

## 研究概要 第 1 部

## 岡野 研究室 (真空物理)

教授 岡野 達雄 (昭和56年度~)

この10年間の研究室の活動を振り返ると、いくつかの研究テーマはともかくも完成といえる段階にたどり着いたものの、装置の試作段階で留まっているものを数多い。研究テーマの拡散を自戒し、絞込みの重要性を痛感する昨今である。

10年間の前半は、極高真空作成の基盤技術のひとつと自負している極めて低い圧力領域で真空ポンプや器壁からのガス放出を定量的に解析する「コンダクタンス変調型気体平衡測定装置」の開発と試用に少なからぬ時間と労力を注いだ。この方法の原理は、当部門の前任である辻 泰教授と寺田啓子技官により提案され、超高真空排気ポンプの動作特性の解析に使用されていたが、この方法を $10^{-10}$ Pa以下の圧力領域でのガス放出と排気過程の解析に応用するための装置開発を、科学技術庁振興調整費などの交付を得て進めた。写真は、完成した装置の全体像である。 $10^{-10}$ Pa領域においてポンプの排気速度が自己ガス放出のために如何に低下していくかを初めて定量的に明らかにすることができた。また、ポンプの排気速度測定と同時に、器壁のガス放出と圧力計の感度校正を $10^{-10}$ Pa領域で行えることも確認し、極高真空発生技術の診断装置として有用であることを示した。

固体表面や電子分光の研究においては、シンクロトロン放射光による原子核の励起に伴う内部転換電子放射の研究が、最近になって実験データの取得にこぎつけることができた。この研究は、以前から当研究室で進めていた電子線によるピコ秒飛行時間分光法の応用研究と考え、核共鳴X線光学の研究を主宰しておられた東大工学部菊田惺志教授の示唆により開始したものである。当初は、すぐにもデータがでるものと思い、内部転換電子を検出しないうちから、時間分解能の高速化とか試料移動機構の自動化を進めたのであるが、このような共用ビームラインでの研究に不慣れた面もあり、多くの教訓を得たのみで実際の測定データは取れないままであった。平成9年に西播磨に完成した第三世代放射光施設であるSpring-8での実験時間を平成10年の春に分けていただき、ようやく鉄同位体からの内部転換電子放射の測定に成功することができた。研究室員の献身的努力の賜物である。必ずしもこのテーマのみに専心していた訳ではないが、研究開始から8年を要した。大学において息長くひとつのテーマを続けていられることの有り難味を実感した。付図は、平成10年の測定で、我々が初めて得た内部転換電子放射の時間スペクトルである。共鳴励起された原子核のもう一方の緩和過程であるX線放射で

見られるような量子ビートや多重散乱効果による振動はほとんど見られず、単純な指数関数減衰となることが実証された。また、試料内部での格子振動の励起を伴う非弾性内部転換電子放射の効果も確認され、今後、固体表面や界面の局在フォノン状態密度の測定に応用しうることが判った。

これ以外の研究テーマでは、電界電子放射と低速電子分光の研究が並行していたが、上記のテーマにエネルギーが注がれたこともあり、「夜明け前」の状況である。電界電子放射の研究では、位相コヒーレンスの高い二次元電子系や超伝導体などからの電界放射実験に取り組んでいるが、データ取得までは今1歩のところである。本研究テーマの実施にあたっては、超格子材料の作成から加工に至るまで、第3部棟研究室をはじめとする所内デバイスグループのご協力を得ている。

低速電子分光の研究目標は、低温金属表面に凝縮した水素分子のオルソパラ転換過程の解明であった。低速電子分光法の範囲ではほとんど進展はなかったが、平成7年度に研究室を開設した福谷研究室が熟達している固体表面のレーザー分光法との連携により、水素分子の核スピン転換プロセスの研究に新しい手法を導入すべく努力している。

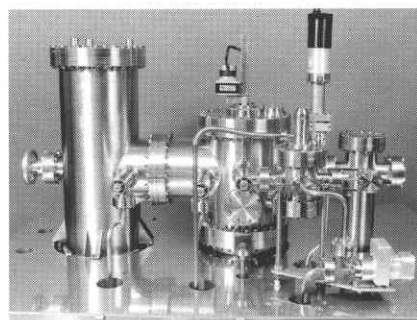


図1. コンダクタンス変調型気体平衡測定装置の全景

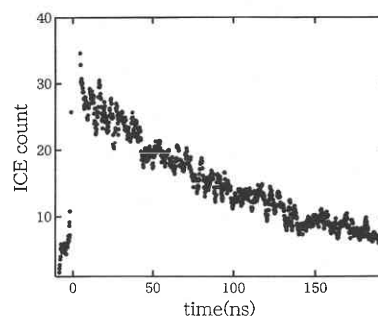


図2. シンクロトロン放射光励起による鉄同位体からの内部転換電子放射の時間スペクトル

## 黒田 研究室 (量子光学)

教授 黒田 和 男 (昭和58年度～)

黒田研究室は応用光学部門に属し、主に、量子エレクトロニクス、量子光学の研究を行ってきた。研究室のメンバーは、黒田和男助教授 (1993年教授昇任, 1996年～1998年国際・産学共同研究センター教授), 志村努助手 (1994年講師, 1995年助教授昇任), 的場修助手 (1996年～), 千原正男技術官からなる。1998年には、ヴィルニウス大学 (リトアニア) の Kestutis Jarasiunas 教授とヨエンスー大学 (フィンランド) の Alexei A. Kamshilin 教授を客員教授 (国際・産学共同研究センター) として迎えた。

### 1. 金属蒸気レーザーの研究<sup>1)</sup>

高効率高出力レーザーである銅蒸気レーザー (510.6 nm) の第2高調波発生 (255.3 nm) を試み、1988年に非線形光学結晶  $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> を用い、紫外光の発生に成功した。銅蒸気レーザーの発振には不安定共振器を採用し、ビーム品質を向上させ、10%以上の変換効率を達成した。銅蒸気レーザーのような高ゲイン短パルスレーザーでは、パルスの中で空間的コヒーレンスが変化し、これが第2高調波の変換効率に効いてくる。この効果を測定するため時間分解波面反転干渉計を作製し、空間的コヒーレンスの成長過程を明らかにした。

### 2. フォトリフラクティブ効果の研究

#### 2.1 半絶縁性半導体 GaP のフォトリフラクティブ効果<sup>2)</sup>

1989年に半導体 GaP のフォトリフラクティブ効果を確認した。当時は GaAs や InP のフォトリフラクティブ効果は知られていたが、ワイドギャップ半導体ではこれが最初の報告であった。温度を変えて詳細な測定を行い、フォトリフラクティブ効果に影響を与える浅いトランプ準位のエネルギーを求めた。

#### 2.2 InGaAs/GaAs 多重量子井戸フォトリフラクティブ素子の作成<sup>3)</sup>

半導体量子井戸内の励起子の共鳴電気吸収効果、およびそれから派生する電気屈折率変化を利用すると、大きなフォトリフラクティブ効果が得られる。AlGaAs/GaAs 量子井戸についてはすでに多数の研究報告例があったが、われわれは、0.95  $\mu$ m 近傍に共鳴遷移のある InGaAs/GaAs の量子井戸を形成し、そのフォトリフラクティブ効果を確認した。素子作成に不可欠となる、プロトン照射による量子井戸層の半絶縁化などの技術を確認した。

#### 2.3 2光波混合を用いた振動計測<sup>4)</sup>

フォトリフラクティブ2光波混合において、一方の光波

が位相変調を受けると、2光波の結合効率が変化する。この現象を利用すると、振動の振幅分布を光の強度分布の変換でき、振動モードを可視化できる。チタン酸バリウム結晶を用いた実験を行った。

#### 2.4 2次元ピコ秒光パルスの記録と再生<sup>5)</sup>

超短パルス光は、光の塊として3次元空間を伝播する。信号パルスと、それとコヒーレントなプローブパルスを干渉させ、われわれは光の塊をフォトリフラクティブ結晶 (ニオブ酸リチウム) 内に屈折率変化として直接記録し、後から連続発振レーザーで読み出すことに成功した。結晶内には、振幅相関に比例した屈折率格子が書き込まれる。これを読み出しフーリエ変換することにより、もとの信号パルスを再生できる。

#### 2.5 GaP の偏光自己変調効果とスペckルの微小変位測定<sup>6)</sup>

GaP は光学的には等軸結晶であるが、フォトリフラクティブ効果により屈折率が変化すると複屈折性を持ち、入射光の偏光状態を変えることになる。ところがフォトリフラクティブ効果のある特殊性 (応答の非局所性) のため、入射光が横に変位すると透過光の偏光状態が変化する。われわれは、Kamshilin 客員教授と共同で、この現象が数 nm オーダーの微小な変位の測定に有効であることを実証した。

### 主要論文

- 1) K. Kuroda, T. Omatsu, T. Shimura, M. Chihara, and I. Ogura: 'Second harmonic generation of a copper vapor laser in barium borate', *Optics Comm.* 75, 42 (1990).
- 2) K. Kuroda, Y. Okazaki, H. Okamura, T. Shimura, M. Itoh, M. Chihara, and I. Ogura: 'Photorefractive effect in GaP', *Opt. Lett.* 15, 1197 (1990).
- 3) S. Iwamoto, H. Kageshima, T. Yuasa, M. Nishioka, T. Someya, Y. Arakawa, K. Fukutani, T. Shimura, and K. Kuroda: 'Resonant photorefractive effect in InGaAs/GaAs multiple quantum wells', *Opt. Lett.* 24, 321 (1999).
- 4) C. Xie, M. Itoh, K. Kuroda, and I. Ogura: 'Vibration analysis using photorefractive two-wave mixing', *Optics Comm.* 82, 544 (1991).
- 5) H. Okamura and K. Kuroda: 'Two-dimensional measurement of the temporal correlation function of picosecond light pulses recorded in a photorefractive crystal', *J. Opt. Soc. Am. B* 14, 860 (1997).
- 6) A. A. Kamshilin, Y. Iida, S. Ashihara, T. Shimura, and K. Kuroda: 'Linear sensing of speckle-pattern displacements using a photorefractive GaP crystal', *Appl. Phys. Lett.* 74, No.18 (1999)

## 小長井 研究室 (耐震構造学)

教授 小長井 一男 (昭和62年度～)

小長井研究室は、昭和62年の発足で、第1部の中塾研究室とともに動的材料強弱学部門を担当している。中塾研究室が建築構造の耐震を担当しているのに対し、小長井研究室では土木構造物、特にダム、地下構造物などの地震時挙動や地盤との相互作用を破壊動力学、粒状体動力学の観点から研究している。平成元年に平成2年3月に田村重四郎教授の退官に伴い、同研究室片桐俊彦技官が当研究室に移籍し、平成5年7月から三神厚助手が任用され、以後現在にいたるまで教職員3名で研究室を運営している。この10年間では技官押尾有吾(昭和63年)、鈴木琢也(平成元年～平成3年)が在籍した。この10年間の主な研究内容を以下に列記する。

