

# 心的発達分析に基づく指示表現モデルの構築

Construction of a demonstrative expression model based on analyzing mental development

石川翔吾\*1 大谷尚史\*2 桐山伸也\*3 竹林洋一\*1 北澤茂良\*3  
Shogo Ishikawa Naofumi Otani Shinya Kiriyama Shinya Kiriyama Shinya Kiriyama

\*1 静岡大学創造科学技術大学院

Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

\*2 静岡大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

\*3 静岡大学情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University

This paper describes modeling of thinking process in problem solving based on child development, by analyzing multimodal interaction utilizing the corpus. We especially focused on "demonstrative expressions" that has a role as a signal when communicating with other people. We formulated a hypothesis about child developmental process which includes a connection between physical expression skills and mental situation such as, attention ability and sociality. Based on this developmental hypothesis, we constructed a demonstrative expression model, which represents thinking processes in problem solving. The results of our analysis show that our method is an effective way of in-depth analysis of developmental process of thinking in "demonstrative expressions" behavior.

## 1. はじめに

指示表現を用いた他者の注意を引く行動は、他者へ意図を伝える際の"きっかけ"としての役割を果たし、コミュニケーションにおいて重要な意味を持つ。近年、ロボット研究をはじめとする人と機械の円滑なインタラクションに向けた HI に関する研究が盛んに行われているが、この注意を引くための能力は、人と機械のインタラクションにおいても基礎的な要素になると考えられる。

しかし、[Norman 07] が指摘するように、人と機械の溝は未だ大きく、互いが常識的知識や概念や情動などを共有してインタラクションを行うための共通基盤の構築が必要不可欠である。[Kaplan 06] らは、指示表現能力をロボットに適用するためのモデル化を図っている。しかしながら、その構造や心的側面間の関連性に踏み込んで検証されておらず、多面的な分析によるモデルの生成と検証が行えないというモデルの精緻化の方法論に問題点を抱えている。人間オリエンティッドなインタラクションを実現するためには、まずは、実生活における人間の持つ思考の構造や機能を明らかにする必要がある。

そこで筆者らは、日常生活の幼児の振る舞いに対し、発話、ジェスチャー、感情、所有概念、音韻といった複数の観点でメタデータを付与した思考分析の基軸となるマルチモーダル音声行動コーパスを構築し、マルチモーダル行動分析を実施してきた [石川 08]。本稿では、そのコーパスを基軸とした分析環境を活用し、思考を明らかにし差異を表現するために指示表現の発達変化を分析し、それを基に問題解決における問題タイプや解決方法について思考過程をモデル化した結果について述べる。

## 2. コーパスを機軸とした行動分析環境

本研究では、コーパスを機軸に行動を分析する。幼児教室における幼児、親、先生、物とのインタラクションを映像・音声データとして蓄積し、そのデータに対し構造化されたメタデー

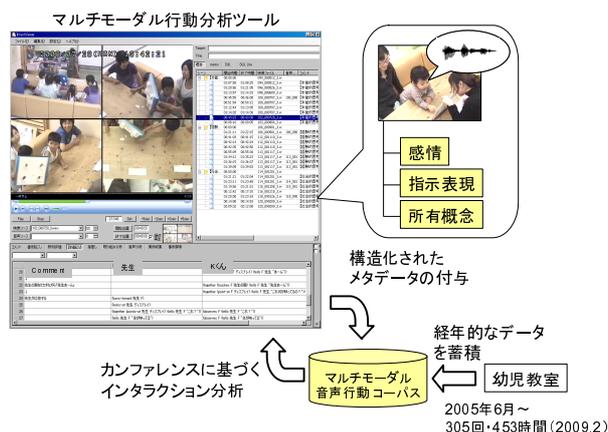


図 1: マルチモーダル音声行動コーパスを機軸としたツールによる行動分析

タを付与したものをマルチモーダル音声行動コーパスとして構築している [桐山 08]。本コーパスは、主観的な仮説を多面的な観点に照らして客観化するプロセスにより、異分野の専門家や保護者などの多様な解釈で事例を検証し、深化させていく柔軟な体系を持つ。また、コーパスを基に思考を分析するために、幼児の行動を多面的な観点から詳細に分析し、マルチモーダルにインタラクションを記述・検索するツールを設計している。本ツールは、音声切り替え機能によりそれぞれの幼児にフォーカスし、過去の行動記述例を一覧で閲覧することが可能である。このコーパスとツールによって、幼児の行動に対し内面に踏み込んだ分析を行う (図 1)。

