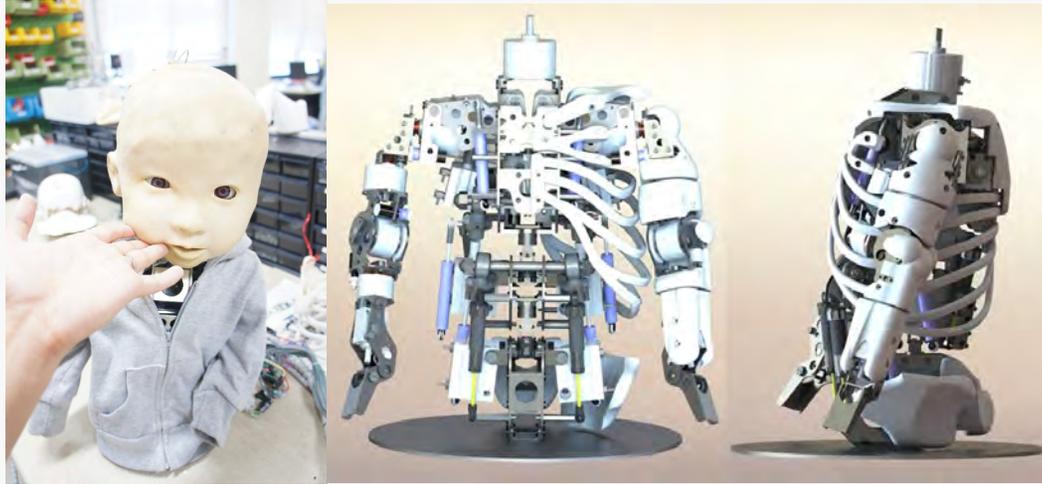


2018-1-18関西大学先端科学技術シンポジウム



# 人工知能の器としての 子供アンドロイドロボット

石原 尚

大阪大学大学院 工学研究科 テニユアトラック助教 (浅田稔教授研究室)

JSTさきがけ研究員



# 人工知能の性能は集められるデータに依存する

状況を説明させたい写真



写真と説明文の膨大な対応データ(ラベル付きの写真)



