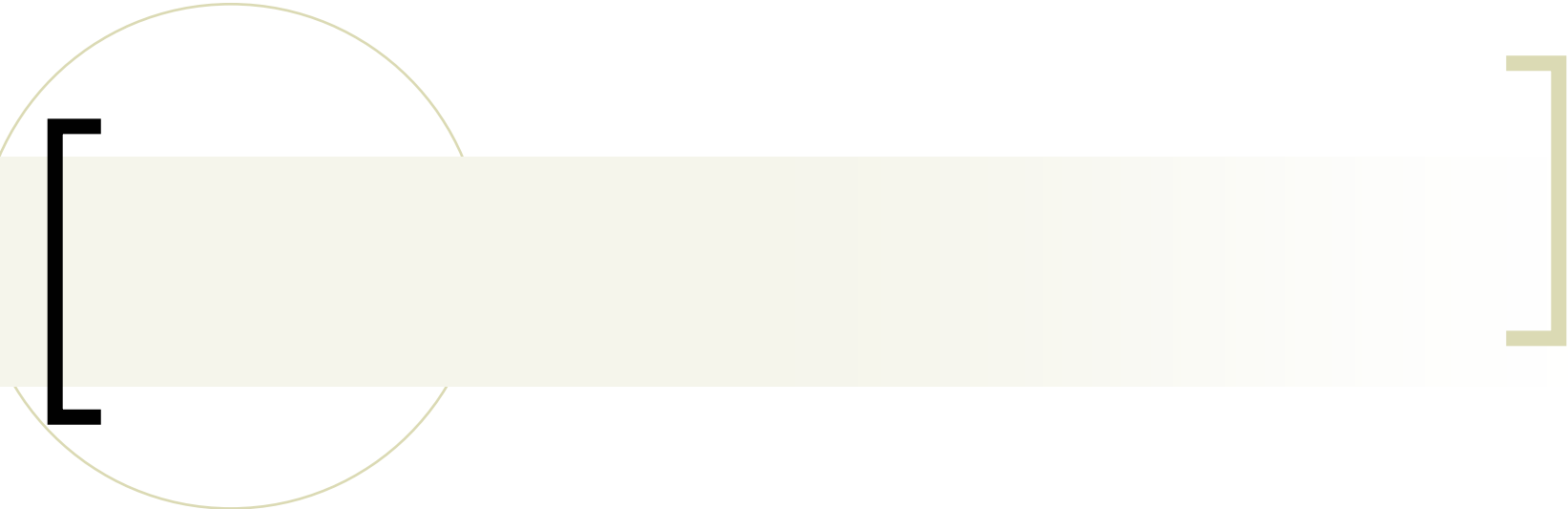


固有変形を用いた オンライン文字認識の検討

九州大学

三苦 寛人, 内田 誠一, 迫江 博昭

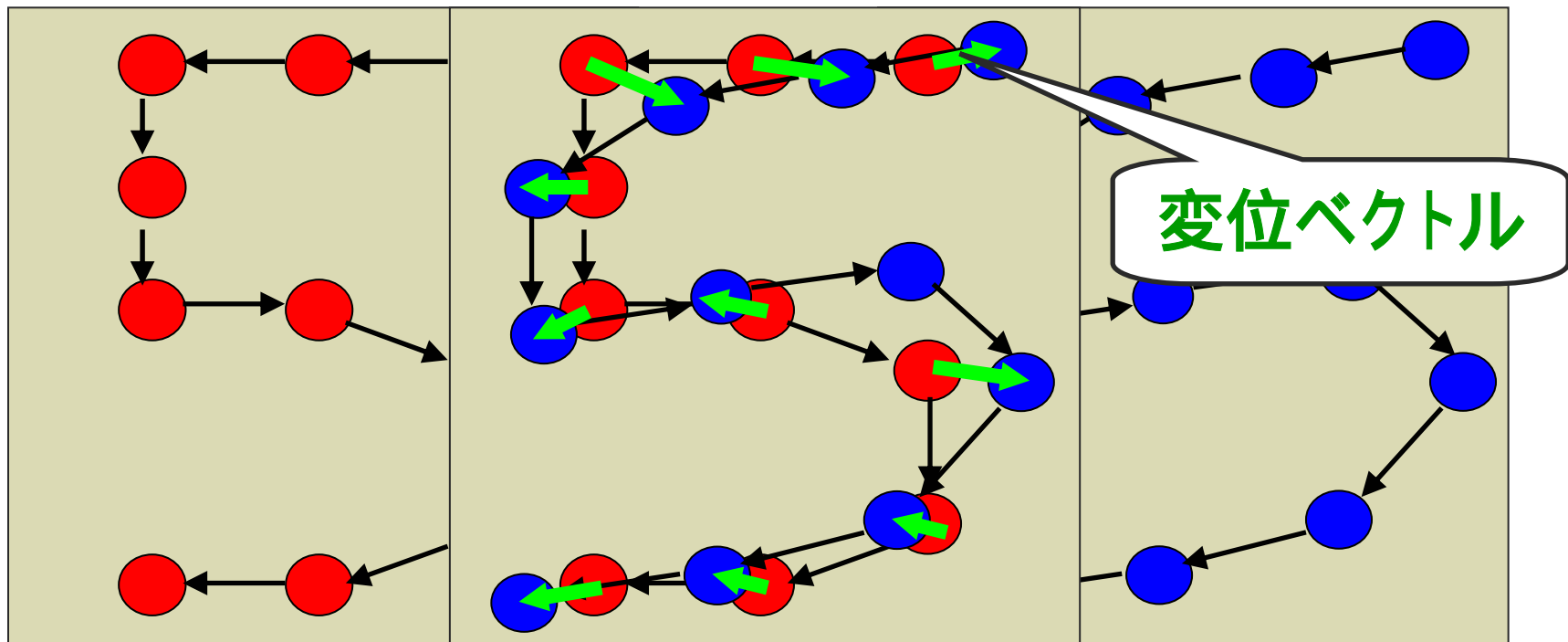


背景と目的


オンライン文字認識における 誤認識の要因

- 画数変動
- 筆順変動
- ストローク形状変動

弾性マッチング (非線形伸縮マッチング)

