

# 人の生活を支援するロボット技術

---

電気通信大学

情報理工学研究科 知能機械工学専攻

橋本 卓弥

# これまでの研究

## 人の生活を支援するロボット技術

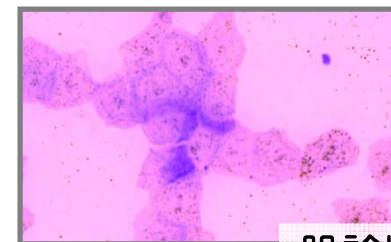


アンドロイド・ロボット

人と関わる



レール軌道計測



肌診断



アクティブ歩行器



マッスルスーツ

人を助ける

# 人と関わる ロボット

- 人—ロボットの **円滑なコミュニケーション** の実現
  - ➔ 自然な **意図・感情** の表出
- 感情の表出で重要な **顔表情** に着目
  - ➔ **人間のような** 豊かな **表情** の表出
- 工学的チャンレンジ
  - ➔ どこまで **人間に近づける** か！？
  - ➔ 自然な見た目・身体動作の実現



SAYA

# 人一人 コミュニケーション

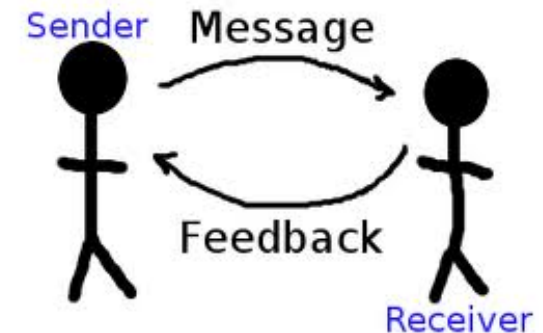
## ■ 言語 (Verbal) コミュニケーション (VC)

ことばによる情報伝達

発話

手話

文字



## ■ 非言語 (Non-verbal) コミュニケーション (NVC)

ことば以外による情報伝達

身振り

姿勢

表情

視線

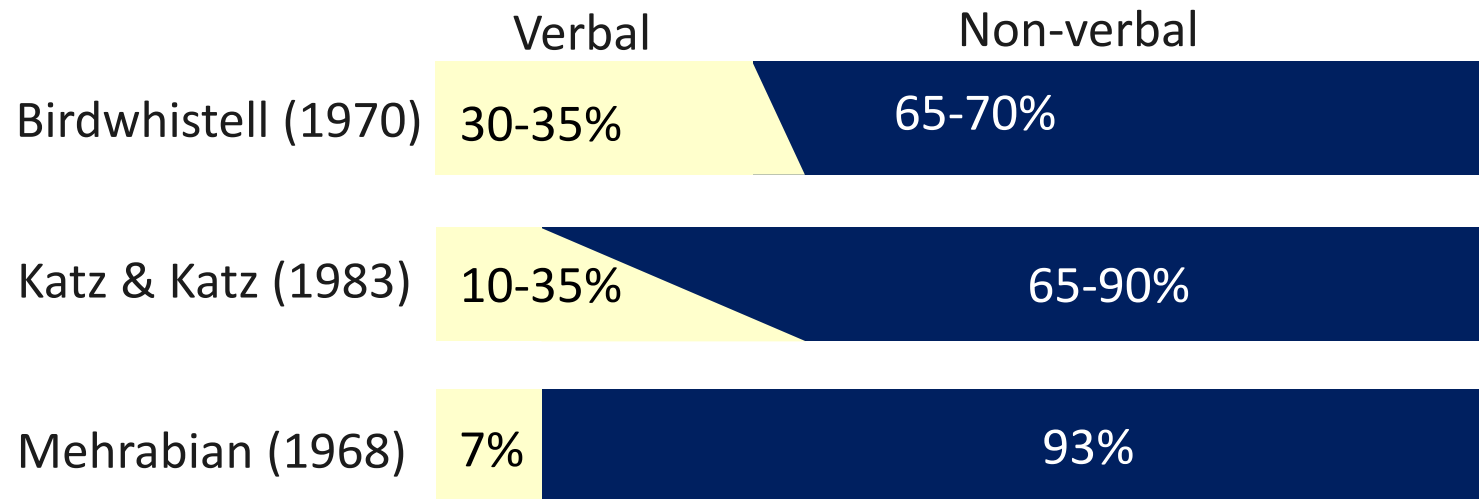
服装

髪型

声のトーン

声質

# 言語 (Verbal) と非言語 (Non-verbal)



メッセージの全体の印象

= 7% (言語内容) + 38% (音声)

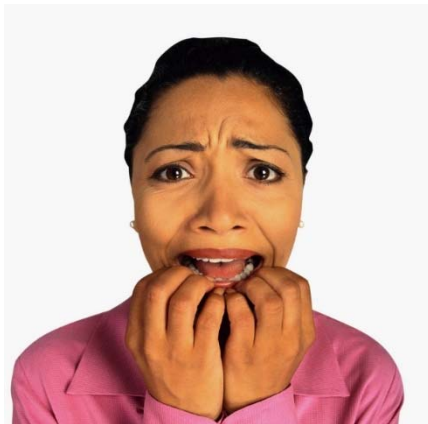
+ **55%** (見た目・**表情**・仕草・視線等)

A. Mehrabian, "Communication without words", Psychology Today, Vol. 2, No. 9, pp. 52-55 (1968)

# 表情の役割と普遍性

## ■ 表情の役割

- 性別や年齢などの生物学的属性
- 社会的属性
- 口の動きによる発話情報
- **感情**・意図・関心等の心理的状态



# 表情の役割と普遍性

## ■ 表情の普遍性

- 人は生れながらにして表情を備えており、進化の過程で獲得された行動様式 (C. Darwin, 1872)
- 6基本表情は、文化に依らず認識・表出される (P. Ekman & W. V. Friesen, 1971)

怒り (Anger)  
嫌悪 (Disgust)  
恐れ (Fear)  
喜び (Happiness)  
悲しみ (Sadness)  
驚き (Surprise)



Ekman & W. V. Friesen, "Constants across cultures in the face and emotion", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 17, No. 2, pp. 124-129 (1971)

<http://www.omron.co.jp/ecb/products/mobile/okao07.html>



# 顔ロボットの開発



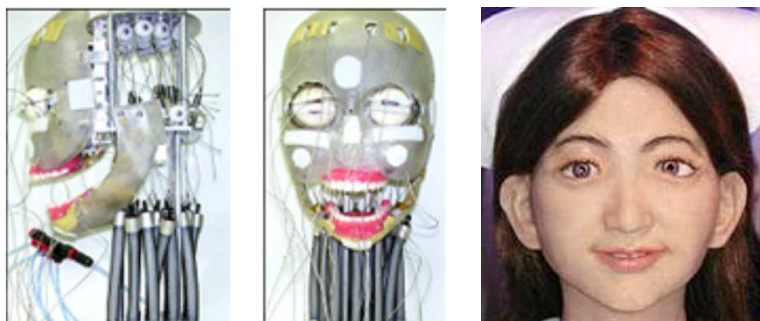
Born in 1993

- エア・シリンダを使用
- 人間の約1.5倍の大きさ
- 重い (15kg)



