

Starspot mapping with adaptive parallel tempering

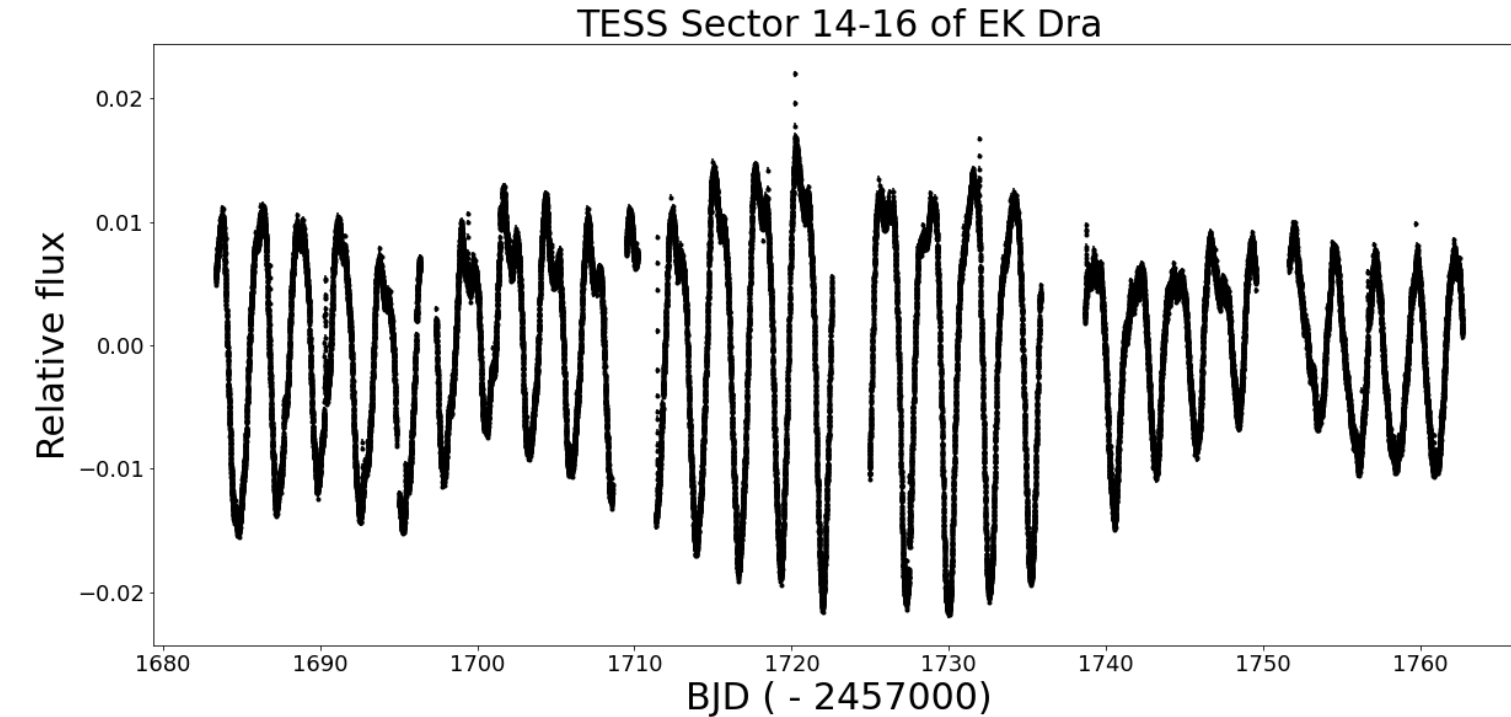
幾田 佳 (京都大学)

前原 裕之(国立天文台), 野津 湧太(コロラド大学), 行方 宏介, 加藤 太一, 岡本 壮師(京都大学),
野津 翔太(理化学研究所), 本田 敏志(兵庫県立大学), 野上 大作(京都大学), 柴田 一成(京都大学/同志社大学)

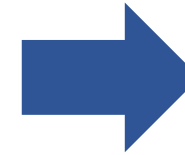
[Ikuta et al. 2020, ApJ in press](#)

