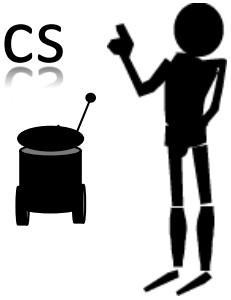
人とロボットの共生学

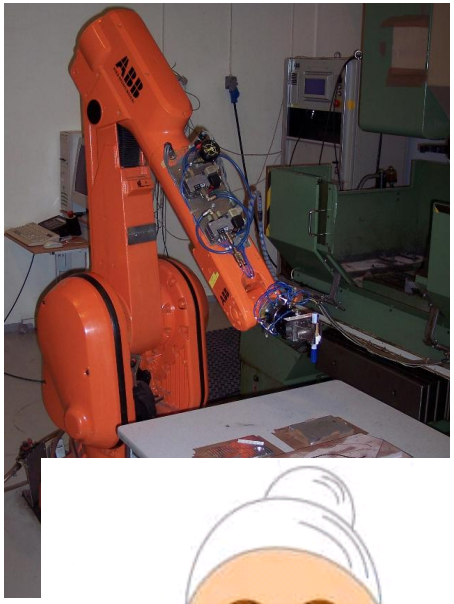
Toward Socially and Cognitively Assistive Robotics



新妻　実保子（ニイツマ　ミホコ）
中央大学 理工学部 精密機械工学科 准教授
2717号室 niitsuma@mech.chuo-u.ac.jp
http://www.mech.chuo-u.ac.jp/~hslab/

人とロボットの共生

- なぜ「共生」なのか？
  - ロボット／コンピュータに得意なこと と人が得意なことは異なる
    - ロボット／コンピュータ
      - 覚える，同じことを繰り返す，膨大な計算を行う，決まった行動，など
    - 人
      - 解釈する，認識する，未知なことや変化に対応する，目的に応じて判断するなど
  - 「共存」との違い
    - 共存・・・共に在る
    - 共生・・・共に生きる



インタラクション
interaction

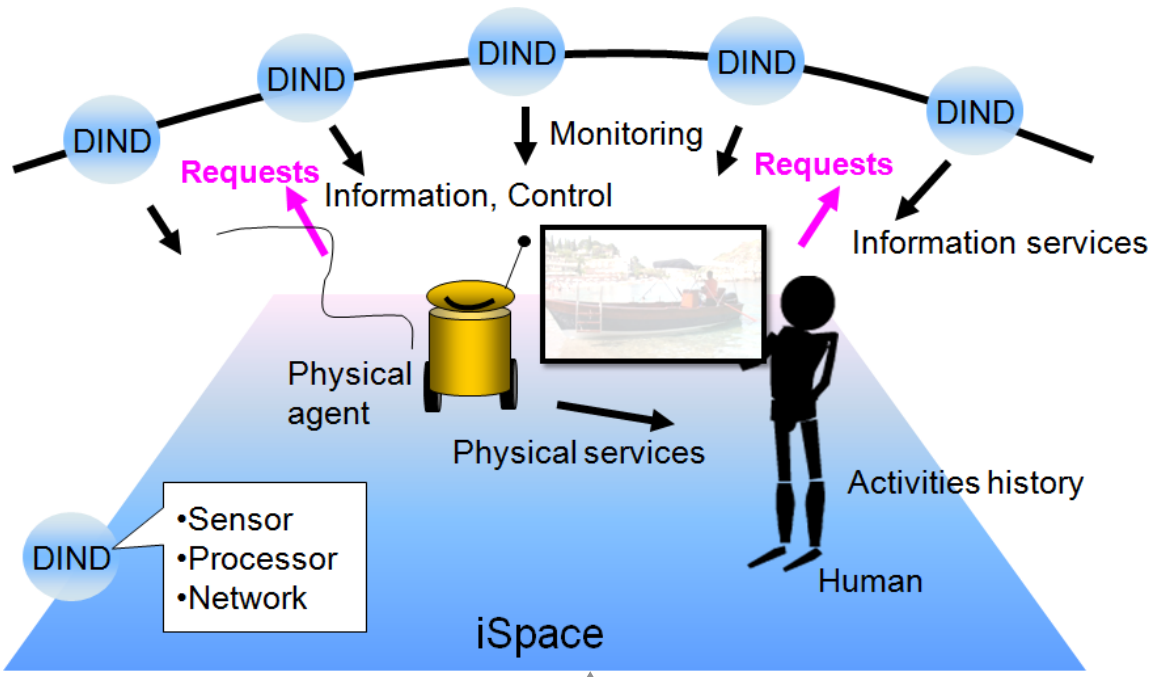
相互に作用

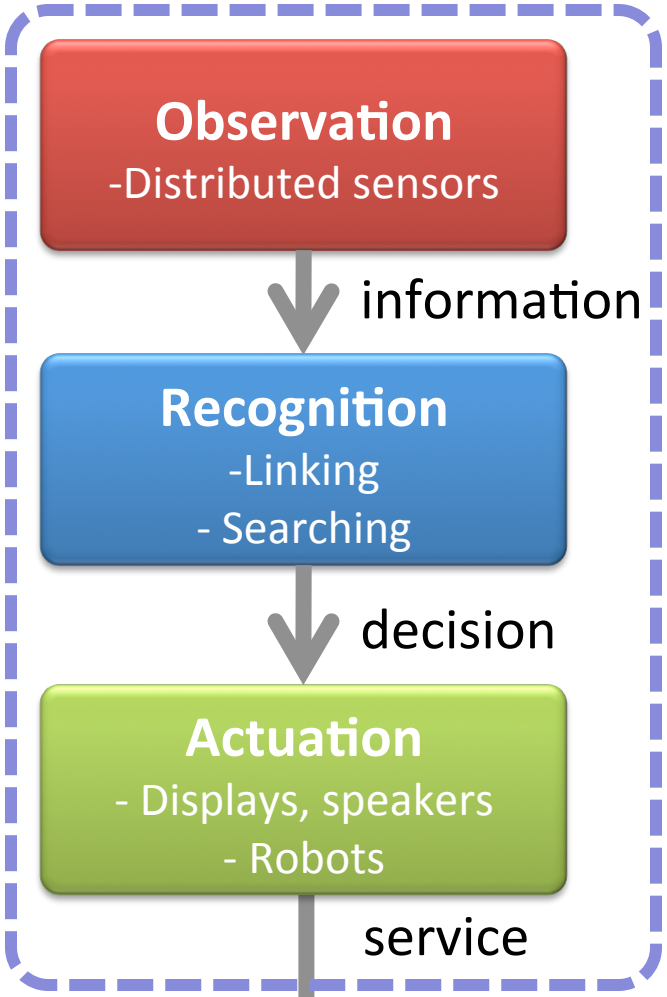
相互補完的な関係を目指したい

Intelligent Space (iSpace)

