

JAERI-Tech
2004-040



JP0450455



FEM 教育教材整備

2004 年 4 月

山崎 一郎

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課(〒319-1195 茨城県那珂郡東海村)あて、お申し越し下さい。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター(〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内)で複写による実費頒布を行っております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 〒319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2004

編集兼発行 日本原子力研究所

FEM 教育教材整備

日本原子力研究所計算科学技術推進センター

山崎 一郎

(2004年2月6日受理)

IT 技術を活用した仮想研究環境である ITBL の構築が進み、実際に ITBL のハードウェアやネットワーク技術、そして ITBL 基盤ソフトウェアが提供する基本ツール群を利用して、全国に散在するスーパーコンピュータが透過的に利用できるようになりつつある。これにより、組織的あるいは地理的制約を超え、いろいろな分野の先端的ソフトウェアや大規模データベースを利用することが可能となってきた。

ITBL 利用推進室では、従来より ITBL の利用・普及を目的に、共有化ソフトウェアやデータベースの整備、HPC 技術の利用支援活動を実施してきた。また、先端科学・計算科学分野における人材養成の観点から、各種応用ソフトウェアのセミナー等を企画開催している。特に ITBL 共同利用センターにおいては、実際に ITBL 環境を利用して、バイオ関連やナノテクノロジー関連、そして流体・構造解析関連のセミナー等を実施している。

今回、これらセミナーの中で、有限要素解析 (FEM) に注目し、産業界や大学等の研究者、技術者を対象に、ITBL 環境における大規模並列有限要素解析に移行する、或いはチャレンジする足がかりとなるよう FEM の教育教材整備を行ったので、ここにその内容を報告する。

Equipment of Educational Teaching Material for FEM

Ichirou YAMASAKI

Center for Promotion of Computational Science and Engineering

(Kansai Site)

Japan Atomic Energy Research Institute

Kizu-cho, Souraku-gun, Kyoto

(Received February 6, 2004)

The construction of the ITBL environment is now on progress, and the clusters of supercomputer connected by high speed networks are now near the available stage. The fact means that the high end softwares and databases in various fields are near at have over the fence of the organization as well as the geographical distance.

The Office of ITBL Promotion has been devoted to the equipment works of softwares and databases as well as the user support on the HPC technology, and planned to open the seminars and training courses on the various application softwares,(for example, bio, nano, fluid, structure etc.).

In this article, the educational text for the finite element method(FEM), which is prepared for the use in the seminar for the researchers in the enterprises and universities who want to challenge a large scale FEM in the ITBL environment, is explained.

Keywords: ITBL, FEM, ADVENTURE

目次

1. はじめに	1
2. FEMソフトの利用環境マニュアル	2
2.1. ADVENTURE	2
2.2. iAgentを使用したADVENTUREの機能	4
2.3. ADVENTUREファーストステップガイド	6
3. 実践FEM教育教材の作成	12
3.1. 目的	12
3.2. 構成	12
3.3. 各演習問題と演習課題	15
4. 操作支援ツールの環境構築	19
4.1. 前提条件	19
4.2. 対象機一覧	20
4.3. 対象機の環境設定	21
4.4. ADVENTURE基本モジュールの実装	24
4.5. iAgentの動作環境設定	28
4.6. iAgentの動作確認	30
5. FEMソフトと可視化ソフトとの連携	33
5.1. データフォーマット分析	33
5.2. 読み込み機能の前提条件	38
6. まとめ	40
謝辞	41
参考文献	41
付録A ADVENTUREファーストステップガイド	43
A.1 概要	45
A.2 まずは使ってみよう	46
A.3 詳細な使用方法	80
A.4 並列計算を行う	89

Contents

1. Introduction	1
2. Environmental Manual for Usages of FEM Software	2
2.1. ADVENTURE	2
2.2. Function of ADVENTURE using iAgent	4
2.3. First Step Guide for ADVENTURE	6
3. Making of Educational Teaching Material for Practicing FEM	12
3.1. Purpose	12
3.2. Composition	12
3.3. Each Exercise and Problem	15
4. Environmental Equipment of Operation Supporting Tool	19
4.1. Precondition	19
4.2. Object Machine List	20
4.3. Environmental Setting of Object Machine	21
4.4. Installation of ADVENTURE Basic Module	24
4.5. Setting Operation Environment of iAgent	28
4.6. Confirmation the Operation of iAgent	30
5. Cooperation of FEM Software and Visualization Software	33
5.1. Analysis of Data Format	33
5.2. Precondition of Reading Function	38
6. Conclusion	40
Acknowledgments	41
Reference	41
Appendix A First Step Guide for ADVENTURE	43
A.1 Outline	45
A.2 Let's Use it	46
A.3 Detailed Use	80
A.4 Parallel Calculation	89

1. はじめに

ITBLは、計算機シミュレーションの活用により、理論や実験に代わる研究開発の手段を提供し、幅広い層での研究開発の効率化を目指している。ITBL 利用推進室では、ITBL 共同利用センターを中心に、ITBL 利用環境整備ならびに ITBL 利用者支援活動を行っている。この中で、有限要素解析 (FEM) に関する共有化ソフトウェア、ライブラリ等の整備を進め、超並列環境で高い並列処理性能を持つ大規模並列有限要素解析ソフトの ITBL 計算機への移植と利用マニュアルの整備を実施してきた。

平成 15 年度は、これら ITBL 環境における FEM を利用した様々な共同研究や協力研究が実施されているが、今後さらに産学を対象に ITBL 資源の利用推進を図っていく必要がある。そこで、FEM を利用する企業や大学の研究開発者、またこれから FEM を学ぼうとする人々を対象に FEM セミナーの開催を企画している。

本整備では、(1)共同研究・協力研究の利用者支援、(2)FEM 技術者人材養成、(3)ITBL 環境利用の推進、を目的として、ITBL 計算機環境における FEM 環境整備ならびに FEM 教育教材整備を行った。なお、作成する教育教材を用いるプラットフォームとして、ITBL 環境で整備が進んでいる設計用大規模計算力学システム (ADVENTURE) を採用した。ADVENTURE は、東京大学の吉村教授をリーダーとする日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「計算科学」分野のプロジェクトにおいて開発された世界最高レベルの並列有限要素法ソフト (フリーソフト) であり、現在 ITBL 環境における共有化ソフトウェアとして選定されている。

整備内容として、以下の項目を実施した。

- (1) FEM ソフトの利用環境マニュアル作成
 - ・ ADVENTURE システムの機能確認
 - ・「ADVENTURE ファーストステップガイド」の作成
- (2) 実践 FEM 教育教材作成
 - ・ 実践 FEM 教育教材の目的と構成検討
 - ・ 各演習問題と演習課題
- (3) FEM ソフト操作支援ツールの環境構築
 - ・ 演習対象機の環境構築
 - ・ ADVENTURE 基本モジュールの実装
 - ・ 操作支援ツールの動作環境設定
- (4) FEM ソフトと可視化ソフトとの連携環境整備
 - ・ 可視化対象データフォーマットの分析・設計

2. FEM ソフトの利用環境マニュアル

ITBL 共同利用センター（ITBL を共同で利用する目的で設立された施設）の中セミナー室端末で ITBL 計算機や PC クラスタ、また PC-UNIX を利用して ADVENTURE / ITBL を利用することを前提に、ADVENTURE で可能な解析機能を確認し、ITBL 環境において初めて ADVENTURE システムを利用するユーザーに向けたファーストステップガイドの作成を行った。

2.1. ADVENTURE

ADVENTURE は ADVENTURE プロジェクトにより開発が進められている、FEM による解析ソフトウェアであり、無料で公開されている。ADVENTURE プロジェクトでは、最先端のハイパフォーマンス&ソフトコンピューティング技術を実装した、汎用的な解析能力を保持した、設計用大規模計算力学システムとして ADVENTURE の開発を進めている。

ADVENTURE ではメッシュ作成等のプレ処理から、解析ソルバー、可視化に至るまでのモジュールの開発がすすめられており、ユーザーは CAD で作成した IGES 形式のモデル形状ファイルを用意するだけで、解析計算を行うことができる。

現在公開されている、ADVENTURE のモジュールを以下に示す。

表 2-1 Ver.1.0 モジュール

モジュール名称	バージョン	機能
ADVENTURE_Solid	Ver.1.1	静弾性 / 静弾塑性 / 大変形応力解析ソルバー。角スケーリングなし BBD 前処理付き階層型領域分割法版 及び 対角スケーリング付き並列 CG 版。
ADVENTURE_Metis	Ver.1.0	メッシュを単層の部分領域あるいは 2 階層のパートと部分領域に分割する処理を並列に実行する。
ADVENTURE_IO	Ver.1.1	ADVENTURE モジュール用 IO フォーマットとライブラリ。
ADVENTURE_TriPatch	Ver.1.8	IGES フォーマットの B-rep 表現ソリッドモデル(単一材料、複数材料)から 3 角形表面パッチデータを自動生成する。
ADVENTURE_BCtool	Ver.1.02	メッシュに境界条件及び物性値を貼付し、有限要素解析データを作成する作業を支援する。
ADVENTURE_Visual	Ver.1.0	解析結果を並列に可視化する。変形図、表

モジュール名称	バージョン	機能
		面・断面におけるスカラー分布表示。
ADVENTURE_TetMesh	Beta-0.9	3角形表面パッチデータから4面体メッシュを自動生成する。

表 2-2 β版モジュール

モジュール名称	バージョン	機能
ADVENTURE_Fluid	beta-0.34	非圧縮性熱流体解析ソルバー。
ADVENTURE_Impact	beta-0.82	階層型領域分割による陽解法動弾性解析 / 接触解析ソルバー。
ADVENTURE_Magnetic	Ver1.01	線形渦電流解析 / 非線形静磁場解析ソルバー。階層型領域分割法版。
ADVENTURE_Forge	beta-0.4	素材と工具の接触・摩擦機能を持った剛塑性解析ソルバー。階層型領域分割法版。
ADVENTURE_Thermal	beta-0.5	固体中の定常 / 非定常熱伝導解析ソルバー。階層型領域分割法版。
ADVENTURE_Shape	beta-0.11	力法に基づくノンパラメトリック形状最適化 / 密度法によるトポロジー最適化。
ADVENTURE_Opt	beta-0.1	逐次2次計画法 / 実数値遺伝的アルゴリズムに基づくパラメトリック最適化。
ADVENTURE_CAD	beta-0.1	ポリゴン中心のソリッドモデルの自動作成。2次元形状定義 / 2次元形状のブール演算 / 2次元形状の押し出し・回転による3次元形状定義 / 3次元形状のブール演算。
ADVENTURE_Auto	beta-0.1	バッチ処理モードで自動解析や自動最適化を行うためのユーティリティ。境界条件を設定する場所の自動判別機能 / 解析結果から最大応力などの代表値を抽出する機能。
ADVENTURE_iAgent	beta-0.3	操作プランの生成とユーザーナビゲーションによる統合支援。解析プランの提示 / ホストマシンの稼働状況表示 / ユーザーの状況に応じたプッシュ型情報提供。
ADVENTURE_Material	beta-0.8	実験データから構成方程式のパラメータを同定する。

表 2-3 ユーティリティモジュール

モジュール名称	バージョン	機能
ADVENTURE_FEMAPtool	Ver.1.0	NASTRAN インプット ---> ADVENTURE メッシュ変換. [nas2adv] ADVENTURE の解析結果 (Solid/Thermal) ---> FEMAP neutral ファイル変換. [adv2femap]

FEM 教育教材整備では、これらのうち構造解析に必要なモジュールをインストールし、ADVENTURE iAgent を使用して、GUI で解析操作が行える環境を構築している。(これらの環境準備に関しては後で述べる)

本整備では、この ADVENTURE_iAgent (以下、iAgent と呼ぶ) を利用した解析手順の基本テキストとなる、「ADVENTURE ファーストステップガイド」の作成を行った。

2.2. iAgent を使用した ADVENTURE の機能

ADVENTURE は機能別に個々のモジュールから成り立っており、ユーザーは解析手順に従い、コマンドラインでこのモジュールを実行して解析を行うのが当初の使用法であった。しかし、現在β版ではあるが、iAgent を使用することにより、これらのモジュール実行操作を GUI で行うことができるようになっている。また、iAgent により一連の解析作業をまとめて扱うことができるようになっている。以下に iAgent の実行画面を示す。

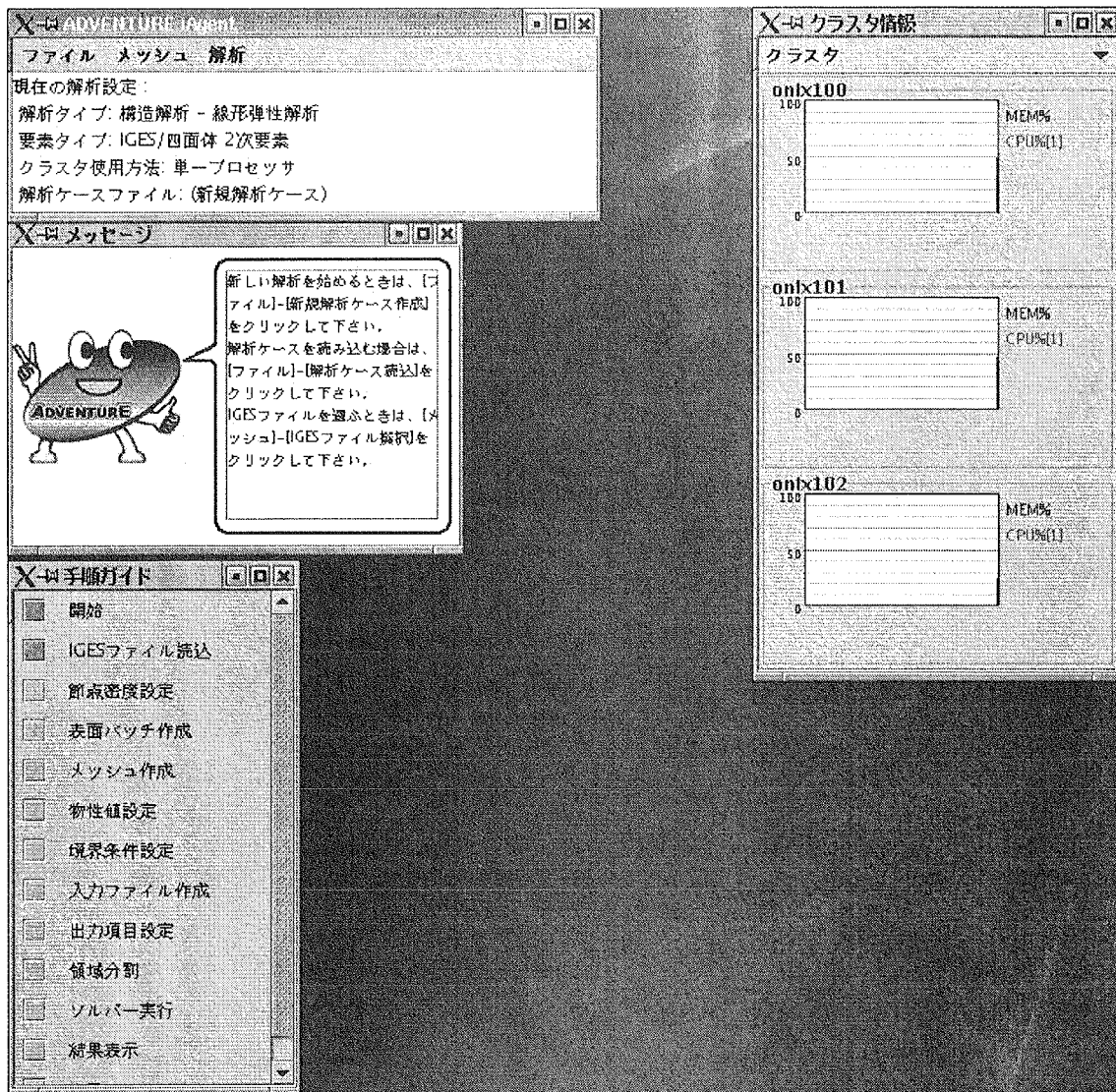


図 2-1 iAgent 実行画面

iAgent では、各モジュール実行操作のインタフェースサポート以外に以下にあげるような機能・特徴がある。

- 解析ケース単位での設定、一連の操作、中間ファイルの管理、保存
- クラスタ機のモニタリング
- 解析手順のガイド
- vrml ビューアの起動

また iAgent でサポートする解析タイプは以下の通りである。

(1) 構造解析

- 線形弾性解析
- 弾性解析：Total Lagrange 法（大変形微小歪み）

- ▶ 弾性解析：Updated Lagrange 法（大変形大歪み）
- 弾塑性解析
 - ▶ 弾塑性解析：Total Lagrange 法（大変形微小歪み）
 - ▶ 弾塑性解析：Updated Lagrange 法（大変形大歪み）
 - ▶ 熱応力解析（線形弾性）

(2) 熱解析

- 定常解析
- 非定常解析

2.3. ADVENTURE ファーストステップガイド

ADVENTURE の利用環境マニュアルとして、ADVENTURE ファーストステップガイドの作成を行った。このガイドは、セミナー対象端末を使用し、iAgent を利用した ADVENTURE による解析操作手順を記したものである。対象は、構造解析、及び Linux(もしくは Unix)の経験があり、これから ADVENTURE を使用した解析を行おうとしているユーザーである。なお、本書の付録 A にファーストステップガイドを登載する。

以下に、ADVENTURE ファーストステップガイドの目次構成を示す。

1	概要
1.1	はじめに
2	まずは使ってみよう
2.1	iAgent の起動
2.2	画面の説明
2.3	メッシュの作成
2.4	解析条件の設定
2.5	解析実行
2.6	解析結果の可視化
2.7	iAgent の終了
3	詳細な使用方法
3.1	モデル形状の作成について
3.2	解析ケースについて
3.3	節点密度の設定方法（応用操作）
3.4	VRML ビューアによる表示
3.5	境界条件設定時の応用操作
4	並列計算を行う
4.1	並列計算時の設定

4.2 並列計算の実践

各章での記載内容、及び特徴について説明する。

1章:概要では、このファーストステップガイドの趣旨や、表記法、モデルをについて記載している。ファーストステップガイドではサンプルモデルを使用して、説明を行っている。次にサンプルモデル形状と解析条件を示す。

モデル形状	U字形平板。ただし上下・厚さ方向の対称性を考慮し、解析は上半分・厚さ半分のモデルで行う。	
材料特性	スチール	
	ヤング率	21000kgf/mm ²
	ポアソン比	0.3

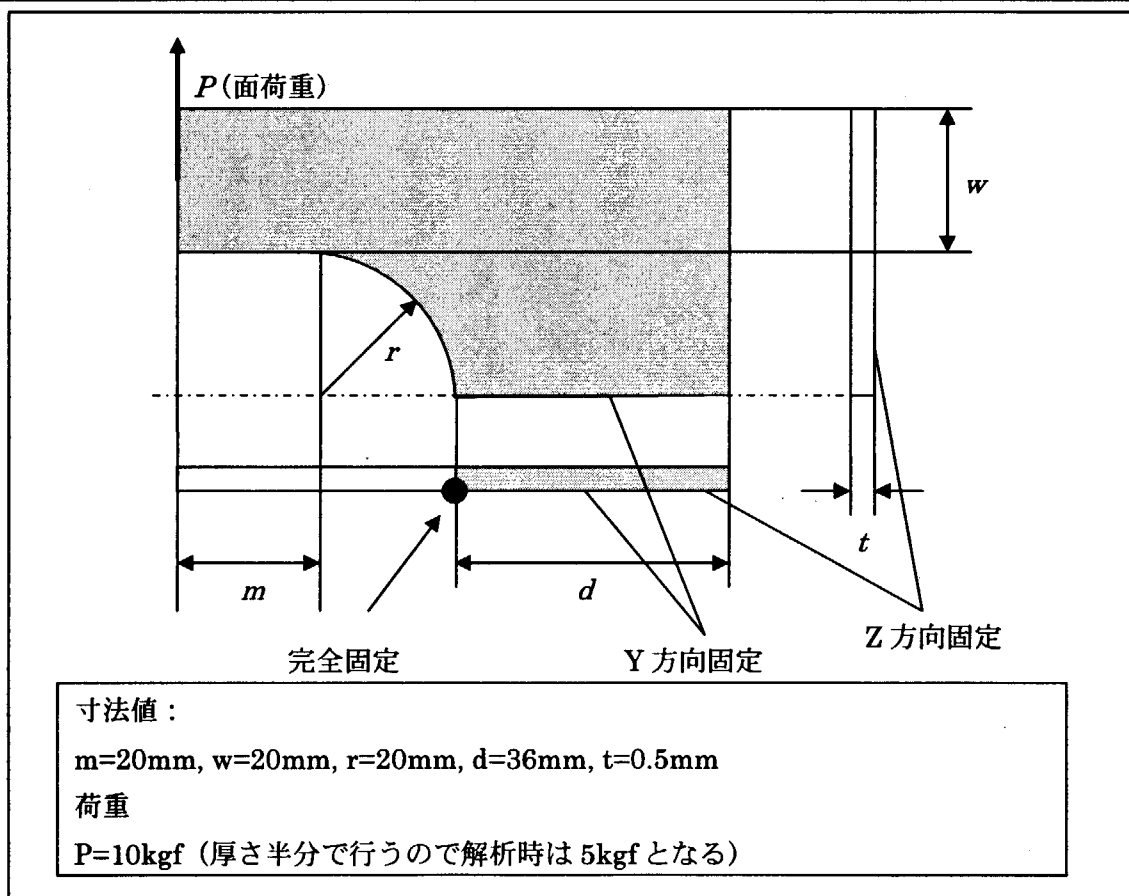


図 2-2 サンプルモデルと解析条件

2章:まずは使ってみようでは、サンプルモデルを用いて一連の解析手順を実践し、操作を理解してもらうことを目的として記載している。この章の内容は2003年10月18日にITBL共同利用センターで開催したADVENTURE講習会の内容に近いものであり、単一のCPUを利用した一般的な解析ケースでの操作手順の説明にとどめ、細かなオプション操作は省いている。ユーザーはこの章を実践することにより、基本的な解析を、ADVENTUREを利用して行うことができるようにした。

3章:詳細な使用方法では、基本的な解析手順での操作では必須ではない機能について取り上げた。iAgentでは基本手順以外にも多くのオプション的な機能が用意されている。ファーストステップガイドでは特にADVENTUREの初心者を対象としているため、ここでは細かい部分までは掘り下げず、解析作業において特に便利であるオプション的な機能を取り上げ、記載した。

4章:並列計算を行うでは、複数のクラスタが利用可能な端末において、複数のCPUを使用した並列解析計算の手順を記載した。ITBL共同利用センター中セミナー室には複数のクラスタが利用可能な端末が用意されているので、これを利用することを前提とし、iAgentにおける、基本手順以外での並列計算時の設定とサンプルモデルを利用した、並列計算の実践について記載し、ユーザーがADVENTUREを利用して並列解析計算ができるようにした。

モデル形状 IGES ファイル

DESIGNBASE IGES	S	1
1H, 1H, 14HDESIGNBASE V10,	G	1
53HG:/docs/iAgent_tutorial/tutorial_JSME/model/model.igs.	G	2
20HRICOH DESIGNBASE V10, 21HIGES PREPROCESSOR V10, 16, 38, 6, 308, 15,	G	3
7Hunknown, 1, 000000, 2, 2HMM, 32767, 32, 767000, 15H20031006, 161941, 0, 000001,	G	4
40, 000002, 7Hunknown, 7Hunknown, 11, 0, 15H20031006, 161941;	G	5
502 1 0 0 1 0 0 000010000D		1
502 0 0 3 1 0 0 0D		2
110 4 0 0 1 0 0 000010000D		3
110 0 0 1 0 0 0 0D		4
110 5 0 0 1 0 0 000010000D		5
110 0 0 1 0 0 0 0D		6
110 6 0 0 1 0 0 000010000D		7
110 0 0 1 0 0 0 0D		8
110 7 0 0 1 0 0 000010000D		9
110 0 0 1 0 0 0 0D		10
110 8 0 0 1 0 0 000010000D		11
110 0 0 1 0 0 0 0D		12
110 9 0 0 1 0 0 000010000D		13
110 0 0 1 0 0 0 0D		14
110 10 0 0 1 0 0 000010000D		15
110 0 0 1 0 0 0 0D		16
110 11 0 0 1 0 0 000010000D		17
110 0 0 1 0 0 0 0D		18
110 12 0 0 1 0 0 000010000D		19
110 0 0 1 0 0 0 0D		20
110 13 0 0 1 0 0 000010000D		21
110 0 0 1 0 0 0 0D		22
110 14 0 0 1 0 0 000010000D		23
110 0 0 1 0 0 0 0D		24
110 15 0 0 1 0 0 000010000D		25
110 0 0 1 0 0 0 0D		26
100 16 0 0 1 0 0 000010000D		27

100	0	0	1	0			0D	28
110	17	0	0	1	0	0	000010000D	29
110	0	0	1	0			0D	30
110	18	0	0	1	0	0	000010000D	31
110	0	0	1	0			0D	32
110	19	0	0	1	0	0	000010000D	33
110	0	0	1	0			0D	34
110	20	0	0	1	0	0	000010000D	35
110	0	0	1	0			0D	36
100	21	0	0	1	0	0	000010000D	37
100	0	0	1	0			0D	38
504	22	0	0	1	0	0	000010001D	39
504	0	0	4	1			0D	40
508	26	0	0	1	0	0	000010000D	41
508	0	0	2	1			0D	42
508	28	0	0	1	0	0	000010000D	43
508	0	0	1	1			0D	44
508	29	0	0	1	0	0	000010000D	45
508	0	0	1	1			0D	46
508	30	0	0	1	0	0	000010000D	47
508	0	0	2	1			0D	48
508	32	0	0	1	0	0	000010000D	49
508	0	0	1	1			0D	50
508	33	0	0	1	0	0	000010000D	51
508	0	0	1	1			0D	52
508	34	0	0	1	0	0	000010000D	53
508	0	0	1	1			0D	54
508	35	0	0	1	0	0	000010000D	55
508	0	0	1	1			0D	56
128	36	0	0	1	0	0	000010000D	57
128	0	0	3	1			0D	58
510	39	0	0	1	0	0	000010000D	59
510	0	0	1	1			0D	60
128	40	0	0	1	0	0	000010000D	61
128	0	0	4	1			0D	62
510	44	0	0	1	0	0	000010000D	63
510	0	0	1	1			0D	64
128	45	0	0	1	0	0	000010000D	65
128	0	0	4	1			0D	66
510	49	0	0	1	0	0	000010000D	67
510	0	0	1	1			0D	68
128	50	0	0	1	0	0	000010000D	69
128	0	0	3	1			0D	70
510	53	0	0	1	0	0	000010000D	71
510	0	0	1	1			0D	72
128	54	0	0	1	0	0	000010000D	73
128	0	0	3	1			0D	74
510	57	0	0	1	0	0	000010000D	75
510	0	0	1	1			0D	76
128	58	0	0	1	0	0	000010000D	77
128	0	0	4	1			0D	78
510	62	0	0	1	0	0	000010000D	79
510	0	0	1	1			0D	80
128	63	0	0	1	0	0	000010000D	81
128	0	0	7	2			0D	82
510	70	0	0	1	0	0	000010000D	83
510	0	0	1	1			0D	84
128	71	0	0	1	0	0	000010000D	85
128	0	0	3	1			0D	86
510	74	0	0	1	0	0	000010000D	87
510	0	0	1	1			0D	88
514	75	0	0	1	0	0	000010000D	89
514	0	0	1	1			0D	90
186	76	0	0	1	0	0	000000000D	91
186	0	0	1	0			0D	92
502, 12, 36, 0, 0, 0, 0, 0, 36, 0, 40, 0, 0, 0, 0, -40, 0, 40, 0, 0, 0, 0, -40, 0, 40, 0, 0, 0, 5,							1P	1
36, 0, 0, 0, 0, 5, 36, 0, 40, 0, 0, 5, -40, 0, 20, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -20, 0,							1P	2
20, 0, 0, 0, -40, 0, 20, 0, 0, 5, 0, 0, 0, 0, 5, -20, 0, 20, 0, 0, 5;							1P	3
110, 36, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;							3P	4
110, 36, 0, 0, 0, 0, 0, 36, 0, 40, 0, 0, 0;							5P	5
110, 36, 0, 40, 0, 0, 0, -40, 0, 40, 0, 0, 0;							7P	6
110, -40, 0, 40, 0, 0, 0, -40, 0, 20, 0, 0, 0;							9P	7

