

## 園児向けロボットのデザイン評価に関する研究\*

大 滝 英 征<sup>\*1</sup>, 琴 坂 信 哉<sup>\*1</sup>  
佐 藤 伸 介<sup>\*2</sup>, 長 坂 保 美<sup>\*3</sup>Evaluation of Robot's Design Through the Feeling of the  
Children in KindergartenHideyuki OHTAKI<sup>\*4</sup>, Sinya KOTOSAKA,  
Sinsuke SATO and Yasumi NAGASAKA<sup>\*4</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Saitama University,  
255 Shimo-Okubo, Saitama-shi, Saitama, 338-0825 Japan

Nowadays, some typical robots which communicate with patients or aged persons have been developed. They are used no longer serve the ordinary works but also recover good temper of users. For the children of kindergarten, exchanging greeting every morning is important chance to allay their uneasiness and become emotional action. Then we develop the robots which relief and exchange greeting for teachers of kindergarten. Because the shapes and faculties of robots affect the good temper, in this paper we produce some robots by way of trial and produced feeling test by the children of kindergarten. Through this test, we can grasp the most suitable shapes and faculties of robots which can communicate with children with a sense of incongruity. The data will be used when we construct an actual robots which exchange greetings with children.

**Key Words:** Robots, Design, Feeling, Children, Faculty, Shape, Actual Investigation

## 1. ま え が き

人との共存, 協調性を求めた各種ロボットが開発されてきているが, 汎用的なものが多い。今後は, 使用者個々の環境, 年齢, 心理的な負担をも加味していく必要があると考えられる。

本研究では, 幼稚園児と日常的に触れ合い, 幼児期特有の情緒不安等に陥ることを避けられるようなロボットの形態を探索する。幼児期は, 肉体的, 精神的な成長期にある一方で, 情緒不安にもなりがちであるが, 登園時における人や物との些細な触れ合いや, 挨拶によっても情緒の安定性は増す。したがって, 児童と触れ合うロボットは, 心への影響を与えるため, 児童の個別的, 主観的な評価に耐えられなければならない。このようなロボットに関しては, 心理学的実験を通して, 人の主観的価値と精神性を高め得る要因の分析や, 高度な生物的挙動達成のためのロボット構造, 機構, 制御手法等の創生に向けて研究を重ねていく必要がある。

る。

従来, 主観的評価は, 人と製品との間で逐一の応答のやりとりがない製品を対象としてきた。その基本的な評価法は, デザイン工学<sup>(1)(2)</sup>に関する書物中にも記載されており, 応用事例も発表<sup>(3)~(6)</sup>されてきている。これに対して, 製品との間で逐一の応答のある場合については, 家庭用ロボットを試作し, ロボットの役割, 人間との付き合い方等に関する研究<sup>(7)(8)</sup>や, 機械に対する人の主観的評価に関する研究<sup>(9)</sup>等が見当たる程度で, 報告事例は少ない。

本研究では, 予備調査結果に基づき種々の形態を有するロボットを試作し, そのロボットに対して, 児童がどのような反応を示すかを観察, 検討した。そして, 児童と日常的な触れ合いを持つロボットの形態はどうあるべきかという, 今後の設計に役立て得る基礎的資料を得た。

2. 共存, 協調性の高い  
ロボット形態の予備調査

**2・1 運動形態** さいたま市商工会議所主催の産業フェスティバルや市主催の公民館祭り等を利用しどのような運動形態を有するロボットに親しみやすさを感じ, 違和感なく接触できるか, 来場した不特定多数

\* 原稿受付 2002年9月2日。

<sup>\*1</sup> 正員, 埼玉大学工学部(☎338-0825 さいたま市下大久保255)。<sup>\*2</sup> 学生員, 埼玉大学工学部。<sup>\*3</sup> 正員, 日本工業大学(☎345-8501 宮代町学園台4-1)。

E-mail: ohtaki@post.saitama-u.ac.jp

の児童や小学生(低学年)の対応を観察調査した。製作したロボットは以下に示す(a)~(f)の6体で、その一例を図1に示した。他の5体も外観は類似しており、駆動系、制御系があえてわかるよう外装は施していない。