Background: Superflares on spotted stars & Our implementation

Credit: NAOJ



Mapping



Deduction

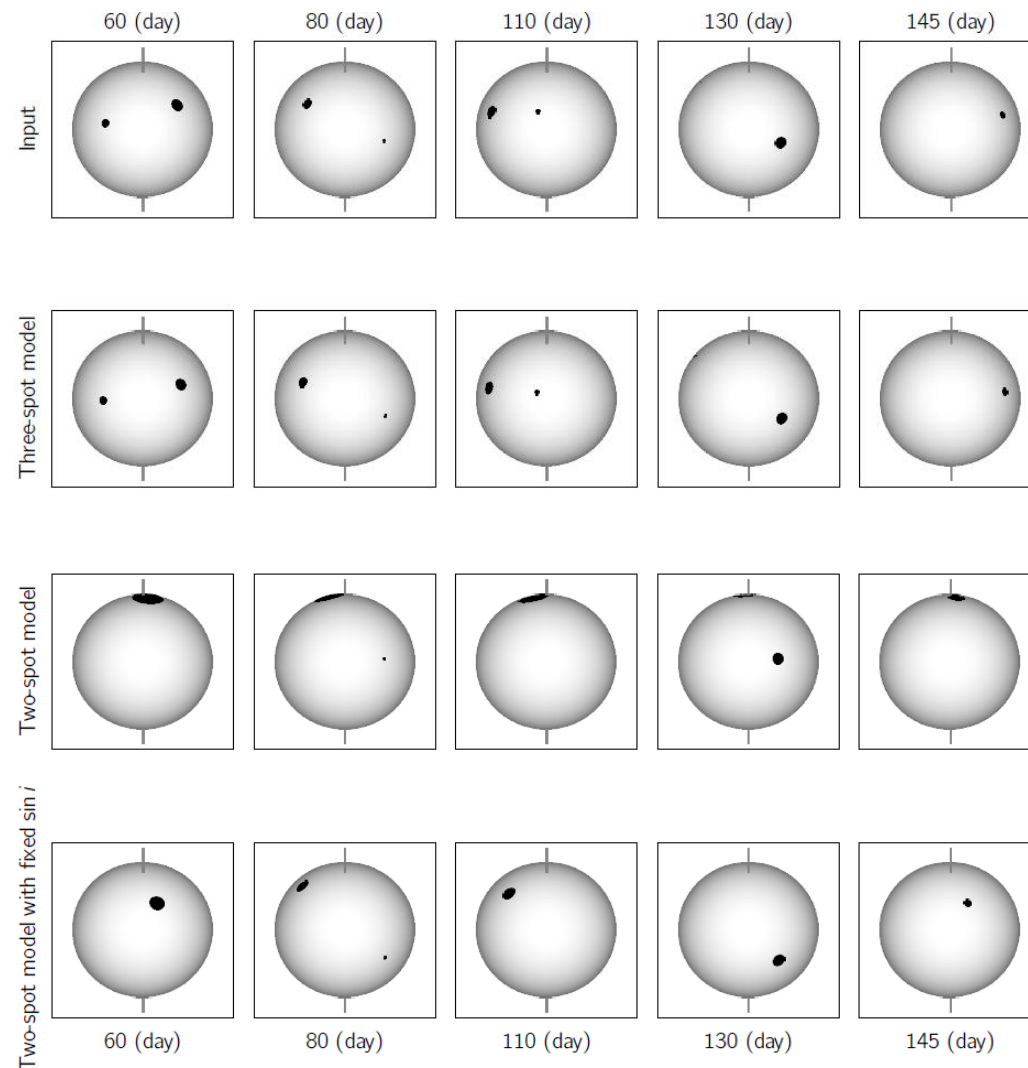
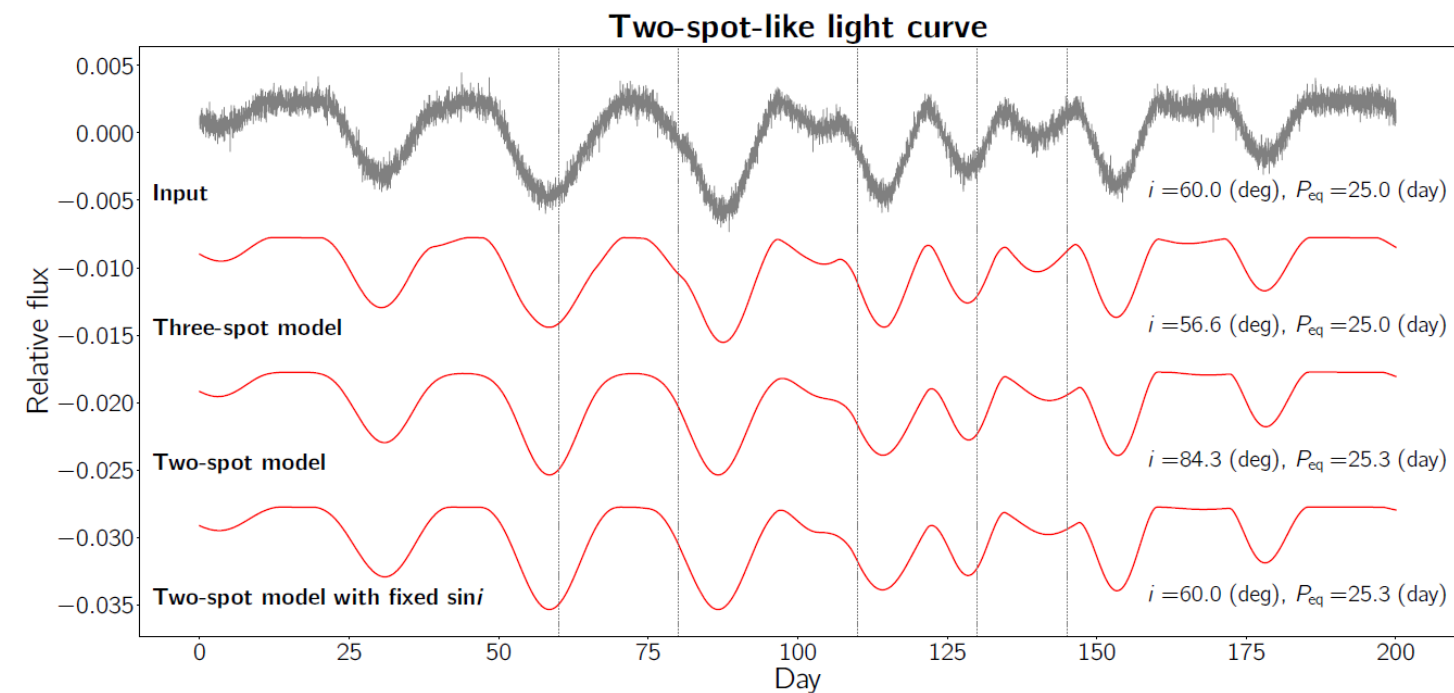
星の自転周期, 差動回転
Spotの位置, 大きさ, 生成消滅の時間など