⇔ 女の子が雪の中で立っている



⇔ 女の子がヤギに餌をあげている



⇔ ヤギが草むらにいる

学習器を搭載したコンピュータ

膨大なデータを与え  
学習させる

人工知能が生成した説明文

「ヤギが雪の中で立っている」

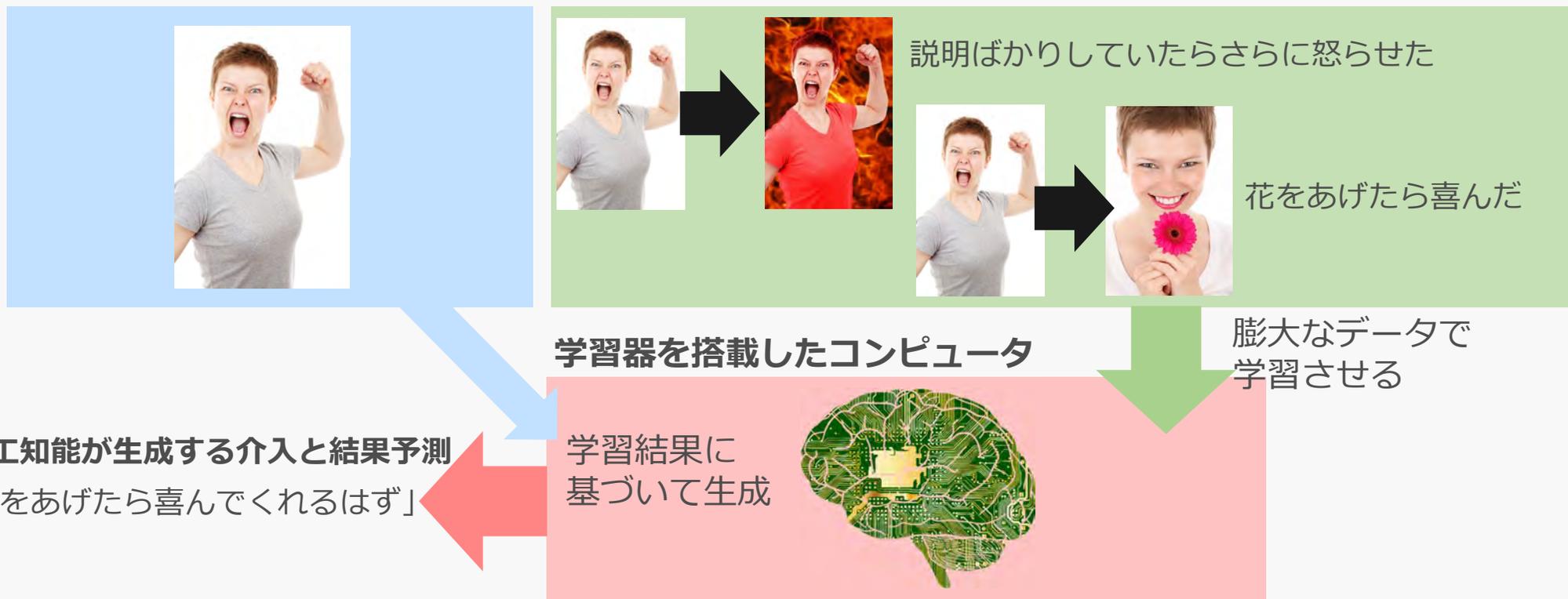
学習結果に  
基づいて生成



# 人に深く介入するAIには、データ収集のために 人と深く触れ合う経験が膨大に必要

状況を変えたい場面

状況と、介入方法・結果の膨大な対応データ（やりとりの経験）



新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出 代表：黒橋禎夫教授

## 「触れ合いデータを収集する子供アンドロイド高機能化」

触れ合う中で人に沢山の反応をもらい，刺激と反応の膨大なデータを集める  
収集装置として子供型アンドロイドロボットをつくる

「触れ合える」子供型アンドロイド「Affetto」



人からの**反応**  
(接触・表情呈示等)

人への**刺激**  
(接触・表情呈示等)

**刺激と反応のデータが膨大に揃えば…**

触れ合いで起きていることを  
研究できるようになる

うまく触れ合うための認識や振舞を  
ロボットが学習できるようになる

# 他者とつながるためのロボットの「体」

体は、頭脳と他者をつなぐ入出インターフェイス。つまり、何を感じ、何を呈示できるのかを決める部分。

ロボットの頭脳  
=人工知能  
→人に直接見えない



ロボットの体  
=インターフェイス



人  
→刺激を与えて何が呈示されるか  
から相手への接し方を判断



交わされるやりとりの  
可能性を決めてしまう

# 人と親密にかかわるための最適な体とは？

わかっていない…だから

ロボットの身体  
の理想像？



できるだけ  
豊かに作りこむ



体の構成を削ったり変えたりしながら  
どれがいいかを調べる



## 人の子どもの体

頭脳が幼くても、大人からの積極的な触れ合いを引き出せる

**こころをくすぐる豊かな表現力**と**敏感な反応性**が触れ合いの循環を生んでいる？



<https://iko-yo.net/articles/1363>

## 高い表現力と反応性を有し、かつ人が触れ合いやすい子どもアンドロイドロボット「Affetto」

**機構開発と制御**  
多様な働きかけができる  
ロボット身体開発と洗練

### ロボットによる働きかけ（開発目標）

|                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <b>人への心地よい接触</b><br>柔らかい動きで安全に触れる | <b>多様なジェスチャ</b><br>多くの関節で姿勢生成    |
| <b>豊かな表情呈示</b><br>人のような表情をつくる     | <b>接触に対する敏感反応</b><br>触れられたら即座に反応 |

### 最適化学習

人の反応を変容させるための  
最適行動を学習

### 人の行動変容（仮説）

|   |
|---|
| <b>無意識の反応（敏感化）</b><br>普段抑制されている反応ができる   |
| <b>大げさな反応（顕著化）</b><br>普段以上に反応を目立たせる     |
| <b>分かりやすい反応（分節化）</b><br>反応の区切れや変化を大きくする |



