



ヒューマンコンピュータインタラクション特論 第8回

情報理工学部門 複合情報工学分野

Human-Computer Interaction (HCI) 研究室

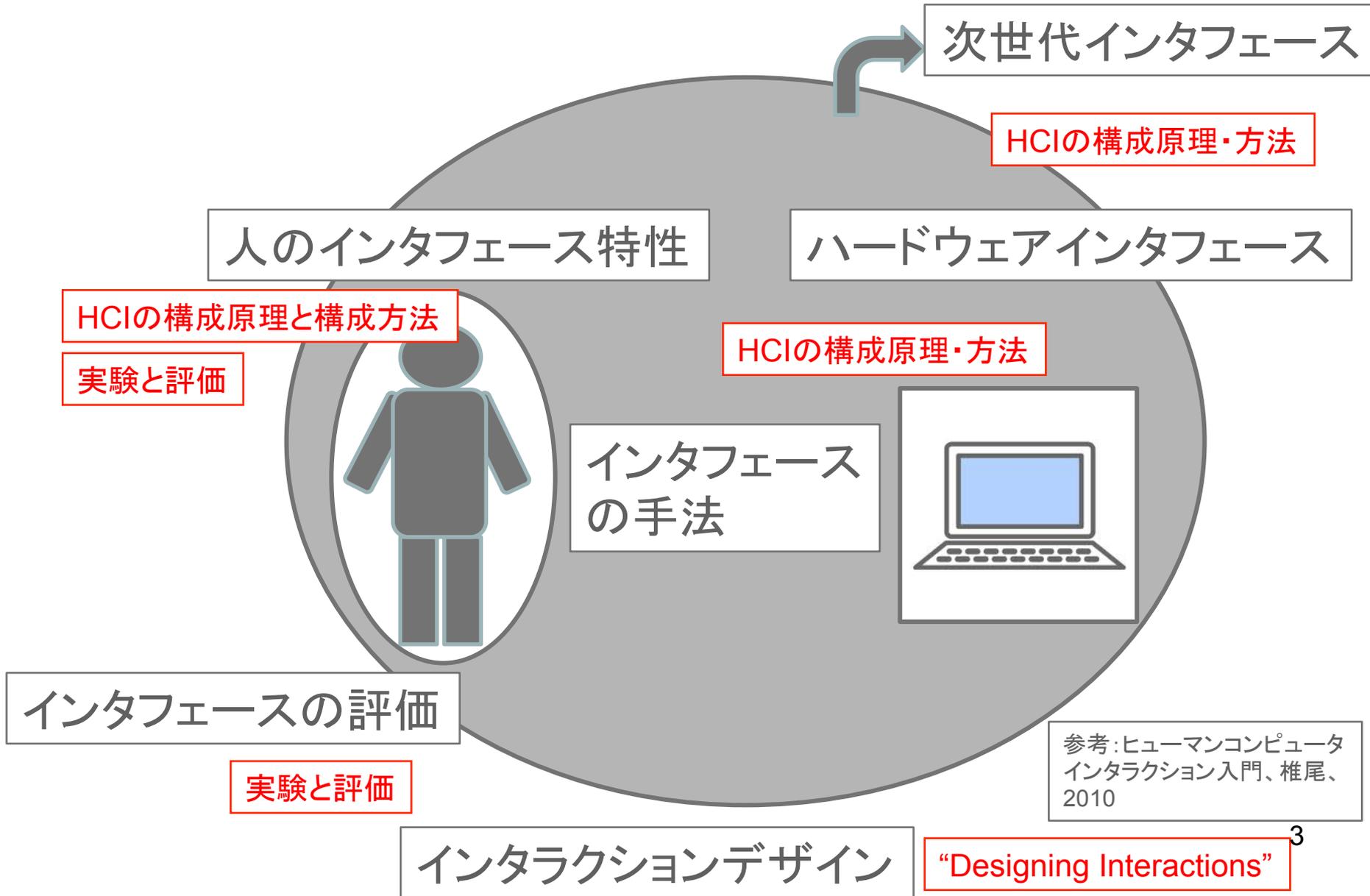
小野哲雄 (8-12室)

tono@ist.hokudai.ac.jp

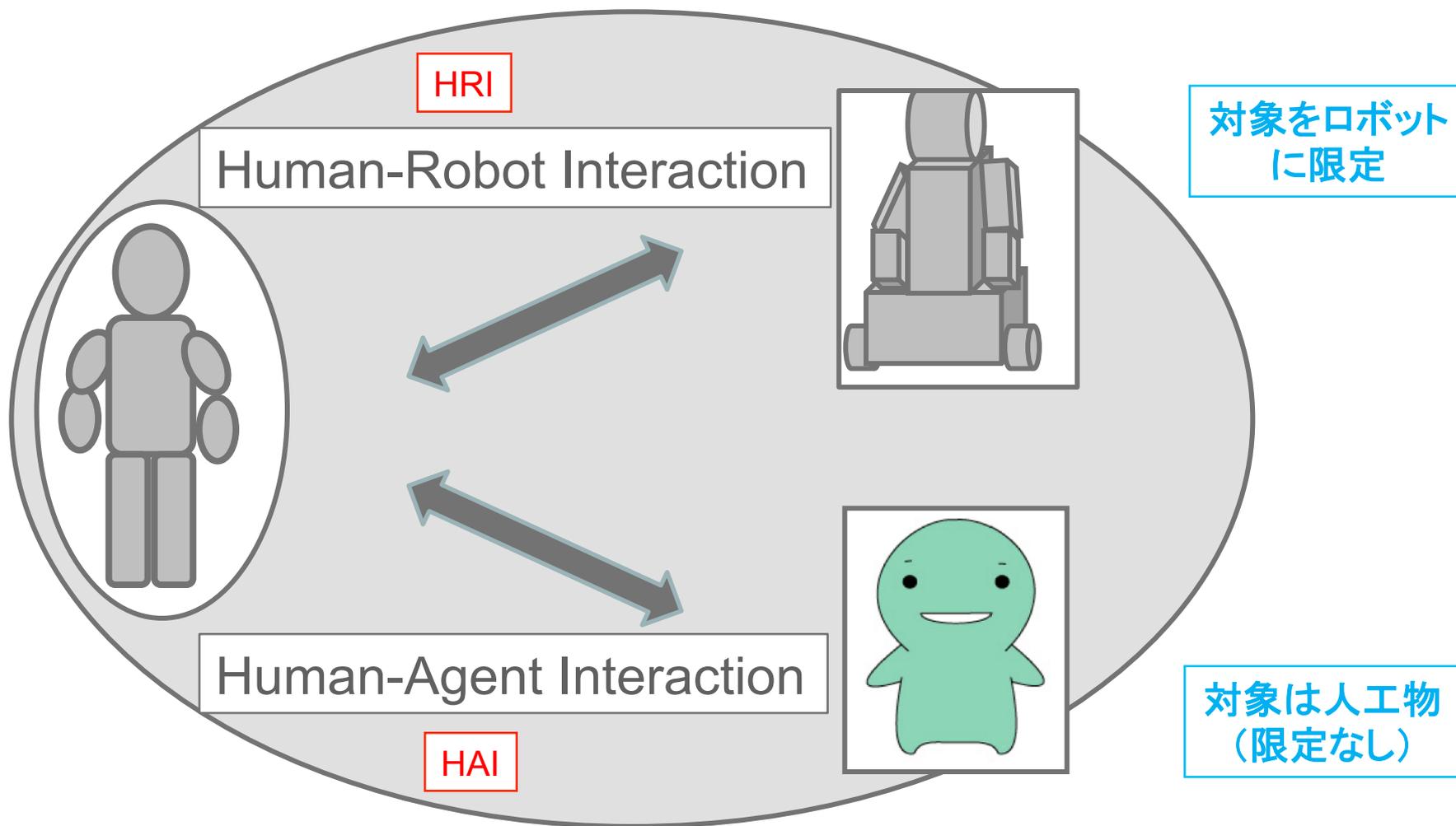
授業計画 (予定)

1. 10/1(火) 4限 (小野) HCI入門
2. 10/4(金) 3限 (小野) HCI概論
10/8(火) 4限 : **[休講]**
3. 10/11(金) 3限 (小野) HCI概論(2) # 論文発表の説明
4. 10/15(火) 4限 (小野) HCIの構成原理と構成方法(1) # 登録開始
5. 10/25(金) 3限 (小野) HCIの構成原理と構成方法(2)
6. 10/31(木) 4限 <- 火曜授業 (小野) **[論文発表1(1)]**
7. 11/1(金) 3限 (小野) **[論文発表1(2)]**
8. 11/5(火) 4限 (小野) ヒューマンロボットインタラクション(HRI) # 説明
9. 11/8(金) 3限 (小野) ヒューマンエージェントインタラクション(HAI) # 登録
10. 11/12(火) 4限 (小野) Predicting Human Decision-Making (1)
11. 11/15(金) 3限 (小野) Predicting Human Decision-Making (2)
12. 11/19(火) 4限 (坂本) HCIにおける実験と評価(1)
13. 11/22(金) 3限 (坂本) HCIにおける実験と評価(2)
14. 11/26(火) 4限 (小野) **[論文発表2(1)]**
15. 11/29(金) 3限 (小野) **[論文発表2(2)]**

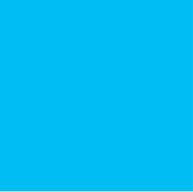
講義の概要（1）：HCI全般



講義の概要（2）：HRIとHAI



HCIとの相違点：人と「エージェント」のインタラクションデザインを研究
HCIとの共通点：人を含む「開放系」を研究の対象とする



Human-Agent Interaction (HAI)

Human-Robot Interaction (HRI)

HAI/HRIの基礎

人とロボットの共生

- 近い将来、ヒューマノイドロボットが人間に交じって、街中を歩く姿が普通に見られるようになる？！
- 人間社会に参加するロボットにはどのような機能が必要になる？
- 社会参加型ロボットの動作機構やソフトウェアシステムを考えてみよう！



機械工学・制御理論に基づくロボット

■ 「工場型ロボット」

- 自動車の組み立てライン、工作機械など
- 制御理論
 - 数学的に記述可能
 - 環境は変わらない
 - 決められた動作のみ行う
 - 人間とのコミュニケーションは不要



我々の目指すロボット研究

■ 「社会参加型ロボット」

- 環境は動的に変化する
- 自分で判断することが必要（自律性）
- 臨機応変の動作が必要
- 数学的に記述できない（フレーム問題）
- 人間とのコミュニケーション必要



社会参加型ロボットの研究 (1)

- 認知発達ロボティクス： Infanoid (NICT)
- 感情を表現できるロボット： Kismet (MIT)
- 会話に参加できる社会ロボット： Robita (早稲田大)
- コミュニケーション指向ロボット： Robovie (ATR)



社会参加型ロボットの研究 (2)

- 認知発達ロボティクス： Noby (阪大)
- 癒しロボット： PARO (AIST)
- コミュニケーション指向ロボット： Robovie (ATR), Pepper (SoftBank)

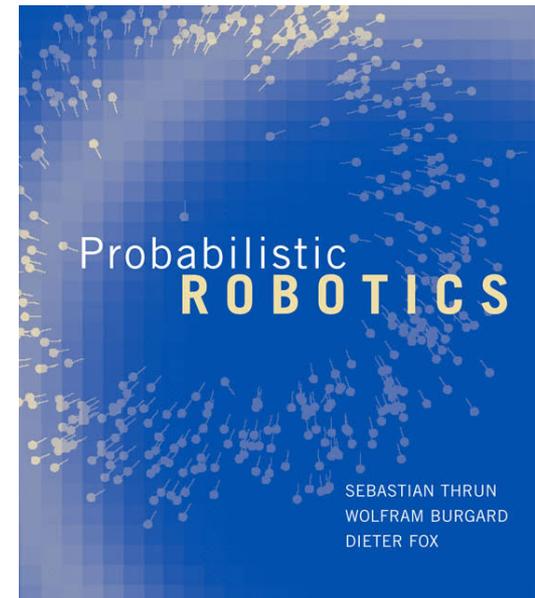
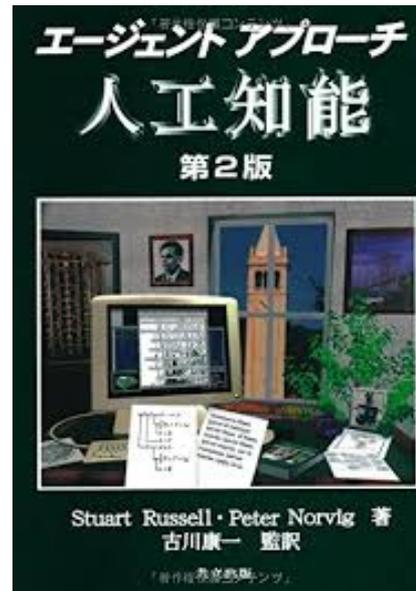
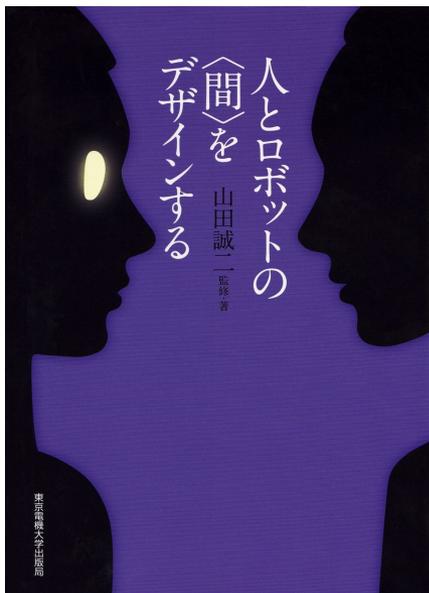


HAIの研究課題とは？

- 人間とエージェント（ロボット）のインタラクションをいかにデザインするか？
 - 人間とエージェントが上手くつきあっていくにはどうすればよいか？
 - 人間がエージェントに飽きないようにするにはどうすればよいか？
 - 人間がエージェントをどのように感じるか？
 - 人間（社会）にエージェントが受け入れられるためには、どうすればよいか？
 - 人間と協調作業するエージェントは実現可能か？
 - エージェントが人間に合わせるべきか、逆に人間がエージェントに合わせるべきか？
 - エージェントを介した人間同士の豊かなコミュニケーションはどのように実現できるか？
 - 家電をエージェント化すると何が起こるか？

参考文献 (1)

- 『人とロボットの〈間〉をデザインする』
山田 誠二 (編), 東京電機大学出版, 2007.
- 『エージェントアプローチ人工知能 第2版』 共立出版, 第2版, 2008.
"Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd Edition)",
S. J. Russell, P. Norvig, Prentice Hall, 2002.
- 『確率ロボティクス』 (毎日コミュニケーションズ, 2007)
"Probabilistic Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series)", S. Thrun, W. Burgard, D. Fox, MIT Press, 2005.



