

月経周期の二相性を考慮した 自己閾値型状態空間モデリング

川森 愛 データ科学研究系 特任研究員

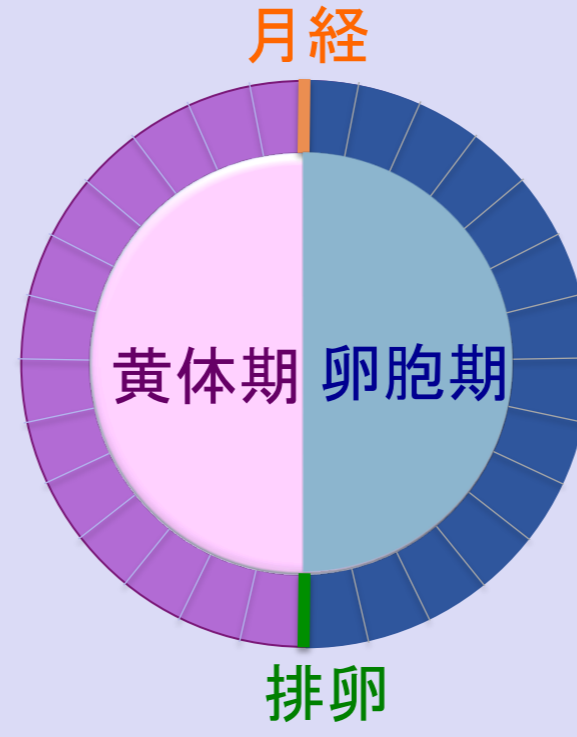
背景

[月経周期の特徴]

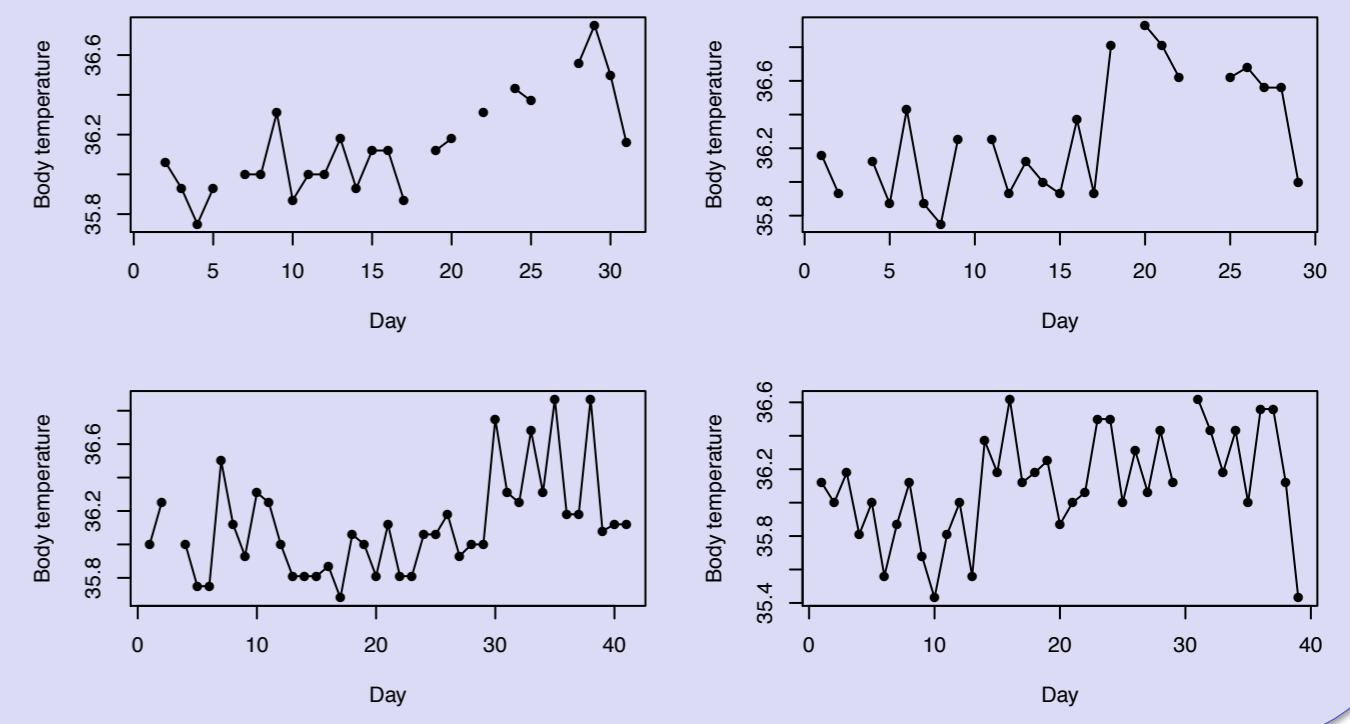
- ・1周期約28日
- ・排卵を境に卵胞期[F]と黄体期[L]に分かれる
- ・平均体温は卵胞期で低く、黄体期には高い(0.3~0.5°C差)
- ・卵胞期の日数長はばらつきが大きい
- ・黄体期の日数長はばらつきが小さい

