

周期解析による変動天体の検出

千原 直己¹ 高田 唯史² 藤原 靖宏³ 鬼塚 真¹

¹大阪大学大学院情報科学研究科

²自然科学研究機構国立天文台

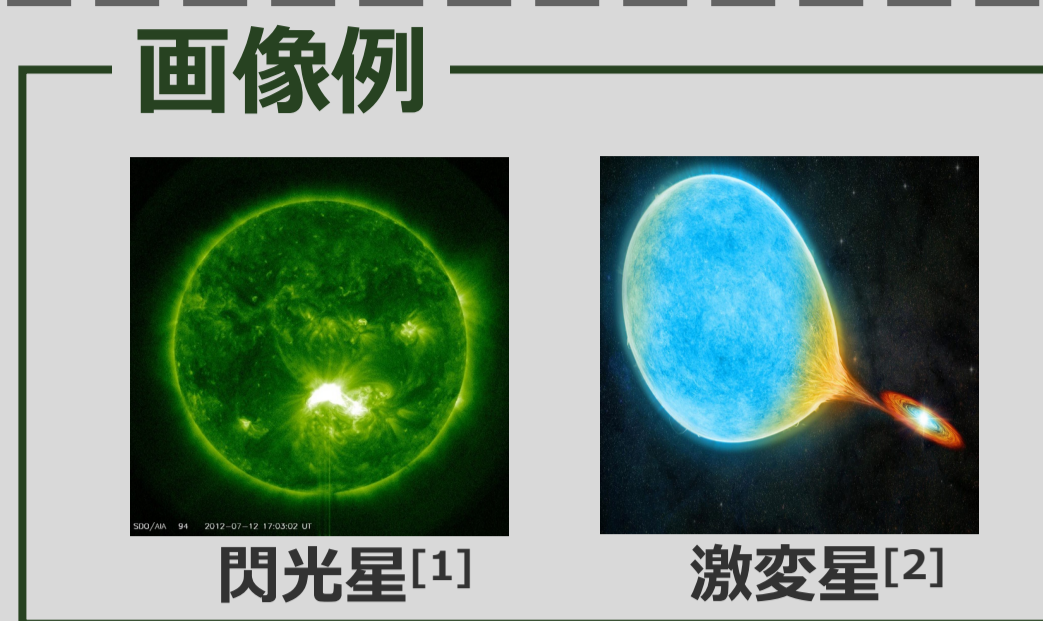
²総合研究大学院大学

³NTTコミュニケーション科学基礎研究所

1. 研究背景

変動天体とは

- 位置や光度が変動する天体
- 変動は大域的なものから局所的なものに加え、周期的なものから一過的なものまで様々である。



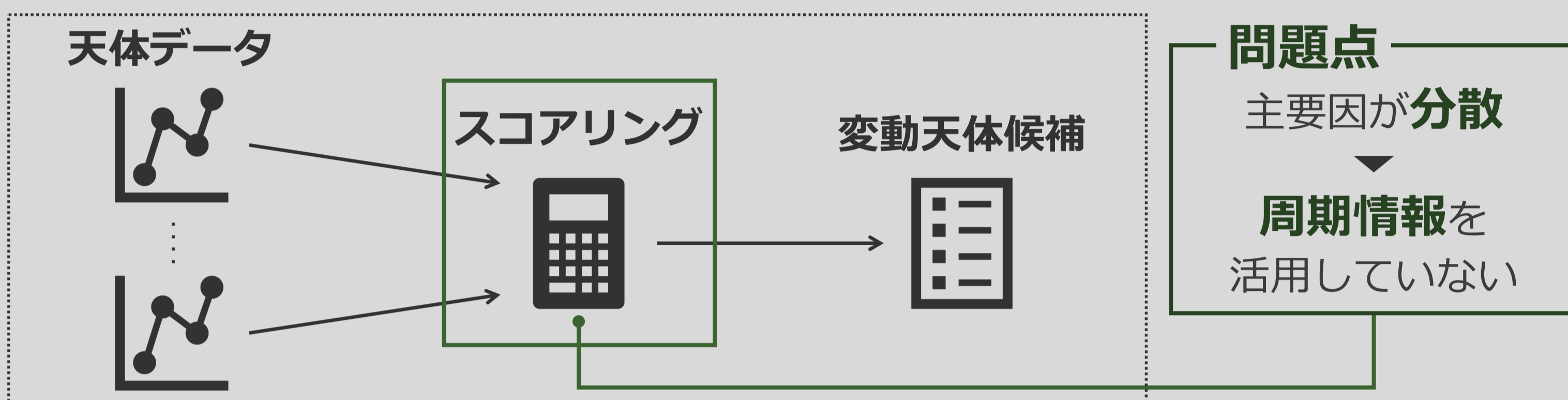
本研究対象: **光度が周期的に変動する天体**

変動天体検出の利点

- 銀河系の形成や進化に関する研究への貢献
- ブラックホールの発見

既存手法 - B.Sesarらの手法^[3]

