

# CERT REPORT

Center of Exchange for Research and Technology  
College of Industrial Technology, Nihon University

No.01 NOVEMBER 2007



## CONTENTS

■ CERT REPORTの創刊にあたって	2
■ 公開特許の紹介	3
■ 大学の研究成果はいかに生かされるか (NUBIC)	6
■ 技術移転の実績	8
■ 生産工学研究所所有研究装置・設備の紹介と研究成果	9
■ 委託・共同研究について	11

## CERT REPORT の創刊にあたって

日本大学生産工学部長  
日本大学生産工学部生産工学研究所長  
石井 進



日本大学生産工学部研究・技術交流センターは、研究機関や民間企業と大学の連携のためのリエゾンオフィスとして、平成10年4月に生産工学部生産工学研究所内に設立されました。生産工学研究所では、民間企業からの相談窓口として昭和59年に「工業技術相談室」が開設され、既に約25年前から産業界との連携を図ってきました。これは、平成10年秋、大学の研究成果を民間企業に移転・活用する仕組みを整えるための法案(TLO法)が施行され、国からも、従来に増して大学と産業界の連携を強化することが求められることとなりましたが、それに先立ち国の方針を先取りしたものといえます。当学部が、学外からの委託・共同研究を学部組織として公式に受け入れるようになったのは昭和42年度からであり、昭和42年度から平成18年度までの受入れ総数は706件、委託・共同研究費合計は約16億5千万円となっています。

当センターは、リエゾンオフィスとしての活動だけでなく、これまで国や地方公共団体等が開催する講演会・展示会・セミナー等にも積極的に参加し、産官学連携を視野に入れた活動を行ってきました。この度、さらに多くの皆様に当学部にも所属する専任教員の研究内容や当センターの活動を知って頂くために、研究・技術交流センターのニューズレターとして「CERT REPORT」を発行することになりました。今後、年1回の定期発行を予定しています。

「CERT REPORT」では、当学部にも所属する専任教員の研究成果のうち、特に企業へ技術移転が可能な、最新の公開特許の紹介を掲載いたします。また、既に製品化された技術移転事例についても紹介いたします。また、生産工学研究所所有の研究装置・設備の紹介とそれを用いた研究成果の報告。当センターが窓口となっている委託研究、共同研究の実績などについても紹介いたします。研究機関や民間企業の皆様が当センターを通じて、気軽にご相談頂ける雰囲気を感じて頂ければ幸いです。

当学部における豊かな人材、知的資源及び学部が所有する各種試験装置等を有効に活用し、新産業創出に向かったの産官学の橋渡し役を務めるとともに、その育成を積極的に行うべく努力をして参りますので、格別なるご理解とご指導を賜りますようお願い申し上げます。

## 公開特許の紹介

### 機能的近赤外分光装置の信号解析方法及び信号解析装置、機能的近赤外分光装置並びに信号解析プログラム (公開番号 2007 - 054376)

機械工学科  
教授 綱島 均



脳活動を非侵襲的に評価する方法としては、機能的磁気共鳴画像 (fMRI) があり、言語や認知等、脳の高次機能の解明に大きな貢献をしてきている。しかし、fMRI は、検査時に被験者は狭い円筒の中で仰臥位になり、身体、特に頭部を動かすことが許されず、制約が多い。これに対して、近年、機能的近赤外線分光法 (fNIRS) が普及しつつある。(図1) fNIRS は、体動中の脳循環動態を、自然な状態でリアルタイムにとらえることができるのが特徴である。一方で、fNIRS により得られた信号の解釈についてはさまざまな議論があり、統一的な信号処理方法が定まっていない。

機能的近赤外分光装置 (fNIRS) から得られる信号は、血圧変動、呼吸、心拍などの影響や体位変化によるアーチファクト、測定装置のノイズなど脳活動と関係ない信号も含まれている。したがって、原信号から、脳活動に関連したものだけを取り出す必要がある。従来の解析法(加算平均、ベースライン補正)を用いるには、同一刺激(タスク)と休憩(レスト)を複数回繰り返し行うブロックデザインという実験手法が必要となるが、課題が人工的で