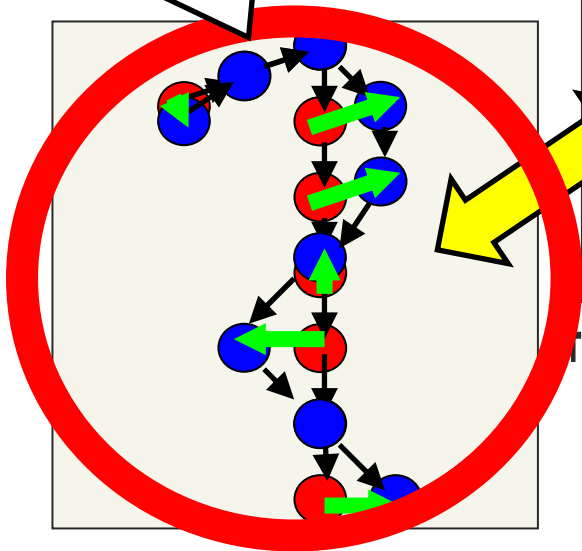


標準パターン マッチング 入力パターン

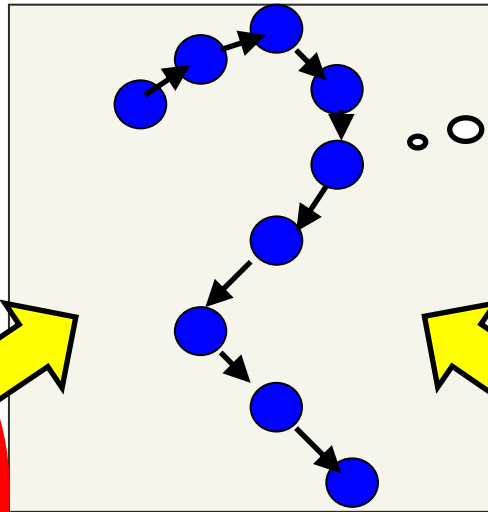
 一般にDPによりマッチングを最適化

誤認識となる例

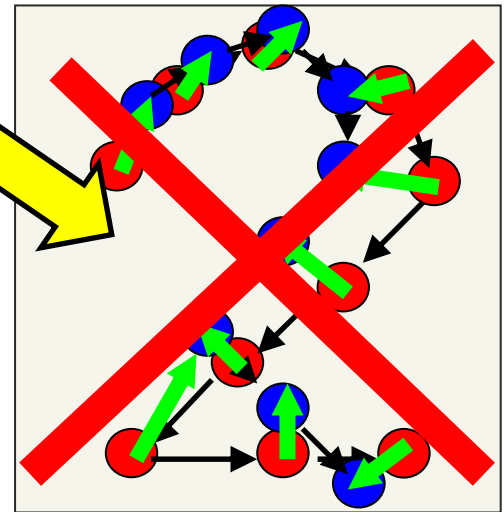
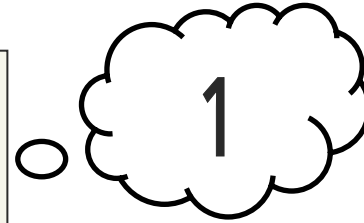
距離が
小さい



「1」の標準パターン



「2」の入力パターン

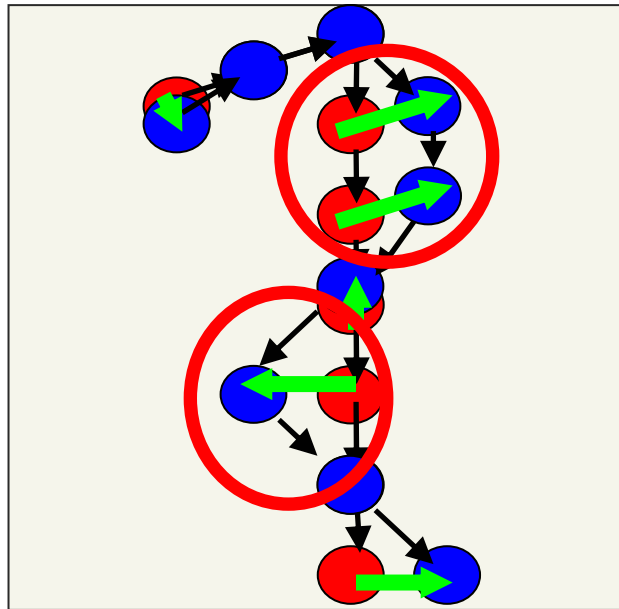


「2」の標準パターン

誤認識！

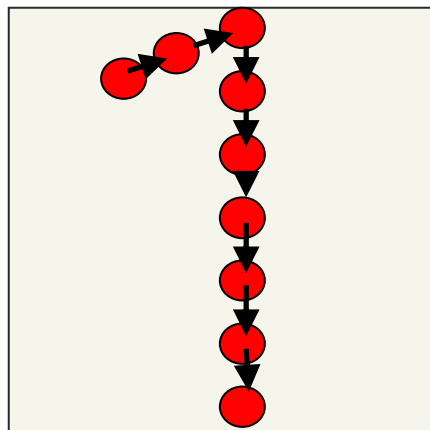
誤認識の原因: 合わせ過ぎ

- 一 不自然な対応付けを許容

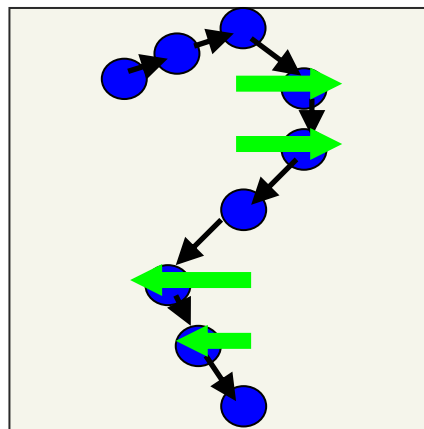
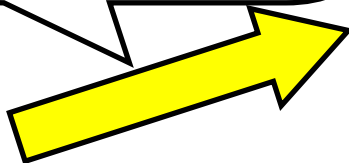


