



教師あり順序付けのための 次元縮約

神鳶敏弘(産総研) 赤穂昭太郎(産総研)

<http://www.kamishima.net/>

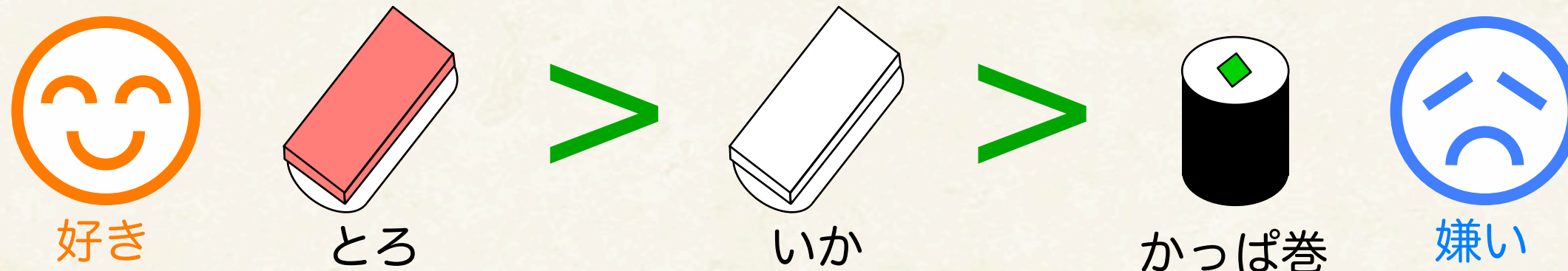
人工知能学会 DMSM研究会 (2006.7.11)



概要

順序：何らかの基準で対象を整列したもの

例：Aさんが好き[基準]な順に寿司[対象]を整列



“いか”より“とろ”が好き
しかし、どれくらい好きかは不明

教師あり順序付け 訓練事例である順序とできるだけ一致するように対象を整列する規則を獲得する学習問題

この教師あり順序付けのための次元縮約法の提案

教師あり順序付け

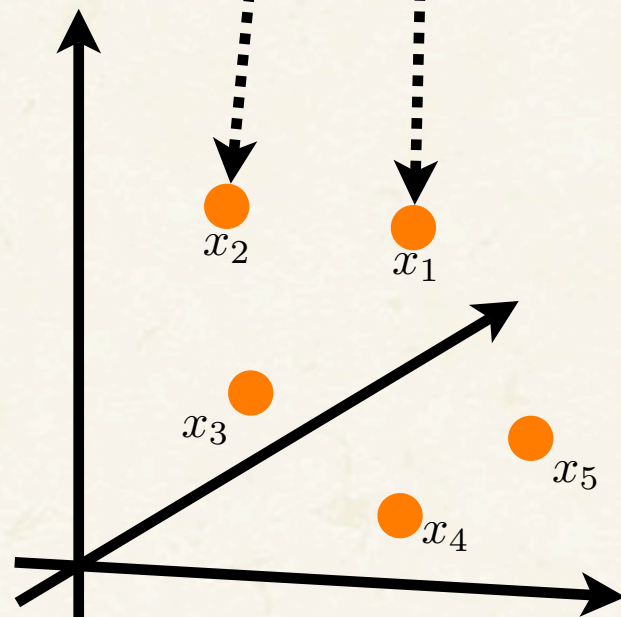
入力

サンプル順序集合

$$O_1 = x_1 \succ x_2 \succ x_3$$

$$O_2 = x_1 \succ x_5 \succ x_2$$

$$O_3 = x_2 \succ x_1$$



属性ベクトル空間

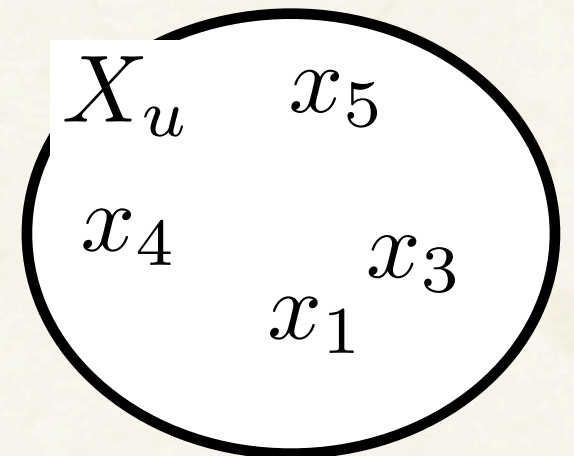
対象は属性ベクトルで記述

教師あり順序付け
アルゴリズム

順序付け
関数

未整列の対象集合

属性値ベクトルは与える



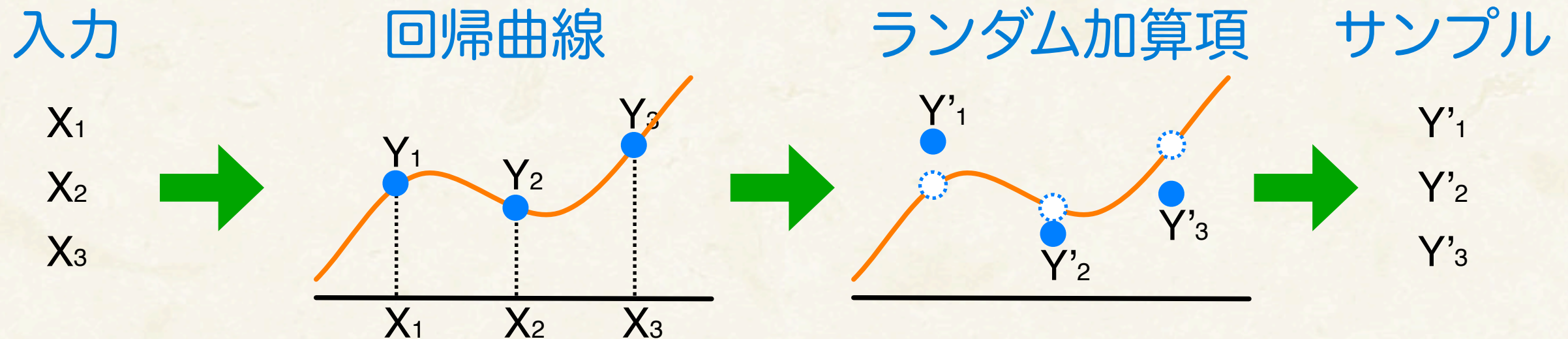
$$\hat{O}_u = x_1 \succ x_5 \succ x_4 \succ x_3$$