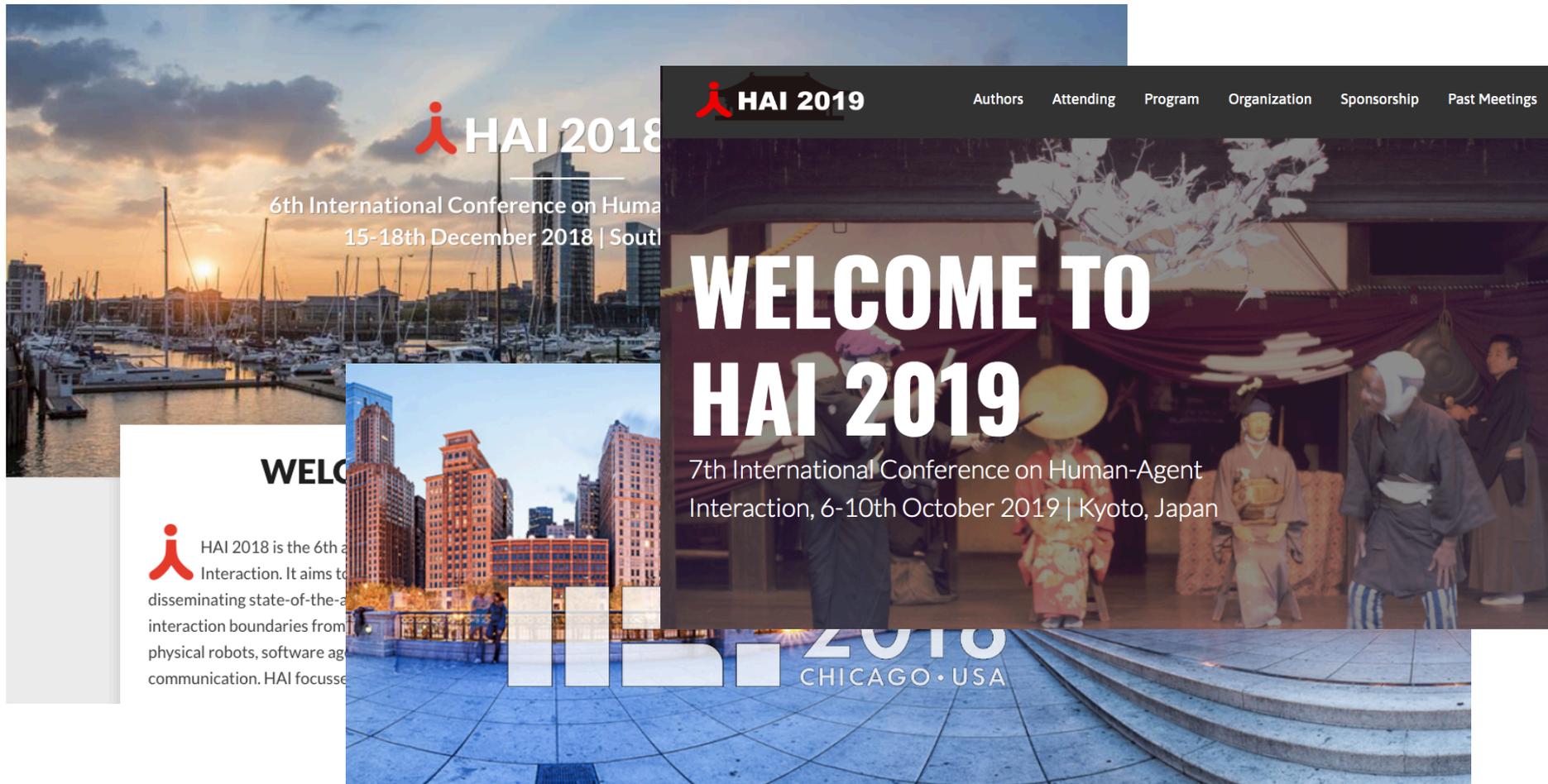
参考文献 (2)

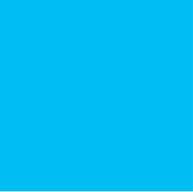
- 『マインドインタラククション』
山田 誠二, 小野哲雄 (著), 近代科学社, 2019.



HRI・HAIの国際会議

- 人間とエージェントやロボットの間インタラクション設計に関する新しい研究分野の国際会議





HAI/HRIにおける「心の理論」

from Theory of Mind to Machine Theory of Mind (DeepMind, 2018)

1. What is Theory of Mind ?
2. A Constructive Model for the Development of Joint Attention (2003)
3. Machine Theory of Mind (DeepMind, 2018)

圧倒的な
“破壊力”

Visionary! (志!)

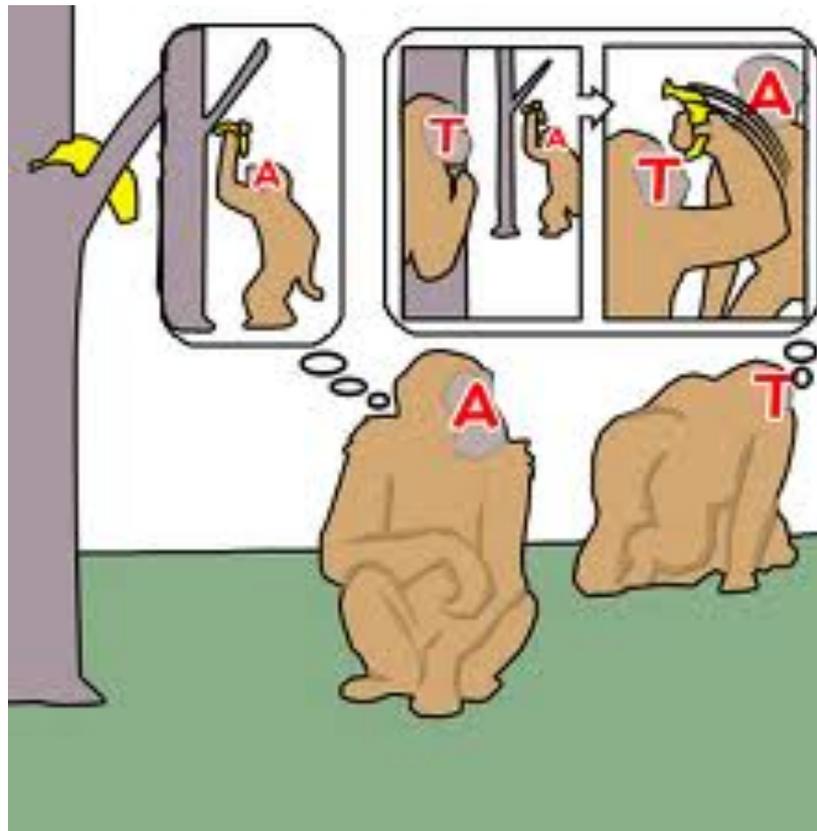
「心の理論」とは？

- 「心の理論」(Theory of Mind, ToM) は、ヒトや類人猿などが、他者の心の状態、目的、意図、知識、信念、志向、疑念などを推測する心の機能のことである
 - ・ 「心の理論」はもともと、霊長類研究者のD. Premack と G. Woodruff が論文“Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind”)において、チンパンジーなどの霊長類が、同種の仲間や他の種の動物が感じ考えていることを推測しているかのような行動をとることに注目し、「心の理論」という機能が働いているからではないかと指摘したことに端を発する
 - ・ ただし、霊長類が真に心の理論を持っているかについては議論が続いている
 - ・ この能力があるため、人は一般に他人にも心が宿っていると見なすことができ(他人への心の帰属)、他人にも心のはたらきを理解し(心的状態の理解)、それに基づいて他人の行動を予測することができる(行動の予測)

(Wikipedia)

「心の理論」(Theory of Mind)とは？

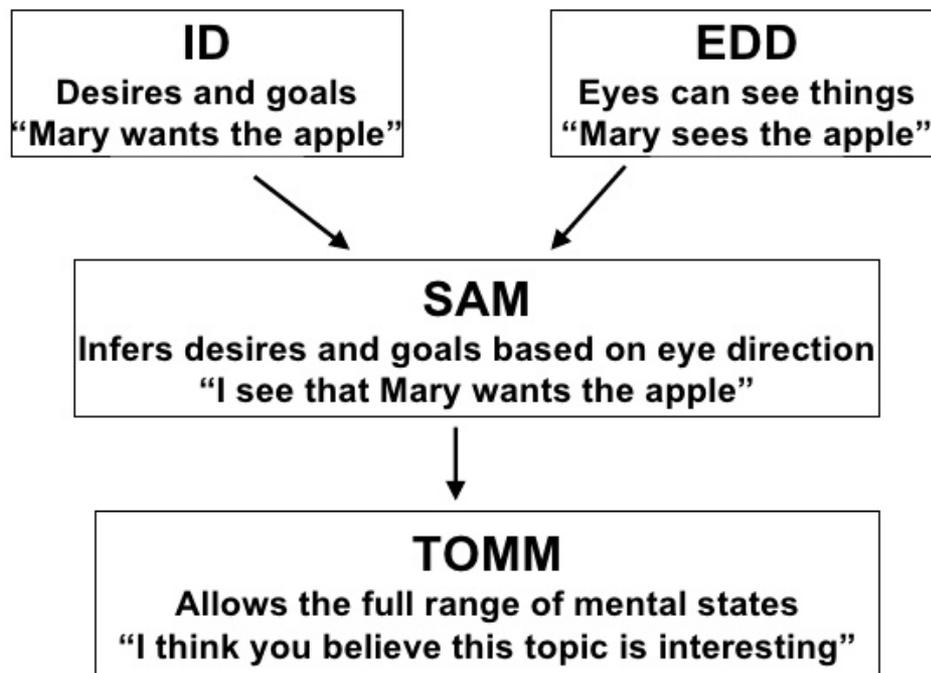
- Does the chimpanzee have a theory of mind?
 - David Premack and Guy Woodruff (1978)
 - チンパンジーは他の仲間の心の状態を推測？



「心を読むシステム」のモデル

- “Mindblindness” (S. Baron-Cohen, 1995)

