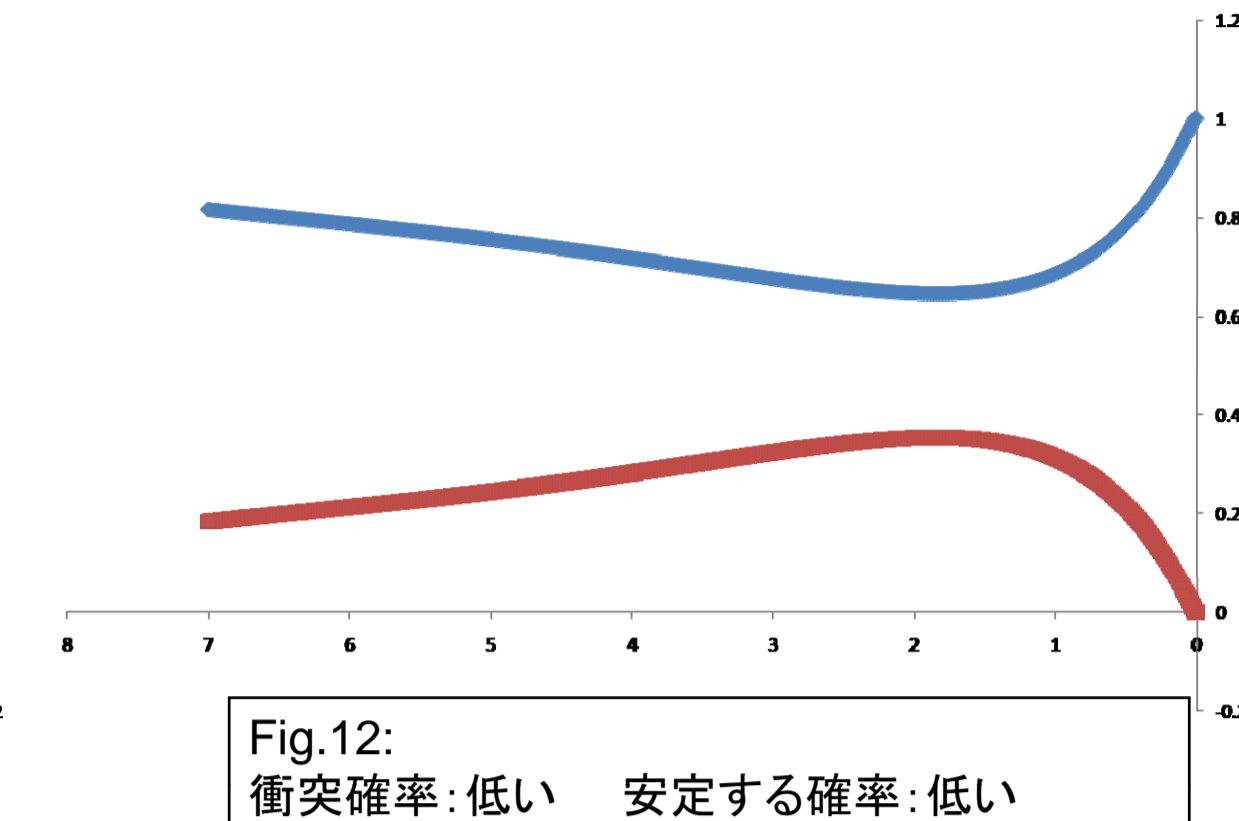


Fig.12: 衝突確率:低い 安定する確率:低い

また、この衝突している銀河と衝突していない銀河の比の変化について私たちはシミュレーションを行うことで、この傾向について考察を深めた。

シミュレーションでは、パラメータを現在の衝突確率と、衝突してから一つの銀河となって安定する確率の二つとしている。また、宇宙膨張を考慮して、衝突確率を現代から遠ざかるに合わせて大きくしている。宇宙の大きさが今の1/a倍であれば、衝突確率はその逆数の3乗に比例させ、 a^3 倍とする。この条件でシミュレーションを行った結果を上に表示してある。