[研究目的]

体温データから相判別した上で、次回月経開始日を予測する



[体温データ]



状態空間モデル

[位相モデル]

$$\{\alpha(\theta_{t-1}), \beta(\theta_{t-1})\} = \begin{cases} (\alpha_1, \beta_1) & \text{when } 0 \leq \theta_{t-1} - \lfloor \theta_{t-1} \rfloor < 0.5 \\ (\alpha_2, \beta_2) & \text{when } 0.5 \leq \theta_{t-1} - \lfloor \theta_{t-1} \rfloor < 1 \end{cases}$$

θ_t : 時点 t の位相

$$\theta_t = \theta_{t-1} + \epsilon_t$$

$$\epsilon_t \sim \text{Gamma}\{\alpha(\theta_{t-1}), \beta(\theta_{t-1})\}$$

[体温モデル]

$$y_t = \mu(\theta_t) + e_t$$

$$e_t \sim \text{Normal}\{0, \sigma^2(\theta_t)\}$$

y_t : 時点 t の体温
 z_t : 時点 t の月経観測インジケータ

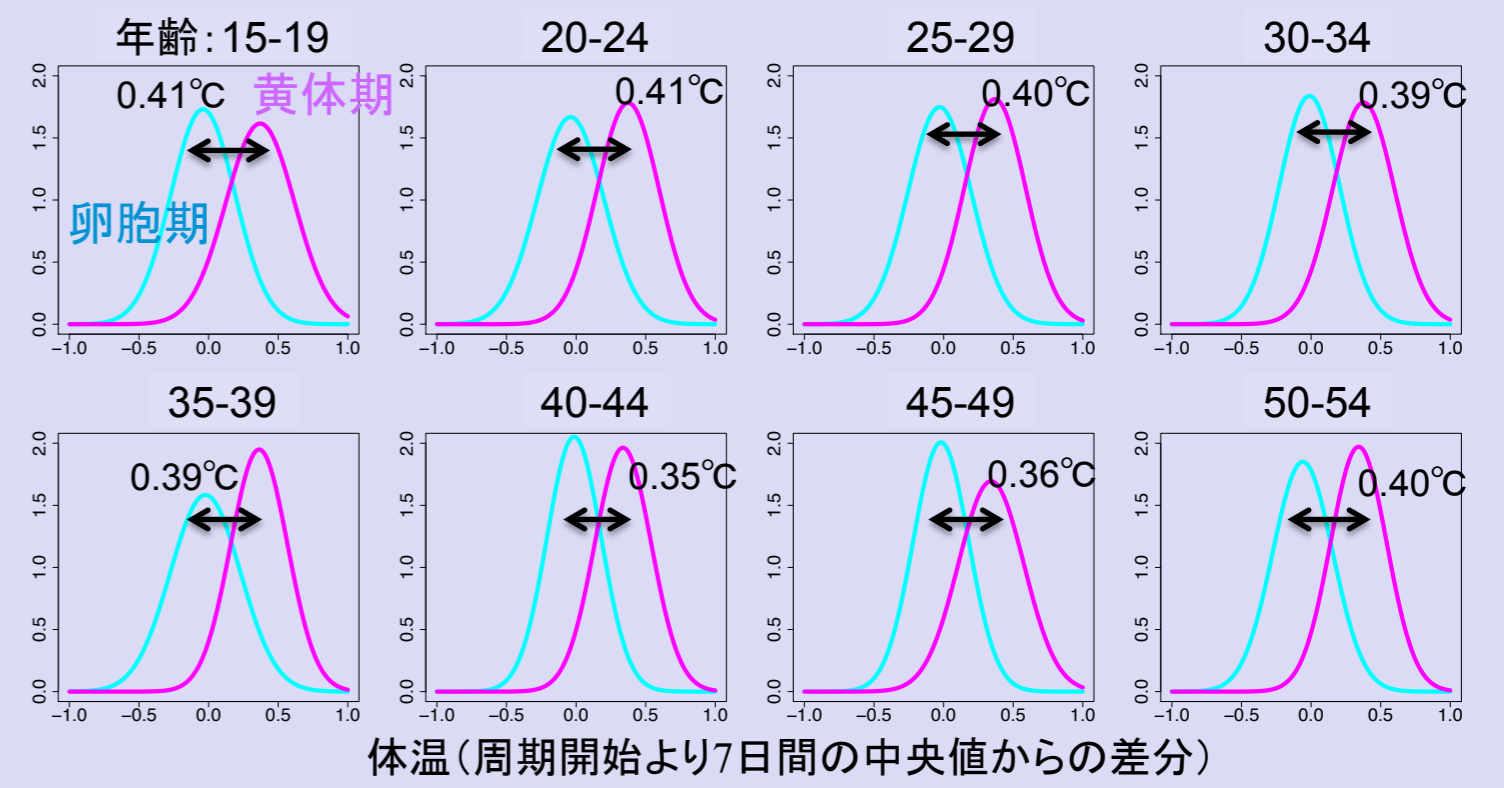
$$\{\mu(\theta_t), \sigma^2(\theta_t)\} = \begin{cases} (\mu_1, \sigma_1^2) & \text{when } 0 \leq \theta_t - \lfloor \theta_t \rfloor < 0.5 \\ (\mu_2, \sigma_2^2) & \text{when } 0.5 \leq \theta_t - \lfloor \theta_t \rfloor < 1 \end{cases}$$

[月経モデル]

