

# 線対称サンプルを含む場合のクラスタリングのための Line-symmetrical Sample $k$ -means++の提案

宮部大翔 米田駿介 井上路子 西山正志 (鳥取大学)



## 目的

サンプル集合の一部に線対称の関係を持つサンプルが含まれる場合に  
それらのサンプルを同じクラスタにまとめる手法を設計

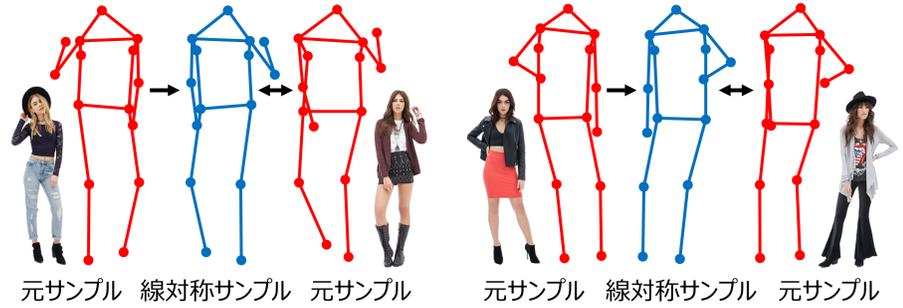
### 動機

人物姿勢クラスタリングで  
どのような代表姿勢が  
あるか調査したい

### 線対称の関係

片手を頭に当ててと指示 → (右手を頭に当てる  
左手を頭に当てる  
指示をした姿勢という観点からすると同じ姿勢  
狙い クラスタリング時に同じクラスタにまとめたい

線対称に変換するとサンプル間の距離が近くなる



### 課題

線対称の関係を持つ  
姿勢が含まれる

### 関連研究 [Chung+, PRL2006]

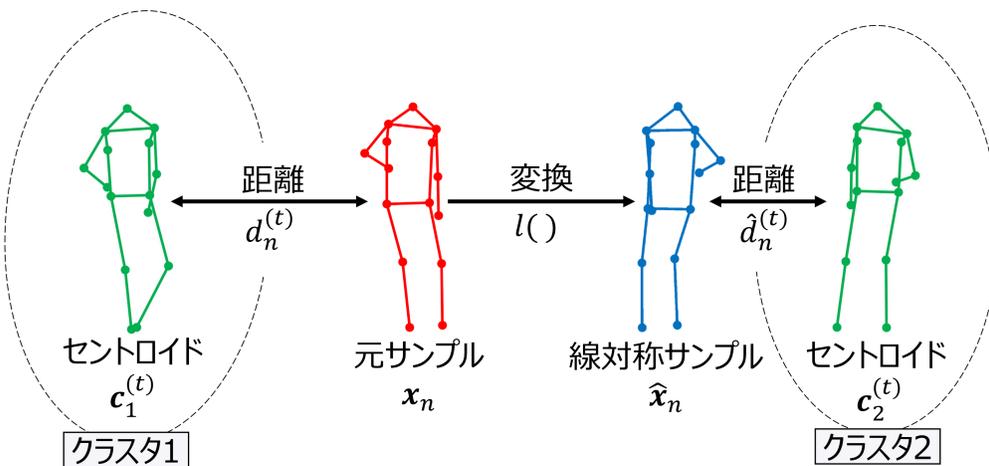
✗ 物体輪郭座標のみで人物姿勢は取扱っていない

## 提案手法 (Line-symmetrical Sample $k$ -means++)

全ての元サンプルを線対称サンプルへ変換することで線対称の関係にあるかどうかを考慮しながらクラスタリング

### セントロイド更新

元サンプルとその最近傍セントロイドとの距離に加え  
線対称に変換されたサンプルとその最近傍セントロイドとの距離を計算



元サンプルから最近傍セントロイドまでの距離

$$d_n^{(t)} = \min_{k \in \{1, \dots, K\}} \|w \circ (x_n - c_k^{(t)})\|_2$$

線対称サンプルから最近傍セントロイドまでの距離

$$\hat{d}_n^{(t)} = \min_{k \in \{1, \dots, K\}} \|w \circ (\hat{x}_n - c_k^{(t)})\|_2$$

$K$ : クラスタ数  $\circ$ : アダマール積  
 $w$ : 人体骨格のキーポイントの重み  
手先・足先が強調されるよう設定  
 $c^{(t)}$ :  $t$ 回目の更新のセントロイド集合  
 $c_k^{(t)}$ :  $t$ 回目の更新の $k$ 番目の  
セントロイド  
 $x_n$ :  $n$ 番目の与えられた元サンプル  
 $\hat{x}_n$ :  $n$ 番目の線対称に変換された  
サンプル  
 $x_m, y_m$ :  $m$ 番目の人物骨格の  
キーポイント座標

