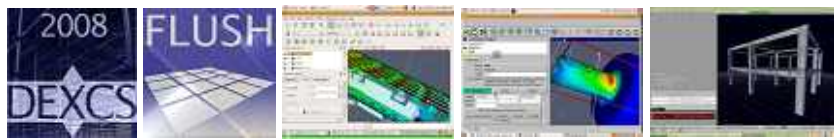


## 第1回ものづくりのための計算工学研究会

### オープンCAE：DEXCSの実力と展開 ーオープンソースでどこまで出来るのかー

岐阜工業高等専門学校 建築学科 柴田良一

平成21年7月24日：株式会社東芝 研究開発センター



1

## 開発チームの紹介

システムの開発は産学連携で行っています。

### オープンCAE「DEXCS(デックス)」

デンソー開発部： <http://www.denso.co.jp/>

岐阜高専： <http://dexcs.gifu-nct.ac.jp>



### ポータブルGRID「FLUSH(フラッシュ)」

SYSTEM WORKS： <http://www.systemworks.co.jp/>

岐阜高専： <http://flush.gifu-nct.ac.jp>



開発チームの立場は、あくまでユーザーであり、  
CAEはツールだと思っています。  
上記プロジェクトの問合せ先： [ryos@gifu-nct.ac.jp](mailto:ryos@gifu-nct.ac.jp)

2

## オープンソースでどこまで出来るのか？

趣味や研究ならよいが、実践には使えない！



**例題程度の簡単な問題しか出来ない？**

いえ座屈解析や乱流問題などに対応します

**サポートも保証もないものは信用出来ない？**

でもコスト削減には大きな可能性があります

**業務で使い慣れたソフトと連携できない？**

上手に連携させるれば適材適所が実現できます

企業の立場からのオープンソース導入について  
後ほど詳しくご説明します。乞うご期待！

3

## オープンソースの活用できる状況！

万能ではありませんが、無能ではありません。  
商用C A E等と対峙するものでもありません。



**C A E 初心者の裾野を広げます**

無償で容易にC A Eの基本を学習できます。  
活用ノウハウもオープンに共有できます。

**C A E 上級者の頂点を高めます**

ライセンスフリーで並列処理を実現します。  
ソースコードから自由に拡張や展開できます。

技術交流会にて、提供側と利用側のそれぞれの立場で  
本音のお話をお聞きしたいです。期待しています。

4

## 今日の話題について

- 1: **DEXCSの概要とコンセプト**  
構造解析と流体解析が可能な無償システム。
- 2: **Adventureによる構造解析**  
弾性静的解析の教育研修用CAE環境です。
- 3: **OpenFOAMによる流体解析**  
本格的な流体解析も可能なCAE環境です。
- 4: **DEXCSの展開と可能性**  
お手軽に並列構造解析を実現します。

今回は要点のみご説明します。ご興味がありましたら、是非、お試しください。 <http://dexcs.gifu-nct.ac.jp>

5

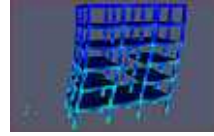
- 1: **DEXCSの概要とコンセプト**  
構造解析と流体解析が可能な無償システム。

6

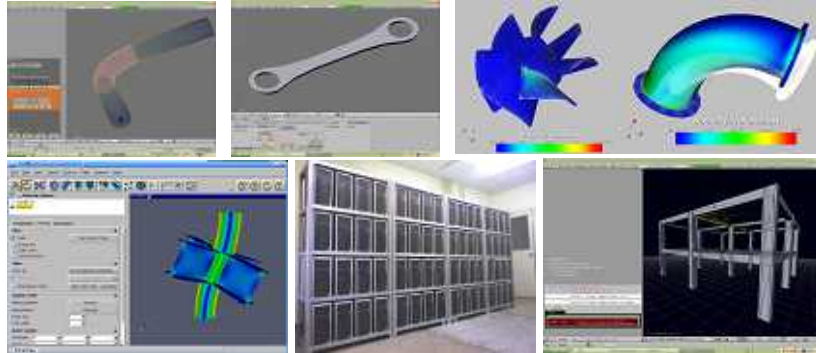


## オープンCAE : DEXCS (デックス)

拡張性を持つ設計支援用解析システム  
Digital Engineering on eXtensible Computing System  
構造解析 : Structural Analysis System



