

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17104

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560115

研究課題名(和文) 実験アニメーション作成のための動作の美化による直接操作インタフェース

研究課題名(英文) A Direct Manipulation Interface for Authoring Animations of Science Experiments via Motion Beautification

研究代表者

乃万 司 (NOMA, Tsukasa)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：60228351

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：理科実験の映像教材を制作する際に、実写ではなく、コンピュータアニメーションで制作するためのシステムを開発する。このようなシステムは、一般教員にも制作できることと、誤解を与えず実験の内容を正確に伝えるため、必要以上のリアリティを排除することが必要である。そこで、(実験器具等の)動作データをキャプチャし、その動作データから意図を推測し、美化されたアニメーションを制作する仕組みを開発した。

研究成果の概要(英文)：For producing video teaching materials of science experiments, we develop an authoring system via computer animation instead of live-action. The system should fulfill the two requirements: (1) Even novice users including science teachers can use the system, and (2) the resulting animations do not have excess reality to accurately convey the contents of target experiments via animation. We then developed a mechanism where motions of laboratory equipment are captured, the intentions of operations are recognized, and the beautified animations are generated.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：eラーニング ビデオ教材 アニメーション 理科実験 直接操作

1. 研究開始当初の背景

(1) 理科実験教材としてのアニメーションの利点と制作の困難性

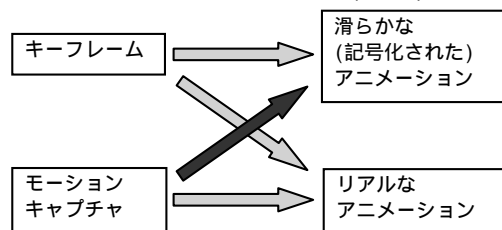
近年 e ラーニングやマルチメディア教材の開発が盛んである。その中で、理科実験の手順や（予想される）結果を説明するためには映像化が有効である。しかし、ビデオで実験の様子を撮影しようとしても、実験の過程や結果がわかるように、たとえば照明などを調整してビデオ撮影するのは大変な作業である。この問題を解決するには、実写ではなく、コンピュータアニメーションを利用することが有効である。しかし、実験の操作などをアニメーション化するために、既存のアニメーションソフトを使用して、一般の理科教員が実験のアニメーションをすることはほとんど不可能であろう。

(2) 一般教員が制作可能な方式

一般教員は、アニメーション作成には慣れていなくても、実験の操作には慣れているはずである。教員に実際に実験の操作（のシミュレーション）をさせ、それをキャプチャすることができれば、操作内容とタイミングとを一度に入力することができ、最も容易な入力方式となる。

(3) キャプチャされた動作の美化の必要性

古典的なコンピュータアニメーションでは、キーフレーム（主要なコマ）だけを入力し、それらを補間して作成された。こうして作られるアニメーションは滑らかであるが、リアルとはいえない(図)。そこで、映画制作などでは、実際の人間の動作を測定（モーションキャプチャ）し、そのままデータを利用することで、リアルなアニメーションを作成するようになった(図)。さらにキーフレームなど抽象的な記述からうまくキャプチャデータを検索し、リアルなアニメーションを作成する技術が開発された(図)。



しかし、手順を説明するアニメーションには、映画のようなリアリティが邪魔な場合が多い。実験の説明でも、手の震えや操作の遅れない滑らかな（記号化された）動作で表現されなければならない。しかし、このような技術は、従来のアニメーション研究では考えられていなかった(図)。

2. 研究の目的

本研究は、理科実験の手順や結果を説明するアニメーションを、学校の教員などが直接その実験の操作を行い、それをキャプチャすることで、アニメーション化しようとするものである。しかし、従来のアニメーション技術では、このような方法では教員（操作者）の手の震えや操作の遅れなどがそのまま再現され、学生が見て教員の意図する操作を理解できるような実用的なアニメーションは作成できなかった。そこで本研究では、教員の動作の意図を読み取り、動作データを「美化」することによって、実用的なアニメーションの作成を可能にしようとするものである。

3. 研究の方法

(1) 化学実験環境の整備

化学の実験を対象として、動作をキャプチャするため、化学実験の操作が可能な環境（スタンド、ピーカー、フラスコ、試験管、バーナーなど）を整備する。

(2) 実験操作する手と実験器具のキャプチャ技術の検討

手と実験器具にマーカを貼付し、マーカ付きキャプチャの技術を利用して、手と器具の位置をキャプチャする。手については、その指の動作をすべてキャプチャするのではなく、操作の意図を抽出すればよいレベルとする。

(3) 操作（動作）データの美化アルゴリズムの開発

(2)で測定した操作データをもとに、操作データの美化に取り組む。従来から美化に関わる様々な研究が報告されており、これらを体系付け、本研究での方式を決定する。

(4) 実験アニメーションに必要な補助機能の開発と試料のキャプチャの検討

実験アニメーションを作成するには、液体の移動や様々な変色などの現象を表現することが必要である。これらはキャプチャが困難であることが予想されるため、アニメーションシステム上で入力させることが考えられるが、固体や液体の一部は、実際に実験環境に導入し、キャプチャができないかどうかを検討・実験する。