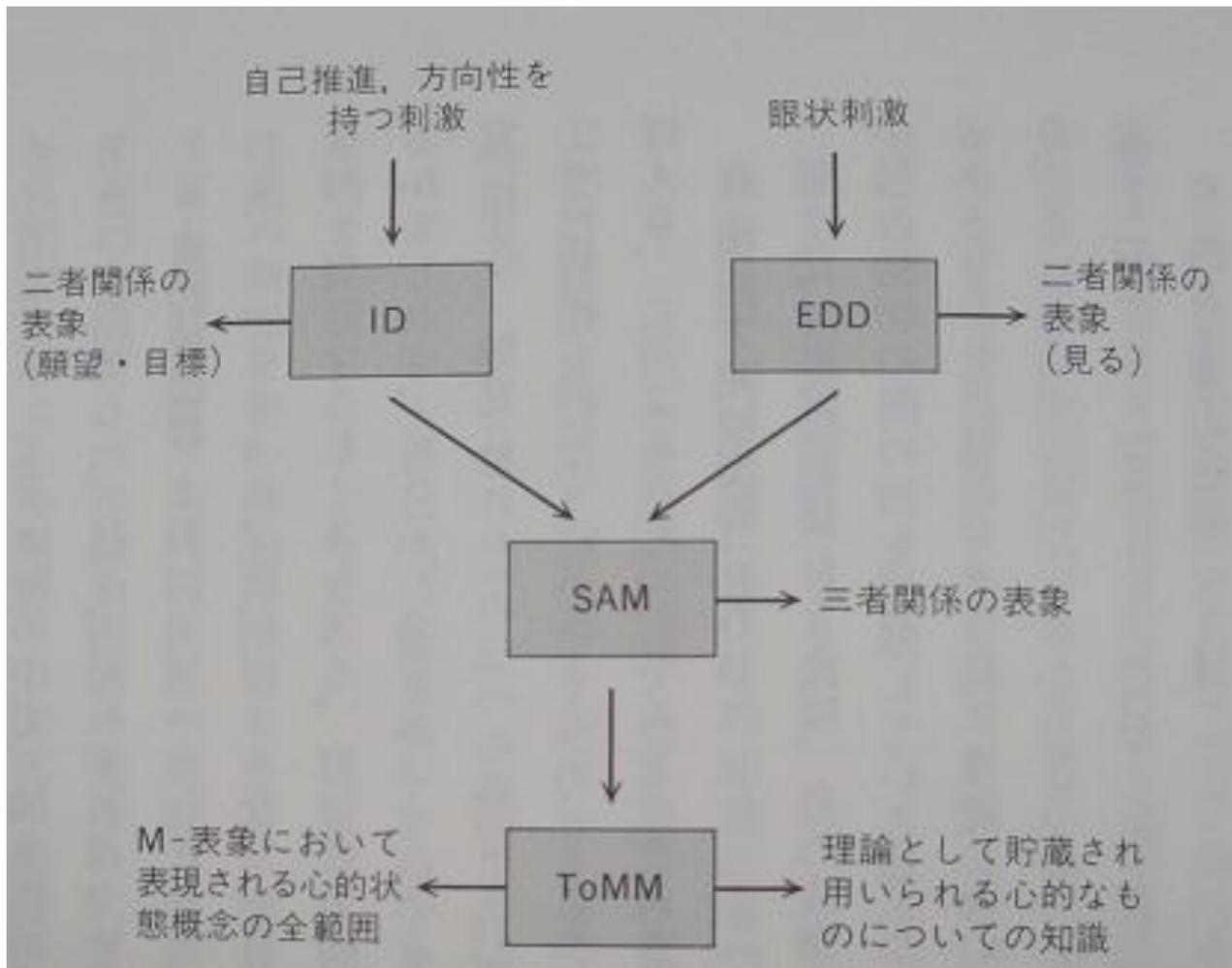
Theory of Mind



- ID: Intentionality Detector
- EDD: Eye Direction Detector
- SAM: Shared Attention Mechanism
- ToMM: Theory of Mind Mechanism

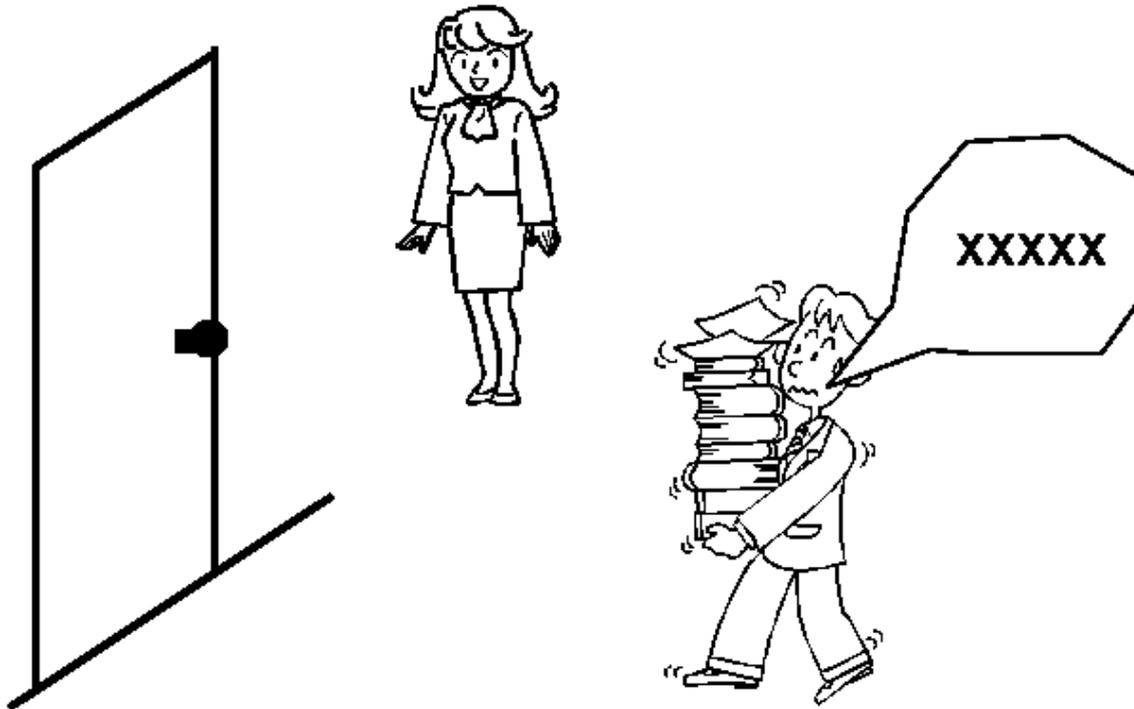
「心を読むシステム」のモデル

- “Mindblindness” (S. Baron-Cohen, 1995)



“ロボットの心を読む”

- 人同士では「心を読む」ことは日常的な行為
 - 他者の行動から、その信念、目的、意図を読む
- 「心の理論」の機構に基づく発話理解のモデル



“ロボットの心を読む”

From: AAAI-00 Proceedings. Copyright © 2000, AAAI (www.aaai.org). All rights reserved.

Reading a Robot's Mind: A Model of Utterance Understanding based on the Theory of Mind Mechanism

Tetsuo Ono Michita Imai

ATR Media Integration & Communications Research Laboratories
2-2 Hikaridai, Seikacho, Sorakugun, Kyoto, 619-0288 JAPAN
{tono, michita}@mic.atr.co.jp

Abstract

The purpose of this paper is to construct a methodology for smooth communications between humans and robots. Here, focus is on a *mindreading* mechanism, which is indispensable in human-human communications. We propose a model of utterance understanding based on this mechanism. Concretely speaking, we apply the model of a mindreading system (Baron-Cohen 1996) to a model of human-robot communications. Moreover, we implement a robot interface system that applies our proposed model. Psychological experiments were carried out to explore the validity of the following hypothesis: by reading a robot's mind, a human can estimate the robot's intention with ease, and, moreover, the person can even understand the robot's unclear utterances made by synthesized speech sounds. The results of the experiments statistically supported our hypothesis.

own mental states of desire and goal. Finally, B understands A's utterance despite his unclear speech sounds and subsequently removes the object. As mentioned above, we can daily observe such reciprocal acts when communicating with others by the reading of intentions, desires, and goals.

Even in communications between humans and robots, such mindreading is indispensable for reciprocal acts. This is because we often judge synthesized speech sounds from artifacts to be strange, and we occasionally find the sounds hard to understand. We will not be able to communicate with robots smoothly as long as we do not make the reasons clear. If we do not assume the reciprocal acts mentioned above, it is possible to model communications as a “code model.” A code model is a framework of signal transmission where a sender gives information (signals) to a receiver using a presupposed common code for encoding and decoding and then alternates turns within a given time. A code model, however, is unable to grasp essential qualities in

誤った信念課題(1):マクシ課題

1. マクシは、母親が買い物袋をあける手伝いをしている
 2. 彼らはチョコレートを<緑の棚>に入れる
 3. マクシが遊びに行った後、母親はチョコレートを取り出して、今度は<青の棚>に戻す
 4. 母親が卵を買うために出て行ったあと、マクシが遊び場から戻ってくる
- 上記の場面を被験者に示し、「マクシはチョコレートがどこにあると思っているか？」と質問する
 - 正解は「緑の棚」だが、心の理論の発達が遅れている場合は「青の棚」と答える

誤った信念課題(2): サリー・アン課題

1. サリーとアンが、部屋で一緒に遊んでいる
 2. サリーはボールを、**かご**の中に入れて部屋を出て行く
 3. サリーがいない間に、アンがボールを**別の箱**の中に移す
 4. サリーが部屋に戻ってくる
- 上記の場面を被験者に示し、「サリーはボールを取り出そうと、最初にどこを探すか？」と被験者に質問する
 - 正解は「**かご**の中」だが、心の理論の発達が遅れている場合は、「**箱**」と答える

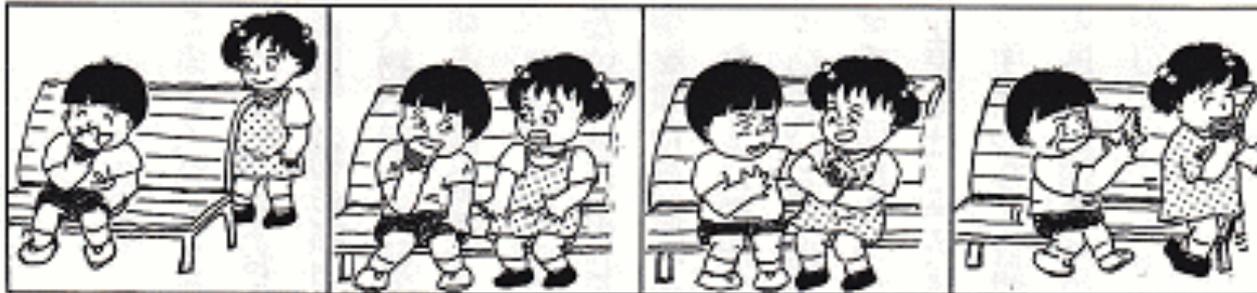
誤った信念課題(3)

- 他者の心的状態の推測:

機械的課題(ころぶ)



行動的課題(アイス)



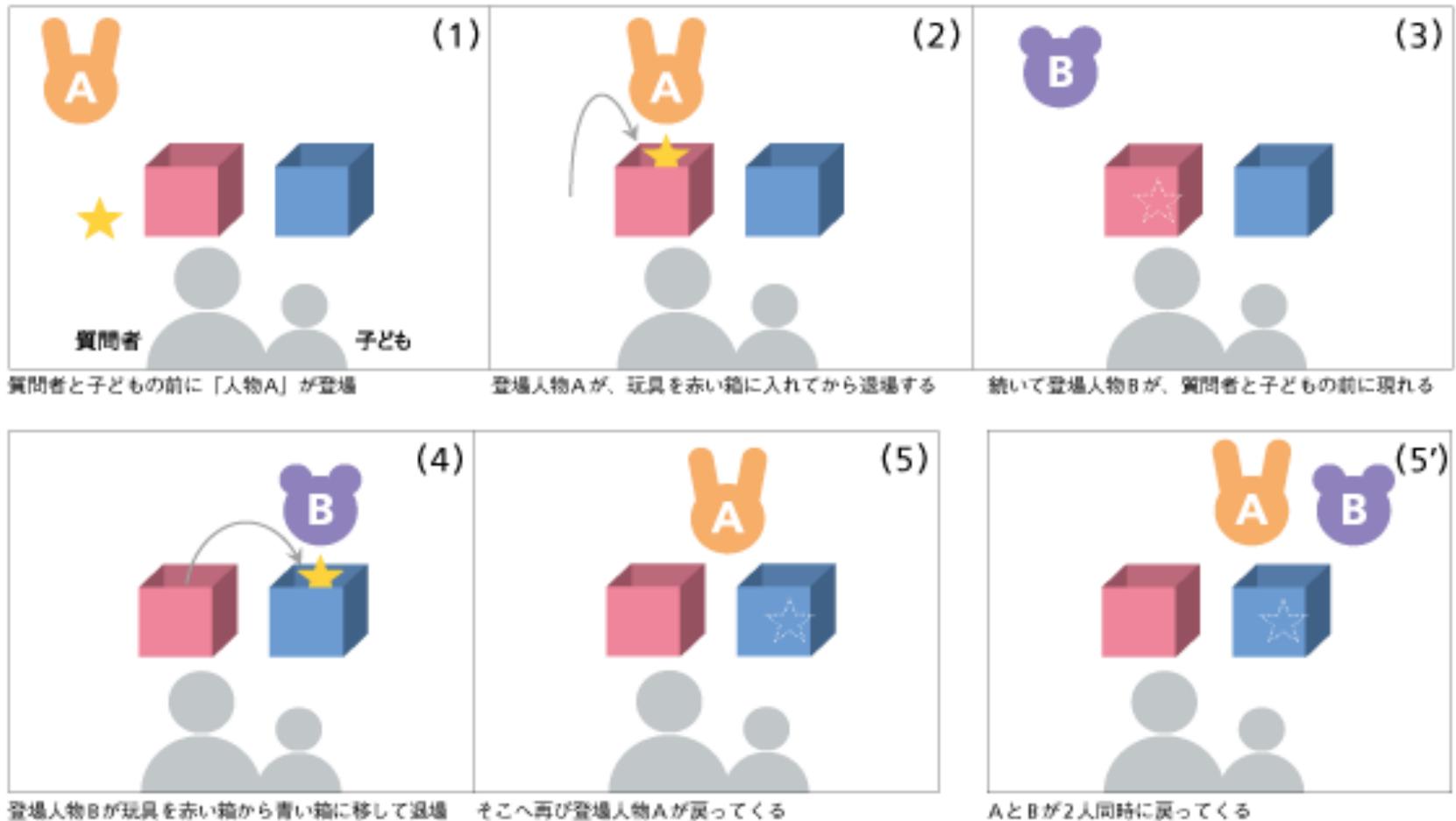
意図的課題(熊人形)



