

2013/09/14
OpenCAE勉強会@岐阜

オープンソース動的陽解法有限要素法シミュレーション
ソフトImpact の紹介

SH

本日の発表内容

I. 動的解析について

- a. 動的解析について
- b. 動的解析の分類
- c. 過渡応答(時刻歴応答) 解析の種類
- d. 動的解析の可能なオープンソースCAEソフト

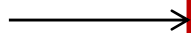
II. オープンソースCAEソフト Impactについて

- a. Impactの概要
- b. 解析事例

I. 動的解析について

- a. 動的解析について：動的解析と静的解析の違いは、静的解析が慣性力を無視するのに対して、動的解析では慣性力項を考慮することである。ニュートン運動方程式を見れば違いは明瞭.
- b. 慣性力項を含まず、時間とともに物性値が変化する現象（応力緩和、粘弾性、クリープ）は動的解析とは区別して準静的問題という.

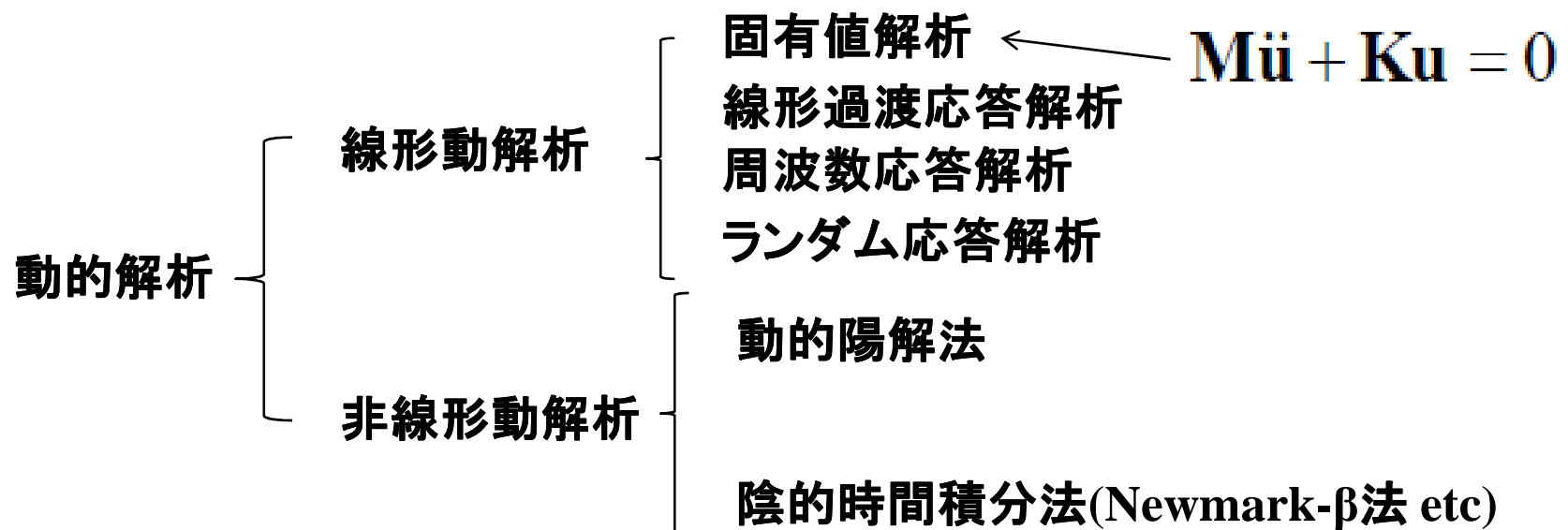
慣性力



$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + Kx = F$$

I. 動的解析について

動的解析の分類：動的解析は大きく非線形性（物性(速度依存etc)、接触など境界非線形)を考慮するか、しないかで大きく2種類に分類できる。線形解析の場合は通常固有値計算を行い、この結果をベースに周波数領域で計算を行う。これに対して非線形解析の場合は直接時間積分を行い時間領域で解を求める



— 過渡応答解析の種類 —

1) 線形過渡応答解析: 線形問題ではこれが決定版
モード重ね合わせ法 (Modal Dynamics)

— 固有値解析の結果を用いて、振動モードの重ね合わせで過渡応答を計算する。

— 時間積分法よりも超高速に計算が可能

— 線形解析のみ (接触など非線形解析には不適)

— Nastran などほとんどの商用構造解析ソルバで利用可能

— オープンソースでは CodeAster, Calculix などが対応

2) 動的陽解法 (Explicit Dynamics): 衝突解析、加工など要素変形大の解析

— 中心差分法により時間積分 (逆剛性マトリックス計算不要)

— ABAQUS/Exp, LS-DYNA, PAMCRASH, RADIOS, etc

— オープンソースでは Impact や Adventure シリーズの Adventure/Impact
FrontISTR は材料非線形のみ (接触などは不可)

3) 陰的時間積分法 (Implicit Dynamics): 地震応答、非線形応答

— Newmark β 法, Wilson θ 法などにより直接時間積分を
(逆剛性マトリックス計算必要)

— ADINA, ABAQUS/Std, MARC, ANSYS, etc

— オープンソースでは CodeAster, Calculix, FrontISTR etc. などが対応

動的陽解法とは

-時間方向の計算を中心差分にて計算-

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = F(t)$$

運動方程式

1自由度系の
中心差分計算例

$$\frac{d^2 x}{dt^2} \cong \frac{x^{(n+1)} - 2x^{(n)} + x^{(n-1)}}{(\Delta t)^2}$$

