

## シミュレーションによる太陽特異速度解析における

### 星の速度分散の影響の定量的評価

柏田祐樹(東京大学)

利用カテゴリ XC-Trial

太陽系は天の川銀河のどこで誕生したのかという問いに答える方法の1つとして、動力学的アプローチがある。このアプローチを行うためには、(i) 現在の太陽系の運動、(ii) 太陽系誕生以降の天の川銀河の時間発展的な重力ポテンシャルという大きく2つの情報が必要である。今回は第一ステップとして太陽運動の解析を行うこととした。

太陽運動を測定する上でのモデルにはOort、Lindblad、Chandrasekharが構築したモデル(Oort-Lindbladモデルと呼んでいる)を使用した。このモデルは速度分散が極めて小さいコールドな速度場を仮定しているが、近年の研究により実際の銀河系の太陽近傍の速度場は速度分散を持つことが知られている。そのため、現実の速度場を解析した場合にどの程度正しい値を得られるのかという定量的な評価を行うことが必要である。

そこで、本研究ではシミュレーションで生成した模擬データの解析と観測データ解析の2種類を行った。観測データとしては高精度な距離や固有運動といった位置天文データが必要であるため、最新の位置天文観測衛星であるGaiaのData Release 2 (DR2) をデータとして使用した。以下に具体的な内容を述べる。

#### 模擬データ生成

まず本研究では模擬データの生成を行った。Oort-Lindblad モデルの適用範囲は太陽からの距離  $D < 1$  kpc の範囲であるため、簡単のために球状の一様密度の星を 1000 個生成し、その星々が設定したパラメータ値の Oort-Lindblad モデルに従う運動をするようにした。この星々が速度分散を持つ場合と持たない場合とを比較することで、実際の観測データ解析での結果の解釈を行う。

このモデルは  $A, B, C, K, u_0, v_0, w_0$  の 7 つのパラメータを持っている。これらは方位角方向(A)、動径方向(C)の剪断成分、回転成分(B)、発散成分(K)と太陽の特異運動の動径成分( $u_0$ )、方位角成分( $v_0$ )、鉛直成分( $w_0$ )を示している。ここで、動径方向は銀河中心と太陽とを結ぶ方向、方位角方向は銀河回転方向、鉛直方向は銀河円盤面に垂直な方向を指す。今回の模擬データ生成では、これら 7 つのパラメータの他に 3 つの速度分散パラメータ  $\sigma_{v_R}, \sigma_{v_\phi}, \sigma_{v_z}$  を与えている。7 つのパラメータの値は固定しているが、これら 3 つのパラメータは先ほど年齢ごとの速度分散を考慮すべく 0Gyy から 12Gyr 相当まで 12 種類の値を用いる。そのため 12 の模擬データを生成している。

また、星の年齢 (速度分散) による解析結果の違いを評価するために、Yu & Liu (2018) の年齢—速度分散関係を用い、各年齢ごとの速度分散を考慮した模擬データを作成した。

### 解析コード開発

本研究では位置天文データの解析に Bayesian Analysis を使用することにした。Bayesian をして事後分布を計算することで、アウトプットのパラメータを確率分布として得られる。今回は Bayesian による解析で広く用いられている Markov chain Monte Carlo (MCMC) を使用して解析を行った。MCMC sampler には emcee (Goodman & Weare 2010; Foreman-Mackey et al. 2013) を使用した。

### 解析結果

模擬データの解析結果を図 1 に示す。本研究では Oort-Lindblad モデルの改良を試みた。図のように、太陽運動の方位角成分  $v_0$  の値が従来のモデルでは true の値から大きくずれているのに対し、新しいモデルでは非常に近い値を示している。

今後は銀河の棒状構造や渦状腕構造といった非軸対称構造に起因した複雑な速度場の場合の評価を行う定である。そのためには、銀河系の重力多体系計算 (e.g. Baba 2015; Baba et al. 2016) データの解析や、これらのモデルの再計算を XC50 で行う必要がある。