局所的な制約だけでは排除できない

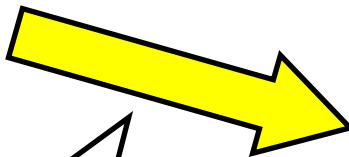
カテゴリ固有の変形特性の考慮



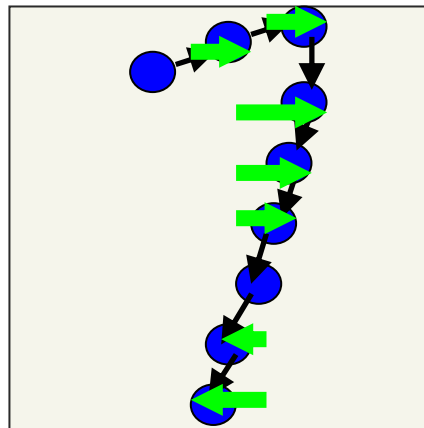
起こりえない
変形



距離
大



よく起こる
変形



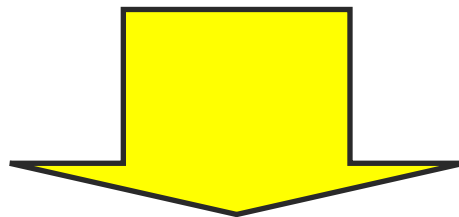
距離
小

【本手法の目的】


DPによる
局所的な変形の吸収

+

カテゴリ固有の
変形特性の考慮



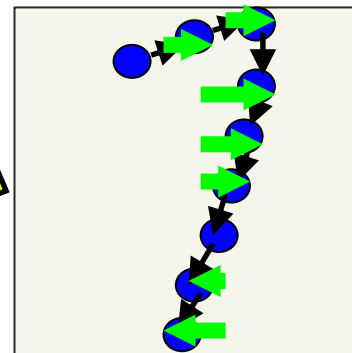
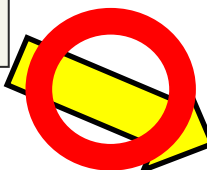
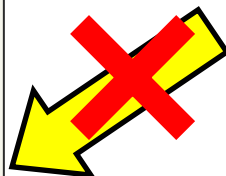
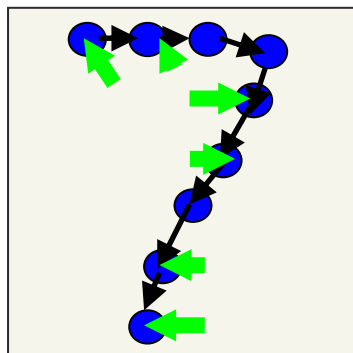
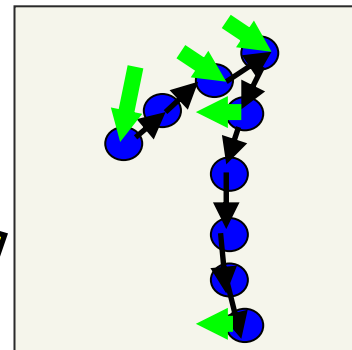
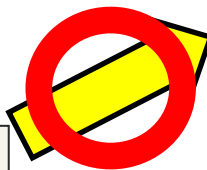
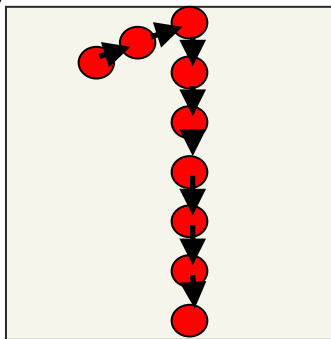
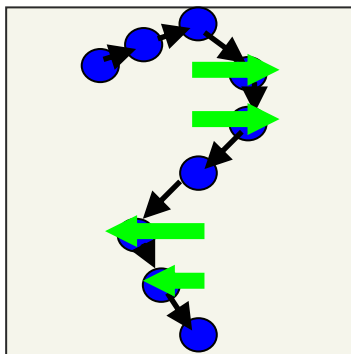
認識の高精度化



本手法の概要

固有変形の定義

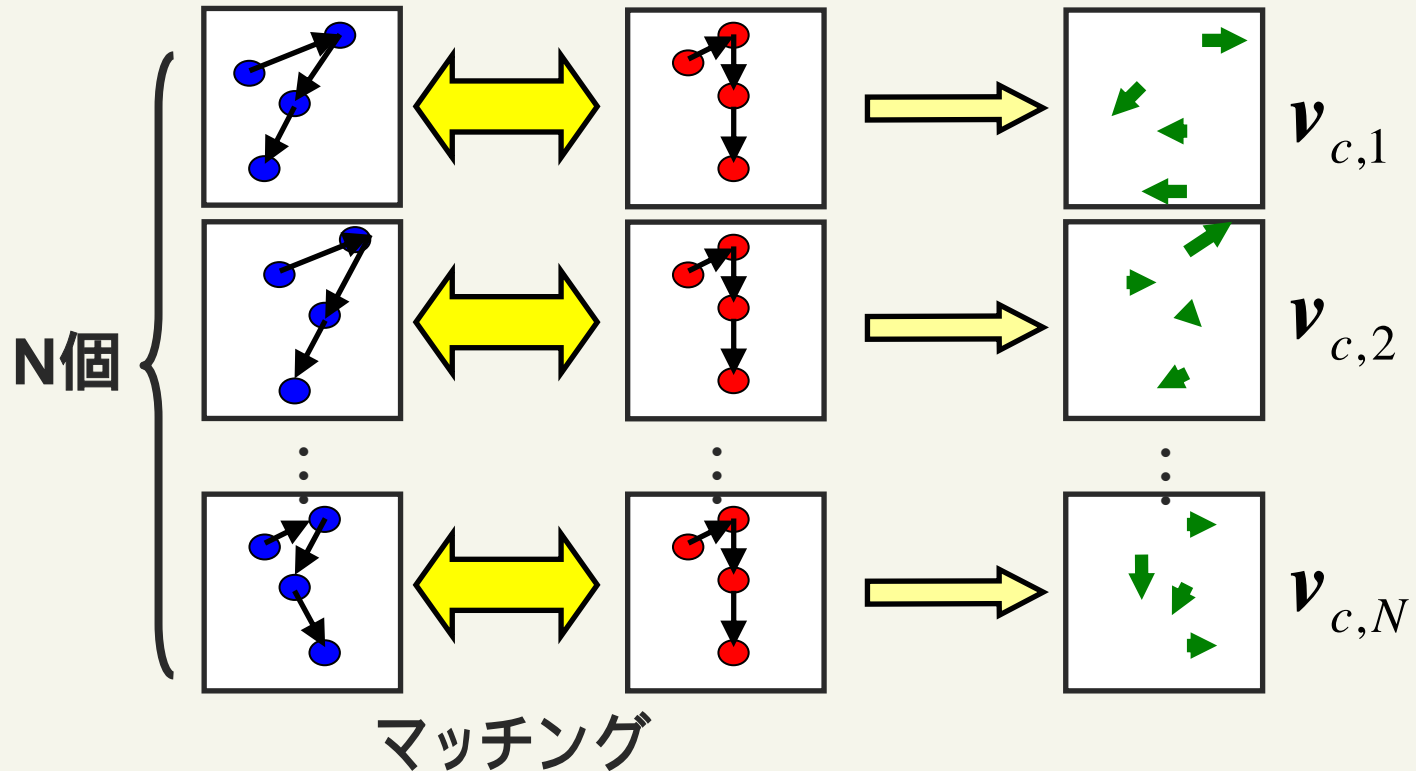
起きやすい変形の方法



固有変形の学習(1)

変位ベクトルの採集

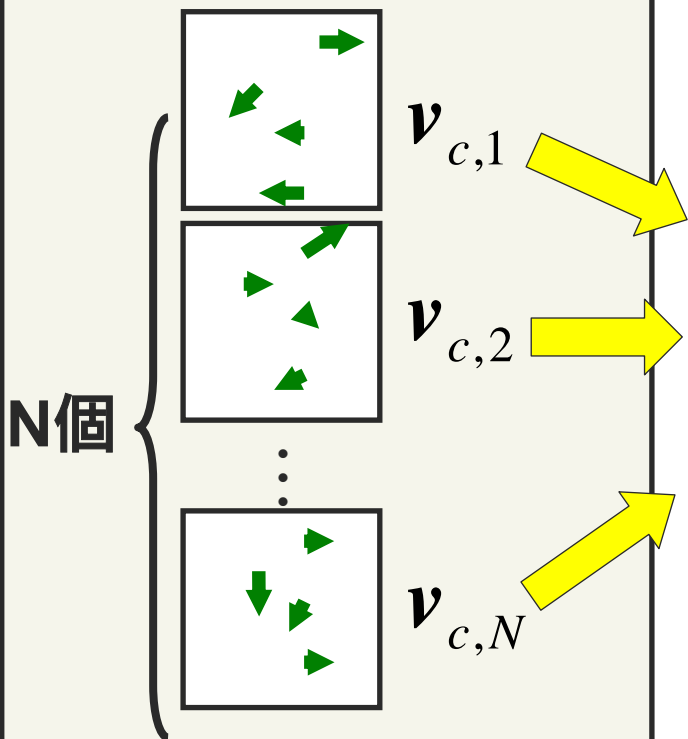
学習パターン 標準パターン 変位ベクトル



固有変形の学習 (2)