### 1. 地盤と構造物の動的相互作用効果の実験と解析 (平成8年～)

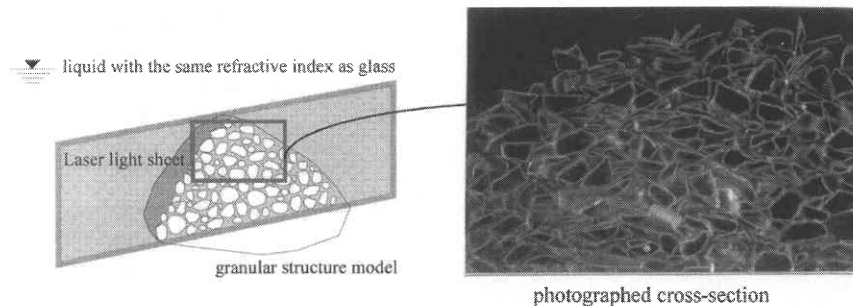
地震時の地盤と構造物の動的相互作用は構造物と地盤の境界面を通したエネルギーの収支を伴う現象である。この境界面を通して構造物に入ってくるエネルギーと、逆に構造物が地盤を揺すりかえすことで地盤に逸散していくエネルギーの差が、構造に蓄積され破壊に繋がるエネルギーとなるのでその評価は重要である。当研究室では、これまでこの分野で培ってきた解析手法や現地観測から得られた成果をもとに、相互作用の合理的で簡便な評価法を提案し、これをもとに、振動台で相互作用効果を表現する実験手法を開発するに至っている。この方法では振動台をあらかじめ決定された波形で制御するのではなく、モデルを加振している間に生じる振動台(仮想の地盤)との相互作用の影響で加振波形が時々刻々変化し、仮想の地盤とモデルとのエネルギー収支とその影響を評価できる。

### 2. 粒状体の動的破壊過程の可視化と解析 (平成元年～)

砕石や砂などを主体として構築される土木構造物、あるいは地盤そのものの3次元モデルを粉碎したガラス粒子で作製し、これを同じ屈折率の液体に浸して透明にし、ここにレーザー光シートを透過させ、模型の任意断面の粒子一粒一粒の動きや形状とその変化を可視化する類例を見ないの手法(レーザー援用トモグラフィー:平成4年度土木学会論文賞(写真))を用いた研究を進めている。さらに円や楕円、そして多角形の要素の集合体の挙動の実時間解析プログラムを開発し、レーザー援用トモグラフィーから得られた膨大な画像情報と合わせて、粒状体の複雑な破壊過程を検討している。またこうして得られた様々な構成則を、ひずみの局所化を合理的に表現できる有限要素法に反映させる研究も進めている。これらの知見は多くの深刻な地震被害の直接、間接の原因になっている地盤の大変形を解き明かす上で重要である。

### 主要論文

- 1) Konagai, K., C. Tamura, P. Rangelow and T. Matsushima: Laser-Aided Tomography: A Tool for Visualization of Changes in the Fabric of Granular Assemblage, *Structural Eng./ Earthquake Eng.*, 9(3), 193 s-201 s, JSCE, 1992.
- 2) Konagai, K. and T. Nogami: Analog circuit to simulate dynamic soil-structure interaction in shake table test, *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 17(5), 279-287 1998.
- 3) Konagai, K. T. Matsushima and A. Mikami: Deformation build up within a granular assemblage during an intense earthquake, *International Journal of Earthquake Engineering*, 2(3), 419-441, 1998.



## 酒井 研究室 (表面・界面物性)

助教授 酒井 啓 司 (平成7年度~)

液体表面あるいは液体と液体との界面は、物理的にも化学的にもまったく性質の異なる相が接しているため、きわめて活性に富んだ反応の場となっている。この表界面を持つ高い反応性、あるいは空間的な対称性の破れという物理的に特異な環境は、特殊な機能を持つ材料・物質の創製の間として注目を集めている。当研究室は液晶やゲル、ラングミュア膜などソフトマテリアルの表面現象を物理的側面から捉えることを研究テーマとしており、光や表面波を用いた新しい界面研究手法の開発、及び界面に現れる様々な物理現象や特異な分子集合体の構造とダイナミクスの研究を行っている。以下にそのいくつかを紹介する。

### 1. 液体表面の高速スペクトロスコピー

熱的に励起された高周波表面張力波を光散乱法で検出して液体表面の動的物性を調べるリップロススペクトロスコピー法や、表面における分子凝集状態を調べる収束型偏光解析法を開発し、ソフトマテリアル表面の分子物性研究を行っている。これまでに (1) 分子吸着・脱離にともなう溶液の表面緩和現象 (2) 2次元の物質であるラングミュア膜の相転移・相分離現象 (3) ゲル表面における表面エネルギーとバルク弾性の競合による表面波の異常分散モードなどの研究を行っている。

### 2. 近接場光を用いた固液界面観察

固体壁近傍の液体は、固体からの物理的・化学的影響を受けてバルク中とは異なった構造やダイナミクスを示す。界面から数 10 nm というごく薄い領域のみの物理情報をピ

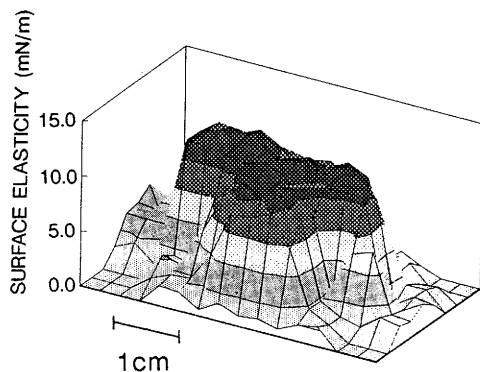


図1 走査リップロス光散乱法で観察されたミスチン酸ラングミュア膜の気膜-液膜相分離構造。中央に表面弾性の大きい液膜が見える。

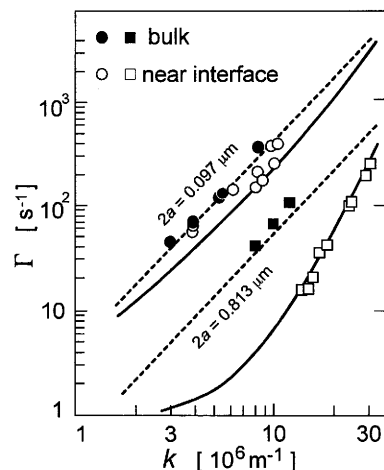


図2 エバネセント光散乱で測定された固液界面近傍粒子の拡散係数。界面近傍における見かけの粘性の増加を感じて、ブラウン運動が抑制されている。さらに異方的拡散を反映して、分散関係が曲線になる。

ックアップするエバネセント光散乱法を開発し、界面近傍の分子・粒子拡散の研究を行っている。これまでに界面近傍で、熱揺らぎによる並進拡散が抑制される現象を明らかにした。

### 3. 光による分子配向制御

液体分子には形状に異方性を持つものが多く、これら分子の集団配向により現れる巨視的異方性は液晶デバイスなどに広く利用されている。この分子配向メカニズムを調べるために、cw レーザーの偏光制御により分子を自在に回転させその応答を調べる光誘起配向緩和測定装置を開発した。現在、液晶相-立方相転移点近傍での緩和スペクトルを測定し、液晶相発現のメカニズムの解明を試みている。

### 4. ランダム系における波動伝搬解析とマイクロ不均一系の構造とダイナミクスの研究

メソスコピックなサイズで複数の相が混在するランダム系では、相間の界面の比率が大きく、これが系全体の物性にも大きな影響を与える。しかし往々にしてこれら不均一系のマイクロ構造観察は困難である。このランダム系に固有に現れる光や音波などの波動の弱局在現象や、拡散的波動伝搬現象を利用して、マイクロ不均一系の構造と物性を調べる新たな手法の開発を行っている。

## 志村 研究室 (応用非線形光学)

助教授 志村 努 (平成6年度～)

当研究室は平成6年4月に開設され、平成8年4月より小野英信技術官、平成10年4月より芦原聡助手がスタッフとして加わった。光学と量子エレクトロニクスの2つの分野を基盤として、現在はフォトリフラクティブ効果の基礎と応用を中心とした研究を行っている。研究テーマの概要は以下のとおりである。

### 1. フォトリフラクティブ光波混合の安定化

フォトリフラクティブ効果を用いた二光波あるいは四光波混合では、複数の回折格子の競合、回折光と入射光あるいは回折光どうしの干渉により、出力が不安定になる現象が現れ、実用上の問題となる。この不安定の原因を解析し、光波間の相互コヒーレンスの制御と、フィードバック制御により出力の安定化を図り、良好な結果を得た。

### 2. 新しいフォトリフラクティブ材料の研究

われわれは従来にない大きな屈折率変化、速い時定数、これまでに無い波長での感度、を持つようなフォトリフラクティブ材料の実現を目指した研究を行ってきた。

半導体量子井戸を用いると、励起子の効果により同じ空間電場でも大きな屈折率変化を得ることができる。またⅢ-V属半導体混晶の組成を変えることによりバンドギャップエネルギーを変え、感度を持つ波長をコントロールすることもできる。われわれは従来報告されているよりも長波長の $0.9^{\circ}1\mu\text{m}$ の波長に感度を持つInGaAs/GaAs系によるデバイスを試作し、フォトリフラクティブ効果を確認した。

別のアプローチとして、有機ポリマー材料によるフォトリフラクティブ効果の研究も行っている。これは時定数は遅いものの大きな屈折率変化が得られるものである。PVKポリマーを主体とする材料について、可塑剤の種類を変えることにより、微結晶化を押さえ、材料としての寿命を長くすることが可能となった。

### 3. フォトリフラクティブ二重位相共役鏡を用いた大出力半導体レーザーの注入同期

フォトリフラクティブ効果の応用の一つとして、1Wク

ラスの出力の半導体レーザーの出力光の高コヒーレント化を行った。大出力半導体レーザーは、出力端面の熱破壊を避けるために、ブロードエリア型と呼ばれる横広の活性層構造をとっている。そのため、出力光の時間的・空間的コヒーレンスは非常に低くなっている。これを改善する方法として注入同期という方法があるが、注入源となる高コヒーレンス半導体レーザー光のビーム断面はほぼ円形であり、これを横広の活性層に注入することは容易ではない。そこでフォトリフラクティブ二重位相共役鏡による波面の交換を行い、高効率の光注入を実現した。これにより、840 mWまでの縦単一モードの出力が得られている。

