

幼児のストーリーテリングを活性化させる動物型ロボット

堀内 慎高^{†1} 星野 准一^{†1}

本稿ではアニマノイドという自律的に動く動物型ロボットを用い、幼児のストーリーテリングを活性化させるテーブルトップシステム ZooTown を提案する。本システムは複数台のアニマノイドが食事などの特定のエピソードに従ってテーブル上を移動する。そのアニマノイドの動きを幼児に提示することにより幼児に作話のきっかけを提供し、幼児のストーリーテリング活動を促す。本システムを用い、幼児の発話がどのように変化するかを検証する。

The Animal Robot Activates Infantile Storytelling

NORITAKA HORIUCHI^{†1} and JUN'ICHI HOSHINO^{†1}

We propose storytelling support system ZooTown for infantile. This system uses animal-shaped robot called Animanoid. Follow specific episodes, Animanoids move in a table top. Infantile watch the moving Animanoid, and A motivation about storytelling is taken out. We investigate the influence which this system has on infantile utterance.

1. はじめに

ストーリーテリングとは、物語を創造し、他者に伝える行為であり、幼児期の5歳半頃からみられる。自分の物語を他者に表現することにより創造力や表現力が向上するなどの効果があり、幼児教育で注目されている¹⁾。

幼児は心身の発達とともに遊びの種類・形態が変化する²⁾。4歳ごろから3, 4人でやり取りしながら遊び、6歳ごろから遊びのルールを決めて役割分担が行われる。徐々に遊びのテーマが明確になり、複数人で物語を展開しながら遊ぶといわれている。また、複数人で物語を展開しながら遊ぶことは、幼児が人間関係の構築を学習する上で重要であることが知られている¹⁾。

幼児は言葉の他に身振り手振りで自身の考えを表現していることが知られている³⁾。発達途上にある幼児には言葉表現だけでは語りきれないことが多い。そのため、身振り手振りなどの視覚的な情報を交えることにより、他者とのコミュニケーションを円滑にしている。これは人形やぬいぐるみを人や動物に見立て、動かして遊ぶ際に確認できる。そのため、5歳以上の幼児にとって人形やぬいぐるみを人や動物などに見立てて動かし、ストーリーテリングを行うことは馴染み深いと言える。

そこで、本稿では幼児にとって馴染み深い見立て遊びに注目し、5歳前後の幼児3, 4人が協力しながらのストーリーテリングを支援するテーブルトップシステム、ZooTownを提案する。ZooTownでは動物の形状をしたロボット（以下アニマノイドと表記）複数台が特定のエピソードに沿ってテーブル上を動き回る。特定のエピソードに沿って動き回るアニマノイドを幼児に提示することにより、幼児のストーリーテリング活動を促し、幼児の創造力・表現力を向上させる。

ZooTownシステムの概要を図1に示す。テーブル上に複数台のアニマノイドを配置する。各アニマノイドはエピソードデータベースの中から選択された水を飲む、鳴き声を上げるなどの特定のエピソードに沿うように歩行・首を動かすなどの動作を行う。アニマノイドを手で掴んで移動させる、といったユーザからのインタラクションに応じ、エピソードデータベースから選択されるエピソードは変化する。また、選択されたエピソードに応じた映像をテーブルに投影し、ユーザの没入感を高める。エピソードに沿って行動を変化させていくアニマノイドを眺めることにより、幼児に物語を創作するきっかけを提供し、幼児のストーリーテリングを促す。

