血流解析における流れと壁面の連成

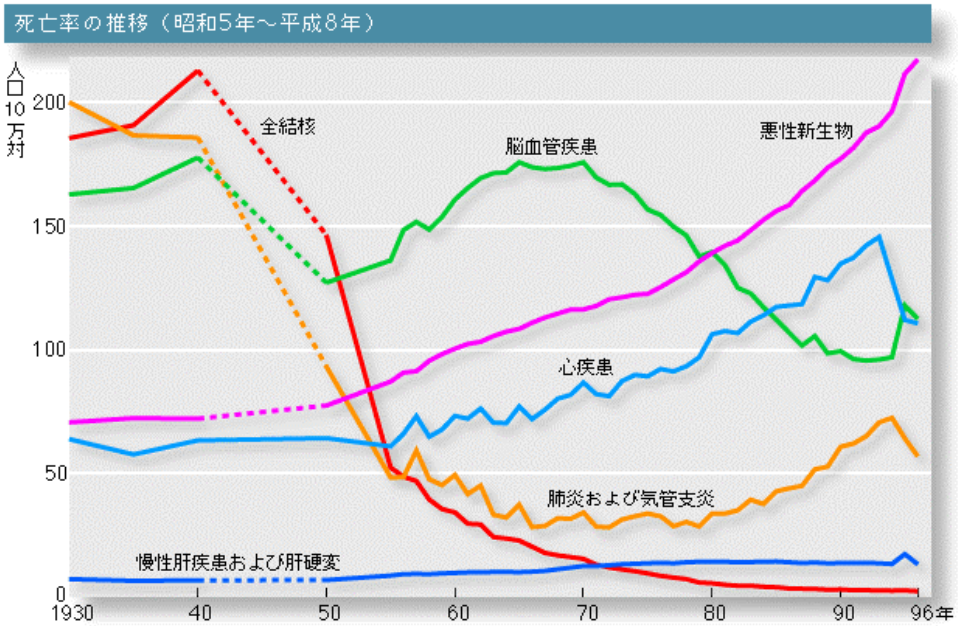
理化学研究所・情報環境室
姫野龍太郎

Outline

- 血流解析の重要性
- 血流解析の難しさ
- 構造流体連成問題の解法
  - メッシュが界面に沿って動く
  - メッシュは固定、界面はメッシュの中を動く
- 2つの方法の得失