110, -40. 0. 40. 0. 0. 5; -40. 0. 20. 0. 0. 5;	11P	8
110, 36. 0. 0. 0. 0. 0. 36. 0. 0. 0. 0. 5;	13P	9
110, 36. 0. 0. 0. 0. 5. 0. 0. 0. 0. 0. 5;	15P	10
110, 36. 0. 40. 0. 0. 0. 36. 0. 40. 0. 0. 5;	17P	11
110, 36. 0. 0. 0. 0. 5. 36. 0. 40. 0. 0. 5;	19P	12
110, -40. 0. 40. 0. 0. 0. -40. 0. 40. 0. 0. 5;	21P	13
110, -40. 0. 40. 0. 0. 5. 36. 0. 40. 0. 0. 5;	23P	14
110, -40. 0. 20. 0. 0. 0. -20. 0. 20. 0. 0. 0;	25P	15
100, 0. 0. -20. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. -20. 0. 20. 0;	27P	16
110, -40. 0. 20. 0. 0. 0. -40. 0. 20. 0. 0. 5;	29P	17
110, 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 5;	31P	18
110, -20. 0. 20. 0. 0. 0. -20. 0. 20. 0. 0. 5;	33P	19
110, -40. 0. 20. 0. 0. 5. -20. 0. 20. 0. 0. 5;	35P	20
100, 0. 5. -20. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. -20. 0. 20. 0;	37P	21
504, 18. 3. 1. 1. 1. 8. 5. 1. 1. 1. 2. 7. 1. 2. 1. 3. 9. 1. 3. 1. 7. 11. 1. 4. 1. 10. 13. 1,	39P	22
1. 1. 5. 15. 1. 5. 1. 11. 17. 1. 2. 1. 6. 19. 1. 5. 1. 6. 21. 1. 3. 1. 4. 23. 1. 4. 1. 6,	39P	23
25. 1. 7. 1. 9. 27. 1. 8. 1. 9. 29. 1. 7. 1. 10. 31. 1. 8. 1. 11. 33. 1. 9. 1. 12. 35. 1,	39P	24
10. 1. 12. 37. 1. 11. 1. 12;	39P	25
508, 6. 0. 39. 18. 0. 0. 0. 39. 7. 0. 0. 0. 39. 9. 1. 0. 0. 39. 11. 0. 0. 0. 39. 5. 1. 0,	41P	26
0. 39. 17. 1. 0;	41P	27
508, 4. 0. 39. 9. 0. 0. 0. 39. 6. 0. 0. 0. 39. 2. 1. 0. 0. 39. 8. 1. 0;	43P	28
508, 4. 0. 39. 11. 1. 0. 0. 39. 8. 0. 0. 0. 39. 3. 1. 0. 0. 39. 10. 1. 0;	45P	29
508, 6. 0. 39. 13. 1. 0. 0. 39. 12. 0. 0. 0. 39. 4. 0. 0. 0. 39. 3. 0. 0. 0. 39. 2. 0. 0,	47P	30
0. 39. 1. 1. 0;	47P	31
508, 4. 0. 39. 15. 0. 0. 0. 39. 1. 0. 0. 0. 39. 6. 1. 0. 0. 39. 7. 1. 0;	49P	32
508, 4. 0. 39. 14. 1. 0. 0. 39. 5. 0. 0. 0. 39. 10. 0. 0. 0. 39. 4. 1. 0;	51P	33
508, 4. 0. 39. 18. 1. 0. 0. 39. 16. 0. 0. 0. 39. 13. 0. 0. 0. 39. 15. 1. 0;	53P	34
508, 4. 0. 39. 17. 0. 0. 0. 39. 14. 0. 0. 0. 39. 12. 1. 0. 0. 39. 16. 1. 0;	55P	35
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	57P	36
1. 0. 1. 0. -40. 0. 0. 0. 5. 36. 0. 0. 0. 0. 5. -40. 0. 40. 0. 0. 5. 36. 0. 40. 0. 0. 5,	57P	37
0. 0. 1. 0. 0. 0. 1. 0;	57P	38
510, 57. 1. 1. 41;	59P	39
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	61P	40
1. 0. 1. 0. 36. 0. 40. 0. 0. 5. 36. 0. 0. 0. 0. 5. 36. 0. 40. 0,	61P	41
2. 775557561563E-017, 36. 0. 0. 0. 2. 775557561563E-017, 0. 0. 1. 0. 0. 0,	61P	42
1. 0;	61P	43
510, 61. 1. 1. 43;	63P	44
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	65P	45
1. 0. 1. 0. -40. 0. 40. 0. 0. 5. 36. 0. 40. 0. 0. 5. -40. 0. 40. 0,	65P	46
2. 775557561563E-017, 36. 0. 40. 0. 2. 775557561563E-017, 0. 0. 1. 0. 0. 0,	65P	47
1. 0;	65P	48
510, 65. 1. 1. 45;	67P	49
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	69P	50
1. 0. 1. 0. 36. 0. 0. 0. 0. 0. -40. 0. 0. 0. 0. 36. 0. 40. 0. 0. 0. -40. 0. 40. 0. 0. 0,	69P	51
0. 0. 1. 0. 0. 0. 1. 0;	69P	52
510, 69. 1. 1. 47;	71P	53
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	73P	54
1. 0. 1. 0. 36. 0. 0. 0. 0. 5. 0. 0. 0. 0. 5. 36. 0. 0. 0. 2. 775557561563E-017,	73P	55
0. 0. 0. 0. 2. 775557561563E-017, 0. 0. 1. 0. 0. 0. 1. 0;	73P	56
510, 73. 1. 1. 49;	75P	57
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	77P	58
1. 0. 1. 0. -40. 0. 20. 0. 0. 5. -40. 0. 40. 0. 0. 5. -40. 0. 20. 0,	77P	59
2. 775557561563E-017, -40. 0. 40. 0. 2. 775557561563E-017, 0. 0. 1. 0. 0. 0,	77P	60
1. 0;	77P	61
510, 77. 1. 1. 51;	79P	62
128, 2. 2. 2. 2. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0,	81P	63
1. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 7071067811865. 1. 0. 1. 0. 0. 7071067811865. 1. 0. 1. 0,	81P	64
0. 7071067811865. 1. 0. -20. 0. 20. 0. 0. 5. 3. 552713678801E-015. 20. 0. 0. 5,	81P	65
0. 0. 1. 7763568394E-015. 0. 5. -20. 0. 20. 0. 0. 25. 3. 552713678801E-015,	81P	66
20. 0. 0. 25. 0. 0. 1. 7763568394E-015. 0. 25. -20. 0. 20. 0. 0. 0,	81P	67
3. 552713678801E-015. 20. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 7763568394E-015. 0. 0. 0. 0. 1. 0,	81P	68
0. 0. 1. 0;	81P	69
510, 81. 1. 1. 53;	83P	70
128, 1. 1. 1. 1. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0. 1. 0,	85P	71
1. 0. 1. 0. -40. 0. 20. 0. 1. 110223024625E-016, -40. 0. 20. 0. 0. 5. -20. 0,	85P	72
20. 0. 1. 110223024625E-016, -20. 0. 20. 0. 0. 5. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 1. 0;	85P	73
510, 85. 1. 1. 55;	87P	74
514, 8. 59. 1. 63. 1. 67. 1. 71. 1. 75. 1. 79. 1. 83. 0. 87. 0;	89P	75
186, 89. 1. 0;	91P	76
S 1G 5D 92P 76	T	1

2章の単一CPU計算でを使用した節点密度設定ファイル

```
BaseDistance
5.000000e+000

NodalPatternOnLine
5.000000e+000 10.000000
0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
0.000000e+000 0.000000e+000 5.000000e-001
```

4章の並列計算でを使用した節点密度設定ファイル

```
BaseDistance
0.500000e+000

NodalPatternOnLine
5.000000e+000 10.000000
0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
0.000000e+000 0.000000e+000 5.000000e-001
```

3. 実践 FEM 教育教材の作成

3.1. 目的

ADVENTURE の利用環境マニュアルの一つとして、ADVENTURE 実践 FEM 教育教材の作成を行った。この教材は、ITBL 共同利用センター中セミナー室内の端末を使用し、iAgent を利用した ADVENTURE による解析で記したものである。対象は、構造解析、及び Linux(もしくは Unix)の経験があり、これから ADVENTURE を使用した解析を行おうとしているユーザーである。

3.2. 構成

以下に、ADVENTURE 実践 FEM 教育教材の目次構成を示す。

1	はじめに
2	演習問題 1 (静的弾性応力解析)
	線形静解析における荷重設定と要素種類を学ぶ。解析モデルは、単純な形状と少し複雑なモデルの両方を解析する。あるいは、複雑なモデルは自習用として利用する。
2.1	問題の説明
2.1.1	使用モデルと境界条件
2.1.2	この演習問題で学ぶこと
2.2	静的弾性応力解析
2.2.1	荷重 W による応力解析
①	解析モデルのインポート
②	メッシュ分割作成
③	材料物性値の設定
④	境界条件の設定
⑤	ソルバー入力ファイルの作成
⑥	出力項目の設定
⑦	解析実行
⑧	結果の表示
⑨	結果の評価
	出力の結果について学ぶ。たとえば、相当応力と最大主応力などの考え方について、それぞれの応力解析結果から意味を考える。
2.2.2	強制変位による応力解析
①	解析モデルのインポート～メッシュ分割～材料物性値の設定
②	境界条件設定

- ③ 拘束条件設定
- ④ 変位境界条件設定
- ⑤ ソルバー入力ファイルの作成
- ⑥ 出力項目の設定
- ⑦ 解析実行
- ⑧ 結果の表示
- ⑨ 結果の評価

2.2.3 重力加速度の考慮

ADVENTURE には、重力加速度を考慮できる項目があるため、実際に重力加速度を考慮したときの重力の影響を考える。

- ① 解析モデルのインポート～メッシュ分割
- ② 材料物性値の設定（重力加速度の考慮）
- ③ 境界条件設定
- ④ ソルバー入力ファイルの作成
- ⑤ 出力項目の設定
- ⑥ 解析実行
- ⑦ 結果の表示
- ⑧ 結果の評価

2.3 要素種別（1次要素と2次要素）による相違

ADVENTURE には、要素として四面体と六面体の1次要素と2次要素が用意されている。

ここでは、同じモデル、同じメッシュに対して、1次要素と2次要素を与えることによって、要素種別による相違を学ぶ。ここでは、四面体の1次要素と2次要素の2つの解析結果から、計算時間、解析結果（変位、応力）を考える。

- ① 解析ケースの作成
- ② 解析モデルのインポート
- ③ メッシュ分割
- ④ 節点密度の設定
- ⑤ 表面パッチの作成
- ⑥ メッシュの作成
- ⑦ 要素タイプ
- ⑧ 境界条件設定
- ⑨ 解析実行

- ⑩ 結果の表示
- ⑪ 結果の評価
 - ・変位の比較
 - ・解析時間

2.4 スパナモデルを用いた解析

- ① 解析モデルのインポート
- ② メッシュ分割作成
- ③ 材料物性値の設定
- ④ 境界条件の設定
- ⑤ ソルバー入力ファイルの作成
- ⑥ 出力項目の設定
- ⑦ 解析実行
- ⑧ 結果の表示
- ⑨ 結果の評価

荷重が加わる面の表面パッチの寸法を細かくしたときの応力分布を考える。メッシュの大きさにより、解析精度が異なることを学ぶ。

3 演習問題2 (弾塑性解析)

ここでは、線形材料による解析結果と非線形材料（塑性を含む）との比較を同じモデルで考える。

3.1 材料線形

- ① 解析モデルのインポート
- ② メッシュ分割作成
- ③ 材料物性値の設定
- ④ 境界条件の設定
- ⑤ ソルバー入力ファイルの作成
- ⑥ 出力項目の設定
- ⑦ 解析実行
- ⑧ 結果の表示

3.2 材料非線形

3.1 項と同じモデルで、加工硬化係数を考慮した材料モデルを考えた場合に、材料線形で解析した結果との比較を行う。

- ① 解析モデルのインポート
- ② メッシュ分割作成
- ③ 材料物性値の設定
材料にヤング率、ポアソン比以外に、加工硬化係数を定義する。
- ④ 境界条件の設定
- ⑤ ソルバー入力ファイルの作成
- ⑥ 出力項目の設定
- ⑦ 解析実行
- ⑧ 結果の表示

4 演習問題3 (大変位 (あるいは大ひずみ) 解析)

ここでは、線形材料ではあるが、変位が大きくなると非線形になることを実感させたい。

4.1 座屈解析

薄板モデルに座屈解析を行う。

ADVENTURE の機能の「荷重制御」と「変位制御」のどちらかを使用して幾何学的非線形問題を解くことを説明する。

線形材料による幾何学的非線形のフラグを使わないものと使用したものとを比較し、幾何学的非線形の相違を理解する。

3.3. 各演習問題と演習課題

実践 FEM 教育教材における各演習問題は、ADVENTURE が持つ機能を紹介する課題を含めたものとしている。

既に正式にリリースされているモジュールに ADVENTURE_Solid があり、Solid モジュールには、静弾性 / 静弾塑性 / 大変形応力解析を行う機能がある。そこで、教材としては、これらの内容を網羅するよう考慮した。

3.3.1. 静的弾性応力解析

静的弾性応力解析では、以下の ADVENTURE の機能を学ぶために行うものである。

① 境界条件の設定の種類

ADVENTURE_Solid は、荷重境界条件と変位境界条件の2つの境界条件を持っている。そこで、2つの境界条件の設定を理解するために、荷重を加えたものと変位を与えたものをそれぞれ解析し、その結果を比較する。また、ADVENTURE では、方向が3方向の並進しかなく、回転方向の荷重（モーメ

ント) をかけられないことも確認する。

② 強制変位による荷重のかけ方

通常の応力解析プログラムでは、モデルを拘束したり、モデルの変位を与えるために変位境界条件を設定する。ADVENTURE にも、変位境界条件を設定する機能があり、これを用いて強制変位を設定する。特に、前項目で行った荷重載荷による解析で求められた変位を、この問題で強制変位として設定することで荷重をかけたものと同等の効果を上げることを確認する。

③ 重力加速度を同時に付加

ADVENTURE_Solid の荷重条件は、面、辺に設定する方法であるが、その他にも材料を指定して重力加速度を加える方法がある。そこで、ここでは、この機能を確認するために、第 1 項で行った荷重のみの解析に、重力加速度を加えた解析を行う。これにより、荷重による解析結果に対して重力加速度による荷重による影響を確認する。

④ 1 次要素と 2 次要素による相違

ADVENTURE_Solid の要素には、4 節点四面体、10 節点四面体、8 節点六面体、16 節点六面体の 4 つの要素が準備されている。

そこで、四面体の要素を取り上げて、その要素の特性を調べる。

⑤ 解析結果の見方

解析結果は、コンター図と呼ばれる分布図で表示する。

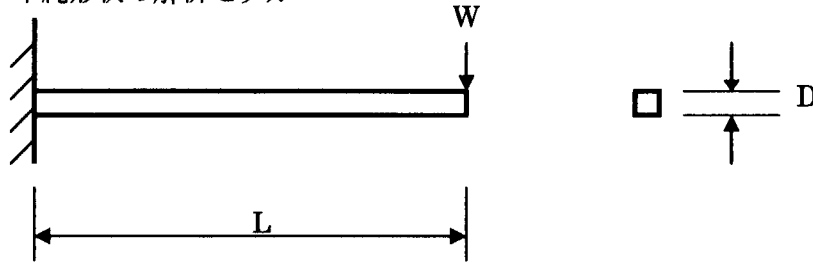
解析結果としては、応力、変位、ひずみ、主応力、相当応力などがある。ここでは、主応力の見方や相当応力の見方を説明する。

・ 解析で使用するモデル

解析モデルは、単純な形状と少し複雑なモデルの両方を解析する。

単純な形状を採用したのは、本来の目的である ADVENTURE の操作方法に重点を置くためである。ただし、複雑なモデルでは、ADVENTURE の特徴である領域分割機能を理解するために必要である。そこで、単純な形状と複雑な形状の 2 つの解析モデルを準備した。

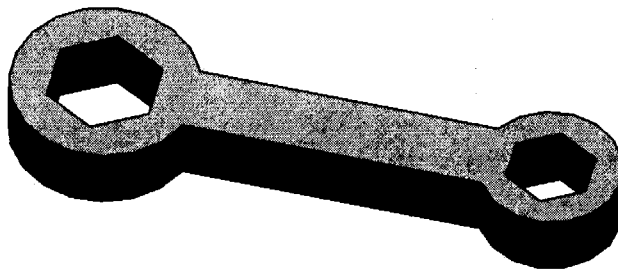
・単純形状の解析モデル



断面が正方形(1辺=0.0254m)で長さ $L=0.508\text{m}$ の梁の先端面に荷重 $W=500\text{N}$ を設定する。

・実際の形状に似た解析モデル

スパナの形状のモデルを考え、大きな穴の部分を固定して、小さな穴の部分にスパナの柄に垂直な荷重を加える。



3.3.2. 弾塑性解析

この演習問題では、線形材料による解析結果と非線形材料（塑性を含む）との比較を同じモデルで考える。

① 材料線形

解析モデルに対して、線形材料と材料特性として与えた場合の解析結果、特に変位について注目する。

② 材料非線形

①と同じモデルで、加工硬化係数を考慮した材料モデルを考えた場合に、材料線形で解析した結果との比較を行う。

非線形解析となるために、荷重の制御方法として荷重による制御か変位による制御を行うことを学ぶ。

3.3.3. 大変位（あるいは大ひずみ）解析

ここでは、線形材料ではあるが、変位が大きくなると非線形になることを解析によって確認する。薄板モデルを使用して、線形解析を行った結果と、幾何学的非線形を考慮した場合との解析結果の比較を行う。

① 線形解析

線形解析は、演習問題 1 と同じ手順で解析する。従って、解析ケースの作成で線形静解析を選択する。

② 幾何学的非線形解析

ADVENTURE の機能の「荷重制御」と「変位制御」のどちらかを使用して幾何学的非線形問題を解くことを説明する。

4. 操作支援ツールの環境構築

セミナー用端末に、ADVENTURE をインストールし、iAgent を利用した解析を実行できるよう、環境整備を行った。

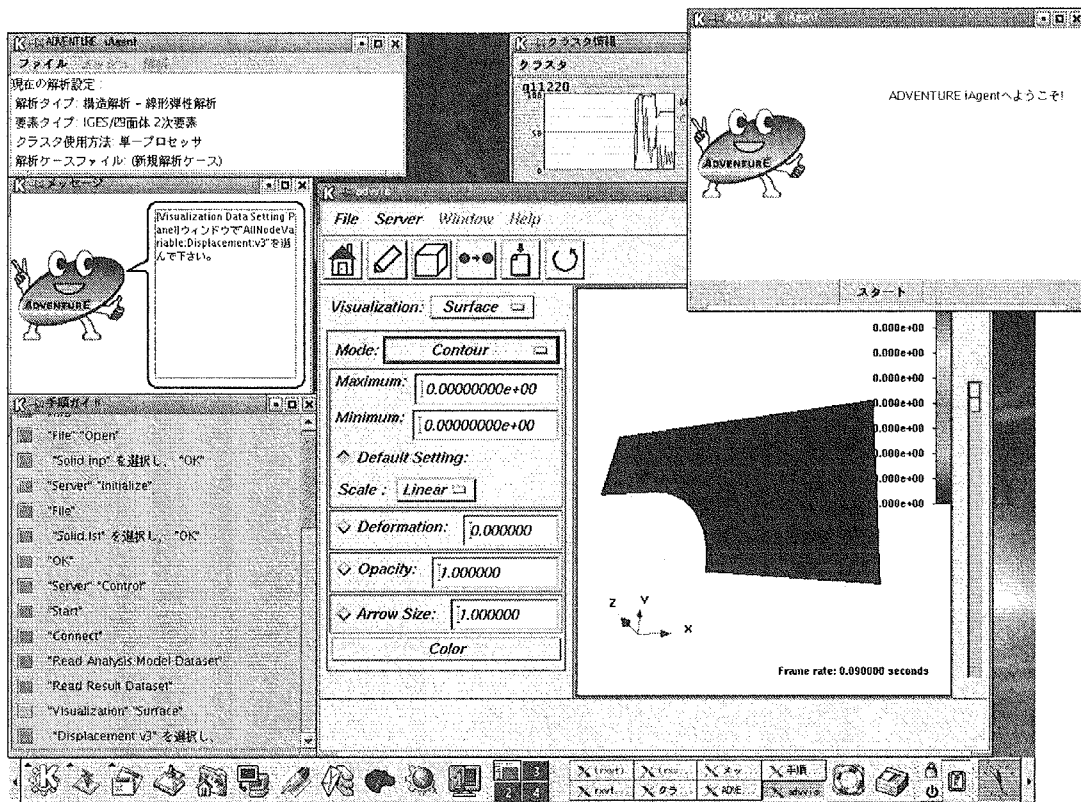


図 4-1 iAgent 実行イメージ

4.1. 前提条件

- (1) 本書で述べる教育教材を使用する場所、また環境整備を実施する場所は、ITBL 共同利用センターとする。
- (2) 解析ソフトウェアには、ADVENTURE を用いる。ADVENTURE 基本モジュールのバージョンは以下のとおりとする。
 - ・ ADVENTURE_IO Ver 1.1
 - ・ ADVENTURE_TriPatch Ver 1.8
 - ・ ADVENTURE_TetMesh Ver 0.9b
 - ・ ADVENTURE_Bctool Ver 1.02
 - ・ ADVENTURE_Metis Ver 1.0
 - ・ ADVENTURE_Solid Ver 1.0
 - ・ ADVENTURE_Visual Ver 1.0
 - ・ ADVENTURE_iAgent Ver 0.4b

- (3) ADVENTURE の上記モジュール及び操作支援ツール（以後、「iAgent」という）は ITBL 共同利用センター内、中セミナー室に既設のデスクトップパソコン（以後、「対象機」という）で使用するものとする。対象機の詳細仕様は本書では省略するが、Turbolinux 7 がインストールされているものとする。

※ 実際には、Turbolinux 7 と Windows XP のデュアルブートとなっている。

4.2. 対象機一覧

ホスト名	IP アドレス
g11101	172.16.160.121
g11102	172.16.160.122
g11103	172.16.160.123
g11104	172.16.160.124
g11105	172.16.160.125
g11106	172.16.160.126
g11107	172.16.160.127
g11108	172.16.160.128
g11109	172.16.160.129
g11110	172.16.160.130
g11111	172.16.160.131
g11112	172.16.160.132
g11113	172.16.160.133
g11114	172.16.160.134
g11115	172.16.160.135
g11116	172.16.160.136
g11117	172.16.160.137
g11118	172.16.160.138
g11119	172.16.160.139
g11120	172.16.160.140
g11121	172.16.160.141
g11122	172.16.160.142
g11123	172.16.160.143
g11124	172.16.160.144
g11125	172.16.160.145
g11126	172.16.160.146
g11127	172.16.160.147
g11128	172.16.160.148
g11129	172.16.160.149
g11130	172.16.160.150
g11131	172.16.160.151 ※予備機

4.3. 対象機の環境設定

4.3.1. hosts : /etc/hosts ファイルの編集

```

127.0.0.1    localhost.localdomain localhost

172.16.160.121  g11101.apr.jaeri.go.jp g11101
172.16.160.122  g11102.apr.jaeri.go.jp g11102
172.16.160.123  g11103.apr.jaeri.go.jp g11103
172.16.160.124  g11104.apr.jaeri.go.jp g11104
172.16.160.125  g11105.apr.jaeri.go.jp g11105
172.16.160.126  g11106.apr.jaeri.go.jp g11106
172.16.160.127  g11107.apr.jaeri.go.jp g11107
172.16.160.128  g11108.apr.jaeri.go.jp g11108
172.16.160.129  g11109.apr.jaeri.go.jp g11109
172.16.160.130  g11110.apr.jaeri.go.jp g11110
172.16.160.131  g11111.apr.jaeri.go.jp g11111
172.16.160.132  g11112.apr.jaeri.go.jp g11112
172.16.160.133  g11113.apr.jaeri.go.jp g11113
172.16.160.134  g11114.apr.jaeri.go.jp g11114
172.16.160.135  g11115.apr.jaeri.go.jp g11115
172.16.160.136  g11116.apr.jaeri.go.jp g11116
172.16.160.137  g11117.apr.jaeri.go.jp g11117
172.16.160.138  g11118.apr.jaeri.go.jp g11118
172.16.160.139  g11119.apr.jaeri.go.jp g11119
172.16.160.140  g11120.apr.jaeri.go.jp g11120
172.16.160.141  g11121.apr.jaeri.go.jp g11121
172.16.160.142  g11122.apr.jaeri.go.jp g11122
172.16.160.143  g11123.apr.jaeri.go.jp g11123
172.16.160.144  g11124.apr.jaeri.go.jp g11124
172.16.160.145  g11125.apr.jaeri.go.jp g11125
172.16.160.146  g11126.apr.jaeri.go.jp g11126
172.16.160.147  g11127.apr.jaeri.go.jp g11127
172.16.160.148  g11128.apr.jaeri.go.jp g11128
172.16.160.149  g11129.apr.jaeri.go.jp g11129
172.16.160.150  g11130.apr.jaeri.go.jp g11130
172.16.160.151  g11131.apr.jaeri.go.jp g11131

```

4.3.2. ユーザーの登録

```

# groupadd -g 7550 g0755

# useradd -d /home/fem -u 7550 -s /bin/tcsh -g g0755 fem

○この後、「ユーザー管理」で、パスワード **** を設定！

```

4.3.3. FTP : proftpd の設定

バイナリの有無確認

```

% ls -l /usr/sbin/proftpd
-rwxr-xr-x 1 root  root   238044 Jul 24 2001 /usr/sbin/proftpd*

```

proftpd が存在することを確認する。

xinetd デーモン用設定ファイルの確認

```

# pwd
/etc/xinetd.d

# ls -l proftp
-rw-r--r-- 1 root  root   133 Aug 22 12:50 proftp

```

```
# cat proftpd
# proftpd
service ftp
{
    disable = no
    socket_type = stream
    protocol = tcp
    wait = no
    user = root
    server = /usr/sbin/in.proftpd
}
```

ファイルがあること、又 disable=no になっていることを確認する。

proftpd コンフィグレーションファイルの編集

```
# pwd
/etc/proftpd

# ls -l proftpd.conf
-rw----- 1 root root 1783 Aug 22 12:49 proftpd.conf

# head proftpd.conf
# This is a basic ProFTPD configuration file (rename it to
# 'proftpd.conf' for actual use. It establishes a single server
# and a single anonymous login. It assumes that you have a user/group
# "nobody" and "ftp" for normal operation and anon.

ServerName "ProFTPD Default Installation"
#ServerType standalone
ServerType inetd
DefaultServer on
...
```