^{†1} 筑波大学
Universit of Tsukuba

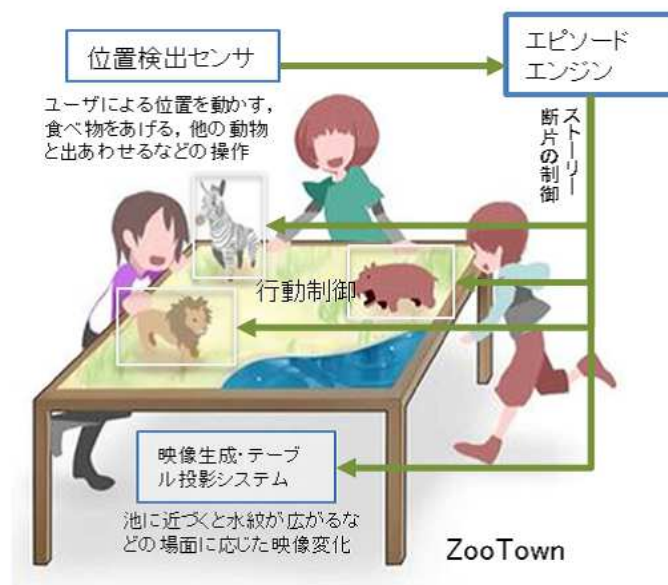


図 1 システム概要

2. 関連研究

2.1 ストーリーテリング

インタラクティブなアニメーションなどを用いて幼児の好奇心を刺激し、幼児のストーリーテリングを促す研究として StoryMat⁴⁾、ピッケのぼうけん⁵⁾、TSU.MI.KI⁶⁾がある。

StoryMat では入院中など、複数人での遊びが困難な環境に置かれた幼児に、疑似的な複数人でのストーリーテリングを体験してもらうシステムである。提案する ZooTown では複数人が対話を伴い、協力し合いながら行うストーリーテリングを支援する。

ピッケのぼうけんはタブレット型 PC を用いて親子での作話を支援するソフトウェアである。モニタ上で背景や登場人物の表情を変化させることによりストーリーテリングを行う。TSU.MI.KI ではブロックにセンサとアクチュエータを実装している。実世界内のオブジェクトへのインタラクションをモニタ上の仮想世界内へ反映させ、仮想世界内で発生する事象

を実世界のオブジェクトへと反映させる。実世界と仮想世界の物体形状やインタラクションを一致させ、物語を進行していくシステムである。提案する ZooTown では幼児が容易にシステムの利用方法を習得できるよう、仮想世界ではなく実世界でアニマノイドの位置を変化させてストーリーテリングを行う。

2.2 動物型ロボット

動物型ロボットとして、AIBO⁷⁾、necoro⁸⁾ といった愛玩目的のペットロボットが開発されている。

AIBO は 20 自由度と多数のセンサを持つ、子犬型ロボットである。AIBO は実物の犬のような複雑な動作を表現することが出来るが、全長約 30cm、質量 1.6kg と幼児が扱うには大きすぎる。necoro は 15 自由度と多数のセンサを持つ、ネコ型ロボットである。48 種類の疑似鳴き声を発し、呼びかけに反応するなど、コミュニケーション機能に重点が置かれているが、歩行などの移動動作が行えない。ZooTown で用いるアニマノイドは幼児が扱いやすいように小型、軽量であり、テーブル上を自在に移動することが可能である。

藤崎らは 5～6 歳の幼児がロボット犬に対する生命認識と心的機能の付加を調査した⁹⁾。調査の結果、5 割の幼児がロボット犬を生きていると認識し、9 割を超える幼児がロボット犬に感情移入した。このことから、幼児は動物型ロボットのアニマノイドに感情移入を行い、アニマノイドを用いてストーリーテリングを行うことが期待できる。

3. 幼児のストーリーテリング

幼児のストーリーテリングを支援する ZooTown システムが満たす条件を決めるため、2010 年 7 月 28,29 日に国立科学博物館にて、幼児がどのようにストーリーテリングを行うかの先行調査を行った。約 $40 \times 10 \times 30[mm^3]$ の動物ブロックを複数個を A3 サイズの画用紙の上に設置した。ストーリーテリングに対する幼児の没入感を増すために画用紙にはサバンナをイメージした絵を書いた。用いた機材を図 2 に示す、体験者へは事前に特別な指示は行わず、合計 18 人の幼児に自由にストーリーテリングをしてもらい、どのようにストーリーテリングを行うかを調査した。幼児がストーリーテリングをしている様子を図 3 に示す。

