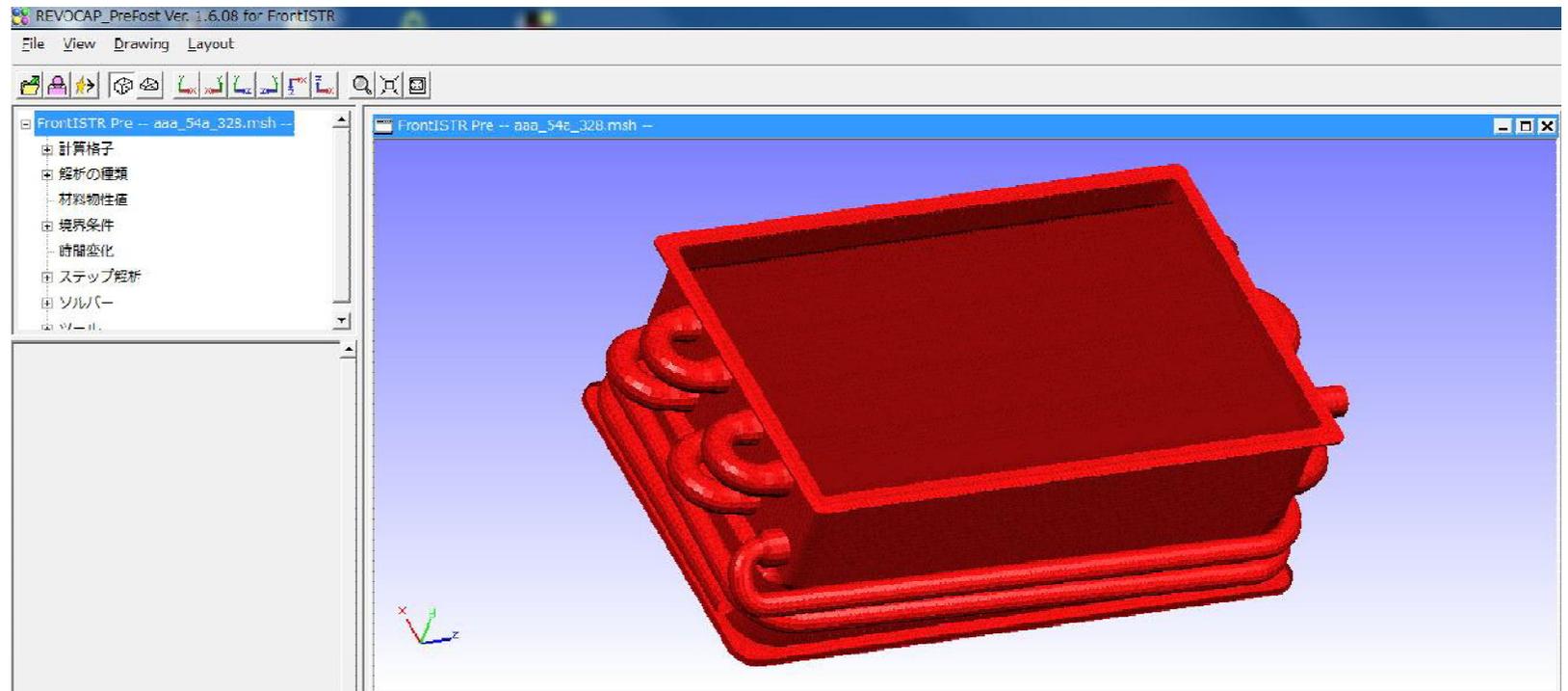


FrontISTR 研究会

(部品別の不連続的連続体)

大規模アセンブリモデルを いかに構築するか

有限会社熱解析創研 石井順造



スーパーコンピューティング的大規模計算
立場としては…

1) ハード ソフト (アプリ) あります
(簡単です) さあどうぞ

2) いや大変でしょう

専門家の立場 = (1) 論文等も (1) スパコンも (1)
『応用できます』 『活用できます』 『出来ます』 『行けます』

設計用途の構造解析全般の話

技術計算の中で最高難度 = 流体と構造

流体

乱流が難

磁場

粗悪メッシュでもOK

構造

解析物の非連続性が難

構造解析の、モデリング・条件設定は、流体より難

対象は大小部品の集合体 接合部のモデル化が難

構造物 = 不連続体 ⇒ 連続体力学の限界

節点) 固定・剛体 など 現実にはない

モデルや解が、現実と乖離しがち

設計初期 (企画構想時) 解析 & 性能評価が、設計活用では必須

大規模アセンブリ事例は、流体・磁場等に比べ少ない傾向?

製品開発風景として判り良く、ノーリツ ウェブサイトからの情報を紹介致します

設計品質向上への取り組み

3Dデータ活用による設計の見える化

3D CADの活用により開発の初期段階の試作作成前に問題
点の洗い出しを行い、早期対策を実施しています。

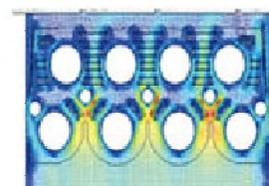
『デジタル・モックアップ デザインレビュー』を開催して試作前
工程での知識集約を行っています。



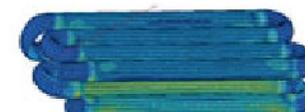
デジタル・モックアップ デザインレビュー

数値解析の活用による信頼性の向上

数値解析の活用により温度上昇や応力の計算を行い、十分な
耐久性を確保した設計を行っています。また、潜熱回収用の2次
熱交換器は、排気の流れと水管配列を数値解析により最適化す
ることで、高い熱効率を達成しています。



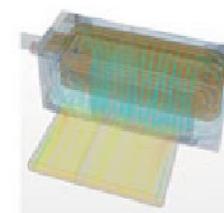
● 1次熱交換器
フィン流体解析



● 1次熱交換器
パイプ応力解析



● 2次熱交換器
流体解析



● 2次熱交換器
流体解析

給湯器の事情

高品質 低コスト 小型化などの課題に対し
構想段階 設計上流で評価

早い 安い 美味しい みたいな計算が○ ← 電卓志向

専門家は少ない 力が弱い ← 電気で湯を沸す時代が到来
右肩下がりが続いた影響
(最近は盛返しですが)

耐久重視 ← 時間がかかる耐久試験を優先実施
解析は利用価値大

評価は、数値重視 曖昧・不明瞭・客観的でないものは×

何かとうまく行かない昨今…

給湯器に設計に関して… 専門家の読みは…

全部外れた！

粉碎された！

予想外の事が起こった！

解析は無駄とすら思われていた

予想を超える

小型・高性能化

進化を速める(技術者) = 常識人 真面目人にあらず

非常識な事を考え、実行する

正論を潰す 非常識人が革新を起こす(数学や物理は…)