(a) 前、後部のタッチセンサに触れた際に、モータを正逆転させ、前、後進を繰返させる。

(b) 前、後進、停止の動作形態を3パターン設定し、トグルスイッチによりそれを選定する。それ以後、運動は自立的に行われる。

(c) 音センサ回路により、声や手拍子に反応してリレーをON、OFFさせ、前進、停止を繰返させる。

(d) 超音波センサ回路(40 kHz)により、障害物の有無を検知する。検知した場合は、片輪の駆動を停止し、回転運動をさせる。これによって、障害物を避けて自立的に移動する。

(e) ロボットの前部左右に設置した赤外線発光ダイオードからの反射光を赤外線センサ回路により検知しロボットの運動を制御する。ちなみに、左側のセンサが検知した場合は、右側のモータを逆転させ、ロボットを右回転させる。両センサが検知した場合は、左

右のモータとも逆転させ、ロボットを後退させる。これによって、非接触状態で、人の手の動き等に反撥して移動する。

(f) 上記と同様回路であるが、ちなみに、左側のセンサが検知した場合、左側のモータを逆転させる。すると、ロボットは左回転し、物体により近づく。これによって、人の手にまわりつくような移動をする。

調査の結果、(b)にはほとんどの児童、小学生は関心を寄せなかった。(d)、(e)、(f)には、親の示唆によって手を差し出すものの、積極的に試行を繰返すことは少なかった。(a)、(c)は、ほとんど全員が違和感なく、しかも積極的に接触動作を繰返した。以上のようなことを踏まえると、児童は、なんらかの入力操作(実際に触れたり声を出す)に対するロボット側の応答が自らの予想範囲力にある場合には、操作を繰返し、ロボットと互いに協調的な作業をすることがわかった。

2.2 外観のイメージ 小学生(20名:2~4年生)が著者主催のロボット作り教室で製作したロボット[2.1節の(c)形式のもの]に自分自身で外装を施させ、産業フェスティバルの会場で展示させた。そして、その外装を思い立った経緯を聴き取りした。また来場者の印象を聴き取った。その結果、絵本等を通じて親しみを感じている動物形態で、柔らかい皮膚感覚を持つロボット(16体)が、共存の可能性が高いことがわかった(残りは昆虫形態、飛行機形態)。

### 3. 園児と共存、協調の可能性の高い ロボット形態の調査

3.1 ロボットの形態 2章での調査結果を基に、試作したロボット(I~VIの6体)を図2に示した。外観はペンギン形とし、配色は、絵本での使用の多い明るめの色を基調とした。また、柔らかい皮膚感覚を持

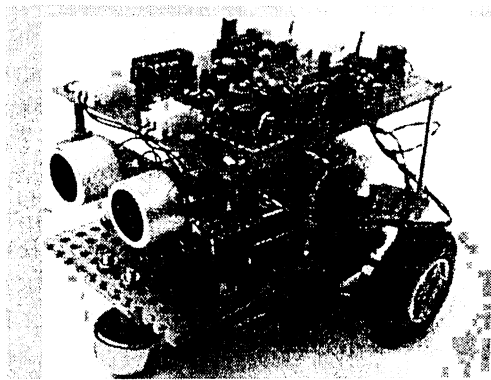


Fig.1 An example of robots (supersonic detector is installed)

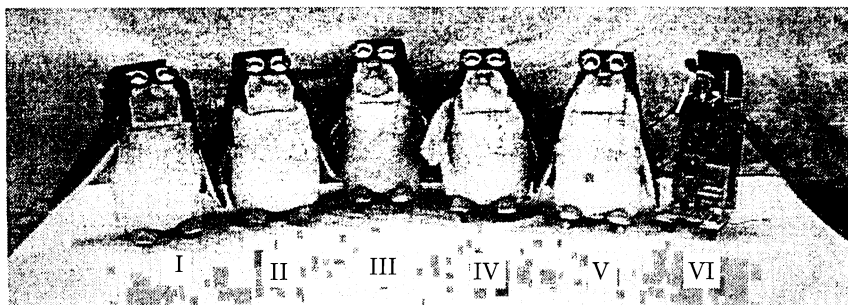


Fig.2 Robots for evaluation of design through the feeling of children

たせるために、綿フェルトを用いて包み込んだ。各ロボットには、その生物的動作を達成させる構造、機構、制御等を試作、搭載した。ただし、この生物的な動作、移動はすべて単一のモータで行うこととした。ロボットの停止状態から、各種動作への移行は、図3に示したように頭部に設置した3端子スイッチを切替えて行う。切替えの基本的な回路例を図4に示した。