調査の結果、サバンナの絵が描かれた画用紙と動物ブロックを机の上に置いておくだけで、8 割弱の幼児が活発なストーリーテリングを行うことを確認した。幼児が行ったストーリーテリングの特徴とし、以下のような傾向が見られた。

- 動物ブロックを手で掴んで移動させる
- 複数人で協力して作話を行う



図2 動物型ブロック



図3 幼児のストーリーテリングの様子

- 同じ物語を何度も繰り返し、物語が発展しない
- 朝や夜といった時間を設定する
- 食事・睡眠などの生活行動を行わせる
- 同じ外観のブロックを一ヶ所に集め、家族に見立てる

物体を手で掴んで移動させる動作は幼児にとって一般的である。そのため、タンジブルなオブジェクトを作成し、このオブジェクトを手で掴んで移動させることをシステムへの入力として扱う。また、入力デバイスと出力デバイスが別々であると両者の間で視線移動が生じてしまい、没入感が損なわれる。幼児の没入感を高めるため、入力デバイスと出力デバイスは一体であることが望まれる。そこで、タンジブルな入出力一体型デバイスとしてロボットを用いる。

幼児複数人での利用を想定し、本システムでは複数台のアニマノイドを用いる。各アニマノイドがバラバラのエピソードに沿って行動した場合、幼児複数人が協力しながら1つの物語を作話するのが困難である。そのため、各アニマノイドは相互にある程度関係性のあるエピソードに沿って行動する。

幼児の想像力・表現力向上の観点からは同じ物語を何度も繰り返すのではなく、幼児が作話する物語を随時変化させるのが望ましいと考えられる。幼児の想像力・表現力を向上させるため、本システムでは様々なエピソードをアニマノイドに表現させる。幼児はその多様なエピソードに沿って動くアニマノイドを眺めることにより、作話の種類を増加させる。

幼児に興味を持ってもらうため、「朝や夜といった時間」、「食事・睡眠などの生活行動」、「家族」という幼児にとって馴染み易い要素をシステムに取り入れる。

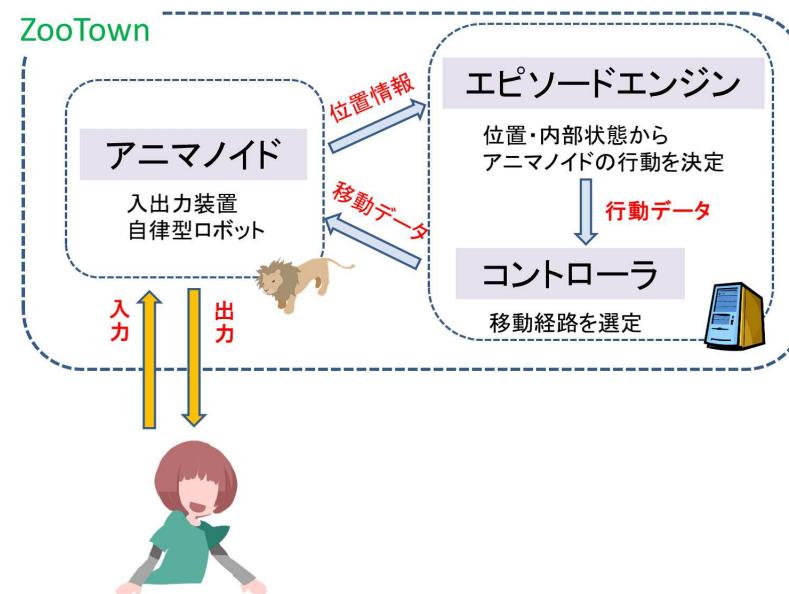


図4 システム構成

4. ZooTown システム

4.1 ZooTown システム概要

ZooTown は幼児複数人が共同でストーリーテリングを行うテーブルトップシステムである。テーブル上に配置されたアニマノイドがエピソードデータベースから選択されたエピソードに沿って歩行、水を飲む振りをするなど動作を行う。アニマノイドが動きまわることで幼児に作話のきっかけを提供し、幼児のストーリーテリングを促す。幼児がアニマノイドを手で掴んで移動させるというインタラクションを元に、エピソードデータベースから選択されるエピソードを随時変化させていく。

