

# 仮想実験環境のメタデータを用いた実験の半順序同定

A method of identifying the partial order among virtual experiments by referring to their metadata

山根 伸平<sup>†1</sup>  
Shinpei Yamane<sup>†1</sup>

國近 秀信<sup>†1</sup>  
Hidenobu Kunichika<sup>†1</sup>

平嶋 宗<sup>†2</sup>  
Tsukasa Hirashima<sup>†2</sup>

竹内 章<sup>†3</sup>  
Akira Takeuchi<sup>†3</sup>

## 1. はじめに

一般に、物理や理科の講義では、教科書や講義で獲得した基礎知識や概念を実験学習によって定着を図るという方法がとられている。その実験学習の補助・代替手段として、これまでにSpringMaster[1]やVLE[2]等の仮想実験環境の研究が行われている。これらの実験環境は、既に順序関係を持つ学習課題に対して用意されている。しかしながら、実験間での独立した関係付けおよび順序関係の定義は行われていない。つまり、各実験環境が課題に固定されているため、複数の学習課題に対応した実験や学習者の理解状態に合わせた応用実験や補助実験の提示を行うことができない。また、異なるシステムで作成された仮想実験環境には共通性がないため、ほかのシステムで作成された仮想実験環境の再利用が困難という問題がある。

我々は、これらの問題をの解決するため、実験を中心とし、応用実験および補助実験の提供による支援を行う学習者主体の知的仮想実験環境の実現を行っている。本稿では、その機能の1つである仮想実験環境のメタデータを用いた実験の半順序同定について述べる。

## 2. 仮想実験環境のメタデータ

実験は、実際の操作対象となる「実験系」と実験系に存在するオブジェクトの持つパラメータ間の数量関係である「現象」から成る。さらに、実験系はおもりやばねなどの「実験部品」と定規やはかり「観測部品」から成る。また、実験部品を組み合わせることにより実験系では「現象」が発生する。その現象のうち、本稿では観測部品で観測可能な現象を「観測対象現象」と呼ぶ。

以上より、本研究では実験環境の特徴を表現

する統一的な知識表現として、以下に示す仮想実験環境のメタデータを定義した[3]。

- 1) 部品データ  
ボールやバネなど実験で使用される実験部品とその属性から成る。
- 2) 構造データ  
実験部品の接続・接触関係の情報を保持するデータであり、実験部品間の接点とその属性から成る。
- 3) 観測データ  
はかりや定規など実験部品の属性を観測する観測部品とその属性、実験部品と現象のパラメータの対応関係および記録表とその属性から成る。
- 4) 性質データ  
フックの法則や等速直線運動など、観測部品によって観測可能な現象のインスタンスとその属性から成る。

図1に物体の落下運動の観測実験とその部品データを例として示す。

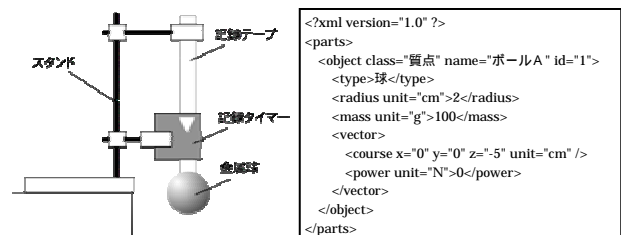


図1 物体の落下実験と部品データ

我々は、高校物理の教科書の力学分野を調査・整理し、実験部品、観測部品、現象をそれぞれクラスとして階層的に整理したライブラリを構築した。本研究では、上述のライブラリの実験部品の組み合わせを変化させ、各部品のパラメータの差異を観測する実験を対象としており、化学実験のようなオブジェクトの発生や構造の変化を伴う実験は扱わない。

## 3. 実験の半順序同定

本知的仮想実験環境では、学習者の理解状況に合わせて実験を提供する。例えば、実験の学

<sup>†1</sup>九州工業大学大学院情報工学研究科  
Graduate School of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology  
<sup>†2</sup>広島大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Hiroshima University  
<sup>†3</sup>九州工業大学情報工学部  
Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

