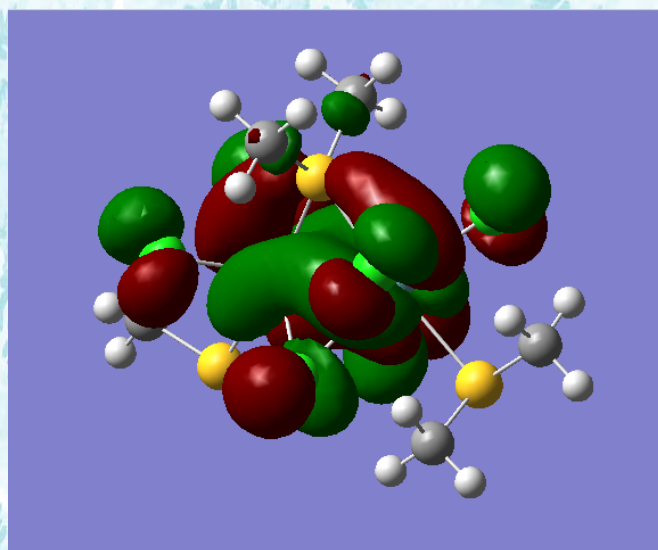
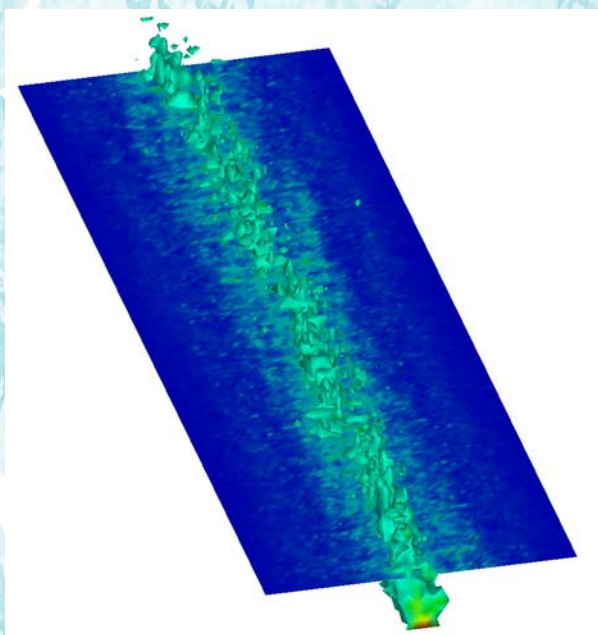


第50回

# CAVE研究会



2012年1月18日(水)

主催：埼玉大学情報メディア基盤センター

協賛：サイバネットシステム株式会社



## 第50回CAVE研究会

日時：2012年1月18日（水）14：00 - 17：30 （受付開始 13：30）

研究会参加費用：無料

場所：埼玉大学情報メディア基盤センター1F（マルチメディア室）

＝プログラム＝

14：00～ 開会挨拶 代表幹事：井門俊治

14：05～14：45 埼玉大学 情報メディア基盤センター  
（デモ 15分） 内田秀和様  
「電子デバイスのキャリア移動シミュレーションと動作状態の可視化」

14：45～15：25 埼玉大学 地圏科学研究センター  
（デモ 15分） 川上英二様、大内航様  
「地震による建物や室内の崩壊挙動解析の可視化」

----- 休憩（15分）-----

15：35～16：00 埼玉工業大学 工学部 情報システム学科  
（デモ 10分） 植竹裕一様、樋口知宏様、井門俊治様  
「SC11報告 -学生編-」

16：00～16：25 サイバネットシステム株式会社アドバンスドソリューション事業部  
ビジュアライゼーション部  
宮地英生様  
「SC11報告 -社会人編-」

16：25～16：50 埼玉工業大学 工学部 情報システム学科  
（デモ 10分） 剣持ひさ江様、久保由貴様、井門俊治様  
「Web3D、VRを用いた化学教材の開発と表示」

16：50～17：30 埼玉大学 理工学研究科人間支援・生産科学部門 生産科学領域  
中村匡徳様  
「赤血球流動の計算と可視化」

17：40～19：40 懇親会  
会場：情報メディア基盤センター 1階 マルチメディア室

代表幹事：井門俊治（埼玉工業大学 教授）

副代表幹事：吉川正晃（サイバネットシステム株式会社アドバンスド  
ソリューション事業部ビジュアライゼーション部）

幹事：内田秀和（埼玉大学情報メディア基盤センター 准教授）

幹事：細井睦子（埼玉大学情報メディア基盤センター）

幹事：北川千夏（サイバネットシステム株式会社アドバンスドソリューション事業部ビジュアライゼーション部  
営業第1グループ）

（敬称略）

第50回CG・可視化研究会 (CAVE研究会)

## 電子デバイスのキャリア移動 シミュレーションと動作状態の可視化

埼玉大学 情報メディア基盤センター  
准教授 内田秀和  
hiuchida@mail.saitama-u.ac.jp



1

## はじめに

### 研究の背景

- 汎用電子デバイスのシミュレーション方法はほぼ確立され、電子回路やLSIの設計で広く活用されている
- 一方で、センサデバイスは共通したシミュレーション手法が無く、個別の対応が必要
- 研究室で開発した光励起型のセンサデバイスについて、2D、3Dモデルの計算機シミュレーションを行った

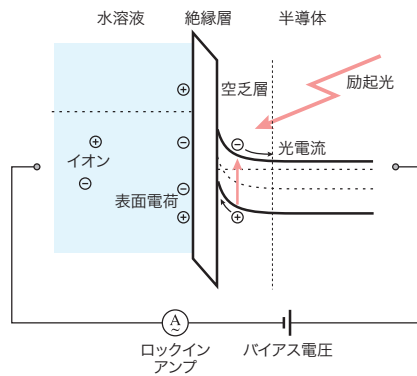
### 方法

- 立方体のデバイスを差分法によりモデル化
- 電位はポアソンの方程式、キャリア輸送はドリフト拡散モデル、少数キャリアはモンテカルロ法により軌道計算を行った
- 計算機環境はMacintosh, gcc, OpenCL



2

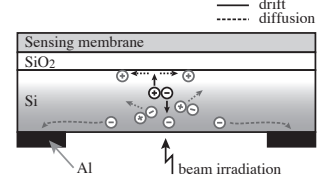
## SPV (表面光電圧) 法 センサの原理



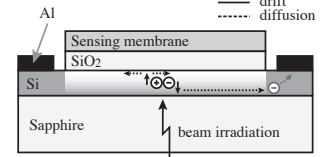
3

## センサ内のキャリア挙動

通常のSi基板

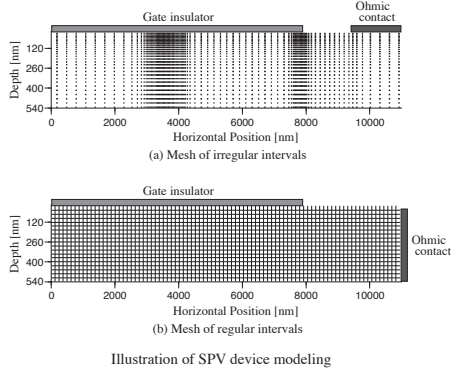


Silicon On Sapphire (SOS) 基板



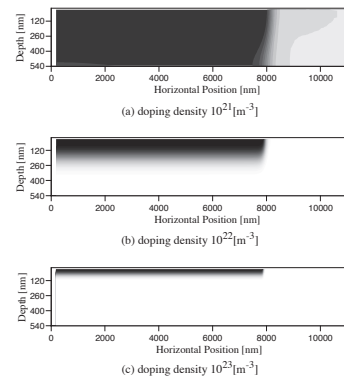
4

## SOSセンサ基板のモデリング

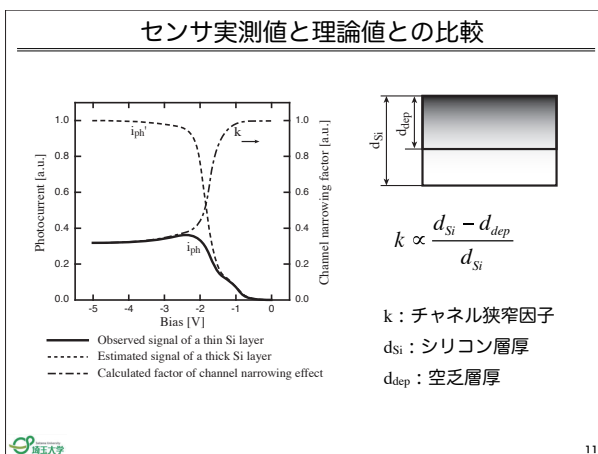
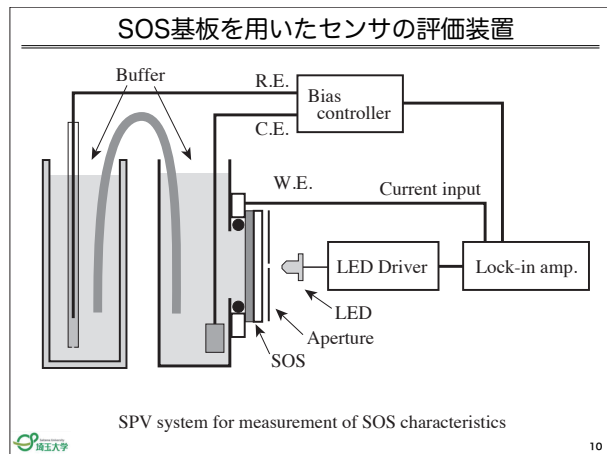
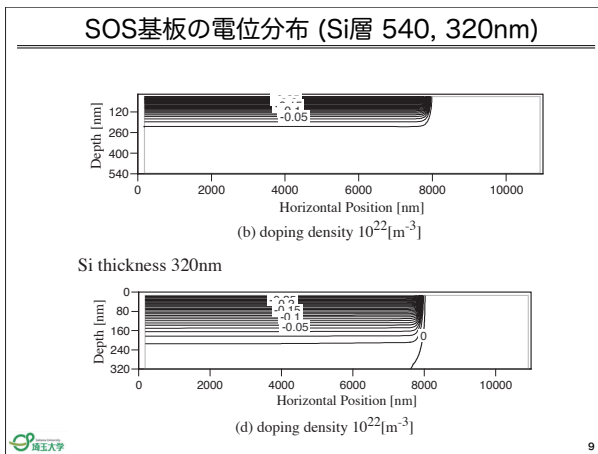
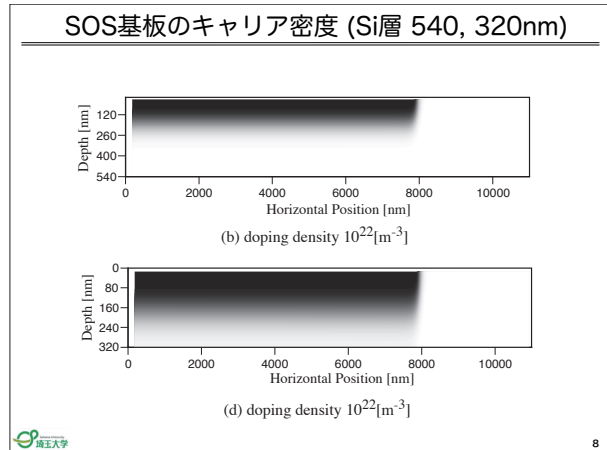
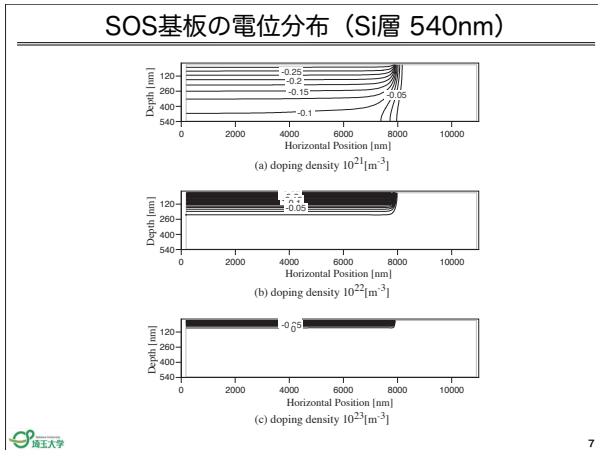


