

段階的インタラクション記述に基づく 子どもの三項関係の発達分析の深化

石川 翔 吾[†] 桐山 伸 也[†]
北澤 茂 良^{††} 竹林 洋 一^{††}

子どもは他者とモノとの関わりを通して、社会性を獲得していく。本研究では、モノを介したインタラクションに着目し、子どもの三項関係の発達を分析した。発達の視点で子どもを分析するためには、類似した事例を時系列で整理・比較する必要がある。そこで子どもの三項関係を記述するための行動や状況の外面的特徴とモノとの関係を表す心的状況の構造を設計し、マルチモーダル子ども行動コーパスに蓄積した。本稿では、注意誘導とモノの取り合いを例題として、コーパスの構造による行動の発達の变化と心的発達を分析した。その結果、観点ごとの発達分析や、二つの観点を関連付けて発達プロセスを表現でき、インタラクション記述が柔軟な類似場面の表現や、分析の深化に有効であることが分かった。

Developmental Analysis of Child's Triadic Relations Based on Step-by-step Interaction Description

SHOGO ISHIKAWA,[†] SHINYA KIRIYAMA,[†] SHIGEYOSHI KITAZAWA^{††}
and YOICHI TAKEBAYASHI^{††}

This paper describes an analysis of child development in triadic relations using step-by-step interaction description. We have developed a multimodal child behavior corpus which includes structured metadata annotated from various viewpoints such as, utterance, gesture, direction of eye gaze, emotion and intention. Based on the corpus, we analyzed developmental process of attention-catching and conflicts over an object. The analysis results provided us with a more in-depth construction of the corpus.

1. はじめに

子どもは、自己と他者とモノの三項関係を認識することで、高度な社会性を発達させていく。このような社会性を明らかにするために、日常生活における環境とのインタラクションを詳細に観察し、言語獲得のモデル化のための膨大な映像データを収録した研究¹⁾や、多量の子どもの発達を長期的に追うコホート研究²⁾が行われている。

筆者らは、子どもの映像・音声情報に対し多様な解釈を付与したマルチモーダル子ども行動コーパスを活用し、発達分析を進めてきた^{3),4)}。しかし、社会性の発達には複雑な心の働きが構造的に変化するため、表出

する行為と思考の関係を結びつけて、さまざまな側面を表現することが必要である。思考は複雑で表層的なインタラクション記述を発展させ、個々の内面に踏み込むことが課題であった。

本稿では、段階的に思考を記述するための枠組みを提案し、三項関係に着目した発達分析の実践を行う。

2. 子どもの実世界インタラクション分析基盤

実世界インタラクション分析は、子どもから大人に至る幅広い場を想定し、音声対話やジェスチャ、グループ内での関係などのさまざまな分析方法が発展してきている⁶⁾。従来の研究では、インタラクションを俯瞰的に記述するアプローチが主であった。しかし、個人による違いの大きい心の状態に立ち入ることは難しい。そこで本研究では、1) 起こった出来事を表現し事例の整理、2) 発達を明らかにするための特徴を表現する、3) インタラクション分析における心の記述を深堀する、という三つを目的とし、個に着目した記述に重点

[†] 静岡大学 情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{††} 静岡大学 創造科学技術大学院

Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

を置く。

子どもは、大人に比べて考えていることが行動に直接的に現れる傾向があり、急速に発達していくために差分で捉えることができるという特徴もあり、恰好の観察対象である。筆者らは、子どもの学びの環境を設計し、自発的な行動を収録するための環境を構築してきた⁵⁾。2010年2月までに331回・505時間分のマルチアングル映像、マルチチャネル音声データをコーパスに蓄積しており、同じ子どもの経年変化の追跡が可能である。

このような統制されていない環境を活用して内面を表現するには、主観にならざるを得ない。本研究では、主観的な記述を収集して、データの共有を行うことで客観化を行う基盤としてマルチモーダル子ども行動コーパスを構築してきた⁴⁾。柔軟な記述を許容し、客観化しながら蓄積できることが特徴であり、本研究でもこの枠組みを活用する。

