

“手を使った” アイデアの具現化方法の提案

Proposal for “hands-on” idea realization method

上岡遥馬[†] 渋谷正弘[†]
Yoma Kamioka Masahiro Shibuya

1. はじめに

著者らは現実空間に仮想空間を融合させ、様々な課題の解決を支援するバーチャルツイン設計技法の開発をおこなっている。バーチャルツインは Dassault Systèmes が提案した概念で、あらゆる可能性やシナリオを模索して、継続的に検証し、知識を引き出して最適化する手法である。

著者らはこの手法をものづくりの創造過程に応用するために幾つかツールを開発してきた。野村ら[1]はこの手法をロボットティーチングに応用し検証を行い、動作定義の簡単化と設計段階での試行錯誤を実現した。

この手法の問題点として 3D EXPERIENCE という高度で高価なソフトウェアを利用しており、簡単に問題のモデルを作成できないなどのデメリットが指摘された。

本研究では高度なソフトウェアを活用せずに誰もが簡単にモデルが作れ、問題解決のプロセスの作成、結果の見える化ができるツールを開発中である。本稿では、新たに考えたモデル作りの方法について述べる。

2. 現状の問題点と提案手法

野村らの方式は、レゴで作成した形状モデル (図 1 左上) を仮想空間の LeoCAD 上のブロック (図 1 右上) に変換し、レゴブロックで構成された形状モデルを実際的设计基盤へ移行するため、ブロックの種類と接続を認識し変換ツールを用いて 3D EXPERIENCE Platform へ変換している。次に、3D EXPERIENCE Platform 上で動作部の関節を設定した (図 1 右下)。それを基にモデルをロボットとして定義し、動作の定義を行った。この際、アーム先端の目標座標から各関節の動きを逆算するインバースキネマティクス機能により、手で掴むような直感的なロボットティーチングを行った。実機を用いて検証するため、開発した変換スクリプトを用いて、ティーチングした動作を Dobot Magician 上で動作するプログラムに変換し、Dobot Magician が 3D EXPERIENCE Platform で検証した動作と同じ挙動を示すことができる (図 1 左下)。

この方法は、産業用ロボットのように動作が定まっているときは有効であるが、自分で自由に形状モデルを作成して動作や仕事を定義する場合には再検討が必要である。さらに、レゴブロックを用いた形状モデルをよりスムーズにデジタルデータに移行するため AR を用いてレゴブロックを組み立てる研究[2]が存在しているが、新たに使用するパーツの識別と位置の判定が必要になるため、現時点では更なる研究が必要である。

これらの問題点は、現実空間で実機を動かすことが制約となっていると考え、仮想空間のみで動作する形状モデルを設計する方法を開発することにした。そこで、以下の 2 つの問題に集約して解決方法を検討した。

- ① 形状モデルを仮想空間に必要な“動作”。

最低限の動作の定義方法を検討する。

- ② 形状モデルを仮想空間で“仕事”をさせる。
仕事の定義方法と形状モデルへの指示方法を検討する。

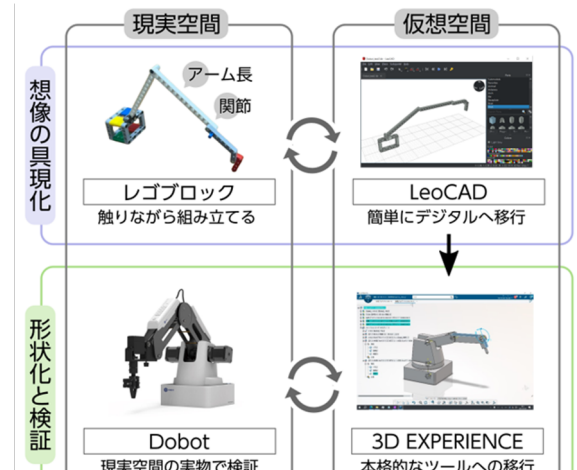


図 1 バーチャルツインによるロボットティーチングの流れ

3. 意味ネットワークと価値工学の活用

本研究では、動作の選定や構造化にあたり意味ネットワークの考え方を参考にした。意味ネットワークは名詞と名詞の意味的な関連性を視覚的に表す手法である。本研究では、この名詞同士の関連性を捉える枠組みを“動作”の構造化にも応用可能であると考えた。「○○を～する」という形式で表される動作をノードとし、それらの目的や従属関係に基づいて結びつけることで、動作同士の意味的なネットワークを形成することができる。このように、意味ネットワークを動作表現に拡張して用いることで、個々の動作を単体としてではなく、全体の目的に対する役割や位置づけを視覚的・論理的に把握する支援が可能になる。

形状モデルに実施させる仕事について価値工学 (Value Engineering) を活用した。与える仕事のシナリオを作成し形状モデルが仕事を達成するために必要な機能を定義した。価値工学とはその物や仕事に必要な機能を満足させるための物事の本質を追求して、新たな解決手段を創造する手法である。また、機能とはその物や仕事果たしている目的と働きを表している。機能に着目することでその行動が果たす目的を明確にすること、これまで目に見る方法が常識になってしまい従来の方法でしか達成できないと考えられていた動作を同等の機能を満たす別のアプローチで達成できると考えた。

