Rev.3

AIとデータサイエンス 第10回

人間と共生するAIとロボット

三枝　亮
神奈川工科大学 情報学部
情報システム学科 人間機械共生研究室

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

人間と共生するAIシステム：ダイジェスト（1）



research_day.23.03
https://youtu.be/dJDsvkabPuw

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

Video: 1:55

人間と共生するAIシステム：ダイジェスト（２）



syblab_tv_short.24.07
https://youtu.be/bJ8VwILBYK0

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

Video: 4:47

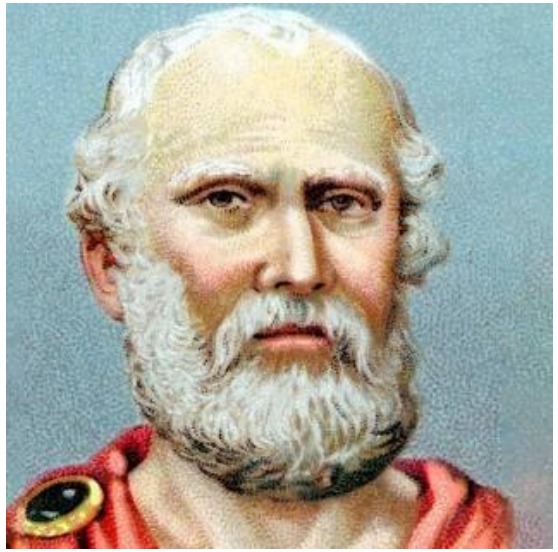
AIのはじまり

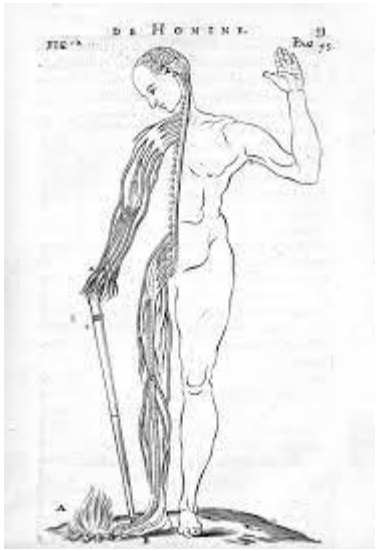
動物の知能・機械のAI

学習型ロボット

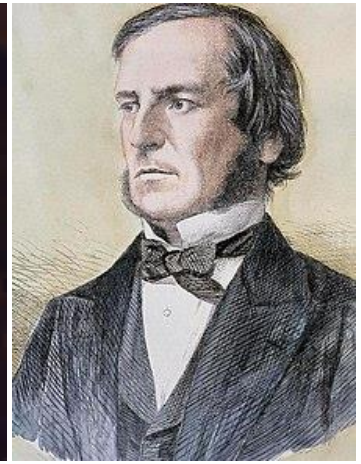
AIの始まり: 人工知能の歴史

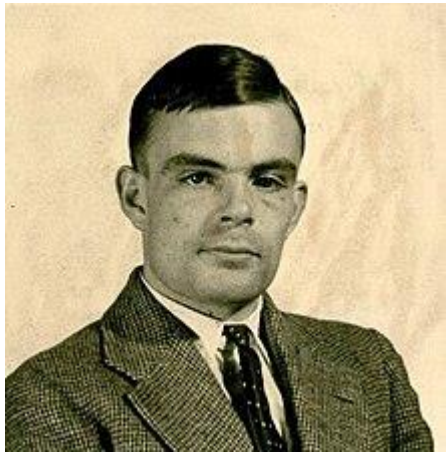
- プラトン(427BC-347BC?) イデア論
  - 生まれながらにして物事の原型を持つ.
- ラメトリ(1709-51) 人間機械論
  - 人間は人工的に作ることができる.
- ロック(1632-1704) 経験主義
  - 全ての知能は経験から生じる.
- ブール(1815-64) 記号主義
  - 論理的な記号操作で知能を実現する.
- チューリング(1912-54) コンピュータ
  - 人工知能の研究が始まる.











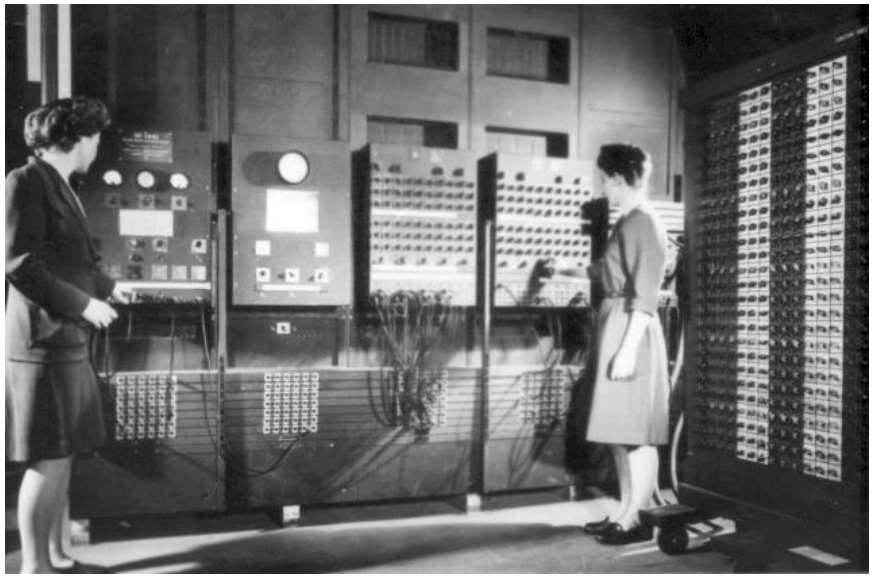
https://www.popularmechanics.com/science/a33372667/earth-cubes-plato-theory/
https://navymule9.sakura.ne.jp/120919Man-Machine.html
https://en.wikipedia.org/wiki/John_Locke
https://en.wikipedia.org/wiki/George_Boole
https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing

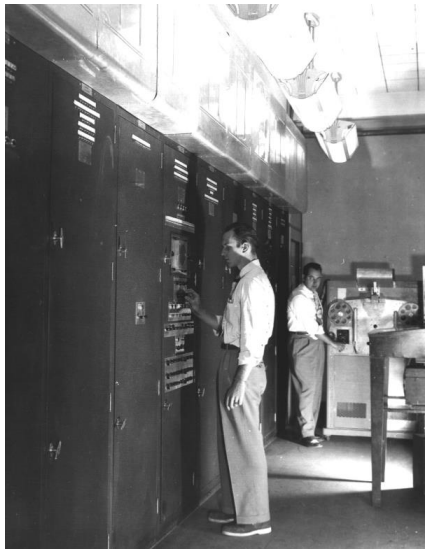
AIの始まり：人工知能の歴史

- 人工知能研究の始まり（1950年～）
  - ENIAC：モークリー・エッカート
    （世界初のコンピュータ）
  - EDVAC：フォンノイマン
    （プログラム内蔵コンピュータ）
  - 計算機科学：チューリング 1950年
    Computing Machinery and Intelligence
    チューリングテスト

- ダートマス会議（1956年）
  - マッカーシー・ミンスキーなど

  学習やその他の知能の特徴は機械で
  シミュレートできる形式に記述可能である.







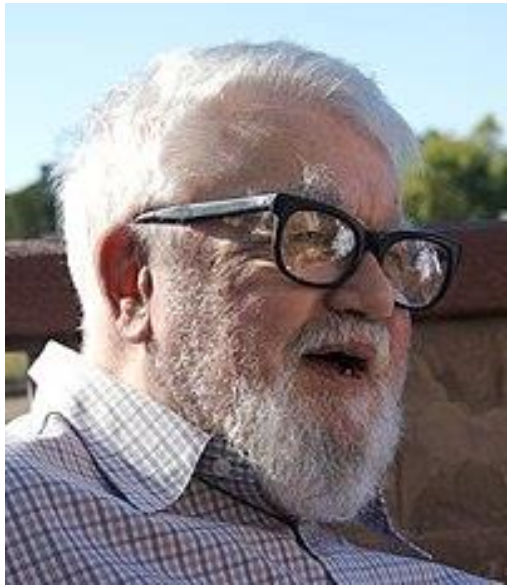
https://ja.wikipedia.org/wiki/ENIAC
https://ja.wikipedia.org/wiki/EDVAC
https://en.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann

AIの始まり：人工知能の歴史

- 人工知能の発展期（1960年～）
  - LISP言語（マッカーシー）
  - プログラムとデータ構造が同じ形式のため，
    プログラムを生成するプログラムを作ることができる．

- エキスパートシステムと知識工学（1967年，1974年）
  - DENDRAL：化学分野で質量スペクトルを解析
  - MYCIN：医療診断分野の専門知識を利用できる

- 積み木の世界と遺伝的アルゴリズム
  - SHRDLU（1971年・ウィノグラード）：
    自然言語のやりとりで積み木を操作できる人工知能
  - 遺伝的アルゴリズム（1975年・ホランド）
    生命進化を模倣した最適化手法





https://ja.wikipedia.org/wiki/LISP
https://en.wikipedia.org/wiki/John_Henry_Holland

AIの始まり：人工知能の歴史

- 実用技術としての人工知能（1980年～）
  - 第５世代コンピュータプロジェクト
    論理型言語・自然言語処理・並列処理など
  - 包摂アーキテクチャ（1980年・ブルックス）
  - 心の社会（1987年・ミンスキー）
    心は階層構造を持つ分散システム

- ネットワークを前提とした人工知能（1990年～）
  - インターネット（1990年～）
    ARPANE（1969)より発展し普及する
  - Deep Blue（1997年・ IBM）
    チェスマシン・Kasparovに勝利する



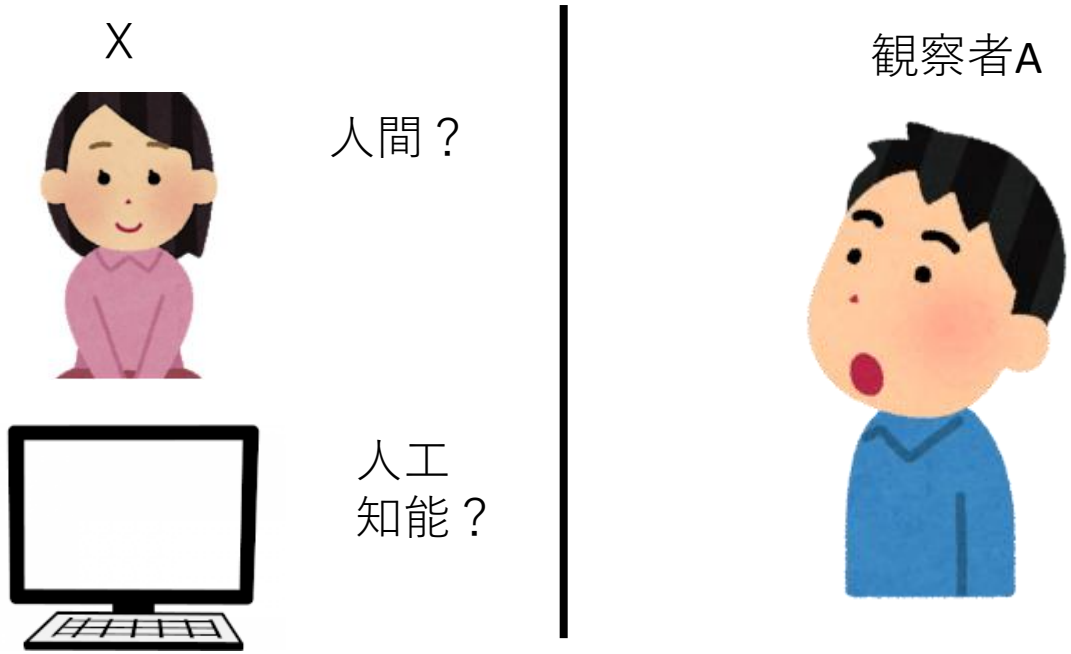


https://www.amazon.co.jp/

AIの始まり：チューリングテスト

- チューリングテスト
  - 観察者AはXにチャットで質問できる.
  - Xが人工知能のとき，観察者Aはそれを見破れるか？
    （区別がつかない場合，人工知能は知的である）

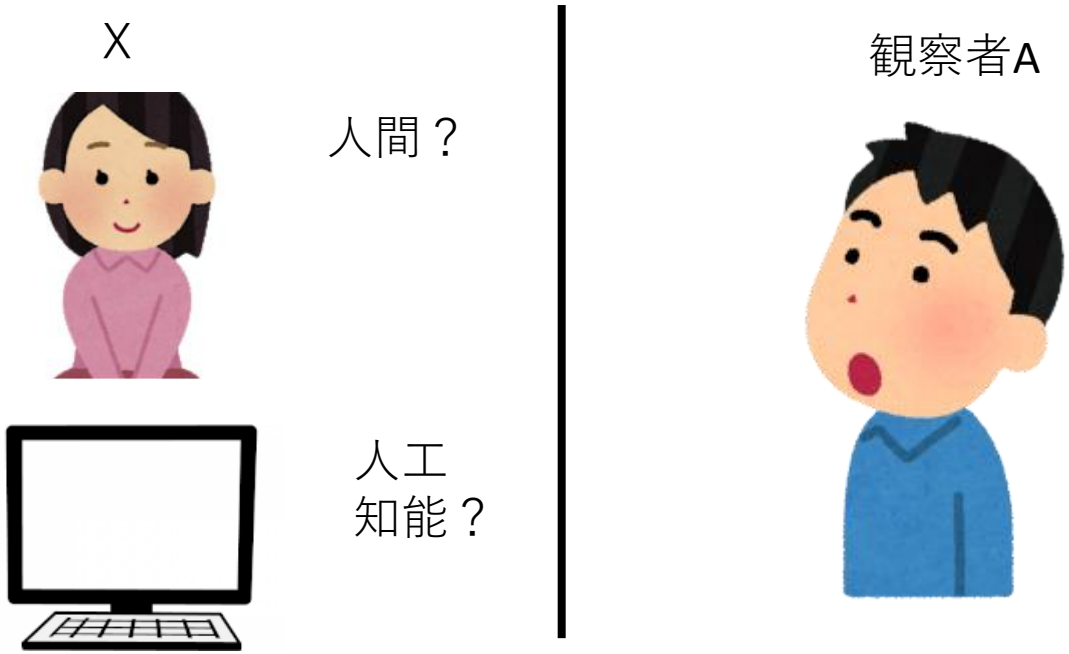
- クイズ
  - チューリングテストで効果的な質問を挙げよ.



AIの始まり：チューリングテスト

- チューリングテスト
  - 対面せずにメッセージのやり取りのみで
    相手が人間か人工知能であるかを判定するテスト

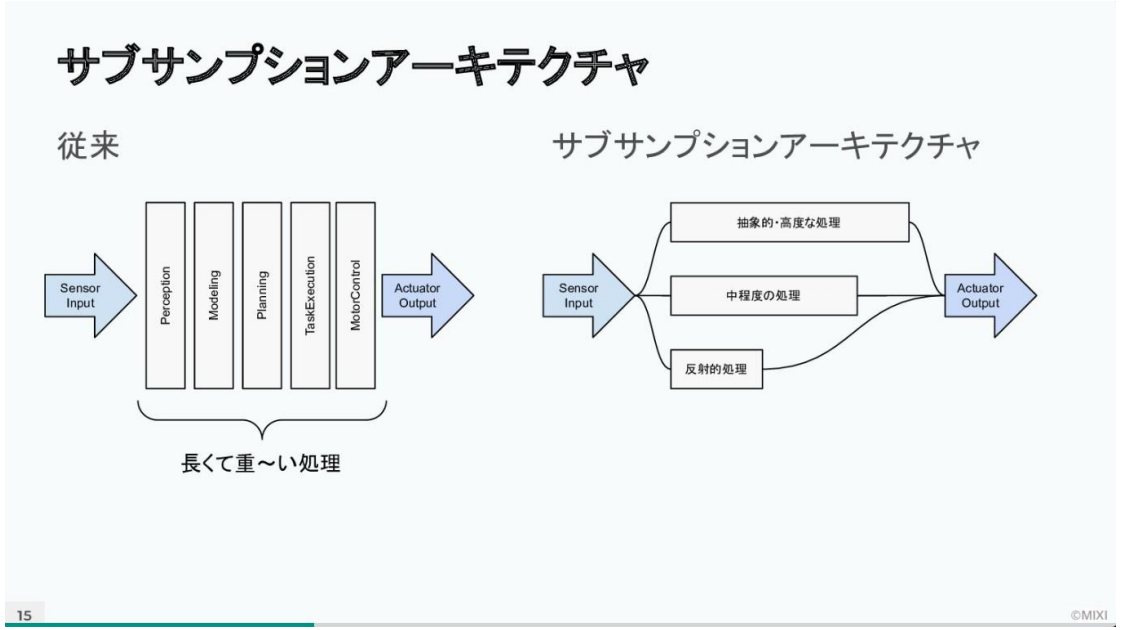
- チューリングテストの質問例
  - 1234x5679の計算をして.
    （直ぐに回答が出れば，AIかもしれない）
  - 人間のふりをするコツを教えて.
    （上手く答えたら，人間のふりをしているAIかも）
  - 私は人間，AIのどちらだと思う？理由も教えて.
    （私が人間であることを私に納得させられるか）



AIの始まり：包摂アーキテクチャ

- 包摂アーキテクチャとは，ロボットやエージェントの複雑な振る舞いを多数の単純な行動モジュールに分割し，行動モジュールに階層構造を与えて，上位の行動が下位の行動を制御する仕組み．環境からの刺激に対して早く応答できる利点がある．

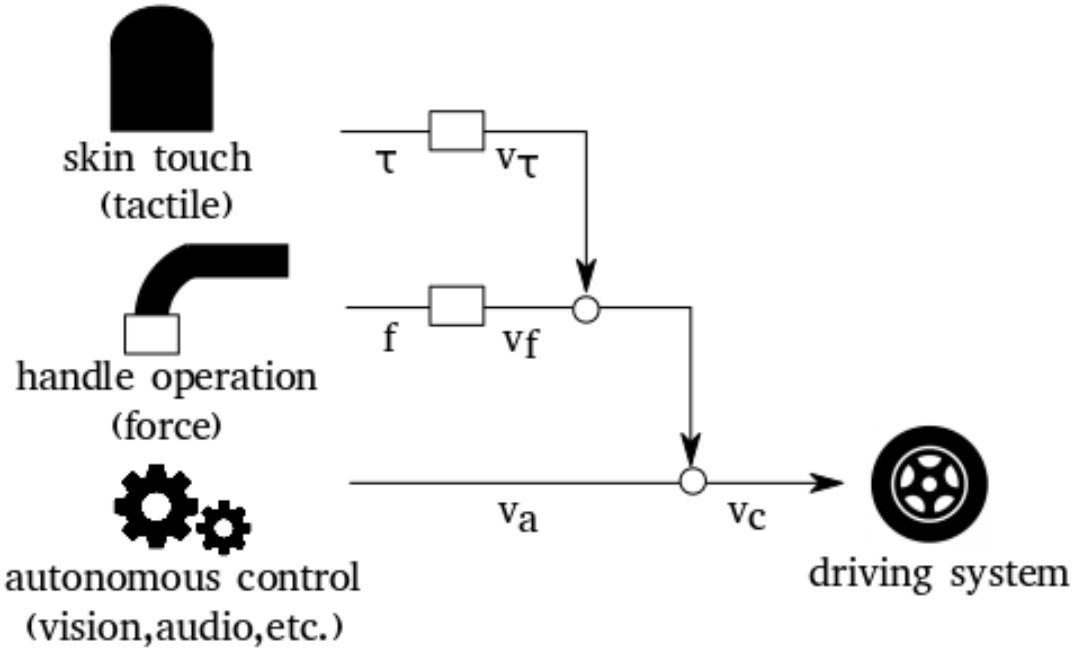
- 包摂アーキテクチャを調べ，例を挙げて説明せよ．



https://levtech.jp/media/article/column/detail_215/

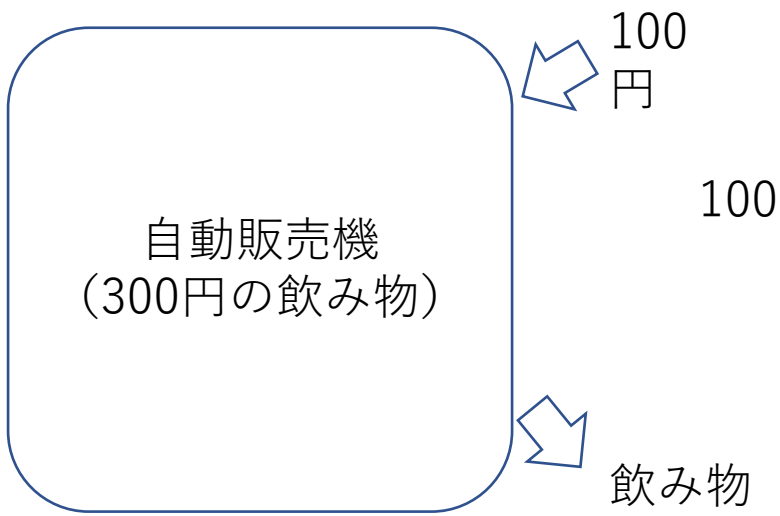
AIの始まり：包摂アーキテクチャ

- 例：ルチアの行動生成システム
  1. 接触（触覚）で移動停止
  2. 人操作（力覚）で免荷重移動
  3. 環境認識（視覚）で自律移動

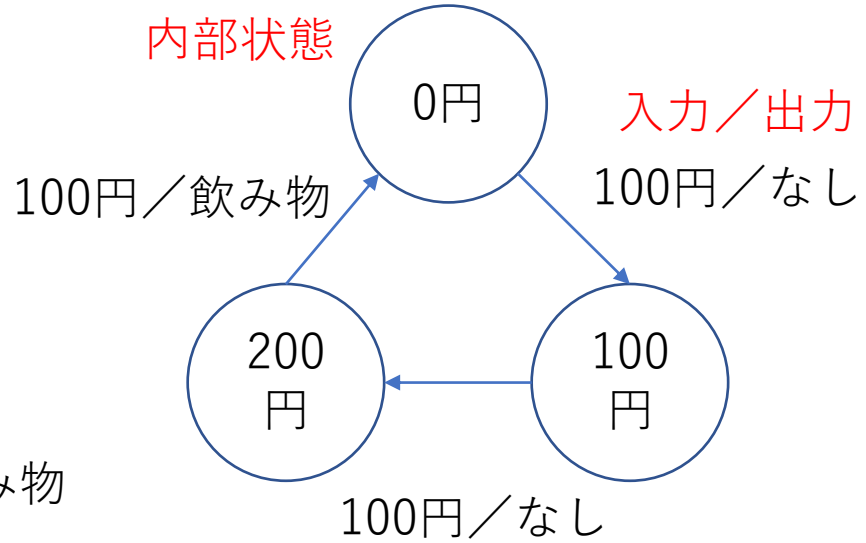


AIの始まり：オートマトン

- オートマトン
  - 有限個の内部状態をもち，内部状態が入力により遷移し，出力が入力と内部状態で決まる自動機械．
  - Automaton（単数），Automata（複数）



自動販売機

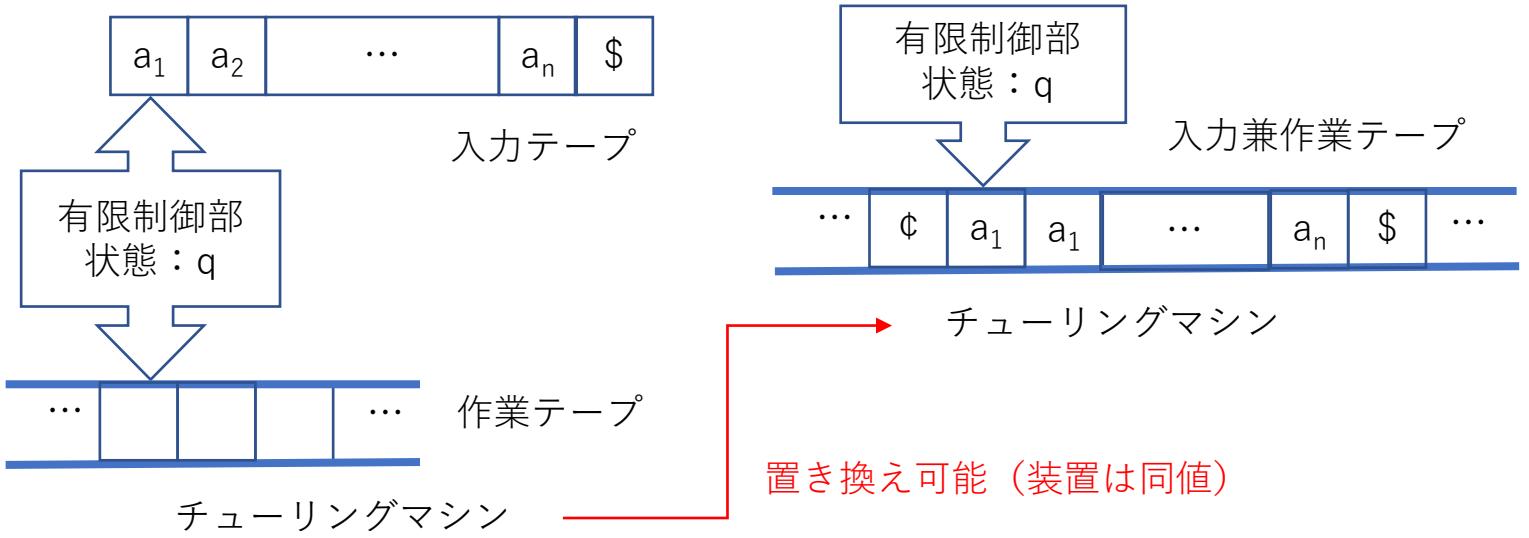


内部状態の変化

AIの始まり：オートマトン

- チューリングマシン
  - 読み書きできる無現の記憶領域(作業テープ)を追加する.
  - 入力テープは作業テープに複写できるので，入力兼作業テープを1本もつことと同値である.
  - 有限の状態と無限の記憶によって，論理的に定められる任意の基準を受理できる.
- チューリングマシン(TM)の万能性
  - 任意のTMを模倣するTM(万能TM)を構成できる.

  TMの動作関数を記述した記号列とそのTMに与える入力の記号列をテープから読んでそのTMの動作を模倣する.
  - 万能TMはプログラム内蔵型コンピュータのモデルである.（ノイマン型コンピュータ）





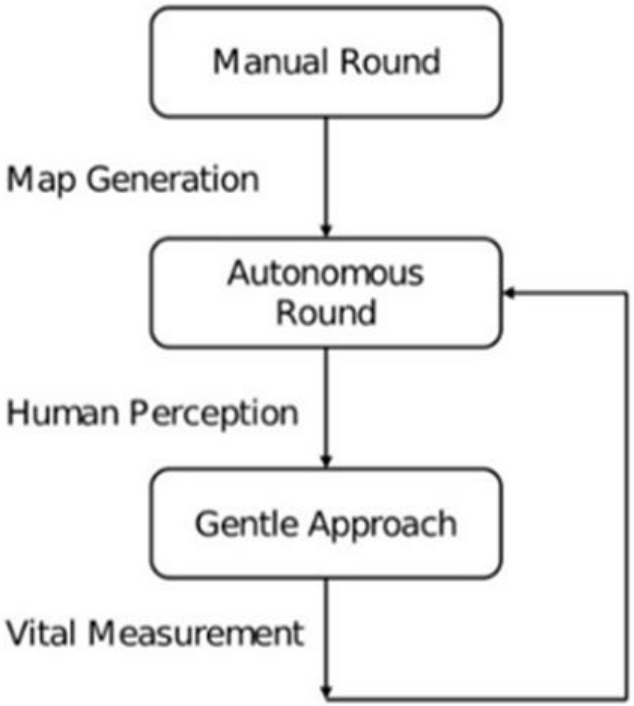
Alan Mathison Turing

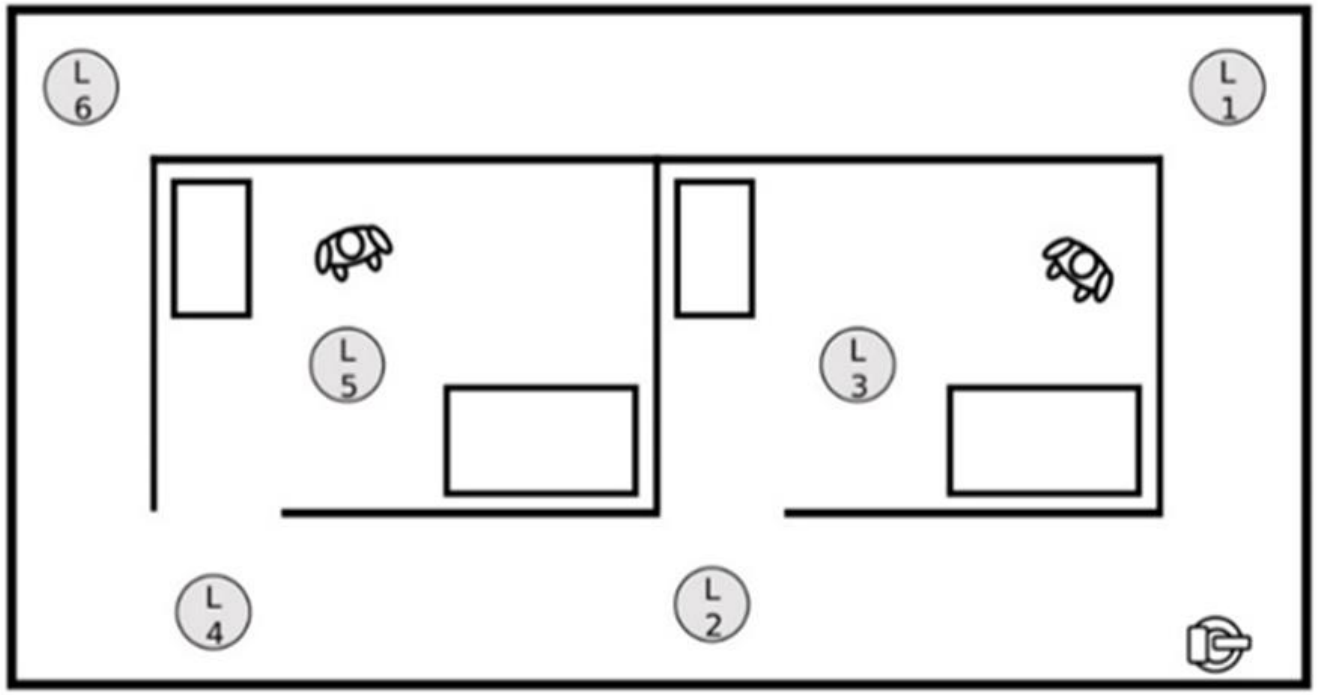


John von Neumann

AIの始まり：オートマトン

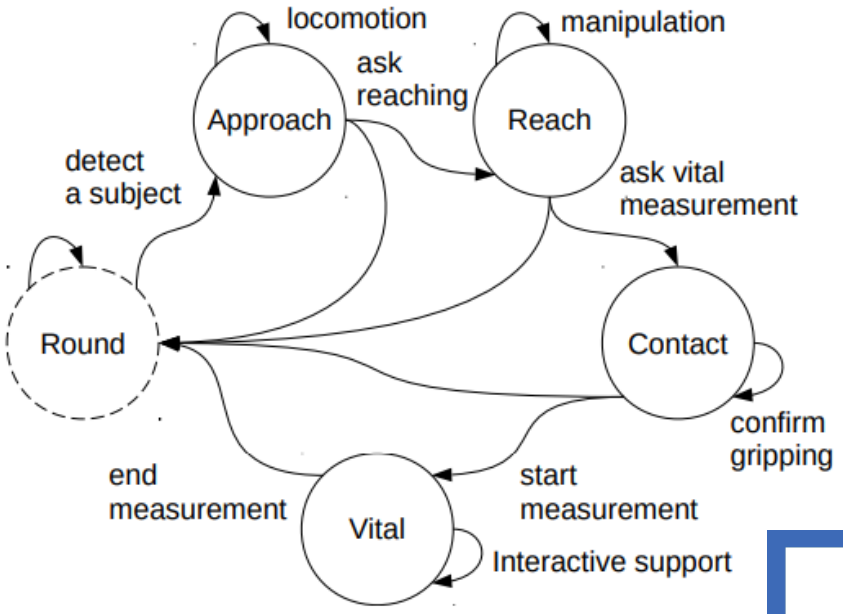
- オートマトンのプログラムで行動するロボットの例を示せ．（下の図は，巡回してヘルスチェックをするロボットの例）





AIの始まり：オートマトン

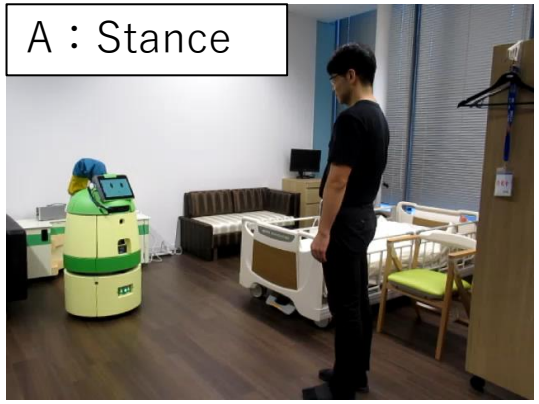
- 例えば，巡回してヘルスチェックをするロボットのオートマトンは下の図の通り（ルチアのバイタル測定システム）



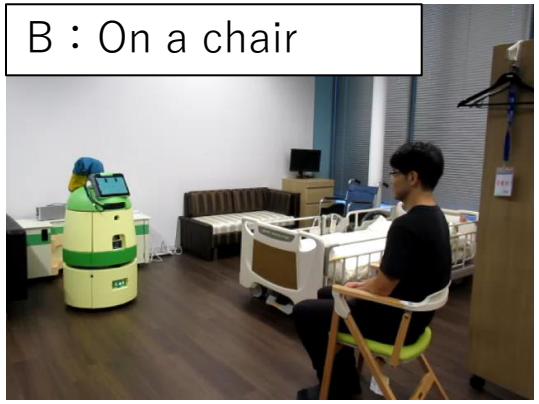
lucia_vital_1.21.07
https://youtu.be/jTnCV4NJ_rs
lucia_vital_2.21.07
https://youtu.be/HLAXm9kHBuI
lucia_vital_3.21.07
https://youtu.be/7R1nEYX5JHA
lucia_vital_4.21.07
https://youtu.be/jTnCV4NJ_rs
lucia_navi.25.04
https://youtu.be/W5ozaQR5Gvk
lucia_map.25.04
https://youtu.be/JZ8fnGNSbSw
lucia_vital.25.06
https://youtu.be/0Q4QJuZeVQ8

Video: 0:39

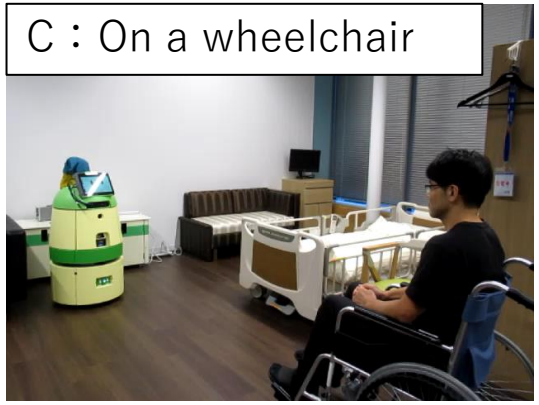
A：Stance



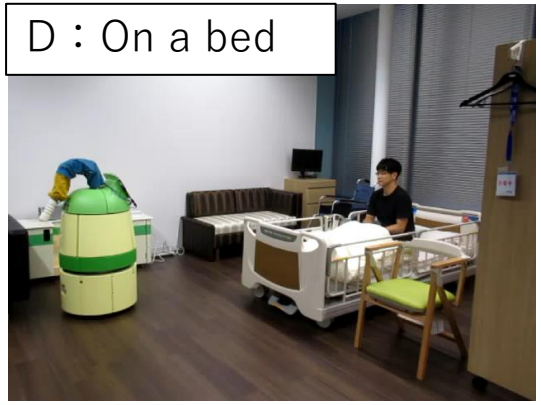
B：On a chair



C：On a wheelchair



D：On a bed

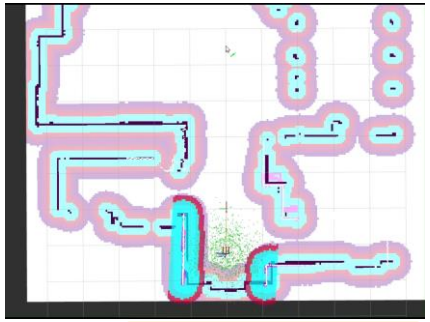


自律移動・リーチング・バイタル計測



Video: 3:19

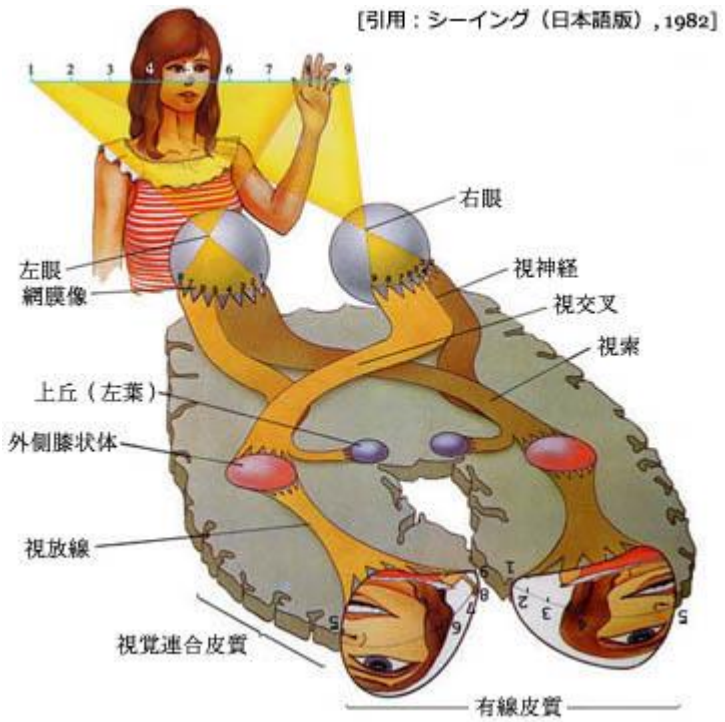
Video: 0:39



Video: 0:43

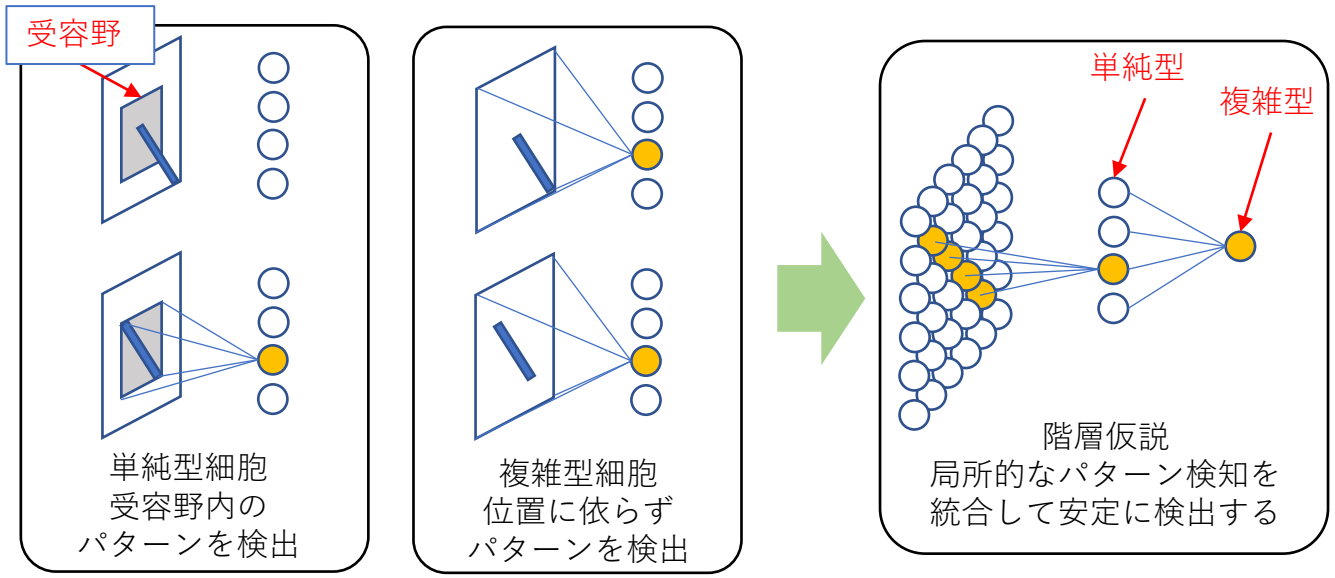
動物の知能・機械のAI：視覚野と階層仮説

- 1次視覚野と畳み込み
  - 人間の1次視覚野：網膜で受け取った視覚情報は面構造を保って概則膝状体を経由して後頭部の1次視覚野へ送られる.