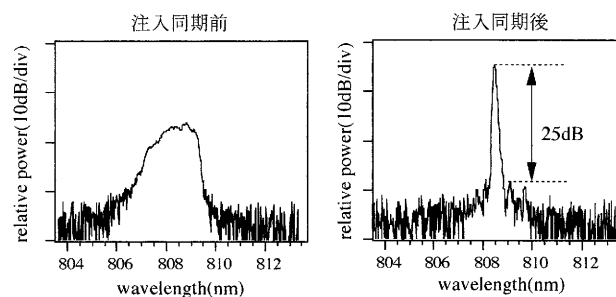


図 出力光の注入前と注入後のスペクトル変化

### 4. アクティブ光学系の研究

従来の光学系はレンズやミラーなど全てエネルギー的に受動素子のみから構成されており、電気回路でのトランジスタに相当する能動素子すなわち増幅器は存在していなかった。われわれはレーザー増幅器を光学系における能動素子として使用し、能動光学系を構成し、2次元画像の増幅結像等を試みてきた。近年ポリマーやガラス中に分散した色素を用いた固体色素レーザーが実用の域に近づいており、これを用いた全固体アクティブ光学系の試作を行っている。アクティブ結像光学系を構成した場合の画像の結像特性の評価を行った。

## 鈴木・枝川 研究室 (材料強度物性)

教授 鈴木 敬 愛 (昭和44年度~)

助教授 枝川 圭 一 (平成7年度~)

当研究室では金属、半導体等の結晶固体材料の強度物性に関する基礎的な研究を行っている。この10年間に行った具体的な研究テーマの概要を以下に示す。

### 1. 半導体の低温塑性に関する研究

一般に半導体結晶は脆く通常の圧縮試験では割れが生じるため従来の塑性実験は室温以上の比較的高温領域に限られてきた。しかし適当な埋込圧の下で一軸圧縮を行うことにより、従来不可能であった低温領域での塑性実験が可能となる。我々は、そのような装置を設計、製作し、InP, InSb, GaAsなどの化合物半導体の低温での塑性変形挙動を調べた。その結果、降伏応力の温度依存性に hump が出現し、hump 以下の低温での塑性変形機構が従来知られていた室温以上の高温域のそれと大きく異なること、その結果としてこれらの物質において低温側で延性、高温側で脆性であるような逆脆性-延性転移が起こることなどを見出した。

### 2. 転位の基礎的性質に関する研究

結晶の強度を系統的に理解するために種々の結晶のパイエルス応力の大きさとすべり系の結晶幾何学的因子の間に成り立つ一般則を明らかにするための理論的研究または計算機シミュレーションを用いた研究を行った。具体的にはモデル結晶を用いたパイエルス応力の計算、パイエルス・ポテンシャル上のキンク対形成エネルギーの計算等を行った。また2次元パイエルス・ポテンシャル上のらせん転位のキンク対形成を扱う方法を定式化し、bcc 金属中のらせん転位の運動に応用した。これにより bcc 金属の塑性異方性の理解に成功した。

### 3. 固体の破壊機構に関する研究

結晶性固体の破壊の機構、すなわち特定の結晶面に沿うき裂の発生と進展の機構を結晶の塑性変形との関係において研究した。とくにレーザーを使ってき裂の伝播速度と開口変位を測定する装置を製作し実験を行った。これにより NaCl 中を 1000 m/sec 以上の高速で伝播中のき裂でも、その形は静止き裂が進展を開始する時と殆んど変わらないこと等を見出した。

### 4. 金属・セラミックスの照射損傷の研究

重イオン加速器や原子炉を利用して金属およびセラミックスの照射損傷について、損傷過程の基礎的研究ならびに原子炉・核融合炉材料開発の両面から行った。具体的には SUS304 鋼と 12Cr-8Mo 鋼を Ni イオンで照射した場合の損傷組織の電子顕微鏡観察を行い、平行して超微小押込試験による強度変化が深さによってどう変わるかを調べ、照射による組織変化と強度変化の対応づけを行った。

### 5. 超微小押込試験による固体表面強度の評価

固体表面の 1  $\mu\text{m}$  以下の薄い層の力学的性質を測定するために、高感度、高精度の押込試験装置を開発した。この装置は、室温から 600  $^{\circ}\text{C}$  まで測定可能な点でユニークなものである。これを用いて Si 結晶の硬度と高压相変態との関係を明らかにしたほか、原子炉材料の強度測定や準結晶物質の物性研究に応用した。

### 6. 準結晶の塑性

新しいタイプの秩序構造をもつ準結晶の塑性に関する研究を行った。具体的には Mg-Zn-Y 正 20 面体準結晶、Al-Cu-Co 正 10 角形準結晶の微小押し込み試験、塑性変形実験を行い、これらの系の準結晶の塑性変形機構を調べた。また準結晶中の転位の運動の計算機シミュレーションを行いその特徴を明らかにした。さらには、従来結晶塑性において確立している諸概念 (例えば、転位のような概念) を準結晶を含む形に再構築することをめざしている。

## 主要論文

- 1) T. Suzuki, T. Nishisako, T. Taru and T. Yasutomi: Plastic deformation of InP at temperatures between 77 and 500 K: *Phil. Mag. Lett.* 77 (1998) 173.
- 2) K. Edagawa, T. Suzuki and S. Takeuchi: Motion of a screw dislocation in a two-dimensional Peierls potential: *Phys. Rev.* B55 (1997) 6180.
- 3) K. Edagawa, M.A. Chernikov, A.D. Bianchi and H.R. Ott: Low-temperature thermodynamic and thermal-transport properties of decagonal Al-Cu-Co: *Phys. Rev. Lett.* 77 (1996) 1071.
- 4) T. Suzuki and T. Ohmura: Ultra-microindentation of silicon at elevated temperatures: *Phil. Mag.* A74(1996)1073.
- 5) J. Ohta, T. Ohmura, K. Koko, M. Tokiwai and T. Suzuki: Hardness of 12Cr-8Mo ferritic steels irradiated by Ni ions: *J. Nuclear Mater.* 225 (1995)187.

## 高木 (堅) 研究室 (フォノン物性)

教授 高木 堅志郎 (昭和55年度~)

母体である生研自体が不惑を過ぎてから、研究室の流れはテーマも陣容もゆっくりと蛇行し、かつ広がっている。とは言っても、波動の物理現象を好み、それを新しい実験技術に結び付け、さらに物性研究や計測技術に応用するという研究の基本姿勢は変わっていない。ミクロな基礎物性研究およびそれと対極に位置する役に立つ応用研究とが、微妙なバランスを保って並走しているというのが現況である。以下においては、基礎研究と応用研究それぞれの主な成果を中心に。

### 1. 基礎研究 —光ビート分光ブリュアン散乱—

物質中に自然に存在する熱的フォノンが光散乱を起こす現象をブリュアン散乱といい、重要な物性研究手法となる。従来散乱光の分光には古典的なファブリ・ペロ干渉計が用いられており、十分な分解能が得られていなかった。これを光ヘテロダイン検波によるビート信号として検出し、スペクトラム・アナライザで解析する光ビート分光ブリュアン散乱は当研究室の永年の夢であったが、ついにこの実験に成功した。従来の $10^3$ 倍から $10^4$ 倍の超高分解能が得られている。

この新技術により(a)ブリュアン・トリプレットの真の形、(b)マイクロキャビティにトラップされたフォノンの共鳴、

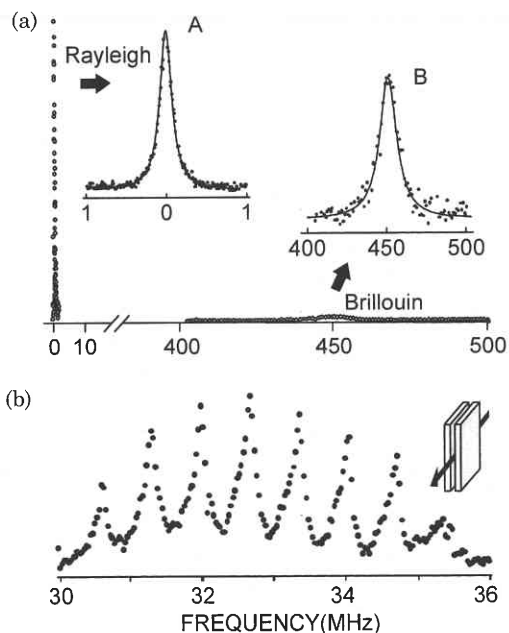


図1 ブリュアントリプレットのレーラー線とフォノン線 (上) およびマイクロキャビティ中のフォノン共鳴(下)

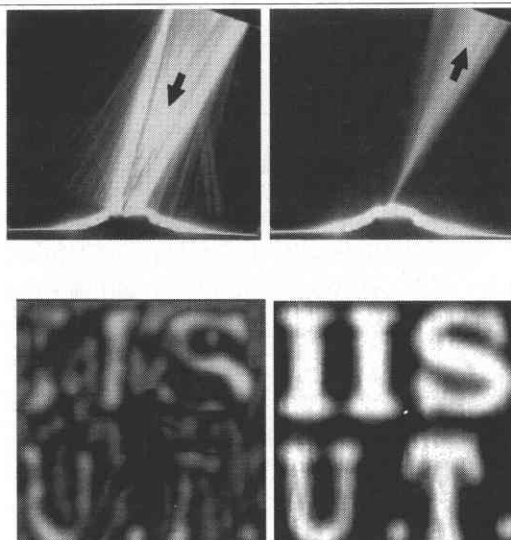


図2 上、超音波位相共役波の可視化。左は入射波、右はその位相共役波。下左は普通の超音波映像、下右は位相共役超音波による映像。

(c)熱的非平衡下にある物質中の異常フォノン伝搬、(d)液晶性分子の相転移直前の挙動などの新しい知見や現象が明らかにされた。

### 2. 応用研究 —超音波の位相共役波—

ある波に対し空間的には全く同一の分布を持ち、時間的には反転した波を位相共役波という。物理的に興味ある波動現象であるのみならず、実際的な応用も期待されている。PZTなど圧電材料の非線形応答を利用する超音波の位相共役波発生法を新しく確立した。ストロボシュリーレンを用い、位相共役波独特の性質である時間反転挙動をスローモーション撮影することに始めて成功した。また超音波の走査型映像装置に組み込んで、画質が向上することを示した。これらは非破壊検査や医用超音波への応用を目指す研究である。

#### 主要論文

- 1) T. Matsuoka, K. Sakai and K. Takagi: "Light Beating Spectroscopy of Polarized and Depolarized Scattering in 6 CB." Phys. Rev. Lett. 71(1993)1510.
- 2) K. Yamamoto, A. Kokubo, M. Ohno, K. Sakai and K. Takagi: "Nonlinear Piezoelectricity of PZT Ceramics and Acoustic phase Conjugate Waves" Jpn.J. Appl. Phys.35(1996)3210.
- 3) K. Takagi "Physical Acoustics" Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, John Wiley & Sons(in press).