5

## SOS基板のキャリア分布 (Si層 540nm)



6



### まとめ

**結果**

- Si On Sapphire基板の空乏層の形成とバックチャンネルの様子が分かった
- センサデバイスとして動作するためにバックチャンネルを維持しなければならない
- バックチャンネルを維持する条件はSi層厚とドーピング量、およびバイアス電圧で決まる
- バックチャンネルを通過するキャリアの挙動から、センサの応答速度を見積もることができる

**今後**

- 電子デバイスの動作原理の教材としての応用
- デバイスの設計補助ツールとしての応用



# 地震による建物や室内の崩壊挙動解析の可視化

埼玉大学地圏科学研究センター 教授 川上 英二

埼玉大学理工学研究科 基盤構造工学研究室 大内 航

## 1. 建物の被害と人命被害

大地震による人命被害の主な原因は、建物崩壊と火災延焼である。実際、1995年の阪神大震災では、6000名以上の人命が失われた。その第一の理由は地震により家屋が倒壊したため（2007年新潟県中越沖地震による木造住宅の被害例を写真-1、写真-2に示す）であり、その後、建物の耐震化の必要性が繰り返し指摘された。しかし、阪神大震災での教訓にも拘らず建物の耐震化は殆んど進んでいない。

著者は、この主な理由を、

- (1) 地震時に建物が具体的にどのように壊れるかが想像できない
- (2) 従って、どこをどう補強すれば良いかが判らない
- (3) 全てを補強するなら建替えた方が経済的である

ためであると考えた。そして、

- (4) 地震時に具体的にどのように壊れるかを動画（アニメーション）で示し、
- (5) どこを補強すべきであるか、設計変更すべきであることを明らかに示し、
- (6) 補強箇所を2、3箇所に限定した経済的な補強、設計変更を提案する

ことを可能にすれば、建物の耐震化が飛躍的に進むものと考えた。そして、新しい耐震診断方法として「崩壊解析 耐震診断法」の計算プログラムの開発を開始した。

従来、建物の地震応答解析は微小な変位での理論に基づくものが大部分であり、大変形、更には、崩壊までを解析した例はほとんどない。しかも、比較的安価な木造住宅においては、複雑な計算を行うこと自体が稀である。しかし、近年の計算機の発達は著しく、優れた計算プログラムシステムを開発すれば、精度が良い耐震診断が可能である。

## 2. 崩壊解析耐震診断法

著者らが提案している「崩壊解析 耐震診断法」は、新しい耐震診断方法であり、本方法では、まず建物を構成する柱・梁・壁など各部材の強さを実験結果に基づいて正確にモデル化する。次に、これらの部材を組み上げることにより、建物全体のモデルを作成する。これに大地震で観測された地震動を与えることにより、建物がどのように応答・崩壊するかを力学的に精密に計算する。阪神大震災で観測された地震動などを、建物に与え応答を計算し、どのように安全であるか、または崩壊するかを動画で可視化する。

提案方法は従来の耐震診断法と比較して下記の特徴を有する。

- ① 従来の耐震診断法は静的解析であり、破壊・崩壊・振動を直接扱っていないのに対し、本方法では、動的な非線形崩壊解析を行うことにより、耐震診断の精度を向上させる。
- ② 従来の方法は安全性を考えた設計・診断であり、「この外力では少なくとも破壊しません」という論理を使用しているため、「破壊する外力」が判らない。一方、本方法では、実際の現象をなるべく正確に表すことを目的としている。つまり、建物の各部材の強度としては下限値ではなく平均値を使用し、発生し得る様々な大きさの外

力に対して平均的な（最も起こりそうな）応答を算定している。

- ③ 本方法では、地震時において各部材の強度の余裕がばらついていることを利用する。すなわち、建物の破壊はすべての部材が同時に破壊して生ずる訳ではなく、1番の弱点箇所から始まり、全体の崩壊に進行している。従って、建物内の少数箇所の弱点を補強しておけば、建物全体として非常に強くなる可能性が高い。このことは、新潟県中越沖地震(2007)に際し、1階部分が完全に崩壊し2階部分が落下した建物においても、2階部分が崩れることなく立っていたケースが多かったことを見ても明らかである。
- ④ 従来の耐震診断では、判定結果が数値の羅列として表されてきたのに対し、本方法では、動画（アニメーション）で判定結果を表す。
- ⑤ 動画で最初に壊れた部材（場所）が建物の弱点であり、どの部分が弱いかが視覚的にわかることから、家全体を耐震補強するのではなく、弱い部分だけを補強すれば良いことになる。従って、不必要な補強や過剰設計を避けることが可能であり、費用が安くすむ。改修後の応答も動画で確認できるため、家を新築・改築する際の設計のチェックや設計変更役に役立つ。

### 3. 本方法の主な改良点

本研究では、新しい耐震診断方法として、特に従来の方法の下記の問題点に改良を加えながら、「崩壊解析 耐震診断法」の計算プログラムを開発した。

- ① 従来の耐震診断法は静的解析であり、破壊・崩壊・振動を直接扱っていない

耐震問題は構造物の破壊・崩壊問題であるのに、従来、許容応力度法をはじめとして、静的解析が中心である。特に木造建物の場合には壁の長さに壁倍率を掛けて足し合わせた数で耐震性を評価している。例え動的な振動を扱っていても崩壊挙動までは扱っていない。計算機の能力が飛躍的に進展した現在、研究ばかりでなく耐震診断という実務においても、動的な非線形崩壊解析を行うことにより、耐震診断の精度が向上するものと考えた。

- ② 従来の方法は安全性を考えた設計・診断であるため、本当に破壊する外力が判らない

崩壊解析 耐震診断法では、実際の現象をなるべく正確に表すことを目的とし、実際の外力に対する平均的な応答を求めており、これが本方法の特徴である。強度としては下限値ではなく平均値を使用し、起こる可能性がある非常に大きな外力までも考慮し、これに対する平均的な（最も起こりそうな）応答を算定している。

- ③ 本方法では余裕がばらつくことを利用

従来の設計基準の思想は、基準や規則の性質上、最低限の条件を課すことを目的としている。すなわち、解析中の仮定はすべて安全側であり、ばらつきを考慮して安全率を大きくとり、部材の強度などは非常に控えめな小さな値としている。しかし、これでは設計が不可能になるので、外力はそこそこの（小さな）値を用い、バランスを取っている。つまり、設計基準では、強度も外力も共に小さく想定し、安全性を検討している。このため、建物が本当にどの程度の外力で壊れるかがよく判らない。阪神大震災で指摘されたように、観測された地震外力は設計外力よりも非常に大きかったが、すべての構造物が破壊した訳ではなく安全な構造物も多かった。この理由は、安全率を考慮したために設計強度と実際の強度との違い（余裕）、および、設計における安全側への仮定（たとえば非構造部材を無視）に伴い余裕が（たまたま）生じていたためである。しかし、設計の際に評価しない余裕に安全性が依存することは、不明確であり、合理的ではない。



写真-1 新潟県中越沖地震(2007)による木造建物の被害





写真-2 新潟県中越沖地震(2007)による木造建物の被害

現在の設計は、余裕を当てにした（不明確な）安全に基づいている。崩壊解析 耐震診断法では、この安全性の余裕を積極的にできるだけ正確に評価し、利用する方法である。即ち、従来の設計基準では、各部材の強度に余裕が有る様に設計されるのだが、余裕が大きい分には問題が無いと単に扱っている。このために、余裕の程度は部材により異なりばらついている。部材によっては強度に非常に余裕があり、逆に余裕が無い部材が建物の弱点となり、ここから崩壊が生じてしまう。単純に述べると、建物全体の強度は、建物を構成する多くの部材中の、最も弱い部材（グループ）の強度で決定される（いわゆる 直列システム）と考えることができる。

従来の設計では、（そこそこの大きさの）設計外力に対しては、すべて（100%）の部材が壊れないように設計されている。このため、多くの建物のほとんどの部材は、設計外力よりもずっと強く、設計外力の2倍、3倍の強度がある。しかし、1倍の強度の部材があると その部材で破壊が始まり、連鎖的に崩壊する。もし、1倍の強度の部材だけを2倍の強度にまで補強すると、建物は2倍の外力まで耐えることができる。建物内の弱点となる少数の部材のみを補強することによって、残りの部材の強度が十分に（最大限度まで）発揮できるような補強を、崩壊解析 耐震診断法では目指している。

#### ④ 本方法では判定結果を数値の羅列から動画（アニメーション）に変更

従来の耐震診断の判定結果では、基準を「満足しているか否か」または、幾つかの数値で耐震性の程度が与えられる。しかし、どの様に崩壊するか等の具体性は無い。これは従来の解析が静的解析のために仕方がないことである。

一方、崩壊解析 耐震診断法では、建物を構成する柱・梁・壁などの各部材の強さを実験結果に基づいて正確にモデル化し、これらを組み上げ、建物全体のモデルを作成する。これに大地震で観測された地震動を与えることにより、建物がどのように応答・崩壊するかを力学的に精密に計算し、建物の崩壊過程を具体的に動画で示す。得られた動画に基づき、最初に破壊した箇所をまず補強し、再度崩壊解析を行う。そして、この補強と崩壊解析との手順を建物が設定した外力に耐えるようになるまで繰り返す。

木造在来軸組建物に対しては、崩壊解析 耐震診断法をすでに開発済みであり、研究論文の発表と並行して、埼玉大学のホームページ (<http://www.saitama-u.ac.jp/kawakami/>) で研究成果を公開している。本ホームページでは、阪神大震災の地震動などを、幾つかの建物に対して与えた場合の応答を動画で示している。建物がどのように安全であるか、または崩壊するかを見ることができる。