[†] 東京都立大学 Tokyo Metropolitan University

4. プロトタイプ作成

新しいモノを作る流れを図2で示す。形状モデルに既存のビニール製アヒル玩具を用い、プロトタイプ作成の「①形状設計」は行っていない。

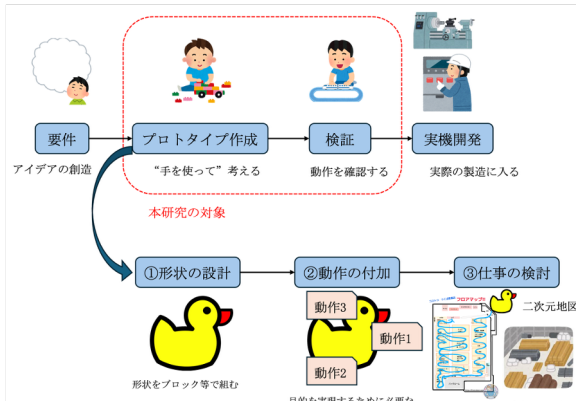


図2 提案の概要

初めに、形状モデルに「動作」を定義する。動作を「あるモノや方法が果たすべき目的と、そのために行われる働きの総称」と定義した。これは「名詞+動詞(〇〇を～する)」という形式で表現される。

動作はその役割に応じて、大きく「基本動作」と「二次動作」に分類した。これらの動作については以下のように定義した。

- ✓ **基本動作**
モノ本来の目的を達成するために欠くことのできない動作。この動作を取り除くと、その物の存在価値がなくなってしまう動作。
- ✓ **二次動作**
基本動作を除いたその他の動作であって、基本動作の達成を容易にするために必要となる補助的または従属的な動作。

次に、“運搬を行うアヒル”(以下アヒルとする)を考える。アヒルに保持させる動作と運搬する上でアヒルが備えるべき機能を考える。

表1 基本動作の分類と例

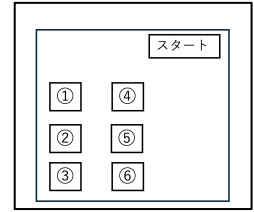
分類	説明	考えられる基本機能の例
①移動	移動や位置変更	本体を動かす/移動させるなど
②保持	支持・保持・安定性の確保	モノを持つ/掴む/啜めるなど
③操作	加工や変形、組立	モノを切る/曲げるなど
④伝達	情報やエネルギーの伝達	信号を送る、光を点灯させるなど
⑤変化	状態の変更	モノを温める/冷ますなど
⑥判断	環境認識や選択	人を検知する、障害物を認識するなど
⑦表現	情報や状態の提示	音で警告する、光で知らせるなど

表1の中から、アヒルが持つ動作は、「①移動」、「②保持」、「⑥判断」の3種類であると考え、それぞれに属する「アヒルを動かす」、「荷物を保持する」、「障害物を認識する」を選択した。さらに、「動かす」という動作を与えるだけでなく、それに従属した「前進させる」、「後退させる」、「停止させる」、「右左折させる」を二次動作として付加した。「保持する」、「啜める」を二次動作として採用した(図3)。このように構成をできるだけ簡素

化することで、目的が明確となり、将来的な環境変化や目的変更に対して柔軟な対応が可能となった。

「ピッキング作業」をアヒルに仕事として与える時に、機能を追加する必要がある。ピッキング作業は、以下の流れで行う。

1. ①へ行き荷物を1つ回収する
2. スタート位置に戻る
3. ③へ行き荷物を2つ回収する
4. スタート位置に戻る
5. ⑤へ行き荷物を3つ回収する
6. スタート位置に戻る



ピッキング・アヒルに追加すべき振る舞いは「場所を記憶する」、「指定された位置に行く」、「指定された数保持する」と考えた。

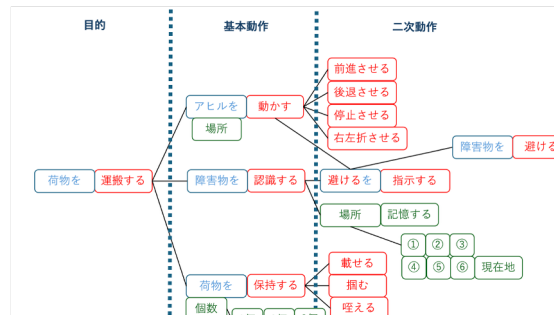


図3 目的と動作の関連性図

最後に、指示書を書き、アヒルに渡し、出発の命令をすと、アヒルは指示通りの仕事をする。指示書は、ある命令が出された時の動作の呼び出し順番を定義するもの(仕様書1)と、命令の順番を記したもの(仕様書2)の2種類用意する。

仕様書1(指定された場所)で(指定個数)ピッキングする)

1. [現在地]を記憶する。
2. [指定された場所]を記憶する。
3. [指定された場所]に動かす。
4. 荷物を[指定個数]保持する。
5. [記憶した場所]に動かす。

仕様書2(ピッキング(命令)の順番)

1. ①で1個ピッキングする
2. ③で2個ピッキングする
3. ⑤で3個ピッキングする

5. まとめ

本研究では、最小限の設計開発でプロトタイプが作れるので、開発時間の短縮になる。また、トップダウン思考で設計できるため、誰でも簡単に設計が可能になる。

参考文献

[1] Kohki NOMURA and Masahiro SHIBUYA, “A Study of Interactive Robot Teaching Method”, JSME The 8th International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM 2024).
 [2] Wei Yan, “Augmented reality applied to lego construction: Ar-based building instructions with high accuracy & precision and realistic object-hand occlusions”, arXiv preprint arXiv:1907.12549, 2019.