統計的数値を活用したスコアリングを基にした変動天体検出法



周期情報を活用した変動天体検出を実現する

2. 研究方針

概要

- 天体データからの周期情報の抽出に**回帰分析**を活用する
- 変動天体候補セット取得のために、抽出した周期情報を基にした**分類タスク**を解決する

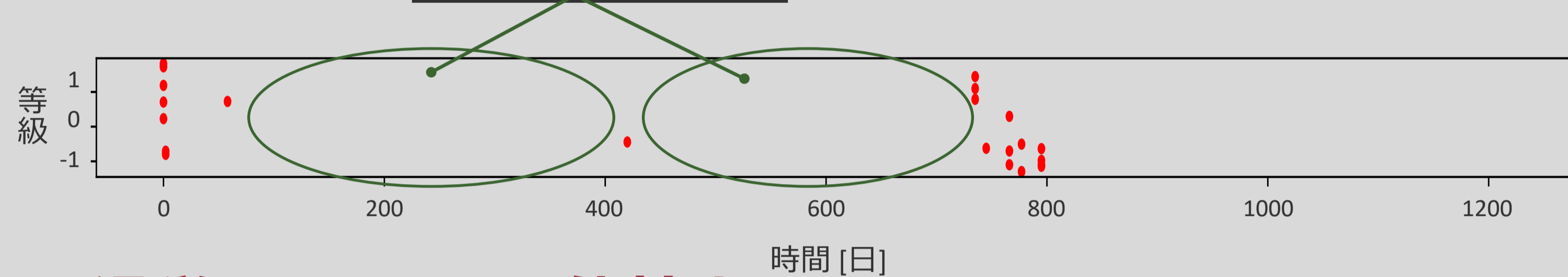
問題定義

入力: 100万件規模の天体時系列データセット

出力: 変動天体候補セット

