

開一夫

東京大学大学院総合文化研究科・教授

ペダゴジカル・マシン: 教え教えられる人工物の発達認知科学的基盤

## §1. 研究実施体制

### (1)「東大」グループ

① 研究代表者: 開 一夫 (東京大学大学院総合文化研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・ 母子間相互作用計測用実験ルームの構築
- ・ CG 版ペダゴジカル・マシンの構築および認知科学実験
- ・ ペダゴジカル・マシンデザインのための脳機能計測実験および認知科学実験
- ・

### (2)「東工大」グループ

① 主たる共同研究者: 長谷川 修 (東京工業大学情報工学研究所、准教授)

#### ② 研究項目

- ・ 実験システムからのデータ収集と解析(継続)
- ・ 上記解析のための新しい解析手法の構築

### (3)「学芸大」グループ

① 研究代表者: 林 安紀子 (東京学芸大学、教育実践研究支援センター、教授)

#### ② 研究項目

- ・ 絵本の読み聞かせ方法の違いが幼児の物語理解に及ぼす影響についての実験的検討
- ・ アニメーション映像への乳幼児の注目の発達的变化についての検討
- ・ 知的障害及び発達障害のある幼児への iPad を利用した教育実践の予備的検討

### (4)「慶應大」グループ

① 研究代表者: 今井 倫太 (慶應義塾大学理工学部、准教授)

#### ② 研究項目

- ・ペダゴジカル・マシンのデザイン要素の検討

(5)「アニモ」グループ

①主たる共同研究者：木村 晋太(株式会社アニモ)

②研究項目

- ・親子対話の分析方法の研究開発
- ・マザリーズ音声の韻律モデルの研究開発

## § 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

研究チーム全体の進捗状況としては、ペダゴジカル・マシンをデザインするための認知科学的実験および相互作用計測のための環境が当初計画に従って実施・構築されている。以下各グループにおける具体的実施内容を記述する。

### (東大グループ)

#### 1) 母子間相互作用計測ルームの構築

母子間相互作用を精緻に計測するための環境を構築した。ここでは、モーショントラッカを用いて、母子双方の動作をリアルタイムに計測可能である(下図)。この環境を用いることで、対乳児動作・発話を対成人動作・発話と比較することで、モーションーズ・マザリーズが「教えられること」とどう関係するのかを明らかにできる。今後は、東工大チームの構築した比較的安価に実現できる計測技術(下記)との比較を行う予定である。



#### 2) CG 版ペダゴジカル・マシンの構築と実験<sup>6)7)</sup>

「教え・教えられる」場面における相互随伴性の重要性を検討するため、視線(アイコンタクトおよび共同注視)に着目したシステム(PAGI)を構築し、韓国語の単語学習を題材とした認知科学的実験を行った。PAGI は、被験者(学習者)の視線をリアルタイムに計測し、それに基づいて、CG エージェント(教示者)の振る舞いを決定できる。実験では、リアルタイムに CG エージェントの振る舞いを制御した場合と、相互作用の相手が別の学習者である場合(CG エージェントの振る舞いは同じであるがリアルタイムな随伴性がない)を比較した。実験の結果、前者の場合(リアルタイム視線計測とそれに基づいてエージェントを動かした場合)は、後者よりも被験者の単語学習率が高いことが示された。平成24年度は成人を対象とした実験であったが、今後は子ども(就学前児)を対象とした実験にも着手する予定である。