誤った信念課題(4)

- 他者の心的状態の推測:

図表 [1] 実験手順 (誤信念課題、助っ人課題)

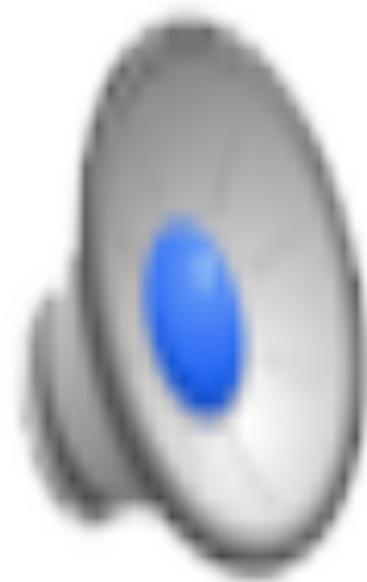


「誤った信念課題」実験の結果

- 3～4歳児はほとんど正しく答えられない
- 4～7歳児で正解率が上昇する
- 「心の理論」の出現時期はおよそ4歳頃
- 自閉症児は「誤った信念課題」を理解しない(?)
 - 自閉症の発達障害：
 - 相互的な対人関係の障害
 - 言語的・非言語的コミュニケーションの障害
 - 活動や興味のレパートリーの著しい限定

「心の理論」と「共同注意」とは？

Video: Joint Attention Test



共同注意とは？

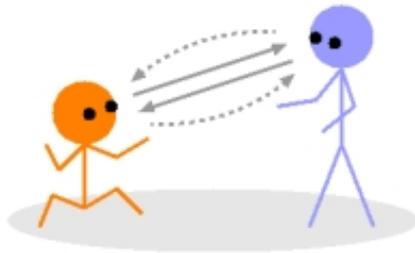
Video: Joint Attention Test

<https://www.youtube.com/watch?v=tif4U3OjT2M>

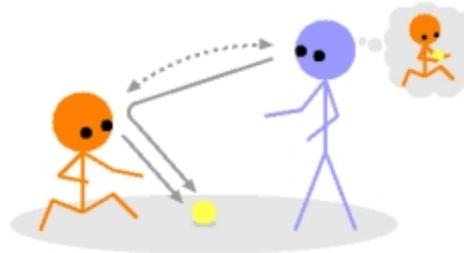
共同注意の基礎：母子間相互作用

視線だけではないことに注意！

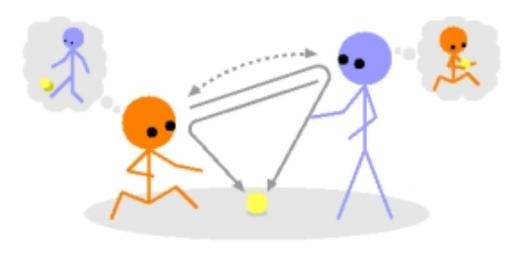
- 共同注意は視線などの社会的な手掛かりを用いて他者と注意を共有するプロセスでインタラクションの重要な要素。特に、幼児の発達プロセスでは重要



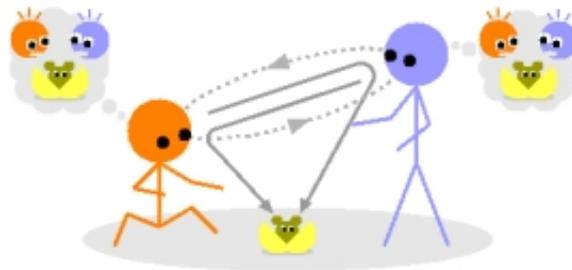
1. アイコンタクトの成立（生後3カ月）



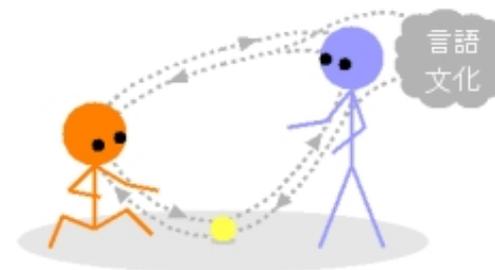
2. 養育者の働きかけ、赤ちゃんの予測（生後3～9カ月）



3. 視線・指差しを利用した共同注意の成立（生後9カ月頃）

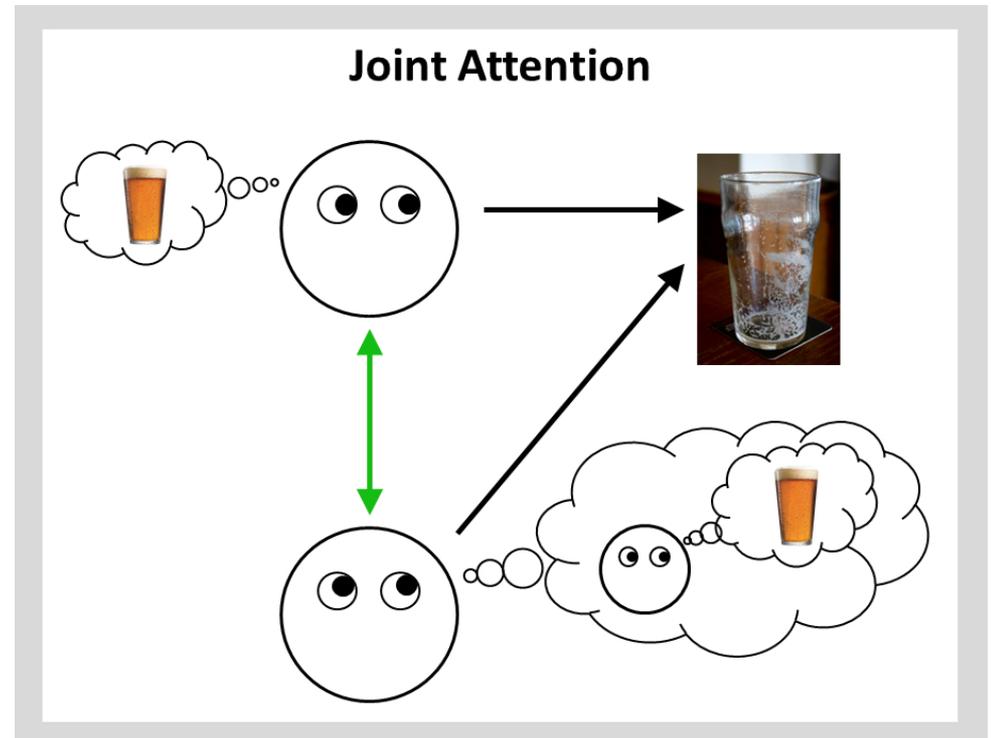
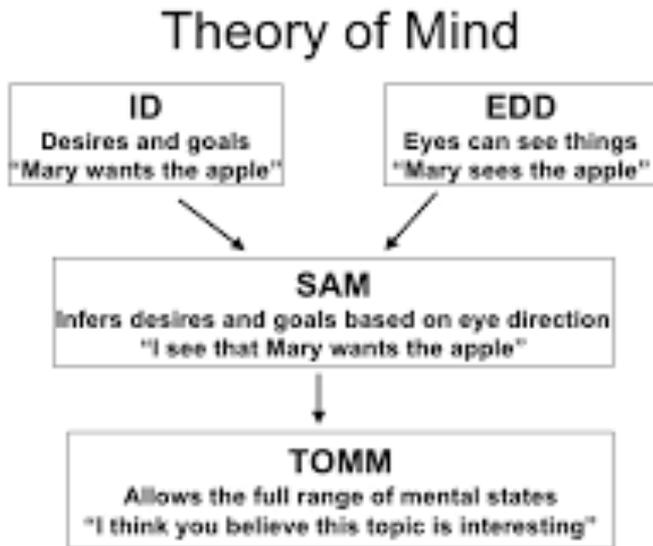


4. 注意や情動の共有（共感）
社会的参照



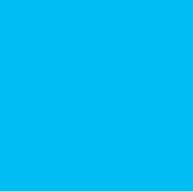
5. ことばや文化の獲得

「心の理論」 (Theory of Mind) とは？



“Mindblindness”,
Baron-Cohen, 1995.

“When eye see you: Gaze and joint attention
in human interaction”, Staudte, 2013.



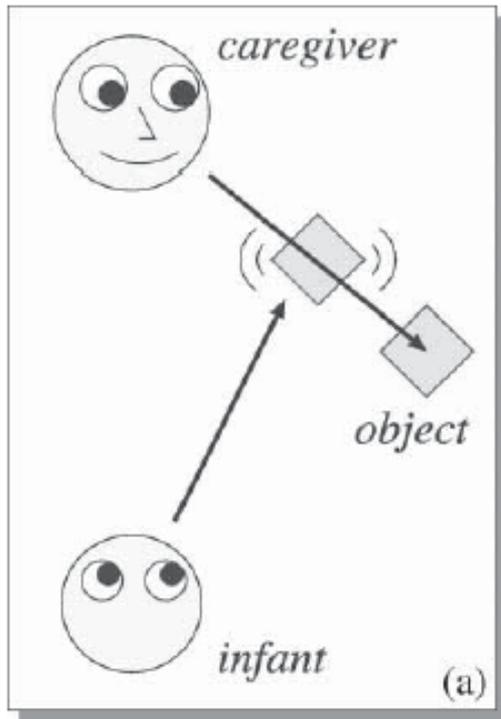
A Constructive Model for the Development of Joint Attention

計算モデルの構築 (1)

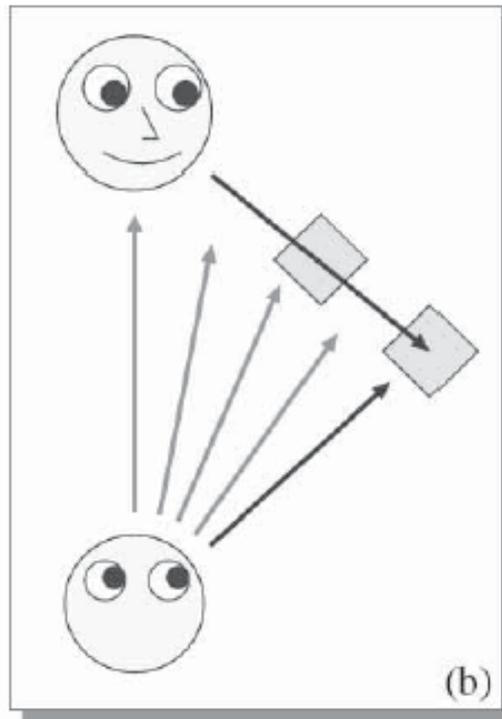
- “A constructive model for the development of joint attention”, Nagai et. al., 2003
 - 視覚注意と自己評価学習の機構を備えたロボットによる共同注意能力の獲得の計算モデルの提案
 - ロボットは、間違っただータが与えられたとしても、感覚運動協調における相関を見出すことにより、共同注意の能力を獲得する
 - 特に、「構成的アプローチ」の重要性を主張
 - 行動観察アプローチでは「現象」を説明できるが、そのメカニズムを明らかにすることはできない
 - ➡ 計算モデルで発達段階を明らかにする
 - ロボットが人の「養育者」とのインタラクションをとおして、共同注意の能力を獲得

計算モデルの構築 (2)