加速度の中央差分近似

$$x^{(n+1)} = (F(t) - kx^{(n)}) \frac{(\Delta t)^2}{m} + 2x^{(n)} - x^{(n-1)}$$

- ・空間と時間方向の計算を陽的アルゴリズム(漸化式)にて解く。
 - ・動解析のみ。しかも解析可能時間は通常マイクロ～ミリ秒が限界
 - ・剛性マトリックスは不要、計算時間は時間増分と積分計算(積分点数)に依存して決まる。→ **時間増分大、積分点数小が良**
 - ・収束計算が無いので、大変形問題では陰解法よりも有利
 - ・時間増分は安定条件により最大値が制限: $\Delta t \propto L\sqrt{\rho} / \sqrt{E}$
- **時間増分を大きく取るためには L:要素大, ρ :密度大, E:剛性小**

陰的時間積分法とは

Newmarkβ法の
計算例

$$v_{n+1} = v_n + \frac{1}{2}(a_{n+1} + a_n)\Delta t$$

$$x_{n+1} = x_n + v_n\Delta t + \left(\frac{1}{2} - \beta\right)a_n(\Delta t)^2 + \beta a_{n+1}(\Delta t)^2$$

変形

$$a_{n+1} = \left\{ \overset{=\Delta x}{x_n - x_{n+1}} + v_n\Delta t + \left(\frac{1}{2} - \beta\right)a_n(\Delta t)^2 \right\} / \beta(\Delta t)^2$$

代入 Δx について整理 Δx について解く

$$ma_n + k\Delta x = \Delta F \longrightarrow k'\Delta x = \Delta F' \longrightarrow$$

$$\Delta x = (k')^{-1} \Delta F' \quad \text{変位増分予測値が求まる。} \longrightarrow \quad \text{収束計算}$$

- ・動解析も静解析も剛性マトリクス計算を行うので、自由度が大きい問題では陽解法よりもメモリが多大に必要。
- ・収束計算があるので、大変形問題では陽解法よりも不利、場合によっては計算が収束しないで止まる。
- ・時間増分は無条件安定なので最大値が制限がない
→ 安定した問題では時間増分を非常に大きくとれる

動的解析の可能なオープンソースCAEソフト

	線形動解析				非線形動解析		備考
	固有値	線形過渡応答解析	周波数応答解析	ランダム応答	動的陽解法	陰的時間積分法	
CodeAster	○	○	○	○?	○?	○	
Calculix	○	○	○	×	○	○	
Elmer	○	○	○?	?	×	×	
FrontISTR	○	×	△?	×	△	○?	
Impact	—	—	—	—	○	—	
Adventure Impact	—	—	—	—	○?	—	全く調べてない

- 静解析のソフトから陽解法など動的解析に拡張してきているものがあるが最初から陽解法を目的として作られているのはImpactのみ

II. オープンソースCAEソフト Impactについて

衝撃解析フリーソフト Impactの紹介

Impact はフリーの動解析・陽解法プログラム

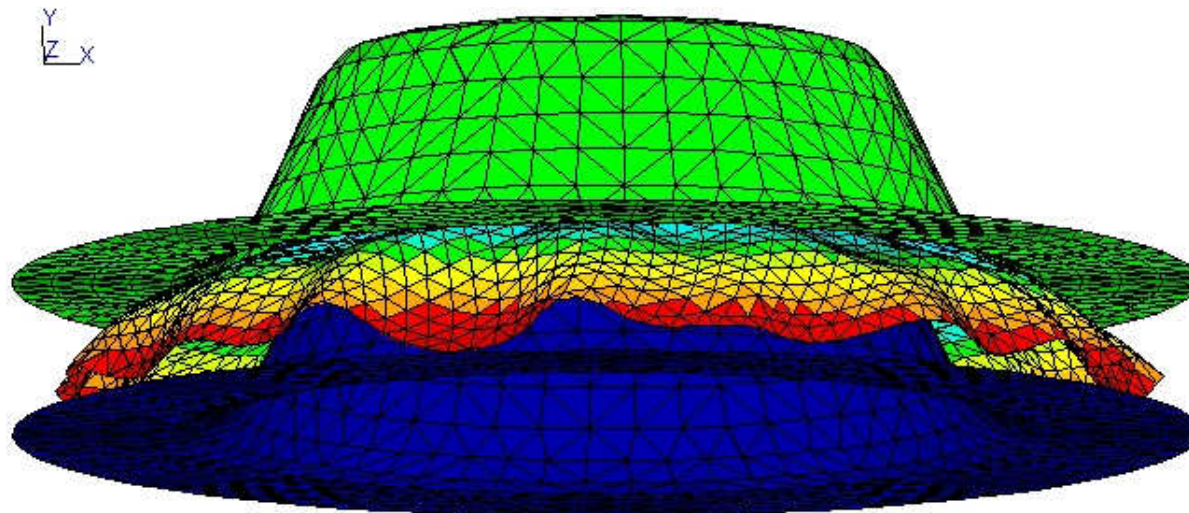
<http://impact.sourceforge.net/>

からプログラムをDownload可能。今は“Impact-0.7.06.0xx.zip”が公開
—Java で開発されているため、JREまたはJavaがインストールされている必要がある。