## 3. 指示表現行動の心的な発達変化の分析

### 3.1 行動に起因する内面の記述

指示表現の発達分析を行うために、コーパスに蓄積されている身体的表現を記述したデータ [Ishikawa 07] を活用する。このデータは、一人の幼児の 14ヶ月～23ヶ月の 10ヶ月に亘る

連絡先: 石川翔吾, 静岡大学創造科学技術大学院, 静岡県浜松市中区城北 3-5-1, f5645033@ipc.shizuoka.ac.jp

Kくんのゴール: 先生に持っている物を渡したい				
映像	(1)	(2)	(3)	(4)
項目				
状況	物を先生に渡そうとする	もう一度チャレンジする	さらにチャレンジする	物を先生に渡す
発話	どうぞ	どうぞ	どうぞ	どうぞ
韻律	平坦型	強調型	強調型	平坦型
視線	対象物	対象物→先生	先生	先生
しぐさ	差し出す	差し出す	差し出す	差し出す

心的状況を付与			
注意	Kくんは対象物に注意している	Kくんは先生に注意を移す	Kくんは先生に注意している
行動要因	Kくんは欲求を主張する	Kくんは先生の状況を変えようと試みる	Kくんは先生の状況が変わると渡す

図 2: Kくんに持っている物を先生に渡す場面の記述例。Kくんが先生に物を渡そうとするが(1)、先生が気づかないため何度か試み(2,3)、先生が気づくのを待ってから物を渡すことに成功する(4)場面である。

240 場面に対し、月齢・発話・韻律・視線・身振り意図として構造化されたものである。

図 2 に、「先生に物を渡す」ゴールに向かって行動した場面を、コーパスに蓄積されている身体的表現スキルに対し、内面的記述を付与したデータの一例として示す。このように、一人の幼児の視点でその時の行動記述データを基に、その要因である思考について分析結果をメタデータとして付与した。このデータを用いて月齢ごとに身体的表現スキルと関連して比較することで、心的な発達変化を仮説立てる。

### 3.2 心的な発達変化の仮説立て

心的な発達過程を表現するにあたり、身体的表現スキルと内面を関連させて分析を行った [Zlatev 08] の身体動作の階層的な発達モデルに着目した。これは、模倣を通して言語の獲得につながるという発達のプロセスを説明する概念である。この概念に基づき、3.1 節で示した記述データを複数人で議論することで心的な要因を考察し、心的変化を仮説立てた。その結果、図 3 に示すような指示表現を下記の 4 段階に基づく心的発達変化として表現した。

- 反射期：表現能力が未熟で、物に注意が定まらず、行動の単位時間が短い。物を発見した事による反射的な反応が主となっている。
- 焦点期：表現能力が広がり、対象物に対する注視時間が長く、目標を達成するために心的状態を維持することができる。しかし、他者の行動への意識ができない。
- 試行錯誤期：他者を意識し注意を払うようになる。他者の反応を見ながら行動を変える事で、さまざまな身体的スキルと状況とを関連させることを学習する。
- 状況理解期：他者の状況を先に意識するようになり、状況を考慮して学習したスキルから選択して適切な行動を行っている。

構築した指示表現の成長に伴う変化は、注意能力という観点と社会性という二つの観点から捉えることができる。一つ目の注意能力は、特に、反射期から焦点期への転換において、注意能力が大きく向上していることが分かる。これは、注意を向