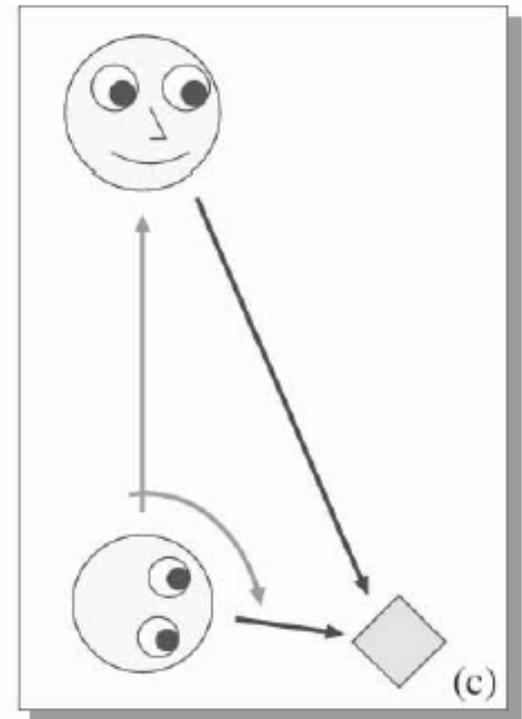
– 幼児の共同注意の発達段階



Ecological stage
at 6 to 9 months old



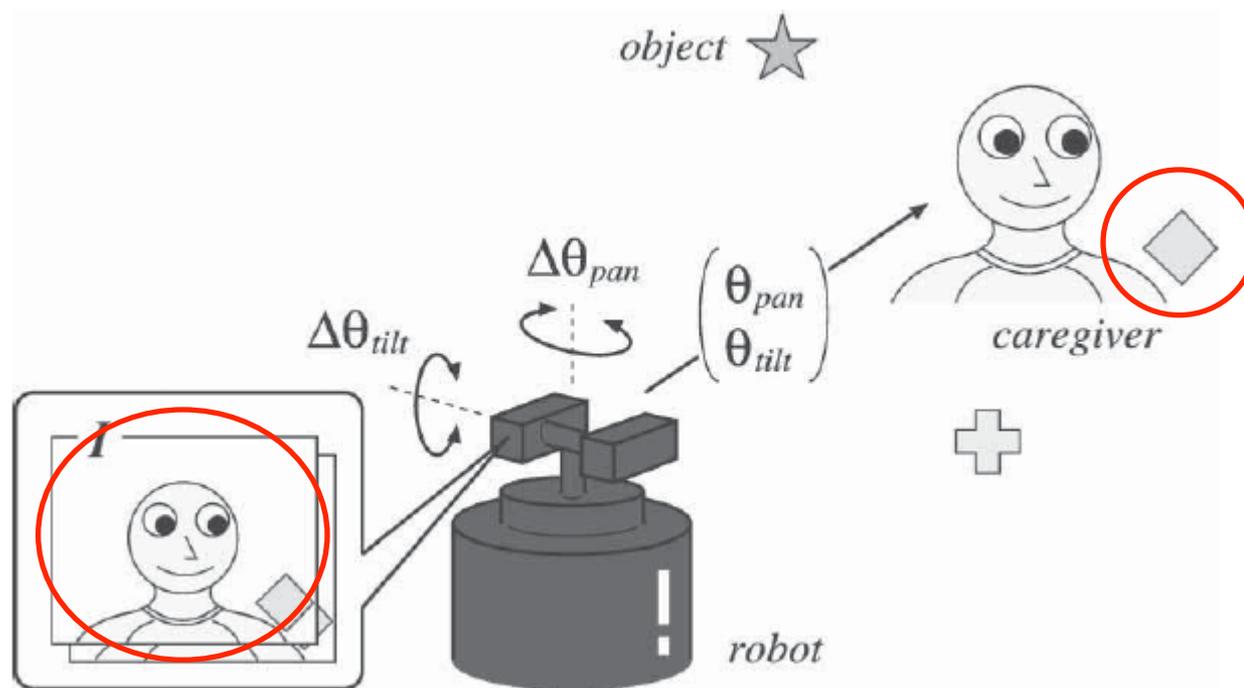
Geometric stage
at 12 Months old



Representational stage
at 18 months old

計算モデルの構築 (3)

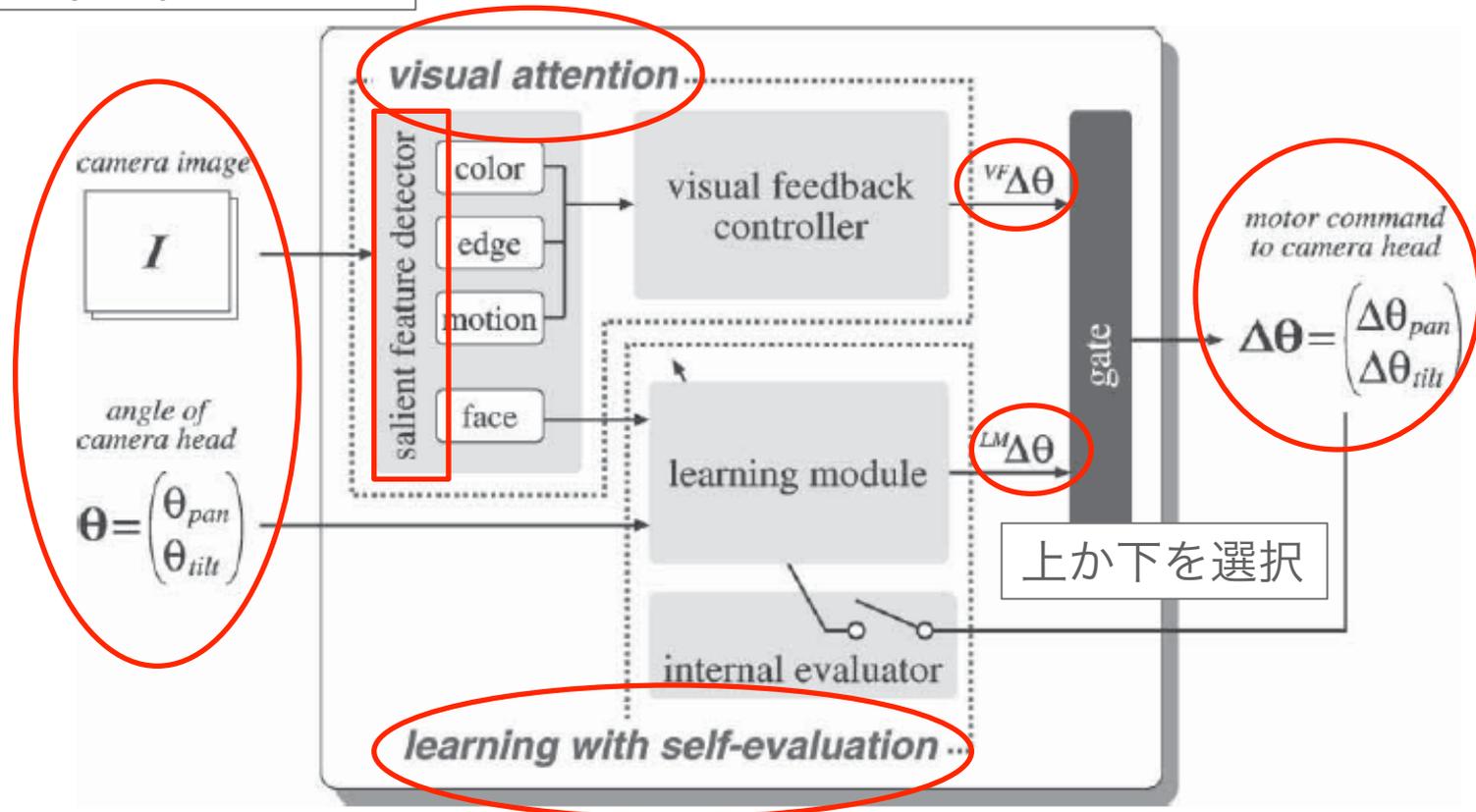
- Constructive model for development of joint attention
 - 共同注意：
 - ロボットは入力 $\vartheta = [\theta_{pan}, \theta_{tilt}]$, I に基づき出力 $\Delta\vartheta = [\Delta\theta_{pan}, \Delta\theta_{tilt}]$ を行うこと



計算モデルの構築 (4)

- ロボットの機構 : Saliency map (detection): 顕著性マップ (検出) 画像領域の色、輝度、エッジ方向、動きなどの情報を統合して「人の興味」の度合いを抽出

Saliency objectの抽出



Sensorimotor co-ordinationを学習

計算モデルの構築 (5)

1. ロボットは最初、あるobjectを見ている養育者を見る
(センサー入力： I, θ)
2. I の中にsaliency objectがあれば、saliency feature detectorでそれを発見し、visual feedback controllerがobjectを見るようにコマンド $^{VF} \Delta \theta$ を生成する
3. 同時に、ロボットはlearning moduleが養育者の顔画像からモーターコマンド $^{LM} \Delta \theta$ を生成する
4. selecting rateに応じてgateは $^{VF} \Delta \theta$ と $^{LM} \Delta \theta$ のどちらかを選択する
5. ロボットはモーターコマンド $\Delta \vartheta = [\Delta \theta_{pan}, \Delta \theta_{tilt}]$ を生成する
6. 生成後、objectがカメラの中心で観察されれば、internal evaluatorがvisual attentionに評価を加える
7. ロボットはbackpropagationによって、learning moduleで sensorimotor co-ordinationを学習する
8. 以上を繰り返す

計算モデルの構築 (6)

- つまり、感覚運動協調における相関の学習では
 - ロボットが養育者と同じオブジェクトを見た場合
 - ➡ learning moduleの感覚運動協調における共同注意のための相関を見つける
 - なぜなら、養育者の顔画像の情報から特定できるから
 - ロボットが養育者と異なるオブジェクトを見た場合
 - ➡ learning moduleの感覚運動協調からはどんな相関も見出せない
 - なぜなら、養育者の顔画像の情報から特定できないから



後者の誤ったデータは、学習をとおして統計的に除外される

幼児の発達段階との対応

Stage I:

養育者の顔の向きに関係なく、
ロボットの視野内の「興味のある物」を見る

(Gateが主に $VF \Delta\theta$ を選択)

Stage II:

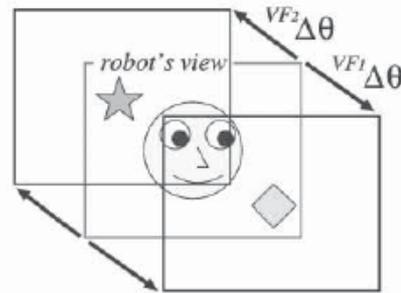
養育者が見ているオブジェクト
が視野内に表れたときのみ

$LM \Delta\theta$ が生成され、共同注意が
成立する

Stage III:

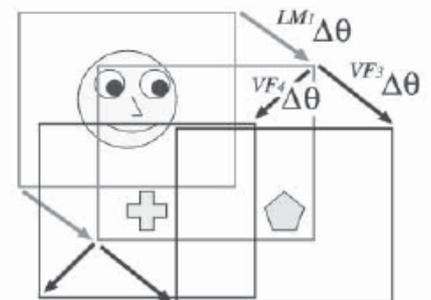
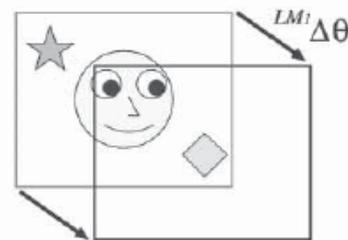
オブジェクトが視野外にあるとき
でさえ $LM \Delta\theta$ が生成されて共同
注意が成立する

stage I



learning

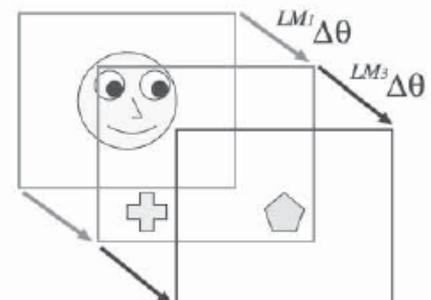
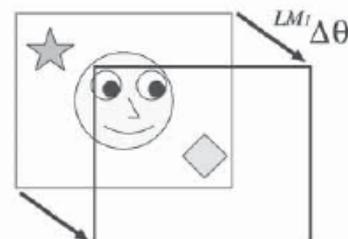
stage II