—Windows, LinuxなどでJava動作可能なマシンで動作する。

—衝突解析などの他、塑性加工の解析なども計算できる。

<http://impactprogram.wikispaces.com/> に簡単な使用方法が記載

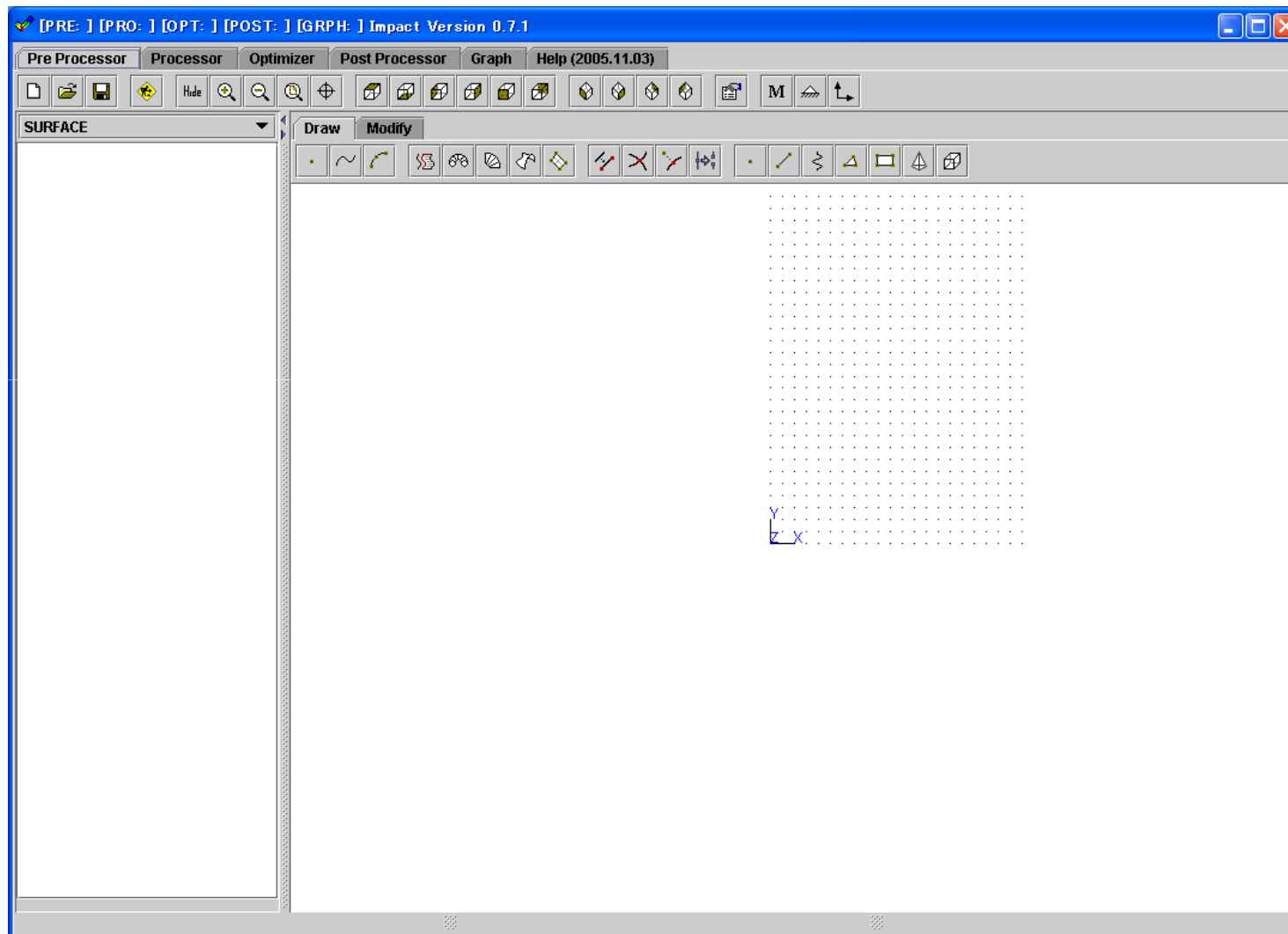


カップの塑性加工解析例

Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析—

① ImpactをGUIモードで起動します。

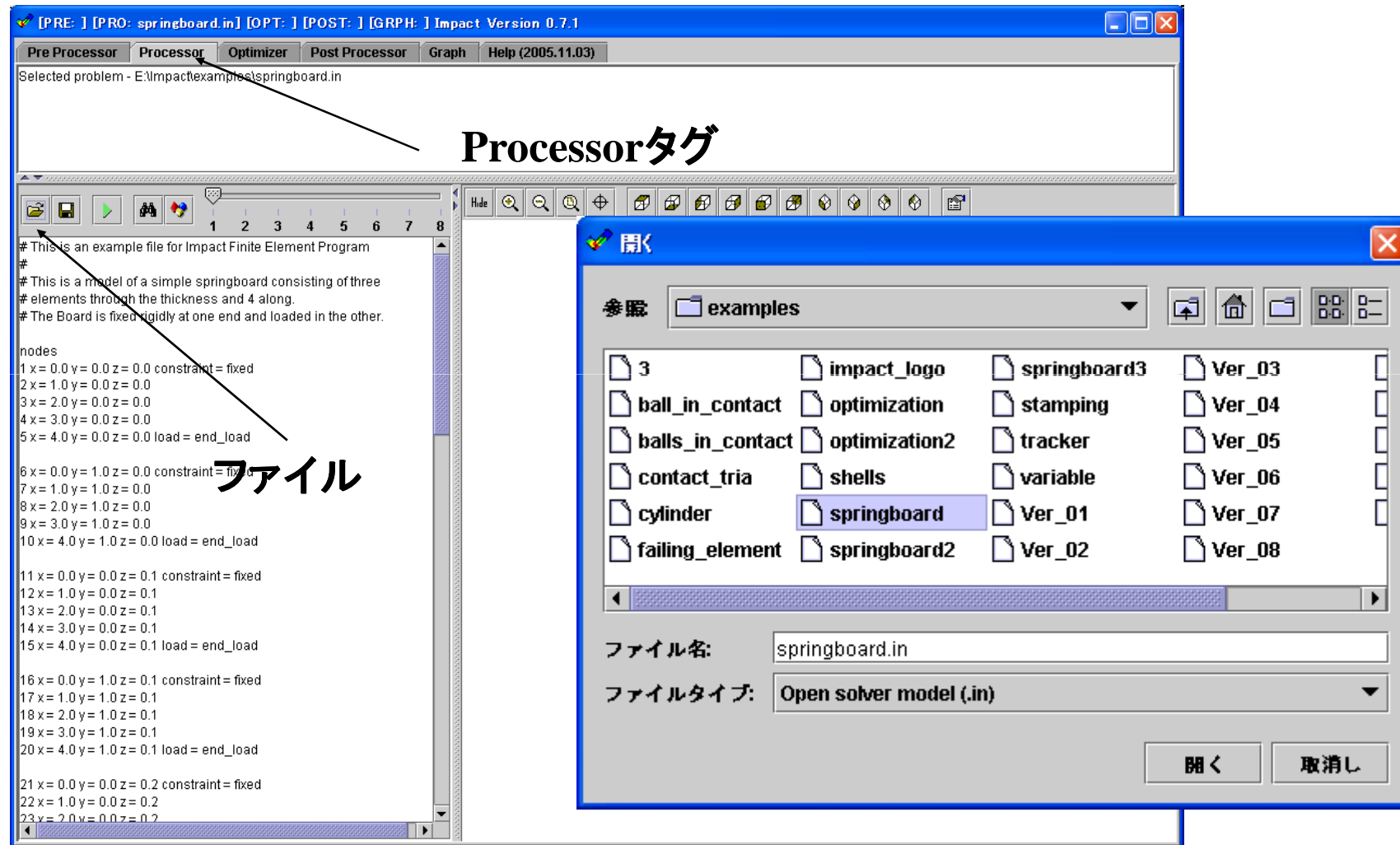
ImpactGUI_OGL_windows_i586.batをダブルクリック 以下の画面が現れる。