- 空間知能化（Intelligent Space）

Distributed **I**ntelligent **N**etworked **D**evice





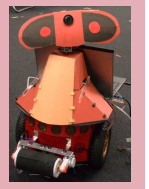
Process to make a space smart

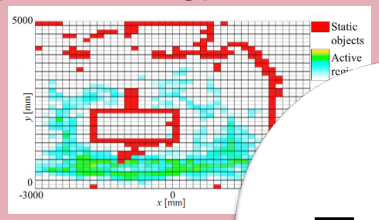
ヒューマン・システム研究室の研究テーマ

空間知能化

人とロボットが共生するための基盤

- 空間メモリ（User interface in iSpace）
- 環境地図の構築（観測＋理解）
- ロボットの自律移動（働きかけ）





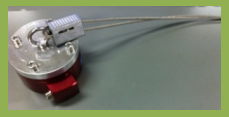
動物行動学に基づく人とロボットのコミュニケーション

- 長期的・持続的なコミュニケーション
- 人と犬の関係
- 社会的関係

人
ロボット
共生学

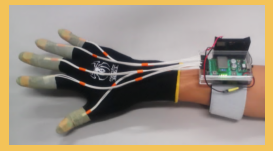
人と協調する知的電動車いす

- 身体的負担の少ない操作方法
- 安心できる自動化
- 客観的な評価手法



人の知覚能力を拡張するヒューマンインタフェース

- 振動刺激を用いた触感の提示
- 相対音程差を用いた壁面の提示
- 産業ロボットへの応用



2013年度の研究テーマ

iSpaceにおけるユーザインタフェース

- ユーザインタフェース（user interface: UI）
  - インタフェース：二つの世界の界面
  - UI = 機器と人の界面
- iSpaceの特徴
  - ネットワーク化された多様な機器が存在する