## 田中 研究室 (複雑流体物性)

助教授 田 中 肇 (平成元年度～)

田中研究室では、高分子・液晶・コロイド・ミセル溶液に代表される内部自由度の大きな液体、いわゆる複雑流体 (ソフトマテリアル) の物理的な性質を、実験・数値シミュレーション・理論の面から研究している。以下に、主な研究テーマとその概要・成果を記す。

### 1. 複雑流体における相分離現象の研究

相分離現象は、一相に混ざり合っていた混合物が温度などの変化により2つの相に分離する現象で、合金・ガラス・半導体・高分子などのあらゆる物質において共通に見られる。相分離現象は、これまで、合金系のように原子が相互に拡散しあうことにより2つの相に別れる場合 (固体モデル) と、流体系のように流れによって物質が高速に運ばれる移送の過程が拡散に加えて重要な働きをする場合 (流体モデル) の2つに分類されると信じられてきた。この常識に反し、我々は、従来の固体・流体モデルで記述できない特異な相分離現象が見出し、この現象の本質が、この混合系を構成する2種類の分子の動的性質が著しく異なること (動的対称性の破れ) に起因していることを明らかにした。当研究室では、この相分離現象 (粘弾性相分離現象) の物理的機構を解明すべく、実験的・理論的・数値的研究を行っている。この他にも、相分離ダイナミクスに対するぬれの効果、液晶・等方液体の相分離、臨界点近傍でのダイナミクスなどの研究を行っている。

### 2. 液体のガラス転移現象と水の熱力学異常の理論的研究

液体はこれまで密度という秩序変数のみにより記述されると信じられてきたが、我々は、液体が局所的にエネルギーの低い構造 (局所安定構造) を形成することを記述するために、新しい秩序変数 (ボンド秩序変数) の導入が必要であることを主張している。この液体の2秩序変数モデルは、水の様々な熱力学異常を説明できるばかりでなく、液体のガラス化とランダム磁性体のスピン・ガラス化の間にアナロジーがなり足すことを示唆しており、現在、理論・数値シミュレーションの両面から研究を行っている。

### 3. リオトロピック液晶の相転移の研究

セッケン分子の作る膜がさらに秩序化してできた階層的構造をもつ液晶相や、液晶の中に微粒子が分散した複合系などの相転移現象の研究。具体的には、膜のトポロジーの層状構造からスポンジ状構造への転移、外場の効果、また、セッケン膜自身の揺らぎのダイナミクス、層状構造の力学

的不安定性、液晶マイクロエマルジョンなどの研究を行っている。

### 4. 複雑流体の物性研究用各種物理計測法の開発

- デジタル画像解析法
- 位相コヒーレント光散乱法 (下図参照)
- 光捕捉を用いた局所力学物性測定法
- 2次元動的赤外分光法
- 低周波断熱圧縮率・層圧縮弾性率測定法

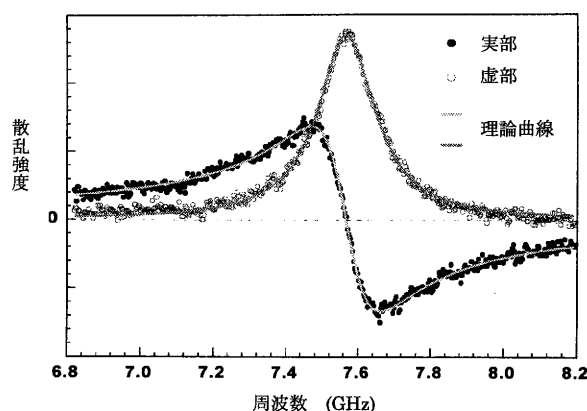


図 二硫化炭素の複素ブリュアン・スペクトル。位相コヒーレント光散乱法では、2本のレーザー光を交差させることで位相のそろった超音波を強制的に励起する (光励起フォノン)。そのため、実部と虚部から成る複素スペクトルとしてブリュアン・スペクトルが観測される。図は液体二硫化炭素で観測されたもので、7.6 GHz という高周波の超音波を励起し、この超音波からの複素ブリュアン・スペクトルを観測することに成功した [H. Tanaka, T. Sonehara and S. Takagi, Phys. Rev. Lett. 79, 881 (1997)].

### 主要論文

- テーマ1の関連：(粘弾性相分離関係) H. Tanaka and T. Araki, Phys. Rev. Lett. 81, 4966-4969 (1997); H. Tanaka, Phys. Rev. E, 56, 4451-4462 (1997); H. Tanaka, Phys. Rev. Lett. 76, 787-790 (1996). (流体相分離関係) H. Tanaka and T. Araki, Phys. Rev. Lett. 81, 389-342 (1998); H. Tanaka and T. Sighuzi, Phys. Rev. Lett. 75, 874-877 (1995); H. Tanaka, Phys. Rev. E 51, 1313-1329 (1995).
- テーマ2の関連：H. Tanaka, Phys. Rev. Lett. 80, 5750-5753 (1998); H. Tanaka, J. Phys.: Condens. Matter 10, L207-214 (1998).
- テーマ3の関連：J. Yamamoto and H. Tanaka, Phys. Rev. Lett. 77, 4390-4393 (1996); J. Yamamoto and H. Tanaka, Phys. Rev. Lett. 74, 932-935 (1995).



## 中桐 研究室 (構造強度解析学)

教授 中 桐 滋 (昭和42年度～)

当研究室は昭和42年4月に開設された。初期には固体内波動伝播の実験的研究を田辺勇吉、福嶋博の両技官と、またその数値解析を鈴木敬子助手と行なった。その後、確率有限要素法を久田俊明教授と開発した。最近10年間は構造シミュレーションを吉川暢宏助教授、鈴木敬子助手、小野智佳技官と研究して来た。この間、多くの大学院学生諸君の協力を得、また成果の一部を「離散化モデルと構造シミュレーション、培風館、1992年」として出版した。

構造物設計の基礎の一つは構造解析である。従来は所与の構造パラメータに関する構造応答を有限要素法等で解析していた。解析結果が設計目的と規準を満たさないとき、設計変更の必要が生じ、構造シミュレーションの意義が存する。構造シミュレーションの基本概念は構造パラメータ変動の効果を把握することである。その定量的な把握手段として有限要素法感度解析を選び、また設計目的と規準、例えば弾性設計規準、を満たす等式および不等式制約条件を設定し、それを満たす構造パラメータをムーア・ペンローズ一般逆行列

に基づいて決定する手法を開発した。既存の最適設計手法では取り扱いが困難なFRP平板の変形挙動を指定するテイリング設計および構造の幾何学的性状を保持するホモロジー設計等を可能とした。

構造シミュレーションの具体例の一つに構造パラメータの同定、例えば未知の材料定数を何等かの測定から推定する、がある。この逆問題もムーア・ペンローズ一般逆行列により処理しているが、わずかな入力誤差により同定結果が大きく変わる弊がある。その対策として誤差の散布域の凸包表現に基づく同定結果の区間、すなわち最大値と最小値の間、解析を行なっている。区間解析は不確定量の取り扱いに確率論またはファジイ集合論と異なる一翼を担うものである。

物体には、固体や流体の他に軟体もある。軟体力学の端緒として軟体の納まりの形や重力場における液滴の形を求める手法を表面張力等を考慮したエネルギー原理に基づいて考案している。

## 福谷 研究室 (表面物理学)

助教授 福 谷 克 之 (平成7年度～)

福谷研究室では、平成7年より固体表面・界面に関する研究を行っている。表面や界面は、固相と気相あるいは固相と固相といった異なる2つの相の接点であり、両相間の物質やエネルギーの交換が行われる場であるとともに、新奇物質を合成する場と位置づけることができる。当研究室では物質・エネルギーのダイナミクスと新物質合成に主眼を置き、微視的な立場から現象を解明すべく研究を進めてきた。具体的な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 水素分子のオルソパラ転換<sup>1)</sup>

水素分子の核スピン状態を高感度に測定するための共鳴イオン化法を開発し、酸化表面におけるオルソパラ転換とオルソパラ分離機構に関する研究を行った。

### 2. 吸着分子の光励起過程<sup>2)</sup>

赤外吸収分光、共鳴イオン化法、光電子分光により、光励起による吸着分子のダイナミクスと電子的メカニズムに関する研究を行った。

### 3. 表面層水素の研究<sup>3)</sup>

高分解能深さ分析が可能な共鳴核反応法の開発を行い、金属表面及び金属-半導体界面への水素の吸着と拡散に関する研究を行った。また金属表面に吸着した水素の量子的な非局在性に関する研究を行った。

### 4. 遷移金属超薄膜の作製と評価

単結晶金属表面に膜厚を制御して遷移金属超薄膜や遷移金属酸化物の超薄膜を作製しその物性評価を行った。

## 主 要 論 文

- 1) 馬込保, 福谷克之, 岡野達雄, 生産研究 50, 169 (1998).
- 2) K. Fukutani and Y. Murata, Surf Sci 390, 164 (1997).
- 3) K. Fukutani et al., Surf. Sci. 377-379, 1010 (1997).

## 中 塾 研究室 (耐震構造学)

助教授 中 塾 良 昭 (平成元年度～)

中塾研究室の開室は、平成元年4月に中塾が講師として岡田・中塾研究室に参画したことに始まる。その後、平成8年3月に岡田恒男教授(当時)の停年退官に伴い、引き続き中塾研究室として研究室を運営している。平成元年より在籍した職員は、隈澤文俊助手、堀内昇二技官、松村正康技官であるが、現在は楠浩一助手1名である。また、この10年間に在籍した大学院生は修士課程15名、博士課程3名であった(執筆時在籍者を含む)。研究テーマは耐震構造学、とくに鉄筋コンクリートの耐震性能を中心とした実験的・解析的研究である。また地震災害発生時には、平成7年兵庫県南部地震をはじめ国内外を問わず現地でのフィールド調査を行っている。さらに、近年では都市全体の耐震性能の向上を目標に、各都市に潜在する地震危険度の評価方法について研究を行っている。

### 1. 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能に関する研究

建てられた時点での耐震設計法と現在の設計法が異なる既存建物の幾つかは、現行基準の要求性能を満足していない。このいわゆる既存不適格建物の幾つかは補強を施さない限り地震時に十分な耐震性能を発揮しない恐れがある。どの建物が地震時に危険となるかを判断するために建物の耐震性能を評価する手法(いわゆる「耐震診断手法」)を開発し、過去幾つかの被害地震において損傷を受けた建物および受けなかった建物に対して本手法を適用し、耐震性能を表す指標を算出してきた。この蓄積された指標とそれに対する実地震動下での建物の挙動・損傷度から、大規模地震において必要とされる建物の耐震性能を定量化し、その指標を提案している。また、耐震補強法およびその補強効果についても研究を行っている。