オープンソースのCAEソルバーADVENTUREを用いた構造解析結果  
公式サイト <http://dexcs.gifu-nct.ac.jp>  
問い合わせ 岐阜工業高等専門学校 建築学科 柴田良一  
[ryos@gifu-nct.ac.jp](mailto:ryos@gifu-nct.ac.jp)

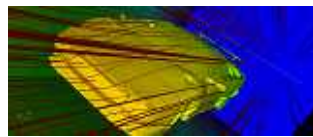


7

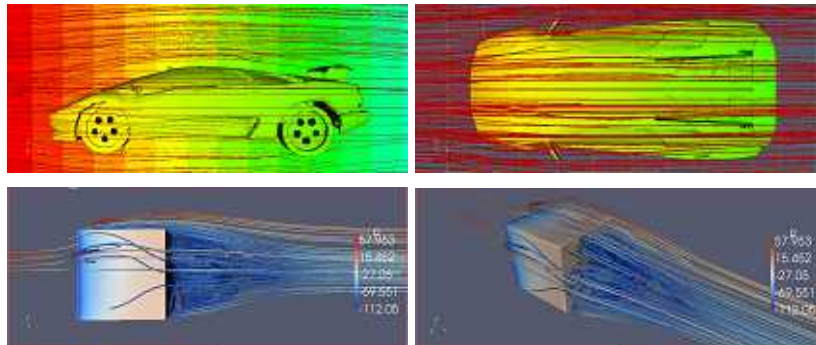


## オープンCAE : DEXCS (デックス)

拡張性を持つ設計支援用解析システム  
Digital Engineering on eXtensible Computing System  
流体解析 : Fluid Analysis System



オープンソースのCFDソルバーOpenFOAMを用いた解析結果です。DEXCSを利用して、面倒なシステム構築なしに、簡単に流れを見ることが出来ます。



8

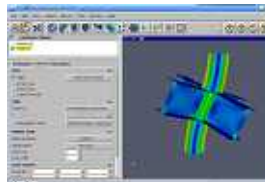
## 教育や研修でのオープンCAEの要点

### 学校での教育

力学の基礎を学ぶための演習教材  
学外での学習を可能にする自由配布  
自主学習を可能にする教材や資料  
演習環境を構築する作業を低減

### 企業での研修

業務に有効な実践的なスキル  
ライセンスに制限されず自由配布  
スキルアップの研修での実践的コース  
付加的な業務を削減することが必要



時間や経費など総合的なコストを下げるのが大切

9

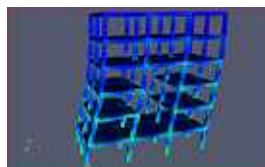
## 研究や開発でのオープンCAEの要点

### 並列処理への展開

ManyCore時代での大規模問題への並列処理の導入  
多数プロセス実行でのライセンス  
ソースコード利用による移植性  
研究用クラスタとの親和性

### 高度な解析機能の実現

解析の処理内容をソースで確認  
入出力データのコンバートが可能  
特定の問題解決ツールとしてのカスタマイズ  
高度な解析機能をソースコードとして追加



問題解決に必要な展開性と高度化を実現できること

10

## 学校や企業でのGRIDの要点

### 学校での教育・教育

並列処理を道具として使いこなす技術者の育成  
並列処理や分散処理を問題解決に応用する体験  
グリッドを開発し構築するための基盤技術

### 企業での研修・開発

業務効率を改善する並列処理に対応する技術者  
実際の設計活動を改善する手段としての利用  
グリッドを管理運用するスキル

あくまで目標は  
グリッドの開発ではなく  
グリッドの活用にあること



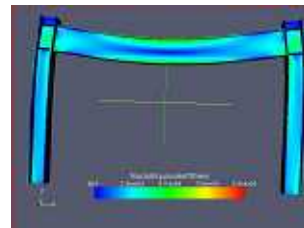
11

## CAEについての視点

### 開発での視点

フリーで配布可能なシステムとして自由に利用できる  
インストールなどの構築作業を省いて手軽に使える  
安定して高性能なプリポストのGUIを備える  
教育研修を対象として線形弾性解析にまず絞り込む  
利用者コミュニティより日本語の活用情報が得られる