本ホームページは、NHK「ゆうどきネットワーク」（2006年11月10日）、テレビ朝日「Jチャンネル：Jのこだわり」（2006年1月27日および3月16日）、毎日新聞社「サンデー毎日」（2006年1月29日）、「日刊 建設産業新聞」（2006年3月7日）などの一般向けの番組・記事でも紹介された。また、本ホームページは、YAHOOの登録サイトにも採用（カテゴリ名：地震学>地震対策）されたため、訪問者数も多い。

動画で最初に壊れた部材（場所）が建物の弱点であり、どの部分が弱いかが視覚的にわかることから、家全体を耐震補強するのではなく、弱い部分だけを補強すれば良いことになる。このため、不必要な補強や過剰設計を避けることが可能であり、費用が安くすむ。改修後の応答も動画で確認できるため、家を新築・改築する際の設計のチェックや設計変更役に役立つ。

#### 4. 入力地震動

本解析では、地震外力として阪神大震災の際に神戸海洋気象台で観測された図一1の波形を使用している。左が加速度波形、右が変位波形である。上から東西方向、南北方向、上下方向の記録である。最大加速度は約0.8G (G:重力加速度)、最大変位は約0.2mである。この加速度波形から求められる気象庁発表の(計測)震度は6.4(震度6強)であるが、この付近での建物の全壊率は約3%、半壊率は約55%であり、震度6強にしては被害が少ない[境ら(2002)]。

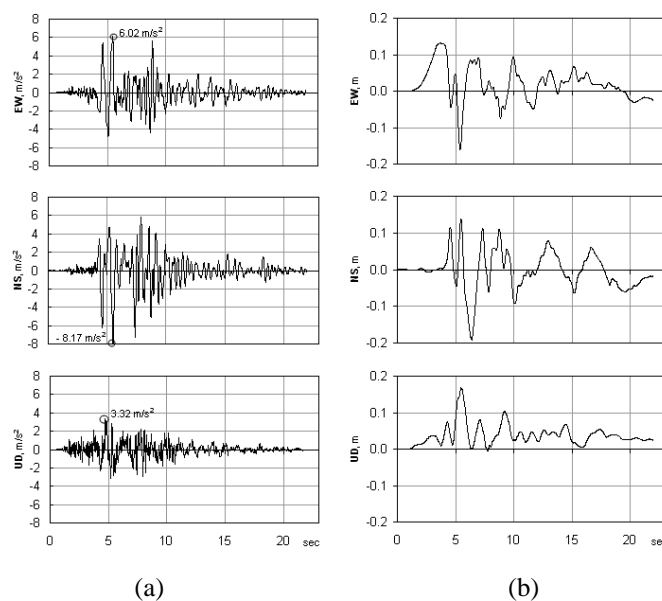
本解析では、上記の観測波形そのまま(1倍)の地震動に加えて、振幅を1.5倍したもの(最大加速度:約1.2G、最大変位:約0.3m)、および、振幅を2倍にしたもの(最大加速度:約1.6G、最大変位:約0.4m)を使用している。境ら(2002)の方法により木造建物に対する震度を求め直すと、観測波形の震度は約6.1(震度6弱と震度6強の間くらい)であり、また、振幅を1.5倍したものは約6.4(震度6強、木造建物全壊率:約25%)、振幅を2倍したものは約6.7(震度7、木造建物全壊率:約40%)である。

ただし、震度6弱とは震度5.5~6.0、震度6強とは震度6.0~6.5、震度7とは震度6.5以上のことを示している。震度6と7の違いは数字の6と7からイメージされるような1、2割の違いではなく、振幅が2、3倍違っていることに注意する必要がある。

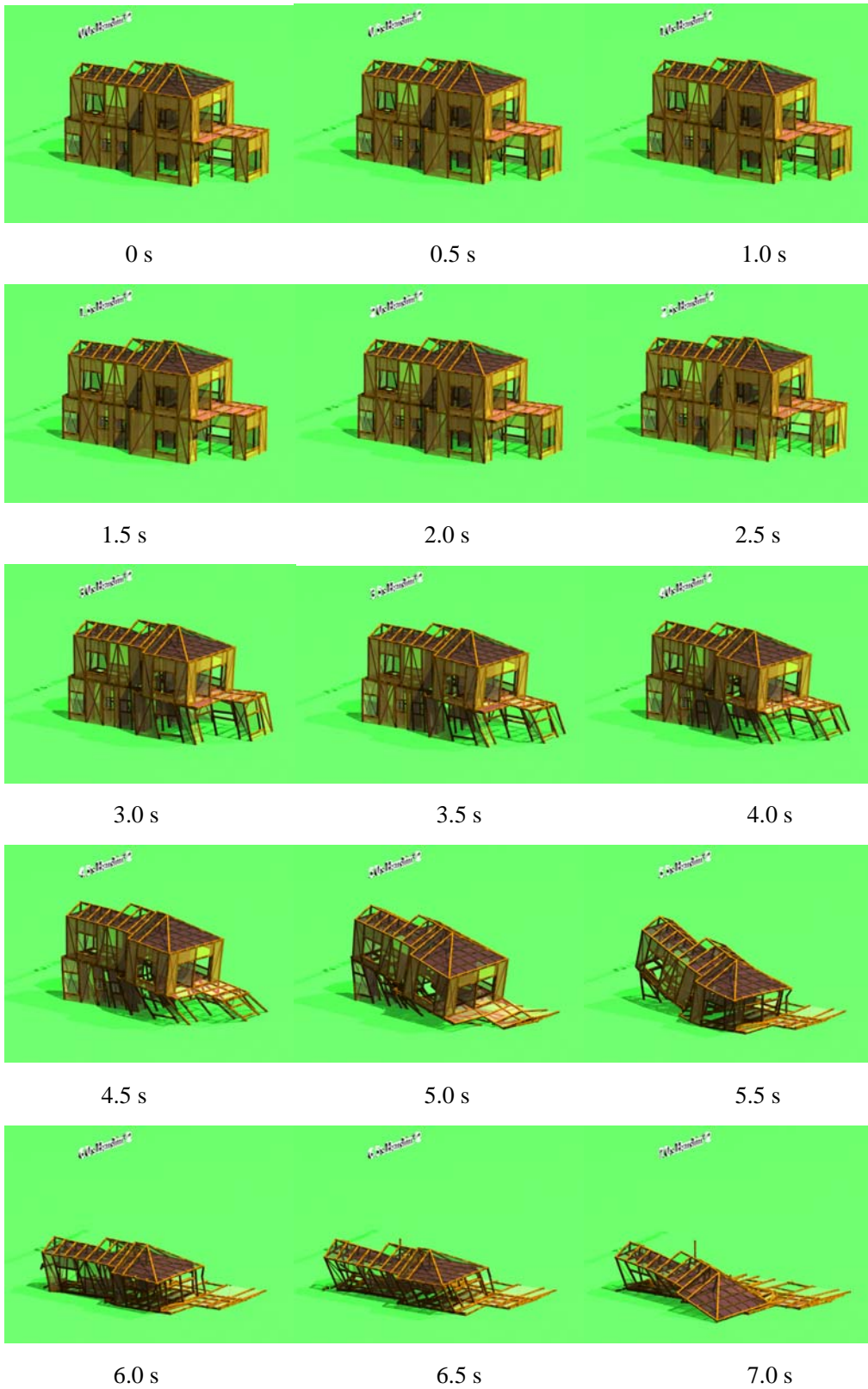
将来、家がどの程度の地震に襲われるかは、確率的にしか判らない。しかし、その際、周囲の家の数%(1割弱)が倒壊した場合に、自分の家が倒壊しないためには、震度6弱(本解析で1倍)でチェックすれば良い。また、周囲の家の約3割が倒壊した場合に、自分の家が倒壊しないためには、震度6強(本解析で1.5倍)でチェックする必要がある。更には、周囲の家の5割(半分)程度が倒壊しても、自分の家が倒壊しないためには、震度7(本解析で2倍)でチェックする必要がある。

#### 5. 本耐震診断法の適用例と補強例

図一2、3には、木造住宅の耐震診断を実際に行い、設計変更・補強・改修・耐震リフォームに役立てた例を示す。また、ホームページ(<http://www.saitama-u.ac.jp/kawakami/>)では、阪神大震災の地震動などを、幾つかの建物に対して与えた場合の応答を動画で示している。建物がどのように安全であるか、または崩壊するかを見ることができる。これらの



図一1 阪神大震災(1995)の際の(a)地盤加速度と(b)地盤変位の時刻歴波形



図一 2 木造家屋の崩壊過程の例



図より、木造住宅の崩壊がどのように生ずるかが判る。また、現状では阪神大震災の1倍の外力でも崩壊していたような住宅であっても、住宅の弱点を正確に把握すれば、わずか2～3箇所を補強することにより、阪神大震災の2倍の外力でも崩壊しないような補強が可能になることが理解できる。

## 6. 本耐震診断法の信頼性

木造住宅は、軸組および壁要素により構成されている。(4)節で実際の木造建物全体に対して適用したプログラムシステムと同一のシステムを用いて要素の崩壊応答の計算を行い、実験データとの比較を行うことにより、この崩壊解析耐震診断法の信頼性を確認した。

図一4に示す6つの構造物(軸組および壁要素)は右から

- ① 軸組(金物無)、
- ② 軸組(金物有)、
- ③ 内壁(石こうボード)、
- ④ 外壁(サイディング)、
- ⑤ 外壁(片筋交+石こうボード+サイディング)、
- ⑥ 外壁(両筋交+石こうボード+サイディング)

であり、それぞれの上端に右方向に水平力を加え、時間と共に徐々に増加させている。力の大きさはホームページの動画(アニメーション)の中の数値で示されている。

動画より得られた水平力と要素上端の水平変位の関係(復元力特性)を図一5の実線で示し、破線には三芳(2001)らによる実験結果を示している。この図より、本崩壊解析耐震診断法では、軸組及び壁が崩壊するまでの特性が精度良くモデル化されていることが判る。また、その他の壁要素の復元力特性は、国土交通省住宅局建築指導課・日本建築防災協会による「木造住宅の耐震診断と補強方法」などに示された実験結果に基づいて作成した。

## 7. CAVEによる可視化

上記で示した動画をCAVEで可視化させることで、建物の破壊部分や地震時の状況などがより効果的に把握できるのではないかと考えた。

本研究で作成した動画はPovray(Persistence of Vision Ray Tracer)というレイトレーシングソフトウェアで作成されたものである。CAVEへ動画を可視化させるためには、Povrayのデータ形式をUCD(Unstructured Cell Data)フォーマットというCAVEで扱うことができるデータ形式に変換する必要がある。本研究ではPovrayのデータ形式をUCDフォーマットに変換するプログラムを作成し、以下にその方法を示す。