### 2. 新しい耐震実験手法の開発

計算機の発達により今日、非常に精密な解析を比較的手軽に行える環境となった。しかし、構造物の地震時の挙動を把握するためには耐震実験が重要な位置を占める。そこで当研究室では、建物全体の地震時挙動を把握するため、1990年に1/15スケールの11層鉄筋コンクリート造建物に対して振動破壊実験を行い、超小型模型による振動破壊実験手法を確立した。また逆のアプローチとして、建物全体の中で、特に建物の応答に影響を与える部材のみ静的加力実験を行い、他の部材は数値モデルで代用し、両者をオンラインで結び弾塑性地震応答解析を進めるサブストラクチャ・オンライン地震応答実験手法を確立し、1995年には2スパン12層鉄筋コン

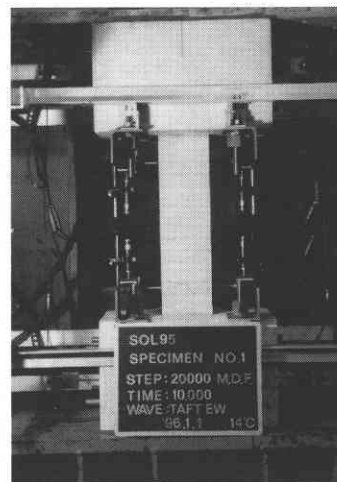


写真1 サブストラクチャ・オンライン地震応答実験の様子。

クリート造建物に対して、1階中柱を対象とした地震応答実験を実施した(写真1)。さらにオンライン地震応答実験において生じる加力装置の制御誤差の影響を低減する数値積分法である「可変時間刻み法」を開発し、その有効性を検討している。また、数値モデル部分にニューラルネットワークを用いる手法の開発を合わせて研究している。

### 3. 都市に潜在する地震危険度の評価

従来の地域防災計画等、地震対策の前提となる地震被害想定手法では、都市をメッシュ要素に分割し、各要素ごとのミクロな視点に立った地域情報を被害予測式等の関数に入力し、ある想定した地震に対して各要素で生じるであろう被害量を想定する手法が一般的である。しかし、従来の手法では、都市に潜在する地震災害に関わる様々な地域特性は必ずしも充分には考慮されていない。

そこで本研究では、従来の地震被害想定で用いられるミクロな視点に立った地域特性のみならず、都市の地震災害危険度に関わる自然環境や人間活動及び人工環境、等の様々な地域特性、すなわち地勢、活断層の数、過去の被害歴、気候条件、建築構法の地域特性、都市の発展・拡大状況、都市間交通システム、近隣地域からのアクセス可能性等のマクロな視点に立った地域特性も考慮に入れて、地震災害危険度を様々な側面から評価する手法を開発した。また本手法を用いて都市の地震災害危険度パターンの把握等、地震対策が急がれる地域の選定及び地震災害を軽減するための対策を効率良く推進してゆくための基礎資料を蓄積している。

## 半場 研究室 (乱流物理学)

助教授 半場 藤 弘 (平成5年度～)

乱流は天文・気象などの自然科学から機械・建築などの工学まで幅広い分野で見られる。本研究室では、基本的な乱流の流れ場について統計理論と数値計算を用いて研究し、乱流の物理的機構の解明と乱流モデルの開発・改良を行っている。同じく乱流を研究課題とする吉澤研究室と共同研究体制をとっている。以下に本研究室の研究の概要を述べる。

### 1. 大気境界層乱流の研究

日射によって地表が熱せられると高さ約1 kmまでの大気に浮力による対流が起こり、運動量、熱、物質の輸送が活発になる。この大気境界層の乱流をLES (large eddy simulation) を用いて数値計算を行い、熱や汚染物質の乱流拡散の性質を考察した。特にLESに応答関数を導入し乱流拡散の非局所性を調べ、温度や濃度が低い地点から高い地点に輸送が起こる逆勾配拡散現象について考察した。また、単純な化学反応を考慮したオゾンや窒素酸化物の輸送のレイノルズ平均(アンサンブル平均)乱流モデルを2スケール統計理論を用いて導出し、大気境界層の1次元計算を行い平均濃度分布に対する化学反応の影響を調べた。今後は乱流拡散の非局所性効果を乱流モデルに組み込み、また大気中の熱や水分の乱流輸送について研究を進めていきたい。

### 2. 圧縮性乱流の研究

超音速航空機まわりの流れや火災時の流れのように非常に高速あるいは密度差の激しい流れ場では流体の圧縮性が重要になり、乱流モデルに圧縮性効果を組み込むことが必要となる。非圧縮性流体について開発された2スケール統計理論に圧縮性流体の圧力やエントロピーの基礎方程式を導入し、圧縮性流体の乱流モデルの改良を行った。また、一様等方性乱流と一様剪断乱流の直接数値計算を行い乱流エネルギーやその散逸率、密度揺らぎなどの乱流統計量を求め、圧縮性効果の考察と乱流モデルの検証を行った。圧力膨張相関項と圧縮性散逸率は流体の膨張圧縮に伴うエネルギーの散逸を表すが、そのモデル化には密度分散が重要であることを示した。また、一様剪断乱流の乱流エネルギーの増加率が圧縮性効果によって減少することが知られて

おり、その物理的機構を考察し圧力揺らぎが重要な役割を持つことを示し、圧力分散とエントロピー分散を基本量として追加した4方程式乱流モデルを提案した。今後は、圧力波は効かないが密度変動が重要となる低マッハ数の高浮力流れの乱流についても研究対象としたい。

### 3. 乱流モデルの研究

運動量の輸送を表すレイノルズ応力が平均速度勾配に比例するという線形の渦粘性モデルでは説明できない現象があることが知られており、平均速度勾配について二次や三次の項を取り入れた非線形渦粘性モデルが広く研究されている。本研究室ではレイノルズ応力の実現性(物理量の二乗は常に非負など)に着目し2スケール統計理論を改良し、任意の速度分布で実現性が満たされる非線形渦粘性モデルを提案し、溝乱流などの流れ場で検証を進めている。

またレイノルズ平均モデルとLESの融合をめざし、壁近くでサブグリッドスケールのモデル、中心付近でレイノルズ平均モデルを用いた溝乱流の数値計算を行っている。

### 4. 回転系の浮力乱流の研究

レイリー・ベナール対流は典型的な熱対流であり上下の壁の温度差が大きいときは乱流状態となる。この乱流熱対流の直接数値計算を行い、浮力による乱流エネルギー生成の機構を考察した。特に上下の壁の熱の境界条件を非対称にした場合の影響、また回転系のコリオリ力の効果を考察し、ヘリカルな揺らぎの強さを表す乱流ヘリシティーの分布と生成機構を調べている。この研究にさらに磁場の効果を取り入れ、詳しい乱流統計量を求めて電磁流体の乱流モデルを検証・改良し、地球の核や星の大気の運動と天体磁場との関係を表すダイナモ効果の研究に発展させる予定である。

### 主要論文

- 1) F. Hamba: "An analysis of nonlocal scalar transport in the convective boundary layer using the Green's function," *Journal of the Atmospheric Sciences*, 52, 1084-1095 (1995).
- 2) F. Hamba, G. A. Blaisdell: "Towards modeling inhomogeneous compressible turbulence using a two-scale turbulence theory," *Physics of Fluids*, 9, 2749-2768 (1997).

## 吉川 研究室 (信頼性工学)

助教授 吉川 暢 宏 (平成4年度～)

### 1. 年 表

1992年 材料強度機構学部門に研究室発足  
1996年 佐藤 (旧姓小林) 佳代技官任官  
機械情報工学専攻大学院生配属開始

### 2. 研究概要

有限要素法を主体とした数値解析手法に基づき、構造信頼性解析および構造最適設計の方法論に関する研究を行っている。個々の研究内容とその開始の動機を以下に記す。

#### 2.1 ホモロジー設計による構造の高機能化

第5部半谷教授・川口助教授らの研究に触発されたのが発端である。ホモロジー設計とは大口径アンテナの設計方法論として世に登場した。その意匠は変形前、中、後にて所定の幾何学性状を保持するホモガス変形の積極的利用にある。構造を剛なるものとして、その機能を力学的健全性の保持のみとするのが既往の設計方法論であった。適応構造物に代表される新種の構造物に対してはそのような方法論に代わり、機構あるいは制御との動的相関を考慮して高機能を果たさせる構造設計論が必要であった。ホモロジー設計はそのような構造に対する最適設計の一候補となり得ると考えられた。静的問題を端緒とし、固有振動問題と動的問題に対する定式を行った。その手法の中核をなすのは、有限要素感度解析とムーア・ペンローズ一般逆行列であった。

#### 2.2 凸包モデルに基づく構造信頼性解析

この世に絶対的安全はない。その大前提の下でなんとか合理的に設計の意志決定を行うことが信頼性解析の目的である。古くは安全率という、その根拠が多少曖昧な係数を用いて半ば経験的に設計が行われていた。それに代わる合理的手法とのふれこみで確率論に基づく信頼性解析が登場したが、破壊確率99.999%と評価されても具体的事象として何が起こるかは不明であり、その方法論は思ったほどには普及していない。安全率と確率論の間を埋めるのが凸包モデルに基づく方法論である。凸包モデルではエンジニアリングジャッジメント等により、起こり得る事象のばらつきを凸包内に限定し、その中で最悪状態を評価する。静

的問題と固有振動問題での定式は容易であったが、時刻歴解析を要する動的問題、いわゆる不規則振動問題については検討課題が多数有り、現在進行中である。また、設計問題へ発展させ、最悪状態を低減する設計変更手法の定式も行った。

#### 2.3 ニューラルネットワークの一括学習アルゴリズム

ニューラルネットワークの学習とは、教師データとネットワーク出力の誤差を最小化する最適化問題の一種である。前述のホモロジー設計でも最適化を行っており、その類似性よりニューラルネットワークの学習においてもムーア・ペンローズ一般逆行列を用いた定式が可能であろうとの発想に至った。具体的に定式を行ったところ、学習効率が高く並列学習の可能性も有することが判り、現在は実際の工学問題への適用可能性を検討中である。

#### 2.4 柔軟性を利用した構造設計

ホモロジー設計では、幾何学的性状保持、つまり剛性を見かけ上無限大として高機能化を図った。その考え方を全く逆にし、構造の柔軟性を大きくすることにより機構類似の可動性を構造に付加して構造の高機能化が図られるのではないかとの発想に至った。まずは、そのような設計手法を容易にするための数値モデルの開発を二次元問題でばね-セグメントモデルに基づき行った。現在はそのモデルの三次元問題での適用可能性を検討している。

### 主要論文

研究内容の1)～4)に対応し各一編の論文を以下に記す。

- 1) 吉川暢宏, 北村 礼, 中桐 滋: ホモロジー設計によるフレーム構造振動形の受動制御, 平成9年8月, 日本機械学会論文集 (C編), 63巻612号, pp.2622-2626.
- 2) L. Fryba and N. Yoshikawa: Bounds Analysis of a Beam Based on the Convex Model of Uncertain Foundation, May 1998, Journal of Sound and Vibration, Vol. 212(3), pp.547-557.
- 3) 佐藤佳代, 吉川暢宏: 階層型ニューラルネットワークの一括学習アルゴリズム, 平成10年4月, 日本機械学会第75期通常総会講演会論文集(I)(No.98-1), pp.393-394.
- 4) 桑水流理, 吉川暢宏: コンプライアントメカニズム設計のための離散化モデル, 平成10年8月, 日本機械学会第3回最適化シンポジウム講演論文集(No.98-14), pp.237-242.

