

時系列非補償型MIRTモデルにおける実データ適用

玉野 浩嗣 総合研究大学院大学 統計科学専攻 D5 (指導教員: 持橋大地 准教授)

背景

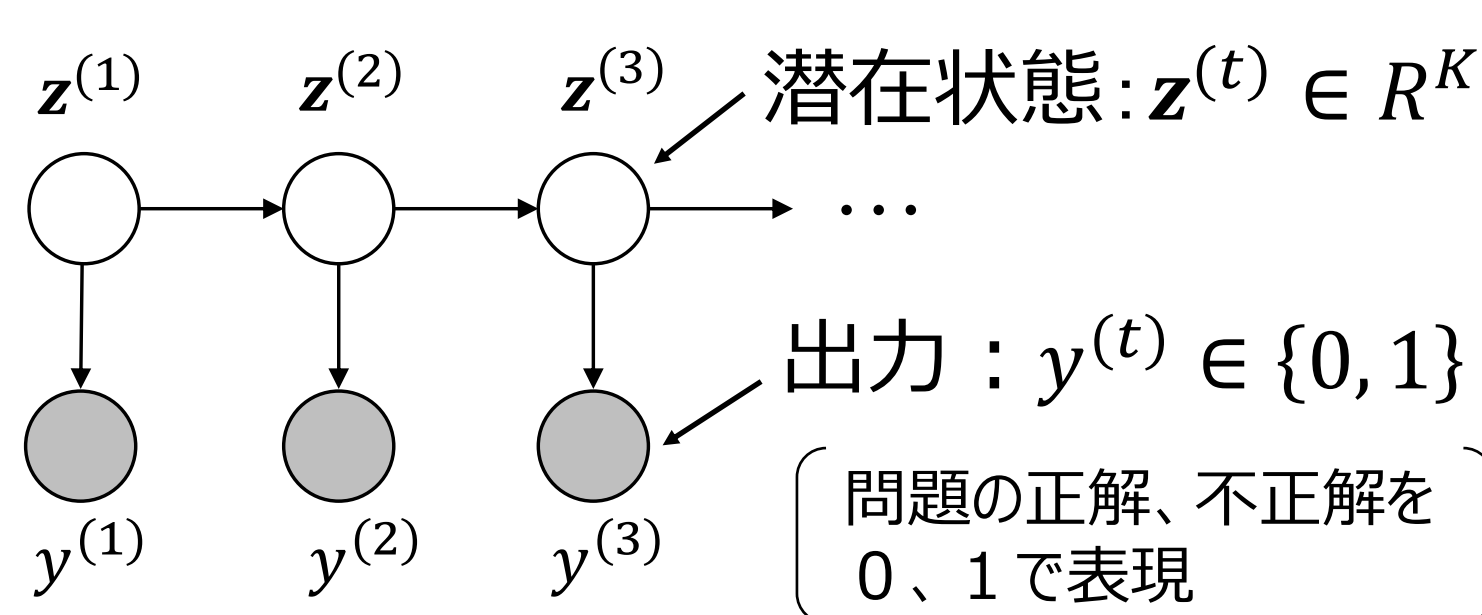
- 多次元項目応答理論(MIRT [1])は、テストの正誤データから複数のスキル値を推定する統計モデル
- 関係スキルの和が高ければ正解できるとする補償型と、関係スキルがすべて一定以上で正解できるとする非補償型がある
- これまで非補償型MIRTの時系列モデルを研究し、シミュレーションデータでスキルの時間変化を正しく推定できることを確認

目的

- 非補償型の時系列MIRTモデルを実データに適用できるように改善し、
 - ①非補償型のスキルトレースが補償型にくらべどう違うのかを実データで明らかにする
 - ②非補償型と補償型での項目応答予測性能を比較する

