Globular Cluster Streams as Galactic High-Precision Scales—the Poster Child Palomar 5

Kupper, A. H. W., et al. 2015, ApJ, 803, 80 (arXiv:1502.02658)

GAゼミ@20150519 石垣

【アブスト】
銀河系ハローの球状星団Palomar 5 に付随する潮汐ストリームの位置および視線速度のデータにもとづいて、太陽ー銀河中心間の距離、太陽の回転方向の速度、銀河系の質量、扁平率などによい制限がつけられることを示した。Palomer 5の遠銀点（19kpc）内に含まれる銀河系の質量は、2.1(+-0.4)x$10^{11}M_{sun}$、flatteningはqz=0.95(+0.16, -0.12)と見積もられる。

【ゴール】
Streekline（流線）法による潮汐ストリームのモデルと観測データとの比較から、ベイズ推定にもとづいて銀河系およびPalomar 5のパラメータ（表1）にどのくらいの精度で制限がつけられるか調べる。

【オリジナリティ】
Palomar5の観測データとstreakline法で生成したストリームモデルを用いることにより、ベイズ推定によって銀河系のパラメータに制限をつけた。

【ロジック】

背景：ストリームの位置、視線速度のデータが与えられたときに、銀河系ポテンシャルの各パラメータの確率を評価したい。ストリームのモデル化にはN体シミュレーションが理想的（ストリームと星団の軌道とが必ずしも一致しないため）

問題点：N体シミュレーションをすべてのモデルパラメータ（表1）について計算するのは大変

Streakline法（図1）： 現在からt_{int}前の星団の位置、速度をスタート地点として、現在のPalomar 5の位置まで銀河系ポテンシャルΦ(r)のもとで星団の軌道を積分。その際一定の割合dM/dtで星（テスト粒子）を放出する。星の初期位置は星団ー銀河系ポテンシャル間のラグランジュ点、初期速度は星団の角速度と同じにし、それ以降は星団と銀河系の重力のもとで運動する。N体シミュレーションに比べて圧倒的に短い計算時間で様々なパラメータについてストリームモデルを生成できる。

ベイズ推定にもとづくパラメータの見積もり：Streakline法により、10^7個のモデルストリームを生成。観測データが与えられたときに各パラメータを得る確率をマルコフ連鎖モンテカルロ法で求める。

結果：Palomar 5ストリームをN体シミュレーションで再現した疑似データで方法の妥当性をチェック。インプットパラメータを良い精度で再現できていることを確認した。次にPalomar 5の観測データ（位置と視線速度）に適用⇒Palomar 5の位置（rpal5=18.8kpc）でのcircular velocity Vc=217(+22,-19)km/s 、太陽の位置でのcircular velocity 233(+13,-10)km/sなどが得られ、過去の研究とも合っている

図1: ストリームモデルの生成

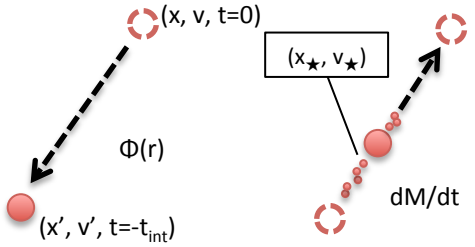
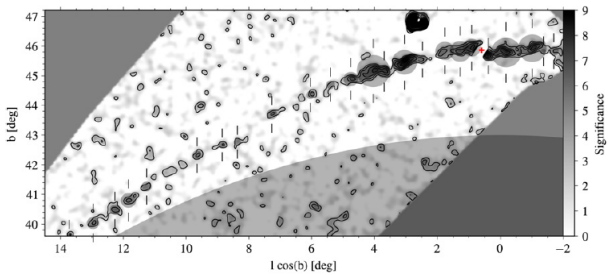
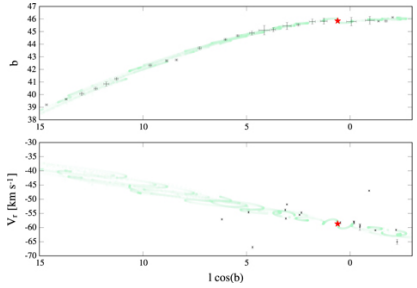


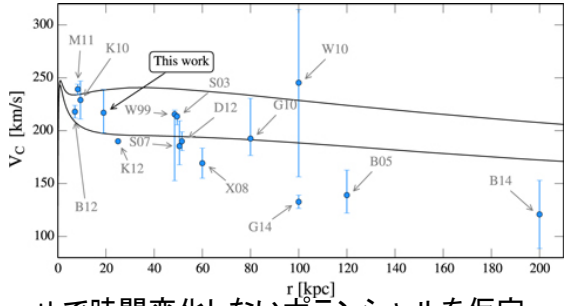
表1: パラメータと事前確率（prior probability）

Parameter	Prior range	Description
M_{Halo}	$[10^9; 10^{13}]\ M_\odot$	Halo scale mass
r_{Halo}	[0.1; 100] kpc	Halo scale radius
q_z	[0.2; 1.8]	Halo flattening
$M_{Pal\,5}$	$[0; 60000]\ M_\odot$	Cluster present-day mass
dM/dt	$[0; 100]\ M_\odot\ yr^{-1}$	Average cluster mass-loss rate
$d_{Pal\,5}$	[20; 27] kpc	Cluster distance from Sun
$\mu_\alpha \cos(\delta)$	$[-3; -1]$ mas yr^{-1}	Proper motion in RA
μ_δ	$[-3; -1]$ mas yr^{-1}	Proper motion in Dec
V_{tan}	$[212; 292]$ km s^{-1}	Solar transverse velocity
$R_\odot$	[7.5; 9.0] kpc	Solar Galactocentric distance

図2: （左）ストリームの撮像データ （中）観測されるストリームの位置（上段）、視線速度（下段）に対するベストフィットモデル （右）Vcの文献値との比較







【コメント】 HSC+PFSサーベイによる新しいストリームの観測に応用できるかも。この論文ではsmoothで時間変化しないポテンシャルを仮定。Bonaca+14によると、substructureの存在やポテンシャルの時間進化などにより、~50%程度のバイアスが生じる。