3. 段階的なマルチモーダル子ども行動コーパスの設計

3.1 三項関係の構造化とインタラクションの記述

三項関係は、モノの取得や、モノの共有、さらには情報の価値を認めてもらうために、他者と情報を共有しながら目標を達成することに起因する。このような三項関係のコミュニケーションを理解することは、協同作業や注意誘導、価値の共有における基本的な問題解決のプロセスを明らかにすることにつながると考えられる。

3.1.1 場面の単位

場面の切り替わりを表現するための分析単位は、音声対話⁸⁾やジェスチャ⁷⁾、インタラクションパタン⁹⁾の観点からさまざまな分析単位が提案されている。このような分析単位は、場面の表現方法によってどんな状態が表現できるかということを表すもので、分析の目的に依存する。

本研究では、トラブルが生じた場面を分析の対象とし、そのときの心の状態を推測していくことから、人間のインタラクションを向目的的なものと捉える。それによって、どんな問題に対してどんな解決が図られ、それが結果どうなったのかということを表現することができる。それぞれのモダリティ間で記述体系が変わるため、どうやって記述するか難しかったが、行為・状況を統一的に扱うことが可能となる。ゴール単位での場面の記述は、状況の異なる行動も見通しよく整理できるというメリットがあり、類似例の比較分析に活用することが可能である。

表 1 行動・状況の記述

Table 1 Description structure of behavior and situation

記述対象	項目
行動	行為者、発話、ジェスチャ、視線、韻律、 発話とジェスチャの順序
状況	他者、他者の反応、反応の内容、 対象物との距離関係（行為者/他者）

3.1.2 行動・状況層の記述

着目する幼児の行動や他者やモノの状態を表す状況の記述項目を設計した。筆者らはこれまでに、三項関係に関係する場面を対象に行動分析を進めており^{3),10)}、本研究ではこれらの記述項目を統合し、表1に示す10項目を三項関係記述項目とした。

音声発話を場面の中心的要素（発話がない場合はジェスチャ）として、目線やモノとの距離関係などは発話が表示される時間区間に対して付与する。ジェスチャに関しては、詳細に記述することを目的とはせず、検索を考慮した一連の動きを一つの単位で記述する。また目線や距離関係は時間変化が多く、どのタイミングを記述するかが記述者によって分かれる。そこで、視線と距離関係は発話やジェスチャをするための行動要因の機能と定義し、視線や距離は発話もしくはジェスチャの起こる前の状態を記述する。設計した記述項目は、場面を表現するための最も基礎的なデータとなり、心的状況を明らかにするための要素となる。

3.2 マルチモーダル行動分析ツール

データの大規模化に伴い、多量なデータを共通のフォーマットで扱うために、それぞれの分野でツールの開発が進められている。本研究では、前節の記述構造を反映し、以下の点に重点を置いてツールを設計した。開発したツールの行動記述プロセスを図1に示す。

- マルチアングル映像・マルチチャネル音声を活用したマルチモーダル記述
- 複数の観点で記述された過去のデータを時系列で比較
- 行動・状況記述、及び心的状況記述構造を手がかりとした類似事例の抽出

行動・状況のメタデータはXMLで管理し、記述項目を適宜追加・修正可能である。アノテーションデータは常に更新が起こり、また他ツールによる詳細分析も想定されるため、テキストデータで蓄積している。設計したツールによって構造を検討し、複数の解釈を同じ基盤で議論することが可能である。

