

認知ミラーリング： 当事者視点に基づく発達障害者支援

**Cognitive Mirroring:
Assisting people with developmental disorders from first-person view**

長井 志江（情報通信研究機構 / ビーレフェルト大学）

Yukie Nagai (NICT / Bielefeld University)

世界中における自閉症の人口の割合 約100人に1人

自閉スペクトラム症

自閉症やアスペルガー症候群などを含む発達障害の総称

(TBS, 2017.11.25)

当事者視点からの障害理解

Impairment and Disability Defined from First-person View

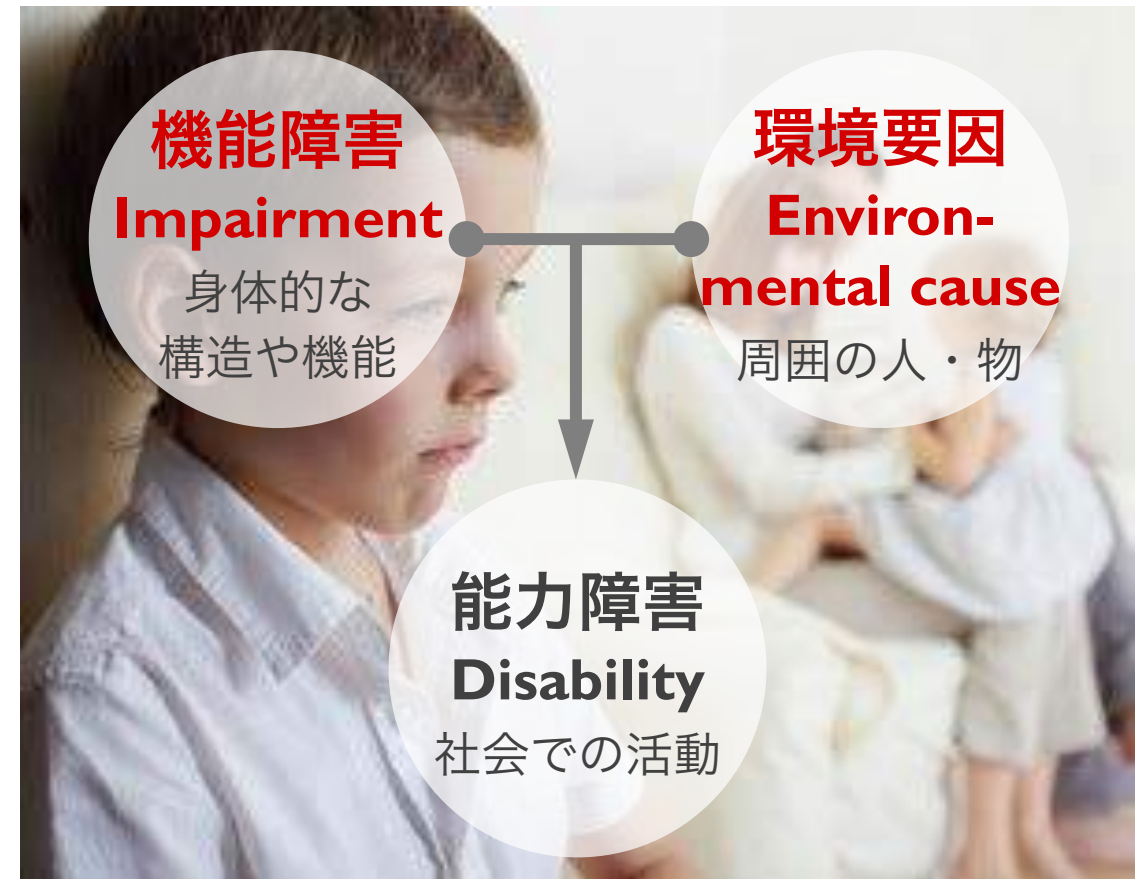
従来の認識（周囲の視点）

Traditional approach (Third-person view)



本研究の目指す理解（当事者視点）

Our approach (First-person view)



[WHO, 1980]

認知ミラーリング：認知（障害）機序の構成的理解

Cognitive Mirroring: Understanding Human Cognition and its Disability

- 人間の認知機能を鏡のように映し出し観測可能にする知的情報処理技術 [長井, 2018]
- Intelligent systems that make human cognitive processes observable like mirrors