ロボットⅠ：A側に赤外線センサ回路[2・1節の(f)と同様回路]をB側に発光ダイオード点灯回路を設けた機構とした。したがって、最初の頭部接触で3端子スイッチはA側へ切替わるため、人の動きに対して追従動作をする。次の頭部接触により、3端子スイッチはB側へ切替わるため、動作は停止し、胸部の発光ダイオードが連続点灯する。発光ダイオードの点灯パターンは種々に設定可能とした。

ロボットⅡ：A側にボイスレコーダ回路をB側にタッチセンサ回路[2・1節の(a)と同様回路]を設けた機構とした。20秒間の録音が可能であり、ロボットからの返答をあらかじめ設定できる。最初の頭部接触で、音声再生される。次の頭部接触で前進を開始するが、その移動、停止は、腹部に設けたタッチセンサにより行われる。

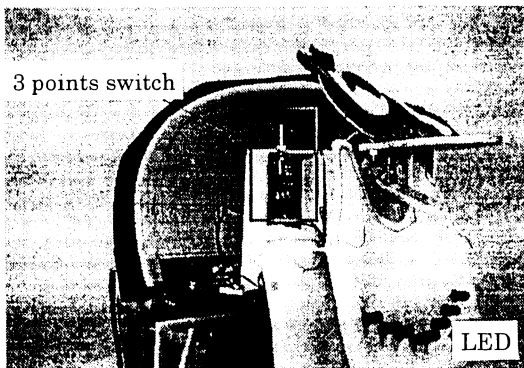


Fig. 3 3 points switch set in the head

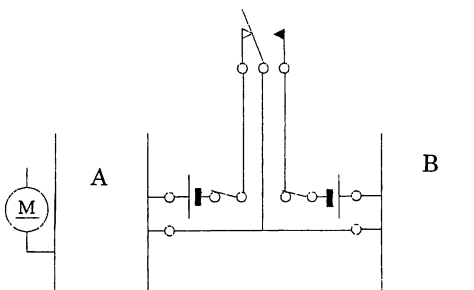
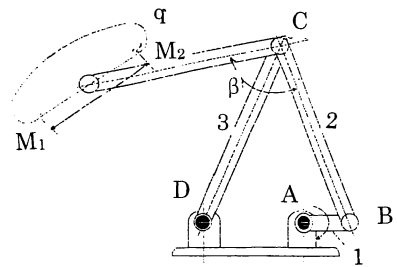


Fig. 4 The circuit of changeover

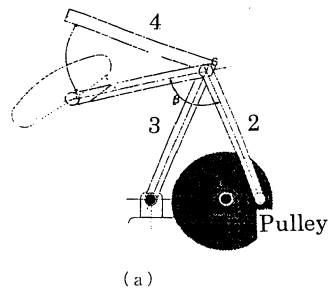
ロボットⅢ：A側に発光ダイオード点灯回路(ロボットⅠと同じ)をB側にモータ駆動回路を設けた機構とした。このモータ駆動回路では、羽根を羽ばたかせながら、くちばしの開閉を行わせる。この機構については後述する。ただし、前後方向の移動は行わない。

ロボットⅣ：A側にマルチタイマ回路、モータ駆動回路をB側にボイスレコーダ回路を設けた機構とした。このモータ駆動回路では、羽根を前方に差し出し、握手を求めるような動作をさせると同時に、くちばしの開閉を行う。この機構については後述する。ただし、前後方向の移動は行わない。

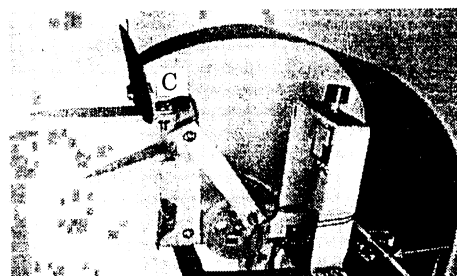
ロボットⅤ：A側には何も回路を接続せず、B側にタッチセンサ回路(ロボットⅡと同じ)、モータ駆動回路を設けた機構とした。このモータ駆動回路(ロボットⅢと同じ)では、羽根を羽ばたかせながら、くちばしの開閉を行うと同時に前進させる。前進運動の移動、停



$$AD=2.16AB, BC=DC=MC=4.34AB, \beta=100^\circ$$



(a)