- Spotは複数存在 (cf. Kepler-17; [Namekata+20](#))
- Parallel tempering (効率的なMCMC)によるサンプリング(パラメータ推定)
- 重点サンプリングによるエビデンス(モデルの尤度)からspot数の比較(モデル選択)

Result: Synthetic light curve emulating *Kepler/TESS* data

- 3 spots でlight curveを生成し, 2, 3, 4 spotsで最適化

→ 単峰(2, 3-spot model), 多峰(4-spot model)な事後分布にそれぞれ収束



- エビデンス: 2 spot \ll 3 spot \geq 4 spot

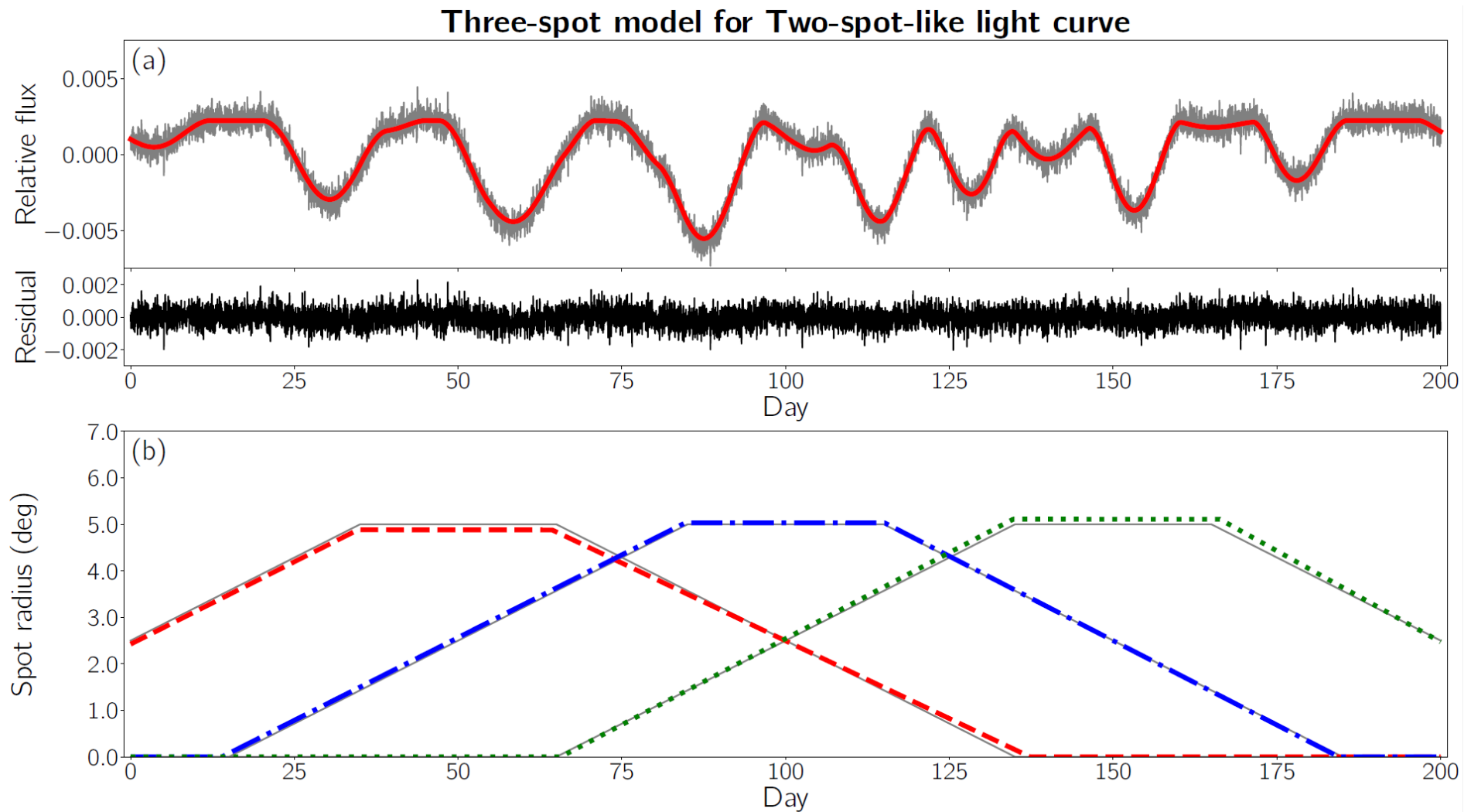
- Spotの生成消滅時間の推定誤差は上限1桁程度

Summary & Prospective

- **Spot mapping (パラメータ推定とモデル選択)を行うコードを実装し,性能を確認した.**
 - インプットしたパラメータをきちんと推定.
 - Synthetic light curveでは,エビデンス(モデルの尤度)の値からspotの数は決まった.
 - Spotの生成消滅時間の推定誤差は上限1桁程度.
- 論文では,パラメータ間の縮退など,どう決まっているか議論(cf. 同時事後分布).
- せいめい望遠鏡で分光観測されているM型星に適用中(in preparation).
- G型星はlight curveが複雑すぎるので非常に難しそう.
- Light curveの構造から機械学習使って決め打ちできないか(可能かは不明).