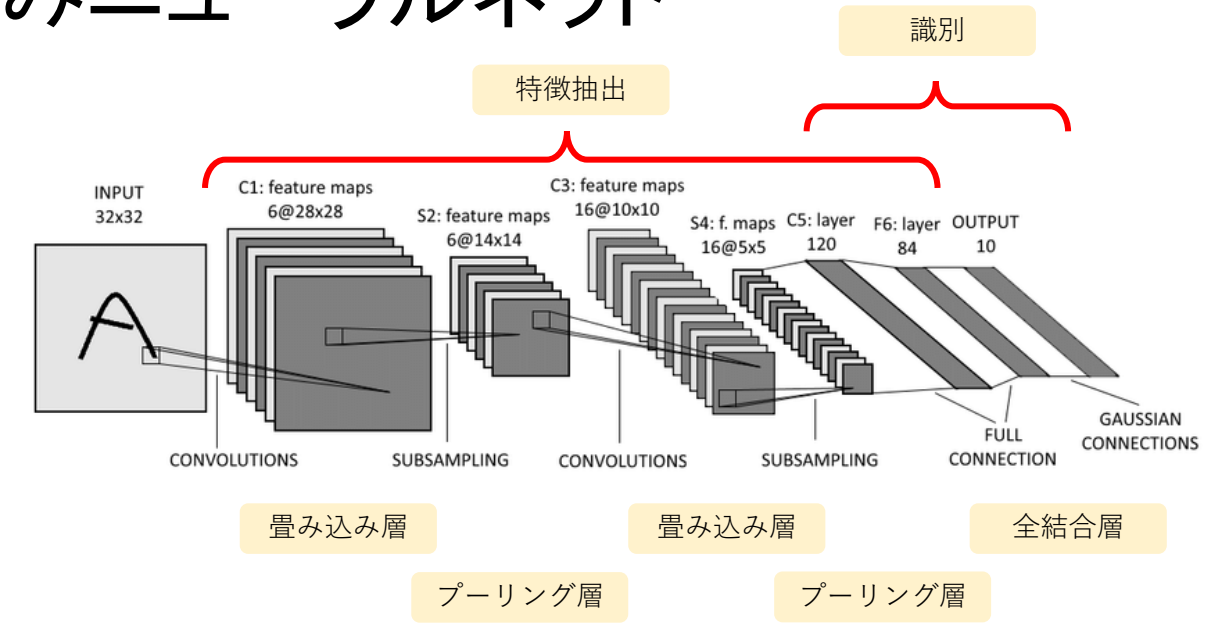
https://yoske379.com/human-body/brain/neuron/

- ヒューベルとウィーゼルの猫の視覚野（1958）
  - パターン(傾きを持つ線分)に反応する細胞を発見.
  - 細胞は単純型細胞（simple cell)と複雑型細胞（complex cell)に大別されることも明らかに⇒CNNのモデルへ



動物の知能・機械のAI：畳み込みニューラルネット

- 福島邦彦のネオコグニトロン(Neocognitron) 1979
  - 教師なし学習型（競合学習）の畳み込みネット
- ルカン(LeCun) のルネット (LeNet) 1989
  - 教師あり学習型（誤差逆伝播法）の畳み込みネット
  - 手書き数字認識に対する性能の高さが注目される

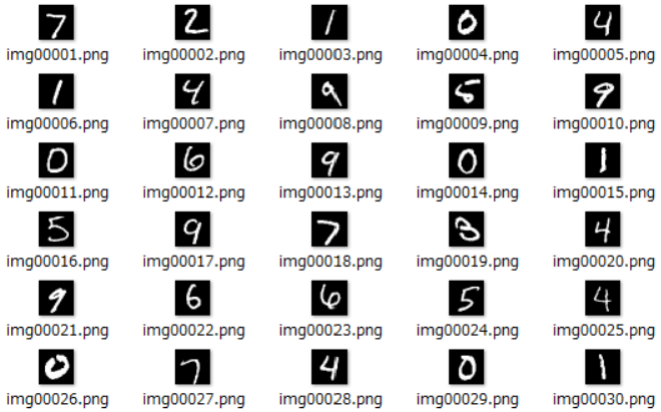


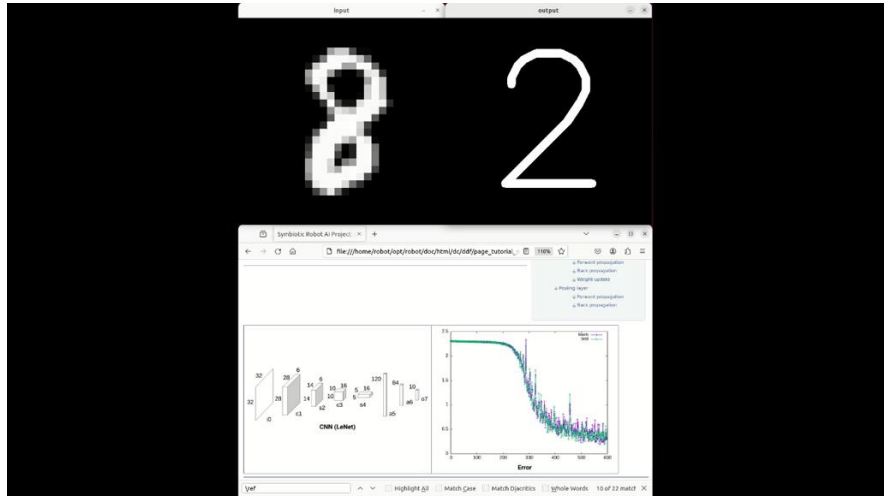
THE MNIST DATABASE

of handwritten digits

Yann LeCun, Courant Institute, NYU
Corinna Cortes, Google Labs, New York
Christopher J.C. Burges, Microsoft Research, Redmond

http://yann.lecun.com/exdb/mnist/





lenet.24.01
https://youtu.be/kAvaWP74rMY

Video: 0:57

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

動物の知能・機械のAI：深層強化学習

- 深層学習を用いた強化学習
  - アルファ碁（Google DeepMind）の勝利（2016）

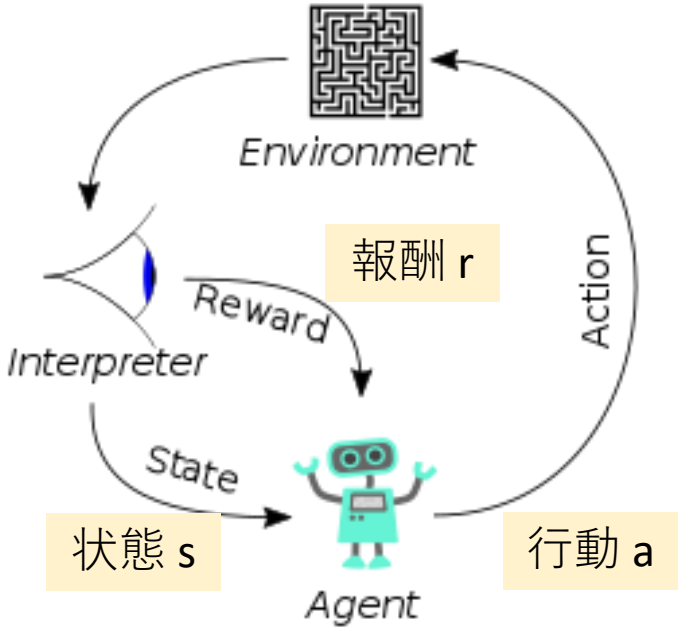
AlphaGo

https://ja.wikipedia.org/wiki/AlphaGo

- 強化学習（Reinforcement Learning）とは
  - 環境内のエージェントが，現在の状態と報酬に基づいて，将来得られる利得を最大化するための行動を決定する方法．
  - 利得(return)

$$\begin{aligned} R(t) &= r(t+1) + \gamma r(t+2) + \gamma^2 r(t+3) + \cdots \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r(t+k+1) \end{aligned}$$

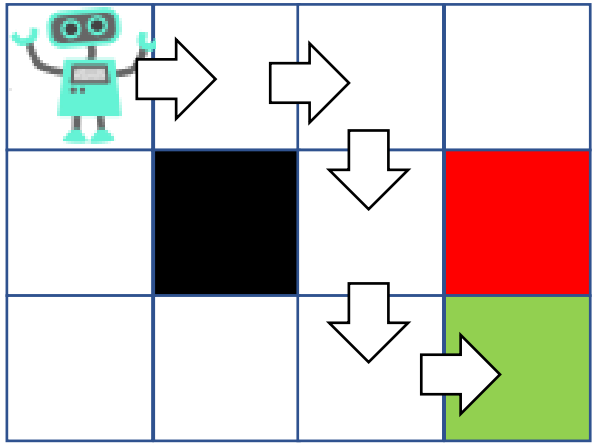
  - 割引率 $0 < \gamma \leq 1$
    - 無限和の利得が収束する



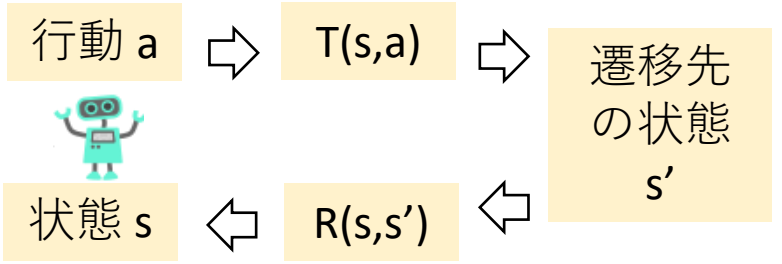
https://ja.wikipedia.org/wiki/AlphaGo
https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforcement_learning

動物の知能・機械のAI：深層強化学習

- 強化学習の問題設定と例題
  - s 状態：　セルの位置
  - A 行動：　上下左右の移動
  - T(s,a) 遷移関数：　状態と行動
    から次の遷移先を確率的に決定
  - R(s,s ‘) 報酬関数：　状態と遷移先
    から報酬r={緑1,赤−1,他0}を与える
  - 強化学習はマルコフ決定過程のひとつ



- マルコフ決定過程／（Markov Decision Process）
  - 直前の状態と行動のみによって
    次の状態が確率的に決まること
    （次の状態は昔の履歴には関係しない）



$$P(s'|s,a) = P(s(t+1) = s'|s(t) = a, a(t) = a)$$

動物の知能・機械のAI：深層強化学習

- 深層強化学習によるAtari2600のゲームプレイ

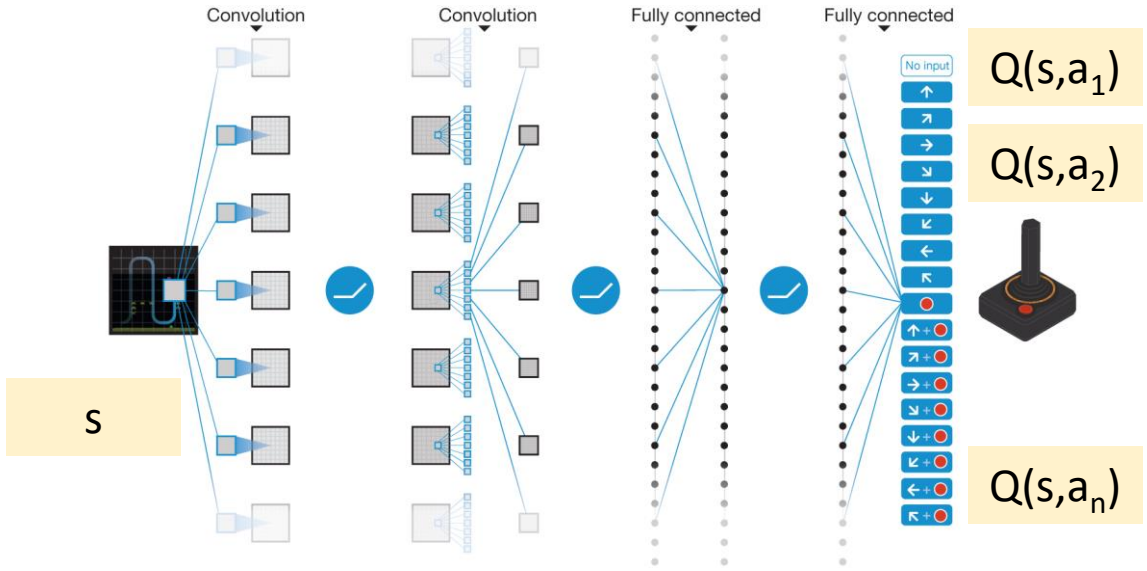


DQN Breakout
https://www.youtube.com/watch?v=TmPfTpjtdgg&t=5s

動物の知能・機械のAI：深層強化学習

- 深層強化学習によるゲームプレイ(Atari2600)

Schematic illustration of the convolutional neural network.



V Mnih *et al. Nature* **518**, 529-533 (2015) doi:10.1038/nature14236

nature

Playing Atari with Deep Reinforcement Learning

Volodymyr Mnih Koray Kavukcuoglu David Silver Alex Graves Ioannis Antonoglou

Daan Wierstra Martin Riedmiller

DeepMind Technologies

{vlad,koray,david,alex.graves,ioannis,daan,martin.riedmiller} @ deepmind.com

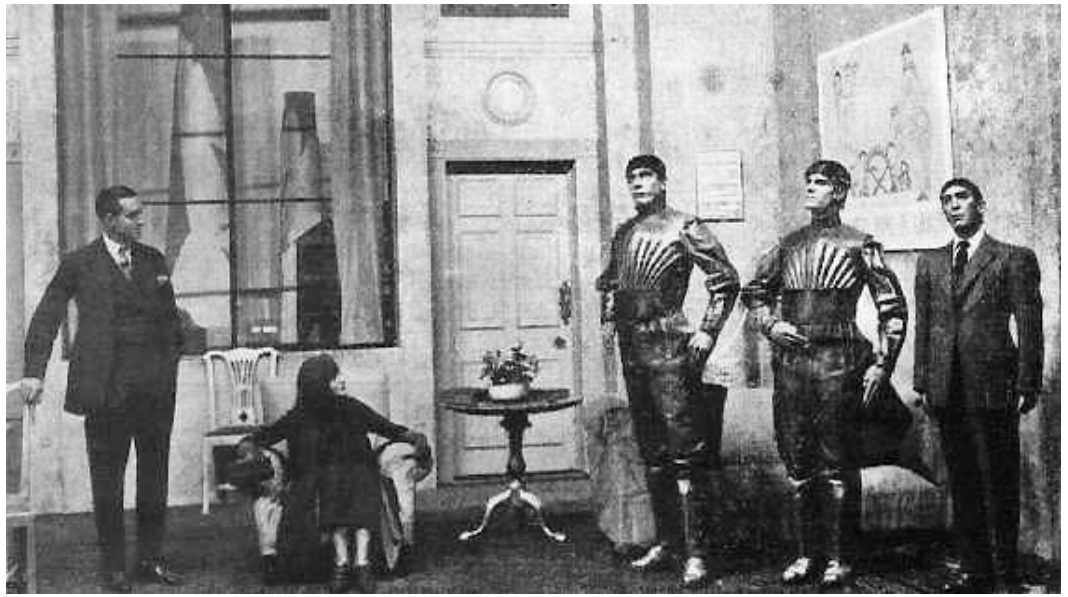


Figure 1: Screen shots from five Atari 2600 Games: (*Left-to-right*) Pong, Breakout, Space Invaders, Seaquest, Beam Rider

学習型ロボット：ロボットとは

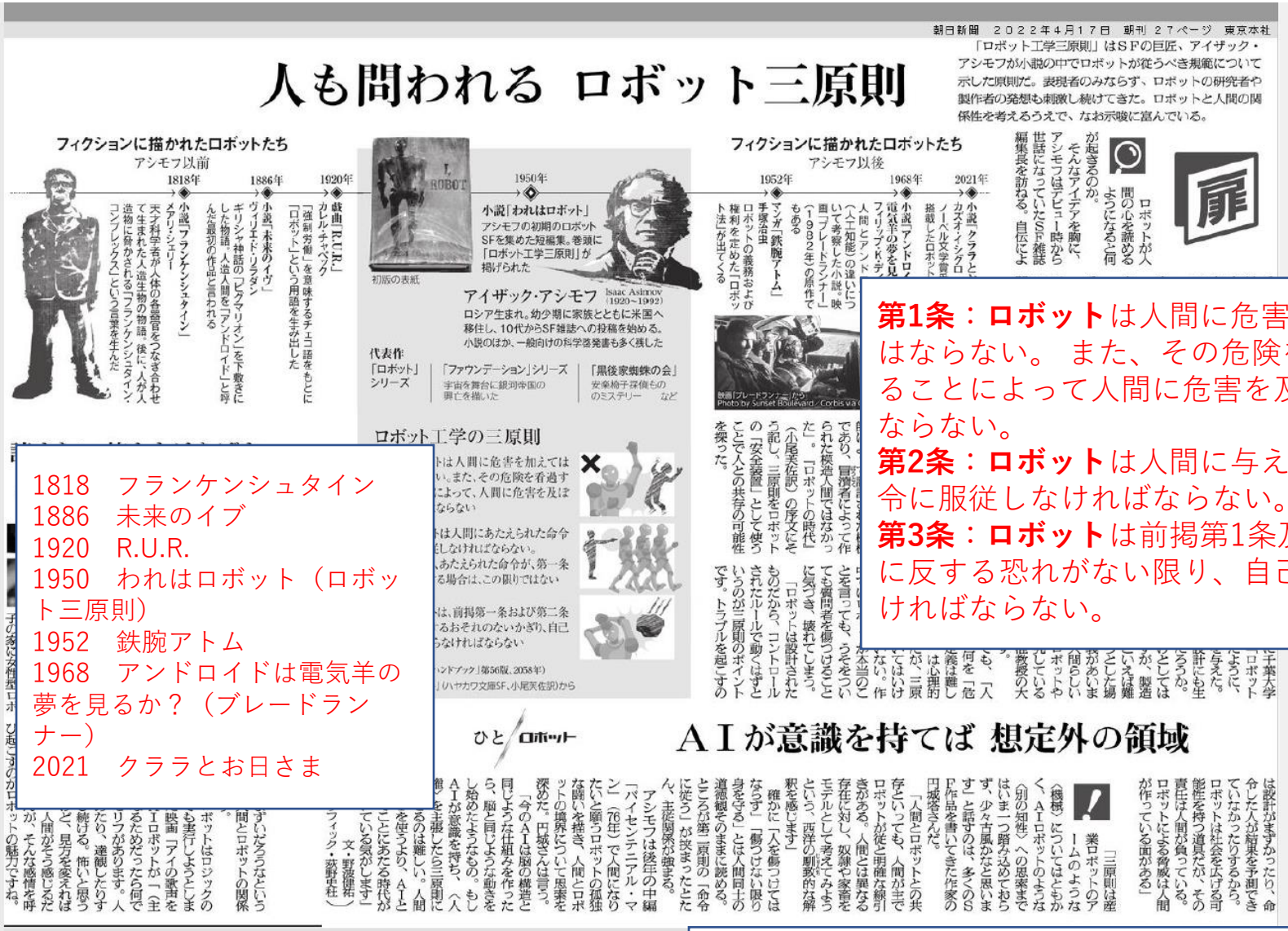
- ロボットのいくつかの定義
  - 人の代わりに何等かの作業を自律的に行う装置，もしくは機械のこと．（Wikipedia）
  - センサー，知能・制御系，駆動系の3つの要素技術を有する知能化した機械システム（経済産業省）

- ロボットの語源
  - R.U.R. (Rossum’s Universal Robots),1920
    - Capek, Karel （チェコ・作家）
  - Robot: robota（強制労働）からの造語，代理労働者



https://www.aozora.gr.jp/cards/001236/files/46345_23174.html

学習型ロボット：ロボット三原則



朝日新聞　２０２２年４月１７日　朝刊　２７ページ　東京本社

人も問われる　ロボット三原則

「ロボット工学三原則」はＳＦの巨匠、アイザック・アシモフが小説の中でロボットが従うべき規範について示した原則だ。表現者のみならず、ロボットの研究者や製作者の発想も刺激し続けてきた。ロボットと人間の関係性を考えるうえで、なお示唆に富んでいる。

ロボットが人間の心を読めるようになると何が起きるのか。そんなアイデアを胸に、アシモフはデビュー時からSF雑誌編集長を訪ねる。自伝によ

フィクションに描かれたロボットたち
アシモフ以前

1818年 小説「フランケンシュタイン」
メアリ・シェリー
天才科学者が人体の各器官をつなぎ合わせて生まれた人造生物の物語。後に、人が人造物に命名される「フランケンシュタイン・コンプレックス」という言葉を生んだ

1886年 小説「未来のイヴ」
ヴィリエド・リラダン
ギリシャ神話の「ピグマリオン」を下敷きにした物語。人造人間を「アンドロイド」と呼んだ最初の作品と言われる

1920年 戯曲「R.U.R.」
カレル・チャペック
「強制労働」を意味するチェコ語をもとに「ロボット」という用語を生み出した

初版の表紙

1950年 小説「われはロボット」
アシモフの初期のロボットSFを集めた短編集。巻頭に「ロボット工学三原則」が掲げられた

アイザック・アシモフ　Isaac Asimov（1920～1992）
ロシア生まれ。幼少期に家族とともに米国へ移住し、10代からSF雑誌への投稿を始める。小説のほか、一般向けの科学啓発書も多く残した

代表作
「ロボット」シリーズ
「ファウンデーション」シリーズ　宇宙を舞台に銀河帝国の興亡を描いた
「黒後家蜘蛛の会」　安楽椅子探偵ものミステリー　など

フィクションに描かれたロボットたち
アシモフ以後

1952年 マンガ「鉄腕アトム」
手塚治虫
ロボットの義務および権利を定めた「ロボット法」が出てくる

1968年 小説「アンドロイドは電気羊の夢を見るか？」
フィリップ・K・ディック
人間とアンドロイド（人工知能）の違いについて考察した小説。映画「ブレードランナー」（1982年）の原作でもある

2021年 小説「クララとお日さま」
カズオ・イシグロ
ノーベル文学賞作家が初めて挑んだSF。人間そっくりに作られたロボットの少女クララが、病気の少女の友だちとして買われてくる

映画「ブレードランナー」から

ロボット工学の三原則

トは人間に危害を加えてはい。また、その危険を看過すによって、人間に危害を及ぼならない

トは人間にあたえられた命令従しなければならない。

、あたえられた命令が、第一条る場合は、この限りではない

は、前掲第一条および第二条るおそれのないかぎり、自己うなければならない

ンドブック」第56版、2058年）
」（ハヤカワ文庫SF、小尾芙佐訳）から

ひと／ロボット

ＡＩが意識を持てば　想定外の領域

「三原則は産業ロボットのアームのような《機械》についてはともかく、ＡＩロボットのような《別の知性》への思案まではいま一つ踏み込めておらず、少々古風かなと思います」と話すのは、多くのＳＦ作品を書いてきた作家の円城塔さんだ。

「人間とロボットとの共存といっても、人間が主でロボットが従と明確な線引きがある。人間とは異なる存在に対し、奴隷や家畜をモデルとして考えてみようという、西洋の馴致的な解釈を感じます」

確かに「人を傷つけてはならず」「傷つけない限り身を守る」とは人間同士の道徳観そのままに読める。

ところが第二原則の「命令に従う」が抜けたとたん、主従関係が強まる。

アシモフは後年の中編「バイセンテニアル・マン」（76年）で人間になりたいと願うロボットの孤独な闘いを描き、人間とロボットの境界について思索を深めた。円城さんは言う。

「今のＡＩは脳の構造と同じような仕組みを作ったら、脳と同じような動きをし始めたようなもの。もしＡＩが意識を持ち、〈人間〉を主張したら三原則にするのは難しい。人間を使うより、ＡＩとことにあたる時代がている気がします」

文・野波健祐（フリーライター・荻野庫也）

設計がますかったり、命令した人が結果を予測できていなかったりするから。ロボットは社会を広げる可能性を持つ道具だが、その責任は人間が負っている。ロボットによる脅威は人間が作っている面がある」

1818　フランケンシュタイン
1886　未来のイブ
1920　R.U.R.
1950　われはロボット（ロボット三原則）
1952　鉄腕アトム
1968　アンドロイドは電気羊の夢を見るか？（ブレードランナー）
2021　クララとお日さま

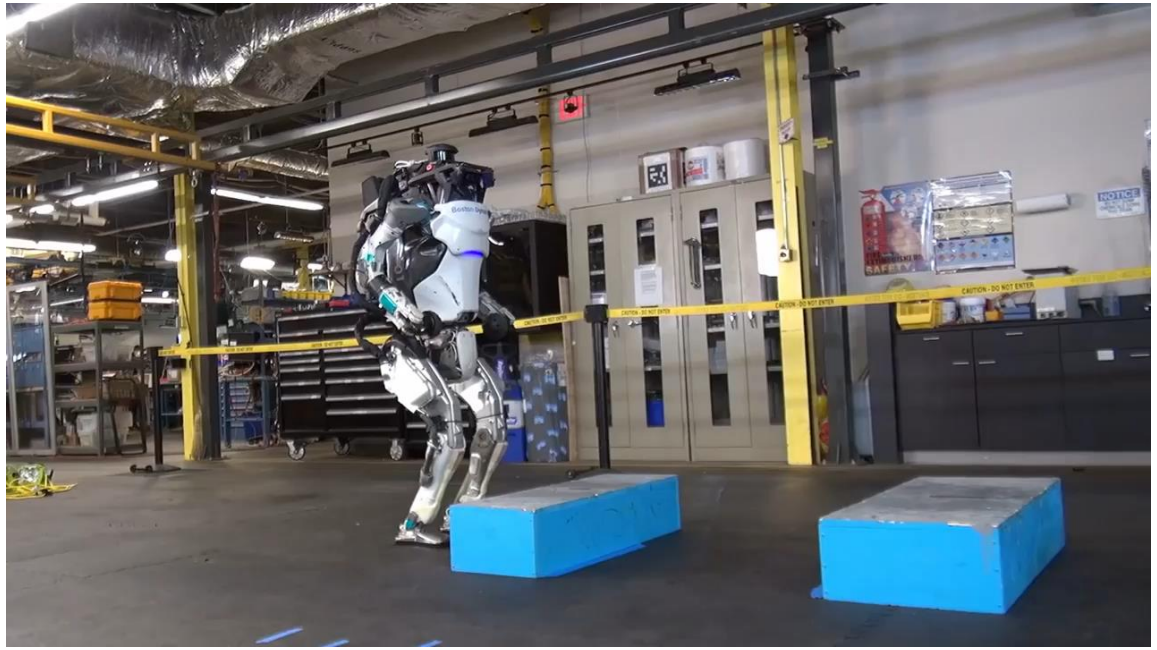
第1条：**ロボット**は人間に危害を与えてはならない。 また、その危険を看過することによって人間に危害を及ぼしてはならない。
第2条：**ロボット**は人間に与えられた命令に服従しなければならない。 …
第3条：**ロボット**は前掲第1条及び第2条に反する恐れがない限り、自己を守らなければならない。

ロボット三原則　2022.4.17.朝日新聞より引用

Contact: ryo.saegusa@svblab.org

学習型ロボット：戦うロボット・心を持つロボット

- 戦うロボット



引用：Boston Dynamics, Inc.

Video: 0:55

- 心を持つロボット



引用：さがみロボット産業特区

Video: 8:51

ROBOT TOWN SAGAMI 2028
https://www.youtube.com/watch?v=zKN1sjbz590

学習型ロボット：戦うロボット・心を持つロボット



Walk, Run, Crawl, RL Fun | Boston Dynamics | Atlas
https://youtu.be/I44_zbEwz_w?t=67

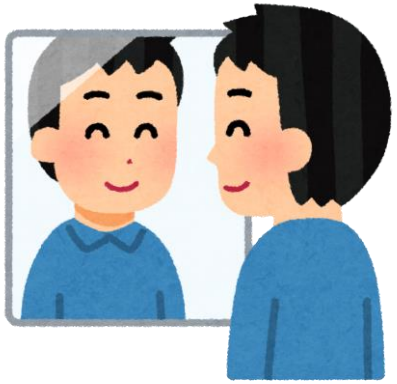


Pick, Carry, Place, Repeat | Inside the Lab with Atlas
https://www.youtube.com/watch?v=v8UaiRgqvlc

学習型ロボット:ヒトを真似るロボット

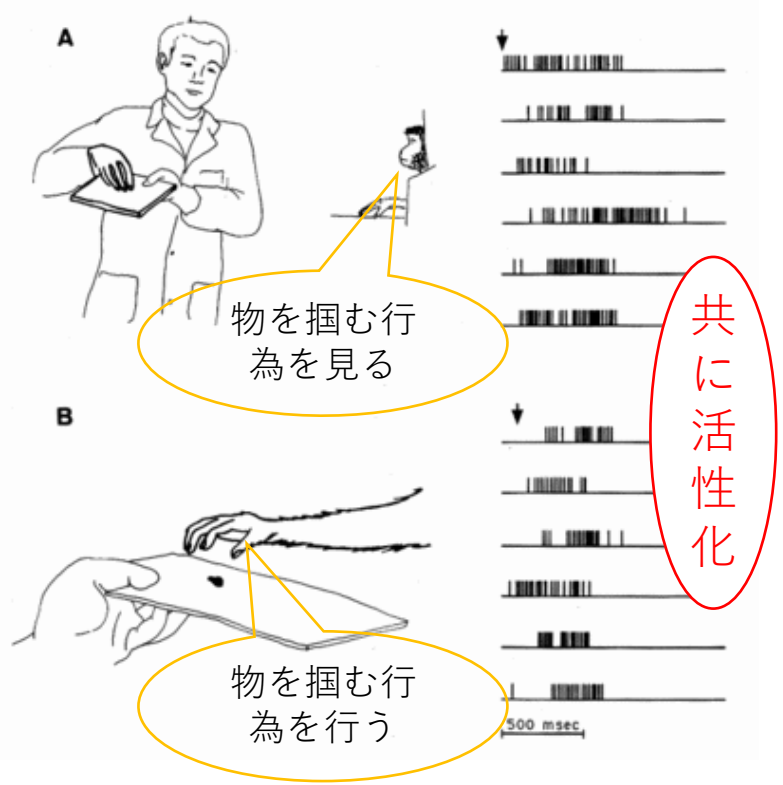
- ヒトを理解するロボットはどう作れば良いのだろう？
  - ヒトは「社会の中で育つ」ことで人になっていく.
  - ヒトは人を真似ることで言葉，行動，思想などを学ぶ.
- ロボットもヒトを真似ることでヒトを理解できるのでは？





自己と他者の行為を結ぶ反応は，共感を実現しているように見える

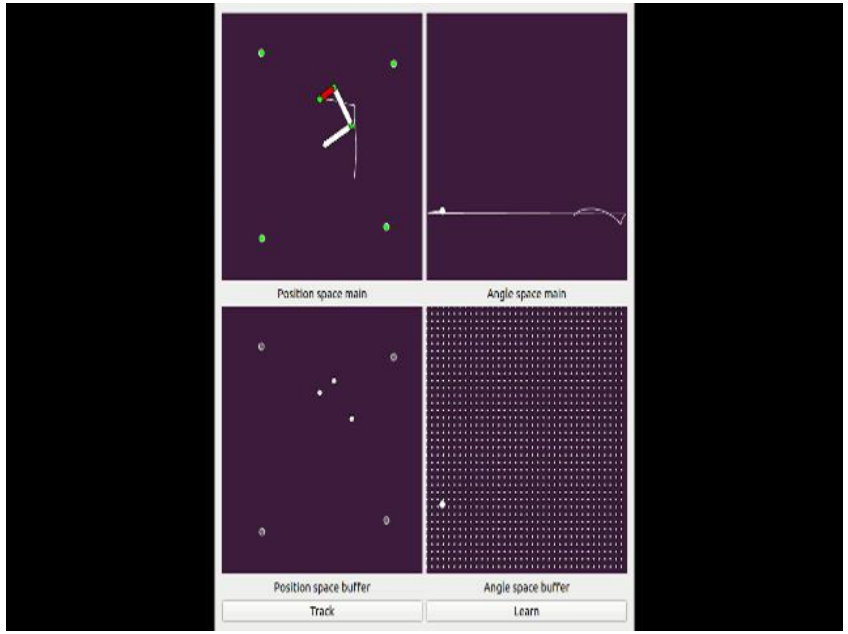
- ミラーニューロン
  - サルの脳内にある鏡のような働きをする神経細胞.「他者の行動を見たとき」と「自ら行動するとき」の両方に活性化する



Mirror neurons, Giacomo Rizzolatti and Maddalena Fabbri Destro (2008), Scholarpedia, 3(1):2055.

学習型ロボット:ヒトを真似るロボット

- サルのミラーニューロンを参考にして，ヒトを真似て理解し共生できる発達型の知能を作る.
- ロボットの知能発達のステップ(仮説)
  1. ロボットが自己の身体と動作を認知.
  2. ロボットがヒトの行動や心理を理解.
  3. ロボットとヒトが信頼関係を構築.

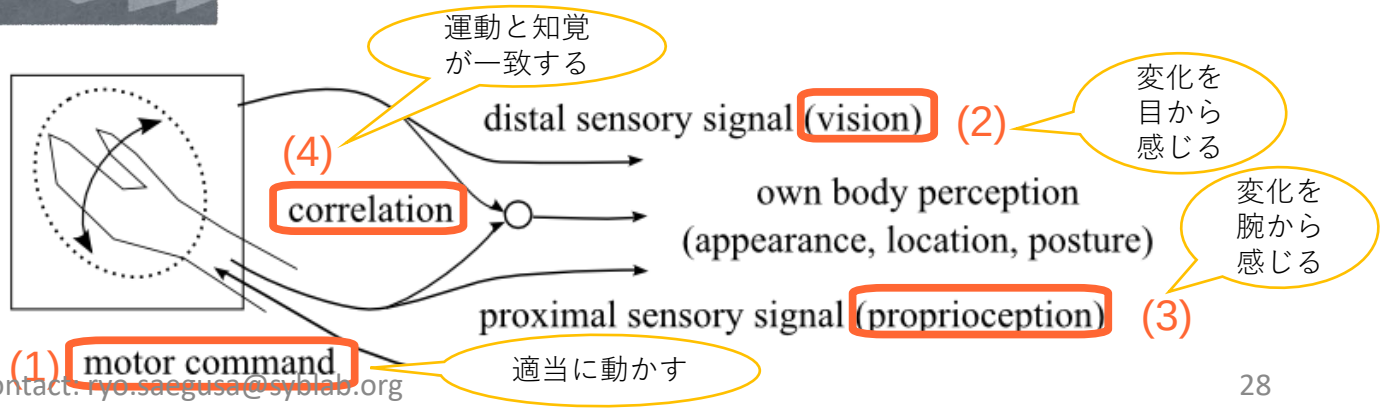


arm_sim.24.01
https://youtu.be/kH1qQl3TTBA

Video: 0:43

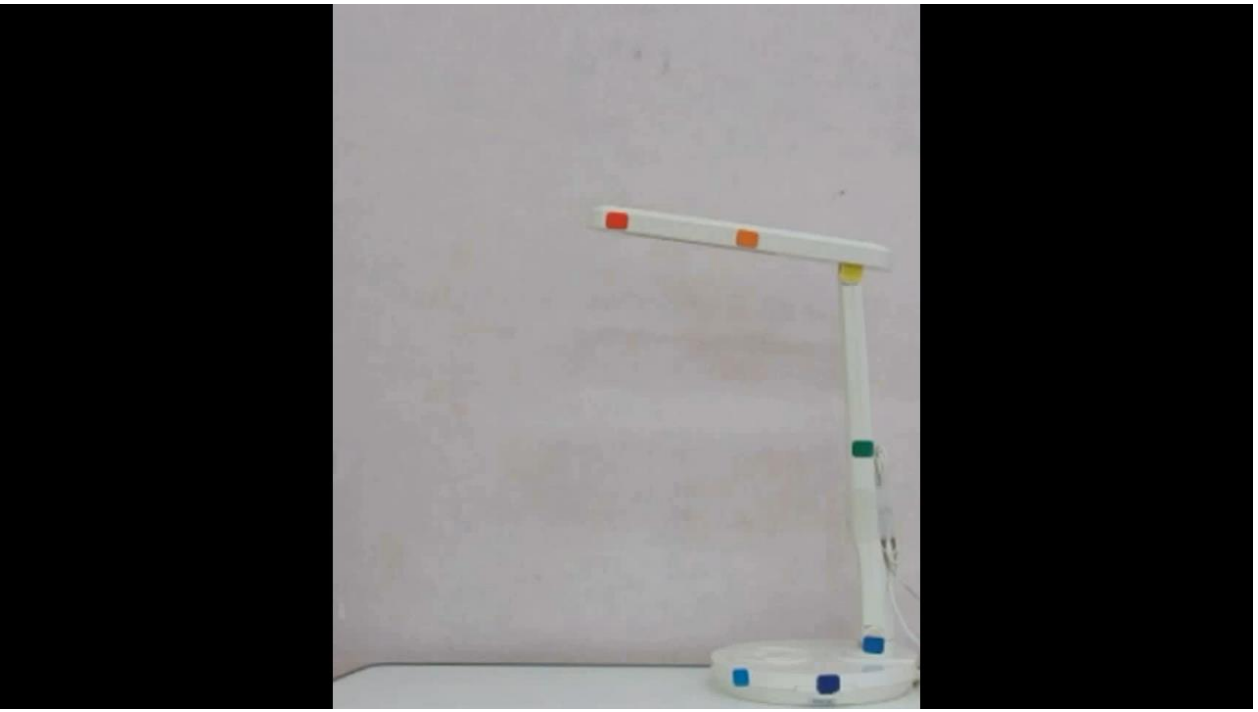
- ロボットの認知運動学習
  - 運動と感覚が一致(相関)する対象を自己とみなす.
  - 一致の有無より他者を分離して自己の身体を認知する.
  - 身体を認知し運動を制御して自己の動作を認知する.
- 手と手の動作の認知
  - 運動と認知の繰り返しによって自己の像を学習できる.