CAEには厳しい要求を課す傾向 ← 応える必要性

革新起こす側か？ 翻弄され 抵抗する立場か？

意外に 専門家 = 進化に対する抵抗勢力 になりがち

給湯熱交換器について

1 次熱交換器

複雑アセンブリ

自動化&設計者 C A E

2 次熱交換器

比較的シンプル

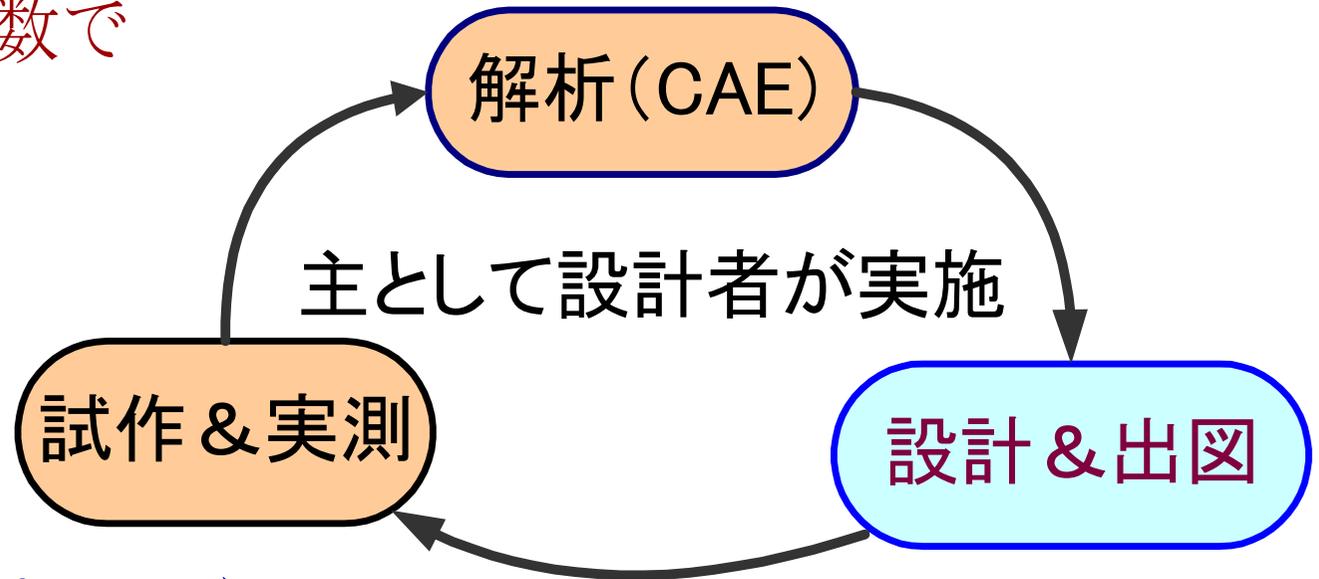
専任者による C A E

複雑な構造アセンブリモデル ⇒ 自動化が不可欠
実は自動化しやすい
(一つ決まれば 芋づる式に他も決定)
磁場解析モデルも自動化向き

自動化の意義

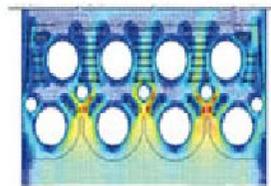
最小の投資・人・工数で
最大の成果を出す

難儀な解析ほど
自動化が必要
スパコンにもあてはまりそう



図は
熱交換器理解のため
ノーリツウェブサイトから
転載した解析例です

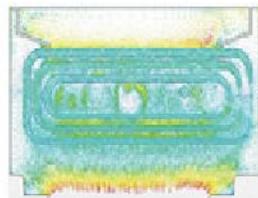
(FrontISTR とは無関係)



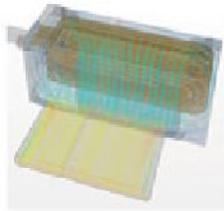
● 1次熱交換器
フィン流体解析



● 1次熱交換器
パイプ応力解析



● 2次熱交換器
流体解析



● 2次熱交換器
流体解析

- 1次熱交 複雑で手では困難
スクリプトで自動化
- 2次熱交 割とあっさりしたモデル
手作業主体
自動化にやや向いてない
出来ない事はないと思いますが

自動化すると…

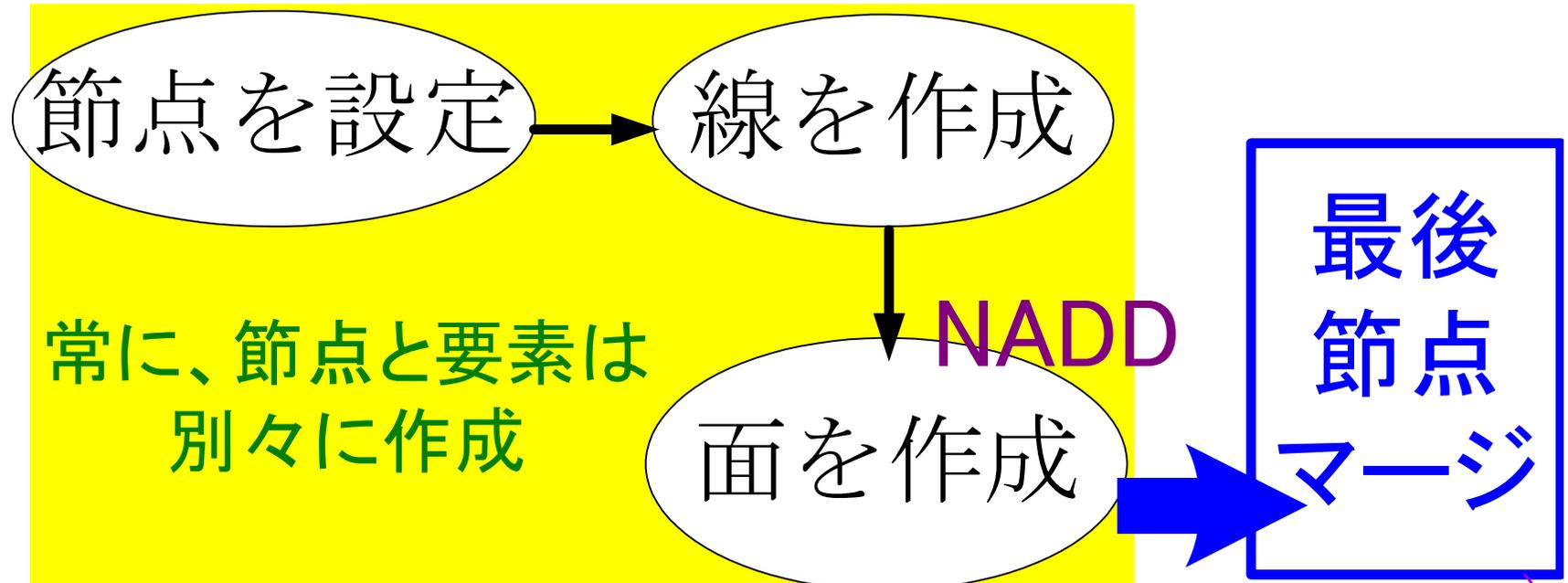
- 1、数学物理苦手&ミスしがち ⇒ 多忙な設計者も解析可能
- 2、速い&安い&堅実&確実 ⇒ 設計上流でCAEが可能に
- 3、最小の人・工数・投資 ⇒ 最大成果
- 4、業務分散 皆でガンガン仕事 ⇒ 収益UP ややブラック体質？