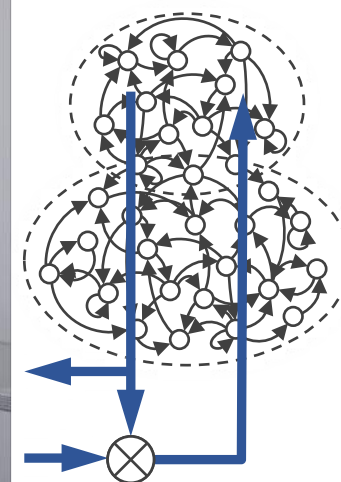
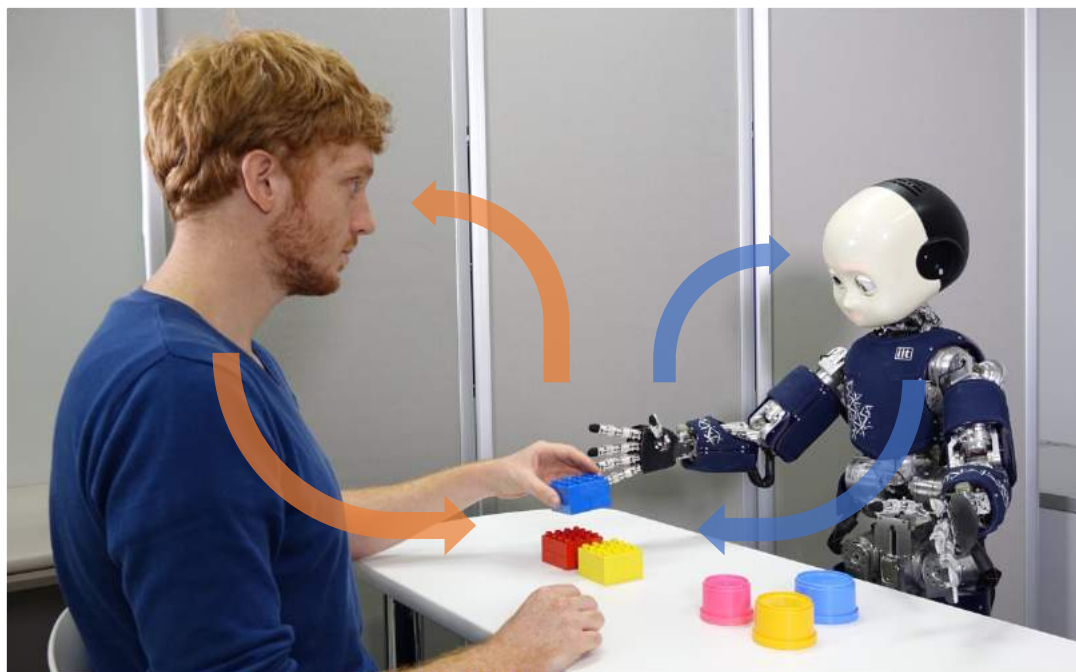
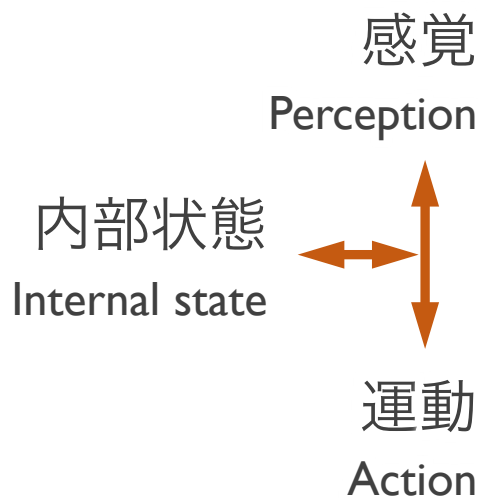
人間の認知機能
Human cognition

観測困難 & 定性的
Unobservable & qualitative

=

人工システムの認知機能
System's cognition

観測可能 & 定量的
Observable & quantitative

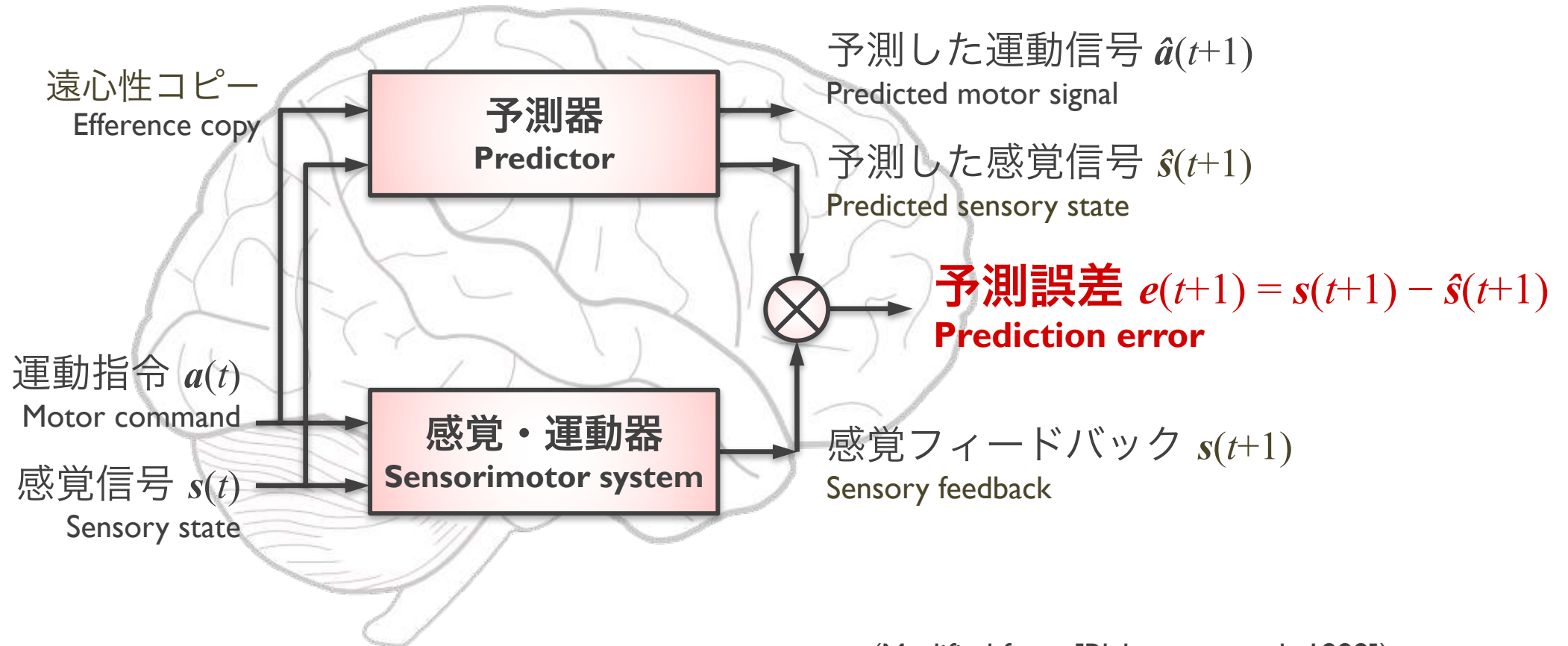


計算モデル
Computational models

予測符号化理論：認知機能の基本原則 [Friston et al., 2006; Friston, 2010; Clark, 2013]

Predictive Coding: Principle of Human Cognition

- 脳は**予測誤差 $e(t+1)$** を最小化するように予測器を学習したり，環境に働きかける。
- The brain tries to **minimize the prediction error $e(t+1)$** by updating the predictor and/or acting on the environment.