Born in 1998

- SMA (形状記憶合金) を使用
- 小型化 (人とほぼ同じ大きさ)
- 軽量化 (2.0kg)
- 耐久性と力不足



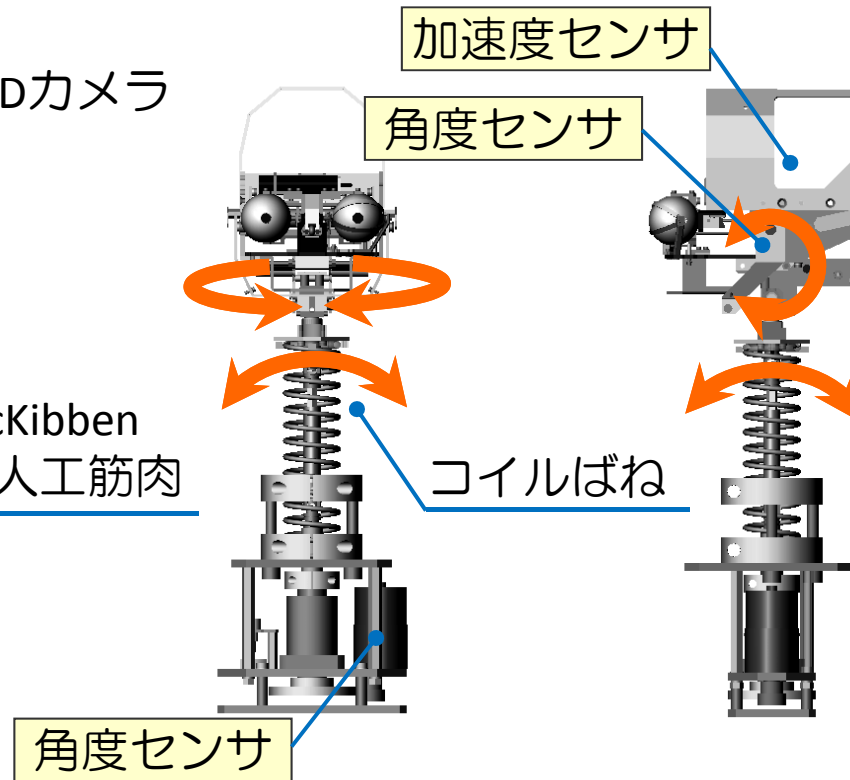
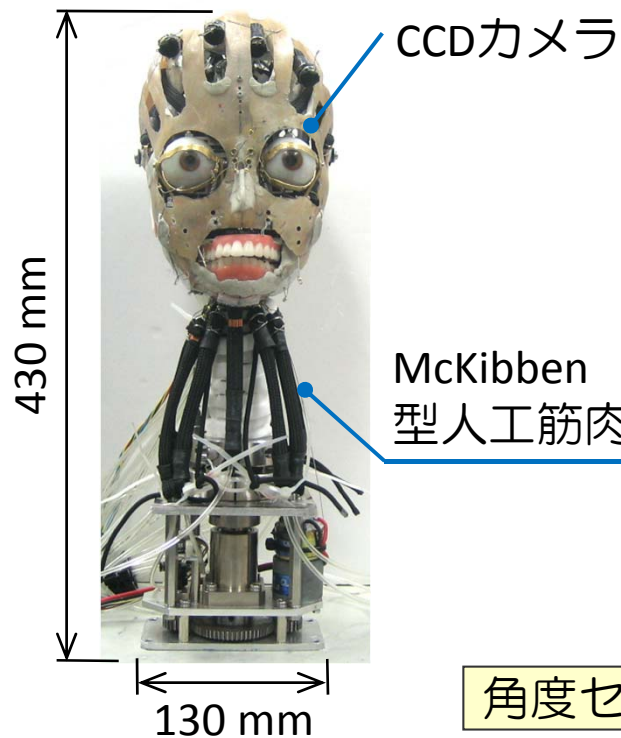
Born in 2001

- McKibben型人工筋肉を使用
- 小型・軽量化

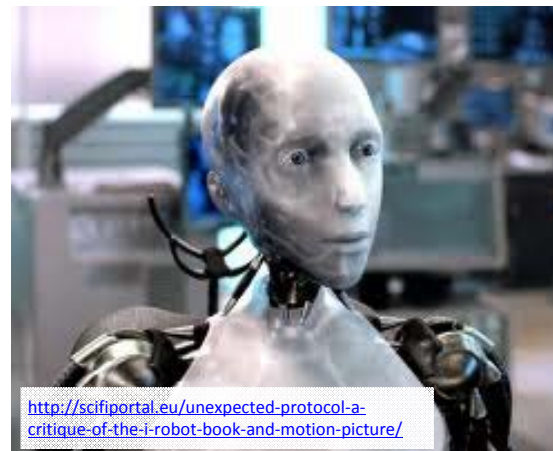
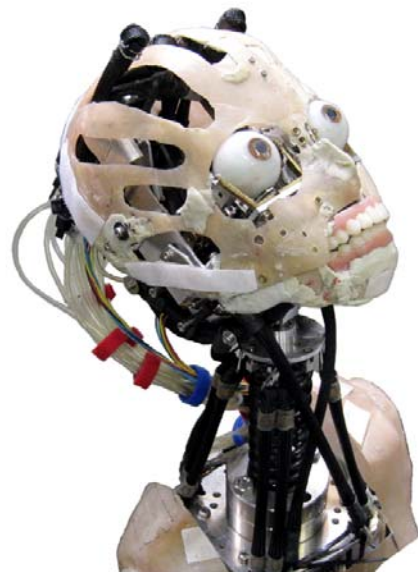


# 顔ロボットの開発

顔面	19 DOF
頭部・首	4 DOF
眼球	2 DOF



# 顔ロボットの開発



## 映画『I, Robot』のモデル

# 表情の表出メカニズム

## Facial Action Coding System (FACS) by P. Ekman



表情筋  
(20~30種)

AU	Appearance changes	AU	Appearance changes
<b>AU1</b>	<b>Inner Brow Raiser</b>	AU24	Lip Presser
<b>AU2</b>	<b>Outer Brow Raiser</b>	<b>AU25</b>	<b>Lips Part</b>
<b>AU4</b>	<b>Brow Lowerer</b>	<b>AU26</b>	<b>Jaw Drop</b>
<b>AU5</b>	<b>Upper Lid Raiser</b>	AU27	Mouth Stretch
<b>AU6</b>	<b>Cheek Raiser</b>	AU28	Lips Suck
<b>AU7</b>	<b>Lid Tightener</b>	AU29	Jaw Thrust
AU8	Lips Toward Each Other	AU30	Jaw Sideways
<b>AU9</b>	<b>Nose Wrinkler</b>	AU31	Jaw Clencher
<b>AU10</b>	<b>Upper Lip Raiser</b>	AU32	Bite
AU11	Nasolabial Furrow	AU33	Blow
<b>AU12</b>	<b>Lip Corner Puller</b>	AU34	Puff
AU13	Sharp Lip Puller	AU35	Suck
AU14	Dimpler	AU36	Bulge
<b>AU15</b>	<b>Lip Corner Depressor</b>	AU37	Lip Wipe
AU16	Lower Lip Depressor	AU38	Nostril Dilator
<b>AU17</b>	<b>Chin Raiser</b>	AU39	Nostril Compressor
AU18	Lip Pucker	AU41	Lid Drop
AU19	Tongue Show	AU42	Slit-Optional
<b>AU20</b>	<b>Lip Stretcher</b>	AU43	Eyes Close-Optional
AU21	Neck Tightener	AU44	Squint
AU22	Lip Funneler	AU45	Blink-Optional
AU23	Lip Tightener	AU46	Wink-Optional

