

粗視化されたゲノム配列空間の可視化の試み

相田拓洋⁽¹⁾、松井健祐⁽²⁾、西垣功一^(1, 2)

(1) 埼玉大学 大学院 理工学研究科、(2) 工学部 機能材料工学科

目的

生命の設計図であるDNA配列の解析技術が進展した結果、現在では様々な生物種のゲノム配列が解読されている。これらゲノム配列を同一空間中に、あたかも地図に記された都市のように、あるいは宇宙空間に散在する星々のようにマップできれば、生物間のゲノムの親近性などが直感的に把握できるであろう。その一例は、従来の生物学で盛んに研究されてきた「生物の進化系統樹」である。これは、生物進化（生物の歴史）の観点から、生物ゲノム間のつながりを視覚的に示したものである。我々は、ゲノムを“状態量”（歴史に依存しない現在の状態で決まる量）の概念に基づいて把握し、全生物種のゲノムを3次元空間へマッピングし、3次元ゲノム空間の可視化を行うことを目指す。

方法

任意のゲノム g にコードされているタンパク質のフォールド（SCOPデータベースの定義に基づく）の種類と数に着目する。全てのフォールドの種類数を N とし、任意のフォールドを i で表す（ $i=1, 2, 3, \dots, N$ ）。ゲノム g にコードされたフォールド i のゲノム全体に渡る出現頻度を $F_i(g)$ と表すと、ゲノム g は、“フォールドの出現頻度ベクトル” $\mathbf{F}(g)=(F_1(g), F_2(g), F_3(g), \dots, F_N(g))$ と表現できる。これは、ゲノム g の表現型の表現の一つでもある。次に、この N 次元ベクトルを以下の方法に従い、3次元ベクトルに変換する。ゲノム g に対応する3次元ベクトルを $\mathbf{V}(g)=(X(g), Y(g), Z(g))$ と表す。ここで $\mathbf{V}(g)$ の長さは $\mathbf{F}(g)$ の長さと同じく設定する（すなわち、 $|\mathbf{V}(g)|=|\mathbf{F}(g)|$ ）。 $\mathbf{V}(g)$ を極座標表示で

$$X(g)=R(g) \cos(P(g)) \cos(Q(g))$$

$$Y(g)=R(g) \sin(P(g)) \cos(Q(g))$$

$$Z(g)=R(g) \sin(Q(g))$$

と表す。ここで、 $R(g)=|\mathbf{F}(g)|$ である。残りのパラメータ $P(g)$ と $Q(g)$ については、次のように決定する。任意のゲノム g と h について $\mathbf{F}(g)$ と $\mathbf{F}(h)$ のなす角度を $\theta(g, h)$ とする。一方、3次元空間上における $\mathbf{V}(g)$ と $\mathbf{V}(h)$ のなす角度を $\theta'(g, h)$ とする。すべての生物種のゲノムの組み合わせについて計算した θ と θ' の相関係数を r として、 r が最大になるように $P(g)$ と $Q(g)$ ($g=1, 2, \dots, M$) を最適化する。このようにして得られた $P(g), Q(g), R(g)$ に基づいて3次元ベクトルを $\mathbf{V}(g)$ を描画する。

結果

ゲノム配列にコードされているフォールドの出現頻度のリストは、GTOPデータベースから取得した。全部で718の生物種に関するリストを用いた ($M=718$)。フォールドの種類は全部で1058種類であった ($N=1058$)。相関係数 r は最適化の結果、 $r=0.92$ に達した。図1は最適化後の θ と θ' の分布を示したものである。図2は今回の計算で得られた、3次元空間における全ゲノム ($M=718$)

の分布の様子である。ウィルスやファージ、細菌類は原点付近にマップされる。一方、ヒトゲノムなどの高等生物ゲノムは原点から遠く離れた領域にマップされる。不思議なことに、ほとんど全てのゲノムが、ほぼ同一平面上にマップされた。現在、これが何を意味するかは不明である。

結論

今回、「ゲノム配列」をその表現型でもある「コードされたタンパク質フォールドの出現頻度ベクトル」に変換し、さらにそれを3次元空間にマップした。この3次元空間におけるゲノムの分布図は、生物ゲノムの相対的位置関係を既存の進化系統樹の表現とは異なったかたちで表現していると思われる。今後は、各ベクトルの持つ生物学的な意味を明らかにし、このマッピング法の改良を行う予定である。

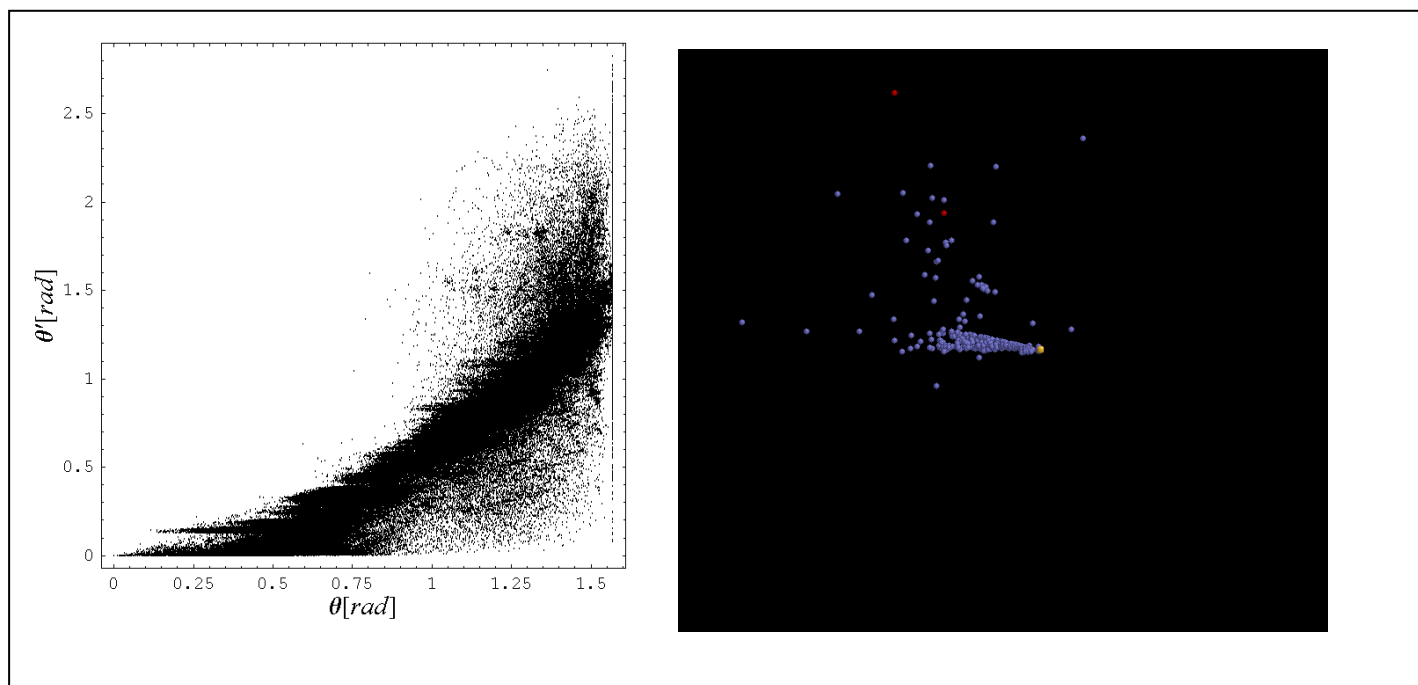


図.1 最適化後の θ と θ' の分布。相関係数は $r=0.92$

図.2 3次元空間における全ゲノム ($M=718$) の分布。黄色の点が原点。赤の点はヒトゲノム (hsa0 と hsap1) を表す。

遷移金属触媒のかたちとその働き

藤原 隆司¹・松浦 正俊²・永澤 明²

¹埼玉大学 科学分析支援センター, ²埼玉大学 理工学研究科

目的: 一般的に触媒とはそれ自身は反応の前後で変化せず、化学反応の反応をはやめる物質をいう。2010 年のノーベル化学賞は日本人二名を含む、パラジウム錯体を触媒に用いたクロスカップリングの研究に対して与えられた。この錯体とは金や銅、鉄などの金属原子を中心に、他の分子やイオンが規則的に結合したものの名称である。錯体は触媒の他に様々な材料や、赤血球の中のヘモグロビンに代表されるように生体内にも存在する。ここでは、我々の研究結果から、生成物中の置換基の位置を選択的に得ることができる錯体触媒の働きを立体構造から検討する。

方法: 触媒の機能を有する遷移金属錯体を合成し、0.1 ミリ角程度の単結晶を作成することで単結晶X線構造解析を行った。得られた構造解析結果よりそれぞれの原子の座標が得られた。この座標を元に分子構造を立体的に表示することで、置換基などの配置や、立体的な混み具合などの情報を得ることができる。反応中間体の立体構造については錯体の立体構造や各種機器分析などから推定を行った。得られた構造を元に、分子軌道計算によって錯体における分子軌道の立体的な情報を得ることで反応機構などの考察を行う一助とした。

結果と考察: ごく単純なア

セチレン($\text{HC}\equiv\text{CH}$)を三つ、炭素原子同士をつなげて輪にするとベンゼンになる。次に図1のようにアセチレンの水素原子をいろいろな原子団(置換基と呼ばれる)に変えたアルキン類と呼ばれる化合物を用いると、二種類の化合物が生じる可能性がある。反応で混合物が生じると工業的には分

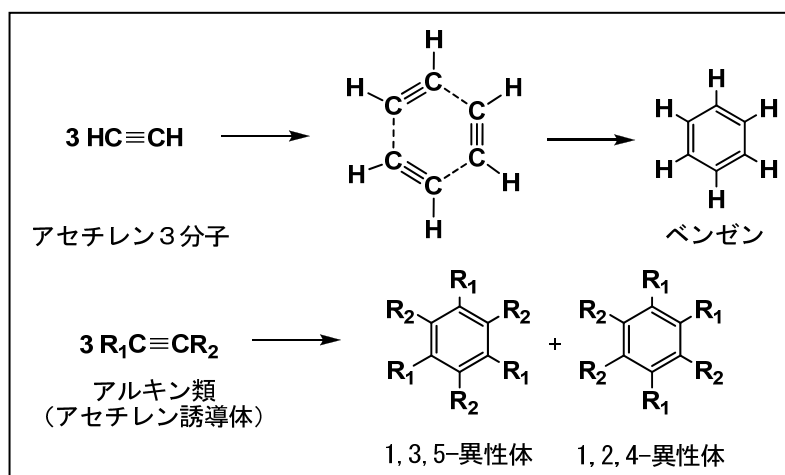


図1. アルキンの環化三量化反応

離する工程が増えることで時間や手間がそれだけかかるため、実用度が下がる。触媒のはたらきには「反応速度をはやめること」や「高収率で化合物が得られること」だけでなく「ほしいものだけを作ること」も必要な場合もある。我々は図2に示すような立体構造を有するニオブ錯体をこのアルキン類の環化反応の触媒に用いると、図1に示す異性体のうち、1,3,5-異性体のみが高収率で得られることを見いだした。この反応で得られる1,3,5-異性体と呼ばれるベンゼンの誘導体は工業的に重要なものが多い。この反応の反応経路を錯体の立体構造や、種々の機器分析の結果から考察すると、まず出発物質の

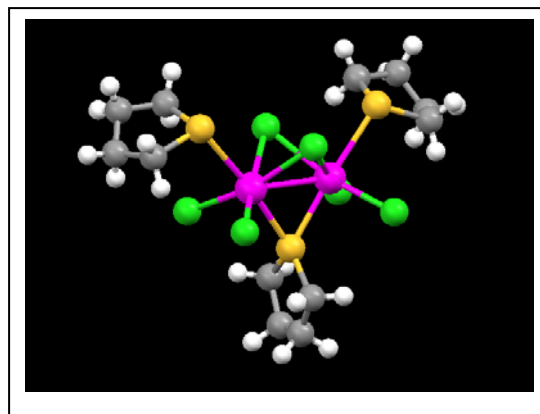


図2. ニオブ錯体の立体構造 (一例)

炭素原子が錯体の中心金属原子に結合することで始まる。さらに順序よく炭素-炭素原子がつながっていき、最後に三つの分子が輪になると、錯体自身は離れて元に戻るという触媒としての働きをしている(図3)。錯体の構造と反応性について、立体構造や分子軌道を可視化することによって、遷移金属錯体触媒の働きを立体化学的に検討することができた。このような触媒としての働きは金属イオンの電子の状態や錯体の立体構造などをデザインして作り上げていくことで可能となる。

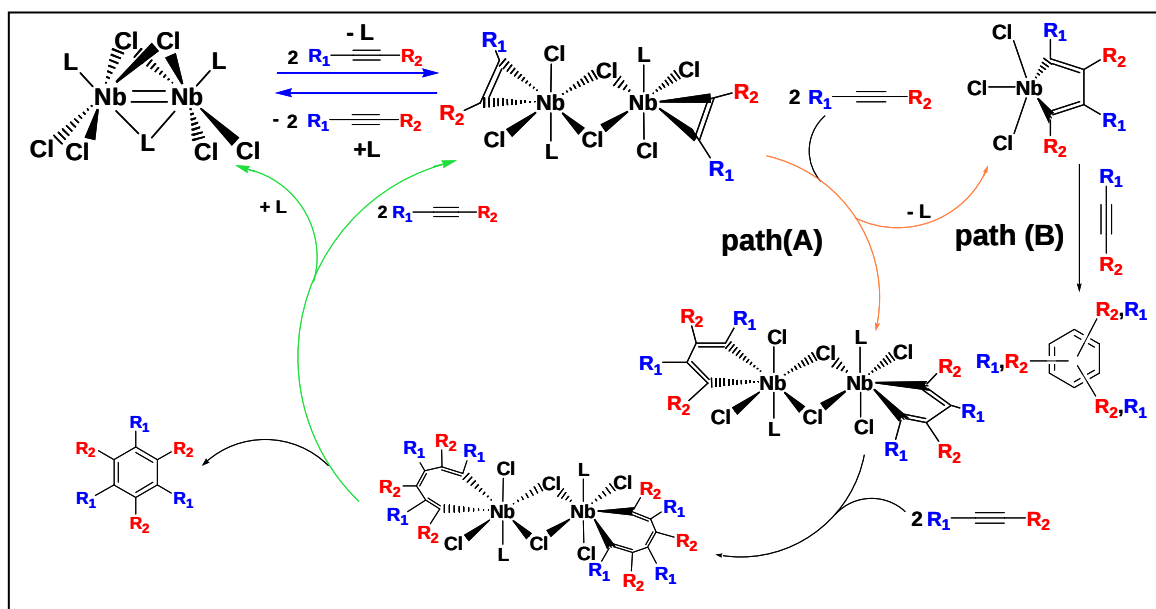


図.3 推定された反応経路

参考文献: T. Kakeya, T. Fujihara, T. Kasaya, and A. Nagasawa, *Organometallics*, **25**, 4131-4137 (2006).

