

ペダゴジカルマシンのための2人称研究¹

關一夫

東京大学大学院総合文化研究科²

1. はじめに

情報コミュニケーション技術の予測不能とも言える急展開は誰にも止めることができない。我々の生活スタイルは激変し、様々な産業は変革を迫られている。しかし、30年前と全く変わっていないのが、教育分野である。これまでも、インターネットやデジタル処理を中核的技術とした教育コンテンツは数多く開発されている。しかしながら、これらの多くはいわゆる電子「教材」の域を脱しておらず、大半は単に電子化されたテキストや動画を配信・表示するのみにとどまっている。MOOCは、ITCを活用して従来の教育における風景を変えることを目論んでいるが、講義（映像授業）の配信方法が変わっただけで、「学び」に使われている手法自体は、30年以上前からほぼ何も変わっていない。（放送大学は1983年に開設されている。）「学び」の視点において、情報技術を活用すべき部分は、「教え・教えられる」というインタラクティブ性の実現であろう。一方向的映像授業では、授業中に理解できない部分があっても、学習者がその場で質問したり、教師がさらに平易に説明しなおしたりすることはできない。

我々は、Crest「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」において、乳幼児を対象とした発達認知科学的研究を実施し、「教え・教えられる」状況においては「今性」と「応答性」が重要であることを見出している。ここで「今性」とは、学習者の**状態モニタリング**に対応し、「応答性」とは、**適時の情報表出（フィードバック）**に対応している。「今性」と「応答性」は、親子のような密度の高い関係だけでなく、対面で教えることのできる学校や塾などの環境での教師と生徒の間にも成立しうる。

情報コミュニケーション技術が「学び」を含む発達過程にどういった影響を与えるのかという問いは、まさに学際的アプローチを必要とする研究テーマである。このためには、生物学、発達心理学、認知科学、情報科学における研究者が言葉の齟齬を埋める努力をし、各領域における概念の共通点と相違点を明らかにすることが大切である。隣接領域での知見は、新たな研究アプローチのアイデア創出のきっかけとなり得る。認知科学・生物学・発達科学・比較認知科学・ロボティクスなど互いに隣接する研究領域における基礎的かつ新たな知見を結集することで現在の技術発展の望ましい方向を示すことができるであろう。

情報技術の発展が発達に与える負の側面だけでなく、情報技術を発達科学の基礎研究に

¹ 本論文は、文献[1]を修正したものである。より、詳細な議論は[1]を参照のこと。

² 〒158-8902 目黒区駒場3-8-1

活用する前向きな思考は重要である。情報技術は旧態依然とした発達心理学に風穴をあける切り札となり得る。半世紀前以上に発明されたビデオ録画技術やテレビモニターの開発は、それ以前には分からなかった母子間の相互作用について、精緻かつ客観的なデータを収集し、新たな理論構築のきっかけとなった[2]。ここ 10 年間の情報技術の進展は、「記録法」と「分析法」の両者において、過去 100 年の発展を遙かに凌ぐ勢いを見せている。人間の動作や視線をミリ秒単位で計測することを可能としたモーショントラッカーやアイトラッカー、脳の活動を非侵襲的に高空間解像度で計測する脳機能イメージング技術、さらに、乳幼児であっても安全に脳活動を計測するための技術、一日中自然なかたちで乳児周辺の音声データを記録し続ける技術など枚挙にいとまがない。こうした「技術」の発展は、10 年前までに構築された理論が前提としているデータとは質的にも量的にも比較にならないほどの材料を提供している。

ここでは、「教え・教えられる」ことの本質を捉えるため、相互作用に関する研究アプローチを概観することから始めよう。相互作用(interaction)という術語は、認知科学のみならず生物学・物理学・哲学・心理学・計算機科学・脳神経科学・社会学・政治学など多岐にわたる研究領域のキーワードとなっている。むろん、その用いられ方は、各領域・研究者間で同じとは言えない。しかし、複雑な系を理解する上で先ず対象間の関係を時間的・空間的に記述することが重要なのは研究領域を跨いで共通している。人間の社会的認知メカニズムを明らかにする上でも、社会を構成する最小単位である、個と個の相互作用に着目する必要がある。

