

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 8 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500124

研究課題名(和文)力覚提示可能な3次元Webシステムの構築に関する研究

研究課題名(英文)Construction of A 3D Web System Capable of Displaying Force Feedback

研究代表者

井門 俊 (IDO, Shun)

愛媛大学・理工学研究科・講師

研究者番号：20304652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円、(間接経費) 480,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、特に、ユーザが手で触る対象となる3次元仮想物体の表現については重点的に研究開発を行った。仮想世界において3次元仮想物体は主にポリゴンで表現されるが、ポリゴン数が多くなると処理時間も増加するため、実時間処理を必要とする力覚インタラクションの適用が困難となる。これまでの研究では、物体表面の凹凸をテクスチャで表現することで、物体を構成するポリゴン数を減らして処理時間の増加を抑えている。しかし、従来法では物体がポリゴンの2箇所以上を同時に触れた場合に対応できないため、インタラクションが困難である。そこで、複数の画素それぞれに格納した情報を統合する複数画素参照法を提案した。

研究成果の概要(英文)：An increase in polygons on virtual objects causes the delay of the simulation, and as a result, it is difficult to handle haptic interactions which need real-time processing in virtual worlds. In previous studies, some methods have it enable to reduce the number of polygons on objects by representing the roughness of objects surfaces as textures, and as a result they made it possible to reduce processing time. In these conventional methods, however, it is difficult to simulate the interaction of an arbitrary-shaped object with pseudo-roughness.

In order to solve these problems, we propose a plural pixels reference method, which is an interaction method of merging some pixel values of textures, and it skips the process of copy polygons from the pixels of textures.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景

近年のバーチャルリアリティ（VR）技術においては、視覚や聴覚だけではなく、仮想物体を手で触ったときの感触や手に感じる力、すなわち、触覚や力覚についての研究が盛んに研究されてきている。触覚や力覚の提示は、ユーザとVR空間内の仮想物体とのインタラクションに非常に有効であり、仮想物体の認識や操作性の向上に大きく貢献する技術として注目されている。

力覚の提示、すなわち、ユーザと仮想物体とのインタラクションにおいては、力覚を提示する装置が重要な役割を果たす。例えば、視覚や聴覚の提示が、液晶モニター・プロジェクターなどの視覚ディスプレイや、スピーカ・アンプといった音響装置の性能に大きく依存するのと同様に、力覚提示においては、力覚提示装置が重要なキーデバイスとなる。この力覚提示装置は、価格面などから一般ユーザにはまだ十分に普及しているとは言い難いが、例えば、SPIDARやPHANTOMといったデバイスが開発され、よりリアルなVR環境の構築に貢献している。

こうしたデバイスに関する技術は、コンピュータとのインタラクションの幅を、従来の視・聴覚だけではなく、触覚や力覚にまで拡張することを可能とする技術として多種多様な分野から注目されており、体感型のアミューズメントから工業用途のモデリングシステムや手術シミュレーションまで、種々の分野への応用が進められている。しかし、通常これらの分野での応用アプリケーションの開発および稼働は、力覚提示装置単体のみで実現されるものではなく、装置とアプリケーションとの間に、API（Application Programming Interface）と呼ばれるインタフェースがあってはじめて可能となる。例えば、前述の力覚提示装置SPIDARとアプリケーションとの間には、

SPRINGHEAD や空間GUIシステムといったAPIが必要となる。

APIを用いたアプリケーションを開発するためには、装置やAPIの特性についての学習や、VR空間を構築するために必要なパラメータの学習が不可欠である。そのため、あまり力覚提示装置や対応するAPIに関して知識がない通常のユーザにとっては、APIの部分を開発するために、ある一定の学習期間、もしくは、またある程度のプログラミングスキルが要求される。本来の業務であるアプリケーション開発において、このようなアプリケーション本体に直接関係のない難易度の高い作業を行うことは、開発効率を下げると同時に、アプリケーションそのものの創造性をも失うことになるであろう。

すなわち、初心者でも自由に、かつ容易にVR空間を構築できるような環境を提供するためには、極力このAPIに関する部分を自動化することが望ましいのである。

このような背景の下、申請者らは、初心者でも手軽にVR空間を構築できるように、VR構築クリエイターにおける支援ソフトを開発してきた。まず、力覚を有するコンテンツ開発を容易に行えるようにするために、ユーザが効率よく力覚提示装置用APIを学習・活用できる方法について研究してきた。さらに、方法の有用性を検証するために、「力覚提示装置用APIの学習支援システムの構築」を行い、アプリケーション開発者（クリエイター）に対して効率の良い開発ができるVR開発環境を提供することに成功し、その成果を国内外の学会において発表してきた。