個別要素法を用いた地盤の大変形解析 (横ずれ断層による表層地盤の変形)

谷山 尚

埼玉大学 理工学研究科

目的: 地滑り、液状化に伴う流動、断層による変形など、地盤が大きく変形することによって構造物が被害を受けることがある。地盤の大変形時の構造物被害を軽減するためには、地盤が大きく変形する際の挙動の把握が重要である。本研究では、地盤の大変形の中で断層による変形を対象とし、基盤の断層が動くことによって、表層地盤内部を断層のすべり（せん断帯）がどのように進展し、それによって表層地盤がどのように変形するかを明らかにすることを目的として解析を行った。断層の中でも、横ずれ断層によって形成される表層地盤内部のせん断帯は、3 次元的にねじれた形状を持ち、また、基盤の断層の変位が増すと 2 次的なせん断が形成されるなど複雑な様相を示し、その発達のプロセスやメカニズムは完全には解明されていない。本研究では、1995 年兵庫県南部地震の際に野島断層（右横ずれ成分が主）で観察された地表地震断層を解析の対象とした。個別要素法¹⁾は、地盤などの対象物を、粒子（本解析では球形粒子）の集合体として表現し、要素間の接触・滑動を考慮して、個々の粒子の動きを逐次求める解析手法であり、連続体に加え不連続体を解析することが可能であることから、解析には個別要素法を用いた。

方法: 直径 9cm から 12cm の球形粒子をランダムに発生させ、それらの粒子を 10.9m×34.6m の領域に堆積させて、初期地盤を作成した。野島断層上の表層地盤（未固結被覆層）の厚さは、場所によって異なるが、4m から 10m 程度と見積もられており²⁾、230 万個あまりの粒子を用いて厚さ約 4.9m の地盤を作った。地盤底面と側面には変位を拘束した粒子を配しており、それらの粒子を断層走向方向に相対速度 1m/s（断層面より一方を 0.5m/s、もう一方を逆向きに 0.5m/s）で動かすことで、模型地盤に右横ずれ変位を加えた。断層走向方向には周期境界条件を課している。解析モデルの概略図を図 1 に、解析に用いたパラメータを表 1 に示す。

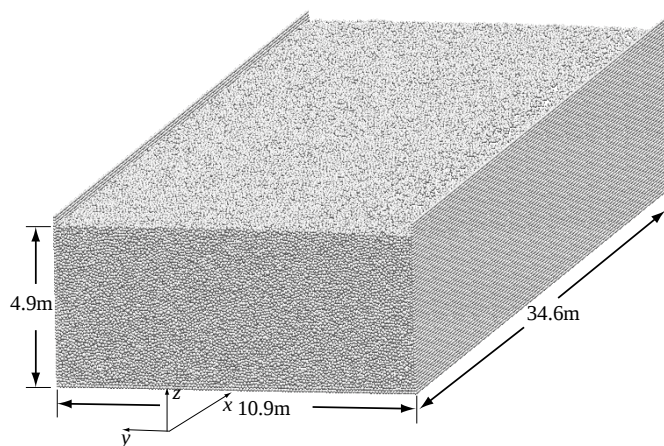


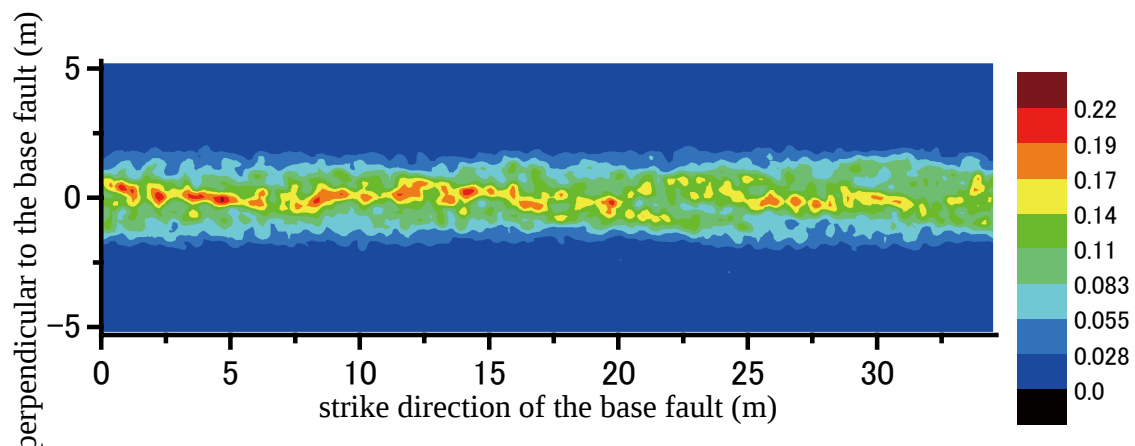
図. 1 解析モデル

表 1 解析に用いたパラメタ

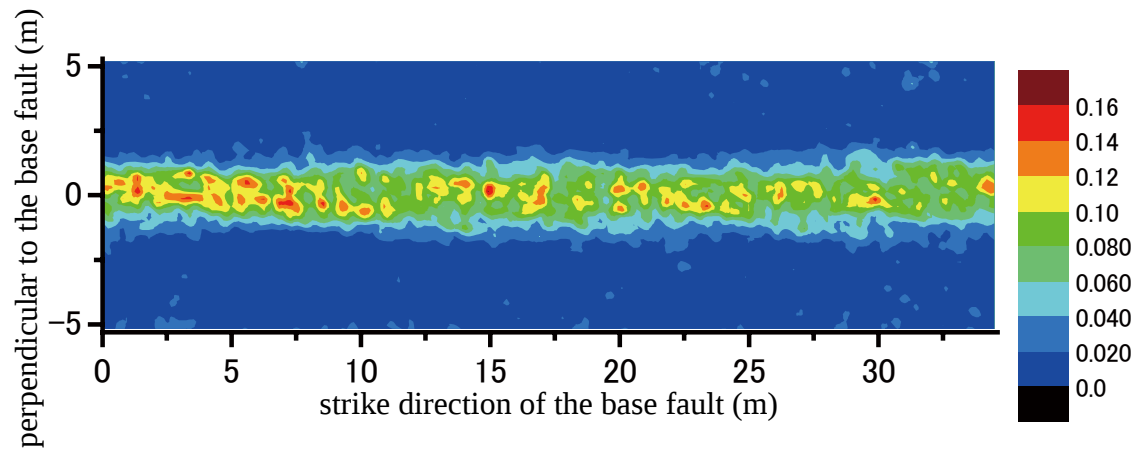
Number of particles	2,368,000
Radii of particles	9 – 12cm
Spring constant (normal)	1.0×10^7 N/m
Spring constant (tangential)	3.0×10^6 N/m
Spring constant (rotation)	3.0×10^6 N/m
Damping coefficient (normal)	1.0×10^3 Ns/m
Damping coefficient (tangential)	6.0×10^2 Ns/m
Coefficient of friction	0.5
Rotational coefficient	0.5

結果：一例として、ひずみ分布（最大せん断ひずみ増分）を図 2 に示す。図 2(a)は高さ 1.5m（深さ 3.4m）における基盤変位 100cm から 120cm の間の増分、図 2(b)は高さ 4.5m（深さ 0.4m）における基盤変位 140cm から 160cm の間の増分量を図示したものである。断層直交方向 0m が基盤の断層位置に当たる。また、図 3 には、基盤変位 110cm から 130cm の間のひずみ増分の 3 次元的な分布形状を示す。これらの変形段階では、主な変形は基盤断層位置を挟んだ 3m 程度の範囲で起きている。その変形領域の中に、基盤断層を横切る形状のひずみが大きな領域が見られる。本解析において横ずれ断層で見られる雁行状のせん断帯が再現されている。大ひずみ領域と基盤断層との交差角度（水平面内）は 7 度から 11 度程度となっており、また、隣接する領域との間隔はおおよそ 10m となっている。

谷ら²⁾は、淡路島の梨本地区では 3 カ所で水田や畑に現れた断層を調査し、場所によって 7 度から 38 度の斜交角度を持つ地震断層（リーデルせん断）が 1.5m から 10m の間隔で出現したことを報告している。本解析結果はそれらの内の梨本 1 の調査結果（未固結被覆：砂層・砂礫層約 10m、リーデルせん断の斜交角度 7 度から 14 度、間隔 8.1m から 10.7m）に近い。地盤厚さ（本解析では約 4.9m）の近い梨本 3（未固結被覆：粘土砂礫層 4m から 6m、リーデルせん断の斜交角度 22 度から 35 度、間隔 4.2m から 5.1m）とは異なった結果となった。特に、せん断帯の間隔に関しては、本解析では、粒径の大きな粒子を用いていることによる影響を受けている可能性が高い。また、走向方向の解析領域が、せん断帯の形成間隔の 3 から 4 倍程度でしかないことも、せん断帯の形状や発達過程に影響を与えている可能性もある。



(a) 高さ 1.5m（深さ 3.4m）。基盤変位 100cm から 120cm



(b) 高さ 4.5m (深さ 0.4m)。基盤変位 140cm から 160cm

図. 2 最大せん断ひずみ増分分布

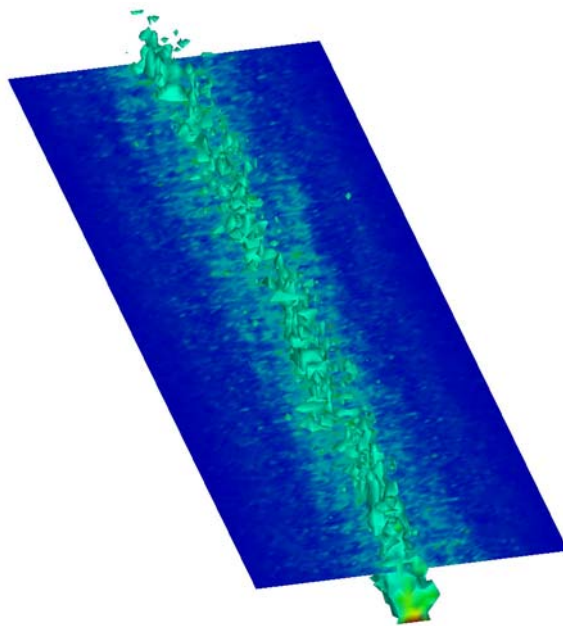


図. 3 最大せん断ひずみ増分分布。基盤変位 110cm から 130cm。等数値 (ひずみ 0.1) ボリューム図と、高さ 2.2m (深さ 2.7m) での等高線図。

結論：野島断層を対象とした解析を、個別要素法を用いて行った。230 万個あまりの直径 9cm から 12cm の球形粒子を用いた解析により、表層地盤で雁行状に形成されるせん断帯（地震断層）を再現した。せん断帯の形状などについては、ほぼ同じ地盤の厚さを持つ地点で地表で観察された値とは一致しなかったが、野島断層で観察された値の範囲内におさまる値であった。実験やフィールドでは観察しづらい地盤内部でのせん断帯の 3 次元的形状や進展過程をふくめて表層地盤の変形の様子を明らかにすることができた。今後、様々な断層の地盤内進展プロセスやメカニズムを解明し、さらに、それらを通して断層のすべりや地盤の変形による構造物被害の軽減に役立てていきたいと考えている。

参考文献

- 1) Cundall, P. A., Strack, O. D. L.: A discrete numerical model for granular assemblies, *Géotechnique*, 29(1), 47-65, 1979
- 2) 谷ほか：野島地震断層で観察された未固結な表層地盤の変形構造，土木学会論文集 No. 568/III-39, 21-39, 1997

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

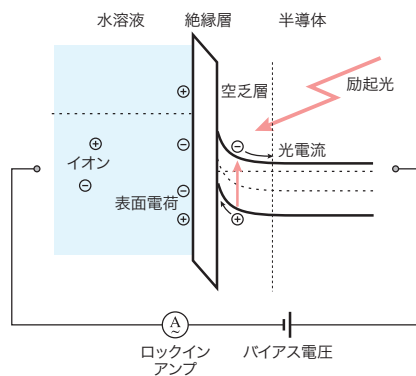
方法

- 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

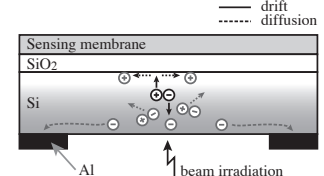
SPV (表面光電圧) 法 センサの原理



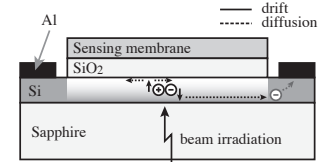
3

センサ内のキャリア挙動

通常のSi基板

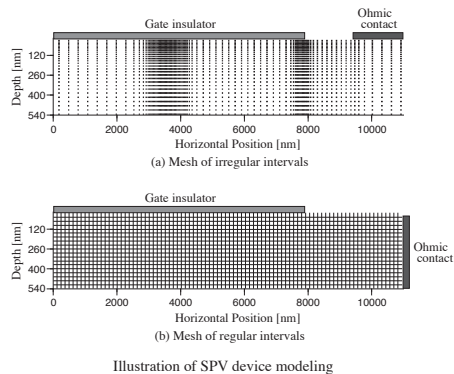


Silicon On Sapphire (SOS) 基板



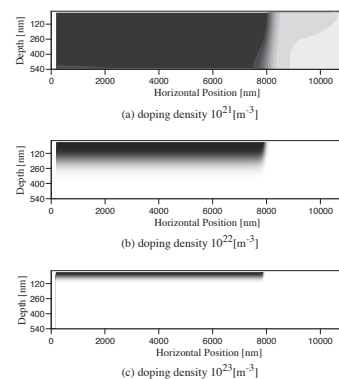
4

SOSセンサ基板のモデリング



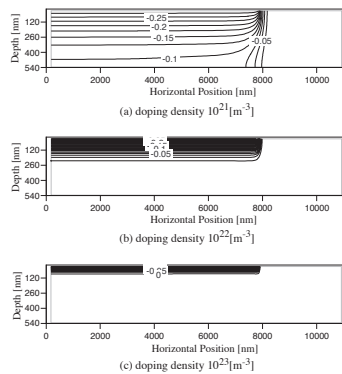
5

SOS基板のキャリア分布 (Si層 540nm)

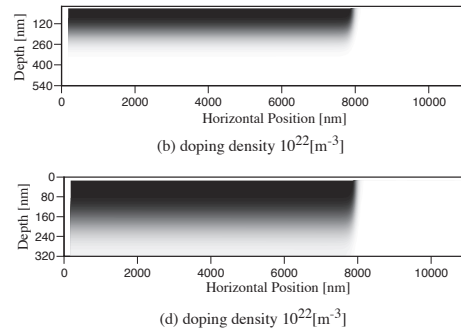


6

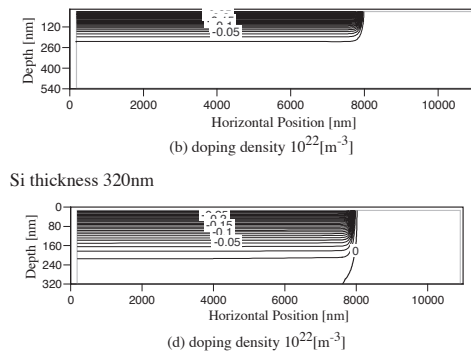
SOS基板の電位分布 (Si層 540nm)