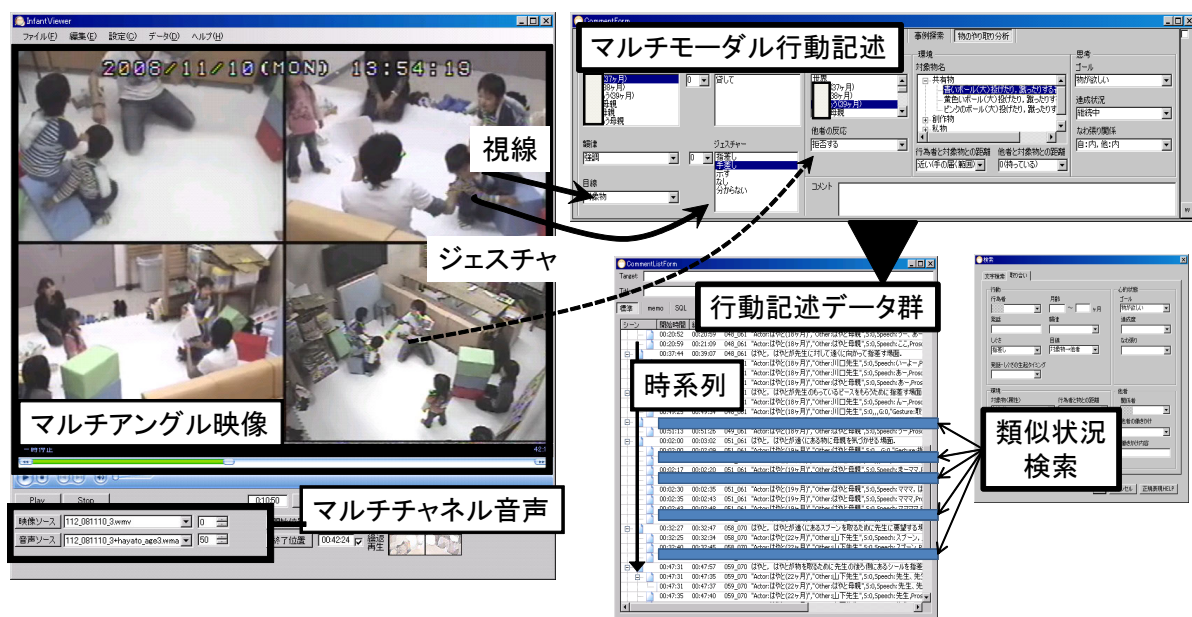


図 1 マルチモーダル行動分析ツールを活用した行動記述
Fig. 1 Behavior description using a multimodal behavior analysis tool

4. 発達分析の深化

4.1 行動の発達分析

注意誘導，モノの取り合いの二つの状況に着目して，社会性の獲得過程を分析した．この二つの状況は，三項関係に包含され，特に他者との関わり方を考慮した社会的な心の働きの発達が分析できると考えられる．次節から，コーパスに蓄積した記述構造を手がかりに，行動の発達から心的側面の発達を段階的に分析することで，本研究で提案する発達分析アプローチが有効であることを示す．

4.1.1 注意誘導行動の発達の变化

行動記述を手がかりとした注意誘導の行動発達の变化を示す．注意誘導は，他者の注意を対象物へ誘導するためのコミュニケーションのきっかけとなる行為であり，効果的に注意を誘導するためには，注意を向きたい他者の状況を適切に捉え，適切なタイミングで誘導できる思考が必要である．筆者らは，これまでに指示表現という観点で行動を分析しており，発話や視線，ジェスチャの表現の幅が成長に伴い複雑化することを明らかにした³⁾．それらのデータを活用して，行動の特徴を社会的行動という観点からカテゴライズした．表 2 に行動のタイプをカテゴライズした結果を示す．

表 2 を活用し，一人の子ども K.Y. の 14-22 カ月の注意誘導場面の变化を分析した．注意誘導の場面にもさまざまな状況があるため，記述構造によって状況をフィルタリングし，類似場面で整理することで，どのような行動が現れるか分析した．結果を図 2 に示す．

表 2 二つの類似場面における注意誘導の行動変化
Table 2 A behavioral change of attention-catching in 2 similar scenes

記述対象	項目
欲求優先型行動	注意散漫（視線が定まらない） 行動が単発（発話・視線）
自己主張型行動	行動の繰り返し（発話・ジェスチャ） 行動の継続（発話・ジェスチャ・視線）
他者考慮型行動	タイミングを計る（発話・視線） 他者の状況の把握（視線）
	特徴的な行動（発話・ジェスチャ）