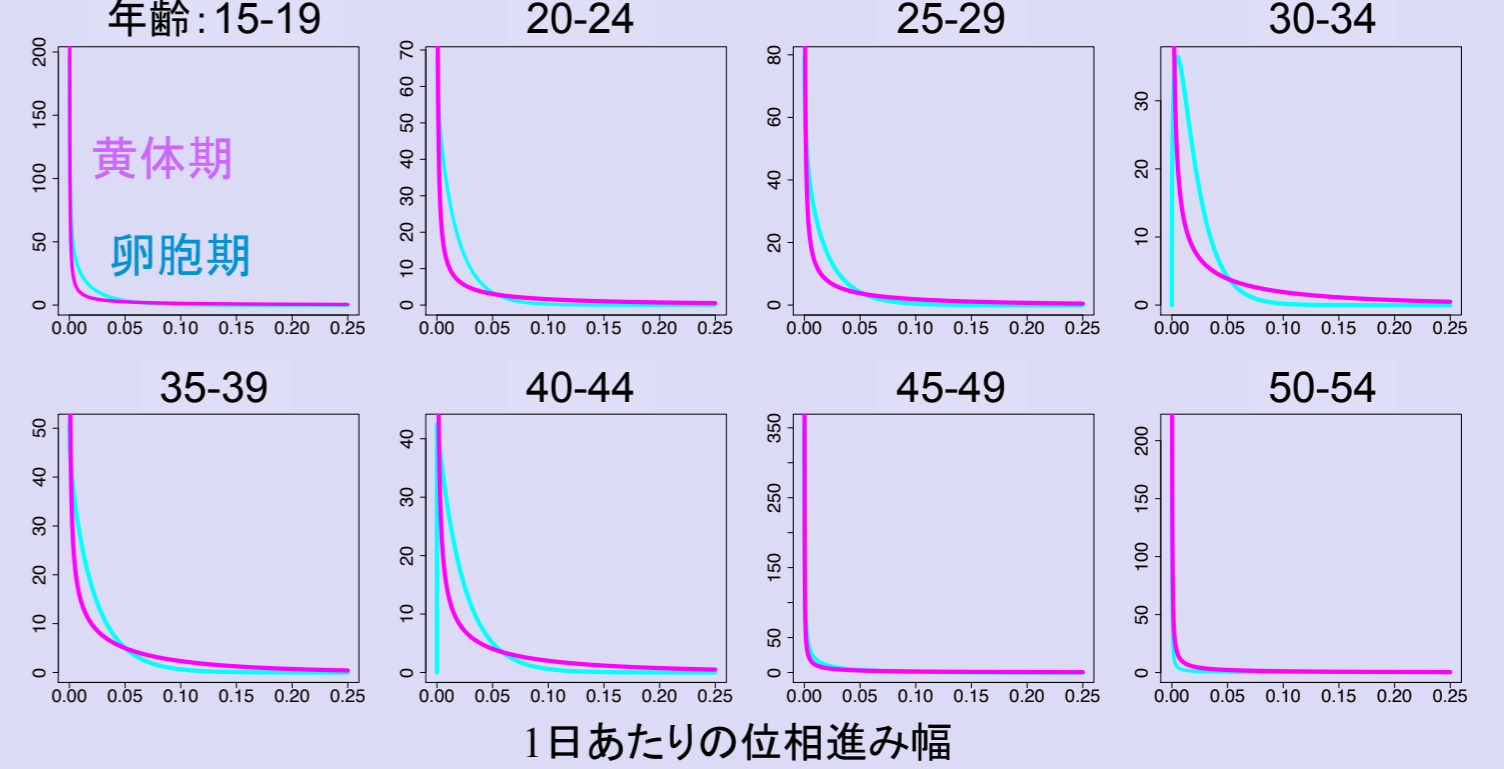
$$z_t = \begin{cases} 0 & \text{when } \lfloor \theta_t \rfloor = \lfloor \theta_{t-1} \rfloor \\ 1 & \text{when } \lfloor \theta_t \rfloor > \lfloor \theta_{t-1} \rfloor \end{cases}$$