図一5にPovrayのデータ形式を示す。Povrayのデータ形式は

scale……x、y、z方向の一辺の長さ

rotate……x、y、z軸方向の回転角

translate……x、y、z点の重心の座標

を与えることで一つの直方体を定義し、それを複数個組み合わせることで建物を構成し、また数ステップ作成することで動画が作成されている。

一方、UCDフォーマットは物体の頂点のx、y、z座標と形の種類を与えることで物体を映し出している。例えば三角形を映す場合、3つの頂点座標x、y、zとtriという情報を与える。従って、今回のPovrayのデータフォーマットからUCDフォーマットに移し替える場合、scale、rotate、translateの3つの情報から直方体の8つの頂点座標を求める必要がある。

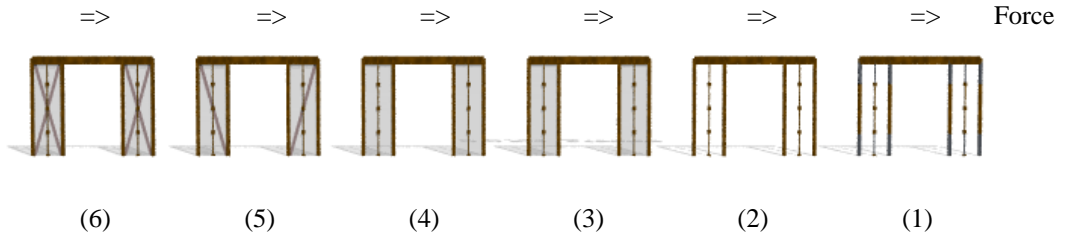


(a)



(b)

図一三 木造家屋の補強案。黒い壁は、筋交と構造用合板で補強した場所



図一四 6つの構造物（軸組および壁要素）

```

r20090625a_00301.pov - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
/* 0#620 */
object
{
  aerobox
  scale < 0.090000, 1.600000, 0.090000 >
  texture {aerowood}
  rotate < 0, 0, 255.639786 >
  rotate < -61.678662, 0, 0 >
  rotate < 0, 179.378701, 0 >
  translate < 1.040360, 0.327353, 8.832947 >
}
/* 0#621 */
object
{
  aerobox
  scale < 0.090000, 1.600000, 0.090000 >
  texture {aerowood}
  rotate < 0, 0, 94.056682 >
  rotate < -36.880031, 0, 0 >
  rotate < 0, 4.988947, 0 >
  translate < -2.576237, 0.031451, 17.347207 >
}
/* 0#622 */
object
{
  aerobox
  scale < 0.090000, 1.600000, 0.090000 >
  texture {aerowood}
  rotate < 0, 0, 91.054707 >
  rotate < 60.269162, 0, 0 >
  rotate < 0, 9.231001, 0 >
  translate < -0.244071, 0.041326, 20.264478 >
}
/* 0#623 */
object
{
  aerobox
  scale < 0.090000, 1.600000, 0.090000 >
  texture {aerowood}
  rotate < 0, 0, 99.861550 >
  rotate < 46.951307, 0, 0 >
  rotate < 0, 41.662417, 0 >
  translate < 8.359613, 0.335963, 10.340371 >
}
/* 0#624 */

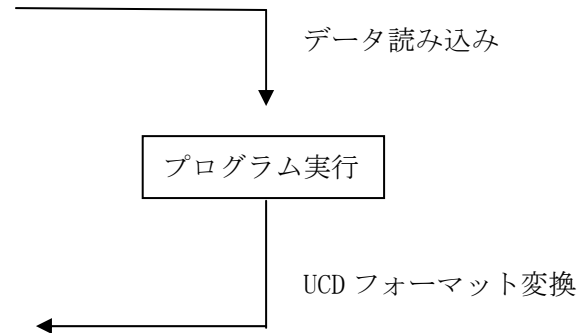
```

一つの直方体

図一五 Povray のデータ形式

Povray  
 scale.....x、y、z 方向の一辺の長さ  
 rotate.....x、y、z 軸方向の回転角  
 translate.....x、y、z 点の重心の座標

UCD フォーマット  
 直方体の 8 つの頂点座標  
 剛体の形の種類



本研究ではコンパイラ GNU-g77 を使用し、Povray のデータフォーマットを UCD フォーマットに移し替えるプログラムを作成した。図-6 に UCD フォーマットに移し替えるプログラムの一部を示す。プログラム内の SSS はステップ数、GG は直方体の数である。

```

povkabeyuka.f - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)

program UCD
dimension c(68000,8,3),d(68000,8,3),b(68000,8,3),ds(8,3)
dimension dx(68000,8,3),dy(68000,8,3)
parameter(pi=3.1415927)
CHARACTER r*5, e*1, f*1, l*20
INTEGER aa, bb, cc, dd, ee, ff, gg, hh, SS,SSS
INTEGER oo, pp, qq, rr, vv, tt, uu, aaa, rrr, vvv, ttt
SSS=301
open (6,file='kabeyuka.inp') !,status='new')
write(6,106)
write(6,107)SSS
write(6,108)

do SS=1,SSS
open (7,file='filedata.f',status='old')
read (7,102)l
GG=1327
open (5,file=l,status='old')
if(SS.ge.10) go to 50
write(6,105)SS
50 if(SS.ge.10.and.SS.le.99) go to 30
if(SS.lt.10) go to 60
if(SS.ge.100) go to 40
30 write(6,110)SS
if(SS.ge.10.and.SS.le.99) go to 60
40 write(6,111)SS
60 write(6,109)GG*8,1740
I=1
15 do 10 II=1,50000000
read(5,101)r
  
```

図-6 UCD フォーマットに移し替えるプログラム

```

kabeyuka.inp - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
# AVS UCD File
301
geom
step1
10616 1740
0 4.473750 -0.026250 1.773750
1 4.526250 -0.026250 1.773750
2 4.526250 0.026250 1.773750
3 4.473750 0.026250 1.773750
4 4.473750 -0.026250 1.826250
5 4.526250 -0.026250 1.826250
6 4.526250 0.026250 1.826250
7 4.473750 0.026250 1.826250
8 8.073750 -0.026250 1.773750
9 8.126250 -0.026250 1.773750
10 8.126250 0.026250 1.773750
11 8.073750 0.026250 1.773750
12 8.073750 -0.026250 1.826250
13 8.126250 -0.026250 1.826250
14 8.126250 0.026250 1.826250
15 8.073750 0.026250 1.826250
16 0.873750 -0.026250 2.673750
17 0.926250 -0.026250 2.673750
18 0.926250 0.026250 2.673750
19 0.873750 0.026250 2.673750
20 0.873750 -0.026250 2.726250
21 0.926250 -0.026250 2.726250

```

図一七 UCD フォーマットに変換されたデータ (最初の部分)

```

10606 2.707500 7.900000 8.107500
10607 2.692500 7.900000 8.107500
10608 10.342501 6.600000 8.092501
10609 10.357500 6.600000 8.092501
10610 10.357500 7.900000 8.092501
10611 10.342501 7.900000 8.092501
10612 10.342501 6.600000 8.107500
10613 10.357500 6.600000 8.107500
10614 10.357500 7.900000 8.107500
10615 10.342501 7.900000 8.107500
1 1 hex 0 1 2 3 4 5 6 7
2 1 hex 8 9 10 11 12 13 14 15
3 1 hex 16 17 18 19 20 21 22 23
4 1 hex 24 25 26 27 28 29 30 31
5 1 hex 32 33 34 35 36 37 38 39
6 1 hex 40 41 42 43 44 45 46 47
7 1 hex 48 49 50 51 52 53 54 55
8 1 hex 56 57 58 59 60 61 62 63
9 1 hex 64 65 66 67 68 69 70 71
10 1 hex 72 73 74 75 76 77 78 79
11 1 hex 80 81 82 83 84 85 86 87
12 1 hex 88 89 90 91 92 93 94 95
13 1 hex 96 97 98 99 100 101 102 103
14 1 hex 104 105 106 107 108 109 110 111

```

図一八 UCD フォーマットに変換されたデータ (後半の部分)

図一七と図一八に、UCD フォーマットに変換されたデータの一部を示す。図一七のデータは

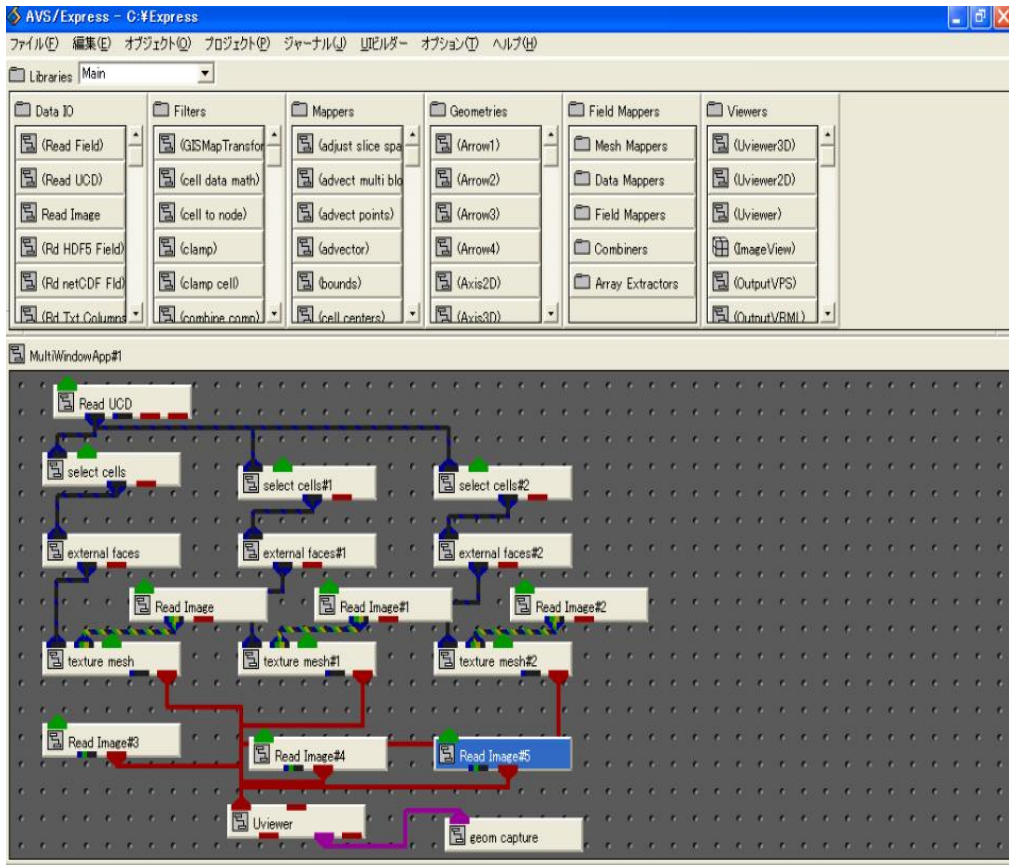
- 1 行目……コメント行
- 2 行目……総ステップ数
- 3 行目……サイクルタイプ  
data、geom、data\_geom と 3 種類あるが、今回は各ステップにおいて各要素内の値が一定で形状のみ変化するタイプ (geom) とした。
- 4 行目……現在のステップ番号
- 5 行目……<節点数>、<要素数>  
節点数は頂点の数、要素数は直方体の数+床、壁、屋根の要素の数となる。
- 6 行目以降……<節点番号>、<x 座標>、<y 座標>、<z 座標>