(5) プロトタイプの構築と実験

プロトタイプシステムを構築し、コンテンツ作成の実験を行う。

4. 研究成果

(1) 動作データ美化のレベル

従来から、動作の美化に関わる様々な手法が提案されており、局所的な手法から大域的な手法までを列挙すると次のようになる。

動作の平滑化 (Smoothing)
動作の局所的変形 (Warping)
動作の不要部の除去と接続 (一種の編集操作)
動作の認識と (標準的動作データの) 再生
(動作の認識と (再)生成の場合を含む)
動作の認識と IK による (単純な) 補間
動作の認識と補間時の強調 (Motion Filter)
動作の認識と静止画列での表現

検討の結果、～の方法では十分な美化は不可能であり、本研究では、動作の認識と標準的動作データの再生による手法を用いることとした。

(2) 手と実験器具の動作キャプチャ

実験器具の動作キャプチャ

実験器具にマーカを貼付し、AR の技術を用いて、実験器具の動きのキャプチャした。

実験器具の動作とその判定

実験器具を実験台上に置いているか否か、実験器具を傾けているか否か、実験器具を静止させているか否か、実験器具を (攪拌などのために) 振っているか否か等を測定 / 判定することを可能にした。これらは、次の(3)で得られた単位動作の条件に合致させている。

手の動作キャプチャ

手については、いわゆるデータグローブのように、すべての手指の関節角度を取得するのではなく、器具の種類によって、把持する際の手の形は限られていることから、あらかじめ器具と把持の方法との対応表を作成しておき、少ないマーカでのキャプチャを可能にする方針で進めた。しかし、この程度の情報は、(2)と(3)を通して、実験器具の動作のみから認識可能であるとの判断から、本研究では、実験器具のみのキャプチャに集中することにした。

(3) 実験の単位動作の認識と生成

実験の単位動作の抽出

実験では一般に、操作者は、「ピーカーを三脚の上に乗せた」や「フラスコを振った」といった意味のある動作を順に実行することによって実験を遂行するものと考えられることができる。そこで、まず理科の教科書などから、実際の実験の手順で、どのような単位動作が存在するかを抽出した。

実験の単位動作の認識

で抽出した単位動作を、主に器具の動きから抽出することを考え、実験器具等にマーカを貼付することにより、20種類の単位動作を識別できるようにした。単位動作の例を下表に示す。

(例) 試験管に対する単位動作 (抜粋)

器具の動作	単位動作
受容器 (内容物を受けられる器具) の近くかつ上方で傾けられた	内容物を移した
他の器具が近くかつ上方で傾いた	内容物を移された
(固定されていない状態で) 小刻みに動かされた	器具を振った
攪拌棒が上で小刻みに動いた	内容物を攪拌された

認識される単位動作は「A が B に C した」という形式であり、それぞれ A, B は本システムで使用できる実験器具に、C は単位動作の種類に相当する。

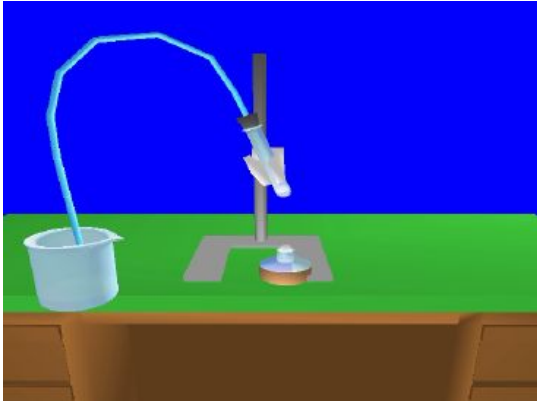
単位動作の接続による実験アニメーション化

その識別した基本動作を順に 3D アニメーション化することにより、雑音を排除した単純な実験アニメーションを生成することができた。

単位動作の挿入・削除による編集

どうしてもキャプチャが困難な動きは存在するので、そのような単位動作については、挿入・削除できるようにし、一種の編集を可能にした。

ここまでの成果を用いて表示した実験アニメーションの初期設定の表示例を以下に示す。



(4) 試料のキャプチャ

液体や固体（粉末）などのキャプチャも検討したが、計算機環境の安全性や安定したキャプチャなどの面で困難であるとの結論に達し、他の対話デバイスを併用して直接入力する方針に変更した。

(5) 人体の表示

本研究では、当初は、手あるいは人体もキャプチャしてアニメーション化する予定であったが、研究途中から、実験器具のみのキャプチャから操作の意図を推測し、それを操作する人体（特に手）は、その意図をもとに適切な動作を生成し表示を行う方針に変更した。

実験の結果、手や人体の表示はできるが、実験のアニメーションでは、重要なのは実験の操作内容そのものであり、人体の動きではない。手や人体を表示することで、かえって操作内容が隠れて表示できないことがあり、その問題は未解決である。

(6) 今後の展開：プロトタイプと実験

上記の機能は、それぞれ個別に実現され、まだ一つのシステムとして機能していない。当初はプロトタイプシステムを実現し、実際にアニメーションコンテンツを作成する予定であったが、研究代表者の体調等の問題により、システムは完成に至らなかった。今後は現有の資源を利用して、プロトタイプの実現から実現までを引き続き進める。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

乃万司，山本邦雄，賀勢征司，馬場博巳，操作の教示のための動作の美化，Visual Computing ワークショップ 2013，

玄海口イヤルホテル，2013年11月30日～12月1日。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

乃万 司 (NOMA, Tsukasa)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：60228351

(2) 研究分担者

山本 邦雄 (YAMAMOTO, Kunio)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：90363407

(3) 連携研究者

馬場 博巳 (BABA, Hiromi)

近畿大学・産業理工学部・講師

研究者番号：60284593