### 6基本表情

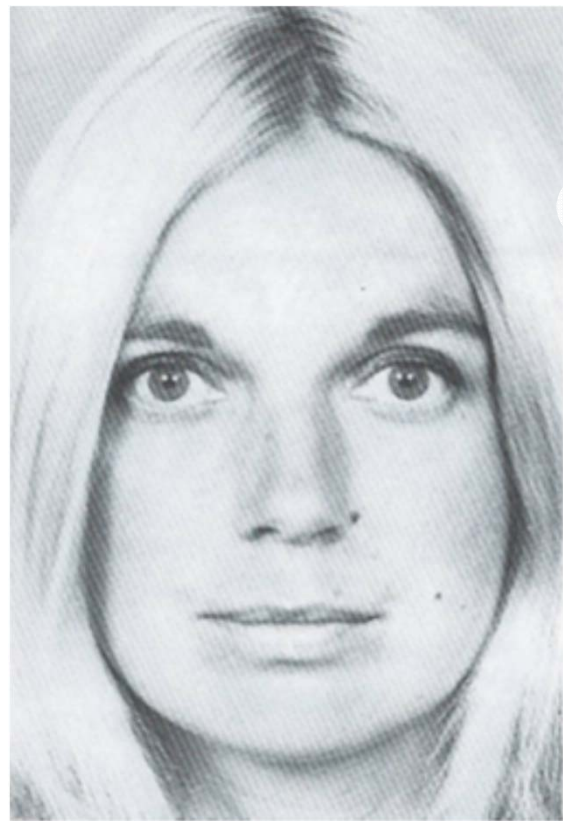
表情	AUの組合せ
驚き	AU1 + AU2 + AU5 + AU26
恐怖	AU1 + AU2 + AU4 + AU5 + AU7 + AU20 + AU25, AU26
嫌悪	AU4 + AU9 + AU17
怒り	AU4 + AU5 + AU7 + AU10 + AU25, AU26
幸福	AU6 + AU12 (+ AU26)
悲しみ	AU1 + AU4 + AU15

14 AUs

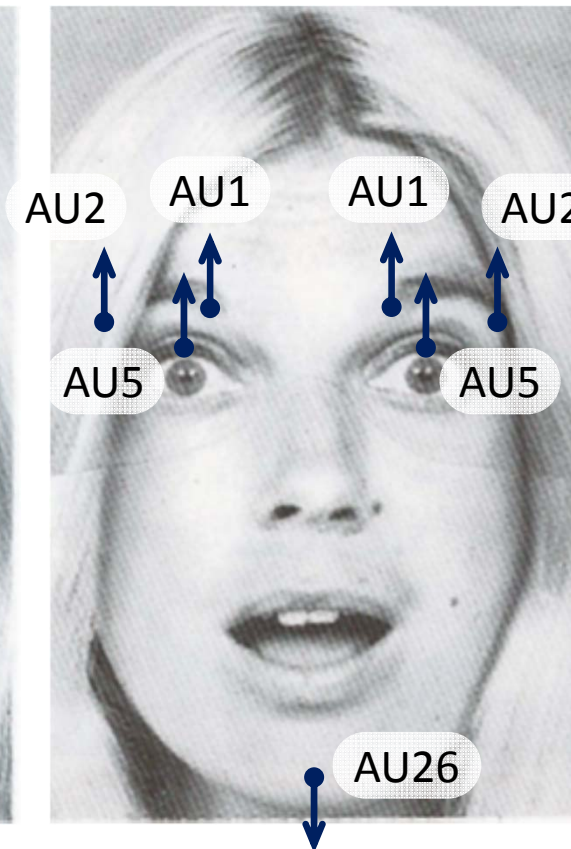
44 Action Unites (AUs)

# 表情の表出メカニズム

## Facial Action Coding System (FACS) by P. Ekman



無表情



驚き

AU1: Inner Brow Raiser  
(内眉が上がる)

AU2: Outer Brow Raiser  
(外眉が上がる)

AU5: Upper Lid Raiser  
(上瞼が上がる)

AU26: Jaw Drop  
(顎が下がる)



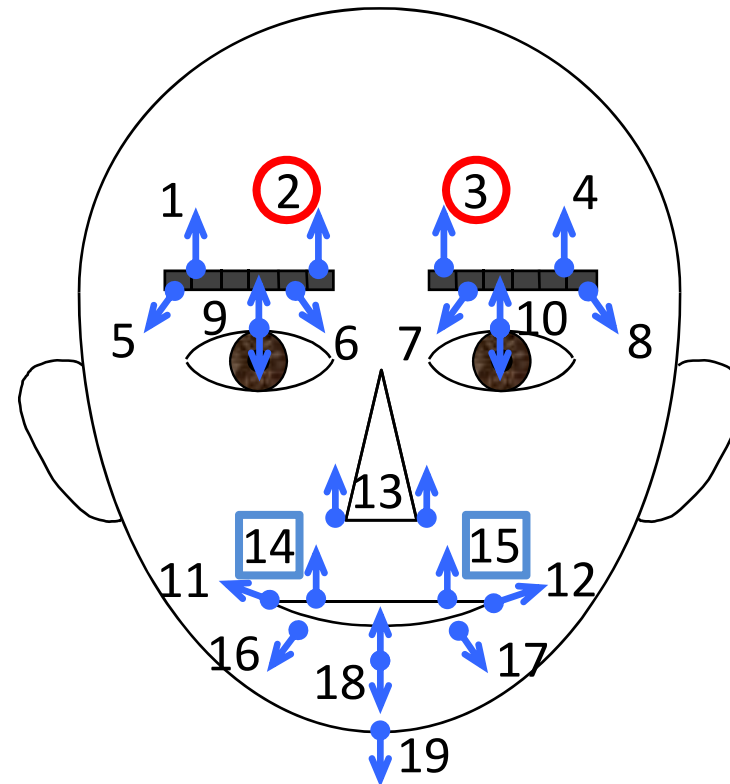
# 表情の表出メカニズム

## 制御点 (Control Point) の選定

AU No.	Control Point	
	Right	Left
AU1	2	3
AU2	1	4
AU4	5, 6	7, 8
AU5	9	10
AU6	11	12
AU7	9	10
AU9	13	
AU10	14, 15	
AU12	11	12
AU15	16	17
AU17	18	
AU20	11, 16	12, 17
AU25	18	
AU26	19	

AU1: Inner brow raiser ○

AU10: Upper lip raiser □



Control Points (CPs)

# 6基本表情の表出



驚き (Surprise)



恐怖 (Fear)



嫌悪 (Disgust)



怒り (Anger)



幸福 (Happiness)



悲しみ (Sadness)

# 表情の認識率

## ■ 表情の認識実験

- 20代の学生40人
- 20人には静止画で提示し、別の20人には動画を提示

### 静止画を使用

		認識した表情 (%)					
		驚き	恐怖	嫌悪	怒り	幸福	悲しみ
提示した表情	驚き	100	0	0	0	0	0
	恐怖	0	93	0	0	0	7
	嫌悪	0	0	86	14	0	0
	怒り	0	0	14	86	0	0
	幸福	0	0	0	0	100	0
	悲しみ	0	7	0	0	0	93

平均: 92.9%

### 動画を使用

		認識した表情 (%)					
		驚き	恐怖	嫌悪	怒り	幸福	悲しみ
提示した表情	驚き	100	0	0	0	0	0
	恐怖	0	100	0	0	0	0
	嫌悪	0	0	92	8	0	0
	怒り	0	0	8	92	0	0
	幸福	0	0	0	0	100	0
	悲しみ	0	0	0	0	0	100