推定順序

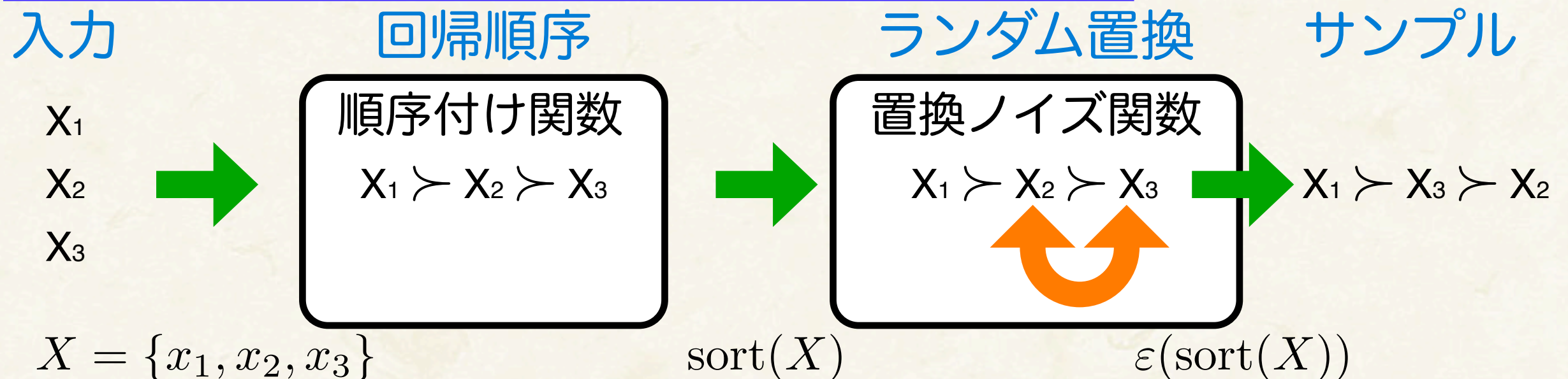
教師あり順序付け

従属変数が順序である回帰問題

回帰分析のサンプル生成モデル



教師あり順序付けのサンプル生成モデル



順序回帰

従属変数が順序カテゴリである回帰問題

教師あり順序付けは順序回帰よりより一般的な問題

順序カテゴリ: カテゴリ変数と同様に，有限個の値のどれかの値をとり，さらに値の間に全順序関係がある

順序と順序カテゴリの相違点

- ① **順序カテゴリ** 絶対的な情報を部分的に含む
例: 上-中-下で上なら絶対的に上位と分かる
順序 純粹に相対的な情報しか含まない
- ② **順序カテゴリ** 区別可能な順序の段階は有限
例: 上-中-下 なら3段階しか区別できない
順序 何段階でも順序関係を区別可能

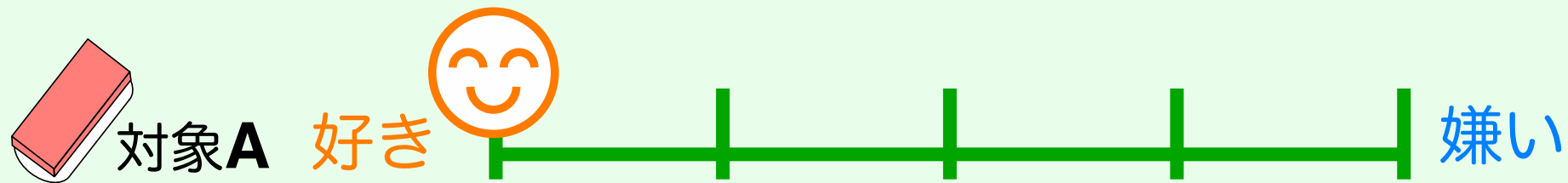
応用例: 主観的な量の計測

嗜好, 感性, 官能(味覚, 触覚など)の量を順序を用いて計測
教師あり順序付けによって, 未知の対象のこれらの主観的な量を予測

Semantic Differential 法 (SD法)