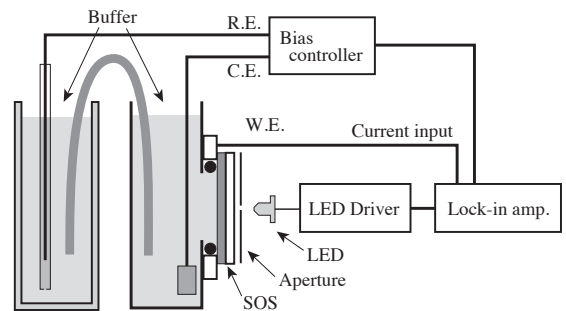
SOS基板のキャリア密度 (Si層 540, 320nm)



SOS基板の電位分布 (Si層 540, 320nm)

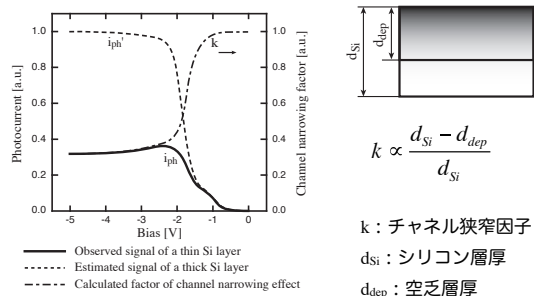


SOS基板を用いたセンサの評価装置



SPV system for measurement of SOS characteristics

センサ実測値と理論値との比較



まとめ

結果

- Si On Sapphire基板の空乏層の形成とバックチャ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ネルを維持しなければならない
- バックチャネルを維持する条件はSi層厚とドーパ量、およびバイアス電圧で決まる
- バックチャ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。例えば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)]。

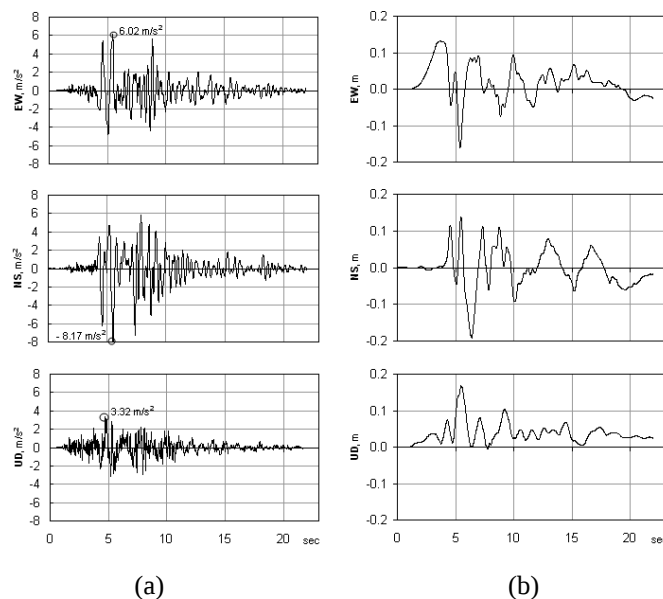
本解析では、上記の観測波形そのまま（1倍）の地震動に加えて、振幅を1.5倍したもの（最大加速度：約1.2G、最大変位：約0.3m）、および、振幅を2倍にしたもの（最大加速度：約1.6G、最大変位：約0.4m）を使用している。境ら(2002)の方法により木造建物に対する震度を求め直すと、観測波形の震度は約6.1（震度6弱と震度6強の間くらい）であり、また、振幅を1.5倍したものは約6.4（震度6強、木造建物全壊率：約25%）、振幅を2倍したものは約6.7（震度7、木造建物全壊率：約40%）である。

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。

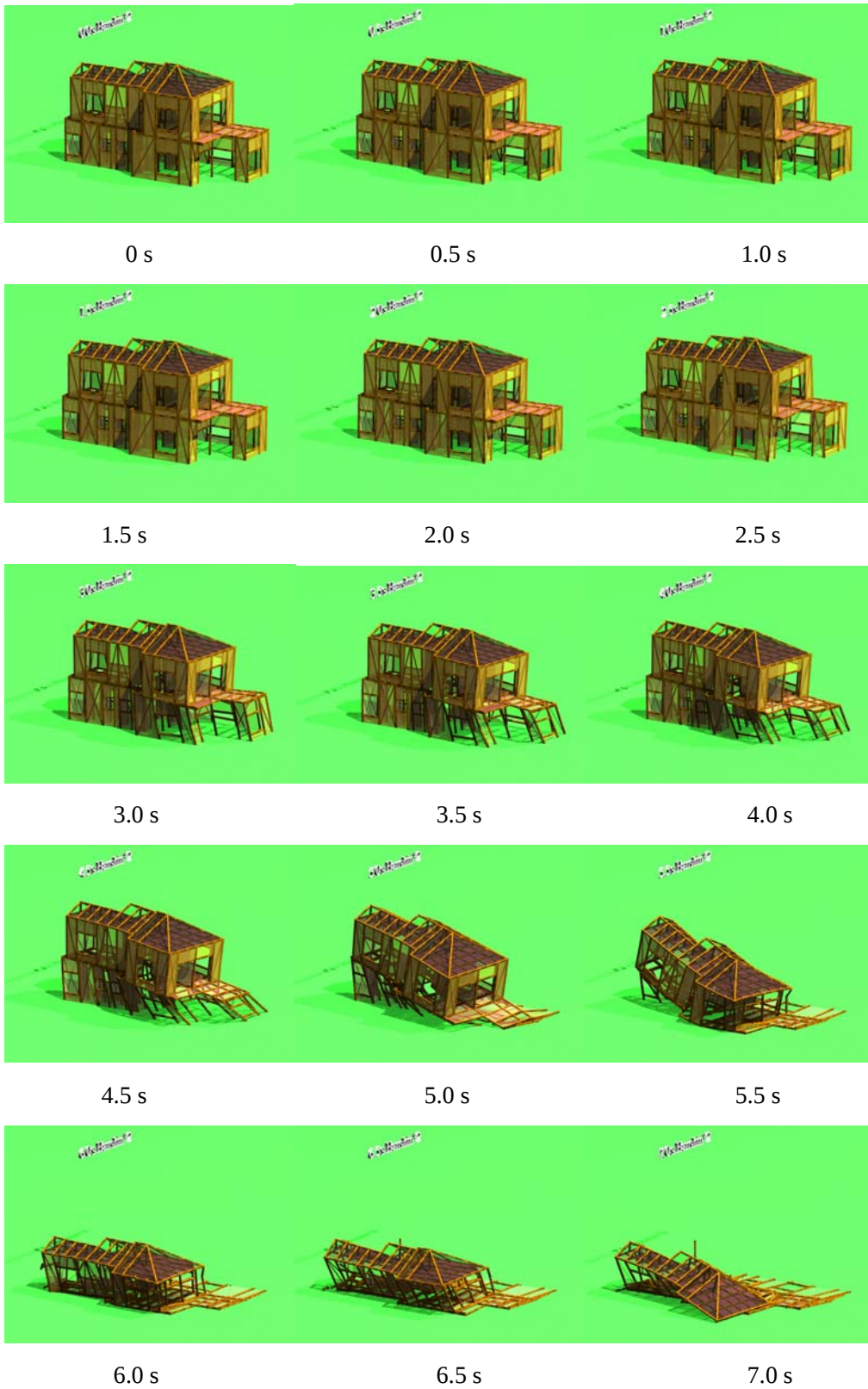
将来、家がどの程度の地震に襲われるかは、確率的にしか判らない。しかし、その際、周囲の家の数%（1割弱）が倒壊した場合に、自分の家が倒壊しないためには、震度6弱（本解析で1倍）でチェックすれば良い。また、周囲の家の約3割が倒壊した場合に、自分の家が倒壊しないためには、震度6強（本解析で1.5倍）でチェックする必要がある。更には、周囲の家の5割（半分）程度が倒壊しても、自分の家が倒壊しないためには、震度7（本解析で2倍）でチェックする必要がある。

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)節で実際の本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。

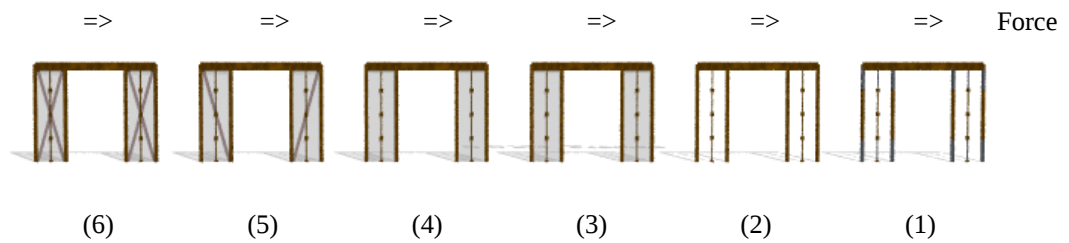


(a)

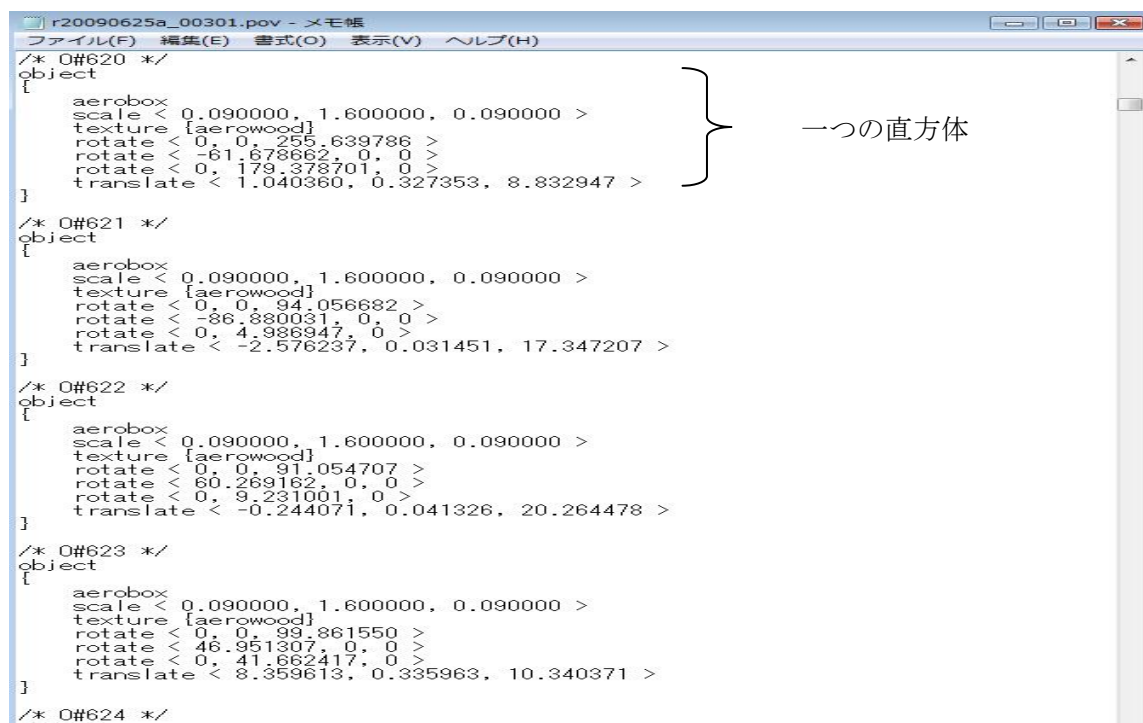


(b)

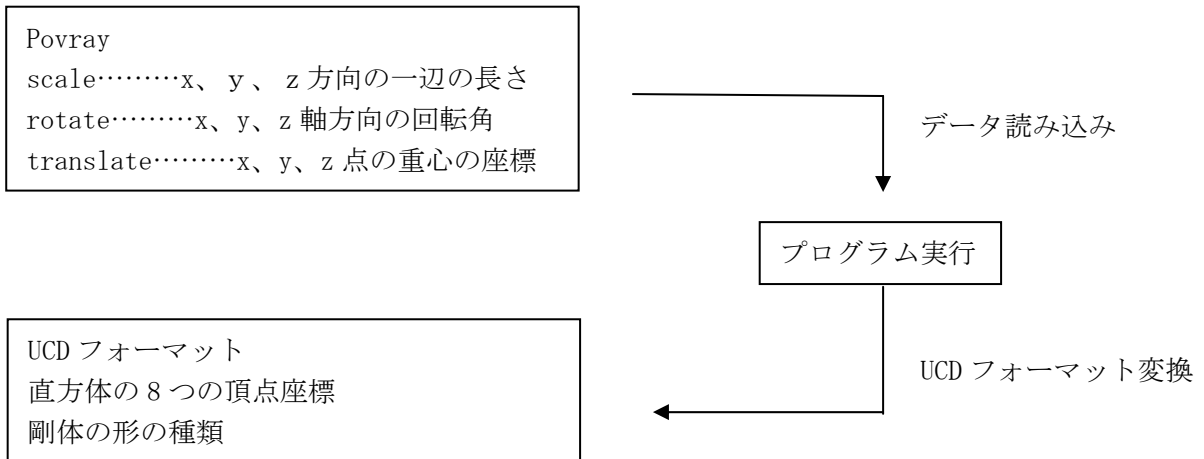
図一3 木造家屋の補強案。黒い壁は、筋交と構造用合板で補強した場所



図一4 6つの構造物（軸組および壁要素）



図一5 Povray のデータ形式



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。

```

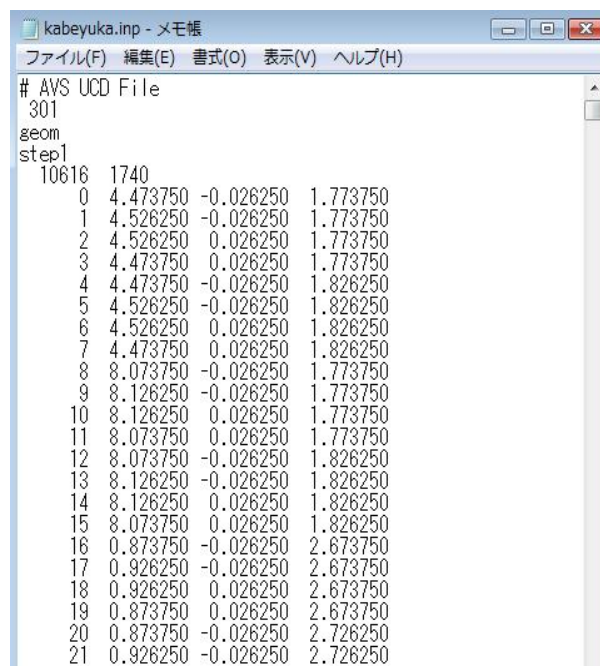
povkabeyuka.f - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)

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, qq, 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



図ー7 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