平均: 97.4%



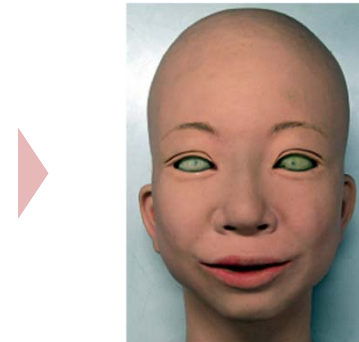
# 実在の人間をモデルとした顔ロボット

## ■ 実在感の演出

- 実在する人物の顔型を取って皮膚（ライフマスク）を製作



モデル



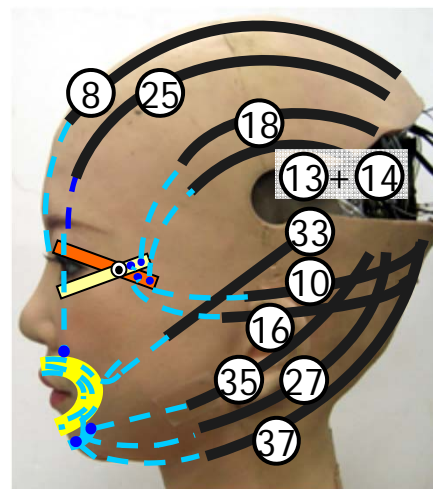
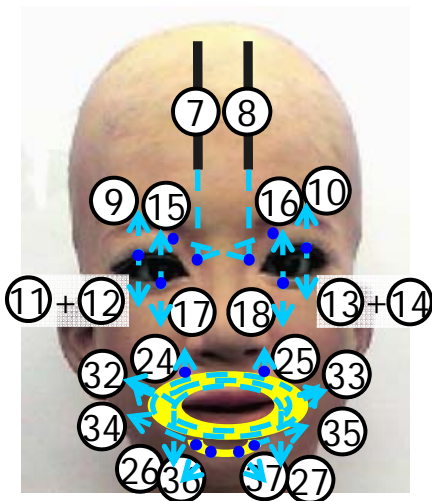
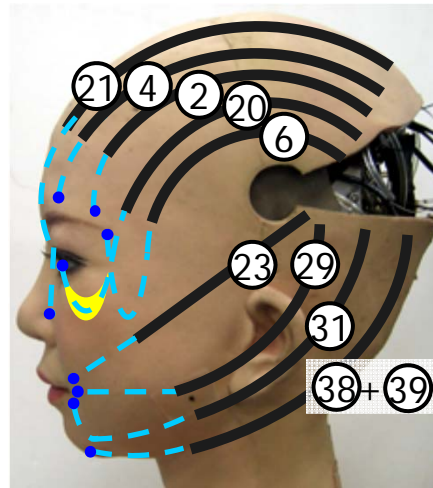
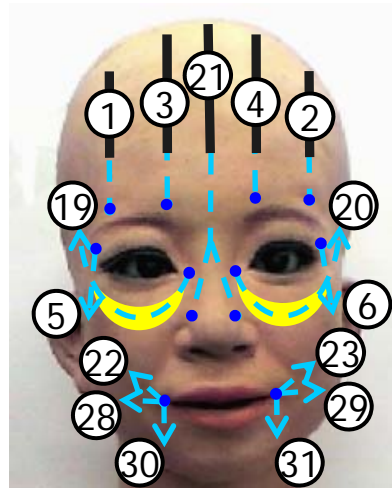
ライフマスク



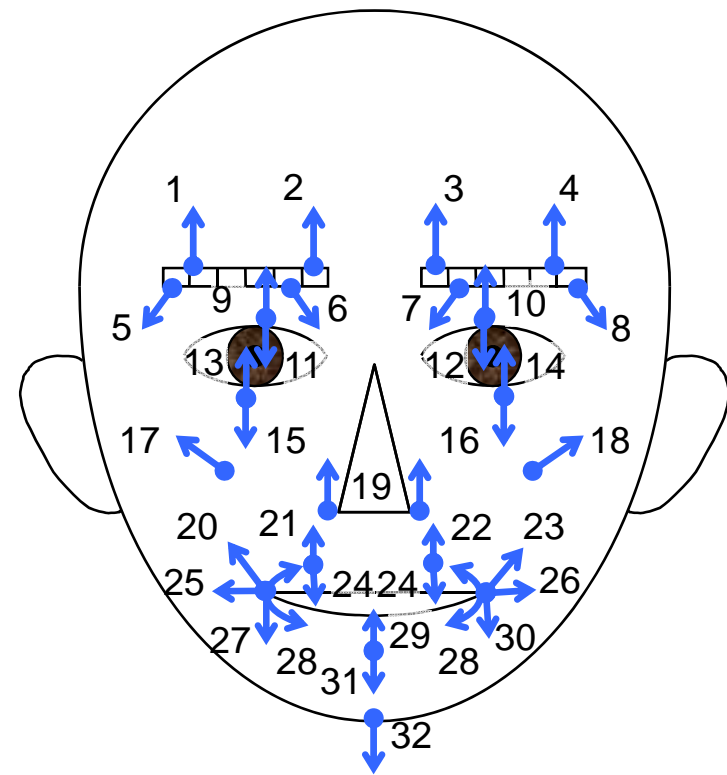
ロボット

# 実在の人間をモデルとした顔ロボット

## ■ アクチュエータと制御点の配置



--- wire    ——— McKibben artificial muscle

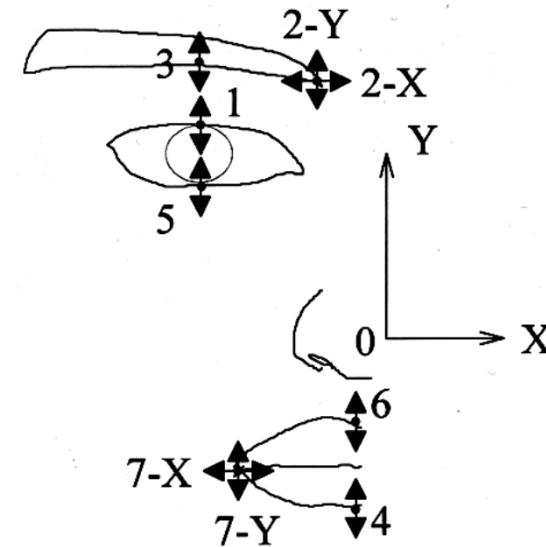
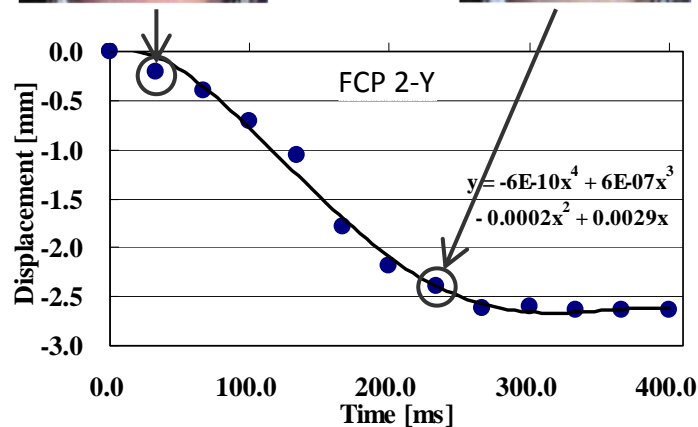
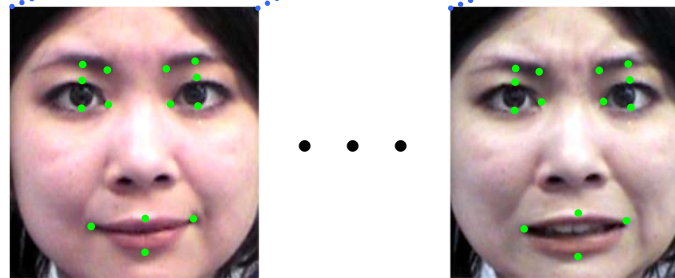
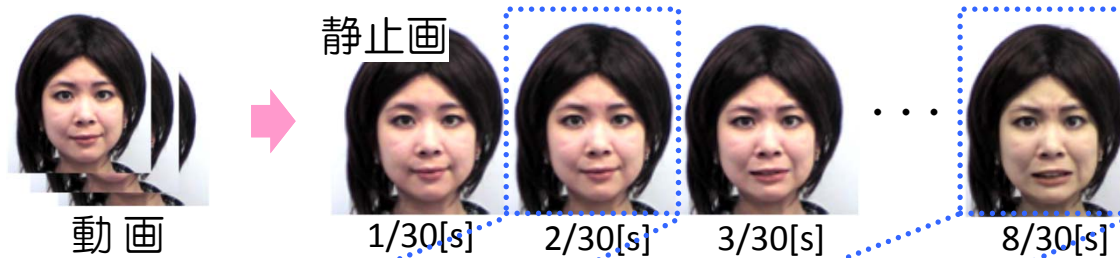