「育てる」、「教える」、「伝える」等、我々の日常的行為を表す言葉は全て他動詞であり、目的語として「他者」の存在が必須である。どの行為も、「育てられる」、「教えられる」、「伝えられる」相手が必要な相互作用である。動物の養育行動を下支えする生物学的メカニズムは何か、知識の伝播や文化の継承、あるいは、「教えること」の本質とは何か、人と人とのコミュニケーションを支援するための人工物はどう構築すべきか、これらの間に対してアプローチするには、相互作用と何か、について明確にしておく必要がある。

2 相互作用の諸側面

最近 20 年の脳機能イメージング技術の発展は、人間の心的機能の解明に大きく貢献してきた。そしてここ数年は、情動や社会的認知に関わる脳活動についても明らかにされている[3]。しかしながら、相互作用という点においては、質的にも量的にも十分な研究が行われてきたとは言いがたい。

2.1 社会的認知研究のこれまで：三人称的研究

従来行われてきた社会的認知研究の大半は(被験者側から見ても、実験者側からみても)三人称的研究であったといえる。被験者側からみて三人称的研究とは、被験者(被験児)に対して社会的刺激を呈示し、その刺激に対する被験者の反応を観察・計測する研究方法のことである。ここで社会的刺激とは、顔(表情)や音声、視線、ジェスチャ(とこれらを組み合わせた刺激)のことを指す。いわゆる実験室実験の大半はこのカテゴリに属す。たとえば、近年隆盛を極めている成人を対象とした脳機能イメージング研究で行われているほとんどの実験は三人称的研究である。機能的核磁気共鳴画像法(fMRI: functional Magnetic Resonance)やポジトロン断層撮影法(PET: Positron Emission Tomography)、EEG(脳波計)などを用いた脳機能イメージング技術・脳活動計測技術は、その名が示す通り脳の働きを「観る」ことを目標とした技術である。脳機能イメージング研究は、これまで行動レベルや神経心理学的事例でしか理解されていなかった心的事象に関して、膨大な知見を与えてきた。我々の脳のどの部位が顔やジェスチャに関する情報を処理しているのか、喜怒哀楽を表す表情や音声がどのように処理されているのか、これらの研究は明らかにしてきた。

しかしながら、呈示される社会的刺激は被験者の心的状態とは無関係かつ一方向的に呈示されるのみである。顔やジェスチャといった刺激は、ある意味「社会的」であると言えなくもないが、現実世界で我々が他者と対峙している際に得られるダイナミックに変化する表情や動作とは大きく異なる。この点は、乳幼児を対象として行われている社会的認知に関する実験室実験でも同じである。コンピュータ画面に呈示された笑顔を見た被験児が、にっこりと笑顔を返しても、次には怒った顔の刺激が与えられることもある。

実験者側からみて三人称的研究であるとは、あらかじめ設定されたスクリプトに従って(あるいはスクリプトが用意されない自然な状況で)2者の行動を計測・記録し、第三者的視点から事後的にその中にみられるパターンを分析する研究のことを指す。発達研究で多く用いられている観察法はこれに分類される。たとえば、アタッチメント研究で用いられるストレンジシチュエーション法は、あるスクリプトに従って、特に母親の入退室時での子どもと母親の反応が分析対象となる。この方法によって、アタッチメントは、安定型(B型)、回避型(A型)、葛藤型(C型)といったタイプ分けがなされる[4]。(A,B,Cの3つのタイプに加えて、最近では、無秩序・無方向型(D型)を加えて分類されている。)

ストレンジシチュエーション法は、ある時点での養育者と子とのアタッチメントの様態を分析し、その後の子どもの発達(特に、社会性の発達)と関連付けるための方法として広く用いられている。たとえば、乳児期でのアタッチメントタイプが、その後の他の子どもとの協調的行動と関連していることを示した研究や[5]、乳児期のアタッチメントタイプが4歳児時点でのQソート法を用いたデータを予測するとした研究がある[6]。一方で、乳