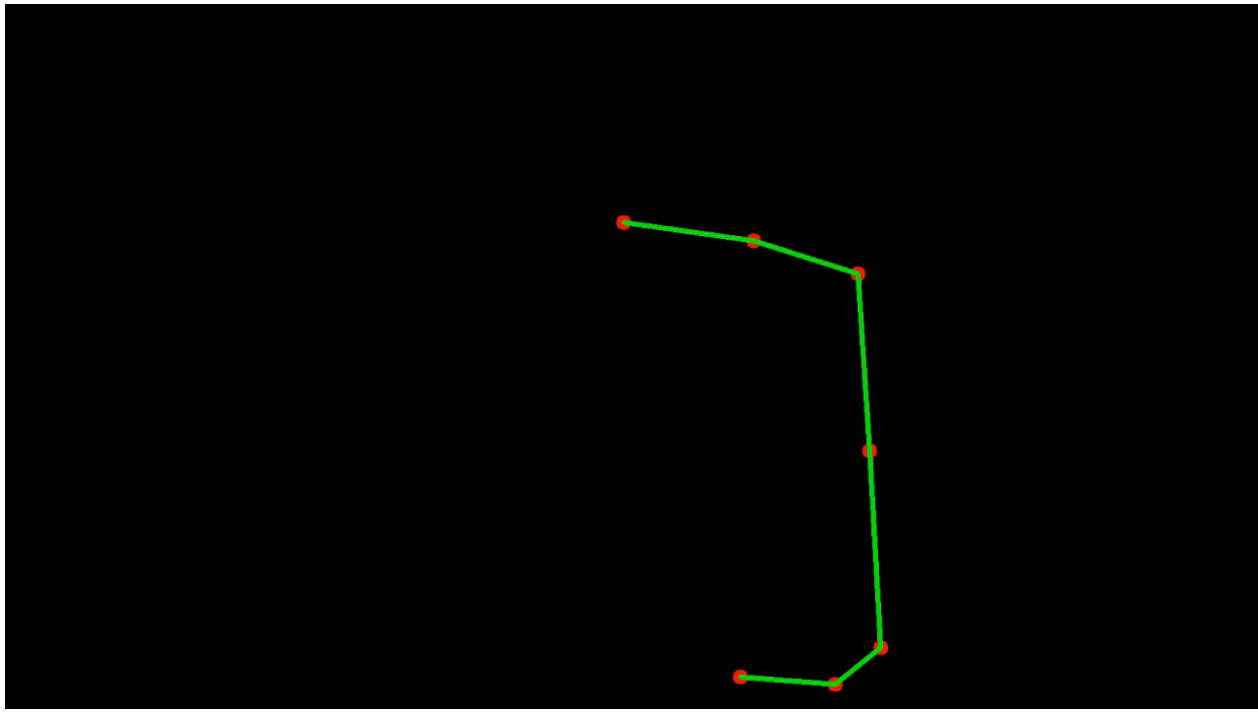


学習型ロボット: 自分や道具の関節を知覚する

- 後天的に関節を知覚できる



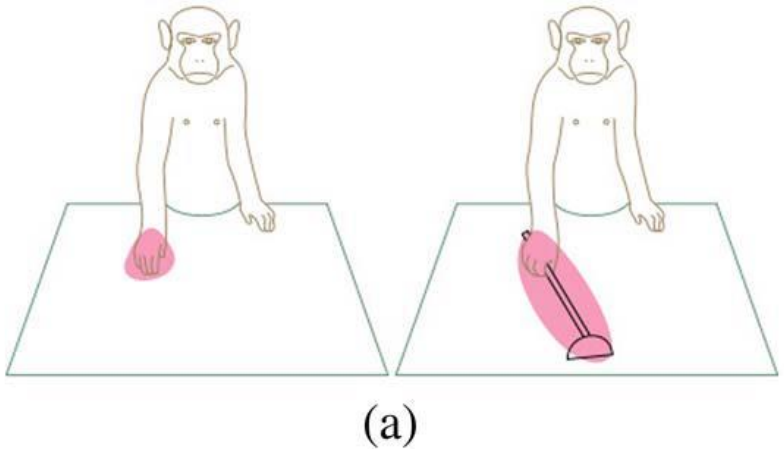
Video: 0:44

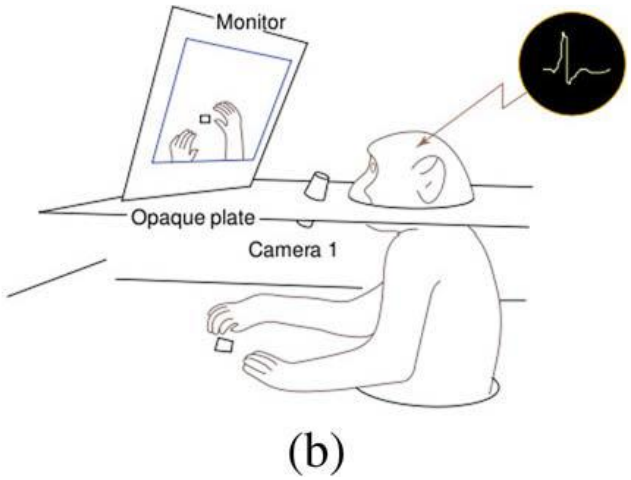


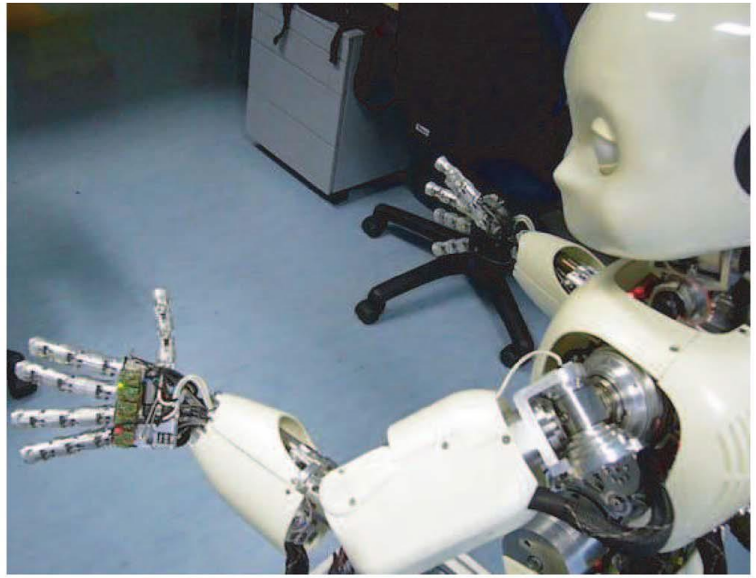
Video: 0:44

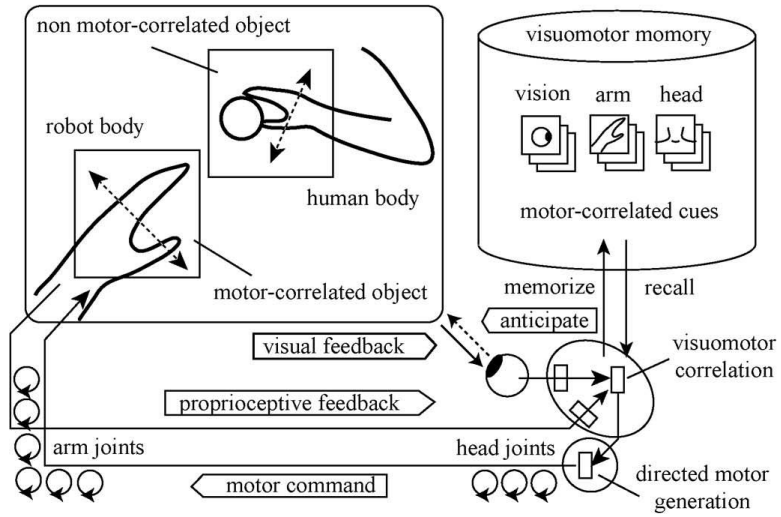
学習型ロボット: 自分の関節や道具を知覚する

- サルは慣れた道具を体の一部として知覚している



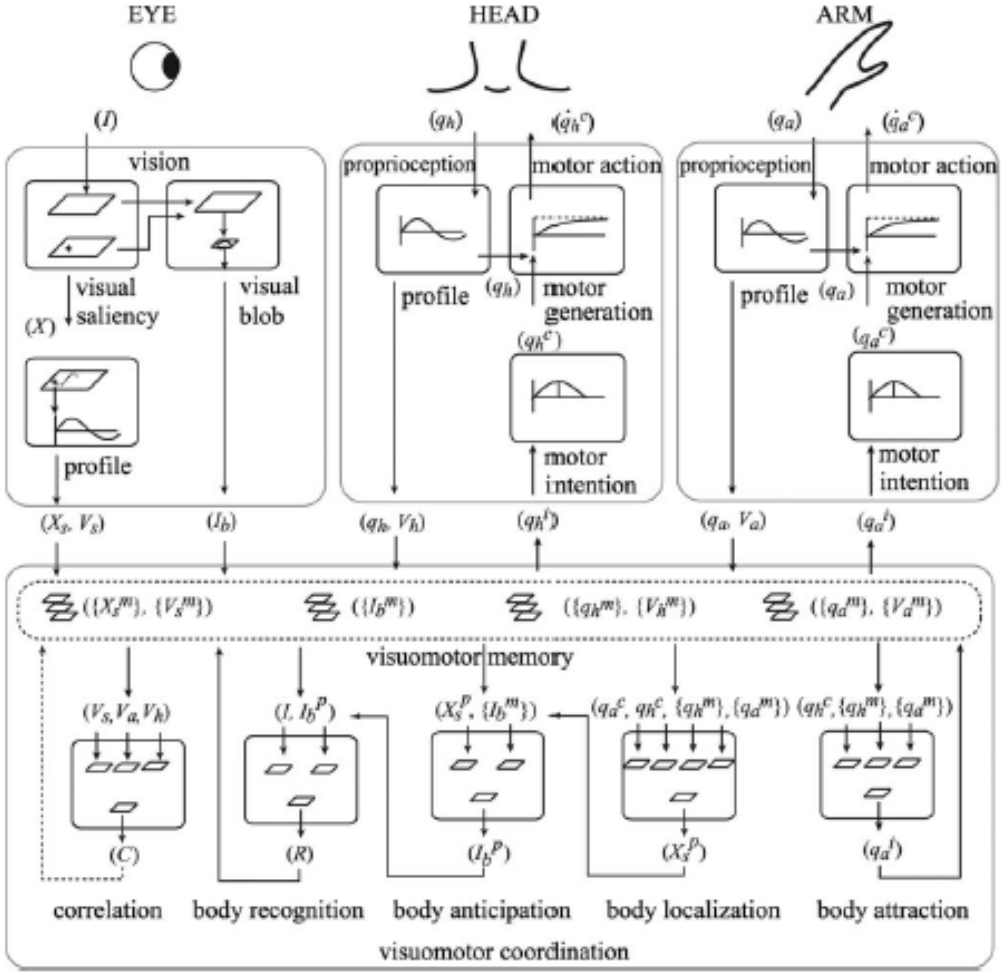


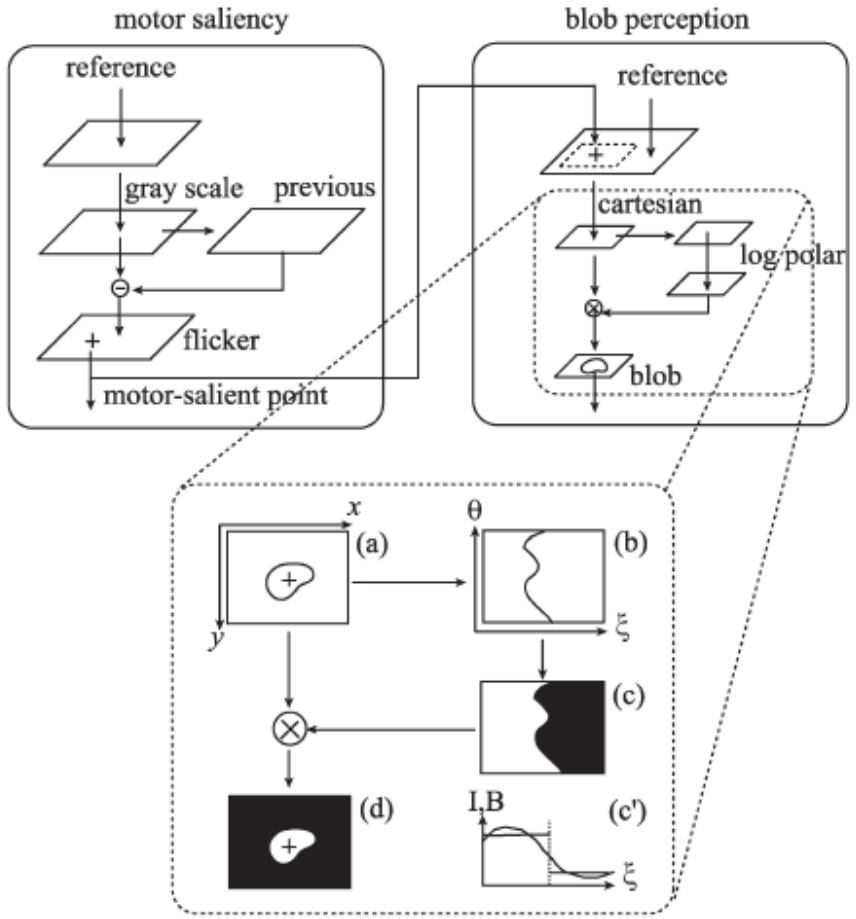




学習型ロボット: 自分の関節や道具を知覚する

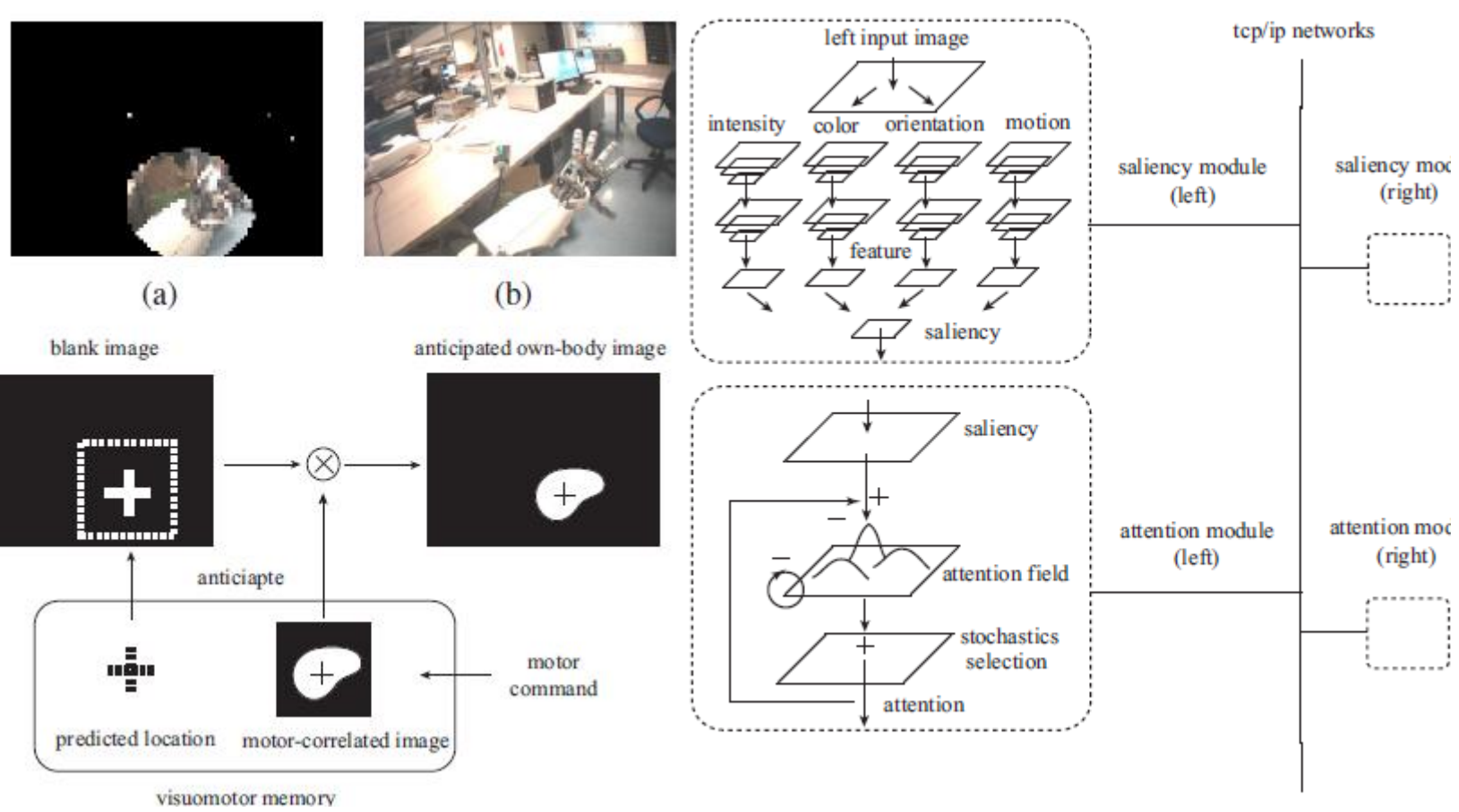
- 「目と首と手の動き」と「動いて見えるもの」と関連づける.

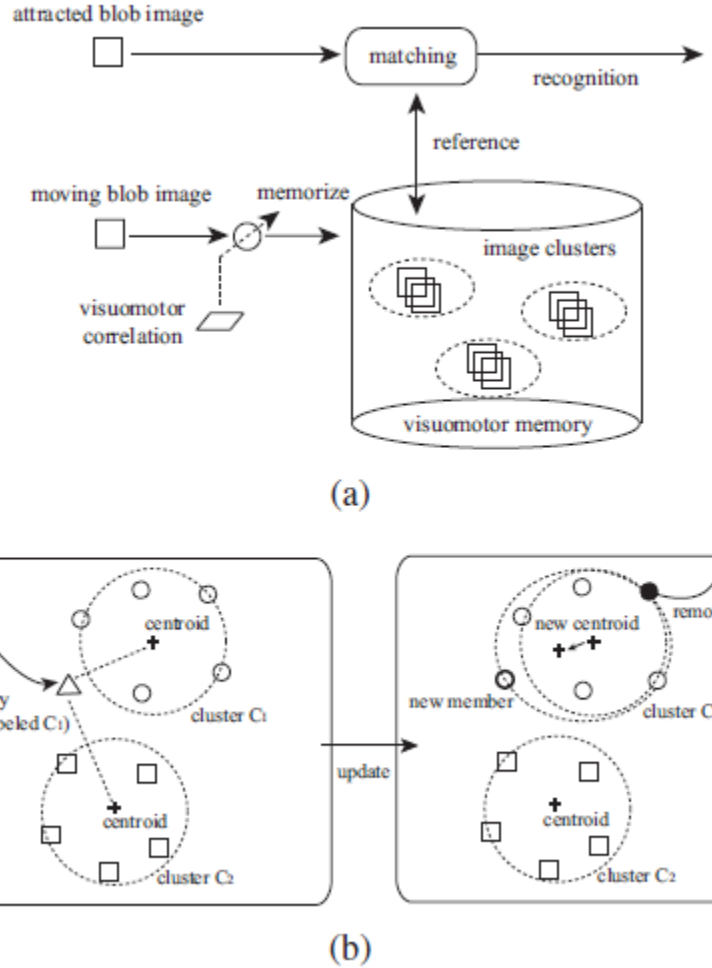




学習型ロボット: 自分の関節や道具を知覚する

- 動くかたまりを知覚して，ボディイメージを作る.

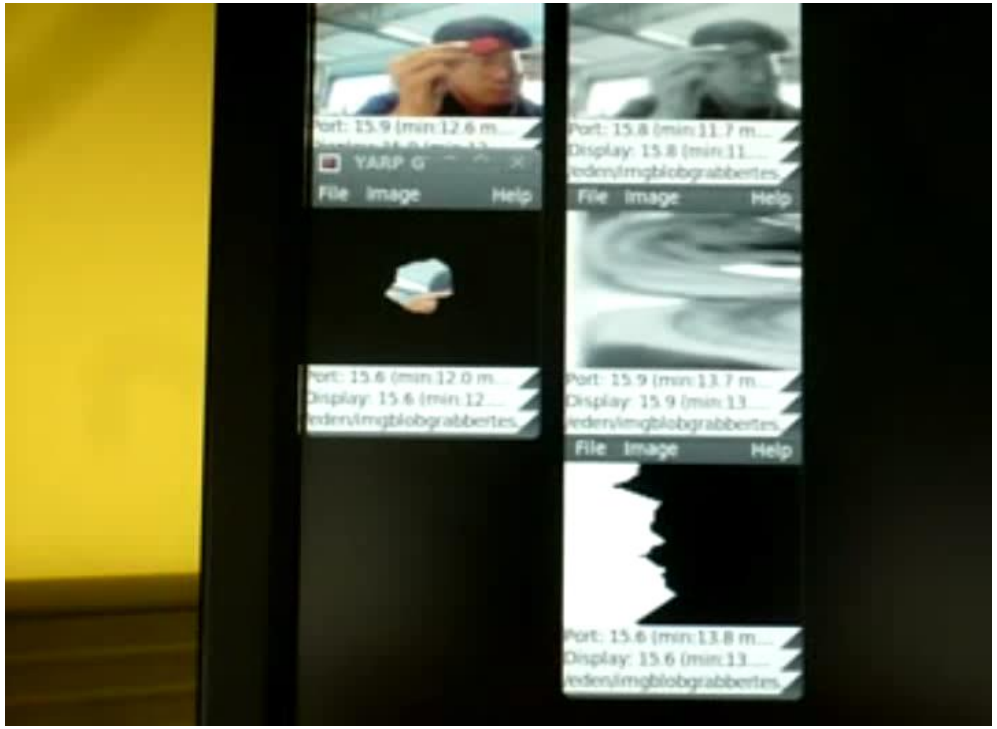




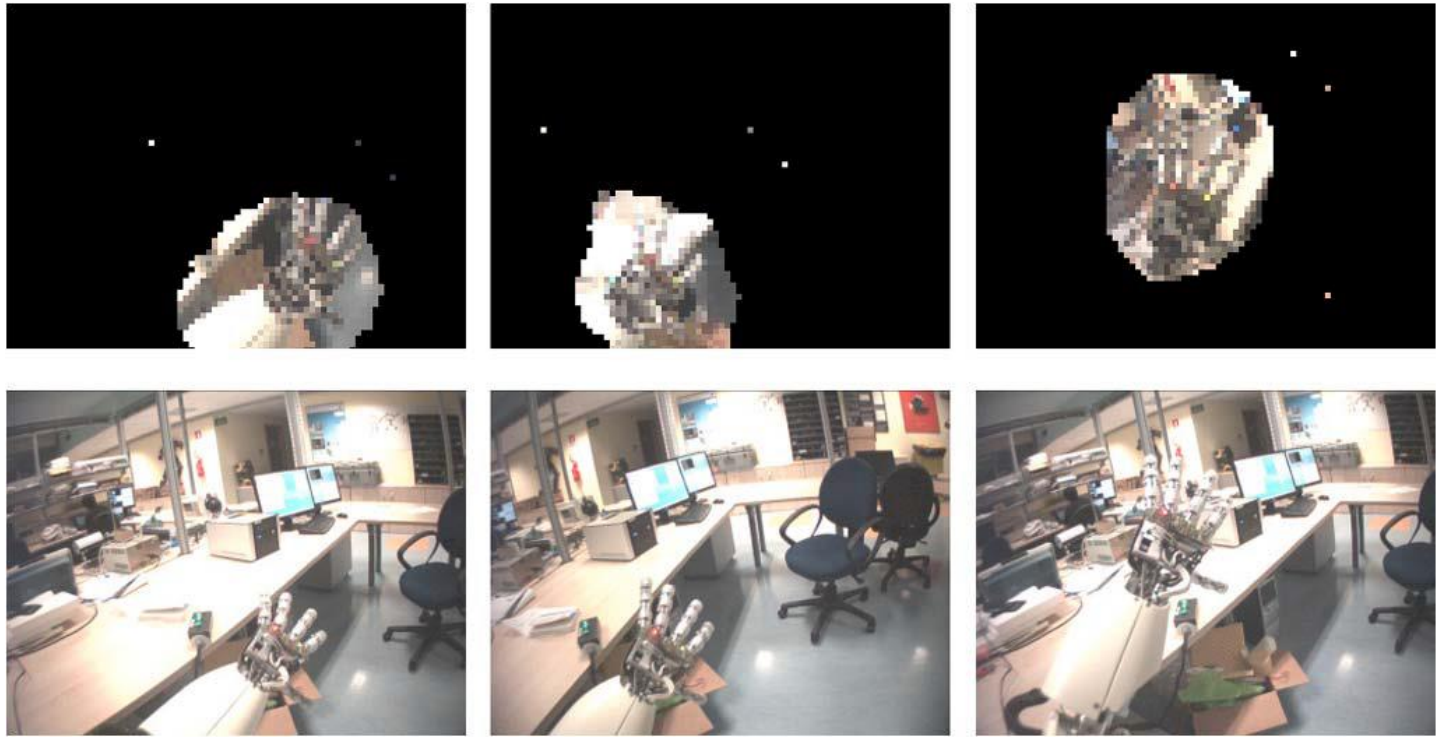
Contact: ryo.saegusa@syblab.org

学習型ロボット: 自分の関節や道具を知覚する

- 動くかたまりを知覚して，ボディイメージを作る.

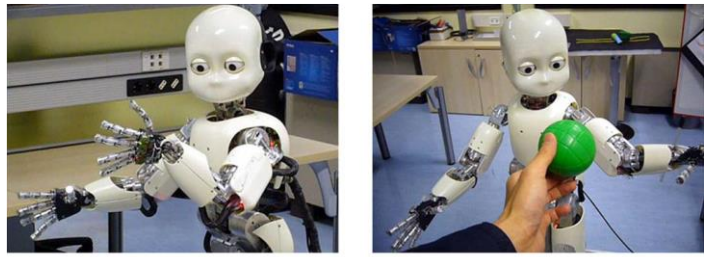


Video: 1:03

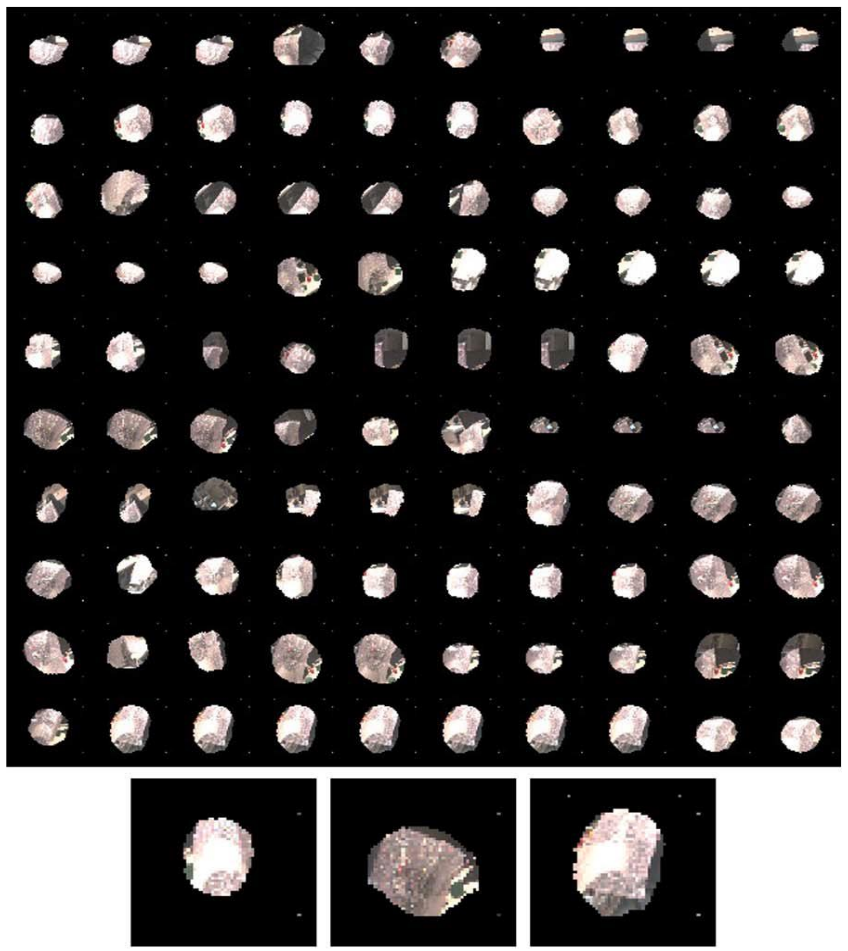


学習型ロボット: 自分の関節や道具を知覚する

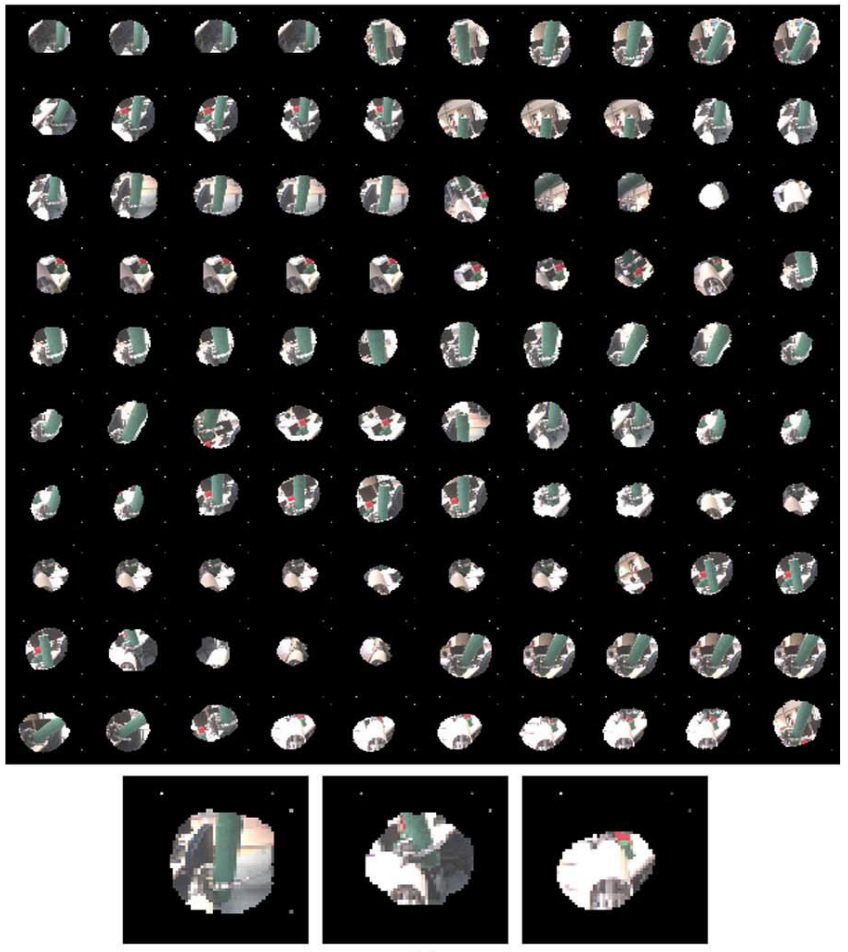
- 体の見えは変わっても良い. 道具も体の一部と知覚する.