## 吉澤 研究室 (乱流モデリング)

教授 吉澤 徹 (昭和50年度～)

本研究室は、工学諸分野に現れる非電導性流体乱流および自然科学、核融合現象における電導性流体 (プラズマ) 乱流の理論的、数値解析的研究を主たる研究課題としている。研究室は、吉澤、西島勝一技術官、堀内潔助手 (～1992年、現在東京工業大学助教授)、横井喜充助手 (1995年～) からなる。

研究成果は以下の4点に要約される：

### 1. 乱流の統計理論的研究

この課題の主題は、大域的成分と細かな揺動が共存する際、後者の効果を前者に組み込む理論的手法を整備することにある。この目的のために、1984年に提案した2スケール繰り込み理論のいくつかの欠点を正し、適用範囲を広げた。本研究は、大学院生岡本正芳 (現在静岡大学) との共同研究によってなされた。

### 2. 乱流モデルの研究

工学諸分野の乱流解析において大きな役割を演じている乱流モデル、特にアンサンブル (レイノルズ) 平均モデルを2スケール繰り込み理論を用いて考察した。これによって、渦粘性型代数型モデリングとレイノルズ応力、スカラーフラックスを直接扱う2次モデリングとの理論的関係を明らかにし、前者の改良を行った。これらの成果を旋回流を初めとするいくつかの基本的乱流場に適用し、その有効性を確認した。本研究は、西島技術官、横井喜充、岡本正芳との共同研究によってなされた。

ラーゼ・エディ・シミュレーションにおけるサブグリッドモデリングとアンサンブル (レイノルズ) 平均モデルとの関係を考察し、その相互関係を明確にした。サブグリッドモデリングに関しては、従来のスマゴリンスキー型モデルに代わるいくつかの提案を行い、溝乱流等の基本的流れで検証を行い、有効性を確認した。本研究は、堀内潔、岡本正芳との共同研究によってなされた。

### 3. 高速乱流の研究

航空工学等の高速乱流の解析では、乱流モデルに圧縮性効果を何らかの形で陽に取り入れる必要がある。圧縮性乱流のような複雑な流れを2スケール繰り込み理論を用いて解析することは数学的負担が大きく、これを緩和するためにマルコフ化2スケール理論を定式化した。これをもとに圧縮性乱流を特徴づける物理量の一つとして密度分散があることを示した。この効果を乱流粘性率に取り入れ、混合層における圧縮性効果の説明を行った。本研究は、横井喜充との共同研究によってなされた。

### 4. 電磁流体乱流およびダイナモの研究

電導性流体 (プラズマ) に関する乱流は、天体現象における磁場生成機構 (ダイナモ) および核融合におけるプラズマの磁気閉じ込めと関連して重要となる。ダイナモ研究においては、2スケール繰り込み理論とマルコフ化2スケール理論を用いてクロスヘリシティ効果を見出し、磁場生成がプラズマの回転効果と密接することを理論的に明らかにした。クロスヘリシティダイナモを太陽磁場、特に黒点磁場、降着円盤からのジェット等の現象に適用し、その有効性を確認した。また、プラズマの回転運動と乱流抑制の関係をクロスヘリシティ効果のもとで考察し、核融合におけるトカマクプラズマとの関連を研究した。

現在の核融合プラズマ閉じ込め方式でもっとも進歩しているものの一つとしてトカマク高モード閉じ込めがあるが、その特徴はプラズマ周辺部での熱輸送障壁の形成にある。マルコフ化2スケール理論を用いて、熱輸送障壁の形成は電場と電荷分布の非一様性と密接することを見出した。この結果は、熱輸送障壁は電場勾配によるとする従来の説明より各種観測結果を的確に説明しており、トカマクにおける他の改善モードとの統一的取り扱いが可能となる。

本研究は、横井喜充、大学院生西野学との共同研究によってなされた。

上記4課題に関連する成果の一部は文献2～6として挙げられているが、成果全般は文献1で詳述されている。

### 主 要 論 文

- 1) A. Yoshizawa, Hydrodynamic and Magnetohydrodynamic Turbulent Flows: Modelling and Statistical Theory (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998).
- 2) S. Nisizima, A Numerical Study of Turbulent Square-Duct Flow Using an Anisotropic k- $\epsilon$  Model, Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2, 61-71 (1990).
- 3) K. Horiuti, A Proper Velocity Scale for Modeling Subgrid-Scale Viscosities in Large Eddy Simulation, Physics of Fluids A, 5, 146-157 (1992).
- 4) N. Yokoi, Large-Scale Magnetic Fields in Spiral Galaxies Viewed from the Cross-Helicity Dynamo, Astronomy and Astrophysics, 311, 731-745 (1996).
- 5) M. Okamoto, Theoretical Investigation of an Eddy-Viscosity-Type Representation of the Reynolds Stress, Journal of the Physical Society of Japan, 63, 2102-2122 (1994).
- 6) S. Nisino and N. Yokoi, Analysis of Toroidal Magnetic Fields in Accretion Disks Using the Cross-Helicity Effect and Estimate of Jet Velocity, Publications of the Astronomical Society of Japan, 50, 653-665 (1998).

## 渡邊 (勝) 研究室 (固体材料強度学)

教授 渡邊 勝彦 (昭和49年度～)

材料の強度と破壊に関わる事象を表現し把握する手法の開発, その各種材料挙動評価への適用に関する研究を進めている. 材料の強度と破壊に関する研究は, コンピューターの発達を背景とした数値解析・シミュレーション技術の著しい進歩, また破壊力学等, 新しい手法の出現もあって, 近年目ざましい発展を遂げている. しかしながら, より厳しい条件・環境下での材料の使用, さらには次々生み出される新材料の実用化ということもあって, 材料の強度・破壊に起因する問題は繰り返されて来ているのが実状である. 強度と破壊に関する問題は, 社会の安全性に対する要求を背景に, 常に今日的な課題として現れるものであり, この分野の研究は時代の要請に合わせ常に発展して行かねばならないものである. このような認識の下, 当研究室では, 従来の方法の発展的方向での各種強度・破壊問題の研究を進めるとともに, 将来のこの分野のさらなる発展の基礎となることを目指して, 新しい概念や新しいモデルの開発, それに基づく新しい方法論の研究に力を注いでいる. 具体的には, 当研究室で提案した概念を中心に, 従来の破壊力学の適用限界を越えた新しい破壊力学体系の構築とその有用性の実証を進めて来ており, また従来強度や破壊の問題は通常マクロな連続体モデルにより取り扱われるが, その本質は材料の微視的構造と密接に関わっていることから, もっともミクロなモデルとしての分子動力学モデルの当該問題への適用性研究, 中間的スケールの構造を取り込んだメソスコピック・モデルの開発研究等を行っている. この10年間, 佐藤裕助手に加え, 平成4年より土田茂宏技術官が在籍し, 平成6年より結城良治助教の逝去に伴い大平壽昭助手が参加している. 平野八州男教務職員は平成2年退職した. 以下に主たる研究テーマについて簡単に紹介する.

### 1. CED (き裂エネルギー密度) 概念による破壊力学体系の構築 (昭和55年度～)

き裂に関わるあらゆる現象を対象とすることを目標に, 一貫して力を注いでいるテーマである. 現在広く行われている破壊力学は, 現実のき裂端近傍における現象が実際には非弾性現象であるのに, 弾性き裂の力学により評価しようとして来たものであるといえ, そのため種々の限界, 矛盾が生じるものとなっている. 本研究においては, 一貫してひずみエネルギー面密度の意味を持つCED概念を中心とした非弾性き裂の力学とも呼ぶべきものを構成し, その脆

性・延性破壊, 疲労破壊, クリーブ破壊等, 各種破壊問題への適用を通じて従来の破壊力学における限界, 矛盾を克服し, あらゆるき裂問題に適用可能な破壊力学体系の構築を目指して研究を進めている. 最近では均質材中混合モードき裂, 結果的に常に混合モードとなる異材界面き裂, 異材溶接線上き裂の破壊が, CEDにより, 従来法では達成できなかった, どのような条件を満たしたときどの破壊モードでどの方向に起こるといふ完全な形で表現できることを示している.

### 2. 異材界面の破壊と強度評価法に関する研究 (平成3年度～)

異材界面においては, その端部において応力の特異性が生じ, その強度評価法の確立に向けては解決すべき問題が多い. 本研究では界面端部の強度評価法の開発・確立に向けての理論的研究を進めており, 熱応力も考慮に入れての特異性について二次元, 三次元問題を対象に研究を進めており, これまでに特に軸対称問題に対し新たな成果を得ている.

### 3. 非連続モデルの材料強度問題への適用性に関する研究 (昭和61年度～)

本研究は, 現実の材料において見られる連続体モデル化になじまない非連続的な挙動を評価し得る一般性あるモデルを開発し, 強度問題への適用を図ろうとするものである. これまでに, 開発したモデルの転位問題への適用性を示しており, さらに, 本モデルによる結晶粒構造を考慮し, 粒界でのキャビティの発生, 成長を組み込んだクリーブ問題解析のためのメソスコピックモデルを構成し, 材料のクリーブ挙動評価への適用, また, 一方向繊維強化材の引き抜け効果を考慮した材料の靱性評価等への適用を試みている.

### 4. 原子配列モデルの破壊問題への適用性に関する研究 (平成5年度～)

原子配列モデルのシミュレーション解析を通じて破壊現象の本質に迫り, その理解を深めると共に通常の連続体的強度評価手法の今後の展開に資そうとするものである. き裂挙動, 材料の中性子照射による脆化に関連して重要となる, 銅析出物を含む鉄材料の力学挙動等を分子動力学法により解析し, 連続体的マクロな手法による結果とミクロな手法による結果を結び付ける手がかりを探っている.