4.3.4. Telnet : /etc/xinetd.d/telnet ファイルの編集

```
% cat telnet
# default: off
# description: Telnet server
# securlevel: 30
service telnet
{
    disable = no
    socket_type = stream
    protocol = tcp
    wait = no
    user = root
    server = /usr/sbin/in.telnetd
    server_args = -h
}
```

4.3.5. rsh : /etc/xinetd.d/{rsh, rlogin, rexec} ファイルの編集

```
% cat rexec
# rexec
service exec
{
    disable = yes
    socket_type = stream
    wait = no
    user = root
```

```

server = /usr/sbin/in.rxecd
log_on_success += USERID
log_on_failure += USERID
}

% cat rlogin
# rlogin
service login
{
    disable = no
    socket_type = stream
    wait = no
    user = root
    server = /usr/sbin/in.rlogind
    log_on_success += USERID
    log_on_failure += USERID
}

% cat rsh
# rsh
service shell
{
    disable = no
    socket_type = stream
    wait = no
    user = root
    server = /usr/sbin/in.rshd
    log_on_success += USERID
    log_on_failure += USERID
}

```

4.3.6. f90 : intel fortran 7 のインストール

- intel fortran 7 を入手する。

※入手方法及びライセンスファイルの取得方法については本書では省略。

- /opt/intel/licenses にライセンスファイルを置く。

```

% ls -l /opt/intel/licenses
total 12
-rw-r--r-- 1 root  root    300 Sep 16 11:17 l_cpp_25654174.lic
-rw-r--r-- 1 root  root    302 Aug 22 14:08 l_for_27918636.lic
-rw-r--r-- 1 root  root    302 Aug 22 14:08 l_for_lic

```

- install コマンドの実行(install)。

4.3.7. mpi : mpich-1.2.5 のインストール

- mpich-1.2.5 を入手する。

※入手方法と make については、本書では触れない。

- /usr/local/mpi/下にインストール。

4.3.8. Java のインストール

- j2sdk-1.4.2 を入手する。

- install の実行 (rpm -ivh j2sdk-1_4_2_01-linux-i586.rpm)。

4.4. ADVENTURE 基本モジュールの実装

4.4.1. ADVENTURE_IO Ver 1.1

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvIO-1.1.tar.gz | tar xvf -
```

トップディレクトリ (AdvIO-1.1) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvIO-1.1
% ./configure --prefix=/usr/local
% make
```

スーパーユーザーで所定 (/usr/local) のディレクトリにインストールする。

```
# make install
```

4.4.2. ADVENTURE_TriPatch Ver 1.8

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvTriPatch-1.8.tar.gz | tar xvf -
```

トップディレクトリ (AdvTriPatch-1.8) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvTriPatch-1.8
% ./configure --prefix=/usr/local
% make
```

スーパーユーザーで所定 (/usr/local) のディレクトリにインストールする。

```
# make install
```

4.4.3. ADVENTURE_TetMesh Ver 0.9b

- 表面パッチ作成プログラムのインストール

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvTetMesh-0.9b.tar.gz | tar xvf -
```

トップディレクトリ (AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-P) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-P
% vi Makefile
```

インストール先、コンパイラ (フラグ)、リンクフラグを以下のように変更する。

```
PREFIX = /usr/local/ADVENTURE
...
F90 = ifc
FFLAGS = -O3 -tpp7 -axW -Vaxlib
LDFLAGS =
LIBS = -Vaxlib
```

make を実行し、インストールする。

```
% make
% make install
```

- 四面体メッシュ作成プログラムのインストール

トップディレクトリ (AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-M) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-M
% vi Makefile
```

インストール先を以下のように変更する。

```
PREFIX = /usr/local/ADVENTURE
```

make を実行し、インストールする。

```
% make
% make install
```

- 二次要素作成プログラムのインストール

トップディレクトリ (AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-S) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-S
% vi Makefile
```

インストール先を以下のように変更する。

```
PREFIX = /usr/local/ADVENTURE
```

make を実行し、インストールする。

```
% make
% make install
```

- 四面体メッシュ評価プログラムのインストール

トップディレクトリ (AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-E) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvTetMesh-0.9b/TetMesh-E
% vi Makefile
```

インストール先を以下のように変更する。

```
PREFIX = /usr/local/ADVENTURE
```

make を実行し、インストールする。

```
% make
% make install
```

4.4.4. ADVENTURE_Bctool Ver 1.02

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvBCtool-1.02.tar.gz | tar xvf -
```

AdvBCtool-1.02/Makefile を以下のように編集する。

```
ADVIO_PREFIX = /usr/local/ADVENTURE
PREFIX       = /usr/local/ADVENTURE

GLW          = -lMesaGLw
```

make を実行し、インストールする。

```
% cd AdvBCtool-1.02
% make
% make install
```

4.4.5. ADVENTURE_Metis Ver 1.0

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvMetis-1.0.tar.gz | tar xvf -
```

トップディレクトリ (AdvMetis-1.0) に移り、以下のコマンドを実行する。

```
% cd AdvMetis-1.0
% ./configure --prefix=/usr/local
% make
```

スーパーユーザーで所定 (/usr/local) のディレクトリにインストールする。

```
# make install
```

4.4.6. ADVENTURE_Solid Ver 1.0

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvSolid-1.0.tar.gz | tar xvf -
```

トップディレクトリ (AdvSolid-1.0) に移り、以下のコマンドを実行する。


```
% cd AdvSolid-1.0
% ./configure --prefix=/usr/local
% make
```

スーパーユーザーで所定 (/usr/local) のディレクトリにインストールする。

```
# make install
```

4.4.7. ADVENTURE_Visual Ver 1.0

以下のコマンドで、ダウンロードした tar ファイルのパッケージを展開する。

```
% gunzip -c AdvVisual-1.0.tar.gz | tar xvf -
```

- Server モジュールのコンパイル

```
% cd AdvVisual-1.0
% cd server
% ./configure --prefix=/usr/local/ADVENTURE --with-advio=/usr/local/ADVENTURE/bin
% make
```

コンパイル後、advvis_server を /usr/local/ADVENTURE/bin にコピーする。

- Client モジュールのコンパイル

```
% cd AdvVisual-1.0
% cd client
% make
```

コンパイル後、advvis を /usr/local/ADVENTURE/bin にコピーする。

4.5. iAgent の動作環境設定

4.5.1. iAgent の実装

公開モジュールである iAgent は Java クラスライブラリとして提供されており、任意のディレクトリ（ここでは、/usr/local/ADVENTURE/bin/iAgent 下）にコピーするだけである。コンパイル等の作業は発生しない。

4.5.2. iAgent のコンフィグレーション

/usr/local/ADVENTURE/bin/iAgent/iAgent.conf ファイルの編集

```
% cat iAgent.conf
#
# Copyright (C) 2002 Shinobu Yoshimura, University of Tokyo,
# the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)
# All Rights Reserved
#
#
# iAgent.conf - user configuration file for ADVENTURE iAgent
#
# if key does NOT begins "***", it means file path.
#

# iAgent install directory...
# modified by yamasaki. >>>
#iAgent = /home/user/ADVENTURE/bin/iAgent
iAgent = /usr/local/ADVENTURE/bin/iAgent
# to here. <<<

# default analysis type
*DefaultAnalysis = Solid.LinearElastic
*DefaultParallel = singleAnalysis
*DefaultMesh = Tetra20

# external commands(absolute path)
# modified by yamasaki. >>>
MPI.mpirun           = /usr/local/mpi/bin/mpirun
TriPatch.PatchGenerator = /usr/local/ADVENTURE/bin/ADVENTURE_TriPatch
#TetMesh.PatchCorrector = /usr/local/ADVENTURE/bin/advtmesh8p
#TetMesh.MeshGenerator = /usr/local/ADVENTURE/bin/advtmesh8m
TetMesh.PatchCorrector = /usr/local/ADVENTURE/bin/advtmesh9p
TetMesh.MeshGenerator = /usr/local/ADVENTURE/bin/advtmesh9m
# <<<

# added by yamasaki. >>>
*MPI.name            = mpich
*RemoteShell.shell  = rsh
*RemoteShell.copy    = rcp

*Java.runtime        = /usr/java/j2sdk1.4.2_01/bin/java

*DefaultModel        = IGES

TetMesh.SecondNode   = /usr/local/ADVENTURE/bin/advtmesh9s
# <<<

BCtool.SurfaceGroup  = /usr/local/ADVENTURE/bin/msh2pch
BCtool.BCtool         = /usr/local/ADVENTURE/bin/bcGUI
BCtool.MakeFEMInput  = /usr/local/ADVENTURE/bin/makefem
BCtool.Region         = /usr/local/ADVENTURE/bin/msh2pcm
Metis.DomainDecomposer = /usr/local/ADVENTURE/bin/adventure_metis
Metis.DomainDecomposer.singleAnalysis = adventure_metis
```

```

Solid.Solver          = /usr/local/ADVENTURE/bin/advsolid
Solid.Solver.singleAnalysis = advsolid

Thermal.Converter     = /usr/local/ADVENTURE/bin/so2th

# for AdvThermal 0.2b or former version
#Thermal.Converter.version = old
#Thermal.Solver       = /usr/local/ADVENTURE/bin/advthermal

# for AdvThermal 0.3b or later version
Thermal.Solver.singleAnalysis = /usr/local/ADVENTURE/bin/advthermal-s
Thermal.Solver.staticParallel = /usr/local/ADVENTURE/bin/advthermal-p
Thermal.Solver.dynamicParallel = /usr/local/ADVENTURE/bin/advthermal-h

Visual.Server        = /usr/local/ADVENTURE/bin/advvis_server
Visual.Client        = /usr/local/ADVENTURE/bin/advvis

VRMLViewer          = /usr/local/bin/vrmlview
Tool.ResultMerger   = /usr/local/ADVENTURE/bin/hddmmrg

## machine information
*localhost = g11222
*clusterList = /usr/local/ADVENTURE/bin/iAgent/cluster.list
# to here. <<<

#####
# domain decomposition setting :
# number of elements/subdomain
#####
*nPart.Solid.singleAnalysis = 50
*nPart.Solid.staticParallel = 100
*nPart.Solid.dynamicParallel = 200

*nPart.Thermal.singleAnalysis = 50
*nPart.Thermal.staticParallel = 100
*nPart.Thermal.dynamicParallel = 200

#####
# default file/dir name and others
# DO NOT modify.
#####
## adv-solid/metis setting
*Metis.outputDir = model
*Metis.outputName = advhddm_in_
*Solid.outputDir = result
*Solid.outputName = advhddm_out_
*Solid.stepDir = result
*Solid.stepName = advhddm_incrout_
*Thermal.outputDir = result
*Thermal.outputName = advhddm_out_

## adv-visual setting
*Visual.ClientMasterPort = 11111
*Visual.MasterSlavePort = 33333
*Visual.SysFileName = adv-visual.sys

# other settings
# modified by yamasaki. >>>
#*SingleVolume = true
*SingleVolume = false
# <<<

```

4.6. iAgent の動作確認

XWindow を起動した上で、コンソールから

%iAgent-j

のコマンドにより日本語版 iAgent が起動する。正常に起動されれば、以下の画面が表示される。

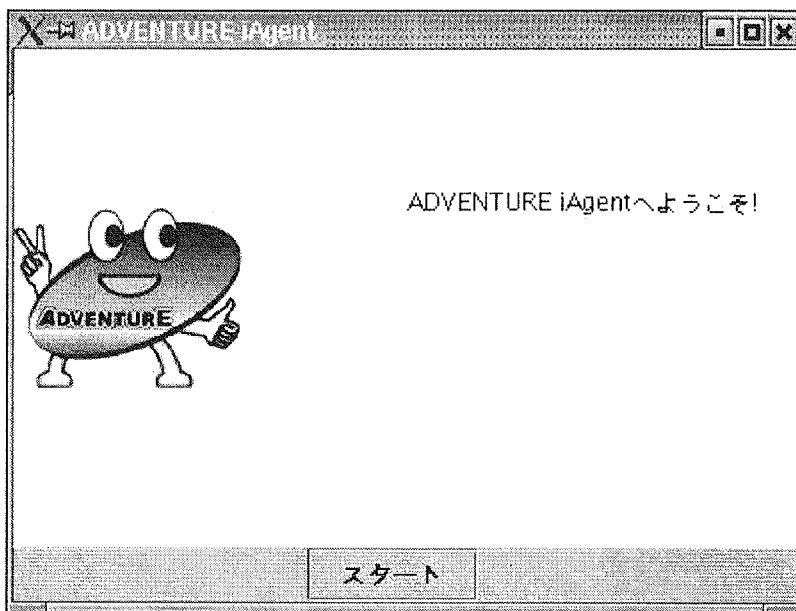


図 4-2 起動画面

なお、このとき、iAgent を起動したコンソールウィンドウで、[Err]のメッセージが出ていないことを確認する。正常に上記の画面が表示された場合でも、一部の機能が起動できていない可能性があるためである。

ここで[スタート]ボタンをクリックすると、iAgent の画面が表示される。

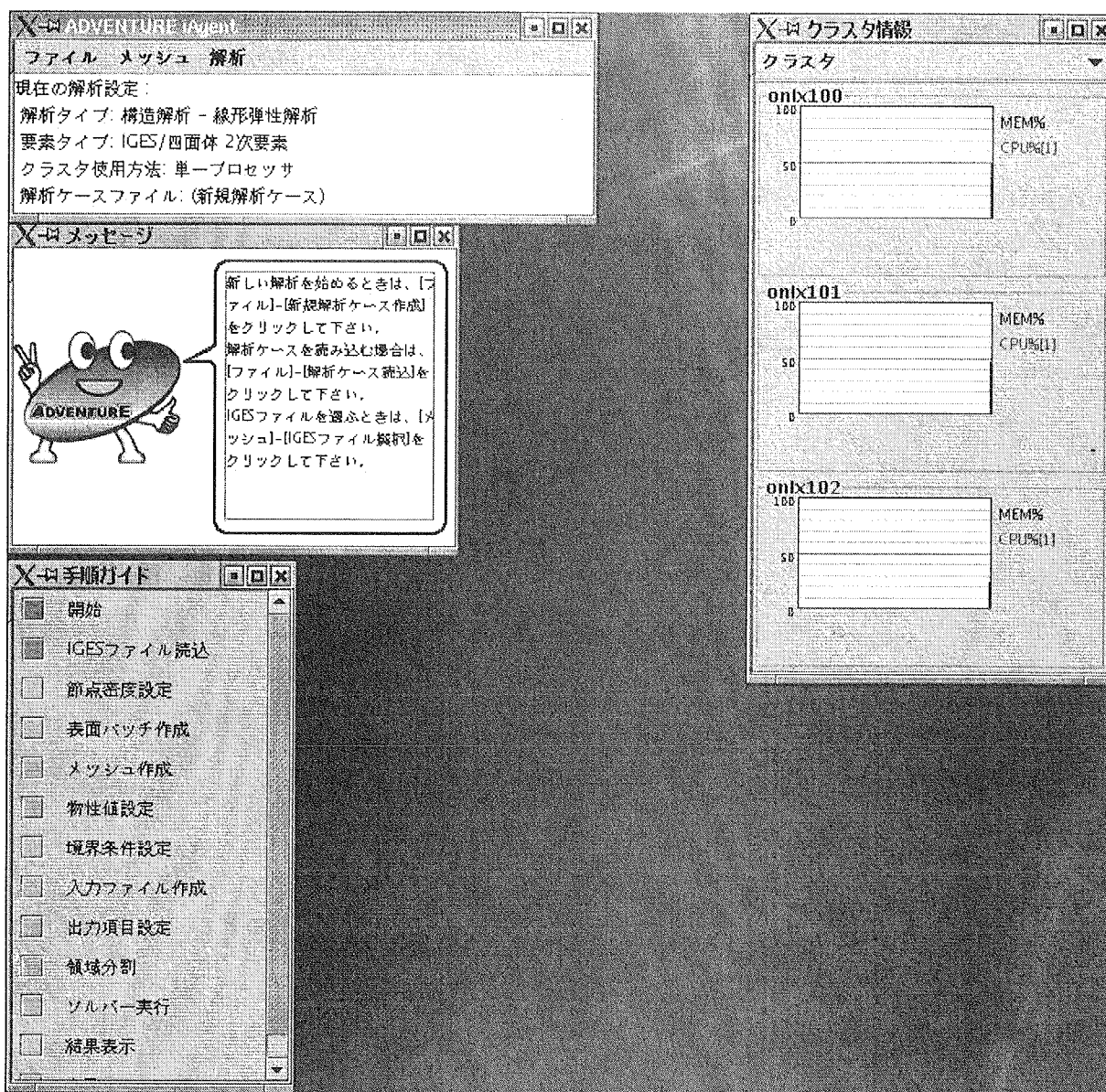


図 4-3 メイン画面

この画面が表示されれば、iAgentは正常に起動できている。この後、iAgentから使用する各モジュールの動作を確認するため、すでに正常に解析されることが確認されているモデル(例: ADVENTURE プロジェクトからサンプルで提供されているモデルなど)を利用して、一通りの解析手順を行ってみる。iAgent で指示した動作が正常に完了されなかった場合は以下のような画面が表示されるので(1行目はエラーの発生ケースごとの異なる)、エラーログを参照する。

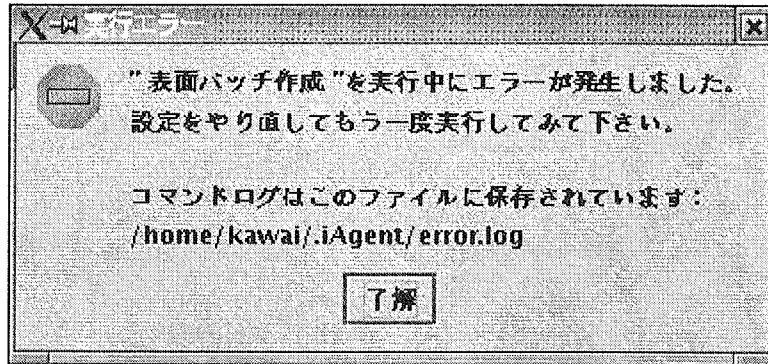


図 4-4 エラーメッセージ

5. FEM ソフトと可視化ソフトとの連携

5.1. データフォーマット分析

大規模構造解析システム ADVENTURE システムは、ADVENTURE フォーマットと呼ばれるバイナリ形式のファイルを使用している。ADVENTURE フォーマットは、ADVENTURE BCtool モジュールにより一体型解析モデルファイルが作成されて、ADVENTURE Metis モジュールにより領域分割を行った分割型解析モデルファイルが作成される。このファイルを元に、ADVENTURE Solid モジュールを使用して構造解析計算を行い、分割型の解析結果ファイルが出力される。

これらの流れを図示すると下図のようになる。

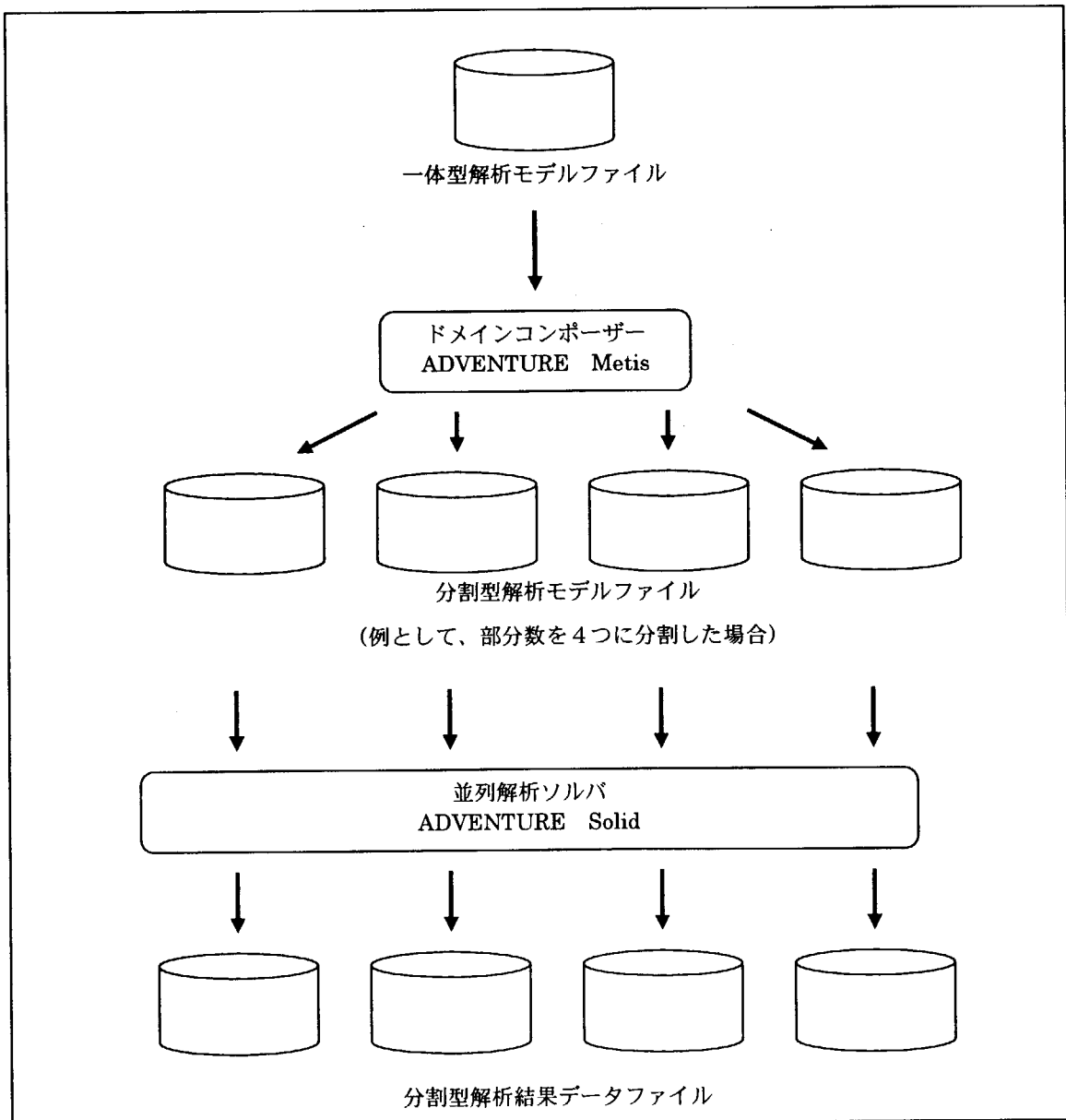


図 5-1 ADVENTURE フォーマットファイル処理フロー

このように ADVENTURE システムでは、ADVENTURE フォーマットとして扱う際に次の3つのファイル形式が存在する。

- ・ 一体型解析モデルファイル
- ・ 分割型解析モデルファイル
- ・ 分割型解析結果ファイル

これらのファイルは、大きく2つの種類に分けられる。

(1) モデル形状定義ファイル

モデル形状定義ファイルは、ADVENTURE BCtool モジュールにより要素分割されたファイルであり、要素形状を確認することができる。

- ・ 一体型解析モデルファイル

(2) 可視化データ関連ファイル

可視化データ関連ファイルは、ADVENTURE Metis により HDDM 型分割が行われた解析モデルファイルと ADVENTURE Solid モジュールによる並列構造解析ソルバにより出力された解析結果ファイルであり、可視化処理として必要となるファイルである。

- ・ 分割型解析モデルファイル
- ・ 分割型解析結果ファイル

これら2つのファイルは、要素分割確認と結果確認の上で重要なものであり、読み込み対象のファイルと成りえるものである。

また ADV_Solid 並列ソルバーから出力される分割型解析結果ファイルは、並列ソルバーの指定により、節点、要素、積分点の3つの部分での計算結果を出力することができる。

5.1.1. ADVENTURE フォーマットの分析

ADVENTURE フォーマットはバイナリ形式のファイルであり、ADVENTURE システム内では、ADVENTURE IO モジュールによりファイル作成・更新が行われている。

このフォーマットは ADVENTURE システム独自のものであり、タグ形式を用いて複数の情報が書き込まれている。

ADVENTURE フォーマットでは、ファイルを以下のようなドキュメントというグループで管理している。

ファイル (拡張子: .adv)

ー ドキュメント

- ドキュメント ID
- プロパティ
- RawData

ー ドキュメント

- ドキュメント ID
- プロパティ
- RawData

ー ドキュメント

- ドキュメント ID
- プロパティ
- RawData

...