児期のアタッチメントタイプとの関連性を見いだせなかった研究もいくつか存在していることは言及に値する(たとえば、[7])。

こうした研究手法における課題は、ある時点で(ワンショットで)観察される子と養育者との関係が、いつ、どのようにして形成され・変化していくのかについて知ることができない点である。養育者と子との関係は、養育者と子ども双方の遺伝的特質や家庭環境、文化、そして相互作用の来歴が複雑に絡み合っ決定されているはずである。特に、相互作用に関しては、養育者の子に対する接し方が子どもの反応の仕方によって変わるだろうし、逆も同じことが言える。こうした複雑な相互作用を分析するには、第三者視点での分析・カテゴリ分けだけではなく、相互作用そのものにコミットとした研究パラダイムが必要とされる。以下では、社会的認知の発達に関してこれまで行われてきた研究を概観し、現状での課題を整理しつつ 2 者間の相互作用に重点をおいた新たな研究アプローチを模索する。

2.2 相互作用における「自己」と「他者」

街中でインカムをつけて携帯電話で話している人を見かけて「薄気味悪さ」を感じることもある。この薄気味悪さは、どこからくるのか?一人で話しをしている人間が薄気味悪いのは、普通なら「相手」がいるはずの対話場面に「相手」が見えないことから生じているのであろう。

レガアスティーらは、6ヶ月児を対象に注視時間法(馴化-脱馴化法)を用いて、興味深い実験を行っている。この実験では、乳児に、行為者(人間)が遮断物(カーテン)に隠された何かに話しかける行動を呈示し、その後遮断物が取り除かれ、人間が現れる場合と人工物(ほうき)が現れる場合の注視時間が測定された[8]。乳児は人工物が現れた場合を人間が現れた場合より長く注視した。別のグループの乳児(6ヶ月児)には、話しかけるという行為ではなく、手を伸ばして掃く動作が呈示され、その後、同じく人間かほうきが現れる場面が呈示された。このグループの乳児は、人間が現れた方を長く注視した。乳児を対象とした注視時間法では、奇異あるいは不自然な事象に対する注視時間が増加することが示されており、この実験で得られた結果は、6ヶ月児が、人間と人工物を区別しており、行為の違いによってその行為が向けられるべき対象を適切に理解していることを示唆している。つまり、乳児であっても「人工物に話しかける不自然さ」を理解していることを示している。

一般的なコミュニケーション場面では、以下の点が前提となって2者が相互作用を行っている。

- 1) コミュニケーションの相手となる「他者」(と「自己」)が存在すること

- 2) 「他者」はコミュニケーションの「意図」をもった対象であること
- 3) 「自己」と「他者」が時間を共有していること
- 4) 「自己」の行動と「他者」の行動が相互に随伴していること

1)~4)の条件は、コミュニケーションとしては非常に基本的ではあるが、前項で述べたこれまでの三人称的研究では、これらの条件が全てあるいは部分的に満たされていない。つまり、三人称的脳機能イメージング研究は、取得されるデータの客観性や厳密性・再現性の観点からはよく練られているものの、コミュニケーションの本質的部分を捉えていない。別の言い方をすれば、従来の社会的認知の脳機能イメージング研究や定型的なスクリプトに基づく観察研究は、我々が日常的に行っている他者とのコミュニケーション場面とは関係の薄い部分に力を注いできたと言える。自分とは関係のない映像・音声が表示されている脳機能イメージング研究で得られる脳活動は、自宅のリビングで寝転がりながらテレビを見ているのと変わらないものであるか、普通ではない薄気味悪い「相手」と対峙している状況での活動である。

2.3 相互に随伴的であるとは：今性と応答性

オリンピックが日本から遠く離れた国で開催されている際、ライブ映像と録画映像では感動の度合いが異なる気がする。しかし、実際には、ライブとして放送されている映像が、本当にライブ映像なのかどうかをテレビの視聴者が判別することは簡単ではない。一方向メディアであるテレビでは、ライブと偽って録画映像が使われていてもそれを確かめることはできない。

しかし、遠隔会議システムのような双方向の通信環境があれば、簡単に映像がライブなのか録画なのかを簡単に判別することができる。録画された映像の相手に、「今」質問をしても返事は期待できないが、ライブ映像の相手ならなにがしかの反応（応答）が期待できる。