## 岡田 研究室 (耐震構造学)

教 授 岡 田 恒 男 (昭和 42 年度～平成 7 年度)

岡田研究室では、昭和 42 年から平成 8 年 3 月 (停年退官) に至るまで、主として鉄筋コンクリート系構造物を対象とした建築耐震構造学、すなわち個々の建築物についての耐震性能評価およびその性能向上に関する研究から、よりマクロな視点に立った都市の地震防災、すなわち都市における建物群の耐震性強化に関する研究、を行ってきた。

その間の主な研究テーマは次の通りである。

- 1) 鉄筋コンクリート造柱の塑性復元力に関する研究
- 2) オンライン地震応答実験手法の開発
- 3) 鉄筋コンクリート造建築物の耐震設計法に関する研究
- 4) 補強組積造建築物の耐震設計法に関する研究
- 5) 耐震診断手法の開発と応用に関する研究
- 6) 耐震補強手法の開発とその効果に関する研究
- 7) 地震により被災した建築物の被災度判定手法の開発
- 8) 超小型試験体を用いた耐震実験手法の開発
- 9) 国内外の被害地震に関する調査研究



写真：超小型立体試験体を用いた動的耐震実験

## 竹光 研究室 (数値流体力学)

助教授 竹 光 信 正 (平成元年度)

本研究室の開設は短期間であったが、竹光助教授は昭和 61 年 7 月から平成元年 3 月まで本所客員部門「多次元数値処理工学」の助教授を務めた。平成 2 年 4 月より富山県立大学所助教授となったが、平成 2 年 6 月 10 日カナダにおいて輪禍により客死した (本稿は吉澤徹の代筆による)。

客員助教授終了後および本所在籍中は、上記研究に加え、固体壁近傍で乱流モデルを使用する際の壁法則の研究に力を傾注した。乱流モデルを固体壁面で速度の $\gamma$ なし条件下で使用すると、数値解析の際多大な計算格子数が必要となり、大きな計算負荷となる。乱流の工学的研究では、多くの場合速度の $\gamma$ なし条件は対数速度則によって代替される。しかし、対数速度則は流れの性状に決定的な効果を持つ剥離点近傍では成立せず、これに代わる条件を見つけることは極めて重要となる。本所在籍中、これに関しいくつかの端緒的成果を挙げ、更なる発展は富山県立大学での研究に委ねられることとなったが、不幸にも輪禍のため中

断されることとなった。この研究は現在でも十分意義があり、継続されることが望ましいが、竹光助教授独特の思考法とも関連し、止むなく放擲されている。

上記研究に関連する論文は文献 1～3 に与えられているが、その他の主要論文は追悼論文集 (文献 4) にも収録されている。

### 主 要 論 文

- 1) 竹光信正, 改定  $k-\epsilon$  モデルの自由せん断乱流への適用 (第 3 報, モデル定数の実験データによる総合的評価), 日本機械学会論文集 B55, 2674-2683 (1989).
- 2) 竹光信正, 主流が一室交流の乱流場の漸近解と境界条件, 日本機械学会論文集 B55, 2684-2693 (1989).
- 3) N. Takemitsu, An Analytical Study of the Standard  $k-\epsilon$  Model, *Journal of Fluid Engineering*, 112, 192-198 (1990).
- 4) 竹光信正博士論文集 (竹光信正博士論文集刊行会, 1990).

## 田村 研究室 (耐震構造学)

教授 田村重四郎 (昭和41年度~平成2年度)

本研究室は昭和41年より岡本研究室、岡田研究室と共に動的材料強弱学部門を担当し、平成3年3月停年によりその任務を終了した。40年誌の如く、耐震構造学の内主に土木工学の分野を分担し、建築学分野を主に分担した岡田研究室と密接な関係を持ち、昭和62年に発足した小長井研究室と協力し、震害調査、地震観測、構造物の地震応答・動的破壊を主な研究対象とし、ERSのメンバーとして主宰者は研究総括などの役割を果たしている。

研究室構成員は昭和59年当初は大町・森地の各研究員、酒井、片桐両技官であったが酒井技官は平成元年度に営繕掛へ、片桐技官は研究室の終了にともない、小長井研究室に移っている。この間、研究活動は大学院生、受託研究員、中国大連理工大学よりの研究員等の協力を受け、岡本名誉教授の助言を受けることができた。

研究課題はフィルダム、地中構造物の耐震性と地震動調査に大別されるが、前2者について概要を記す。

山王ダム等の地震観測を続ける一方、砂又は礫を用いた模型ダムの振動破壊実験を行ない、その破壊性状、破壊の進行過程の一端を明らかにした。破壊状態の解明のため第5部龍岡研究室の協力を得て極低応力下の模型材料の力学的性状を調べた。RC表面遮水壁ロックフィ

ルダムの礫からなる模型の振動破壊実験を実施し、その性状を始めて明らかにした。1988、1990の兩年には中国遼寧省閘門山ダムで完成直後並びに満水後に大連理工大学韓、孔各教授と共同して爆破実験を行った。ロックフィルダムのような比較的粒径の大きい材料からなる構造物の内部の挙動を見るため、小長井研究室と共同で、レーザ光シートを用いた浸潤法に基づく光学的実験方法を開発・実用化した。

多摩川トンネル及び都内6箇所の地下鉄トンネルで継続的に地震観測を行うと共にトンネルのモデルを用いて、振動実験を行った。トンネルの地震応答を決める地盤の地震時挙動を明らかにするため、表層地盤が不規則な形状をである場合を対象に模型実験と数値解析を行い実際への適用を計った。開発した波面追跡法は基盤が傾斜している場合地表面に部分的に強い地震動が発生することを予測するものであった。第5部魚本研究室の協力を受けて、地中構造物の如き変位で制御される場合のRC部材の強度評価基準に対する資料を得ることができた。

海外の地震調査では1989年 Loma Prieta 地震は小長井助教授と、1990年 Luzon 地震では土木学会調査団長として現地調査を行っている。

## 本間 研究室 (材料表面工学)

教授 本間 禎一 (昭和49年度~平成3年度)

### 1. 研究室の沿革について

昭和49年4月に一色教授の退官に伴い、放射線工学の研究室での研究を引き継いだ。昭和53年に固体表層構造解析装置が設置され、そのうちのオージェ電子分光分析装置 (EMAS-II型) は、第1部の放射線工学研究室(本間研究室)に置かれた。超高真空中で表面の評価・解析する仕事を進めながら、表面ナノテクノロジーと真空技術に関心が向けられ、専門分野として材料表面工学が新たに選択された (昭和56)。

新しいテーマによる研究は、助手田中彰博 (昭和50-60)、同藤田大介 (昭和61-平成3)、技官後藤克己 (昭和60-平成3) らの職員の協力で進められた。

### 2. 研究テーマ

- 1) AES, SIMS の金属学への応用に関する研究 (昭和54-昭和63)
- 2) 二元合金における熱平衡表面偏析に関する研究 (昭和

61-平成3)

- 3) 固体表面の状態分析と気体吸着に関する研究 (昭和61-平成3)
- 4) 極高真空の発生・計測・利用技術の開発に関する研究 (試験研究(1), 科学技術振興調整, 昭和63-平成3)
- 5) 表面広域電子線エネルギー損失微細構造法 (SEELFS) による固体表面構造解析に関する研究 (昭和63-平成3)

### 主要論文

- 1) 金属の高温酸化における酸化層の微視的及び巨視的構造の役割, 生産技術研究所報告, 15(3)165-231 (1965)
- 2) Electron diffraction study of the epitaxy of Cu<sub>2</sub>O on the(001) face of copper (T.Yoneoka と共著), J. Appl. Phys., 46(4), 1459-1464(1975)
- 3) 固体表面上の動的過程の解明とその超高真空技術開発への応用, (藤田と共著), 生産技術研究所報告, 36(3), 62-168(1991)
- 4) オーステナイト系ステンレス鋼における高配向性六方晶BNの表面析出機構 (藤田, 吉原と共著), 日本金属学会誌, 56(4), 406-414(1992)



## 結城 研究室 (材料強度機構学)

助教授 結 城 良 治 (昭和52年度～平成6年度)

結城研究室は、弾性論を主たる手段に、破壊力学、境界要素法の応用研究、さらに後半においては特に界面力学、界面破壊力学とも呼ぶべき分野の研究に力を注いでいたが、結城助教授の急逝に伴って平成6年度で解散した。これに伴い、大平壽昭助手は渡邊(勝)研究室に、平成元年より在籍した小野智佳技術官は中桐研究室に移籍した。以下に主たる研究内容について簡単に紹介する。

### 1. 破壊力学の研究 (昭和52年度～)

線形破壊力学における中心パラメータである応力拡大係数の境界要素法による汎用解析システムの開発を行うとともに、線形破壊力学適用可能対象の拡大を目指し、自動車車体のスポット溶接構造疲労寿命評価システムの開発、接着接合継手の疲労強度評価、複合材料の疲労強度と疲労き裂伝播に関する研究等を進めた。

### 2. 異材界面力学に関する研究 (昭和59年度～)

異材の強度評価には従来の均質材の評価法とは異なる

“界面の力学”によるアプローチが必要である。本課題では異材の界面端に生じる応力特異性の強さや消失条件を明らかにするとともに界面端を起点とする破壊・強度の評価法を開発し、具体的実用材料への適用を行った。

### 3. 界面破壊力学に基づく強度評価法に関する研究 (昭和59年度～)

界面破壊力学の基礎となる界面き裂の応力拡大係数の評価法を確立するとともに、金属/セラミックス接合剤、接着継手、電子デバイスなどの強度を定量的に評価する手法の開発を行った。

### 4. 境界要素法の応用研究 (昭和56年度～)

効率的な数値解析手法として注目される境界要素法の応用および実用化の研究を進めた。高精度・効率的な弾性解析、熱伝導・熱応力解析プログラムを開発するとともにエキスパートシステムやニューラルネットを用いたアダプティブメッシュの自動生成システムの開発も行った。

## 畔上 研究室 (最適構造設計)

客員助教授 畔 上 秀 幸 (平成10年度～)

畔上研究室は平成10年度から第1部客員部門(高次協調モデリング)の研究室として最適構造設計と構造解析の手法を応用した生体力学の研究を行ってきた。前者に関しては境界値問題の定義された領域の幾何学的形状を設計対象にした領域最適化問題の統一的な解法を提案してきた。その方法を応用したプログラムを民間企業と共同で開発した(図1)。後者に関しては思春期女子に多発する脊柱の変形疾患、特発性側彎症、の成因を力学的見地から解明することを目指して、整形外科や比較解剖学の専門家と共同で座屈説を提唱し、検証してきた(図2)。

### 主 要 論 文

- 1) 畔上：領域最適化問題の一解法，日本機械学会論文集，A編，60巻，1994，pp. 1479-1486.
- 2) 畔上，村地，鬼頭，石田，川上，牧野：特発性側彎症の成因に関する数値シミュレーション(胸郭モデルを用いた検討)，脊柱変形，11巻，1996，pp. 9-12.