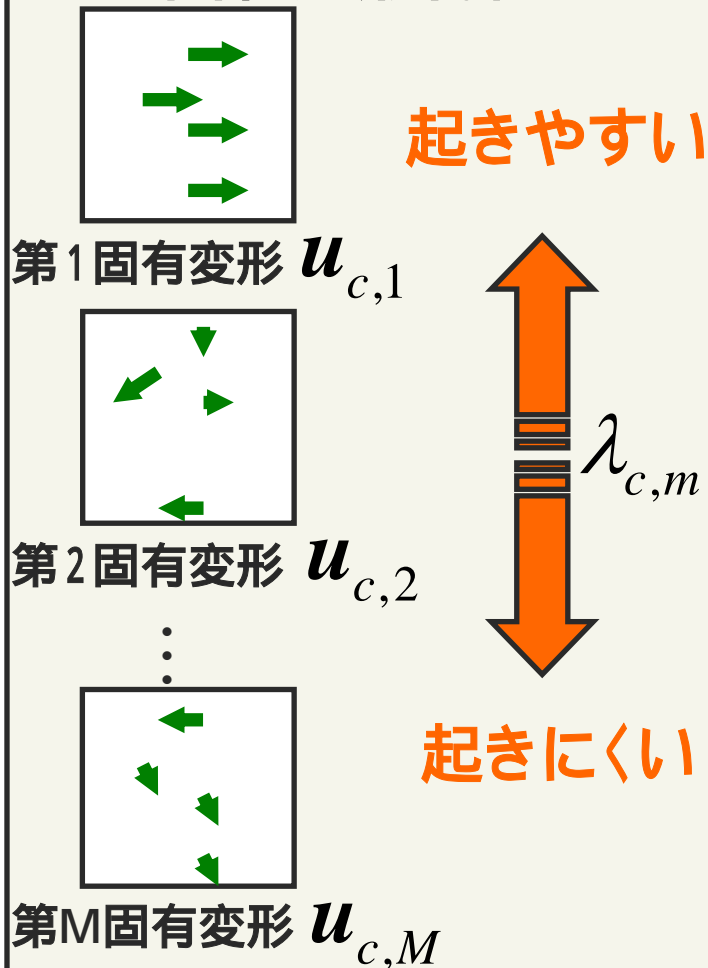
主成分分析

DPマッチングによる
変位ベクトルの採集



主成分分析

固有変形特性



固有変形を用いた認識

本手法の評価距離

単純DPによる
評価距離 D

+

固有変形に基づく
事後評価距離 P
(ペナルティ)

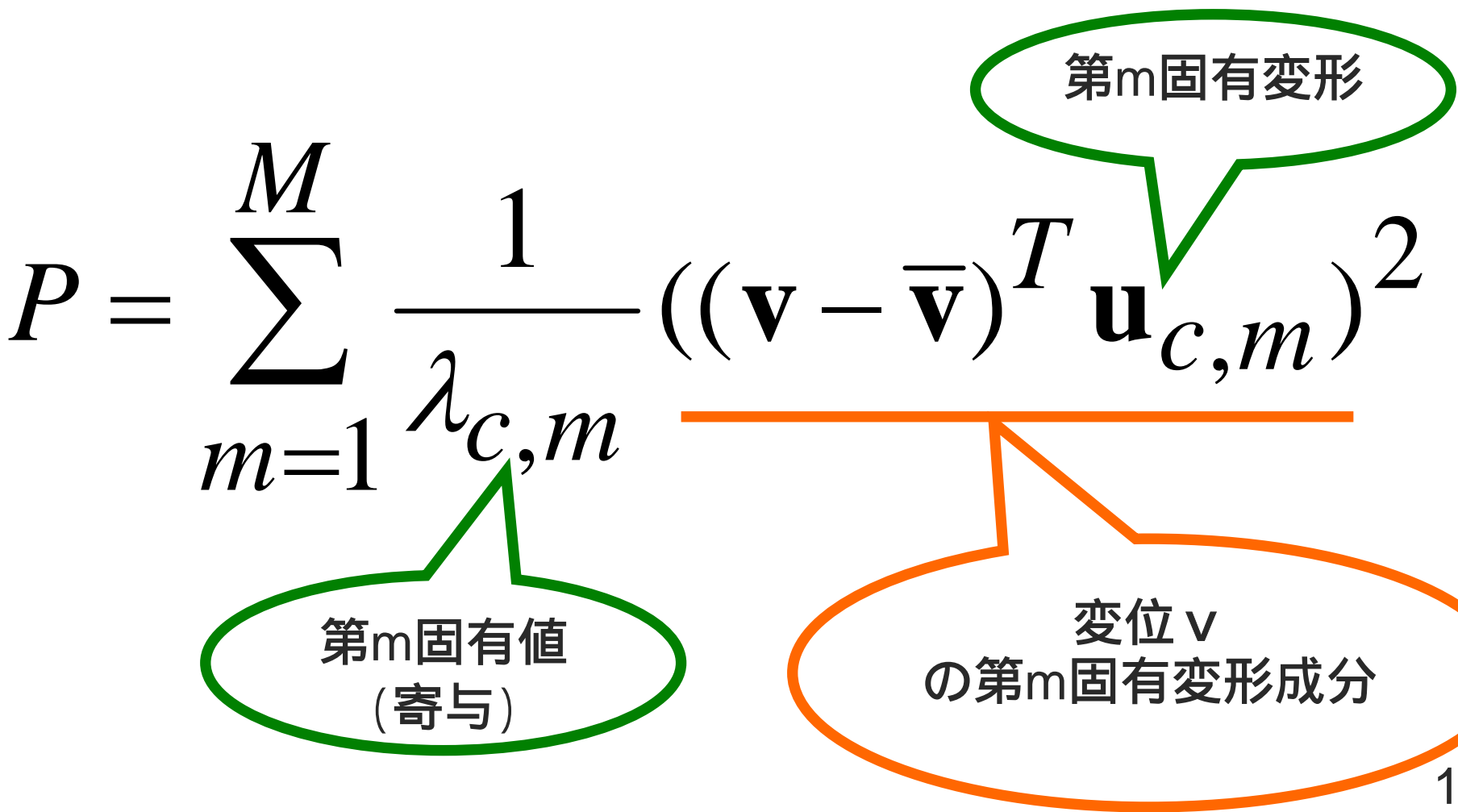
マハラノビス距離による 事後評価距離

$$P = \sum_{m=1}^M \frac{1}{\lambda_{c,m}} \left((\mathbf{v} - \bar{\mathbf{v}})^T \mathbf{u}_{c,m} \right)^2$$

第m固有変形

第m固有値
(寄与)

変位 \mathbf{v}
の第m固有変形成分



A decorative graphic consisting of a thin, light green circle on the left side. A horizontal bar of a slightly darker shade of green extends from the circle across the top of the page. The Japanese characters '実験' are centered within this bar. On the right side of the bar, there is a large, thin, light green closing square bracket ']' that matches the style of the opening bracket on the left.