技術的課題点1: 天体データのスパース性

- 天体データに**多数の欠損値**が混在している



→ **過学習が生じる可能性大**

技術的課題点2: 特徴量候補の不足

- 回帰分析によって得られる特徴量は**周期情報のみ**
- **天体分野に特化した知見が予測に反映されない**

3. 提案手法

特徴量選択によりデータの重要部分のみを表現する技術

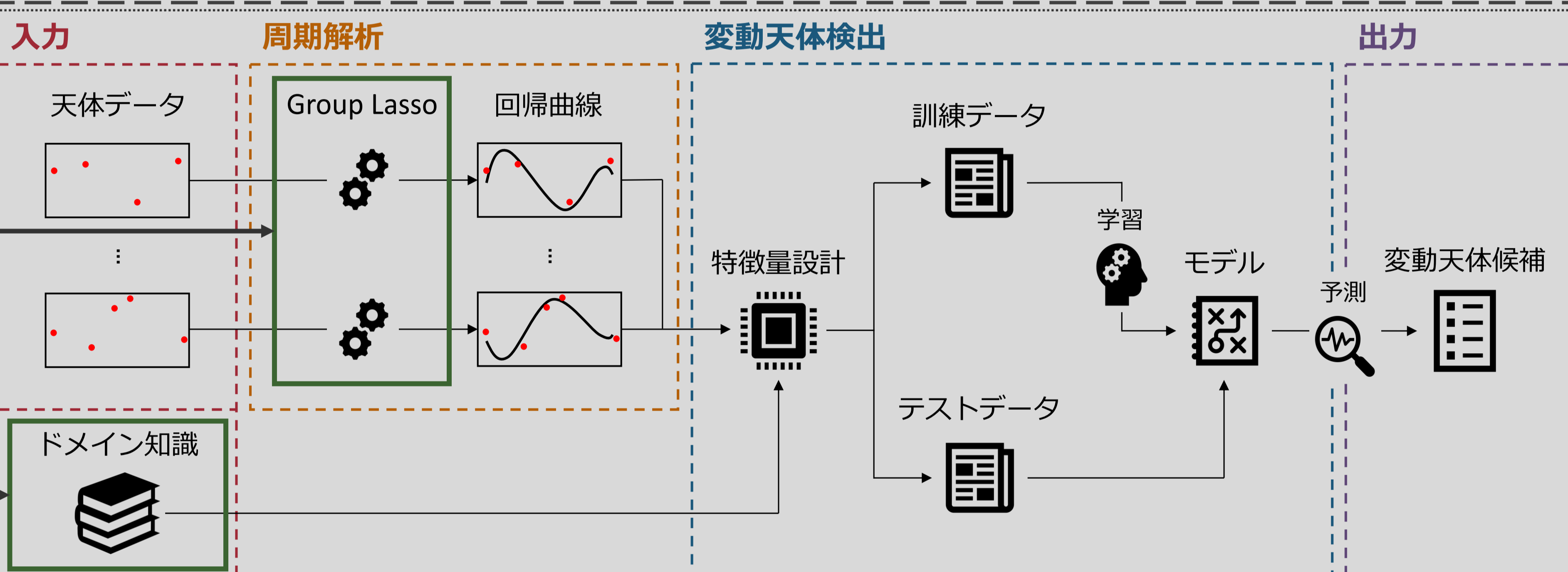
全体像