ZooTown のシステム構成を図4に示す。ZooTown は動物型ロボットのアニマノイド、アニマノイドに表現させるエピソードをエピソードデータベースから選択するエピソードエンジン、各アニマノイドの移動を制御するコントローラの3つのモジュールから構成される。幼児がアニマノイドを手で掴んで移動させる動作をシステムへの入力とする。入力から



図5 アニマノイドの外観

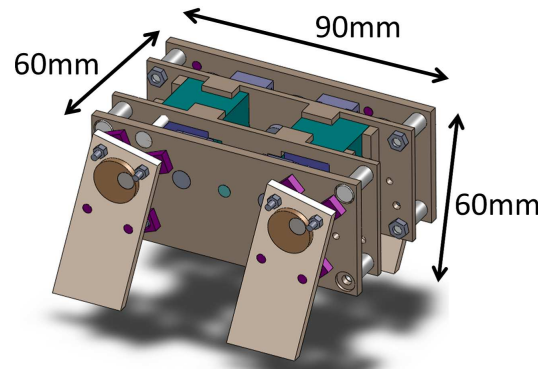


図6 アニマノイドの3Dモデル

エピソードエンジンが各アニマノイドにとらせる行動を決定し、コントローラが複数台のアニマノイドを目標目的地までどのように移動させるかを制御する。そして、ユーザにアニマノイドがテーブル上を動き回るのを提示し、これをシステムの出力とする。

アニマノイド、アニマノイドの位置検出、エピソードエンジン、コントローラについて以下の章で詳しく述べる。

4.2 アニマノイド

4.2.1 アニマノイド概要

本システムでは、幼児が片手で掴んでアニマノイドを移動させるのを想定している。それを踏まえ、アニマノイドは幼児が掴める程度に小型・軽量であることが求められる。多くの動物型ロボットが市販されているが、小型・軽量という条件を満たし、独自の機能追加を容易に行うため、独自の動物型ロボット、アニマノイドを作成した。作成したアニマノイドの大きさは約 $60 \times 90 \times 60[\text{mm}^3]$ 、重さ約 $320[\text{g}]$ 、移動速度は最大約 $8[\text{mm/s}]$ である。製作したアニマノイドの外観を図5に、アニマノイド内部の3Dモデルデータを図6に示す。

アニマノイドに本物の動物の動きを模倣させるとユーザの没入感が高まるため、アニマノイドは4足歩行で移動する。アニマノイドの小型化・軽量化・低電力化のため、動力源として各脚にDCモータを取り付けるのではなく、1個のDCモータから平歯車を用いて各脚に動力を伝達し、板カム機構を介して各脚を上下に動かし、足踏みを行う。

アニマノイドはテーブル上を自由に動き回る必要があるため、前進・後退・左旋回・右旋回の動作が要求される。電磁クラッチで平歯車のかみ合わせを制御し、モータから各脚への動力伝達を個別にON/OFFしている。その結果、左側の脚を止めて右側の脚を動かすことにより、アニマノイドを左に旋回させることが出来る。

