

工学研究科 機械システム工学専攻 機械現象解析学講座 固体力学領域



研究室紹介

渋谷 陽 二*

Solid Mechanics, Department of Mechanical Engineering and Systems

Key Words : Solid Mechanics, Multiscale Modeling, Mesomechanics,
Scanning Electron Acoustic Microscopy, Occlusion Mechanics

1. はじめに

1998年4月に神戸大学より本領域に転出してきてから、早2年がすぎたところである。机も実験装置もない状態からスタートし、学生も今年でようやく修士がフルにつまり、頭数だけはなんとかそろってきた感がある。幸いにして、機械系では新設講座に対する立ち上げ時の財政的な援助をしていただいたことで、とりあえず必要な机や書庫、実験用備品などの物品の購入などが一段落し、これから実験装置の本格的稼働を含めた研究体制の立ち上げを行おうとしている。したがって、本来なら、研究室の精力的な活動をPRする本欄であるが、当研究室では今後めざそうとしている事柄を中心に述べることになってしまうこととお許し願いたい。

2. “comec”について

当研究室のサーバマシン名は、“comec”と称する。これは、以下のキーワードの共通語として考案した造語である。

- **c**ontinuum **m**echanics (連続体力学)
- **c**ooperative **m**echanics (協同現象力学)
- **c**ollective **m**echanics (集団現象力学)
- **c**ollaborative **m**echanical engineering (共同研究体制)

“co”という接頭語には、「共同」、「共通」、「相

互」という意味があり、原子・電子からマクロな連続体までを視野に入れた研究指針、学内・国内外を問わず共同研究が柔軟に行える研究室体制を構築したいという願望から名付けた。また、個々の材料内部構造変化が、連続な系全体の材料変形応答に双方向に関連する集団化現象について特に着目し、今後その力学モデルの構築を理論的・実験的に行いたいと考えている。

3. 現在の研究の柱

(a)「魚群のような転位網の集団化を探る」

材料に外部負荷、例えば鋼の丸棒に単軸引張りが作用した時、マクロにはくびれに代表される局所変形を示す。そのようなひずみの集中部には、転位網の自己組織化がよく見られる。金属学的な基本メカニズムで運動する個々の転位が力学的に相互作用する結果、転位群となり集団現象をし始める。そのような一連のスケールに依存した力学現象を、マルチスケールな力学的モデリングにより解明しようと研究している。具体的には、

- 単結晶シリコンやアルミニウムのナノインデンテーション下に生じる転位網観察(図1)



図1 シリコン単結晶のインデンテーション下の転位網観察例



* Yoji SHIBUTANI
1958年5月30日生
1983年大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了
現在、大阪大学大学院・工学研究科・機械システム工学専攻、教授、博士(工学)、固体力学、計算力学
TEL 06-6879-7310
FAX 06-6879-4121
E-Mail sibutani@mech.eng.osaka-u.ac.jp

- ・結晶塑性論に基づく有限要素解析と転位密度の自己組織化を導くセルラーオートマトン法を連結したCA-FEMによる局所変形の解析
- ・3次元離散転位法によるシリコンらせん転位網の生成と相互作用の解析
- ・大規模分子動力学計算による圧痕下の転位生成と成長の解析

といった実験的アプローチと数値シミュレーションを現在行っている。

(b)「周りの目を気にした原子の動きをとらえる」

不均質変形が本質的な固体力学では、前述した局所変形やき裂先端場の挙動、あるいは不均質構造体の変形といったものに興味を持たれる。ところが、原子構造までさかのぼった解析を行う際には、その構造を作り出している場(ポテンシャル場)の評価が最も重要になる。規則正しく並んだ格子構造の場合には、マクロな特性を表現しうる場が適切かもしれないが、き裂や界面といった規則性が崩壊している場では、その周囲の環境に依存した相互作用場の評価が必要不可欠になる。そこで、当研究室では、Tight-binding(TB)法を用いた環境依存型第一原理分子動力学法(TB-MD)による不均質・高ひずみ場の強度評価に関する研究を行っている。具体的なテーマとして、