### ロボットの主観センサ（開発目標）

|                                       |                                 |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| <b>身体状態センサ</b><br>関節位置、関節が生成している力     | <b>頭部マイクロフォン</b><br>人の声を計測.     |
| <b>動作可能な両眼カメラ</b><br>人の表情変化や視線の向きを追う. | <b>全身触覚センサ</b><br>触られた位置、強さを計測. |

**センサ開発と計測分析**  
センサシステムの開発と  
人行動の計測・分析

# 開発と分析に関わる7つのテーマを並行して実施

## 人の計測分析

### 顔の変形を詳細に分析する

柔らかい皮膚の変形を高解像度で計測して特徴を明らかにする分析を行う

### 触感で変わる印象を分析する

ロボットの触り心地によって人に与える印象がどう変わるかを調べ、設計に生かす

### 話しかけられ方を分析する

ロボットに向けられる発話の無意識的な変化を分析してその要因を探る



## 身体・センサ開発

### 顔の表現力を評価し高める

柔らかい皮膚の変形によって表情をつくる顔の機構や皮膚の開発・評価を行う

### 柔らかい骨格を小型化する

しなやかに動かすために空気圧で動作する関節機構をコンパクトに組み合わせる

### 柔らかい肉厚皮膚に触覚を与える

肉厚でありながら高感度の触覚を有するロボット皮膚の開発を行う

### 柔らかい身体の操り方を学ばせる

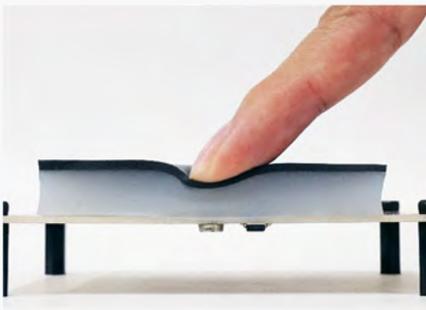
機械学習の手法によって、扱いの難しい柔らかい身体の制御性能の向上を図る

子供型アンドロイドロボットAffettoに関して進行中の研究テーマ

①筋骨格開発



②触覚センサ開発



“Affetto”



③表情分析・設計



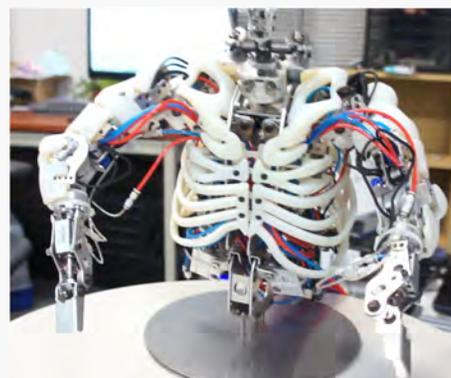
④接触で伝わる印象の評価

# 機敏に幅広く動き，しなやかに反応する

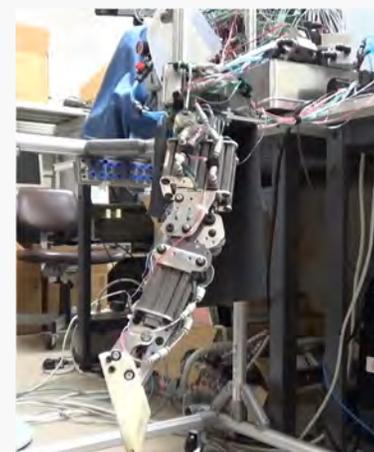
多数の関節で多くの姿勢や動きが呈示できる=表現力  
人が触れると即座にしなやかに姿勢が変化=反応性



可動範囲の広い19自由度関節による大きな動き  
[Ishihara and Asada. Advanced Robotics, 2015]