両端を対義語で表した尺度を用いる

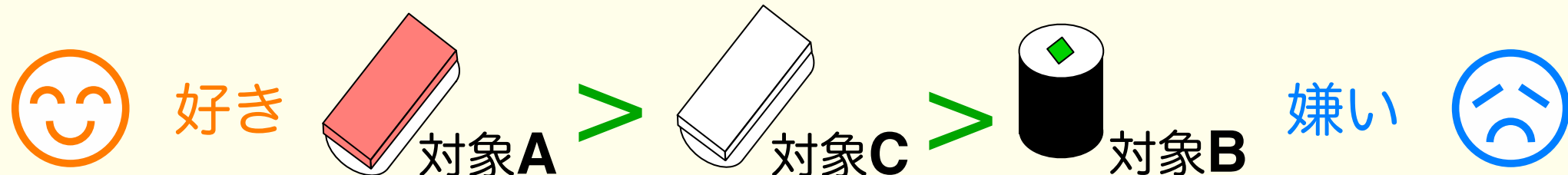
例: 被験者が 対象A を好きならば, 尺度の「好き」を選ぶ



順位法

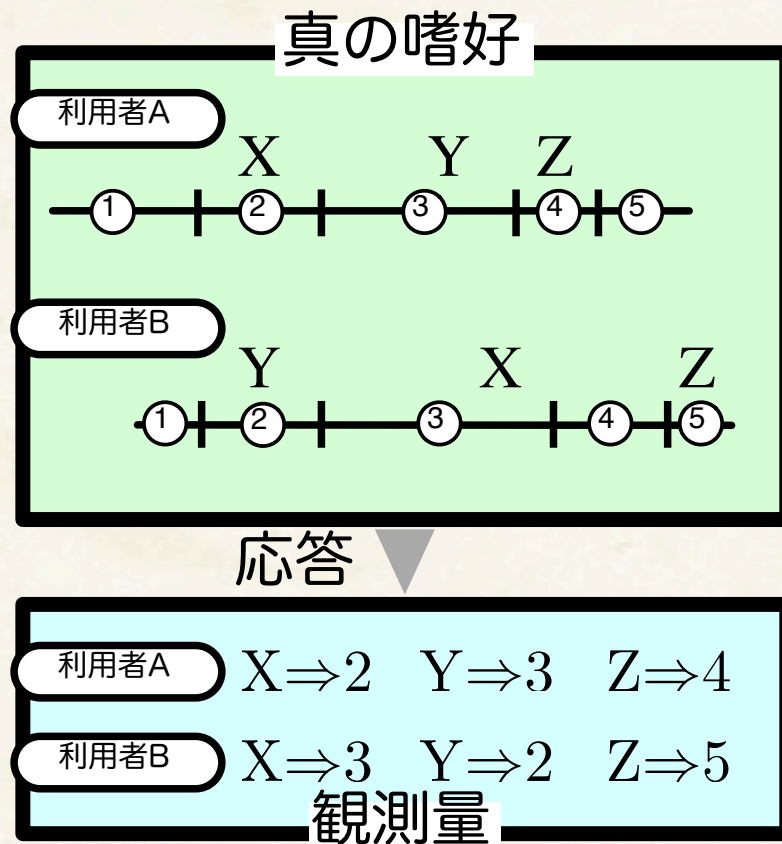
計測する度合いの強さの順に対象を整列

例: 被験者は 対象A が最も好きで, 対象B が最も嫌い



応用例: 主観的な量の計測

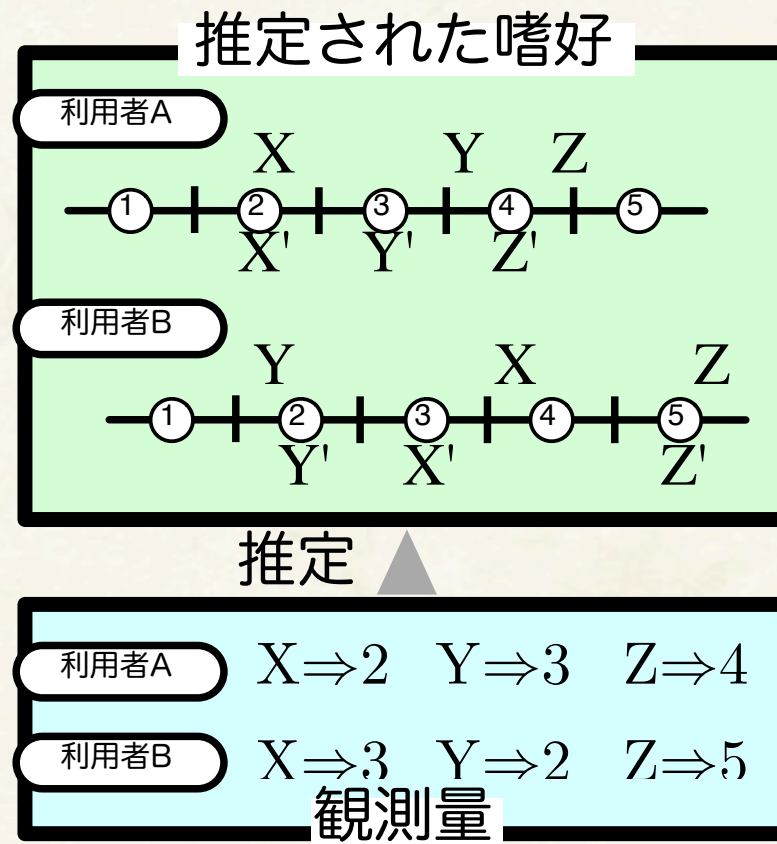
SD法による計測



SD法では、利用者の内部の真の嗜好を、利用者が自身の写像でSDスコアに射影して応答.

写像は利用者ごとに違うので観測量は比較不能.