何を自動化するのか？

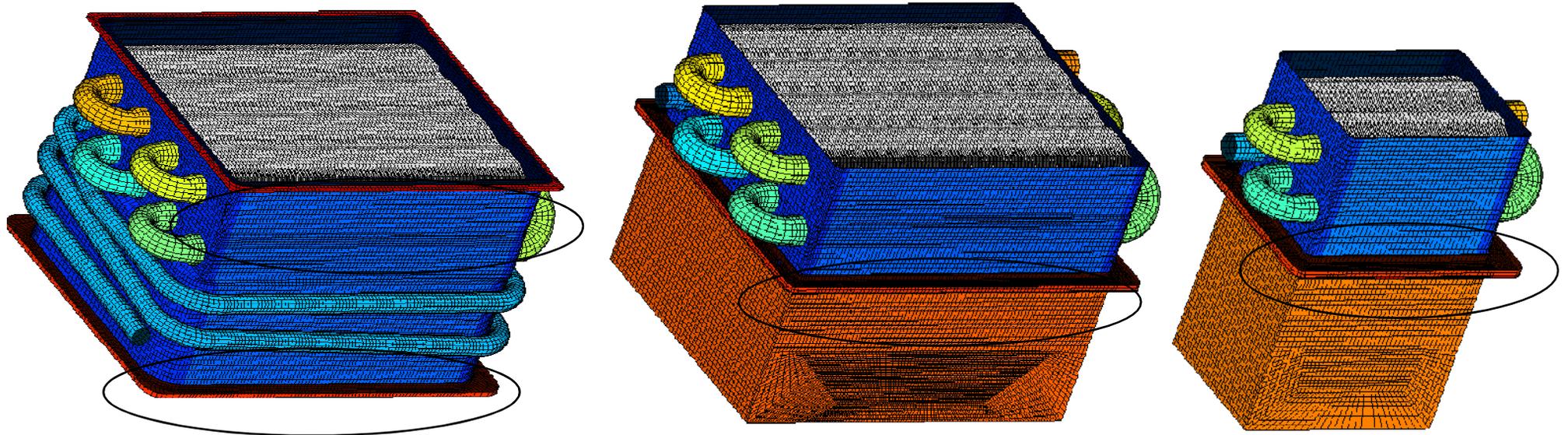
- 1、(アセンブリ) モデルのメッシュ作成
- 2、機器仕様・運転条件 ⇒ 計算での諸設定に変換
- 3、ポスト処理・解評価 (必要データをさっと出す)
- 4、大規模・複雑なもの ⇒ 効果的

自動化手段 = (マクロ) スクリプト = 命令の羅列

熱交は、手作業使いこなしでは困難 スクリプトで自動化すれば可能



フランジ (○で囲った箇所) = 不連続的連続 (パッキン&ビス止め)



解析のプロセス

NISA ANSYS
NEI-NASTRAN FrontISTR



*nas *msh *cnt

等を作成

(FrontISTR は、メッシュ&条件設定でファイル2つ作成)

FrontISTR への対応

1、PD_MAGIC (熱交専用)

ソルバーで、FrontISTR を選択

⇒ *Msh を出力 ⇒ バッチ計算

2、MaProMesh (汎用)

モデル作成は従来通り ⇒ スクリプト

出力、節点出力、要素出力、節点出力カード、要素出力カード

で *Msh *cnt ファイルを出力 ⇒ バッチ計算

何故専用ソフトを作るか？

CAEにおける最難関 幾何偏微分 を良好に行うため

$$\frac{\partial}{\partial x} \quad \frac{\partial}{\partial y} \quad \frac{\partial}{\partial z}$$