• **スパースモデリングの活用**

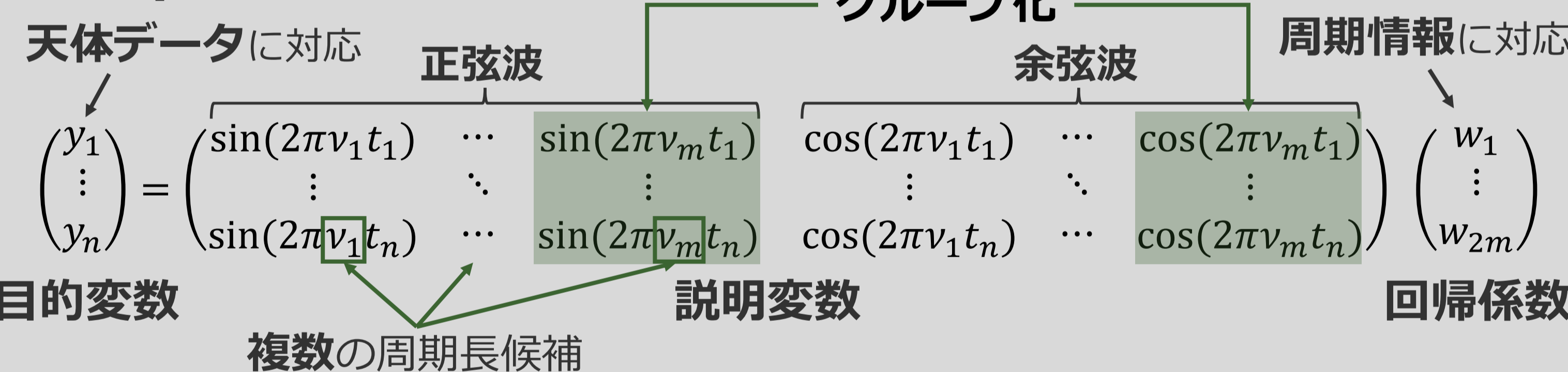
- 過学習の抑制が期待できる
- 特に**Group Lasso**を採択した

• **ドメイン知識の追加**

- 天体分野の背景知識を反映させた**予測モデルの実現**



Group Lasso



ドメイン知識

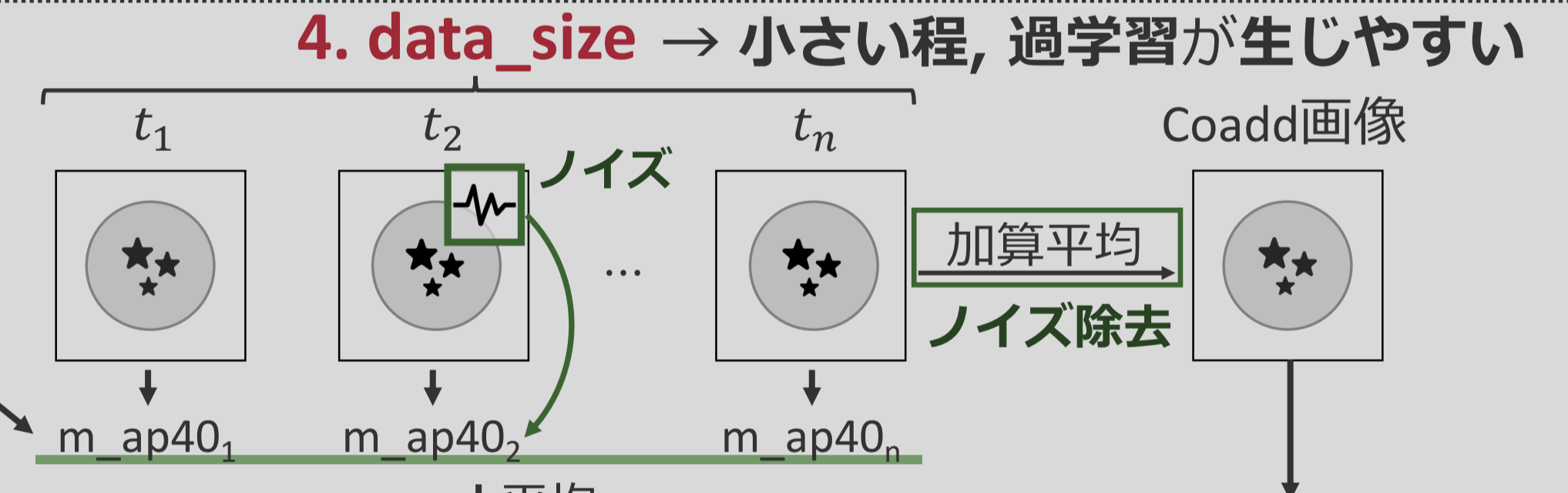
Q. なぜ天体の光度?