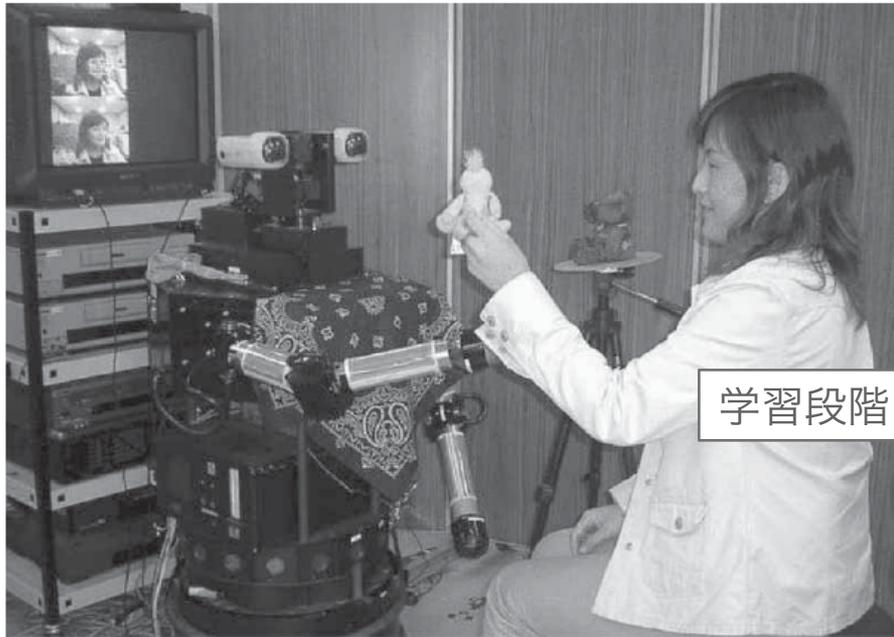
learning

learning

stage III



計算モデルの構築 (7): 実験 1



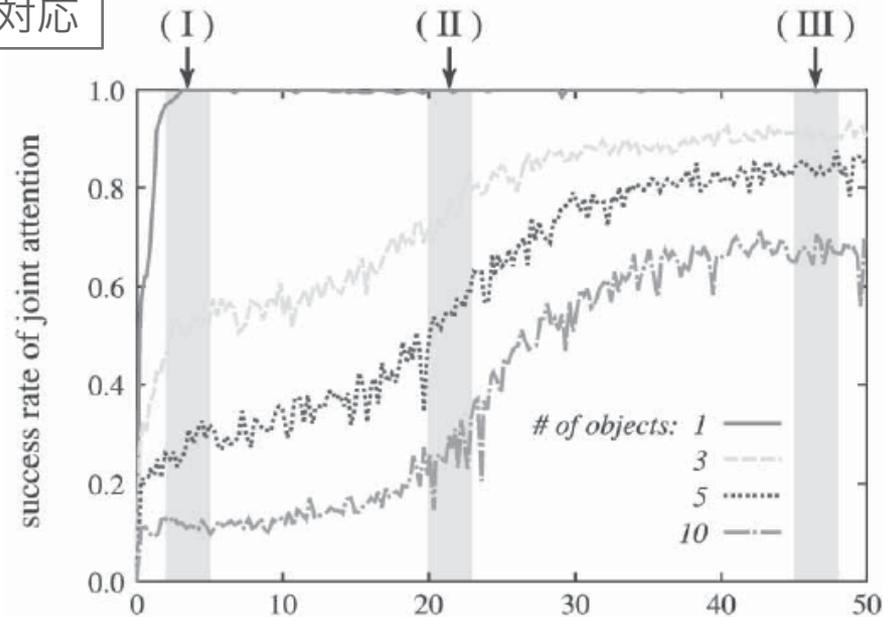
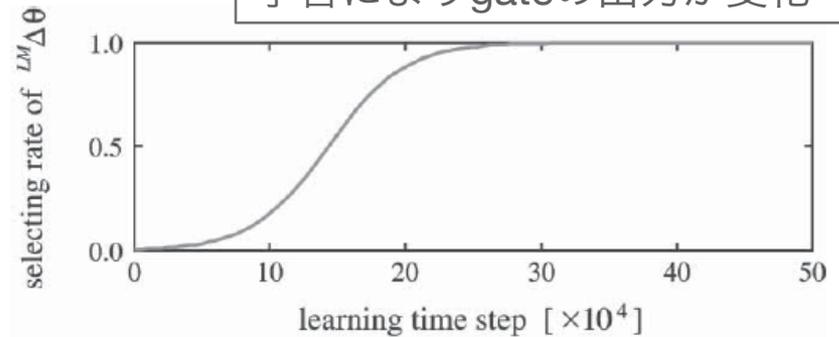
ロボットを含めた実験環境の設定



saliency feature detectorによる抽出

学習段階に対応

学習によりgateの出力が変化

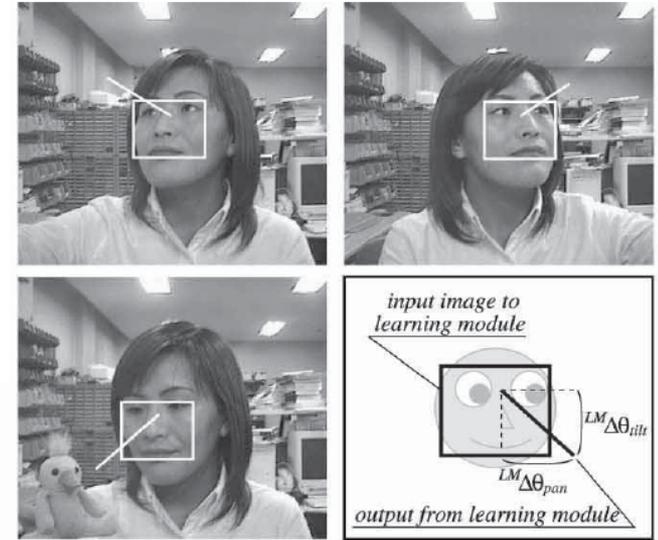


ロボットが自分で共同注意の能力を獲得
(養育者の評価は受けていない)

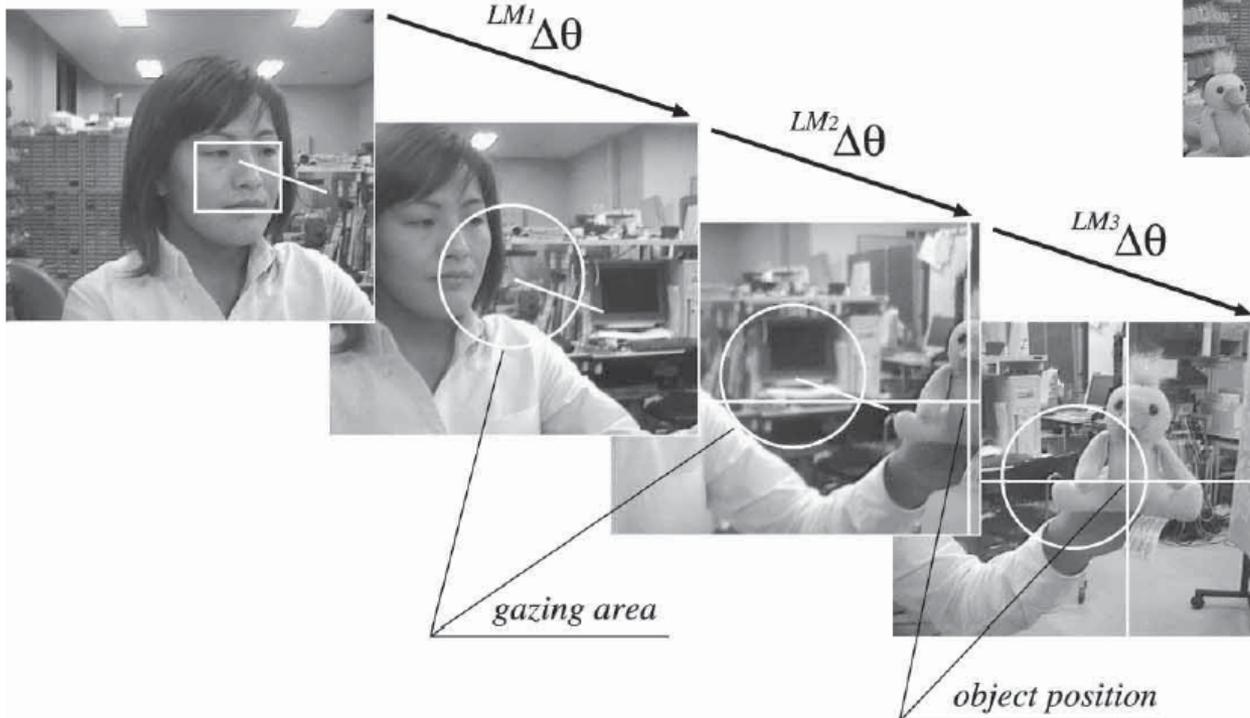
計算モデルの構築 (8) : 実験 2

実環境での実験

ベクトルは養育者の視線ではなく、ロボットのモータコマンドを意味する

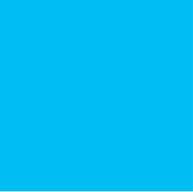


(a)



(b)

ロボットが実環境でも共同注意を実現する能力を獲得している



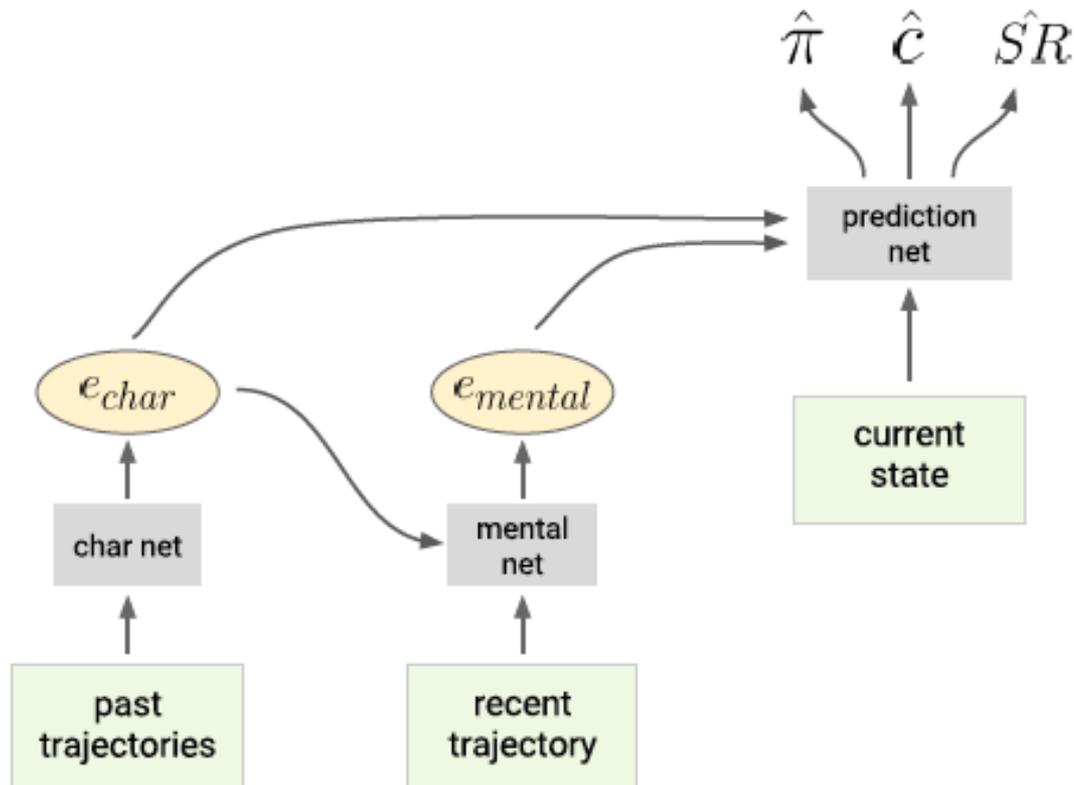
Machine Theory of Mind (DeepMind, 2018)

概要

- Theory of Mind (心の理論)は、他者の心の状態、願望、信念、意図などを推測する心の機能 (Premack & Woodruff, 78)
- それらの機能を実現する ToMnet (Theory of Mind neural network) を提案
 - 他のエージェントの行動の“わずかな観察”だけからモデルを作りメタ学習 → 他のエージェントの行動を予測
 - “we focus on the problem of how an observer could learn autonomously how to model other agents using *limited data*”
 - 誤信念課題 (“Sally-Anne” test) を解決 (推測) 可能
- 応用先
 - マルチエージェントAIシステム
 - マシン-ヒューマンインタラクション
 - “説明可能” (interpretable) なAIの実現

ToMnetのモデル (1)

- モデルの目的は、誤信念課題を解決できる能力の獲得
- ToMnet (Theory of Mind Network) : 深層学習のモデルであるが、論文中に詳細な説明なし



ToMnet のモデル (2)

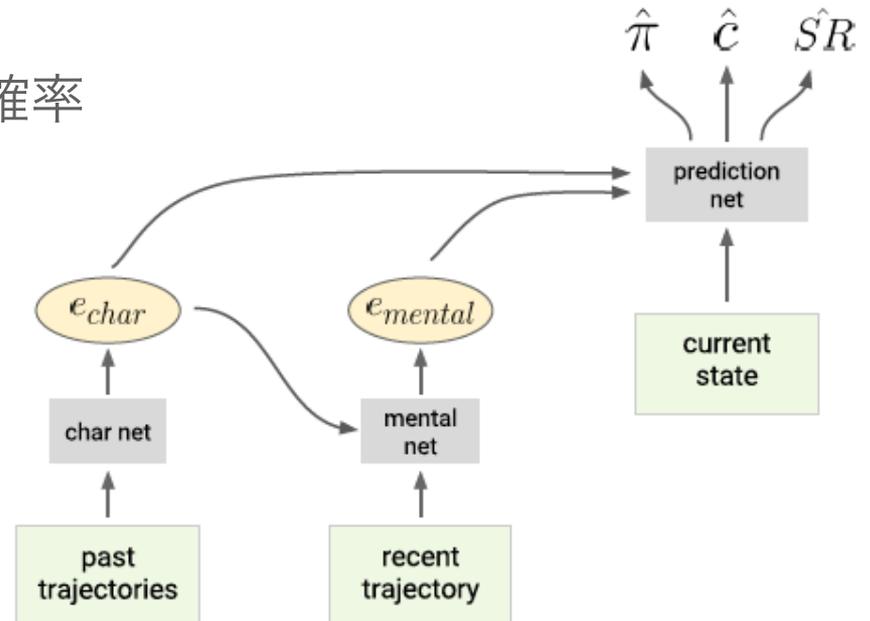
モデルの説明

- ① ある環境下で2つの agent に ad hoc に内部表現を設定
 - ・ past trajectories : ある環境下での行動履歴 \rightarrow char net $\rightarrow e_{char}$
 - ・ resent trajectory : 直近の行動履歴 + $e_{char} \rightarrow$ mental net $\rightarrow e_{mental}$
- ② 新しい環境では、この2つの ad hoc な内部表現と prediction net で agent の動きを予測する