オールインワン構成の  
オープンCAE「DEXCS」



12

## GRIDについての視点

### 開発での視点

身近な標準的なパソコンを転用してグリッドを作る  
構築ではインストール作業を不要にして誰でも出来る  
大規模グリッドと同様の基本機能は網羅して実現する  
CAEアプリケーションとの連携を前提に構築する  
十台程度の規模まで線形的な性能向上を達成する

構築作業が不要な  
ポータブルGRID「FLUSH」



13

## オープンシステムとしての展開

DEXCS, FLUSHは、Ubuntuをベースに、  
ADVENTURE, SunGridEngine, Blender, ParaView, Ganglia  
など有用で高機能なオープンソースソフトウェアを  
統合したシステムです。そこで、研究開発の成果も、  
オープンなシステムとして公開して行く方針です。



是非、開発にご支援とご協力をお願いします。  
私的なボランティアベースから共同研究でのサポートやカスタマイズまで

14

2: Adventureによる構造解析  
弾性静的解析の教育研修用CAE環境です。

15

DEXCSの目標

オープンCAE : DEXCS (デックス)



拡張性を持つ設計支援用解析システム  
Digital Engineering on eXtensible Computing System

CD起動や仮想PC上にオールインワンのCAEを実現  
様々な起動方法に対応する  
数値解析を中心に高機能のプリポストを備える  
構造解析や流体解析に対応する  
教育研修を対象のCAEとして基本機能を実現する  
大規模弾性解析の並列処理に対応する  
企業内実務での適用・拡張も可能

16

## DEXCSの位置づけ

### オープンCAE : DEXCS

#### ?なぜ無償で公開するのですか

! オープンソースを活用しており、開発の輪を広げることで、Linuxのような展開を期待しています

#### ?業務で利用できますか

! 利用者の責任において可能ですが、現時点での機能は十分で無いかもしれません

#### ?個別のサポートはありますか

! コミュニティのオープンテクニックが基本です  
特別に必要な場合には、共同研究をお願いします



17

## DEXCSの構成

Linux(Ubuntu)上に、構造解析にADVENTUREを活用し  
プリポスト機能を統合したCAE環境を構築する。  
これを、**CD起動形式**や**仮想PC起動形式**で公開



18

## Blenderの概要

### フリーの3DCGソフト：高度なモデリング機能

CADデータの活用

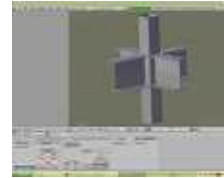
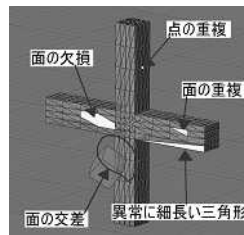
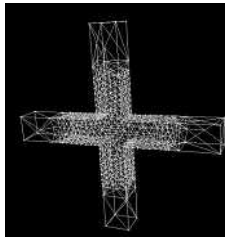
STLファイルの読み込み

数値解析のモデル作成に応用

モデル生成機能の追加

1: 節点密度制御  
ファイルの生成

2: メッシュデータの  
欠陥を検出



19

## ParaViewの概要

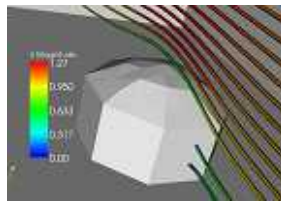
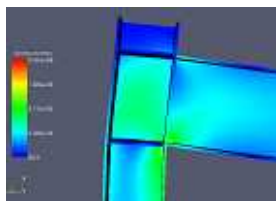
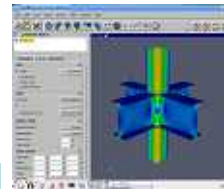
### オープンソースの可視化ソフトウェア