Impact GUI画面

Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析 —

② Processorタグをクリックし、ファイルアイコンからexamples フォルダに移動し、springboard.in を読み込む

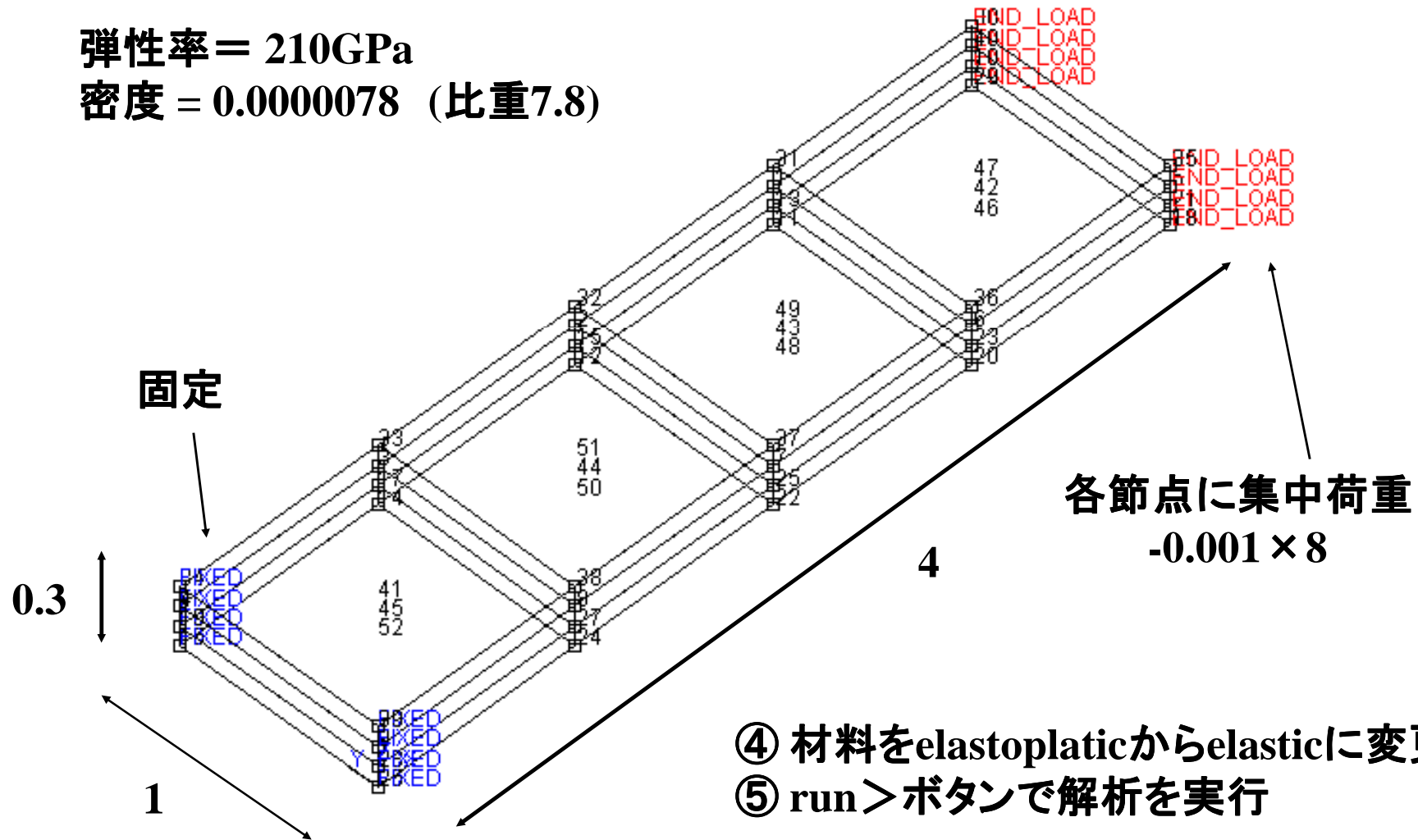


Impact GUI画面

Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析 —

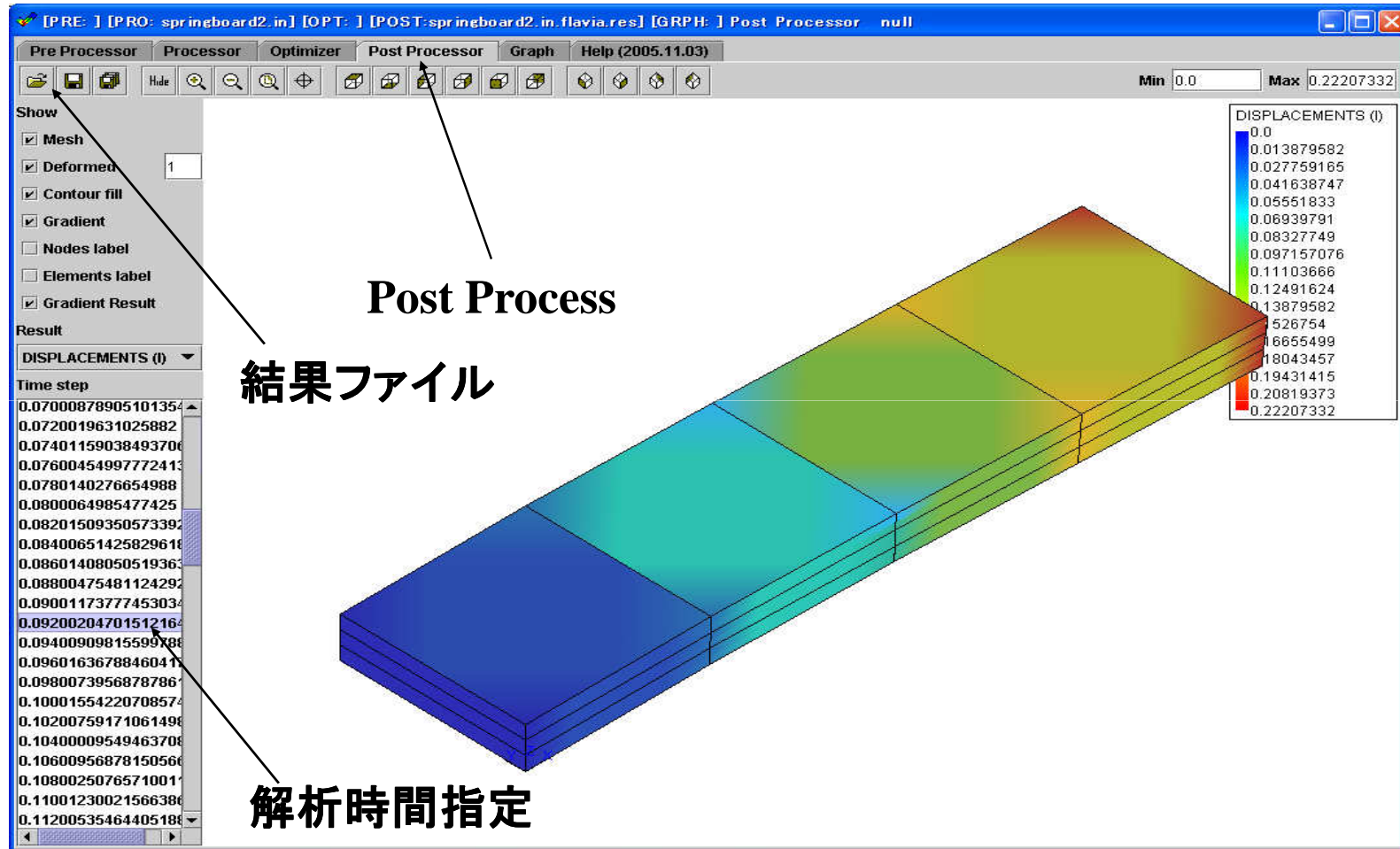
③ GUI画面でモデルの解析条件を確認

弾性率 = 210GPa
密度 = 0.0000078 (比重7.8)



Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析 —

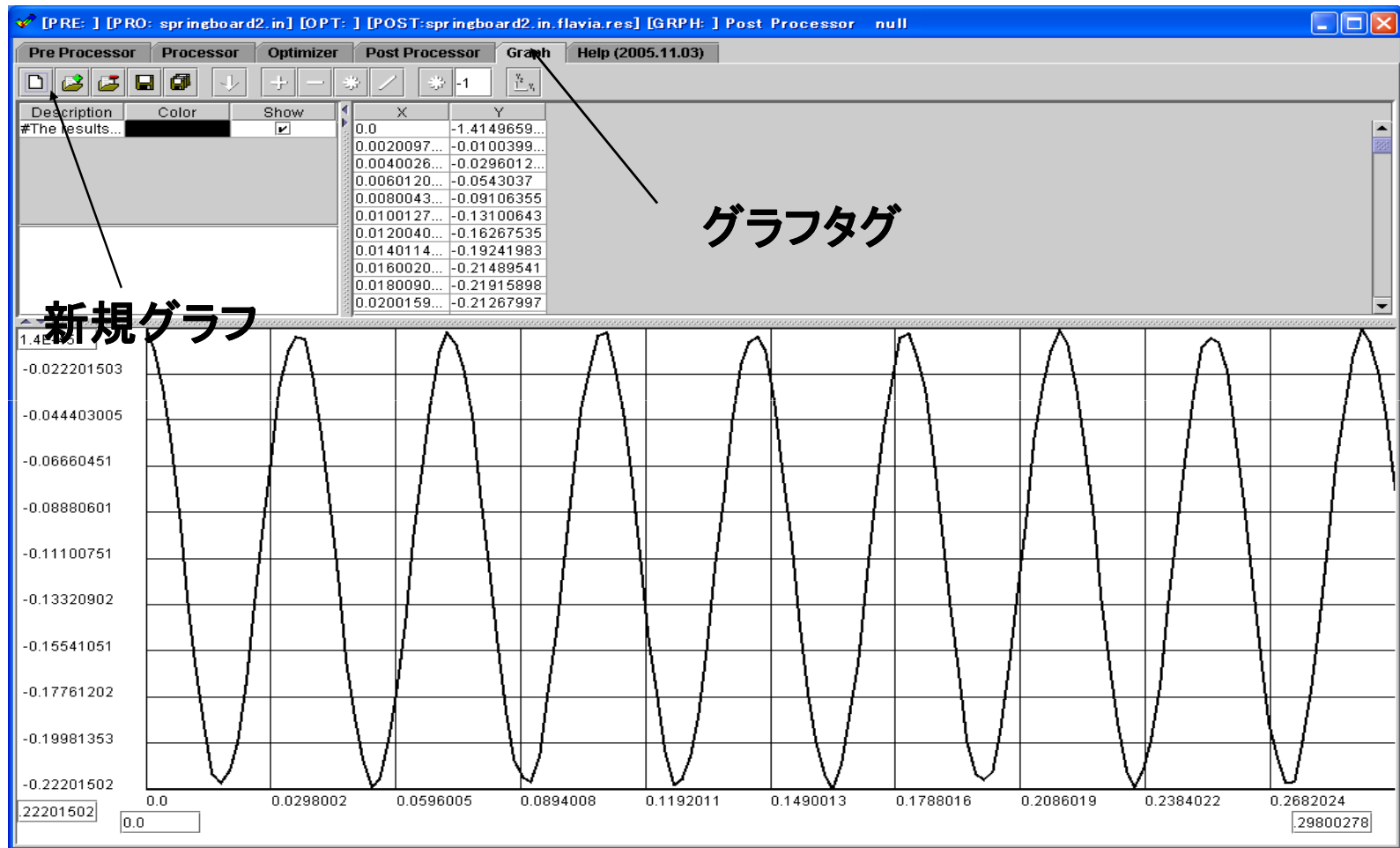
⑤ Post Processor画面で結果を表示



解析結果変形図

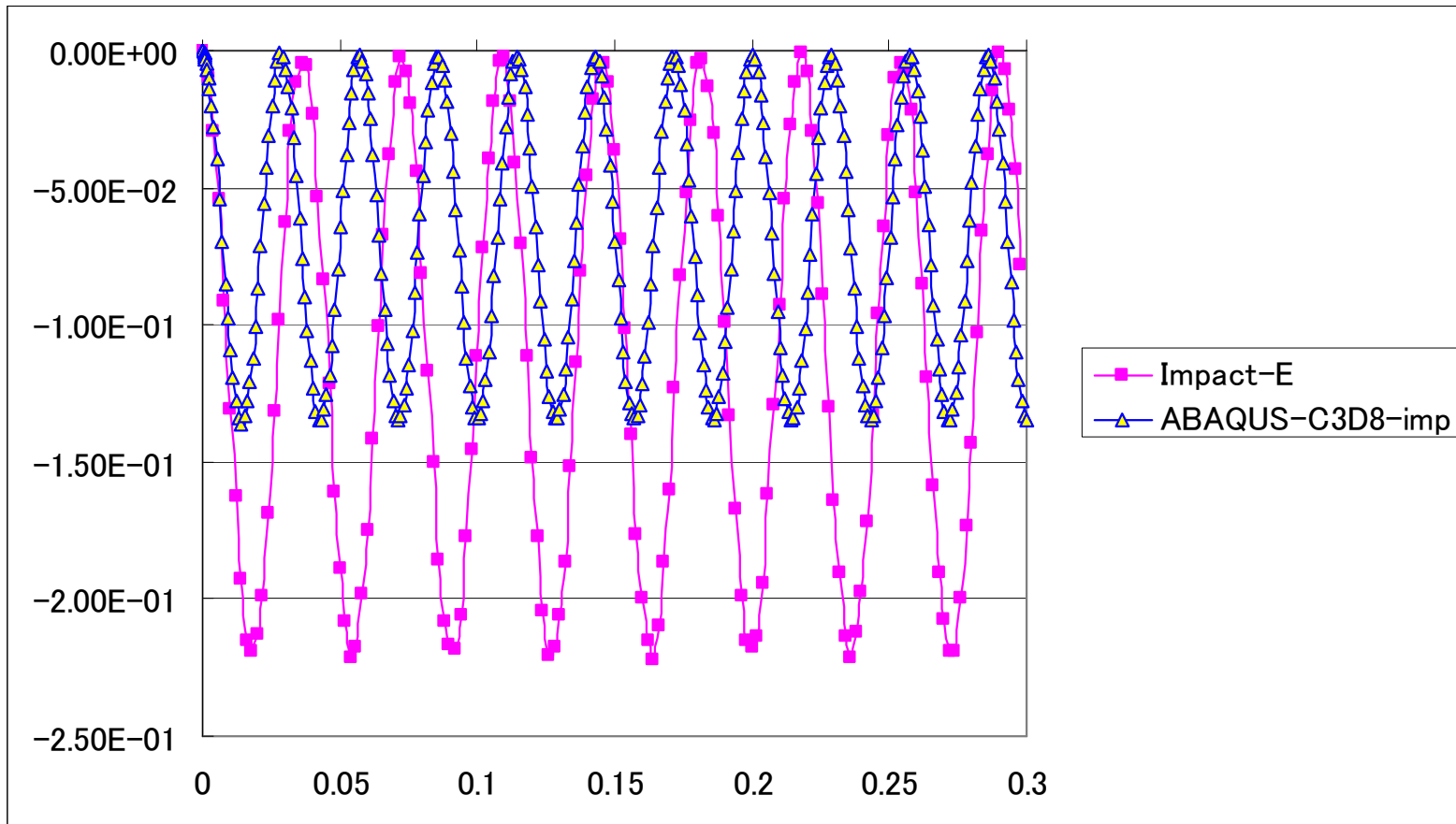
Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析 —