McKibben型人工筋肉：**39本**

制御点：**32ヶ所**

# 実在の人間をモデルとした顔ロボット

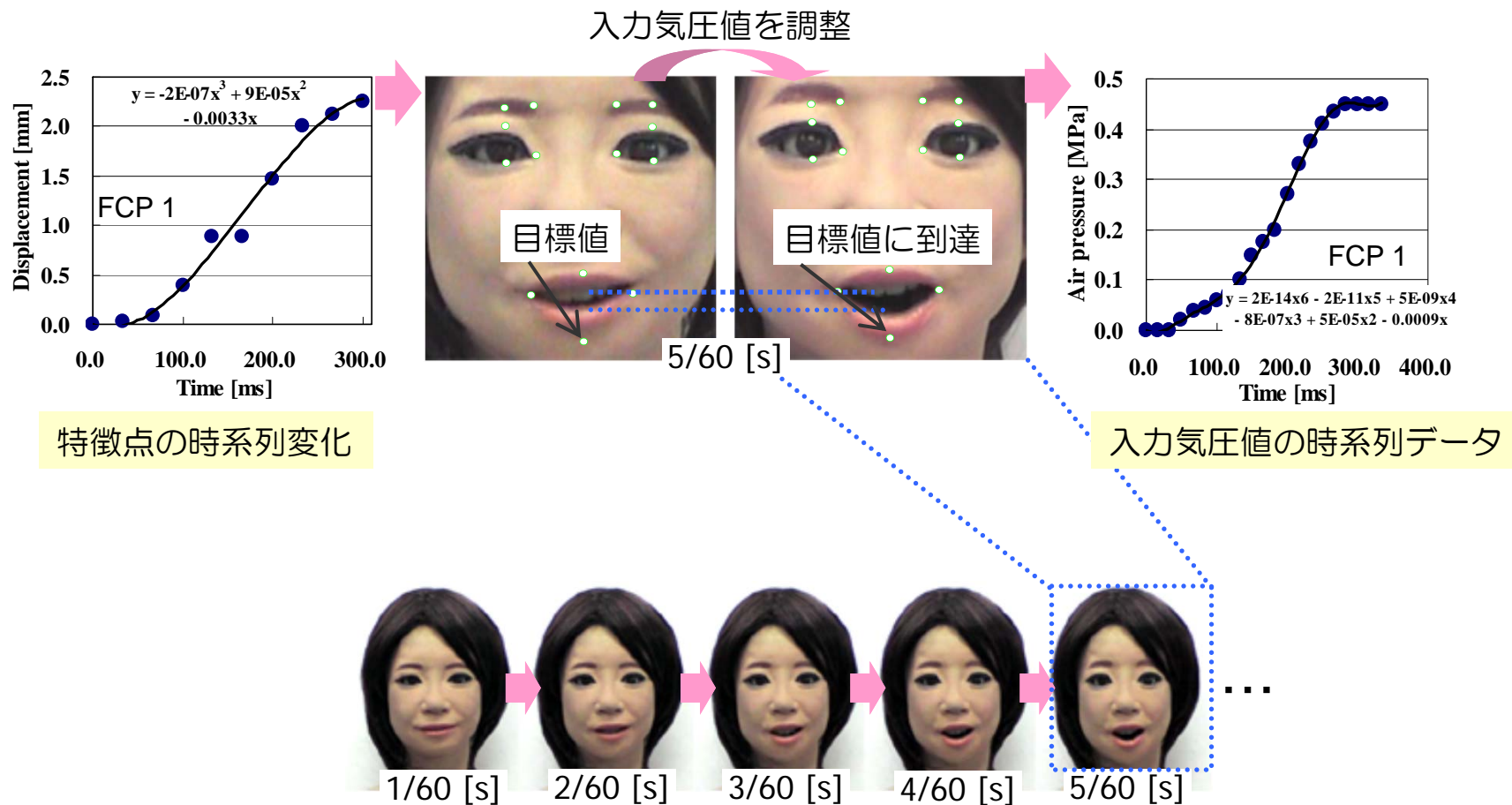
## ■ 表情表出過程の測定



特徴点 (FCP: Facial Characteristic Point)  
[崔他, 1991]

# 実在の人間をモデルとした顔ロボット

## ■ 表情表出過程の再現





# 実在の人間をモデルとした顔ロボット



# 動的表情表出 驚き & 恐怖



顔ロボット



モデル

驚 き



顔ロボット



モデル

恐 怖

# 動的表情表出 嫌悪 & 怒り



顔ロボット



モデル



顔ロボット



モデル

嫌 悪

怒 り



# 動的表情表出 幸福 & 悲しみ



顔ロボット



モデル



顔ロボット

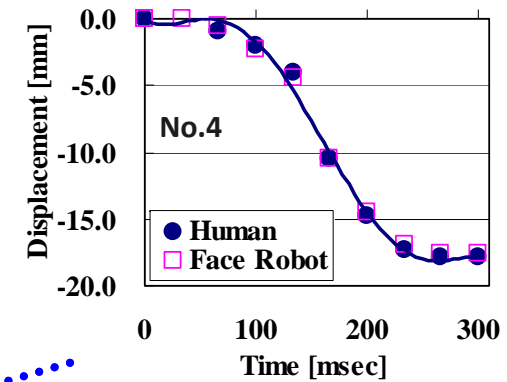
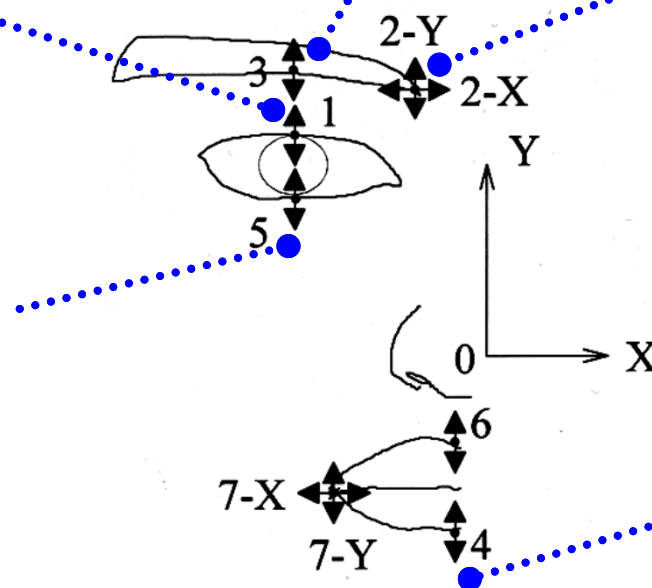
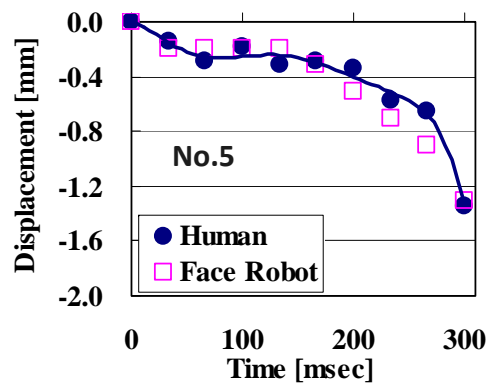
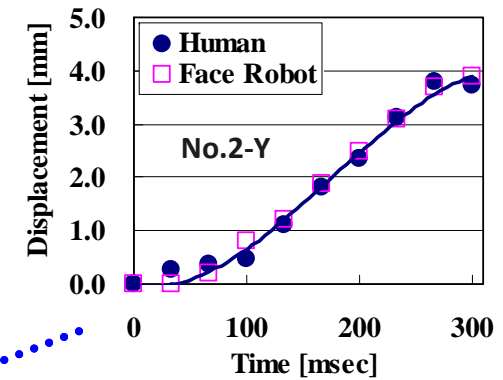
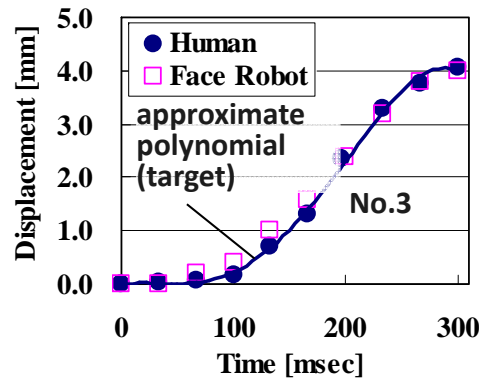
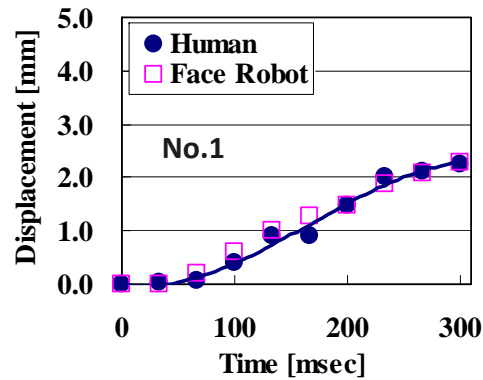