```

図ー8 UCD フォーマットに変換されたデータ（後半の部分）

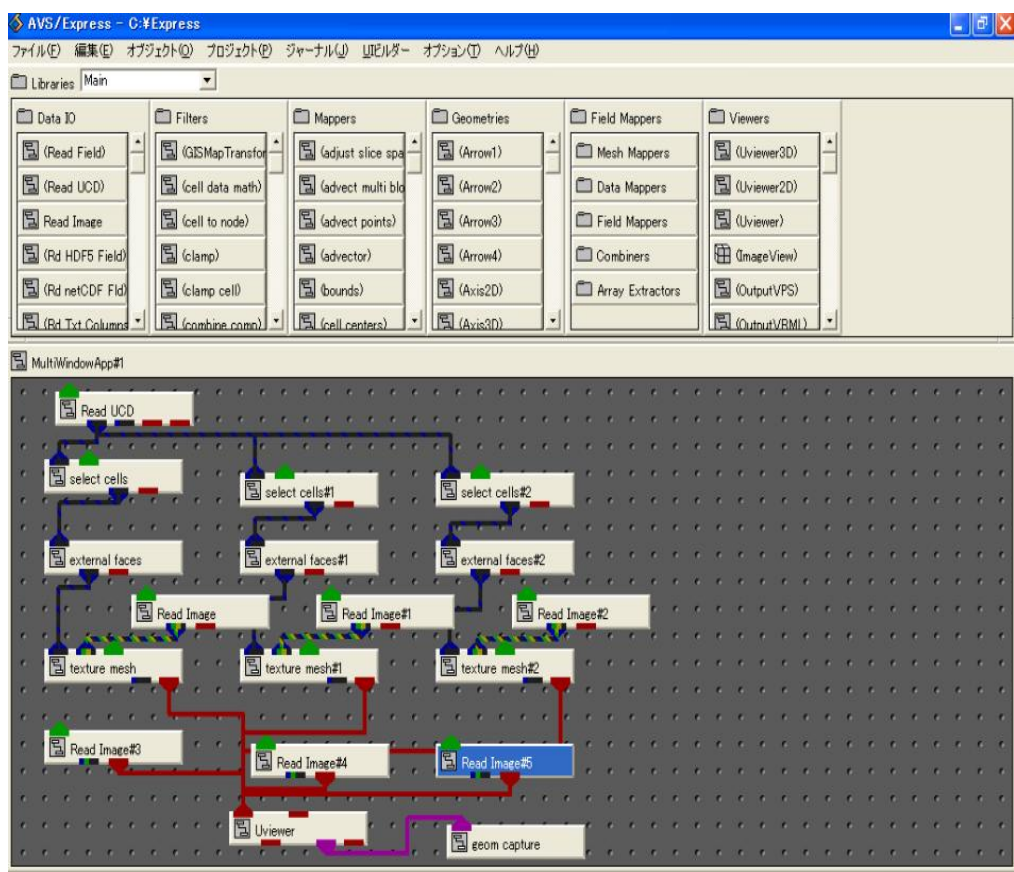
図ー7 と図ー8 に、UCD フォーマットに変換されたデータの一部を示す。図ー7 のデータは

- 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＞

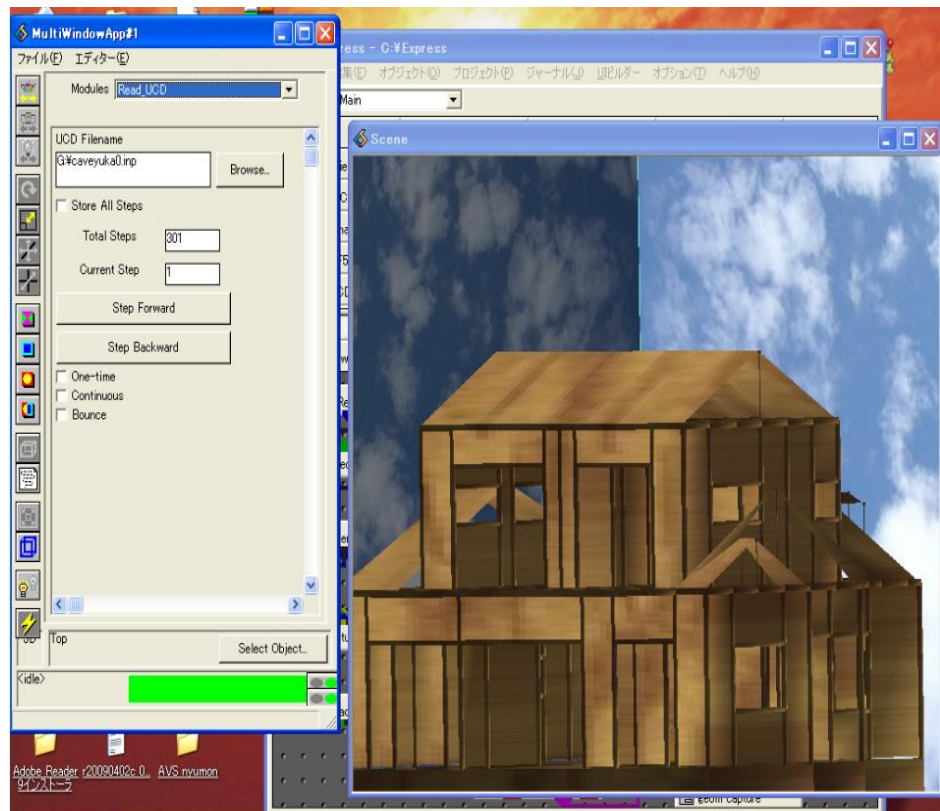
であり、全ての座標を出力し、その後、図ー8 の 1 1 行目以降で物体の形とその物体を構成する節点を次のように指定する。

- ＜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……図ー8 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。図ー9 に AVS/Express の起動画面を示す。



図—9 AVS/Express の起動画面



図—10 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しての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, 瀬瀬一起, 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)

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 1mm^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 Ψ 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、 $\mathbf{r}_g$ は赤血球の重心の位置ベクトル、 γ 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。

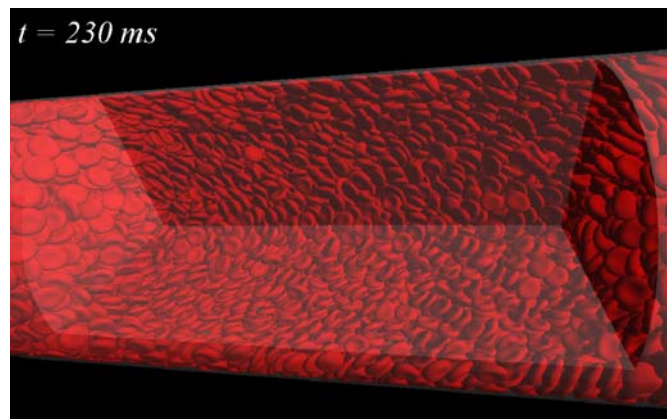


図1 赤血球群の流動シミュレーション

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.

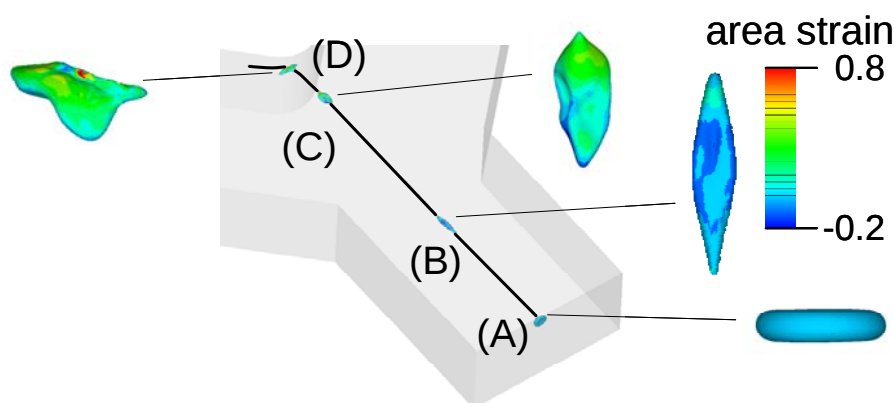


図2 Y字管内を流れる赤血球と膜面上面積ひずみの可視化

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



アクセラレータによるアルゴリズム高速化の普及

— FPGA・GPGPU適用事例 —

日立情報通信エンジニアリング株式会社
エンベデッドテクノロジー事業部

山口 由二
廣瀬 善太郎
利部 啓介

* 記載の会社名及び製品名は各社の商標または登録商標です。 → 記載された製品の内部・仕様は予告なく変更する場合があります。

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved.



目次

1. 背景
2. FPGAアクセラレーション
 - 2.1 アルゴリズム処理のボトルネック解消
 - 2.2 市販高価合成ツールとの連携
 - 2.3 アルゴリズム高速化への適用事例
3. GPGPUアクセラレーション
 - 3.1 GPGPUによるボトルネック解消
 - 3.2 弊社試行
 - 3.3 プログラミングアプローチの提案
 - 3.4 今後の取り組み他
4. まとめ

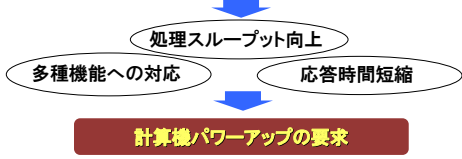
© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 2



1. 背景

■ 高騰する計算機パワーニーズ

材料工学 環境問題 エネルギー 工業製品設計 セキュリティ
 通信 ライフサイエンス 天文学 金融工学 各種科学技術



処理スループット向上
多種機能への対応 応答時間短縮
→ 計算機パワーアップの要求

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 3



1. 背景

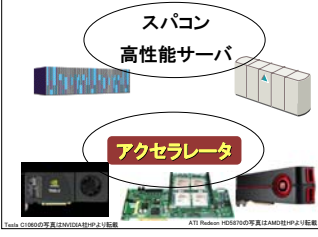
■ アルゴリズム高速化アプローチ

Step 1 後継機への入れ替え

Step 2 コンパイルオプション
コンパイル・ライブラリ
の見直し

Step 3 アルゴリズム
の見直し

Step 4 実行プラットフォーム見直し



スパコン
高性能サーバ
アクセラレータ

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 4



1. 背景

■ アクセラレータによるボトルネック解消

代表的 アクセラレータ	アクセラレータ	高速化手法	特長と主用途
- FPGA - Cell - GPGPU - GRAPE - ClearSpeed	 FPGA	アルゴリズム ハード化	低消費電力 高セキュリティ 組み込み システム環境
	 GPGPU	ソフトウェア 並列処理	高性能/低コスト PC/サーバ 動作環境

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 5



2. FPGAアクセラレーション

■ ASIC/FPGA設計ツールとしてのFPGA活用

システム設計からシステム検証までの一貫したプラットフォーム

- ・アーキテクチャ・アルゴリズム設計
- ・LSI機能検証対応 → 論理シミュレータの加速
- ・ハード・ソフト協調検証
- ・プロトタイプ検証



方式設計 LSI設計 システム検証

アーキテクチャ設計 LSI機能検証 ハード・ソフト協調検証 プロトタイプ検証

CAKセルレーション Simアクセラレーション エミュレーション プロトタイプ検証

SystemCテストベンチ テストベンチ (C/Verilog/VHDL) OS (Win/Linux) ハード

API PLI アプリケーション LSI ソフト

トランザクタ+DUT LogicBench LSI (RTL) LSI

VirtualTurbo-II

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 6

2. FPGAアクセラレーション

■アルゴリズムのアクセラレータとしてのFPGA活用

アルゴリズム(ソフト処理)

```

for (int i = 0; i < 10; i++) {
  a[i] = 0.0;
  for (int j = 0; j < 10; j++) {
    a[i][j] = 0.0;
  }
}

```

ハードウェア化

FPGA アクセラレーション

マッピング

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 7

2.1 アルゴリズム処理のボトルネック解消

お客様 ソフト(ソースコード)

ソフトの実行分析

ソフト処理部 ハード処理部

各モジュールの実行順序分析

ハード化対象モジュールの抽出

ソフト処理部のボトルネック抽出

ソフト・ハード処理の切り分け

【自動化ツールによるハード設計】

短期開発、低コスト重視

処理時間短縮 (見極め試行量)

高次元合成ツール

ハード化対象モジュール

ハード化

【ソフトが解析できる設計者によるハード設計】

性能重視

処理時間短縮 (実効値)

ソフト解析能力を持つ設計者

ハード化対象モジュール

ハード化

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 8

2.2 市販高次元合成ツールとの連携

C高次元合成ツールと連携、アルゴリズム実行・検証を高速化!

●設計フロー

Cソース

切り口指示

SW部 I/F部 HW部

C高次元合成

アーキテクチャ探索

I/F合成 高次元合成

Target Compiler

SW ソース

Driver

接続論理

HW部 RTL

PC VirtualTurbo-II LogicBench

●特徴

- C言語からRTL生成までを自動化
- 人手ハード設計が不要
- ハード知識のないソフト設計者も利用容易
- ソフト・ハードの混在設計環境を短期に実現
- ソフトをPC、ハードをLogicBenchで実行
- PC接続用ボードVirtualTurboを用意
- PC用ドライバ、接続用論理を用意

●効果

- Cアルゴリズム実行の高速化
- アーキテクチャ探索の高速化
- ソフト・ハードのコンカレント設計実現

●応用範囲

- 大規模LSI論理エミュレーション
- スーパーコンピュータクラスの大規模演算処理
- マルチメディア系演算処理
- FPGAコントローラ
- ネットワーク・パケット処理

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 9

2.3 アルゴリズム高速化への適用事例

■LogicBench(FPGA)による高速化

NO	分野	HDL生成	倍率	目的	備考
1	αブレンドアルゴリズムの高速化	ツール	5	メーカ	適用事例紹介1
2	映像信号処理アルゴリズム	ツール/人手	45	研究所	適用事例紹介2
3	高圧縮動画伸張処理の研究	人手	13	研究所	適用事例紹介3
4	高速オーディオフィンガープリントシステムの研究	人手	10	大学	
5	NSP問題向け免疫アルゴリズムプロセッサの研究	人手	10	大学	
6	GCDイメージセンサ画像処理	人手	10	メーカ	適用事例紹介4
7	画像認識アルゴリズムの高速化	人手	7	メーカ	
8	生体認証アルゴリズム(1:N)の高速化	人手	50	メーカ	

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 10

2.3.1 適用事例1 (株)S社

「αブレンドCアルゴリズム」

■C記述アルゴリズムを高次元合成ツールによりハード化(5倍高速化)

■アルゴリズムをLogicBenchに実装したことにより約2日と短期にシステム構築

■LogicBenchの論理変更・規模拡大への柔軟性によりアルゴリズム変更にも対応

従来

αブレンドプログラム

ビットマップ入出力

α串計算処理

Cプログラム実行

高次元合成 C→HDL

ハード化

LogicBench

VirtualTurbo

(プログラマブル、スケラブル)