パラメータ推定

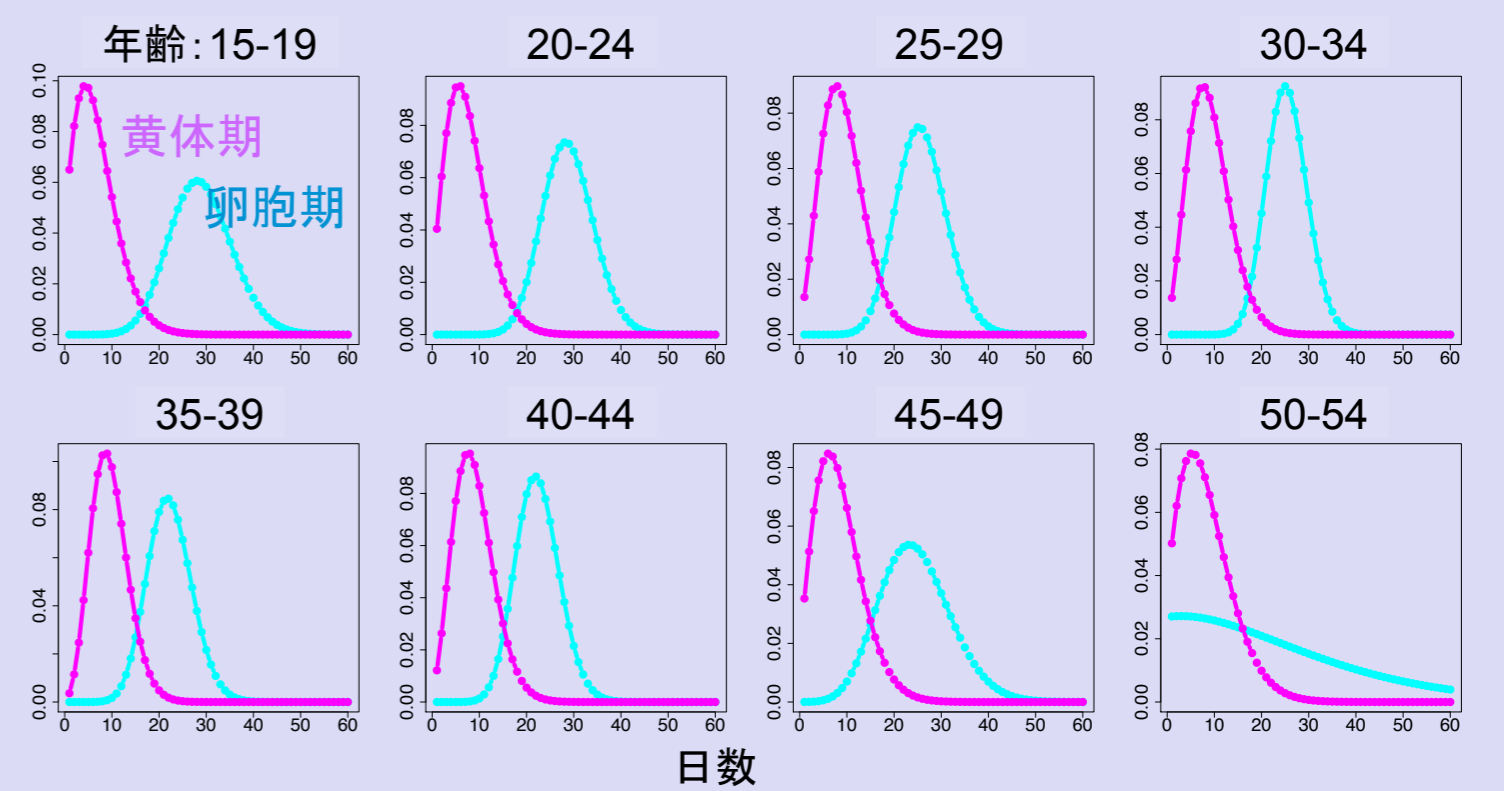
[体温モデル] ・体温平均値の差は0.35-0.41°C



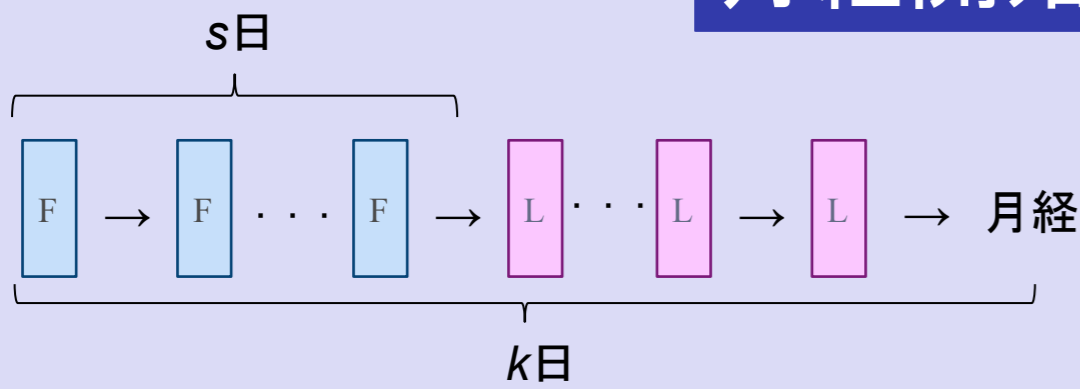
[位相モデル]