モデル

幸福

悲しみ

# 特徴点の比較 驚き



● : 目標値  
□ : 実現値

# 表情の認識率

## ■ 表情の認識実験

- 20代の学生40人
- 20人にはロボットの表情を，別の20人にはモデルの表情を動画で提示

		認識した表情 (%)					
		驚き	恐怖	嫌悪	怒り	幸福	悲しみ
提示した表情	驚き	<b>96.7</b> (86.7)	3.3 (13.3)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
	恐怖	13.3 (23.3)	<b>63.3</b> (60.0)	0.0 (16.7)	10.0 (0.0)	0.0 (0.0)	13.3 (0.0)
	嫌悪	0.0 (0.0)	3.3 (3.3)	<b>86.7</b> (80.0)	10.0 (3.3)	0.0 (0.0)	3.3 (13.3)
	怒り	3.3 (0.0)	13.3 (3.3)	10.0 (10.0)	<b>70.0</b> (86.7)	3.3 (0.0)	0.0 (0.0)
	幸福	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	3.3 (0.0)	0.0 (0.0)	<b>96.7</b> (100.0)	0.0 (0.0)
	悲しみ	0.0 (0.0)	6.7 (6.7)	20.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	<b>73.3</b> (93.3)

## 認識率の平均

顔ロボット： **81.1%**

モデル： **84.4%**

※ ()内はモデルの場合

# アンドロイド・ロボットの応用

## ■ アンドロイド型受付システム（2004～）



# アンドロイド・ロボットの応用

## ■ 遠隔授業システム（2009,10～）

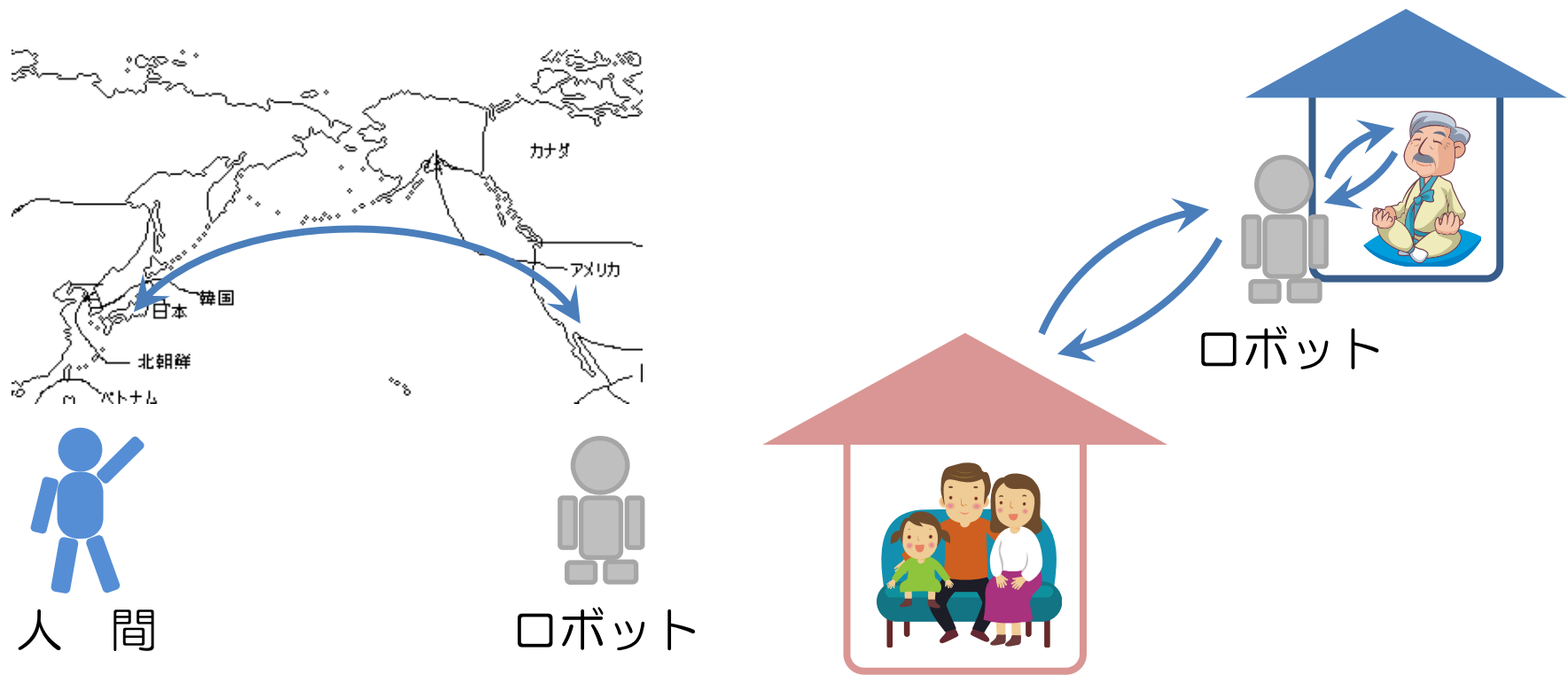




# アンドロイド・ロボットの今後

## ■ テレプレゼンスロボット (Tele-presence Robot)

- ロボットを通じて遠隔地に物理的に働きかけられる
- 海外の友達や離れて暮らす家族（独居老人）との遠隔コミュニケーション



# マッスルスーツ® の開発





# 背景と目的



重量物運搬



移乗作業



溶接作業

## 職業性疾病の発生

- 上肢骨格性障害
- **腰痛**

## 経済的コストの発生

- 労働力損失
- 労災補償費用

# 背景と目的

## 適用

- 健常者の **筋力補助**， **姿勢保持**（開発中）  
（職業性疾病として“腰痛”が社会的問題）
- 要介護者，身体障害者の **動作補助**
- リハビリ装置