(a) (b) (c) (d)



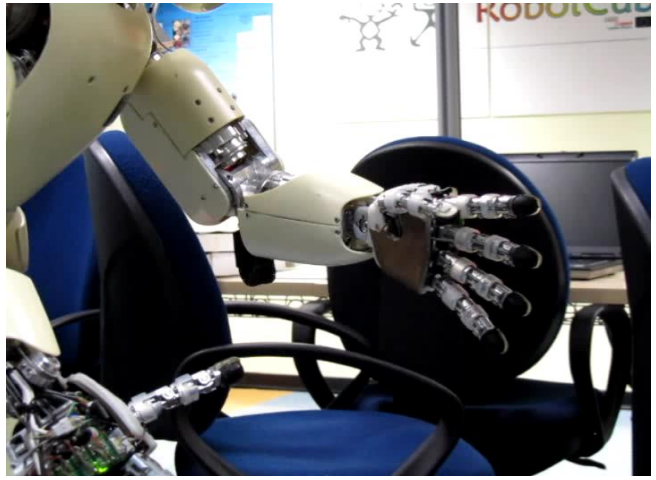
(a)



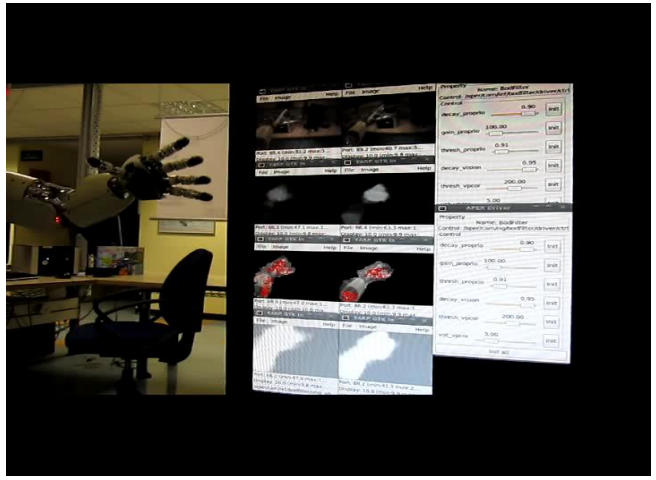
(b)

学習型ロボット: 人の動作を模倣する

- 認知運動学習時の腕のランダム動作

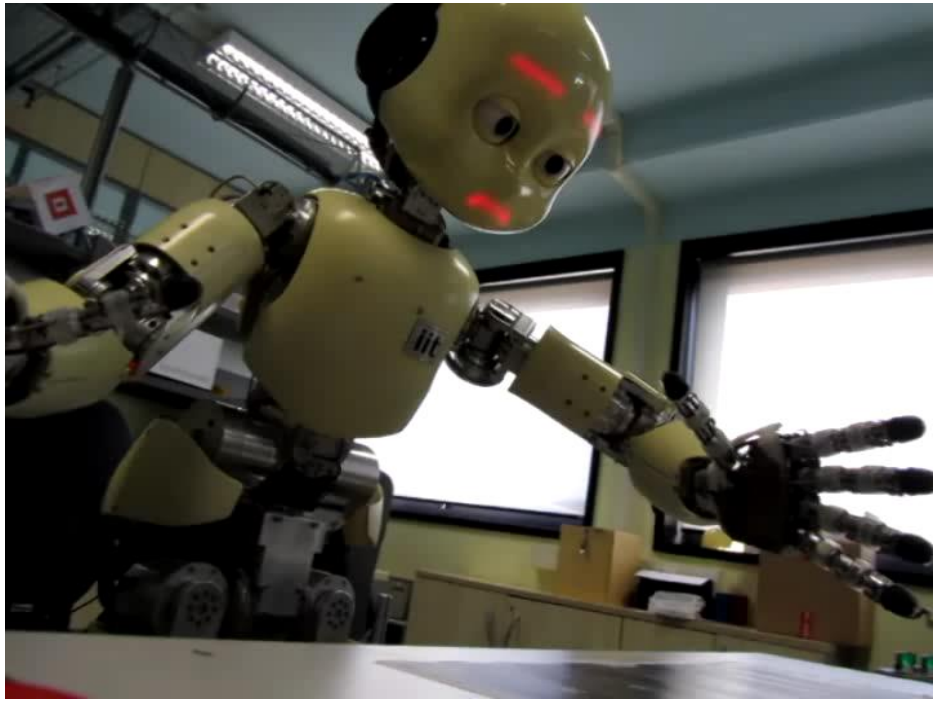


Video: 0:38



Video: 0:15

- 認知運動学習後の身体像



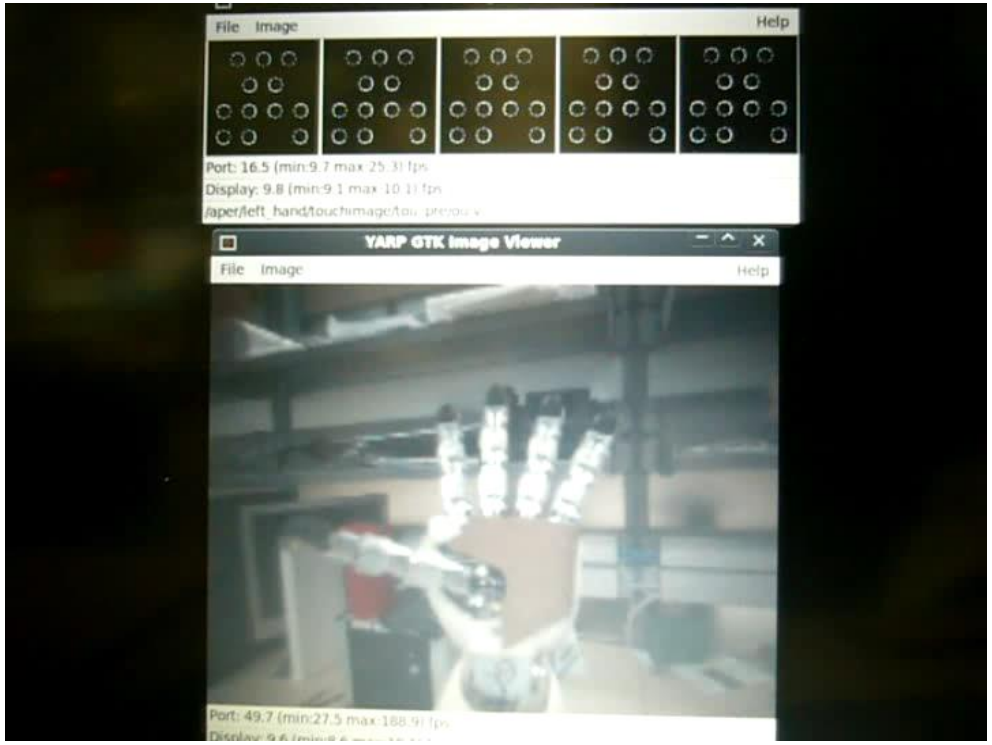
Video: 0:45

icub_body_babbling.20.11
https://youtu.be/c7kIG2Rqzvs
icub_body_filter.20.11
https://youtu.be/l5e1GlQfHv8
icub_body_image.20.11
https://youtu.be/YBZeb6bPGN0

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

学習型ロボット：感覚を連想学習する

- 連想学習後の視覚と触覚の相互想起



Video: 0:42

- 視覚と力覚の連想学習による接触の判定と予測

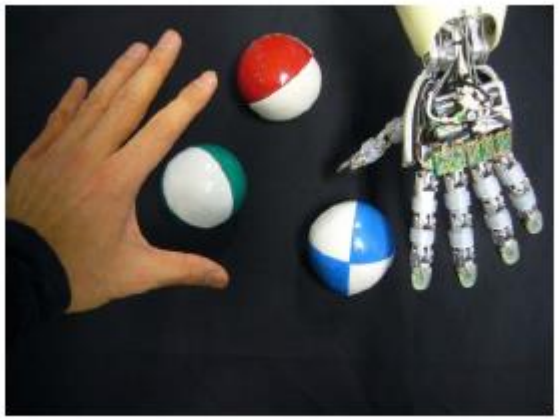


icub_touch.21.07
https://youtu.be/0pISxqdUkcc
icub_vision_force.21.07
https://youtu.be/lotvo2QiAbQ

Video: 0:50

学習型ロボット: 人の動作を模倣する

- マカクサルのミラーニューロン



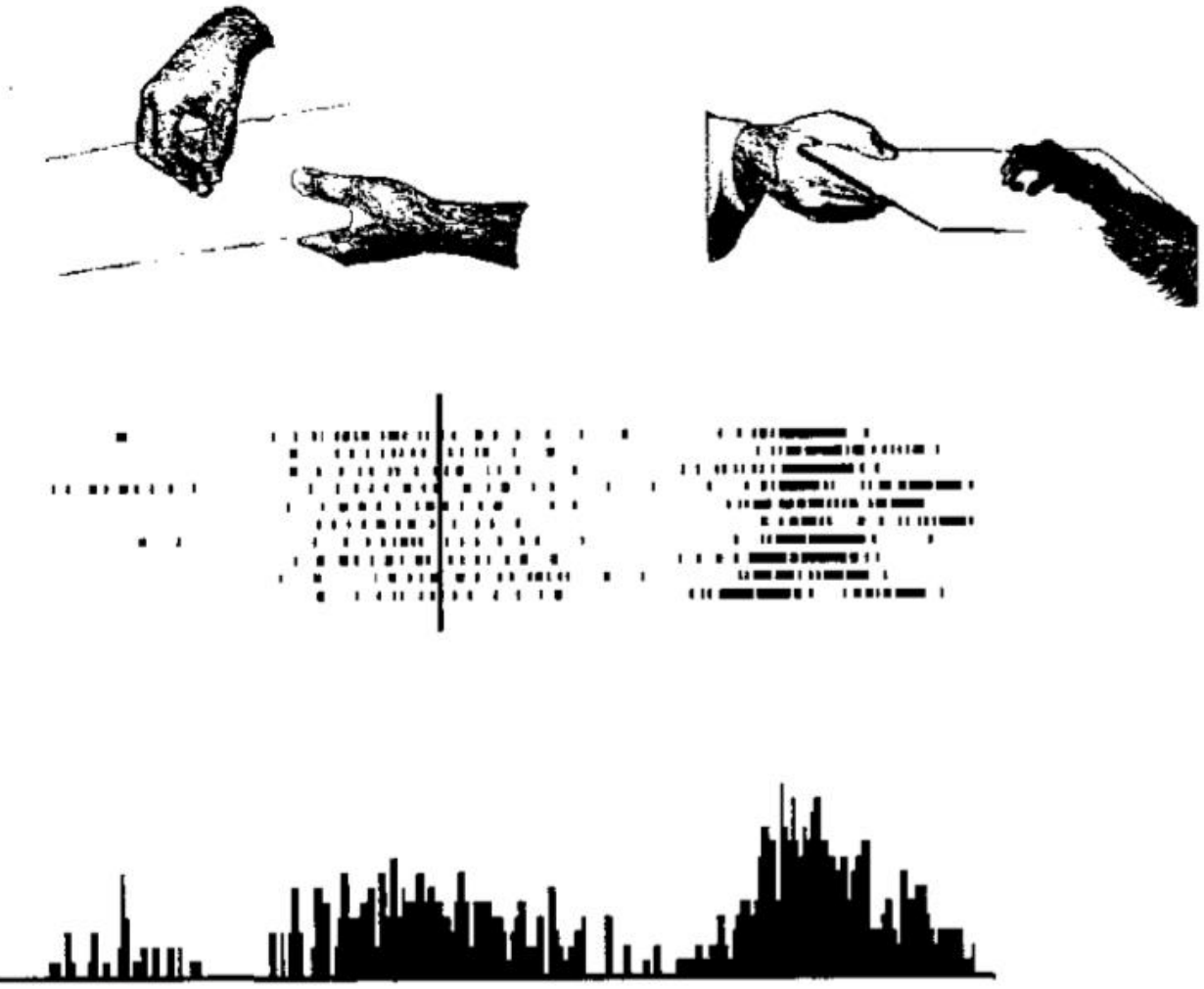
(a)



(b)

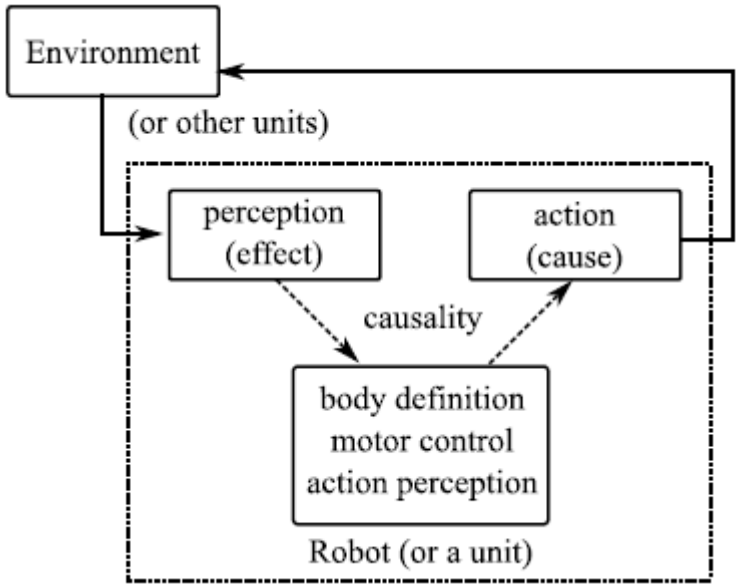


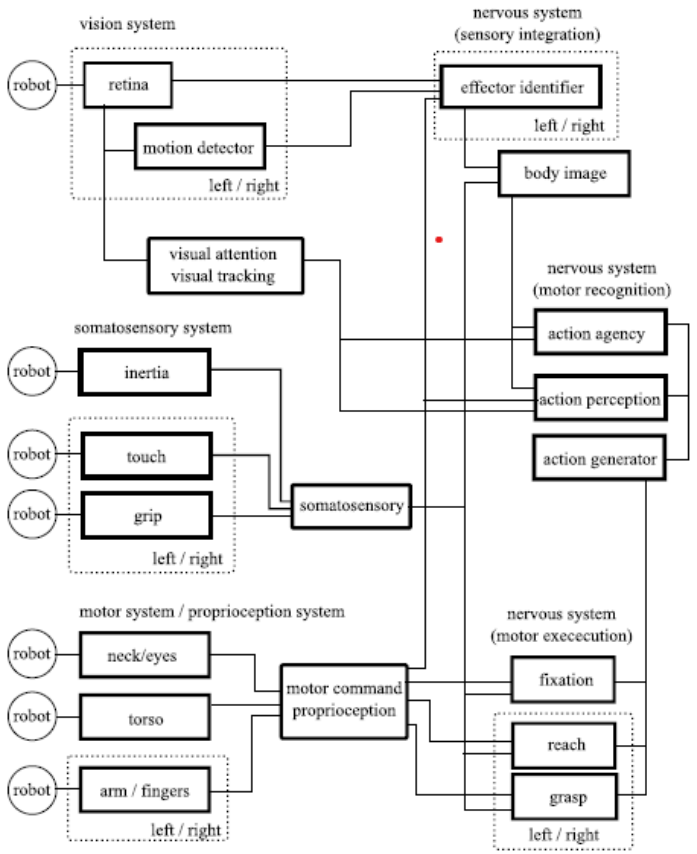
(c)

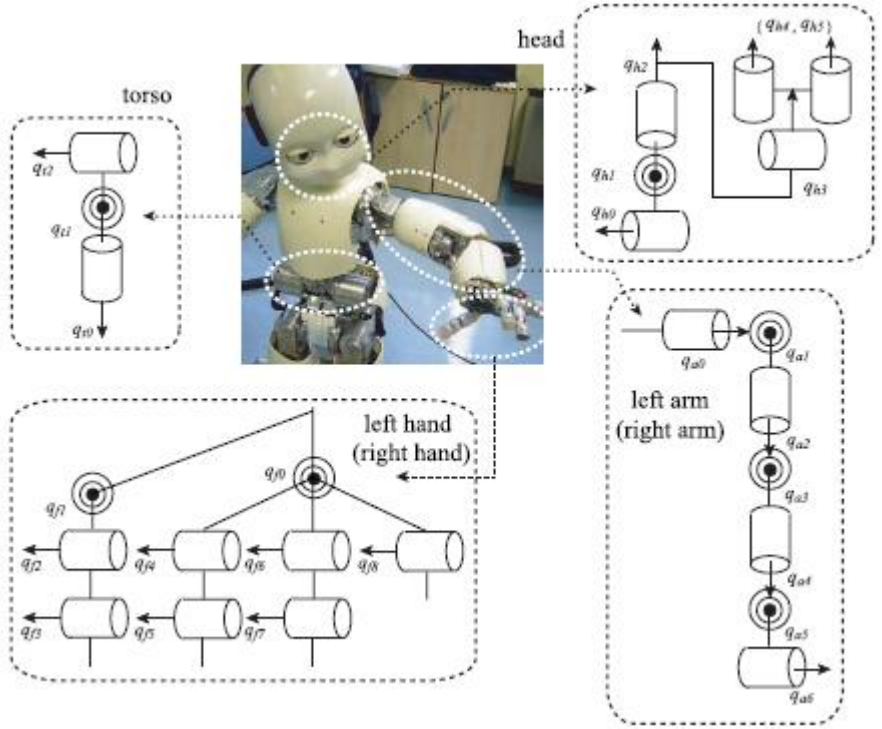


学習型ロボット: 人の動作を模倣する

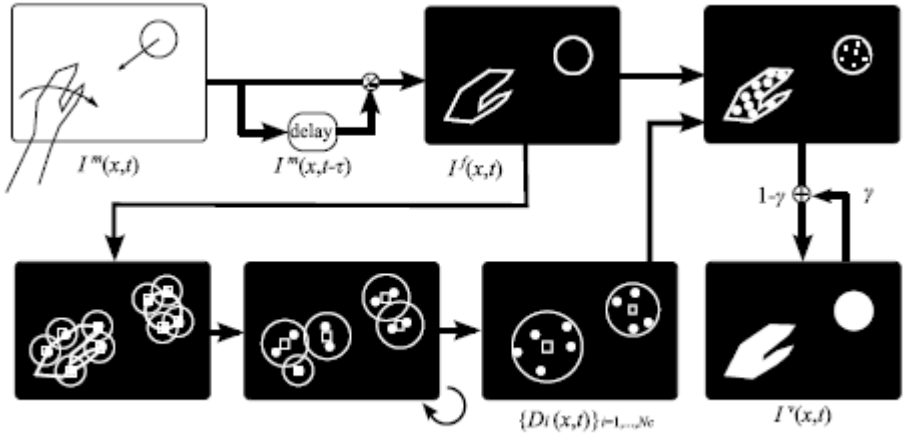
- 運動と知覚から因果関係を捉える.

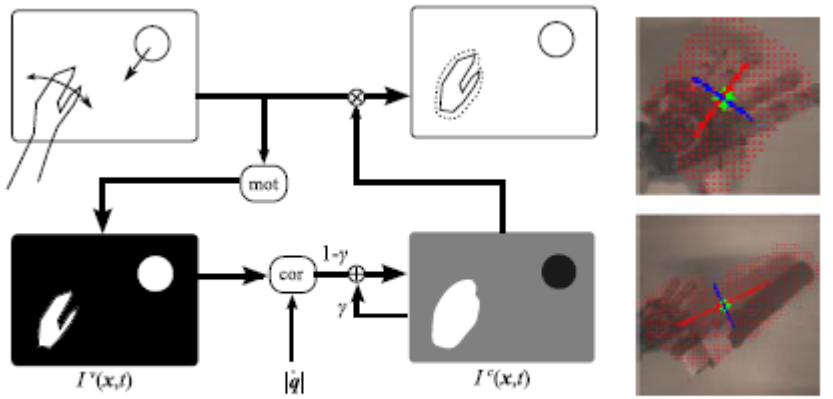




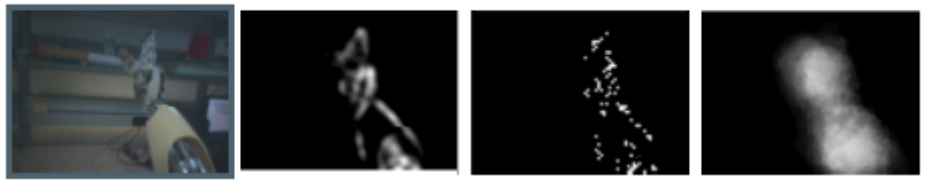


学習型ロボット: 人の動作を模倣する





(a) (b)

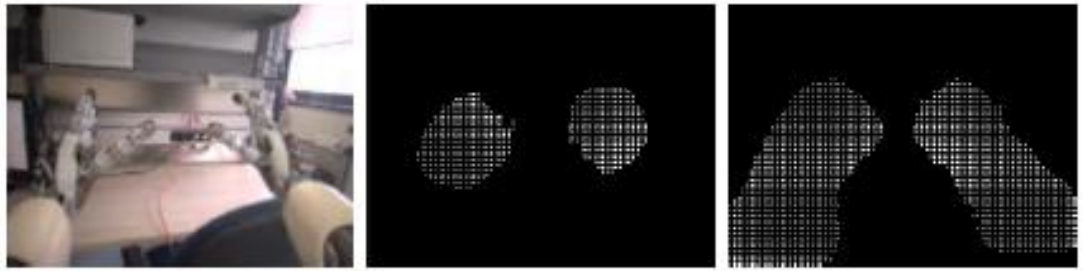




(a) (b)

(c) (d)

学習型ロボット: 人の動作を模倣する



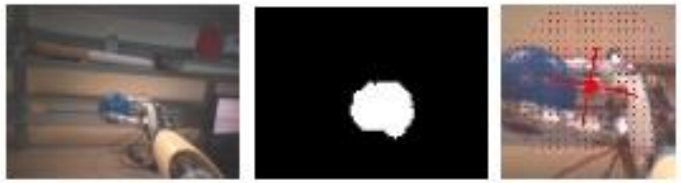
(a)



(b)



(a)

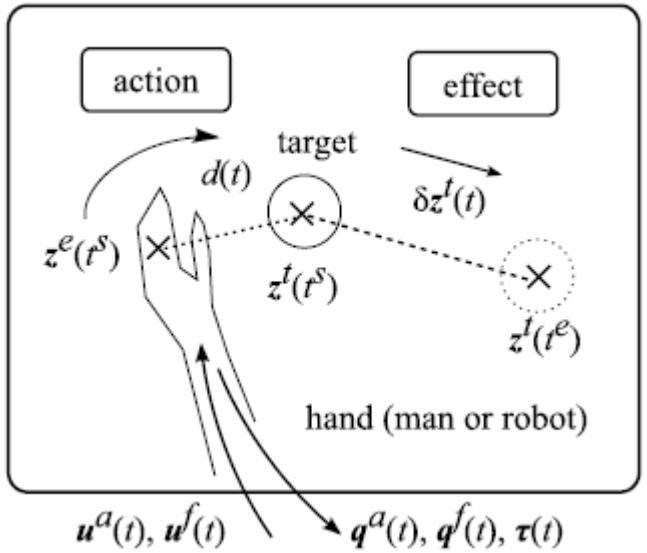


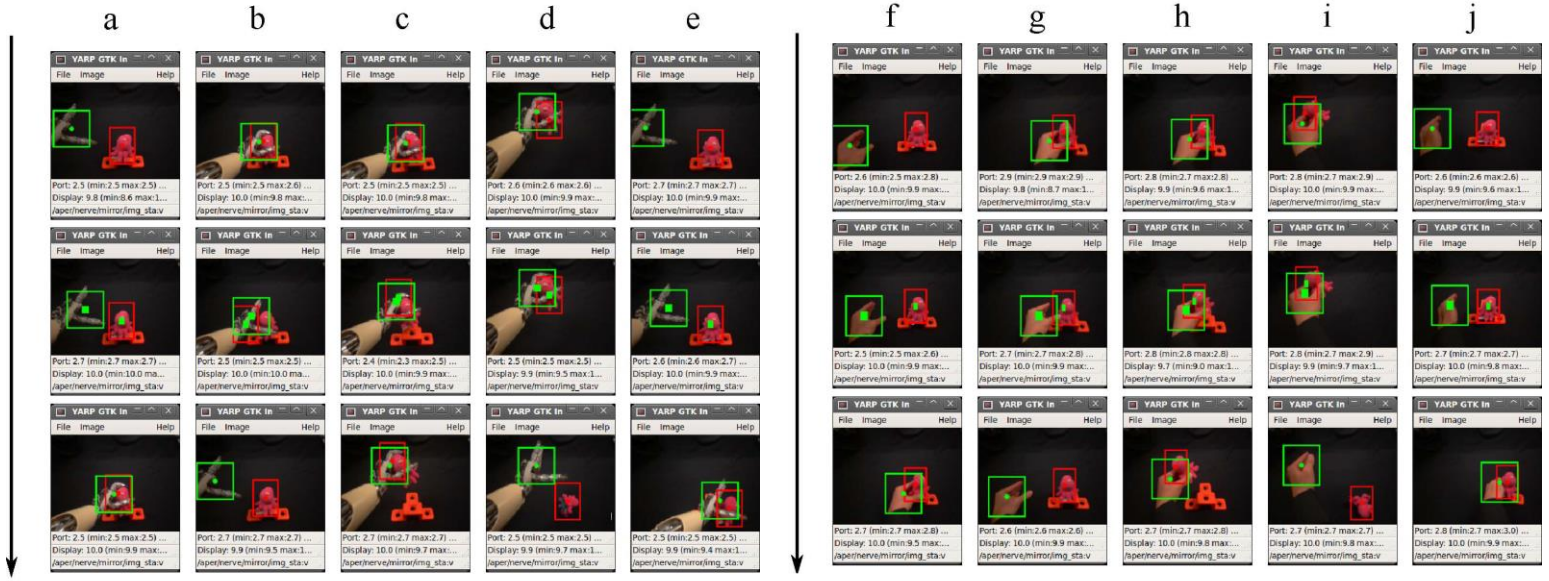
(b)

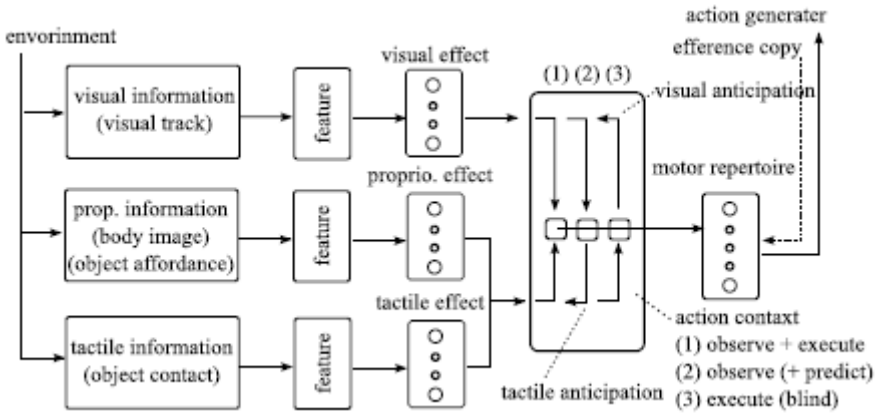


(c)

学習型ロボット: 人の動作を模倣する









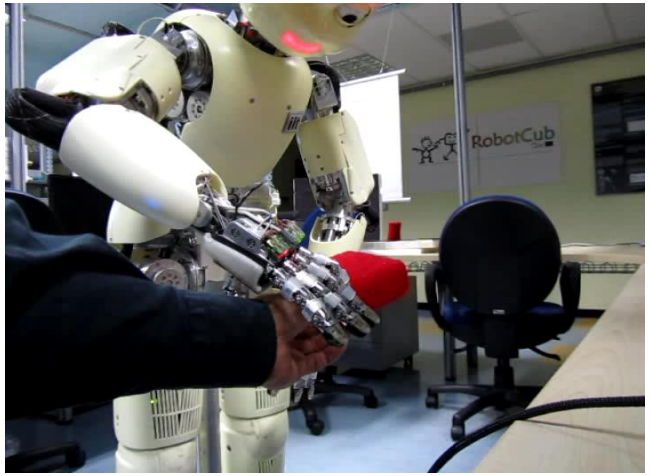
(a)



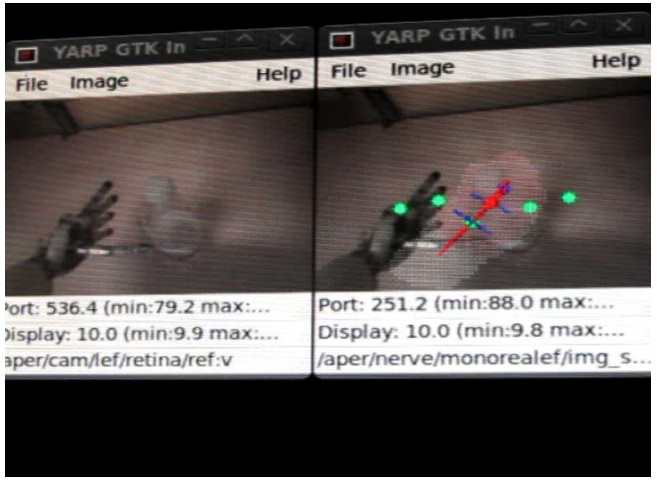
(b)

学習型ロボット：ロボットの連想学習

- 連想学習による物体把持の予測制御

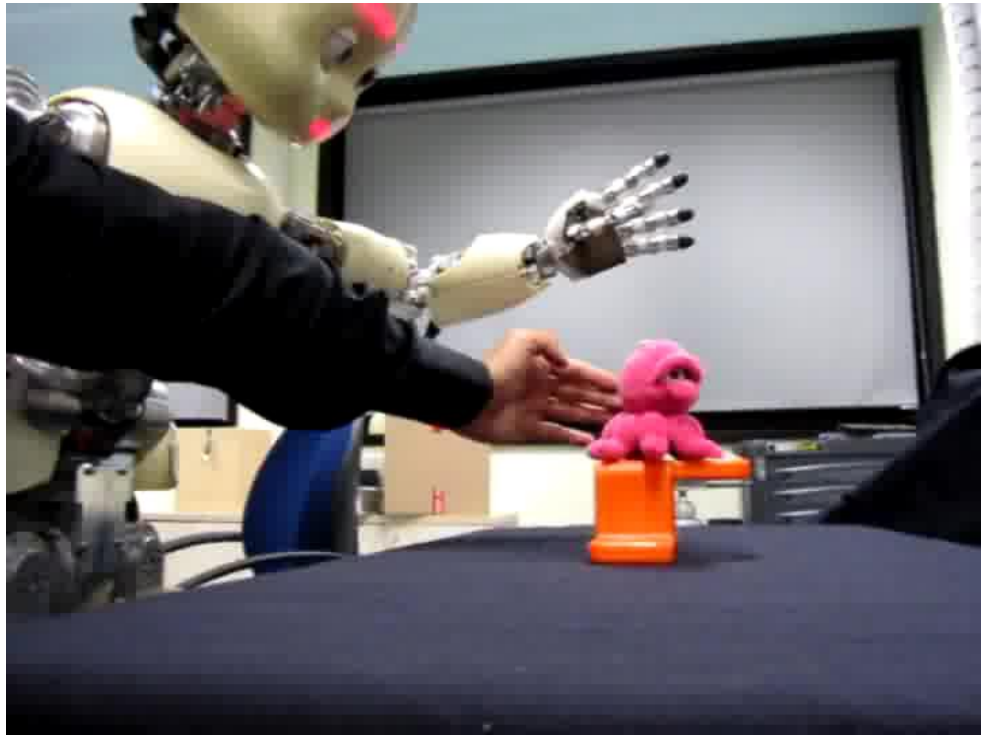


Video: 1:07



Video: 0:17

- 模倣動作学習による物体操作の観察と模倣



Video: 0:59

icub_grasping.20.11
https://youtu.be/C2tB3lTTfGs
icub_grasp_anticipation.21.07
https://youtu.be/RXnoalpJ8f4
icub_mirroring.20.11
https://youtu.be/vsw4-tPgwFo

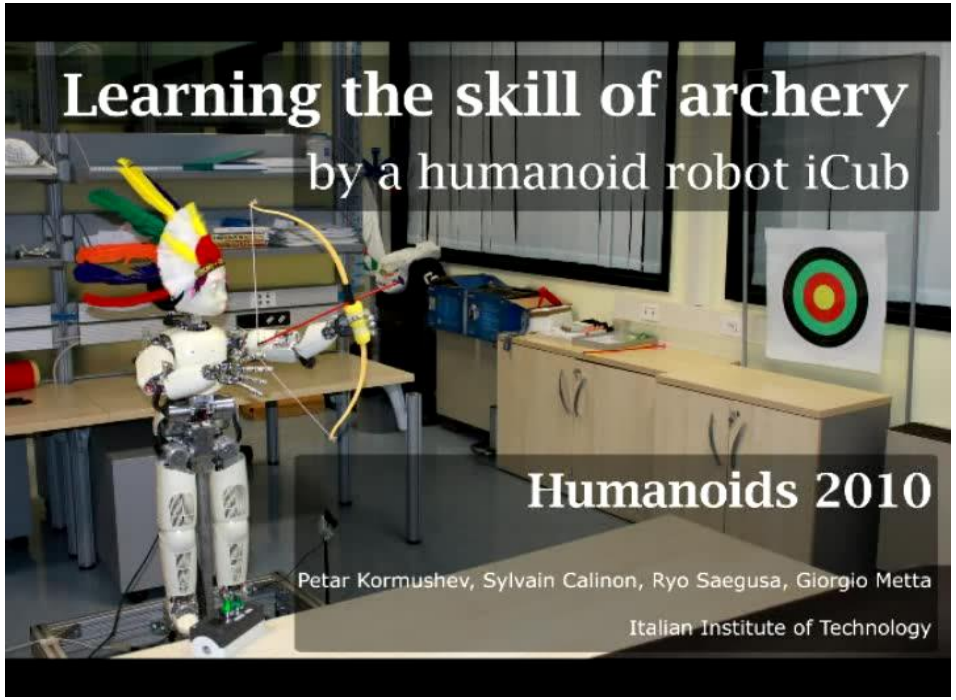
学習型ロボット：ロボットの転移学習

- 転移学習による立ち上がりの実現



Video: 0:33

- 強化学習によるアーチェリーの実現

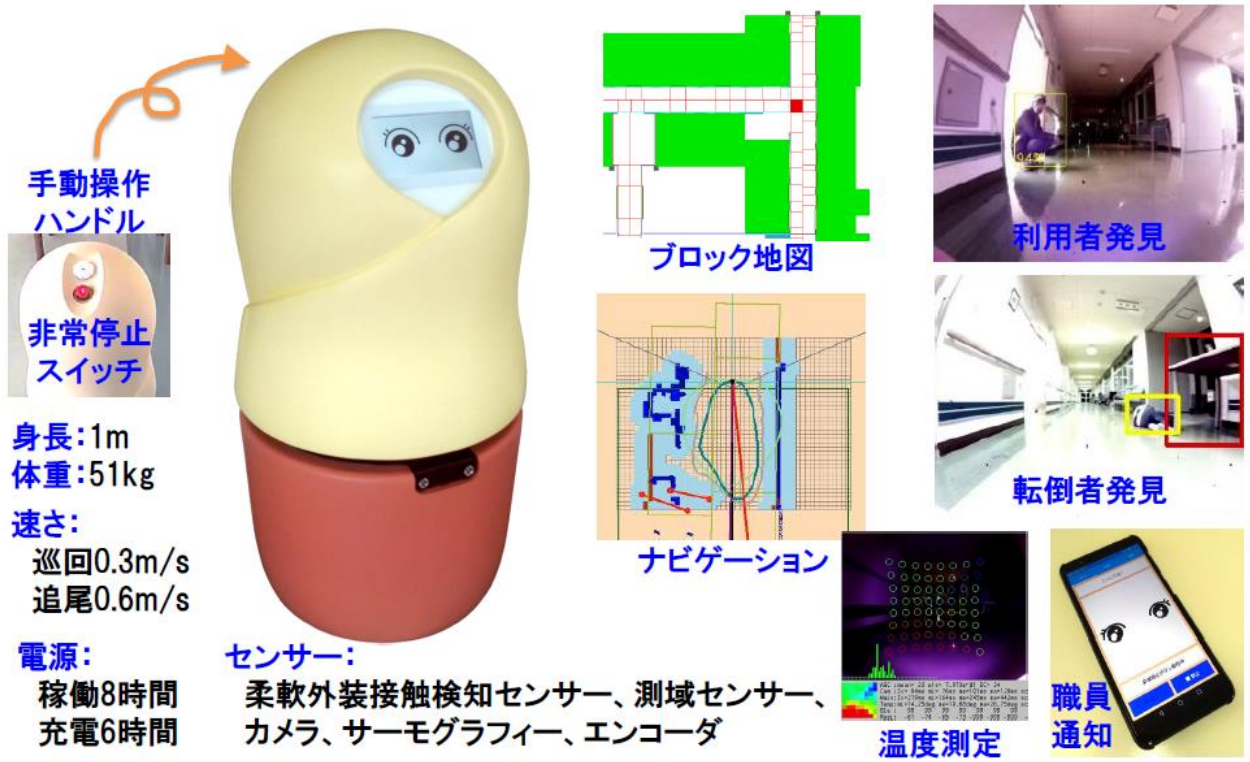


Video: 1:42

icub_situp.21.07
https://youtu.be/_NQQ7xCt6iA
icub_archery.20.11
https://youtu.be/zK9K84I9G_0

学習型ロボット：ロボットの環境移動

- 自己位置推定し，地図生成して巡回移動するロボット



kurumi.19.06
https://youtu.be/MYMziub1P30
kurumi.19.09
https://youtu.be/Rj0-wqT2If8

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

sinto

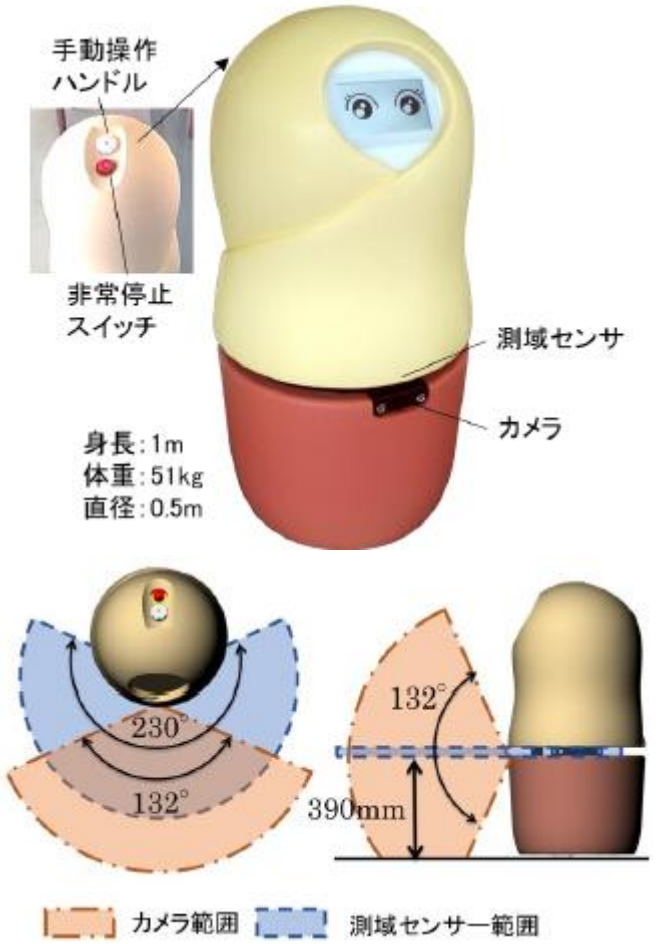
Video: 1:55



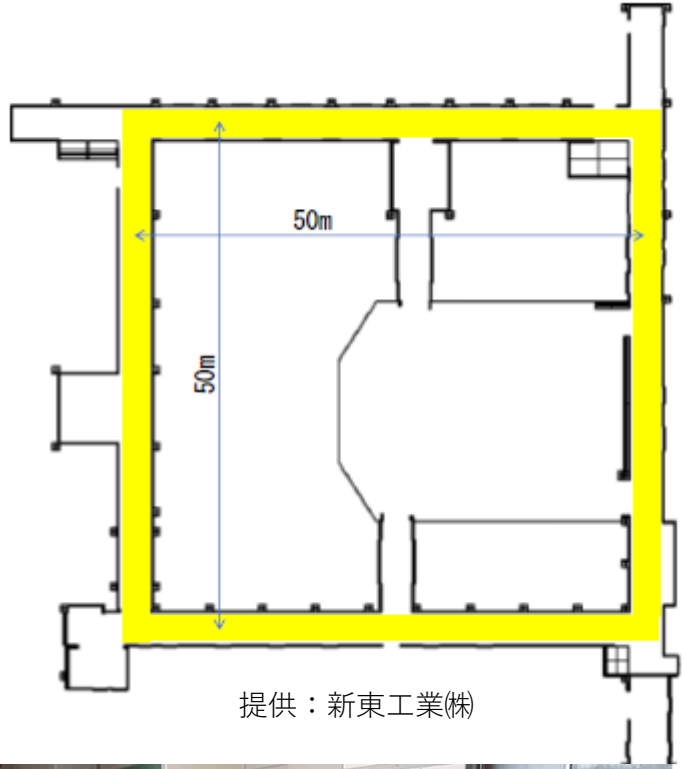
Video: 2:03

学習型ロボット：ロボットの環境移動

- 自己位置推定し，地図生成して巡回移動するロボット







提供：新東工業㈱



kurumi.21.03
https://youtu.be/dLWBxWXwT5c

Video: 1:45

Contact: ryo.saegusa@syblab.org

人間と共生するAIとロボット

Camina/Orale/Mano/Parla/Memoria
Cibo/Mani/Spina/Lucia/Occhi

人間と共生するAIとロボット

- 介護・医療・福祉を支援する



Video: 1:49



Video: 1:44



Video: 1:54

ipsjone-1-audio.21.02
https://youtu.be/pDoihIca1gw
ipsjone-2-audio.21.02
https://youtu.be/SEkDV0eYyw0
ipsjone-3-audio.21.02
https://youtu.be/VC8lH5b1To8