固体流体の様々な表現形式に対応

多くのプラットフォームで動作

多数の解析データや形状データに対応

DEXCSは、これらプリポストを活用し  
様々な数値解析に対応することが目標



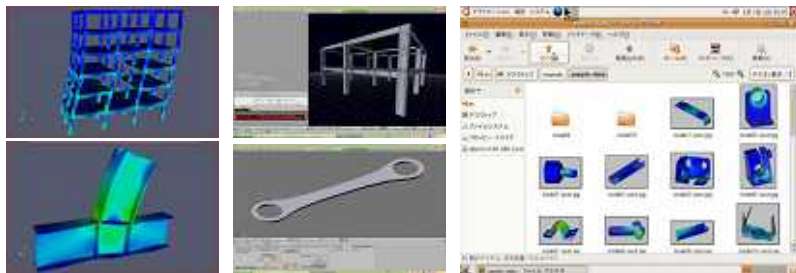
20

## ADVENTURE\_Solidでの解析

### 設計用大規模計算力学システム ADVENTUREに期待するところ



- 1: 数百～1億自由度メッシュによる丸ごと解析
- 2: 超並列計算機環境でも90%を超える高い並列効率
- 3: 様々な計算環境への優れた移植性
- 4: ライセンスフリー / オープンソース



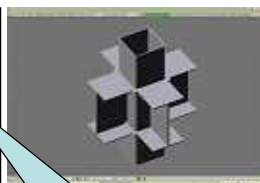
21

## 実用規模解析の例

メモリ1GBのPCを用いてDEXCS-CDで可能な大規模解析  
要素数：179145    節点数：33485

### 最大モデルでの解析の必要時間

	最大モデル
用いたPC	Pentium4 3.4GHz + 1GB RAM
モデル作成	約 6 0分
メッシュ生成	約 0.5分
境界条件等設定	約 2分
解析時間	約 5分
可視化表示	約 3秒
合計	約 7 1分



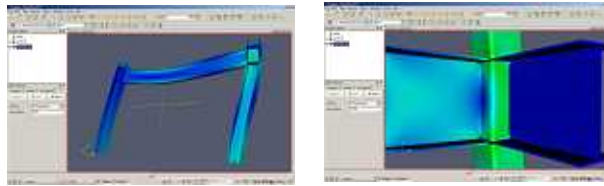
必要時間のほとんどは  
モデル作成

22

## 教育での活用例

**広島大学大学院社会環境システム専攻：CAE特論**  
DEXCSを用いたソリッドモデルの解析演習  
有限要素法の学習において演習の効果は大きい  
配布に制限がなく自由に演習環境を構築できた

**岐阜工業高等専門学校建築学科：構造解析研究室**  
建築物の構造部材の詳細な応力解析  
鉄骨構造物の梁柱接合部の精密な分析が可能

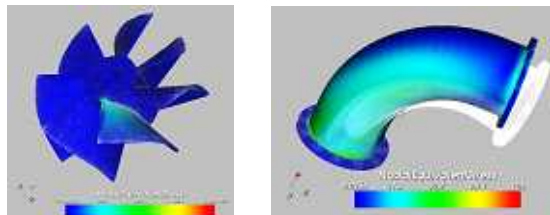


23

## 企業での活用例

### 株式会社デンソー

DEXCSを用いた社内研修でのCAE実習  
平成19年度の実績：受講者は約20名  
半日コースで、1：片持ち梁の基礎形状の演習  
2：形状サンプルを用いての演習  
演習の例題では、最大40万要素までを実施

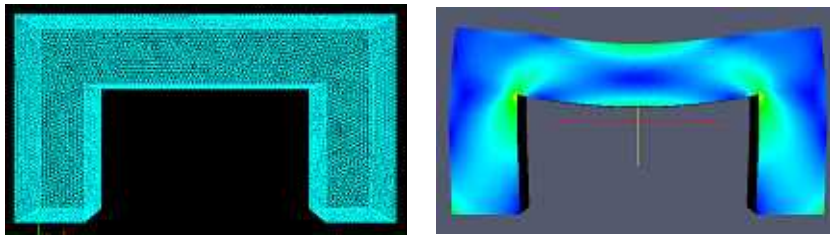


24

## CD起動のDEXCSの解析能力

検証用PC : CPU Athlon64 2.4GHz RAM 1GB を用いて  
CD起動した場合のADVENTURE\_Solidの解析結果

最大解析モデル : 約20万要素 約4万接点  
解析時間 : 292秒 (線形弾性解析:BDD)