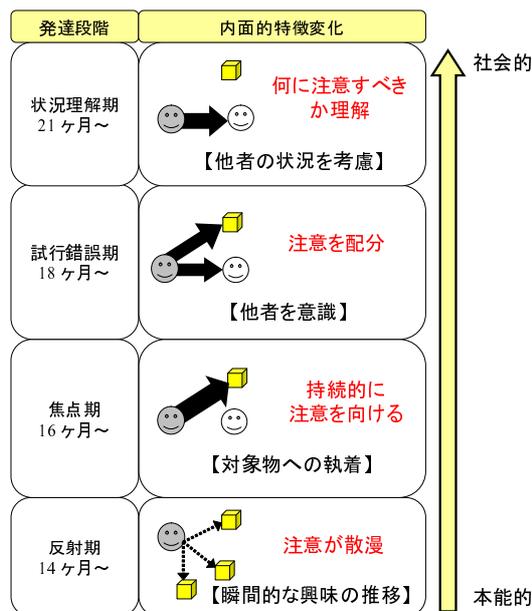


図 3: 指示表現の内面・外面的特徴の発達変化

ける能力が短期記憶をコントロールする能力に関連するという思考のメカニズム [Minsky 90] と関連しており、対象となる事柄を心的に活性化し続けることができる変化として捉えられる。二つ目の社会性は、指示表現と深く関連する発達心理学における「共同注意」という観点からみると、[Tomasello] は、共同注意が他者の意図理解や注意の社会性と関連していることを示唆している。他者との関係の間で共同注意を効果的に表現できるスキルを獲得する過程が、この変化にも表れていることが分かる。また、思考方法という観点でみると、[Minsky 06] によって提唱されている、人間の思考の基本的な体系として階層的思考モデルがある。それは本能的な階層から価値観や倫理に影響される自意識的階層で思考するよな構造が、発達するにつれ構築されることを仮説立てている。分析した発達変化は、本能的な反応から始まって経験・学習を積み重ね、社会的な行動に至るという変化になっており、この仮説を支持するものとなっている。

このように得られた心的発達変化は、注意能力向上に伴い向社会性を身につけていく過程を示すものである。身体的表現スキルと心的要因は相互に関連しており、マルチモーダル行動分析の有効性を示す結果となっている。

## 4. 指示表現モデルによる思考過程の表現

発達変化で分析した注意能力や社会性が、他者の注意を引くという日常生活の行動の中でどのような役割を果たし、どう関連しているかをモデル化することで検証した。

### 4.1 指示表現モデルの設計

3 章で述べた発達過程の仮説に基づき、思考過程を表現する指示表現モデルを設計した。「遠くの対象物を他者に気づかせ取ってもらう」という他者を気づかせなければゴールが達成できない場面を対象とし、発達によって変化する思考・行動を表現するモデルを想定する。また、登場するオブジェクトを、幼児・他者・対象物・別の物の 4 つに限定し、状況をシンプルにした。この前提条件の下、表現モデルを設計するにあたって Minsky の Critic-Selector モデル [Minsky 06] を導入した。

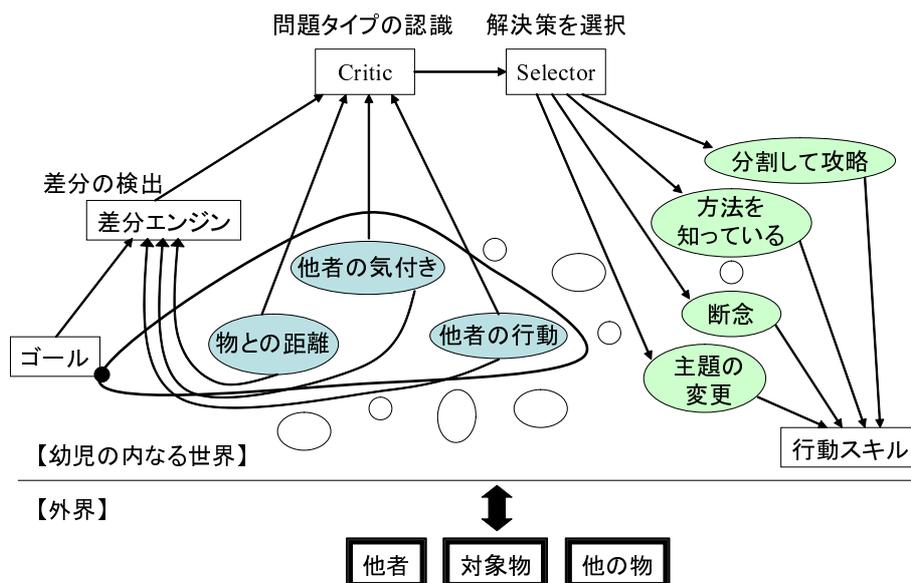


図 4: 指示表現モデル。外界を認知するために、ゴールによってその認知項目が選択され、認知された状況とゴールの差分を捉えること(差分エンジン)で、問題を認識する。そして何が問題かを Critic が判断すると Selector が決められる。Selector によって解決策が選ばれた結果、適切な行動が選択され外界へアウトプットする。

表 1: 各発達段階における思考方法の優先的要素の違い

	状況理解	Critic	Selector
反射期	・対象物 ・別の物	・欲求が満たされていない	・普段通りに振舞え
焦点期	・対象物 ・他者の行動	・行動が達成されていない	・良い予測の行動をせよ
試行錯誤期	・対象物 ・他者の状況 ・他者の行動	・同じ事を何度も繰り返している	・行き詰っているプロセスを解明せよ
状況理解期	・他者の状況 ・他者の行動	・他者を意識せよ	・より社会的な行動をせよ