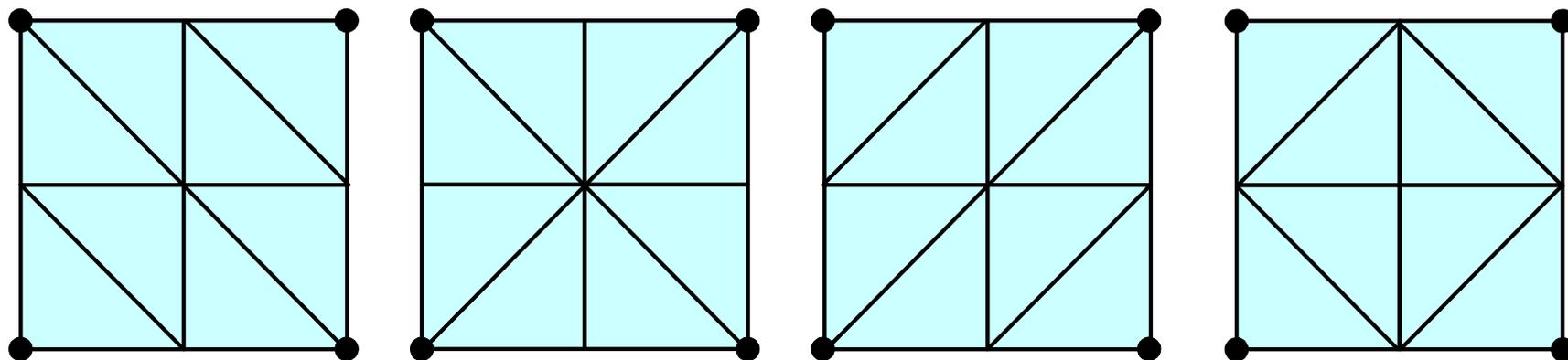
軸に沿った、物理量分布の 傾斜・勾配

Xで偏微分 YZは定数とみなす

偏微分を計算する 2つの方法

- 1) 直交方向の、(2点)の物理量差と距離から計算
速い 直交性が必須
- 2) 場を表す 関数を直接偏微分して計算
三角でもOK 遅い

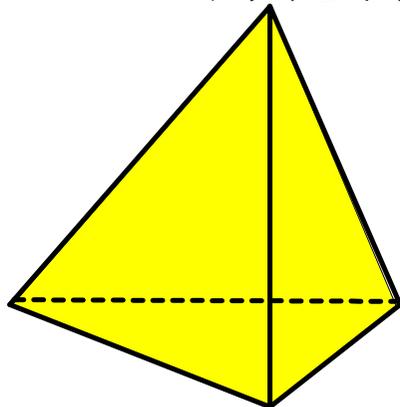
メッシュを細かくしても解消しない テトラ要素の問題



形状関数の変動大 1 節点が共有する要素数の変動大

⇒ 設計構造 CAE では致命的
ケース次第 実態やや不明

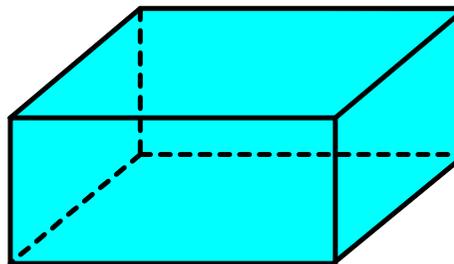
テトラ=三角錐要素



テトラでOK ならば
専用ソフトは不要

縦・横・奥行き 必須 段差
薄肉・多層・積層・貫通・直線
直角に弱い アセンブリは不得意

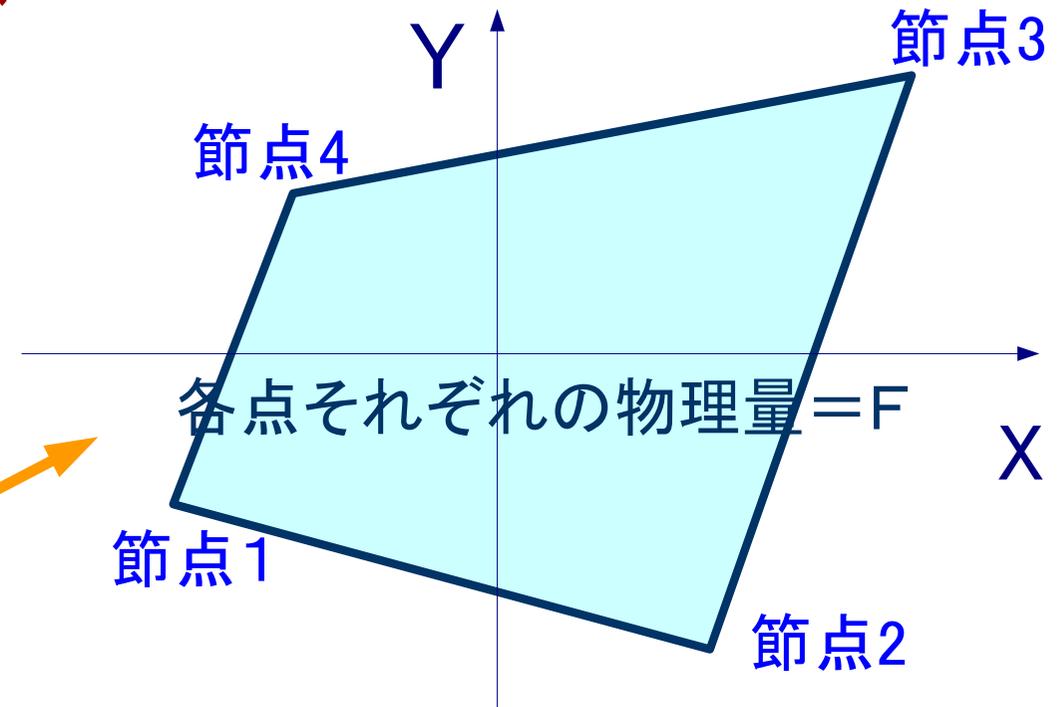
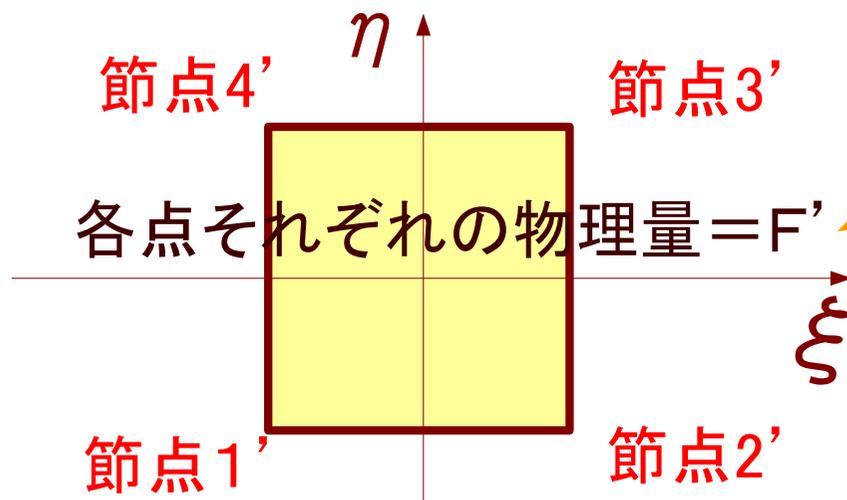
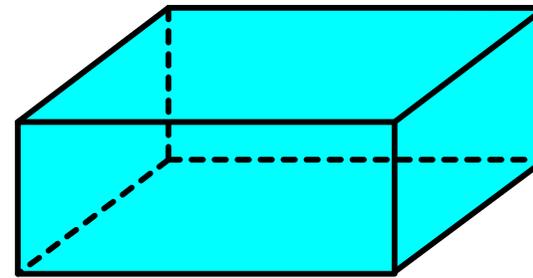
ヘキサ=六面体要素



