

# 形状位置合わせとその発展・応用

広瀬 修  
金沢大学理工研究域  
生命理工学系准教授

1

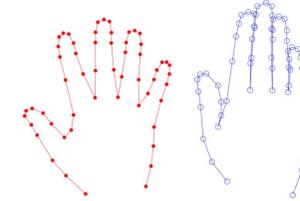
## 内容

1. 形状位置合わせとその応用
2. 自身の貢献: 形状位置合わせ
3. 現在の研究: 関数位置合わせ

2

## 形状位置合わせ

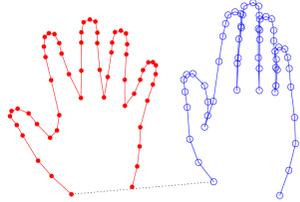
- > 形状を変形させて重ね合わせる作業
- > 形状の対応点: 同じ意味や役割を持った形状特徴点の組



3

## 形状位置合わせ

- > 形状を変形させて重ね合わせる作業
- > 形状の対応点: 同じ意味や役割を持った形状特徴点の組



4

## 形状位置合わせの種類

- > 非剛体位置合わせ
- > 剛体位置合わせ



5

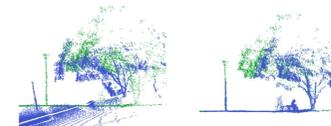
## 剛体位置合わせ: 3次元形状復元

### 距離カメラ

- 画像 + 被写体までの距離
- 複数枚取る必要がある
- 座標系が統一されていない

### 3次元形状復元

位置合わせの結果、座標系を揃えることができる



Pomerleau, F., Colas, F., & Siegwart, R. (2015). A Review of Point Cloud Registration Algorithms for Mobile Robotics. *Foundations and Trends in Robotics*, 4(1), 1-104.

6

## 内容

1. 形状位置合わせとその応用
2. 自身の貢献: 形状位置合わせ
3. 現在の研究: 関数位置合わせ

7

## 形状位置合わせへの貢献

- A Bayesian formulation of coherent point drift, IEEE TPAMI, 2021
- Acceleration of non-rigid point set registration with downsampling and Gaussian process regression, IEEE TPAMI, 2021
- Geodesic-based Bayesian coherent point drift, IEEE TPAMI, 2023

8

## 形状位置合わせへの貢献

- A Bayesian formulation of coherent point drift, IEEE TPAMI, 2021
- Acceleration of non-rigid point set registration with downsampling and Gaussian process regression, IEEE TPAMI, 2021
- Geodesic-based Bayesian coherent point drift, IEEE TPAMI, 2023

Coherent Point Drift (CPD) の  
ベイズ推定による定式化

9

Motion Coherence

$$R(v) = \lambda \int \frac{|\tilde{v}(s)|^2}{\tilde{G}_\beta(s)} \iff v \sim GP(0, \lambda^{-1} G_\beta \otimes I_D)$$

Low-pass filter      Gaussian Process

10

Motion Coherence

$R(v)$       **剛体・非剛体位置合わせの統合**       $I_D$

11

形状位置合わせへの貢献

- A Bayesian formulation of coherent point drift, IEEE TPAMI, 2021
- Acceleration of non-rigid point set registration with downsampling and Gaussian process regression, IEEE TPAMI, 2021
- Geodesic-based Bayesian coherent point drift, IEEE TPAMI, 2023

スケラビリティの改善 (高速化)

12

(1) 点を減らす

13

(2) 位置合わせ

14

(3) 変位ベクトル補完

ガウス過程回帰

15

CPD vs BCPD (1軸目の手法)

BCPD vs BCPD++ (2軸目の手法)

Data	#points	BCPD	BCPD++
Downsampling	Armadillo	116,269	0.018
	Dragon	437,645	0.042
	Asian Dragon	1,000,000	0.067
Lasy	14,027,872	0.856	
	Armadillo	116,269	40.7
	Dragon	437,645	378.4
Registration	Asian Dragon	1,000,000	3824
	Lasy	14,027,872	43.6
	Armadillo	116,269	1.82
Interpolation	Dragon	437,645	3.34
	Asian Dragon	1,000,000	5.60
	Lasy	14,027,872	63.6
Total time	Armadillo	116,269	46.8
	Dragon	437,645	379.3
	Asian Dragon	1,000,000	3828
Accuracy	Armadillo	116,269	0.941
	Dragon	437,645	0.942
	Asian Dragon	1,000,000	0.941
Lasy	14,027,872	0.942	

Computing time (t) and registration accuracy (acc) were calculated by averaging the results of 10 trials. Total time includes I/O, downsampling, registration, and interpolation time. For Lasy, BCPD did not converge within 24 hours.