コールウィン・トレヴァーセンのグループは、ハーフミラーとビデオカメラといった装置を使って、乳児と母親がアイコンタクトをとりつつ双方向コミュニケーションを行えるような実験環境を考案した[9]。実験の目的は、まさに映像に映し出されたライブの母親と録画の母親それぞれに対する乳児の反応を調べることであった。

実験の結果、生後3ヶ月の乳児であっても、録画の場合と比較して、ライブ映像の母親をより長く注視し、笑み(smile)も多く見られた。つまり、乳児は、ライブと録画を「区別」したといえる。

相互作用において「ライブ」かどうかを判断するには、相互作用における時間が共有され、かつ、双方向のやり取りが必須である。ここでは、前者（相互作用における時間の

共有)を今性、後者(双方向のやり取り)を応答性と呼ぶことにする。トレバーセンらの実験(および後続する研究)で、乳児がライブと録画で異なった反応をするということは、単に映像刺激を受け取るだけの受信者であるだけではなく、能動的に情報を発し、その結果(相手の反応)について「期待」をする情報発信者でもあることを示唆している。つまり、人間の乳児は非常に早期から相互作用における今性と応答性に敏感であることを示している。このことは、アタッチメント形成や養育者と子との間の絆(bond)の形成において、養育者側の反応の仕方の重要性を唱える研究の前提になっている[10]。

発達初期からの今性と応答性への敏感さは、絆形成だけでなく、音韻の学習や単語の学習においても鍵となっている。たとえば、パトリシア・クールのグループが行った乳児の音韻学習に関する研究では、英語を母語とする乳児が(被験児にとって)非母語である中国語話者と直接接触した場合と、中国語話者の音声を録音したものを聞かせた場合、ビデオで録画・録音したものをテレビモニターとスピーカで呈示された場合が比較された[11]。この実験では、どの条件群の被験児も同じ回数・時間・内容の中国語に接触していた。実験の結果は、直接中国語話者と接触した乳児のみ、中国語に含まれているが英語には含まれていない音韻を弁別することができたが、その他の条件(テレビで映像・音声を呈示された群、音声のみで呈示された群)の乳児は中国語音声にまったく接触していない統制群の乳児と同様のパフォーマンスを示すのみであった。(つまり、中国語の音韻を弁別することができなかった。)テレビモニターとスピーカで呈示される刺激は、本物の人間が発する刺激とは様々な点で異なっている。テレビモニターは奥行き情報が欠落しており、スピーカも本来の音を同じように再現できるわけではない。クールらの実験結果の原因として、こうした知覚レベルの刺激の違いが関係している可能性を払拭しきれないが、クールを含めた発達心理学者は、今性と応答性が欠如している録画映像が学習困難なことの主要因であると推察している。

2.5 随伴性の検出と二人称的研究

前節では、人間の子どもが発達の初期段階から相互作用における今性と応答性に敏感であり、このことが絆形成や言語習得等様々な点で重要な働きをしていることについて述べた。それでは、乳児はどのようにして、応答の有無を検出しているのだろうか。2者間の相互作用において、相手が自分に応答していることを検出するとは、自分の産出した動作と相手の反応との間の因果関係を検出することに等しい。つまり、自己動作(表情、運動、音声)に後続して生起する状態の変化を自分がとった動作の結果として視覚・聴覚・触覚など様々なモダリティを通じて捉えることにほかならない。本章ではこうした因果関係を検出することを随伴性の検出と呼ぶことにする。また、自己動作に随伴する事象の中に含

まれる（他者の）表情の変化や音声、動作など社会的刺激を検出することを、特に社会的随伴性の検出と呼ぶ。

バーリックとワトソンは、随伴性検出の発達に関して基礎な研究を行っている[11]。彼らの研究では、2画面選択注視法（2画面選好注視法）が用いられた。2画面選択注視法では、一般に、異なるカテゴリに属す2種類の刺激を、並置された2つのディスプレイにそれぞれ1種類ずつ呈示し、それらに対する乳児の注視時間が計測される。乳児が、どちらか一方のカテゴリの刺激を他方の刺激と比較して長く注視していれば、2種類の刺激の弁別ができていたことが示唆される。バーリックとワトソンの実験では、片方のディスプレイにカメラで捉えられた被験児自身の足のライブ映像(contingent な刺激)を、もう片方のディスプレイに被験児（あるいは同月齢の他の被験児）の足の録画映像(non-contingent な刺激)が呈示された。実験の結果、乳児（5ヶ月児）は、ライブ映像(contingent な刺激)と比較して録画映像（non-contingent な刺激）の方を長く注視した。この結果は、5ヶ月児がライブの自己映像とそうでない映像の弁別ができることを示唆している。バーリックらの研究では、乳児が直接自分の足とディスプレイ上の足の映像を視覚的に見比べることを排除した実験設定でも同様の結果が得られており、乳児は、（自己運動に関する）自己受容感覚と視覚という異なるモダリティ間での対応関係に基づいた処理を行っていることになる。