人間機械共生研究室

SybLab
神奈川工科大学
人間機械共生研究室
https://www.syblab.org/

- 人間機械共生研究室へようこそ
- 人と機械が共生すると良いがある．それは何かな？



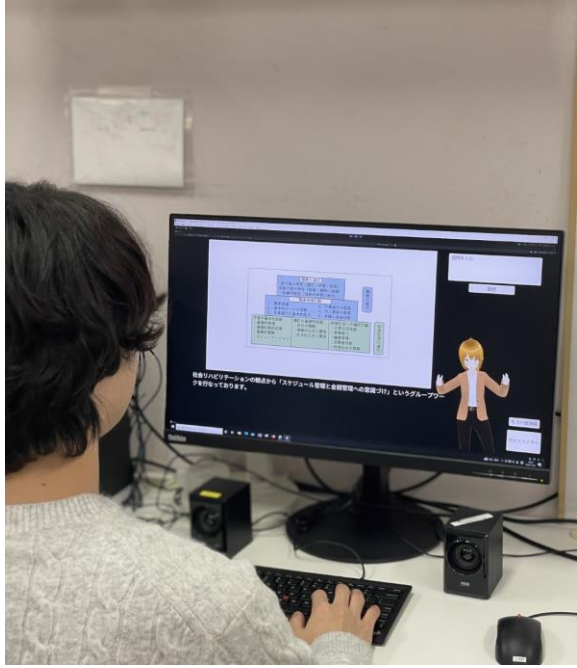


スタンプラリー：ロボットをさがせ！

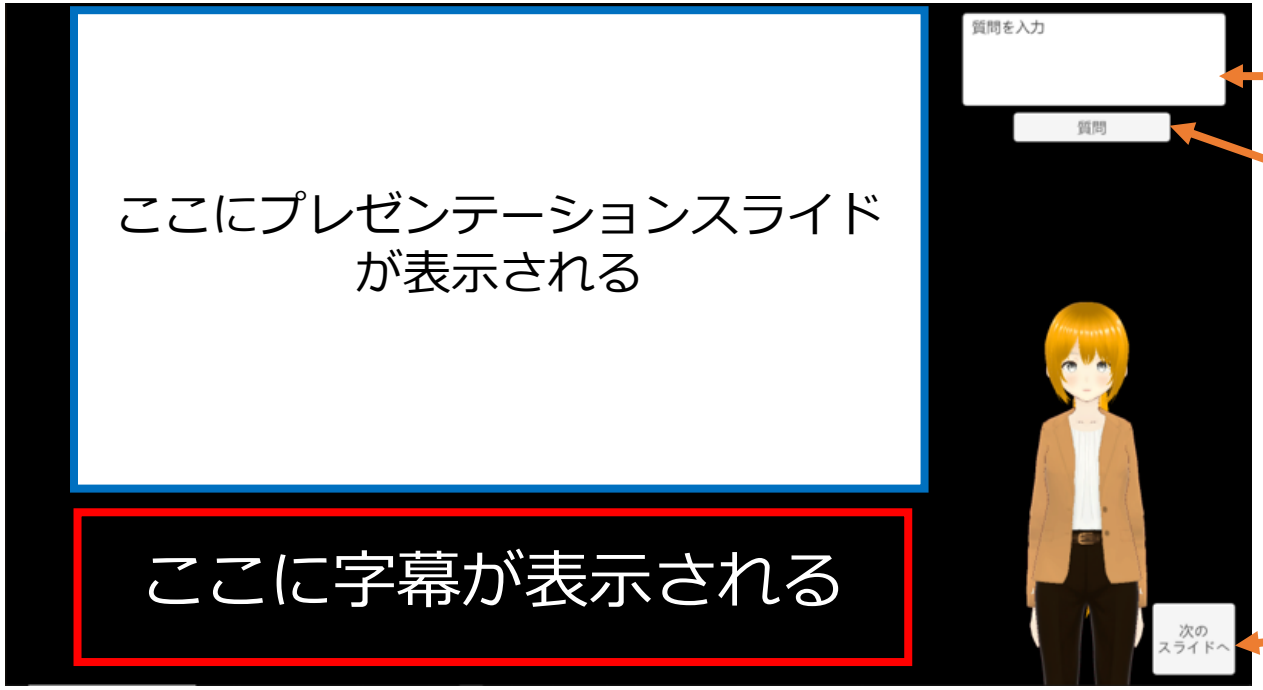
きく	まげる	つかむ	おもいだす
			
あるく	**にぎる**	**かむ**	**さわる**
			



Parla(パルラ)とOcchi（オッキ）
お話しを聞いて質問しよう！



- 音声,字幕,身振り,表情でゲームの裏側を語るよ
- 説明中に画面のどこを見ているかを計測するよ
- お話を聞いてCGエージェントに質問してみよう

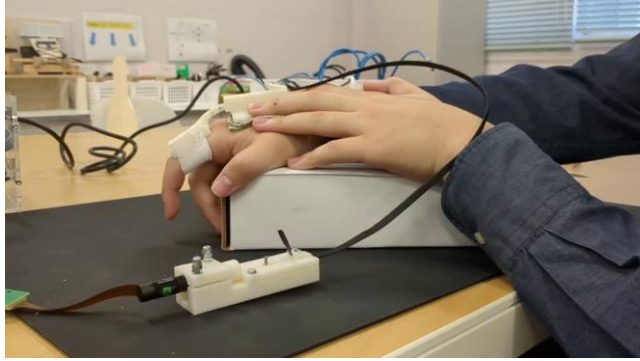


ここに質問を入力

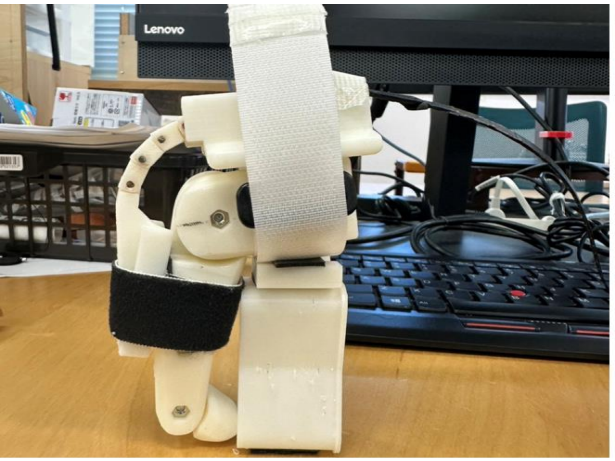
質問を入力したら
「質問」ボタンを押す

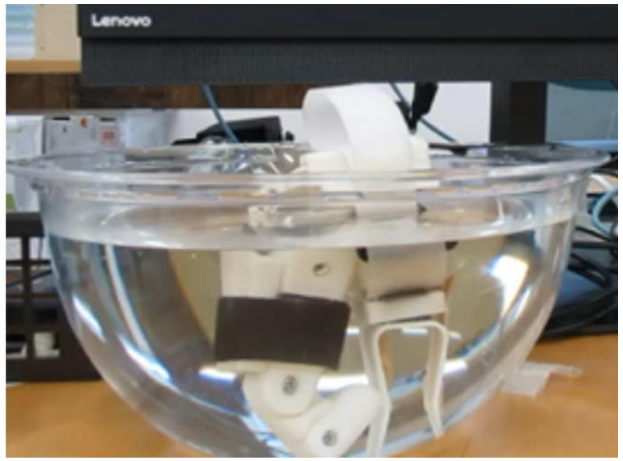
ボタンを押して
次に進む

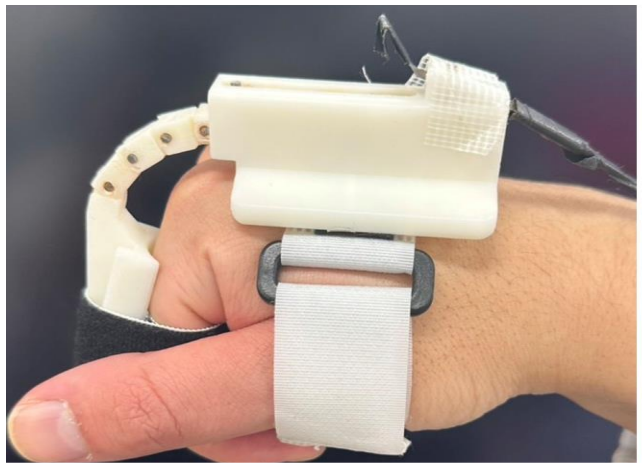
Mano(マーノ)
お湯のなかで指を動かそう！

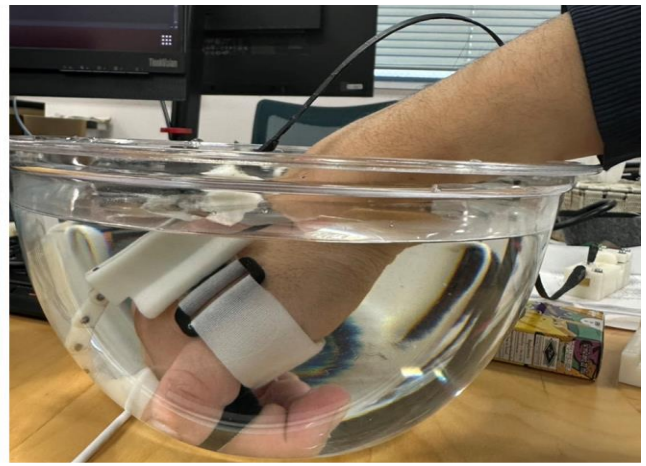


- 装置を着て指の曲げ伸ばし動作をしてみよう
- 指の動きと温度の分布をカメラでチェックしよう
- お湯の中で指を動かす温熱療法を体験しよう









Mani(マーニ)
ロボットでぬいぐるみを動かそう！

- コントローラでロボットの腕を動かしてみよう
- ぬいぐるみがロボットに分かるように向きを整えよう

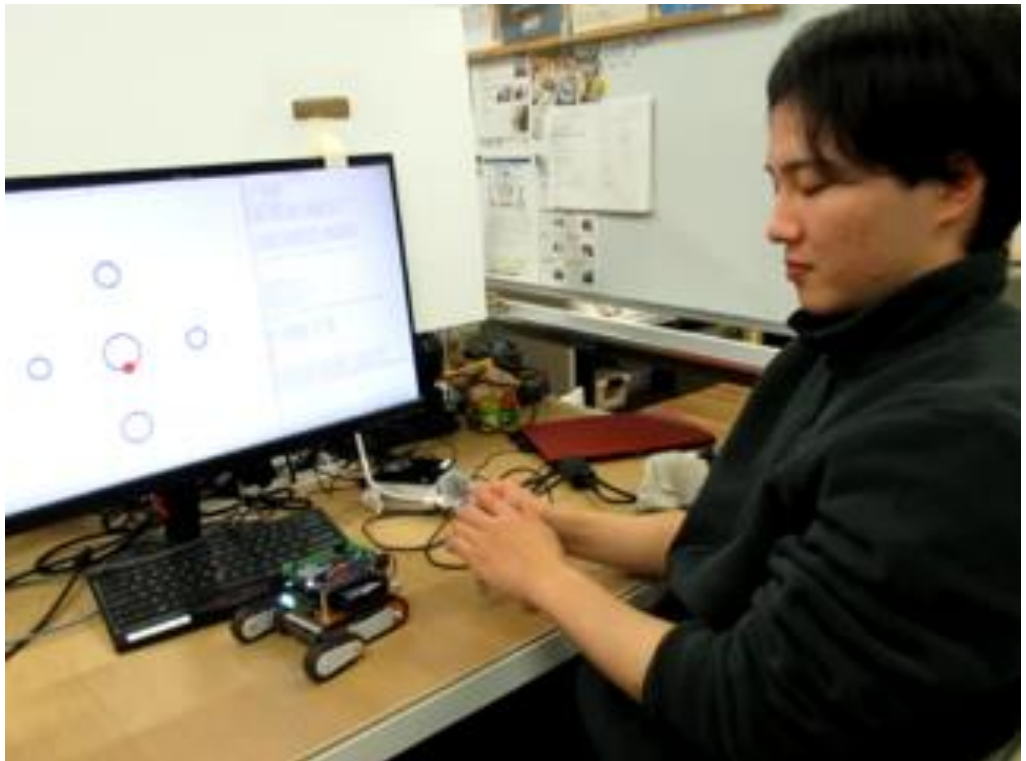




Orale(オラーレ)
舌でロボットを動かそう！



- 指や舌でセンサをなぞるとロボットが前後左右に動くよ
- なぞっているときの動きをモニタでチェックしよう



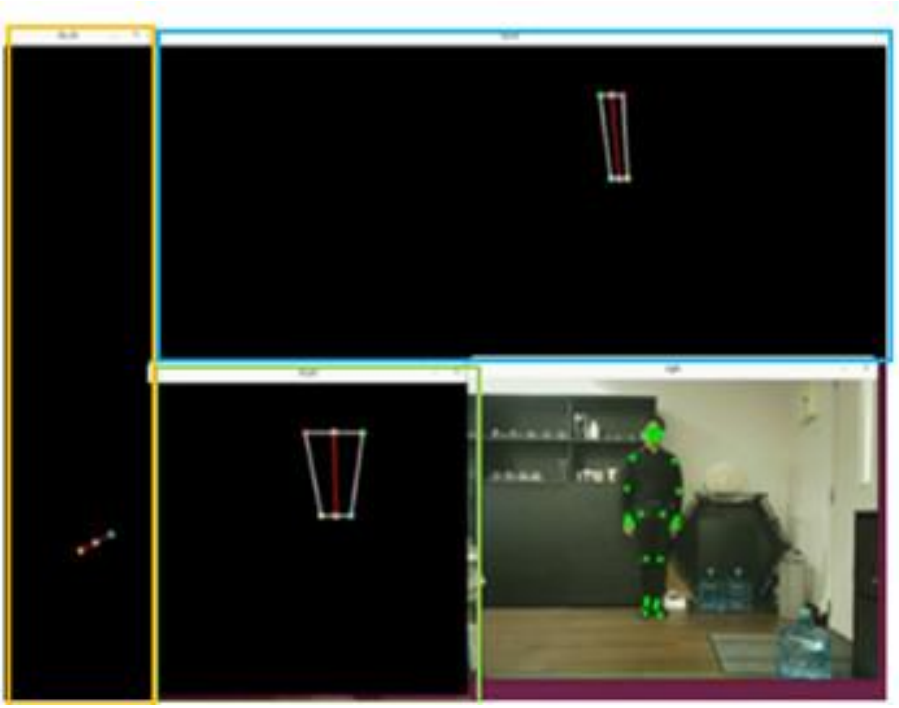


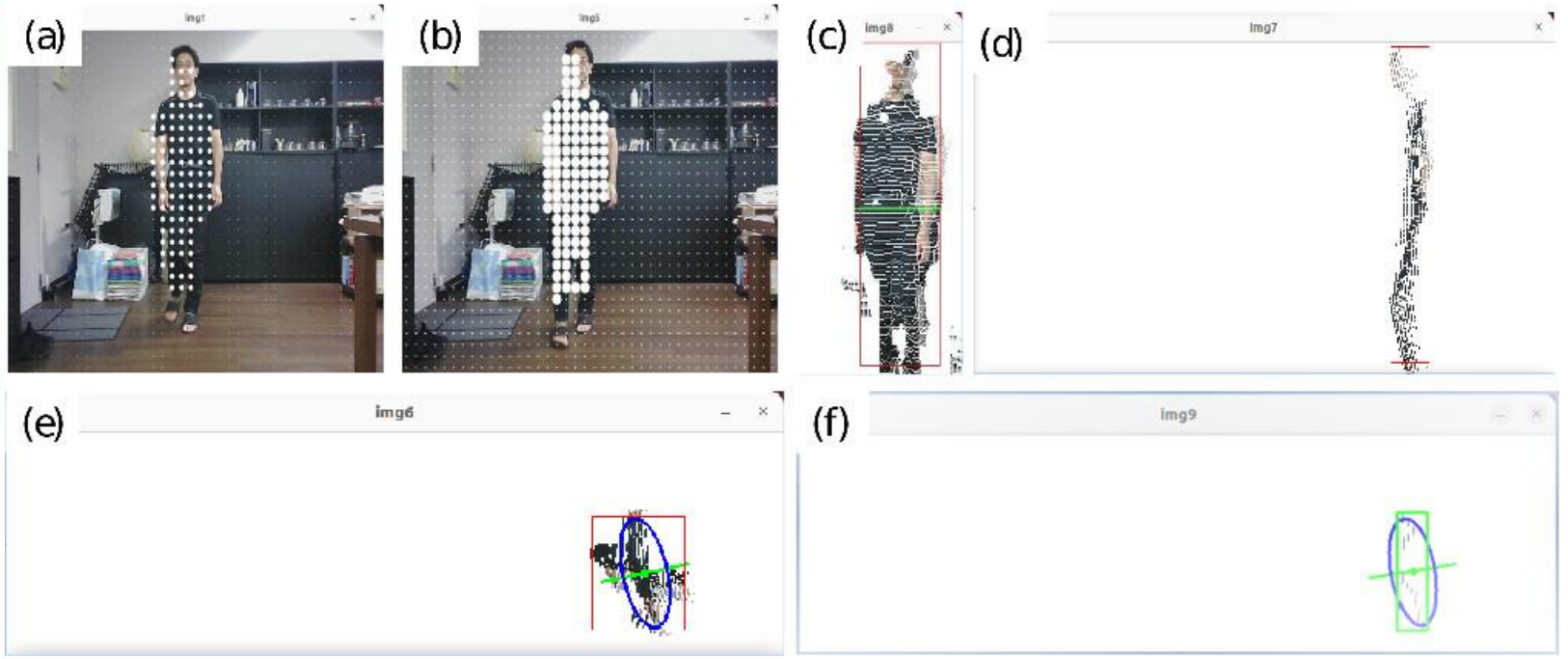


Camina(カミーナ)
歩き方を上から見てみよう！

- TUGテストで起立,歩行,旋回,着座のタイムを測ろう
- 前,横,上の三方向から自分の歩き方をチェックしよう



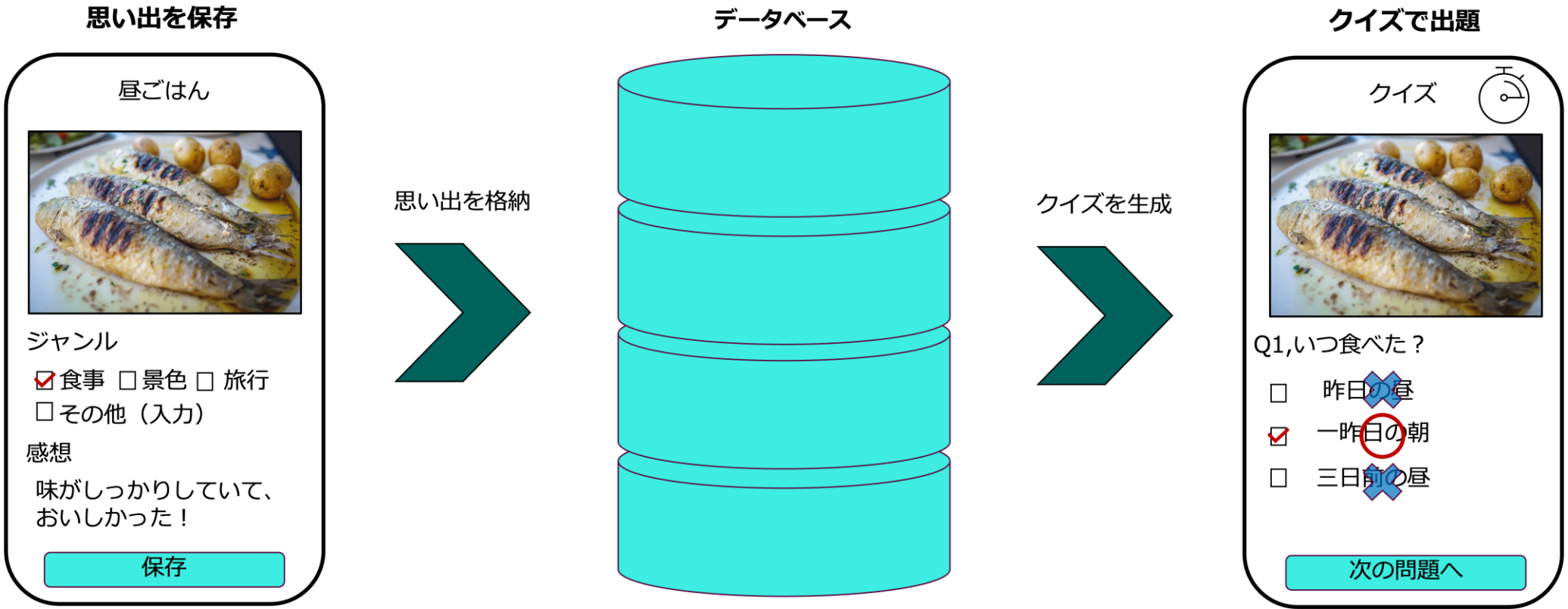




Memoria(メモリア)
一昨日のごはんを思い出そう！



- AIを使って思い出の写真やタイトルを入力してみよう
- 自分の思い出から生成されるクイズに答えてみよう



Lucia(ルチア)とSpina(スピナ)
握手して脈を測ろう！

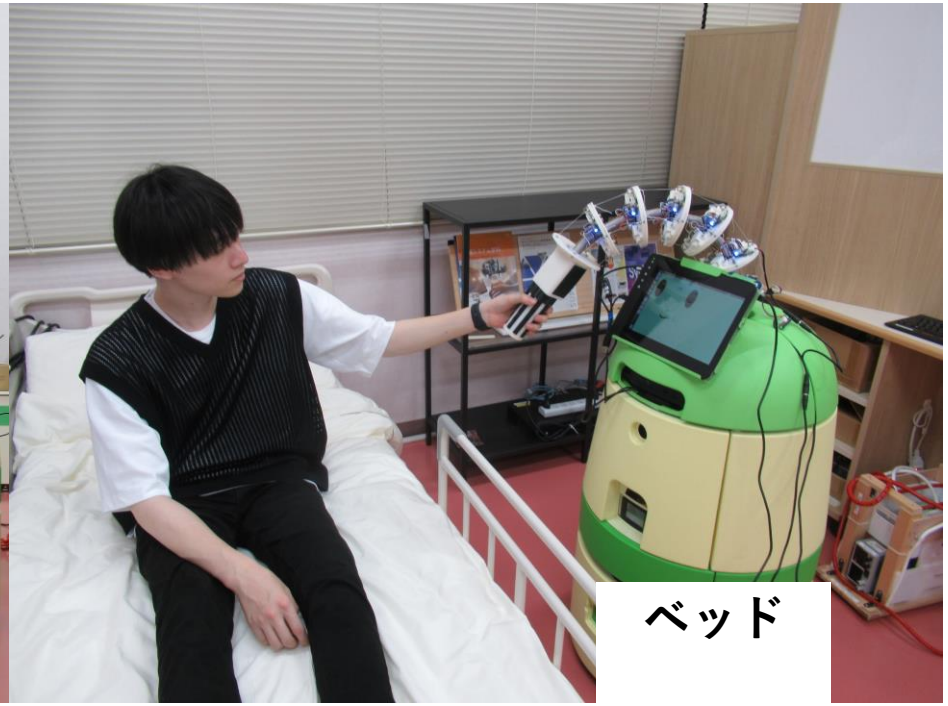


- 脊椎をまねたアームが手元にのびてくるよ
- 握手してバイタルサイン(脈拍,血圧,酸素飽和度)を測ろう


立つ

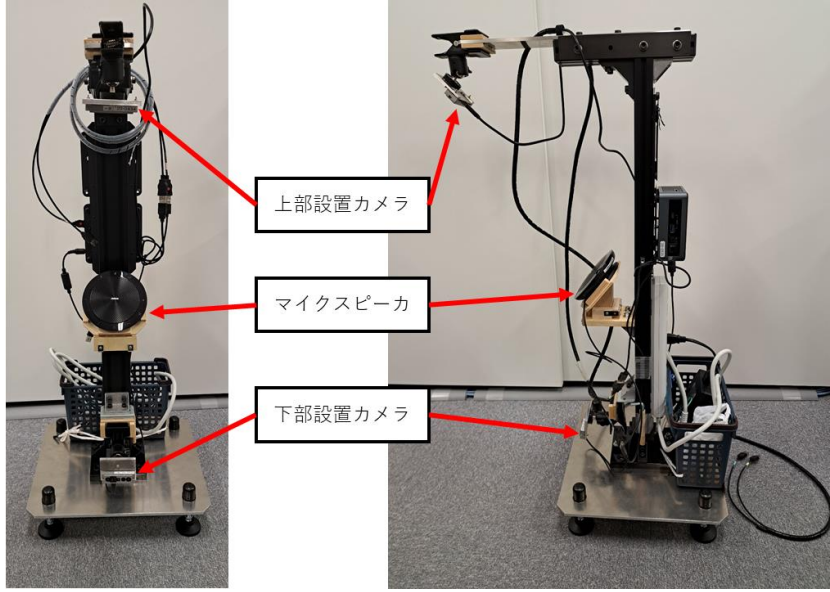

座る

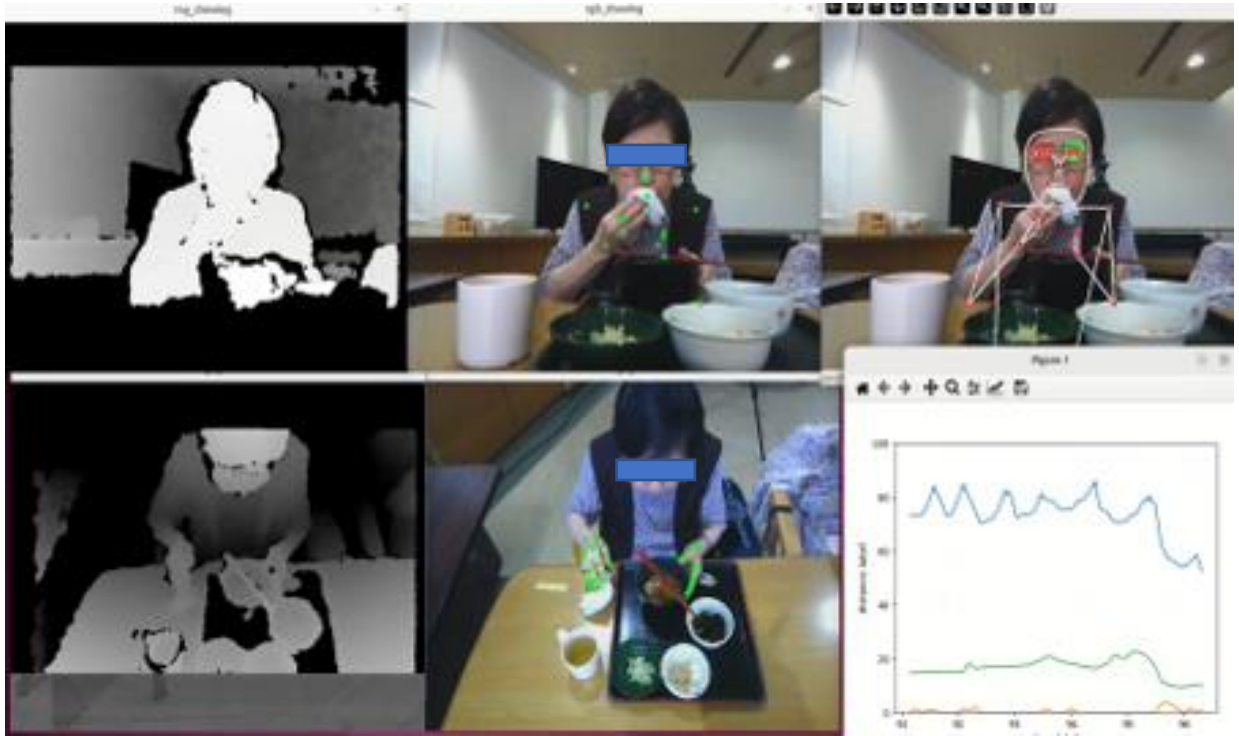

車いす


ベッド

Cibo(チーボ)
噛んだ回数を測ろう！

- 手の動き，口の動き，食べ物を認識するよ
- 咀嚼の回数を測って数えた回数と比べてみよう







歩行計測システムCamina（カミーナ）

- システム概要

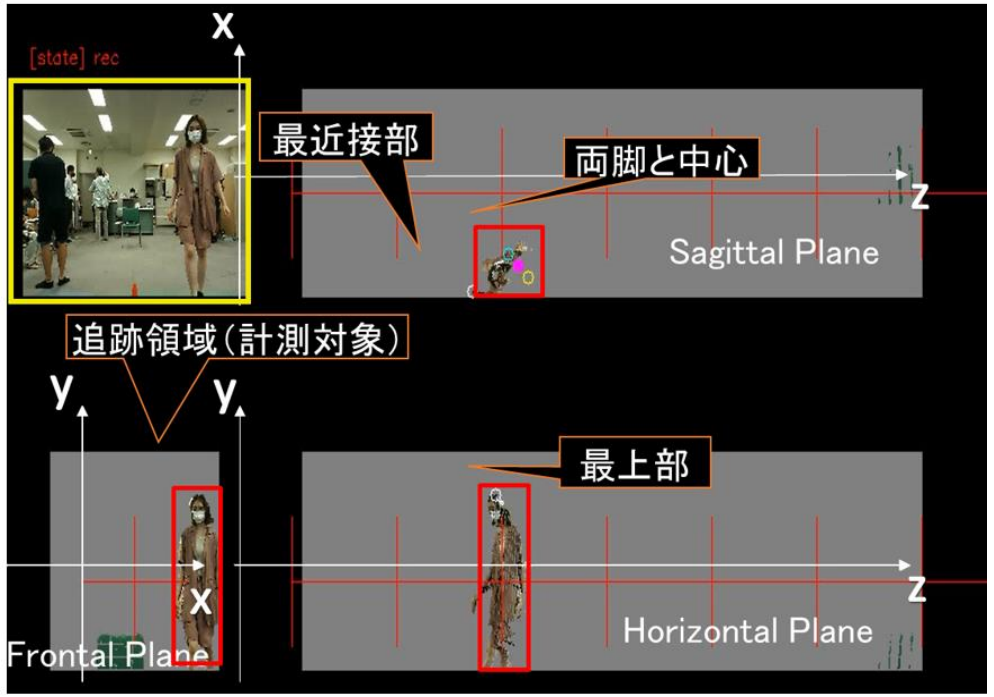
  理学療法の歩行テストを計測し，歩行動作を評価するシステム．要素動作を区分化し，歩行の可視化や判定，術後の予測を行う．

- 想定される利用者

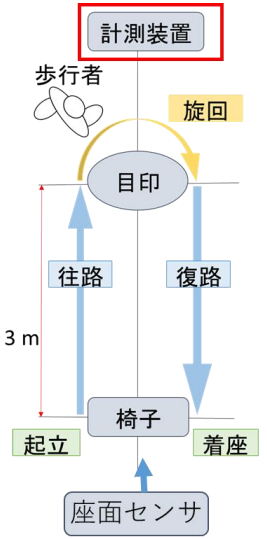
  一般の健常者，障害を持つ小児，脳疾患の麻痺患者，ロコモ高齢者，人工関節置換者，筋委縮性側索硬化症，パーキンソン病患者．

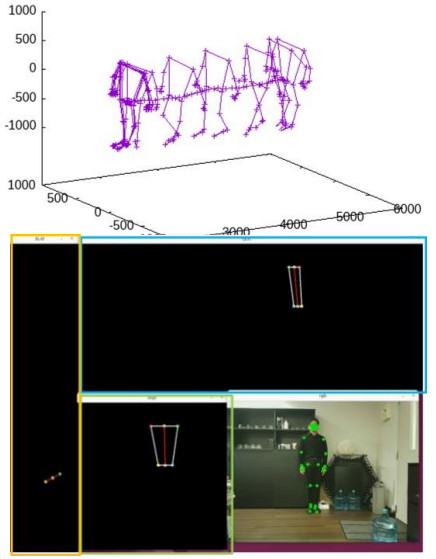
- 当事者からのコメント

  患者の進行状況を判定し予測することで，個人に合わせたリハビリ戦略を可能にする．本システムを介した整形外科医，装具専門医，利用者のチームワークを期待できる．



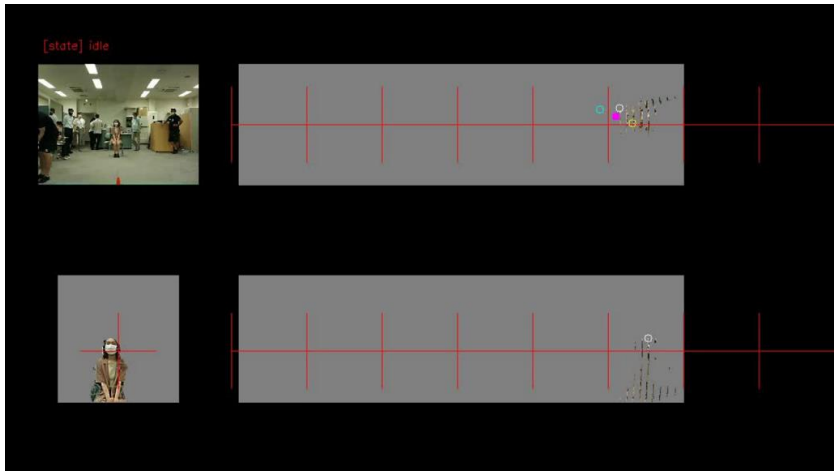




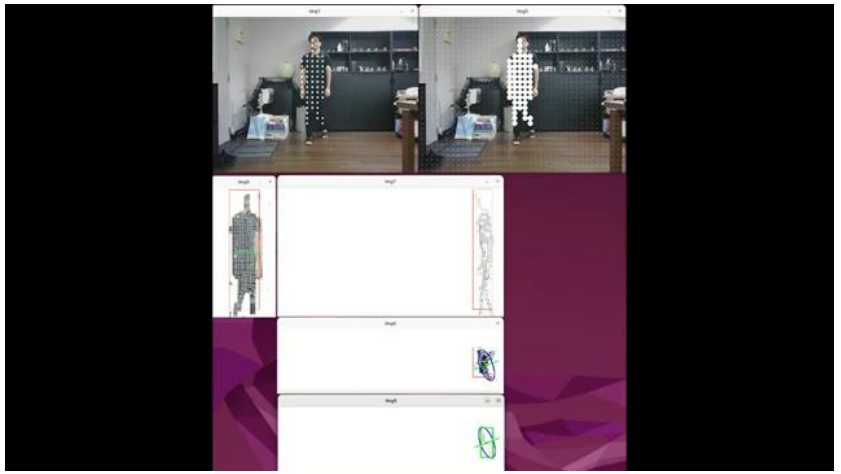


Contact: ryo.saegusa@syblab.org

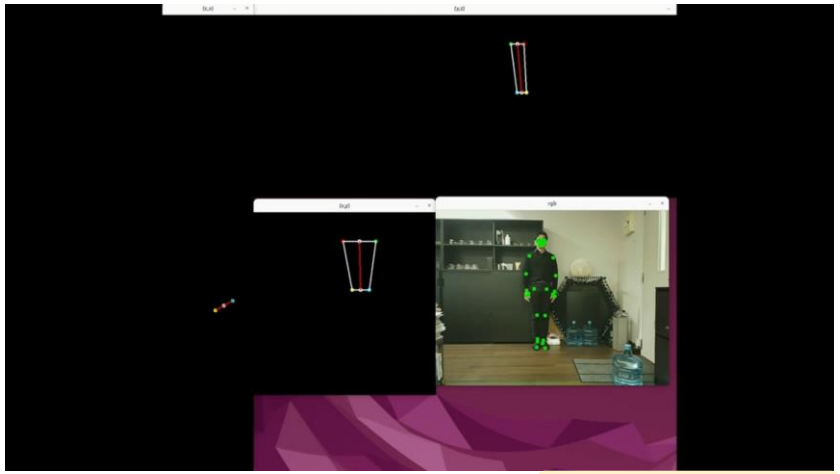
Camina：未来の歩行を生成する



Video: 1:21



Video: 0:06



Video: 0:18

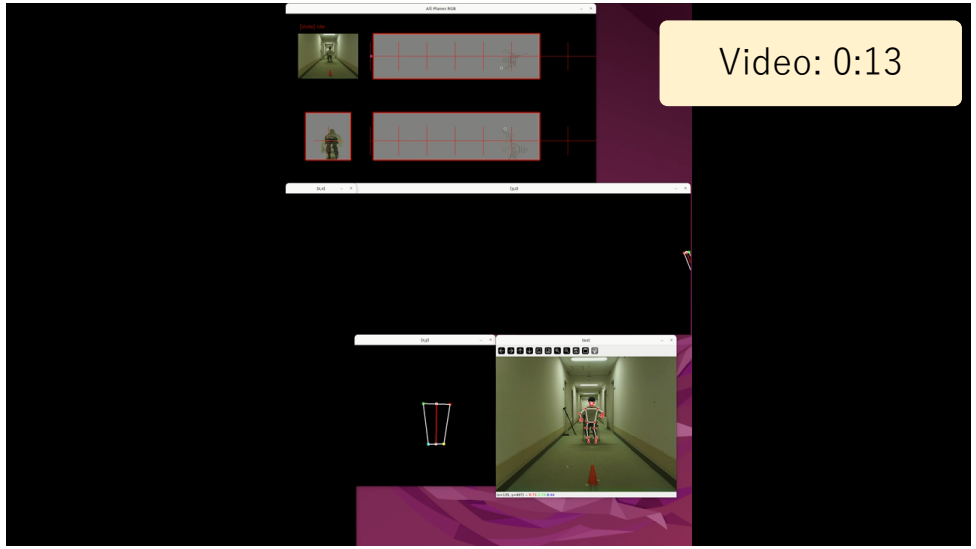


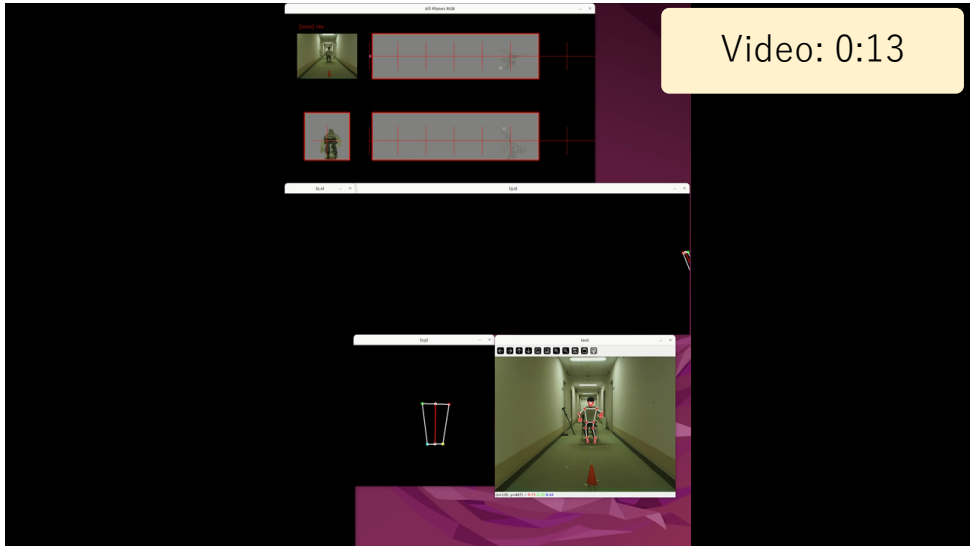
Video: 13:51

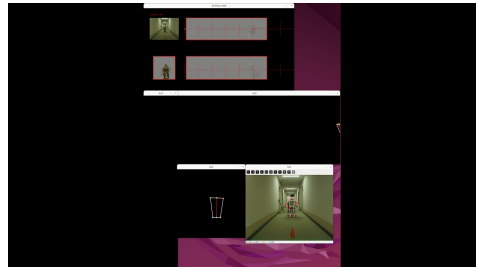
camina_tug.21.08
https://youtu.be/3XpvxPxZwPs
camina.24.02
https://youtu.be/_NKprW6w2YA
camina.24.08
https://youtu.be/gXkEEFcEiy4
camina_ai.24.03
https://youtu.be/yYPz2Fz4zwk