一つのファイルには複数のドキュメントグループが含まれていてもよく、ドキュメントのグループとしては節点座標値、要素接続情報など、データの種類によりドキュメントというタイプで管理をしている。

実際の ADVENTURE フォーマットデータとしては、一体型解析モデルファイルにおいては、節点座標値、要素コネクティビティ、境界条件、物性値などが一つのモデルファイル内に、ドキュメント単位で管理されている。

5.1.2. AVS/Express におけるデータ構造の定義

AVS/Express においては、ADVENTURE で指定される要素形状に対応するフォーマットとして、非構造格子型 (以下、UCD) のフォーマット形式がある。

UCD フォーマットでは、節点座標値情報と要素を形成する節点の接続情報、節点もしくは要素に対応する計算結果の物理量データが必要となる。

AVS/Express では、内部データ形式と外部のファイル形式の 2 通りの形式が存在する。前者は対象となるデータを直接読み込んで、データを作成するために AVS/Express 専用のモジュールと呼ばれるものを作成することになる。後者は、AVS/Express に標準で用意されている Read UCD モジュールを利用して読み込むものであり、このフォーマット書式として用意されているものである。外部のファイル形式は、アスキー形式とバイナリ形式の 2 つの形式がある。

5.1.3. ADVENTURE フォーマットと AVS/Express データ構造との対応分析

ADVENTURE フォーマットにおける分析と AVS/Express の UCD データ形式から、ADVENTURE フォーマットの取り込み方法については、次のようなことが考えられる。

- ・ 節点座標データの取り出しについては、一体型解析モデルファイルあるいは分割型解析モデルファイルから取り出すことができるが、分割型解析モデルファイルでは全体モデルが複数の分割されたファイルに入っているために、全体モデルとの対応が必要となる。
- ・ 要素コネクティビティについては、一体型解析モデルファイルあるいは分割型解析モデルファイルから取り出すことができるが、分割型解析モデルファイルでは全体モデルが複数の分割されたファイルに入っているために、全体モデルとの対応が必要となる。
- ・ 要素形状については、ADVENTURE Solid で扱う要素形状としては 4 面体と 6 面体の 2 つの形状のみであり、これに該当する AVS/Express の UCD データ形式としては、三角錐 (tet) 要素と六面体 (hex) 要素形状が対応している。
- ・ 要素形状における節点については、1 次節点、2 次節点ともに AVS/Express の UCD データ形式と対応している。
- ・ 積分点については AVS/Express には該当するデータ格納方式がないために、必要であれば節点への割り当てを計算することになるが、ADVENTURE Solid においては FEM 解析時の積分点による計算前の物理量の指定において節点や要素への指定が可能である。また ADVENTURE Solid 内で節点や要素指定時は、内部で算術平均を行い求めていることもあり、対応する出力点としては節点と要素の 2 通りで対応することができる。
- ・ 節点データについては、分割型解析結果ファイルから取り出すことができるが、分割型解析モデルファイルでは全体モデルが複数の分割されたファイルに入っているために、やはり全体モデルとの対応が必要となる。
- ・ 要素データについては、分割型解析結果から取り出すことができるが、分割型解析モデルファイルでは全体モデルが複数の分割されたファイルに入っているために、やはり全体モデルとの対応が必要となる。

- AVS/Express の要素は、一つの要素グループをマテリアルなどにより複数のグループに分割してデータ格納をすることができる。ADVENTURE システムでは階層型領域分割を採用しているが、これは並列計算効率を上げるための手法であり本来は一体型解析モデルであることから、特に分割された要素を要素グループとして定義を行う必要性は少ないものと解釈して、要素を一つのグループとして表現しても問題はない。

この中で、節点座標データ、要素コネクティビティ、節点データ、要素データが分割型解析モデルや分割型解析結果ファイルにおける対応について検討するべき必要があり、以降でこの点について、再度分析を行った。

5.2. 読み込み機能の前提条件

ADVENTURE システムの AVS/Express への読み込み機能の対応においては、次のような点を考慮している。

- AVS/Express 内の読み込みモジュール実装

AVS/Express 内で直接読み込みモジュールを作成することは、ADVENTURE フォーマットのファイルを直接指定することで読み込むことができるので、データ変換や中間ファイルの介在の手間が要らない。

しかし ADVENTURE システムでのコンセプトとして、ADVENTURE フォーマットへのアクセスは、ADVENTURE IO モジュールに用意されている関数を利用する必要がある。これは、ADVENTURE IO モジュールが利用できる UNIX や LINUX に限られる。このため、Windows 環境においても AVS/Express は稼動するがこの環境で読み込みモジュールは現在のマシン対応では作成できない。

- ADVENTURE IO モジュールの利用

ADVENTURE システムは今後もバージョンアップが予定されており、ADVENTURE

IO モジュールも機能拡張が行われることが考えられる。ADVENTURE フォーマットはバイナリ形式であるが、バイナリ内の書き込み順などを調べることで、ADVENTURE IO モジュールを利用せずに直接読み込むことができる可能性もある。

しかし互換性の点ではこのような形態のプログラムを作成することは、バージョンアップによる大幅な変更を行うことが必要になることも考えられるので、互換性を重視した ADVENTURE IO モジュールを利用した実装を行う。

- データコンバートプログラムの作成

スーパーコンピュータ、PC クラスタにおいて、解析計算と解析結果の可視化を両立することがリソースの制限上できないことも考えられる。また Windows 環境では、

ADVENTURE IO モジュールを利用する関係から AVS/Express 内の読み込みモジュールを作成することはできない。

この点に対応するために、データコンバートプログラムも同様にして作成する。これにより利用者の使う環境に応じて、データコンバートを行うか、AVS/Express で直接読み込むかを選択することができる。

データコンバートプログラムの作成においては、AVS/Express の外部 UCD データ形式で出力して、AVS/Express で用意されている Read_UCD モジュールによりデータを読み込める方法を採用する。

・ ADVENTURE システムのコンセプト

ADVENTURE システムは、スーパーコンピュータやPC クラスタで大規模な構造解析を行うことと目的としており、利用するモデルも数百万～1 億自由度という膨大なデータを扱うことを想定している。

但し、本件における AVS/Express では並列読み込みなどの対応は行わず単一 CPU 上での読み込みに対応している。このために、データの肥大化によるデータ読み込みの遅延が発生する可能性がある。これは形状に関する部分は、節点座標や要素コネクティビティのみと限られるが、節点データや要素データはソルバ計算での指定において、複数存在する場合が考えられる。

これについては、AVS/Express 読み込みモジュールの実装においては、節点数や要素数、要素タイプを表示することと物理データとして格納されているラベルを表示して、解析結果として格納されている物理量データを利用ユーザが適宜選択することができるインターフェースを備えることで、利用者が判断できるようなインターフェースを設ける。

6. まとめ

本作業では、ITBL 環境において FEM ソフトである ADVENTURE/ITBL を利用した解析を行う上で必要になる一連の処理の環境を整理した。

- ・ モデリング
- ・ メッシュデータ選定
- ・ 解析条件の設定
- ・ 計算実行
- ・ 計算結果の可視化

をマニュアル化し、FEM 教育教材の整備を行った。

FEM 教育教材としては、

- ・ 初めて ADVENTURE に触れる人を対象にしたファーストステップガイド
- ・ ADVENTURE を用いて構造解析を行おうとする人を対象とした実践 FEM 教育教材

の 2 編を作成した。

実践 FEM 教育教材においては、「静的弾性応力解析」、「弾塑性解析」、及び「大変位解析」を題材とした。

今後、他の FEM 解析モデルである「熱解析」、「電磁場解析」等についての整備を行い、充実した実践 FEM 教育教材を作成する。

謝辞

本報告書の執筆の機会を与えて下さった ITBL 利用推進室の相川室長、ITBL 利用推進室の皆様へ感謝いたします。また、FEM 教育教材の作成に際しては、ADVENTURE プロジェクトの開発メンバー各位、株式会社日本総合研究所の本山 聡氏、福本 一郎氏、河合 優行氏のご協力をいただいた。この場を借りて、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 平成 14 年度 ITBL 成果報告書 (ITBL 推進会議、ITBL 委員会)
- 2) ADVENTURE プロジェクトホームページ <http://adventure.q.t.u-tokyo.ac.jp/jp/>
- 3) ADVENTURE_TriPatch プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 4) ADVENTURE_TetMesh プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 5) ADVENTURE_BCtool プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 6) ADVENTURE_Metis プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 7) ADVENTURE_Solid プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 8) ADVENTURE_Visual プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 9) ADVENTURE_IO プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 10) ADVENTURE_iAgent プログラム使用マニュアル (ADVENTURE プロジェクト)
- 11) 第一回 FEM セミナー～ADVENTURE 講習会テキスト (原研、ADVENTURE プロジェクト)

This is a blank page.

付録 A

- ADVENTURE ファーストステップガイド -

目次

A.1	概要	45
A.1.1	はじめに	45
A.1.2	使用モデルについて	45
A.2	まずは使ってみよう	46
A.2.1	iAgent の起動	46
A.2.2	画面の説明	47
A.2.3	メッシュの作成	49
A.2.4	解析条件の設定	54
A.2.5	解析実行	63
A.2.6	解析結果の可視化	66
A.2.7	iAgent の終了	78
A.3	詳細な使用方法	80
A.3.1	モデル形状の作成について	80
A.3.2	解析ケースについて	80
A.3.3	節点密度の設定方法 (応用操作)	83
A.3.4	VRML ビューアによる表示	86
A.3.5	境界条件設定時の応用操作	87
A.4	並列計算を行う	89
A.4.1	並列計算時の設定	89
A.4.2	並列計算の実践	91

This is a blank page.

A.1 概要

A.1.1 はじめに

このファーストステップガイドでは ADVENTURE を利用した線形弾性応力解析を行う手順について解説いたします。

本書では、ADVENTURE による解析手順を、ADVENTURE_iAgent (以下 iAgent) を利用した、GUI 操作による手順について解説いたします。

A.1.2 使用モデルについて

本書の A.2 の基本手順および、A.4 の並列計算実践で使用するモデルは以下のようになっています。

モデル形状	U字形平板。ただし上下・厚さ方向の対称性を考慮し、解析は上半分・厚さ半分のモデルで行う。	
材料特性	スチール	
	ヤング率	21000kgf/mm ²
	ポアソン比	0.3

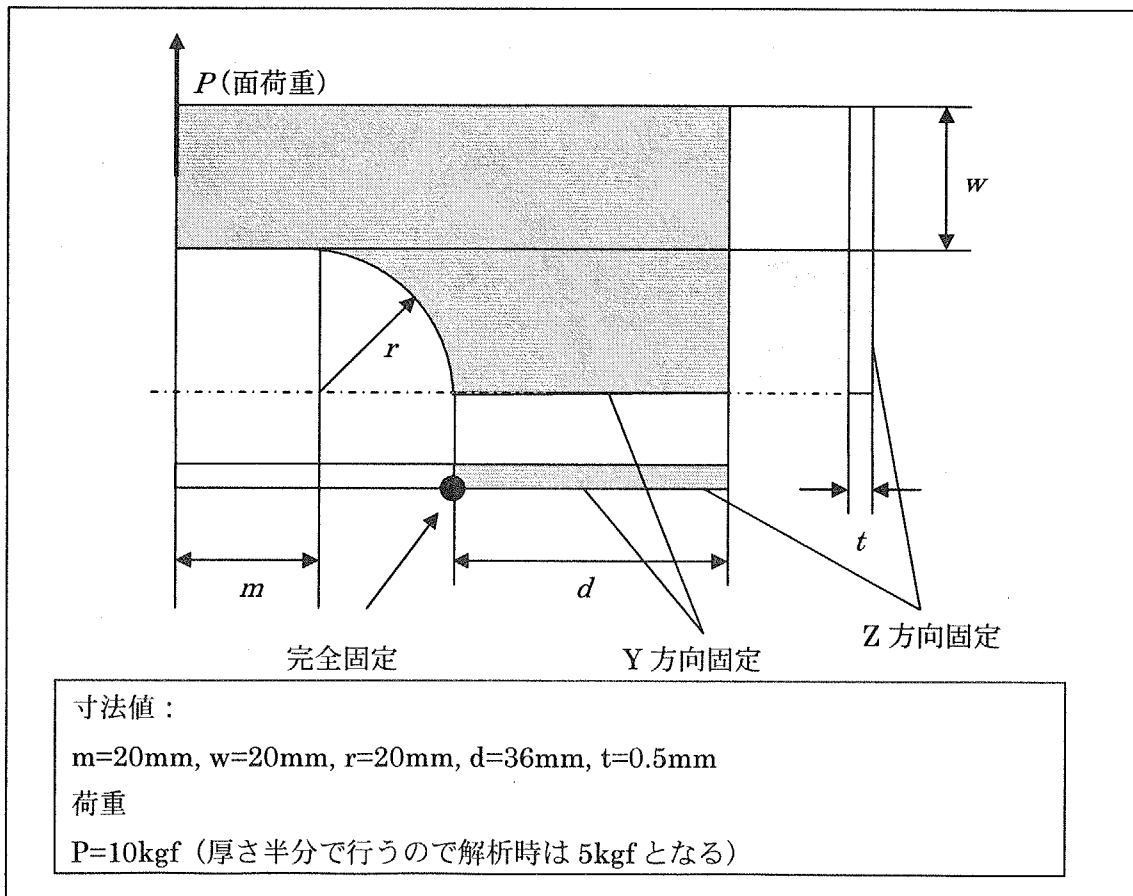


図 A-1-1 モデル形状と解析条件

A.2 まずは使ってみよう

A.2.1 iAgent の起動

iAgent は X Window System 上で動作する GUI アプリケーションです。ログイン時に X Window System が起動していない時は、

`%xinit`

もしくは

`%startx`

で、X Window System を起動してください。

iAgent は X Window System 上でコンソールを開き、以下のコマンドにより起動します。

`%iAgent-j`

上記のコマンドでは日本語モードの iAgent が起動します。iAgent には英語モードも用意されており、以下のコマンドにより起動します。

`%iAgent-e`

以後の説明は、日本語モードに基づいて行います。

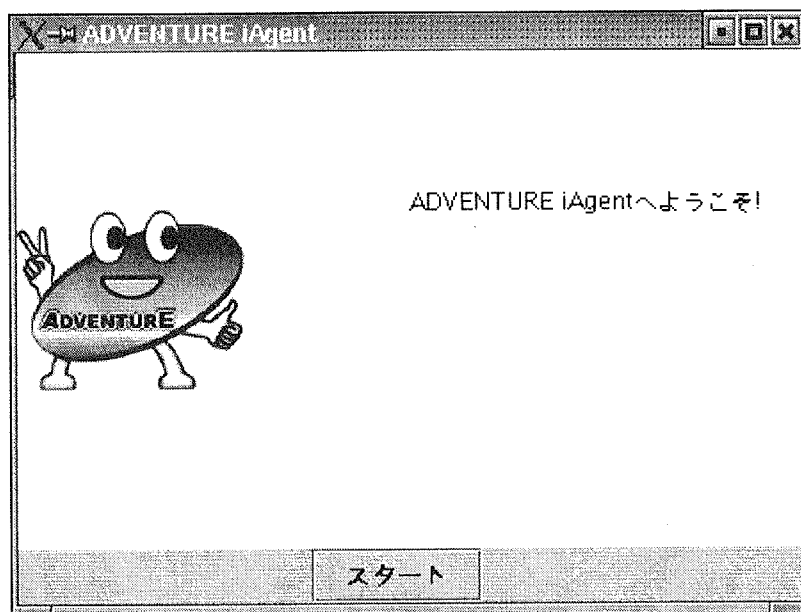


図 A-2-1 スタート画面

iAgent を起動すると、図 A-2-1 のようなウィンドウが現れます。[スタート]ボタンをクリックすると操作画面へと進みます。

A.2.2 画面の説明

iAgent の操作画面は図 A-2-2 に示すような構成をしています。4つのウィンドウからなっており、それぞれのウィンドウは自由に配置できます。

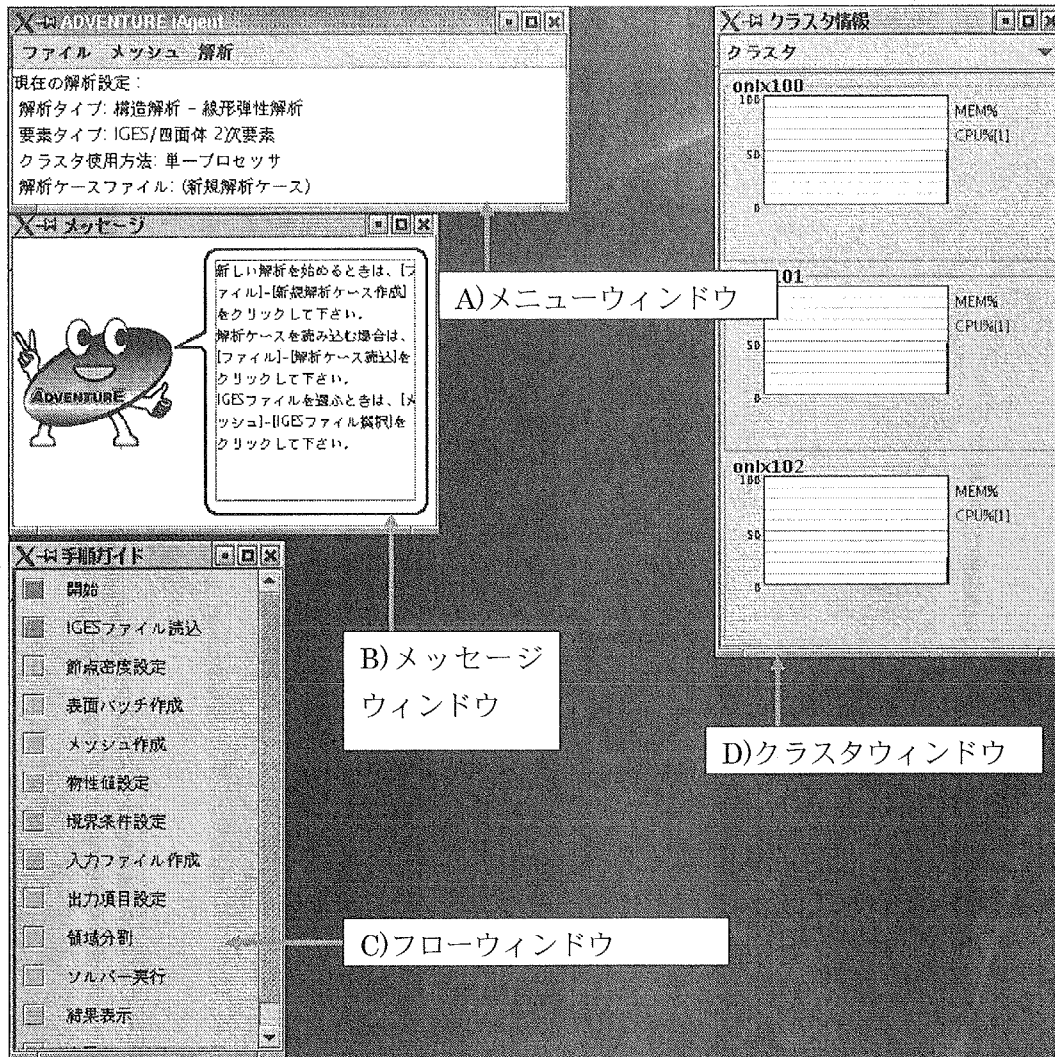


図 A-2-2 画面構成

A) メニューウィンドウ

解析に関するすべての操作を呼び出すためのメニューが用意されたウィンドウです。ウィンドウ内には現在の解析タイプが表示されています。

B) メッセージウィンドウ

具体的な操作方法や、現在の操作に関する情報など、iAgent からのアドバイスが表示されるウィンドウです。

C) フローウィンドウ

現在の操作プランを表示するウィンドウです。各項目のボタンをクリックするとその項目での操作の概要が B)メッセージウィンドウに表示されます。

D) クラスタウィンドウ

クラスタの各ホストの情報が表示されるウィンドウです。青がメモリの使用率、赤が CPU 利用率を示しています。

A.2.3 メッシュの作成

CAD モデルの選択

ADVENTURE では解析対象の形状はあらかじめ作成しておく必要があります。ADVENTURE の解析手順では、まず CAD のモデルファイルを読み込みところから開始します。

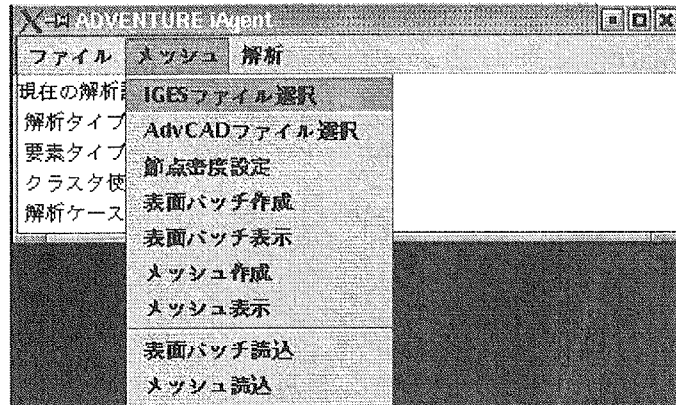


図 A-2-3 CAD モデル選択メニュー

メニューウィンドウの[メッシュ]→[IGES ファイル選択]を選ぶと (図 A-2-3)、ファイル選択ダイアログ (図 A-2-4) が表示されます。

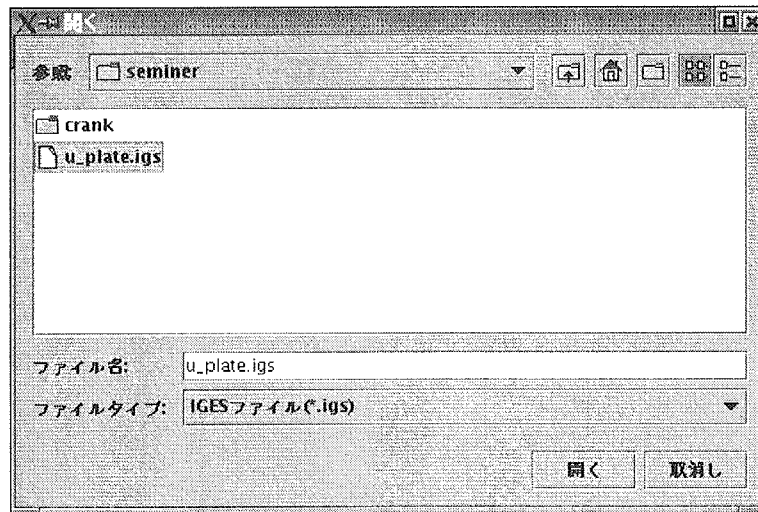


図 A-2-4 IGES ファイル選択ダイアログ

ここでは、本ガイドで扱うモデルとしてあらかじめ用意されている、u_plate.igs を使用します。これを選択して開きます。

節点密度の設定

次に節点密度の設定を行います。

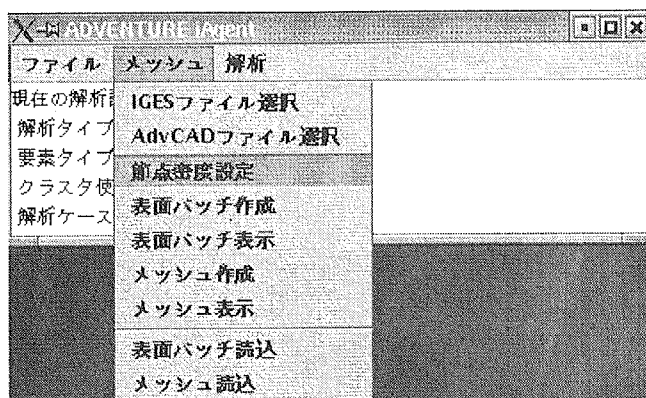


図 A-2-5 節点密度設定メニュー

メニューウィンドウの[メッシュ]→[節点密度設定]を選ぶと(図 A-2-5)、節点密度設定ウィンドウ(図 A-2-6)が表示されます。

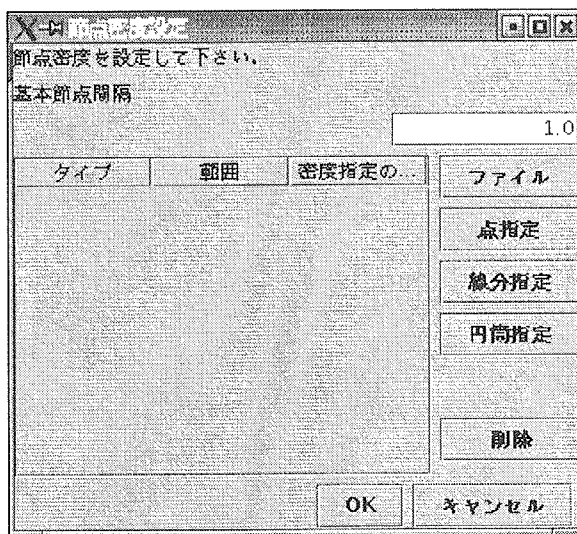


図 A-2-6 節点密度設定ウィンドウ

節点密度の設定方法は、点指定・線分指定・円筒指定の3種類があります。また、ADVENTURE標準の節点密度ファイル(*.ptn形式)を読み込むこともできます。

ここでは、扱っているモデル用にあらかじめ作成された節点密度ファイル(u_plate.ptn)を読み込みます。節点密度設定ウィンドウの[ファイル]ボタンをクリックすると、図 A-2-7のようなファイル選択ダイアログが表示されます。

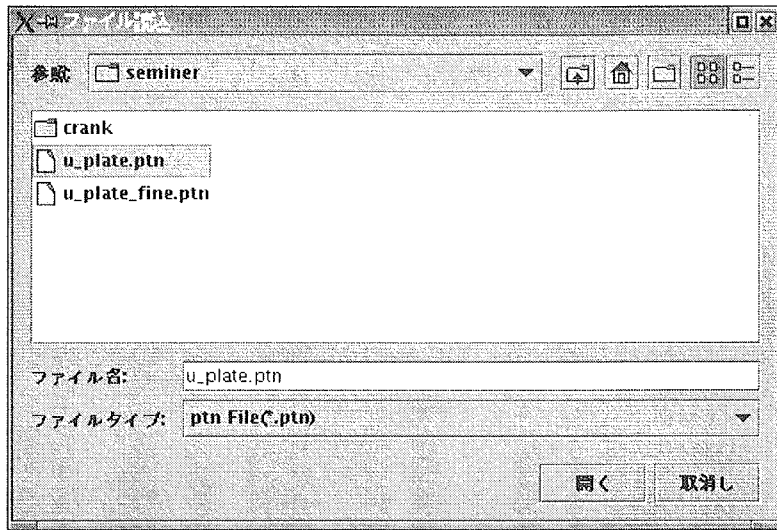


図 A-2-7 節点密度ファイル選択

u_plate.ptn を選択して開きます。

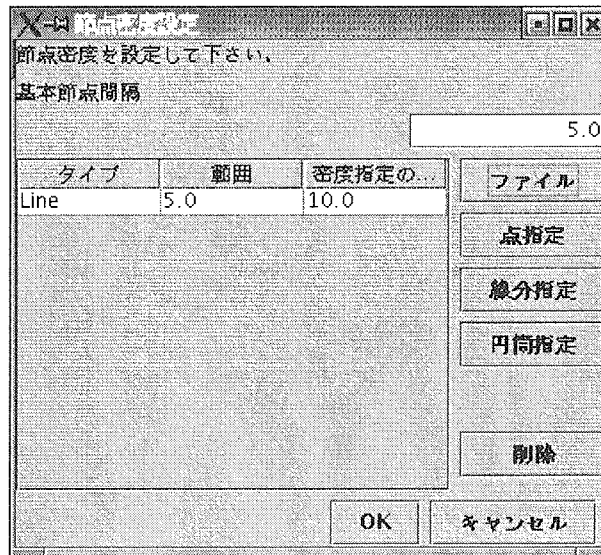


図 A-2-8 節点密度設定

ファイルに記述された設定内容が、節点密度設定ウィンドウに取り込まれます (図 A-2-8)。節点密度設定が終わったら、ウィンドウ下部の[OK]ボタンをクリックします。