ところで、バーリックらの研究において乳児はなぜ随伴的ではない方を長く注視したのであろうか？選択注視法において乳児がどちらかの刺激を長く注視した場合に言及できるのは2つのカテゴリ間の弁別能力のみであり、その理由については不明のままである。バーリックらの研究では、5ヶ月児が非随伴的な刺激を長く注視する一方で、3ヶ月児は随伴・非随伴を区別して注視していないことが報告されている。彼らは3ヶ月から5ヶ月の間を、自己受容感覚と自己身体の視覚像間の対応関係の学習期間として捉えている。つまり、生後3ヶ月から5ヶ月の間で自身の手や足の動きを観察し、自己運動に随伴する視覚像を十分に予測できるようになったため、あえて注意を向ける必要のない自己運動に随伴した刺激よりも非随伴的な刺激の方を長く注視したという説明である。

自己運動に随伴した視覚像を予測するには、自己受容感覚-視覚間の同時性に基づいた対応関係の計算が必要である。開らは、映像遅延装置を用いて、ライブの自己像と時間遅延のある自己像に対する乳児の注視時間を計測し、この同時性の時間窓が発達的に変化することを明らかにしている[13]。具体的には、バーリックらと同様に選択注視法パラダイムを用いて、片方にはライブの足の動き映像を、もう片方には2秒遅延した映像を呈示した。この結果、5ヶ月児では、両者を区別することがなかったが、7ヶ月児は遅延映像を長く注視していた。この実験における視覚映像はタイミングがずれているだけでどちらも自己運動に随伴したものである。バーリックらの研究でライブとそうでない刺激を区別できた

5ヶ月児が、ライブ刺激と遅延刺激を区別できなかったということは、自己受容感覚と視覚との同時性に基づいた予測が行われており、同時性の時間窓が発達的に変化する（時間窓が狭くなる）ことを示唆している。

さて、こうした基礎研究は、自己運動に随伴する外界の変化を捉える一般的認知機構に対して基礎的な知見を提供している。しかし、社会的随伴性の検出という観点からは、より特殊なメカニズムが想定されてしかるべきだろう。社会的随伴性検出のための基盤機構として一般的な随伴性の検出機構を想定することは可能であるが、上述した一連の研究で用いられている実験方法は改善すべき点が多い。まず、自己（や他者）の「足の動き」は、社会的な刺激とは言いがたい。また、随伴刺激は自分の動きに応じて変化するが、相互に随伴的ではない。つまり、自分が動かなければ何も変化しない自己像は、（一方向的ビデオ映像とは方向が逆向きの）一方向的なものである。まとめると、上述した一連の研究では、相互作用の相手が不在していることが大きな課題である。社会的な随伴性の検出や相互作用における今性・応答性に関して研究するには、能動性をもった他者が存在している必要がある。先に述べた随伴刺激の予測可能性という観点からは、自己像のように完全に予測可能なものは相互作用における他者としては不適であり、ある範囲の中で応答性と能動性をもった不完全に予測可能な他者必要である。

ここでは、被験児の相互作用の相手として能動的な他者が存在し、今性・応答性を保ちつつ相互作用し、かつ、応答の仕方を実験者が制御可能な実験パラダイムのことを二人称的研究パラダイムと呼ぶことにする。

筆者の知る限り、これまでのところ、発達研究において理想的な二人称的研究は行われていない。トレバーセンのダブルTVパラダイムは二人称的研究パラダイムに近い。しかし、ダブルTVパラダイムでは能動的他者としての母親側の個人差や行動の自由度が大きすぎ、客観的指標としては注視時間や笑みの回数といったマクロなものしか用いることができない。

