

実世界における「触感」を提供するポリウムベース臨場感通信に関する研究開発 (051307017)

研究代表者

田中 弘美 立命館大学大学院理工学研究科

Hiromi Tanaka, Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering

研究分担者

平井 慎一[†] 田中 覚[†] 鳥山 寿之[†] 島田 伸敬[†] 陳 延偉[†] 李 周浩[†]
森川 茂廣^{††} 来見 良誠^{††} 才脇 直樹^{†††} Huynh Quang Huy Viet^{††††} 山口 哲^{††††}
Shinichi Hirai[†] Satoshi Tanaka^{††} Toshiyuki Toriyama[†] Nobutaka Shimada^{††} Yen-Wei Chen^{††}
Jo-Hoo Lee^{††} Shigehiro Morikawa^{†††} Yoshimasa Kurumi^{†††} Naoki Saiwaki^{††††}

Huynh Quang Huy Viet^{†††††} Satoshi Yamaguchi^{††††††}

[†]立命館大学大学院理工学研究科 ^{††}滋賀医科大学医学部 ^{†††}奈良女子大学

^{††††}立命館大学総合理工学研究機構

[†]Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University,

^{††}Shiga University of Medical Science ^{†††}Nara Women University

^{††††}Research Organization of Science and Engineering, Ritsumeikan University

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

遠隔地間で 1000Hz の触覚を共有するハプティックコミュニケーションを実現するための、パラメータ同期交信型のポリウムベース臨場感通信の研究を推進した。各地点で同一の対象柔軟物の適応的ポリウムモデルとシミュレーションプログラムを持ち、各地点での操作パラメータのみを交信し、各地点での同一の物理ベースオンラインリメッシュモデルを用いた変形シミュレーションにより 1000Hz の触覚提示を実現した。これらの実証実験として、滋賀医大と立命館大間(約 2 キロ)と大阪大学と立命館大間(約 50 キロ)で、遠隔穿刺シミュレーション実験を行い、ポリウムベース臨場感通信の基盤を構築した。

Abstract

We have developed a novel volume-based haptic communication system, which allows participants at remote sites on the network to simultaneously interact with the same target object in virtual environments, by only exchanging a small set of manipulation parameters for the target object. We first developed an online-remesh volume model, we call dynamic adaptive grids, for simulating deformable objects such as soft tissues in each remote site. Then haptic sensation during interaction with the target object, is achieved by rendering the reflection force from the object, simulated with the online-remesh volume model from the manipulation parameters exchanged among all remote sites.

1. まえがき

遠隔多地点間で実世界と同様に対象に「触感/触覚」を共有するハプティックコミュニケーションの実現が期待されている。しかし、触覚の提示のためには 1000Hz 程度の高いサンプリングレートが必要であり、従来の膨大なポリウムデータを送受信する方法では、遠隔地間で 1000 Hz の触覚を共有することは極めて困難である。

そこで本研究開発では、パラメータ交信型のポリウムベース臨場感通信の基盤を構築することを目的とした。そのために、遠隔多地点間で、①効率よく対象の内部を表す、適応的ポリウムモデリング法およびレンダリング法、②実世界の現象を観察して、皮膚の弾力を表すような物理特性を自動獲得する、リアリティベース・柔軟物体モデリング法、③実世界の現象を物理ベースシミュレーションにより忠実にリアルタイムに再現する、適応的ポリウムモデルのオンラインリメッシュ法、④これらをリアルタイムで動かすため、最少パラメータ交信手法を開発した。

これらの実証実験として、滋賀医大と立命館大間(約 2 キロ)と大阪大学と立命館大間(約 50 キロ)で、遠隔穿刺シミュレーション実験を行った。その結果、1000 Hz の触覚提示を実現し(2007 年 10 月現在)、パラメータ同期交信型

のポリウムベース臨場感通信の基盤を構築した。

2. 研究内容及び成果

・ポリウムデータの適応的モデリング・レンダリングの研究

医用断層画像などから得られポリウムデータは膨大であり効率的にタスクを行うために、

(1)「静的な」特徴変化に適応的な多重解像度の Adaptive Grid、
(2)柔軟物体の変形に応じて、動的に局所的に格子点を挿入および削減する、物理ベースの動的適応的ポリウムモデル(オンラインリメッシュ法とよばれる)を実現した(図1)。

最近提案された唯一のオンラインリメッシュ法の先行研究と比較して、メッシュの品質もより高品位で大幅な高速化($O(n^3)$ を $O(n \log n)$ にコストダウン)を実現した。さらに、適応的ポリウムモデルのような非構造格子ポリウムデータの高速高精細可視化のための、(3)適応的非線形補間「Volume MPU(Multi-level Partition Implicit)法」と、(4)微細構造を詳細に可視化できる「Metropolis ポリウム・サンプリング法」を開発した(IEEE Visualization 2006で発表)。

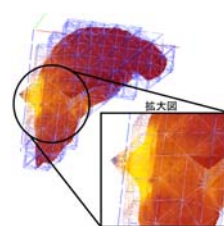


図1 オンラインリメッシュモデル

・内部の変形挙動観測に基づくリアリティベース・レオロジー物体モデリングの研究

生体組織の初期状態と変形状態をMR装置で撮像し、(1)生体組織の変形を、MR画像間の相互情報量と相関値を用いるマッチングから推定する方法と、(2)予め変形特性が知られているテストピースで生体組織を変形させ、生体組織とテストピースの双方の内部変形を計測し、それらの計測結果から非一様変形特性を推定する手法を開発した。