(b)

Fig. 5 Link mechanism for trembling bill

止は、腹部に設けたタッチセンサにより行われる。

ロボットVI：ロボットVと同様であるが、ボディーはフェルトで包んでなく、むき出しのままである。

### 3・2 生物的運動を達成させる機構

(1) 頸部の揺動、くちばしの開閉機構：図5(a)に示したチェビシェフのラムダ形4節回転連鎖近似直線運動機構に準拠し、図5(b)のような機構とした。図5(a)にて固定軸Aを中心にしてリンク5が回転すると、リンク2の先端は略直線的に動く。そこで、新たにリンク4をリンク3の端部に固定し、リンク1が下くちばしに、リンク4が上くちばしに該当するように構成した。リンク1, 2および3, 4はC点において交差して動くため、リンク1, 4はC点を中心として互いに開閉運動を繰り返す。この開閉運動をくちばしの動作として用いた。また、くちばしの開閉と同時に頸部、頭部の滑らかな運動を実現するためにC, E間をプラスチック薄板で覆った。E点での本体との連結

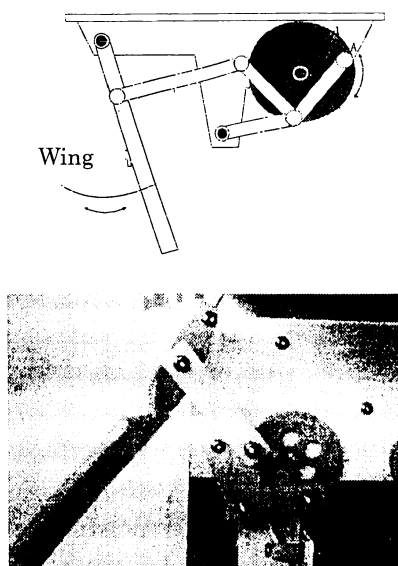
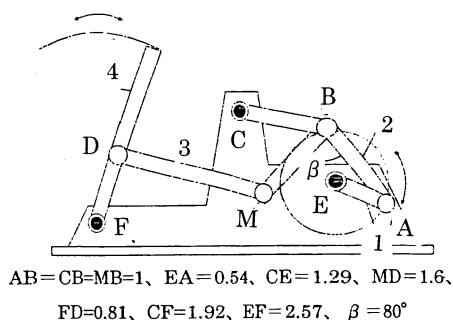


Fig. 6 Link mechanism for beating wings

には、ちょうつがいを用い、上下、前後方向への動きを滑らかにした。

(2) 羽根の羽ばたかせ機構：図6(a)に示したチェビシェフ6節回転連鎖に準拠し、図6(b)のような機構とした。図6(a)中に示した節間距離を採る場合、リンク1の1回転当たりにリンク4は2揺動する。1回めの揺動は遅く、2回めの揺動は速いため、リンク4を羽根に対応させ、ペンギン特有の愛嬌ある羽ばたき動作を達成した。リンク1はプーリに代替し、本体下部に設置したモータの出力をモータ軸上のプーリを介して伝達した。

頸部の揺動、くちばしの開閉機構、羽根の羽ばたかせ機構を含めた全体構成を図7に示した。なお、モータ軸には車輪を取付け、前後運動を可能にしてある。

(3) 羽根を差し出す(握手を求める)機構：羽根の揺動機構を同体に組込むのは空間的に難しいので、本機構はロボットIVのみに組込んだ。本機構は、図8(a)に示したチェビシェフの4節回転連鎖に準拠し、図8(b)のような機構とした。図8(a)にて、近似直線運動行程p-pからqの行程に移行する際、リンク4の先端は前方に差し出されるような運動をするので、この部分の運動を取り出せば、羽根の挙動を類似させ得る。そこで、図8(b)のように、リンク4の先端にプーリを取付け、このプーリと接触するカム機構を構成した。リンク4は、近似直線運動を含めた近似だ円運動を連続的に行うが、その際、カム機構は上下方向にのみ揺動することになる。このカム機構に羽根を取付け、前述の運動を達成した。なお、リンク1はプーリに代替し、その回転をゴムベルトを介して、くちばし開閉用のプーリに伝達した。羽根を差し出した後の停止状態についてはマルチタイマ回路を用い、モータ

