

# Haptic Device を用いた計算科学シミュレーション

電気通信大学 電気通信学部 情報工学科 成見研究室

0811098 御崎淳

## 1 はじめに

これまでの計算科学シミュレーションの出力や、さまざまな測定の結果の表現は、視覚的なものが多かった。ところが、人間が認識可能な視覚的な情報量は限られているため、視覚以外の情報も提示することで、より正確に情報を伝えられる可能性がある。

そこで、Haptic Device (力覚フィードバックインタフェース) を使ってシミュレーション結果を視覚と力覚で表現し、今までよりもわかりやすく計算科学シミュレーションを行うことをこの研究の目標とする。視覚と触覚を組み合わせれば、視覚だけに比べて多くの情報を出力でき、ユーザーに結果をより正確に伝えることができる。また、視覚と違って触覚に内在するインタラクティブ性を加えることで、ユーザーに深い理解や新たな発見を促すことができる可能性がある。

## 2 Haptic Device の特徴



図 1 PHANTOM OMNI [1]

表 1 PHANTOM OMNI のスペック [1]

可動範囲	160 W × 120 H × 70 D mm
位置分解能	0.055 mm
最大力覚	3.3 N
インターフェイス	IEEE-1394 FireWire port
価格	199,500 円

本研究では Haptic Device として Sensable 社の PHANTOM Omni を使用する。これは電動モーターによって 3 次元に動く棒を握ったユーザーに、力の方向と大きさを伝えることができる装置である (図 1)。仮想



図 2 ゲーム用コントローラーの例 [2]

の物体の表面に触ることもできる。表 1 にスペックを示した。一般のユーザーが気軽に買える価格ではないが、セットアップや OpenGL の知識があればプログラムが容易にでき、研究に使いやすい。

その他にもゲーム用のコントローラーなどでも Haptic Device は使われている (図 2)。

## 3 研究手法

OPENHAPTICS TOOLKIT を使う [3]。OPENHAPTICS TOOLKIT には、Quick Haptics micro API、Haptic Device API、Haptic Library API がある。

Quick Haptics micro API は簡単にプログラムが書けるが、OpenGL と組み合わせることができない。

Haptic Device API はこのデバイスに最適化された API で細かい制御ができるが、複雑で OpenGL と組み合わせにくい。

本研究では、Haptic Library API を使って力覚フィードバック機能をプログラムする。このプログラムはまず、OpenGL でグラフィックを作り、次に力覚を作る (次ページ図 3)。力覚は矢印でグラフィックにも表示する。矢印の方向と長さで、ユーザーは力の方向と大きさが視覚的にも確認できる。この API はグラフィックに OpenGL が使えるので、既存のシミュレーションに力覚を追加しやすい。

## 4 これまでの研究

強磁性磁気円盤にスピン偏極電流をかけたときの円盤に働く力を Haptic Device で表現した [4]。円盤には磁化の相互作用により様々な方向に力が働き、それが時間

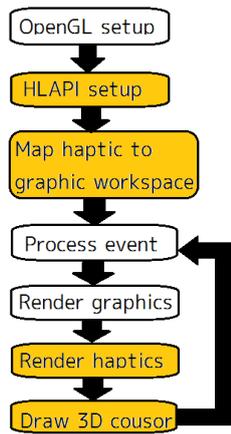


図3 HLAPIプログラムの流れ (橙色が Haptic Device用に追加される部分)

によって変化する。ある時間に円盤が受ける力の構造、特定の場所の力の時間的変化、全体的に力がどこに向かうのか、力は一気に増えるのか比例して増えるのかなどをユーザーに理解してもらうのが、この実験の狙いである。

シミュレーションのあるステップの結果は円盤内の  $387 \times 387 \times 11$  の格子点データになっている。1つの格子点データは3次元方向に働く力(ベクトル)になっており、今回はそれをRGB値に変換して1枚の画像にした。

これをOpenGLとHaptic Deviceでレンダリングする。まず、OpenGLで画像とカーソルを表示した。カーソルをHaptic Deviceで動くようにして、カーソルの位置から画像のRGB値を読み、Haptic Deviceに力を加えるようにした(図4)。データを直接読み込まず画像を読むことにしたのは、プログラムの高速化と、ほかのシミュレーションでもこのプログラムを使えるようにするためである。

現在このプログラムは未完成であり、グラフィックに矢印を表示すると、うまくRGB値が読めなくて不正確な力が表現されてしまう。

## 5 今後の予定

スピントランスファー効果による磁気渦生成過程の力のシミュレーションを完成させる。プログラムを修正し、正確に動作させる。また、現在はあるステップの結果しか対応してないが、連続するステップを切り替えて円盤の画像を表示するようにし、巻き戻し機能もつける。

次に、NaClのシミュレータにHaptic Deviceを組み込む(図5)。このプログラムはKNOPPIX for CUDAという、ドライバをインストールせずにCDブートで

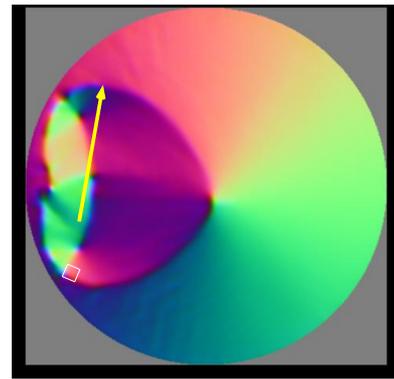


図4 円盤が受ける力の方向と大きさを視覚と力覚で示した様子

高速物理シミュレーションできるOSの中に含まれている。様々な温度で原子に働く力を感じたり、特定の原子だけユーザーが操作できる機能を追加する。

その他さまざまなシミュレーションや測定結果に対して、Haptic Deviceが使えないか検討する。また、視覚だけの場合に比べ、どのくらいユーザビリティが向上するか評価する方法も考える。

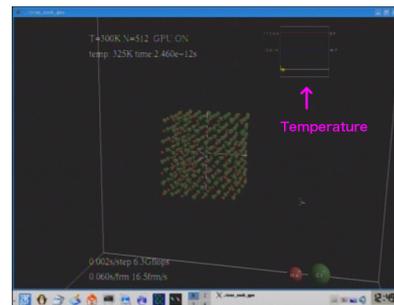


図5 NaClのMDシミュレータ Claret [5]

## 参考文献

- [1] Sensable  
<http://www.sensible.com/haptic-phantom-omni.htm>
- [2] Logicool G27 Racing Wheel  
<http://www.logicool.co.jp/ja-jp/gaming/wheels/devices/5184>
- [3] OPENHAPTICS TOOLKIT version3.0 PROGRAMMER'S GUIDE
- [4] 電気通信大学 情報理工学部 情報・通信工学科 情報数理工学コース 仲谷研究室
- [5] KNOPPIX for CUDA Tutorials ~ CD一枚で手軽に高速物理シミュレーションを体験!! ~  
<http://www.yasuoka.mech.keio.ac.jp/cuda/manclaret.php>