血流解析の重要性

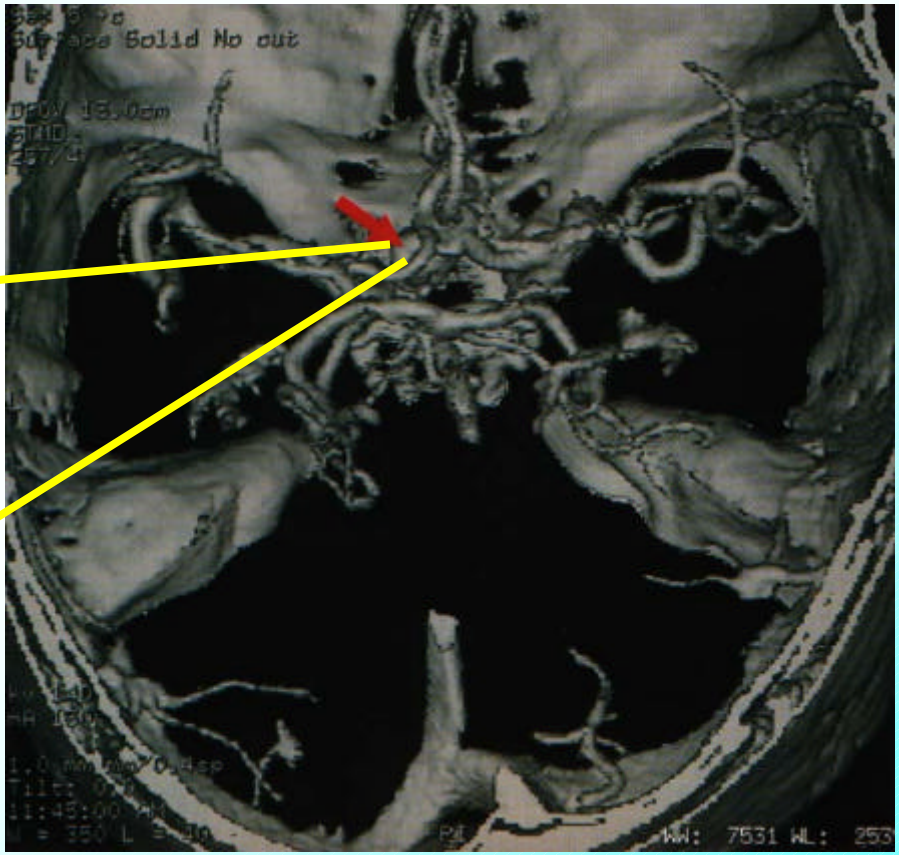
- 日本人の死因の2，3位が循環器系
- 働き盛りの突然死
- 死亡率が高い



Newton別冊病気が分かる本からの引用

脳動脈瘤の場合

- 動脈瘤の存在確認は容易。しかし、・・・



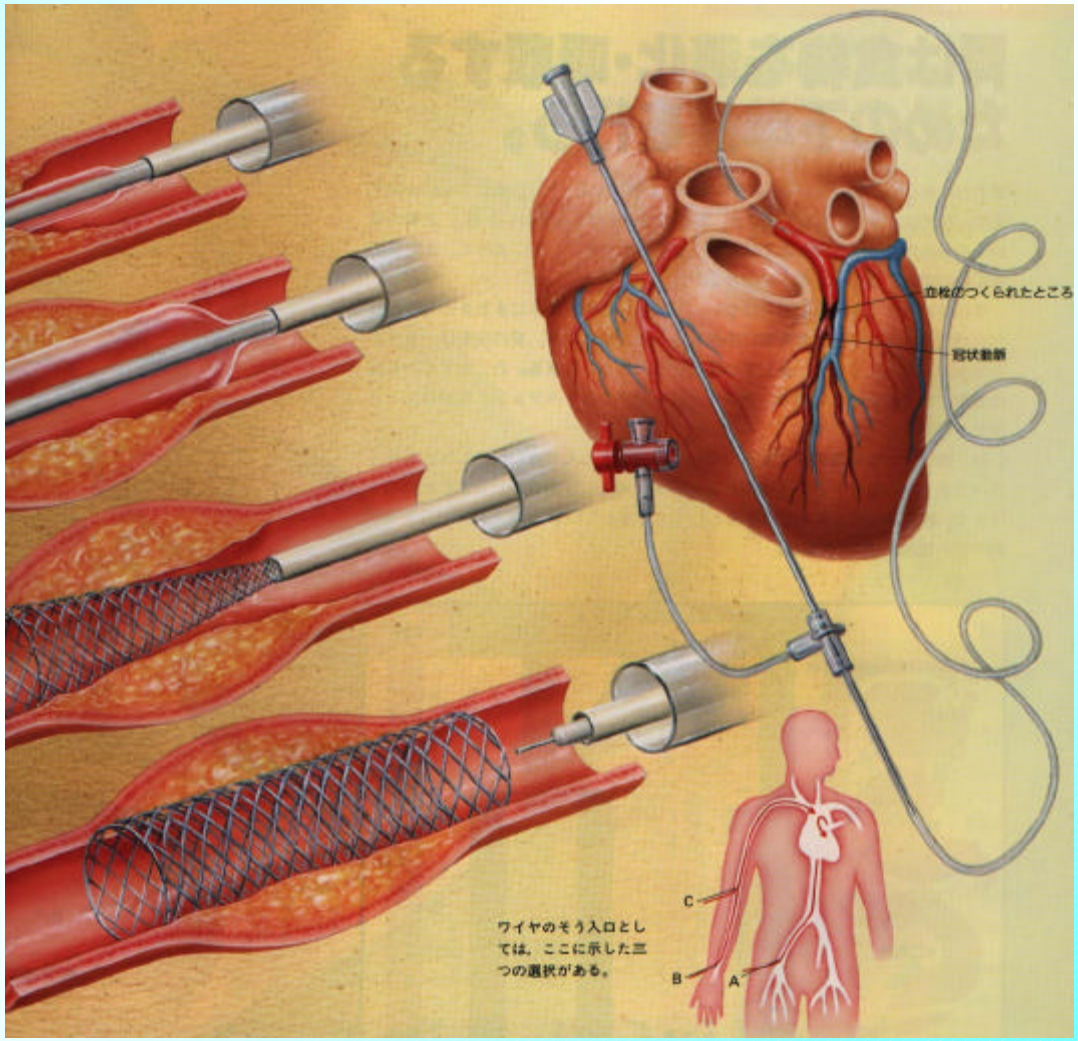
- 治療すべきかどうかの診断は困難

Newton別冊病気が分かる本からの引用

心臓疾患の場合

ステントの太さは？

長さは？



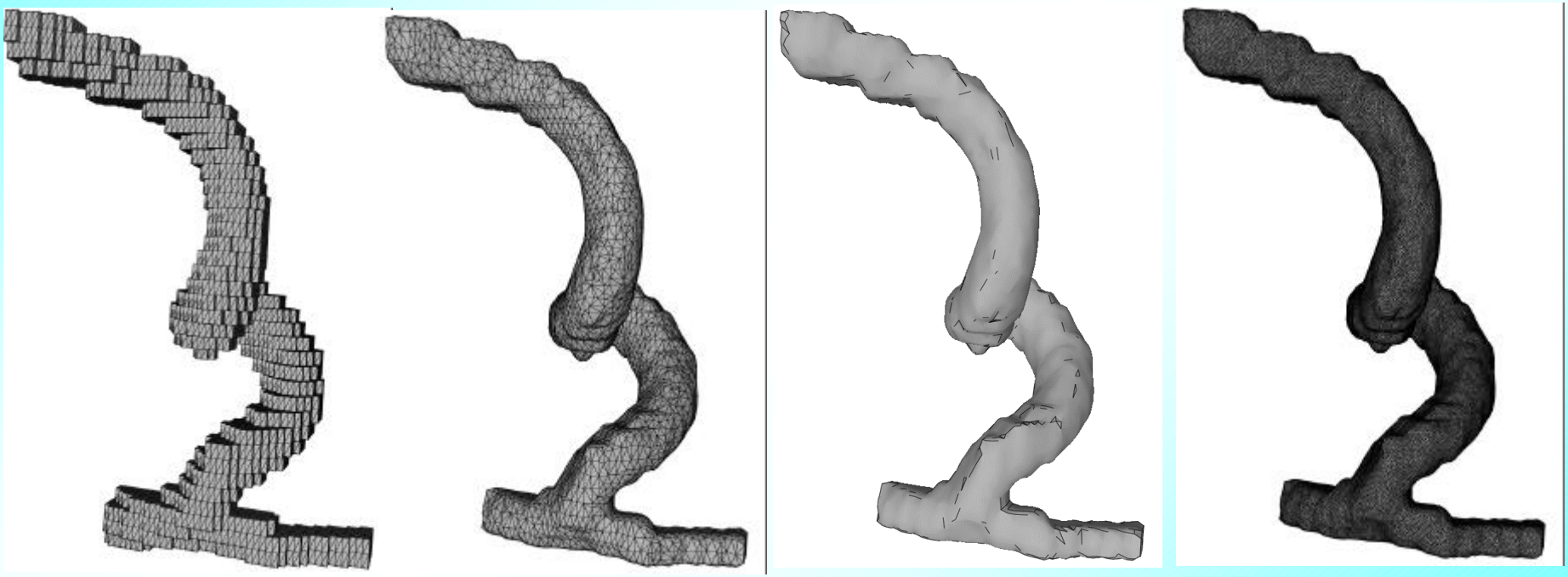
Newton別冊病気が分かる本からの引用