表面パッチの作成

次に表面パッチの作成を行います。

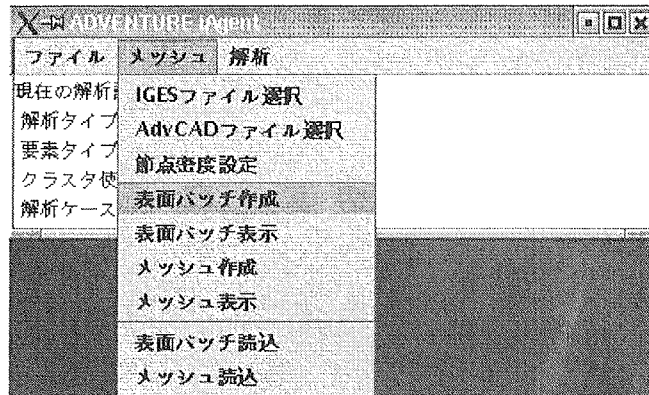


図 A-2-9 表面パッチ作成メニュー

メニューウィンドウの[メッシュ]→[表面パッチ作成]を選ぶと(図 A-2-9)、表面パッチ作成実行の確認ダイアログ(図 A-2-10)が表示されます。

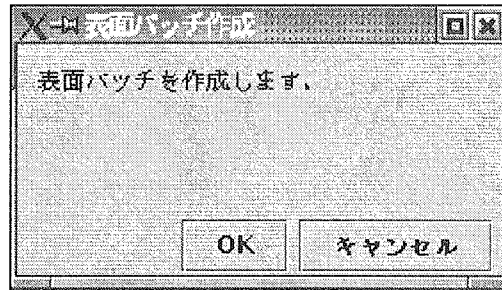


図 A-2-10 表面パッチ作成確認

[OK]ボタンをクリックすると、表面パッチ作成を開始します。節点密度の設定によっては時間のかかることもあります。

メッシュの作成

次にメッシュを作成します。

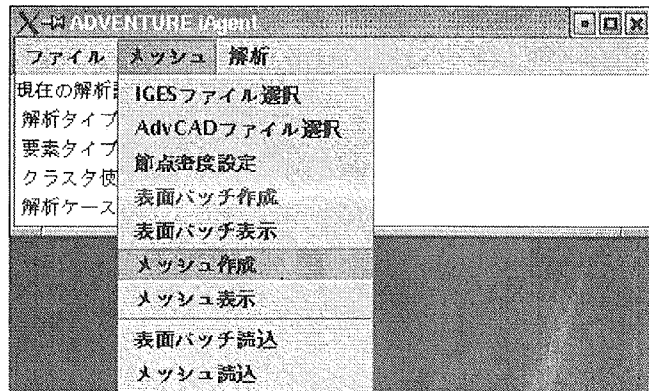


図 A-2-11 メッシュ作成メニュー

メニューウィンドウの[メッシュ]→[メッシュの作成]を選ぶと (図 A-2-11)、メッシュ作成実行の確認ダイアログ (図 A-2-12) が表示されます。

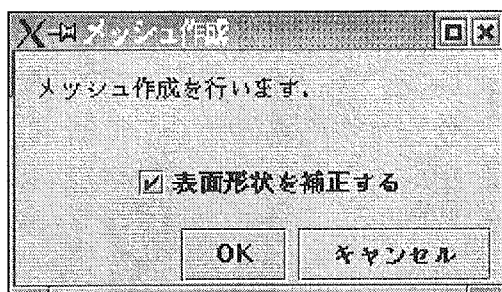


図 A-2-12 メッシュ作成確認

[OK]ボタンをクリックすると、メッシュの作成を開始します。これも、節点密度の設定によっては時間のかかることもあります。

以上で、メッシュの作成は完了です。続いて、物性値の設定と、境界条件の設定を行います。

A.2.4 解析条件の設定

物性値の設定

物性値の設定は[解析]→[物性値設定] →[構造解析]から行います (図 A-2-13)。

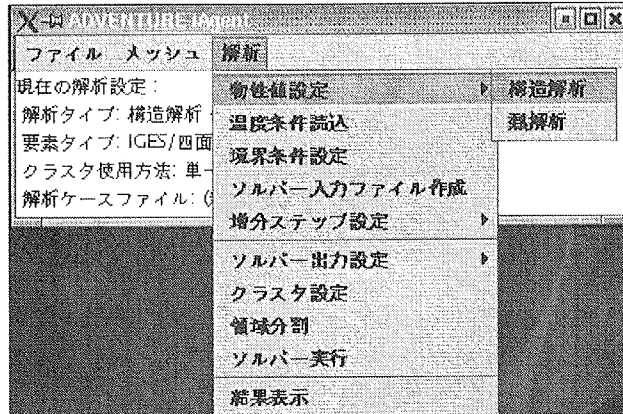


図 A-2-13 物性値設定メニュー

このメニューを選ぶと、物性値入力ウィンドウ (図 A-2-14) が表示されます。

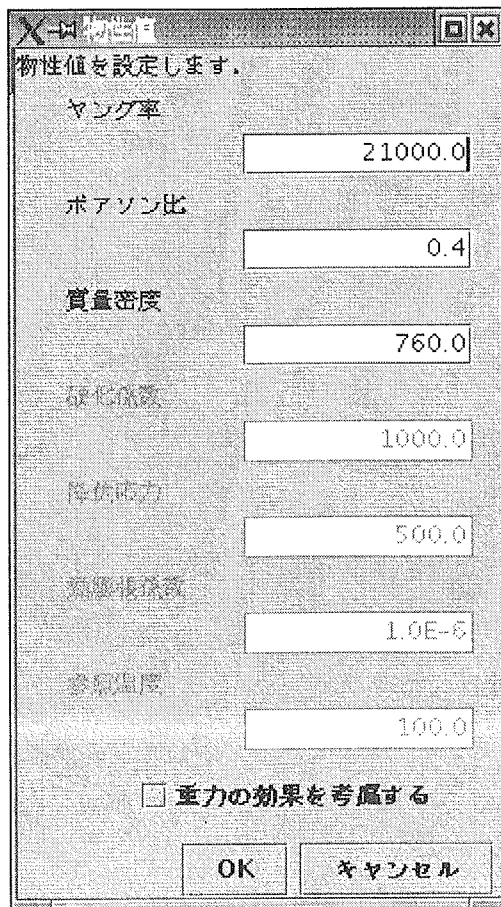


図 A-2-14 物性値設定ウィンドウ

灰色になっている項目は、現在の解析タイプでは設定不要な値です。ここで取り扱っているのは線形弾性解析なので、ヤング率、ポアソン比を設定します。質量密度は今回の解析では使いません。この値は重力を考慮した解析を行うときのみ有効です。重力の影響を考慮した解析を行いたい場合は、一番下の[重力の効果を考慮する]にチェックをつけます。

境界条件の設定

次に境界条件の設定を行います。境界条件の設定は、ADVENTURE BCtool を呼び出して行い、iAgent は操作手順のガイドをします。

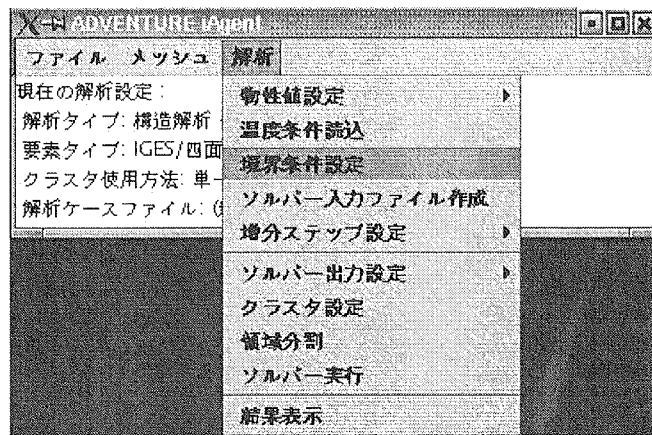


図 A-2-15 境界条件設定メニュー

まず、[解析]→[境界条件設定]を選ぶ(図 A-2-15)と、境界条件設定ウィンドウ(図 A-2-16)が表示されます。

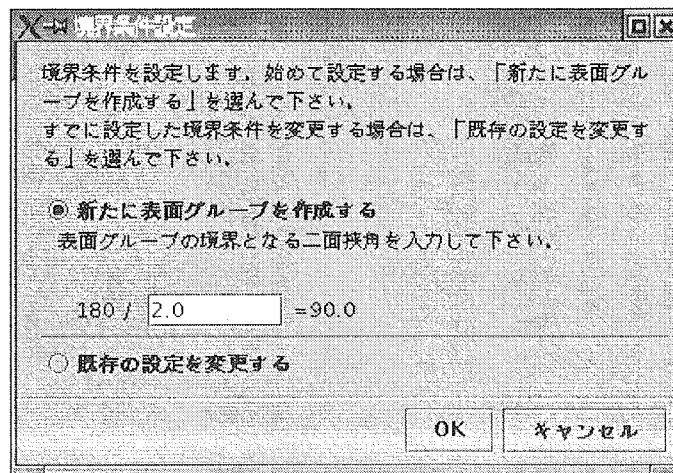
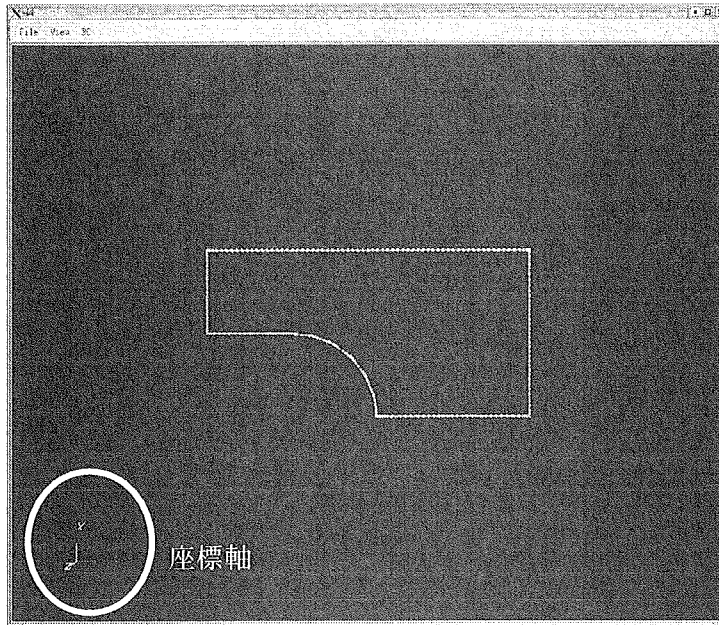


図 A-2-16 境界条件設定開始

ADVENTURE BCtool はモデルを 3次元表示し、GUI 操作により境界条件を設定できるプログラムです。

BCtool では、メッシュ表面をいくつかの表面グループに分け、グループ単位で境界条件

を貼り付けます。グループの分割の指定は、このウィンドウで、二面挟角の指定により行います。ここでは標準のまま行いますので、そのまま[OK]ボタンをクリックすると、自動的にグループ分割が行われ、bcGUI が起動します。モデル形状を 3D 表示したウィンドウが表示されます。左下には座標軸が表示されます。



このとき、フローウィンドウの表示内容が、自動的に BCTool による境界条件設定手順の表示に切り替わります。こちらを参考にしながら操作を進めることができます。

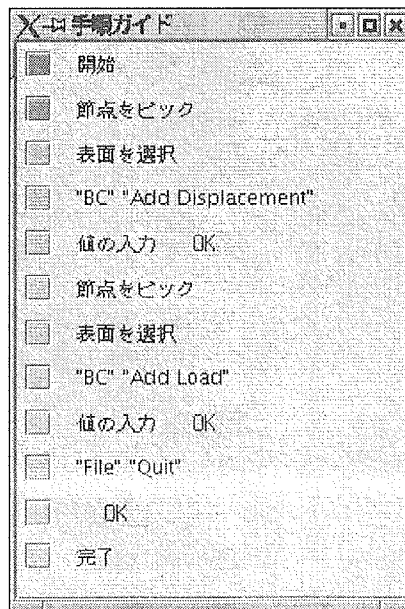


図 A-2-17 境界条件設定手順ガイド

ここで、bcGUI での 3D 画面の操作方法を説明しておきます。

平行移動：

モデルを平行移動するには、マウスの左ボタンを押しながらマウスを動かします。

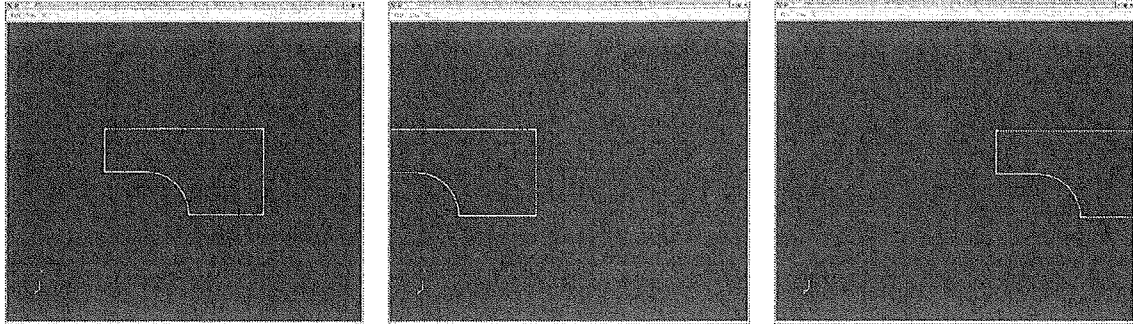


図 A-2-18 平行移動操作

回転：

モデルを回転するには、マウスの中ボタンを押しながらマウスを動かします。

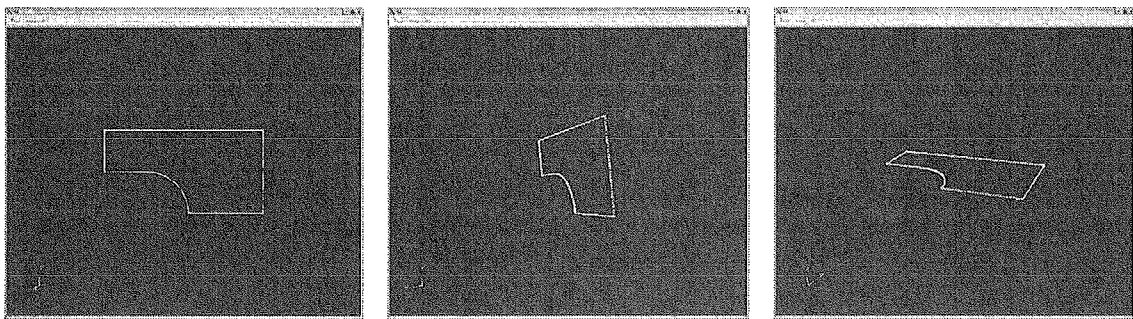


図 A-2-19 回転操作

ズーム：

モデルをズームイン、ズームアウトするには、マウスの右ボタンを押しながらマウスを動かします。

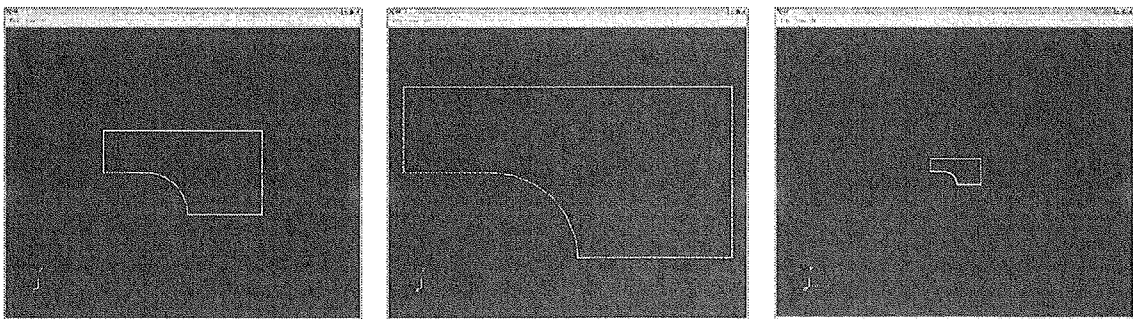


図 A-2-20 ズーム操作

節点の選択：

節点を選ぶには、マウスカーソルを選択したい節点におき、[Shift]キーをおしながらマウスをクリックします。選んだ節点が黄色に変わります（図 A-2-21）。

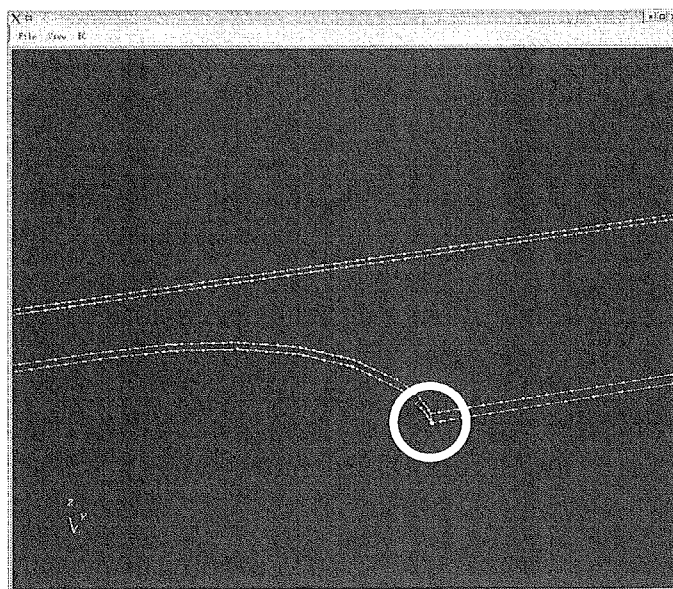


図 A-2-21 節点選択

面の選択：

面を選ぶには、まず面上の節点を選択します。続いてマウスの右クリックをすると、その節点を含む面が選択されます。複数の面に含まれる節点は、右クリックを繰り返すと、順番に選択される面が切り替わります。

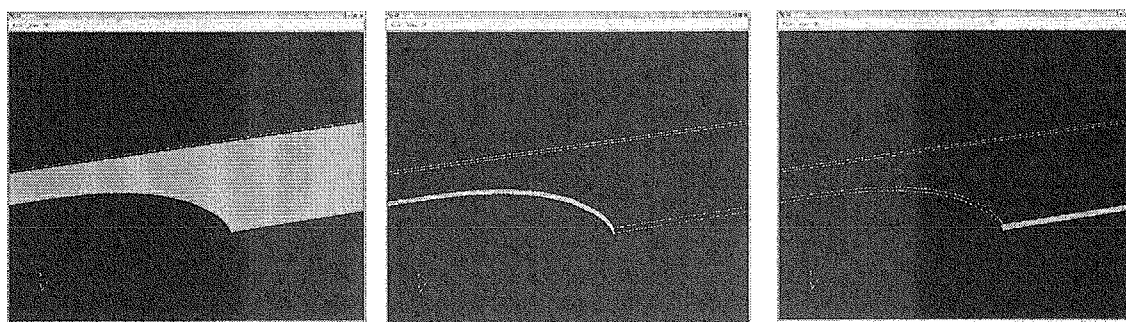


図 A-2-22 面の選択

以上のような操作方法に従って、モデルの表示を操作しながら境界条件の設定をします。

変位条件の設定：

境界条件を設定したい節点、面を選択した後、bcGUI ウィンドウのメニューから[BC]→[Add Displacement]を選択します（図 A-2-23）。

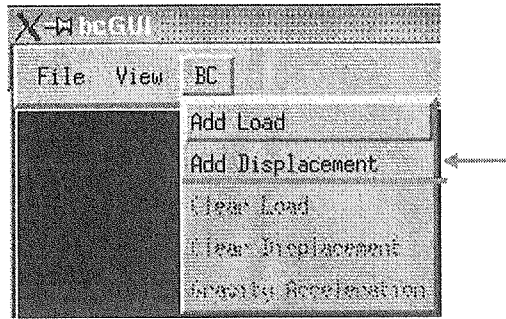


図 A-2-23 変位条件設定メニュー

変位条件設定ウィンドウ（図 A-2-24）が表示されます。入力したい軸のチェックをオンにして、値を入力します。入力が完了したら[OK]ボタンをクリックします。

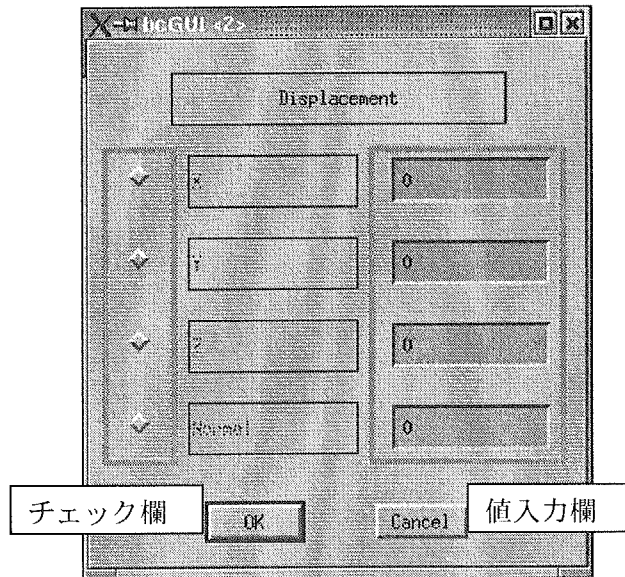


図 A-2-24 変位条件設定ウィンドウ

荷重条件の設定：

境界条件を設定したい節点、面を選択した後、bcGUI ウィンドウのメニューから[BC]→[Add Load]を選択します（図 A-2-25）。

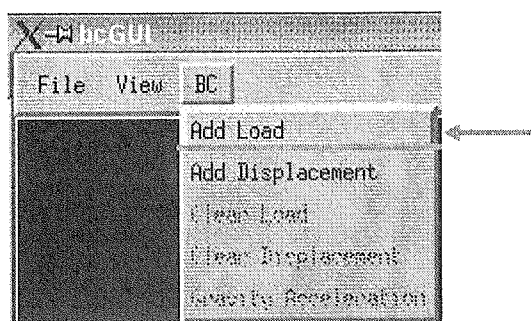


図 A-2-25 荷重条件設定メニュー

荷重条件設定ウィンドウ（図 A-2-26）が表示されます。入力したい軸のチェックをオンにして、値を入力します。入力が完了したら[OK]ボタンをクリックします。

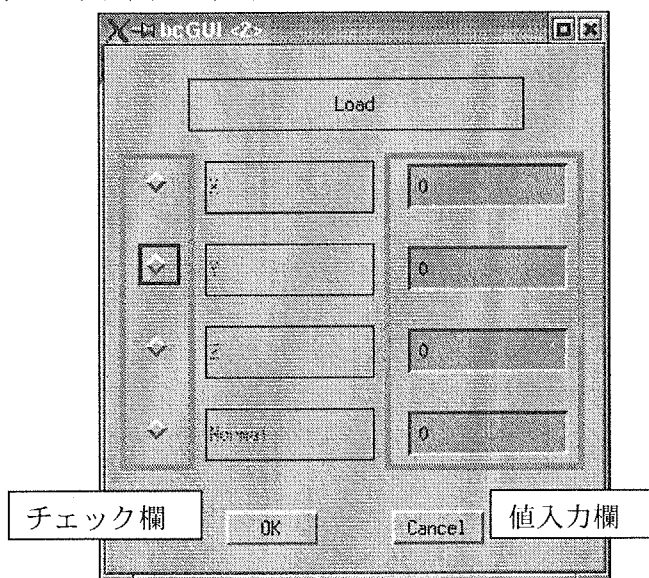


図 A-2-26 荷重条件設定ウィンドウ

境界条件の設定がすべて完了したら、bcGUI ウィンドウのメニューから[File]→[Quit]を選択して（図 A-2-27）、bcGUIを終了します。

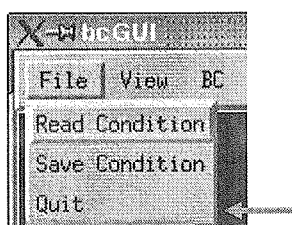


図 A-2-27 bcGUI 終了メニュー

ソルバー入力ファイル作成

つづいて、ここまでで設定した物性値、境界条件のインプットファイルを作成します。メニューウィンドウの[解析]→[ソルバー入力ファイル作成]を選択します（図 A-2-28）。

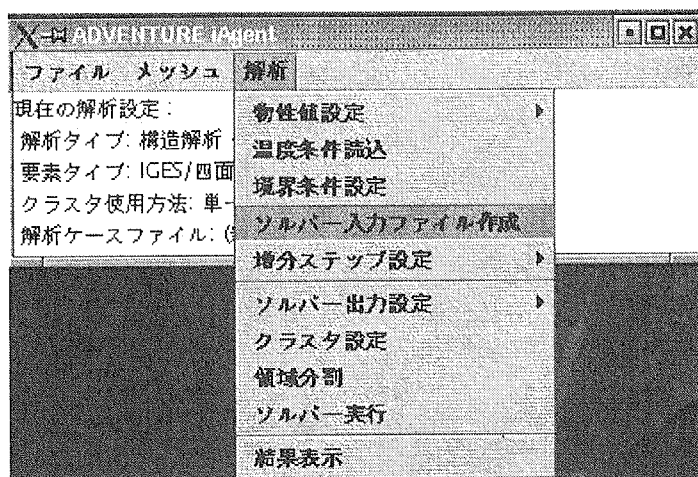


図 A-2-28 ソルバー入力ファイル作成メニュー

以下のような、確認ダイアログ（図 A-2-29）が表示されますので、[OK]ボタンをクリックしてください。

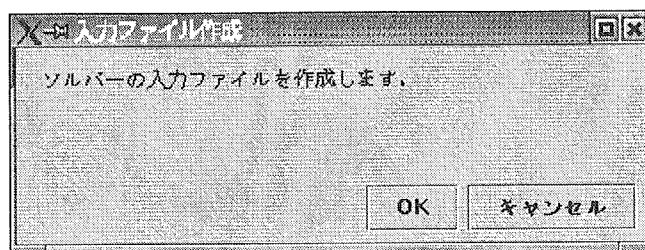


図 A-2-29 入力ファイル作成確認

以上で、物性値と境界条件の貼り付けが完了します。

ソルバー出力設定

次に解析の出力項目を選択します。メニューウィンドウの[解析]→[ソルバー出力設定]→[構造解析]を選択してください（図 A-2-30）。

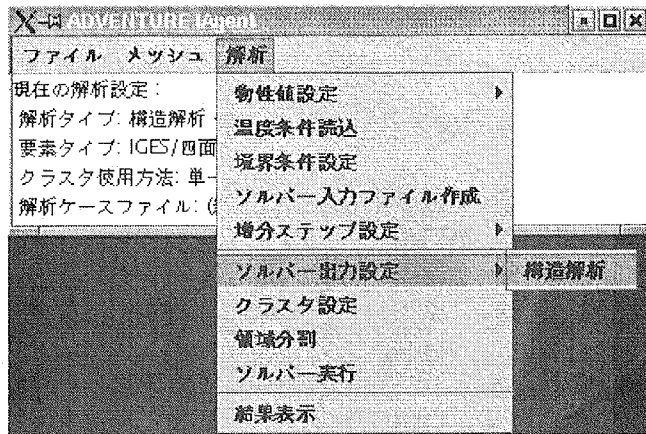


図 A-2-30 ソルバー出力設定メニュー

図 A-2-31 のような、出力項目一覧ウィンドウが表示されます。

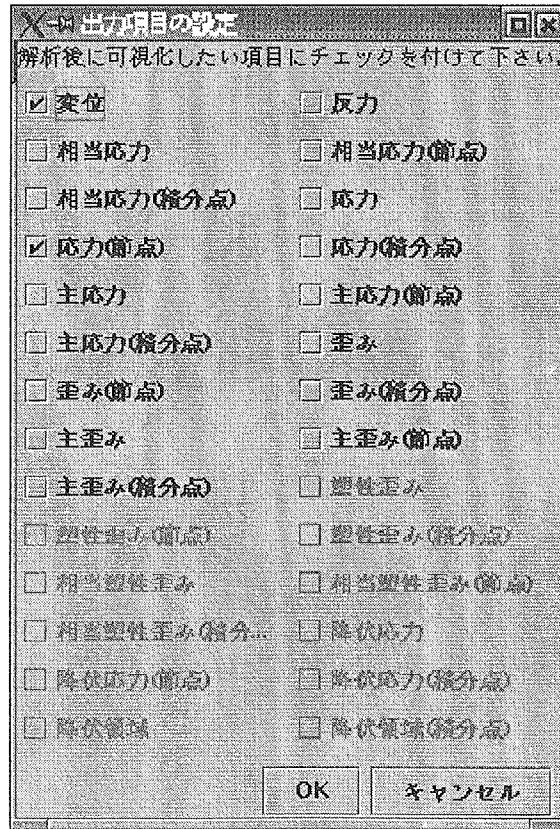


図 A-2-31 ソルバー出力設定ウィンドウ

黒で表示され、選択可能な項目が現在の解析タイプで出力可能な項目になります。出力を行いたい項目にチェックをつけ、[OK]ボタンをクリックします。ここでは「変位」と「応力 (節点)」を選びます。