ビットマップ入出力

20%

70%

100%

高速化5倍 & 短期2日

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 11

2.3.2 適用事例2 (株)H社

「映像信号処理アルゴリズム」

■ソフト(Cモデル)からハード(FPGA)への自動変換技術を開発

■画像信号処理をピークルとして

FPGA開発工数1/5化、処理時間1/45化、TAT 1/14化を達成

従来

Cモデル (2K-96ステップ)

高次元合成 (2K-96ステップ)

高速処理実現のためのメモリアクセス最適化

ハードウェアリソースに合わせた最適化処理

評価用 映像コンテンツ (720x480/60FPS)

処理時間 1/45

TAT 1/14

開発工数 1/5

開発技術

自動変換技術

ソフト(Cモデル)

ハード(FPGA)

高速化45倍 開発工数1/5

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 12

2.3.3 適用事例3 宇宙航空研究開発機構(JAXA)殿 「高圧縮動画伸張処理の研究」

■ アルゴリズムのボトルネック部分をハード化(高速化13倍)
 ■ ハード化論理をLogicBenchに実装したことにより約1ヶ月と短期にシステム構築
 ■ LogicBenchの論理変更・規模拡大への柔軟性によりアルゴリズム変更にも対応

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 13

2.3.4 適用事例4 日立情報通信エンジニアリング(株) 「CCDイメージセンサ画像処理」

■ MATLAB上のリファレンスモデルをH/W化し、LogicBenchに搭載！
 ■ LogicBench運動により約10倍の高速化を実現！(MATLAB単体比)

● MATLAB単体モデルベースシミュレーション

● LogicBench運動モデルベースシミュレーション

約10倍加速

高速化10倍

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 14

3. GPGPUアクセラレーション

様々な産業・科学分野で高速計算・アルゴリズム探索ニーズが拡大
 自動車、通信、セキュリティ、ゲノム、金融、etc

ハイ・パフォーマンス・コンピューティングのイノベーション
 高度科学技術計算・大規模シミュレーションなどの
 アプリケーション処理時間をパーソナル環境で劇的に改善

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 15

3.1 GPGPUによるボトルネック解消

■ GPGPUとはグラフィック用補助演算装置から派生したコプロセッサ
 同コプロセッサの演算資源をグラフィック以外の目的に応用

アクセラレータ用途

ボトルネック解消

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 16

3.2 弊社試行

■ 社内アプリケーション画像補正(魚眼補正コア部)
 GPGPU(NVIDIA社製)を適用し高速化！
 ■ C記述アルゴリズムをNVIDIA社CUDA CIにリファクタリング
 ■ 対象アルゴリズム規模1Kstep:2週間の短期間完成
 ■ リファクタリングフロー:反復部解析→細粒度並列化→デバッグ

ハイビジョン動画補正に対応可能な処理速度を実現

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 17

3.2 弊社試行

■ GPGPUアーキテクチャ 考察

- 大量データの単純処理(音声画像処理/数値計算 etc.)は高速化容易
- 複雑な制御を含む処理は手間が掛かる

Yes No

ポトルネック箇所多い
メモリレイテンシ要求高い
データ依存度の繰り返し
条件判定が複雑(多い)
関数階層・ループ階層が深い

■ プログラムマビリティ 考察

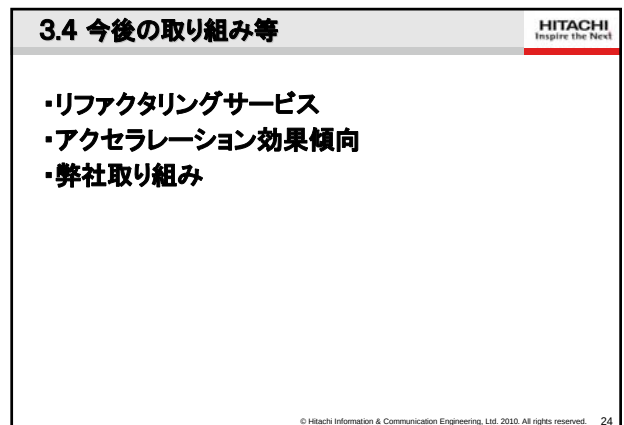
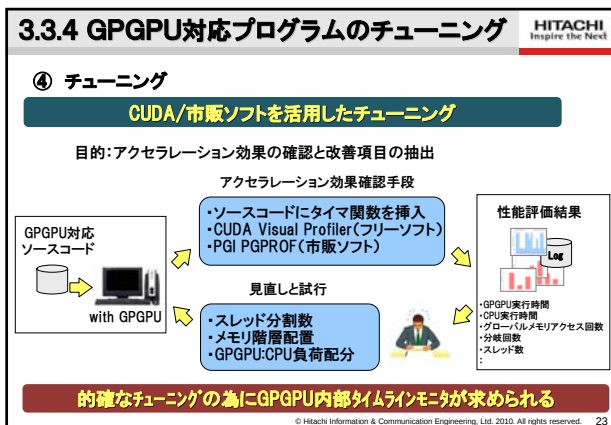
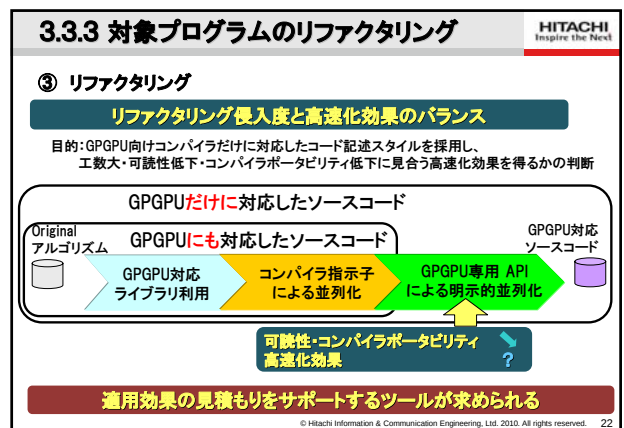
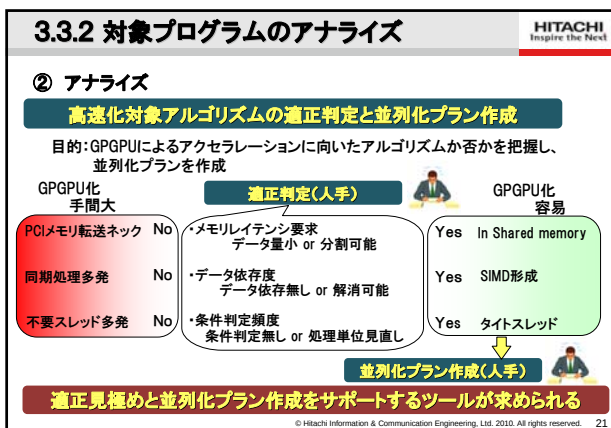
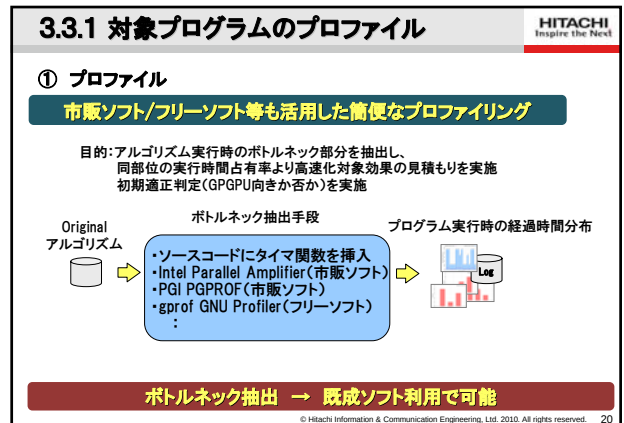
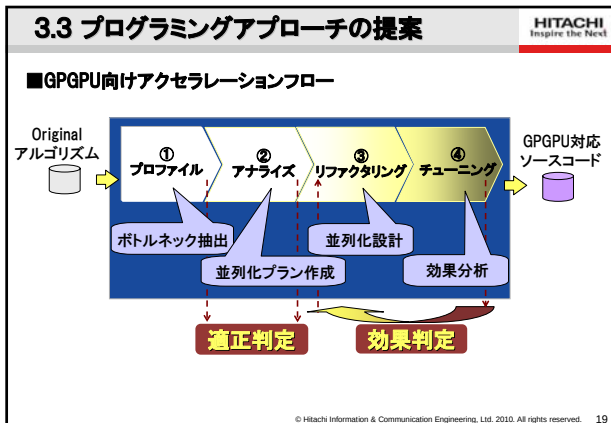
- ソースコードを徹底的にリファクタリングする必要有り、可読性・保守性・コンパイラポータビリティは低下

アルゴリズム For GPGPU

汎用コンパイラ
GPGPU向け
他アクセラレータ向け

開発効率低下

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 18



3.4.1 リファクタリングサービス

アルゴリズムハード化ソリューションで培った並列化技術を活用し、GPGPUを用いたローコスト・ハイパフォーマンス・コンピューティング提案

■GPGPU向けリファクタリングニーズに対応したソリューション提供

リファクタリング

逐次動作記述 → 並列動作記述

■アルゴリズムハード化共有技術
アルゴリズム分析
並列化設計
ソフトウェアパイプライン設計
高速メモリ処理設計

■GPGPU固有技術
CUDA C 高度仕様
特徴を生かしたチューニング

PC → Target Compiler → Cソース
PC with GPGPU → nvcc → CUDA C ソース

アルゴリズムハード化：アクセラレーション手法の一つ、ソフトウェアで表現していたアルゴリズムをハードウェア（FPGA）に実装すること。GPGPU C 専用APIを用いて、GPGPUに最適化されたソースコードを生成する。

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 25

3.4.2 アクセラレーション効果傾向

■対応工数とアクセラレーション効果

I. GPGPU化容易プログラム III. GPGPU化手間大プログラム

推奨 要適用判断

II. 適度な工数で適度な効果
プログラマビリティの向上で領域IIの工数効果バランス向上を期待

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 26

3.4.3 弊社取り組み

■GPGPULリファクタリング支援ツール

アクセラレーション範囲拡大とリファクタリング自動化の研究

Original アルゴリズム → 変換ツール → GPGPU対応ソースコード

変換ツール: コンパイラ指示子による明示的並列化, GPGPU専用APIによる明示的並列化

記録並べ替え指示 + コンパイラ並列指示子 侵入的コード変更指示 + GPGPU API 並列指示子

■独自プロファイラ
データ並列性抽出、スレッド並列性抽出

■独自アナライザ
データ並列成立部、データ並列不成立部、スレッド並列成立部、スレッド並列不成立部、スレッド並列不成立部、大域的並列部作成

*1: スレッド並列性抽出: 実行可能な範囲、データ並列性抽出: 異なるデータに対する同一操作の反復処理

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 27

4. まとめ1

■開発ツール利用によりアクセラレーション容易化可能

Original アルゴリズム → プロファイル → アナライズ → リファクタリング → チューニング → コンパイル

ツール利用による工数適正化 アクセラレータ適用工数 新規ツールにより効率化促進見込み有り

⇒ 普及拡大

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 28

4. まとめ2

■実行プラットフォームに依存しないアルゴリズム可用性実現

Step 1: 後継機への入れ替え

Step 2: コンパイラオプション、コンパイラ・ライブラリの見直し

Step 3: アルゴリズムの見直し

Step 4: 実行プラットフォーム見直し
スパコン、高性能サーバ、アクセラレータ

ツールによる離れ期待 普及阻害要因 実行プラットフォーム依存のコード改変 ⇒ 普及拡大

© Hitachi Information & Communication Engineering, Ltd. 2010. All rights reserved. 29

スーパーコンピューティング技術産業応用協議会での活動報告

代表取締役 老 孝明

日本オンリーワン㈱

1. はじめに

スーパーコンピューティング技術産業応用協議会（産応協）、英文名称：Industrial Committee for Super-Computing Promotion [略称：ICSCP]は、現在経団連の元の組織であり東大革新プロジェクトとともに歩んできた産業界の組織である。東大革新プロジェクトとは革新的な技術・高度な技術の粋を集めて、国産のソフトウェアを開発してゆこうとするプロジェクトである。高度な技術とは、ものづくりのターゲットでは、「自動車の空力性能評価」「回転機の性能評価」「安全安心設計性能評価」の3つを柱に組み立てられ、それぞれに特化したソフトウェアが東大教授の下に開発され試算され評価されてきた。またソフトウェア開発とともに理化学研究所が中心となって音頭を取る次世代スパコンセンタ（ペタコン）建設の話とこのソフトウェアを乗せるペタスケールのコンピューティングを実現する話と、産業界に革新的技術をもたらし、国家の技術水準をレベルアップし国際競争力保持や国民の安心安全を担保するよう産業界で学術的取り組みをしている。この活動をしているのが産応協の組織です。

ここで当社の活動報告をしますが、当社は、産応協の3つの分科会の委員であり、それぞれの活動を数年にわたって実績を積んでおります。

3つの分科会とは、

- 数値シミュレーション評価普及部会
先端ソフトウェア応用分科会
- 計算科学技術普及促進部会
スーパーコンピューティング技術分科会
シミュレーションロードマップ分科会

先端ソフトウェア応用分科会は、革新プロジェクトのソフトウェアを応用し試算し評価する分科会で IHI 株式会社の笠部長率いる分科会である。ここでは特に先にあげた「ものづくり」の分野のためのソフトウェアを評価している。スーパーコンピューティング技術分科会では、次世代スパコンの運用面での政府に提案する要望書作成やスパコン利用の普及・啓蒙活動などしており、新日鐵株式会社の村上部長が音頭となっている。シミュレーションロードマップ分科会は、国内外産業界でのソフトウェア実績の調査や国内のスパコン対応シミュレーションのあり方の啓蒙書発行などしており、アドバンスソフト株式会社の小池社長が音頭を取っている。

2. それぞれの分科会での実績と活動報告

2-1 先端ソフトウェア応用分科会での活動報告（試算と評価）

全部は、記述できないので1例を記述する。

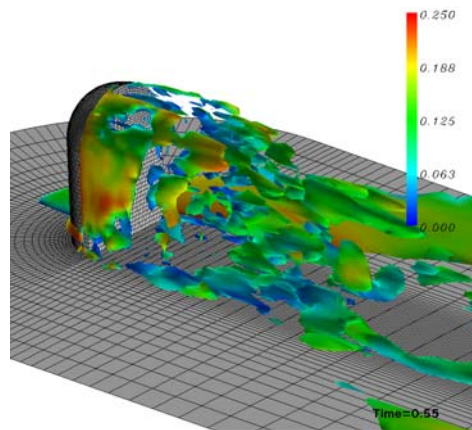


図1 ドアミラー音響特性解析

図1は、自動車の空力特性の評価の一端で自動車のドアミラーの風きり音の音響特性を評価している例である。計算ソフトは、革新ソフトの **FrontFlow/blue** であって、計算は、現在数値フローデザイン株式会社代表取締役張が担当した。ドアミラーを過ぎる空気の流れを圧力の等値面であらわし、まずは流れの状態を評価しているグラフをのせる。

FrontFlow/blue は、乱流の微細渦の状態評価に優れ、ドアミラーを過ぎる微細渦（ウエイク）の発生や伝播の様子をうまく表している。ドアミラーエッジや後流にどのような音源が生じ伝播してゆくかが、米国の標準ドアミラーをモデル化し計算された例である。

