

54S 食変光星の変光シミュレーション

東北公益文科大学 ジュニアドクター鳥海塾 山本研究室：
木村 直仁（中等4）【新潟県立村上中等教育学校】



序論

食変光星とは

- 食を起こし光度変化を起こす連星（食連星）
- 見かけ上、単一の変光星として観測される
- 形状や運動は理論モデルと光度曲線を比較し推測される
- 数式のみでの直感的理解は難しい

本研究の目的

- 視覚的理解を深めるシミュレーションの作成

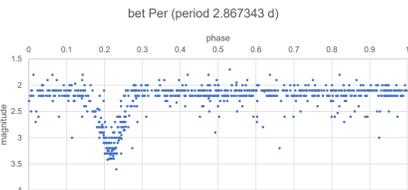


図1：AAVSO観測データ [1] による食変光星アルゴルの光度曲線

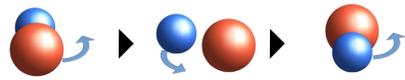
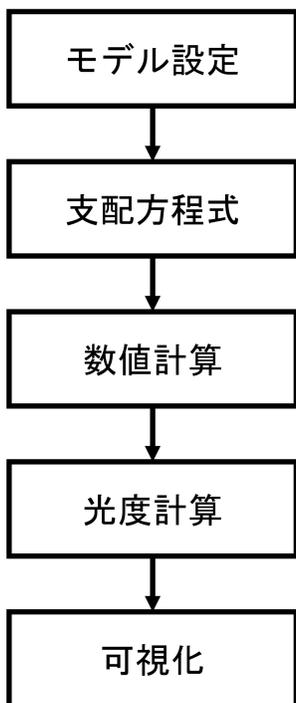


図2：食変光星アルゴル（ペルセウス座β星, bet Per）の公転の様子

方法



- 球状恒星からなる分離型二体連星
- 初速度や初期位置を設定
- 二体問題として扱う

- 相互重力のみ作用
 - ニュートンの運動方程式に従う
- 連星の相対運動方程式 $\frac{dv}{dt} = -\left(\frac{\mu}{r^3}\right)r$

- 4次のルンゲ=クッタ法で近似計算
- 一定の時間刻みdt
- 各ステップで位置・速度更新

- 周縁減光を無視
- 可視面積からフラックス計算
- 最大値で規格化し光度曲線の値に

- 幾何学的配置と光度曲線を同時表示

- 使用言語 : JavaScript
- 使用ライブラリ : Chart.js [2]
- 動作環境 : Webブラウザ

Notation $\mu = G(M_1 + M_2)$
 M_1, M_2 : 質量 $\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$
 $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2$: 位置 $r = |\mathbf{r}|$
 G : 万有引力定数 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$



図4：シミュレーションQR

機種・ブラウザにより正しく表示されない場合があります。

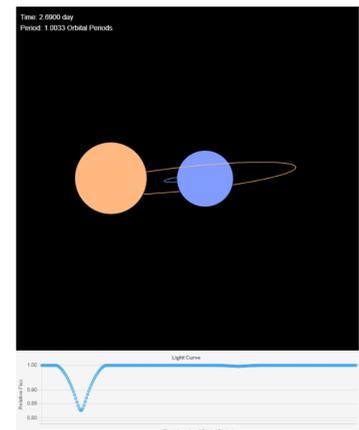


図3：シミュレーションの様子

参考文献

- [1] AAVSO, Search Data, <https://apps.aavso.org/v2/data/search/photometry>, (2026年2月16日閲覧)
- [2] Chart.js Developers, Chart.js (JavaScriptグラフ描画ライブラリ), <https://www.chartjs.org>, (2025年12月14日閲覧)

使用例

本シミュレーションの使用例として、連星系のパラメータ変化による挙動変化を調べた。図に示されていないパラメータは分離型円軌道連星 ($e = 0$) として固定した。

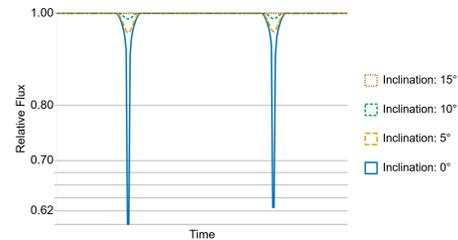


図5：軌道傾斜角の変化

傾斜角が大きいほど極小は浅くなる

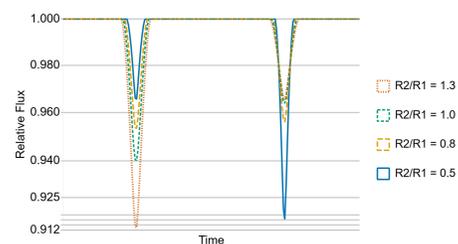


図6：半径比 R_2/R_1 の変化

半径比の値が変化すると極小の形が変化

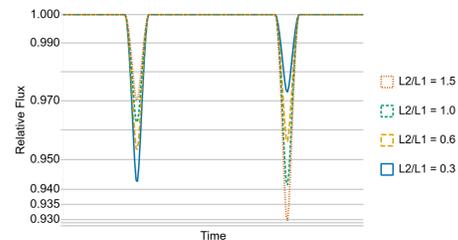


図7：光度比 L_2/L_1 の変化

光度比の値の変化で極小の深さの比が変化

成果

- 二体食変光星の数値モデルを構築
- 4次ルンゲ=クッタ法による時間発展計算を実装
- 幾何学的配置と光度曲線の同時可視化を実現
- 物理パラメータ変化が光度曲線に及ぼす影響を確認
- 実際の観測データと比較、光度曲線の形状の一致を確認

展望

適用可能性

- 食変光星の理解促進教材として活用可能
- 光度曲線と幾何学的配置の対応関係の直感的理解
- パラメータ探索ツールとしての応用
- 観測データ解釈の補助

今後の課題・発展

- 周縁減光効果の導入
- 三体以上の多体系への拡張
- 観測データとの比較検証
- 精度向上および物理モデルの高度化

謝辞

研究の指導・協力をしていただいた、東北公益文科大学山本研究室の皆様、この場を借りて感謝申し上げます。本研究は東北公益文科大学ジュニアリサーチャー制度の支援を受けています。