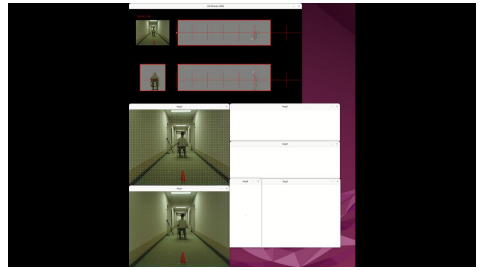
Contact: ryo.saegusa@syblab.org

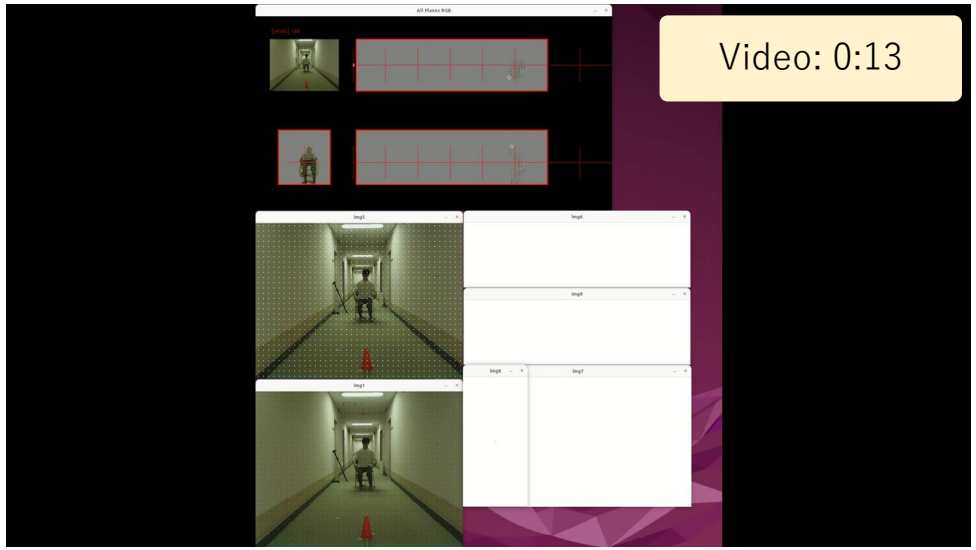
Camina：歩行の治療方法を評価する

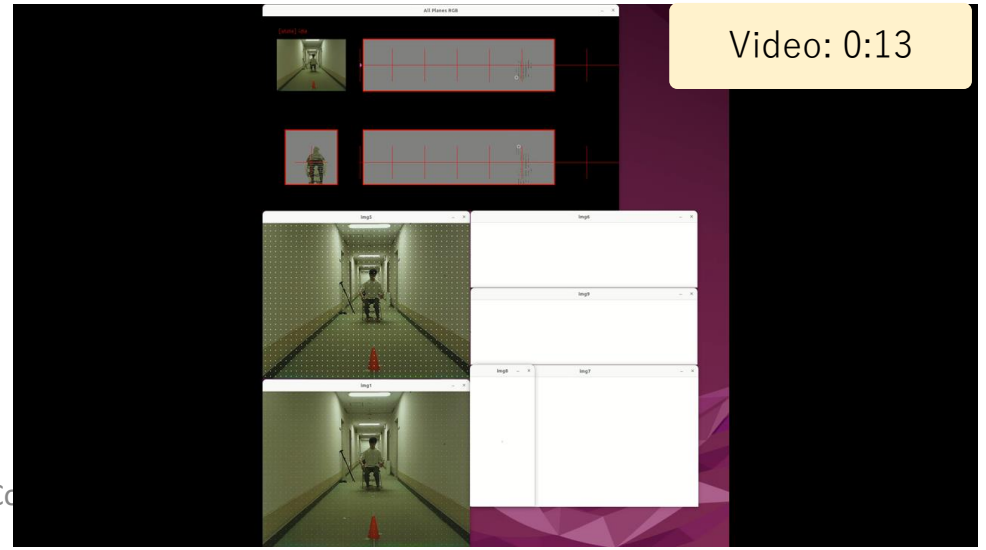












camina_s03f.25.03
https://youtu.be/mtWQYUZis-c
camina_s03v.25.03
https://youtu.be/DHaFzd69uko
camina_s09f.25.03
https://youtu.be/o7Q5UTGANwo
camina_s09v.25.03
https://youtu.be/3V9TIask7FA

Camina+Lucia：ロボットが歩き方をコーチする



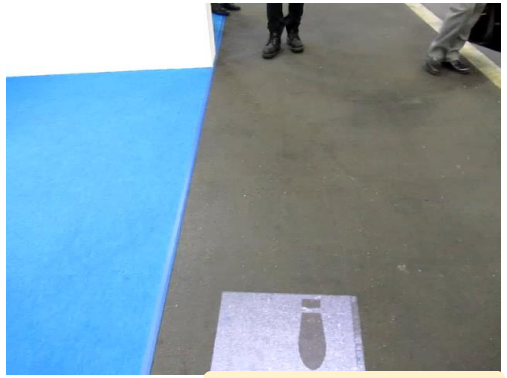
Video: 0:22



Video: 0:16



Video: 0:12



Video: 0:13



Video: 6:35

gait_forward.16.10
https://youtu.be/QRnb8lBLilc
gait_backward.16.10
https://youtu.be/xRqFiPLydCs
gait_round.16.10
https://youtu.be/b0_-zGU0ZGo
gait_connected.16.10
https://youtu.be/3cPnzeQHXpc
lucia_nhk.16.02
https://youtu.be/tIN9upc6NB4

口腔インターフェースOrale（オラーレ）

- システム概要

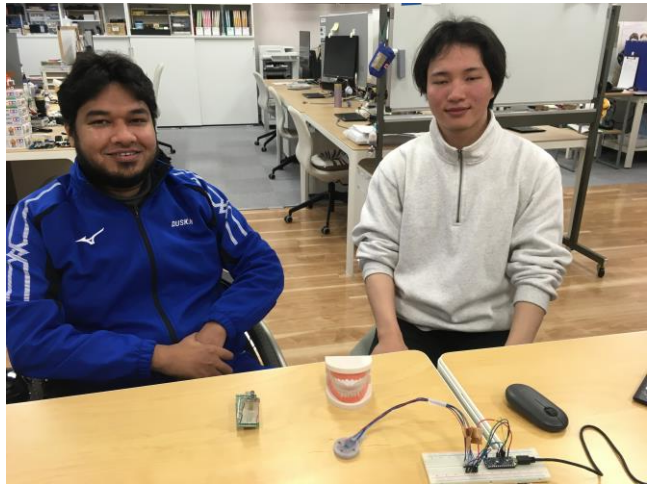
  舌を用いて機器を操作するインタフェース．舌の状態を光学的な像として計測する．中心窩センサにより繊細な操作を伝達できる．

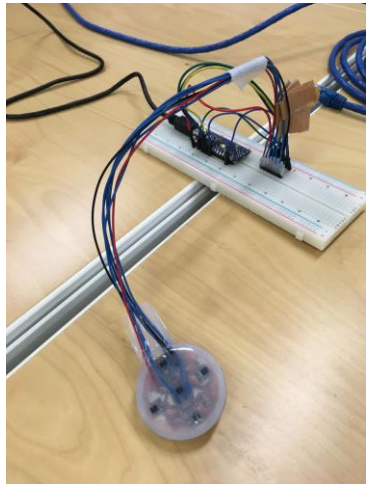
- 想定される利用者

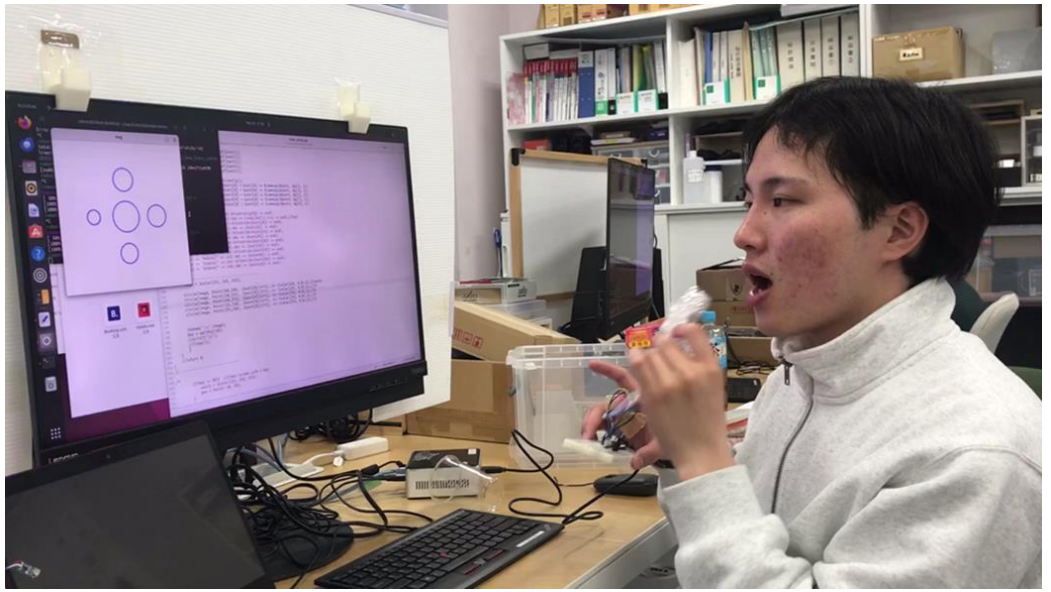
  機器を操作する健常者，上肢に運動機能障害のある方，筋委縮性側索硬化症の患者，脳卒中・脊椎損傷・梗塞による麻痺患者，言語障害や口腔運動のリハビリ患者．

- 当事者からのコメント

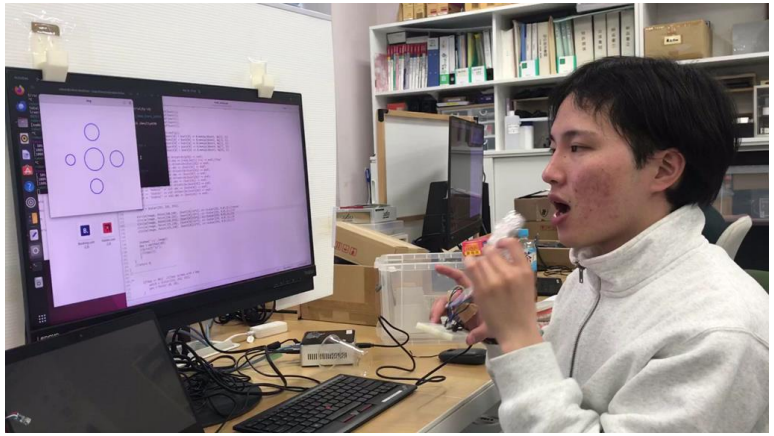
  手指の動きに制限があり，口腔内に障害がない方は，スマートフォンやリモコンなどの機器を操作する際に使用すると有益である．







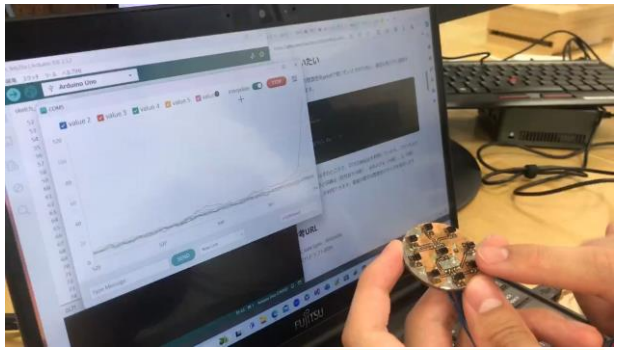
Orale：舌が第3の腕になる



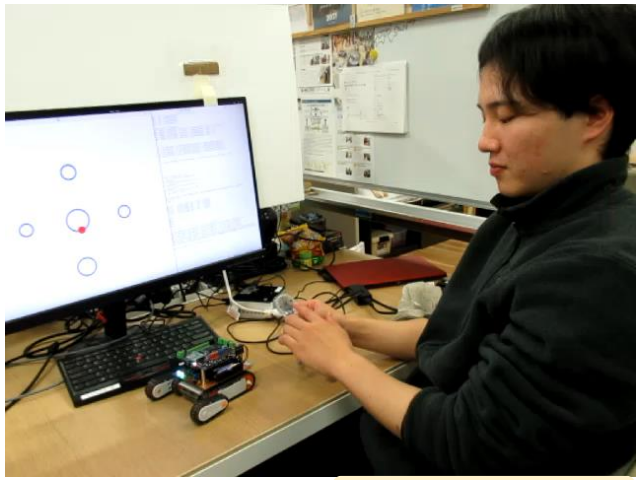
Video: 0:31



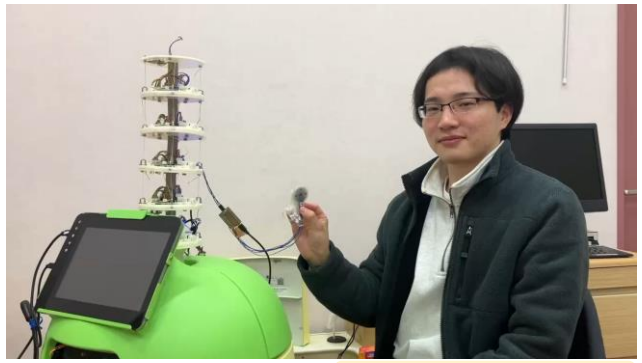
Video: 0:16



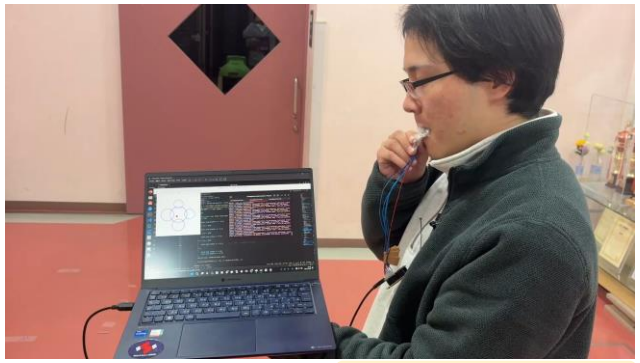
Video: 0:17



Video: 0:22



Video: 0:21



Video: 0:35

orale.24.03
https://youtu.be/vuwx1EFlUdM
orale_1.24.05
https://youtu.be/mJYd7gXDn94
orale_2.24.05
https://youtu.be/9GVAnr4pAXs
orale_caterpillar.24.12
https://youtu.be/mXMa5ZnPQjc
orale_spina.24.12
https://youtu.be/Xbv3-z2bjys
orale_lucia.24.12
https://youtu.be/YA4jIHr5aU0

手指インターフェースMano（マーノ）

- システム概要

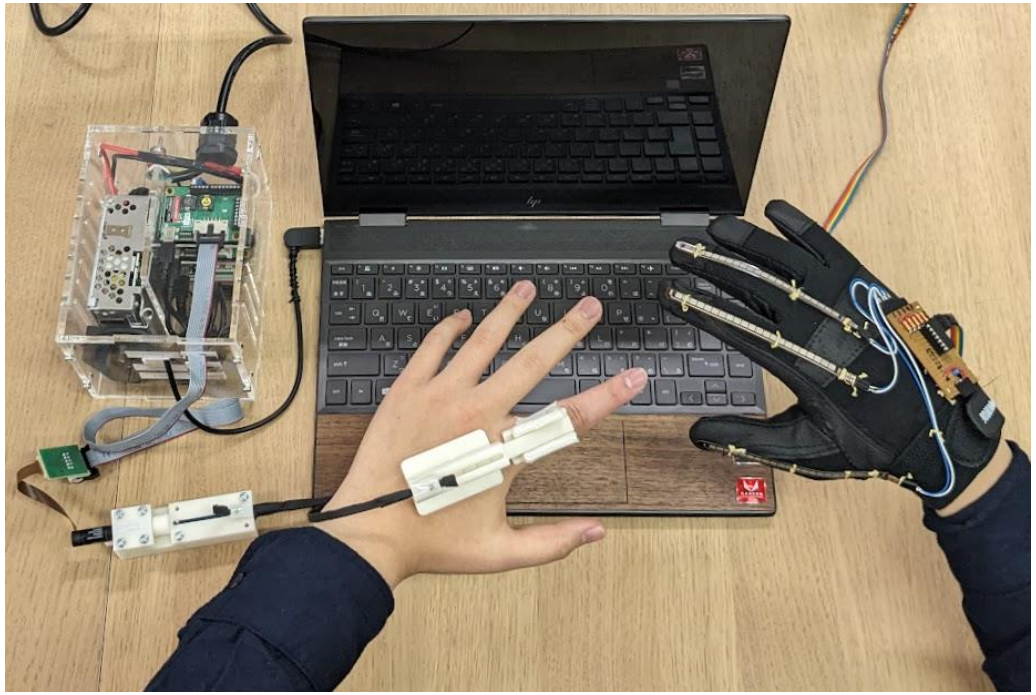
  同心円状チェーン関節とプッシュプルケーブルによる動力伝達で指の屈曲伸展を補助する．患者によるミラーセラピーも可能．

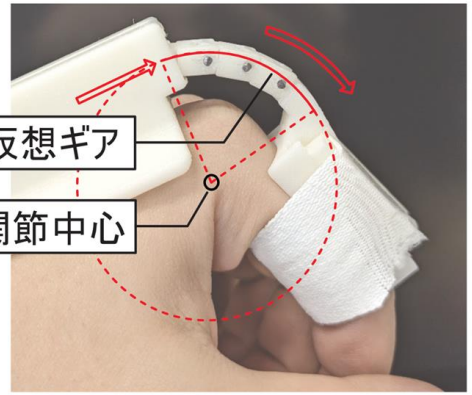
- 想定される利用者

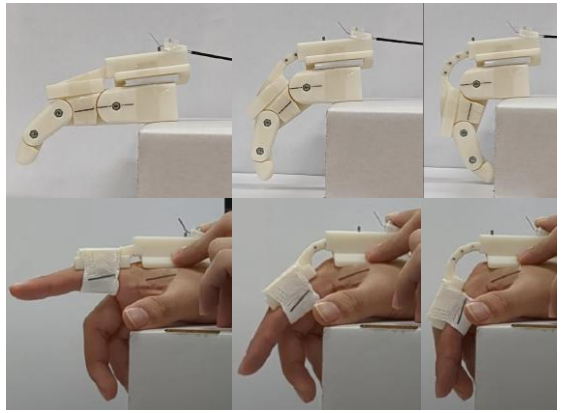
  脳疾患による高次脳機能障害の患者や麻痺性感覚障害の方．膠原病による関節変形や痙縮のある患者．筋力低下した高齢者．

- 当事者からのコメント

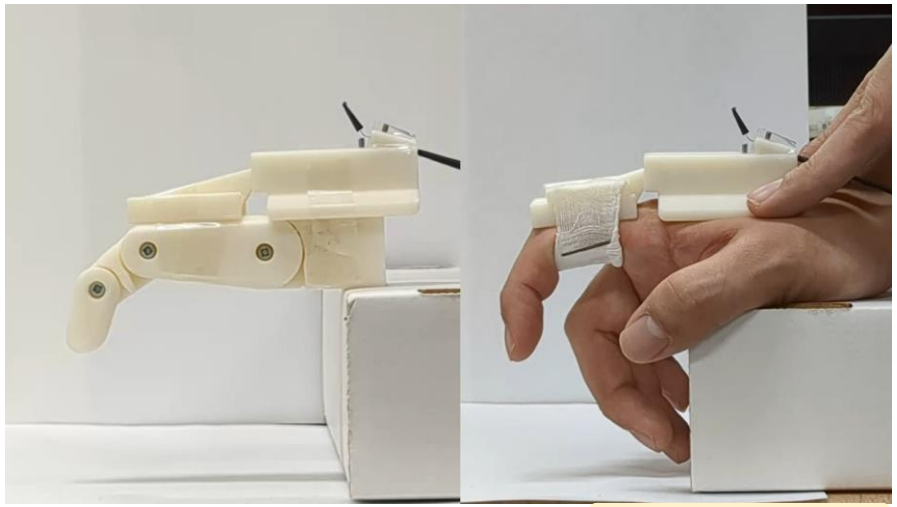
  指の腹側の皮膚感覚を残した状態で指関節のリハビリが行える．物をつかむ感覚を持ちながら把持動作のリハビリを行うことができるため，モチベーション向上につながる．



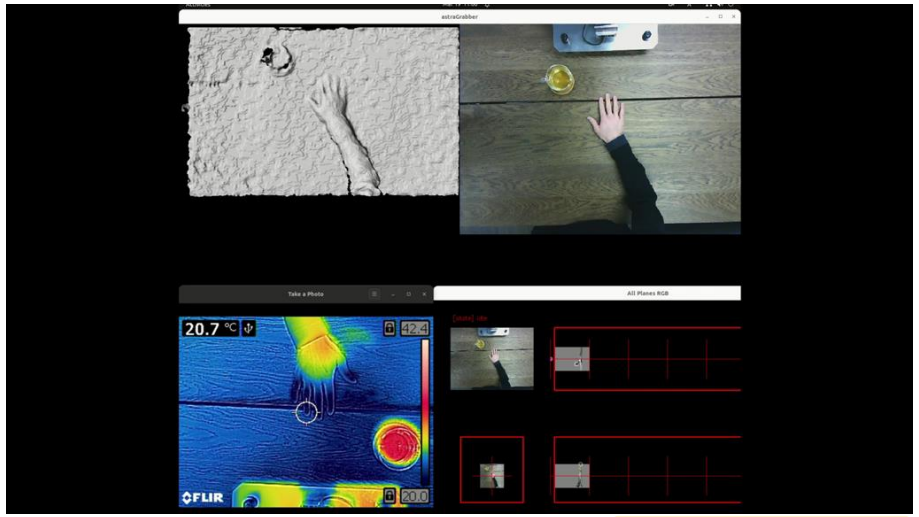




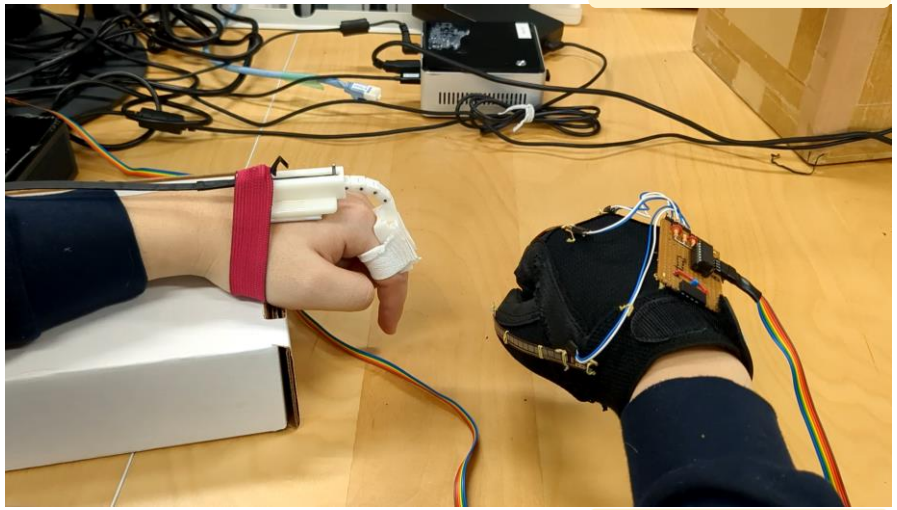
Mano : 動かない手が鏡のように動く



Video: 0:12



Video: 0:29



Video: 0:13

mano.24.02
https://youtu.be/IIDNjbVlgIA
mano_mirror.24.03
https://youtu.be/tRLNdeOeFI4
mano.25.03
https://youtu.be/zUBMCJmhzME

Mano：お湯の中で指を動かす



Video: 1:01



Video: 0:26

mano_subject.24.11
https://youtu.be/iVZRBzK5XYA
mano_bath.25.02
https://youtu.be/uRlr2oLjaZg

情報保障システムParla（パルラ）

- システム概要

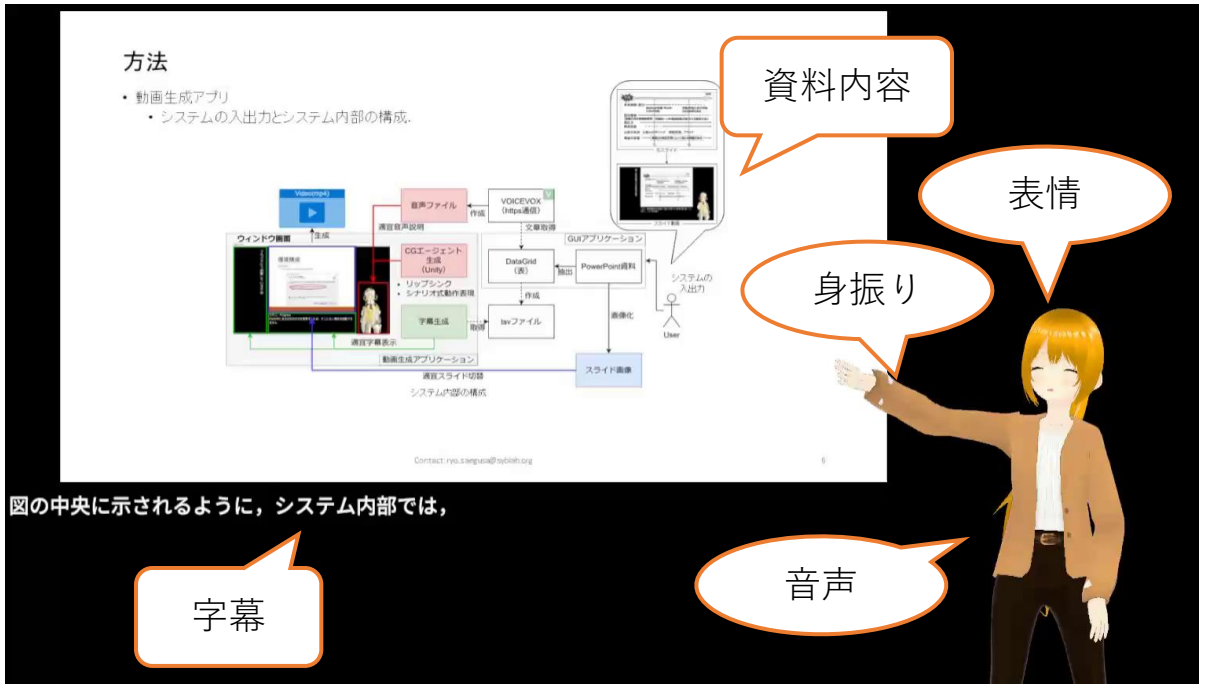
  ナレーションを含むプレゼンテーション資料から視聴覚情報を保障した説明や質問対応を行うシステム．説明動画の生成も可能．

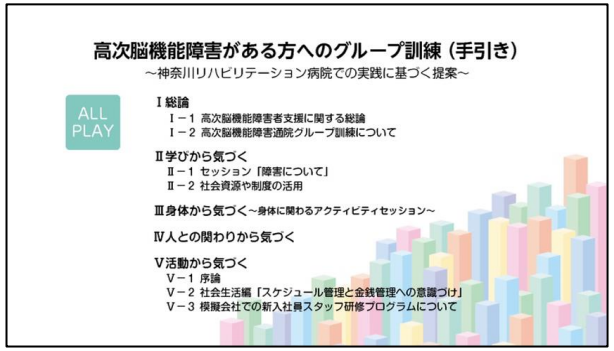
- 想定される利用者

  情報保障を必要とする視覚・聴覚障害．発声や説明作業が困難な構音障害・言語障害，プレゼン会場への移動に制限がある障害者，健常な教育従事者やトレーナーなど．

- 当事者からのコメント

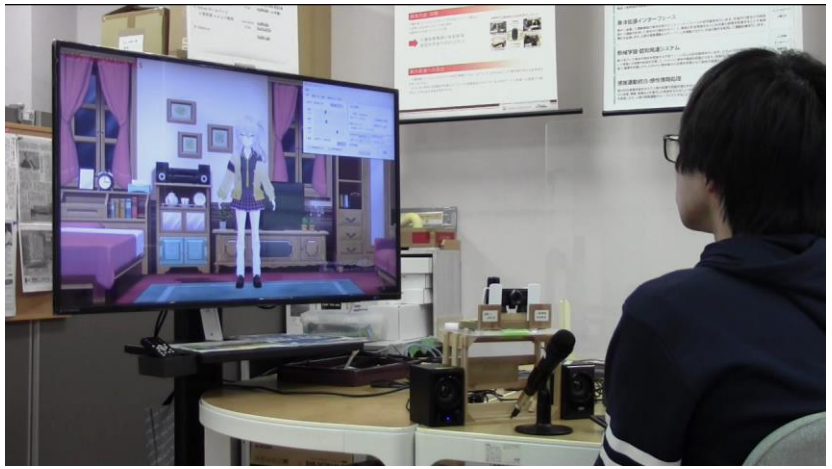
  視覚・聴覚のいずれでも資料内容を理解できるため，異なる障害をもつ当事者間の協調作業や相互理解への効果性が期待できる．自分を出したくない人にもニーズがある．







Parla：会話で沈黙しても良い

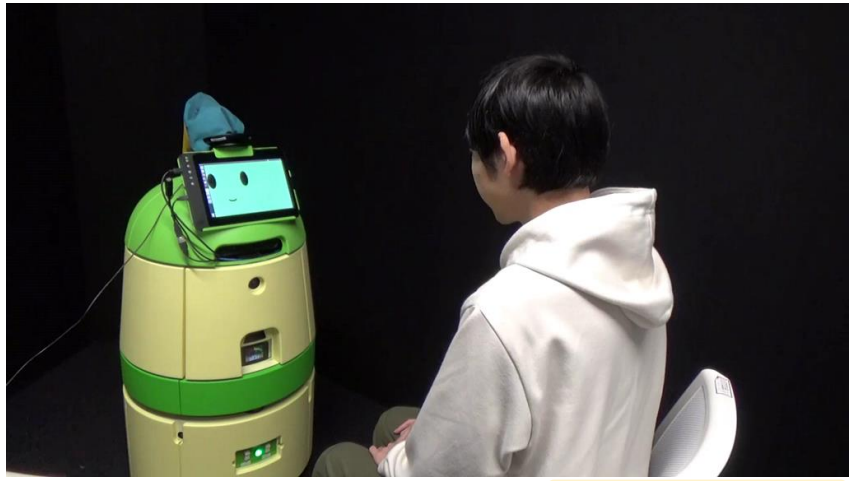


Video: 2:21

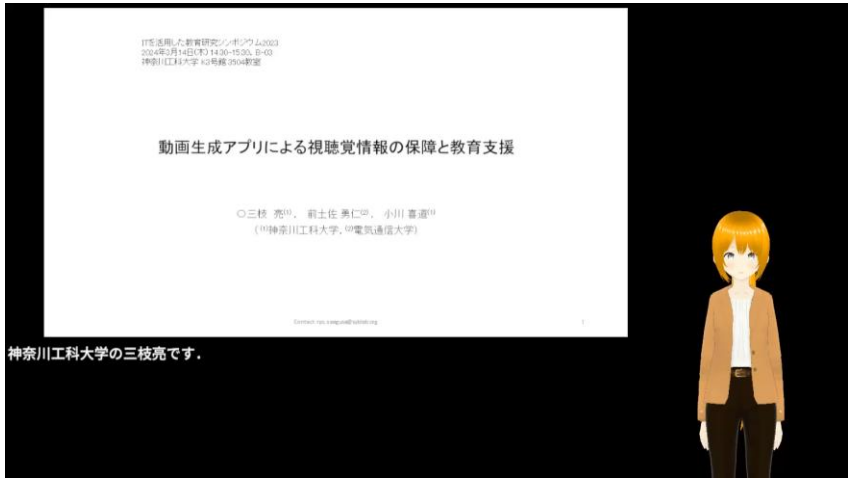


Video: 0:51

rosnu.23.01
https://youtu.be/WVrwOKxGXYg
rosnu.22.12
https://youtu.be/r9-SmYEhRR8
lucia_rosnu.21.12
https://youtu.be/nvJX0KxTD8s
parla.25.04
https://youtu.be/qi6pZuHUX5Y



Video: 0:28



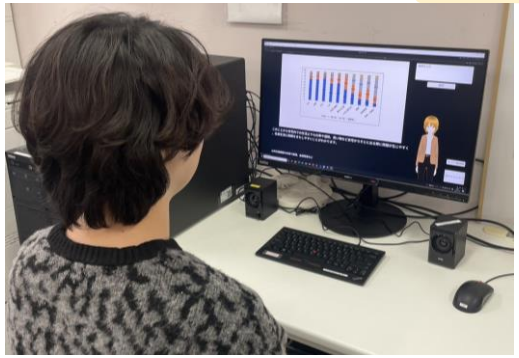
Video: 8:18



Parla : 説明を代行してくれる

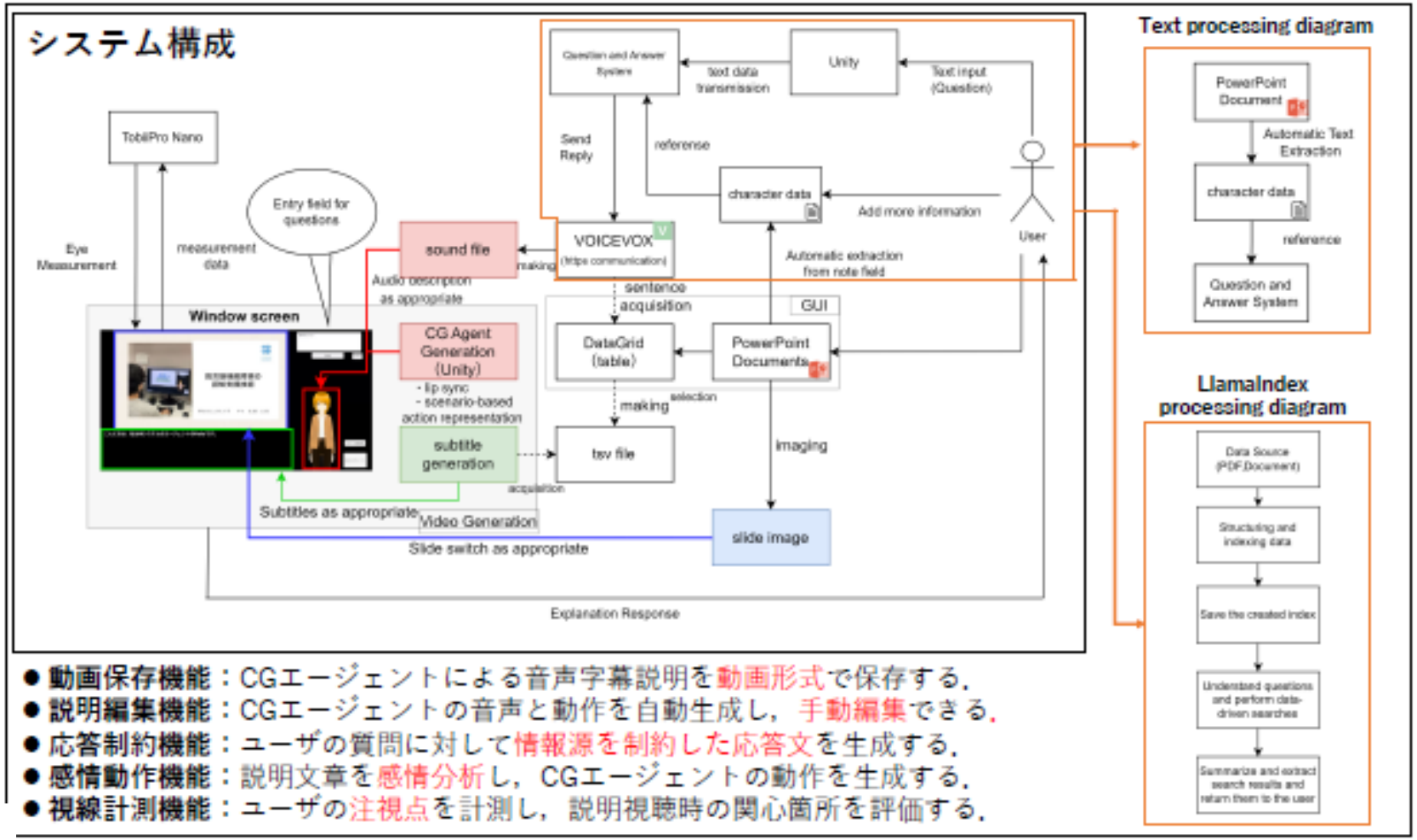


Video: 2:28



ChatGPT

LlamaIndex



記憶支援システムMemoria（メモリア）

- システム概要

  日常の出来事への感想や写真から生成されるクイズに回答することで思い出を維持する．未来予測の写真を見て活力を高める．

- 想定される利用者

  旅行やイベントの楽しみたい一般の健常者，認知・記憶能力の低下した高齢者．記憶を家族と共有したい独居者．記憶障害の患者．

- 当事者からのコメント

  余命宣告を克服した患者の多くは，先の予定や予約をもっており，未来のイメージが明確な方が多い．過去から未来に記憶を繋ぐことで健康寿命が延びるように感じられる．





クイズで出題



Contact: ryo.saegusa@syblab.org

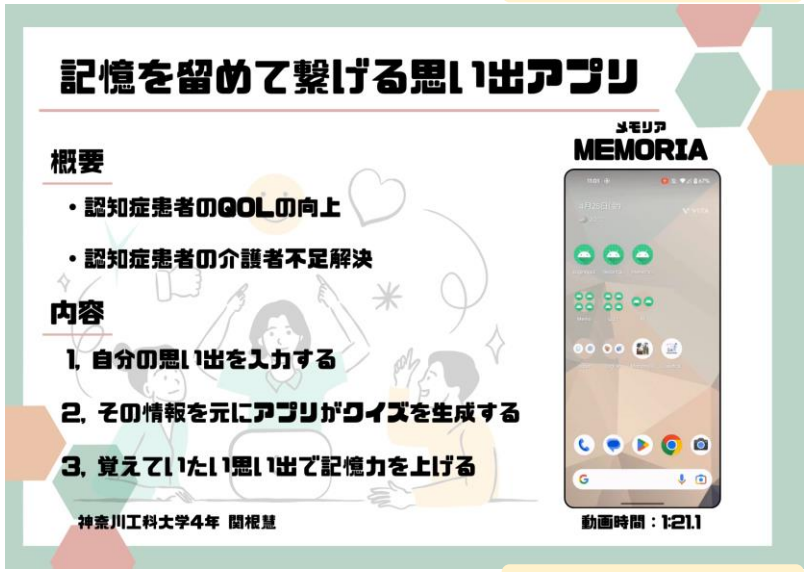
Parla：未来の記憶を生成する



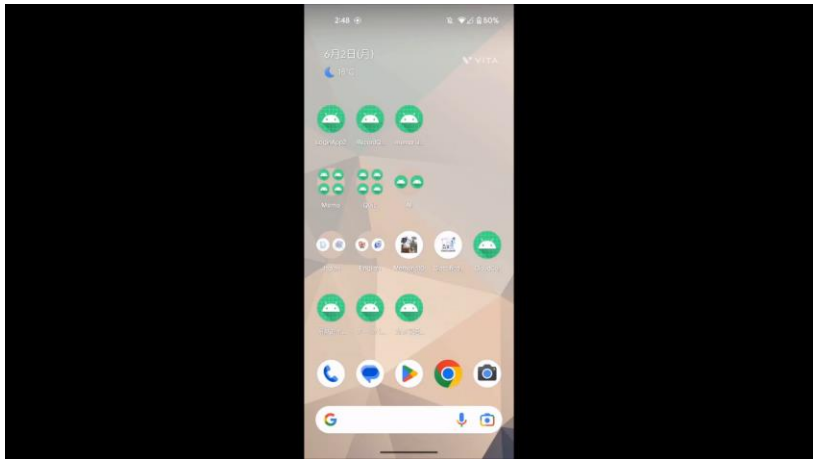
Video: 3:11



Video: 1:22



Video: 1:21



Video: 0:45

memoria.24.11
https://youtu.be/WcmmU8u3vhs
memoria.25.04
https://youtu.be/2XmjCw13h-A
memoria.25.04
https://youtu.be/2XmjCw13h-A
memoria.25.06
https://youtu.be/XfMTI3IY6Yk