実験

実験試料

- Ethem Alpaydin Digit (トルコ)

Unipenフォーマットのオンライン数字データ(0 ~ 9)

学習用 : 各文字種 平均749サンプル

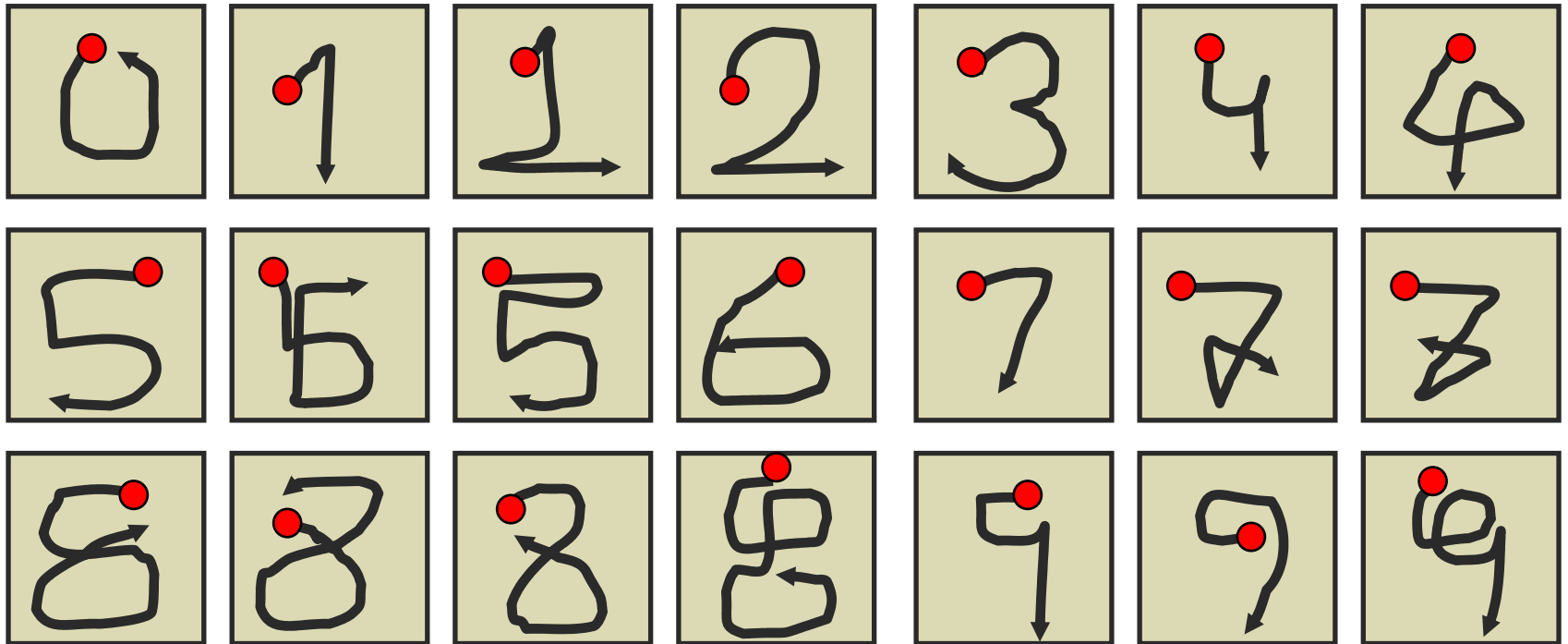
テスト用 : 各文字種 平均350サンプル

- 前処理

- 1画化(画数変動の影響を排除)
- 正規化(128 × 128)
- リサンプリング

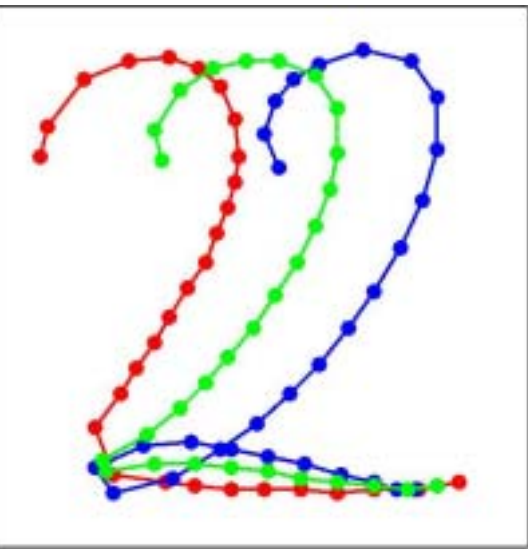
標準パターン

- 手動で作成(全21パターン)
- 筆順変動がある文字種には複数用意

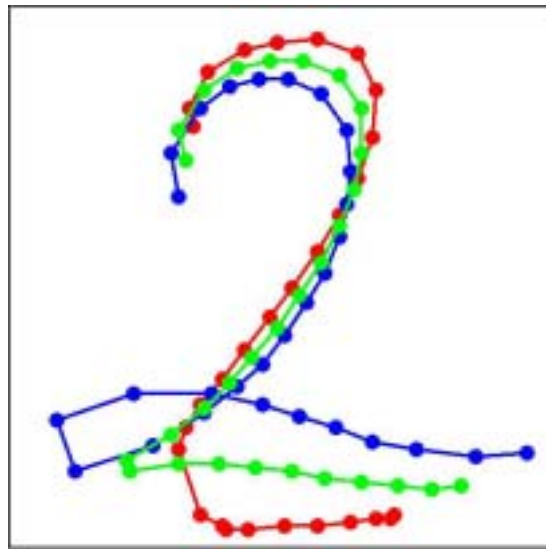


固有変形の推定結果

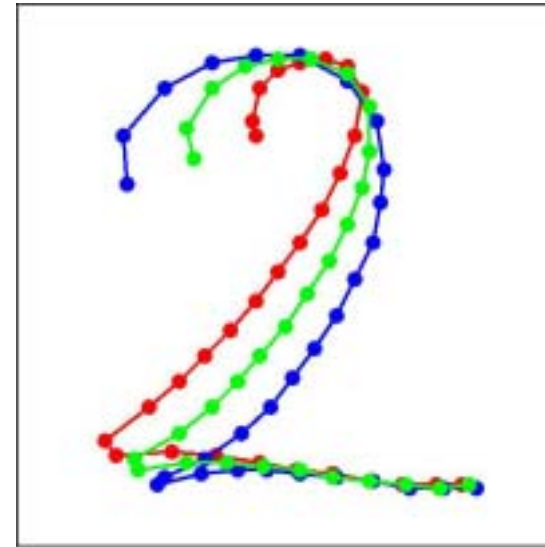