A.2.5 解析実行

領域分割

領域分割は、ADVENTUREによる応力解析では必須の作業です。メニューウィンドウの[解析]→[領域分割]を選択してください（図 A-2-32）。

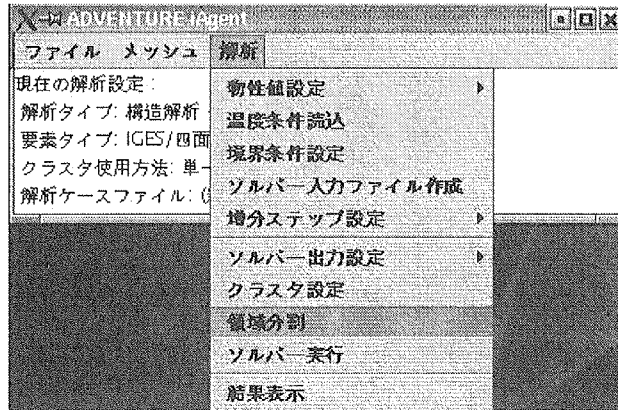


図 A-2-32 領域分割メニュー

図 A-2-33 のような、領域分割設定ウィンドウが表示されます。

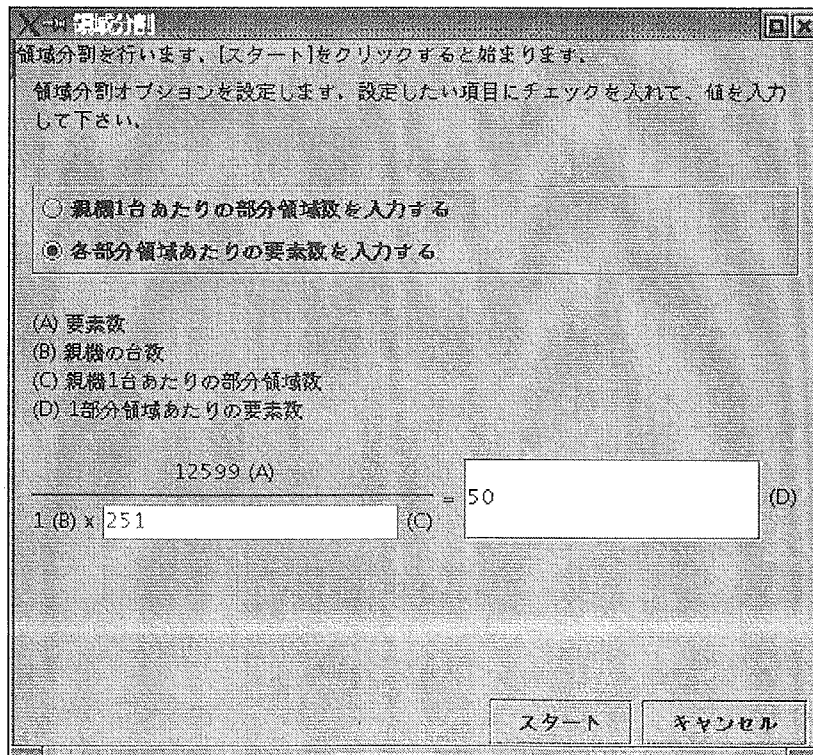


図 A-2-33 領域分割設定

ここでは、メッシュの要素数、クラスタの設定を元に、1つのサブドメイン（1 CPU が

担当する最小領域)の大きさを

- ・ サブドメイン数 (“親機 1 台あたりの部分領域数を入力する”を選択)
- ・ 1つのサブドメインに含まれる要素数 (“各部分領域辺りの要素数を入力する”を選択)

の2種類の方法で指定することができます。

ここでは使用できる CPU は 1 台の環境を想定しているので、“親機 1 台あたりの部分領域数を入力する”を選択し、(C) 欄に 1 を入力します。

領域分割設定が完了したら、[スタート]ボタンをクリックすると領域分割が始まります。

ソルバーの実行

ここまでの操作で、準備が完了しましたのでソルバーによる計算を開始します。メニューウィンドウの[解析]→[ソルバー実行]を選択してください (図 A-2-34)。

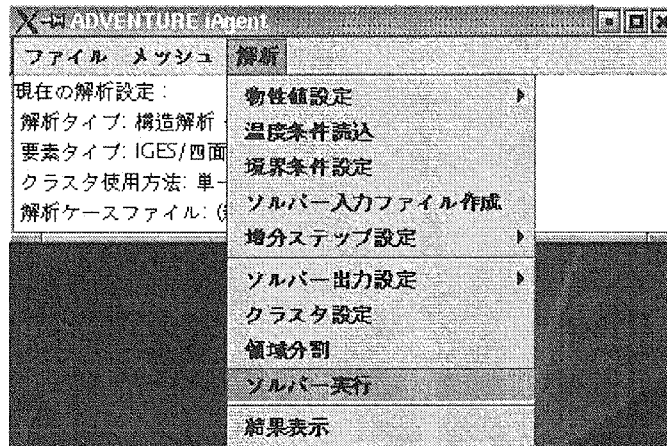


図 A-2-34 ソルバー実行メニュー

図 A-2-35 のようなウィンドウが表示されます。

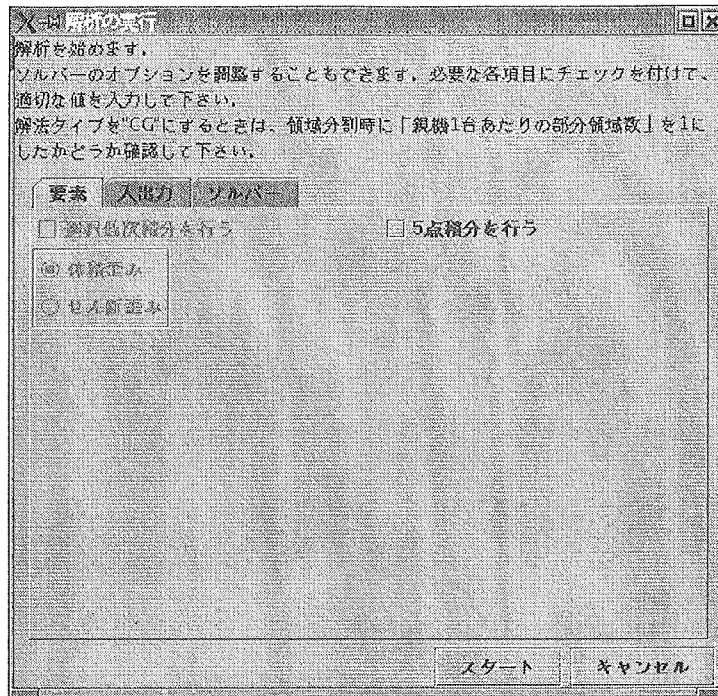


図 A-2-35 ソルバーオプション設定

このウィンドウではソルバーに用意されているさまざまなオプションを指定することができます。今回の解析ではソルバーの選択を変更しますので、[ソルバー]タブをクリックしてください。

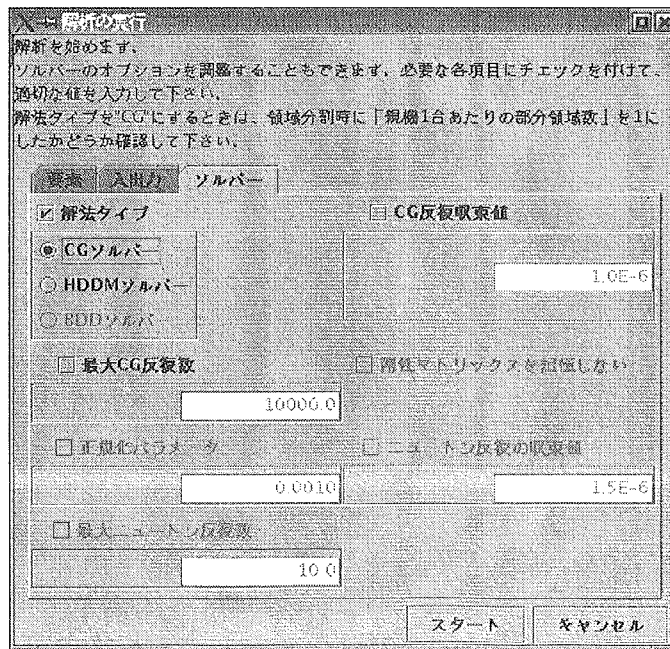


図 A-2-36 ソルバー選択

図 A-2-36 のような画面が表示されます。今回の解析は 1 台の CPU で行うので、省メモリで高速な CG ソルバーを選択してください。

そして[スタート]ボタンをクリックすると計算が開始されます。計算中は図 A-2-37 のような実行状況を表示するウィンドウが表示されます。

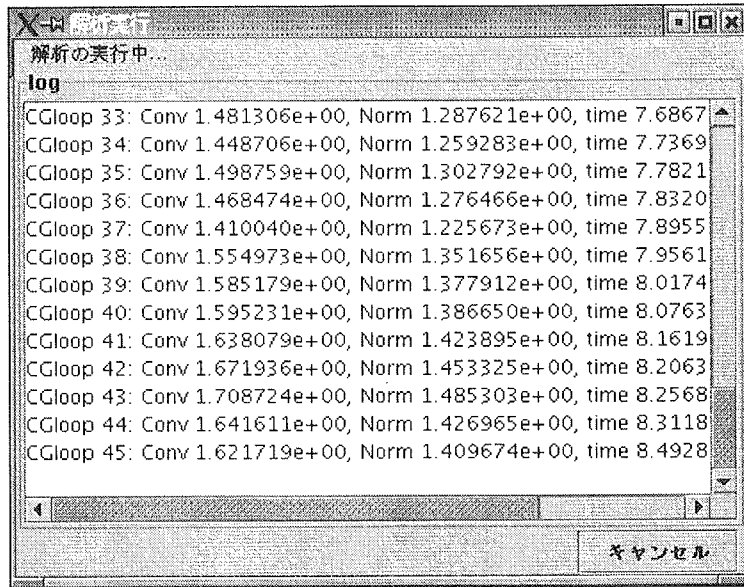


図 A-2-37 解析実行中画面

計算が終了すると、このウィンドウは自動で消えますので、消えたら解析計算が終了しています。

A.2.6 解析結果の可視化

解析結果の表示は ADVENTURE Visual を使用して行います。ADVENTURE Visual は iAgent と連動しています。メニューウィンドウから[解析]→[結果表示]を選択します (図 A-2-38)。

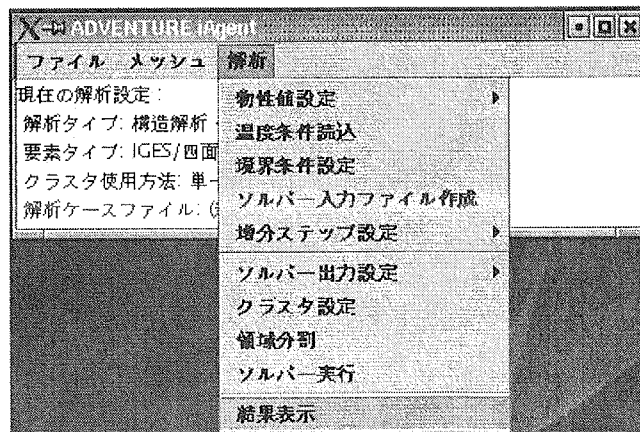


図 A-2-38 結果表示メニュー

図 A-2-39 のような確認ウィンドウが表示されます。

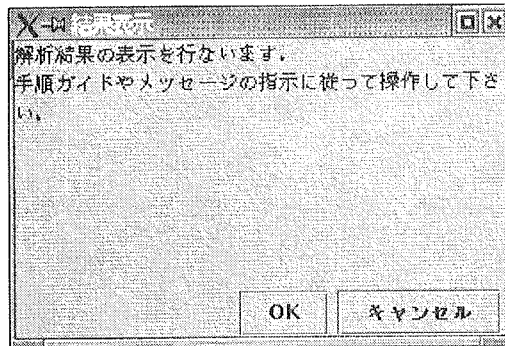


図 A-2-39 結果表示開始確認

[OK]ボタンをクリックすると、ADVENTURE Visual が起動し、advvis ウィンドウが表示されます (図 A-2-40)。

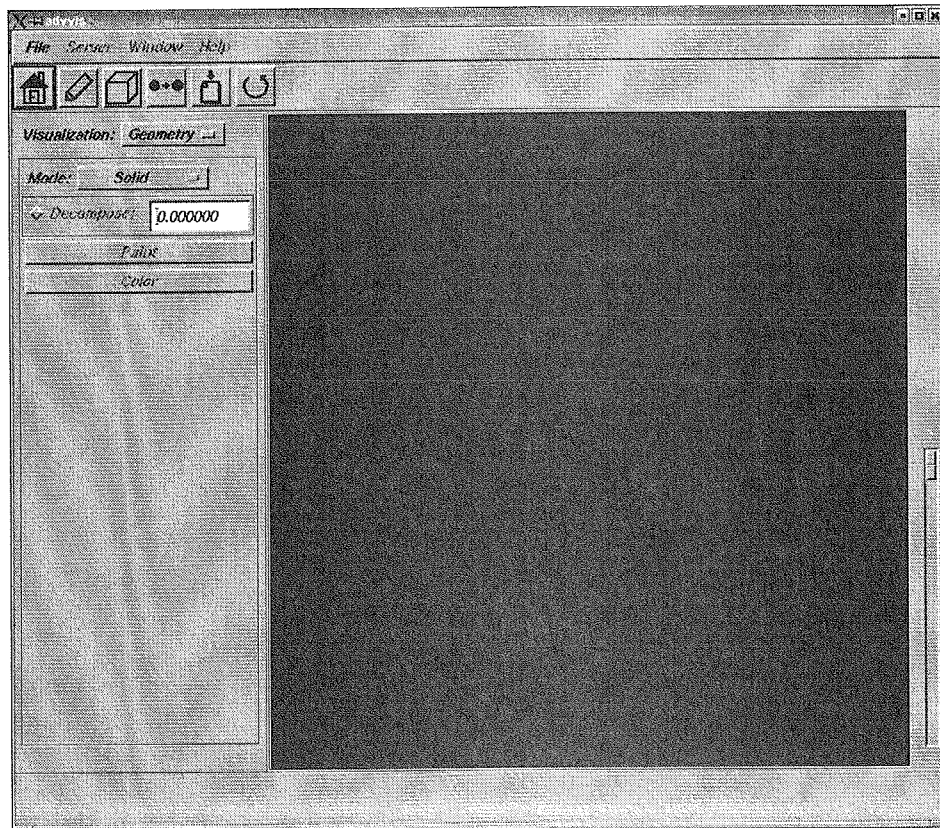


図 A-2-40 advvis ウィンドウ

また、このとき、フローウィンドウの表示が自動的に advvis の操作手順へと変わります (図 A-2-41)。こちらも参考にしながら操作を進めることができます。

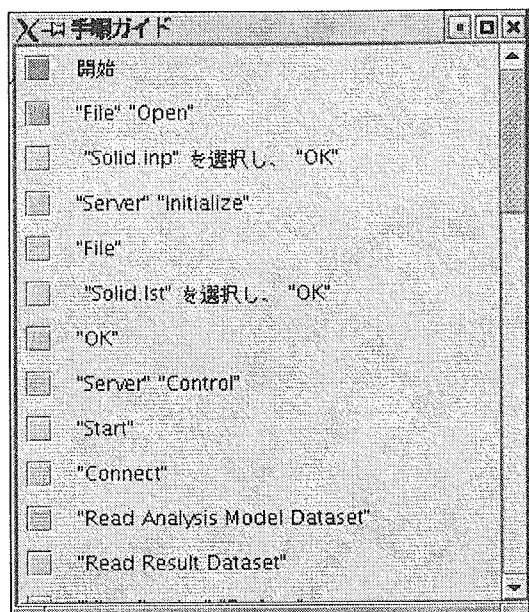


図 A-2-41 結果表示手順ガイド

表示の準備

Adv Visual はクライアント・サーバー型の可視化システムです。そのため、サーバーの起動操作を最初に行います。

まず、advvis ウィンドウの[File]→[Open]を選択して、入力定義ファイルを読み込みます。

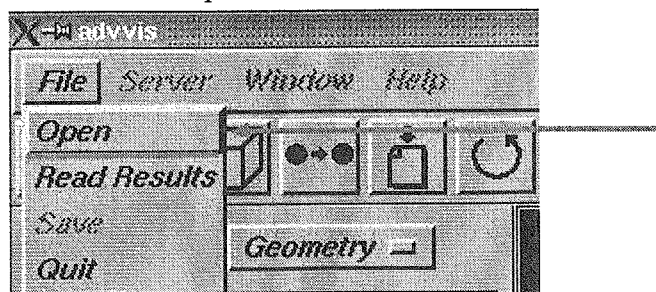


図 A-2-42 入力定義ファイルオープンメニュー

以下のようなウィンドウが表示されます。入力定義ファイルはこれまでの操作で作成されています。"Solid.inp"というファイルがあり、これが入力定義ファイルですので、これを選択して[OK]ボタンをクリックします。

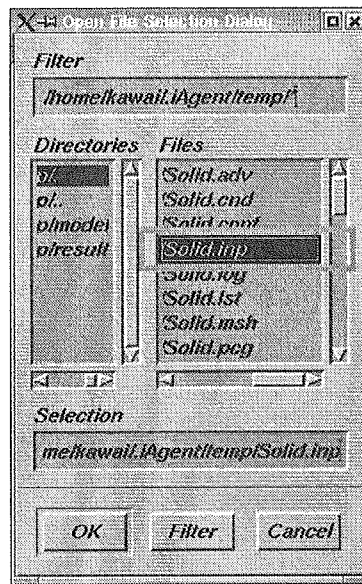


図 A-2-43 入力定義ファイル選択

続いてにサーバーの設定を行います。Advvis ウィンドウの[Server]→[Initialize]を選択します (図 A-2-44)。

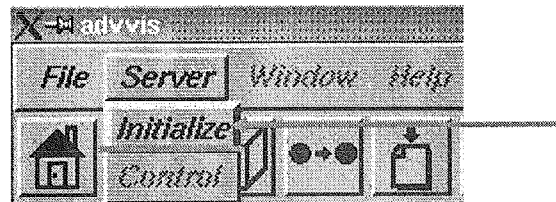


図 A-2-44 サーバー設定メニュー

図 A-2-45 のようなウィンドウ (サーバー設定ウィンドウ) が表示されます。ここではサーバーを起動するマシンを入力します。すでにこれまでの操作で iAgent がサーバーリストを用意しているので、それを読み込みます。ウィンドウ内右の[File]ボタンをクリックします。

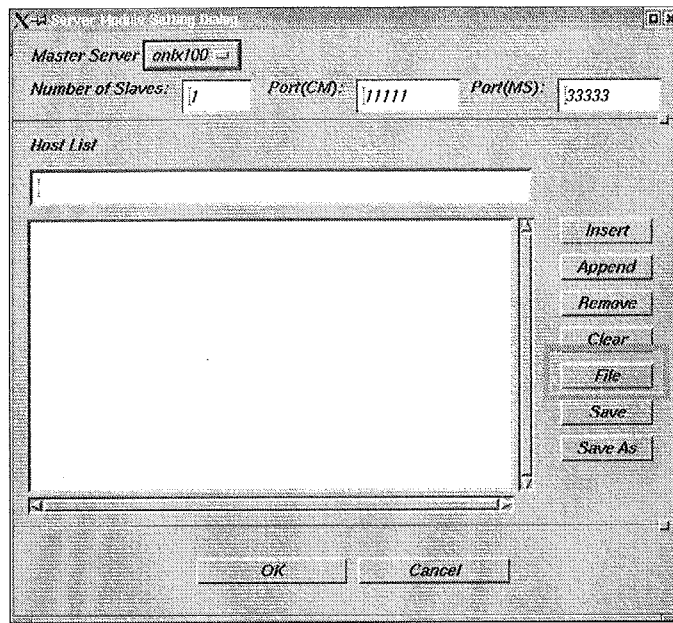


図 A-2-45 サーバー設定ウィンドウ

すると、図 A-2-46 のようなサーバーリスト選択ダイアログが表示されますので、ここでは”Solid.lst”ファイルを選択して[OK]ボタンをクリックします。

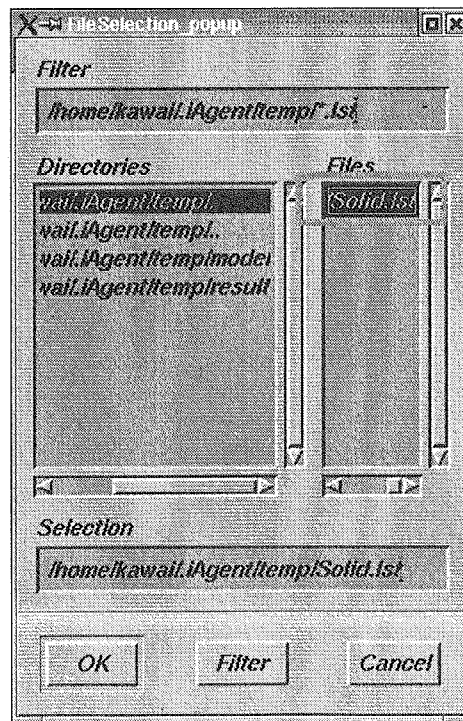


図 A-2-46 サーバーリスト選択

こうするとサーバー設定ウィンドウ中央の”Host list”に、計算に使用していたマシンのホスト名が表示されますので、確認してください。そして、[OK]ボタンをクリックし、サー

バーの設定は終了です。

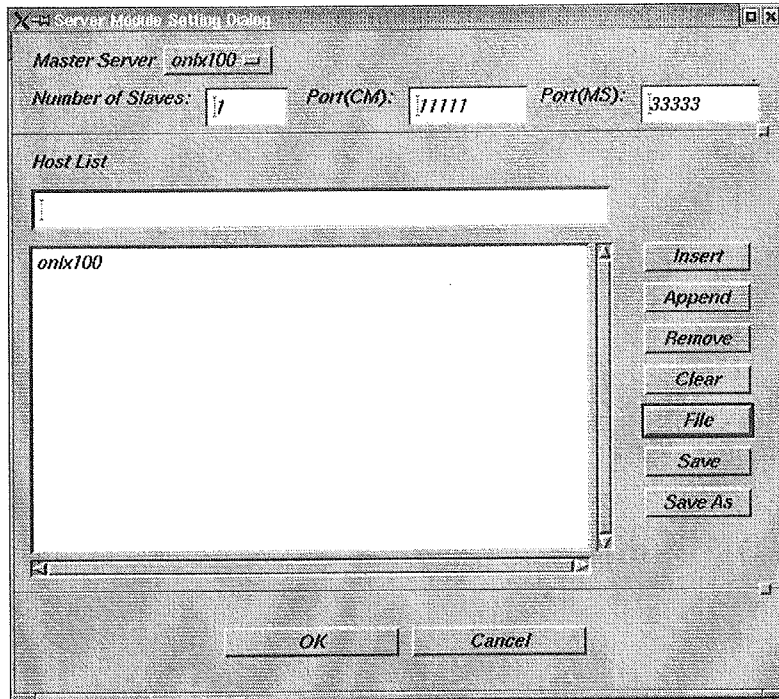


図 A-2-47 サーバー設定

つづいて、サーバーを起動します。advvis ウィンドウの[Server]→[Control]を選択してください (図 A-2-48)。

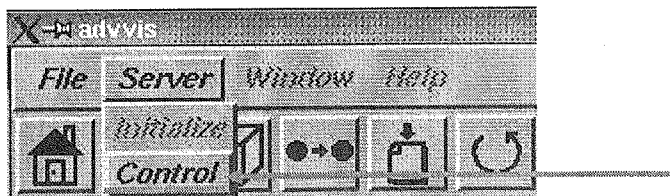


図 A-2-48 サーバー起動メニュー

図 A-2-49 のようなサーバーコントロールウィンドウが表示されます。

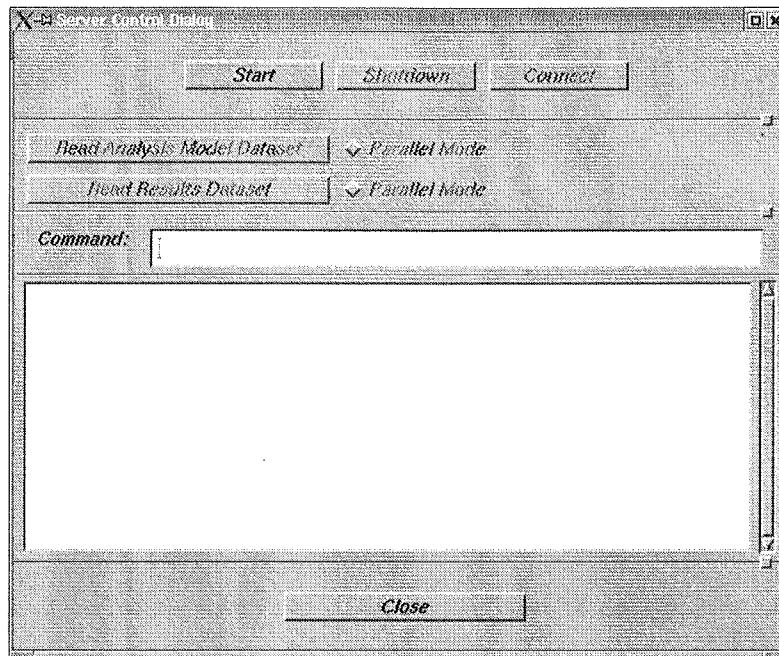


図 A-2-49 サーバーコントロールウィンドウ

[Start]ボタンをクリックしてサーバーを起動します。正常に起動されれば、下のログ表示部分に図 A-2-50 のように表示されます。

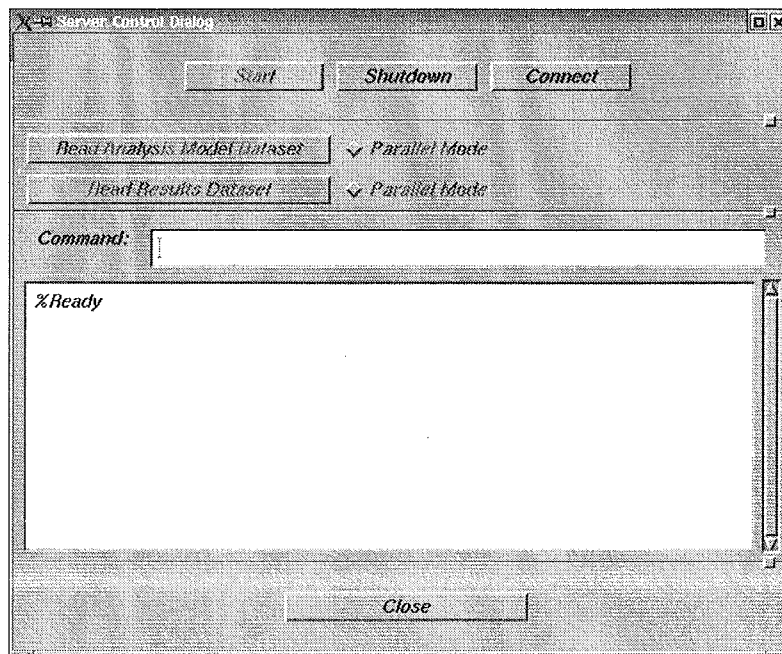


図 A-2-50 サーバー起動

次に、[Connect]ボタンをクリックして、サーバーに接続します。ログ表示に図 A-2-51 のように表示されれば、正常に接続が完了しています。

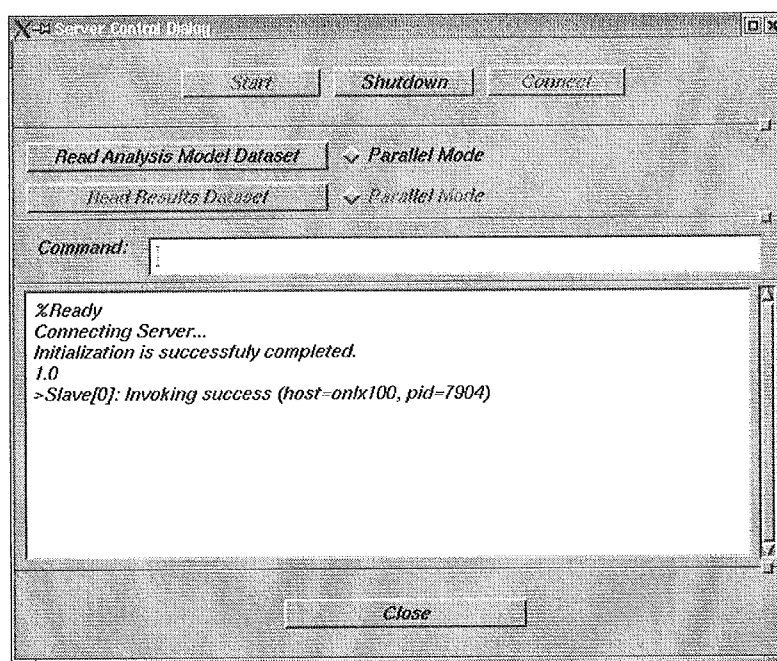


図 A-2-51 サーバー接続

表示モデルの読み込み

まず、形状モデルを読み込みます。サーバーコントロールウィンドウで、[Read Analysis Model Dataset]ボタンをクリックします（図 A-2-52）。