であり、全ての座標を出力し、その後、図一八の 1 1 行目以降で物体の形とその物体を構成する節点を次のように指定する。

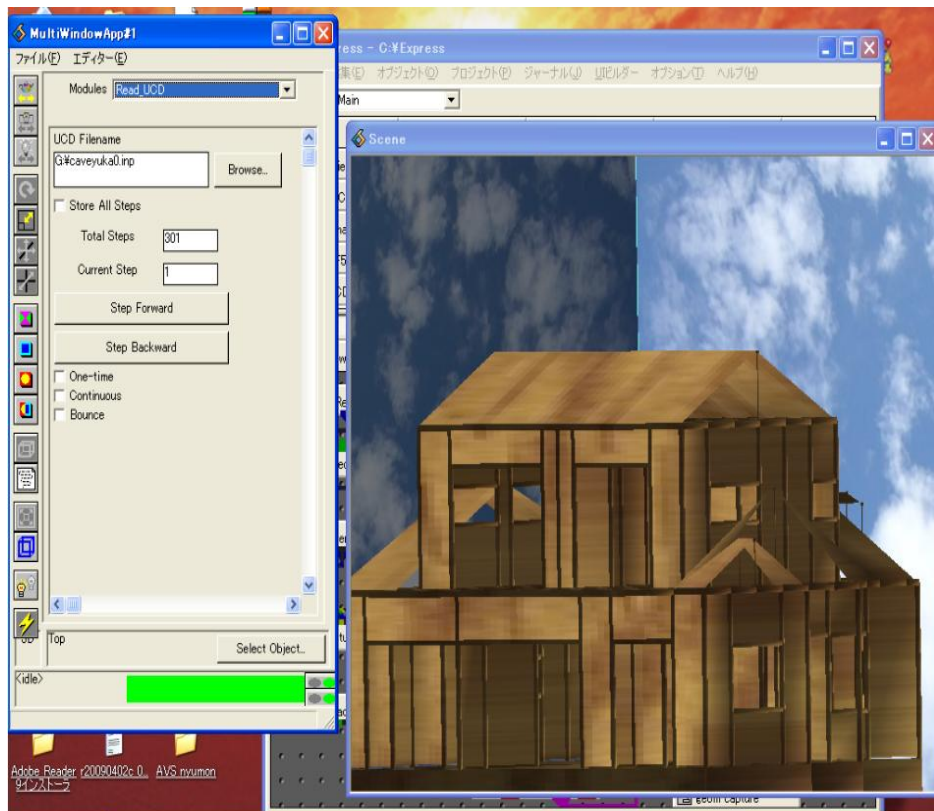
- <要素番号>、<マテリアル番号>、<要素の種類>、<要素の構成>
- 要素の種類……図一八の hex は直方体を意味する。
- 要素の構成……要素を構成する節点の番号。

UCD フォーマットに変換したファイルを作成後、AVS/Express にてファイルの読み込みを行う。図一九に AVS/Express の起動画面を示す。





図一〇 AVS/Express の起動画面



図一一 AVS/Express 上に表示

画像を出力させるために必要なモジュール（図-9 の Read UCD など）を繋ぎ合わせ CAVE へ出力する。また、本研究では背景や物体に画像の貼り付けを行う texture mesh や映像速度の調整を行う geom capture などを用いた。図-10 には実際に AVS/Express 上に表示した画面を示す。光源の位置や物体の移動、拡大、縮小などの表示に関する設定は図-10 左部のツールバーにて行う。図-11 に CAVE へ出力した様子を示す。

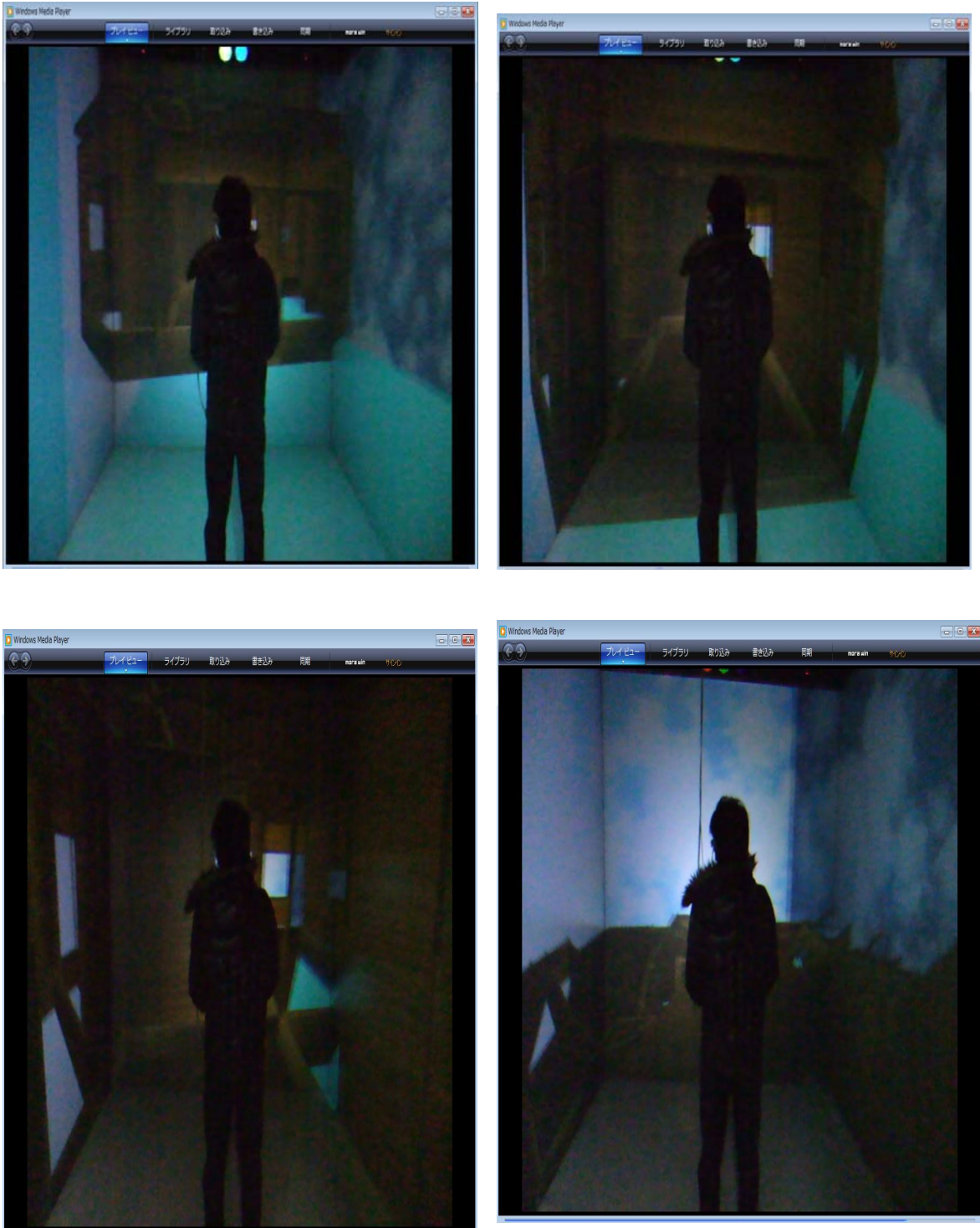


図-1 1 CAVE 内の状況

## 8. まとめ

過去の大地震において、人命に最大の影響を与える地震被害は、建物倒壊と火災延焼であった。これら二点に対して対策を講ずれば地震に対する安全性が大幅に向上するものと考えられる。本小文では、新潟県中越沖地震(2007)による木造住宅の地震被害と、この被害の解析方法および結果を中心に、特に説明を行った。次に解析を行なって作成した動画を CAVE へ可視化させる手法の説明を行った。CAVE で可視化させることで臨場感の増した映像を見ることが可能となり、より効果的な防災へと繋がるものと考えられる。

## 参考文献

1. Kawakami, H., Tingatinga, E. and Chang, H.Y.: Three-dimensional Seismic Damage Simulation of Wooden Houses Using Rigid Body-Spring Method (Earthquake Resistant Engineering Structures VI, WIT Press, Vol. 93, pp.421-430, 2007)
2. Kawakami, H., Mogi, H. and Tingatinga, E.: A Note on Spatial Variations in Response Spectra of Earthquake Ground Motions (ISET Journal of Earthquake Technology, Vol. 44, No. 1, 2007)
3. Kawakami, H., Tingatinga, E. and Chang, H.Y.: Seismic Retrofitting of Woodframed Buildings Using Three-Dimensional Rigid Body-Spring Method, (First International Workshop on Performance, Protection & Strengthening of Structures under Extreme Loading, PROTECT2007, 2007)
4. Kawakami, H., Tingatinga, E. and Chang, H.Y.: An Innovative Strategy for Performance Assessment and Earthquake Retrofitting of Woodframed Buildings (1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, P392A, 2006)
5. 国土交通省住宅局建築指導課・日本建築防災協会: 木造住宅の耐震診断と補強方法, 2004.
6. 境有紀, 瀨瀬一起, 神野達夫: 建物被害率の予測を目的とした地震動の破壊力指標の提案 (日本建築学会構造系論文集, 第 555 号, pp.85-91, 2002)
7. 三芳・大橋・高橋・綿引・中野: 軸組構法住宅用各種壁の静加力試験及び振動台実験—その 1 各種壁の静加力試験 (日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001)
8. AVS/Express 入門講習会テキスト (株式会社ケイ・ジー・ティー著)

# SC11 報告 —学生編—

井門俊治,植竹裕一,樋口知宏  
埼玉工業大学 工学部 情報システム学科

## 目的

### 1. 今年度の活動の展示

今回は特に教育に関する活動についての内容を主にポスターの展示やパンフレット、PCを使った展示を行い可視化が教育に対してどのような効果をもたらすことができたのかを企業や他大学の方へ紹介する。

### 2. VR・AR コンテンツについての展示・紹介

活動の報告の他にも 3DPC による 3D コンテンツの紹介, CAVE による表示, AVS-AR による新たな AR 表示用のソフトウェアの紹介をする。

## 方法

目的のような報告をするために SC11 の展示会場において図 1 のようなブースを作り展示, 紹介をした。



図 1 今回の活動で使用したブース

## 結果

### (1) ポスター展示・発表

SC11 にて発表した主なテーマは、「Visualization For Education」である。今年度は 3D 教室、SPP、サマーサイエンスキャンプで開いた教育の立体視コンテンツを紹介した。また、使用したポスターの一部を図 2・図 3 に示す。

手ぬぐいのデザイン(図 2)は今回、3次元 CG によるオブジェクトを並べたものである。その 3次元オブジェクトを並べたものである。その 3次元オブジェクトを VR, AR, 3D プロジェクタで表示した様子も示している。図 3 は VR・AR コンテンツ浮世絵を 3DCG で再現した Tour in Picture, サマーサイエンスキャンプの様子を示している。





