
亜光速で飛ぶ宇宙船から見る星々

- スターボウのシミュレーション -

広島大学附属高等学校

進矢 陽介 (高3)

要 旨

宇宙船が亜光速で移動すると、特殊相対性理論の光行差現象と光のドップラー効果により、「星が虹のように見える」と予想された現象がスターボウである。

この予想をシミュレーションにより検証した結果、星の光を同一の線スペクトルとすると確かに虹が現れたが、温度に応じた連続スペクトルとすると虹は現れなかった。

宇宙マイクロ波背景放射についてもシミュレーションを行ったところ、前方中心からの光の明るさは最大で、太陽の約1.4倍にまで達した。かなり明るくなるため、グレア効果が顕著になり、ハロによる虹が見える可能性がある。

シミュレーション1 線スペクトルによる色再現

当初予想されたスターボウを可視化し、虹が現れるか確かめるため、

A: 星の光を同一の線スペクトルとする。B: 星の光を色々な線スペクトルとする。

Aでは同じ角度ならば同じ色となり、角度ごとに色が異なるから虹のグラデーションが現れ、Bでは同じ角度でも様々な色となるため虹は現れない、と予想される。

結果、Aでは虹が現れ、BではAのグラデーションの傾向が現れたものの赤っぽい、青っぽい、といった程度だった。(図1)

シミュレーション2 連続スペクトルによる色再現

実際に見えるスターボウを可視化するため、

C: 星の光を同一の連続スペクトルとする。D: 星の光を色々な連続スペクトルとする。

黒体放射はスペクトルに幅があるため虹は現れないが、A・Bの結果から、Cでは何らかのグラデーションが現れ、Dではそのグラデーションの傾向が現れると予想される。

結果、Cでは「星の色」のグラデーションが現れ、Dではそのグラデーションの傾向が現れた。Dのモデルが、実際に見えると考えられるスターボウであり、当初予想されたスターボウ(A)とはかけ離れたものになっている。(図2)

シミュレーション3 宇宙マイクロ波背景放射(CMB)

恒星に次いで景観への影響が大きいと思われるCMBを、2.725Kの等方的な黒体放射と仮定してシミュレートした。等級の性質上正確には表せないが、ベガを基準星とすると宇宙船静止時のCMBは7098.8等級に相当することが分かった。しかし加速すると、ドップラー偏移に加え光行差で面積が圧縮されるため、前方中心からの光の明るさは、

0.9998cで6等級（肉眼で見える）、0.9999999999999999cで-77.089等級（太陽の約1垓倍）となることが分かった。極限は、等色関数が実測値のため式上では求められないが、光子数が有限であることを考えると、明るさ0に収束すると思われる。色については、等方的な黒体放射と仮定したためCと同様のグラデーションとなった。（図3）

しかし、非常に明るくなるため、白く見えるようになると予想され、又、グレア効果を考える必要がある。グレア効果とは、光を見たときに眼・カメラやそれらの周辺で起こる現象で、明るい光ほどその影響は顕著になる。コロナ、ストリーク、ハロなどがあるが、このうちハロは「光源の周りに虹が見える」というものであり、このようにして出来る虹をCMBbowと呼ぶことにする。CMBbowが見えるかどうかは、他のグレア効果の影響との強弱が速度ごとに異なるから、シミュレーションにより検証する必要がある。

図1

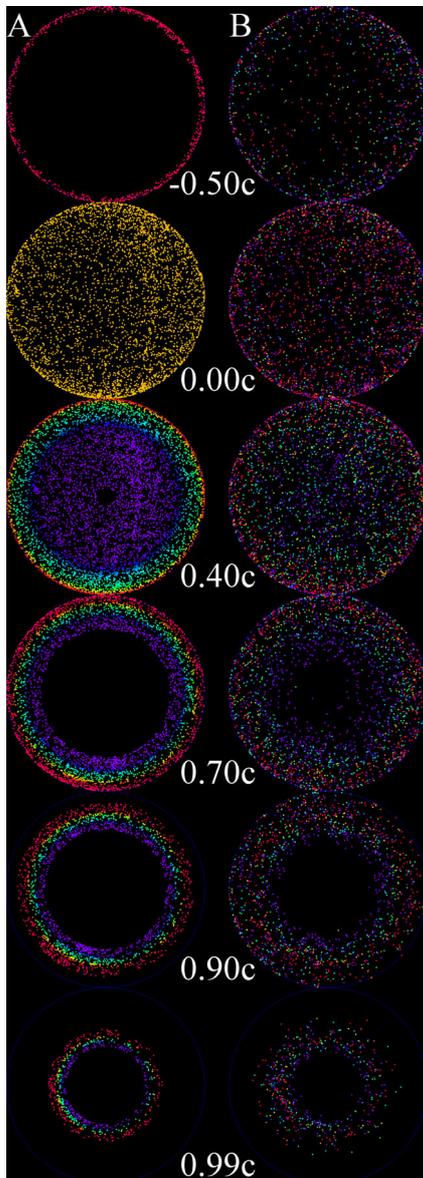


図2

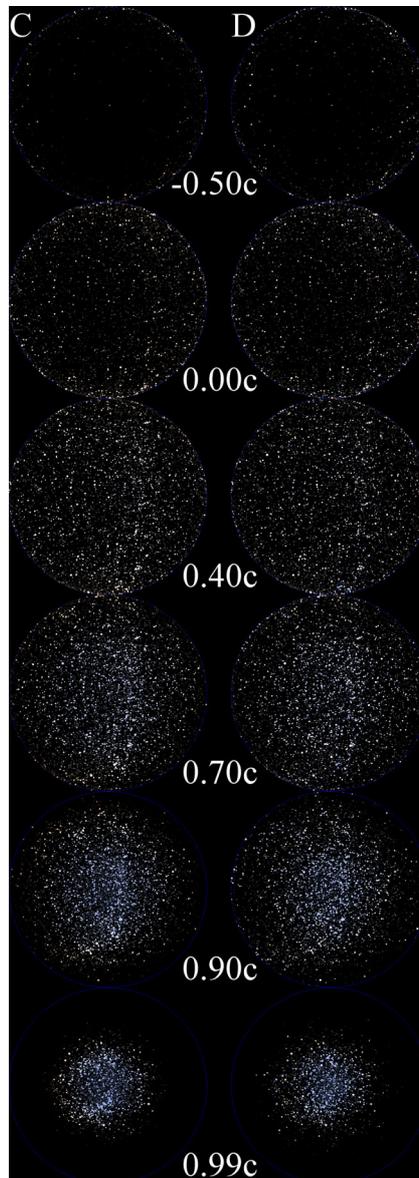


図3（倍率100）