25

## 3: OpenFOAMによる流体解析

本格的な流体解析も可能なCAE環境です。

26

## DEXCS-OpenFOAMとは



## DEXCS-OpenFOAMの嬉しさ(その1)

<http://dexcs.gifu-nct.ac.jp/pukiwiki/index.php>

**DEXCSランチャーからOpenFOAMの起動例 その1**

DEXCSへのOpenFOAMインストールしたシステムを前提としたオープンブックです。

- DEXCSランチャーからOpenFOAMの起動例 その1
  - はじめに
  - ウィンドウの外リを作る
  - ファイルブラウザを使ってチュートリアル問題をコピー
  - ランチャーを起動 ワークディレクトリを設定
  - ソルバー - 流体力学 (OpenFOAM)
  - OpenFOAMの起動画面
  - ルートフォルダー
  - プロジェクト (Case)
  - プロジェクト (Case)
  - プロジェクト (Case)
  - メッシュ作成
  - blockMesh起動
  - 生成されたメッシュ
  - メッシュ作成完了
  - 計算開始
  - icoFoam実行
  - icoFoam実行開始
  - 実行ログの監視
  - 実行ログ
  - ポスト処理
  - paraFoamの実行
  - ParaViewの起動画面
  - cavity.foam cavityの計算結果のロード
  - Display - Point volPointInterpolate(U)
  - play Animation
  - 速度分布表示(最終計算結果)

想定するユーザー  
CFD研究の初心者  
製品設計・開発者  
(CFD利用者)

DEXCSランチャーからOpenFOAMを起動できるようになると、何が嬉しいかという。。。  
GUIインタフェース(コマンドを打ち込まない)で、OpenFOAMを使えるようになるという、それだけの事なんですけどね。

CFD初級者にとって  
インストール不要  
コマンド入力排除

## DEXCS-OpenFOAMの嬉しさ (その2)



DEXCSでのOpenFOAMの起動例その2

- DEXCSでのOpenFOAMの起動
  - はじめに
  - DEXCSによるモデル作成
  - OpenFOAM起動から感想
  - メッシュの読み込み (meshT)
  - 境界面の作成 (PatchTool)
  - 境界条件の設定 (OpenFOAM)
  - 計算条件 (境界条件以外) の計算の実行から可視化まで
  - メッシュ可視の方法
  - 再成、計算の実行から可視
  - 計算結果を、paraview3.2

DEXCSランチャーからOpenFOAMを起動する最大の嬉しさは、DEXCSのモデル作成・メッシュ作成機能を転用できるということです。

具体的には、blenderで形状を作成、または取り込んで、Adventure of TetraMesh でメッシュ作成し、それをOpenFOAMで取り込むことができる。しかも、メッシュ作成では、DEXCSのblender用プラグインで、流体解析に特有の壁面近傍メッシュを細かくするなどのメッシュ制御も簡単に出来る。そしてもちろん、これら一連の作業を、GUIインタフェースを介して実現できるようにするという事です。

CFD初級～中級者

企業内ユーザーには、3Dモデルを取り扱えることが必須  
(ポリゴン形式 オールテトラ要素分割なら、成功率大)

## DEXCS-OpenFOAMの嬉しさ (その3)

**点からの距離に反比例**

図 6.2-1 点からの距離に反比例 (GidA(PersonalPoint) を参照)

**線分からの距離に反比例**

図 6.2-2 線分からの距離に反比例 (GidA(PersonalLine) を参照)

**円筒からの距離に反比例**

図 6.2-3 円筒からの距離に反比例 (GidA(PersonalCylinder) を参照)

Blender補助スクリプトで指定可能

**面からの距離に反比例**

(内部では、指定した面に点からの距離に反比例する節点密度を持つ点を分散させている)