- ・DLC(Diamond-like Carbon)の薄膜強度評価の解析
- ・シリコンき裂先端場の解析
- ・大規模計算のための $O(N)$ のTB-MD法の開発。

(c)「壊さずに内部の欠陥を観る」

非破壊的に物を観察することは、従来より切望されている重要な検査技術の一つで、すでに種々の手法が提案され実用化されている。当研究室では、立ち上げ時から研究室の目玉になる実験装置として「電子線誘起超音波顕微システム(SEAM)」の開発を行っている。これは、電子顕微鏡(SEM)の電子線を高周波で断続化し、試料の照射面での膨張・収縮から発生する熱波を利用したメソスケール非破壊内部観察手法である。これにより、表面より数ミクロン程度の内部に存在する転位網などの欠陥場を直接観察することが可能になると予想している。まだ、未完成であるが、全体の概観(SEMそのものであるが)、トランジスタチップを試料とするホルダーを図2に示す。

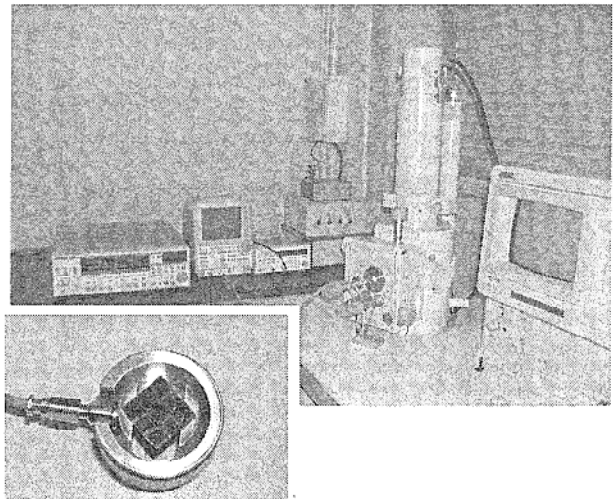


図2 走査型電子線誘起超音波顕微システム(SEAM)

(d)「腰痛は噛み合わせから」

上記の3つとは、大きく異なる題目であるが、力学挙動という観点では何ら違いない。インプラント(人工歯根)植立の力学解析を行ったことに端を発して、現在日本骨膜下インプラント研究会と共同で歯科咬合力学の確立をめざした研究を行っている。最近、噛み合わせの重要性が歯科の分野で言われはじめているが、それを定量的に評価する手法は現在のところない。そのことが、歯科の分野で力学(特に、材料力学)の重要性が十分認知されるに至らない理由と考えている。そこで、当研究室では、オクルーザという咬合力分布を計測する装置(図3)を基本にして、各歯に作用する力とモーメントの評価を行い、それを外部負荷とする脊柱の力学モデルを構築し、歯の噛み合わせの不釣り合い力により生じる腰部などの負担の定量化を行っている。



図3 咬合力・咬合モーメント分布計測システム

4. お わ り に

上記のテーマの成果に関しては、まだ十分なものが得られていないが、<http://www.comec.mech.eng.osaka-u.ac.jp> に概略リストをまとめている。ご興味あればご覧ください。また、これらのテーマは、以下のような共同研究により実施されており、現在修士あるいは博士課程の学生の現地滞在を含めた研究活動を行っている。

- (a) のナノインデンテーションに関する実験は、神戸大学工学部機械工学科固体力学研究室(富田佳宏教授)との共同研究,
- (b) のTB-MDを用いたき裂先端場の解析は、独国Max-Planck研究所(Dr.Peter Gumbsch)との共同研究,
- (d) は日本骨膜下インプラント研究会との月1回の研究会の実施と、民間中小企業(アコオ機工)を含めた技術開発を目的とした共同研究により行われている。