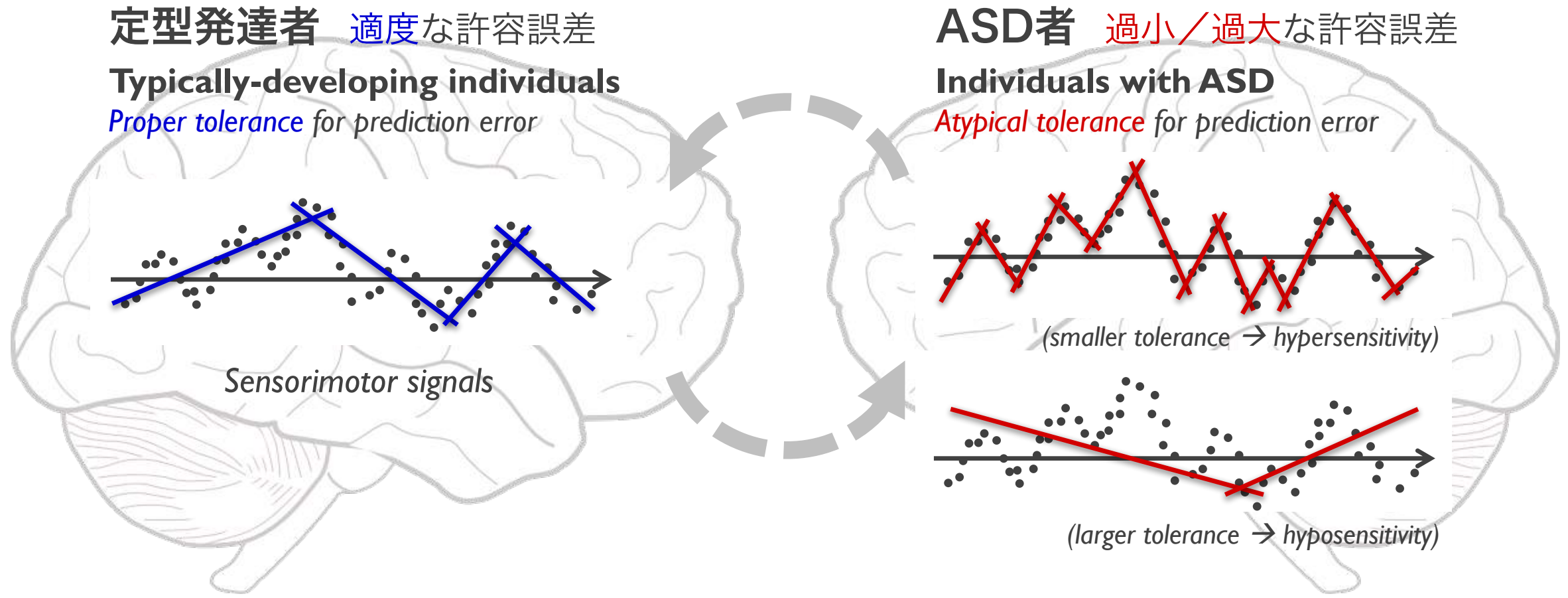


(Modified from [Blakemore et al., 1999])

予測誤差最小化における非定型性と発達障害 [Nagai & Asada, 2015; Nagai, 2016]

Developmental Disorders Caused by Atypicality in Minimization of Prediction Error

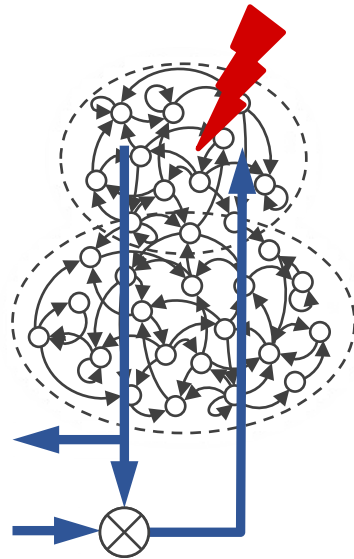
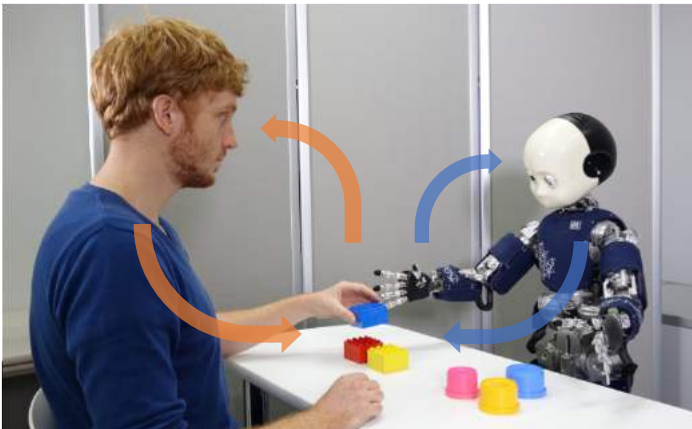
- 予測誤差に対する非定型な感度が自閉スペクトラム症（ASD）者の過敏／鈍麻な内部モデルを生成
- Atypical tolerance for prediction error produces different internal models in ASD from those in TD



2種類の認知ミラーリングシステム

Two Types of Cognitive Mirroring Systems

- 相互作用を通して人間の認知機能を学習・推定するロボット
 - 予測符号化モデルのパラメータ変動による人間の認知特性の評価
- Robots that learn to estimate individual characteristics of human cognition as parameter modifications in predictive coding models
- 人間の認知機能（特に知覚）を構成的に再現する装着型システム
 - 予測符号化に基づく非定型な知覚特性の発生機序の解明
- Wearable systems that simulate atypical perception in ASD based on predictive coding



SFリアル
アトムと8549

ロボットが「心」を持つ日は
来るのか?