16

形状位置合わせへの貢献

- A Bayesian formulation of coherent point drift, IEEE TPAMI, 2021
- Acceleration of non-rigid point set registration with downsampling and Gaussian process regression, IEEE TPAMI, 2021
- Geodesic-based Bayesian coherent point drift, IEEE TPAMI, 2023

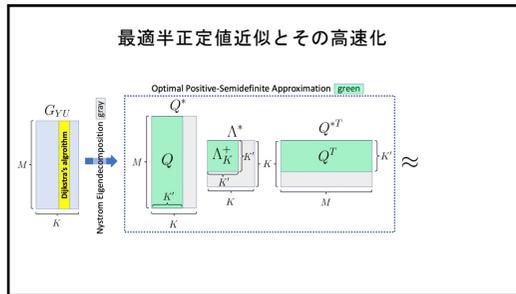
測地線距離による  
位置合わせ精度の改善

17

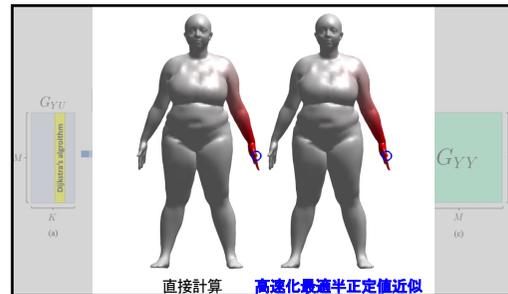
最適半正定値近似とその高速化

$$G_{YY} \begin{matrix} M \\ M \end{matrix} \quad g_{ij} = \exp \left\{ -\frac{\mathcal{D}^{(\text{geo})}[y_i, y_j]}{2\beta^2} \right\}$$

18



19



20

### ソフトウェア



- 無償配布: 実験の再現性のため
- 可搬性を重視: C言語による実装
  - Windows, Linux, macOSの主要OSで動作
  - 大型計算機で動作
- GitHub ☆285個

<https://github.com/ohirose/bcpd>

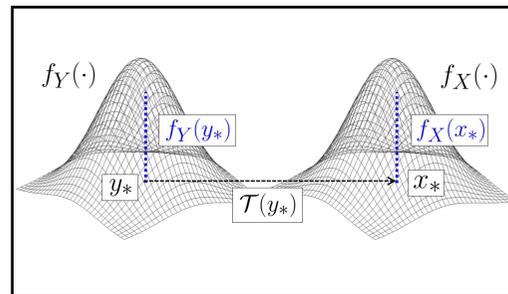
21

### 内容

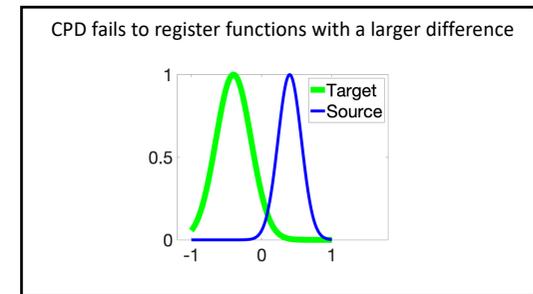
1. 形状位置合わせとその応用
2. 自身の貢献: 形状位置合わせ
3. 現在の研究: 関数位置合わせ

2022年度ローマ・ラ・サピエンツァ大学  
滞在時の共同研究によるもの

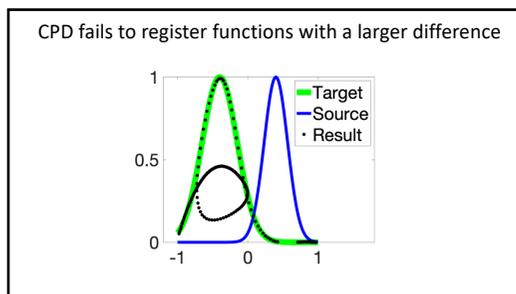
22



23



24



25