[推定フェイズ長] ・卵胞期の方が日数が長く、分散が大きい

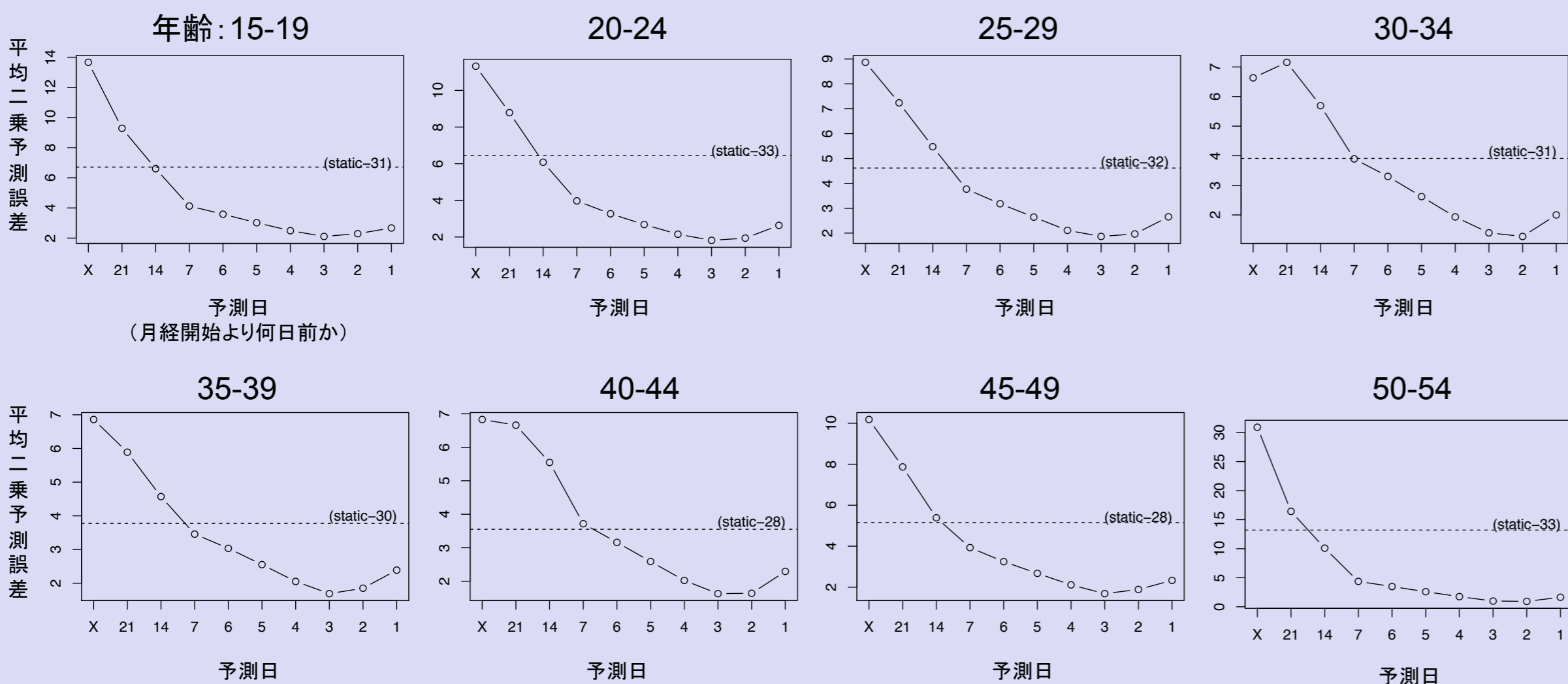


月経開始日予測



$$f(k|\theta_t) = \sum_{s=0}^k f_s(k|\theta_t)$$