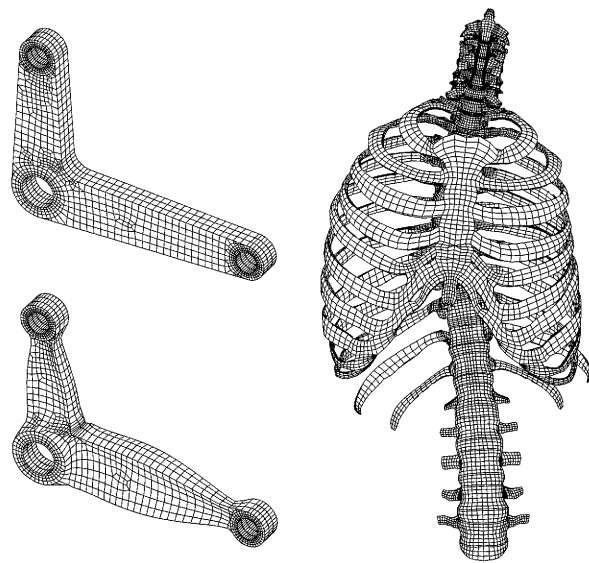


図1. 3軸アームの軽量化 図2. 胸椎の過成長による4次座屈モード

## 加藤 (純) 研究室 (高次光情報モデリング)

客員助教授 加藤 純 一 (平成8年度~10年度)

平成8年5月より高度協調モデリング客員部門・助教授として着任した。任期中は第一部黒田・志村研究室のご協力のもと、非線型光デバイスの時空間領域での新しい応用を目指し以下の研究を行った。

### 1. 色素ドープ液晶を用いた自己偏光変調デバイスの研究

メチルレッドなどのアゾ系色素をネマティック液晶にドープした材料では、波長 500 nm 近傍の光照射に対して色素の光異性化にともない周囲の液晶分子の再配向が誘起され、複屈折および2色性が効率良く変調できる。集光ビームに対するデバイスの偏光変調のメカニズムについて Z-scan 法と偏光解析を併用した解析を行い、定常的には、液晶分子の配向秩序度の低下がその直接的原因であることが明らかになった。この応答は主に熱的過程によるものと考えられる。この特性をコヒーレントフィルタリングに適用し、ms オーダーの周期構造欠陥の実時間検出を実現した。

### 2. 短パルスレーザーを用いた相互励起位相共役波の発生とその応用

フォトリフラクティブ材料を用いた相互励起位相共役波 (MPPC 波: Mutually Pumped Phase Conjugate wave) の短パルス光に対する発生効率の向上およびその応用を目的として研究を行った。ロジウム (Rh) をドープしたチタン酸バリウム結晶を用いた Bridge 型配置などでは、ピコ秒レーザーパルス (~3.5 ps) に対してスペクトル広がりのためビームファニングが抑制され、相互励起位相共役波の反射効率が低下することを明らかになった。より短いパルスに対する位相共役光の発生を実現するための手法の開発、および集光ビームを用いた非線形屈折率の時間分解測定などへの応用についても研究を行った。

#### 主要論文 (各1編のみ)

- 1) J. Kato, I. Yamaguchi, and H. Tanaka : Opt. Lett. 21 [11] 767-769 (1996).
- 2) S. Ashihara, O. Matoba, T. Shimura, K. Kuroda, J. Kato, and I. Yamaguchi : J. Opt. Soc. Am. B, 15 [7] 1971-1976 (1998).

## 桜井 研究室 (界面原子物性)

客員助教授 桜井 誠 (平成6年度~7年度)

平成6年4月より多次元数値情報処理工学客員部門の助教授として2年間在籍した。本務は神戸大学理学部物理学科であり、固体表面上の吸着層の構造解析や振動分光を手掛けてきた。

生研における研究テーマは、固体表面近傍での電子回折過程における回折・散乱電子の強度分布についての画像データを、数値計算によるシミュレーションとの比較により解析し、原子構造を決定する研究に関するものである。主な研究対象は低温の表面上に形成した単分子層であり、シミュレーションは Tensor LEED と呼ばれる M.A. Van Hove (Lawrence Berkeley Laboratory) らにより開発された計算コードを用いて行う。実験的には、低速電子線回折 (LEED) のイメージを様々な入射電子エネルギーに対して記録した後、LEED 像中の回折斑点の強度を解析し回折

強度を入射電子エネルギーの関数 (I-V 曲線) として得る。低温表面上の分子層は表面との結合が弱く、LEED の電子線により容易に脱離するため、LEED 観察時の電子電流を極力抑える必要がある。この LEED 観察の低電流化のため、2種類の測定法による LEED 観察のためのシステムを試作した。一方は電子増倍板付き2次元位置敏感検出器を用いた、パルスモードでの回折電子線の高感度測定によるもので、他方は、LEED 光学系としては通常のものを用いるが、冷却 CCD カメラで撮影することにより低入射電流での LEED 像観察を可能にするというものである。これまでは、特に後者の方法を優先的に立ち上げ、一連の LEED 像撮影から自動的に I-V 曲線を得る方法を確立し、銀単結晶上のキセノン単原子層の LEED 測定に適用した。

## 寺倉 研究室 (凝縮物体量子シミュレーション)

客員教授 寺 倉 清 之 (平成9年度~)

寺倉研究室は平成9年度に第一部の客員教授として、寺倉が着任することによって発足した。研究手法としては、もっぱら第一原理の電子状態計算を用いている。物質の殆ど全ての性質は、物質を構成している原子の価電子の振る舞いによって決まる。したがって、それを量子力学の原理に従う計算によって決めていくというのが、この手法の基本的な考えである。近年は、こうした計算が非常に進歩し、計算機の進歩にも助けられて、物質の理論研究の重要な手法となっている。この手法を種々の凝縮物体の、種々の問題に適用し、実験データを説明するとともに、実験だけでは得られない多くの情報（個々の原子の振る舞いや電子状態など）を得ることを目的としている。具体的には以下のような課題をカバーしている。

- 1) 固体表面での原子・分子過程の理論
- 2) 遷移金属酸化物の構造、電子状態、磁性
- 3) 有機固体の電子状態
- 4) 化学反応の動的シミュレーション

## 主 要 論 文

- 1) Backbond Oxidation of the Si(001) Surface: Narrow Channel of Barrierless Oxidation: K. Kato, T. Uda and K. Terakura, Phys. Rev. Lett. 80, 2000 (1998).
- 2) Dynamical Observation of the Catalytic Activation of Methanol in Zeolites: I. Stich, J. D. Gale, K. Terakura and M. C. Payne, Chem. Phys. Lett. 283, 402 (1998).
- 3) Inverse versus Normal NiAs Structures as High-Pressure Phases of FeO and MnO: Z. Fang, K. Terakura, H. Sawada, T. Miyazaki and I. Solovyev, Phys. Rev. Lett. 81, 1027 (1998).
- 4) Orbital and Magnetic Orderings in Localized  $t_{2g}$  Systems, YTiO<sub>3</sub> and YVO<sub>3</sub>: Comparison with More Itinerant eg System, LaMnO<sub>3</sub>: H. Sawada and K. Terakura, Phys. Rev. B58, 6831 (1998).

## 福田 研究室 (協調工学)

客員助教授 福 田 収 一 (平成元年度~3年度)

平成元年4月から平成3年3月まで、大阪大学溶接工学研究所（現在、接合科学研究所）の助教授と併任で、さらに平成3年4月から平成4年3月まで、東京都立科学技術大学管理工学科（現在、生産情報システム工学科）の教授として、客員助教授として1部担当の客員部門を担当した。

研究テーマは、協調工学である。すなわち、急激に多様化する顧客要求に適切に答える製品開発の実現方法について研究を行った。この実現には、いかにして異なる分野の技術者の衆知を結集するかが重要であり、そのための適切な CSCW、ヒューマンインタフェース等の研究が必要となる。

当時、アメリカでは、この問題を解決するために、コンカレントエンジニアリングが開発提唱され、大きなプロジェクトが開始された。その要点は、それまでの方式では、情報を工程毎に逐次処理をしていたが、下流工程情報をできるだけ上流で処理できるようにし、工程情報の時間的な同時並行処理を図ることにある。

しかし、そのためには、従来の工程毎に目標を設定する方式では対応できず、工程を超えて共通目標を設定する必要がある。

ある。そこで、それまでの福田の機械工学、溶接工学の研究を基礎に、いかにすれば、工程を超えて共通目標を設定できるかを追求した。

その結果、従来の方式は、例えば機械から溶接へと工程の流れも固定していたが、共通情報を整理し、さらにその情報伝達を従来の一方流れから双方向へと変換することで、共通目標の設定がきわめて容易となり、また寸法精度なども工程によっては大幅に緩和できることが明らかとなった。

すなわち、溶接工程を考えると、きわめて多大の入熱があり、変形も著しい。したがって、溶接工程を経て最終的に出荷される製品については、その前工程において、溶接工程での寸法精度を確保できさえすればよく、それ以上の寸法精度確保の努力は必要ないこととなる。

具体的には、CSCWを指向した形状モデル等を開発し、上記の実現を図った。

- 1) D. Sriram, R. Logcher, S. Fukuda: Computer Aided Collaborative Product Development, Springer-Verlag, 1989.
- 2) 福田収一: コンカレントエンジニアリング, 培風館, 1991.

---

**堀越 研究室** (高速数値演算処理工学)

客員教授 堀 越 彌 (平成4年度～平成6年度)

---

本務：日立製作所中央研究所長，コンピュータ事業本部  
企画本部長

平成4年第3期の客員教授として就任，当時，スーパーコンピュータの新しい方式として重要性を増していた超並列計算機の工学分野の応用に関する研究を推進した。スーパーコンピュータの高速性は長い間ベクトル型と呼ばれ，ベクトル間の演算を高速処理する命令を単位として実現されてきた。それに対して計算機を並列に配置し，処理を同時並行的に進める超並列型は歴史的には古いに限られた応用分野でしか実用化されていなかった。理由は個々の計算機の高速性実現が費用的に困難であること，並列処理間の中継結果の交換が効率的に出来ないことなどにあった。しかしながらLSIの飛躍的發展による安価な高速計算機の実現，

高速ネットワーク技術の飛躍的發展により問題が解消しつつあった。

このような背景から，生研(RGOE Research Group of Excellence)の認定を受け，超並列計算機の工学的応用に関する研究グループを編成し，超並列計算機が所内の具体的問題に効果的に適用できるか否かを追及した。実行テーマとして，スーパーコンピュータ技術の現状分析，数値流体力学・構造解析・画像解析・データ分析への応用等である。いずれの研究結果も超並列計算機の適用分野が飛躍的に拡大していること，超並列計算機の有する超高速性を生かして計算可能なフロンティアを飛躍的に拡大できることをしめした。これらの成果を5回の研究会で発表，広く所外，学外の研究者を含め討議し，盛況であった。