例：数字「2」



第1固有変形によって
変形された標準パターン



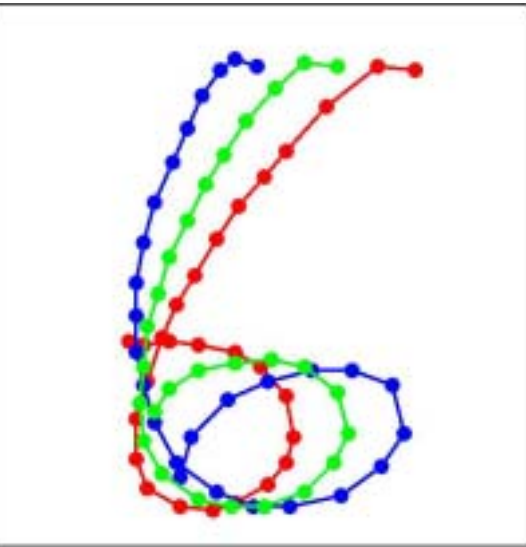
第2固有変形によって
変形された標準パターン



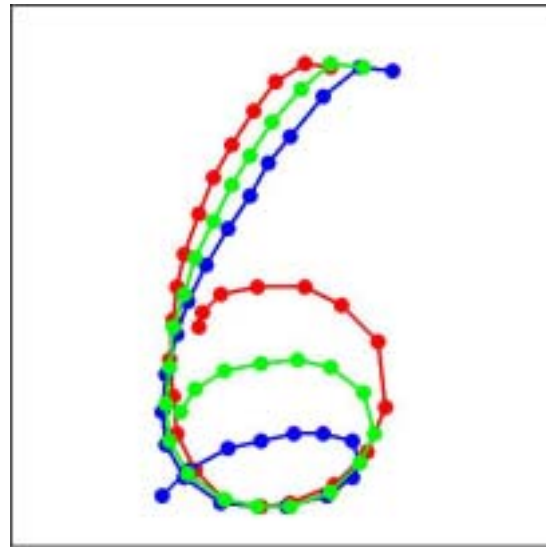
第3固有変形によって
変形された標準パターン

固有変形の推定結果

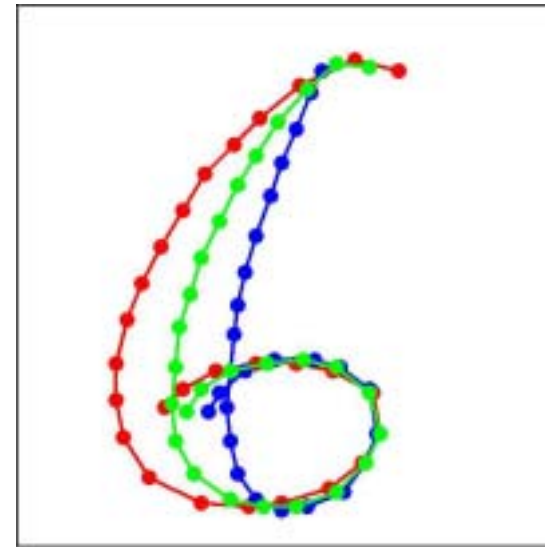
例：数字「6」



第1固有変形によって
変形された標準パターン

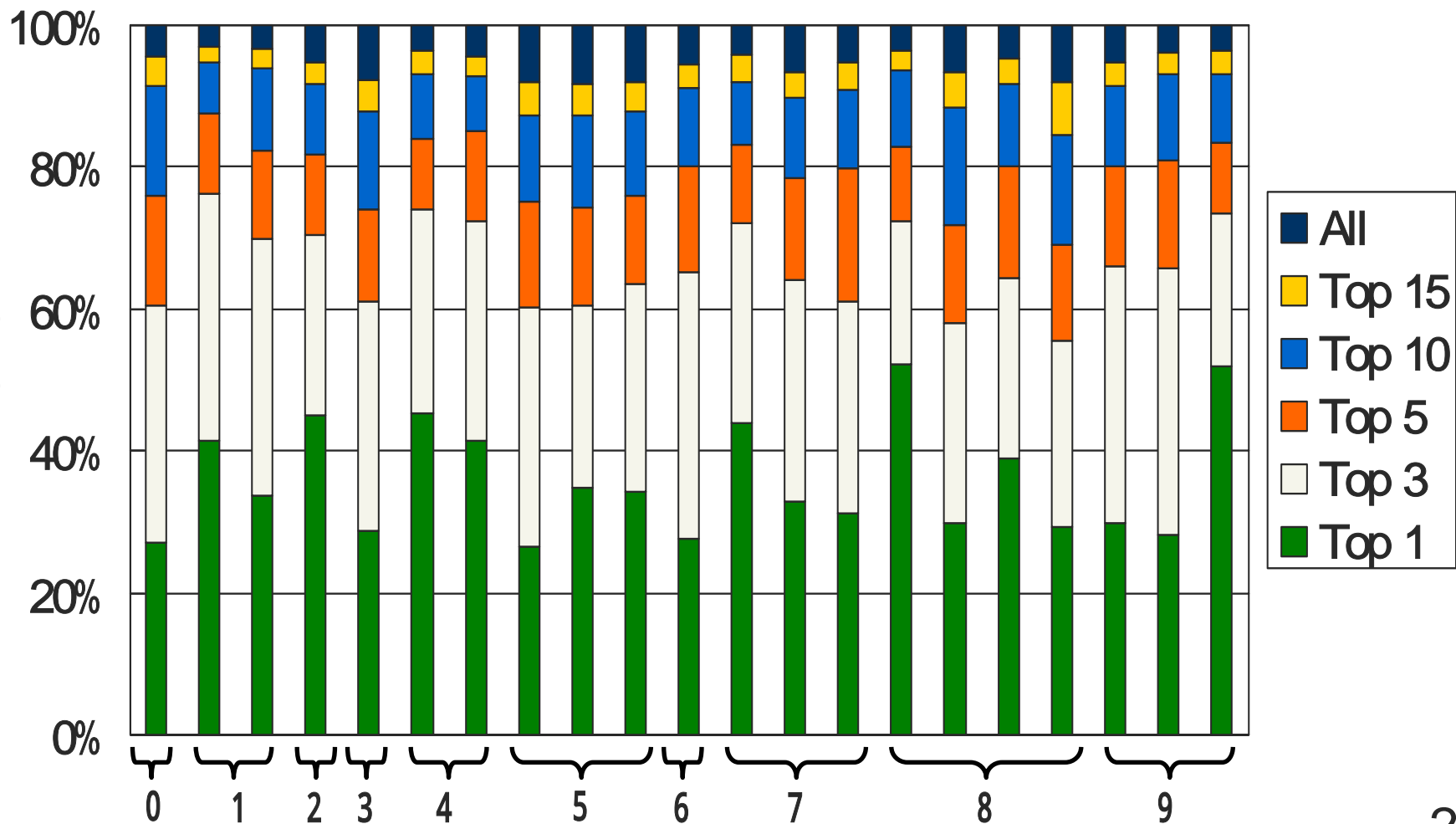


第2固有変形によって
変形された標準パターン




第3固有変形によって
変形された標準パターン

各カテゴリの累積寄与率



実験結果の比較 (認識率)