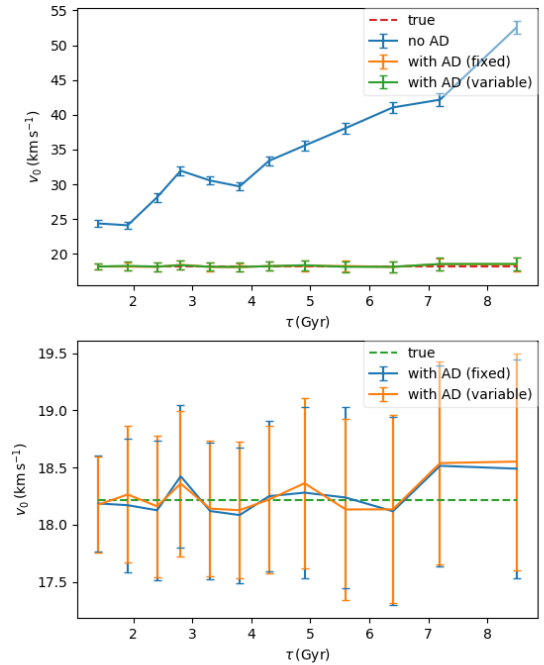
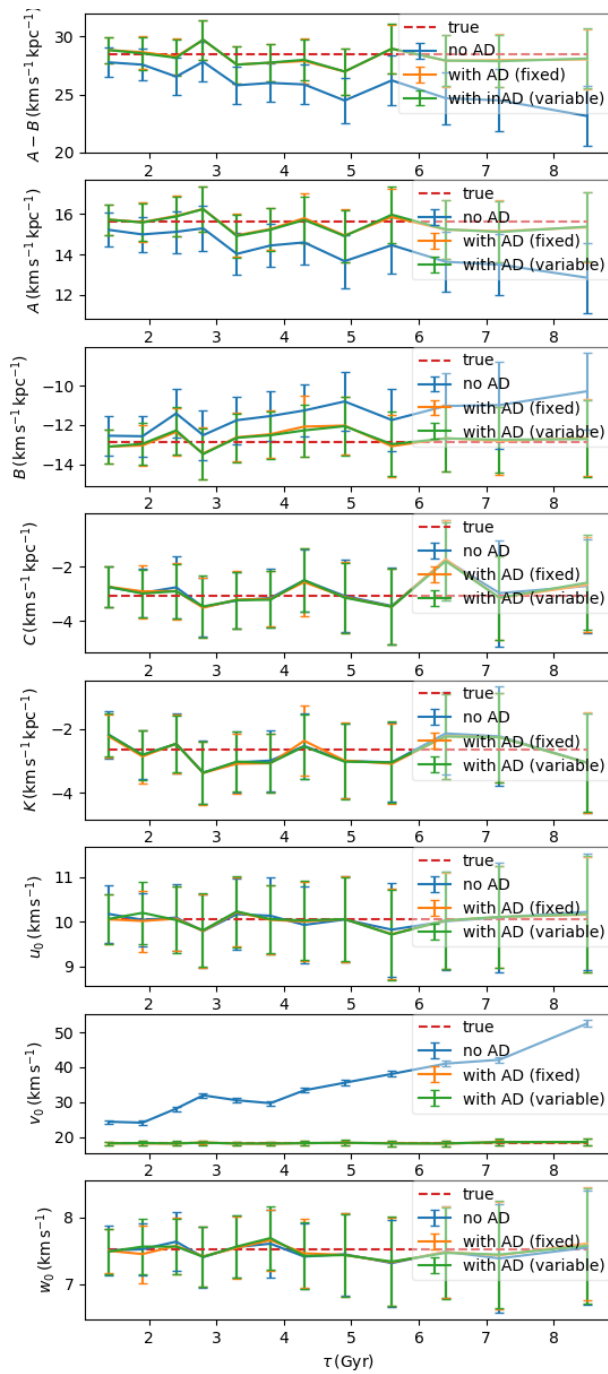


図 1. 模擬データの解析結果。それぞれのプロットは横軸が想定した星の年齢、縦軸が各パラメータとなっている。“true”は模擬データ生成時に入力した値、no AD は速度分散を 0 とした模擬データを解析した値。with AD は速度分散とそれに伴う Asymmetric drift を考慮した模擬データを解析したもので、(fixed) は Asymmetric drift を固定した値として解析、(variable) は Asymmetric drift をパラメータと連動させながら解析した値である。左側は各パラメータ、右側は太陽運動  $v_0$  のプロットを見やすいように拡大したものである。