Light curves & Temporal variations of spot radius

- 3 spots でlight curveを生成し, 3-spot modelで最適化

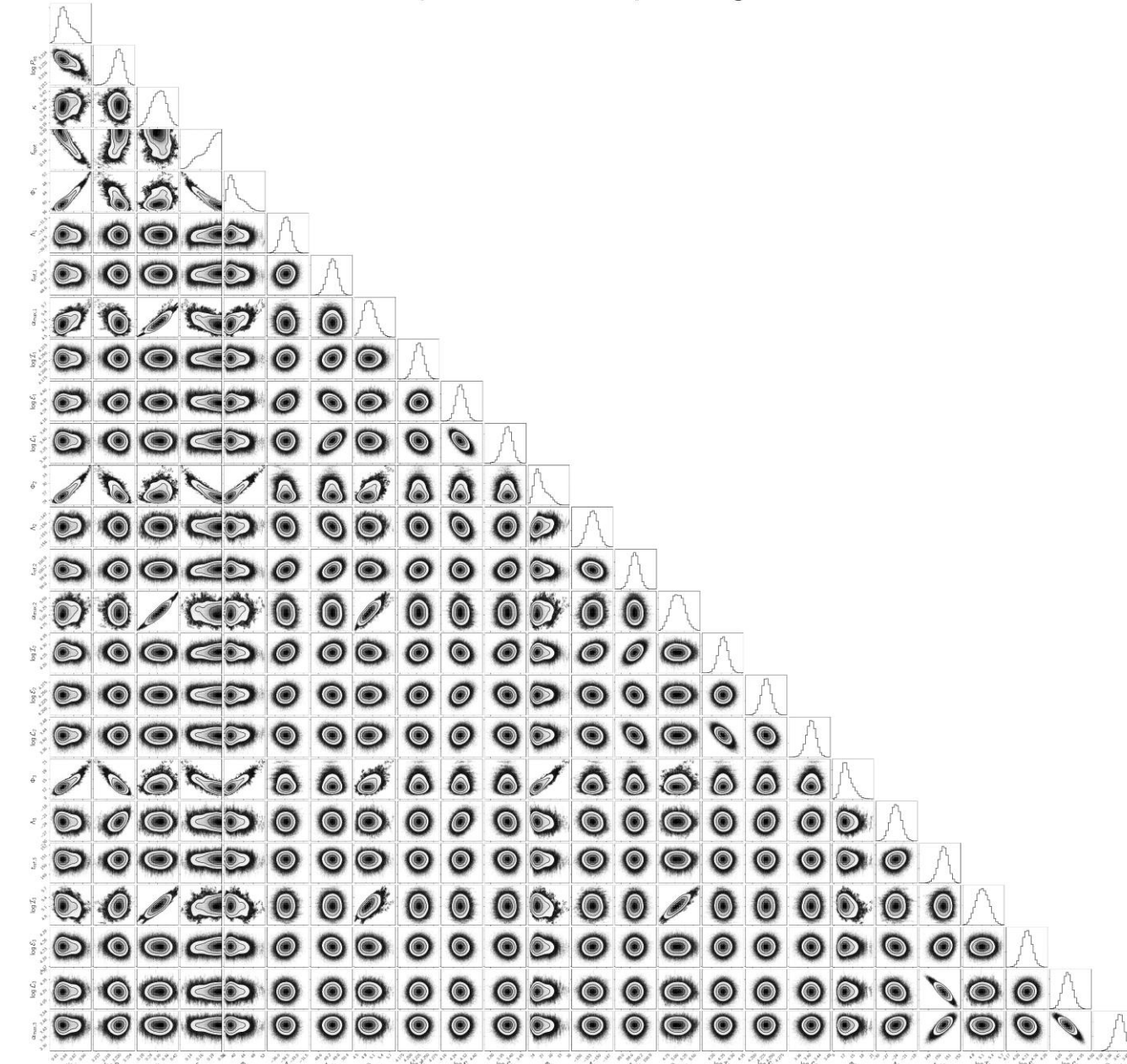


(a) Light curves: Input (gray); Reproduced with the modes of the deduced parameters (red)

(b) Temporal variations of spot radius: Input (gray); Reproduced (red, blue, and green)

Joint posterior of 3-spot model (25 parameters)

Three-spot model for Two-spot-like light curve



Analytic spotted model (Kipping12)

(Stellar parameters)

1. Inclination angle
2. Equatorial period
3. Degree of differential rotation

(Truncated prior)

Normal
Log uniform
Uniform

(Spot parameters)

4. Relative intensity to photosphere
- 5., 12., 19. Latitude
- 6., 13., 20. Longitude
- 7., 14., 21. Reference time*
- 8., 15., 22. Size
- 9., 16., 23. Emergence duration
- 10., 17., 24. Decay duration
- 11., 18., 25. Stable duration

Normal
Uniform
Uniform
Uniform
Uniform
Log uniform
Log uniform
Log uniform

*SpotはReference timeで識別