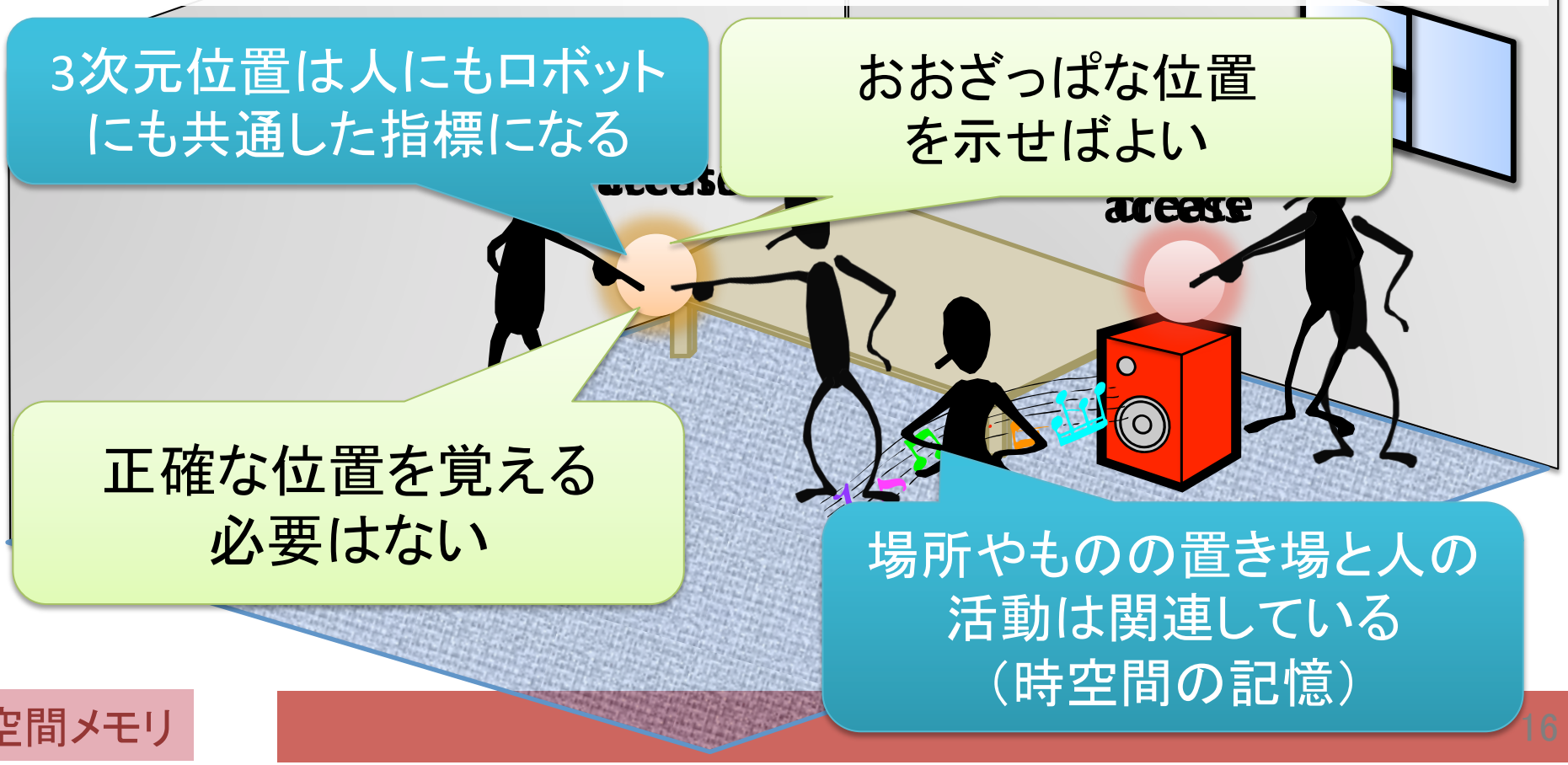
人がiSpaceの機能を直接使えるようにする重要な部分

空間メモリ

- 統一した方法で異なる機器を操作できるようにする

方策

- 実空間をUIに使う → 人とロボット・機器が共有してい
- 身体を使う → 直感的、スキル不要



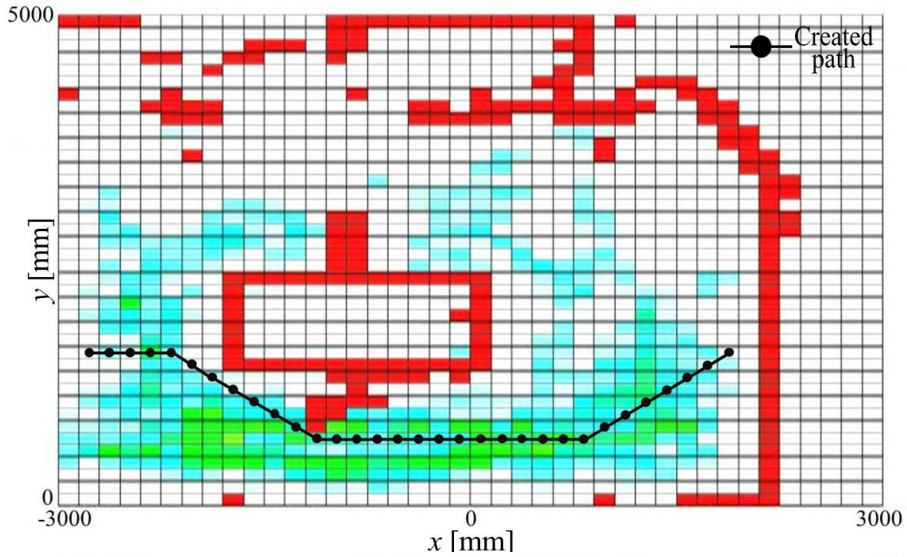
iSpaceによる環境地図の構築

- 移動ロボットのための環境地図
  - 障害物回避、経路計画、自己位置推定に応用される
- 研究課題
  - Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)
  - 3次元環境地図の構築
  - 動物体の地図へ反映

  etc…
- 人共存環境における移動ロボットナビゲーション
  - ロボットが人が使用する環境に適応する必要がある

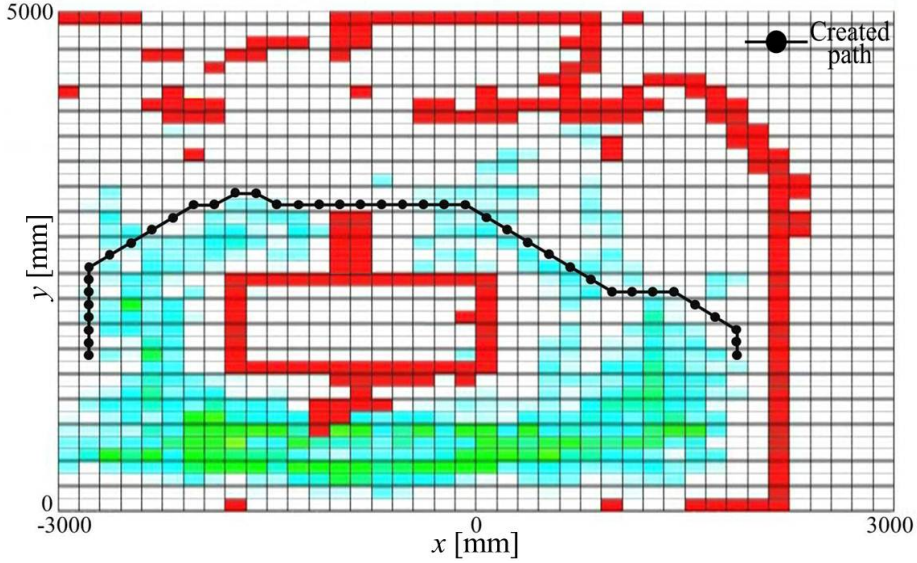
方策
- 人の歩行経路や活動領域を計測する
- 人の活動領域を地図に表す

環境地図の経路計画への応用



活動領域を考慮しない

- 最短距離となる経路
- 移動距離は短いが人の活動を妨害する可能性がある

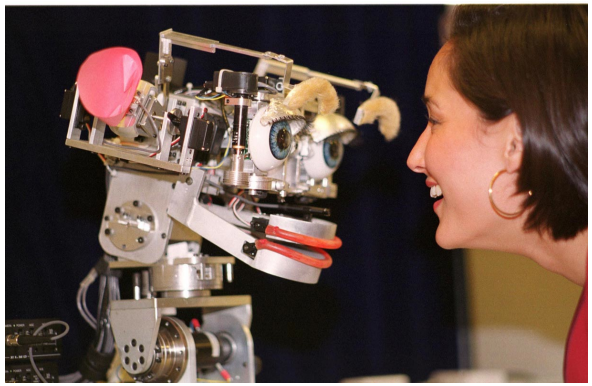


活動領域を考慮する

- 活動領域を避けるように経路が生成される
- 活動度合いの低い場所を通過する

人とロボットのコミュニケーション

- 背景と動機
  - 共生　…　長期的で、かつ持続的な関係の構築が必須
  - 従来手法　…　設計者の経験、主観、好みに基づいて設計
    うまく行くか根拠がない！
  - 従来からある人-ロボットコミュニケーションの問題点
    - ✓ 人がロボットへ注意を払わなくなる　→　関心を失う
    - ✓「使うときだけのインタラクション」
      →　使わないとき、
      ロボットは何をしている？