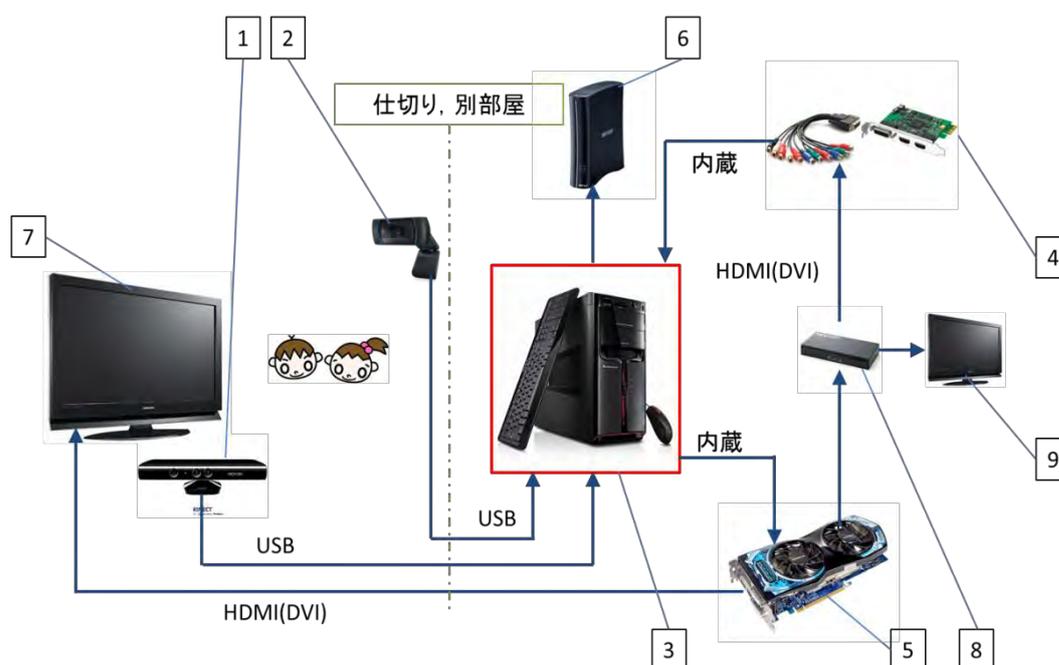


### 3) ペダゴジカル・マシンデザインのための脳機能計測実験および認知科学実験<sup>1)2)3)5)</sup>

人工物(CG やロボット)や顔画像が人間にどのように捉えられ、「教え・教えられる」場面における認知過程にどのような影響を与えるのかを詳細に調べるための脳機能計測(NIRS)および行動実験を行った。特に、ヒトとロボットが類似の動作を行っている場合に活動する脳部位が異なっていることを見いだした<sup>1)</sup>。この研究成果は、「教える」エージェントとしてのヒトらしさが「教えられる」ことにどう影響するのかを考察する上で重要となる。

#### (東工大グループ)

- 1) 本研究において極めて重要な、乳幼児が人工物とインタラクションする際の様子を記録するシステムを構築し、東京大学開研究室と東京学芸大学林研究室に提供した。構築したシステムの概略図を以下に示す。



- 2) 上記のシステムで収集したデータに含まれる、様々な情報を確かかつ効率的に収集するための方法論について、詳細な研究を行った。具体的には、東工大チームで 10 年前から研究を進めてきた、SOINN と呼ぶ機械学習アルゴリズムの処理時の安定性を飛躍的に向上させた<sup>8)9)</sup>。この新しい SOINN のアルゴリズムは、特許としても申請した。

#### (学芸大グループ)

- 1) 絵本の読み聞かせの方法の違いが幼児の物語理解に及ぼす影響についての検討<sup>10)</sup>

乳幼児と保護者のインタラクションを通して学習する場面における媒介となるメディアの影響を検討することを狙いとして実験を行った。H24 年度は絵本の読み聞かせ場面で、肉声で読んだ場

合と、録音音声を使用した場合で、幼児の絵本内容理解が影響されるかどうかを検討した。これまで、5歳児20名を対象とした予備的研究では、肉声条件よりも、録音音声条件で読み聞かせをされた幼児の方が、絵本の主人公の心情理解成績が良かったことが示唆された。