血流解析の難しさ

- 流体構造連成問題
- 医療機器からの形状の抽出の問題
  - 精度・患者への影響・実験の困難さ
- 生体の適応
- 血栓などの化学反応

形状抽出

- Juan Raul Cebral and Rainald Löhnerによる



Tessellation　Smoothing　Patch Recovery　Mesh

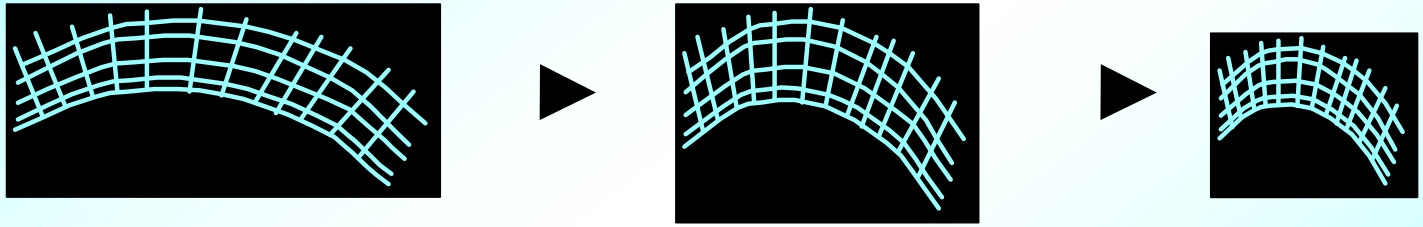
他分野での構造流体連成問題

- 航空
  - 翼のフラッター、NASAの大型風洞での事故
- 原子力
  - もんじゅの事故
- 建築・土木
  - タコマ橋の風による倒壊