空気圧駆動のため，  
外力をしなやかに受け流す

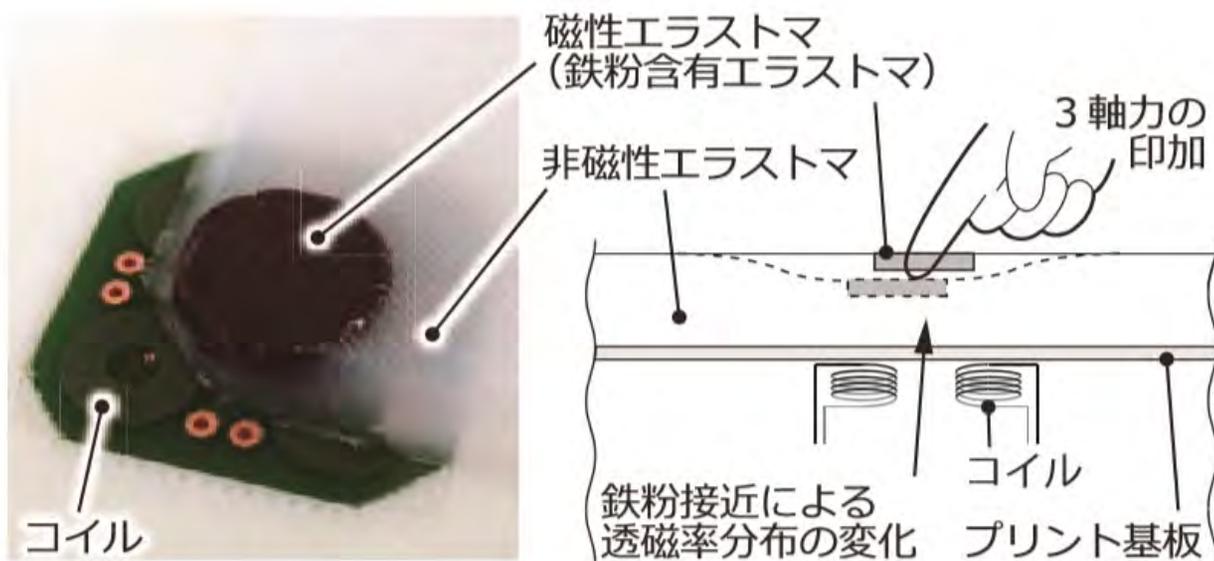


片脚5自由度の脚部も  
大きく，柔らかく動く

# 敏感かつ肉厚で感触のよい柔軟触覚センサ

柔らかい肉厚部に混合した鉄粉の動きを底面の複数のコイルで測る

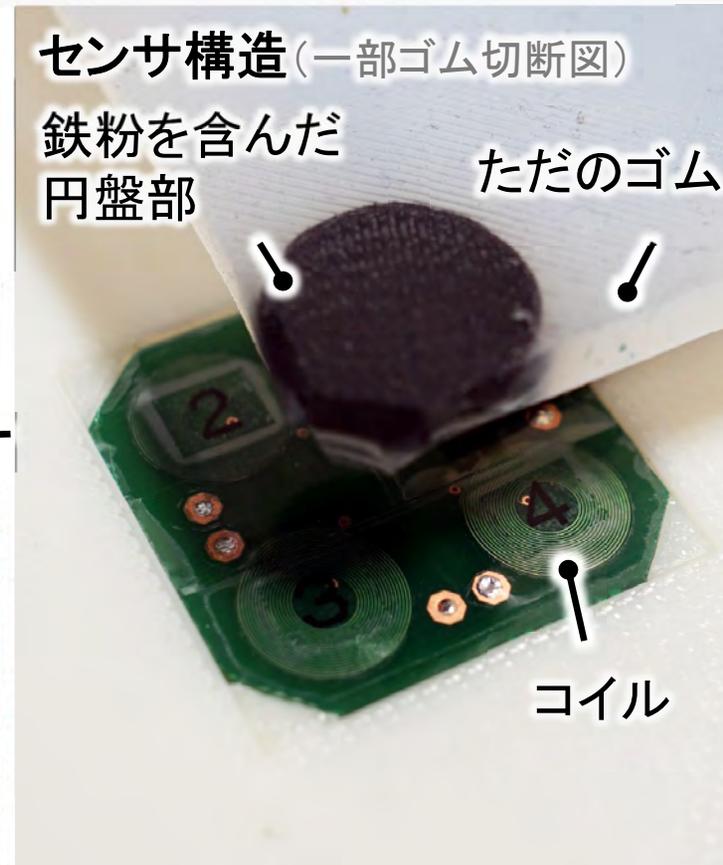
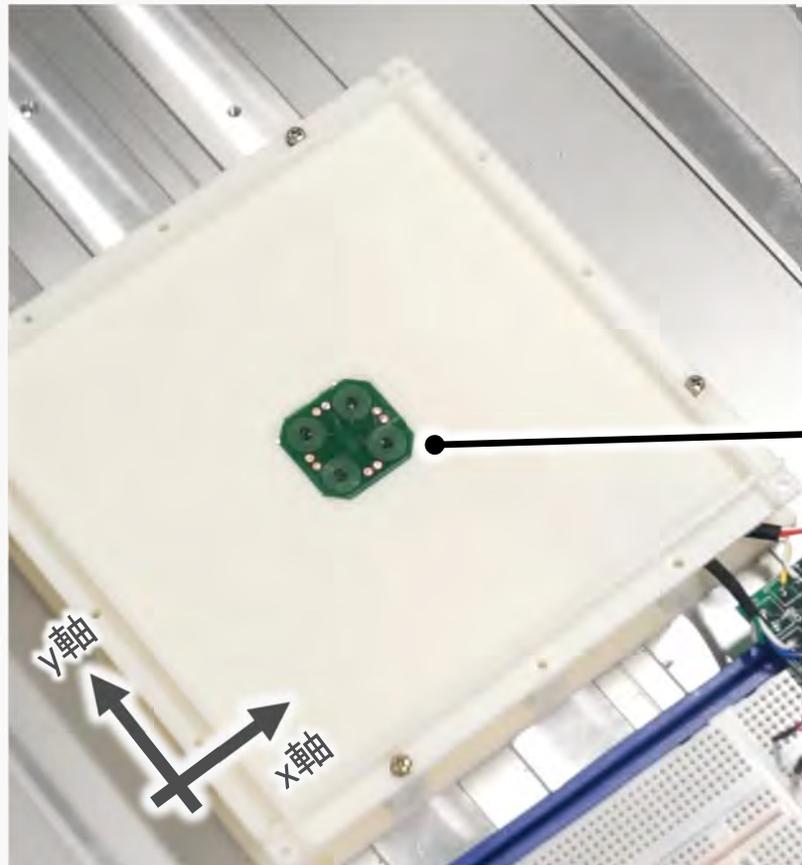
[川節, 堀井, 石原, 浅田. 日本ロボット学会学術講演会. 2017]



柔らかい皮膚部分に配線も電子部品もないため,

- ・ 大変形でも壊れない
- ・ 接触安全性が高い
- ・ 被覆交換が容易

## ②皮膚触覚について：触覚センサの動作の様子



### ③皮膚変形による表情

機構むき出しよりはよいものの、  
人の表現とはやはりどこか違う

人とアンドロイドの顔の皮膚の変形を詳細に計測・分析  
人らしい表情とはどんな変形なのかを明らかにしたい

変形計測用マーカ



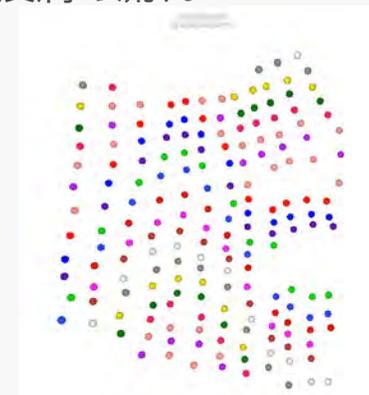
Affetto顔Ver.1



開発中のAffetto顔Ver. 2 (A-Labと共同開発)