類似場面 1 は 23 場面，類似場面 2 は 43 場面あり，それぞれ抽出した記述構造は図 2 にある通りである．図 2 に示すように，14 カ月ごろは欲求優先型の行動が出現するのにに対し，月齢が重なるにつれ自己主張型や他者考慮型の行動が現れていることが分かる．

4.1.2 モノの取り合い行動の発達の变化

モノの取り合いは，モノへの所有欲求が他者との競合し，その状態を対処するために貸し借りや交換など，日常生活における社会的なコミュニケーションスキルを必要とする．表 3 は，行動分析により付与されたデータを，社会的行動という観点からカテゴライズしたものである．「奪う」は単に相手からモノを取ることを指し，自己中心的行動として捉える．「許可を求める」「説得する」「順番を待つ」は，行動や状況を包括的に判断し，社会的行動として捉える．例えば「許可を求める」は相手の所有関係を考慮し，対象物の属性や相手とモノの距離関係に基づいて目線と発話によって行われる行為を表す．

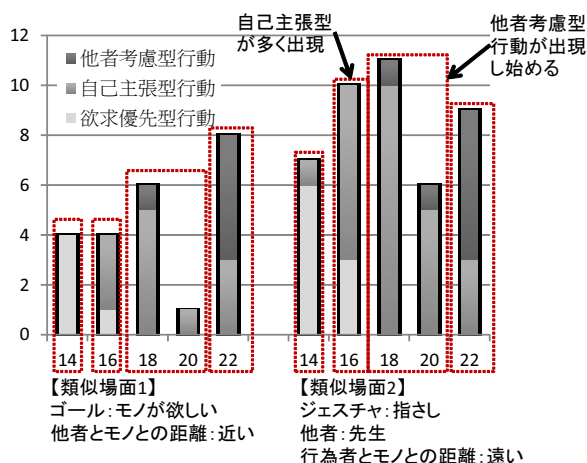


図 2 注意誘導における行動の発達の变化

Fig. 2 Behavioral development of attention-catching

表 3 モノの取り合いの社会的行動の分類

Table 3 classification of social behavior in scramble scenes

行動種類	項目
欲求優先型行動	奪う
自己主張型行動	第三者に訴える, 発話で主張
他者考慮型行動	許可を求める, 説得する, 順番を待つ

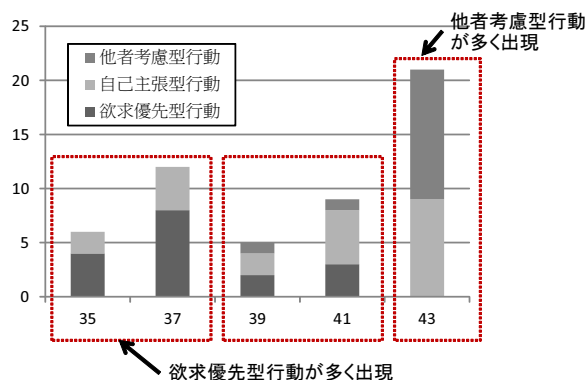


図 3 モノの取り合いにおける行動の発達の变化

Fig. 3 Behavioral development of conflict over an object

一人の子ども H.K.35-45 カ月までのモノの取り合いの変化を分析した。図 3 は、表 3 に基づいて「他者のモノを取る」というゴールが付与された 53 場面に現れる行動の頻度を表したものである。35 から 39 カ月では奪うという行動が他の月齢より多く、40 から 42 カ月は自己中心的行動から社会的行動が同程度、43 カ月以降は社会的行動が多く発現していることが分かる。