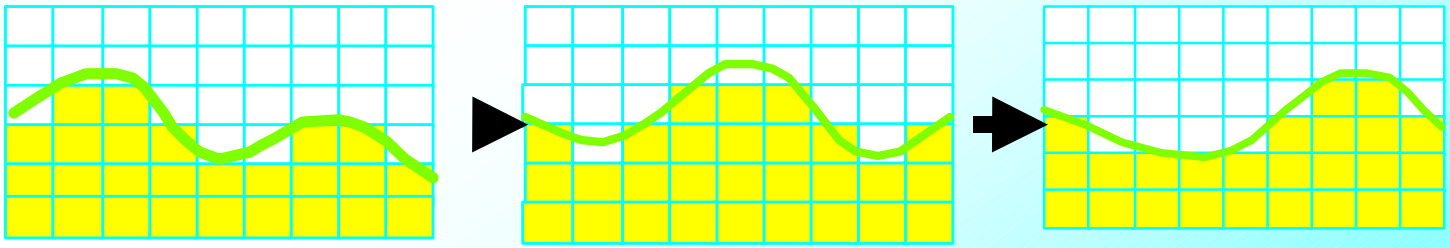
- この他にもたくさんの例。工学的にも重要

計算方法の分類

- 形状の変化を追いかける動メッシュ型

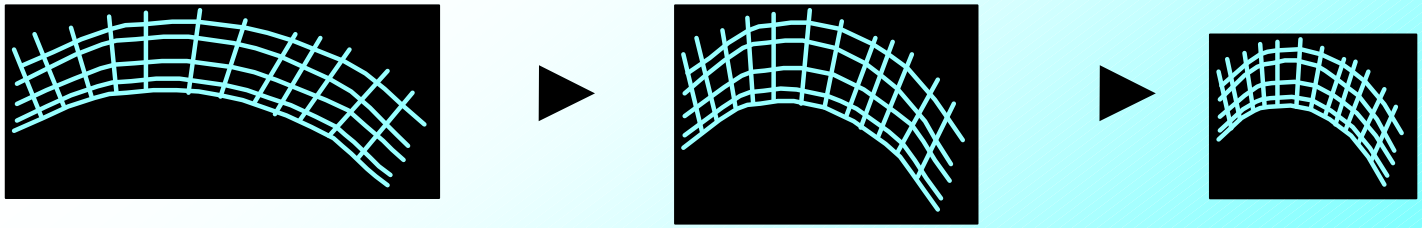


- 直交格子内を界面が動く静止メッシュ・動境界型



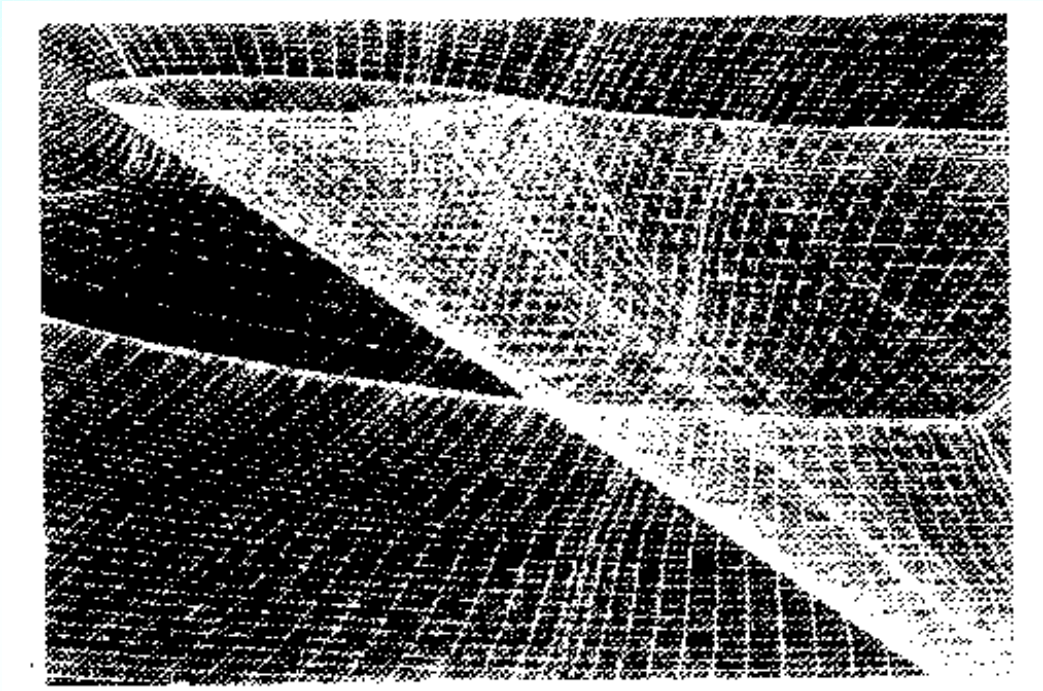
動メッシュ

- 緩結合法 (Loosely coupling method)
  - 構造計算と流体計算を分離
  - 力と変位をやりとり
  - 既存ソフトの流用
  - 種々の緩法の組み合わせが可能
  - ALE法も同じ考えによる