A. 暗い天体ほどノイズの影響を受けやすいため

3. diff_ap40: 1と2の差分 → ノイズの影響度

1. 平均m_ap40 → 目的変数の平均値

2. z_apertureflux_40_mag → 本来の天体の光度に近い



4. 実験1: 提案モデルの性能評価

ベースラインとの比較及び各要素に関する**対照実験**を行った

ベースライン

どの評価指標を確認しても大幅な**性能向上**が確認できる

ドメイン知識のみ

スパースなデータから**重要周期**を抽出できている

スパースモデリングのみ

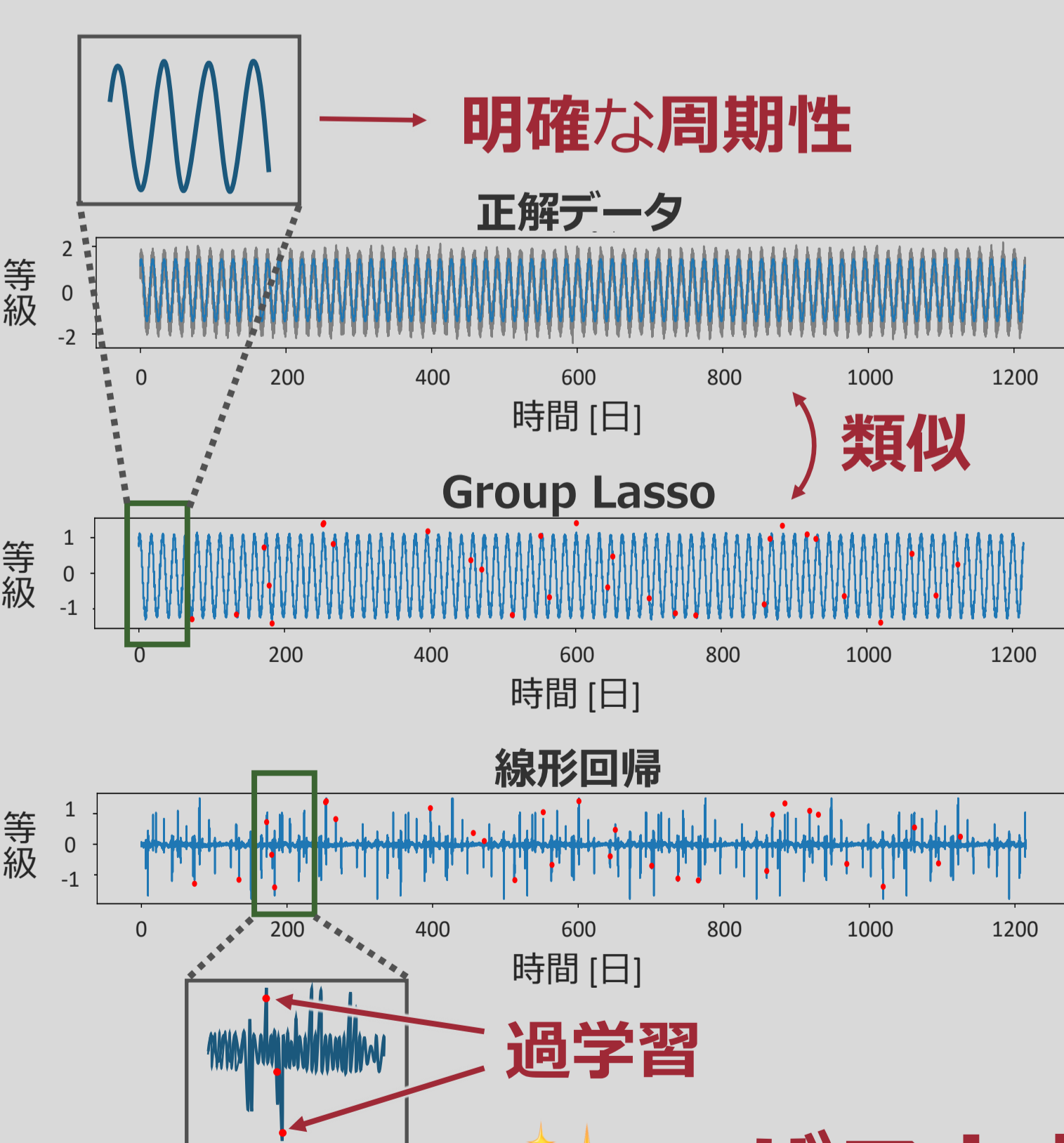
天体の背景情報を**正しく反映させた分類**ができている

モデル	AUC	accuracy	precision	recall	F1
B.Sesar 手法	0.750	0.743	0.507	0.507	0.507
提案手法					
線形回帰 + ドメイン知識 無	0.633	0.729	0.432	0.109	0.168
線形回帰 + ドメイン知識 有	0.846	0.820	0.702	0.538	0.605
Lasso + ドメイン知識 無	0.854	0.825	0.769	0.478	0.586
Lasso + ドメイン知識 有	0.937	0.897	0.815	0.780	0.795
Group Lasso + ドメイン知識 無	0.860	0.828	0.793	0.476	0.590
Ours Group Lasso + ドメイン知識 有	0.939	0.899	0.820	0.785	0.801