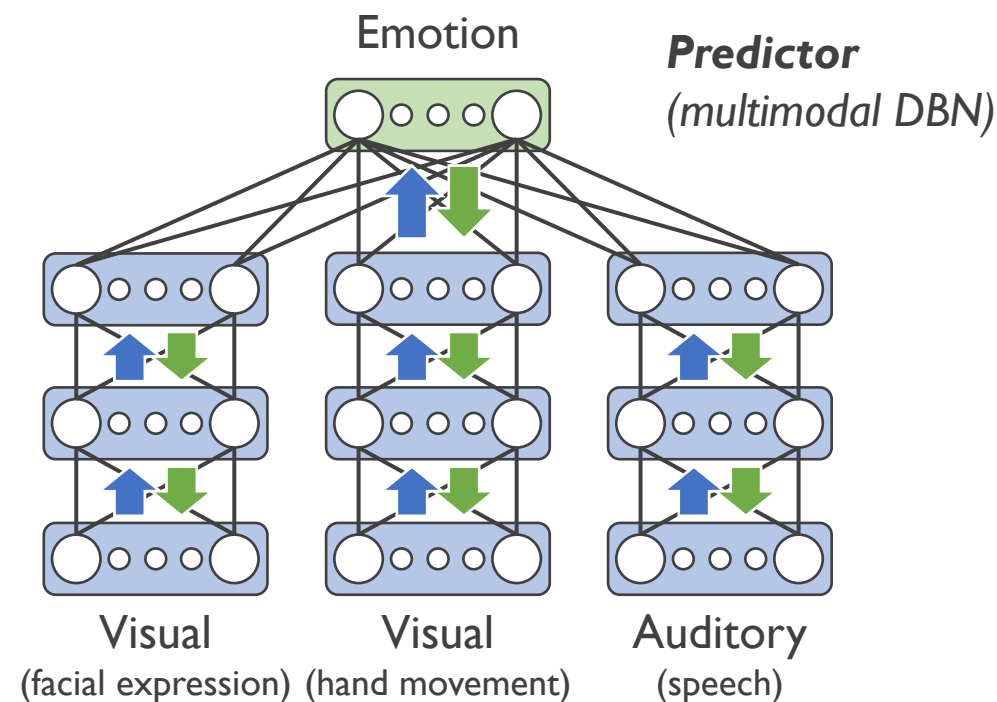
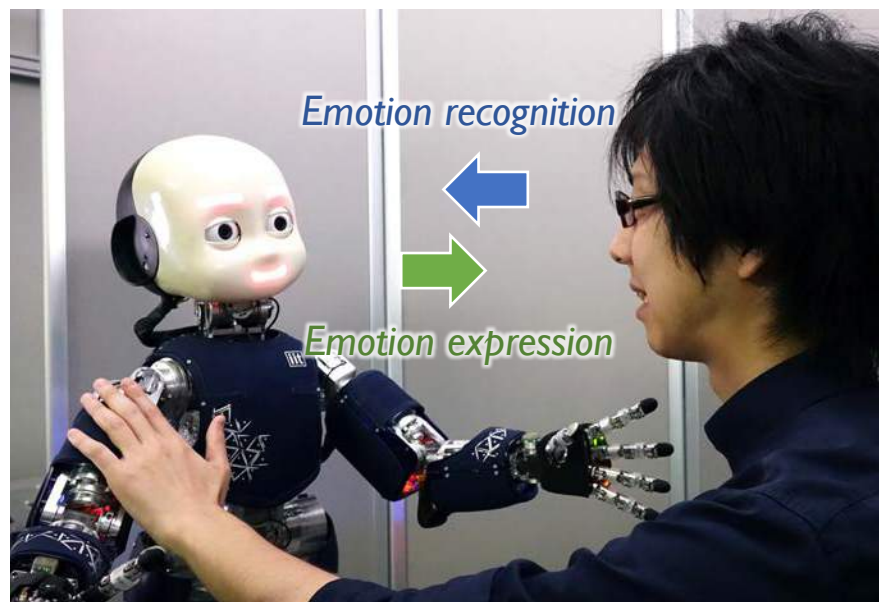
人の情動状態を学習・推定するロボット Robot that Learns to Estimate Emotional States of Humans

(NHK, 2016.08.23)