## DEXCS-OpenFOAMの今後 (その1)

課題: OF1.4.1 1.5  
FoamXの廃止

```

# Location of FOAM installation
# foamInstall=$HOME/$WM_PROJECT
# foamInstall=$WM_PROJECT
# foamInstall=/usr/local/$WM_PROJECT
# foamInstall=/opt/$WM_PROJECT

: ${FOAM_INST_DIR:=${foamInstall}}; export FOAM_INST_DIR
    
```

```

40: 50: show from left (ウー)
46: 46: menu = menu()
47: 47: menu.append(11, 可視化(Paraview))
48: 48: menu.append(12, ターミナル(端末)1.4)
49: 49: menu.append(13, ターミナル(端末)1.5)
50: 50: menu.append(14, テキストエディタ)
51: 51: menu.append(15, ...)
52: 52:
53:
54: self.Bind(wx.EVT_MENU, self.Paraview, id=11)
55: self.Bind(wx.EVT_MENU, self.Terminal14, id=14)
56: self.Bind(wx.EVT_MENU, self.Terminal15, id=15)
57: self.Bind(wx.EVT_MENU, self.TextEditor, id=14)
58:
59:
60:
61:
62:
63:
64:
65:
66:
67:
68:
69:
70:
71:
72:
73:
74:
75:
76:
77:
78:
79:
80:
81:
82:
83:
84:
85:
86:
87:
88:
89:
90:
91:
92:
93:
94:
95:
96:
97:
98:
99:
100:
101:
102:
103:
104:
105:
106:
107:
108:
109:
110:
111:
112:
113:
114:
115:
116:
117:
118:
119:
120:
121:
122:
123:
124:
125:
126:
127:
128:
129:
130:
131:
132:
133:
134:
135:
136:
137:
138:
139:
140:
141:
142:
143:
144:
145:
146:
147:
148:
149:
150:
151:
152:
153:
154:
155:
156:
157:
158:
159:
160:
161:
162:
163:
164:
165:
166:
167:
168:
169:
170:
171:
172:
173:
174:
175:
176:
177:
178:
179:
180:
181:
182:
183:
184:
185:
186:
187:
188:
189:
190:
191:
192:
193:
194:
195:
196:
197:
198:
199:
200:
    
```

## DEXCS-OpenFOAMの今後 (その2)

想定するユーザー  
製品設計・開発者  
(CFD利用者)

機能の概要は理解している。  
時に、種々の解析を実施したい

1 2 3 4

pyFoamCreateBoundaryPatches.py --clear-unused 0/U  
<http://openfoam.cfd-online.com/cgi-bin/forumshow.cgi?14225>

```

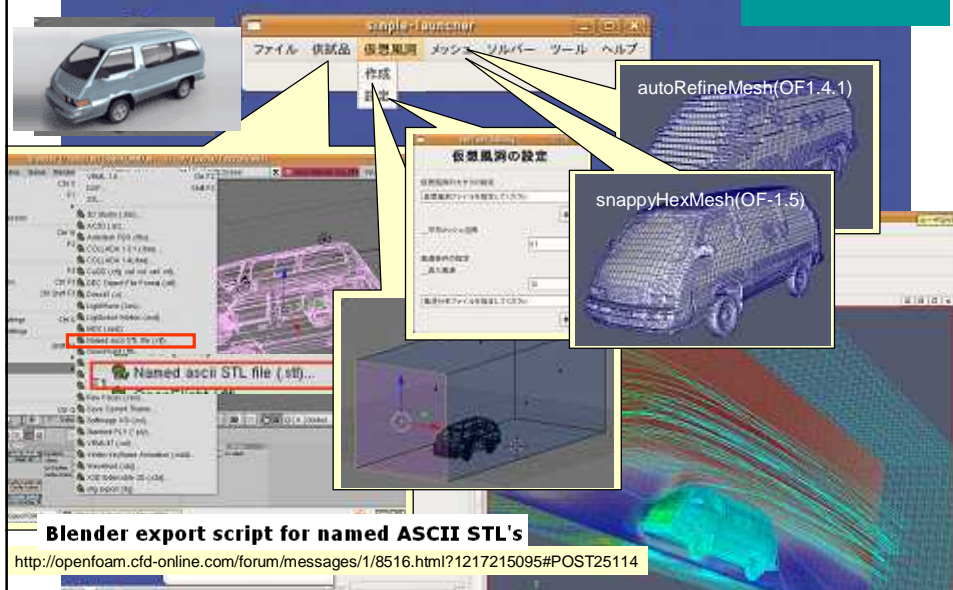
boundaryField
{
    maxZ
    {
        type zeroGradient;
    }
    maxX
    {
        type zeroGradient;
    }
    maxY
    {
        type zeroGradient;
    }
    inlet
    {
        type patch;
        patches
        (
            top
            {
                type patch;
                startFace 100;
                endFace 101;
            }
            bottom
            {
                type patch;
                startFace 102;
                endFace 103;
            }
            left
            {
                type patch;
                startFace 104;
                endFace 105;
            }
            right
            {
                type patch;
                startFace 106;
                endFace 107;
            }
        );
    }
}
    
```