$$h(k|Y_t, Z_t) = \int_0^1 f(k|\theta_t) p(\theta_t|Y_t, Z_t) d\theta_t$$

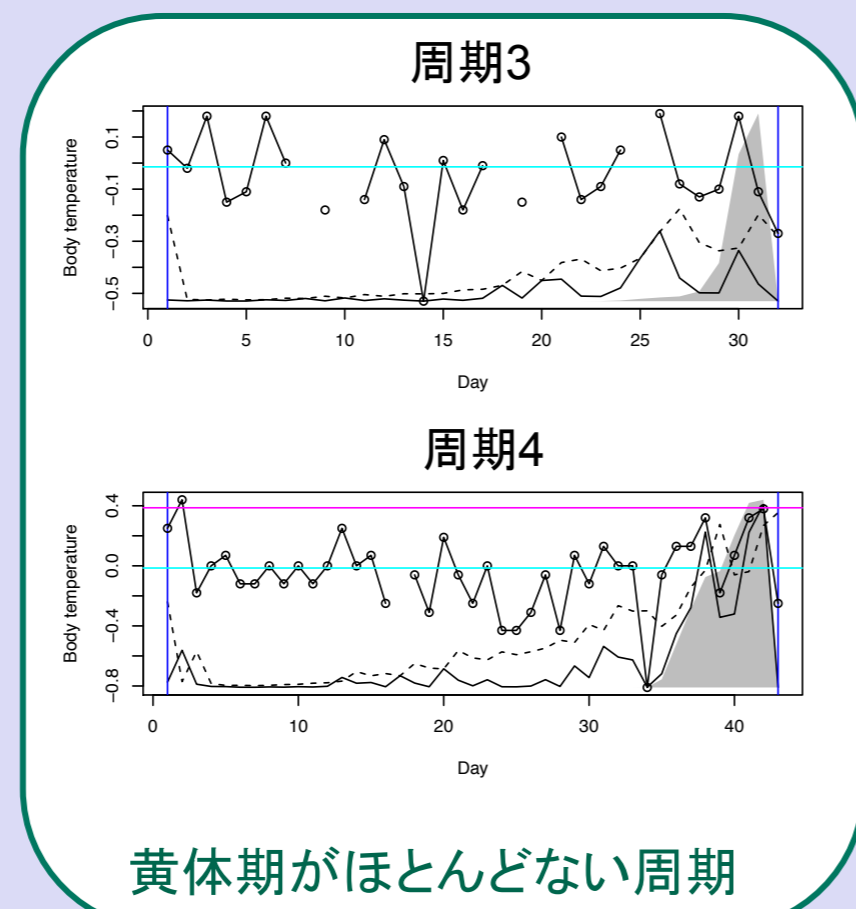
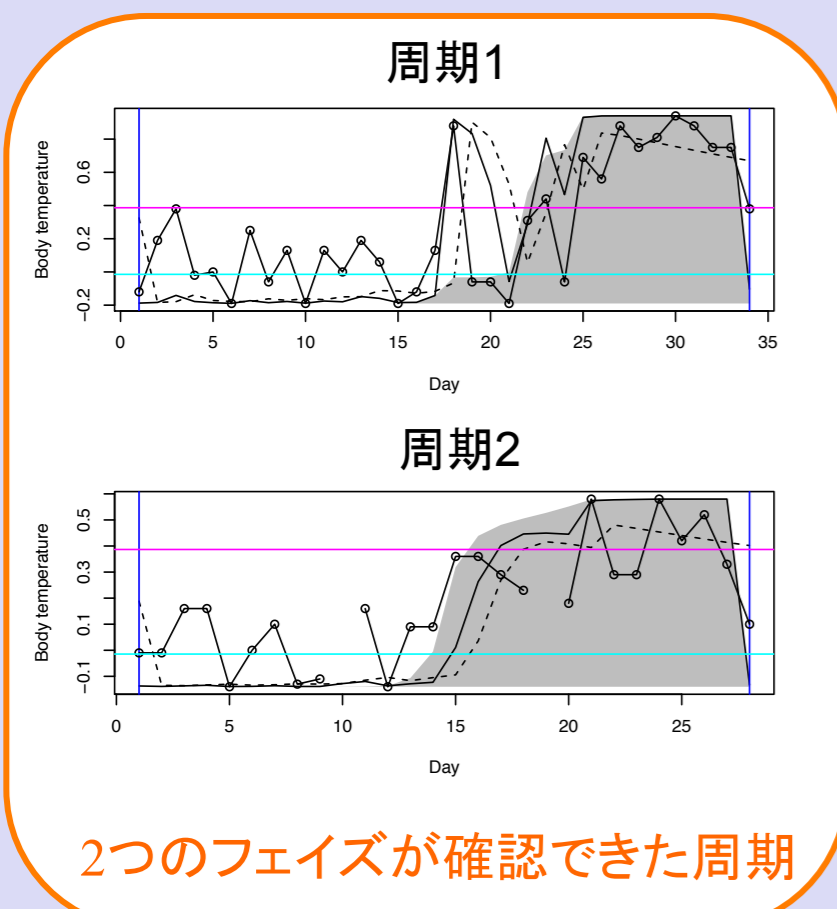


