

複数対象における「符号と動作」の対応を設計・操作する AR 教材の開発

Development of an AR-Based Learning Material for Designing and Manipulating Mappings Between Symbols and Actions Across Multiple Objects

望月 柚花^{*1}, 永井 孝^{*2}, 舘 伸幸^{*1}, 小川 乗弥^{*3}, 香山 瑞恵^{*1}

Yuzuka MOCHIZUKI^{*1}, Takashi NAGAI^{*2}, Nobuyuki TACHI^{*1}, Noriya OGAWA^{*3}, Mizue KAYAMA^{*1}

^{*1}信州大学

^{*1}Shinshu University

^{*2}ものづくり大学

^{*2}Institute of Technologists

^{*3}信州大学大学院総合理工学研究科

^{*3}Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

Email: 22t2160j@shinshu-u.ac.jp

あらまし：情報学の基本原理である符号化は、実世界の事象を情報として表現し、動作と対応づけることで成り立つ。本研究では、複数対象における符号と動作の対応を設計・操作可能な AR 教材 TonTon を開発した。単一対象では暗黙に扱われていた対応関係を、複数対象において明示的な設計対象として扱うことで、符号と動作の対応を構造として理解する学習を支援する。予備的な実践から、対応関係を試行錯誤しながら再設計する学習過程が期待されることが示され、本教材の有効性が示唆された。

キーワード：符号化、対応関係の設計、複数対象、AR 教材、Computational Thinking

1. はじめに

情報学における基本原理の一つは、実世界の事象を情報として表現するための符号化(デジタル化)である⁽¹⁾。身の回りの機器や環境は、符号として表現された情報と、それに基づく動作の対応関係として捉えることができる。このような符号と動作の対応関係を構造として捉え直すことは、Computational Thinking (CT) における抽象化や構造化の考え方も深く関係している⁽²⁾。一方で、プログラムによる処理や操作に比べ、符号と動作の対応関係そのものを設計対象として扱う学習機会は限られている。

著者らはこれまでに、洗濯機を対象とした教材 KuruKuru を開発し、単一対象における符号と動作の対応を、コーディングやモデリングを通して学ぶ学習環境を提案してきた^(3,4)。一方、複数の機器を同時に扱う場面では、符号と動作の対応関係が対象ごとに増加し、それらを整理・設計する必要が生じる。単一対象では暗黙に成立していた対応関係は、複数対象においては明示的な設計対象となり、学習者にとって新たな理解負荷を生む。

本研究では、この課題に着目し、炊飯器、照明、扇風機、掃除ロボットといった複数の対象における符号と動作の対応を設計・操作できる AR 教材 TonTon を開発する。TonTon では、複数対象に対する対応関係を可視化し、試行錯誤しながら再設計できる学習環境を提供することで、符号化を基盤とした構造的な理解を支援することを目的とする。

2. 複数対象での符号と動作の対応設計課題

単一の対象を扱う場合、符号と動作の対応関係は対象内部で完結しており、学習者はその対応を暗黙

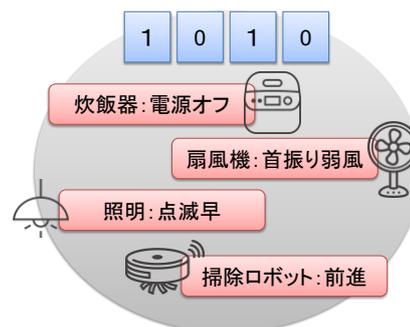


図1 複数対象における符号と動作の対応関係の概念図

的に理解したまま操作や記述を行うことができる。しかし、複数の対象を同時に扱う場面では、符号と動作の対応関係が対象ごとに存在し、その数と組み合わせが増加する。結果として、学習者は個々の対象に対する操作に注目しがちとなり、対応関係全体を構造として把握することが難しくなる。

図1に示すように、単一の符号が複数の対象に対して異なる動作として対応づけられる場合、対応関係そのものが学習の焦点となる。このとき、対象ごとの対応を個別に考えるだけでは、全体の整合性や共通性を捉えることが困難であり、符号化の観点から対象間の関係を整理する必要が生じる。

このように、複数対象を扱う学習場面では、符号と動作の対応を単なる操作結果としてではなく、設計・検討の対象として明示的に扱うことが求められる。対応関係を可視化し、構造として捉え直すための学習環境がなければ、学習者は符号化の本質に十分に向き合うことができない。