KISMET -- MIT

- ❖ 根拠のあるコミュニケーションモデルが必要
- ❖ 関心を失わないような社会的関係の構築
- ❖ 人からの指示を常に必要としない自律性

動物行動学に基づく人とロボットのコミュニケーション

- 人と犬の関係に注目
  - 動物行動学者曰く、「*犬は人と共生する最初のロボット*」
  - 犬が特別な理由
    - 犬は人の赤ちゃんと同じように、飼い主に対して愛着行動を示す
    - 状況に応じた行動を示すことにより、その行動の意味を人も解釈できる

状況を判断して、社会的に振る舞う

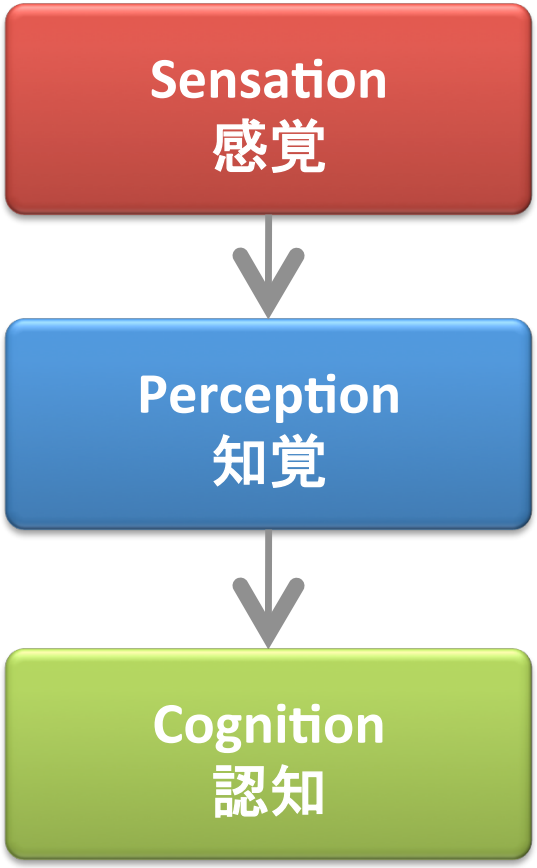
ロボット自身が状況を判断し、
自身で行動を決定できる能力が必要：自律性

方策

犬の行動様式に基づいて、ロボットの自律性を設計する
→ 人とコミュニケーションする行動モデルを設計する
犬の愛着行動をモデル化した

人の知覚能力を拡張するヒューマンインタフェース

- 人と人工物間の感覚の共有
  - Cognitive Infocommunication という新しい学問領域
    - Cognitive Infocommunicationに関する最初の国際会議を2010年に中央大学後楽園キャンパスで開催
  - そのままでは知覚できないものをいかに知覚可能にするか
    - ✓sensor bridge … 異種間での感覚の伝達・共有
    - ✓sensor sharing … 同種間での感覚の伝達・共有



人の知覚能力を拡張するヒューマンインタフェースにおける研究テーマ

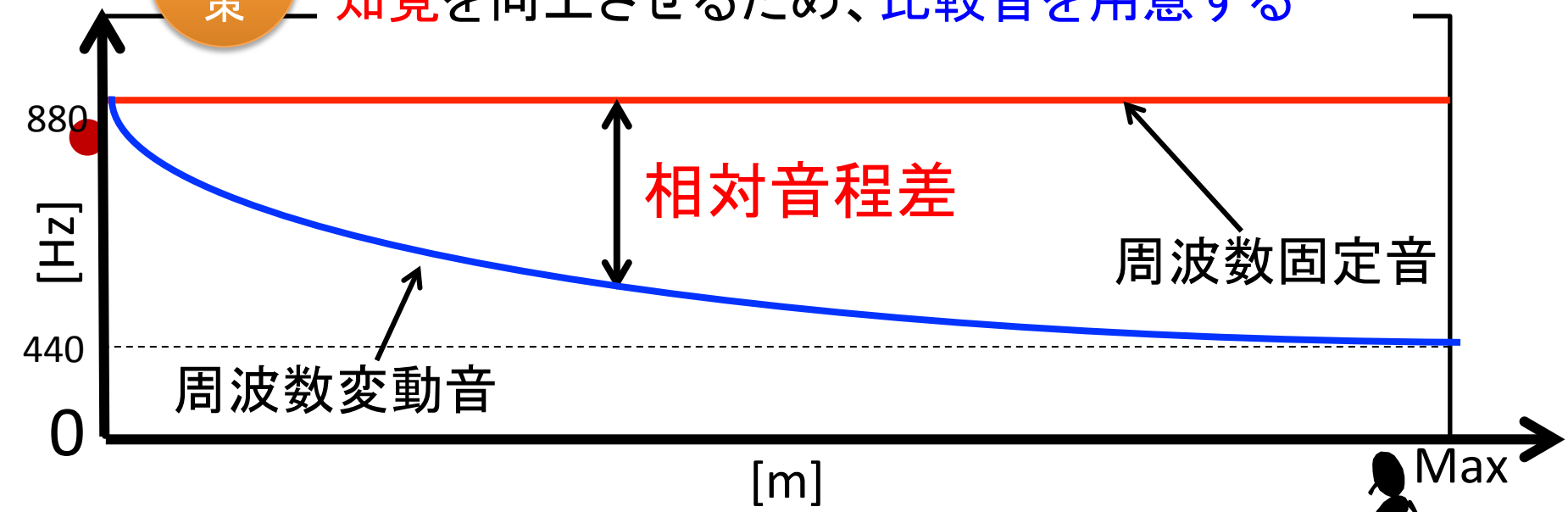
- 感覚器を代替した刺激の提示
  - 聴覚を用いた壁面形状の提示、メンタルマップ形成への応用
    - ✓視覚障害者支援
    - ✓近距離、足下の情報は白杖から得られる
    - ✓遠方の情報を接近前に知りたい
    - ✓事前に得た情報をもとに行動を計画したい
  - 触覚を用いた仮想物体の触感の提示
    - ✓振動を用いた刺激の提示からどんな触感を得るか
    - ✓錯覚を応用した位置の提示