一方、構築されたVR環境を利用する側の視点から見てみると、画像や音楽、動画を用いた数多くのWEBコンテンツやWEB3D技術により、多種多様なコンテンツが提供されるようになってきている。これ

までの研究において、申請者らは、開発者（クリエイター）側に対して意義のあるVR開発環境を提供してきたが、同時に、利用者側に対しても従来以上に質の高いコンテンツを提供する必要があるのではないだろうか。

以上のように、申請者らは、これまで研究をしてきた力覚技術を、爆発的に普及しているWEBページコンテンツとして組み込むこと、すなわち「力を感じるWEBページシステムの構築」を提案するに至った。

(2) 国内外の研究動向

力を感じるができるWEBページの先駆けとしては、Immersion社がWEB上で力を感じるができるソフトウェアとしてFEELtheWEBを開発している。このソフトウェアは、Logitech社のiFeelマウスなど、いくつかのフォースフィードバック対応デバイスを対象としたシステムである。しかし、このソフトウェアは、マウスがリンク上に来た場合に振動するなど情報の重要度等を考慮に入れていない。一方、3次元WEBコンテンツに力覚を組み込んだシステムとして、美術館をウォークスルーすることができるHaptic Museumや、VRMLファイルを読み込みPHANToMで触れることができるシステムなどがある。しかし、いずれも特定のファイルフォーマットや装置に依存したものとなっており、汎用的であるとはいえない。

そこで本研究では、汎用性を重視してより多くの場面での応用が可能なシステムを提案する。本システムでは、複数の力覚提示装置に対応可能であり、かつ情報の重要度に応じた力覚を自動的に設定・提示することが可能である。具体的には、複数の装置を制御することが可能なデバイス管理アプリケーションの開発、既存のWEBページに力覚を発生させることが可能なWebブラウザの開発、発生させる力覚をWEBペ

ージ解析やユーザの行動履歴により自動的に決定するシステムを構築する。

(3) 何をどこまで明らかにしようとするのか

先に述べたように、これまでは、力覚を有するコンテンツ開発を支援するシステムの構築を行ってきた。しかし、これらの支援システムは、プログラミングやWEBコンテンツ作成の経験が多少なりともあるユーザを支援するためのものとなっており、プログラミング経験が全くないユーザにとってはやはり多少の熟練が必要となる。また、HTML文書やWEB3Dコンテンツに関しては、既存のコンテンツに対しても容易に組み込むことはできるものの、現存する何十億ものHTML文書の全てを書き換えることは容易ではない。

そこで本研究では、まず、既存のWEBコンテンツであっても、変更を行うことなく力を感じるができるWEB環境の実現を目指す。そのために解決すべき点としては、WEBページを解析し、項目の重要度に応じた力覚を自動的に設定・提示するシステムを実現することである。

また、申請者らが開発し構築を行ってきた現在のシステムでは、膨大な量のWEBページ全てに対して、力を感じるWEBページとして提供することは困難である。既存のWEBページにおいても力覚を発生させるためには、WEBページの解析を行い、情報の重要度による力覚提示が新たに必要となる。そこで、独自WEBブラウザを開発し、WEBページの検索機能やユーザの行動履歴の解析を行い、既存のWEBページに自動的に重要度に応じた力覚を発生させることを計画している。

(4) 学術的な特色

HTML文書やShockwave3Dコンテンツに力覚を組み込むことができるシステムを提供することにより、力覚提示装置やその

APIに関する知識が無いWEBコンテンツ製作者であっても、容易に力覚を有するWEBコンテンツの開発が可能となると考えられる。特色としては、その応用範囲の広さにあると考えている。本研究が適用できる場面は、ネットショッピングやオンライン株取引など、オンラインの入力システムがあるものはもちろん、通常のブラウジングにおいても注意喚起等のコメントへのカーソル誘導なども上げられる。Web2.0の発展からも予想されるように、今後ますます本研究が適用できる場面は増加すると予想できる。

