

OpenGL + CAVE による教育

坂本政祐、鈴木隆紀、前野英紀、梅田宗孝、大澤厚雄、井門俊治
埼玉工業大学 工学部情報工学科

1, 目的

没入型の3次元可視化装置のCAVEは従来研究に用いられてきた(核融合研、原研、地球シミュレータ、など)。ここでは、OpenGLとCAVE-Libを用いたCプログラムによるCAVE表示の教育への活用について報告する。

2, 方法

CAVEシステムでの表示には、従来OpenGLとCAVE-Libを用いたCプログラムによって行われて来た〔1〕。これに対して、1999年末にはAVS/Express-MPEがCAVEへの出力に対応し、PCまたはワークステーションでのAVS表示が、そのままCAVEに表示できるようになった(図1)。このことによりCAVE表示のコンテンツは飛躍的に増大した。その他にも多くの3次元可視化ツールがCAVE用に開発されている。

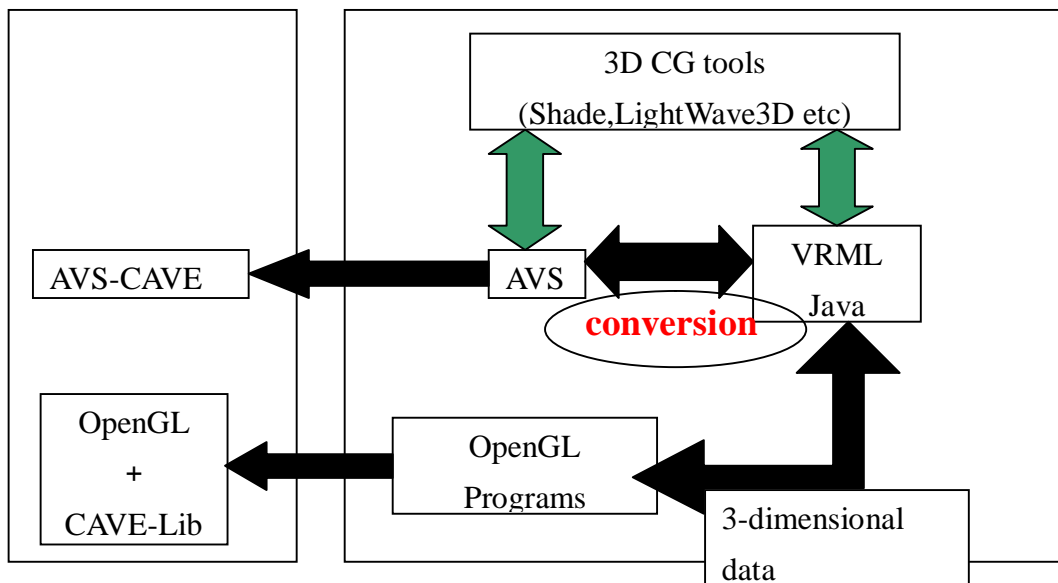


図1 CAVEに表示するためのデータの流れ

ここでは、「温故知新」の精神でOpenGL+CAVE-Libによる3次元表示を試み、科学的可視化の事例を開発する。かつ、AVSによる可視化と比較する。埼玉工大のCAVEに対しては

3次元CG AVS

3次元シミュレーション結果 AVS

VRML AVS

などの表示のルートがある(図2)。VRMLは、表示用の関数がOpenGLと相似しており、プログラム開発能力があれば、OpenGLプログラムに書き直していくことは可能である。