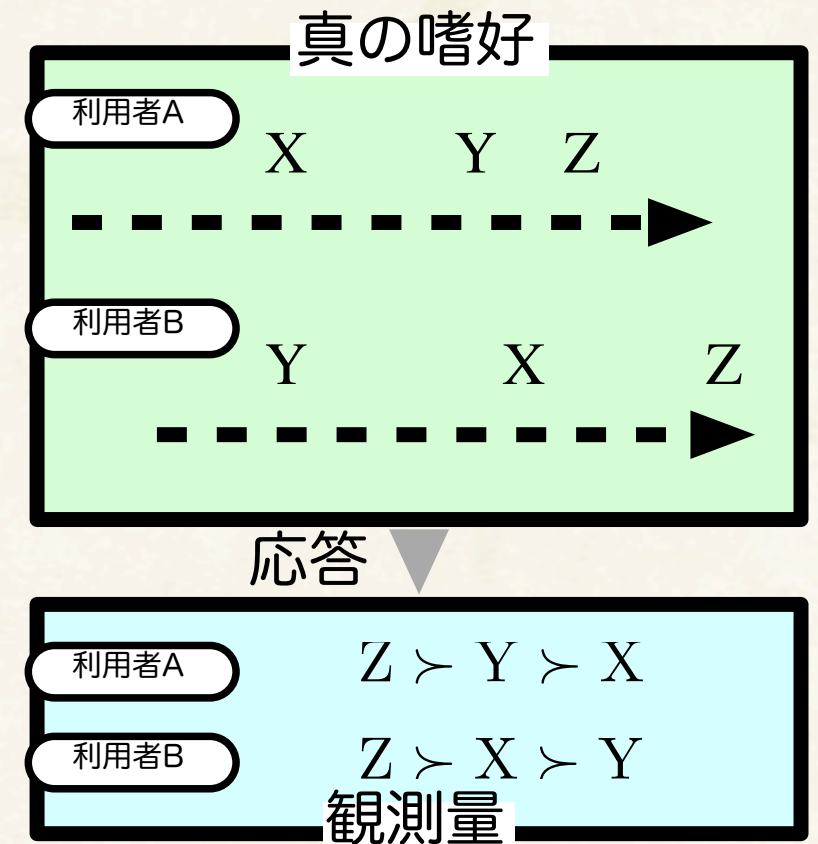
スコアからの嗜好の推定



観測されたSDスコアを比較可能にするため、利用者の写像を揃えるための仮定を導入.

すると、観測量から推定される嗜好はずれてしまう.