複数感覚信号の予測学習に基づく他者情動の推定

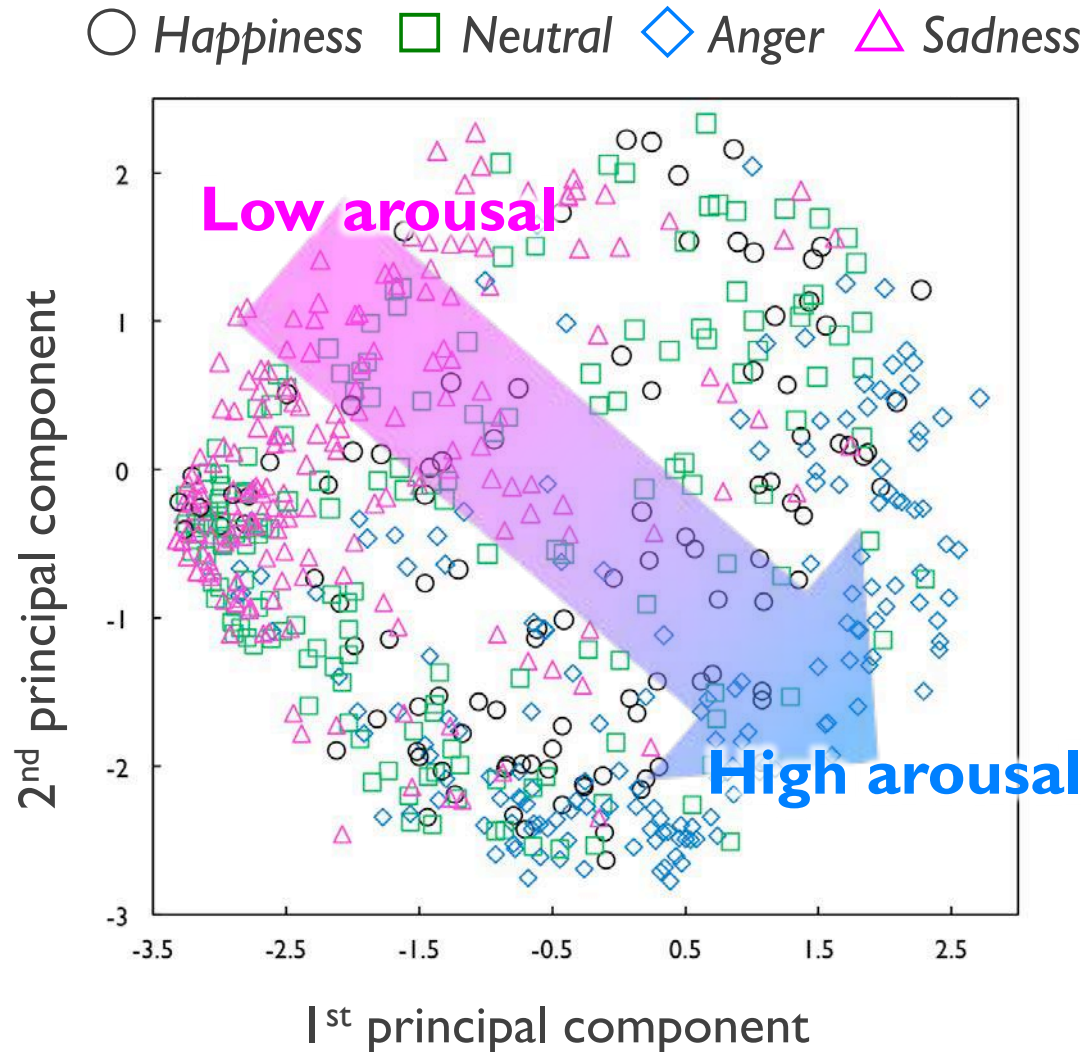
Emotion Estimation Based on Multimodal Predictive Learning

- 複数信号統合型深層信念ネットワーク [Srivastava and Salakhutdinov, 2012] を用いた **感覚信号の空間的予測学習** による他者情動の推定
- 心的シミュレーションを利用した情動模倣
- Emotion estimation through **spatial prediction of sensory signals** using multimodal deep belief network
- Emotion imitation through mental simulation

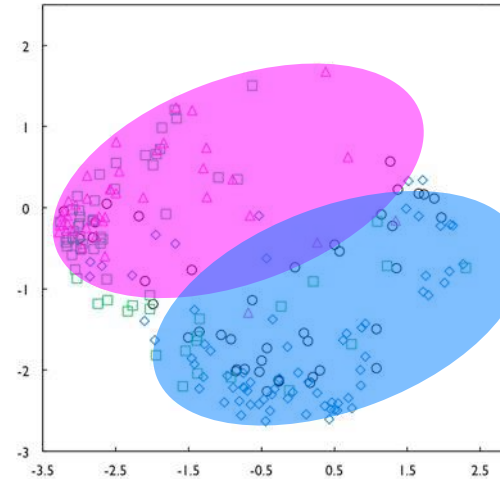


獲得された情動空間とそこに現れた個性

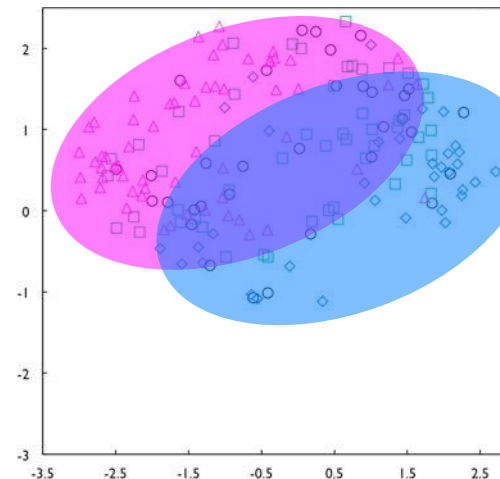
Emotional States Acquired in Predictor and Individual Differences



Person A



Person B



発達障害

解明される未知の世界

発達障害
特異な感覚世界

ASDの視覚過敏・鈍麻を再現するシミュレータ

Simulator of Atypical Visual Perception in ASD

(NHK, 2017.05.21)

ASDの視覚過敏・鈍麻の主な症状 [Qin et al., 2014; 長井ら, 2015]