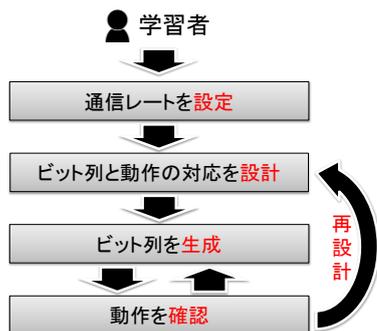


図2 AR教材 TonTon における符号と動作の対応を設計・再設計する学習操作フロー



図3 AR教材 TonTon のインタフェース例

3. AR教材 TonTon の設計

本研究では、複数対象における符号と動作の対応を設計・操作可能とする AR 教材 TonTon を開発した。TonTon は、炊飯器、照明、扇風機、掃除ロボットといった複数の対象を AR 空間上に同時に可視化し、学習者がそれぞれの対象に対する符号と動作の対応関係を一体的に扱えるよう設計されている。

TonTon における学習操作の流れを図 2 に示す。学習者はまず通信レートを設定し、次にビット列と各対象の動作との対応関係を設計する。その後、設計した条件に基づいてビット列を生成し、複数対象の動作を確認する。得られた結果を踏まえ、対応関係を再設計することで、符号と動作の対応を試行錯誤しながら検討することができる。

このように TonTon では、符号の生成や対象の操作そのものではなく、符号と動作の対応関係を設計・再構成する過程を学習の中心に据えている。複数対象を同時に扱うことで、学習者は対象間の共通性や差異に着目しながら対応関係を整理することが可能となり、符号化に基づく構造的な理解を促すことを意図している。なお、TonTon のインタフェース例を図 3 に示す。複数対象に対する符号と動作の対応を設計し、生成されたビット列による動作を AR 空間上で確認することで、対応関係を試行錯誤しながら再設計することが可能となっている。

4. 期待される学習効果と予備的实践

本研究で提案する AR 教材 TonTon (図 3) を用い

ることで、学習者は符号と動作の対応関係を、個々の対象操作としてではなく、設計・検討の対象として捉えることが可能となる。複数対象を同時に扱う学習環境において、学習者は各対象に固有の動作に注目するだけでなく、対象間に共通する対応関係や差異を比較しながら整理することになる。この過程は、符号と動作の対応を構造として理解する思考を促す。

また、対応関係を設計し、動作結果を確認した上で再設計する一連の操作を通じて、学習者は抽象化、共通化、再利用といった CT の要素を自然に経験することができる。単一対象では暗黙に扱われがちであった対応関係を、複数対象において明示的に検討することで、符号化に基づく構造的な理解の深化が期待される。

本研究の設計方針の妥当性を確認するため、予備的な実践を行った。被験者は、技術科教員養成課程の大学教員 2 名と、中学校技術科非常勤講師 1 名である。その結果、被験者からは、提案教材を中学校技術科で利用することにより、符号と動作の対応関係を試行錯誤しながら設計し直す様子が期待されること、学習者が複数対象を統合的に捉えようとする発言や操作が見られる可能性が示された。これらのことから、TonTon は符号と動作の対応を設計対象として捉える学習を支援する教材として、授業実践においても有効である可能性が示唆された。

5. おわりに

本稿では、情報学の基本原理である符号化に着目し、複数対象における符号と動作の対応を設計・操作可能な AR 教材 TonTon を提案した。単一対象では暗黙に扱われていた対応関係を、複数対象において明示的な設計対象として扱うことで、符号と動作の対応を構造として理解する学習を支援する点に本教材の特徴がある。

今後の課題としては、より多様な対象や学習場面への適用可能性の検討や、学習効果を定量的に評価するための実践設計が挙げられる。また、学習者が対応関係をどのように抽象化・再利用していくかについて、思考過程の詳細な分析も必要である。

謝辞：本研究は科研費 23K24957 に支援された。

参考文献

- (1) 科学技術の智プロジェクト:情報学専門部会報告書, [http://literacy-report.scri.co.jp/wpcontent/uploads/2018/12/04_情報学専門部会報告書\(改訂版\).pdf](http://literacy-report.scri.co.jp/wpcontent/uploads/2018/12/04_情報学専門部会報告書(改訂版).pdf) (参照 2026/02/02)
- (2) J.M.Wing : Computational Thinking, CACM, 49(3):33-35, 2006.
- (3) 花岡他,「ミニチュア洗濯機」を用いたモデリング学習教材の提案, 信学技報, 124(81):26-32, 2024.
- (4) 花岡他, 符号化視点とモデル化視点で情報表現を捉える実世界指向型教材:くるくるの提案, JSiSE,2024 (6):1-6, 2025.