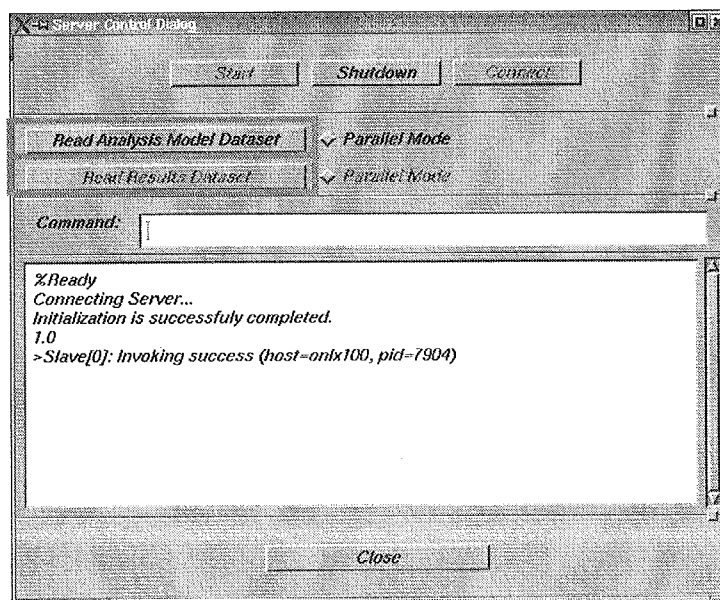


図 A-2-52 モデル読み込み

つぎに[Read Result Dataset]ボタンをクリックして（図 A-2-52）、解析結果を読み込みます。読み込みが完了すると、advvis ウィンドウにモデルが表示され、Visualization Data

Setting Panel ウィンドウが出てきます (図 A-2-53)。

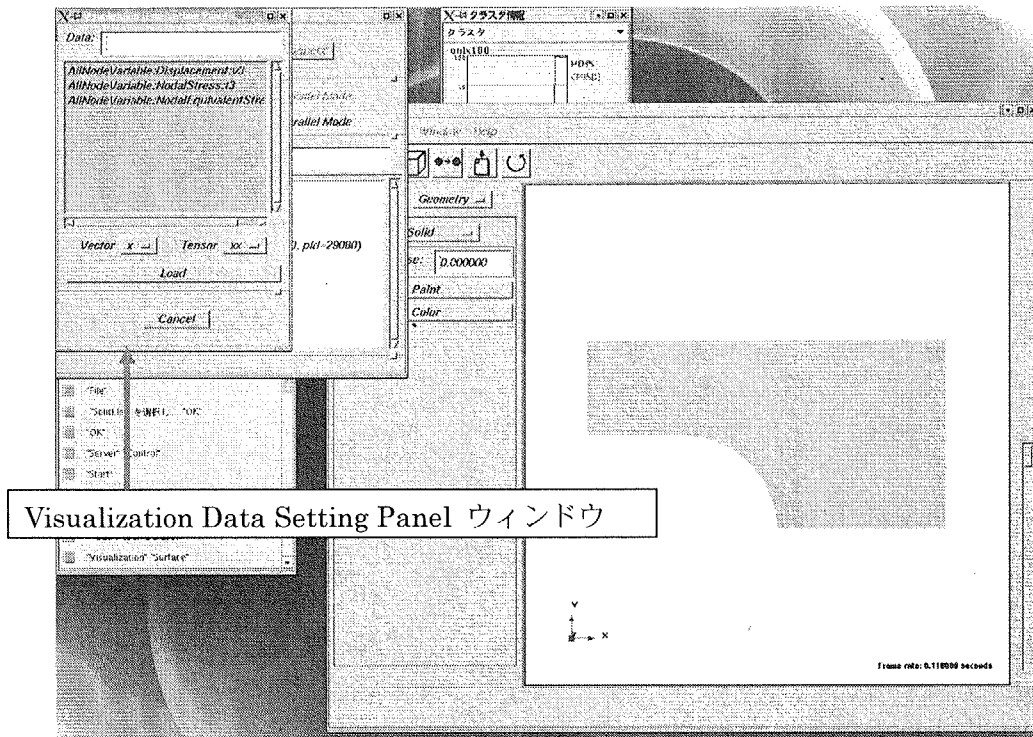


図 A-2-53 モデル読み込み完了

モデル表示ウィンドウでは、先に説明しました境界条件設定時の bcGUI と同様の操作で、回転、平行移動、ズーム操作を行うことができます。

解析結果表示

まずは変位を表示してみます。変位を表示するにはまず、表示モードを変更する必要があります。advvis ウィンドウの左側の [Visualization] ボックスをクリックし、表示を "Surface" に変更します。

次に、Visualization Data Setting Panel ウィンドウで、"All Node Variable:Displacement:v3" を選択し、下の [Vector] ボックスの表示を "v" に変更して、[Load] ボタンをクリックしてください。これで変位量がベクトルとして読み込まれます。

次に advvis ウィンドウ左側の [Deformation] にチェックを入れ、横のボックスに変位倍率を入力して [Enter] キーを押すと変形図が表示されます (図 A-2-54・図 A-2-55)。

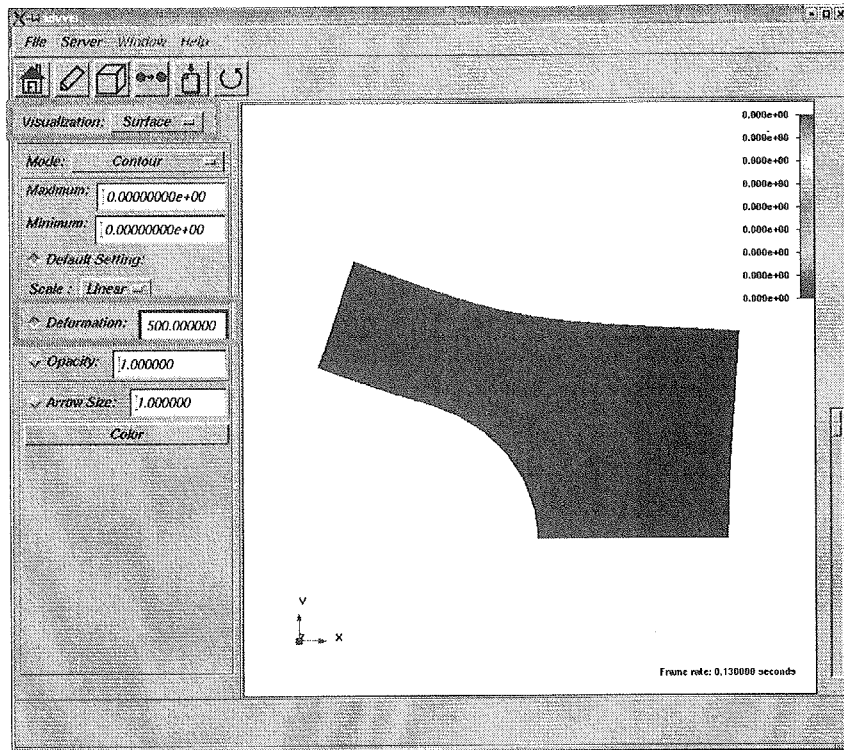


図 A-2-54 変位表示

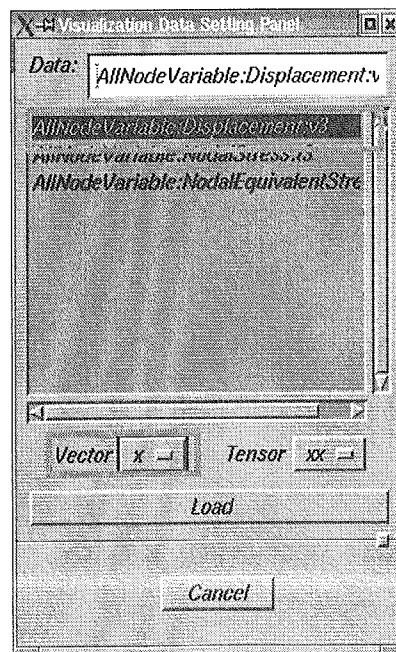


図 A-2-55 変位データセット

また、x,y,zの各軸方向の変位はカラーコンターで表示することができます。Visualization Data Setting Panel ウィンドウの[Vector]ボックスで表示させたい軸を選んで、[Load]ボタ

をクリックします (図 A-2-56)。

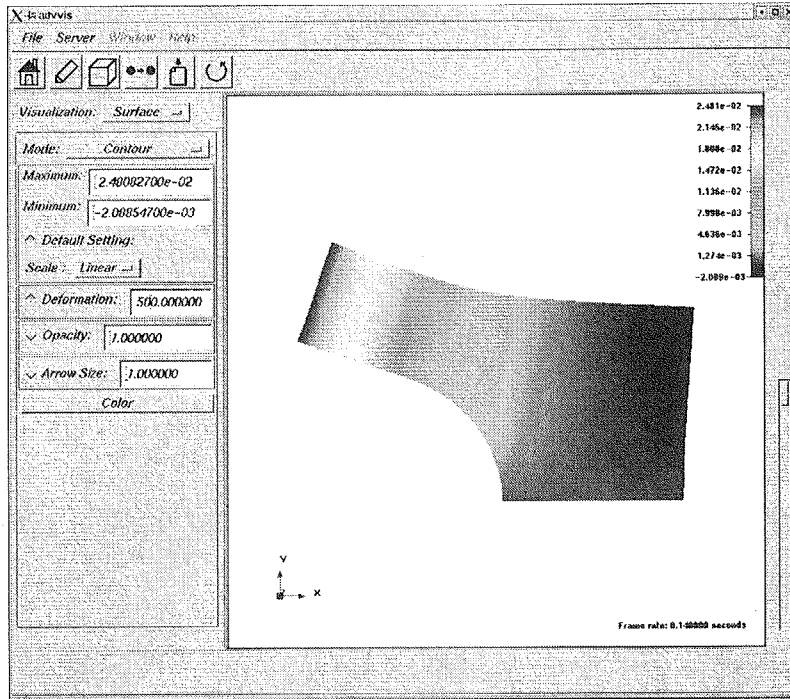


図 A-2-56 y 軸方向変位コンター

続いて、応力を表示してみます。

Visualization Data Setting panel ウィンドウで、"All Node Variable:NodalStress:t3"を選択肢、[Tensor]ボックスをクリックして表示させたい応力軸を選択し、[Load]ボタンをクリックします。応力分布がカラーコンターで表示されます (図 A-2-57・図 A-2-58)。

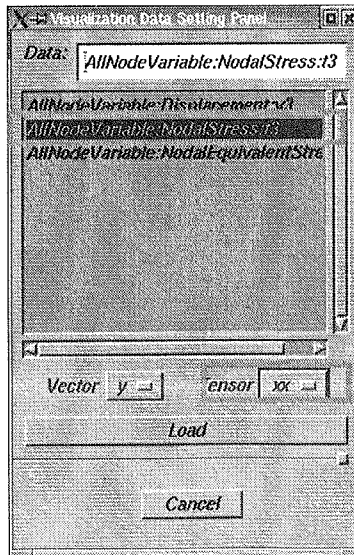


図 A-2-57 応力データセット

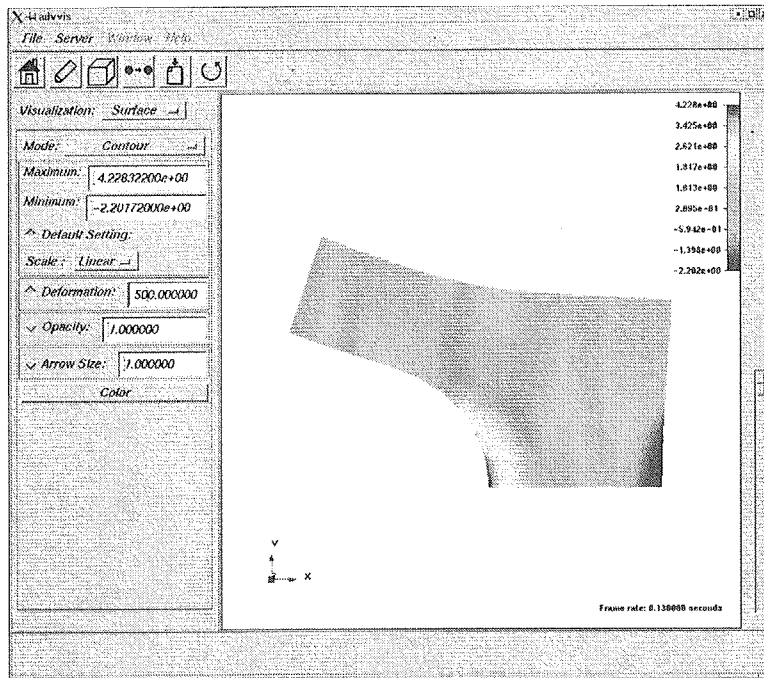


図 A-2-58 応力コンター

可視化ツールの終了

advvis を終了するときは、まず advvis ウィンドウの[Server]→[Control]から、サーバー接続ウィンドウを表示させ、[Shutdown]ボタンをクリックして、サーバーを終了させます (図 A-2-59)。その後で、[File]→[Quit]で advvis を終了します (図 A-2-60)。

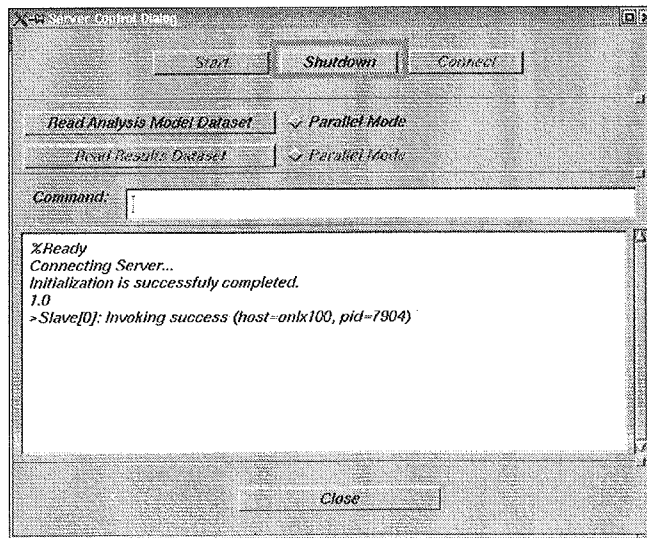


図 A-2-59 サーバー停止

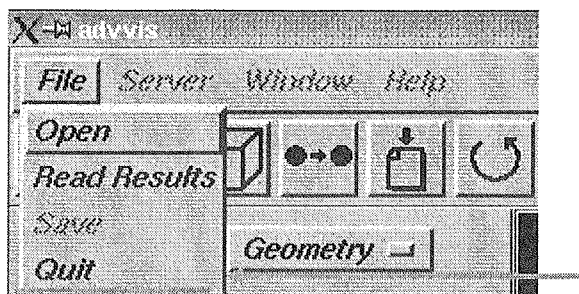


図 A-2-60 advvis 終了メニュー

A.2.7 iAgent の終了

ここまでで、iAgent を利用した ADVENTURE による解析計算の基本的な手順は終了です。最後に iAgent を終了します。このとき、ここで行った操作で出力されたファイルや、iAgent の操作履歴を保存することができます。この一通りの手順における、設定と操作履歴、ファイル群をセットで iAgent では“解析ケース”と呼んでいます。

メニューウィンドウから[ファイル]→[解析ケース保存]を選択してください (図 A-2-61)。

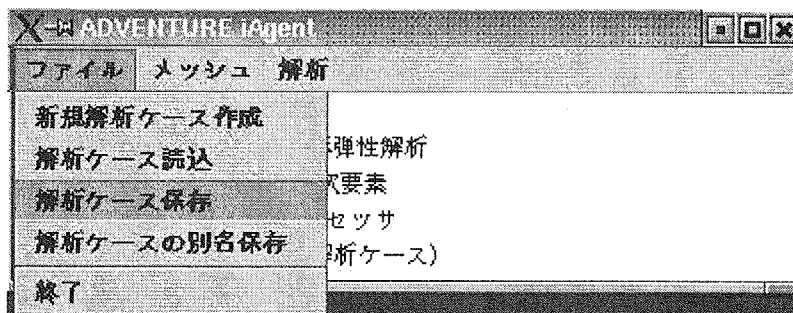


図 A-2-61 解析ケース保存メニュー

保存ファイルウィンドウが表示されます (図 A-2-62) ので、ファイル名を入力して[OK] ボタンをクリックしてください。



図 A-2-62 解析ケース保存名称指定

解析ケースは、iAgent の操作履歴当のケースファイルが"*iag"ファイルに、また操作の過程で作成された、各モジュールの実行に必要なファイル群は、"*files"というディレクトリが作成されその下に保存されます。

最後に、iAgent を終了するにはメニューウィンドウの[ファイル]→[終了]を選択してください。

A.3 詳細な使用方法

A.3.1 モデル形状の作成について

ADVENTURE に入力できるモデル形状ファイルの形式は IGES ファイル(拡張子.igs)です。ADVENTURE データフォーマットドキュメントでは IGES 仕様書 Ver5.3 に準拠とされています。モデル形状作成のプロセスは iAgent ではサポートされておりません。事前に CAD ソフトウェアでモデル形状ファイルを作成してから、iAgent による解析作業を開始してください。なお、IGES ファイルに対応する CAD ソフトウェアの例として以下のものがあります。これは ADVENTURE で想定している CAD ソフトです。

- ・ I-DEAS MasterSeries 8
- ・ MicroCADAM V4R2

詳しい仕様については、ADVENTURE TriPatch モジュールのマニュアルを参照してください。

A.3.2 解析ケースについて

ADVENTURE iAgent では、ひとつのモデルの解析作業全体を解析ケースという単位で管理しています。解析ケースで管理されるのは

- ・ 解析タイプとそれを元に作成されたプラン
- ・ ユーザーが行った操作
- ・ ユーザーの操作で入力された設定値
- ・ 自動的に作成された ADVENTURE の各モジュール要のファイルとファイル名

です。

解析の一連の手順とその解析ケースの保存については、先の節で説明しました。ここでは、解析ケースにおける、解析タイプの設定について説明します。

iAgent を起動した時には、初期設定として登録された解析タイプで操作手順の案内が開始されています。新たに解析タイプを設定して解析を始めたいときには、メニューウィンドウの[ファイル]→[新規解析ケース作成]を選択します(図 A-3-1)。

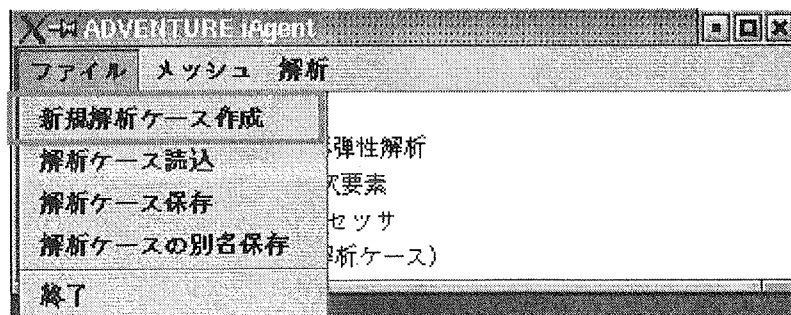


図 A-3-1 解析ケース作成メニュー

解析タイプの設定手順を案内するウィンドウが表示されます (図 A-3-2)。

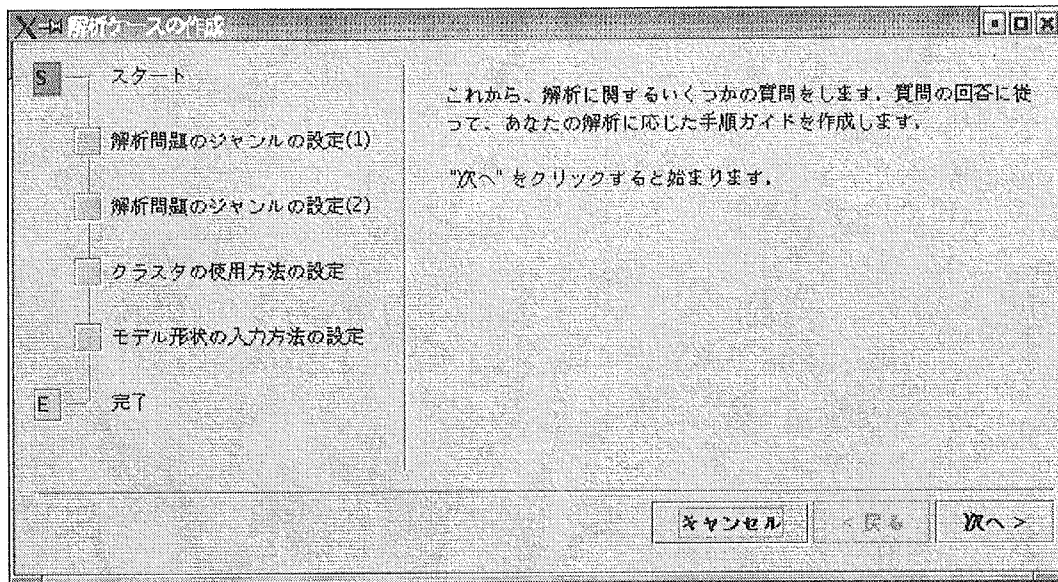


図 A-3-2 解析ケース作成スタート

[次へ]をクリックして、次に進みます。

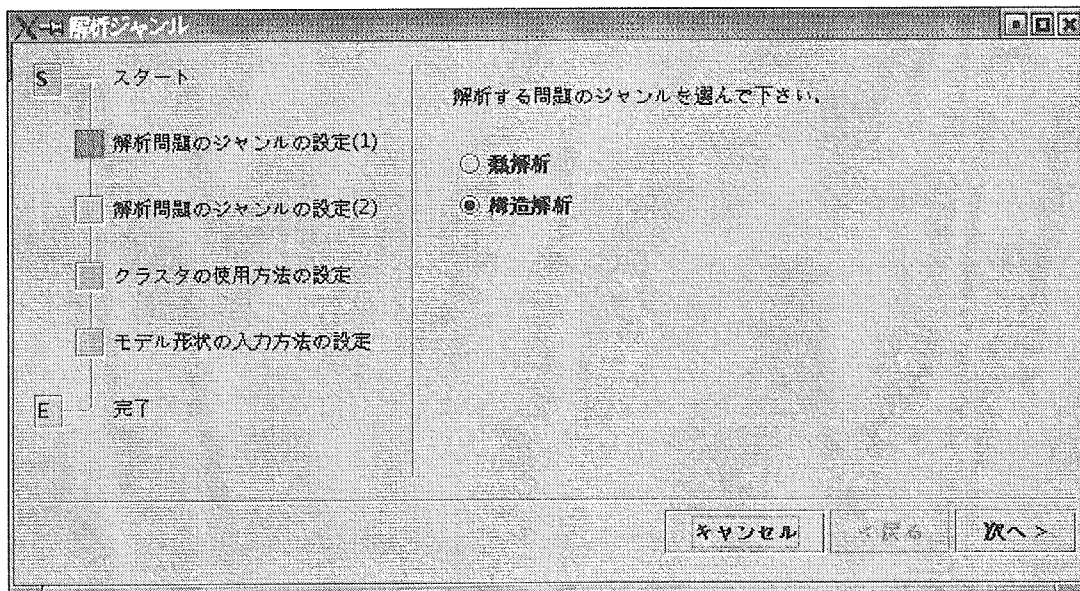


図 A-3-3 解析ジャンル設定 1

まず、解析のジャンルを設定します (図 A-3-3)。

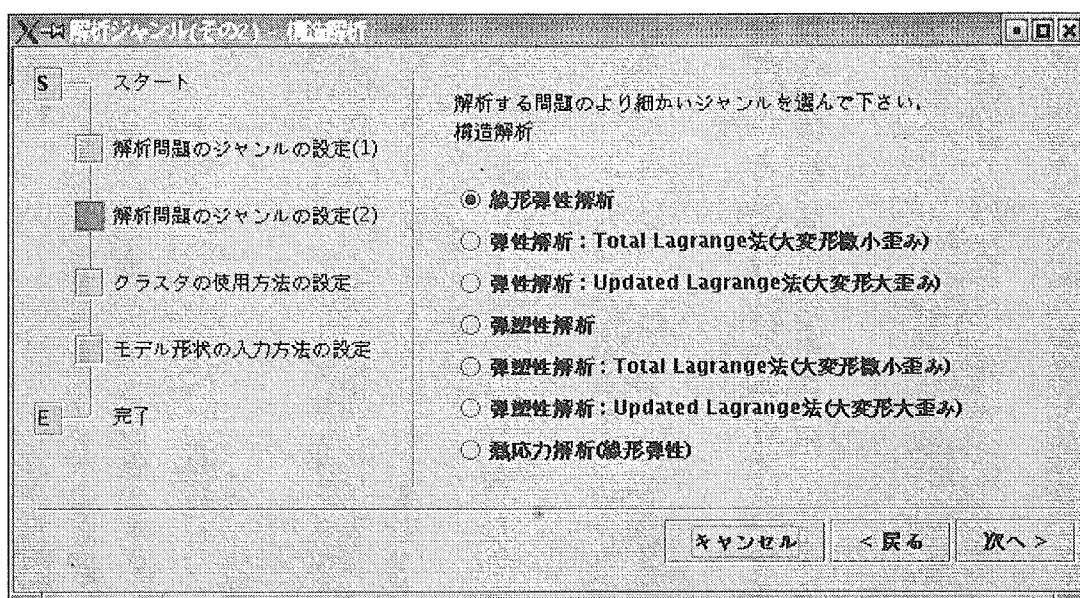


図 A-3-4 解析ジャンル設定 2

続いてより詳細な解析ジャンルを設定します (図 A-3-4)。

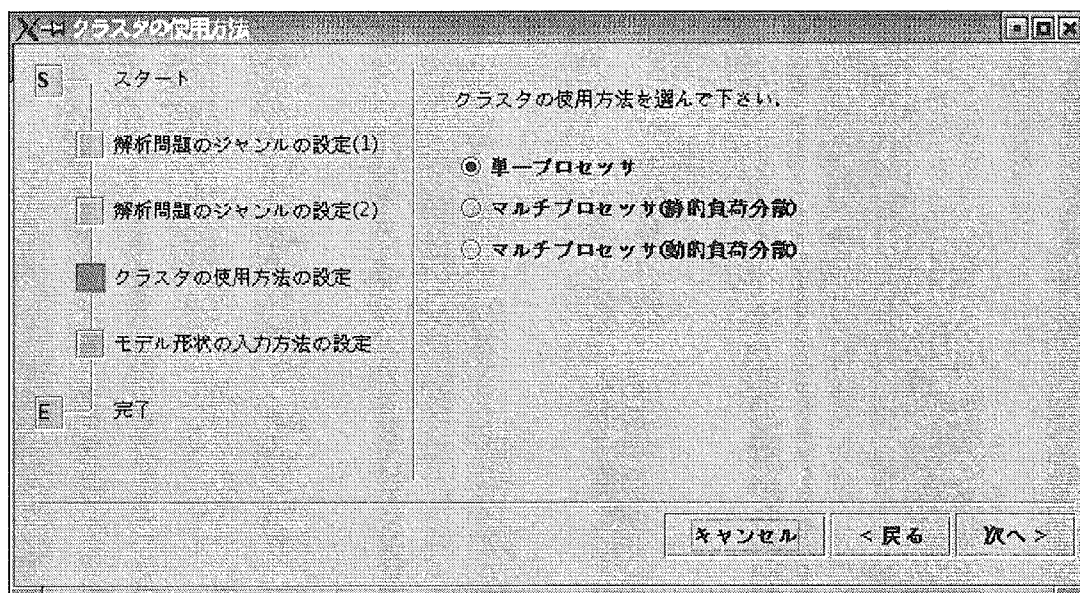


図 A-3-5 クラスタ使用方法設定

計算に使用するクラスタの使用方法を指定します (図 A-3-5)。(後で説明する並列計算では、まずここでマルチプロセッサを使用することを設定しておく必要があります。)