提案モデル

線形動的システム(LDS) + 非補償型の項目応答



初期状態

$$\mathbf{z}^{(1)} \sim N(\mu_0, P_0)$$

状態遷移

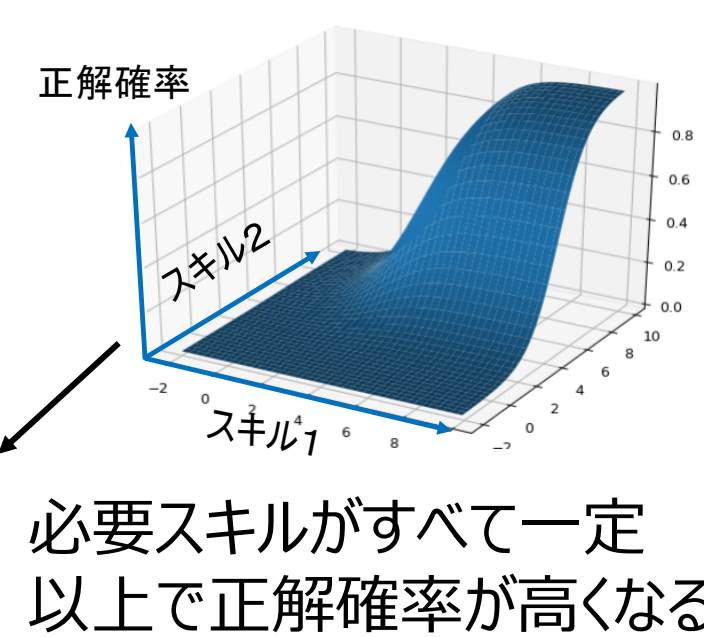
$$\mathbf{z}^{(t+1)} | \mathbf{z}^{(t)} \sim N(D_i \mathbf{z}^{(t)} + \beta_i, \Gamma_i)$$

出力

$$y^{(t)} | \mathbf{z}^{(t)} \sim \text{Bern}(p)$$

$$p = \prod_k \sigma(a_{i,k}(\mathbf{z}_k^{(t)} - b_{i,k}))^{Q_{i,k}}$$

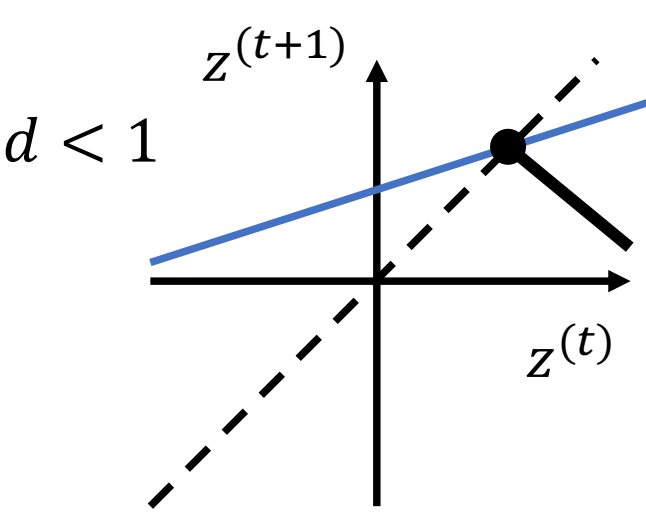
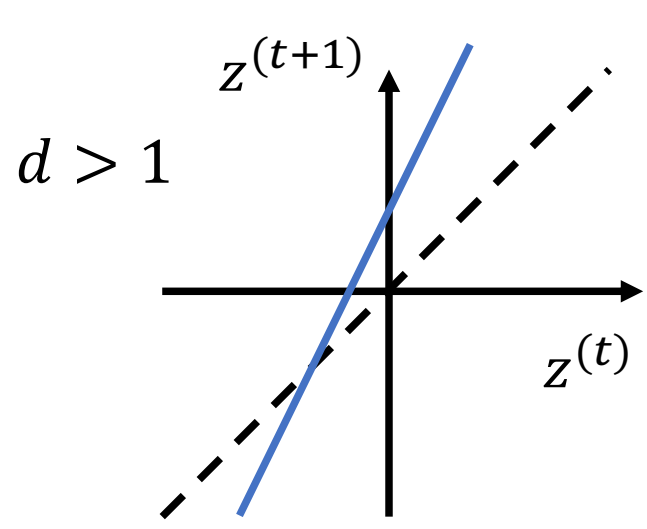
非補償型の項目応答関数