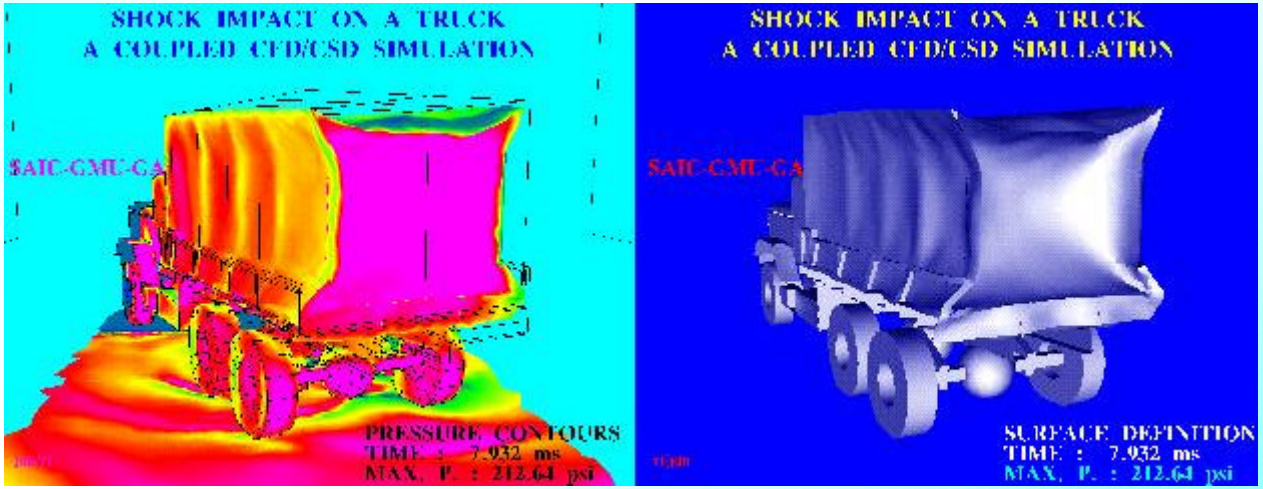
航空機の翼での解析例

- 3次元流体計算＋構造解析
- 理化学研究所・航空宇宙技術研究所・原子力研究所



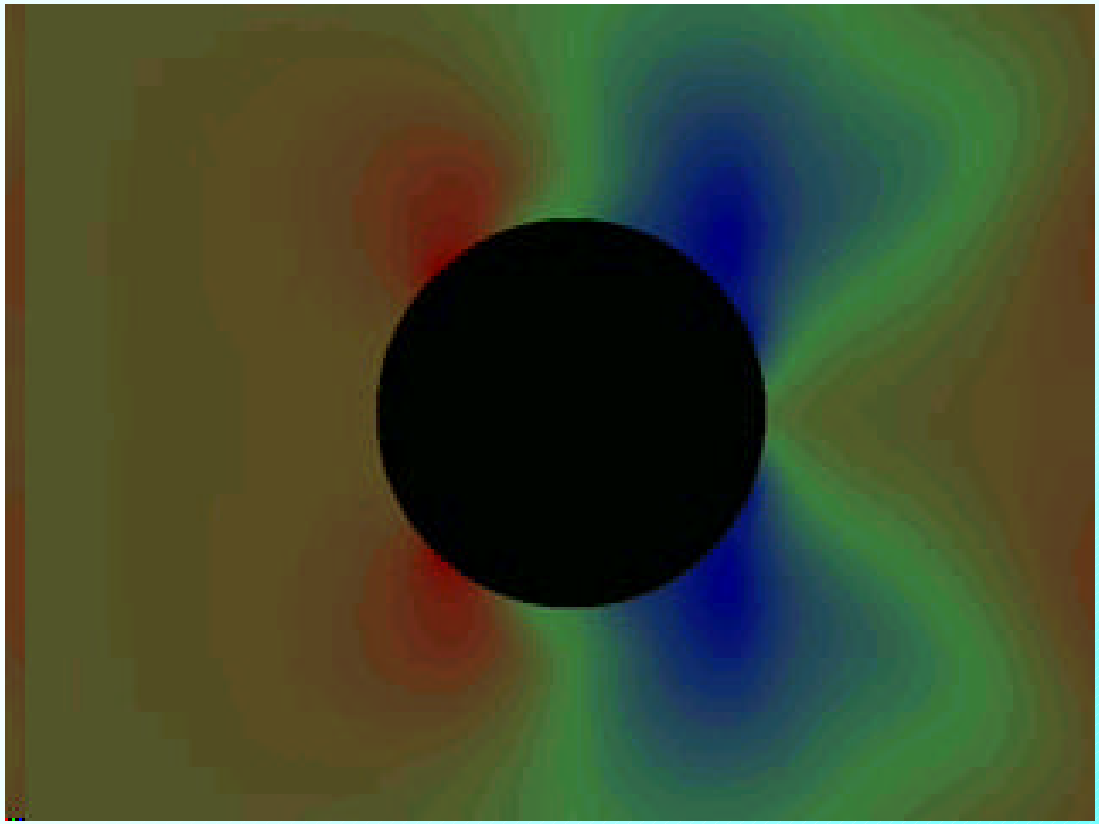
爆風による変形

- George Mason大学Rainald Loehner教授