目的  
セントロイド更新時に  
線対称の関係を持つ  
サンプルの中から  
適切なサンプルを選ぶ

### 元サンプルから線対称サンプルへの変換

人体骨格キーポイントにおいて  
重心を原点とし元サンプル $x_n$ の  
 $x$ 成分の正負を反転

$$\begin{cases} x_n = (x_1, y_1, \dots, x_{15}, y_{15})^T \\ \hat{x}_n = l(x_n) = (-x_1, y_1, \dots, -x_{15}, y_{15})^T \end{cases}$$

### 元サンプルと線対称サンプルのどちらをセントロイドの更新に用いるか判定

- $d_n^{(t)} \leq \hat{d}_n^{(t)}$  のとき  
元サンプル $x_n$ を更新に用いる
- $d_n^{(t)} > \hat{d}_n^{(t)}$  のとき  
線対称サンプル $\hat{x}_n$ を更新に用いる

### セントロイド初期化

既存手法( $k$ -means++ [Arthur+, SODA2007])の重み付きランダムサンプリングに線対称の関係を導入し初期値決定

## 実験

### 人物姿勢サンプルのクラスタリング

#### 条件

- 人物姿勢サンプル:  
DeepFashion-MultiModel  
[Y.Jiang+, TOG2022]
- 直立姿勢に偏るのを防ぐため  
平均から離れたサンプルを  
前処理で抽出
- 合計枚数: 1207枚
- 試行回数: 100回

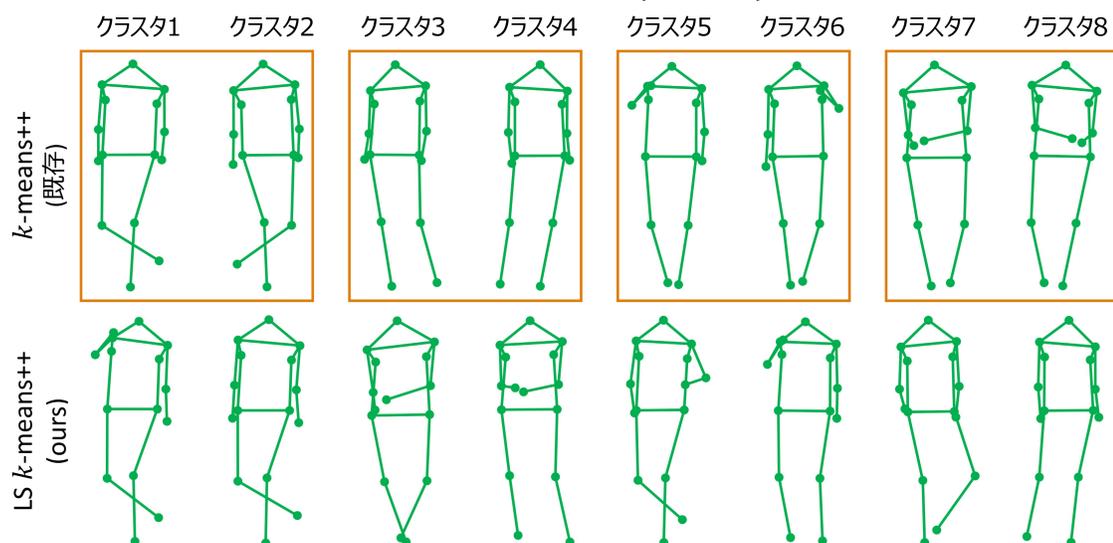
#### 評価指標

線対称セントロイドペア数  
セントロイド集合 $c^{(L)}$ において  
線対称の関係を持つ  
セントロイド $c_k^{(L)}$ のペア数をカウント

$$d_k = \min_{i \in \{1, \dots, K\}, i \neq k} \|w \circ (l(c_k^{(L)}) - c_i^{(L)})\|_2$$

線対称に変換したセントロイドと  
他のセントロイドまでの距離を計算

### セントロイドの例 ( $K = 8$ )



線対称セントロイドペア数が既存手法では4組(橙色枠)で提案手法では0組である

人物姿勢のサンプル集合に対して提案手法で  
クラスタリングを行った場合に線対称の関係を持つ  
サンプルを1つのクラスタにまとめることができた

手法	$K = 8$			$K = 12$			$K = 16$		
	ペア数(↓) (組)	更新数(↓) (回)	実行時間(↓) (ms)	ペア数(↓) (組)	更新数(↓) (回)	実行時間(↓) (ms)	ペア数(↓) (組)	更新数(↓) (回)	実行時間(↓) (ms)
$k$ -mean (既存)	2.96	21.3	43	4.04	23.1	60	5.37	22.7	70
$k$ -means++ (既存)	3.08	19.5	43	4.25	21.9	67	5.34	20.3	80
LS $k$ -means (ours)	0.24	26.7	235	0.62	27.0	277	1.01	24.1	279
LS $k$ -means++ (ours)	<b>0.19</b>	25.6	260	<b>0.54</b>	24.5	314	<b>0.84</b>	22.5	352