表 2: 評価データの内訳

反射期	焦点期	試行錯誤期	状況理解期	計
7	4	8	8	27

このモデルは人間が問題に直面したときにどんな問題なのかを判別し (Critic)、自分のもっている知識を活用し適切な思考方法を選択する (Selector)、人間の問題解決の基本的な構造を表現したものである。図 4 に幼児の指示表現モデルを示す。また、それぞれの発達段階におけるプロセスを表 1 に示す。

構築したモデルは、注意能力や他者意識、問題解決の方法や身体的表現スキルを相互に関連させ、人間の思考の複雑さに踏み込んで表現しており、他に類をみない。また、限られた場面を題材としながらも、問題認識、解決法を抽象化して表現しているため、例えば他者の注意を引く場面であれば「物を渡す」というゴールでもその問題と解決策を変更するだけで表現可能である。

#### 4.2 事例に基づく発達表現モデルの評価

構築した指示表現モデルが事例に対してどれくらいの表現能力があるのかを評価した。評価に使用するデータには、発達分析で着目した幼児の 11ヶ月間 (14ヶ月～23ヶ月) の中で「遠くの対象物を他者に気づかせて取ってもらう」というゴールを持った場面を、表 2 に示すように各成長段階においてコーパスより抽出して用いた。

特徴を明示的に示した図で表現して発達段階ごとに比較しながら 2 つの状況を説明する。図 5 は、母親に物を取っても

らうよう要望するが、母親が気づかないためあきらめて別の物を取る場面である。場面 は、注意が定まっておらず、すぐにあきらめるといふ解決方法を選択するため、反射期の思考過程が行われている。一方、場面 は、母親の状況を考慮してあきらめるため、他者を意識した問題解決によって選択された行動として位置づけられる。

次に、図 6 は、物を取るために何度も気づかせようとする場面である。場面 では、何度も同じ行動をすることで期待通りの結果を得ようとする問題解決が行われ焦点期の思考が行われている。場面 は、母親の状況がよくなるまで待ってから気づかせるといふ、状況理解期の思考により状況を考慮して問題を認識し適切な問題解決の選択を行っている。

これらの場面は、一見すると同じ場面に見えるが、状況を認識する過程において成長すると他者を意識し、問題の認識・解決策においても異なる思考をしていることが分かる。すなわち、成長するに伴い、何を注意すれば良いか判断し、社会的な制約により問題解決の方法を選択している思考過程を表現したものである。このように、指示表現モデルを用いることで、発達段階に応じた問題解決能力を注意能力や身体的表現スキルや他者への意識と関連させてその働きを捉えることができる。

#### 4.3 考察

モデルを活用した日常の行動分析は、行動に起因する思考過程を明らかにし、関係する認知プロセスを可視化する上で有効なアプローチとなることが分かった。

一方、このモデルで表現できない場面もいくつか考えられる。例えば、強制的な割り込みがかかる後に復帰した場合の記憶の処理系や、他者の属性 (母親と他人との違い) による他者モデルの影響などの場面である。これらの場面は、モデルを

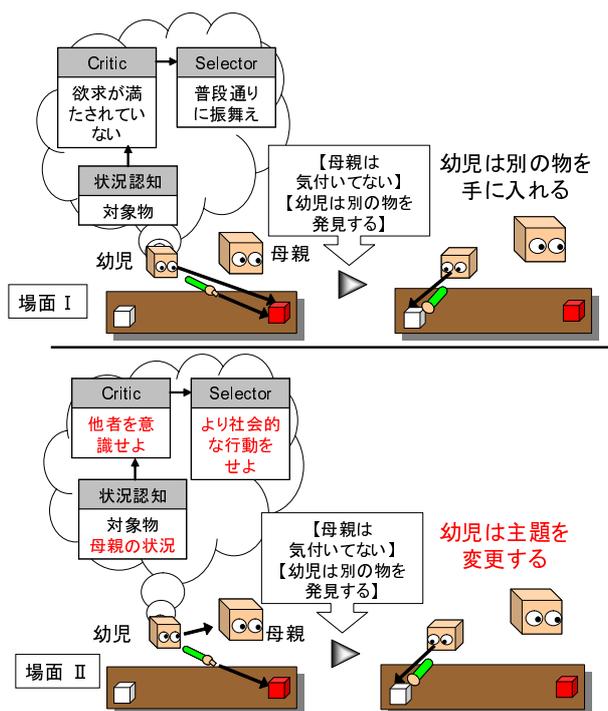


図 5: 「取ってもらおうよう要望するが、あきらめる場面」における思考プロセス

洗練する題材となり、別の観点での側面との関連性を提案するものになり得る。筆者らが構築したコーパスは、このような新たな観点を許容する柔軟な体系であるため、記述内容を再構築し分析を行うことが可能である。