不整合

整合

## DEXCS-OpenFOAMの今後 (その3)

想定するユーザー  
製品設計・開発者  
(CFD利用者)



### 4: DEXCSの展開と可能性

お手軽に並列構造解析を実現します。

## FLUSHの目標

ポータブルGRID : **FLUSH** (フラッシュ)



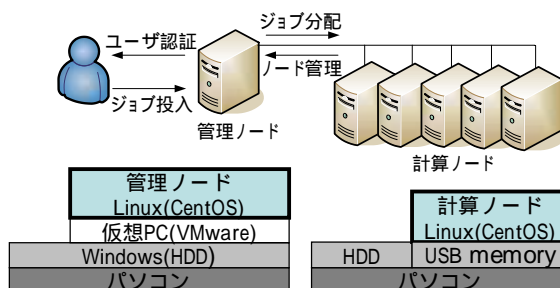
フラッシュメモリを活用した  
LinuxベースのHPC向け高信頼性システム  
Flush memory based Linux  
with Unfailing System for HPC

USBメモリを用いてポータブルに起動できる  
一般的なPCを転用してグリッドを構築  
グリッドの基本機能をオールインワンで実現  
構築作業を必要しないグリッド  
十分なアプリケーション性能を実現する  
PCの性能を引出し効果的な並列処理

35

## FLUSHの構成

Linux(CentOS)を、仮想PCとUSBメモリ上に構築し、  
グリッドの管理ノードと計算ノードを起動する。



どちらもWindowsPCを転用してグリッドを構築可能  
ノードの結合には、独立させた既存LANを転用

36

## FLUSHの活用例

### ポータブルGRID : FLUSH



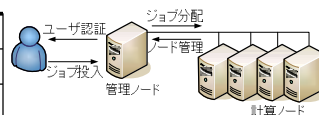
企業において既存PCを転用してグリッドを構築  
 追加経費なしで高性能グリッドを構築  
 構築作業なしで並列処理環境を実現  
**CAEの並列処理で問題処理効率の向上**

大学において教育用PCを転用してグリッドを構築  
 演習用PCの遊休時間をグリッドに活用  
 並列処理の演習環境を手軽に構築可能  
**高度なCAE技術を習得する環境の実現**

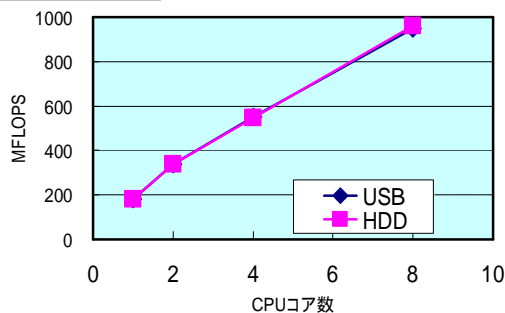
## FLUSHの計算性能

計算性能を確認するために姫野ベンチ(SizeM)を用いて  
 計算ノード4台(8core)で検証

CPU	AMD Opteron1210 1.8GHz DualCore
RAM	1.0GB /node
NIC	100Mbps EtherNet



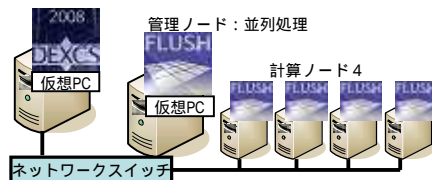
FileIOの少ない場合  
**USBとHDDでは、  
 ほぼ同じ計算性能**