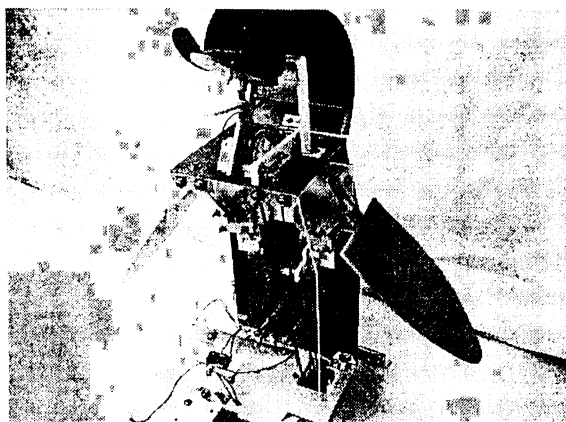


Fig. 7 Whole structure of robot

の on, off 時間を制御して行った。また、ボイスレコーダ回路への切替えは、カム機構の中間に取付けたスイッチにより行うこととした。

### 3.3 調査方法

(1) 児童：市内の幼稚園児童(年長組：男子15名, 女子16名)に協力いただいた。児童は、6グループに分かれ、各グループを示すカードを首に架けている。アンケートは、○, ×の書かれたカードを1枚ずつ配布し、それを回収する方式とした。また、児童には一人一人模様の異なる帽子を被ってもらい、カードにも、帽子に対応する印を付けた。これにより、ビデオ解析時に、園児の挙動が容易に識別できるようにし

た。また、児童を誘導する際の混乱を少なくするため、幼稚園側の希望もあって、各ロボットには特徴を踏まえた名前も付けた。

(2) 調査：各ロボットに付随させてビデオカメラ6台を設置し、児童の挙動を撮影した。同時に、全体状況を俯瞰できるカメラ1台を設置し、撮影した。

(1) 児童が好むロボット外観(印象)の調査：

①進行役(1名)は、前列横一直線にロボットを並べ、調査目的、方法について説明を加えるに留め、個別の機能については具体的には説明しない。そして、外観上、いっしょに遊びたい(好む)と思うロボットの前に設置してある箱の中に○のカードを入れてもらうように指示する。その際、各グループとも、有意差が生じないように、同時に行った。

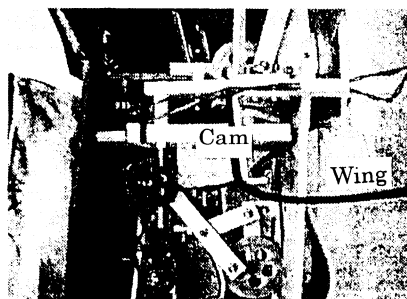
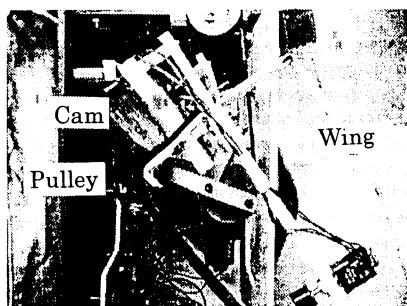
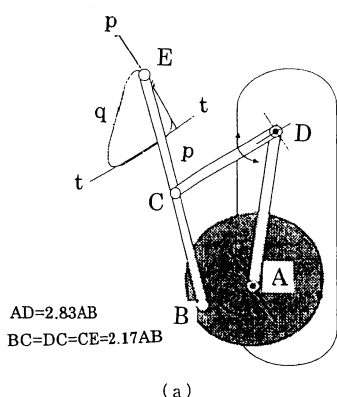
②①と同様何も説明せず、遊びたくないと思うロボットの前に設置してある箱の中に×の書かれたカードを入れてもらう。回収は補助役(2名)が行い、カードは再使用せず次の調査では、新規のものを配布する。

(2) 児童が好む機構の調査：ロボットを、円周に沿って等間隔で並べ、その内側に児童を座らせる。進行役が全ロボットの機能、名前の由来等を全員を対象に説明する。内容は、ロボットのどこをどのように触れば、どのような動きが得られるかというものである。