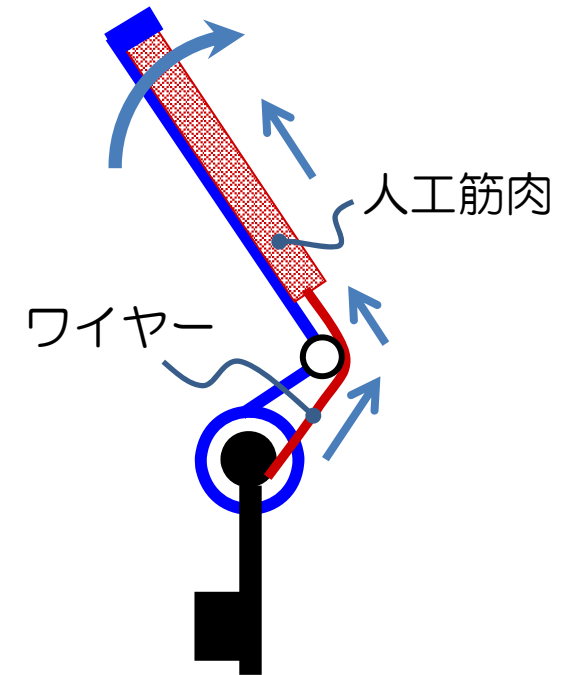
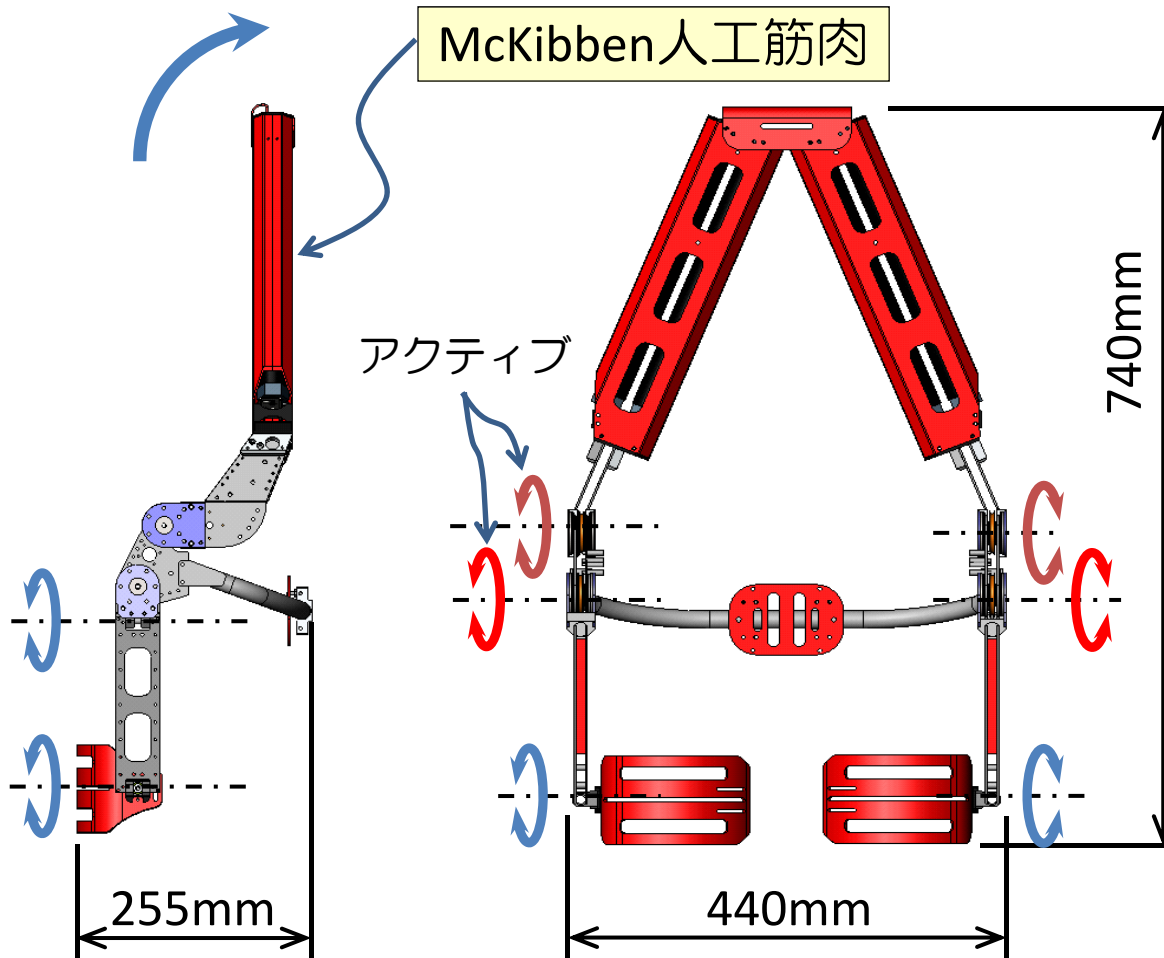


## 特徴

- **軽量** で **低コスト** な動作補助ウェア
- 着用により，原理的にはあらゆる動作が可能
- 水中でも動作可能：入浴，排泄介護が可能
- **最終目標**：要介護者の自立を支援

