

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601
研究種目：奨励研究
研究期間：2019
課題番号：19H00246
研究課題名：機械学習による学生毎の CAD 操作履歴の特徴抽出と効果的な教育内容策定に関する研究
研究代表者
及川 和広 (OIKAWA Kazuhiro)
東京大学・技術専門員

交付決定額（研究期間全体）（直接経費）：540,000 円

研究成果の概要：CAD 学習の効果的な支援に CAD の操作履歴を利用する方法を提案した。初心者向け演習で収集した 134 名分の操作履歴ファイルを解析し、履歴を階層化し、課題ごとに n-gram 分析および TF-IDF 分析を行った。

その結果、直前の操作を取り消すコマンドに着目することで、操作者間の差異が検出できる可能性を示した。一方、操作中断やシステム障害等により操作履歴の取得ができないケースが相当数あり、正確な操作履歴の取得手段の確立が今後の課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CAD 学習の支援において従来行われてきたアンケートや CAD 認定試験など学習後の情報を用いるのではなく、CAD の操作を記録する操作履歴を用いることでリアルタイムの学習支援の可能性を示したことに意義がある。膨大なサイズの操作履歴を字句解析により階層化することで、定型的な操作履歴などと容易に比較できることを示した。初心者のつまずきの早期発見、適切な指導など従来教師が担った分野をコンピュータに支援させる可能性を示した。

研究分野：設計工学

キーワード：設計工学 CAD 教育 操作履歴 字句解析

1. 研究の目的

(1) 大学の機械系学科における 3 次元 CAD 初心者向け教育の策定とその教育効果を評価するために、従来用いられてきた事後アンケートや CAD 認定試験などによらず、学生が 3 次元 CAD を操作する度に取得できる操作履歴を機械学習によって CAD 操作の特徴・法則性を抽出すること。

(2) 操作履歴から特徴量を抽出し、操作熟練者の特徴・法則性と比較することにより、初期の違和感やつまずきに由来する特徴・法則性を見出し、学生ごとに効果的な CAD 教育方針を設定し、教育内容（適切な課題の分量・提示方法・内容選択など）を策定するための新たな教育手法の実現可能性を明らかにすること。

2. 研究成果

(1) 本研究では、SolidWorks (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation) バージョン 2015 を用いて東京大学工学部機械系学科学部 2 年生に対して実施した CAD 導入演習 (2018 年 10 月～2019 年 1 月) で収集した操作履歴を用いた。操作履歴の収集は、CAD 演習を実施した Windows 環境において VBA マクロ形式の SolidWorks ジャーナルファイル (SolidWorks Journal File、拡張子は「.swj」) を、ユーザーの移動プロファイルから抽出した。操作履歴が演習時間外に更新されて必要なデータが上書きされる事象を考慮して、抽出は移動プロファイルが記録されるサーバハードディスクのボリュームスナップ機能を使用して特定時間のバックアップから行った。収集したデータから重複を除去するなどの操作を実施し、結果として 134 名分、781 個のファイルを対象として分析を行った (図 1)。

なお、演習内容は、1 学年を 2 つのグループに分けて隔週で 5 回、1 回 210 分間で実施した。

	グループ	合計	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回
学生数（人）	グループ 1	66	63	44	43	43	42
	グループ 2	68	68	51	43	41	36
ファイル数（個）	グループ 1	376	101	71	74	59	71
	グループ 2	405	104	87	73	70	61

図 1 各回における学生数と収集した操作履歴ファイル数

（2）操作履歴ファイルは、メタ情報を含むヘッダーと、サブ関数の定義およびメイン関数のマクロコンテンツで構成される。本研究では、操作履歴を字句解析するために Lark パーサーを使用し、文法ファイルに従って操作履歴ファイルを解析した（図 2）