口角引き上げ時の  
皮膚の流れ



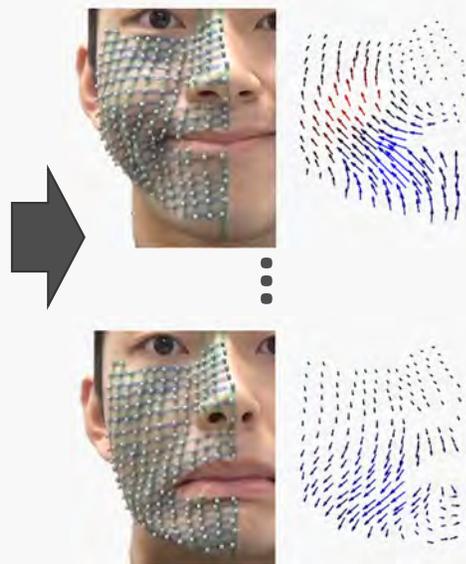
# 1 6種の顔変形の三次元流れ分布を計測

[Ota, Ishihara, Asada. Bioinspiration&Biomimetics. 2017]

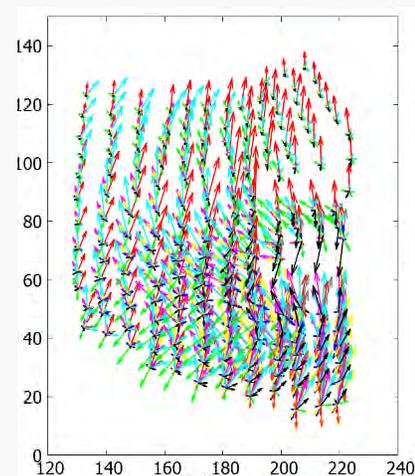
195点の光学式  
マーカを皮膚に貼付



顔の変形パターン毎に変形を  
流れ分布として計測



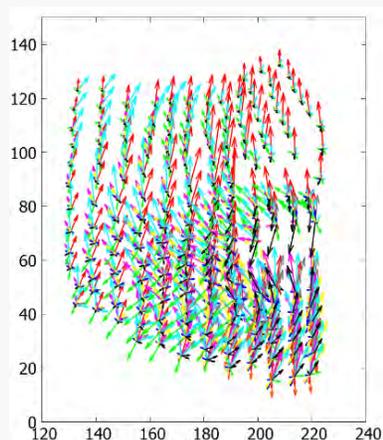
16パタンの変形に伴う  
流れ分布の重ね合わせ表示



一見、皮膚はさまざまな方向に動いている  
ように見え、ロボットでの再現は困難に思える

# 分析すると各点の主要流れ方向とその情報保持率が判明

16パタンの変形に伴う  
流れ分布の重ね合わせ

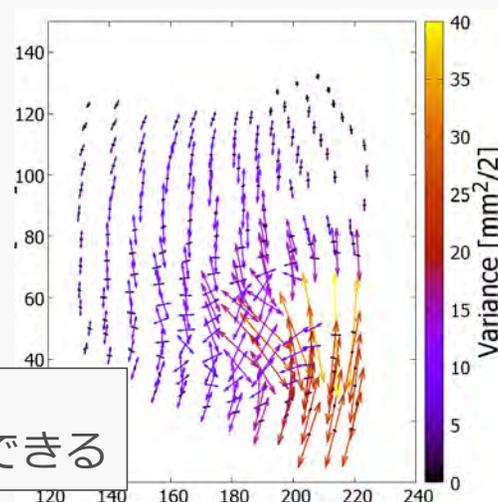