2-2 スーパーコンピューティング技術分科会（政府に次世代スパコン運用の要望書提案など）

討議して政府等へ提案した内容を挙げる。

「次世代スパコンのアーキテクチャ選定用ターゲットアプリ」の提案

「次世代スパコン用アプリケーションソフト開発の要望書」の提案

「ものづくりのための先端計算科学技術活用基盤の構築」のための文科省への提案

「次世代スパコンの共用に関する意見・要望」の提案

次世代スパコンを産業界にとって有益な施設とするための行政・関係機関への提言

など

2-3 シミュレーションロードマップ分科会の活動報告（調査・啓蒙書籍発行）

次の2冊の書籍発行にかかわった。両方とも一冊ずつ埼玉大学に寄贈している。

①「第3の科学」コンピュータシミュレーションが拓く産業の明日

②産業界におけるコンピュータ・シミュレーション

①は、海外のソフトウェアのソフトウェア開発や使用現状を調査し、国内での開発体制や使用に啓蒙的示唆を与える構成になっている。そこで海外のオープンソースの CAE ソフトウェア開発プロジェクトについて執筆した。



執筆担当部署は、海外のオープンソースソフトウェアで近年台頭してきている OpenFOAM と OpenCASCADE をとりあげ、紹介している。

②では、「デジタルエンジニアリング」の分野でどのような考え方で企業が取り組み、模索し実践してゆくかの CAE を使った企業の「ものづくり」の次世代の考え方を紹介している。

CAE を使って、試作レス、短納期、コスト削減を実現するため企業が取り組んでいる「ものづくり」すなわち「デジタルエンジニアリング」を、ジェットエンジンの設計・製作にかかわるテーマで紹介する章の概要執筆を依頼された。

軍艦島コンテンツ向けCG制作

岩崎 勤

サイバネットシステム株式会社

1. はじめに

長崎県長崎市の観光名所の一つに「軍艦島」(正式名称：端島)という名で知られた無人島がある。もとは炭鉱で知られた島であるが、その歴史、在り方が非常に面白く、当時の文化慣習や最新の流行、炭鉱労働者が作り上げたコミュニティ、建築物、そして防災に関する対処など、様々な観点から楽しめる魅力を持っている。当時の居住者である坂本らによる活動[1]や阿久井らによる研究[2]で島内のデータ的な情報がある程度存在するものの、実際の島は廃墟と化しており、かつての名残を遺構の中に見ることができるが、当時の生きた情報を見ることができない。そこで、島内の建築物を中心にCGとして制作しデジタルアーカイブとして利用することを考えた。このCGを用いたコンテンツはDVDとして販売されたり[3]、長崎県が所有する5面型CAVE[4]において県内の関係者へ見せるなど、有意義に利用されている。本研究会では軍艦島のCGコンテンツ制作について紹介する。

2. 軍艦島の存在意義とCG化の目的

長崎市は軍艦島を観光資源として活用している。また、坂本らは軍艦島を世界へPRする目的を持っており、軍艦島の魅力を様々な形で見せる必要がある。しかし、軍艦島へ訪れる観光客は、現在、天候等の条件が合えば島へ上陸してその一部を実際に見ることができるようになったが、島内は崩壊が著しいため、立ち入れないエリアが多い。日本最古の鉄筋コンクリート造高層アパートといった歴史のある建築物や、島内での炭鉱エリアと居住区エリアの位置関係と扱われ方の違い、さらには当時の生活スタイルなど、軍艦島の姿が含んでいる情報は、現在の見た目だけではなく、なぜそのように形作られたかという歴史と、そのような歴史を持つに至る理由があり、CGによる再現は、現実に見ることができない場所の再現だけではなく、崩壊する前の状態を復元し、軍艦島の過去を見せることにより説明を補足することができる。

3. CG制作の過程

本CGの制作は以下に述べる手順、要領で行った。CG化する上で浮上した問題点等も含めて具体的な制作に関する内容について解説する。

3.1 コンテンツシナリオ

軍艦島は狭い中に建築物が立ち並び、ビルの隙間から空を仰ぐような独特の景観を持っている。そこで、このような建築物の中をウォークスルーして仮想的に探索できるコンテンツを制作することにし、その用途で使われることを想定し、CGを制作することを計画した。

3.2 現地取材

長崎市の許可を得て軍艦島の上陸取材を行った。当時実際に生活されていた坂本氏が案内役となり、現地のスケール感、空気感といった感覚的体験と、建築物の成り立ちや細かいディテールに関する意味の説明を受け、CG再現する上での参考情報を得た。また、図1に示すようなテクスチャ画像の採取や効果音のサンプリングも行った。



図1 採取したテクスチャの例

3.3 実際住んでいた人へのリサーチ

現地取材に平行して、当時実際に生活していた人3名（男性2名、女性1名）へインタビューを行った。このときコンテンツのプロトタイプを制作し、体験してもらうことで意見を得た。結果、端島銀座と呼ばれる島内のメインストリートに強い思い出が残っており、CG再現を行う上での指針となった。またコンテンツのサイズは寸法を合わせていたが、提示のスケール感についてもコメントがあり、提示するときに、感覚的に「狭く」見えるようにカメラを設定すると彼らの感覚に合った。これについては実験的な計測を行ったわけではないが、表現方法を考える上で参考となった。

3.4 表現ポイントの整理

軍艦島には多くの見どころがあり、全体をくまなく再現しようとする、制作量が増えすぎ、時間的に困難である。また天災が多く、島の姿が短時間で変わっていったため、どの時点を表現するか決めるのが難しい。そこで、インタビューや入手できた資料を基に、再現するエリアを区切り、実際に住んでいた人の体験から興味深いと考えられた場所を制作した。再現したエリアと理由は以下の通りである。また図2に再現した各エリアを示す。それぞれ左が取材時の写真、右が制作したCGである。

(a) 潮降り街

台風、時化のときなど護岸を飛び越えて被害を受けることから、名称と相まってインパクトが強い。

(b) 端島銀座

島の人間ならば通った事がない者はいない程のメインストリートであり、思い出が強いため。

(c) 65号棟坂本氏住居再現

現地取材のとき案内役であった坂本氏の住居であり、現地で多くの資料を入手できたため。またそれらに関する生きた情報を得られたため。

(d) 31号棟2階の一室

現在残されている写真資料において比較的多くのサンプルが得られたため。



(a)



(b)



(c)



図2 再現したエリア

(a)潮降り街 (b)端島銀座 (c)65号棟坂本氏住居 (d)31号棟2階 (e)映画館前

(e)映画館（昭和館）前

建築物が美しく印象的であり，島民の思い出も強かったため．

3.5 制作

観察者のコントロールによるウォクスルーコンテンツを想定したため，CGはリアルタイムレンダリングされる．そのため見た目のクオリティーを維持しつつ情報量をできるだけ絞りこむことを考えた．具体的には以下のような工夫を行っている

(a)エリア内で見える場所のみを再現（ハリボテ化）

CGは軽量化のため原則的に見えるところだけ作る．図3に示すように，建物は表側のみ作りこみ裏側はない，いわゆるハリボテ状態で制作を行った．



図3 見えるところのみ作りこまれたCG

(b)バーテックスカラー処理

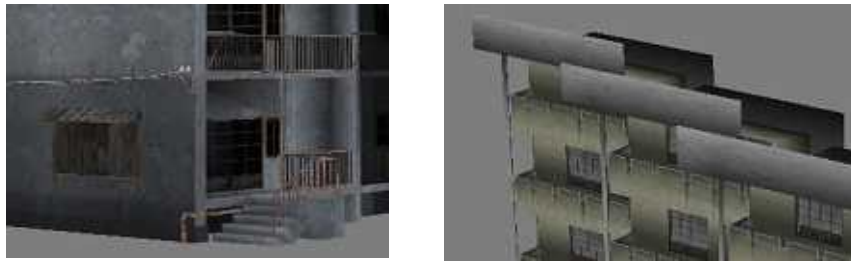
影の表現はバイクマテリアルとシャドウマップ，バーテックスカラー，そしてスポットライトによるリアルタイム制御の3つによって表現されることが多い．各特徴を表1に示す．本CGではバーテックスカラーを採用した．これはモデル内のポリゴンを構成している頂点レベルでカラーを上塗りする技法であり，テクスチャーの上から書かれているような描画となるため，変更が容易である．

表1 影の表現方法

方法	長所	短所
バイクマテリアル&シャドウマップ	画像品質が高い	多量のテクスチャが必要
バーテックスカラー	変更が容易	品質がポリゴン数による
スポットライトのリアルタイム制御	リアルタイム性が高い	PCへの負荷が高い

(c)建築物上部や遠方など，観察視点から距離が遠く見えにくい場所を軽量化

観察者が自由に移動したとしても，常に遠方にある物の細かい部分ははっきりと見えない．CGは遠方にあたる部分になるほど，ポリゴン数やテクスチャ解像度を下げるといった作り方を行い，軽量化した．図4(a)は近くにあるCGの例であり，細部を立体的に作りこんでいるのに対し，図4(b)のCGは遠方に配置するもので，板ポリゴンを多く用いている．



(a) (b)
図4 距離による作りこみの違い
(a)近くにあるCG (b)遠くにあるCG

4. コンテンツ展開の可能性

軍艦島は見る人によって、いくつかの切り口があるため、CG モデルは様々な目的で利用できる可能性がある。これまでの要望、事例、そしてコンテンツアイデアからいくつか紹介する。

(a) レンダリングムービーによる映画の利用

コンピュータをあまり取り扱わないユーザにとってはインタラクティブでゲーム的なコンテンツよりも、通常のDVD ビデオを希望する声が高かった。そのため、CG モデルの光源表現を高め、レンダリングムービーとして制作する。これは今後の計画としている。

(b) 実写素材と組み合わせたAR（拡張現実感）の利用

現実の軍艦島の存在感はとても強く、今後観察できるエリアは広がる可能性がある。現在の崩壊した状態と、過去を再現したCG の関係性を直感的に提示する方法のひとつとしてAR 的なコンテンツを考えている。

(c) 炭鉱区の再現

軍艦島は炭鉱の島であったため、炭鉱部分への関心は非常に高い。したがって、居住区だけではなく、軍艦島の炭鉱に関してもわかりやすく説明できるようなCG コンテンツを追加できればと考えている。

(d) CAVE におけるVR 利用

長崎市内のインキュベーションセンターであるD-FLAG には5 面型のCAVE があり、申請すれば利用することができる。そこで、軍艦島への上陸がまだ不可能だったときに本CG をCAVE 内で提示した。

5. まとめ

軍艦島のデジタルアーカイブについて、そのプロジェクトの根幹であるCG 制作について解説した。天災が多く、再現する島の仕様を決定するのに手間暇を用いたが、当時の居住者の監修を受け第一弾を制作することができた。また本CG は様々なコンテンツのために利用されていており、今後も有効に活用されればと思う。

謝辞

本文の執筆にあたり、CG の情報提供にご協力いただきましたコミュニケーション・ワークス（株）様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 阿久井喜孝、滋賀秀實：軍艦島実測調査資料集，東京電機大学出版局，1984。
- [2] 坂本道徳：軍艦島を世界遺産に登録する会，<http://www.gunkanjima-wh.com/>，2003。
- [3] 軍艦島さるく，http://infoapio.com/infoapio/Gunkanjima_project.html，有限会社インフォアピオ，コミュニケーションワークス株式会社，2009。
- [4] VR シミュレータ室，D-FLAG，<http://d-flag.smrj.go.jp/index.html>

EXTRAWING

～地球・環境流体シミュレーション結果の新しい見せ方の提案～

荒木 文明, 杉村 剛, 川原 慎太郎, 馬場 雄也, 高橋 桂子

海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター

シミュレーション高度化研究開発プログラム

はじめに

近年, 研究成果の社会還元やアウトリーチ活動など, 研究者の手による情報の発信が強く求められるようになってきている. 我々は, 各種の地球および環境流体シミュレーションによる結果を, 社会一般の人々へ向けて還元するための方法論について, 現在検討を進めている. 特に, よりリアルで直感的な 3 次元可視化の表現方法と, それを用いた一般社会への情報発信方法について, 我々は重点的に検討および開発を進めてきた.

リアルな地球環境を表現するプログラムとして, Google Earth [1] に注目した. Google Earth は Google 社が無料で配布しているバーチャル地球儀ソフトウェアで, “自然な” スケール感を伴う視点移動と美しい地球景観の表現を可能にする. またアニメーションや対話的な操作系等の特徴を持つ. 我々の地球・環境流体シミュレーションで得られた流体データを 3 次元的に可視化した結果を Google Earth に載せることができれば, 我々の目的の一つは達成されるだろう.

さらに一般社会へ情報発信するためには, 誰もが容易にその可視化結果の Google Earth 用データを入手したりまたそれを自由に観察したりすることができなければならない. しかし, そのデータをダウンロードする Web ページを開設するだけでは, 大半が専門家とは限らない一般の人々にとってはハードルが高いと言える. より多くの人々に気軽に見てもらえるようにするために, コンテンツを選ぶだけで簡単に可視化結果を観察できるようにする Web プログラムを開発することが有効な方策の一つになると考えられる.

我々は, 地球・環境流体シミュレーションによって得られた流体データを 3 次元的に可視化し, Google Earth 上でリアルな景観と合わせて表現する方法を考案した. また, それによって得られた結果をより効果的に一般社会へ向けて発信していくために, その可視化結果を Web ページ上で簡単に観察したり操作したりすることができる Web プログラムを開発した. 本研究開発のプロジェクトを総称して EXTRAWING (エクストラウィング) と呼ぶ. この名称は「EXploring and TRaveling the World INside Geoscientific data」から取った造語である. 以下, 本プロジェクトの詳細を記す.

Google Earth で表現するための 3 次元可視化手法

Google Earth を地球科学データのビューアとして利用する場合, 地図に貼りつけられた情報 (点), タグ付けされた回遊魚の追跡結果 (線), 人工衛星による観測結果の画像 (面) など, 0~2 次元的な表現がほとんどすべてであると言える. しかし, 我々が可視化すべきデータは, 3 次元の空間的な広がりを持つ数値データ (ボリュームデータ) である. これを Google Earth 上で表示するには, ポリゴンで表現可能な可視化技法を選択し, それを Google Earth で取り扱えるファイル形式 (KML, COLLADA) で記述しなければならない.