順位法による計測



順位法であれば、嗜好の絶対量は無視するので、**全利用者で観測量への写像は共通で、観測量は比較可能.**

応用例: 文書検索のフィードバック

情報検索の結果に対して暗黙的にフィードバックを得る[Joachims 02]の方法

クエリQに対する検索結果

1: 検索文書A

2: 検索文書B

3: 検索文書C

4: 検索文書D

5: 検索文書E

利用者が選択

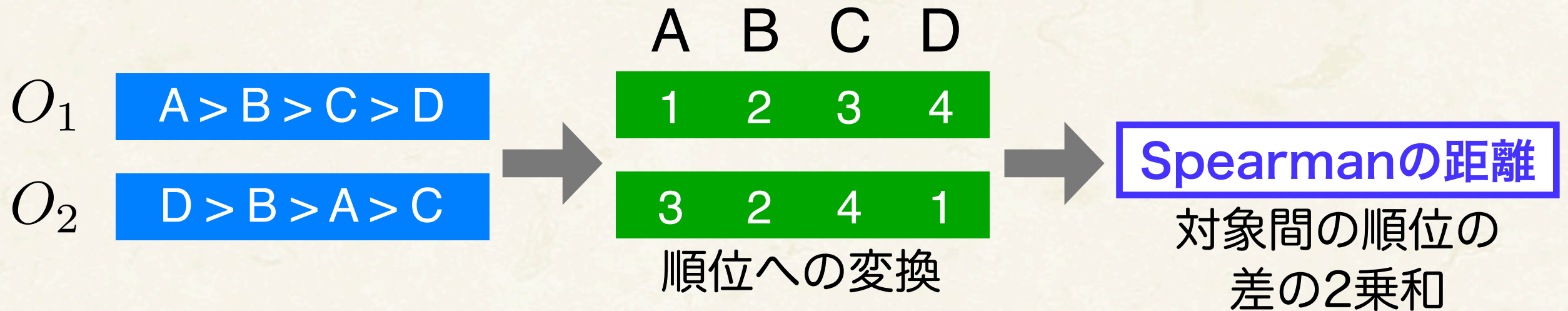
利用者はリストの上位から順に検索文書を見て第3位の文書Cを選択した。

このとき、見たけれども文書AやBは選択しなかったため、 $C > A$ と $C > B$ のフィードバックが暗黙的に得られる。

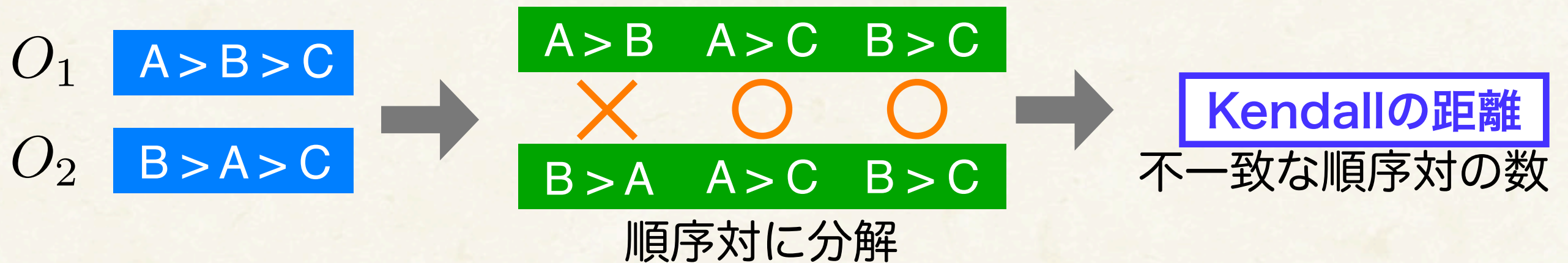
文書DやEは見ていないかもしれないので、順序フィードバックは得られない。

教師あり順序付けで、文書のTF-IDFベクトル等から、フィードバックを基に、クエリへの適合順序を予測し、検索結果を再整列する

順位相関と順序間の距離



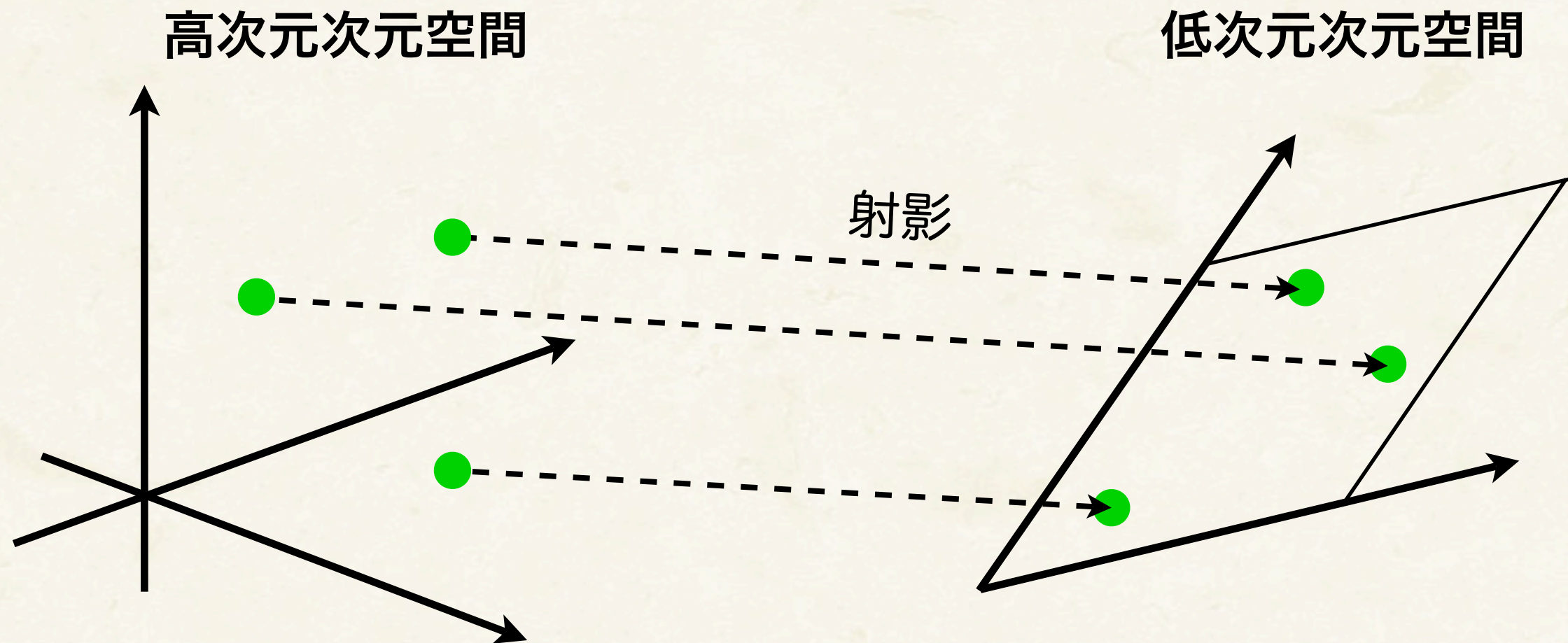
Spearman距離を $[0,1]$ の範囲に正規化 $\Rightarrow$ Spearmanの順位相関 ρ