4.2 心的発達分析

行動の発達の变化が起こる段階は心的な变化が考えられる。そこで、前節の行動発達変化に基づいて、心的発達を分析した。

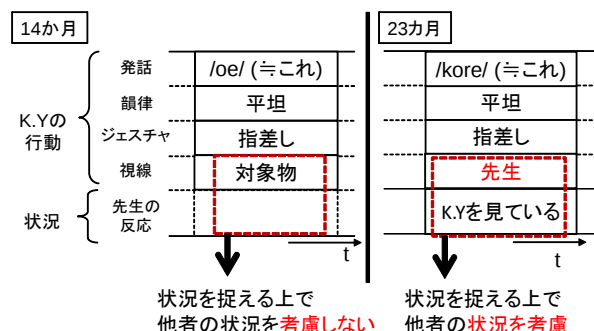


図 4 注意誘導における心的発達分析

Fig. 4 An analysis of mental development of attention-catching

4.2.1 注意誘導の心的発達

4.1.1 節で導いた行動の発達の变化に基づいて、注意誘導における心的状況について分析し、発達の仮説を導く。

図 4 は、子ども K.Y が先生の注意を引くために行動を繰り返している場面の月齢の異なる二つの類似例である（ゴール：モノを手に入れる、他者：先生、先生と対象物の距離：近い、43 場面）。月齢 14 カ月は、同じ行動を用いて期待した結果を得ようと試みている。この事例では対象物を手に入れるゴールを持続して保持しているが、子どもは対象物のみに焦点を当てている。そのため、この事例は欲求主張型行動を活用しており、他者の状況を考慮する心の働きがないと考えられる。一方対照的に、月齢 23 カ月では先生の作業が終わるまで子どもは待機し、その後先生の注意を引いている。この事例では、子どもは先生の状況を理解し、適切な状況で行動を実施している。

このような心的状況の分析を類似事例ごとに分析することで、表 4 に示すような注意誘導の心的発達の仮説を導いた。発達仮説は、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「対象物中心」から「他者中心」へ変化しているということを表している。また、注意の優先の列にあるように、新たな心的記述項目として設計した。これは、行為者と他者の焦点の関係を、2 値で表現するもので（モノ、相手（行為者は他者、他者は行為者）、その他、-）の構造で表現する。この記述構造を活用することで図 4 の 23 カ月を例にとると、行為者と他者の注意対象を < 行為者：他者、他者：行為者（以下（他者、行為者）とする）> として表現できる。このように、本記述を基に心の分析を深堀していくことが可能である。

4.2.2 モノの取り合いの心的発達

三項関係コミュニケーションにおいては、常に行業者や他者が対象物とどのような関係にあるのかを推測

表 4 注意誘導の心的発達

Table 4 Mental development of attention-catching

発達段階	注意の優先	心的特徴
欲求優先期	・対象物	・注意散漫
焦点期	・対象物 ・他者の行動	・持続的に注意を向ける
試行錯誤期	・対象物 ・他者の行動 ・他者の状況	・注意の配分 ・他者を観察
他者考慮期	・他者の行動 ・他者の状況	・効率的な方法 ・コンテキストを考慮

しながら行為が行われる。すなわち、対象物をコントロールできる状態にあるかどうかによって、問題解決の方法が変化する。筆者らは、このモノをコントロールできる状態をコントロール権と表現し、記述の検討を行ってきた¹⁰⁾。

コントロール権の記述方法として、言語学の「情報のなわ張り理論」¹¹⁾を採用し、「話し手」と「話し手が推測する聞き手」の情報との心的な距離感を内、外の2値（聞き手が対象物に気付いていない場合があるため「認識なし」（以下「-」と表記）を追加）で表すことができる。例えば、話し手と聞き手が対象物を取り合っており競合している状況では、話し手の「内」、聞き手の「内」と表現する（以下、＜内内＞と表記）。特に、取り合いの場面を想定した場合、＜内内＞という状態は、他者と対象物が競合している状態を表わしており、この状態を軸に変化パターンを捉えることで、取り合いの場面における過程を分析することが可能である。本理論は、話し手の他者の捉え方、および対象物のコントロール権を表現するのに適した形式である。本節では、4.1.2 節の行動変化に基づき、コントロール権の記述を活用する。