このような条件を踏まえて, 我々はスライス画像を層状に重ねるボリュームレンダリング法を試みた. 本技法では, データを層状にスライスして可視化した不透明度を含む 2 次元画像を作成し, それらを同じく層状に並べた複数の矩形ポリゴンの各層にマップすることでボリュームが表現される. マップされる画

像の形式には、色だけでなく不透明度もピクセルごとに指定可能な PNG 形式を使用する。この方法を用いることにより、面の法線方向から眺めたときには立体感のある表現が得られる。図 1 の例（詳細は後述）は都心の気温分布の水平断面画像を鉛直方向に層状に重ねて表現されている。

流体データのスライスの仕方は基本的には鉛直方向に限らずどの方向でも良い。例えば図 2 は都心の気温分布のデータを水平の一方方向にスライスしたものである。ただしスライスの方向が視線方向と大きくずれると立体感が損なわれるので、視点移動に応じてより適切な方向にスライスされた層に表示を切り換える必要がある。また異なる方向を法線に持つ層同士を同時に表示すると互いに交差する断面の間で余計な縞模様が現れるなど、層の表示／非表示には別途注意が必要である。

上記の方法以外にも流体データを Google Earth 向けに可視化するために、例えば、商用の可視化ソフトウェア AVS 用に開発された AVS KML Exporter [2] というツールを用いる方法がある。このツールは、AVS で可視化して得られる等値面や流線などのポリゴンデータを KML 形式に変換し出力することができる。しかし、我々が作成したようなボリュームレンダリング表現を実現するのは容易ではない。



図 1 MSSG モデルによる都心の気温分布

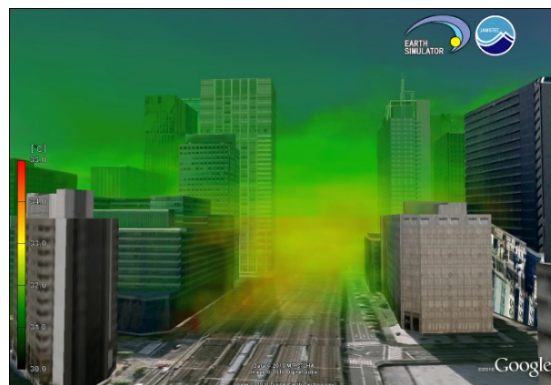


図 2 水平方向から眺めた温度場

Web による発信方法

シミュレーションデータの可視化結果を一般社会へ向けて発信するために、インターネットを活用するのは常套手段であると言える。しかし、上述のボリュームレンダリング表現によって得られた KML データをダウンロードできる Web サイトをただ単純に作ってデータを置いておくだけでは十分とは言えない。各自で Google Earth をセットアップしたり、観察したいデータもその都度時間をかけてダウンロードしたりする必要がある。また、あらかじめ Google Earth の各種機能を熟知した上で自らの判断で見たいシーンを選択抽出したり、さらにはそのデータに関する解説なども各自で調べたりするとなれば、専門家でない人々にとっては少々ハードルが高いと言える。これらの理由により、専門家でない多くの一般の人でも容易に閲覧でき平易に理解できるような仕組みを用意することは大切である。そこで我々は、Google 社より提供されている JavaScript プログラム開発用の Google Earth API ライブラリ [3] を使い、誰もが容易に可視化結果を閲覧できる Web プログラムを開発した。

Web プログラムの設計にあたっては、利用者のパソコン環境（ディスプレイモニタの大きさ、ブラウザの種類、バージョン）、操作性（Google Earth の必要最低限の操作系の確保、コンテンツの選択手段）に配慮すると共に、情報伝達性（Google Earth と説明文の同時表示、操作説明、FAQ など）についても工夫した。図 3 に EXTRAWING のメインページのレイアウトを示す。図 3 の中央部分に広がるグラフィカルな領域が、Google Earth プラグインによるコンテンツ表示部である。この直下の濃灰色の帯状の部分に各種オプションボタンが配置される。さらにその下には、コンテンツを選択するためのスライダーが置か

れている。図 3 の右側は、解説や各種情報を表示する領域である。このうち上部にはコンテンツに対する簡易的な解説文を表示し、下部にはコンテンツごとにオプションとして用意される「視点」および「ツアー」に対する情報を表示する。コンテンツ表示部の上側には、動作環境、操作説明、トラブルシューティングなど、各種ドキュメントページへのリンクを設置している。



図 3 EXTRAWING Web プログラムの外観



図 4 MSSG モデルによる雲水量分布

可視化結果のコンテンツ

EXTRAWING 用のコンテンツとして現在 2 種類のシミュレーション結果を用意している。一つは前述の東京都心の気温に関するシミュレーション(図 1)、もう一つは 2007 年の台風 4 号の再現シミュレーション(図 4)である。いずれも地球シミュレータセンターで開発された MSSG モデル[4]で実施されたものである。

図 1 は、2005 年 8 月 5 日 15 時ごろの東京駅付近における風の流れと気温をシミュレーションした結果の一部である。配色は 32℃前後(緑)～35℃(赤)に対応する。31℃付近より低い気温では不透明度を小さく設定している。これにより、相対的に高い側の気温分布が、煙のようにもくもくとした構造となつて見出されている。風上側(図の手前側)で筋状構造が見受けられるが、林立するビルによってその構造が壊れて行く様子が分かる。また、冷房等によるビルからの排熱や、太陽光によってアスファルトの道路やビルの西側表面が暖められている様子もこの可視化結果から見出すことができる。

図 4 は 2007 年 7 月 14 日の日本近辺の雲水量分布を示したものである。日本列島に横たわる梅雨前線と九州の南西に位置する台風が確認できる。台風を取り囲むように筋状の雲の列も確認できる。図では、雲の核となる構造を捉えるために、濃い雲の領域を強調して表示している。また、鉛直構造を見やすくするために、高さを 5 倍拡大している。

横浜研究所一般公開にて EXTRAWING Web の初公開

2010 年 11 月 27 日(土)、海洋研究開発機構横浜研究所にて施設一般公開が開催された。このときにあわせて Web サーバにプログラムを用意し展示を行った。全体の参加者数は 1740 人。本展示会場への来場者数は定かではないが、おおむね盛況であったと思われる。図 5 の左上の写真は展示会場全体、図の左下と右側の写真は展示用端末付近をそれぞれ左側から撮影したものと右側から撮影したものである。図の右側の写真において、手前の 2 台が EXTRAWING 用に設置した端末である。子供たちが EXTRAWING を操作して楽しんでいる様子が見られる。EXTRAWING の展示だけでなく 3D Vision による立体視可視化の展示(図 5 左下側の 2 台)や可視化アニメーション展示(図 5 の左上側の写真の左奥のスクリーン)も含め、全体を通して大変好評であった。



図 5 施設一般公開における EXTRAWING 等の展示風景

まとめと展望

地球・環境流体シミュレーション結果の「新しい見せ方」として、Google Earth 上でスライス画像を層状に重ねたボリュームレンダリング技法により流体データを可視化する方法を紹介した。またそれを用いて一般社会へ成果を発信するための手法として、Google Earth API を用いた Web プログラムの開発に言及した。また、実際のコンテンツの詳細について述べた。

本手法の利点はインターネット環境があればどこでも利用可能なところである。WAN を介して講演や展示等に利用できる他、教育現場での講義および実習にも活用が期待される。

今回はコンテンツとして 2 種類のシミュレーション結果を紹介したが、KML 形式で記述可能な地球科学データであれば他のものもコンテンツとして載せることができる。継続的にコンテンツの拡充を図ることで、我々が保有する様々なデータを発信するためのプラットフォームへと発展させていくことが今後の課題である。

なお、今回の得たノウハウをもとに、シミュレーションデータからボリュームレンダリング処理を実行して KML ファイルを出力するツールを現在開発中である。本ツールを用いることにより、今後のコンテンツ制作が格段に容易になることが期待される。

参考文献

- [1] Google Earth, <http://earth.google.com>.
- [2] 宮地英生: “AVS の結果を Google Earth 上に載せよう”, AVS KML Exporter セミナー, 新宿, 2007 年 3 月 15 日; 下記 URL に関連資料掲載, http://www.kgt.co.jp/feature/viz_sem070315/.
- [3] Google Earth API, <http://code.google.com/apis/earth/>.
- [4] Takahashi, K., et al.: “Non-hydrostatic atmospheric GCM development and its computational performance”, Use of High Performance computing in meteorology, World Scientific, 50-62, 2005.

EXTRAWING Web プログラムの URL

<http://www.jamstec.go.jp/esc/extrawing/index.html>

SC10報告

井門俊治 *1、鈴木銀河 *2

*1 埼玉工業大学 工学部 情報システム学科

*2 埼玉工業大学 工学研究科 博士前期課程 システム工学専攻

目的

SC10研究展示

展示に必要なポスターと備品の分担と、日本からニューオリンズまでへの持ち運び、ブースの設置作業と後片付けの作業をする。

ブースを訪れる方に埼玉工業大学におけるCAVEを用いた教育活動とCAVE研究会について、ディスカッションを通して埼玉工業大学の活動を紹介する。

SC10展示に来る他の日本の大学、企業にディスカッションを通して埼玉工業大学の活動を紹介する。

方法

解説する内容は以下の3項目である。

1. 井門俊治教授のCAVEを用いた教育活動と研究室の3次元コンテンツの紹介
2. CAVE研究会の活動内容の紹介
3. 埼玉工業大学と埼玉大学のSC出展の歴史を紹介

結果

(1) SC展示全体のまとめ

今回の研究展示の様子を図1、図2に示す。図1は埼玉工業大学と埼玉大学の合同ブースである。図2は展示内容についての情報を共有している様子である。

八角形型の展示ブースのポスターで項目1を紹介した。四角形の角形型の展示ブースのポスターで項目2、3を紹介した。説明の流れに沿って埼玉工業大学展示ブースのお土産、フカニャンクリアファイル、フカニャン絆創膏、各種カード、埼玉工業大学SC10タオルをプレゼントして好評だった。

説明には説明用のファイル、アナグリフメガネ、図3に示す八角形と四角形のポスター展示を活用した。図4に示すように、3Dカメラによる会場で撮影した立体写真の3Dフォトビューアによるディスプレイ、フライトモデルシミュレータは来場者の興味を引いた。



図1 研究展示のブース



図2 展示内容の情報共有



図3 ポスターを用いた展示の様子



図4 3DフォトビューアとFMSを用いた展示の様子

(2) 3次元CGによるSCブースモデルの紹介

SC10における展示ブースを3次元CGソフトによって再現した。3次元CGでSC10の展示ブースをモデリングすることにより、ブースの写真に撮っていないアングルを観察することができた。3次元モデルデータのブースとライトの再配置を行うことでブースセッティングのシミュレーションができた。作成したブースモデルをCAVEに出力することで、展示ブースの様子を体感することができる。

図6にSC10展示ブースの再現結果を示す。左がCGモデルによるブースで、右が実際のブースの写真である。実物と同じ比率で再現しているため実際の写真と同じアングルにすることで同じ構図の絵になる。また、SC09～SC05までのCGモデルも開発したので合わせて図7～図11にSC09～SC05における展示ブースを示す。左がCGモデルによるブースで、右が実際のSCブースの写真である。3次元的な立体配置がCGで再現されている。3次元CGモデルを作成することでVRの中に再現し、ウォークスルーなどにより追体験が可能となった。



図6 (1) SC10 CGモデル



図6 (2) SC10 ブース写真

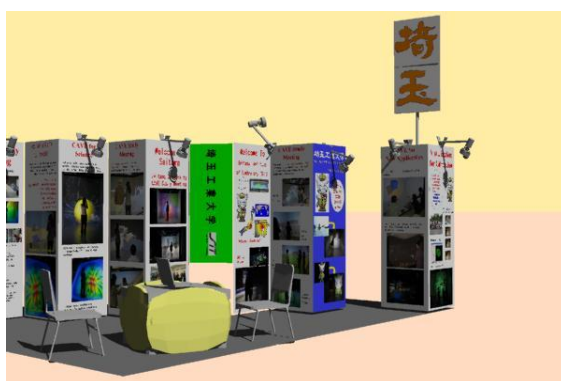


図7 (1) SC09 CGモデル



図7 (2) SC09 ブース写真

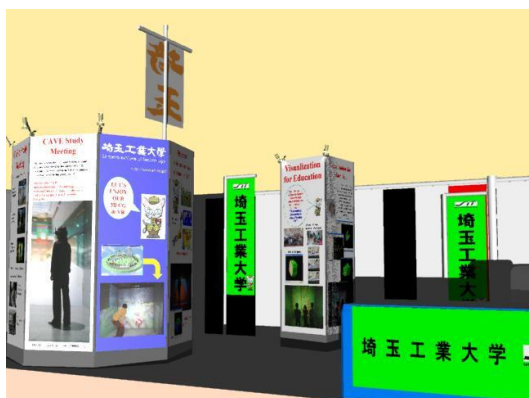


図8 (1) SC08 CGモデル



図8 (2) SC08 ブース写真



図9 (1) SC07CGモデル

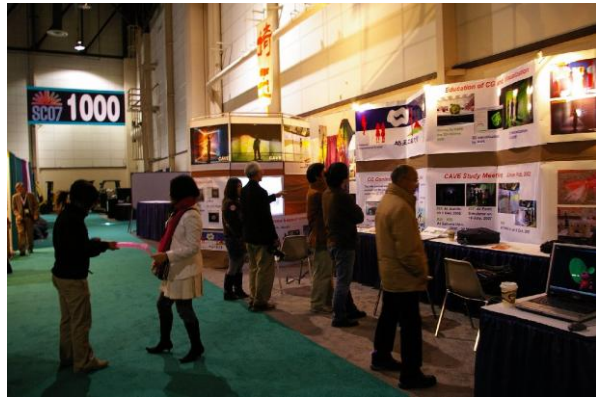


図9 (2) SC07ブース写真



図10 (1) SC06CGモデル



図10 (2) SC06ブース写真



図11 (1) SC05



図11 (2) SC05ブース写真

結論

SC10 (ニューオーリンズ) において、ブースの設営と研究展示を実施した。ブースを訪れる人に埼玉工業大学におけるCAVEを用いた教育活動とCAVE研究会について、ディスカッションを通して紹介できた。SC10展示に来ていた他の日本の大学、企業とのディスカッションを行うことができ、可視化を中心とした研究活動、教育活動について交流できた。

SCブースのCGモデルをつくりSCブース設計を補助するデータを作成できた。このことによりVR中にブースを再現できる。

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。

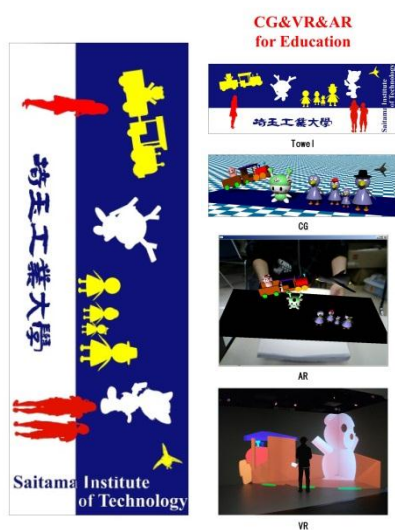


図 2 ポスター (手ぬぐい)