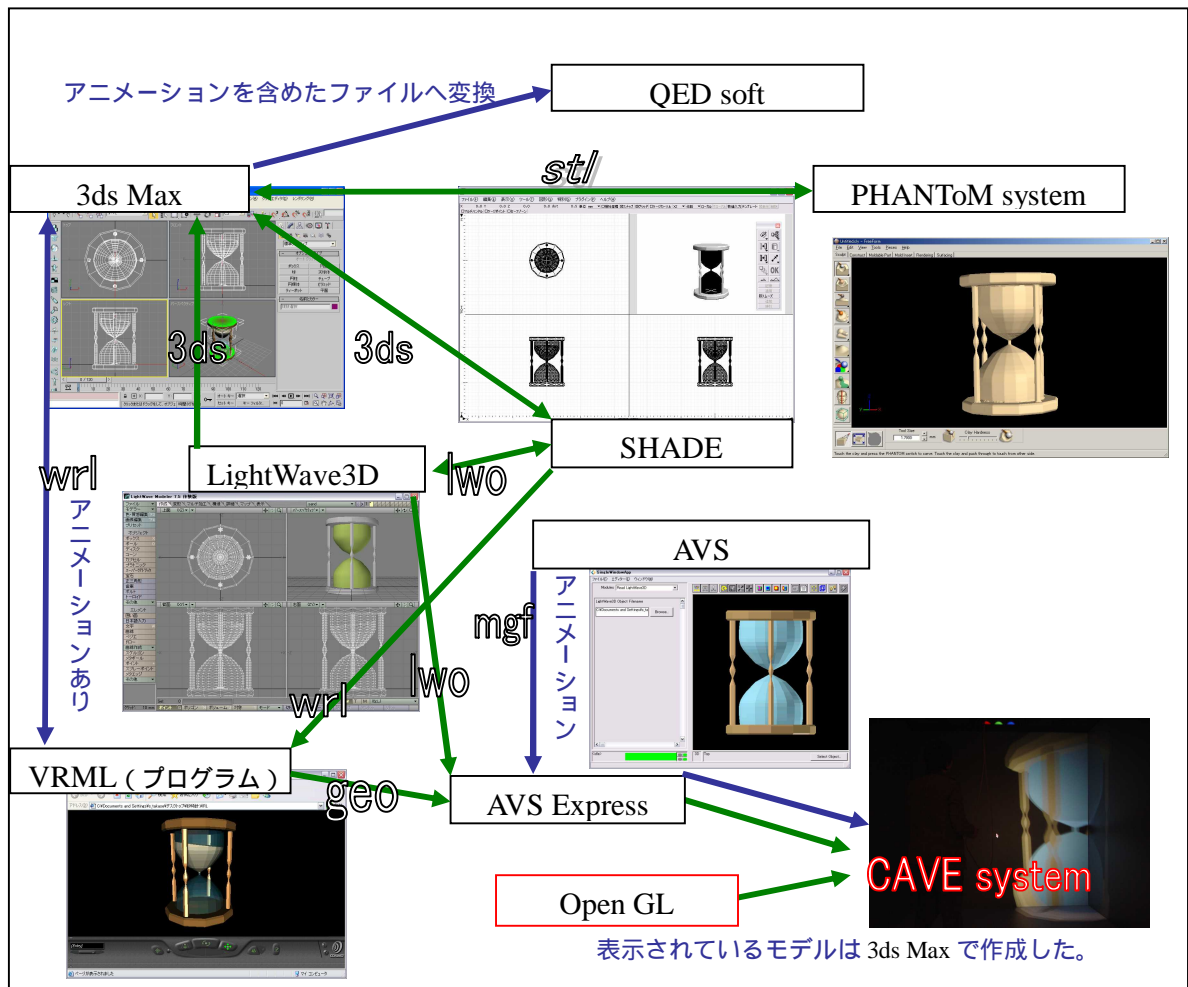


図2 CAVEを含めた各種形式の相互変換表

OpenGLには、2次元及び3次元のグラフィックス機能がある。その例を図3に示す。3次元のオブジェクトを表示する場合は、座標が1つ増えるだけでなく、「立体感」を与えるためのデータ（光源、材質、反射率など）が必要となり、処理はより複雑になる。但し、OpenGLの3次元表示の考え方は、VRMLやその他の3次元CGツールの3次元表示の基礎的なものであり、OpenGLプログラムによる3次元図形の構成と表示による教育的効果は大きい。

OpenGLでは、基本的には物体の3次元空間での座標と表面の色とを指定することにより、グラフィックスを絵画する。これは、コンピュータの中に仮想的な3次元空間が存在することを意味し、作成した3次元物体はOpenGLによって自動的にウィンドウに射影される。従ってユーザは、3次元空間の物体をスクリーン上に投影したり、生成される画像が何色になるかを計算する必要が無いので、プログラムを容易に開発できる。