Kendall距離を $[0,1]$ の範囲に正規化 $\Rightarrow$ Kendallの順位相関 τ

Spearman ρ と Kendall τ の間の相関は高い

次元縮約



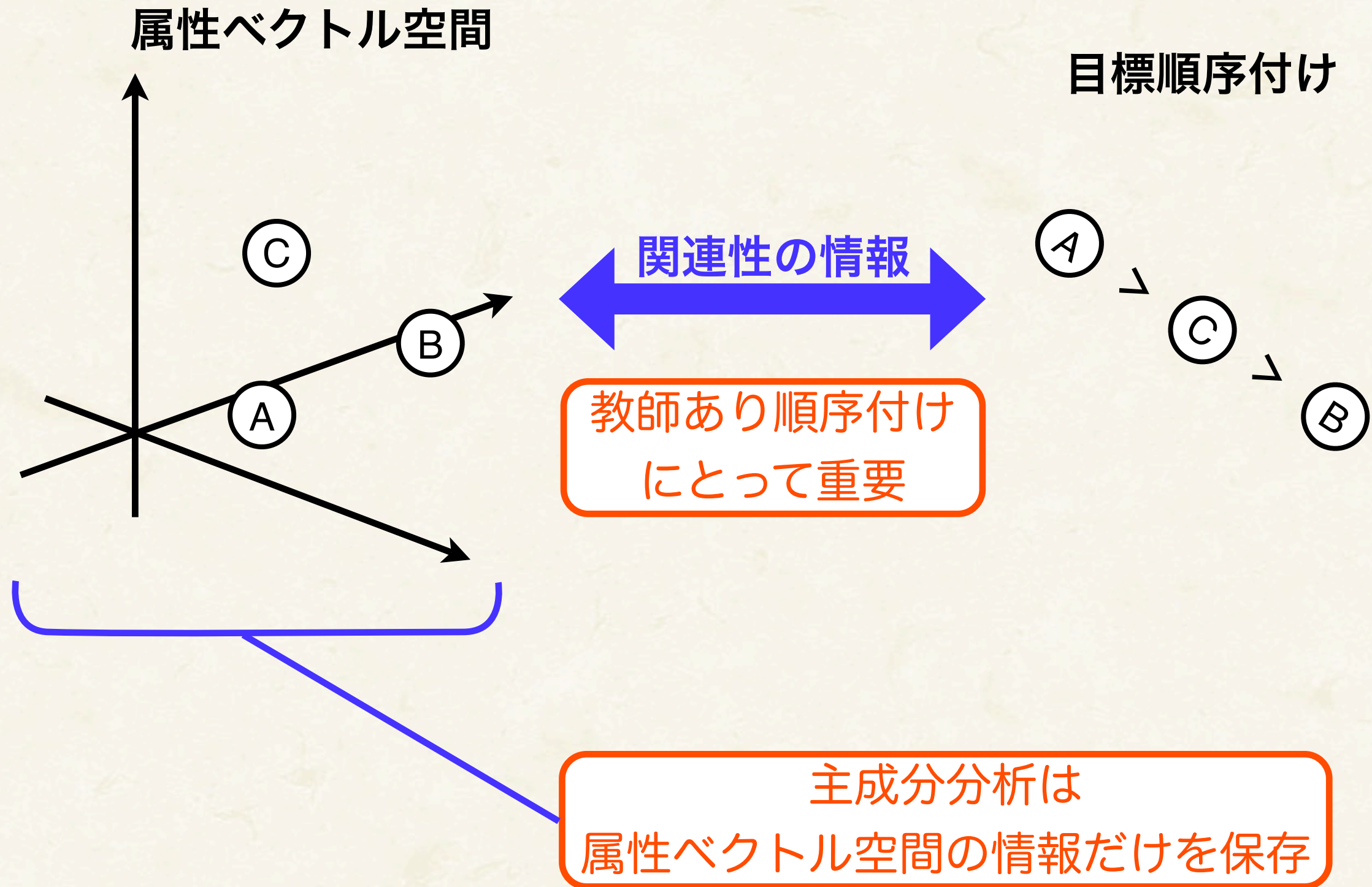
ある情報をできるだけ保存するように高次元データを低次元に射影

主成分分析：対象集合の分散についての情報

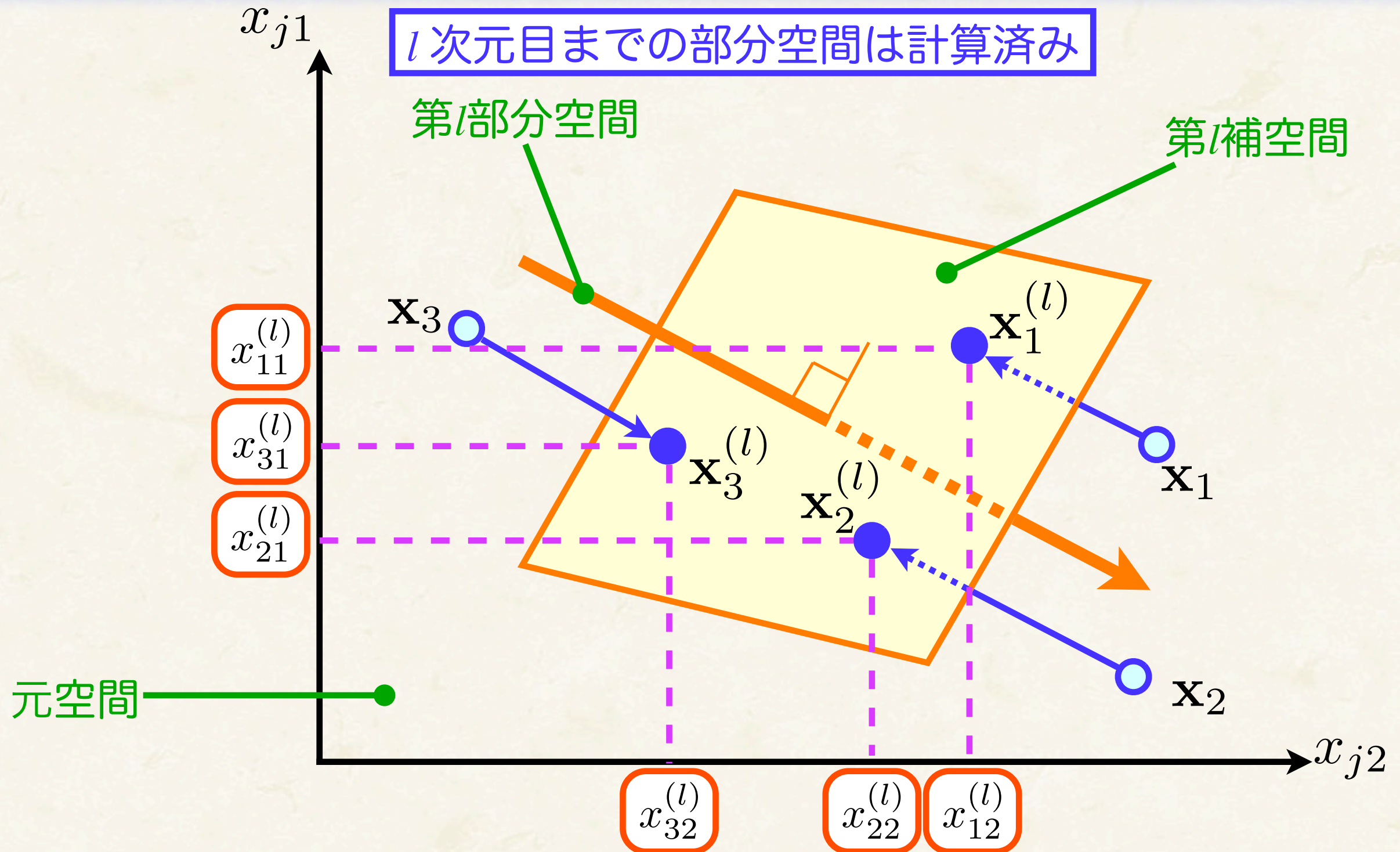
Fisher判別分析：クラスと属性ベクトルの間の関連性の情報

「次元の呪い」を回避するための前処理手法

主成分分析の問題点

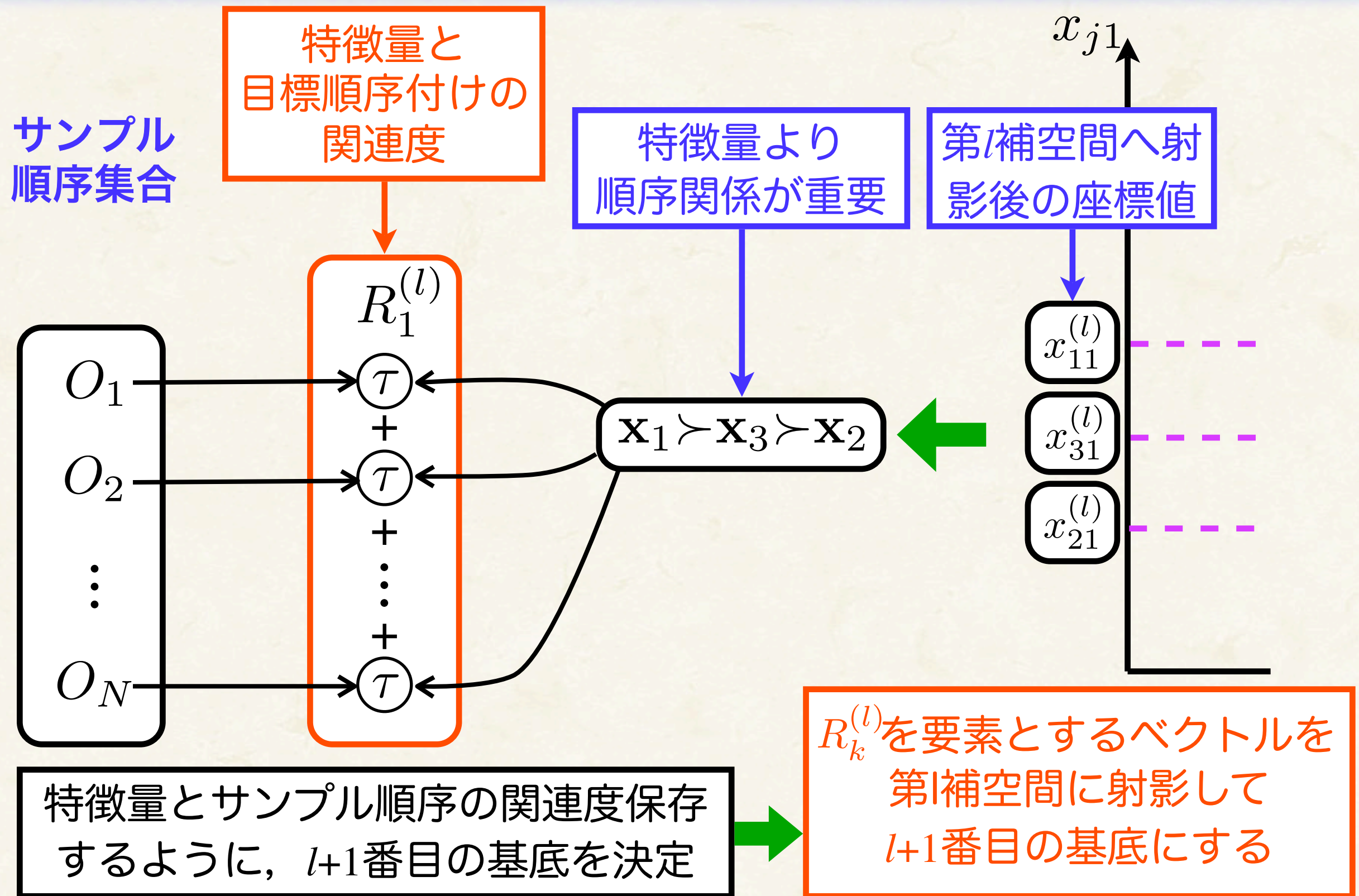


順位相関次元縮約



補空間に射影して，第 l 部分空間で説明済みの情報を除去

順位相関次元縮約



Pearson相関と順位相関

もし，従属変数が実数で，
独立変数とのPearson相関を最大化したら……

Pearson相関=0 $\Rightarrow$ 特徴量の空間で直交



2次以降の基底は全て0ベクトル

順位相関次元縮約では，
従属変数は順序で，独立変数との順位相関を最大化

~~順位相関で無相関 $\Rightarrow$ 特徴量の空間で直交~~

※ もし第 l 基底上で全ての対象が等間隔に並んでしまったら $l+1$ 次以降の基底は0ベクトル

実験

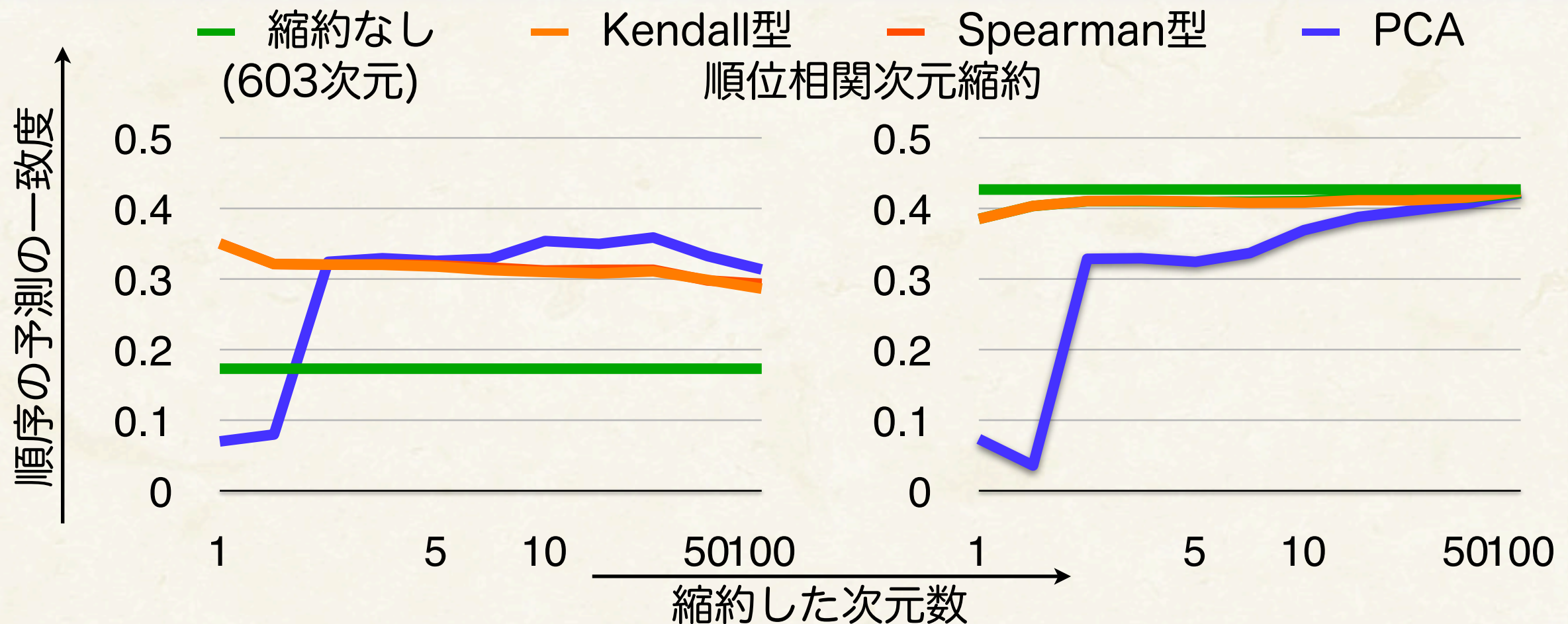


図5(a) 学習事例が少ない場合

図5(c) 学習事例が多い場合