図5は、行為者 H.K が持っている好きなモノに対して、他者 F.I がモノを取ろうとする類似する場面である（他者の反応：モノが欲しい、行為者とモノとの距離：持っている、22 場面）。24 カ月の例では、コントロール権が競合＜内内＞したら、自分の所有を強く主張する＜内外＞ように心的状態が変化しており、他者を考慮していない変化として位置づけることができる。一方 35 カ月の例では、他者のコントロール権と競合＜内内＞しても、他者にコントロール権を譲渡し、自分の欲求を抑制＜外内＞しており、他者を考慮して行動していることが分かる。

これらの分析を通して、表5に示す、モノの取り合いの心的発達の仮説を導いた。成長に伴い、他者の状況を考慮しながら、コントロール権を適切に活用し、トラブルを回避するようにコミュニケーションに取り

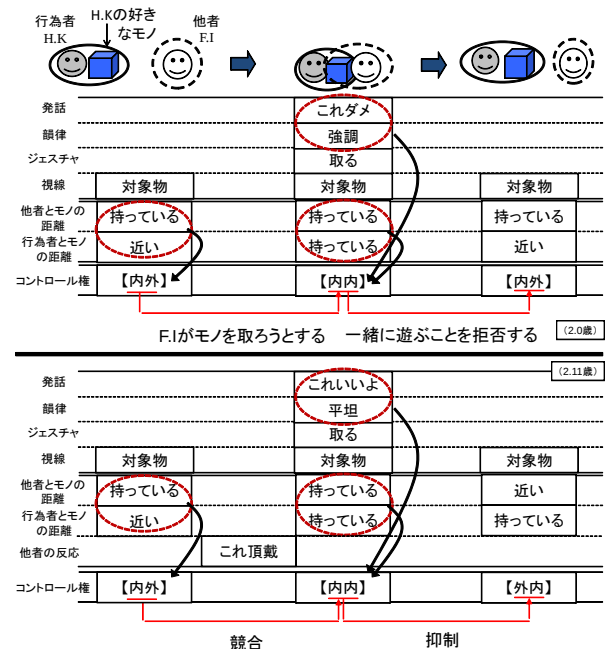


図 5 モノの取り合いにおける行動の発達の变化

Fig. 5 An analysis of mental development of conflicts over an object

表 5 コントロール権に着目したモノの取り合いの心的発達

Table 5 Mental development of conflicts over an object focused on ownership

発達段階	コントロール権の変化	心的特徴
他者無考慮期	・外内→内外	・コントロール権の形成 ・物理的距離がコントロール権へ影響
他者意識期	・外内→内内→内外 ・外内→内内→内内	・他者のコントロール権を意識
他者考慮期	・外内→内内→外内	・状況に応じて抑制

入れている過程が表れている。コーパスの構造によって、類似場面を柔軟に表現し、多視点からの発達の仮説を導く基盤となることが示された。

4.3 三項関係の心的分析の深化

前節で分析した発達は、それぞれ異なる観点のものであるが、このような諸要素が相互に関連しあい、相補的に働きあうことで発達に影響を与える。そこで、本節ではこれまでに分析した注意誘導とモノの取り合いの共通点を分析し、三項関係という大きな枠組みで捉えなおす。

注意誘導では、行為者と他者の注意が対象物ある状態（行為者：モノ，他者：モノ）に移行させるための行動として表現することができる。また、モノの取り合いにおけるコントロール権の変化パターンも、モノを手に入れる（内外）という状態にするための心的状況の変化として表現することができる。心の働きとは、

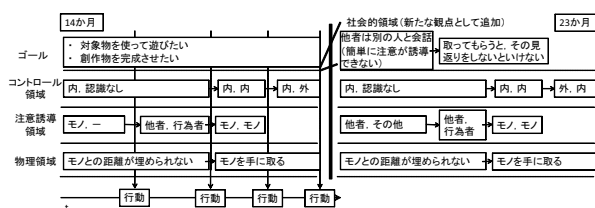


図 6 三項関係の心的記述統合による事例の表現

Fig.6 Representation of a scene by integration of mental description in triadic relations