⑤ Graph画面で結果変位を表示



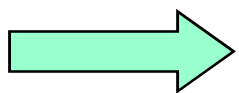
解析結果変位グラフ図(節点 40番)

Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析 —



Abaqusの動解析結果と比較(完全積分要素)

→ **結果に差がある。**

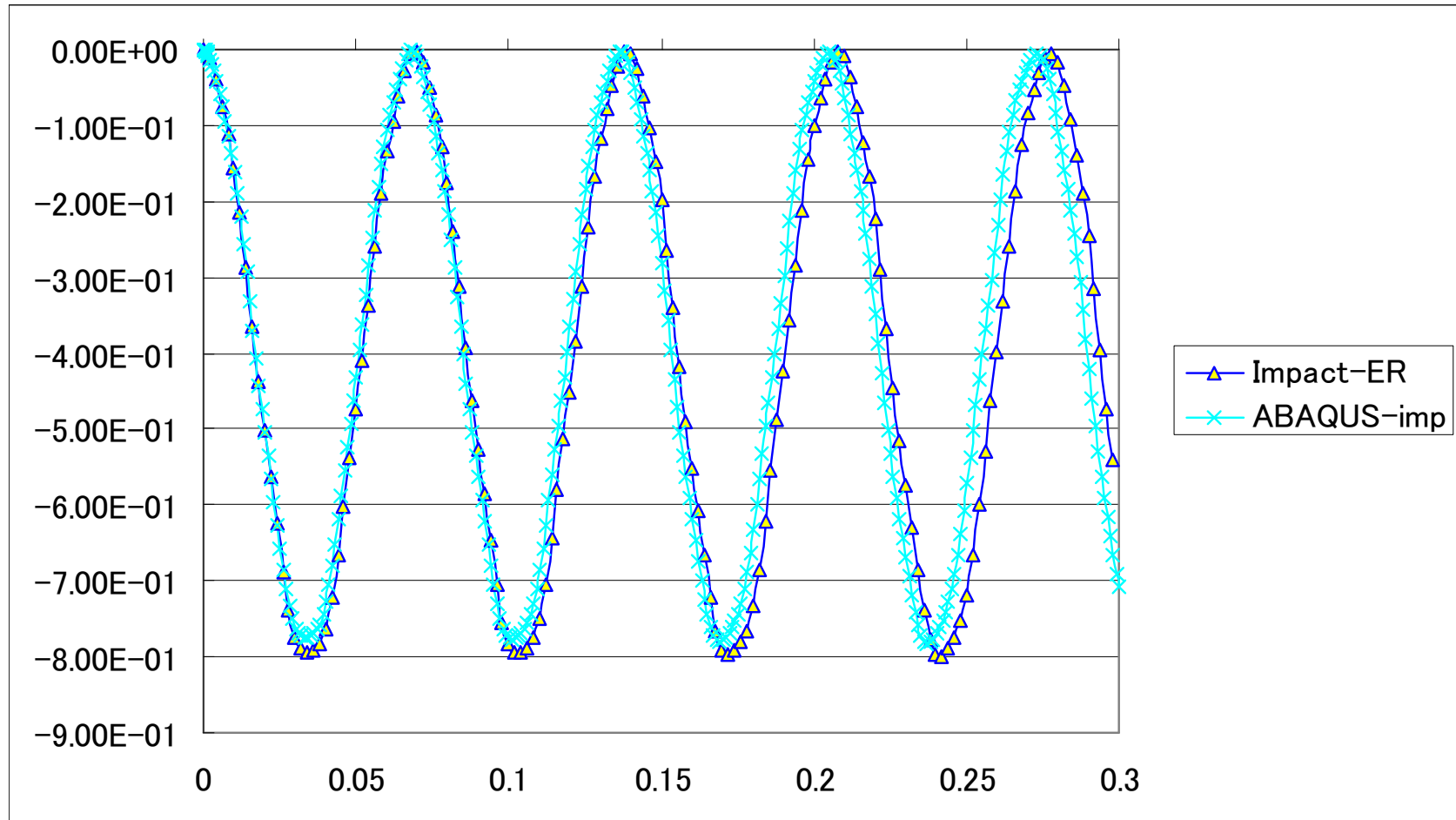


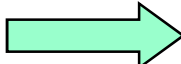
要素タイプの違いである。両者ともこの程度の要素分割では曲げ剛性が硬く評価されている(せん断ロック)。