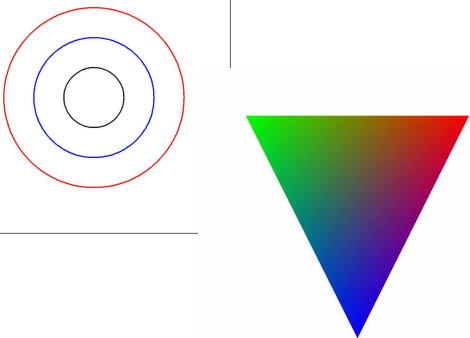
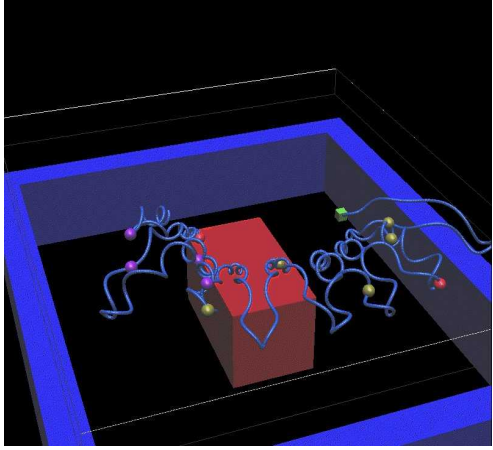
2次元	3次元
	
<ul style="list-style-type: none"> ・ (x,y)座標 ・ 色 	<ul style="list-style-type: none"> ・ (x,y,z)座標 ・ 色 ・ 材質(光の反射、透過、テクスチャ) ・ 光源の位置と向き ・ 視点の位置と向き <p style="color: red;">視点が変わるとき座標変換</p>

図3 2次元と3次元の比較

3. 成果

研究においては

電磁場解析

イオン源シミュレーション

マグネトロンプラズマシミュレーション

において、科学的可視化を試みて来た。その手段は、

(1) OpenGL プログラム

(2) VRML

(3) AVS

などであった。カマボコ型のイオン源の構成及びイオン源中の磁場構造、電子の運動などについて、可視化を試みた結果を図4に示す。ここで図4(a)はVRMLによる3次元表示、図4(b)はAVSによる3次元表示である。この場合、磁石はMGFで示している。MGFの構造データは、VRMLを参考に行っている。VRML表示に先立ってOpenGLプログラムによる3次元表示を行っていたが、それをCAVE用に改造し、表示した結果が図5(a)である。またAVS表示をそのままCAVEに対して行った結果が図5(b)である。

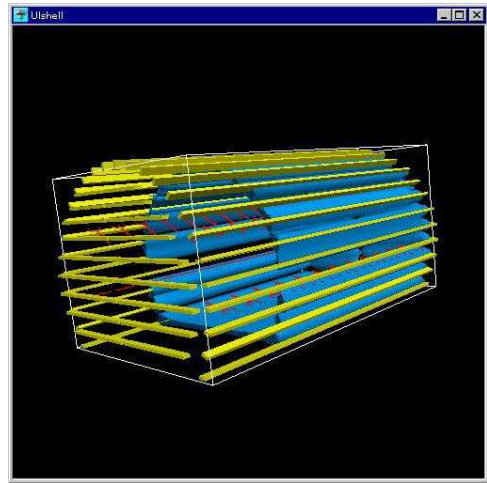
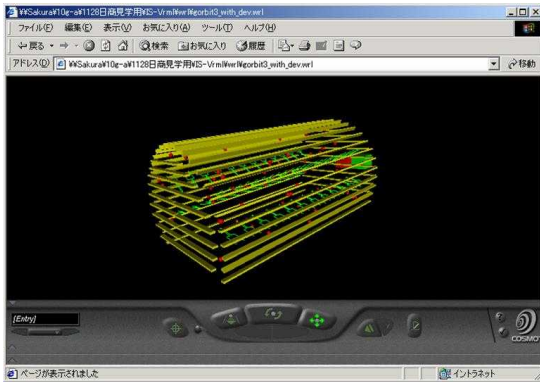