また、エピソードに多様性を持たせるため、移動速度は可変であることが望まれる。そのため、歩行の動力源となるDCモータの回転数をPWM制御している。

4.2.2 アニマノイドの位置検出

複数台のアニマノイドを制御するためには、各アニマノイドがテーブル上のどこにあり、どの方向を向いて移動しているかの位置・姿勢を検出する必要がある。本システムでは各アニマノイドの前後に1箇所ずつLEDを取り付け、カメラで撮影を行い、LEDの点灯位置からアニマノイドの位置・姿勢を検出している。なお、ユーザの服をアニマノイドと間違えて検出するのを防ぐため、赤外線LEDと赤外線カメラを用いる。

伊藤らは赤外線LEDの明滅で通信を行い、対象物特定と位置取得が可能なIrIDを開発している¹⁰⁾。しかし、本システムではテーブル上を複数台のアニマノイドが移動しており、2台のアニマノイドがすれ違った際、どちらのアニマノイドから発せられた明滅かを取り違える可能性がある。そこで、本システムではパソコンから無線通信で各アニマノイドに一定の時間ごとに点灯信号を送信し、とある時間に点灯している赤外線LEDが1つのみになるようにしている。そのため、2体のアニマノイドがすれ違った際にもアニマノイドの位置を正しく検出できる。

4.3 エピソードエンジン

エピソードエンジンは、各アニマノイドがどこに移動し、どのような行動をとるかを決定する。アニマノイドにとらせる特定の行動を1つのエピソードとして扱い、あらかじめ複数のエピソードをエピソードデータベースに格納しておく。エピソードエンジンはエピソードデータベースからアニマノイドにとらせるエピソードを適宜選択する。エピソードデータベースからのエピソード選択には、多数のエピソードの中から最も優先度の高いものを選択する。その優先度は、アニマノイドの内部状態、アニマノイドの位置情報、他のアニマノイドが実行中のエピソードから算出する。

各アニマノイドには情動的 or 非情動的、外交的 or 内向的、遊戯的 or 現実的などの固有の性格を割り振る。さらに空腹度、脱水度、疲労度といった動的に変化するパラメータを持たせる。性格とパラメータを合わせて内部状態と定義する。各アニマノイドの内部状態と、テーブル上のどこにいるかという位置情報と、他のアニマノイドが実行中のエピソードを組



図 7 ユーザテストの様子

み合わせ、アニマノイドが実行するエピソードをエピソードデータベースから適宜選択する。例えば、外交的に脱水度が高いアニマノイドが湖に近づくと、エピソードデータベースから水を飲むエピソードを選択され、その後、周囲のアニマノイドを湖に誘うエピソードが選択される。

4.4 コントローラ

コントローラは、エピソードエンジンで選択されたエピソードをアニマノイドに表現させるために、アニマノイドをどのように移動させるかの制御を行う。各アニマノイドから脚の関節角度が無線通信を介して随時 PC に送られてくる。この各アニマノイドの関節情報と、カメラで検出した各アニマノイドの位置・姿勢情報を元に、エピソードに沿うためにはアニマノイドの各関節をどのように制御したらいいのかを算出する。そして、その算出結果を各アニマノイドに無線通信を介して送信し、アニマノイドに任意の行動をとらせる。

5. ユーザテスト

2012 年 1 月 8 日につくば市立図書館内のアルスホールで幼児 2 名に本システムを体験してもらい、ユーザテストを行った。図 7 に 4 歳 11 か月の女兒が本システムを体験している様子を示す。この女兒はアニマノイドに話しかけてご飯を食べさせるなどのストーリーテリングを 5 分程度行った。

7 歳の男児にも本システムを体験してもらった。アニマノイドの進行方向に障害物を設置し、アニマノイドが障害物をなぎ倒すというストーリーテリングを 3 分程度行った。

このユーザテストから、アニマノイドを用いて幼児がストーリーテリングするのを確認し

た。女兒の場合、アニマノイドに食事をさせるというストーリーテリングを行っており、本システムを用いてストーリーテリングが充分可能なことが示された。

6. 評価実験プラン

今後行う予定の ZooTown システムの評価実験のプランについて述べる。5 歳前後の幼児を 20 人ほど集め、4 人 1 グループ作ってもらい、市販のぬいぐるみと本システムのそれぞれでストーリーテリングを行ってもらい、発話量と発話内容にどのような違いが見られるかの比較実験を行う。