一般的な観察法において、ビデオ映像として記録された母子間相互作用の分析には、訓練された人間（実験者）によってコーディングされることが多い。しかし、これには膨大な労力がかかる上に、データの客観性・信頼性という観点からの疑問を払拭しきれない。たとえば、ストレンジシチュエーション法によるアタッチメントタイプがコーダーによって異なってしまふことは十分に考えられる。

こうした問題点を克服する上で、発展を続ける情報技術を相互作用研究に導入して、可能な限り自動的・客観的データが取得されることが理想的である。

3. 相互作用研究の新たな潮流

前節では、主に発達科学の視点から、相互作用に関連したこれまでの研究を総括した。これらの研究は、発達初期の段階から今性や応答性、相互作用における「他者」に敏感であることを示唆している。しかしながら、こうした相互作用における敏感さが「いつ」、「どのようにして」生起し、その後の社会性の発達と関連して「どう変化するのか」といった本質的問いに対する回答は未だ得られていない。これらの問いに答えるためには、発達研究において量の点でも質の点でも十分な基礎データを取得可能な革新的研究パラダイムの創出が望まれる。以下では、新たな潮流として情報技術と脳活動計測技術を活用した最新の発達研究について紹介する。

3.1 発達科学におけるビッグデータ

半世紀以上前に登場した録画・再生技術は母子間相互作用研究に客観的かつ詳細なデータを提供した[2]。現在では、デジタル映像を用いてより詳細に母子間の動作・音声を記録し分析できるようになった。しかしながら、この方法では、記録のためカメラ・マイク等の機材を設置しなければならず、基本的に、被験児（と養育者）が実験室に来訪する必要がある。したがって、記録される母子間相互作用はある時点での断片的なものになってしまう。

この問題の解決を試みたのがデブ・ロイである[14]。デブ・ロイは、全方位カメラとマイククロフオンを自宅の各部屋に設置し、子ども（デブ・ロイ自身の子）が誕生後すぐから3歳になるまでの間に接触した全ての言語的データ（音声データと場所データ）を記録した。彼の発想は単純であるが、子どもに対して与えられる音声刺激に関しても、子ども自身が発する音声に関しても、「いつ」「どこで」「どんな」ものがあつたのか縦断的に途切れることなく取得することができる。こうして得られるデータはラボ実験では取得することが困難であり、大量データを詳細に分析することで言語習得に関する新たな知見が得られると期待できる。

しかしながら、こうした方法で連続的に縦断データが取得できたとしても解決すべき課題がいくつか残されている。1つめの課題は、被験児数を増やして一般的知見を発見できるかというものである。今のところ、デブ・ロイの提案する方法で取得されたデータは彼自身の子どもを含めてもそれほど多くはない。被験児数が少ない理由の1つは、プライバシーの問題である。システム設計上、乳児が接触する全ての音声、行動データを記録するには、家庭内のプライベートな情報を実験者に知られてしまうことになる。

2つめの課題は膨大なデータ（デブ・ロイの子どものデータは14万時間の音声データ、9万時間のビデオデータ）をどのようにして分析するのか、という点である。実は、デブ・ロイのデータ取得パラダイムは量こそ多いものの、第三人称的研究に変わらない。デブ・

ロイは、養育者と乳児だけに通じるジャーゴンから「単語」に至るまでの過程を切り出すことに成功しているが、これは彼（デブ・ロイ）自身が子どもと相互作用する能動的な「相手」であった故に可能となった可能性が大きい。たとえ十分なデータが取得できたとしても、意味ある分析を行うためにはデータに対して意味あるタグを付与する必要がある。このタグ付けを効率的に行うためには、データソースの子どもと時間（と場所）を共有して能動的に相互作用した経験が重要となる。つまり、前節で述べた二人称的研究をどのようにして、大量データ取得パラダイムに取り組めるかが鍵となる。