図 2 ポスター (手ぬぐい)

図 3 ポスター (その他)



図 4 ブース展示の様子

図 4 ではその時の様子を示している。

(2) VR コンテンツについての展示・紹介

・ AVS-AR

サイバネットシステム株式会社にて開発されたソフトウェアの紹介を行った。

・ 3D コンテンツ

今回は 3D カメラでブースへ来た方を撮影しそのまま 3DPC で表示をした。

・ CAVE コンテンツ

サマーキャンプでの野菜や果物のボリュームデータを CAVE へ出力したもの、ベースボールコイルの磁力線などのコンテンツをポスター、パンフレットを使用し説明した。

(3) 展示ブースの三次元 CG モデルの作成

SC11 終了後、研究室にてブースの再現モデルを作成した。その画像を写真と比較したものを図 5 に記す左側が CG で右側が写真である。また、以前作った他のブースの CG のモデル図を図 6 (SC10) ・図 7 (SC09) に示す。



図 5 SC11 ブース モデル図と写真



図 6 SC10 のモデルデータ

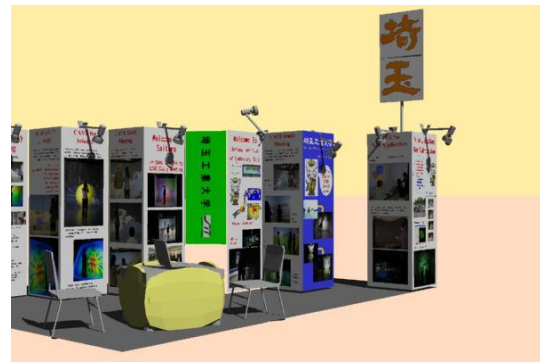


図 7 SC09 のモデルデータ

## 結論

今回の展示の主なテーマについて他の大学や企業の方々に説明した。3DPC を用いた立体視のコンテンツを使用し、よりインパクトのある展示ができた。

# SC11報告 -社会人編-

宮地 英生

サイバネットシステム株式会社ビジュアライゼーション部

## 1. はじめに

スーパーコンピュータに関する学術会議 SuperComputing2011 が、2011年11月12日～18日の日程で、米国ワシントン州コンベンションセンター（シアトル市）で開催された。例年通り、著者は埼玉工業大学のメンバーとして同会議に参加したので、その報告を行う。今回、埼玉工大の学生からも SC11 報告があるので埼玉工大ブースの展示内容は学生に譲り、それ以外について社会人編として報告する。

## 2. SuperComputing 概要

この会議は、米国コンピュータ学会 ACM (the Association for Computing Machinery) と米国電気電子学会 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) の共催で 1988 年に第 1 回会議がオーランド（フロリダ）で開催され、SC2011 は第 26 回目の大会であった。会議では技術論文のセッション、企業・学術展示のほか、チュートリアル、各種コンテスト、ユーザミーティングなどが開催される。そのテーマはスーパーコンピューティング(HPC)だが、CPU 技術だけでなく、ネットワーク、ストレージ、ソフトウェア、可視化など、HPC 利用を支える技術の全てが対象となる。

しかし、今、日本で最も有名なイベントは、事業仕分けの名言「2 番じゃダメなんですか」で指摘された世界最高速のコンピュータの表彰式かもしれない。本報では、この世界一決定戦と展示会場の場所取り会議：スペースセクションについて報告する。

## 3. 世界最高速コンピュータ決定戦

コンピュータの性能競争は、Linpack と呼ばれるプログラムセットを実行し、1 秒間での浮動小数点演算 (FLOPS: Floating-point Operation Per Sec) の実行回数で競う。ベンチマークは各サイトにおいてセルフサービスで実行され TOP500 プロジェクトへ報告、年 2 回（6 月と 11 月）そのランキングが公表される。

日本は、過去、JAXA (当時 NAL) の数値風洞 (1993, Fujitsu)、年筑波大の CP-PACS (1996, HITACHI)、地球シミュレータ (2002, NEC) が世界一を獲得 [1] しており、理化学研究所の京コンピュータ (Fujitsu) は、2011 年 6 月に第 4 代目のチャンピオンとなり、性能を約 20% アップした 11 月も首位の座を守った。

その性能は 1 秒間に 1 京回を超える 10.51P (ペタ) FLOPS。2 位の天津スーパーコンピュータセンター (中国) : 2.566PFLOPS の約 4 倍だった。

図 1 に 2001 年以降の TOP500 の性能を示す。グラフは 1 位、2 位、10 位、100 位、500 位をプロットしている。

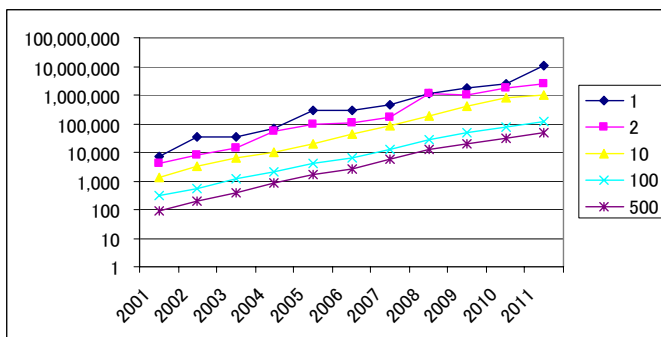


図 1. TOP500 の推移グラフ (縦軸対数: GFLOPS)

#### 4. スペースセクション

展示会場には大小さまざまなブースが混在する。このブース場所を決める会議がスペースセクションで SC2012 のセクションは、SC2011 の会期中に実施される。ブース場所は、プライオリティポイントシステムという制度で、ポイントの高い組織から順番に好きな場所を選択できる。ポイントは、継続して出展している年数とサイズに依存し、出展を一旦中止するとポイントはゼロにクリアされる。「継続は力なり」である。SC2011 の時点で、埼玉工業大学は 102 ポイント（埼玉大学は 87）で、日本では東京大学 104 ポイントに次ぐ第 2 位になる。ブースマップは、主催者が作成し、通路と大まかなレイアウトは事前に決まっている。そこには、いくつかの大型ブースが一等地に配置されており、小ゴマは基本的に端の方に集約される。図 2 に SC2012 のブースマップを示す。大きなコマを分割することはできないが、小さなコマを集めて大きなブースとすることはできる。

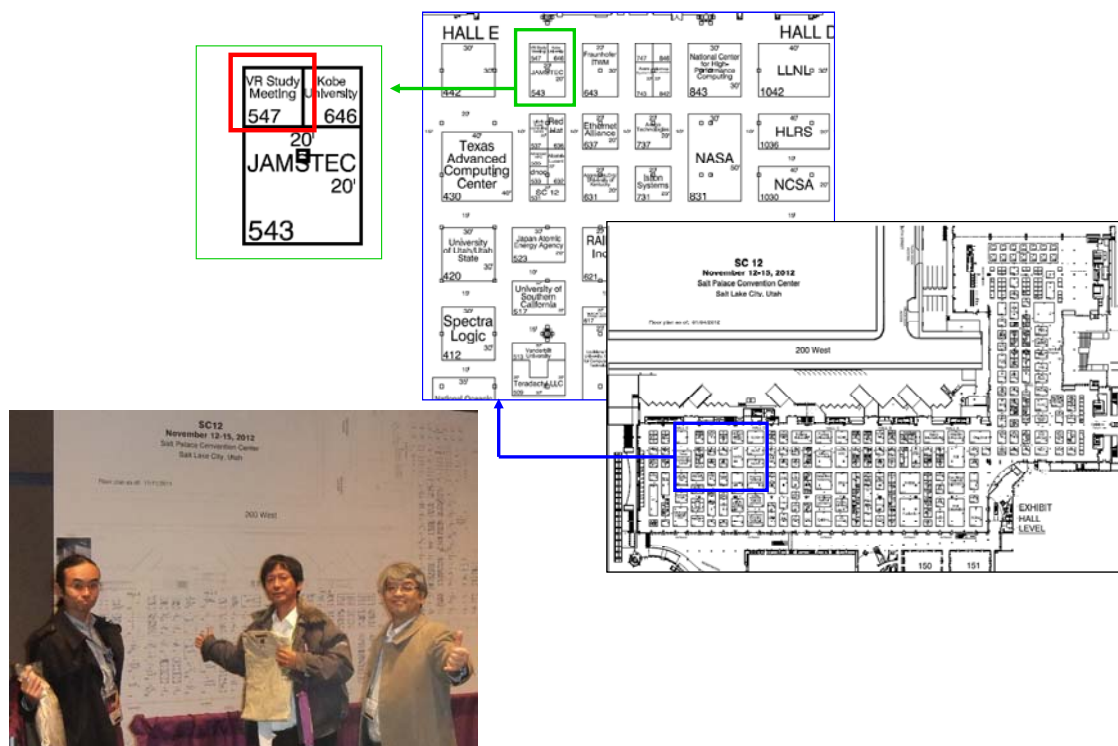


図 2 SC2012 ブースマップ(写真：於セクション会場, 左から富樫氏（神大）、宮地、井門先生）

#### 5. CAVE 研究会 (VR Meeting) ブース

SC2012 (ソルトレイクシティ) では、CAVE 研究会が初出展する。過去のポイントは無い（ゼロ）なので、全てのセクションが終了した後の空き地から選択した。その結果、#547 (図 2) が CAVE 研究会のブース（リサーチ）と決定した。JAMSTEC の裏側に神戸大学と並ぶ形になっている。CAVE は登録商標のため、名称は VR Study Meeting としている。このブースの展示内容、装飾などは未定。今後の CAVE 研究会の中で議論できればと考えている。