薄肉・多層・直線・直角
段差 アセンブリに強い
複雑な形状には弱い

アイソパラメトリック要素 (昨今 あまり利用されませんが)
=アセンブリ構造物への形状適応性は良い

直線・直角・段差 等と好相性
アセンブリ (大) 規模問題に対し、
メッシュが安定的



モデリングにおける問題（対応に自動化が不可欠）

- 1、メッシュ品質
- 2、材料・属性などの区分け 条件諸設定
- 3、不連続的結合部（ボルト・ビス止め等）のモデル化（設定）

接合部＝過大な力&挙動複雑 ← 高品質メッシュ 物性設定
すべり条件 等 諸設定必須

構造解析の設計利用＝無駄に高品質&慎重で丁度

内挿関数変動&粗悪メッシュによる誤差防止 諸設定ミス防止

可変性確保 不連続部処理 ⇒ スクリプトでメッシュを作る

融通性可変性を確保した解決策 = コピーと補間で領域分割格子を作る

形状関数や一節点が共有する要素数の変動防止

直交性が求められるメッシュ品質

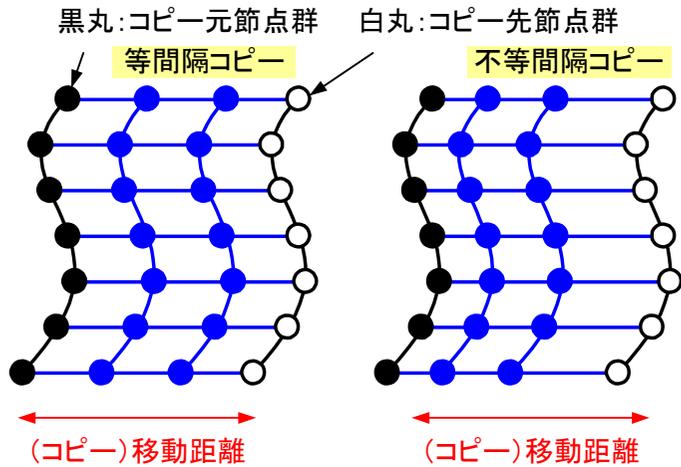
大小パーツで構成される大規模モデル