(1)と同様の方法で、遊びたいロボットとそうでないロボットとを調べた。その際、児童同士で交わされる会話は許可した。

(3) ロボットとの接し方、遊び方(体験)の調査：説明員(2名)を配置し、操作上の質問を事前に受付けた。その後、進行役の笛を合図にグループ単位で適度に遊んでもらう。その間、いっさい説明は加えない。1台のロボットと遊ぶ時間は3分30秒(児童が一つの物事に関心を持ったり、集中できる時間として幼稚園側からアドバイスを受けた)とした。ビデオ撮影は、児童がどのような行為を取るかを調べるため、ロボットへ触れ方がわかるように設置した。

(4) 印象、知識、体験を通しての好ましいロボット選出についての調査：グループごとではなく、自分の好きなロボットと勝手に遊んでもらう旨を説明する。時間は8分間(多くのものが混在する場合に、関心を寄せ続けていられる時間として幼稚園側からアドバイスを受けた)とした。撮影者は遊び方ではなく、児童の移動状況がつかめるよう(帽子等)全体的に撮影するし、各ロボットに対し開始直後に集まった児童の数から、最も好ましかったロボットを選出する。



(b)

Fig. 8 Link mechanism for handshaking

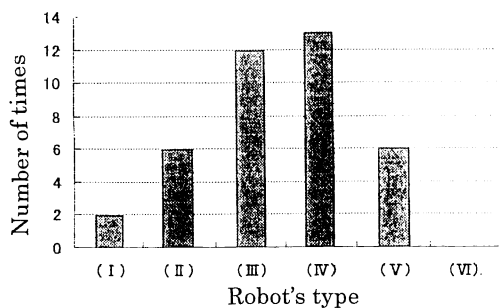


Fig. 9 The number of times which are hold a robot in children's arms

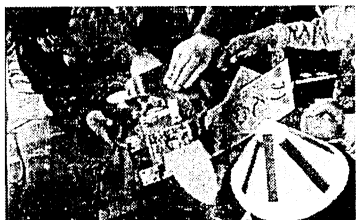
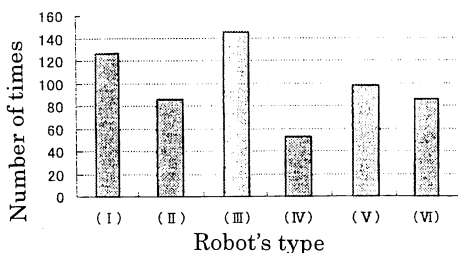


Fig. 10 The number of times which are touched the head of robot

#### 4. 調査結果および考察

4・1 外観, 機能などの評価 (1)の調査結果, 外観に対する関心はフェルトで包んであるかないかで分けられた。男児はフェルトで包んであるロボット(I~V)に10名, むき出しのロボットVIに5名。女子はそれぞれ15名, 1名が集まった。遊びたくないロボットでは, 男児が(I~V), VIにそれぞれ, 9名, 6名。女子が5名, 11名であった。

(2)の調査結果では, 最も遊んでみたいロボットは, 男児, 女児ともにロボットIで, それぞれ8名, 6名であった。次いで, IVが, 5名, 4名であった。逆に最も遊びたくないロボットは, 男児はロボットVで5名, 女子はロボットVIで13名であった。

4・2 ロボットとの接し方, 遊び方 観察の結果から, 児童の代表的な行動は, ①抱く, ②頭に触れる, ③腹, 背に触れる, ④羽根に触れる, ⑤くちばしに触れる, ⑥中のようにを覗くに大別された。そこで, これらの行動が各ロボットに対してどのような割合で行われたのかをまとめてみた。