# 腰補助用マッスルスーツ®

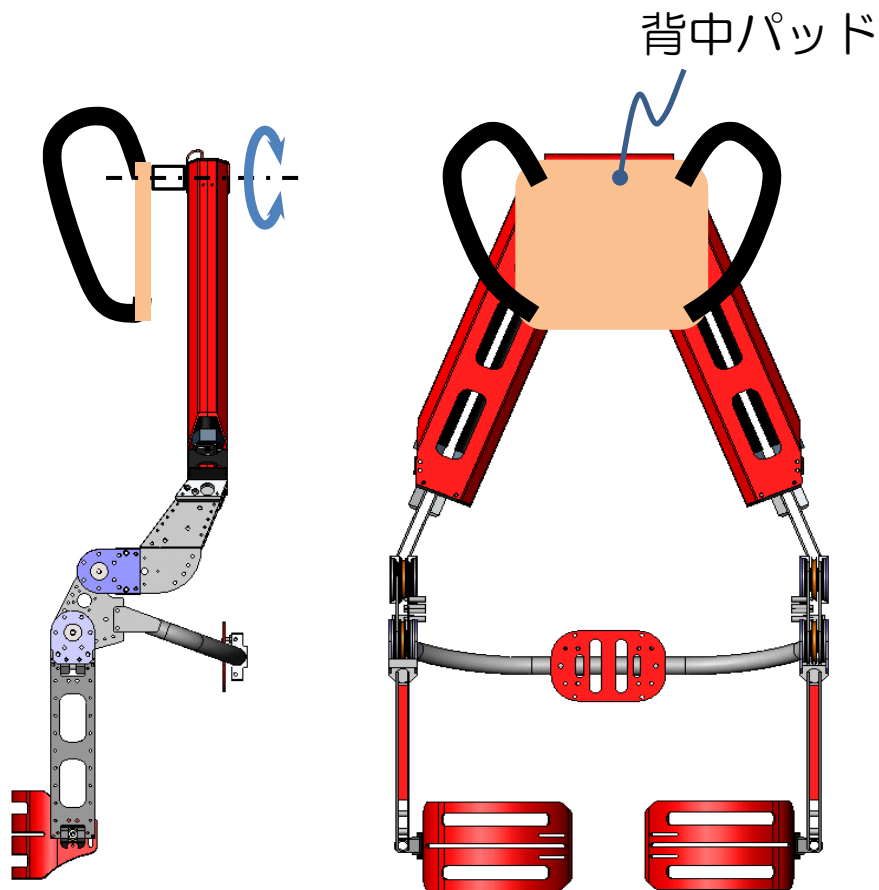
## ■ 基本構造



重量	<b>5.5 kg</b>	
動力源	圧縮空気	
自由度	腰:	1
	足:	6
サポート力	120Nm	
アクチュエータ	4本	

# 腰補助用マッスルスーツ®

## ■ 装着方法

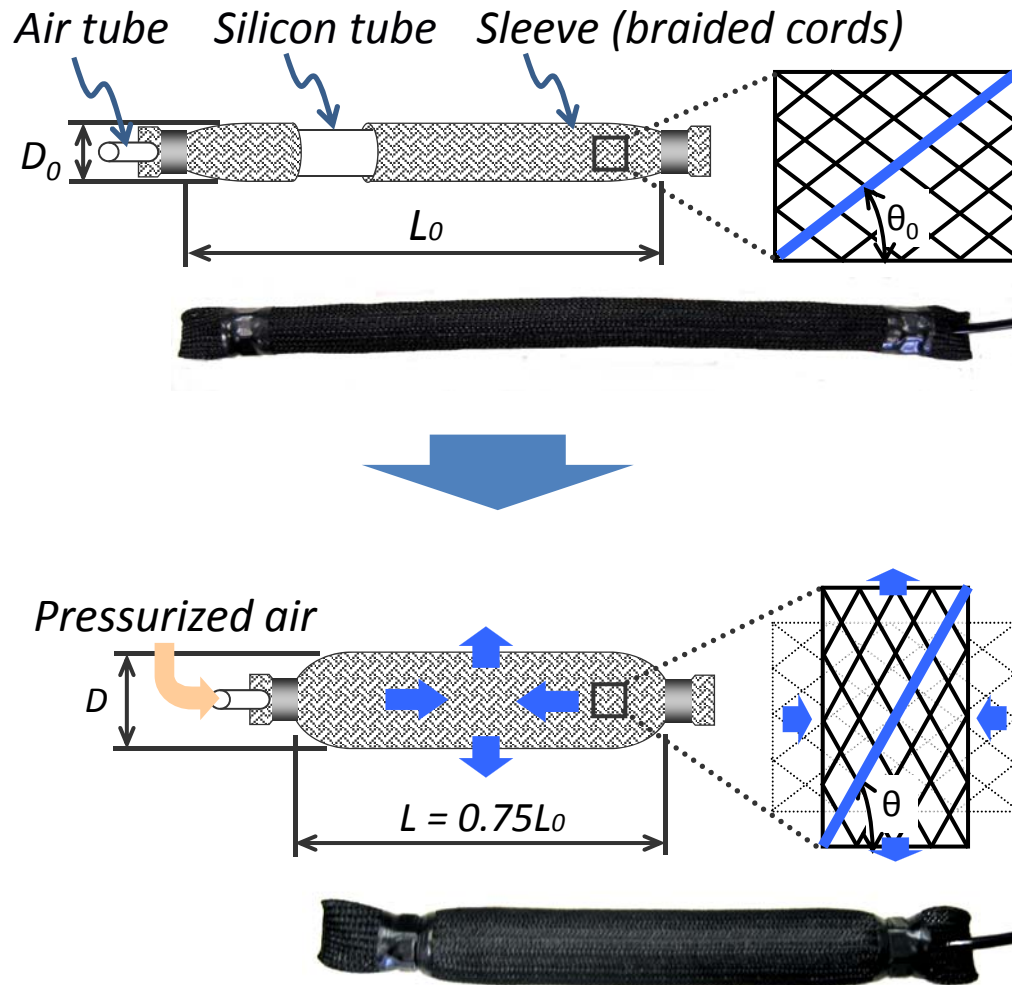


背面



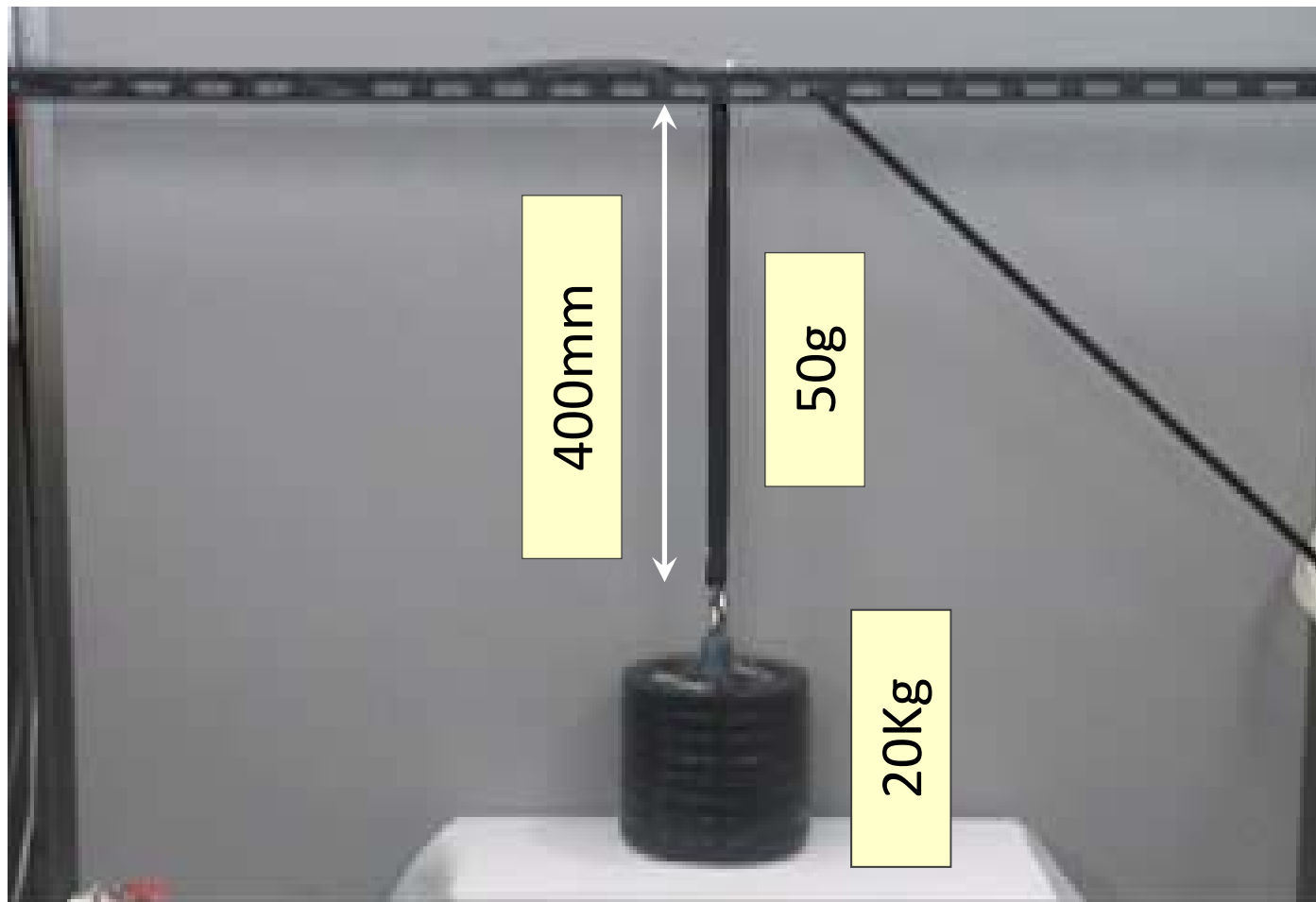
側面

# McKibben型人工筋肉



- 軽量
  - 構造が簡単
  - 柔軟
  - 出力質量比が大きい
- 出力：質量 = 400 : 1  
(DC Motor 16:1)

# McKibben型人工筋肉



圧縮空気：0.4 MPa

未来新聞

最先端の科学を徹底取材します!  
2008年 人間の体重が半分になる?

マッスルスーツ  
Muscle Suit



# マッスルスーツ®の実地実験



溶接



タイヤ取り付け



シート搭載



移乗作業

# マッスルスーツ®の今後

## ■ 操作インタフェースと空気圧源の改良

- 呼気, スイッチ, 加速度, 音声など

➡ 着用者の意図を推定し, それに基づいたサポートは可能か?

- コンプレッサーを持ち運ぶのは大変

➡ コンプレッサーの代わりに小型高圧タンクを使用?

# まとめ

## 人の生活を支援するロボット技術



アンドロイド・ロボット

人と関わる



アクティブ歩行器



マッスルスーツ

人を助ける