図 4 (a) イオン源の構造と電子のドリフト軌道 (VRML) 図 4 (b) イオン源の構造と等磁場面 (AVS)

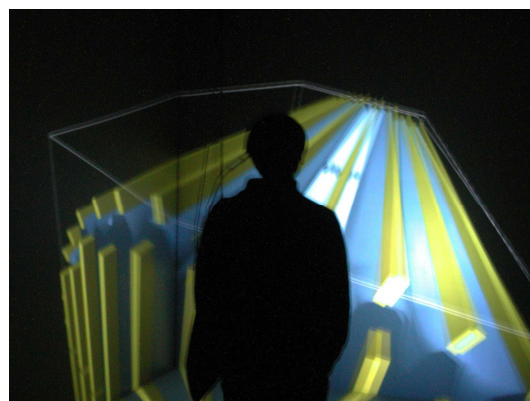
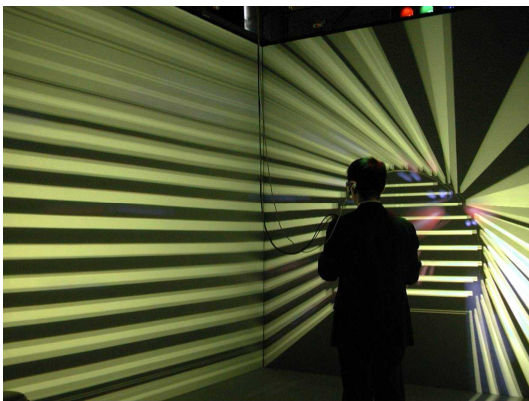


図 5 (a) イオン源の構造と電子のドリフト軌道
の CAVE への表示 (OpenGL)

図 5 (b) イオン源の構造と等磁場面 CAVE への表示
(AVS) (図 4 (b) と同一の内容)

埼玉工大の情報工学科では、3年生の前期の学生実験において、3週間(各4時間、合計12時間)の間にOpenGLプログラムを作成し、更にCAVE用に書き換え、表示することを試みた。図6(a)はGLU/GLUTオブジェクトを組み合わせで作った3次元オブジェクト(人型)の例であり、Windowsで表示したものである。図6(b)は同一のプログラムをIRIX(ONYX300)でコンパイル、実行して表示した画面である。CAVE用にプログラムを直した結果の表示図は図6(c)である。

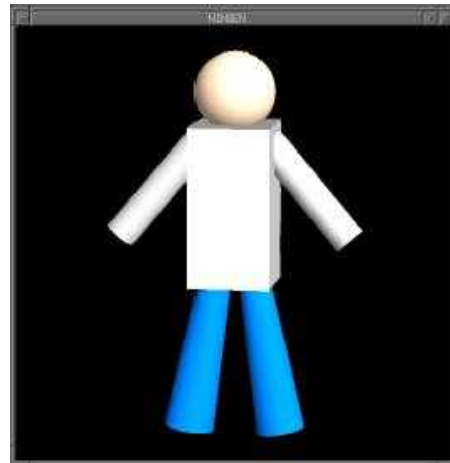
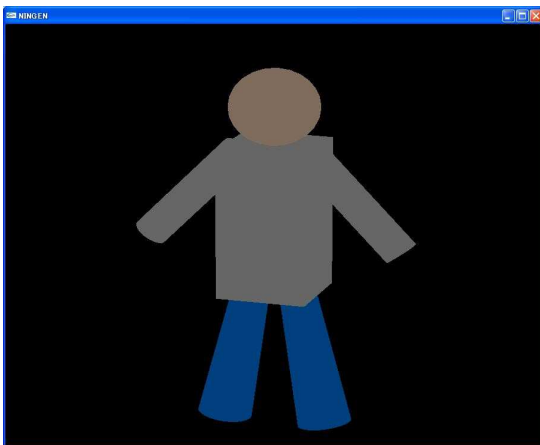


図 6 (a) 人型 (Windows)

図 6 (b) 人型 (IRIX)