ここで agent の動きとして3つの特性を予測する

- ・ $\hat{\pi}$: 次の行動の確率
- ・ \hat{C} : 好みのオブジェクトの確率
- ・ \hat{SR} : 予測経路の確率

- ③ グリッドワールドで検証実験



ToMnet の学習能力

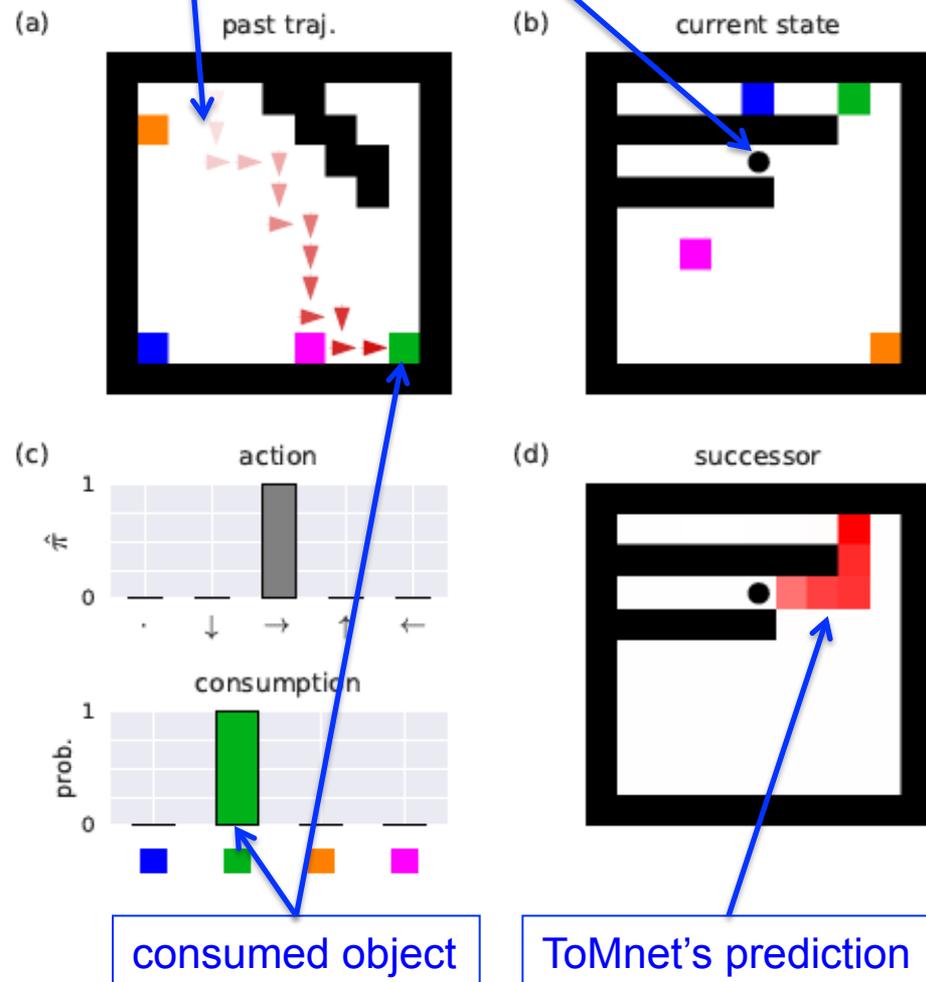
agent's actions (past trajectory)

agent's position

— 強化学習を行なった多種のエージェントが他のエージェントの意図を学習 → Meta-Learning

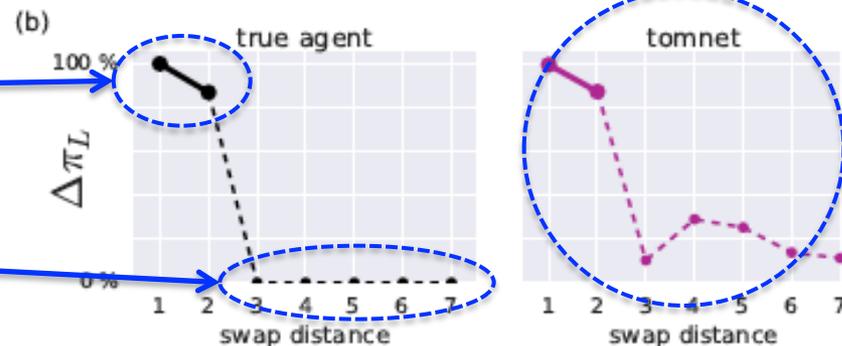
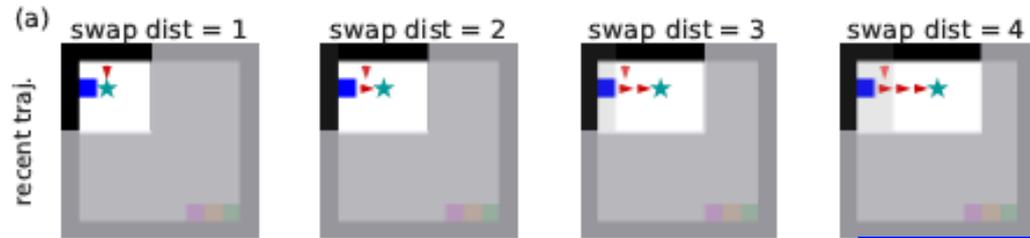
- 1) エージェントは他のエージェントの行動履歴(a)を観察して、その好みのオブジェクト(c)を認識
- 2) まったく異なる環境(b)でのエージェントの動きを予測可能

逆強化学習でも同じ環境の行動予測のみである！



誤信念課題 (Sally-Anne test)

- agent (Sally) が誤信念を持っているか ToMnet (Anne) が判断できるかを検証した実験
 - Sally がゴール(星印)に達した時、恣意的にゴールを動かす(a)。ゴールの移動が少ない場合には Sally は間違いに気付くが、遠いと Sally は間違いに気付かないと Anne が認識できれば正解
 - (b)の方策変更量の計測では ToMnet(Anne) は移動が近いと方策を変更すると予測しており、遠いと方策を変更しないと予測
- この実験で ToMnet は他者の誤信念を理解するレベルに達している



誤信念を予測!

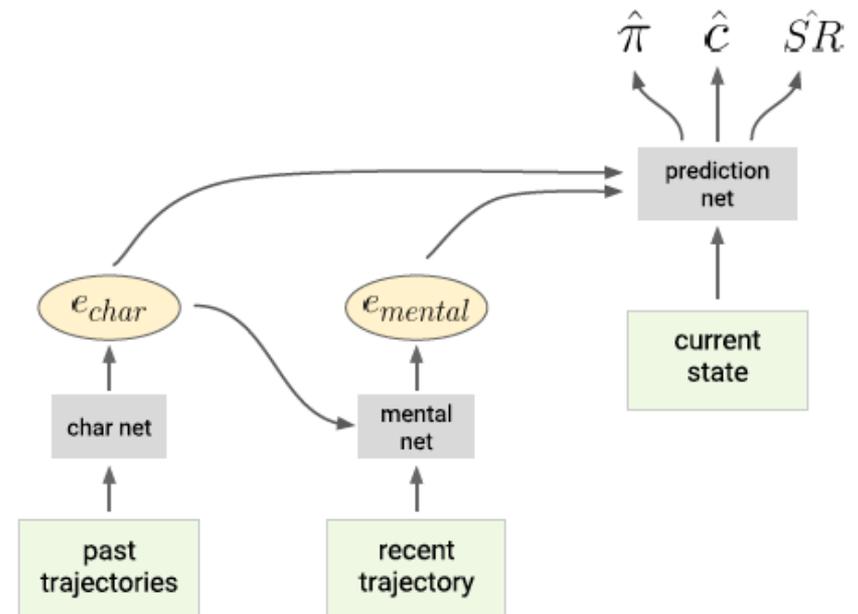
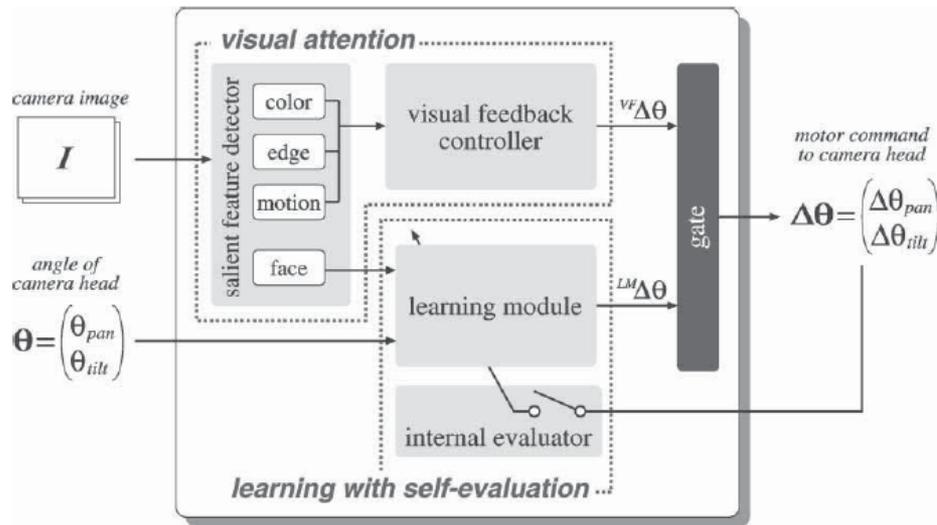
acting based on changed beliefs
acting based on false beliefs

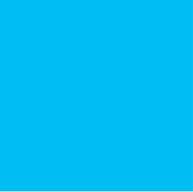
Go to the goal

Prefer blue square

前半のまとめ：2つのモデルの比較

1. 他のエージェントの行動の“わずかな観察”だけからモデルを作りメタ学習 → 他のエージェントの行動を予測
2. 逆強化学習でも同じ環境の行動予測のみであるが、まったく異なる環境でも可能
3. ToMnet は他者の誤信念を理解するレベルに達している





HAI/HRIにおける対話システム

エージェントを用いた対話システム

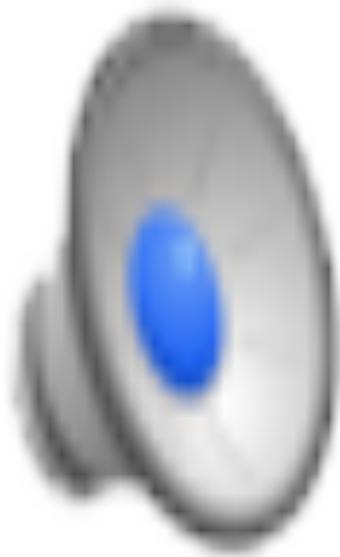
- 研究事例
 - PUT-THAT-THERE (Bolt 1980)
 - Rea (Cassell 2000)
 - Situated Interaction (MSR 2009, 2014)
 - Mentalizing:
 - Rational quantitative attribution of beliefs, desires and percepts in human mentalizing
(*Nature human behavior* 2017)
- 技術的な要素
 - POMDP, Generative model, (Bayesian inference)

Human-Agent Interactionとは？ (1)

- 会話エージェントの研究を概観
 - 研究の流れ
 - 自然言語対話システム → 音声対話システム → マルチモーダル対話システム → 擬人化エージェント
 - 研究の歴史
 - 1967: ELIZA [Weizenbaum] 表層的な対話を実現
 - 1972: SHRDLU [Winograd] トイワールド内の言語理解
 - 1973: LUNAR [Woods] 自然言語解析. 機械が人間へ近づく
 - 1980: HEARSAY-II [Erman] 音声対話に基づくタスク処理
 - 1980: PUT-THAT-THERE [Bolt] 音声(代名詞)で操作を指示
 - 1987: The Knowledge Navigator [Apple] コンセプトムービー
 - 1994: CASA [Nass] “Computers Are Social Actors”
 - 1994: Believable agents [Bates] 生き物らしいエージェント
 - 1996: The Media Equation [Reeves & Nass] メディアの等式
 - 1997: Persona [Ball] ToolからAssistive interfaceへ
 - 2000: Rea [Cassell] Embodied Conversational Agents

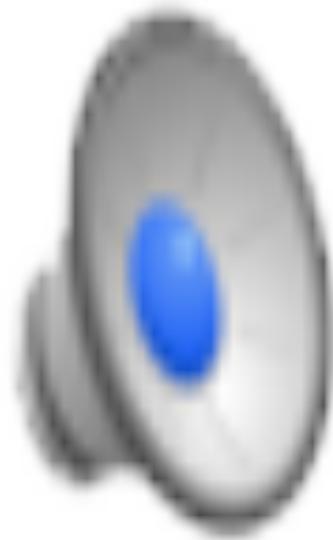
Human-Agent Interactionとは？ (2)