境界 接合部のモデル化 諸設定 ミス防止など

手作業では対応困難

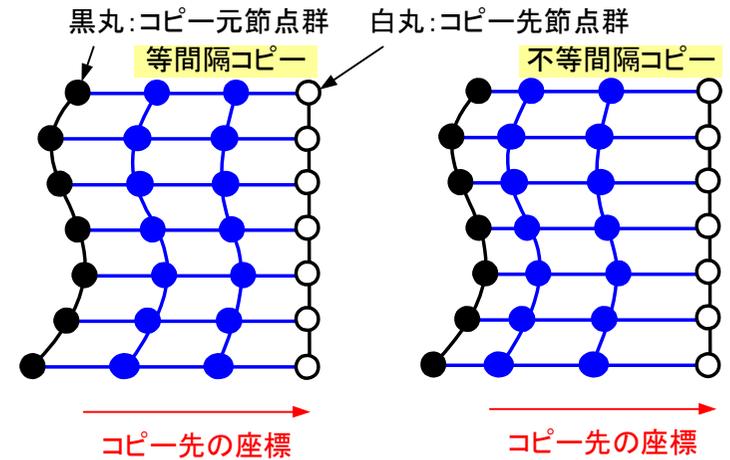
スクリプトで解決させる

節点コピー: 線の平行移動イメージ

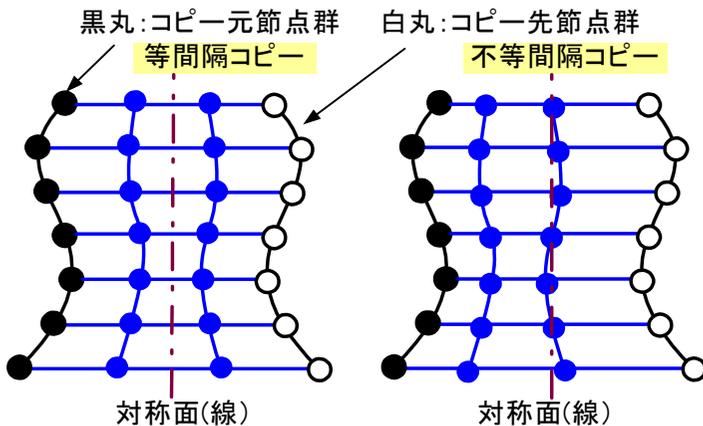


Rと直線で形成される構造格子は、カバー可能

節点コピー: コピー先の座標を(固定)指定

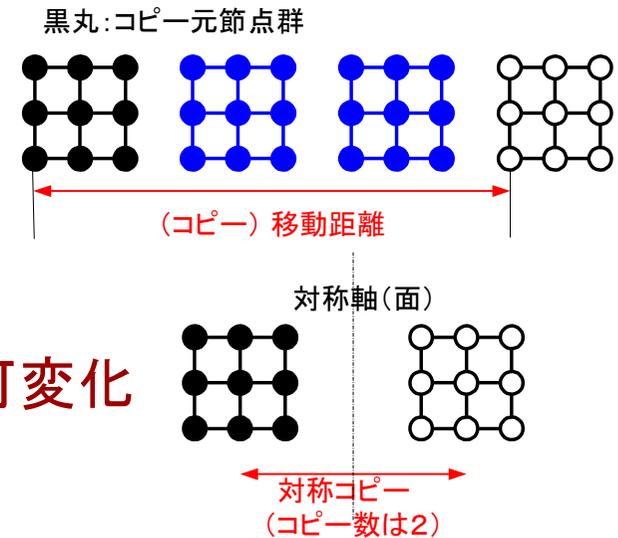


節点コピー: 対称コピー

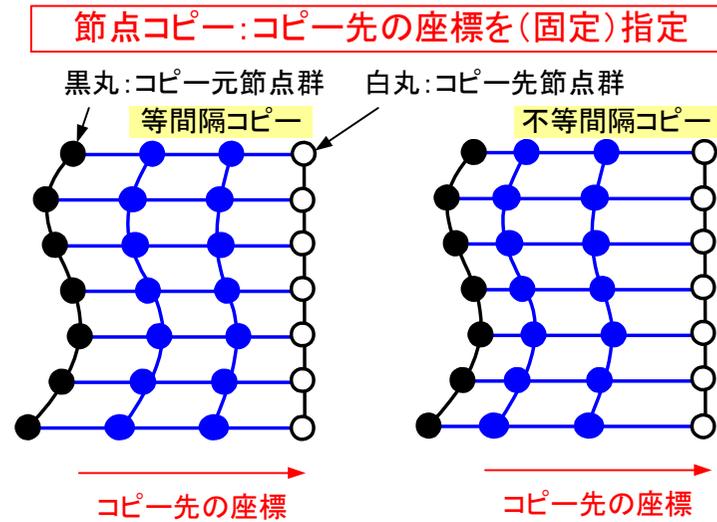


移動距離 コピー数を可変させ
形状&メッシュ数 可変化する

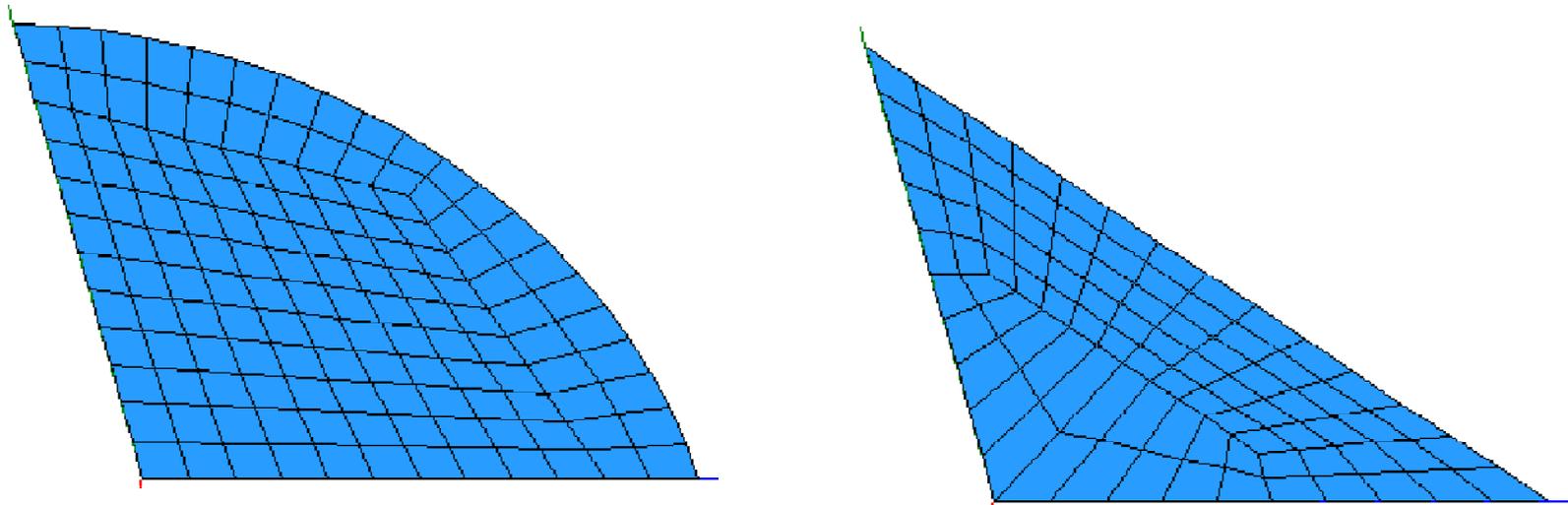
節点コピー: 塊の移動コピーイメージ



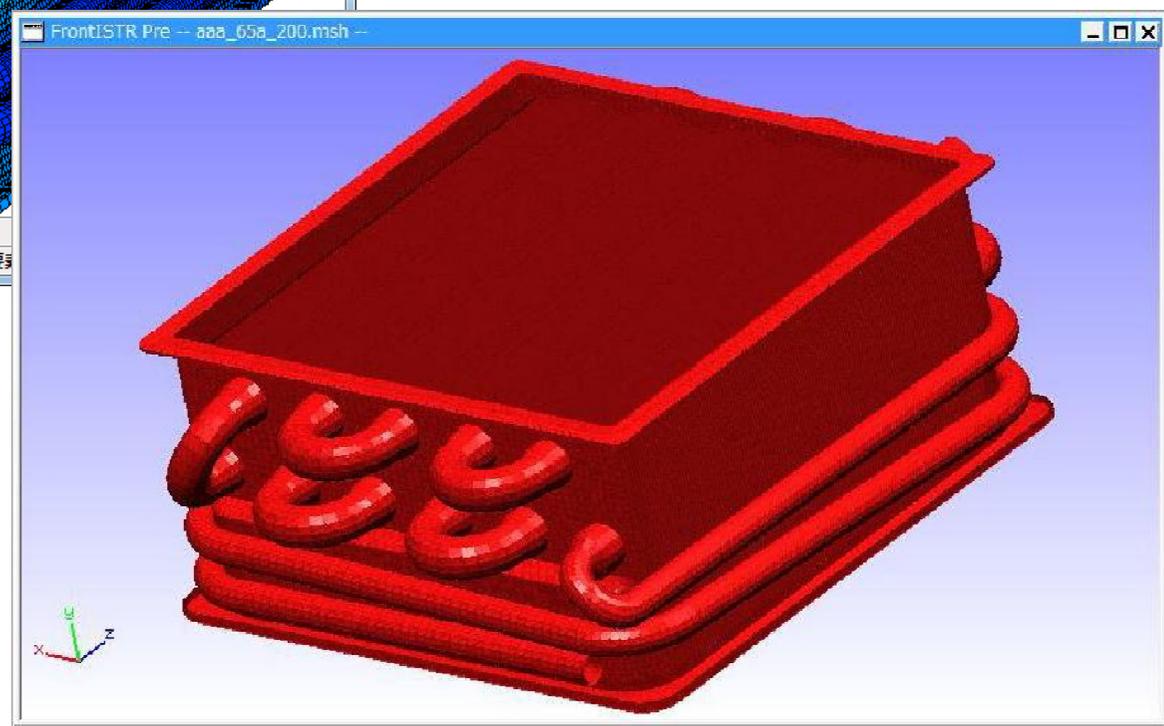
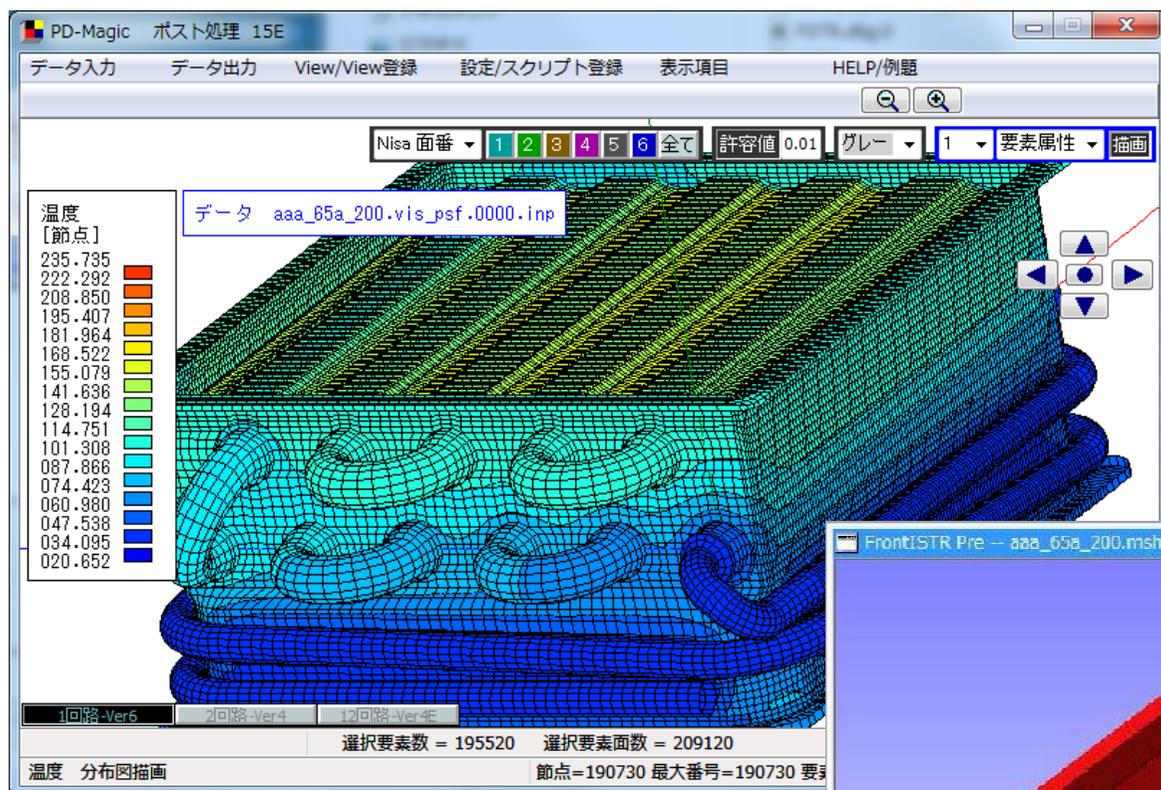
コピー ⇒ 四角っぽい形の作成に適している（筒・パイプもOK）