## 2) アニメーション映像への乳幼児の注目の発達的变化についての検討

乳幼児の認知・言語発達と、アニメーション映像理解の関連を検討することを狙いとして実験を行った。H24年度は猫と犬のキャラクターが登場する効果音のみのアニメーションを作成し、0～3歳児がどこに注目しているのかを視線追跡装置で測定する。合わせて、視聴中の対象児の表情、動作、発声・発語の状況を録画し、発達変化を検討した。実験の結果、生後6ヶ月ではキャラクターの正面顔に対して笑顔を見せ、生後10ヶ月を境に、映像中の物とキャラクターの関係(猫と石)を見比べることが観察されるようになった。12ヶ月以降では、キャラクターへの指さしや予測的な表情変化がみられた。タイトル文字への注目は、20ヶ月以降に始まった。当該研究の一部は、日本教育心理学会第54回総会の自主シンポジウムの中で報告した。来年度は、さらに対象児を増やすとともに、縦断的なデータをとる予定である。

## 3) 知的障害及び発達障害のある幼児へのiPadを利用した教育実践の予備的検討<sup>4)</sup>

知的障害幼児や発達障害幼児への発達支援において、専門機関と家庭をつなぐメディア機器の役割や機能について検討することを狙いとして予備的環境を構築した。特別支援学校幼稚部の個々の子どもに、学校での様子や子どもに合わせた教材などをiPadを通じて家庭に持ち帰らせ、家庭での活動の記録を学校にフィードバックするシステムを作り、その教育的効果を検証する。これまで、中～重度の知的障害幼児であっても、iPadのタッチ操作を楽しみ、自ら能動的に関わるのみでなく、映像コンテンツの内容についても理解している様子が観察されている。

### (慶應大グループ)



人間の学習を支援・促進する人工物—ペダゴジカル・マシナーが持つべき様相を明らかにするために、大人がデジタルエージェント(CGキャラクターやロボット)を用いて子供を教育する過程について研究を行っている。本研究では、指輪型の擬人化デバイス(目および口)を用いて手で表現できるキャラクターを大人が創造しながら、子供とインタラクションできるシステムを構築した。さらに、該当年度は、指輪型擬人化デバイスを用いて母子を対象としたインタラクション実験をおこない、

指輪型デバイスを用いたエージェントに対する幼児の受容性を検証した。具体的には、指輪型擬人化デバイスを用いて、母親がキャラクターを創造し、子供とインタラクションする。その際に、母親が手で作るキャラクターに幼児が興味を持つか、積極的にインタラクションするか、幼児自ら指輪型擬人化デバイスを用いるかを観察し、指輪型デバイスを用いたエージェントに対する幼児の受容性を検

証した。

### (アニモグループ)

親子対話の分析方法の研究開発では、あらたな音声の分析方法として、発話のテンション値を分析する方式を構築した。具体的には、切り出された音声の声の高さおよび音量の時間変動、発話速度を評価し、発話のテンション値を推定する。推定の方式としては、テンションラベル付された多数の音声データの重回帰分析を採用した。テンション値の分析は、対話の各部分の盛り上がり度を推定することによって、コンテンツごとあるいはコンテンツの場面ごとの盛り上がり度の違いの可視化を目的としている。さらに、タブレット／スマートホン (iPad/iPhone) に絵本やゲーム等のコンテンツを提示し、親子の対話を収録・蓄積するプラットフォームの検討を行った。具体的には、コンテンツの表示ログ、タブレットの操作ログおよび親子の対話を収録し、それらのデータをクラウド上のストレージに蓄積する。

また、Kinect で取得できるユーザー情報の多様化として、振動の検出の基礎検討を行った。マザリーズ音声の韻律モデルの研究開発では、マザリーズの独特の文末の言い回し83種類を含んだ804文例のマザリーズ発声および通常発声の音声データの音素ラベリングおよびピッチマーキングの作業を完了し、これを韻律 DB 化した。まず韻律 DB 全体を統計分析した結果、ピッチについてはフレーズ頭、フレーズ末ともマザリーズ発声の方が高くなること、特にフレーズ末2モーラのピッチが顕著に高くなっていることが確認できた。発話速度については、マザリーズ発声はフレーズ末で遅くなるが、フレーズ頭ではあまり遅くならないことが分かった。さらに、構築した韻律 DB を利用して音声合成するシステムのプロトタイプングを行った。具体的には、合成したい表音文字列(音声合成向けの発音・韻律記号の列)を入力すると、韻律 DB を検索し、一致あるいは類似する韻律から音声合成用の音声パラメータを生成し、その音声パラメータに基づいて音声合成を行う。マザリーズ発声の韻律と通常発声の韻律のモーフィング処理によって、マザリーズ度合いを自由に調整できる。来期は対応できる文末の言い回しの種類の拡大を予定している。