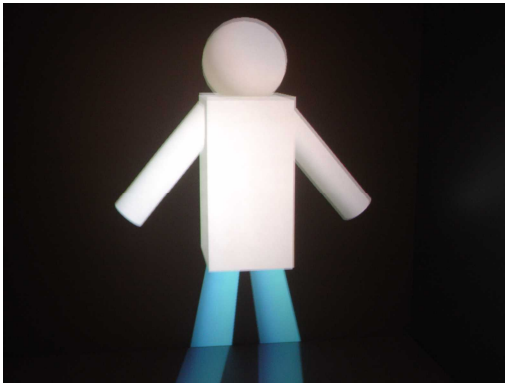


図 6 (c) 人型 (CAVE)

この学生実験の指導の発展として、

- (1) ブドウの 3 次元オブジェクトの表示
- (2) 矩形型マグネトロンの表示

を行った。ここで、ブドウであるが、もともと VRML のデータが作成されていた (図 7)。ここで、上述の (a)Windows, (b)IRIX, (c) IRIX-CAVE のプラットフォームに表示を行った結果を図 8 (a) ~ (c) に示す。CAVE 用の書き直しは学生実験における手順と同様である。

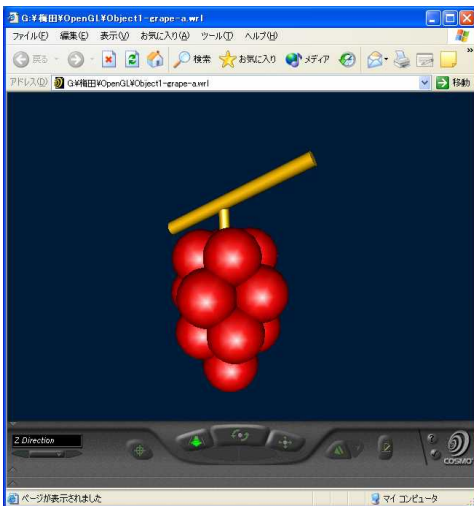


図 7 ブドウ (VRML)

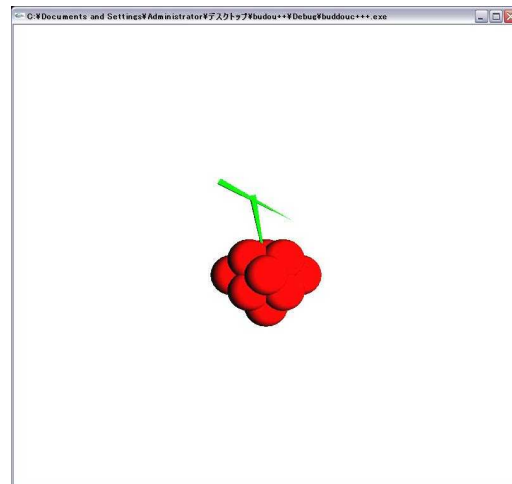


図 8 (a) ブドウ (Windows)

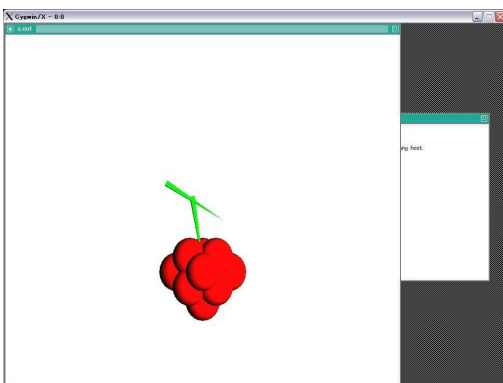


図 8 (b) ブドウ (IRIX)



図 8 (c) ブドウ (CAVE)

矩形型マグネトロンは、卒業研究〔2〕、修士論文〔3〕などにおいても、計算機シミュレーションにより研究が行われてきた。物理モデルについてはここでは説明を割愛する。マグネトロンの磁場構造を形成するための磁石と、閉じこめられた電子とアルゴン気体原子との衝突による電離点を表示したものが図9(a)～(c)である。(a)～(c)は図8と同様に、プラットフォーム(a)～(c)に対応する。