円・扇 ⇒ 専用の作成命令で作成



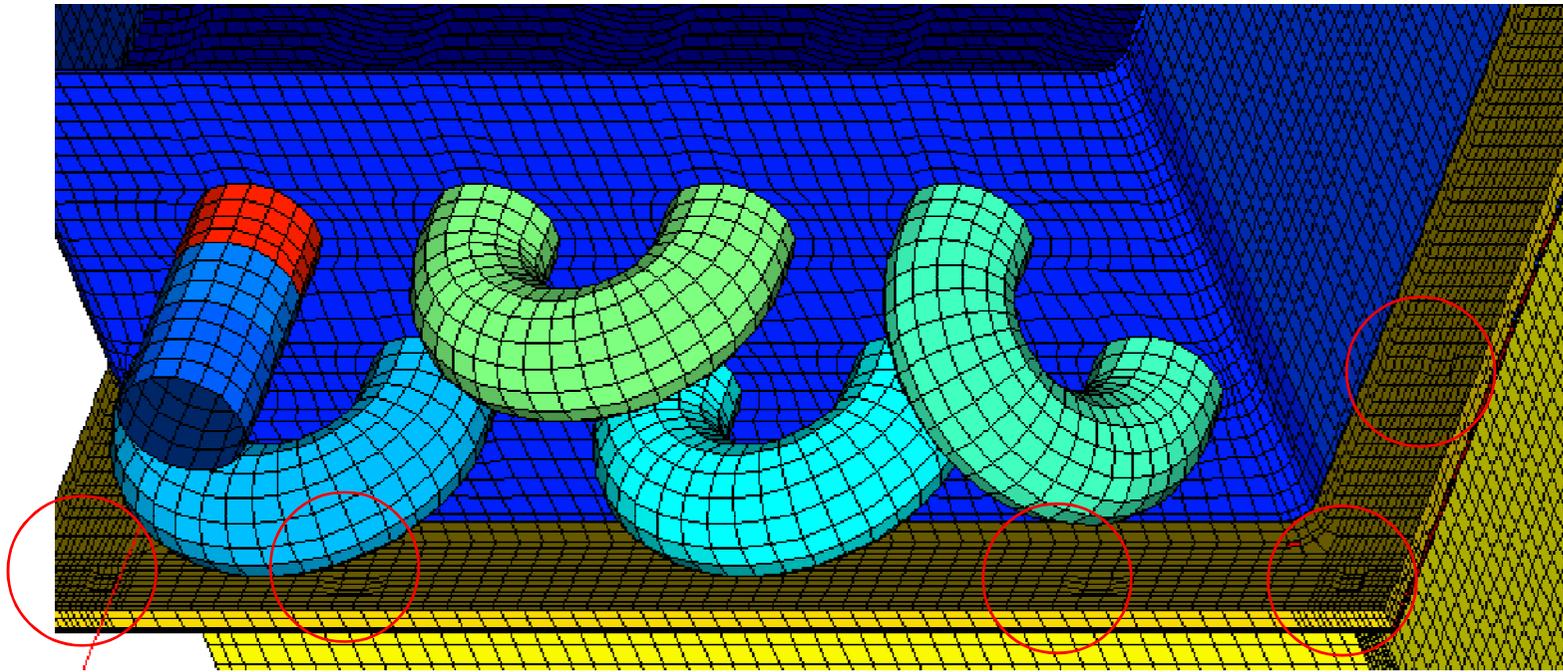
FrontISTR シェル要素 伝熱解析 MaProMesh での可視化例



伝熱条件

!Film等記述 *.cnt 自動生成
本事例用途は、特定用途用
PD_Magic 名前を変えて提供
(紛らわしく 申し訳ございません)

不連続的箇所のモデル化 (大雑把でまだ未完の域)



