

宇宙論をやさしく学ぶWebページ制作

卒業研究中間報告 Q21-067 土井夏海

動機・目的

宇宙論を学ぶには、数学や物理の知識が必要になる。
そこで高校生や文系学生向けに直観的に理解できるよう工夫したWebページを制作し、宇宙物理をより分かりやすく伝えることを目的とした。

1. 教科書に沿ったWebページの構成と制作内容

「現代物理学が描く宇宙論」付録Aに沿って作成



ここでは2つのツールを紹介

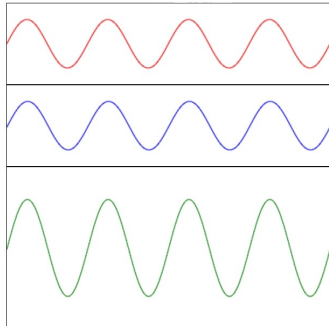
- ・波の干渉
- ・赤方偏移

波の干渉学習ツール

干渉とは：複数の波が重なり合う事で、強め/弱め合う現象
波長 λ やずれ Δ を入力し、「表示する」ボタンを押す
キャンパスに赤線と青線のsin波があり、その2つを
足し合わせた緑線が合成波
→ずれ Δ が波長 λ の半分あると、緑線の合成波は完全に
打ち消し合う

- ・波長とは：波の1周期の長さ
- ・ずれとは：波の山や谷の位置をどれだけ横方向に移動させるかを示す

波長：100 ずれ：1 表示する



赤線
・ $y_1 = \sin(2\pi x / \lambda)$
 λ = 波長

青線
・ $y_2 = \sin(2\pi (x - \Delta) / \lambda)$
 Δ = ずれ

緑線
・ $y_1 + y_2$

重力波はレーザー干渉計を使って観測される

赤方偏移学習ツール

赤方偏移とは：遠ざかる天体の光の波長がドップラー効果により
長くなりスペクトル線が移動する現象

スペクトルとは：光を分解したときに現れる 波長ごとの特徴
光の波長は400~700nm

赤方偏移の大きさ z は、 $z = (\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{source}}) / \lambda_{\text{source}}$

z が0.0はずれがない状態

z の値を入力すると、下のスペクトル図が右に移動する。

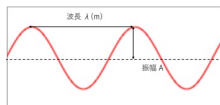
→宇宙は膨張してるため、遠方の星ほど赤方偏移が大きくなる。

「赤方偏移」の大きさから星までの距離の目安が分かる。

→距離を表す指標

赤方偏移の値 z を入力してね (例：0.05)

z = 0.15 表示



宇宙から出た光源



赤方偏移



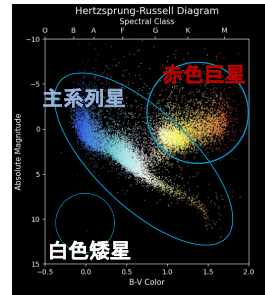
2. HR図に関する自作コンテンツ

ヘルツシュプルング・ラッセル図

(Hertzsprung - Russell diagram : HR図)

- ・恒星の一生進化の過程が分かる図を実データから作成した。
- ・HR図のバリエーションを考えるツールにした。

Hipparcos衛星による観測データから15等星以上を30000個使用



HR図から分かること

- ・恒星は一生をHR図上で移動する
- ・その動きと位置は進化状態を表す
- 主系列星：核融合している段階
→恒星の質量や年齢で位置が変わる
- 赤色巨星：恒星の中心の水素を使い果たし、外層が膨張
→光度は明るいけど表面温度が低い
→膨張して質量が大きくなる
- 白色矮星：燃料を使い果たした恒星の残骸
→光度は暗いが表面温度は高い
(質量が小さく光る面積が少ないため)
→収縮して小さく、密度が非常に高い

・太陽進化の動画表示

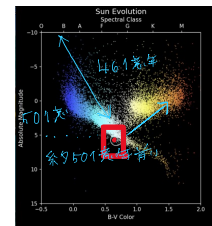
HR図上での太陽の動きを観察

約50億年前に誕生し現在は主系列星中央に位置する

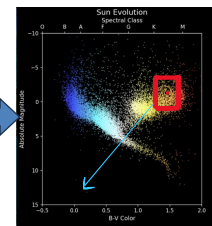
主系列星の中心にいる太陽

赤色巨星になった太陽

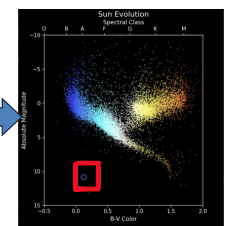
白色矮星になった太陽



(現在の太陽の位置)



(右上に移動)



(左下に移動)

太陽は進化とともにHR図上を移動

地球の環境も大きく変化

赤色巨星になると、地球も高温にさらされ、住めない環境に...
最終的に太陽は白色矮星として一生を終える。

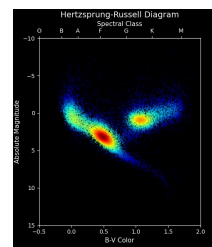
・ヒートマップ解析 (恒星の個数の濃度表示)

それぞれの位置別に表示して観察

(主系列星・赤色巨星・白色矮星)

恒星は主系列星の中でも中央に多い
(誕生から約50億年)の位置に多く存在

→太陽、地球の誕生時期と同時期に
多くの恒星が誕生したことが分かる



・HR図の3次元表示 (恒星までの距離軸を追加)

Webページ上で視点を自由に操作

→ 太陽系近傍の恒星がどのように
進化していくかを観察

縦軸：絶対等級
横軸：スペクトラム型
奥行：距離 (pc)