(1) 抱く: 図9はその状況を示したもので, 抱か

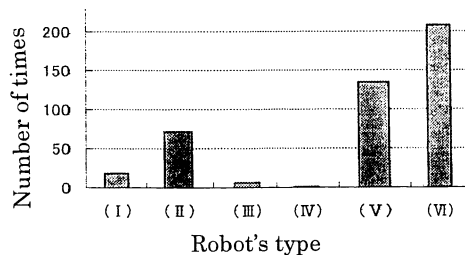


Fig. 11 The number of times which are touched the abdomen of robot

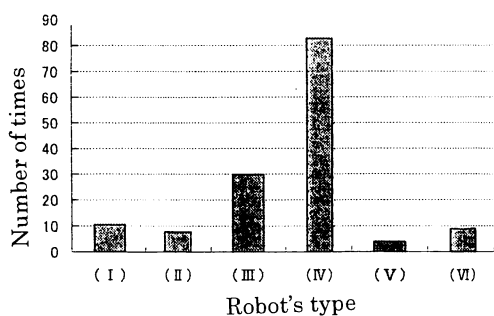


Fig. 12 The number of times which are touched the wings of robot

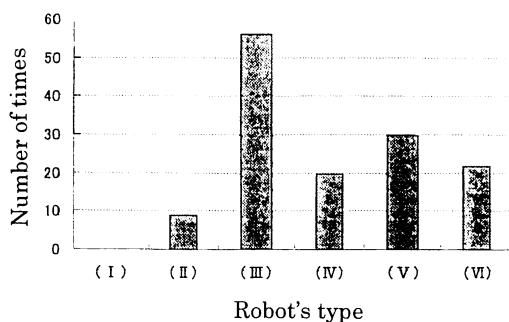


Fig. 13 The number of times which are touched the bill of robot

れた数の多いロボットはIII(12回), IV(13回)であった。これらの特徴として移動機能がないことが挙げられる。またロボットVIは一度も抱かれなかった。

(2) 頭に触れる: ロボットIIIが最も多く(146回), 次いでI(128回), V(99回)であった。ロボットIVは最も少なかった(53回)。頭部を触れることは、再体験したい動作を求めていることである。羽根のばたつきやくちばしの開閉動作に関心が集まったことがわかる。

図10には、フェルトで包まれているロボットと、むき出しの状態のロボットに対する触り方を示した。これから、むき出しの状態では、スイッチを押すときのみ触り、しかも指先で触るのに留まる。フェルトで包まれているロボットでは、掌全体で触れ、触れることを楽しむ傾向が見られた。この触れるだけで楽しむことができることによって、グループの園児全員が楽しめる時間を共有でき、ロボットと共存、協調しているという印象を与えた。ロボットIでは、接触せずとも動きが変化するためグループで楽しむには順番待ちな

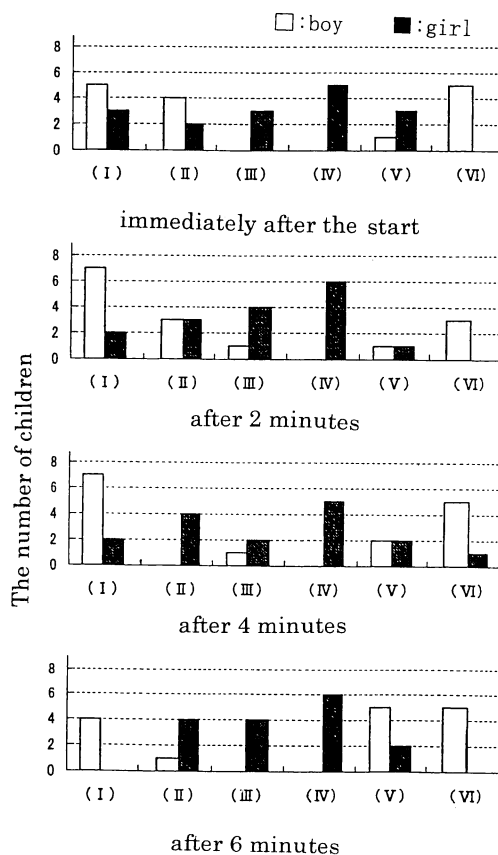


Fig. 14 The number of children who are interested during independent action hour

どの規律が必要となり、人数が固定された。個人的な協調には適している。

(3) 腹、背に触れる：図11に示したようにロボットVIが最も多く(208回)、ロボットIVが最も少なかった(2回)。これらのロボットの特長は腹部にスイッチを配置しているか、配置していないかである。むき出しの状態では、体の姿勢をスイッチ位置やスイッチの動作を確認できるようにとり、スイッチを押すときのみ触り、しかも指先で触れる傾向が見られた。