各点に対して  
主成分分析



この方向の動きで  
77%の動きが説明できる

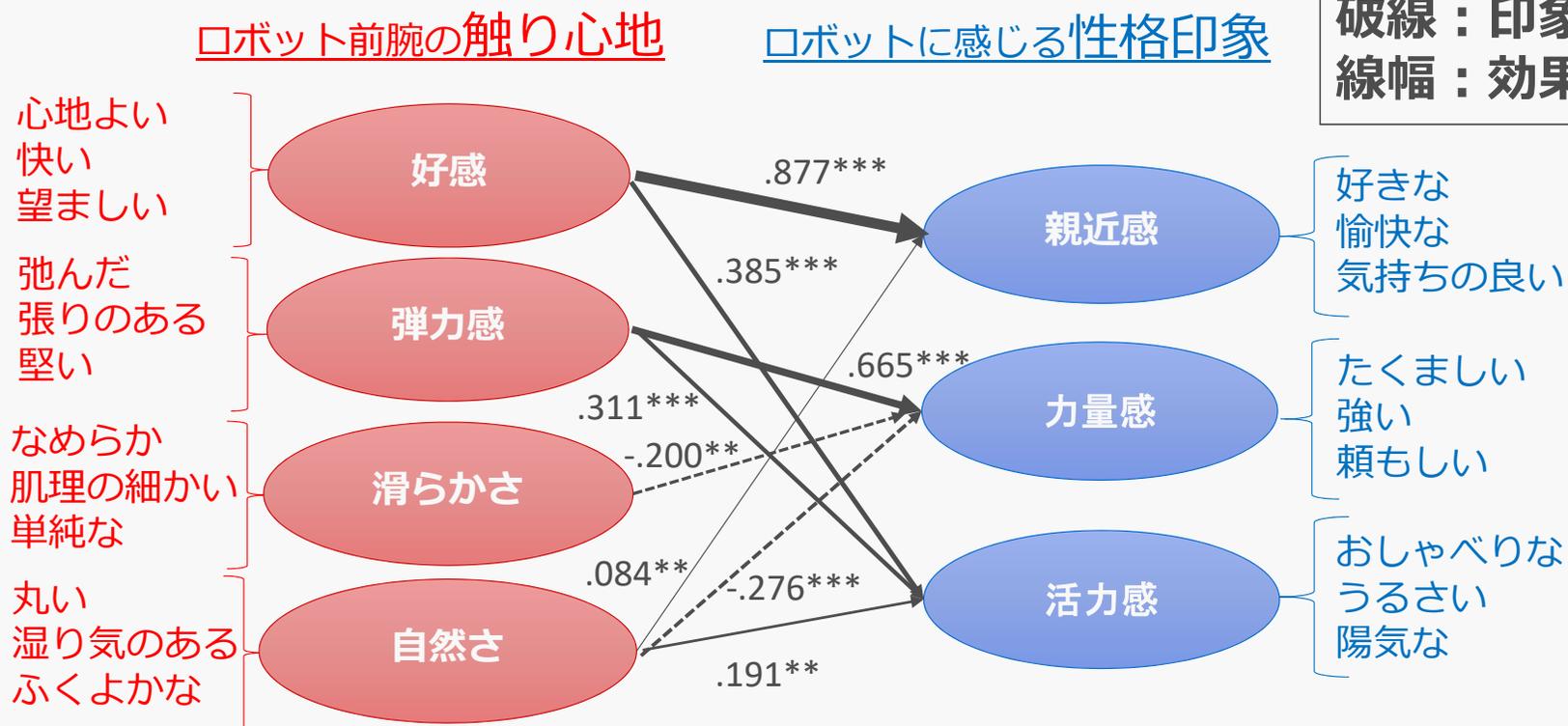
各点の第一主成分の分布



この流れに沿って皮膚が動くように作るのが、最も効率的  
ロボット設計の指針が人の計測分析から得られた

## ④接触が伝える印象

見た目でも声でも印象が伝わる  
触り心地でも印象が伝わる



人は、触るだけで相手の性格を推し量っている=接触の重要性

人とロボットの間での触れ合いが豊かに交わされるように、  
「子供型の体」というインターフェイスの表現力と反応性を高めている  
触覚や表情の機能が高まれば、その感度や呈示設定を変えて、触れ合い  
に与える影響を調べる研究も可能になる

将来的には、触れ合いデータを収集する装置として活用する



人の反応や関わり、関係性をどのように変えるのか？

例えば、  
触覚の過敏や鈍麻、  
表情の乏しさや豊かさの  
違いは、