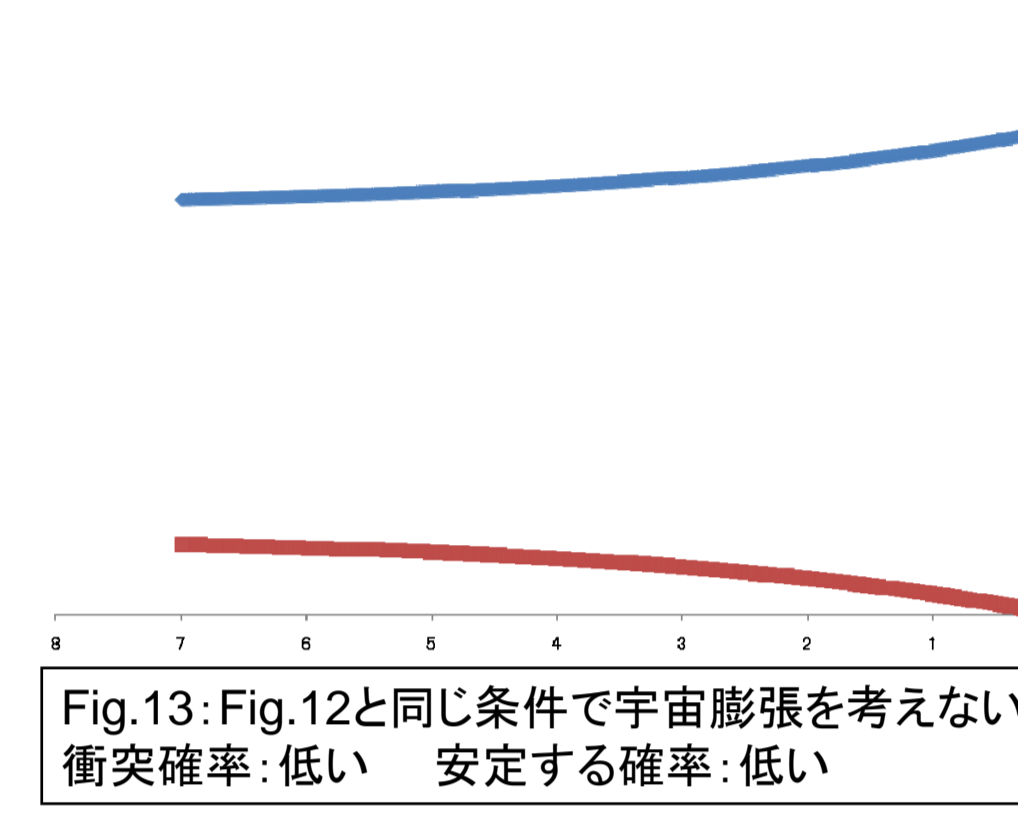


Fig.13: Fig.12と同じ条件で宇宙膨張を考えない 衝突確率:低い 安定する確率:低い

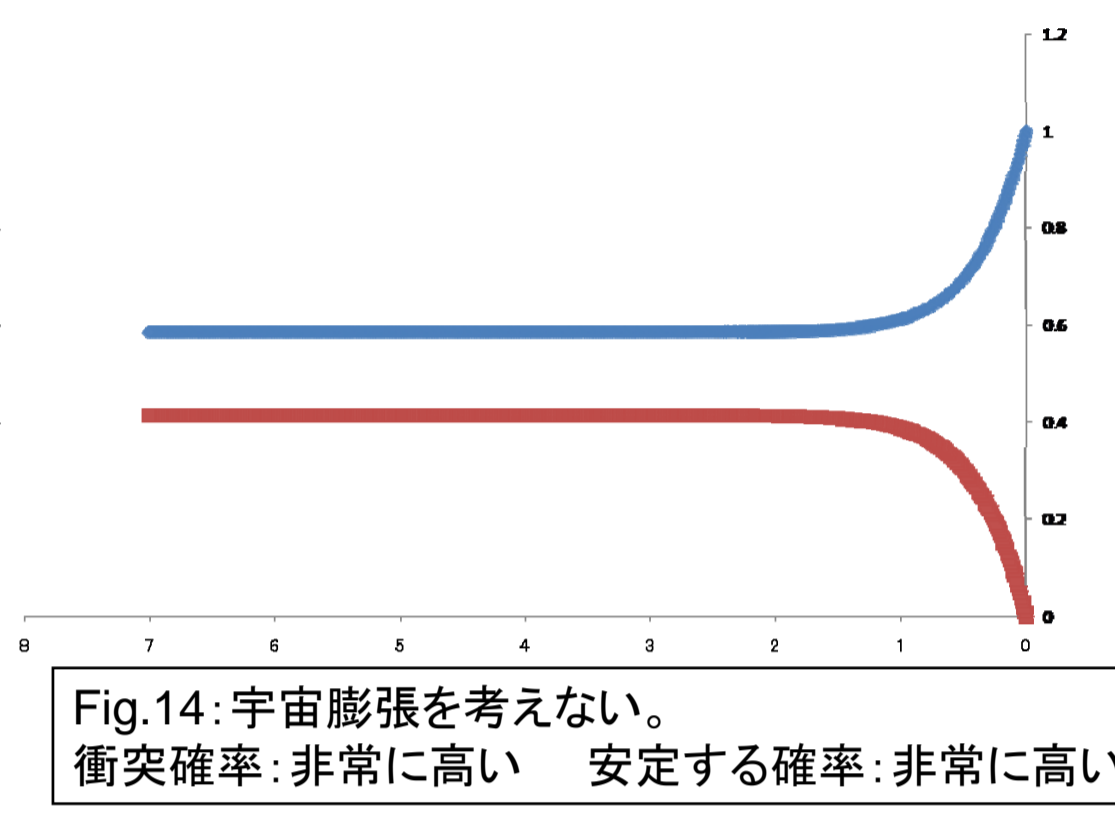


Fig.14: 宇宙膨張を考えない。 衝突確率:非常に高い 安定する確率:非常に高い

上記の結果から、実測値であるFig.8にもっともよく適合するグラフが、Fig.12であることがわかる。条件として与えられた値は現在の衝突確率0.0001、安定する確率は年代によらず0.003であった。

ここで、衝突している銀河の数の変化の仕方に着目する。左のグラフは前述のシミュレーションにおいて、宇宙膨張を考慮しなかったものである。宇宙膨張がない場合、最終的には衝突している銀河も衝突していない銀河も一定の値に収束し、Fig.8のような形にはならない。このことから、衝突する銀河の数の変化には宇宙膨張が大いに影響しているとわかった。

今後の課題

私たちは銀河の分類を目視で行ったため、C,N,Sの判定基準があいまいである。また、1つの画像の中に二つの銀河が実際にはぶつかっていないでも重なって映っていれば衝突していると判定していることも問題である。このことから、今後この研究を進める場合、銀河の年代を調べ、距離を判断した上で衝突を判断するなどの分類法を用いる必要があると考える。

用語の説明