2. 研究の目的

バーチャルリアリティ（VR）技術において、仮想物体を手で触ったときの感触や手に感じる力、すなわち、触覚や力覚についての研究が盛んに研究されてきている。触覚や力覚の提示は、ユーザとVR空間内の仮想物体とのインタラクションに非常に有効であり、仮想物体の認識や操作性の向上に大きく貢献する技術として注目されている。申請者らはこれまで、力覚に関して、開発者（クリエイター）側に対して意義あるVR開発環境を提案してきたが、本研究では、利用者側に対しても、同時に、従来以上に質の高いコンテンツを提供すべく、爆発的に普及しているWEBページコンテンツとして力覚情報を組み込み、「力を感じるWEBページシステム」を構築する。

3. 研究の方法

A. WEBブラウザ開発

既存のWEBページで力覚を発生させるためには、以下の機能が必要である。

- [1] WEBページの取得
- [2] WEBページの解析（ボタンやリンクの有無・位置情報等）
- [3] WEBページの表示
- [4] ユーザの操作情報の取得（マウスカーソルがWEBブラウザ上のどこにあるか

等)

[5]ユーザの操作に対応した力覚提示(マウスカーソルがボタン上にある場合に力覚発生等)

以上の機能を実現させるためには、独自ブラウザの開発、もしくは、既存WEBブラウザのプラグインの作成を行うことが不可欠である。本研究では、まず、既存のWEBブラウザについての調査を行い、調査結果に基づき独自ブラウザの仕様を決定し、設計・実装を行う。

B. WEBページ解析システムの構築

WEBブラウザ開発により、力覚を有するWEBページ環境は実現することはできる。しかし、上記のシステムでは、ただ単にリンクやボタン上にマウスカーソルがある場合に力覚を発生させるだけであり、セキュリティ上問題がある場合に強い力覚を発生させ注意喚起を行うことや、誤った数値を入力した場合に警告を行うといったことはできない。

そこで、WEBページの解析やユーザの行動解析を行い、不自然な操作や安全でないWEBページを検出した場合には、情報の重要度に応じた力覚を自動的に提示するシステムを提案する。

C. システムの評価

力覚によるWEB環境の安全性の向上や、本システムによるユーザの利便性の向上についての評価を行う。被験者を用いた評価実験により、誤操作の抑止やインタラクティブなWEBページ閲覧が可能かどうか等を評価する。また、自動的に設定した力覚の正確性や速度等の評価を行う。

D. 応用システムの開発

応用システムとして、WEBページの解析やユーザの行動解析を行い、不自然な操作や安全でないWEBページを検出した場合には、情報の重要度に応じた力覚を自動的に提示するシステムを提案する。具体的

には、ユーザが入力するデータや数値をデータベースに記録・解析し、通常と大きく異なったデータや数値を入力した場合には警告を行うことや、WEBページ解析を行い、セキュリティ認証や安全性の確認できないプログラムのインストール時には力覚による確認を行うシステムを構築する。

4. 研究成果

本研究では、特に、ユーザが手で触る対象となる3次元仮想物体の表現については重点的に研究開発を行った。仮想世界において3次元仮想物体は主にポリゴンで表現されるが、ポリゴン数が多くなると処理時間も増加するため、実時間処理を必要とする力覚インタラクションの適用が困難となる。これまでの研究では、物体表面の凹凸をテクスチャで表現することで、物体を構成するポリゴン数を減らして処理時間の増加を抑えている。しかし、従来法では物体がポリゴンの2箇所以上を同時に触れた場合に対応できないため、テクスチャで表現した凹凸と任意形状の物体とのインタラクションが困難である。そこで、1画素の情報から新たにポリゴンを生成して力を計算している従来法に対し、複数の画素それぞれに格納した情報を統合する複数画素参照法を提案した。

なお、本研究の最終目標である力を感じるWEBシステムの基礎となるシステム構築に関しても、既存のブラウザの拡張を行うなどの方法で、おおむね開発することができた。

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1件)

山岡 井門, 「任意形状との力覚インタラクションを考慮した擬似凹凸の生成」, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J96-A, No. 8, pp.582-589 (2013)

〔学会発表〕(計1件)

山岡 井門, 「擬似凹凸における滑らかな力覚を提示可能なテクスチャサイズの調整」, 電気学会知覚情報研究会, 東京 (2014)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井門 俊 (ID0, Shun)

愛媛大学・大学院理工学研究科・講師

研究者番号: 20304652