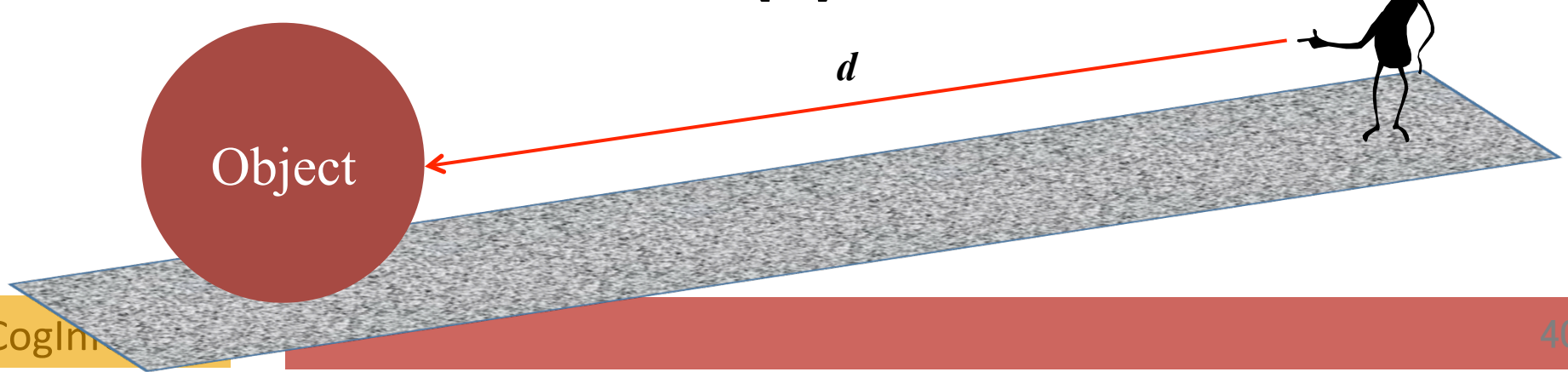
聴覚刺激(sin波)による距離感提示

- sin波の音程変化の知覚精度向上

方策

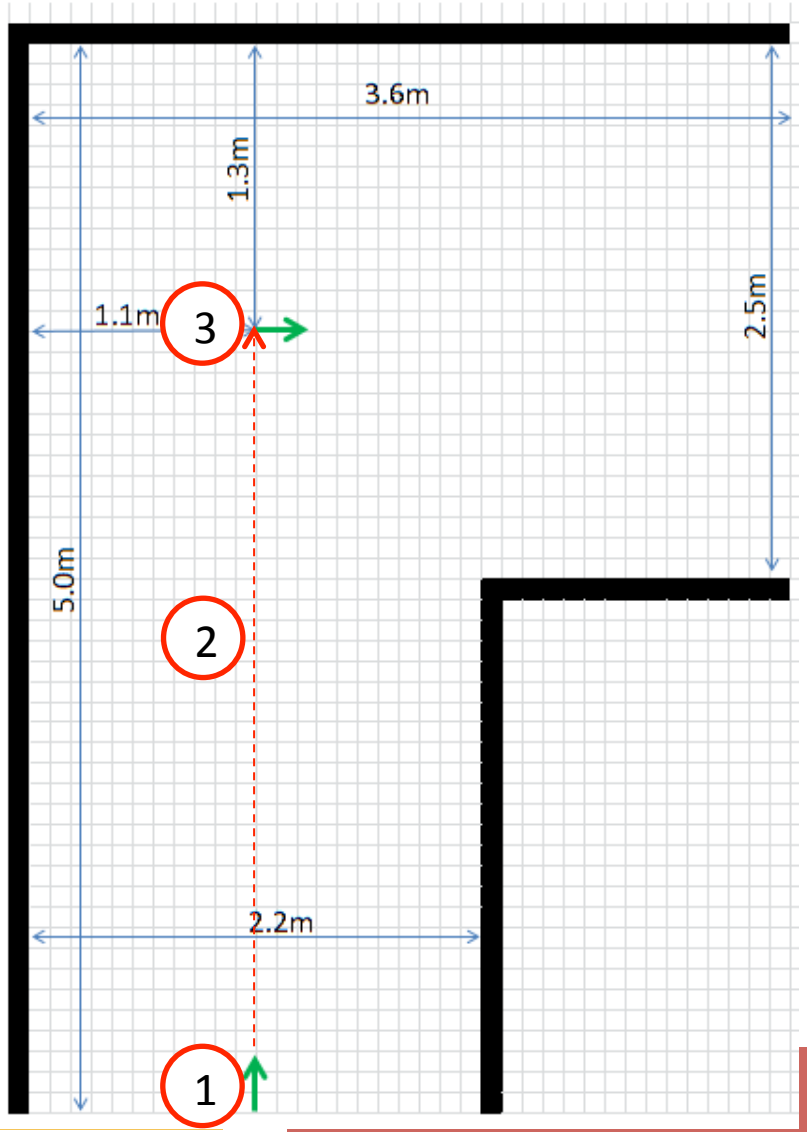
距離感に対応する音程変化の知覚を向上させるため、比較音を用意する



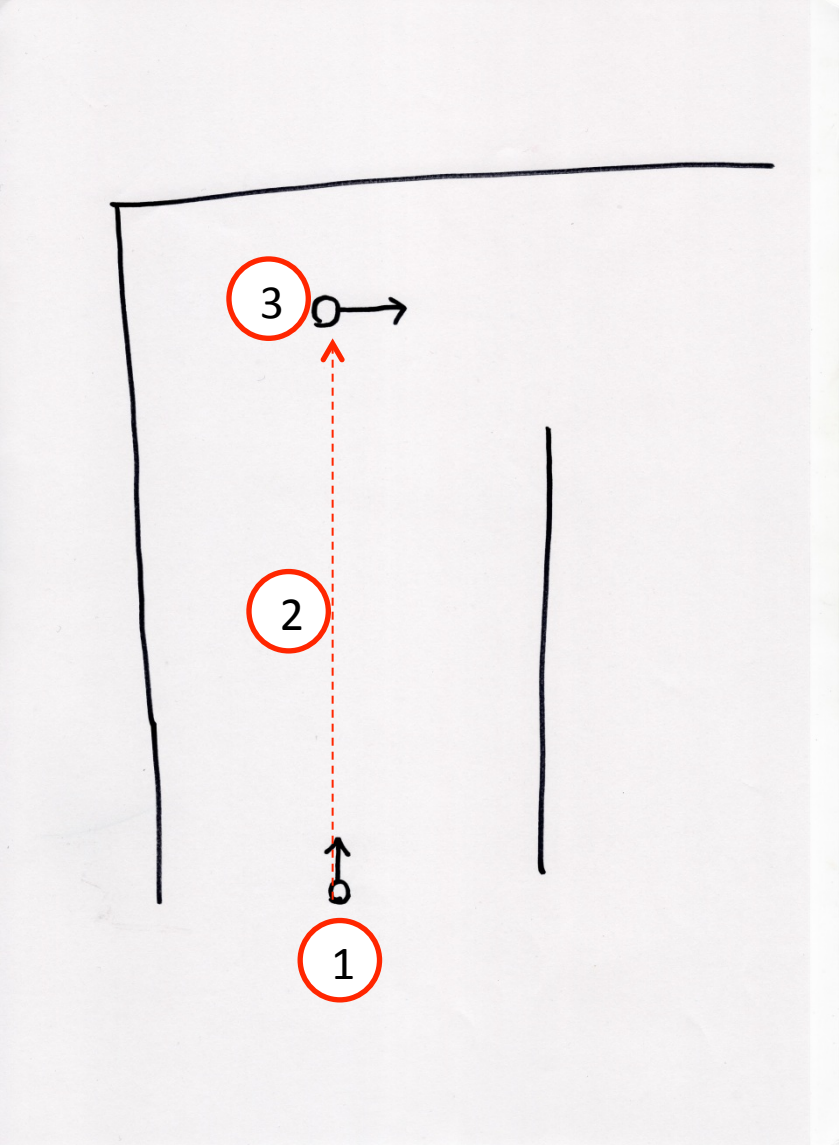