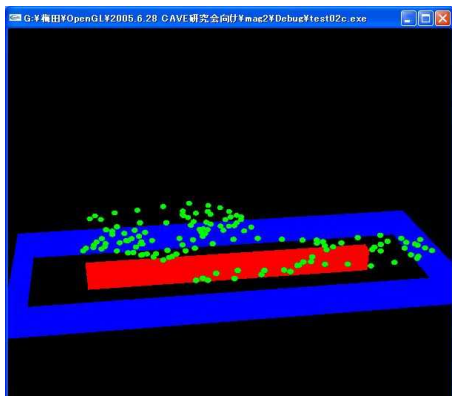


図9(a) 矩形型マグネトロン (Windows)

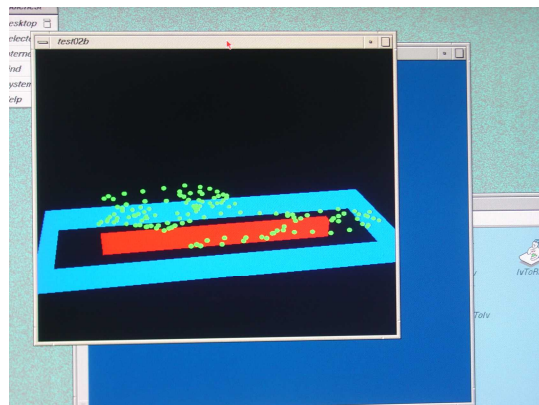


図9(b) 矩形型マグネトロン (IRIX)



図9(c) 矩形型マグネトロン (CAVE)

OpenGL プログラムがプラットフォームへの依存性のないことをプログラミングを通じて教育できる。また、CAVE と Irix そして Windows 上による 3 次元可視化に示されるように、同様の OpenGL プログラムを様々な環境で使用できる事から、教育コンテンツとして活かせる事が考えられると思われる。

4. 結論

1. 学生実験 (3 年前期) において、OpenGL プログラムは 3 次元の構造と表示の考え方の教育において有効である。
2. OpenGL+CAVE-Lib のプログラミングも一定のトレーニングの後、可能となる。従来、研究に用いられて来た CAVE が 3 次元表示の教育のツールになる。
3. OpenGL による可視化を VRML、AVS、またここでは紹介しなかったが、3 次元 CG、Web3D などの表示と比較でき、3 次元表示についての理解を深める事ができる。

参考文献

〔 1 〕 核融合研 (NIFS) <http://www.tcsc.nifs.ac.jp/main/xcope/xcope.html>

〔 2 〕 卒業論文

坂本薫昭 : マグネトロン中のプラズマに関するシミュレーション研究(1989 年度)

野口晋司 : マグネトロン装置中の磁界とプラズマに関するシミュレーション研究(1992 年度)

中村康介 : スパッタリングプラズマシミュレーション(1993 年度)

宮城政彦 : D C マグネトロン装置のプラズマシミュレーション(1994 年度)

大嶋高明 : D C マグネトロン装置プラズマに関するシミュレーション研究(1995 年度)

吉田徹 : マグネトロン装置プラズマの生成と制御に関するシミュレーション研究(1998 年度)

桜庭宏人 : 矩形マグネトロン装置の磁界解析と可視化に関する研究(2001 年度)

〔 3 〕 修士論文

坂本薫昭 : マグネトロン装置中のプラズマに関するシミュレーション研究(1991 年度)

仲村光史 : マグネトロンプラズマの形状と制御に関する研究(1992 年度)

中村康介 : マグネトロン装置プラズマに関するシミュレーション研究(1995 年度)

小西頼彦 : 強磁性体中ターゲット・マグネトロン・スパッタリングのシミュレーション研究 (1997 年度)

鈴木武志 : 磁性体ターゲットを用いたマグネトロンにおけるプラズマ生成のシミュレーション研究(1996 年度)

高橋幹彦 : マグネトロンにおける磁界制御とプラズマ生成のシミュレーション研究(1999 年度)

岩沢直美 : マグネトロン装置における 3 次元磁界解析とプラズマ生成のシミュレーションに関する研究(2001 年)