[1] 地球シミュレータ開発史、独立行政法人海洋開発研究機構



# Web3D,VR を用いた科学教材の開発と表示

剣持ひさ江, 久保由貴, 井門俊治  
埼玉工業大学 工学部 情報システム学科

利用環境: WindowsXP Shade9 3ds MAX VRML2.0 Viewpoint

1. 目的: VR、Web3D における、3次元科学教材を開発し、教育における有用性を示す。

## 2. 方法:

〈2・1〉 Viewpoint による表示

3DCG 作成ソフトである 3dsMAX 等でオブジェクトを作成し、Viewpoint を用いてファイル変換し、WEB ブラウザに表示させた。

〈2・2〉 VRML による表示

テキストエディタを用いて VRML に直接入力をした。

〈2・3〉 VRML から QTVR

VRML を 3DSMAX で OBJ 形式に変換し shade8.1 以上を用いて MOV 形式で QTVR に表示させた。

〈2・4〉 VRML から Web ブラウザ

VRML を 3DSMAX で ASE 形式に変換し Viewpoint Scene Builder を用いて Web ブラウザに表示させた。

〈2・5〉 VRML から CAVE

3DCG 作成ソフトを使い AVS 経由で表示させた。

## 3. 結果:

〈3・1〉 Viewpoint による表示

下の図 1 は葉緑体である。これは 3DSMAX で作成したオブジェクトである。

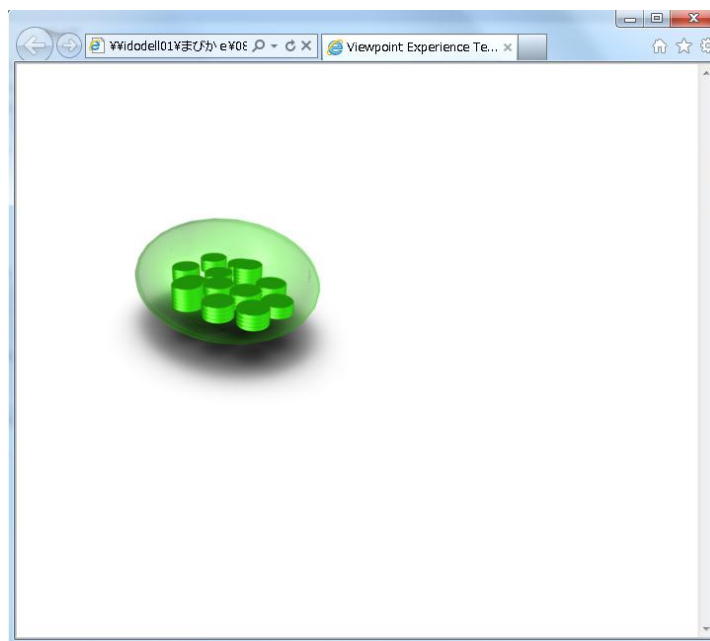


図 1 葉緑体

下の図 2 は 2005 年度長谷川が作成したオルゴールである。

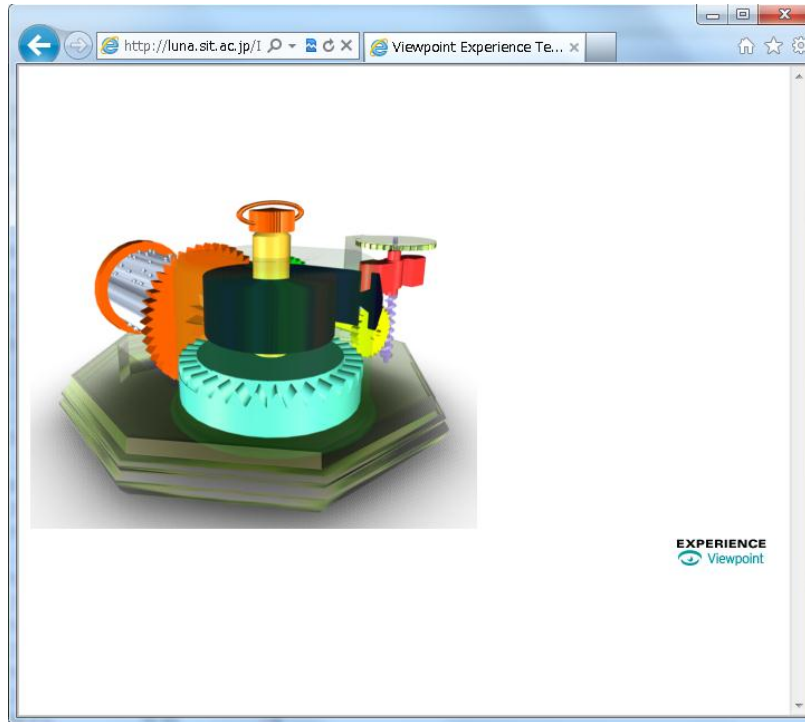


図 2 オルゴール

下の図 3 は植物細胞である。図 4 の科学技術振興団が作成した三次元画像理科教材集の一部を参考に作成した。

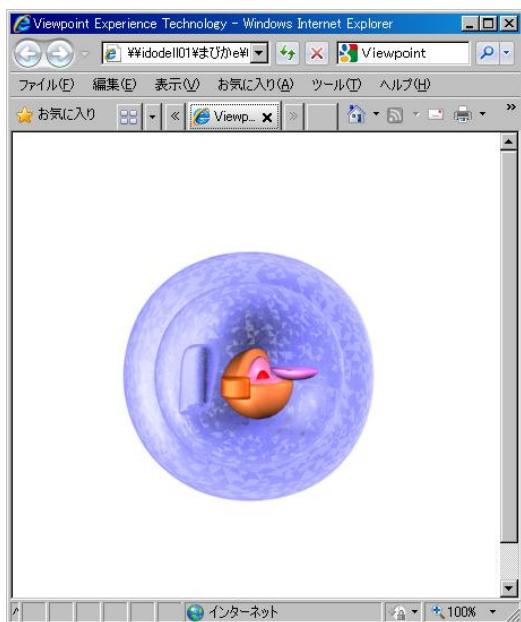


図 3 植物細胞 (自作)



図 4 植物細胞

### 〈3・2〉 VRML による表示

下の図5はVRMLで作成したフラーレンを表示したものである。

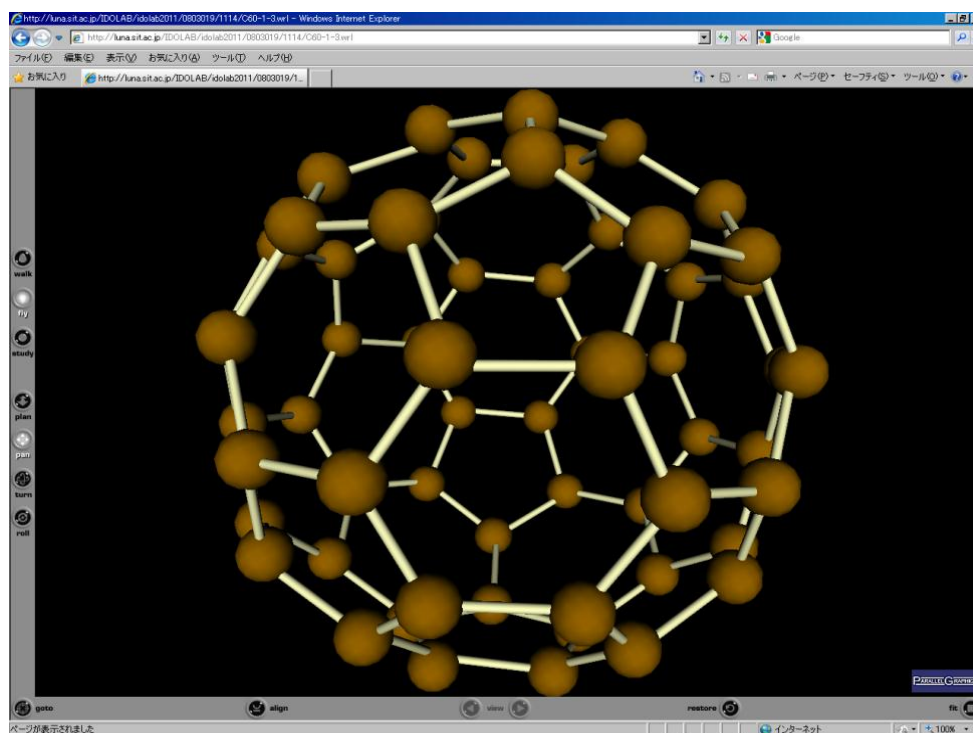


図5 フラーレン

下の図6は電磁波の伝播のアニメーションである。

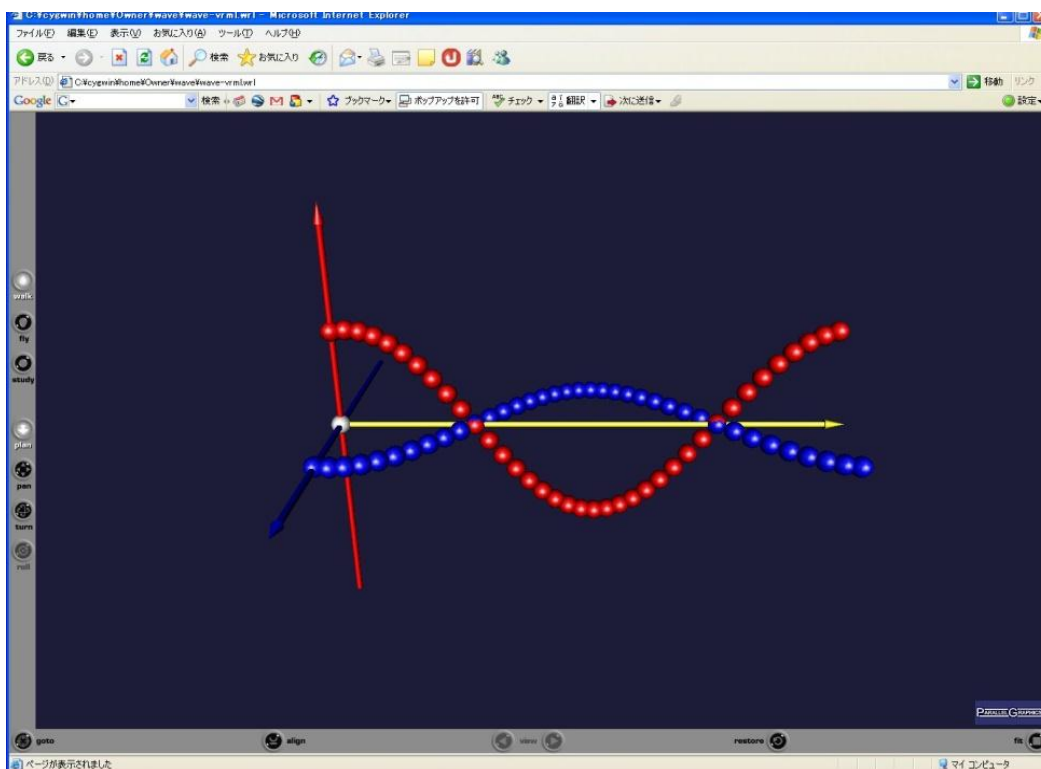


図6 電磁波の伝播アニメーション

### 〈3・3〉 PC 及び CAVE による AVS 表示

下の図 7, 8 は VRML で作成したフラーレンを AVS により PC 及び CAVE に表示したものである。

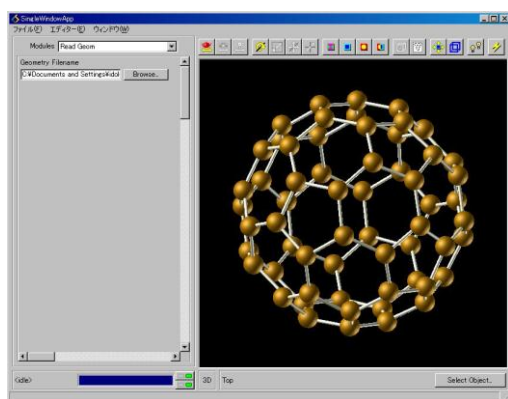


図 7 フラーレン(PC)