## §3. 成果発表等

### (3-1) 原著論文発表

#### ● 論文詳細情報

1. 松田剛, 神田崇行, 石黒浩, 開一夫 “ヒューマノイドロボットに対するミラーニューロンシステムの反応.” 認知科学, Vol.19, No.4, pp.434-444, 2012
2. 林 聖将, 松田 剛, 玉宮 義之, 開 一夫, “マンガのスピード線の視覚的効果:空間的注意喚起の実験的検討.” 認知科学, Vol.20, No.1, pp.79-89, 2013
3. Tamamiya, Y., & Hiraki, K. “Individual Differences in the Recognition of Facial Expressions: An Event-Related Potentials Study.” PLoS ONE, Vol.8, No.2, e57325,

2013 (DOI:10.1371/journal.pone.0057325)

4. Yasumura, A., Kokubo, N., Yamamoto, H., Yasumura, Y., Moriguchi, Y., Nakagawa, E., Inagaki, M., Hiraki, K. “Neurobehavioral and hemodynamic evaluation of cognitive shifting in children with autism spectrum disorder.” *Journal of Behavioral and Brain Science*, Vol.2, No.4, pp.463-470, 2012 (DOI: 10.4236/jbbs.2012.24054)
5. Moriguchi Y., Evans A.D., Hiraki K., Itakura S., & Lee K. (2012) Cultural differences in the development of cognitive shifting: east-west comparison. *Journal of experimental child psychology*, Vol.111, No.2, pp.156-163, 2012 (DOI: 10.1016/j.jecp.2011.09.001)
6. 開一夫. “ペダゴジカル・マシンの射程:相互随伴性のメカニズム.” *認知科学*, Vol.19, No.3, pp.282-286, 2012
7. 開一夫. “「教える」機械は可能か: 寛先生のコメントへのリプライ.” *認知科学*, Vol.19, No.3, pp.290-291, 2012
8. Furao Shen, Qiubao Ouyang, Wataru Kasai, Osamu Hasegawa, “A General Associative Memory Based on Self-organizing Incremental Neural Network”, *Neurocomputing*, Vol.104, No.15, pp.57-71, 2013 (DOI: 10.1016/j.neucom.2012.10.003)
9. Sirinart Tangruamsub, Aram Kawewong, Manabu Tsuboyama, Osamu Hasegawa, “Self-Organizing Incremental Associative Memory- based Robot Navigation”, *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol.E95-D No.10 pp.2415-2425, 2012 (DOI: 10.1587/transinf.E95.D.2415)
10. 江田詩織, 黒川郁子, 田代暁洋, 本橋千明, 山崎加奈, 山中琴美, 林安紀子, 肉声または録音音声による絵本の読み聞かせが幼児の物語理解に及ぼす影響についての予備的検討, *東京学芸大学教育実践研究支援センター紀要*, 9, pp.149-154, 2013
11. 林 聖将, 松田 剛, 玉宮 義之, 開 一夫 スピード線描写の違いが速さ知覚に及ぼす影響. *日本認知科学会第 29 回大会*, 647-651, 2012
12. Lee, H., & Hiraki, K. TOWARDS BUILDING PEDAGOGICAL AGENTS BASED ON EXPERIMENTS: a preliminary result. *CSEDU 2012 (4th International Conference on Computer Supported Education)*, Porto, Portugal, 2012

### (3-2) 知財出願

- ① 平成 24 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 1 件)