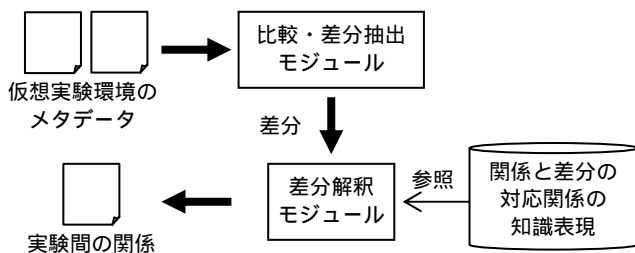


図2 実験間の関係解釈システムの概要

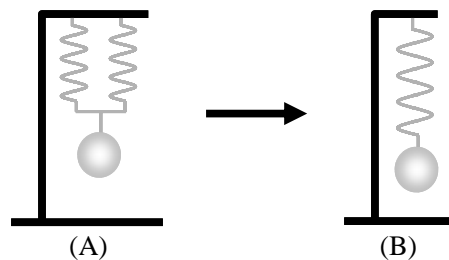


図3 ばねの伸びの観測実験の補助実験

習対象を十分に理解できない学習者には補助的な実験を提供し、理解を促す。また、実験の学習対象を理解できた学習者には応用的な実験を提供し、より深い理解を促す。以上のような支援を行う場合、二つの実験の順序関係を定義しておく必要がある。しかし、前述の通り、実験間の順序関係の一般的な定義はない。

本研究では、二つの実験間の関係と差分を関連付け、表1に示す知識表現として整理し、二つの実験の半順序関係の同定を行うモジュールを構築した。本モジュールの処理を図2に示す。まず、比較・差分抽出モジュールにより、二つの実験を比較し、各データの差異のある箇所を出力する。その出力を差分解釈モジュールが受け取り、表1に照らし合わせることで、二つの実験間の関係を解釈する。

図3に、ばねの伸びを観測する2つの実験を例として示す。これらのメタデータを本モジュールの入力とした場合、差分として「実験部品（ばね）の数の減少」、「観測対象となる部品（ばね）の数の減少」、「現象インスタンス（フックの法則）の数の減少」が抽出される。

この差分は表1の一行目に対応するため、図3の実験(B)は実験(A)の補助実験であると解釈することができる。

#### 4. おわりに

本稿では、仮想実験環境のメタデータの定義および実験の半順序同定の方法を示した。今後はメタデータを他分野へ対応させると共に、実験検索システムの構築を行い、知的仮想実験環境の実現を目指す予定である。

#### 参考文献

- [1] 竹内章, 吉田裕之, 藤田智之, 石橋和子: "知識の適用能力獲得のための知的学習環境の構成とバネ学習への応用", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J83-D-I No.6, pp.523-530 (2000).
- [2] 松原行宏, 富永浩之, 吉川善吾, 山崎敏範: "バーチャルリアリティ環境下での教科教育を考慮した発見的学習支援", 電子情報通信学会論文誌, D-I, Vol. J83-D-I No.10, pp.1109-1119 (2000).
- [3] 山根伸平, 國近秀信, 平嶋宗, 竹内章: "仮想実験環境のメタデータ", 教育システム情報学会第28回全国大会講演論文集, pp.199-200 (2003).

表1 実験の順序関係とメタデータの差分の対応関係

関係名	各データの差分				目的
	部品	構造	観測	性質	
補助実験	実験部品数 減少 or 同一	差異あり	観測対象数 減少	現象インスタンスの数 減少 現象インスタンス情報 同一 (既存のみ)	元の実験の理解の補助するための実験内容の簡易化
	実験部品数 減少		観測部品の数・情報 同一	現象インスタンス数 同一 現象インスタンス情報 同一 操作変数の減少	
応用実験	実験部品数 増加 or 同一	差異あり	観測対象数 増加	現象インスタンスの数 増加 現象インスタンス情報 同一 (既存のみ)	元の実験の応用的理解を促すための実験内容の複雑化
	実験部品数 増加		観測部品の数・情報 同一	現象インスタンス数 同一 現象インスタンス情報 同一 操作変数追加	
同一目的別実験	いずれかのデータに差異あり			現象インスタンス数 同一 現象インスタンス情報 同一	不特定
有関係別実験	実験部品情報 差異あり	差異あり	観測部品の数・情報 同一	現象インスタンス数 同一 現象インスタンス情報 差異あり	関連する別の法則性の学習
無関係実験	上記の差異に当てはまらない実験				