メンタルマップ形成実験　実験結果

実験環境



解答

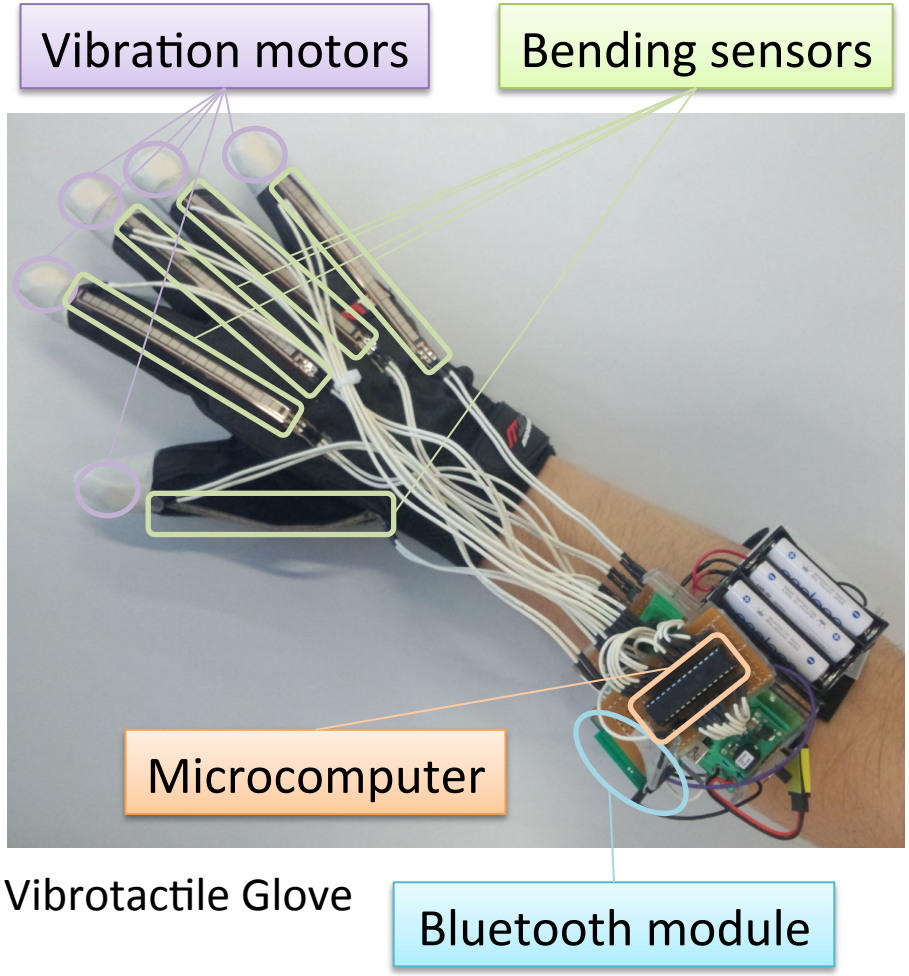


触覚を用いた仮想物体の触感の提示

- 触感提示の応用例
  - 空間メモリの提示
  - 仮想空間内での仮想物体の提示
  - 産業用ロボットの遠隔操作への応用
    （ノルウェーの企業との共同研究）
    - 力、ロボットアームの動作、障害物までの距離