ボルト止め等の事例は、当日スライドにての予定

ビス・ネジ・かしめ・ボルト締結 など

設計における超基本のモデル化が難しい ⇒ 普及阻害要因

接合部 ⇒ 過大な力が発生 ⇒ メッシュ品質は重要

⇒ スクリプトでモデル化が○思われる

入力は
表ベース簡単ポン

工数⇒最小化

成果⇒最大化

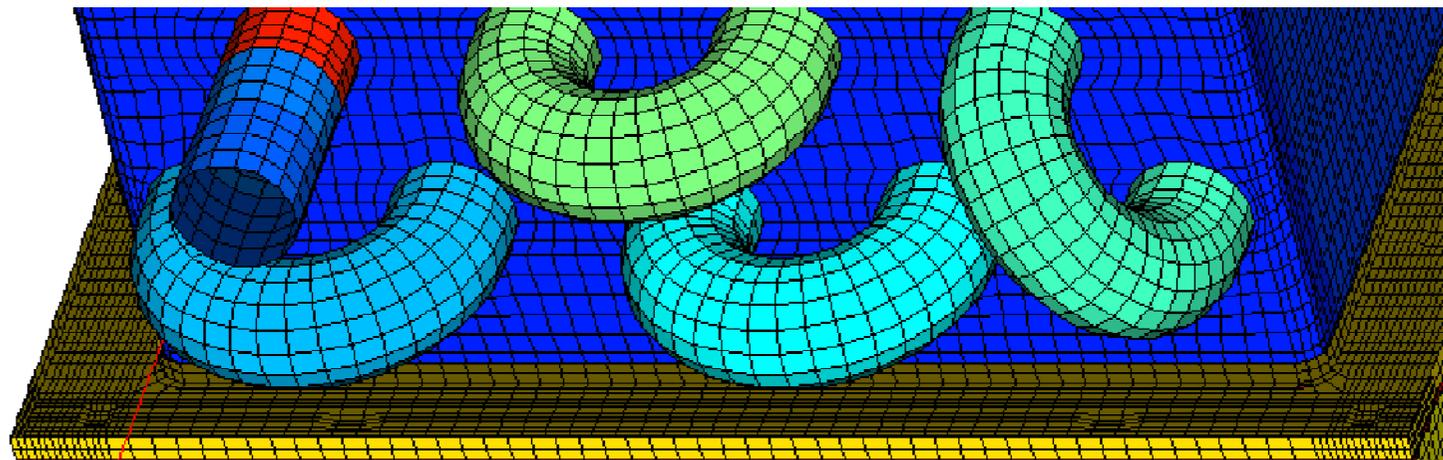
生産性

堅実性

信頼性 UP

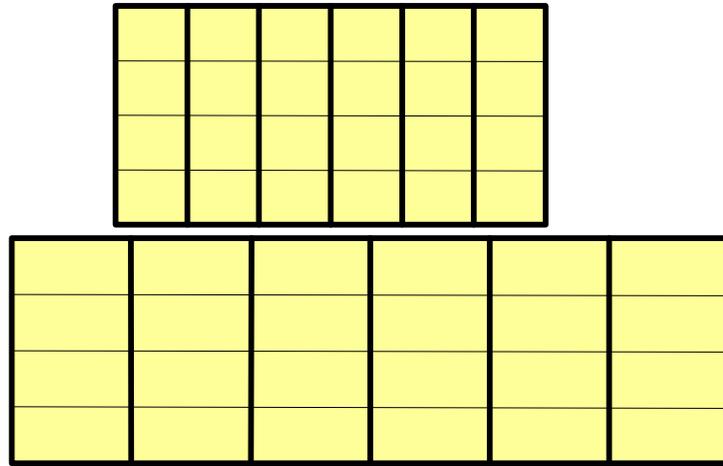
パラメータウインドウ

(4箇所コーナー ネジ位置 x-z)		6	6						
水圧(Mpa)	初期温度(°C)	0.5	0			4			
熱交高さ(下上)	胴板厚	-25	50			0.6	3		
両端フィン位置		4	6	6		4			
(入水)巻水管径	(入水)巻水管肉厚	14.5			1				
バンド(1=奥 2=手前 0=両方)	肉厚	2				0.8			
胴-P溶接(前後)	胴-F溶接(有=1 無=0)	1	1	1					
フランジ板厚	フランジ幅(X-Z)	0.6	14	14			3	3	
胴板フランジ幅	コーナーカット	14	3						
バーナケース高	板厚	100				0.6		0.2	
非燃焼部分(手前-奥)	壁距離	5	5			1.8			
ヤング率MPa	膨張係数	118000	1.86E-	0.349					
ポアソン									
SP溶接位置(側面-前後)	ネジ位置(側面-前後)	4	4				7	7	
X方向SP溶接数-位置(前)		0	20	20		0			
X方向SP溶接数-位置(後)		0	20	20		0			
Z方向SP溶接数-位置(右)		0	20	20		0			
Z方向SP溶接数-位置(左)		0	20	20		0			
X方向 ネジ数-位置(前)		2	23	23		0			
X方向 ネジ数-位置(後)		2	23	23		0			
Z方向 ネジ数-位置(右)		2	26	26		0			
Z方向 ネジ数-位置(左)		2	26	26		0			
<4箇所コーナー ネジ位置 x-z		6				6			
Version	Sversion	#Soft	1.4015			#Script	1.4850		
繰返設定	メイン画面にパラメータ表示					Classic			消去

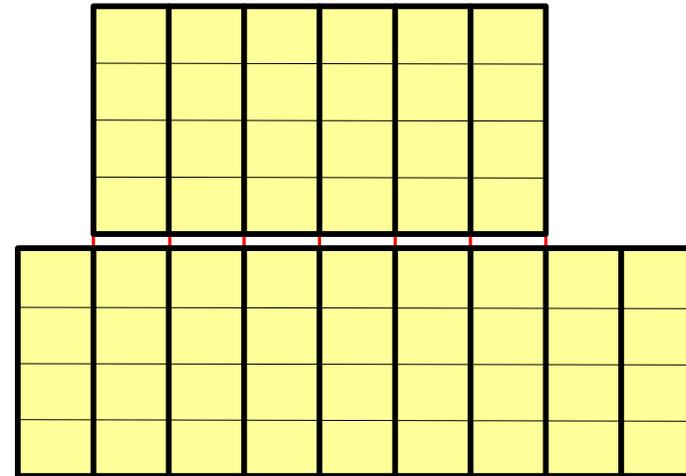


8 を選択
⇒ Front ISTR
で出力&計算

接触境界で、メッシュが一致していると かなり有利
計算模索が色々可能



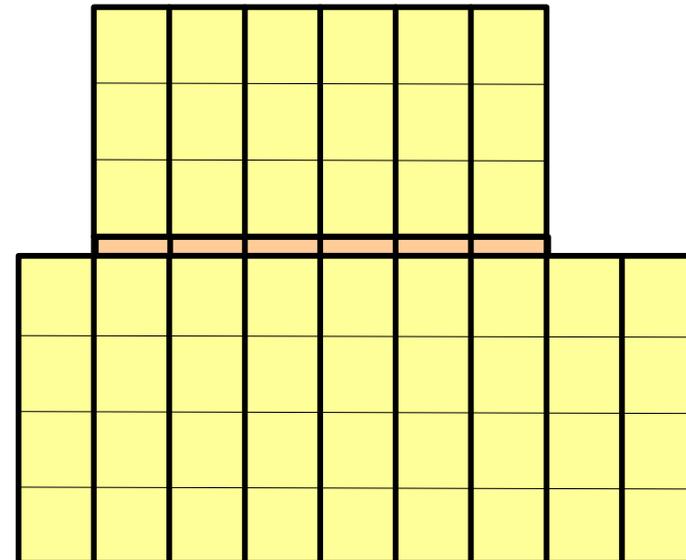
不一致



一致

他の領域と、同一の要素で接続
(物性は異なる)

⇒ 簡単な線形計算に置換え等



スーパーコンピューティングへの期待と不安

大規模構造解析に適した良いモデリング手法がない

メッシュ細かくしました ⇒ 問題温存 解決に遠い

既成概念を打破る 発想が必要

スパコン計算は 物質工学・創薬・バイオ等が優勢

CAE 方面は成果がショボく終止する懸念あり

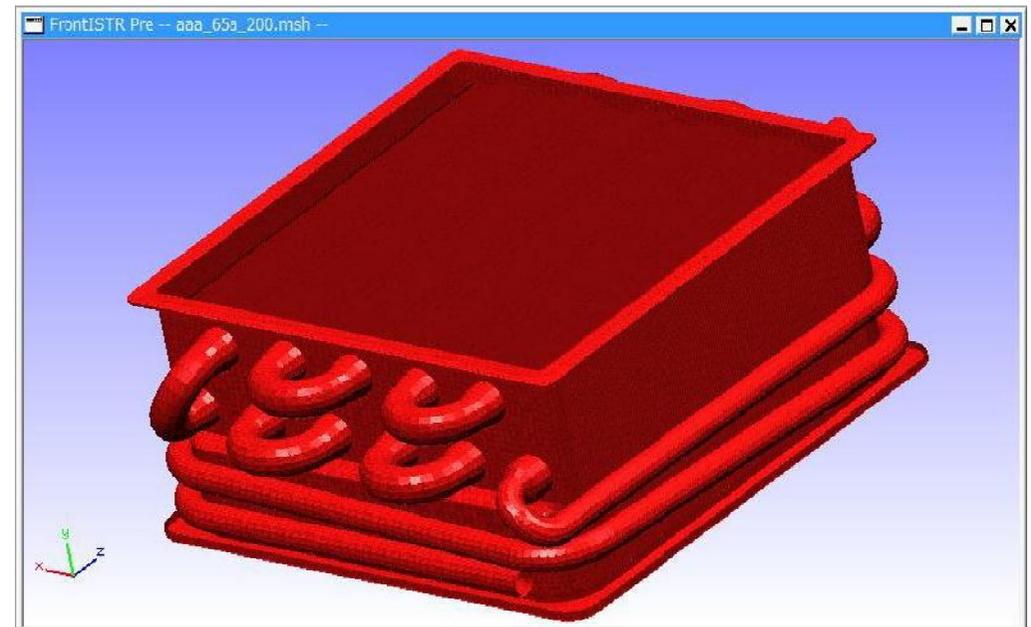
適切なモデル化&設定に

モデリングの革新が不可欠

GUI 操作 手作業の限界 の限界

デローニ等の自動メッシュの限界

(メッシュ品質・諸設定・領域区分)



スーパーコンピューティングに求められるもの 期待されるもの

手では手に負えず その解消術に期待

(スクリプトで) 不連続的モデルを適切にモデル化

自動化で 負担減 ミス撲滅 生産性 信頼性 精度UP

計算技術の進化 または 進化を速める技術の登場

六面体二次要素など、高精度な計算の推進

熱機器については 亀裂の対応 (ソルバー) に期待

最小工数で最大成果

海外にない独創的日本的 CAE

有限会社熱解析創研

石井順造