文字種	単純DP	DP+事後評価距離	認識率の差分
0	95.3%	97.8%	+2.48% ↑
1	97.5%	99.2%	+1.65% ↑
2	97.8%	99.2%	+1.38% ↑
3	96.4%	97.3%	+0.89% ↑
4	98.6%	99.2%	+0.55% ↑
5	97.0%	96.1%	-0.89% ↓
6	100%	100%	0.00% →
7	95.9%	94.8%	-1.10% ↓
8	100%	100%	0.00% →
9	95.5%	98.2%	+2.67% ↑
Total	97.4%	98.2%	+0.76% ↑



考察

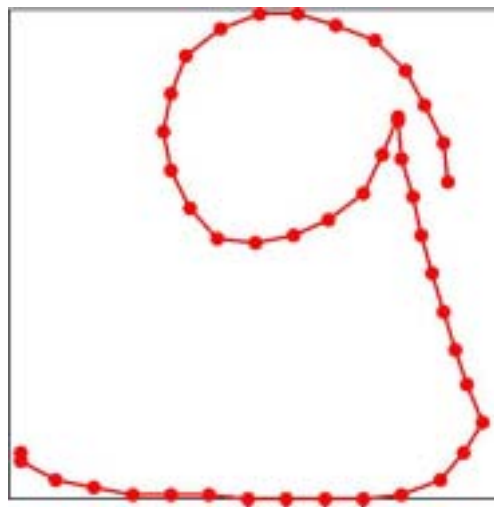
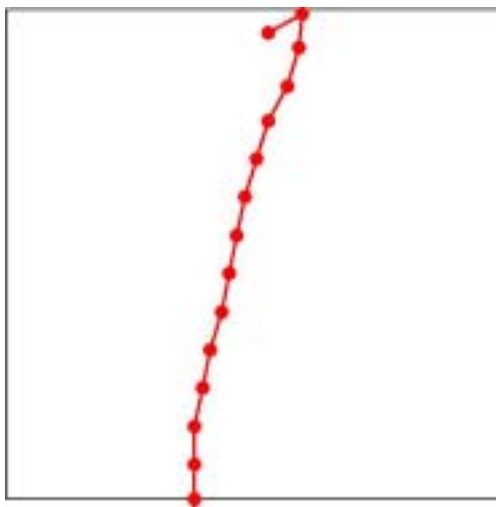
本手法により低減した誤認識