評価実験では本システムを使うことにより、従来のぬいぐるみ遊びと比較して幼児に作話のきっかけを提供できたか、作話内容が豊かになり幼児の創造力・表現力が向上したか、という 2 点を検証する。検証方法として発話プロトコル分析を用いる。

1 組の主語―述語の関係を命題と定義し、命題の数を作話の長さの指標にする。命題の数が多いほど作話が活発に行われていることを示し、本システムが作話のきっかけを提供しているかが検証できる。

命題を行為・物の状態・人の状態・心理状態の 4 つに分類し、発話内容のうち、各状態が占める割合を求める。幼児は発育が進むほど人の状態や心理状態に関する発話が増加することが知られており¹¹⁾、本システムを用いると心理状態に関する発話内容が増加することを確認し、作話内容が豊かになり、創造力が向上したかを検証する。

また、前後の文を矛盾なく繋げ、命題間の因果関係を統合して表現する数をカウントし、本システムを使うとこの数が増加することを示し、表現力が向上したかを検証する。

7. ま と め

幼児のストーリーテリング活動を促し、幼児の創造力・表現力を向上させるため、ストーリーテリングシステム ZooTown を提案した。ZooTown のシステム構成を示し、各モジュールの概要を述べた。ZooTown で用いるアニマノイドを製作した。製作したアニマノイドはぬいぐるみの外観をしており、4 足歩行でテーブル上を移動し、幼児の興味を引くことが期待できる外観・動きである。ユーザテストで本システムを用いてストーリーテリングが充分可能なことが示された。

幼児のストーリーテリング活動を促し、幼児の創造力・表現力を向上させるという目的を達成できるかを検証するための実験計画を示した。

今後の予定として、脚の長さ・移動速度・外観を変化させたアニマノイドを 10 体ほど量産

する．また，ZooTown システムの評価実験を実施し，本システムを用いることにより，発話量やその種類の変化などを調査する．評価実験と合わせて幼児がどのようなストーリーテリングを行っているのかを調査し，アニメノイドにとらせる行動パターンを追加するためにエピソードデータベースを拡張する．

参 考 文 献

- 1) 文部科学省：幼稚園教育要領，(2008)
- 2) 内田 伸子：子どものディスコースの発達，(1996)
- 3) 黒川 隆生：ノンバーバルインターフェース，オーム社，(1994)．
- 4) J.Cassell, K.Ryokai: Technologies to Support Children's Fantasy and Storytelling, Personal and Ubiquitous Computing, (2001)
- 5) 佐野 朝美：幼児の物語行為を支援するソフトウェアの開発，日本教育工学会論文誌，(2008)
- 6) 伊藤 雄一，山口 徳郎，秋信 真太郎，北村 喜文，渡邊 亮一，市田 浩靖，岸野 文郎：TSU.MI.KI 仮想世界と実世界をシームレスに融合するユーザインタフェース，VRSJ, Vol.16, No.1, (2006)
- 7) AIBO, SONY：http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/index.html
- 8) necoro, オムロン：http://www.necoro.com
- 9) 藤崎 亜由子，倉田 直美，麻生 武：幼児はロボット犬をどう理解するか 発話型ロボットと行動型ロボットの比較から，発達心理学研究, 第 18 巻, 第 1 号, pp.67-77, (2007)
- 10) 伊藤 慎宣，IrID 赤外線 LED による小型位置取得装置の実装と運用，情報処理学会論文誌 49(1), 83-95, (2008)
- 11) 秋田喜代美，大村彰道：幼児・児童のお話作りにおける因果的産出能力の発達，教育心理学研究, Vol35, No1, pp.65-73, (1987)