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

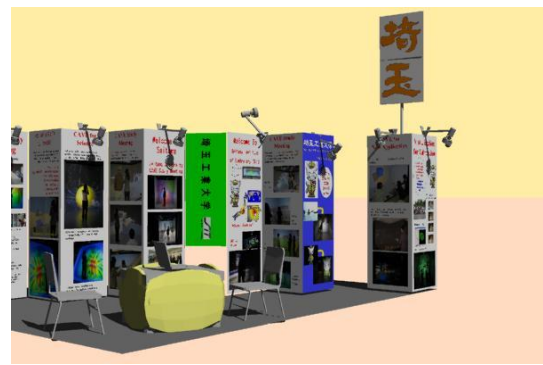


図 7 SC09 のモデルデータ

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ルゼーション部

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。

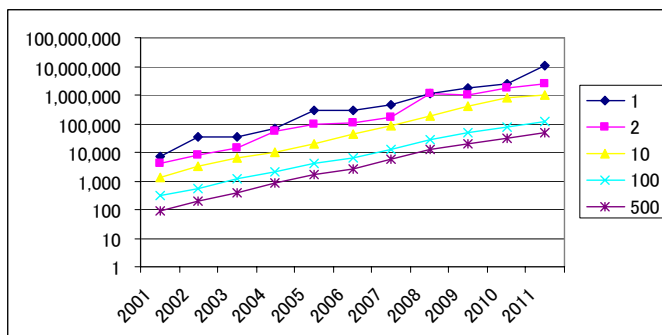


図 1. TOP500 の推移グラフ（縦軸対数：GFLOPS）

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。

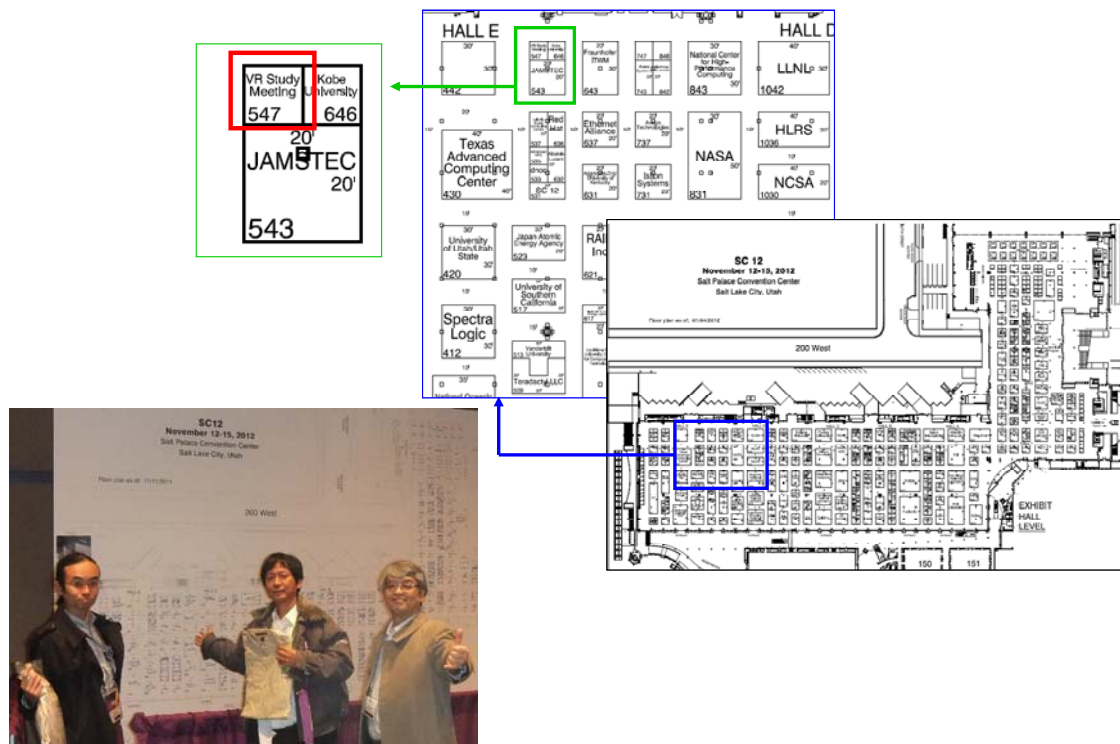


図 2 SC2012 ブースマップ(写真：於セクション会場, 左から富樫氏（神大）、宮地、井門先生）

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。

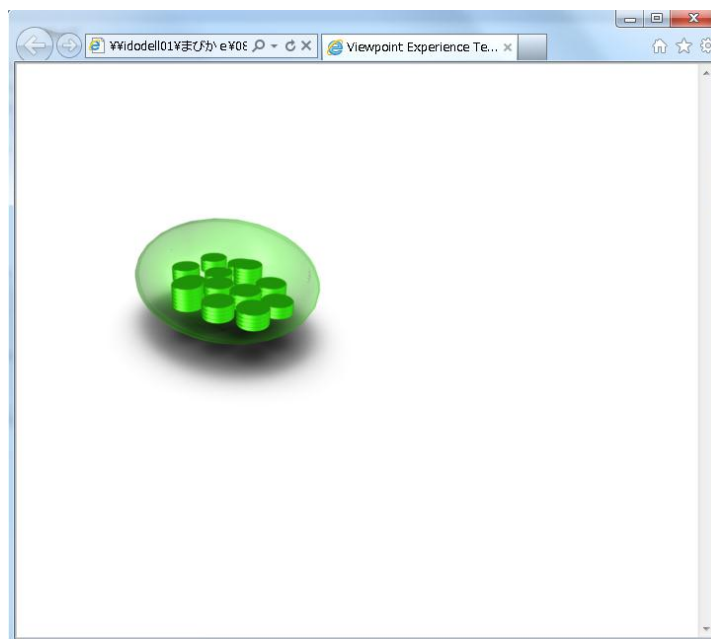


図 1 葉緑体

下の図 2 は 2005 年度長谷川が作成したオルゴールである。

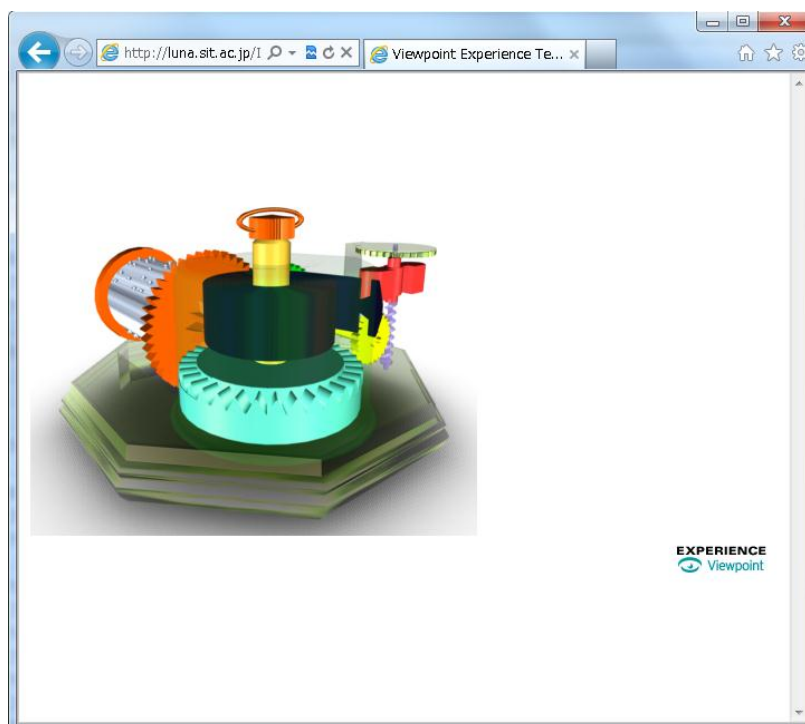


図 2 オルゴール

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。

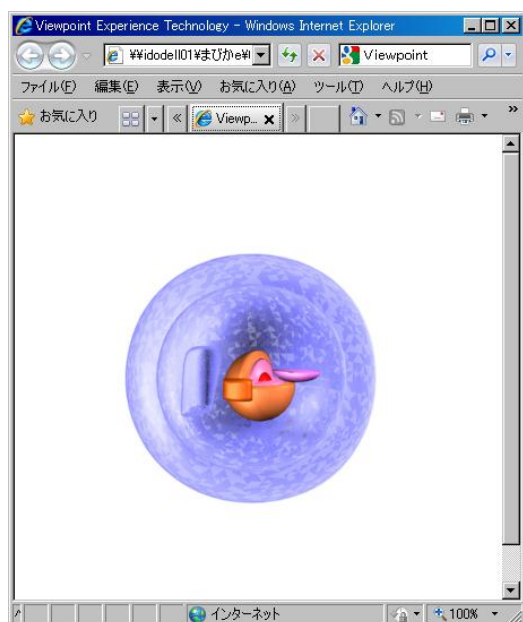


図 3 植物細胞（自作）



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。

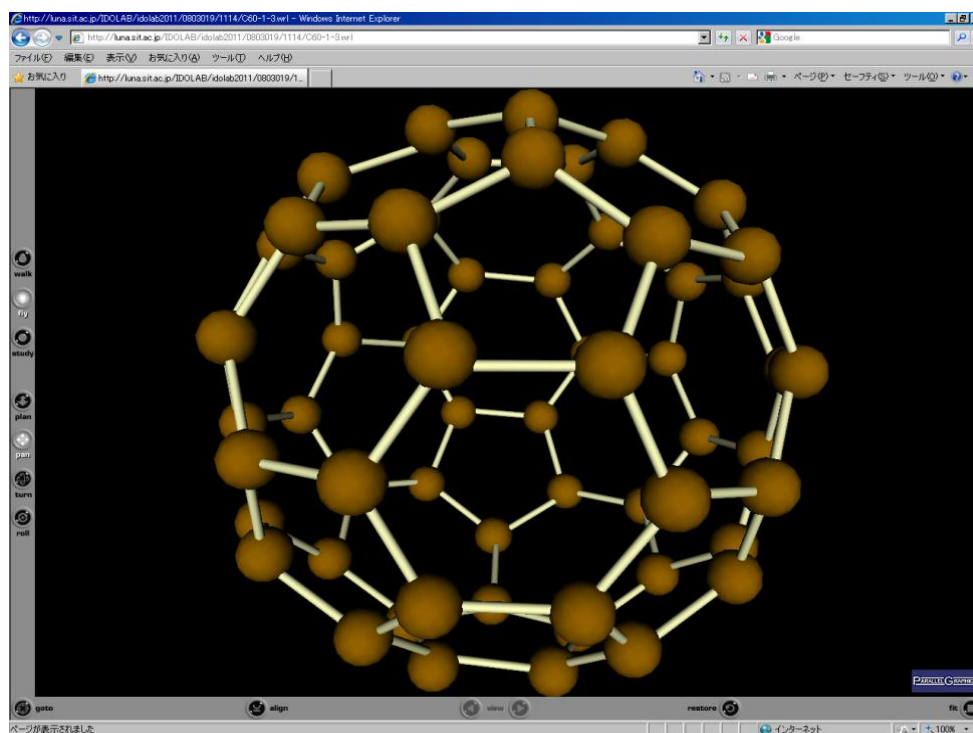


図5 フラーレン

下の図6は電磁波の伝播のアニメーションである。

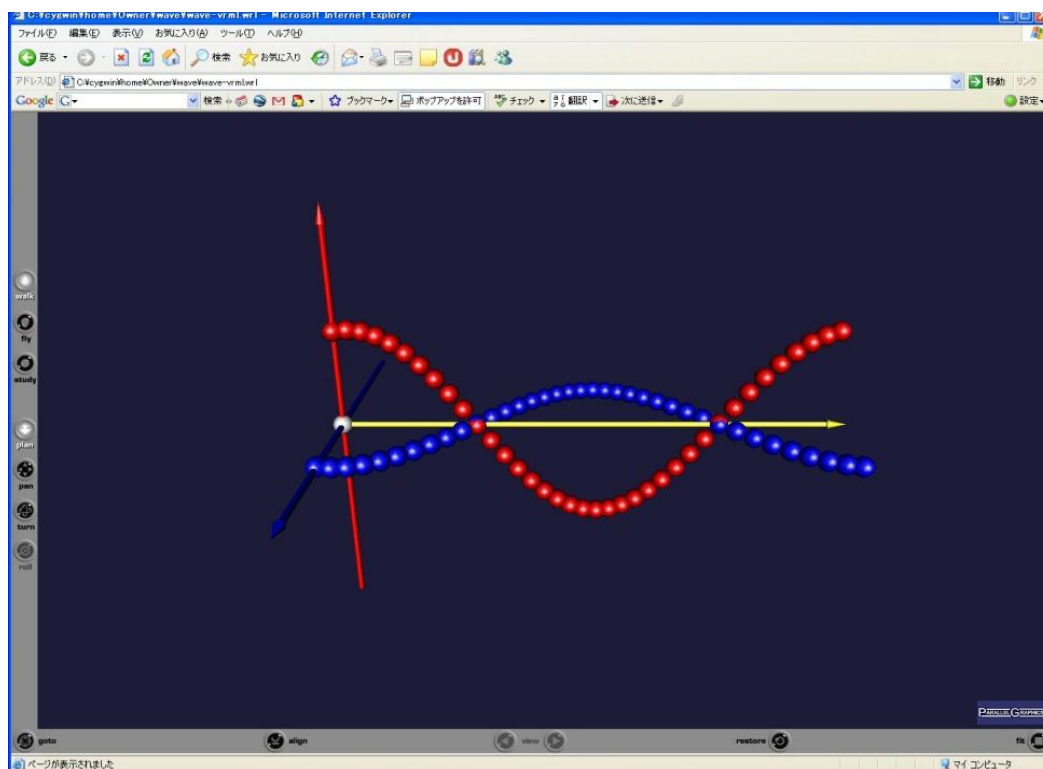


図6 電磁波の伝播アニメーション

〈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。

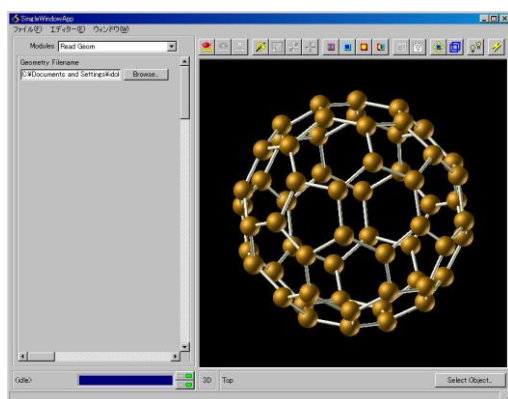


図 7 フラーレン(PC)

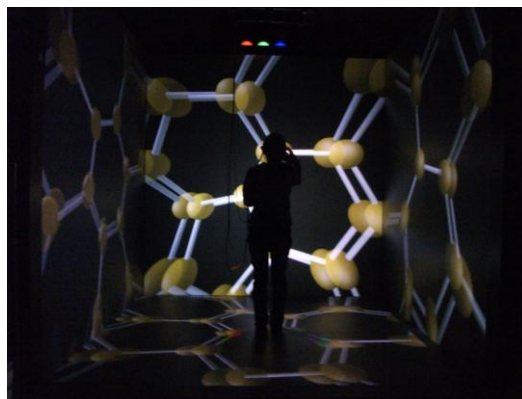


図 8 フラーレン(CAVE)

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。