- 改善サンプル総数: 34個

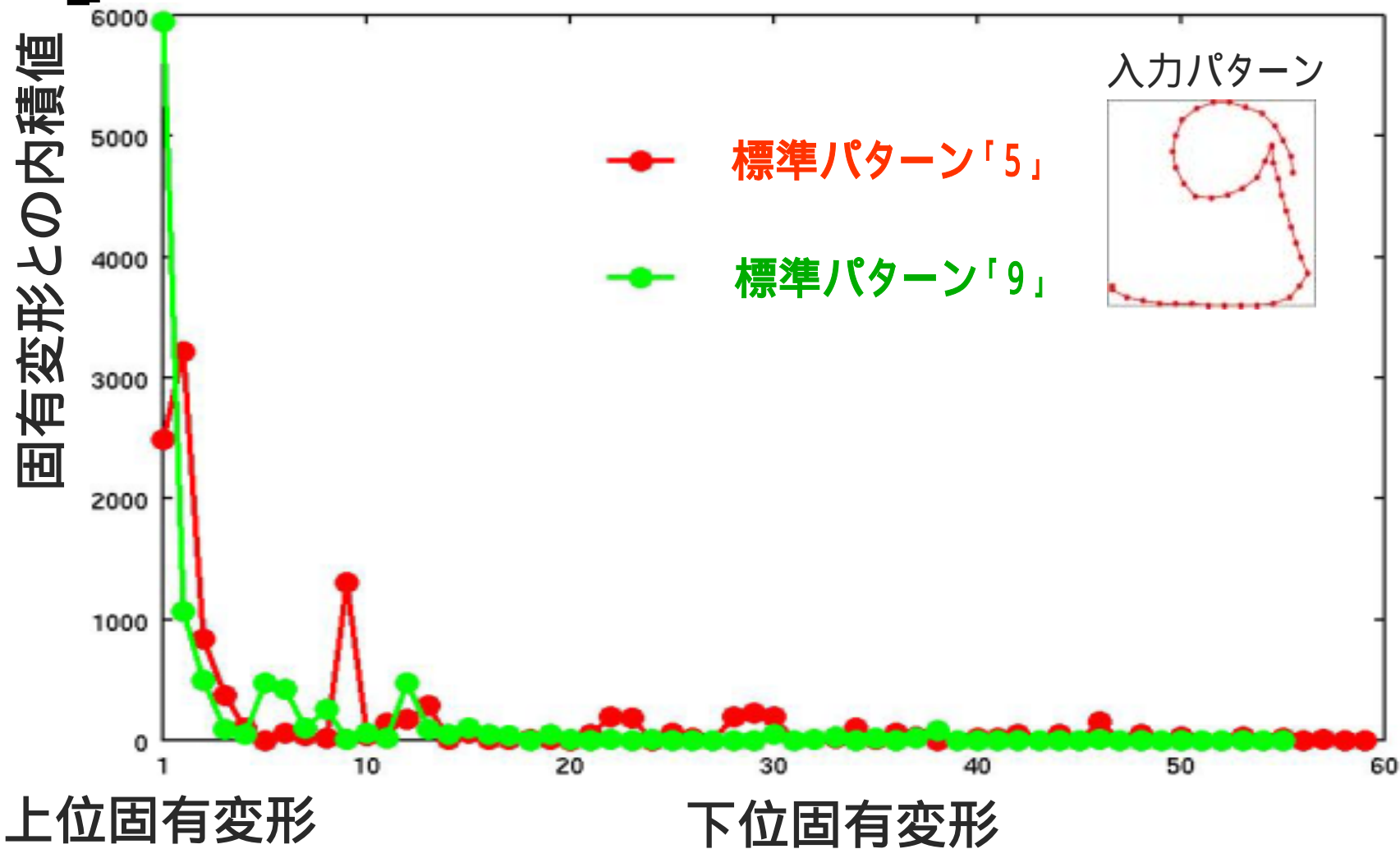
「1」 「7」: 6個 0個

「9」 「5」: 6個 1個

- 改善サンプル例



事後評価による効果の確認



本手法により増加した誤認識

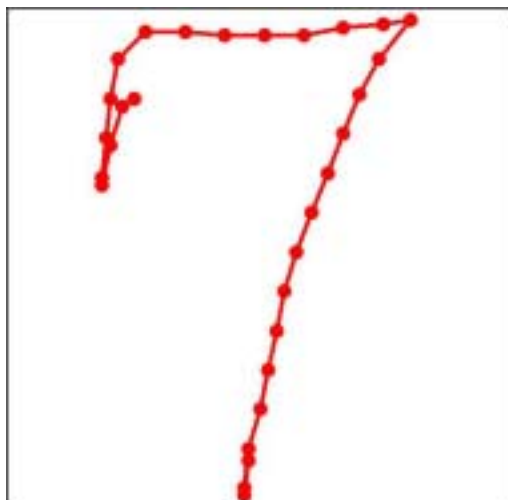
- 改悪サンプル総数: 7個

「5」 「9」 : 5個 8個

「7」 「9」 : 8個 11個

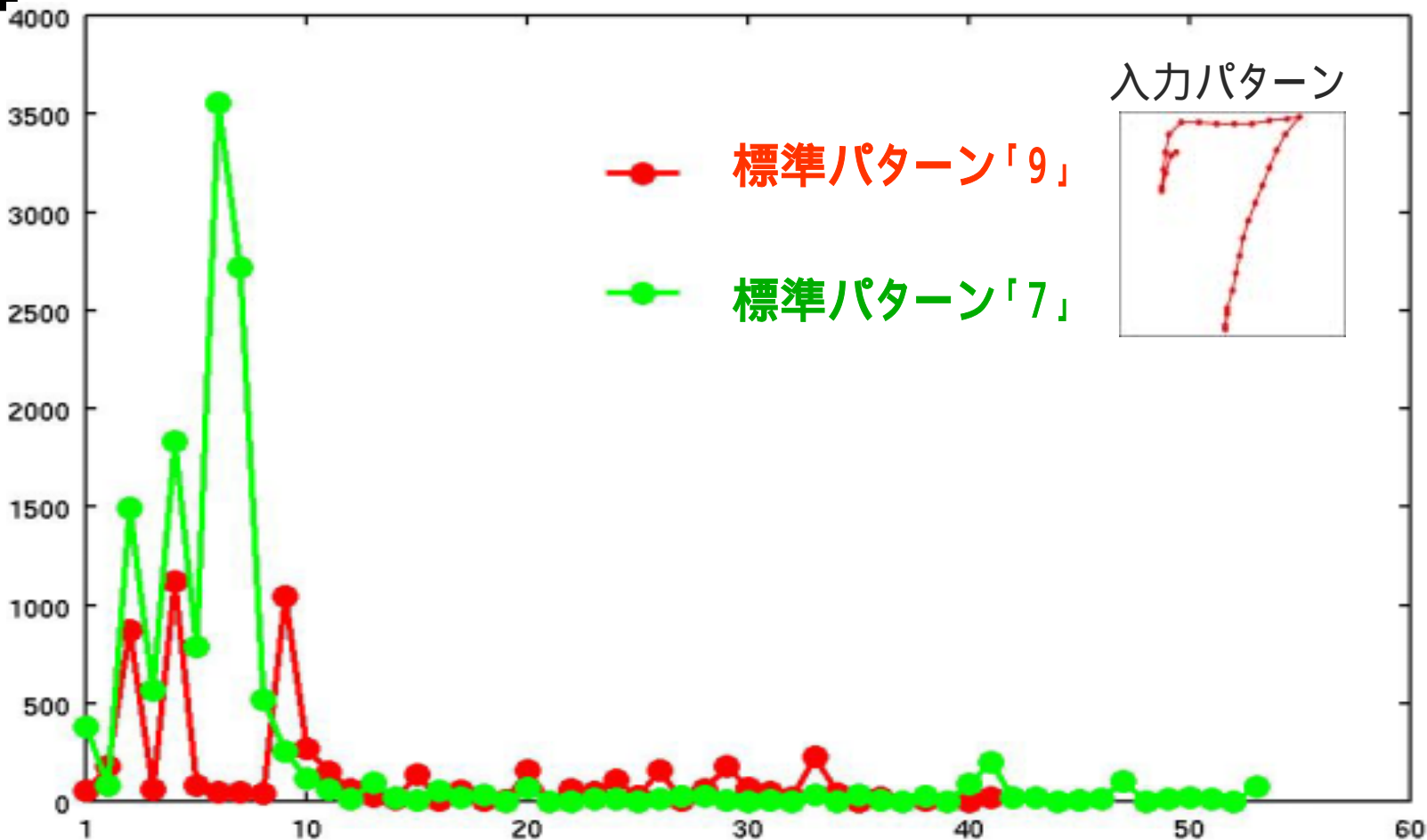
「7」 「2」 : 0個 1個

- 改善サンプル例



改悪の原因

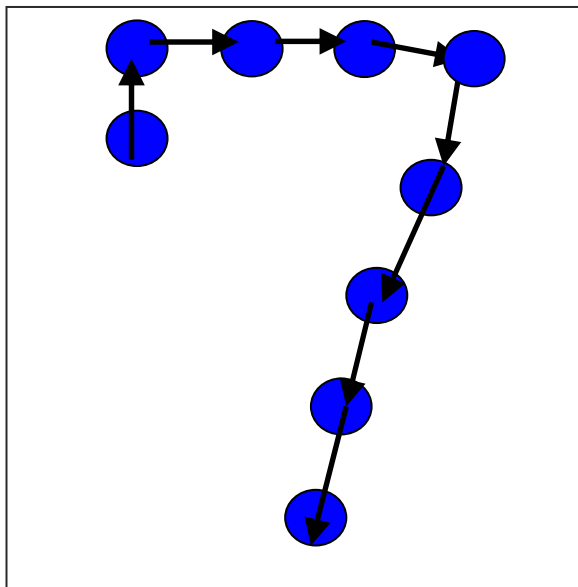
固有変形との内積値



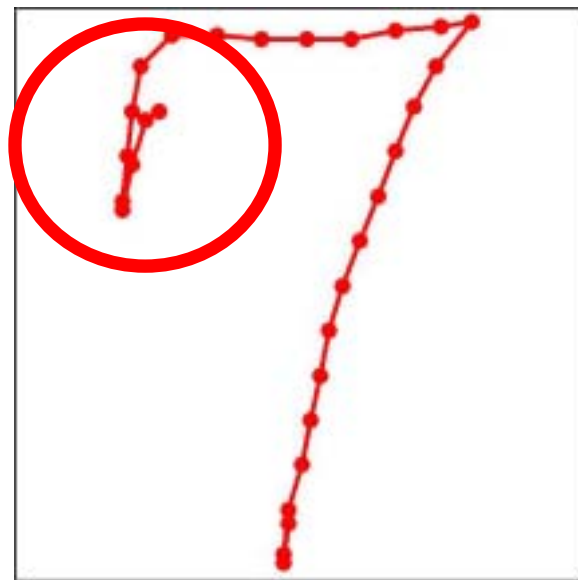
上位固有変形

下位固有変形

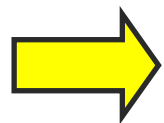
改悪の原因



学習時によく見られたパターン



改悪となったサンプル



学習時に見られなかったパターン

[まとめ]

- カテゴリ固有の変形特性も考慮に入れることによる認識精度の向上を確認
- 学習不足により一部改悪

【今後の課題】

- International Unipen Foundationのデータベースを使用した実験
- マッチング過程への直接組み込み