3.2 データの質：脳活動と行動の同時計測

相互作用を研究するためのデータの質という点でも、近年の情報技術は大きな貢献を果たしうる。たとえば、ハイスピードの非接触型アイトラッカー（視線計測装置）を用いれば、注視点だけでなくサッケードの潜時やスピードを指標にした新たなデータを得ることができる[15]。また、グラス型のアイトラッカーを用いれば、2者が自然な相互作用を行っている最中のアイコンタクト（eye-contact）や視線追従（gaze-follow）についても調べることができる。動作に関しては、モーショントラッカーを用いることで、母子間の動作を同時に計測し、両者の四肢運動の同期現象や軌跡の変化を詳細に分析することができる。更に、これらを組合せ的に用いることで、ビデオ録画では得ることができない詳細なデータが取得可能となるであろう。

相互作用の本質にせまる上で、詳細な行動データとともに必要とされるのが相互作用中の脳活動データである。前掲した三人称的脳機能イメージング研究における問題点は、社会的認知を研究テーマとする認知神経科学分野においても指摘されており[16]、既に MRI を用いた先駆的研究が開始されつつある[17]。今後、三人称的な状況ではない脳活動が明らかにされると期待できる。

fMRI による相互作用中の脳活動計測は有望ではあるが、小さな乳幼児の脳活動計測には不適である。発達研究という点からは、古くから用いられている EEG を使った研究が適しているであろう。また、相互作用における今性・応答性・随伴性の解明という点においても、fMRI よりも時間解像度に優れた EEG や MEG が優れているかもしれない。発達認知神経科学では、Hiraki らがトレバーセンらのダブル TV 実験に基づいて、6ヶ月時がライブ映像を介して他者（実験者）と相互作用する場合と、遅延映像（4秒遅延）を介して相互作用する場合の脳活動を EEG で計測する試みを実施され、後側頭部付近で条件間に差が発見されている [18]。こうした脳活動計測を用いた研究は、トレバーセンらによる注視時間を測度とした研究結果を別の指標で裏付けるだけでなく、発達初期から可能な社会的随伴性検出に係わっている脳部位を特定できるというメリットがある。

3.3 インタラクティブ・キャラクターを用いた研究

前述したように、養育者と子どもが相互に随伴的な環境は、そうではない環境（一方向的なビデオ刺激など）と比して、言語習得などの学習場面において重要な働きをする。しかし、乳幼児を対象としてこれまで行われてきた研究においては、今性・応答性を有する「他者」は本物の人間（養育者や実験者）であったため、具体的に人間のどのような部分が子ども学習に関与しているのかを明らかにすることが困難であった。つまり、「教え・教えられる」場面において何がクリティカルなのか―教示者の表情や外見的特徴なのか、あるいは、教示者と被教示者との相互作用におけるタイミングなのか、または別の要因が存在するのか―システムティックに統制された実験を行うことができなかった。たとえば、単語学習場面において、教示者と被教示者の視線のやり取りが重要であったとしても、教示者（実験者）に対して「1.5 秒間子どもとアイコンタクトした後に、ターゲットに視線を向け、その 0.5 秒後に発話せよ」といった依頼をしても、これが正確に実施されるとは想像しにくい。

こうした問題にアプローチするため Lee らは、非接触型アイトラッカーと CG エージェントを用いた画期的なシステムを構築している[19]。このシステムでは、アイトラッカーによって被験者（学習者）の視線がモニタリングされ、その結果に基づいて、CG エージェントがディスプレイ上に呈示された対象の単語（韓国語）を発話する。このシステムを用いた実験では、日本語母語話者に対して自身の視線に基づいて教示される場合とそうで無い場合で学習できた単語数が比較された。実験の結果、前者の学習者が後者の学習者よりも有意に韓国語単語を多く学習していた。このシステムでは、アイコンタクトの時間や（エージェントの）視線のシフト、共同注視の時間、発話のタイミングといったことを正確に制御することが可能となっている。

このシステムは、視線のやり取りに焦点が与えられているが、情報コミュニケーション技術（特に、動作や表情、音声などの合成技術、認識技術）が進展すれば、本物の人間が実験者として参加するよりも、CG エージェントやロボットを用いて実験した方が、相互作用における重要な要因を細部にわたり明確にできるかもしれない。

また、学習者と相互作用する教育エージェントの研究は、MOOC(Massive Open Online Course)などインターネットを使った学習環境における問題点を明確にするとともに、こうしたインターネット学習環境に大きなブレークスルーをもたらす可能性がある。