・リアリティベース変形/切断シミュレーションの研究

動的かつ適応的に格子点を移動あるいは増減する、二分割二統合型オンラインリメッシュモデルに基づく、物理ベースの(1)適応的変形シミュレーションと、(2)適応的切断シミュレーションを開発した。図2に、サーフェスベースとボリウムベースの適応的切断シミュレーション結果を示す。物理シミュレーションの結果に基づいて、牽引による張力の強さ(赤部分が張力が大)を色付けし呈示する。

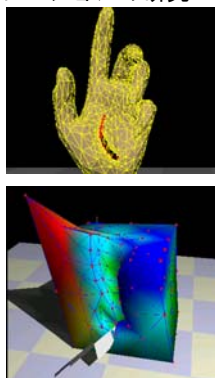


図2 オンライン適応的切断シミュレーション

・パラメータ交信型ボリウムベース臨場感通信システム

以上の研究成果を統合し、遠隔地点間における操作パラメータ同期交信型のボリウムベース臨場感通信システムの実験基盤を構築し、図3に示す、ボリウムベース臨場感通信実験において、立命館大、滋賀医大、大阪大学の3地点(当初目標は2地点)間で少数の操作パラメータを交信し、対話的に変形と切断をシミュレーションし高速視触覚提示する性能を達成した。



図3 パラメータ交信型のボリウムベース臨場感通信

本システムでは、図3に示すように、各地点で同一の変形を伴う柔軟なボリウムモデルを持ち、最少の操作パラメータのみを送受信し、これらのパラメータに応じて変形と反力を算出し、1000Hzの触覚提示を実現する。

まず、各地点での操作の同期をとるために、各地点から世界時間のタイムスタンプを添付した操作パラメータを同期用サーバに集める。サーバは世界タイムスタンプに従って同期をとった全地点での操作パラメータを各地点に同時配信する。これより各地点において同一の変形シミュレーションプログラムによる変形状態の同期を実現する。同期用サーバを除く各PCには1台ずつハプティックデバイス(PHANTOM Omni[1])が接続されており、各地点のユーザは、ペン型のインタフェースを操作することにより仮想空間内の物体に対して任意の1点を引く/押すことができる。また、各ユーザは同時に物体に対してインタラ

クション可能であり、互いの操作による相互作用の結果が各地点のハプティックデバイスにより提示される。

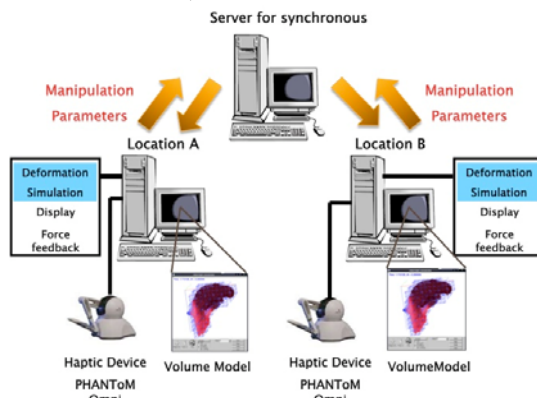


図3 パラメータ交信型システム構成

3. むすび

遠隔地で 1000Hz の触覚を共有するハプティックコミュニケーションを実現するための、オンラインリメッシュボリウムモデルを用いたパラメータ同期交信型のボリウムベース臨場感通信を実現した。滋賀医大と立命館大間(約2キロ)と大阪大学と立命館大間(約50キロ)で、遠隔穿刺シミュレーション実証実験から 1000Hz 触覚提示を達成した。今後はこれらのシミュレーション結果を、医師と共同で安全で効果的な手術訓練に活かせるようなコンピュータ支援の研究を推進する予定である。

【誌上発表リスト】

- [1] 高間康文、辻野圭則、堀洋介、田中弘美、「柔軟物体の適応的四面体ボリウムメッシュのオンラインリメッシュ法」、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.13、No.1、pp.69-78、2008.
- [2] 高間康文、木村彰徳、田中弘美、「ボリウムデータの適応的四面体メッシュ表現並列生成アルゴリズム」、情報学会論文誌、Vol.48、No.SIG9、pp.67-78、2007.
- [3] S.Yamaguchi, H.T. Tanaka: "Toward Real-time Volume-based Haptic Communication with Realistic Sensation", IEEE Int. Conf. on IROS2007, pp.97-104, October, 2007

【申請特許リスト】

- [1] 陳延偉、徐睿、森川茂廣、来見良誠:「画像処理装置、コンピュータプログラム、及び画像処理方法」出願番号: 2006-351320、日本、出願日: 2007/7/27
- [2] 陳延偉、柴田幸一、三品幸男:「IVR 画像の画質改善法」出願番号: 特願 2007-195693、日本、出願日: 2007/7/27
- [3] 発明者: 田中弘美、ヴィエト、辻野圭則:「二分割二統合に基づく実時間適応四面体メッシュを用いたレオロジー物体の変形シミュレーション方法及びその変形シミュレーションプログラム」、日本、出願日: 2007/1/1

【受賞リスト】

- [1] 来見良誠、『手術支援 4次元画像を用いた肝臓治療』第17回日本肝胆膵外科学会、会長賞、2005年6月9日
- [2] 来見良誠、第18回日本肝胆膵外科学会、『傾斜磁場置検出センサによるリアルタイムMRナビゲーションシステム視システムの有用性』会長賞、2006年3月29日

【報道発表リスト】

- [1] 田中弘美、「遠隔地でも触覚」、日刊工業新聞、2007年7月6日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://cv.ci.ritsumei.ac.jp/SCOPE>