- ・月経開始日が近づくにつれ、予測は改善された
- ・月経開始直前では、周期長固定の従来の手法より平均的に良い予測を与えた

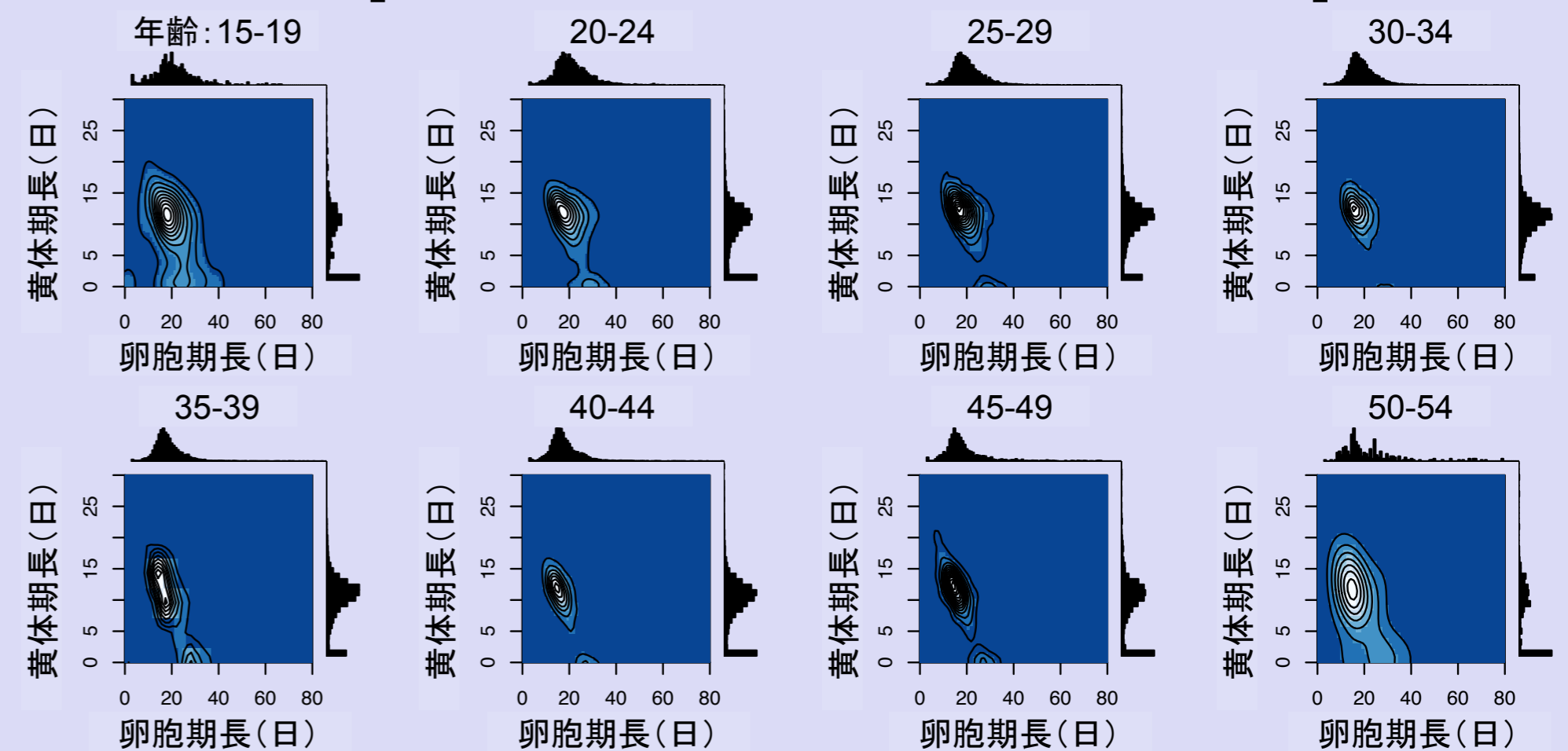
位相の推定と相判別

[位相の推定]

--- 予測確率 — フィルタ確率 ● 平滑化確率
○ 体温 — 黄体期の平均体温 — 卵胞期の平均体温



[卵胞期長と黄体期長の同時分布]



- ・どの年代でも、黄体期のない(黄体期長0日)周期が一定数みられた
- ・卵胞期長と黄体期長の間にも負の相関がみられた