食事支援システムCibo&Mani（チーボ&マーニ）

- システム概要

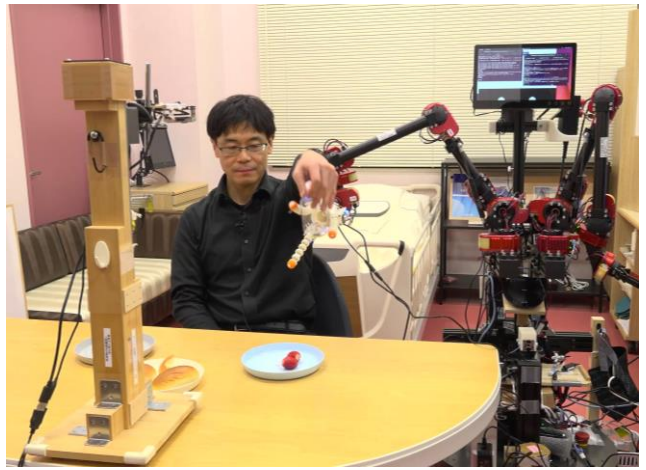
  食事動作と食卓状態を認識するシステムと食物や飲み物を運ぶロボット．見守りにより食事の安全性を高め，満足度の高い介助を行う．

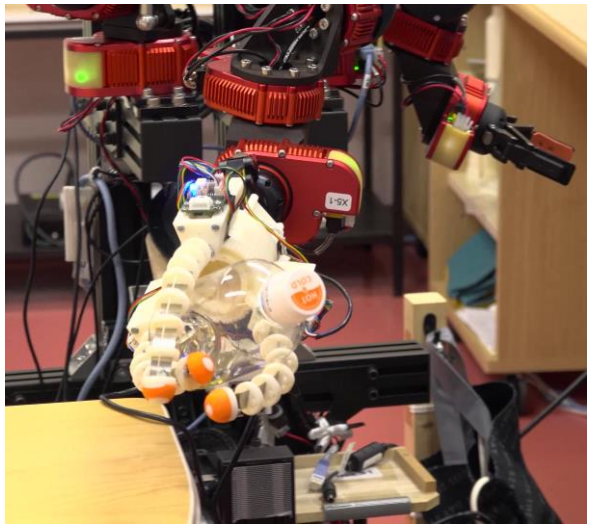
- 想定される利用者

  食事の情報を楽しみたい健常者や食事制限中の方．食欲の乏しい高齢者，自立した食事が困難な怪我・麻痺の患者，誤嚥リスクの高い方，食事の案内が必要な視覚障害者．

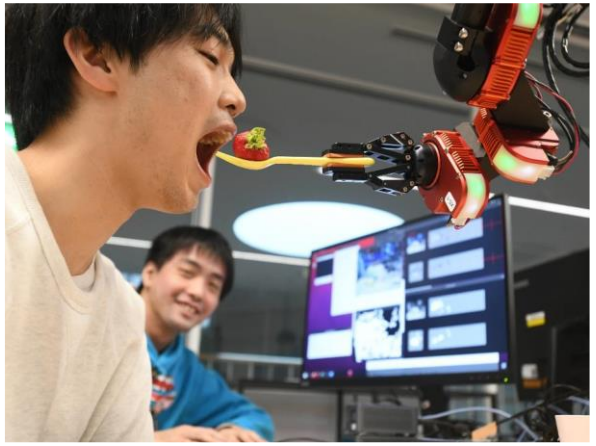
- 当事者からのコメント

  誤嚥リスクの高い方は一口ずつ丁寧に食べたい．行動判定と声掛けによって食の安全性が高まる．食事中の進行管理，食事時の姿勢検知，食事を楽しむコミュニケーションも有効．





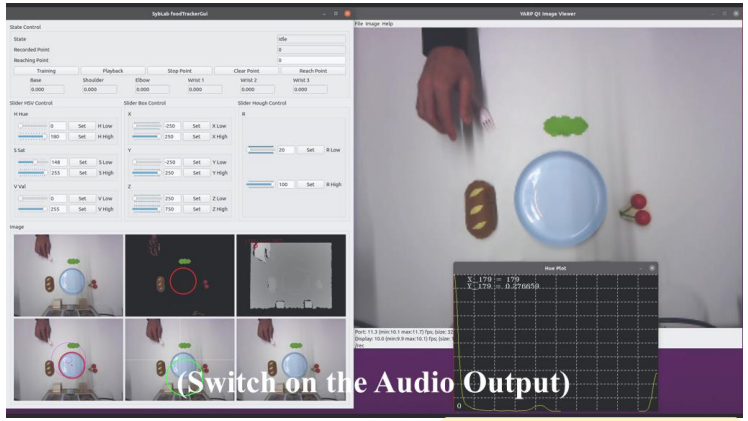




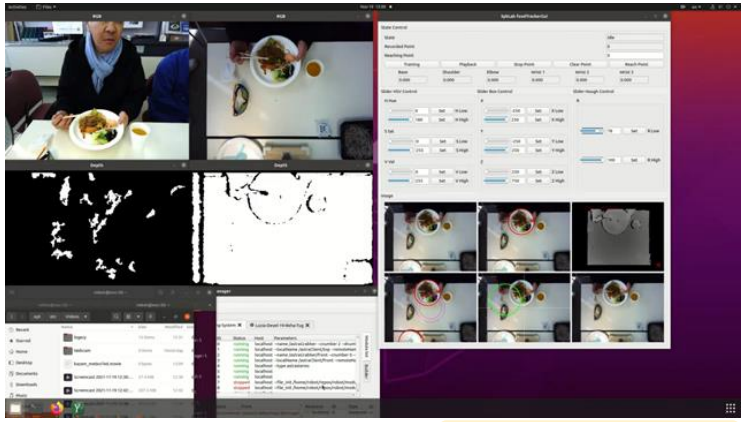
Cibo : 食べ物が語りかけてくる



Video: 3:11



Video: 1:52



Video: 0:50



Video: 0:20

cibo_scene.24.02
https://youtu.be/z04dK6Ul8RE
cibo_navi.21.10
https://youtu.be/2fmaJBy2mCs
cibo_navi.21.11
https://youtu.be/3Yzv2ZBnPqE
cibo_3d.24.08
https://youtu.be/iFb2Qx1b-3s

Cibo：食事の見守りで誤嚥を予防

- 施設での実験



EAT-10（イート・テン）
嚥下スクリーニングツール

Nestlé Nutrition Institute

氏名:　　性別:　　年齢:　　日付:　年　月　日

目的

EAT-10は、嚥下の機能を測るためのものです。
気になる症状や治療についてはかかりつけ医にご相談ください。

A. 指示

各質問で、あてはまる点数を四角の中に記入してください。
問い:以下の問題について、あなたはどの程度経験されていますか?

質問1:飲み込みの問題が原因で、体重が減少した
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問2:飲み込みの問題が外食に行くための障害になっている
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問3:液体を飲み込む時に、余分な努力が必要だ
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問4:固形物を飲み込む時に、余分な努力が必要だ
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問5:錠剤を飲み込む時に、余分な努力が必要だ
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問6:飲み込むことが苦痛だ
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問7:食べる喜びが飲み込みによって影響を受けている
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問8:飲み込む時に食べ物がのどに引っかかる
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問9:食べる時に咳が出る
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

質問10:飲み込むことはストレスが多い
0=問題なし 1 2 3 4=ひどく問題 ☐

B. 採点

上記の点数を足して、合計点数を四角の中に記入してください。　合計点数（最大40点）☐

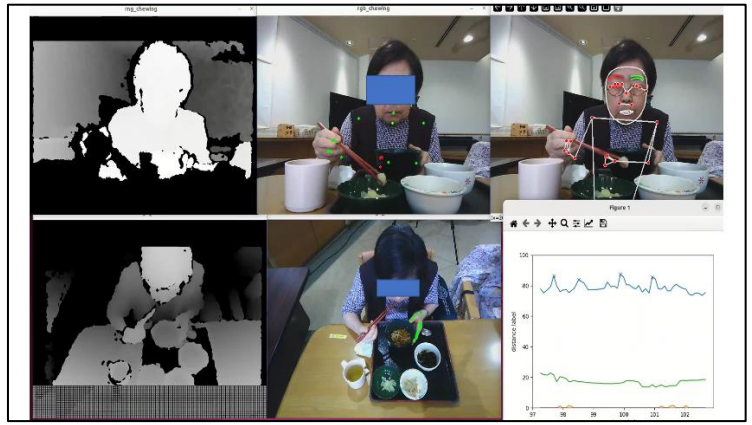
C. 次にすべきこと

EAT-10の合計点数が3点以上の場合、嚥下の効率や安全性について専門医に相談することをお勧めします。

Cibo：食事の見守りで誤嚥を予防する



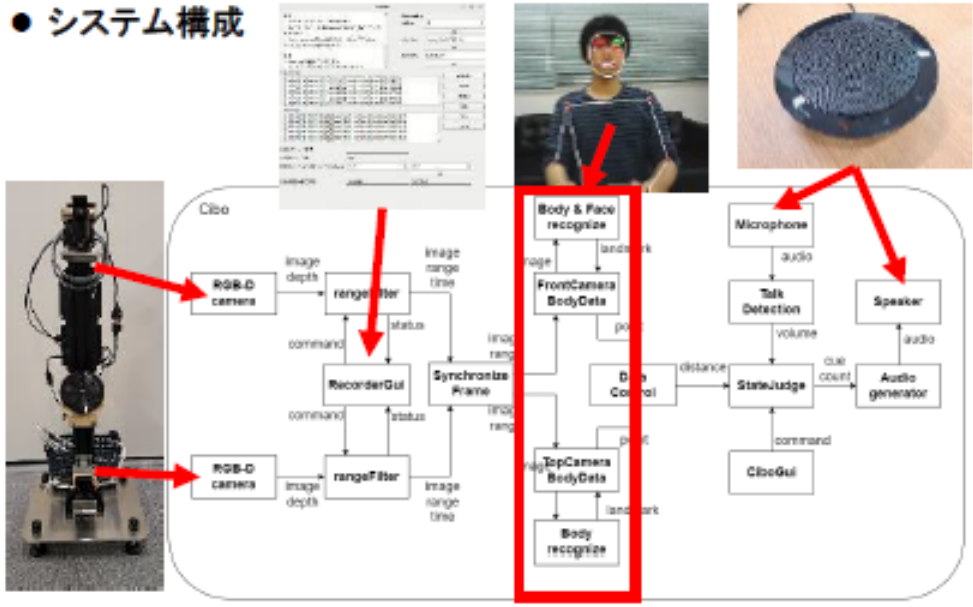
Video: 0:14



Video: 1:48

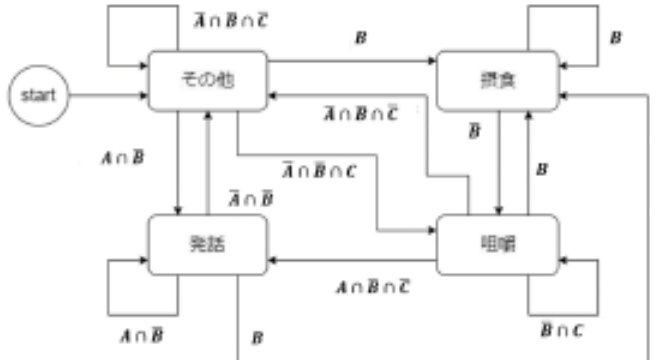
cibo_talk.24.07
https://youtu.be/FAQTxuNricM
cibo_elderly.24.10
https://youtu.be/vsRzDk71384

● システム構成



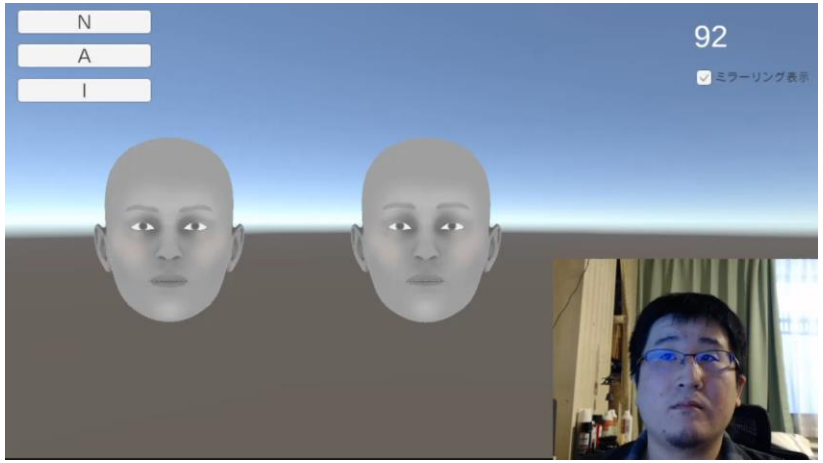
・RGB-D camera
深度カメラ
・Microphone /Speaker
マイクスピーカ
・Body & Face /Body Recognize
MediaPipe で顔・手・胴のランドマーク位置を取得するプロセス.
・RecorderGui
録画再生を操作するGUI.

● 食行動の状態遷移モデル

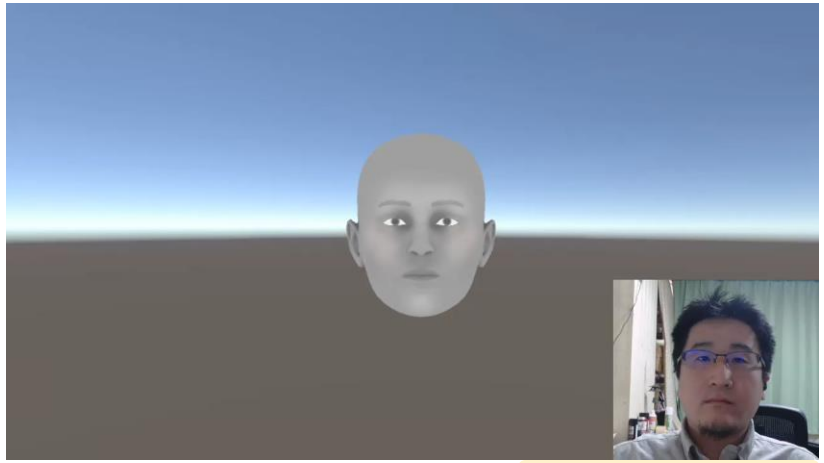


状態遷移モデルによって食事中の動作状態を4つに分類する.
・**摂食**：食物を口に入れる動作
・**咀嚼**：食物を咀嚼する動作
・**発話**：食事者が話す動作
・**その他**：上記以外の動作
（何もしていないときなど）
顔・手・胴のランドマーク位置と音声を入力として状態遷移を行う.

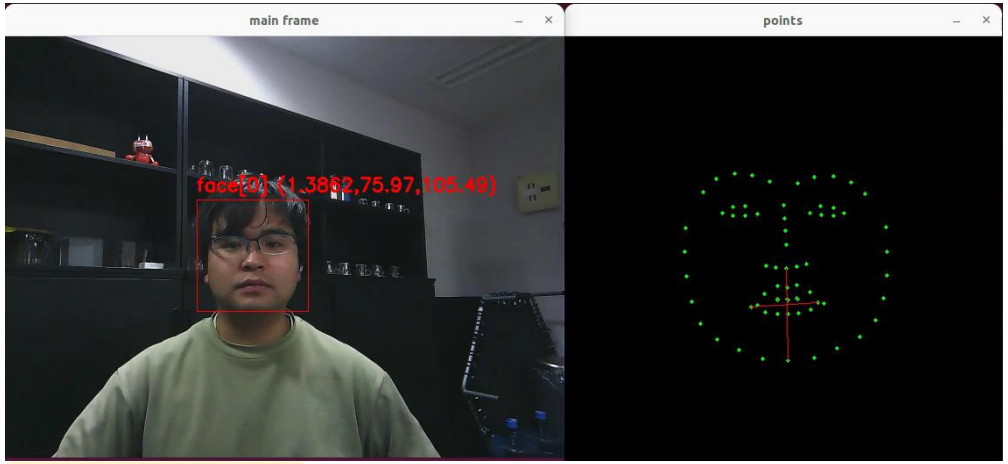
Mastica：鏡の動きに引き込まれる



Video: 0:35



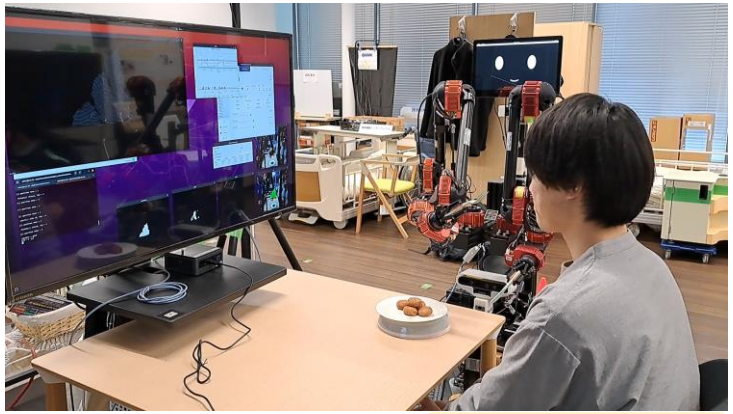
Video: 0:24



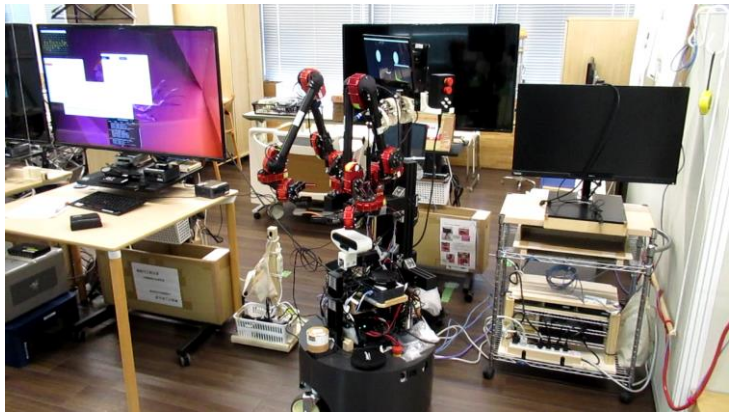
Video: 0:47

masticate.22.11
https://youtu.be/mgG2UFBcW3c
masticate4.23.01
https://youtu.be/7ciapkpT9MM

Mani：知能が手の動きに現れる



Video: 0:50



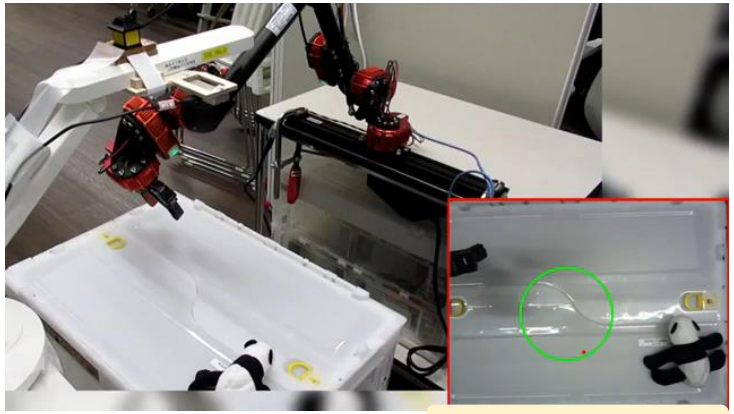
Video: 0:49



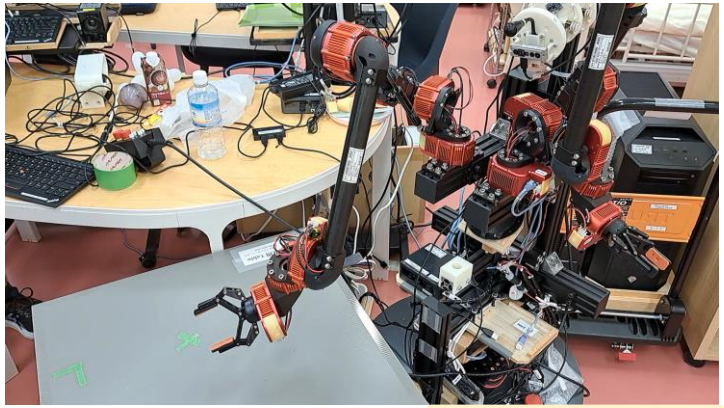
Video: 0:28



mani.23.03
https://youtu.be/kLH9YDRSoHU
mani.23.01
https://youtu.be/xoUGwRZIpYM
mani_gravity.23.11
https://youtu.be/aTvkBUp5z88
arm_attention.21.12
https://youtu.be/TtvSH1VqtGI
mani_force.23.11
https://youtu.be/ON4OmkLnItI

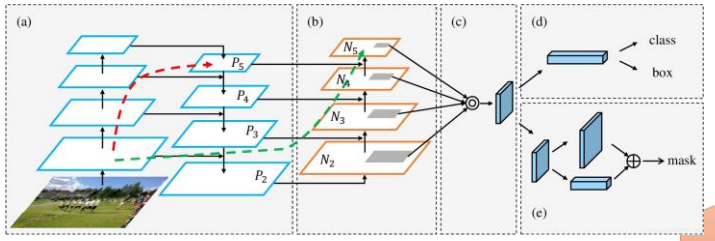


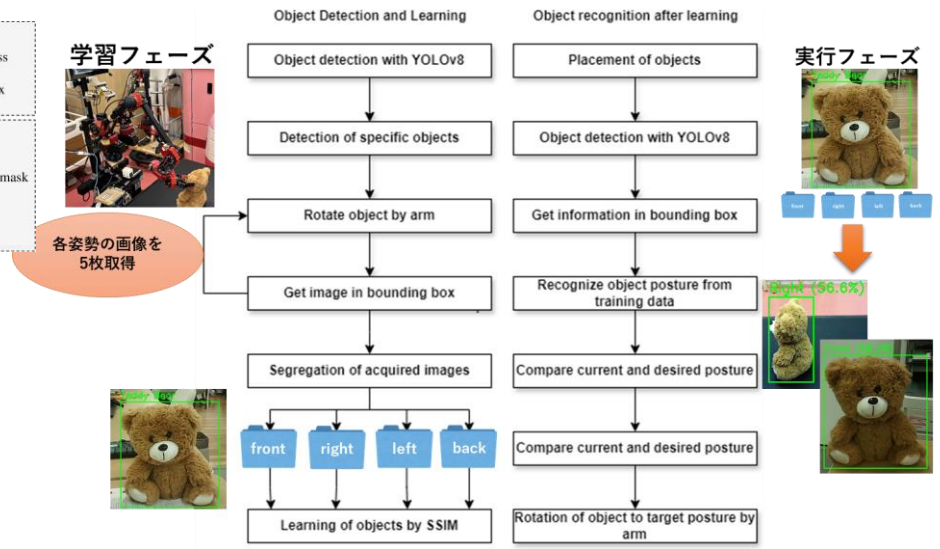
Video: 1:57



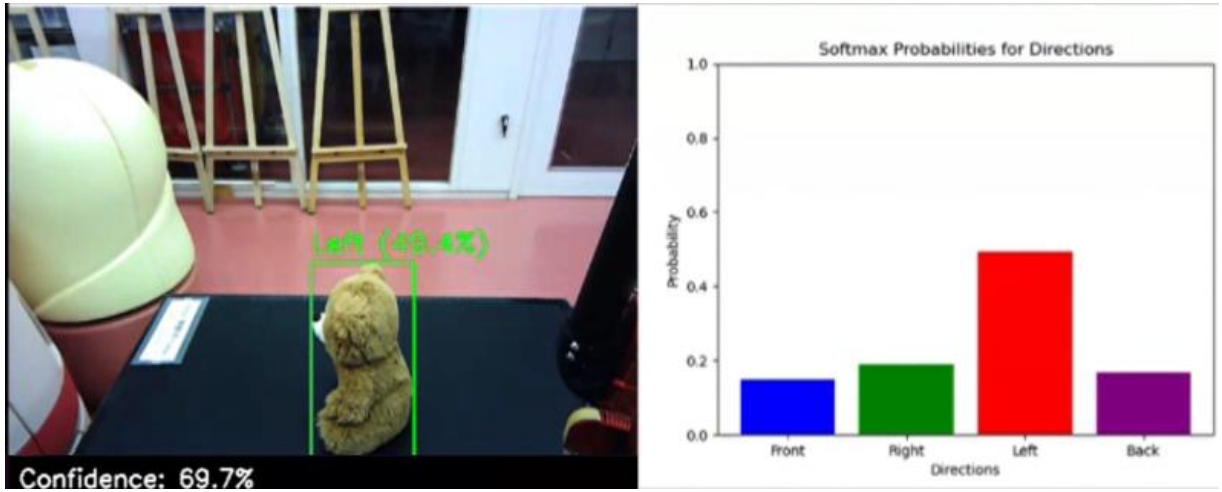
Video: 0:29

Mani：知りたいから動かす



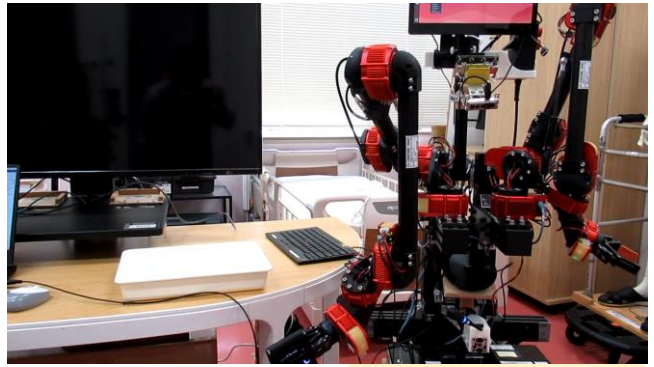


Video: 0:20

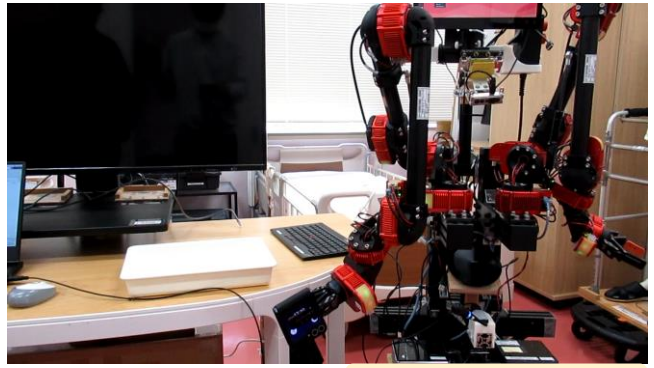




Mani: 自分の動きを聞き分ける

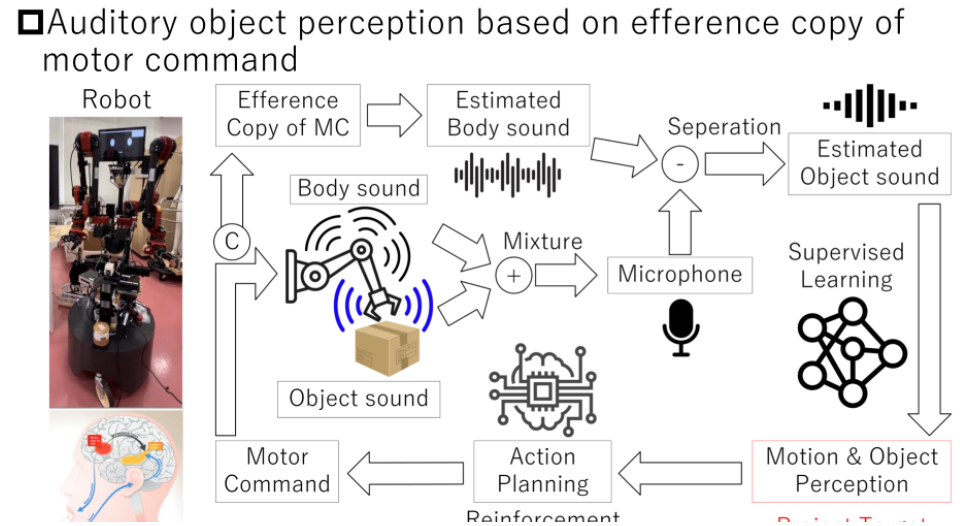


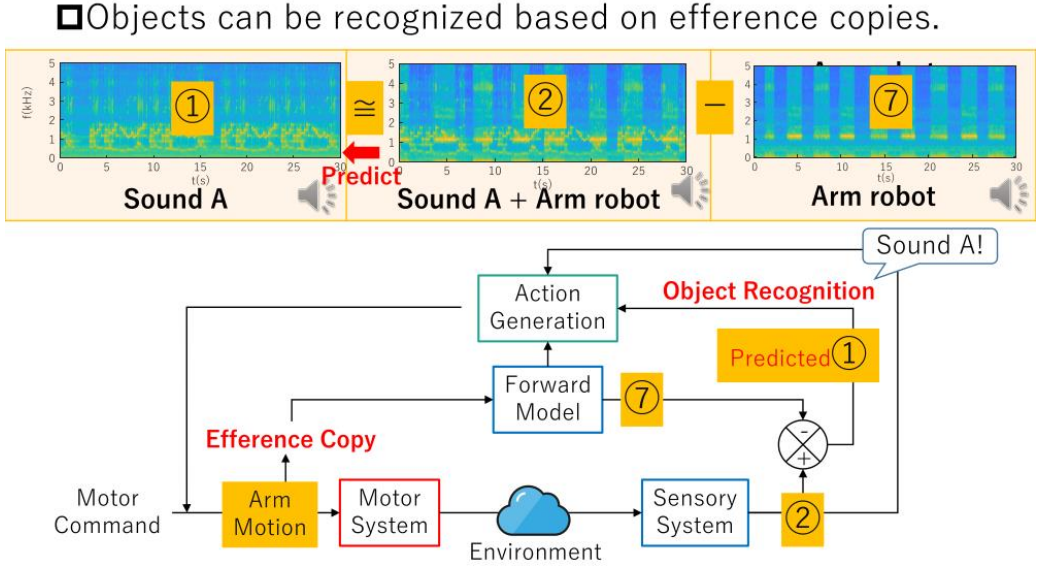
Video: 0:11



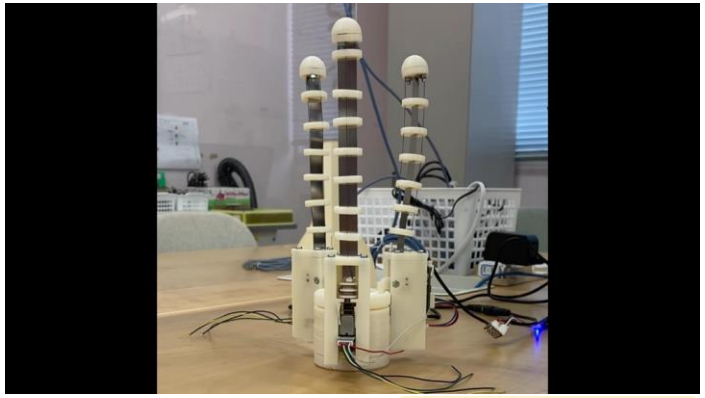
Video: 0:39

mani_bell_move.25.03
https://youtu.be/xIN8oVAw8tk
mani_bell_stop.25.03
https://youtu.be/IV8L1K3Ey8M

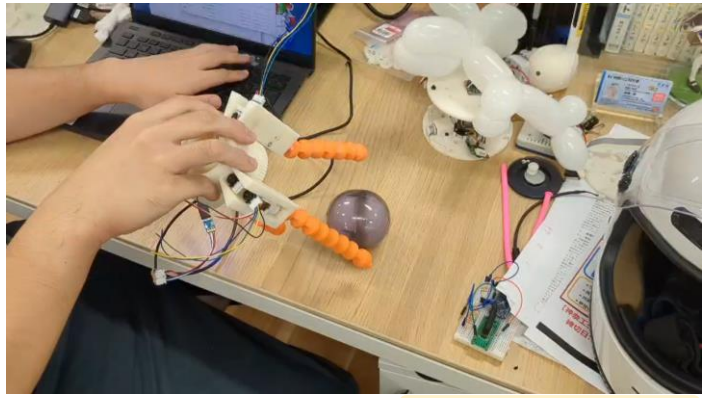




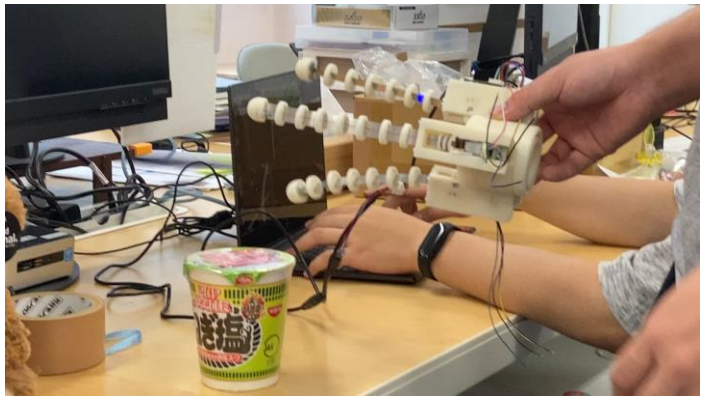
Mani：動物の手を模倣する



Video: 0:42



Video: 0:17



Video: 0:26



Video: 0:17

dita.23.07
https://youtu.be/LY1HWqL6Ubc
dita_ball.23.11
https://youtu.be/utiekRHg9EM
dita_cup.23.07
https://youtu.be/LY1HWqL6Ubc
dita_bear.23.07
https://youtu.be/3DILiyuoZWY

脊椎型ロボットSpina（スピナ）

- システム概要

  脊椎構造を工学的に再構成したモジュール型ロボット．各モジュールは通信網を用いて連携し，協調動作や補償動作が可能である．

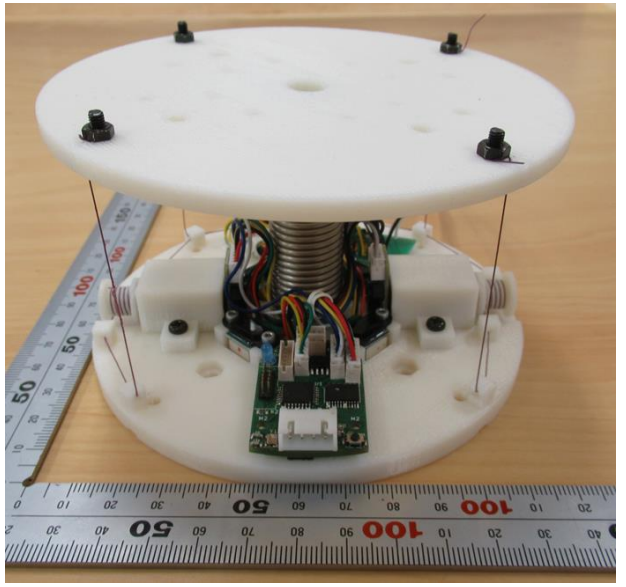
- 想定される利用者

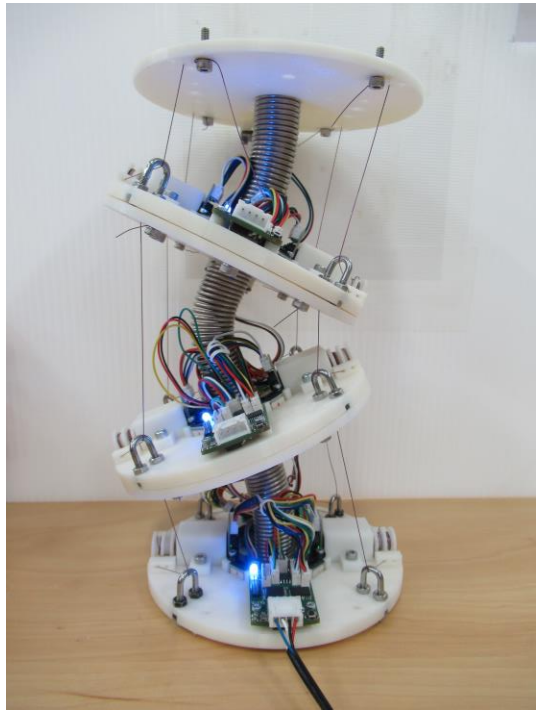
  人間と相互作用するアームや環境を探索する移動ロボットなど，幅広い目的に利用できる．柔軟性，耐久性，連結性に優れる．