(4) 羽根と握手する：図12に示したようにロボットIVが最も多く(83回)、ロボットVと最も少ない(4回)。このロボットの特徴として、羽根にスイッチが配置されているか配置されていないかが挙げられる。握手した後、2秒程度(リセットする時間)遅れて出る音声を待ち切れず握手(スイッチを押す)を繰り返す傾向も見られた。

(5) くちばしに触れる：図13に示したようにロボットIIIが最も多く(56回)、次いで、V, VI, IVの順であった。ロボットIは最も少なく、0回であった。これらのロボットの特徴として、くちばしの開閉が行われていることで、この開閉にあわせて、口を開閉する園児も見られた。

(6) 中の機構を覗く：ロボットVIが16回と最も多く、ロボットIVが0回と最も少なかった。ロボットIVの特徴に、頭部と羽部のフェルトにすきまがあることが挙げられる。ロボットIVは透明版で外装され、中が見られるためか、注意して中の機構を覗き込む園児はいなかった。

#### 4.3 自由行動時において関心を示したロボット

自由行動時における観察(0分, 2分, 4分, 6分後)より、ロボットに対する関心の推移をまとめ、図13に示した。開始直後、最も人数の集まったロボットは男児ではI, VIともに5名。女児ではIV 5名、逆に少なかったロボットは男児ではIII, IVで0名。女児ではVIが0名となり、男児、女児の関心の差が出た。開始から終了までの間に最も人数の集まったロボットは、男児はIで23名。女児はIVで22名であった。少なかったロボットは、男児はIVで0名、女児はVIで1名であった。この関心を寄せたロボットへの推移は、最初から移動しない傾向が見られた。

### 5. ま と め

#### (1) 男児、女児のロボットに対する関心傾向

男児は、当初、外装まで完成したものより、機械がむき出しのロボットのほうに関心を抱いた。これは、観念上では機構そのものに第一関心がある。産業フェスティバルでの予備調査とも一致する。しかし、機能の説明後、多運動形態を有するロボットに関心が集まったことや、静止形ロボットに関心を示さなかったことから、デザイン以上に、機能、機構に興味を抱くと考えられる。

逆に女児は、①の調査時と②の調査時にかけて、より関心を高揚させて、興味あるロボットへ移動したのが16人中7名に留まった。このことから、機能以上に、デザインに興味を示すものと考えられる。加えて、ロボットVIは16名中11名が遊びたがらず、機構などには関心を示さない。④の調査時には、男児はロボットI, VIのような、他のロボットより目立つもの(動きをするもの)に人気が集中し、女児は、III, IVといった移動しないロボットに人気が集まった。

#### (2) 共存の可能性

ロボットVIのみが抱きつかれた経緯のないことから、布で包まれたもののほうが、共存・協調していくには適しているものと考えられる。またVIの始動時には、頭を掌全体で押付けしないで、指先だけで触れる傾向が強かった。他のロボットは、何のちゅうちもなく手を載せ、触れている状態が多い。これはビデオ映像から判断すると、機構に対する神秘性と、不安感が交絡しているためと推察される。

次にくちばしを上下に動かしているときに指を入れる児童が多数いた。しかし動いているロボットにはほとんど見られなかった。児童は、動いている部分にはすぐに手を出し、その運動を肌で確かめようとする傾向がある。極端な例では、触れるだけでは済まず口をつける児童も見られた。このことより、共存の可能性のあるロボット形態は、人に接する原体験に近い行動(応答)を取るもののようであるといえそうである。

### 文 献

- (1) 市田崇編, デザインレビュー事例集, 60 (1989), 日科技連.
- (2) 上野憲造編著, 機能性評価による機械設計, 75 (1997), 日本規格協会.
- (3) 古屋繁・ほか4名, デザイン学研究, No. 85 (1991), 67.
- (4) 牛田典彦・ほか1名, デザイン学研究, No. 78 (1990), 9.
- (5) 小内克彦・ほか3名, デザイン学研究, No. 73 (1989), 65.
- (6) 渡辺誠・ほか2名, デザイン学研究, No. 72 (1989), 51.
- (7) 柴田崇徳, 日本ロボット学会誌, 18-2 (2000), 42.
- (8) 藤田善弘, 日本ロボット学会誌, 18-2 (2000), 40.
- (9) 田島年浩, 日本ロボット学会誌, 18-2 (2000), 30.