- ◆ 縮約後の次元数が適切ならば，全属性を使う場合と同等以上の予測精度 ⇒ 「次元の呪い」が緩和された
- ◆ PCAより低次元で高精度の予測 ⇒ 属性ベクトルと目標順位付けの関係をうまく保存

まとめ

まとめ

- ◆ **順位相関次元縮約**：教師あり順序付けタスクに適用するため、目標順序付けと属性ベクトルの関連性の情報を保存するように設計
 - ◆ 教師あり順序付けタスクでは、順位相関次元縮約を適用するとPCAを適用するより汎化性能が良かった
 - ◆ サンプル数が少ない場合は、次元縮約で汎化性能が向上
 - ◆ Spearman ρ と Kendall τ を使った場合の性能は同等

追加情報

ホームページ：<http://www.kamishima.net/>

おまけ：朱鷺の杜Wiki (機械学習について書き込んでください)

<http://www.neurosci.aist.go.jp/ibisforest/>

参考文献

- ◆ [Cohen 99] W.W.Cohen, R.E.Schapire, Y.Singer. Learning to Order Things. Journal of Artificial Intelligence Research, Vol.10, pp.243-270 (1999)
- ◆ [Freund 98] Y.Freund, R.Iyer, R.E.Schapire, and Y.Singer. An Efficient Boosting Algorithm for Combining Preferences. In Proc. of The 15th Int'l Conf. on Machine Learning, pp.170-178 (1998)
- ◆ [Herbrich 98] R.Herbrich, T.Graepel, P.Bollmann-Sdorra, K.Obermayer. Learning Preference Relations for Information Retrieval. In: ICML-98 Workshop: Text Categorization and Machine Learning, pp.80-84, (1998)
- ◆ [Joachims 02] T.Joachims. Optimizing Search Engines Using Clickthrough Data. In Proc. of The 8th Int'l Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 133-142 (2002)
- ◆ [Kamishima 05] T.Kamishima, H.Kazawa, and S.Akaho. Supervised Ordering — An Empirical Survey. In Proc. of The 5th IEEE Int'l Conf. on Data Mining (2005)
- ◆ [賀沢 03] 賀沢秀人, 平尾努, 前田英作. Order SVM: 一般化順序統計量に基づく順位付け関数の推定. 電子情報通信学会論文誌D-II, Vol.J86-D-II, No.7, pp. 926-933 (2003)