実データ適用上の問題と解決策

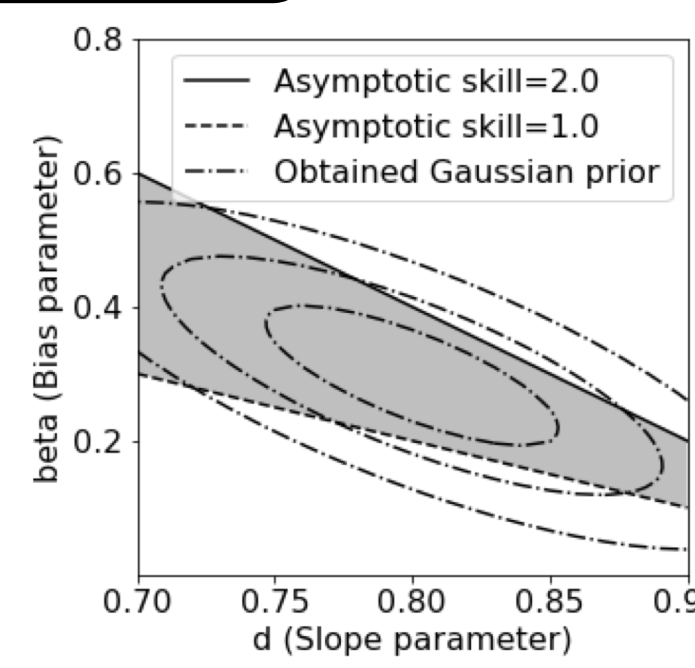
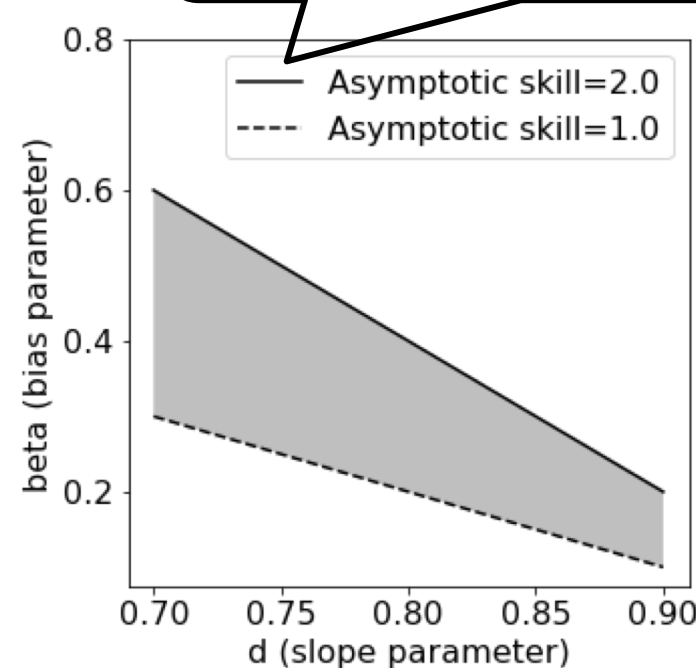
問題: 推定スキル値が非常に大きい値、または小さい値となる場合がある
 原因: 学習される状態遷移パラメータ値により引き起こされる