- 爆風によるトラックの変形計算



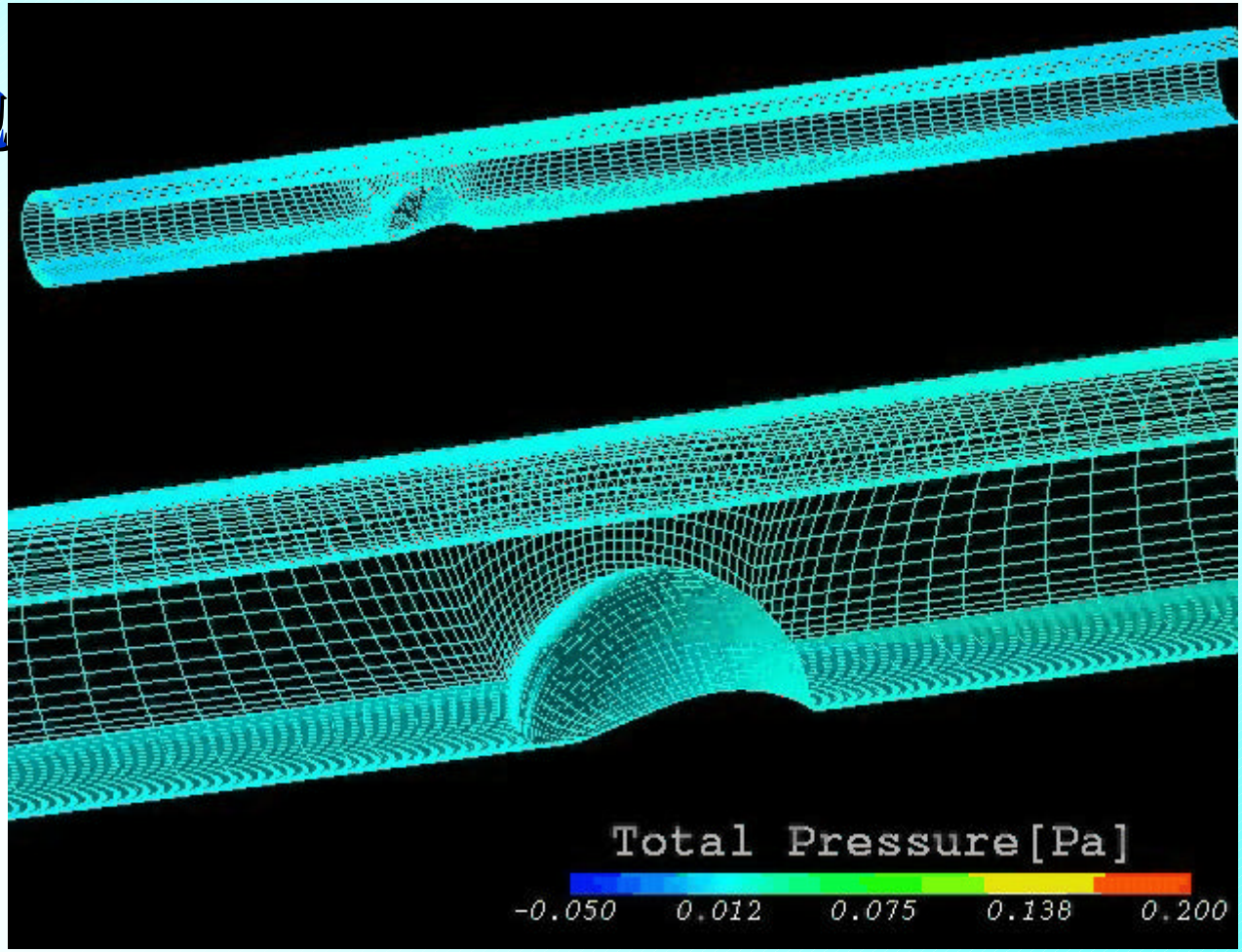
2次元弾性円柱

- 理研　岩瀬他



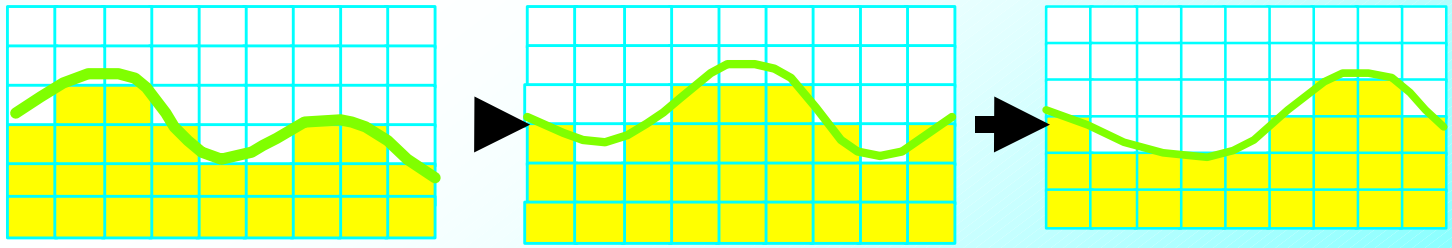
血管狭窄

- 理研：渡辺他



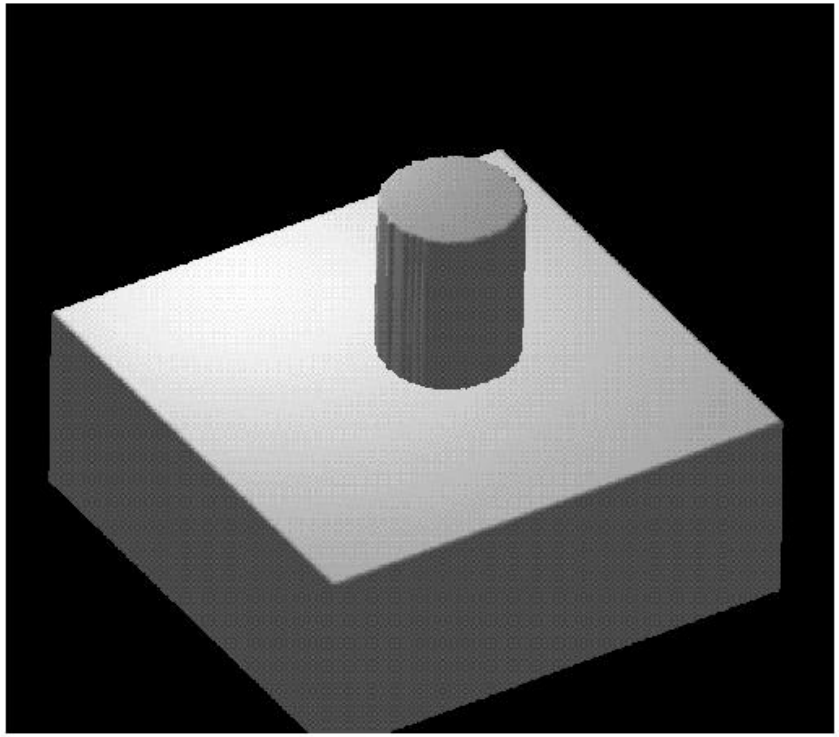
