

計算固体力学

1. 緒言

学問の新しい独立した領域として1980年代末期に数値予測工学 (Computational Engineering) が誕生している。本所においては Computational Engineering の一環として数値乱流工学の研究グループが結成され、スーパーコンピュータを用いて乱流の数値シミュレーションが活発に行われている。コンピュータは各種のソフトウェアの開発と相俟って、構造工学の方法論にも革新をもたらした。コンピュータとソフトウェアがあり、その使い方さえ間違わなければ、大方の構造解析が可能であると言っても過言ではないのが現状である。

固体力学および構造力学の分野においてもコンピュータ利用により取り扱いが初めて可能となった新しい問題が発掘されている。新しく発掘された分野は、数値流体力学に対比して、計算固体力学と呼ばれている。名称には固体が使われているが、これは流体以外を示す程度の意味合いであり、研究対象は剛くて堅い固形物に限定されていない。本所では第一部、第二部、第五部の研究者が連携を取りつつ計算固体力学の分野での開発研究に取り組んでいる。研究手法の基礎が数値シミュレーションに置かれているのは当然であるが、やみくもに計算機を走らせるのではなく、物理現象のモデル化の研究とその成果に基づく数理的な解析にも努力が傾注されているのが特色である。また、塑性加工の分野においても統合的な数値シミュレーションの方法論が展開されている。

2. 数値シミュレーションの現状と問題

人間とはほぼ同じ大きさの金属製構造物の挙動予測は均質等方の連続体力学により解析されている。有限要素法または境界要素法による解析は数値シミュレーションの一例である。最近の構造物には非金属材料も用いられており、また構造物の大きさも宇宙基地のように巨大なものからナノテクノロジー分野の極微のものまでと範囲が拡大している。極微のものでは材料定数の測定技術すら確立されていない。また、通常の大さの材料でも、強度等の特性の発現機構の解明が必要とされている。さらに、最近の苛酷な使用条件の下では構造物の極限状態までの挙動の解析が、また新機軸の構造物では納まりに至るまでの過渡状態の挙動解析が重要になっている。材料特性の解明の為には、材料の構成式が与えられていることを前提とする連続体力学の枠を越えた研究が行われねばならない。構造挙動の解析のためには微小変形で安定

状態にあることを前提とする固体力学の枠を越えた研究が求められる。旧来の枠組みを越えるには新しい観点が必要である。新しい観点を生み出すには個々の研究者の独創性と研究者間の相互啓発が不可欠である。本所は、異なる分野の研究者が同じ屋根の下に集っており、所内各所で顔を合わせる時間が実に多いので、連携と啓発の機会には恵まれている。

3. 研究組織

計算固体力学グループは平成3年度から共同研究活動を始めている。現在は、第一部の中桐滋教授、渡辺勝彦教授、結城良助教授、第二部の都井裕助教授、第五部の半谷裕彦教授、川口健一講師とその研究室メンバーが参加しており、各研究室の専門分野は構造強度解析学・固体材料強度学・材料強度機構学・計算力学・シェル構造学・空間構造工学の多岐にわたっている。

4. 研究成果の概要

中桐研究室では構造シミュレーションと構造工学における知識の体系化の研究を行っている。

- ・構造諸元のシフト・シミュレーション
- ・確率有限要素法と信頼性解析
- ・軟体力学と軟体の形状決定
- ・ホモログス制約を満たす構造形成
- ・骨および歯の力学解析

渡辺研究室ではき裂、転位等 (固体内) 非連続面に関する力学の体系化が行われている。

- ・き裂エネルギー密度の概念による計算破壊力学
- ・非連続モデルの開発と各種非連続挙動評価への適用
- ・原子面間分離モデルと分子動力学
- ・界面非弾性破壊力学

クリープき裂挙動のパラメータ推定と数値予測
結城研究室では境界要素法を中心とする異材界面力学の研究と知識工学の応用が行われている。

- ・境界要素解析支援エキスパート・システムの構築
- ・異材界面力学への境界要素法の応用
- ・境界要素法における誤差評価と適合メッシング
- ・接着・接合材の境界要素解析と強度評価
- ・電子デバイス (LSI, IC) の熱応力解析

都井研究室では計算構造力学と計算材料学の研究が行われている。

- ・有限要素法による衝突解析
- ・溶解亜鉛めっき時の熱弾塑性構造挙動の数値解析

- ・脆性固体の損傷力学的解析
 - ・多結晶体のメソスコピック・シミュレーション
 - ・ブロック構造体の動的シミュレーション
- 半谷・川口研究室では空間構造の立場から形態形成と形態の安定に関する研究が行われている。
- ・シェル・立体構造・膜の空間構造挙動の数値解析
 - ・空間構造の形態形成の数理解析
 - ・スペース・フレームの動特性の数値解析
 - ・空間構造の動的破壊シミュレーション
 - ・不安定構造の理論解析と構造設計

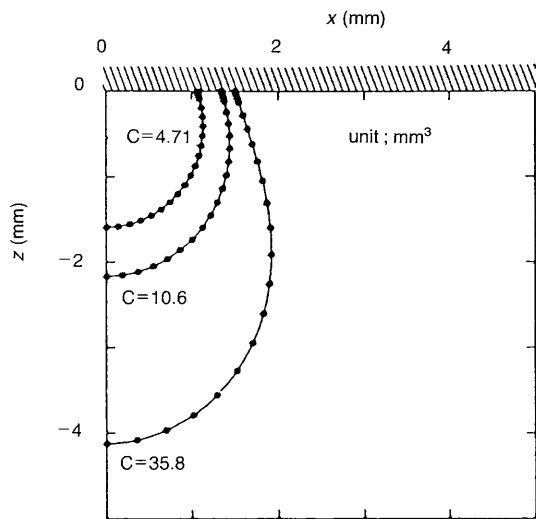


図-1 テフロン面から垂下する水滴形状 (中桐研究室)