4. まとめ

本稿では、「教え・教えられる」場面において「今性」と「応答性」が重要な役割を果たしており、2人称研究の重要性について論説した。今後の教育あるいは「学び」に情報革命を引き起こすためには、2人称研究が中心的役割を演じると確信している。

【参考文献】

- [1] 開一夫(2014). 「相互作用とは何か」、岩波講座 コミュニケーションの認知科学 (母性と社会性の起源 第1章)、岩波書店.
- [2] Stern, D. N. (1985). *The interpersonal world of the infant*. New York: Basic Books.
- [3] Cacioppo, J.T., Visser, P.S. and Pickett, C.L. (2006). *Social Neuroscience*, The MIT Press, Cambridge.
- [4] Ainsworth, M.D.S., Blehar M.C., Waters, E., and Wall.S. (1979). *Patterns of Attachment*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum.
- [5] Pastor, D.,L.(1981). The quality of mother-infant attachment and its relationship to toddlers' initial sociability with peers. *Developmental Psychology*, 17, 326-335.
- [6] Waters, E., Wippman, J., and Sroufe, I.A. (1979). Attachment, positive affect, and competence in the peer group: Two studies in construct validation. *Child Development*, 50, 821-829.
- [7] Maccoby, E.E., and Feldman, S.S. (1972). Mother-attachment and stranger-reactions in the third year of life. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 37.
- [8] Legerstee, M., Barna, J. & DiAdamo, C. (2000).Precursors to the development of intention at 6 months: Understanding people and their actions. *Developmental Psychology* 36(5), 627-634.
- [9] Murray, L, & Threvarthe, C.(1986). The infant's role in mother-infant communication, *Journal of Child Language*, Vol13. 15-29.
- [10] Bornstein, M.H. and Tamis-LeMonda, C.S. (1989). Maternal Responsiveness and Cognitive Development in Children, in Bornstein (ed.) *Maternal Responsiveness: Characteristics and Consequences*. New Direction for Child Development, no. 43. San Francisco: 1989.

- [11] Kuhl, P. K., Tsao, F., & Liu, H. (2003). Foreign-language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 100, 9096–9101.
- [12] Bahrick, L.R. & Watson, J.S. (1985). Detection of intermodal proprioceptive-visual contingency as a potential basis of self-perception in infancy. *Developmental Psychology*, 21, 963-973.
- [13] Hiraki, K. (2006). Detecting contingency: A key to understanding development of self and social cognition. *Japanese Psychological Research*, 48, 204-212.
- [14] Roy, D., Patel, R., DeCamp, P., Kubat, R., Fleischman, M., Roy, B., Mavridis, N., Tellex, S., Salata, A., Guinness, J., Levit, M. and Gorniak P. (2006). The Human Speechhome Project, Symbol Grounding and Beyond, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4211, 192-196.
- [15] Matsunaka, R., & Hiraki, K. (2014) Fearful Gaze Cueing: Gaze Direction and Facial Expression Independently Influence Overt Orienting Responses in 12-Month-Olds. *PLoS ONE*, 9(2): e89567.
- [16] Schilbach, L., Timmermans, B., Reddy, V., Costall, A., Bente, G., Schlicht, T. and Vogeley, K. (2013). Toward a second person neuroscience, *BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES* (2013) 36, 393–462.
- [17] Saito, D. N., Tanabe, H. C., Izuma, K., Hayashi, M. J., Morito, Y., Komeda, H., Uchiyama, H., Kosaka, H., Okazawa, H., Fujibayashi, Y. & Sadato, N. (2010) “Stay tuned”: Inter-individual neural synchronization during mutual gaze and joint attention. *Frontiers in Integrative Neuroscience* 4:127. Available at: <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2010.00127>.
- [18] Hiraki, K., Csibra, G. Tucker, L, Volein, A., Fox, S, and Johnson, M.H. (2006) Neuroal correlates of adult-infant interaction. *Proceedings of XVth Biennial International Conference on Infant Studies*. Kyoto Japan, June 2006.
- [19] Lee.H., Kanakogi, Y., and Hiraki., K. (submitted). Building a responsive teacher: How temporal contingency of gaze interaction influences word learning with virtual tutors.