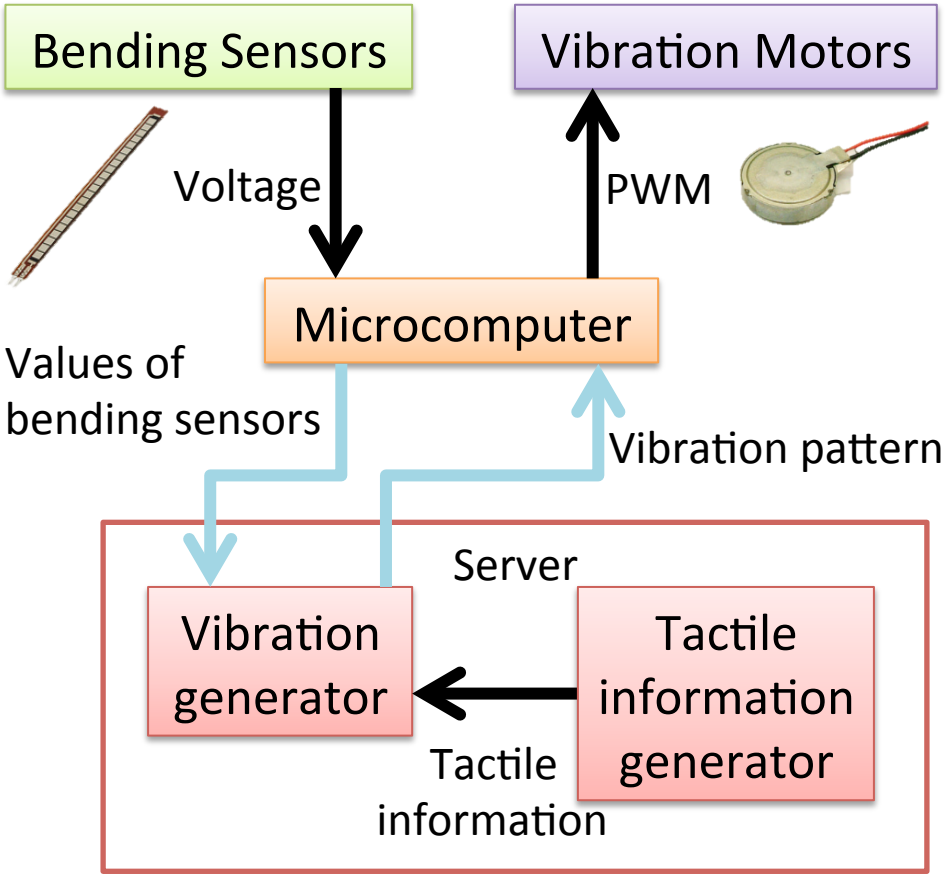
- 軽量、小型な触覚デバイス
  - 爪上における振動刺激の提示

振動触覚グローブの設計



Vibrotactile Glove

System configuration

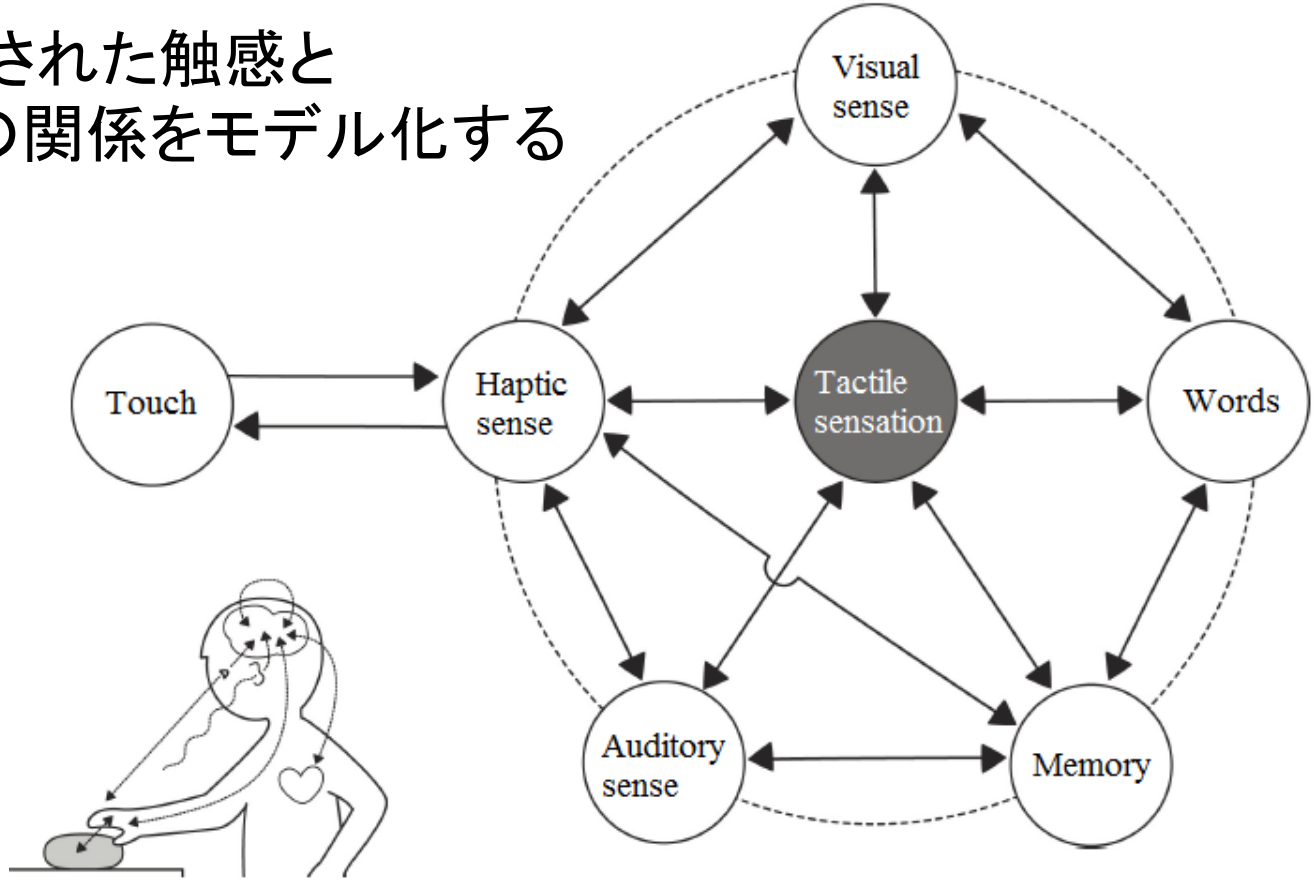


振動刺激と触感の関係

- 擬似的な振動刺激から人はどんな触感を思い描くのか
- 思い描いた触感をことばで表現する

方策

ことばで表された触感と
振動刺激の関係をモデル化する



振動刺激による触感の提示

Duty ratio及びactivation time のレベルを変えたとき、
そのレベルの変化に従って触感の強さも変化が見られた項目

	Passive touch		Active touch	
Duty ratio	Hardness Heaviness	Smoothness	Thickness Heaviness Hardness	-
Activation time	Hardness Elasticity	Thickness Heaviness	Hardness Heaviness Thickness	Elasticity