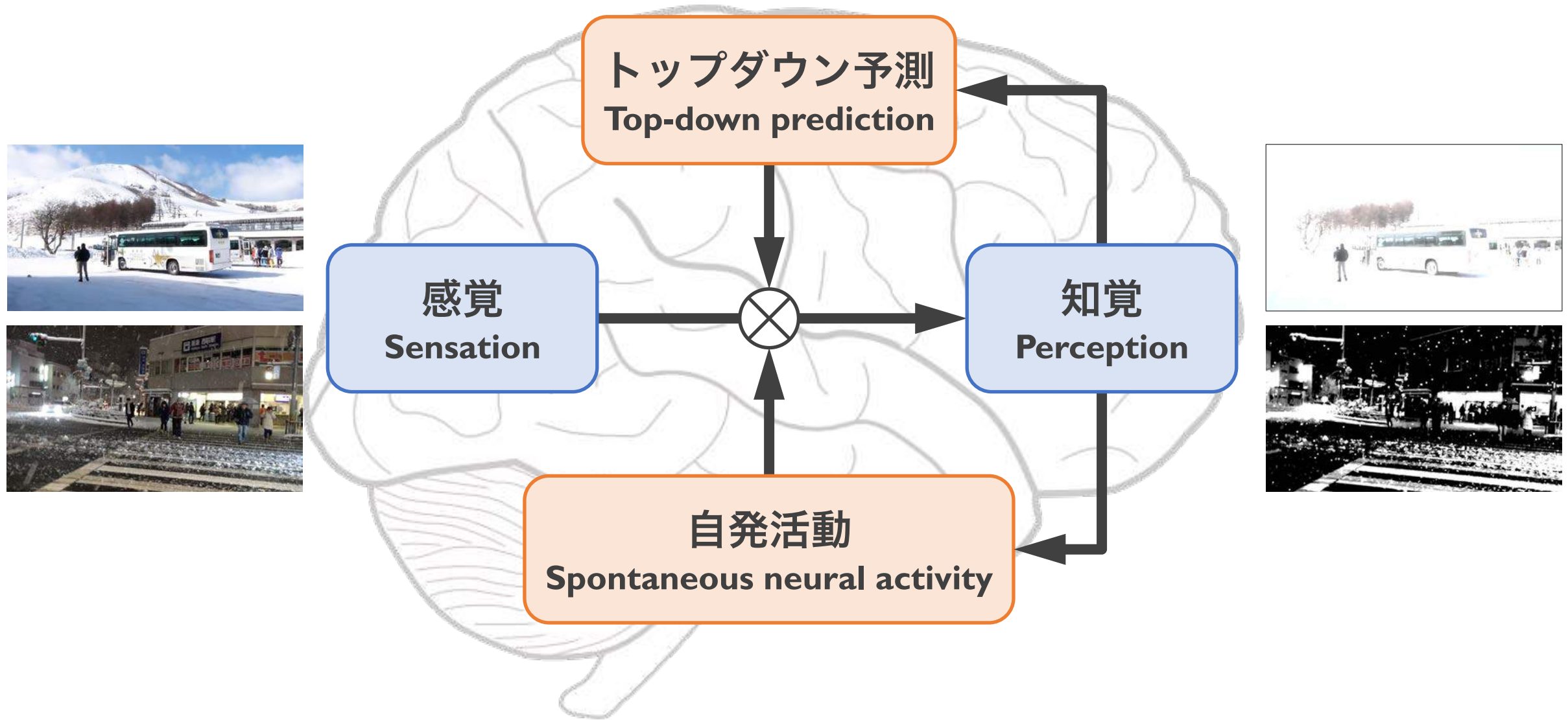
Atypical Visual Perception in ASD

- 輝度 → **コントラスト強調・高輝度化**
 - 瞳孔サイズの拡大 [Anderson & Colombo, 2009]
 - 瞳孔収縮率の低下 [Daluwatte et al., 2013]
- Brightness → **High contrast and intensity**
 - Larger pupil size
 - Reduced constriction in pupillary light reflex
- 動き・音強度の変化 → **砂嵐状のノイズ**
 - 皮質拡延性抑制 [Hadjikhani et al., 2001] や舌状回周辺での代謝亢進 [Schankin et al., 2014] との相関
- Change in motion and sound → **Dotted noise**
 - Cortical spreading depression in visual cortex, hyper-metabolism in lingual gyrus



予測と自発活動の不均衡による非定型知覚の発生 [Hsieh, Nagai, & Asada, 2017]

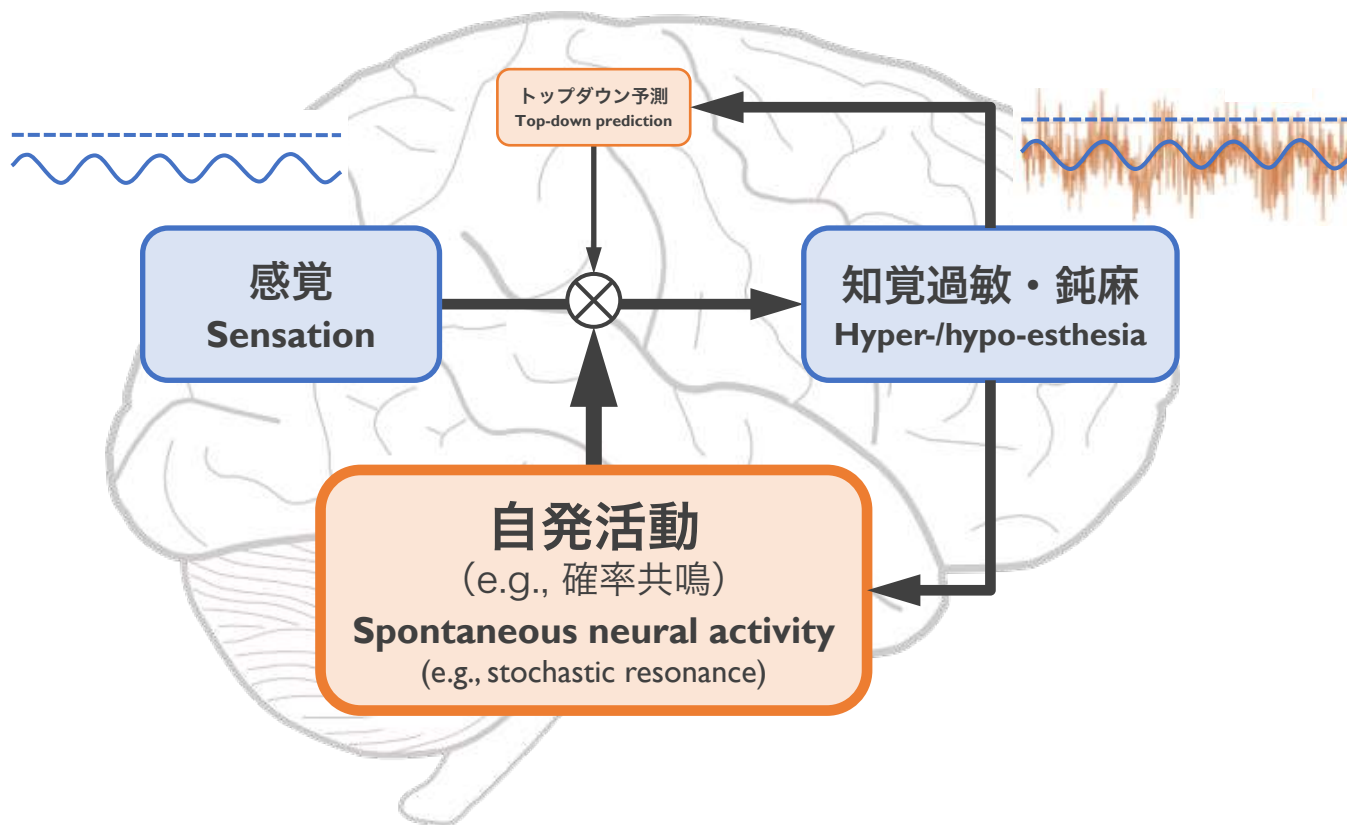
Atypical Perception Caused by Imbalance between Prediction and Spontaneous Activities