- PUT-THAT-THERE [Bolt 1980]



Human-Agent Interactionとは？ (3)

- Rea [Cassell 2000] (ビデオ 1'00 - 2'15)



Human-Agent Interactionとは？ (4)

- 『HAI研究のオリジナリティ』 (山田 09 参照)
 - 人-エージェント、人-ロボット、人-エージェント-人のインタラクション
 - HAI研究は開放系の研究が特徴
 - HAIではインタラクションの対象をコンピュータやロボットに限定しない
 - 「認知的インタラクションデザイン学」の重要性
 - 事例：
 - アプライアンスのエージェント化
 - ロボット(AIBO)が人とのインタラクションを学習
 - エージェントの内部状態の表出方法
 - Dennettの意図・設計・物理スタンス

Human-Agent Interactionとは？ (5)

- 『HAIへの学際的アプローチ』 (小野 09 参照)
 - HAIの「危ない匂い」と「収まりの悪さ」
 - 細分化され、統合的な視点を欠いた研究への不満
 - 人間が命令すればそのとおり動く道具を作成することが目的ではない
 - 研究事例：
 - ITACO：メディア間を移動可能なエージェント
➡人工物にエージェント性を付与
 - Practical Magic：スマート情報環境とロボットのインタラクションデザイン
 - ITACO on the Room：部屋に移動するエージェント
 - RobotMeme：模倣と関係性の伝播
 - InteractionMeme：エージェント性と関係性の伝播によるインタラクション環境の構築
 - HAI研究はまさにムーブメントの結節点

Human-Agent Interactionとは？ (6)

What is an agent? (国際会議HAIでの定義)

An agent is an object or technology that people interact with as if it is able to act with its own purposes, motivations, and intentions. Having autonomy is not sufficient. For example, people generally do not interact with telephones or elevators as agents although there is autonomy behind the scenes. Conversely, some people talk to their cars or boats as if they have their own intentions or personalities, even if this is not the case. It is the point where people shape their interactions with an object or technology as if it has purposes, motivations, or intentions, where we have human-agent interaction. Often, technologies are designed to encourage people to give them agency, for example, by using social methods such as speech or gestures, or having a personality, although this is not necessary for agency.

People attribute agency to many things and technologies in their everyday lives, which is a common area of research, for example, with robots, virtual characters and video games, virtual reality, smart cars, and so forth. By considering the broader field of Human-Agent Interaction, we have an opportunity to transcend these traditional categories and to share knowledge and learn from each other, regardless of the embodiment of our agent. Findings in human-robot interaction are likely to have implications for many kinds of agents.

The HAI conference aims to bring together an interdisciplinary community on agents. In addition to work on agents themselves, this conference also includes novel technologies and algorithms for use by agents, human-human studies that can inform interactive agent design, how psychological and cognitive models of agency are relevant to agents, and so forth.



エージェントを用いた対話システム

対話システムとは？ (1): 定型的な対話

- 人間と機械の間で、自然言語や音声言語を用いてコミュニケーションを行うことができるシステム
- 自然言語対話システム:
 - ELIZA (1965) : 単純な構文解析、予め用意された表現

ユーザ： 男の人ってみんな同じなんだよね。

システム： どんなふうに？

ユーザ： 彼らはいつも何かで私たちを困らせるの。

システム： 具体的な例は思い付く？

ユーザ： そうね、私のボーイフレンドは私をここに来させたわ。

システム： あなたのボーイフレンドがあなたをここへ来させた。

ユーザ： 彼は私がいつも落ち込んでいるっていうの。

システム： あなたがいつも落ち込んでいるとは、お気の毒です。

(Weizenbaum, 1965)

対話システムとは？ (2): 意味理解

- 自然言語対話システム:
 - SHRDLU(1972): 限られた世界で、言語の理解を行うシステム
⇒ 取り扱う世界(ドメイン)に必要な知識をすべて書き込んでおく
必要あり ⇒ フレーム問題

ユーザ： 大きい赤のブロックをつかんでください。

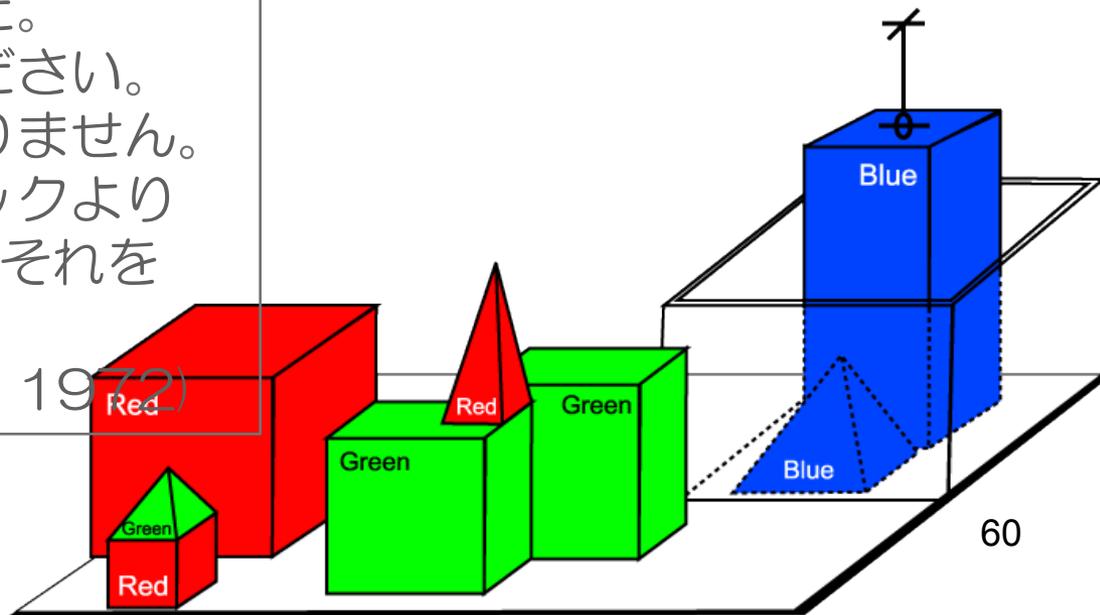
システム： はい、実行しました。

ユーザ： 四角錐をつかんでください。

システム： どの四角錐かわかりません。

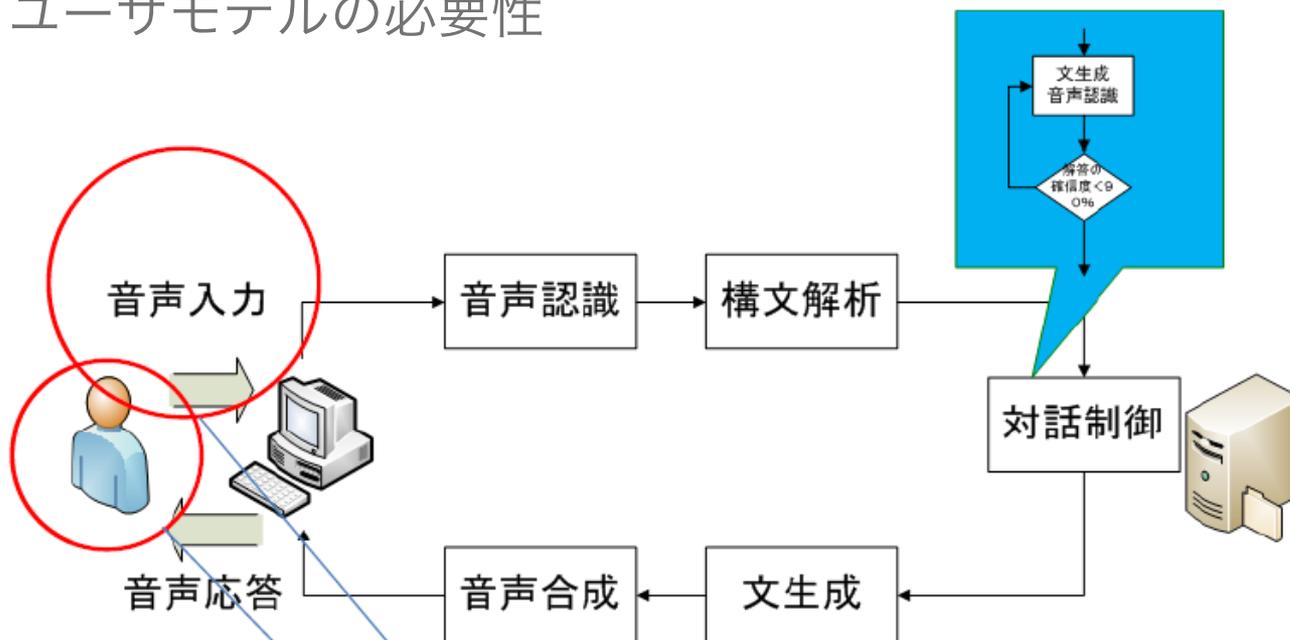
ユーザ： 今つかんでいるブロックより高いブロックを見つけて、それを箱の中に入れてください。

(Winograd, 1972)



対話システムとは？ (3): 音声対話

- 音声対話システム: 「音声」を用いる問題点
 - 言い誤りや倒置など文法的多様性
 - 音声認識における誤り
 - ユーザーモデルの必要性



- ・音声認識誤りがある.
- ・ユーザーのモデル化が必要.

対話システムとは？ (4): 対話の主導権

- 対話システムの主導権：
 - ・ システムが持つか、ユーザが持つか

システム主導対話

システム： ホテル検索・予約システムです。宿泊先の最寄り駅をお話してください。
ユーザ： 上野駅。
システム： 上野駅周辺には15件の予約可能なホテルがあります。予算はいくらですか？
ユーザ： 8000円以内で。
システム： 何名様でしょうか。
ユーザ： 1人です。
システム： ABCホテル、ホテルDの2件見つかりました。
ユーザ： ABCホテルをお願いします。

ユーザ主導対話

ユーザ： 明後日から1泊、上野駅にホテルを予約したいんだけど。
システム： 上野駅周辺には15件の予約可能なホテルがあります。
ユーザ： じゃあ、8000円以内で泊まれるところは？
システム： ABCホテル、ホテルDの2件見つかりました。
ユーザ： ABCホテルにシングル1室予約して。
システム： ABCホテル、明後日から1泊シングルを1部屋予約しました。

音声認識率向上、意味理解容易

音声誤認識増加、意味理解難しい

対話システムとは？ (5): 混合主導権

－ 対話の主導と対話制御：

混合主導対話

ユーザ： 明後日から上野駅にホテルを予約してください。

システム： 何泊のご予定ですか？

ユーザ： 1泊。

システム： 予算はどれくらいでしょうか？

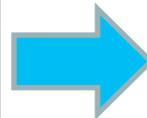
ユーザ： 8000円以内で。

システム： 何名様でしょうか？

ユーザ： 1名です。

システム： ABCホテル、ホテルDの2件見つかりました。

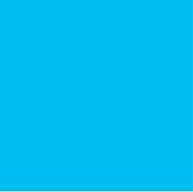
ユーザ： ABCホテルをお願いします。



・ 対話制御：

1. ユーザからの入力
2. ユーザの意図を検出
3. システムの適切な行動生成
4. 返すべき応答内容を生成

ユーザ主導 ⇒ システム主導



Situated Interaction

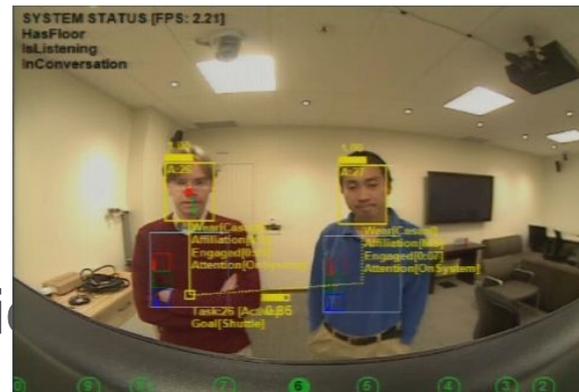
(MSR 2009, 2014)

近年の音声対話システム

- 対話状況認識(会話シーン分析、マルチモーダルセンシング・フュージョン)
- 自然言語による多人数対話
- 対話制御(部分観測マルコフ決定過程)



Interactio

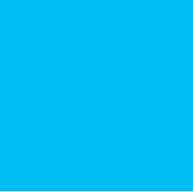


Situated Interaction (MSR 2009)



Situated Interaction (MSR 2014)

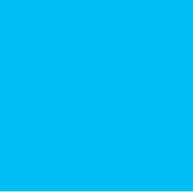




**対話システムのメカニズムは
次回. . .**

まとめ：HAI/HRI研究の特徴

1. HAI/HRI研究の概要
2. HAI/HRIにおける「心の理論」
 - ・ 計算モデルと実装
 - ・ A Constructive Model for the Development of Joint Attention (Nagai, 2003)
 - ・ Machine Theory of Mind (DeepMind, 2018)
3. HAI/HRIにおける対話システム(前半)
 - ・ SHRDLU (Winograd, 1972)
 - ・ Situated Interaction (MSR, 2014)



おわり

あ

— い
· う
— え
· お