## DEXCS+FLUSHの計算能力：解析規模

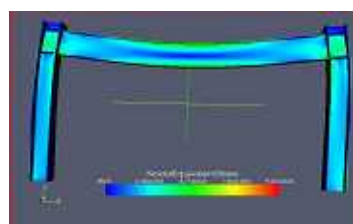
解析規模の上限を検証するために、4node-8core構成のDEXCS+FLUSHで、ADVENTURE\_Solidの解析を実行

CPU	AMD Opteron1210 1.8GHz DualCore
RAM	1.0GB /node
NIC	100Mbps EtherNet



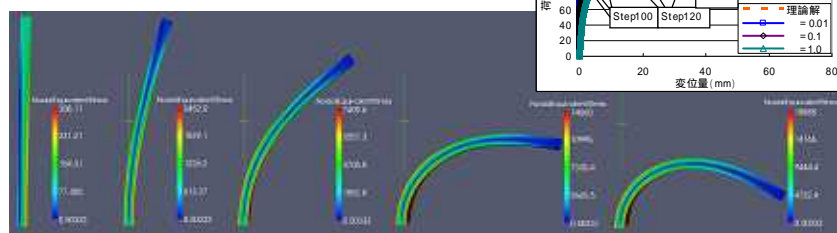
**4nodeの4GBメモリで  
300万要素まで解析可能**

解析規模		必要ノード数
要素数	節点数	(メモリ量GB)
98万	27万	1
246万	60万	2
332万	80万	4



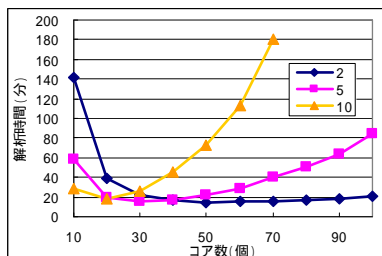
## DEXCSの展開－非線形解析への拡張

DEXCS-Adventureの目標  
 教育研修用途のシンプルなCAE  
 Adventureのソルバーは  
 幾何学的非線形解析（座屈解析）  
 弾塑性解析に対応  
 大変形解析(エラスティカ問題)

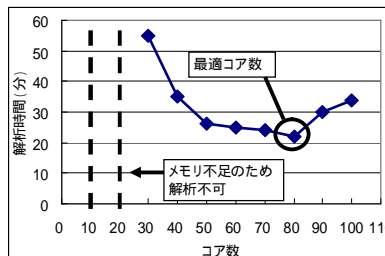


## DEXCSの展開—大規模解析への拡張

DEXCS-Adventureをフロントエンド  
大規模クラスタで並列処理を実現

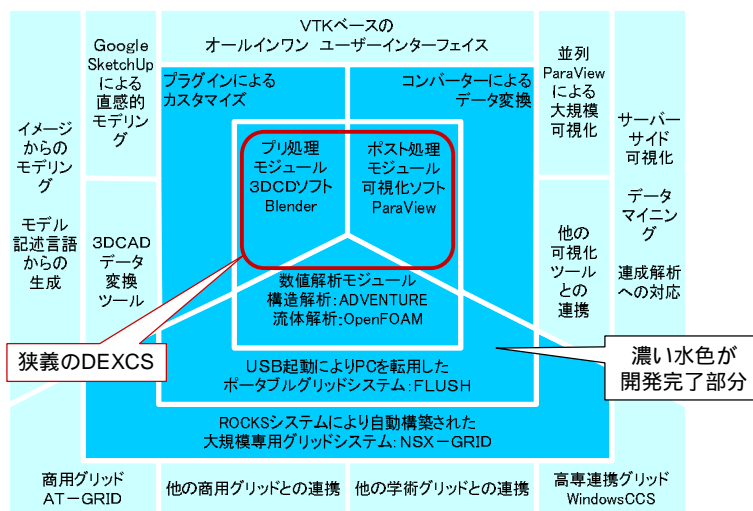


100万要素の解析



500万要素の解析

## 今後の野望—DEXCSを中心として



## 今後の展開ーコミュニティへ



DEXCS, FLUSHは、これまで岐阜高専との共同研究を基盤に開発が進められてきました。



今後は、利用者の方々とのコミュニティをベースに、開発を進められればと思います。

多くの優れたオープンソースのシステムを、より使いやすくするプラットフォームとして、DEXCS+FLUSHが利用されることを期待しています。