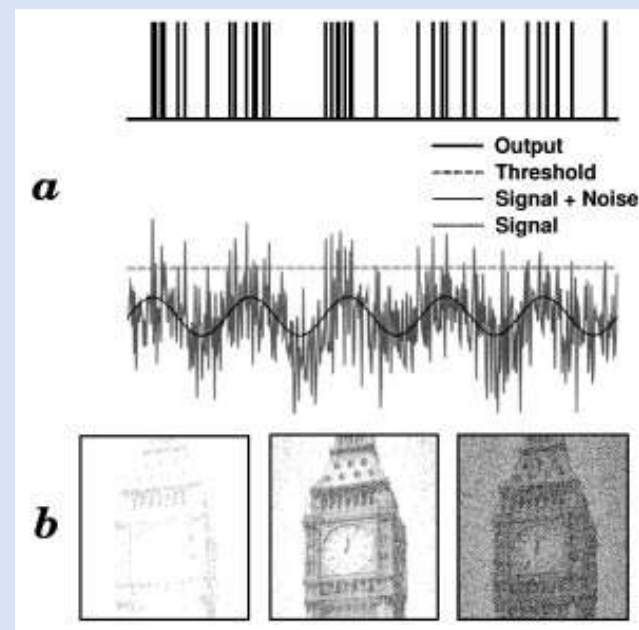
予測と自発活動の不均衡による非定型知覚の発生 [Hsieh, Nagai, & Asada, 2017]

Atypical Perception Caused by Imbalance between Prediction and Spontaneous Activities

- ASD者の弱い予測機能による信号知覚の困難とそれを補償する過剰な神経ノイズによる砂嵐状ノイズの発生
- Stronger neural noise which compensates weaker prediction causes phantom noise in ASD's perception



確率共鳴 Stochastic resonance

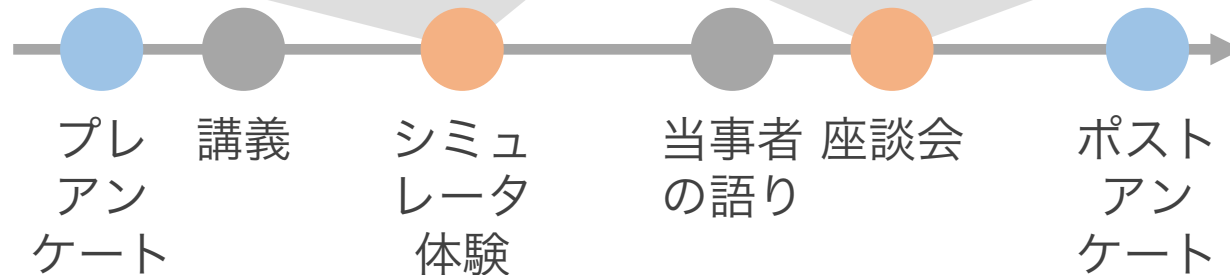


[Simonotto et al., 1997]

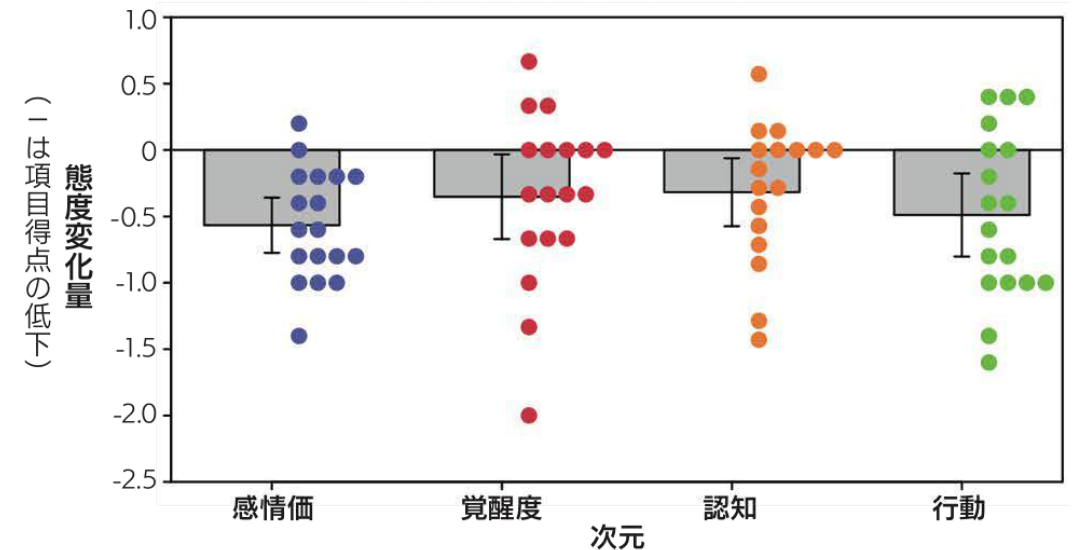
一般向けASD視覚体験ワークショップ [鈴木ら, 2017; 辻田ら, 2017]