※ Psychophysical layer only

現在の実験結果では、粗さ/滑らかさも提示できることが分かってきた

人と協調する知的電動車いす

- 背景
  - 高齢化により利用者が増加している
  - 事故も増加している
    - ✓ 慣れない操作方法 → 身体的負担増
      ジョイスティックによる連続的な入力
    - ✓ 慣れない身体感覚での状況判断 → 認知的負担増
      電動車いすにより死角ができる

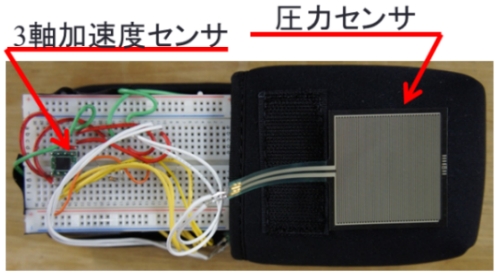
方策

知的電動車いす ＝ 電動車いす ＋ 自律移動ロボット

- ✓人は目的地（進行）方向だけを入力
- ✓ロボットが目的地方向から目的地を推定
- ✓自律的に目的地まで移動する

簡便で高精度な入力のために

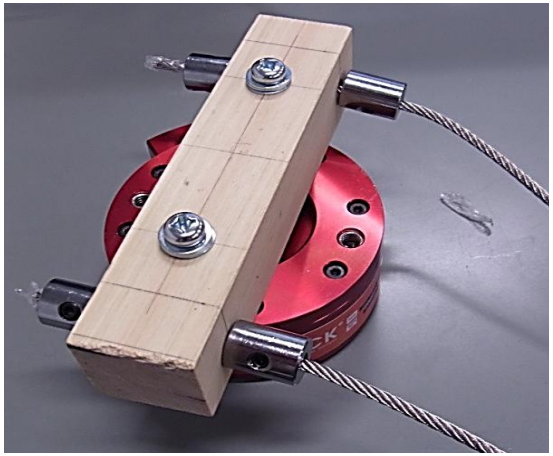
- 手の傾きを利用したインタフェース
  - 3軸加速度センサ
  - 傾きで方向指示



(a)入力インタフェースのデバイス

(b)入力インタフェースの外観

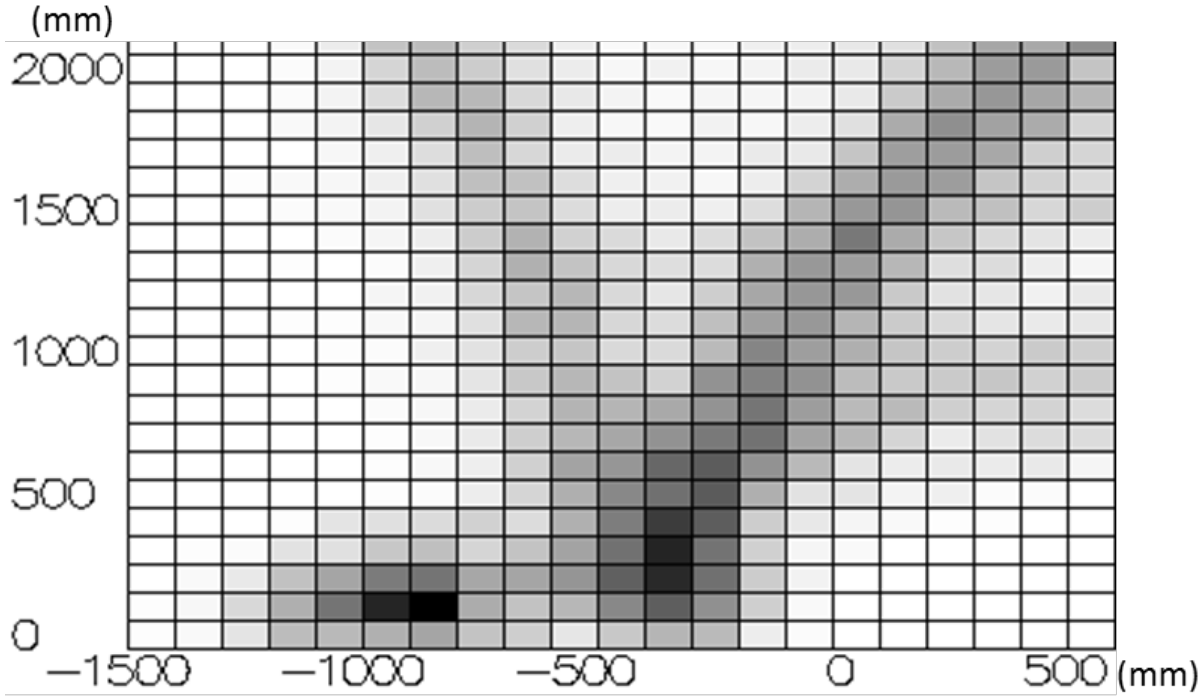
- 手綱型インタフェース
  - 6軸力覚センサ
  - 引っぱりで方向指示



人の活動履歴を応用した目的地推定

- 正確に行きたい方向を示すのは難しい
- 人のよく立ち止まるところ、滞在して利用する場所を地図に表現　→　目的地の可能性が高いと考えられる。

おおざっぱな方向指示で適切な場所を選択できる



まとめ

- 人とロボティックシステムの共生
  - 空間知能化　・・・　動的な環境に対応する仕組み
    - 空間メモリ
    - 環境地図の構築，経路生成，障害物回避
      - 移動ロボットナビゲーション
    - 動物行動学に基づく人・ロボットコミュニケーション
    - 人の知覚能力を拡張するヒューマンインタフェース
    - 人と協調する知的電動車いす
  - 相互補完的な関係の構築

今日の課題

- 提出期限：2013年 6月 24日（月）12:10 – 12:40
- 提出場所：新妻居室　2717号室 ドアに設置した提出場所
- 空間知能化する意義について
  - 実空間でロボットが自在に動くためには、どんな情報が必要になるか
  - 実空間、あるいは人々の振る舞いを観測して、ロボットに役立ちそうな情報として、どんなものが考えられるか
- 講義の感想
  1. 一番面白いと感じたテーマ、話は？
  2. なぜ面白いと感じたか