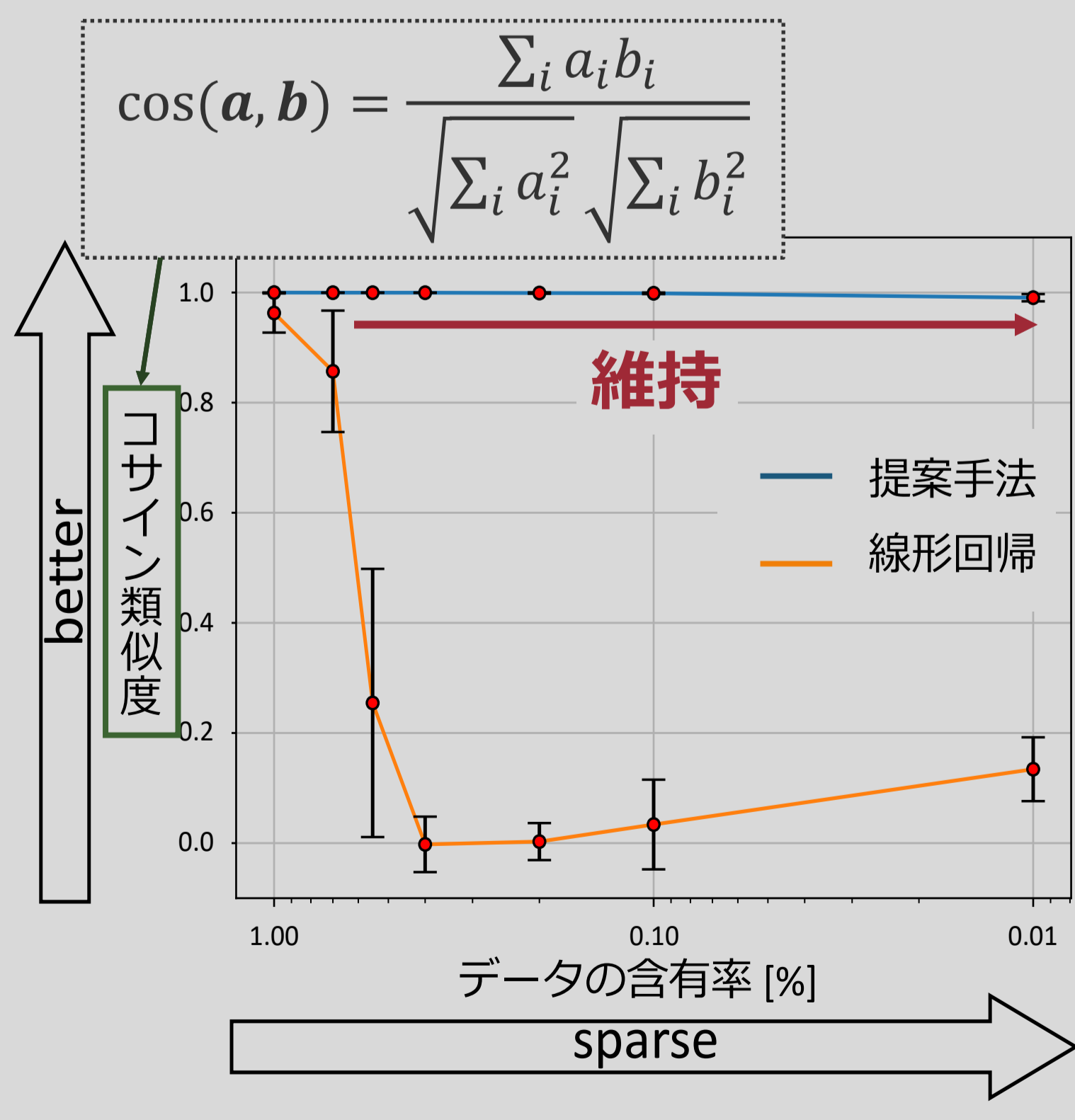
高精度な変動天体検出

実験2: 周期解析の堅牢性評価

定性的な評価



定量的な評価



ロバスト性の高い解析

5. まとめ: 貢献点は以下のとおり

- 高精度:** 周期情報を活用することで実現
- 堅牢性:** ノイズ及びスパースに対してロバストである
- 高スケール性:** 天体毎に独立に処理可能

6. 参考文献

[1]: <https://astronomy.com/news/videos/2014/03/first-sightings-of-solar-flare-phenomena-confirm-3-d-models-of-space-weather>
 [2]: <https://www.techexplorist.com/pair-stars-extremely-short-orbit/54131/>
 [3]: Sesar Branimir et al. (AJ-2007) Exploring the Variable Sky with the Sloan Digital Sky Survey
 [4]: Yuan, Ming et al. (JRSSB-2006) Model selection and estimation in regression with grouped variable