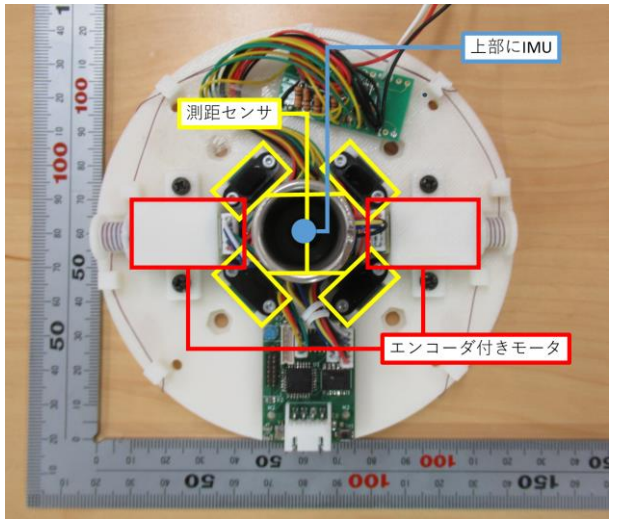
- 当事者からのコメント

  生理計測ロボットなど，身体への接触を伴い，負荷力の大きい作業を担うロボットに有効である．モジュール型の情報通信処理は生理計測用のセンサクラスタに適している．

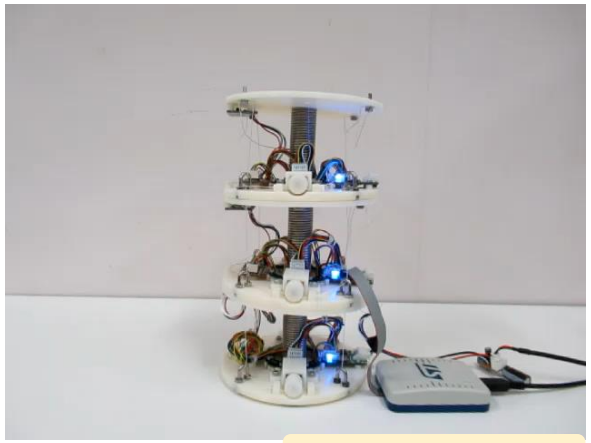




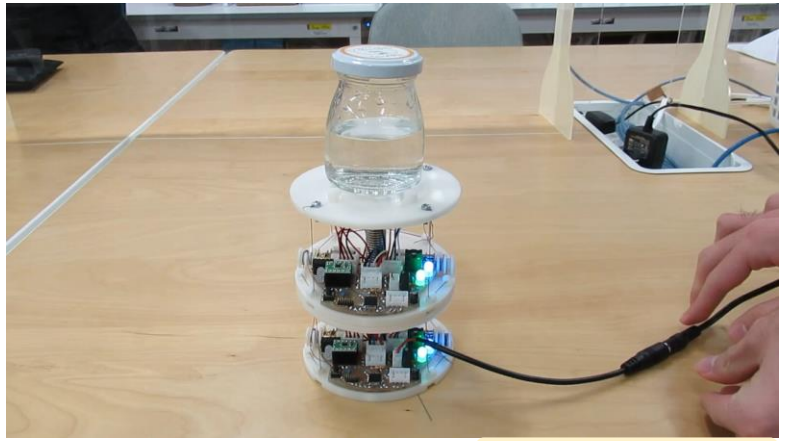




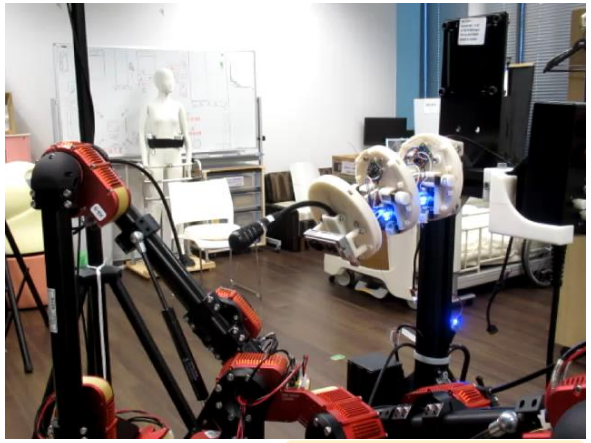
Spina：動物の背骨を模倣する



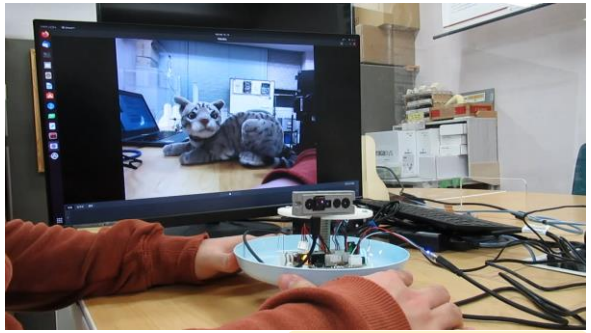
Video: 0:39



Video: 0:42



Video: 1:41



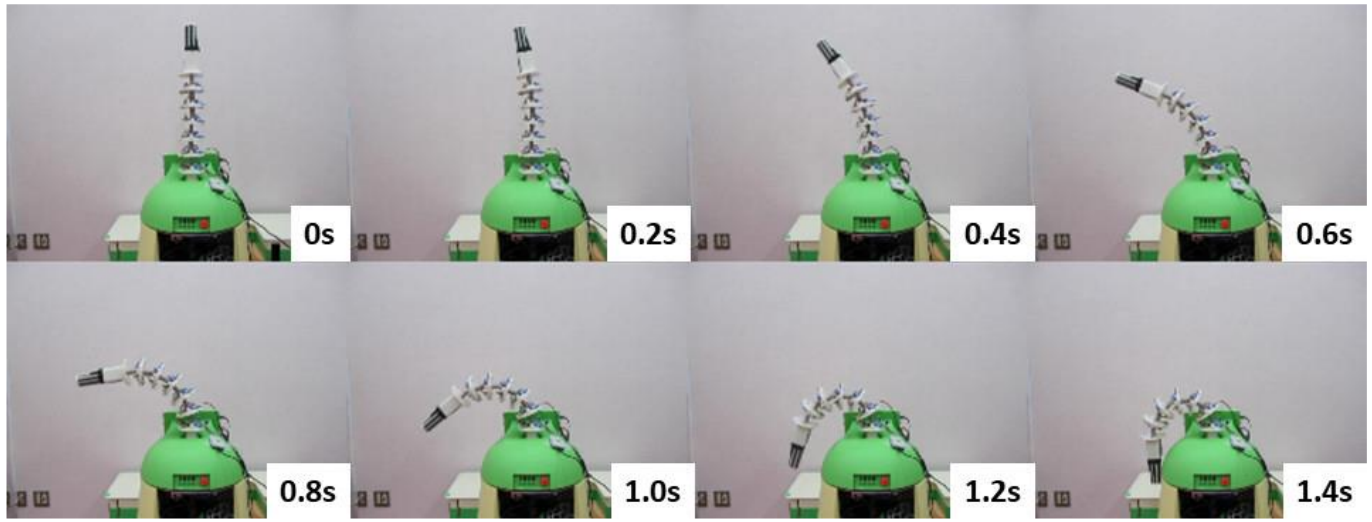
Video: 0:22

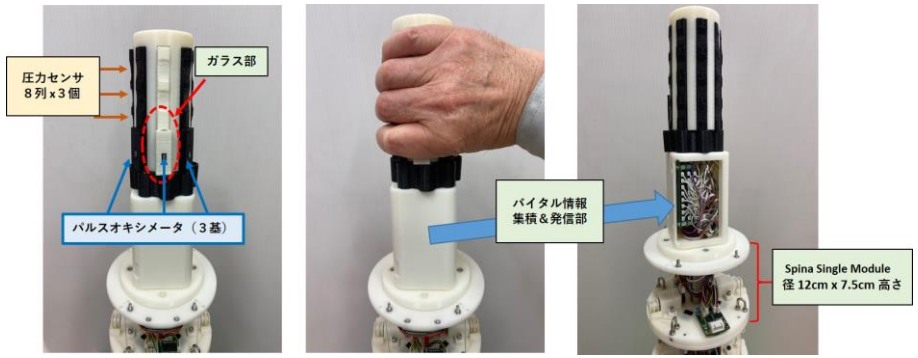


Video: 0:15

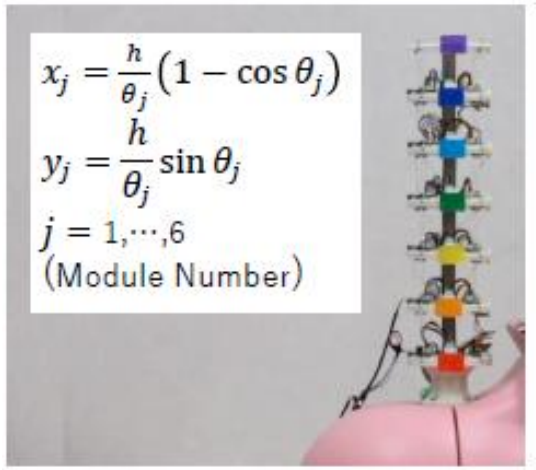
spina.24.03
https://youtu.be/s-MZCMc06JM
spina8.23.01
https://youtu.be/V1UQ16TH8gM
mani_spina2.23.03
https://youtu.be/WtwByVP5Iy0
spina6.22.12
https://youtu.be/Fv0zzW4vKGU
spina7.22.12
https://youtu.be/6KKRMVUKDt4

Spina：生き物のように近づく・触る・感じる





$$x_j = \frac{h}{\theta_j}(1-\cos\theta_j)$$
$$y_j = \frac{h}{\theta_j}\sin\theta_j$$
$$j = 1,\cdots,6$$
(Module Number)



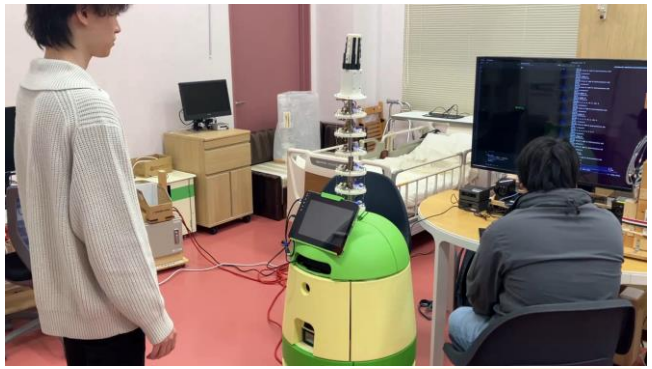
Spina(スピナ)は，脊椎構造を模倣した腱駆動モジュール型アームである．各モジュールは最大30度までピッチ角・ヨー角が可動し，これらを連結制御することで，バイタルハンドルを任意の位置姿勢に柔軟に配置することが可能である．



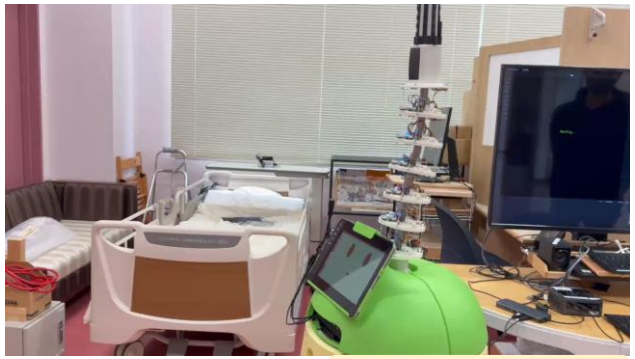
Spina：生き物のように近づく・触る・感じる



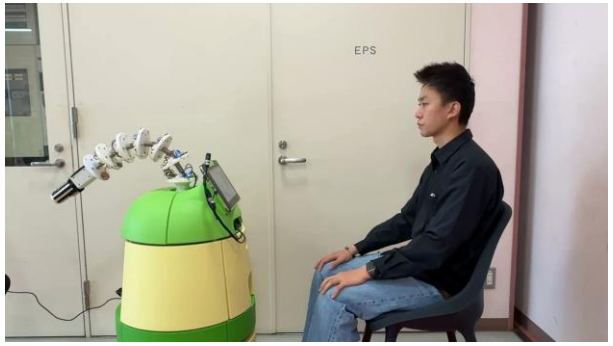
Video: 0:31



Video: 0:28



Video: 1:09



Video: 0:58

spina_lucia.25.02
https://youtu.be/4avIqNzXr6E
spina_vital.25.02
https://youtu.be/J73n4YsbNiA
spina_vital.25.04
https://youtu.be/W8XUPXEkqVI
spina_vital.25.04
https://youtu.be/W8XUPXEkqVI

生理計測ロボットLucia(ルチア)

- システム概要

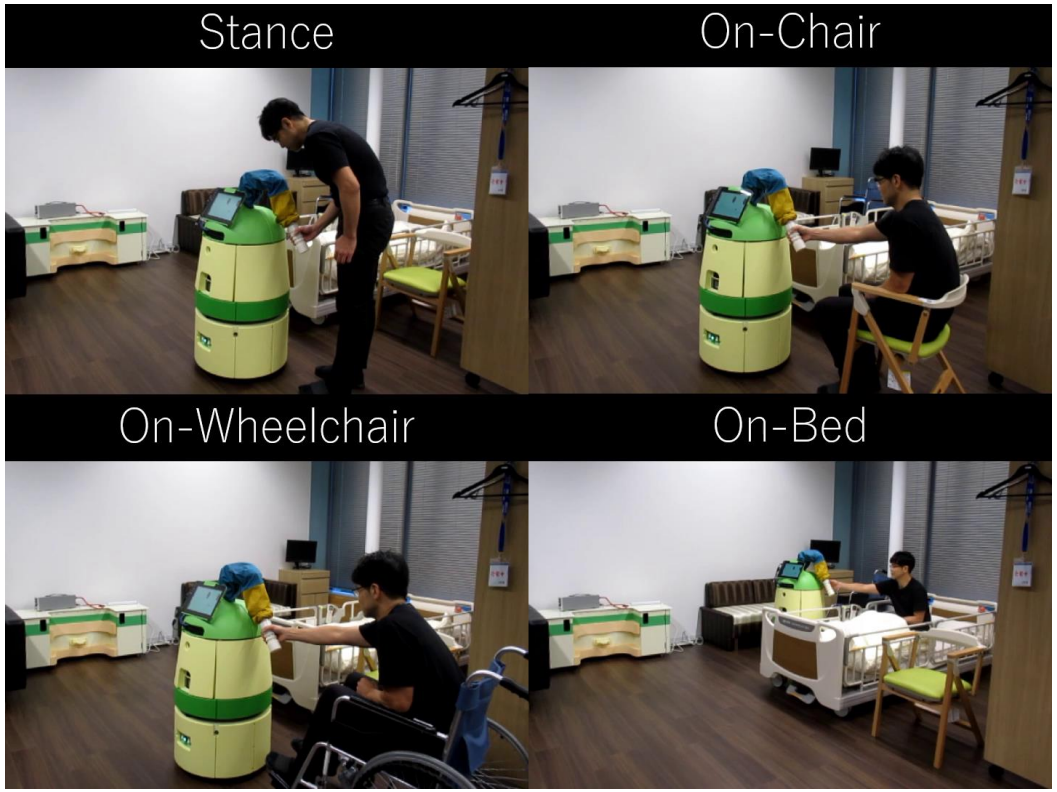
  移動巡回による見守りと徘徊検知の通知，障害者用テレプレゼンス，生理計測や歩行計測を行う介護医療コンシェルジュロボット.

- 想定される利用者

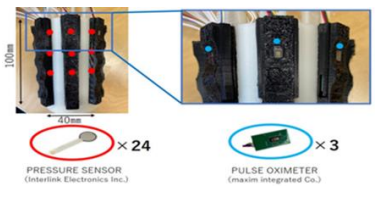
  夜間巡回の徘徊検知や生理計測を行う介護施設や病院の職員，共歩きが必要な歩行リハビリ患者，身体拡張が必要な障害者.

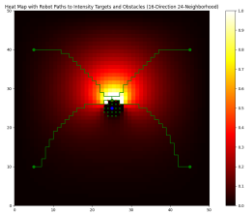
- 当事者からのコメント

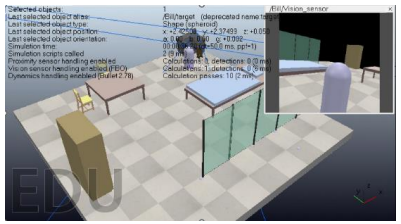
  目や声が可愛らしく，外装も柔らかいため高齢者の抵抗感は少ない．周囲にいる人を見分けて個人の認知運動特性に適した接近を行うので，人に優しいロボットと感じる.



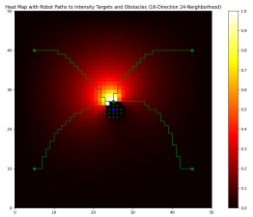








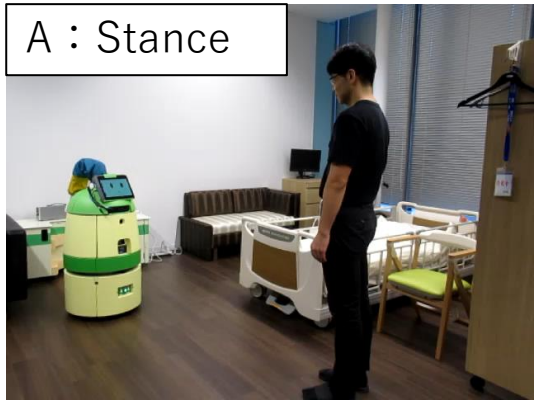




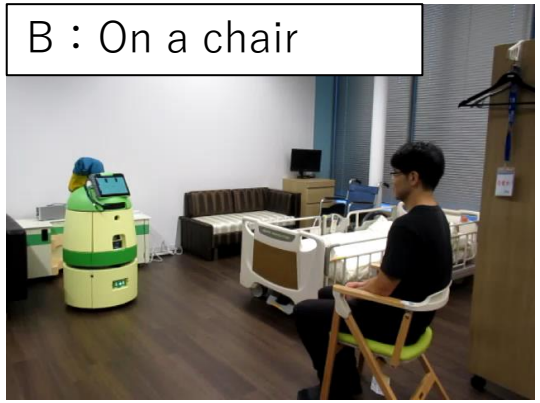
Lucia：物の壁と心の壁

Video: 0:39

A：Stance



B：On a chair

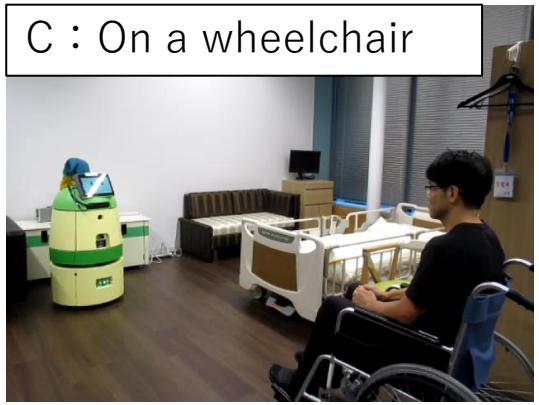




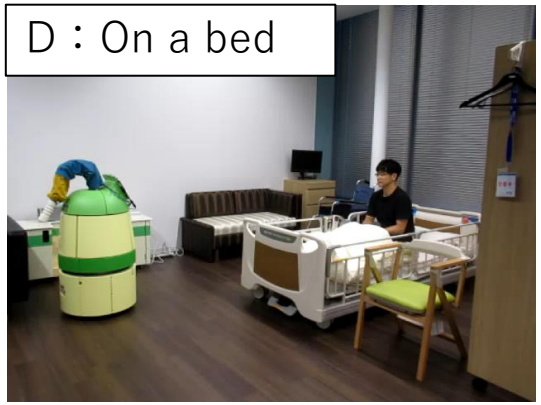
Video: 1:14

lucia_vital_1.21.07
https://youtu.be/jTnCV4NJ_rs
lucia_vital_2.21.07
https://youtu.be/HLAXm9kHBuI
lucia_vital_3.21.07
https://youtu.be/7R1nEYX5JHA
lucia_vital_4.21.07
https://youtu.be/jTnCV4NJ_rs
lucia_robio.24.10
https://youtu.be/FI-WHKv81aM
lucia_navi.25.04
https://youtu.be/W5ozaQR5Gvk
lucia_map.25.04
https://youtu.be/JZ8fnGNSbSw
lucia_vital.25.06
https://youtu.be/0Q4QJuZeVQ8

C：On a wheelchair

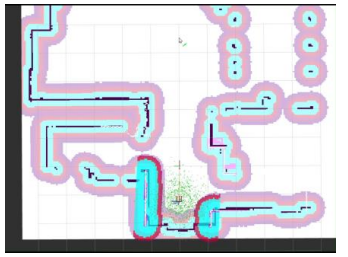


D：On a bed





Video: 0:39



Video: 0:43

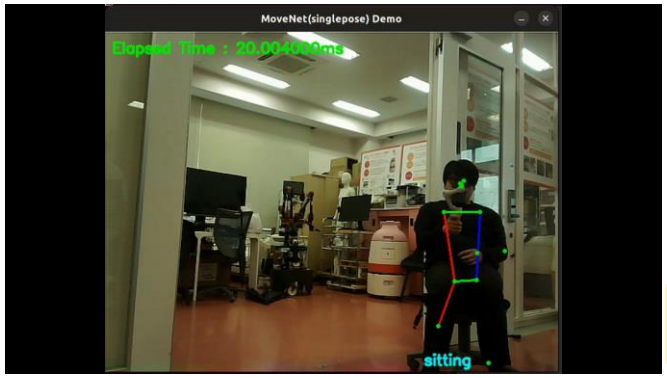
自律移動・リーチング・バイタル計測

Video: 1:19

Lucia：物の壁と心の壁

自律移動・リーチング・バイタル計測

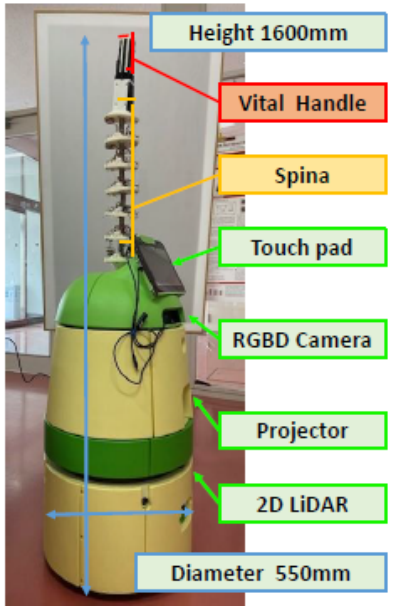
Video: 0:39

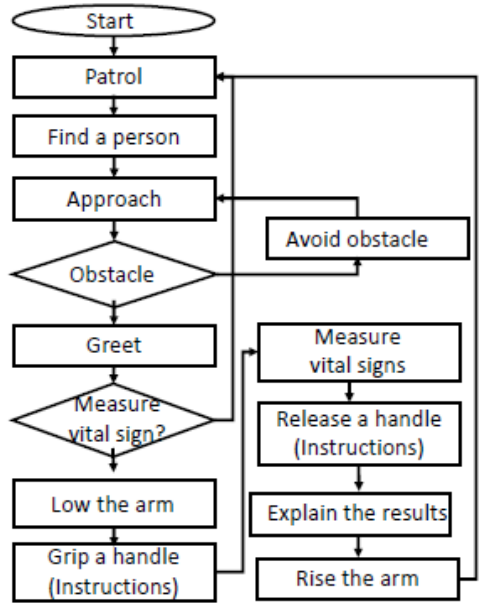


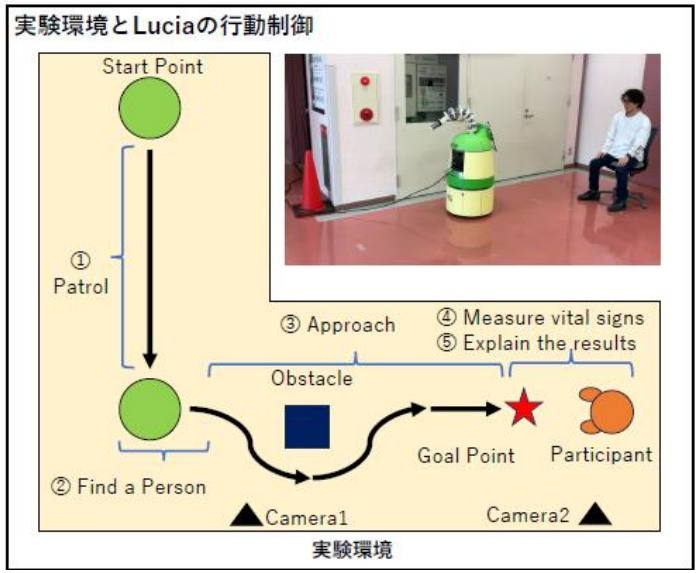
Video: 0:29



lucia_vital.25.06
https://youtu.be/0Q4QJuZeVQ8



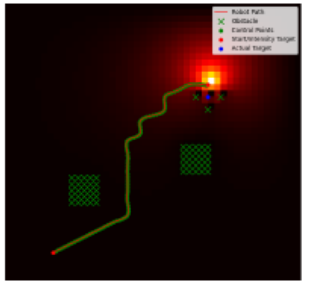






開始地点A(障害物なし)　開始地点B(障害物あり)　開始地点C(障害物あり)





$$\frac{\partial T}{\partial t} = kV^2T + q = k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) + q$$

Discretization

T = Temperature, q = Heat, k = Conductivity Constant.

$$T_{i,j}^{n+1} = T_{i,j}^{n} + \frac{4k\Delta t}{(\Delta h)^2}(\tilde{T}_{i,j}^{n} - T_{i,j}^{n}) + q_{i,j}^{n}$$

$$q_{i,j}^{n} = \begin{cases} 1 \text{ for } (i,j) \in D_T \text{ and } \forall_n \\ 0 \text{ for } (i,j) \in D_O \text{ and } \forall_n \end{cases}$$

D_T = Target area, D_O = Obstacle area.

注視訓練システムOcchi（オッキ）

- システム概要

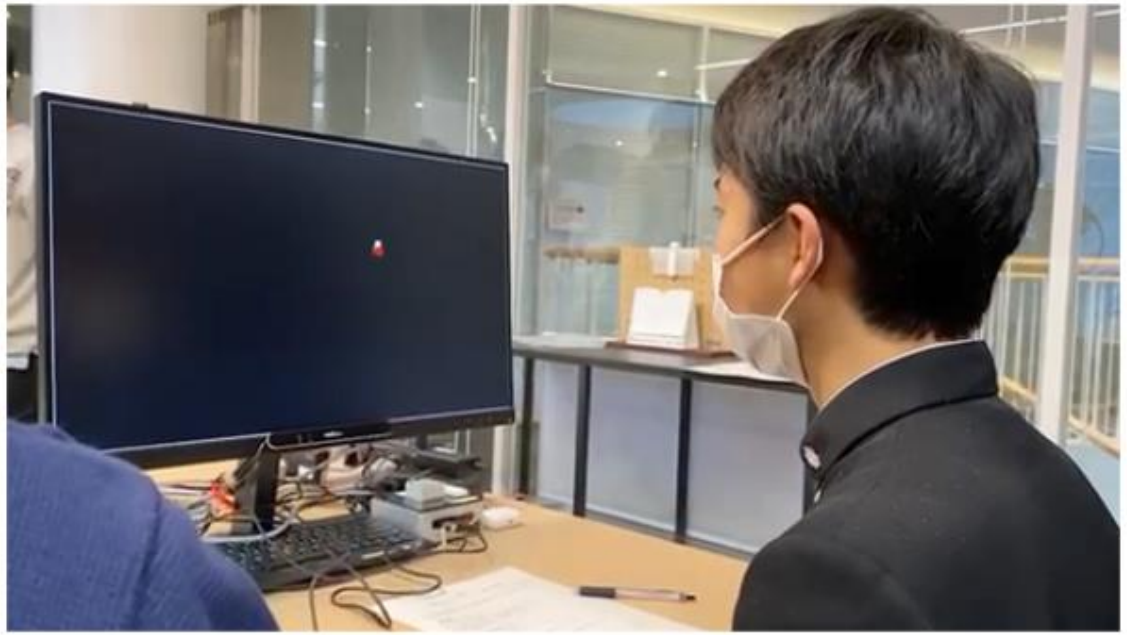
  眼精疲労による視力低下の回復や奥行きの知覚低下の予防を目的とする注視訓練システム．注視移動で眼筋をストレッチする．

- 想定される利用者

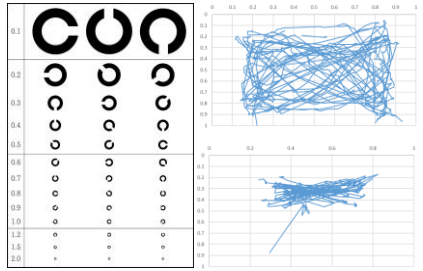
  スマートフォンやモニタの長時間使用によって疲れ目を感じる子供や成人，奥行き感覚が低下して不安を感じる高齢者ドライバー．

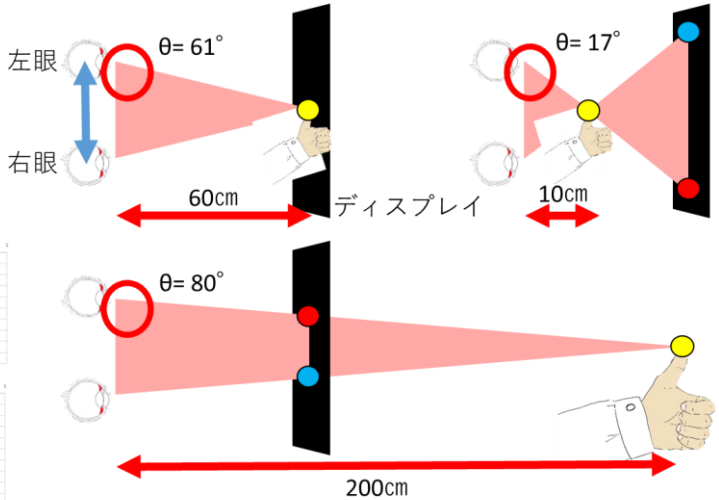
- 当事者からのコメント

  目標点を視線で追いかけると点が逃げて，段々と速度アップするため夢中になる．訓練後は目の周辺が少し温まった．奥行き方向の意識的な注視移動はこれまでなかった．





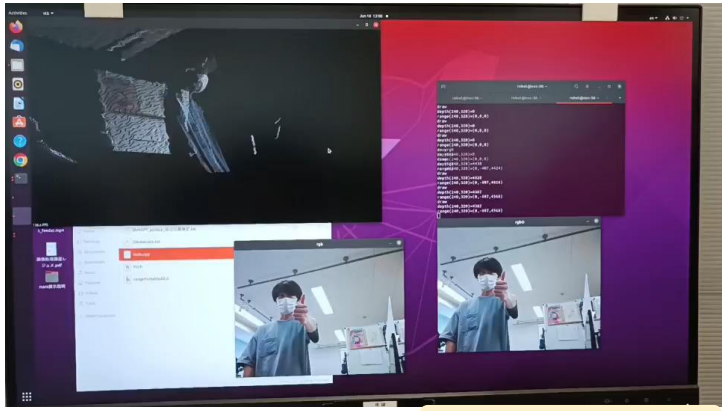




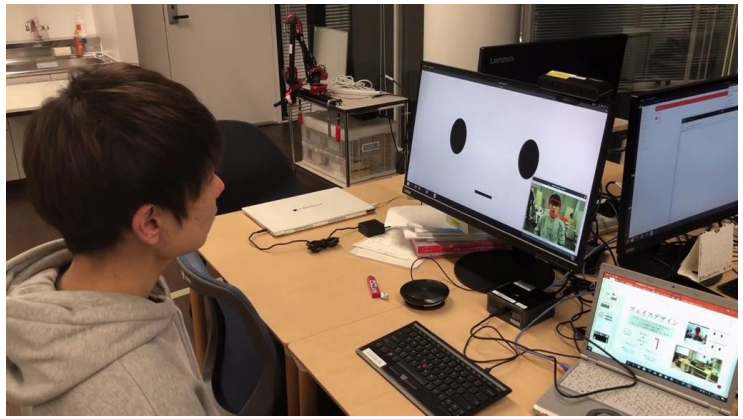
Occhi: 見つめると逃げる・笑うと笑う



Video: 0:46



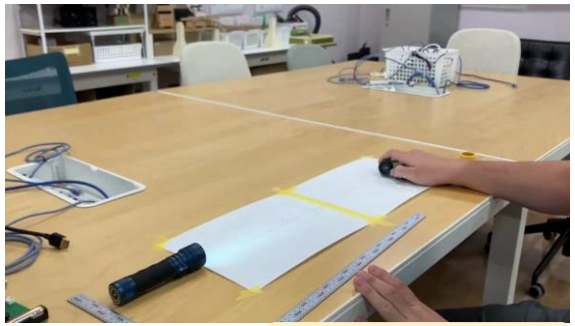
Video: 0:15



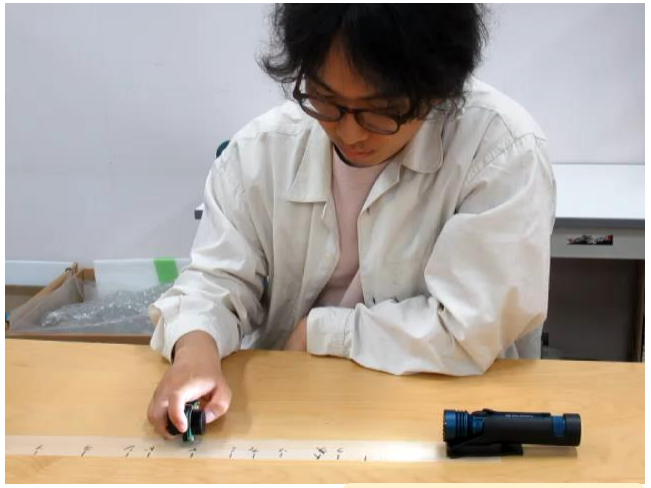
Video: 0:28

occhi.21.12
https://youtu.be/C2OD-Hja2Wk
occhi.23.11
https://youtu.be/gX3wgB872AU
mirror.21.12
https://youtu.be/gXt7-3ZV30o

Theremin：光と音の楽器テルミン



Video: 0:55

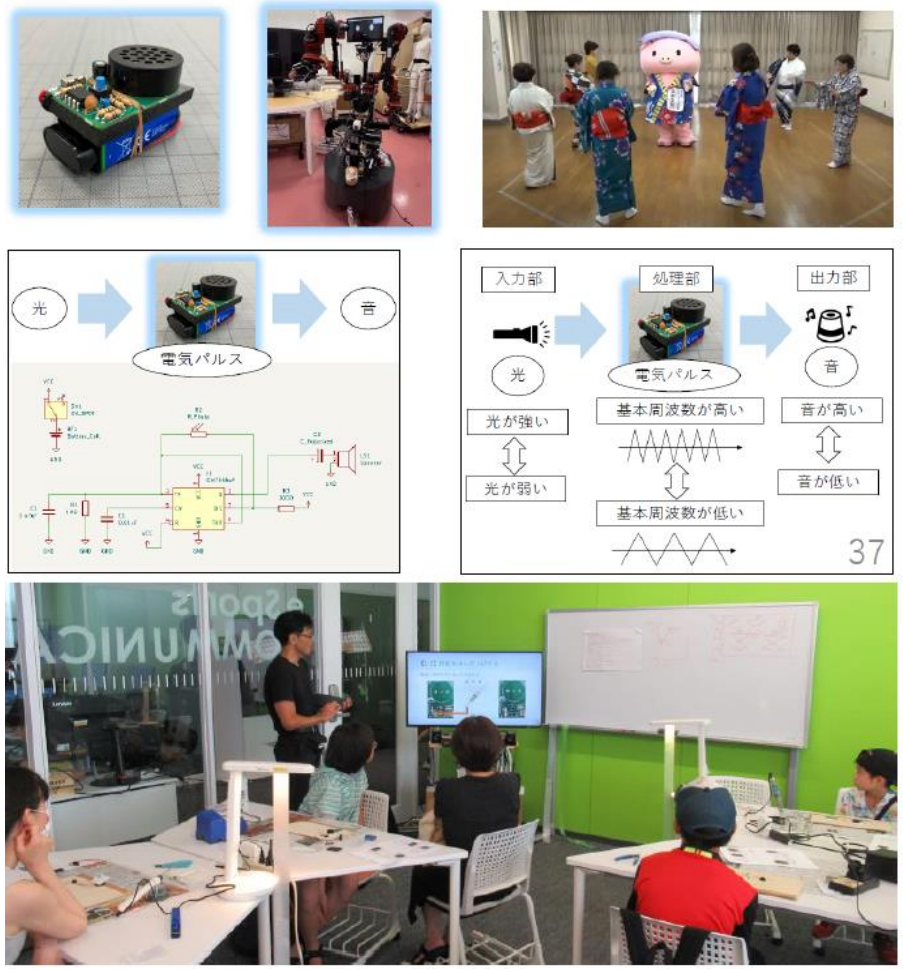


Video: 0:18

theremin.24.08
https://youtu.be/pGCVgdNduyI
theremin1.25.05
https://youtu.be/an9kGrj0mXA
theremin2.25.05
https://youtu.be/pKx49PATaOw



Video: 0:18



まとめ:ヒトとロボットの共生

- ロボットはヒトとは独立した意思を持つ存在.



ロボットと共生することでヒトの知性が進化するかも

- 多くの親は子供が独立した意思を持つことを喜ぶ.
  - ヒトはロボットの独立した意思を喜べるだろうか？
  - 知性の限界を超えられるか, ヒトは今試されている.

第10回課題レポート

- 課題「人間と共生するAIとロボット」
- これまで人間の道具に過ぎなかった計算機やロボットは，不完全ながらも知能や感性のかけらをもつようになり，人間にとってのある種のパートナーとなりました．しかしながら，人間は「人工物を支配できなければ危ない」という恐れから脱却することができず，AIやロボットなどの人工物と手放しで一緒に試行錯誤したり，そのやり取りに問いや意味を見出したり，それらに伴って成長発達する機会を逃しています．授業で触れたロボット三原則を打破するような，人間と人工物の新しいエコシステムを創るためには，どのような方策が考えられるでしょうか？また，人間の能力を補い，未知なる能力を引き出す人工物と暮らすことで，どのような未来が訪れるのでしょうか？ご自身の考えを1000字以内で記述してください．