静止メッシュ動境界

- メッシュは固定
- 境界がメッシュ内を移動
- 二相流で使われてきた
- Level Set法、CIP、MARS、Immersed Boundary法など



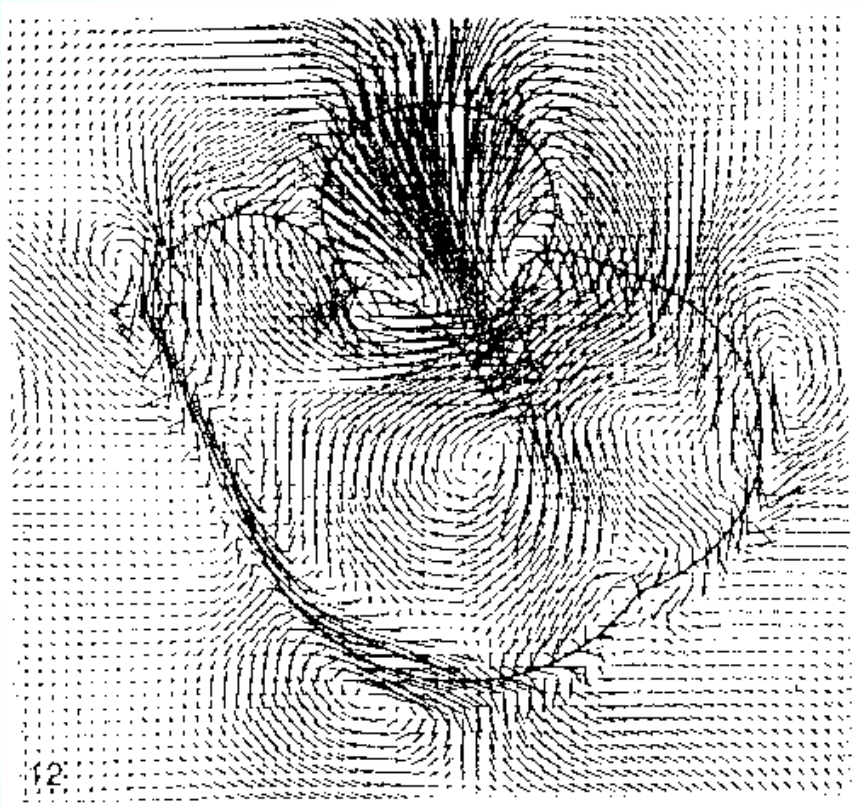
静止メッシュ・動境界の例(1)