我々は、このようにモデルを用いて事例を分析し、幼児の思考を明らかにしてその時の状態を可視化することで、育児支援としての応用が可能になると考えている。内面的特徴を強調したコンテンツを生成することで、幼児の心的状態を表現し、コミュニケーションのサポートに貢献できる可能性が高い。例えば、「この子どもはこの段階で物事を捉えているので、それに合った接し方をする」というように親だけでなく、幼稚園の先生などへも対応できると考えられる。

## 5. おわりに

コーパスを機軸としたマルチモーダルな行動分析で事例に対し行動と思考を関連付けることで、発達分析・モデル化を深堀するための方法論を提案した。提案した方法論は、行動の分析・仮説の生成・思考モデルの表現を一貫して行うことを可能とし、複雑な思考分析の研究に有効であることが分かった。発達分析を基にした指示表現モデルによって、身体的表現スキル、注意能力、他者への意識、問題解決能力を関連付けて一つのシステムとして捉えることができ、思考過程に関連する心的側面の解明に貢献することが分かった。

今後は、構築したモデルを育児支援コンテンツとして表現することで評価を行い、分析・還元サイクルによりモデルを洗練させて思考分析を深化させていく。

謝辞: 本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) 地域 ICT 振興型研究開発「マルチモーダル幼児教室を機軸とする成長する育児支援コンテンツとヒューマンネットワークの実現」の一環として行われた。

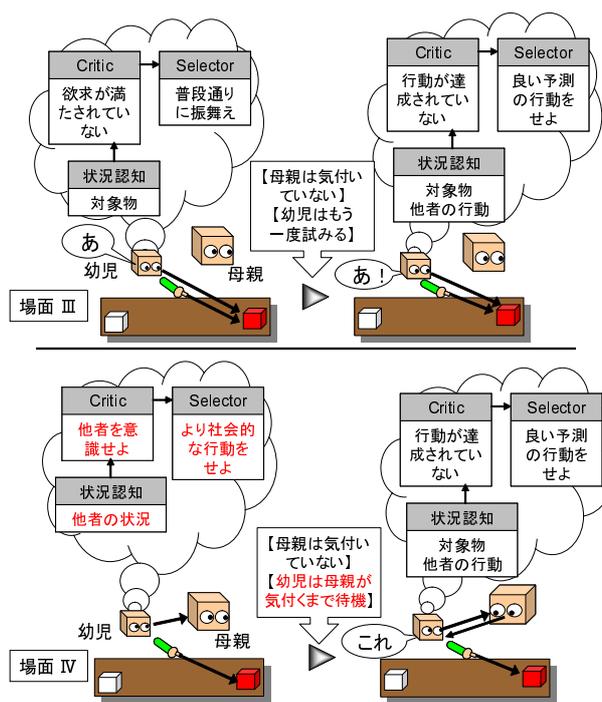


図 6: 「母親が気づくまで行動を繰り返す場面」における思考プロセス

## 参考文献

- [Ishikawa 07] Ishikawa, S., et al: A study of infant development in demonstrative expression based on multi-modal behavior observation, International Symposium on Skill Science 2007, pp.87-92 (2007)
- [石川 08] 石川翔吾, 他: 心的状況記述モデルによる幼児の他者理解能力の発達分析, 第 22 回人工知能学会全国大会, 3F3-04 (2008)
- [Kaplan 06] kaplan, F. and Hafner, V.V: The Challenges of Joint Attention, Interaction Studies, 7(2), pp.135-169 (2006)
- [桐山 08] 桐山伸也, 大谷尚史, Ruuska Heikki, 竹林洋一: 音声行動コーパスに基づく多層常識推論モデルの構築, 第 22 回人工知能学会全国大会, 3F3-6 (2008)
- [Norman 07] Norman, D.A., 安村通晃, 他訳: 未来のモノのデザイン, 新曜社 (2008)
- [Minsky 90] Minsky, M., 安西祐一郎訳: 心の社会, 産業図書, pp.360-361 (1990)
- [Minsky 06] Minsky, M: The Emotion Machine, Simon & Schuster (2006)
- [Tomasello] Tomasello, M: The Cultural Origins of Human Cognition, Harvard University Press (1999)
- [Zlatev 08] Zlatev, J: The co-evolution of intersubjectivity and bodily mimesis, The Shared Mind: Perspectives on Intersubjectivity, J. Zlatev, T. Racine, C. Sinha and E. Itkonen (eds.), Benjamins, pp.215-244 (2008)