遷移モデル $z^{(t+1)} = d \cdot z^{(t)} + \beta$



$$\text{スキルの収束先} = \frac{\beta}{1-d}$$

スキル収束先が 1 ~ 2 となる d, β の領域



対策:
状態遷移パラメータ d, β に左の多次元ガウスの事前分布を導入する

実データ実験

【スキルトレース】

非補償型では、原因と考えられるスキルを変化させるのに対し、補償型では関連スキルすべてを変化させる

【データ】

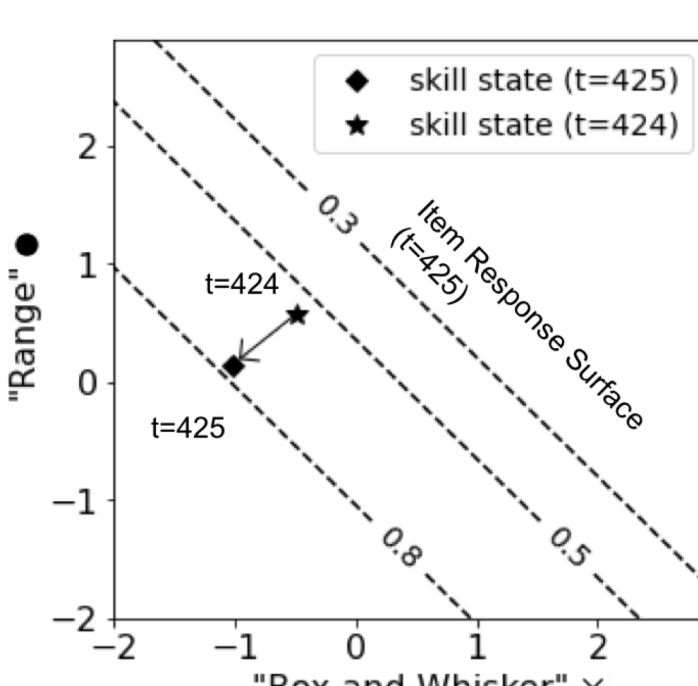
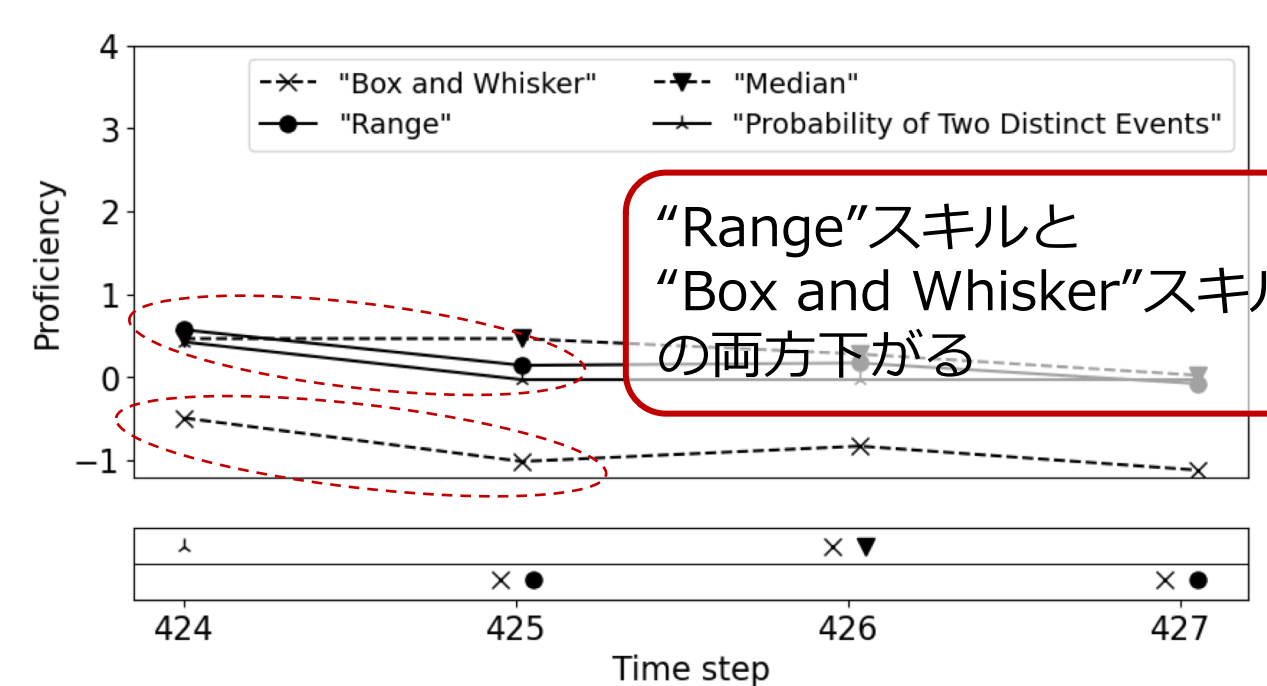
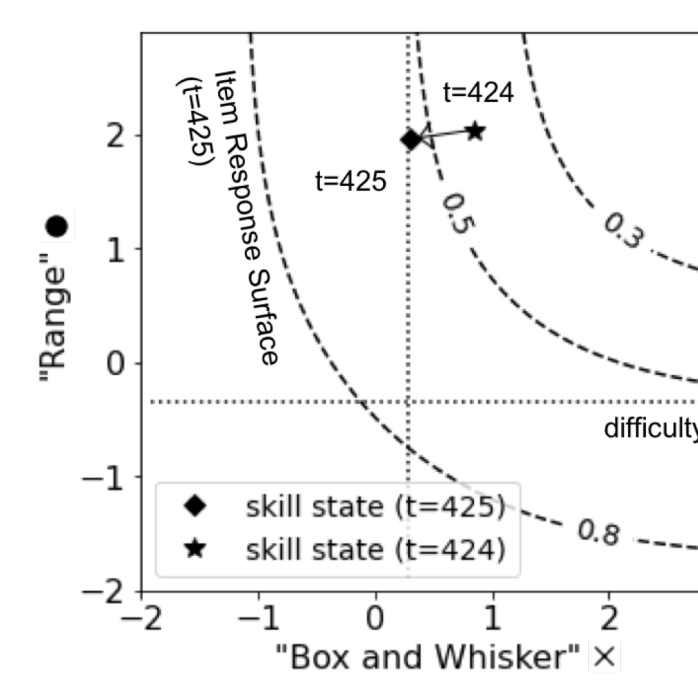
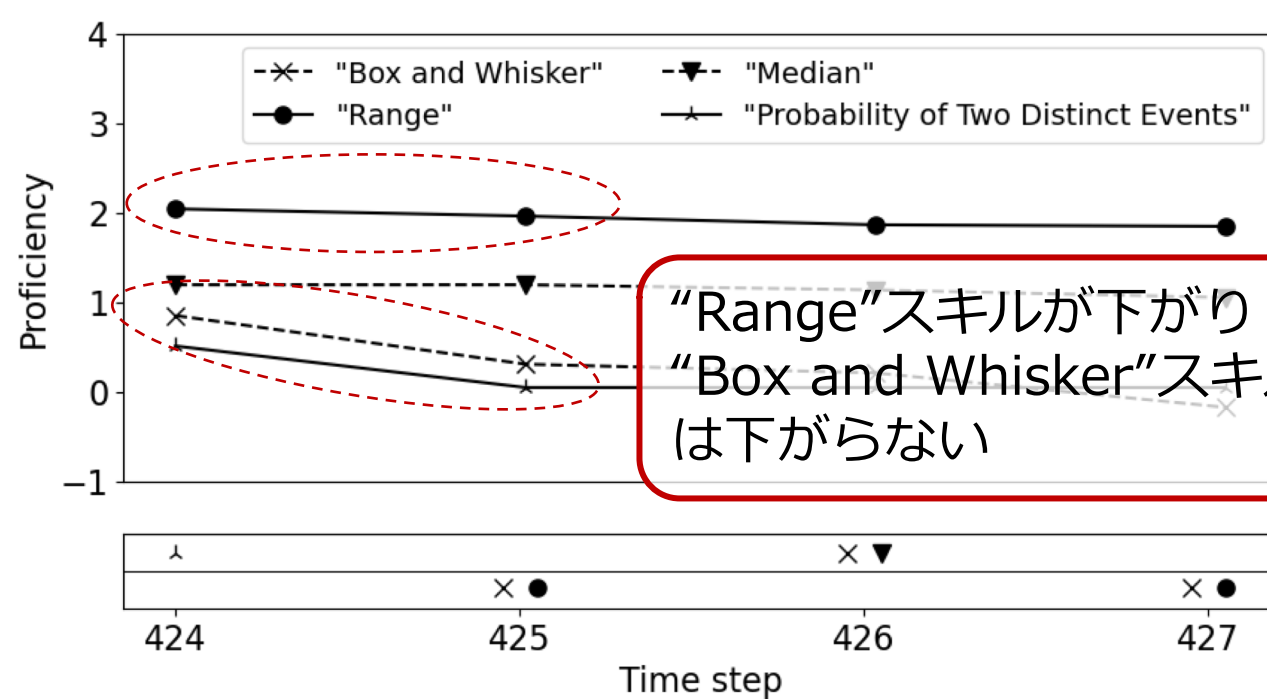
ASSISTments2009-2010[2] データ。Webベースの学習システムで生徒が数学の問題を解いた時系列ログデータ

【項目応答予測性能】

Wilcoxonの符号付き順位検定で有意差あり (5%水準)

	提案法	補償型
AUC	0.762	0.760
APR(y=1)	0.842	0.838
APR(y=0)	0.637	0.635

APR: Average Precision



まとめ

- 非補償型MIRTの時系列モデルを実データに適用できるように改良
- 推定スキル値が非常に大きく/小さくなる問題に対し、多次元ガウス分布の事前分布を導入することで解決
- ASSISTmentsデータを用い項目応答の予測性能が補償型よりも高いことを確認
- スキルトレースでは、非補償型では原因と考えられるスキルを変化させることを実験的に示した

[1] Reckase, M. D. (2009). Multidimensional item response theory models. In Multidimensional item response theory (pp. 79-112).
 [2] Feng, M et al. (2009). Addressing the assessment challenge in an Intelligent Tutoring System that tutors as it assesses.