Public Workshop of ASD Simulators

- ASD視覚体験シミュレータを用いたASD当事者の困難さ体験
- 発達障害の正しい理解に基づく **スティグマ低減**
- To experience first-person's difficulties using ASD simulators
- To **reduce stigma of ASD** based on better understanding of ASD



【図3】介入によるスティグマの変化



各条件の態度変化量
(棒は平均, 点は個人毎の態度変化量, 誤差棒は 95% 信頼区間)

CREST 「認知ミラーリング」が目指す社会

Future Society Created by CREST “Cognitive Mirroring”

達成目標

- 認知ミラーリングによる**認知機能の自己理解と社会的共有**
- 発達障害の正しい理解と当事者視点からの支援の実現

Research goals

- Self understanding and social sharing of cognitive mechanisms** using cognitive mirroring systems
- Better understanding of and assistance for developmental disorders

熊谷@東大・LITALICO 障害者支援



発達障害者の認知特性を活かした学習・就労支援

認知ミラーリングシステム

システム要求
フィードバック

長井志江@NICT 認知ミラーリング



認知機能を観測・評価可能にする
認知ミラーリングシステムの開発

知覚・運動
データ

認知原理仮説
データ解釈

神経回路
モデル

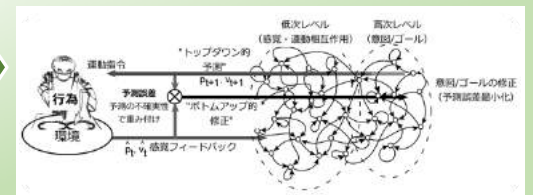
認知・行動
データ

熊谷晋一郎@東大 当事者研究



発達障害当事者視点からの
認知（障害）原理の提案

山下祐一@NCNP 計算モデル



多様な認知過程を再現・検証する
神経回路モデルの開発

認知原理仮説
データ解釈

計算モデル
仮説検証

Thank you!

大阪大学

- 浅田 稔
- Jimmy Baraglia (-2016.11)
- 堀井 隆斗 (-2017.09)
- 秦 世博 (-2015.03)
- Jorge L. Copete
- Jyh-Jong Hsieh
- Niyati Rawal 他

情報通信研究機構

- Konstantinos Theofilis

国立精神・神経医療研究センター

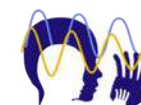
- 山下 祐一

東京大学

- 熊谷 晋一郎
 - 綾屋 紗月
 - 辻田 匡葵
- ## LITALICO
- 鈴木 悠平
 - 本間 美穂
 - 山本 彩加



Human-Machine
Harmonious
Collaboration



Constructive Developmental Science
Based on Understanding the Process
from Neuro-Dynamics to Social Interaction

参考文献

- 長井志江, “認知ミラーリング：認知過程の自己理解と社会的共有による発達障害者支援,” 生体の科学, 2018.
- Yukie Nagai and Minoru Asada, “Predictive Learning of Sensorimotor Information as a Key for Cognitive Development,” in Proc. of the IROS 2015 Workshop on Sensorimotor Contingencies for Robotics, 2015.
- Yukie Nagai, “Mechanism for Cognitive Development,” Cognitive Neuroscience Robotics: A Synthetic Approaches to Human Understanding, M. Kasaki, H. Ishiguro, M. Asada, M. Osaka, and T. Fujikado (Eds.), Springer, pp. 51-72, 2016.
- Takato Horii, Yukie Nagai, and Minoru Asada, “Imitation of human expressions based on emotion estimation by mental simulation,” Paladyn, Journal of Behavioral Robotics, vol. 7, no. 1, pp. 40-54, 2016.
- Shibo Qin, Yukie Nagai, Shinichiro Kumagaya, Satsuki Ayaya, and Minoru Asada, “Autism Simulator Employing Augmented Reality: A Prototype,” in Proc. of the 4th IEEE ICDL-EpiRob, pp. 123-124, 2014.
- 長井志江, 秦世博, 熊谷晋一郎, 綾屋紗月, 浅田稔, “自閉スペクトラム症の特異な視覚とその発生過程の計算論的解明：知覚体験シミュレータへの応用,” 日本認知科学会第32回大会発表論文集, pp. 32-40, 2015.
- Jyh-Jong Hsieh, Yukie Nagai, and Minoru Asada, “Stochastic Resonance as a Potential Cause for Phantom Noise in Autism Spectrum Disorder,” HCGシンポジウム, 2017.
- 鈴木悠平, 本間美穂, 山本彩加, 熊谷晋一郎, 辻田匡葵, 長井志江, “非ASD者によるASD者への理解・共感を目的としたVR疑似体験ワークショップの開発と実証研究プロトコルの検討,” 日本発達神経科学学会第6回学術集会, p. 35, 2017.
- 辻田匡葵, 熊谷晋一郎, 鈴木悠平, 本間美穂, 山本彩加, 長井志江, “自閉スペクトラム症視覚体験がスティグマに及ぼす影響の予備的検討,” 日本発達神経科学学会第6回学術集会, p. 30, 2017.