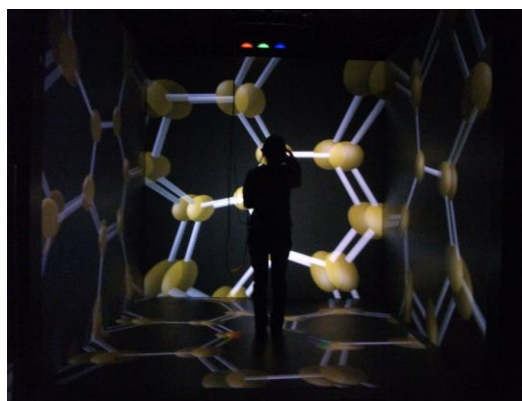


図 8 フラーレン(CAVE)

**4. 結論:** VR、Web における、3次元コンテンツを開発し、教育における有用性を示すことが出来た。



# 赤血球流動の計算と可視化

中村 匡徳

埼玉大学 大学院理工学研究科 人間支援・生産科学部門

**目的:** 血液は血球が血漿に浮遊する懸濁液であり、血球の約96%は赤血球である。赤血球は直径約 $8\mu\text{m}$ の両凹型で、血液 $1\text{mm}^3$ 中に約500万個存在し、血液容積の約45%を占める。それゆえ、血管内では赤血球が互いに接触・反発しながら流れており、このような赤血球の物理的運動や空間的分布が血液の非ニュートン性を決定付けていると考えられる。しかしながら、赤血球は光を通さないため、顕微鏡下で直径が数十ミクロン以上となる細動脈などにおいては、内部の赤血球の流動状態を見てとることはできない。そこで、本研究では、赤血球の流動を計算機上で再現し、血流場における赤血球の流動挙動を可視化する手法について検討した。

**方法:** 赤血球のモデルとして、エネルギー最小化原理に基づいて赤血球の変形を表現する3次元赤血球モデルを用いた。膜面を三角形要素に分割し、隣り合う質点同士を線形ばねでつなぐことにより膜の伸びに対する抵抗を、また、隣接する伸びばね同士を曲げばねでつなぐことにより膜の曲げに対する抵抗をそれぞれ表現した。赤血球が運動する際には、体積を一定に保っていることを仮定し、膜が取り囲む面積を一定値にするような制約条件をペナルティ関数 $W_a$ として与えた。さらに、赤血球同士及び赤血球と血管壁との物理的な反発をポテンシャル関数 $\Psi$ 及び $Z$ を用いて表して、各質点 $i$ に作用する保存力 $\mathbf{F}_i$ は仮想仕事の原理に基づいて

$$\mathbf{F}_i = \frac{\partial W}{\partial \mathbf{r}_i} \quad (1)$$

$$W = W_s + W_b + W_a + \Psi + Z \quad (2)$$

として計算できる。ここで、 $W_s$ および $W_b$ は伸びおよび曲げによってそれぞれのばねに蓄えられるエネルギーである。また、流れ場から赤血球が受ける流体力 $\mathbf{f}_i$ を、流体と赤血球との速度差から運動量保存則及びニュートンの粘性法則に基づいて見積もり、赤血球膜面を構成する質点 $i$ について運動方程式

$$m\ddot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{F}_i + \mathbf{f}_i \quad (3)$$

を解くことにより、赤血球の変形運動を求めた。ここで、ドットは時間微分、 $\mathbf{r}_i$ は赤血球の重心の位置ベクトル、 $\gamma$ は赤血球の変形運動に伴う粘性係数である

**結果:** 直径 $100\mu\text{m}$ の直円管を微小血管のモデルとし、この中にヘマトクリット(赤血球濃度)が35%となるように、赤血球を8128個配置した。流れとしてポアズイユ流を与えた。計算の際、円管の出入り口両端に周期境界条件を与え計算を行った。その結果得られた赤血球流動の可視化図を図1に示す。ここでは、内部を流れる赤血球を可視化できるように、円管の一部を除去してある。その結果、血管中心部では赤血球が非常に密になっており、ほぼまっすぐ流れるのに対し、壁に近傍では赤血球が疎であり、ゴロゴロと転がりながら流れていく様子が観察された。

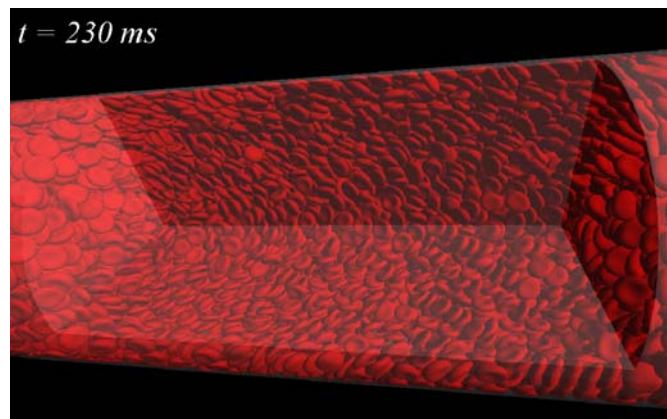


図1 赤血球群の流動シミュレーション

Y字の分岐管に赤血球を高速で流して衝突させると、赤血球膜が破れ、内包するヘモグロビンが流出することが知られている (Yagi et al, 2009). 図2はその状態を模したシミュレーションを行い、赤血球膜面の面積ひずみを可視化したものである。赤血球は(A)入口で自然形状であり、(B)流動開始直後では紡錘型に伸展しながら流れ、(C)壁に近づくにつれ、膜が屈曲し、(D)壁面に衝突する瞬間には赤血球全体が折れ曲がるように変形した。また、膜面上の面積ひずみに着目してみると、助走区間ではひずみはそれほど大きくないが、分岐部に衝突する直前で、局所的に大きくなっていることが分かる。このようなシミュレーションを援用することで、流体場のどこで赤血球膜が崩壊するかを予測することが可能となり、将来的には、個々の赤血球変形を考慮した溶血シミュレータが構築できると考えている。

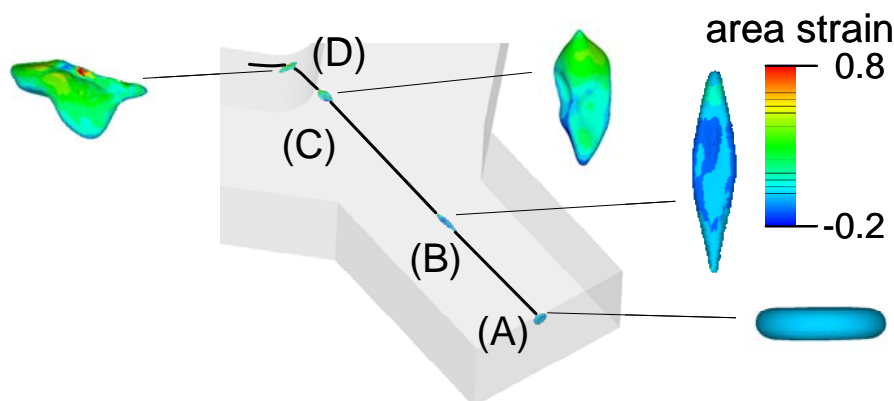


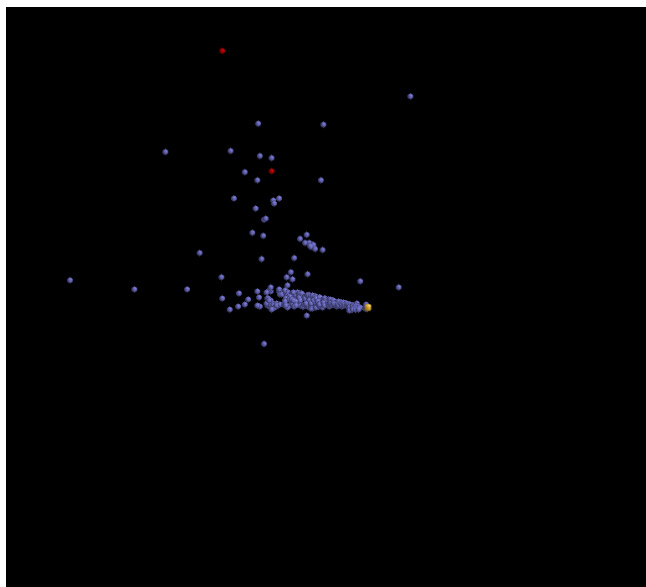
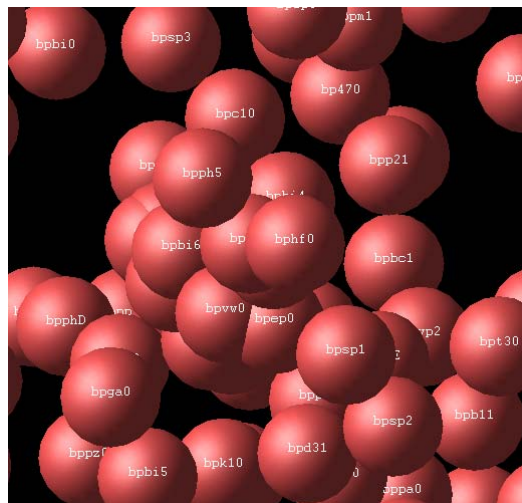
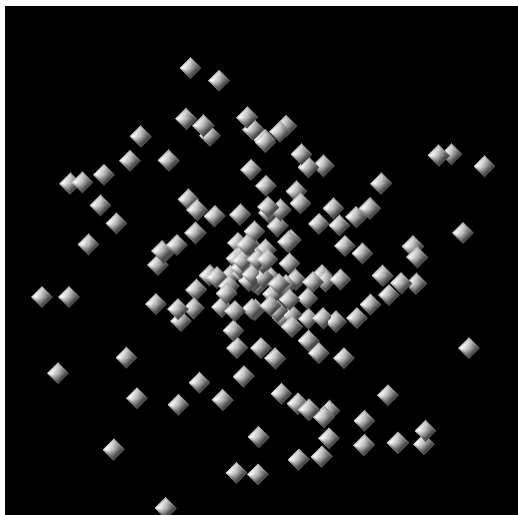
図2 Y字管内を流れる赤血球と膜面上面積ひずみの可視化

**結論:**本研究で行ったようなコンピュータシミュレーションには、常に実験的検証（物的証拠）が求められる。もちろん、証拠なしに、シミュレーションの結果が一人歩きすることはあってはならない。しかしながら、実験的な計測が困難な系においては、シミュレーションによる可視化が重要な解析手段となりうる。また、可視化をうまく利用し、様々な角度から現象を見つめることにより、新たな物理現象の発見も期待される。これまで、実験や理論を中心とした研究においては演繹的手法が多勢を占めていたように思うが、今後、シミュレーションの威力が向上するにつれ、シミュレーションによって先鞭を付けて実験で検証するというような帰納的手法も増えてくるであろう。

## 参考文献

1. Yagi T, Wakasa S, Tokunaga N et al (2009) Single-cell real-time imaging of flow-induced hemolysis using high-speed microfluidic technology. Proc. 11th international congress of the IUPESM, in CD





埼玉大学情報メディア基盤センター

<http://www.itc.saitama-u.ac.jp/>

サイバネットシステム株式会社

<http://www.cybernet.co.jp/>