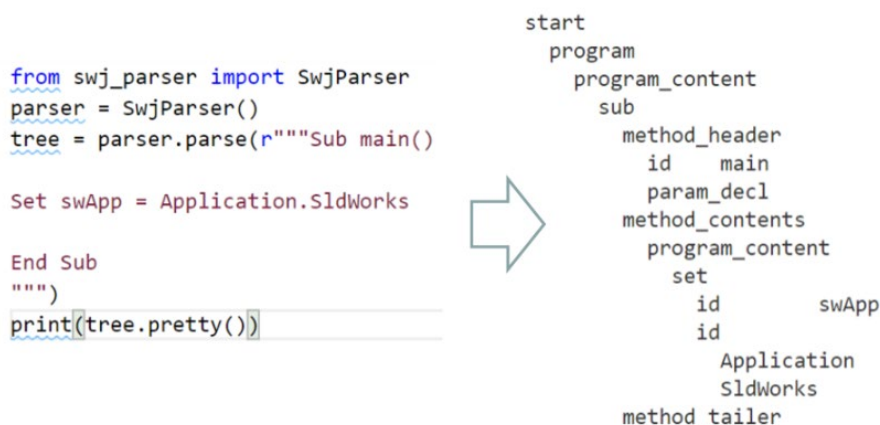


図 2 Lark により字句解析した操作履歴の例

（3）操作履歴の特徴を把握するために、N-gram（N = 1～6）により用語の頻度および出現パターンを解析した。操作履歴は CAD の操作順に記録されるので、コマンドの順序にはなんらかの関係性が見出せるはずである。

図 3 に、N=1 の結果、上位 6 位までのコマンドの出現頻度を示す。図中、回数は全ファイルにおける頻度の合計である。1 位である、3D モデルを画面上で見るときの回転移動コマンドの出現頻度は明確に多く、この傾向は 2-gram から 5-gram でも同様であった。これらのコマンドは、他のコマンドの検出を抑制すること、操作手順の大勢に影響を及ぼさないことが判明したので、以降の分析ではあらかじめ除去した。

コマンド	回数	関数の意味
myModelView.RotateAboutCenter	1933244	表示ウィンドウの中心に対してモデルを回転
myModelView.RotateAboutPoint	795436	表示ウィンドウの選択した点に対してモデルを回転
Part.Extension.SelectByID2	112300	指定したエンティティを選択
Part.ClearSelection2	67679	フィーチャー作成等のための選択リストをクリア
myModelView.TranslateBy	51276	表示ウィンドウのモデルビューを変換
Part.SketchManager.InsertSketch	11191	部品またはアセンブリに 2 次元スケッチを挿入

図 3 全ファイルの 1-gram 解析の結果（頻出用語の上位 6 個を示す）

（4）操作履歴に含まれる単語の重要度を評価するため TF-IDF 分析を実施した。本研究では、N-gram を単語、ジャーナルファイルをドキュメント、一連のジャーナルファイルをドキュメントのセットと仮定して、TF-IDF を N-gram データに適用した。1-gram の TF-IDF は個人の特徴量を表す可能性があるが、学生間の差異と TF-IDF の間には明白な関係を見出すことはできなかった。そこで、実行した操作を取り消しひとつ前の状態に戻すコマンド“EditUndo2”の出現頻度に着目した。このコマンドは、理想的な操作履歴にはほとんど記録されない。

“EditUndo2”の直前で実行されたコマンドの頻度上位 5 位抽出したところ、スケッチの挿入を

示す” InsertSketch “、選択アイテムの削除を示す” EditDelete” などが抽出され、これらはおおむね演習で扱う操作手順の複雑さに比例して頻度が増えることがわかり、グループ間でも同様の傾向が得られた。一方、記録に残らない中断等で分析は十分とはいえ、個別の学生について差異を明らかにする特徴量の抽出には至らなかった。

操作履歴を可能な限り正確に記録するための手法の開発、コマンドの引数までを対象としてなにを意図した操作であったのかを推定するための手法の拡張が今後の課題である。

3. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計 2 件（1 件は予定。1 件は新型コロナウイルスの影響による講演会中止のため取消。2 件共採択済））

Kaoru KITAJIMA, Kazuhiro OIKAWA, Tamotsu MURAKAMI: Study on Feature Analysis of CAD Operation Log and Its Application, The 5th International Conference on Design Engineering and Science, ICDES 2020, Kitakyushu, Japan, November 3-5, 2020.（予定）

及川和広, 北島薫, 村上存: CAD 操作履歴の特徴理解およびその応用に関する研究, 日本設計工学会 2020 年度春季大会研究発表講演会, 明星大学.（講演会中止による取消）

4. 研究組織

研究協力者

研究協力者氏名：村上 存

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。