複数のプロセスが並行に働いている¹²⁾，という考えに基づき，このような異なるプロセスを領域として表現した．図 6 にコーパスから抽出したモノで遊びたいという月齢の異なる二つの場面の記述例を示す．23 カ月では，新たな観点（例えば，社会的領域）を導入することで，解釈が補完されており，なぜ心的状況の変化が起こるかをよりメタなレベルで表現することができる．発達すると，心的記述だけでは表現できないことが出てくるため，それぞれの類似事例間で分析することで，より説明可能な観点や記述の方法を追加・修正することができる．このように，複数のプロセスで表現することによって，より高次のゴールの考察や，新たな観点での知見の発見や仮説の導出を可能にすると考えられる．

4.4 考 察

観察可能な行動や状況記述を拠り所として段階的に心の働きの表現する，段階的なインタラクション記述フレームワークは，認知プロセスの深化に有効であることが示された．

社会性や，感情，などの認知的側面を明らかにするには，心理学における統制された環境における実験的アプローチの限界も指摘されている¹³⁾．本研究が提案するアプローチは，これらの指摘を具体化したアプローチであり，さまざまな領域を巻き込むことで発展させていくことが可能である．

コーパスに蓄積された構造は，自然知能の観察から人工知能の人間の行動思考モデルの構築にも寄与する考えられる．しかし，コーパスの多様性という側面では課題があり，今後はさまざまな観点での記述を集約し，モデルの構築・検証するシステムを発展させていく．また，コーパスの構造を活用することで，子育て支援のための映像コンテンツを作成しており¹⁴⁾，発達障害児なども視野に親や保育士などの子育て支援へ展開し，コーパスの発展を目指す．

5. お わ り に

段階的なインタラクション記述フレームワークによ

り，三項関係の注意誘導とモノの取り合いを例題とし，思考の発達の深化分析に有効であることを示した．外面的記述を基に心的側面を統合したコーパスの構造は，発達分析における事例の類似性や関係性を表現することに有効であり，分析と相乗的にコーパスを深化できることが分かった．今後は，観点を増やして発達分析を進めるとともに，コーパスの活用を発展させていく．

参 考 文 献

- 1) Roy, D., et al.: The human speechome project, Proc. Cognitive Science Conference, pp.2059–2064 (2006).
- 2) Anme T., et al.: Gender differences of children's social skills and parenting using Interaction Rating Scale (IRS), Procedia Social and Behavioural Sciences, 2(2), pp.260–268 (2010).
- 3) Ishikawa, S., et al.: A study of infant development in demonstrative expression based on multimodal behavior observation, ISSS 2007, pp.87–92 (2007).
- 4) Kiriya, S., et al.: Mental-State Analysis for Understanding Children's Behavior Based on Emotion-Label Sequences in Multimodal Speech Behavior Corpus, Oriental COCODA-2010 (2010).
- 5) Kiriya, S., et al.: A large-scale behavior corpus including multi-angle video data for observing infants' long-term developmental processes, ICMI 2007, pp.186–192 (2007).
- 6) 坊農真弓，高梨克也：多人数インタラクション研究の方法 - 言語・非言語コミュニケーション研究のための分析単位とその概念 - ，人工知能学会誌，22(6)，pp.838–845 (2007).
- 7) Kendon, A.: Gesture, Cambridge University Press (2004).
- 8) Sacks, H., et al.: A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation, Language, 50(4), pp.696–735 (1974).
- 9) 中田篤志，他：非言語情報の出現パターンによる会話状況の特徴抽出，インタラクション 2010 (2010).
- 10) 石川翔吾，他：三項関係における幼児の問題解決プロセスの分析，第 9 回情報科学技術フォーラム，pp.49–54 (2010).
- 11) 神尾昭雄：情報のなわ張り理論，大修館書店 (1999).
- 12) Minsky, M.，竹林洋一訳：ミンスキー博士の脳の探検 - 常識・感情・自己とは - ，共立出版 (2009).
- 13) Tomasello, M., and Call, J.: Methodological Challenges in the Study of Primate Cognition, Science, 334 (6060), 1227–1228 (2011).
- 14) 子育て浜松フォーラム：<http://kosodate-forum.jp/>