Impactの解析事例 — 梁モデルの過渡応答解析 —

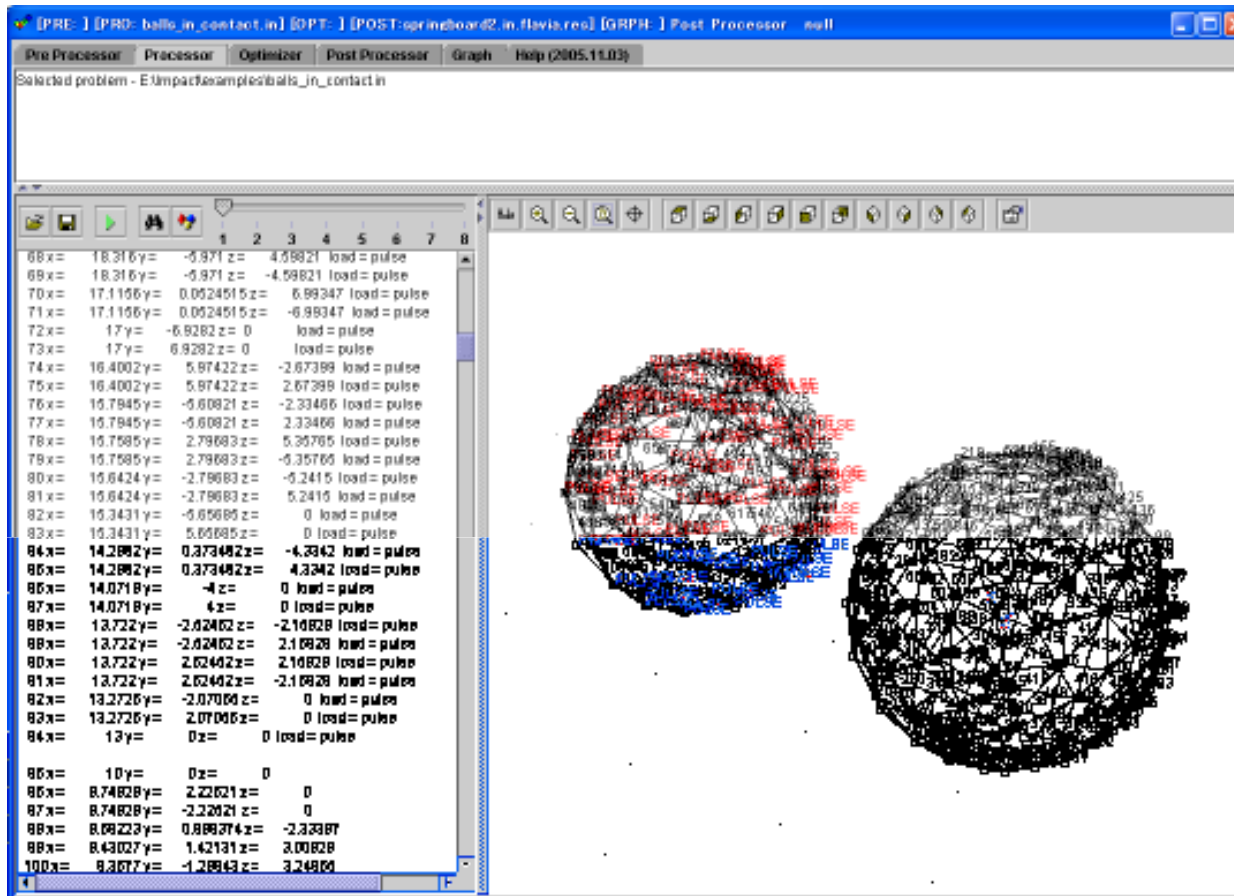
要素タイプを低減積分要素に変更して比較を実施

→ impactではnip =1に変更 (ABAQUS では要素タイプをC3D8 →C3D8Rに変更)



Abaqusの動解析結果と比較(低減積分要素)  今度是一致的

Impactの解析事例 接触解析の事例

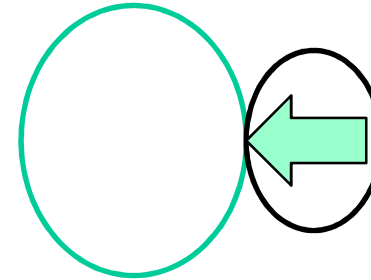
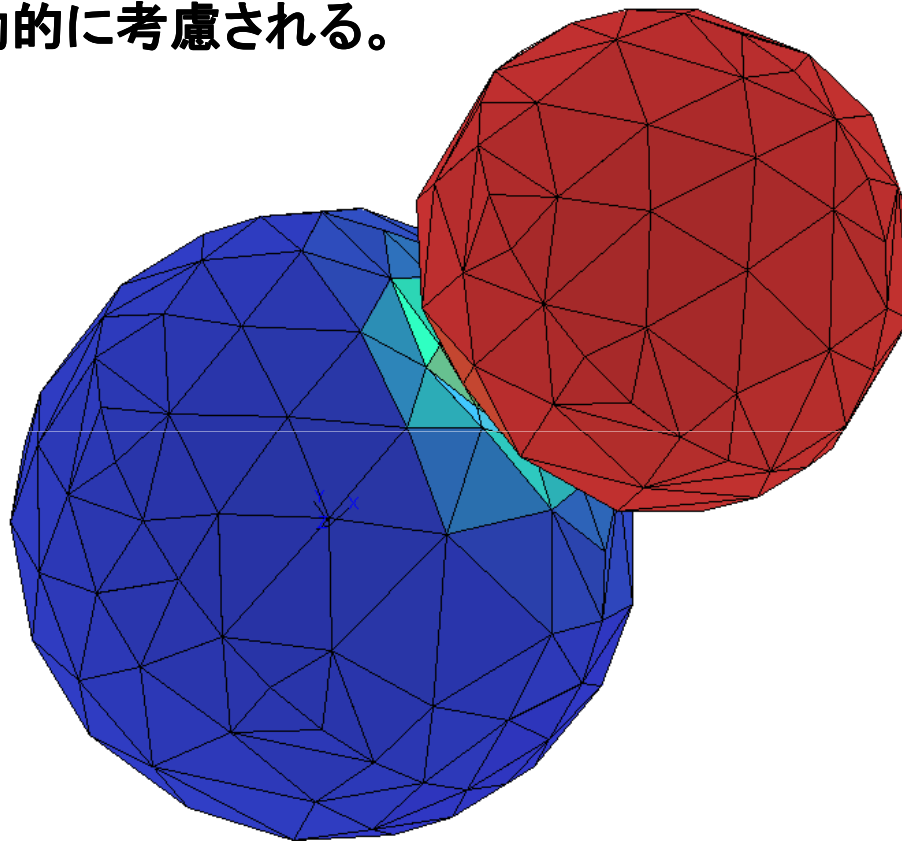


落下衝撃では通常部品間接触解析が必要です。
Impactで簡単な接触例題
(Balls_in_contact)を実施してみます。

Impactの解析事例 接触解析の事例

モデルは Shell要素

Impactではシェル要素間では接触は自動的に考慮される。



結果変形図表示

まとめ

- オープンソースCAEを中心に動的解析の対応状況を調査した。
- 動的陽解法ソフトImpactの解析事例を紹介
- 接触が簡単にできるのは便利？