- CIP法（東京工業大学：Xiao助教授の計算例）



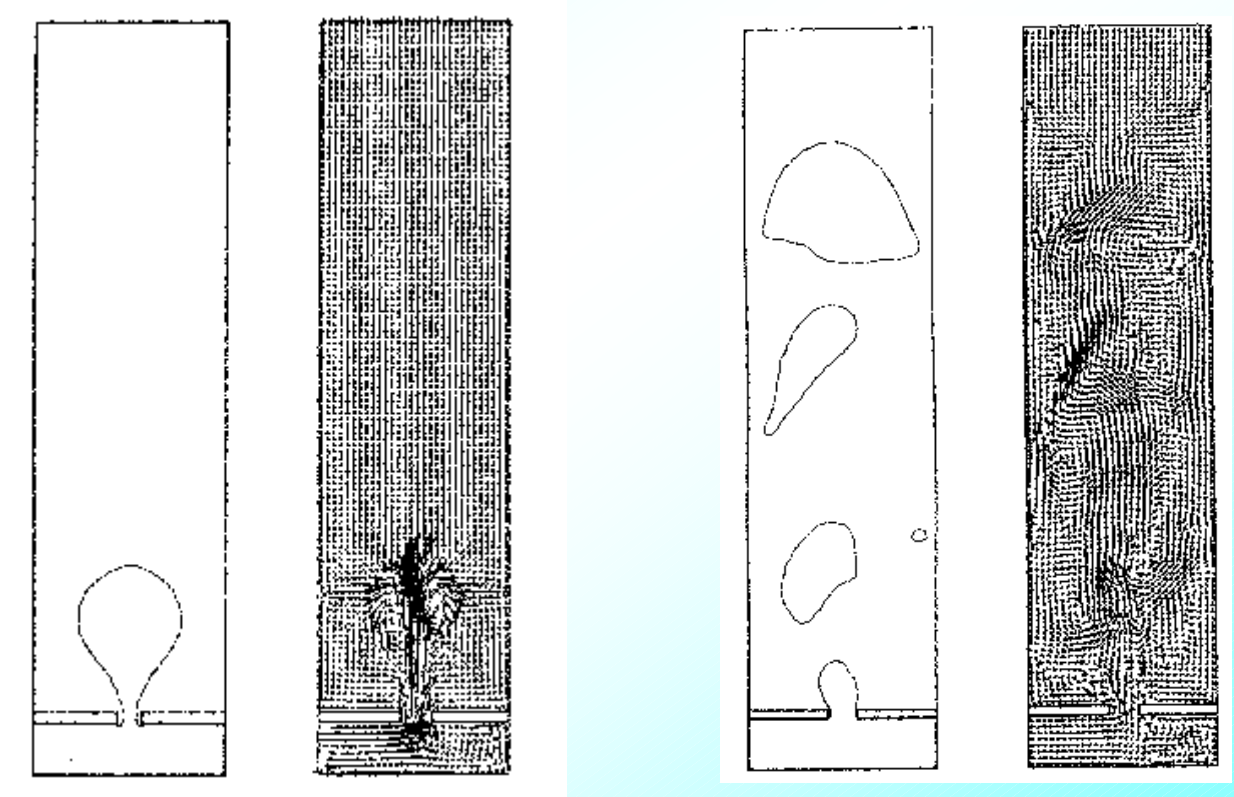
静止メッシュ・動境界の例(2)

- Peskinらによる心臓の解析例



静止メッシュ・動境界の例(3)

- 功刀によるMARS法



解析法のまとめ

	既存の構造解析との親和性	大変形時の計算	CT/MRIとの親和性
動メッシュ	○	×	×
静止メッシュ・動境界	×	○	○

- 細かくみても、それぞれの方法に得失

結論：適材適所

- 静止メッシュ・動境界：
  - 心臓、弁を含む静脈など
- 動メッシュ：
  - 動脈など

- 用途に合わせて使用するのが好ましい