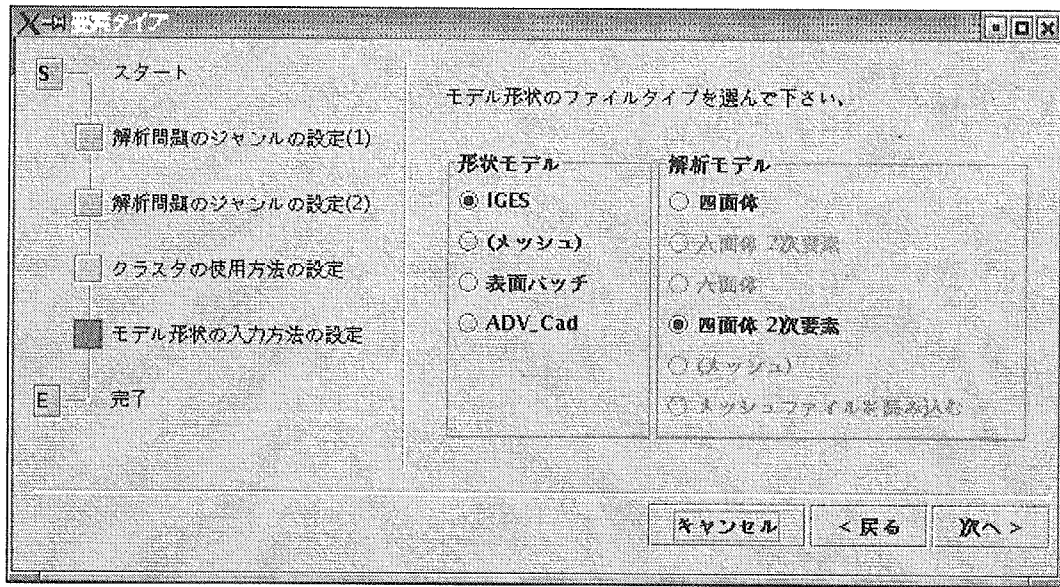


図 A-3-6 モデル形状入力方法設定

最後にモデル形状の入力方法を設定し（図 A-3-6）、解析タイプの設定を完了します。

ここで設定した項目に応じて、解析手順の操作案内やメッセージ、各操作での選択可能項目などを iAgent が自動で設定します。

A.3.3 節点密度の設定方法（応用操作）

先の節では、あらかじめ用意された節点密度設定ファイルを読み込んで、節点密度を設定しました。iAgent では ADVENTURE の仕様に沿った 3 つの方法で、GUI 操作で節点密度を設定することができます。

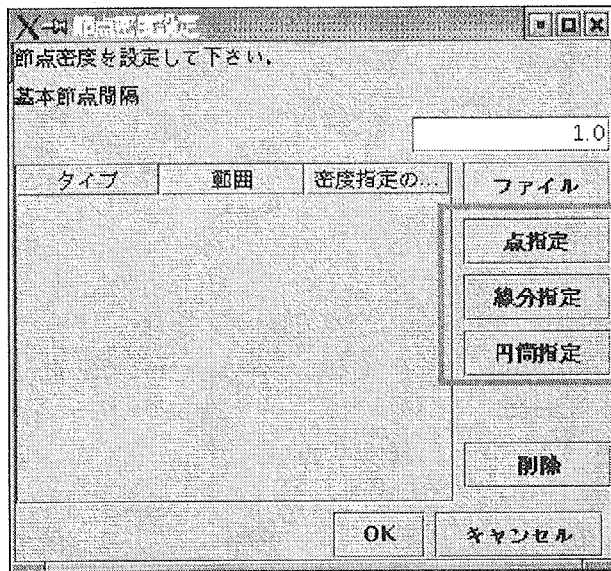


図 A-3-7 節点密度設定

ADVENTURE での節点密度の設定方法は、点指定・線分指定・円筒指定の3種類があります。指定に用いたい方法のボタンをクリックすると（図 A-3-7）、それぞれ次のような設定値入力ウィンドウが表示されます（図 A-3-8・図 A-3-9・図 A-3-10）。

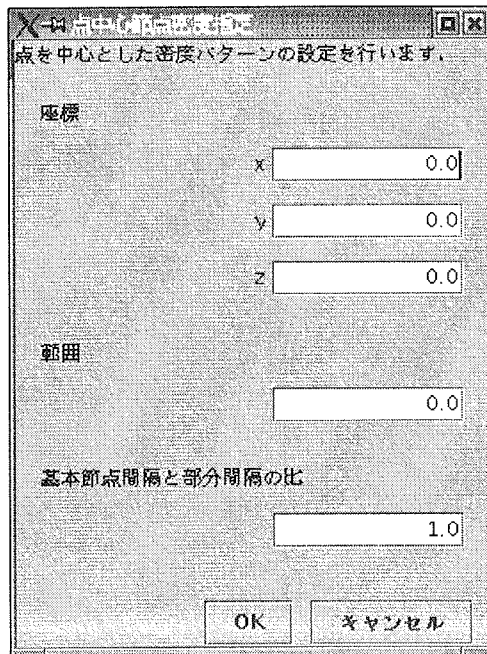


図 A-3-8 点中心節点密度設定

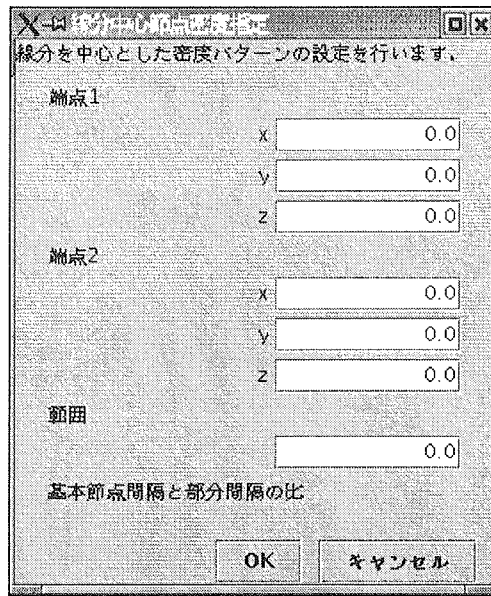


図 A-3-9 線分中心節点密度設定

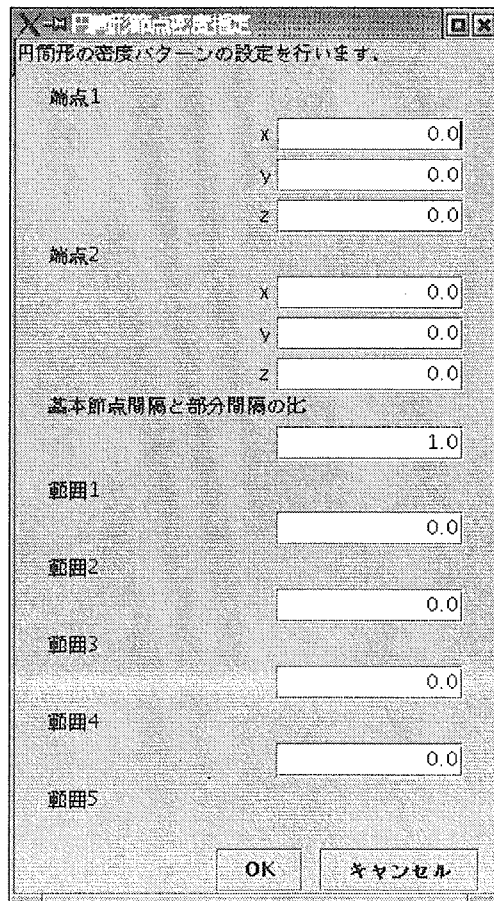


図 A-3-10 円筒形節点密度設定

各ウィンドウでは項目に指定したい値を入力し[OK]ボタンをクリックしてください。なお、各指定方法の適用例などが ADVENTURE Tripatch モジュールのマニュアルにありますので、そちらも参照してください。

A.3.4 VRML ビューアによる表示

ADVENTURE では、表面パッチとメッシュを作成した際に、VRML 形式のファイルが作成され、VRML ビューアを使用して、3D 表示することができます。iAgent ではメニューウィンドウの[メッシュ]→[表面パッチ表示]、[メッシュ]→[メッシュ表示]から VRML ビューアを起動し（図 A-3-11）、それぞれ表面パッチ、メッシュを見ることができます（図 A-3-12・図 A-3-13）。

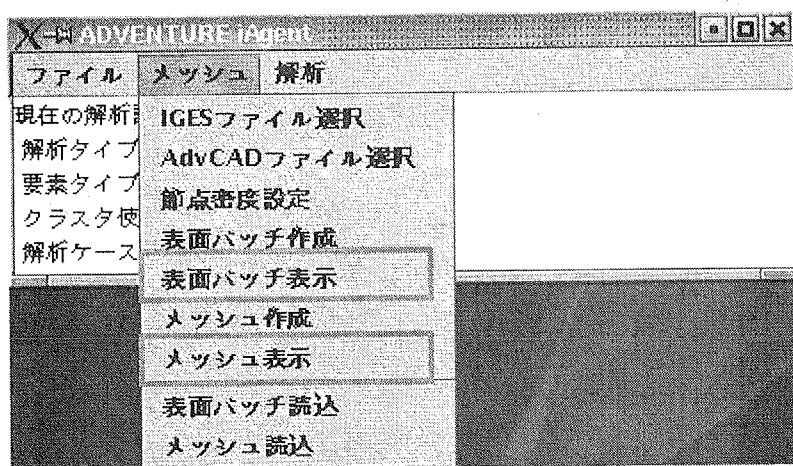


図 A-3-11 パッチ・メッシュ表示メニュー

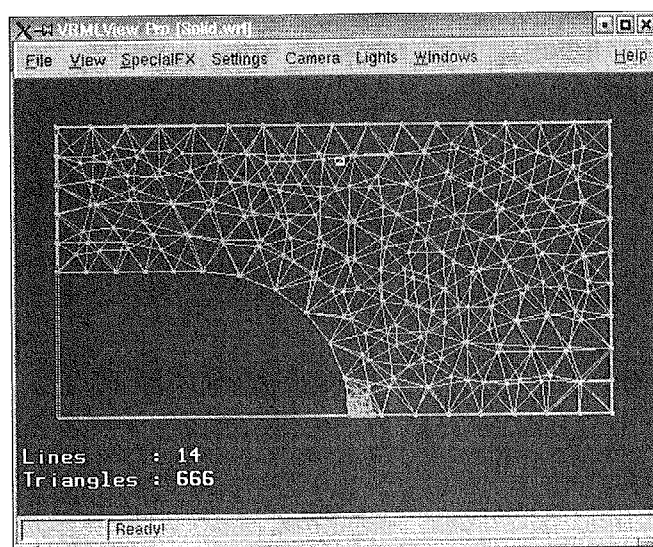


図 A-3-12 表面パッチ表示

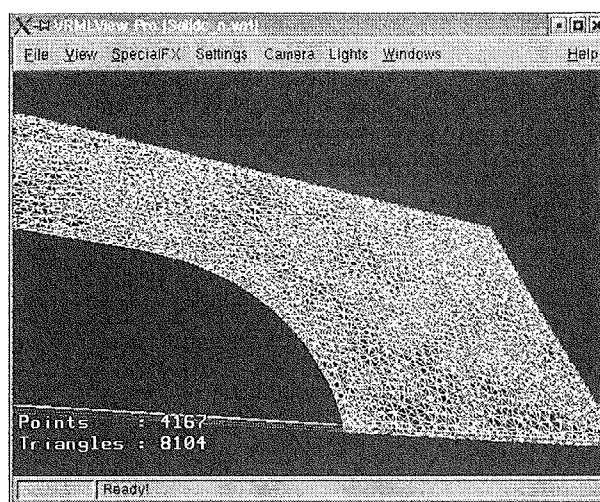


図 A-3-13 メッシュ表示

このVRMLビューアの外観、メニューなどは使用しているビューアの種類によって異なります。

ADVENTUREではVRML1.0に対応したファイルを作成しています。VRMLの規格にはこれ以降のバージョンもありますが、下位互換していないので、1.0規格のVRMLビューアが必要です。

A.3.5 境界条件設定時の応用操作

境界条件設定のbcGUIでは、設定操作時にさまざまな表示のオプションが用意されています。モデル形状表示では、ワイヤー表示のほかに、パッチ表示や、面表示もできます。ここでは、境界条件設定時に便利な、設定済み境界条件の表示について説明します。

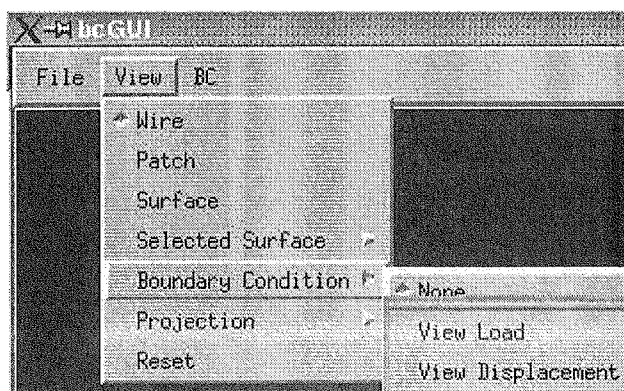


図 A-3-14 境界条件表示メニュー

bcGUI ウィンドウのメニューから[Boundary Condition]→[View Load]、[Boundary Condition]→[View Displacement]を選択すると(図 A-3-14)、それぞれ荷重点(面)、変位

点（面）が図示されます（図 A-3-15）。

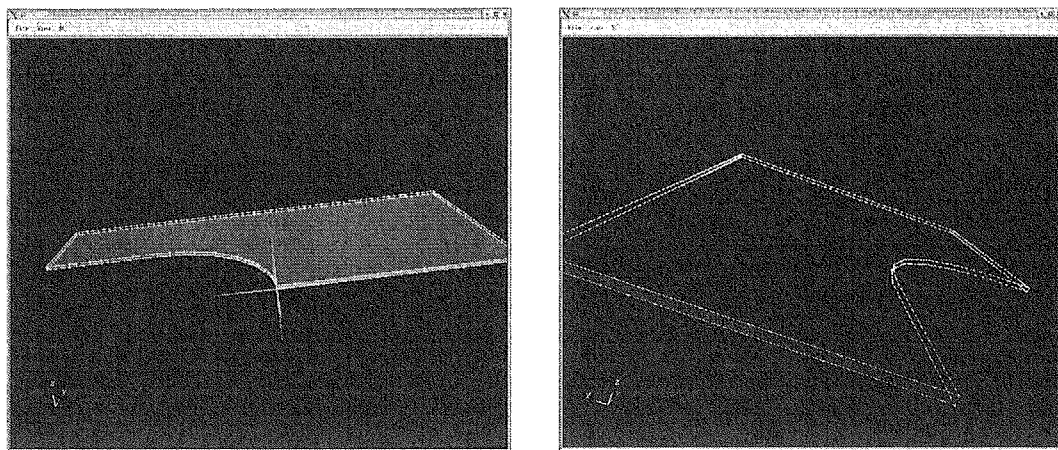


図 A-3-15 境界条件表示

A.4 並列計算を行う

ADVENTURE は、スパコンや PC クラスタなどの超並列環境で高性能な並列計算を行うことができます。ここでは PC クラスタを利用して並列計算を行う際の操作を説明します。なお、PC クラスタでの並列計算は、利用している端末にクラスタ利用の環境設定が行われていることが前提となります。利用可能なクラスタについてはクラスタウィンドウにメモリと CPU の使用状況が表示されています。

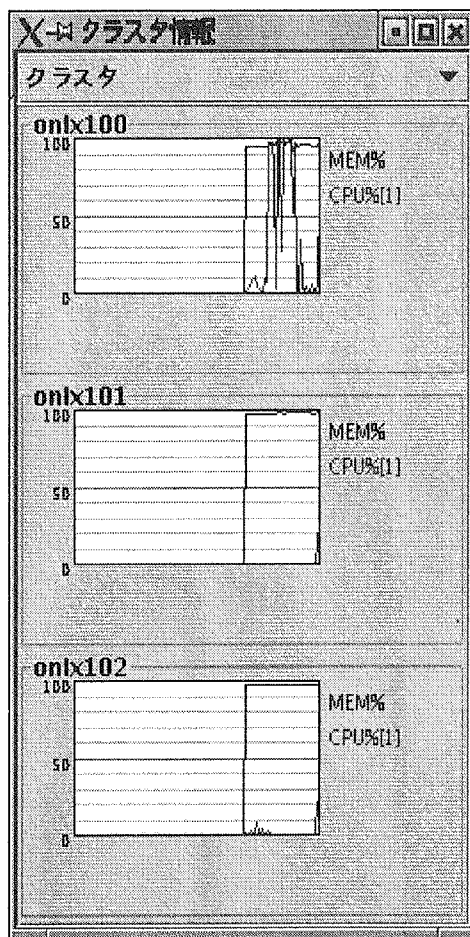


図 A-4-1 クラスタウィンドウ

A.4.1 並列計算時の設定

解析タイプの作成

並列計算を行う際には、まず解析タイプの設定で複数プロセッサの利用を明示する必要があります。解析ケース作成のステップの「クラスタの使用方法」でマルチプロセッサを選択してください (図 A-4-2)。

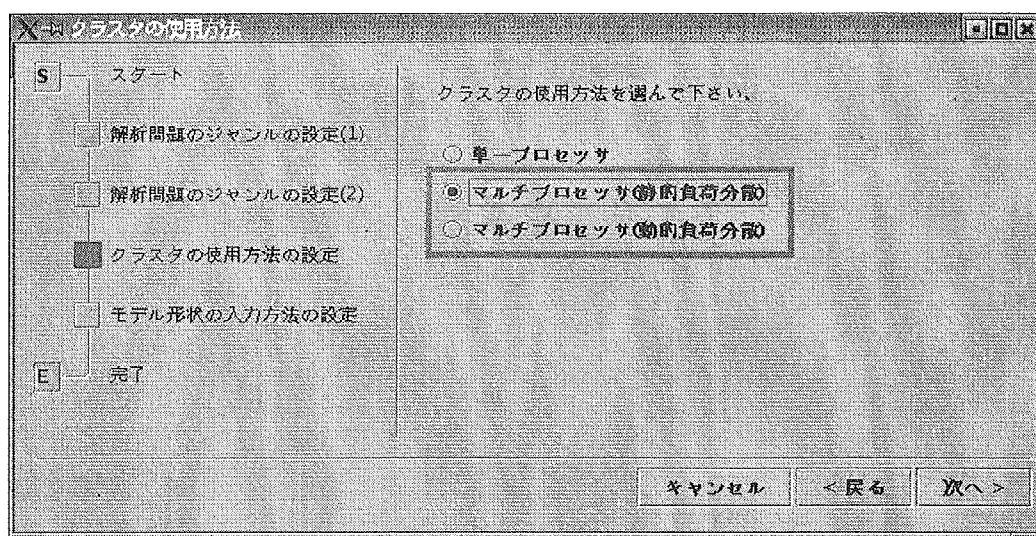


図 A-4-2 クラスタ使用方法設定

クラスタの割当設定

並列計算を行う場合は、解析手順の中、[領域分割]の前にクラスタ設定を行う必要があります。メニューウィンドウの[解析]→[クラスタ設定]を選択します（図 A-4-3）。

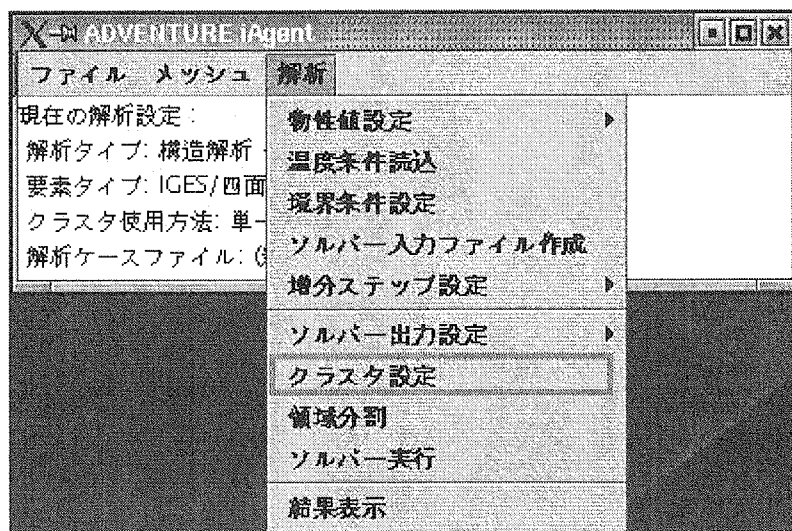


図 A-4-3 クラスタ設定メニュー

クラスタ割当ウィンドウが表示されます。右側のマシンリストから割り当てるマシンを選択し、追加してください。

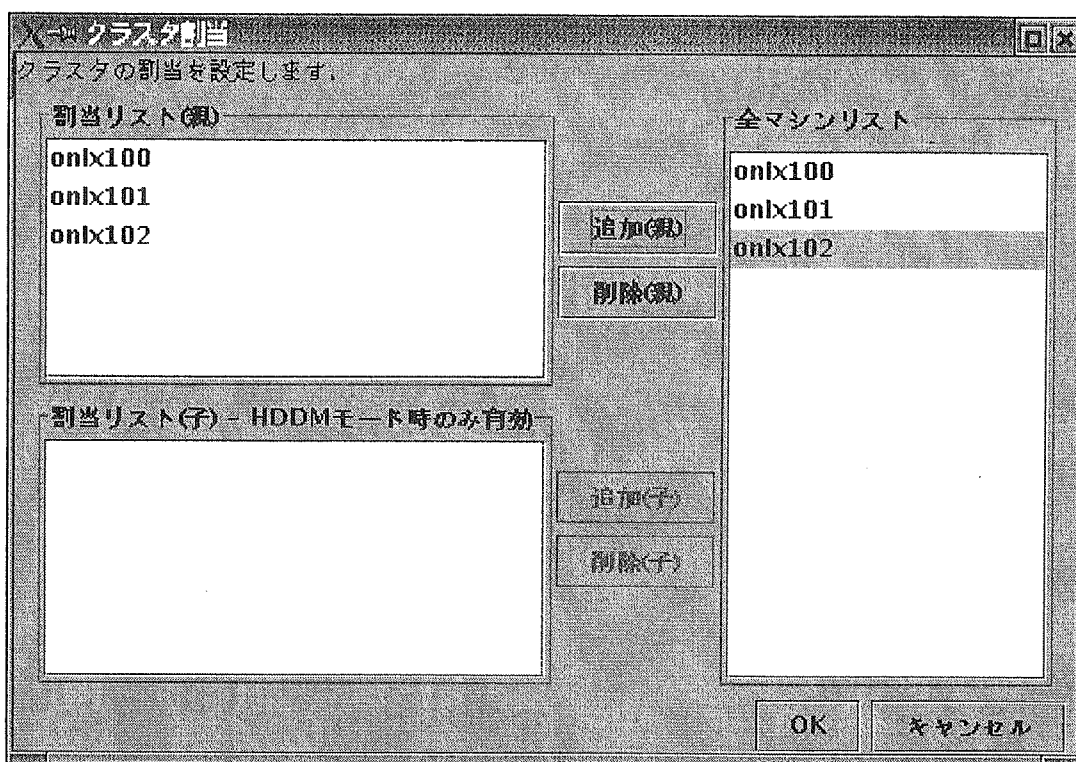


図 A-4-4 クラスタ割当設定

領域分割

A.2 節での手順では、ソルバーの制約上、分割数を手動で指定する必要がありましたが、並列計算の場合は、最適な分割数を iAgent が計算しますので、分割数は変更せずにそのまま[OK]としてください。

A.4.2 並列計算の実践

A.2 節で行ったモデルを、並列計算で解析してみます。

解法タイプの指定

解析ケース作成での「クラスタの使用方法」では、マルチプロセッサ（静的負荷分散）を指定します。

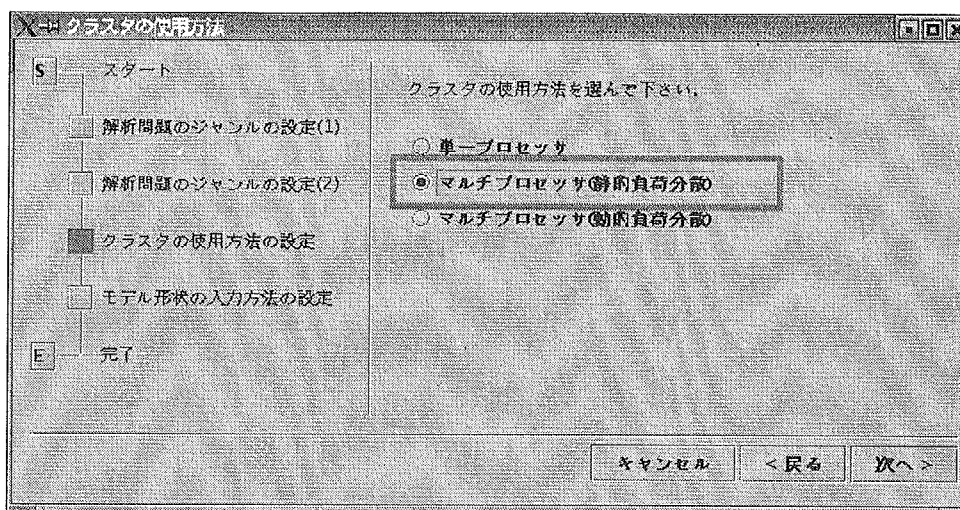


図 A-4-5 クラスタ使用方法設定

節点密度の設定

A.2 節よりも細かい節点密度を設定したファイルが用意されています。u_plate_fine.ptn というファイルを選択して、節点密度を設定します。

クラスタの割当設定

ここでは静的負荷分散による並列解析を行うので、[全マシンリスト]から利用したいマシンを[割当リスト (親)]に追加して[OK]をクリックします。

領域分割

最適な分割数を iAgent が計算しますので、分割数は変更せずにそのまま[OK]としてください。

ソルバーの実行

静的負荷分散の並列解析では、BDD ソルバーが一番高速ですので、解法タイプは[BDD]を選択してください。

その他の手順はすべて A.2 節で説明したケースと同様です。

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10⁻¹⁹ J
1 u = 1.66054 × 10⁻²⁷ kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バール	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å = 0.1 nm = 10⁻¹⁰ m
1 b = 100 fm² = 10⁻²⁸ m²
1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa
1 Gal = 1 cm/s² = 10⁻² m/s²
1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq
1 R = 2.58 × 10⁻⁴ C/kg
1 rad = 1 cGy = 10⁻² Gy
1 rem = 1 cSv = 10⁻² Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1 eV および 1 uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表す場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N (=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s (= N·s/m²) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))
動粘度 1 m²/s = 10⁴ St (ストークス) (cm²/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg (Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV	1 cal = 4.18605 J (計量法)
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸	= 4.184 J (熱化学)
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹	= 4.1855 J (15 °C)
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵	= 4.1868 J (国際蒸気表)
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹	仕事率 1 PS (仏馬力)
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹	= 75 kgf·m/s
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸	= 735.499 W
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1	

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1



古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用しています