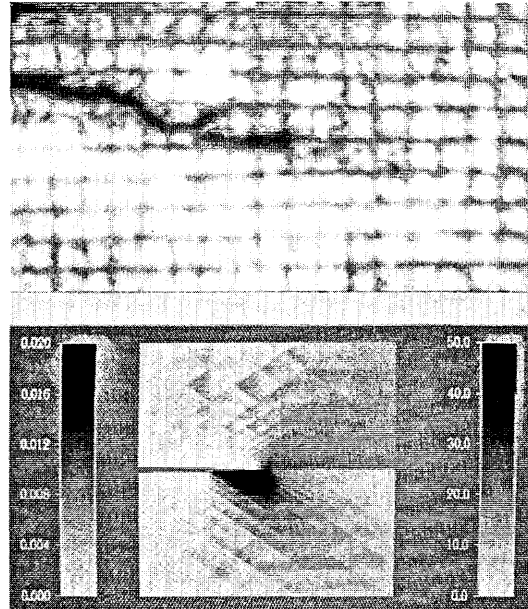


図-2 クリープき裂進展の実験と有限要素解析の比較 (渡辺研究室)

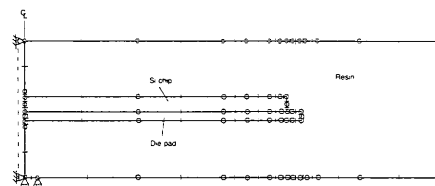
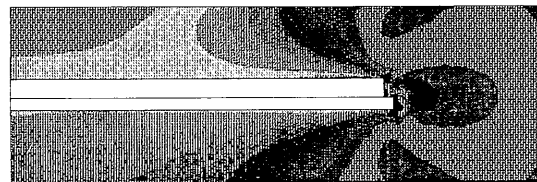


図-3 ICパッケージの境界要素熱応力解析 (結城研究室)

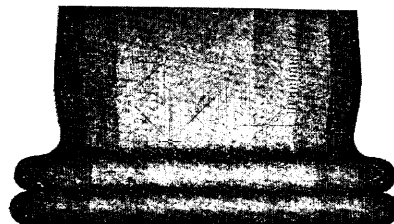
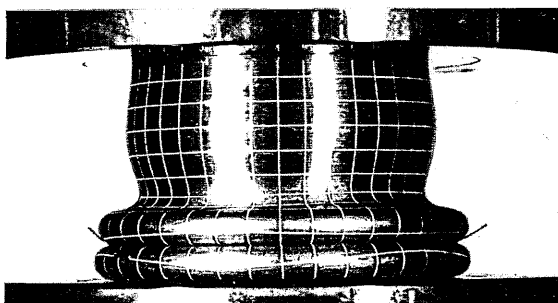


図-4 円筒圧壊の実験と有限要素解析の比較 (都井研究室)

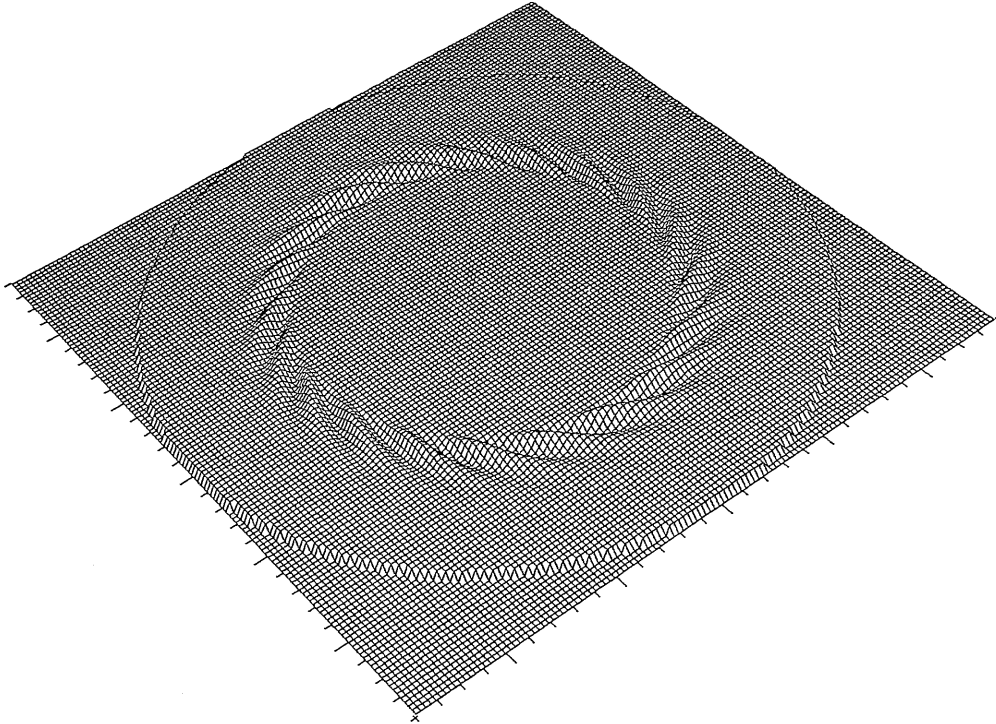


図-5 張力膜に生じる皺波の解析
(半谷・川口研究室)