

アソシエーションルールとは：

生徒×問題の正誤データから、

「AとBを同時に正解しやすい」等の共起パターンを抽出。

指標

- ϕ (ファイ)係数：2×2表の相関係数。
- $Lift(A, B) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)P(B)} = \frac{\text{実際の同時発生}}{\text{偶然に期待される同時発生}}$
1より大→想定以上に一緒に起きる。(正答-正答or 誤-誤が共起)
1より小→想定以上に一緒に起きない。(正答-誤答が共起)
- $\log(Lift)$:対数化 プラス→正×正(or 誤×誤) マイナス→正×誤
- **Support**：そのパターンが何人に該当するか（頻度）。

なぜ ϕ とlog-liftを併用？

- ϕ は相関の強さに敏感な一方、 $\log(Lift)$ は稀な項目でも偶然以上かを拾いやすい。
- 本研究では事前フィルタを「 $|\phi| \geq t_\phi$ **or** $|\log(Lift)| \geq t_{LL}$ 」にして**双方の強み**を活かす。

注意（方向は見ない）：

- ルール $A \rightarrow B$ と $B \rightarrow A$ は**同じ共起**を見ている（因果ではない）。

LiNGAM(Linear Non-Gaussian Acyclic Model)とは：

観察データから、**非ガウス性**と**非巡回（因果が一方向）**を仮定し、**矢印の向き（ $A \rightarrow B$ ）**を推定。

今回のポイント

- **LOO残差化**後のデータで LiNGAM を実行 → **能力の共通効果を除**去して、「**特定の問題間での直接的な影響**」を見にいく。
- ブートストラップで安定性を評価し、**95%CIが0を跨がないもの**のみ採択。

Δp (効果量)：

- 「 $A \rightarrow B$ の時、Aの正解がBの正解率を何%上げる(下げる)のか。」

解釈の仕方

- **因果は断定でなく仮説**：観察データゆえ、**介入での確認**が必要。
- ただし、**残差化×LiNGAM**は「能力では説明できない**局所的な依存**」を示唆する。

LOO残差化とは：

「総合力」を差し引いて、設問間の“直接関係”だけを見る
ねらい

- 学力テストでは **全設問に共通する能力**が強く効く。
- その共通効果をまず取り除くことで、「この設問ができる／できないこと自体が別の設問にどう効くか」という**局所的・直接的な関係**を見られる。

原理：

- 各設問 x_j (0/1：正誤)を **能力スコア** A だけで説明し、**予測からのズレ(残差)** ε_j を使う。
- 係数推定は **Leave-One-Out (LOO)**：本人を外して回帰し、**自己説明＝情報リーク**を避ける。
- **単回帰**：説明変数：各人の能力スコア　独立変数：正誤(0/1)

直感的な読み方

残差 > 0：「能力の割に」その設問で **健闘**。

残差 < 0：「能力の割に」その設問で **つまずき**。