図1 機能的近赤外分光装置 (fNIRS)

不自然になり、目的の反応を得られない可能性がある。

そこで、離散ウェーブレット変換による多重解像度解析を用いて、fNIRS 装置から得られる信号を、様々な周波数成分に分解し、有意な信号を含む周波数成分のみを再構成することにより、脳神経活動に関連する信号成分のみを抽出する方法を開発した。

暗算時の脳活動を fMRI と同時計測し、開発した方法により、脳機能画像を作成した。図2に fMRI と fNIRS による脳機能画像の比較を示す。開発した方法により脳活動が正確に表示されることが確認できる。今後は、様々な高次脳機能計測への応用が期待できる。

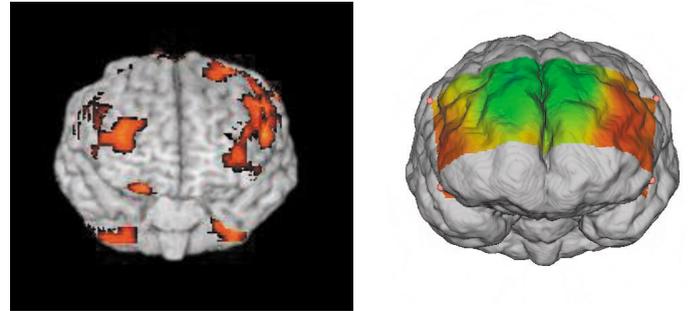


図2 暗算時の脳活動の例 (fMRI (左図) と fNIRS (右図)) の比較 (活動部位がほぼ一致していることが確認できる)

### 固体酸化物形燃料電池及びそのシール方法 (公開番号 WO2005 - 117179)

機械工学科  
教授 野村 浩司

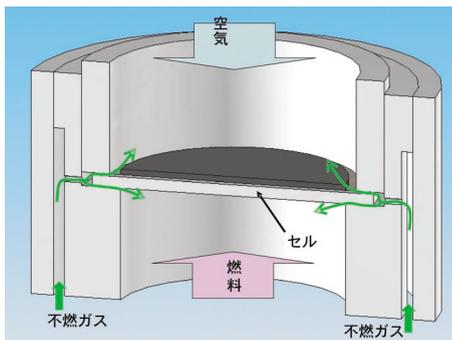


本件は、2004年5月28日に国内で、2005年12月8日に国際的に公開された技術です。固体酸化物型燃料電池の燃料シールを確実に行い、かつ、格段に燃料電池スタックのメンテナンス性を向上させる機構を提供します。セルを損傷させることなく、スタックの一部のセルを交換することが可能となりました。

固体酸化物型燃料電池は高温 (~1000°C) で作動し、セラミックスでできています。厚みは 1 mm 程度で、瀬戸物と同様、衝撃を与えると簡単に割れたり欠けたりしてしまいます。発電させるときには図のように、電池の正極側に空気を、負極側に燃料を供給します。燃料が空気極側に漏れると空気極表面で反応を起こし、燃料電池の性能を低下させる原因となります。燃料電池の作動温度が高いため、一般的なゴムシールやメタルシールが使えません。従来、固体酸化物型燃料電池には、この燃料漏れを防ぐシール材としてガラスやセラミックスが用いられてきました。これらのシール材は室温で固体ですので、電池を交換する際にはシール材を破壊しなければなりません。その際にセラミックス製の電池を破損してしまうことが問題となっていました。

本件はその対策として、不燃ガスパージシール機構を提案しています。この燃料漏れを防ぐ機構は、液体酸素ポンプなどに用いられるヘリウムパージシールを参考にしました。液体ロケットの液体酸素ポンプにおいては、さらに漏れ防止用にラビリンス機構を用いていますが、燃料電池固定部のサイズが小さく、ラビリンス機構を設けることが困難であったため、パージシールのみで燃料の漏れを防ぐ機構にしました。

その機構とは、スタックにおける燃料気体および酸化剤気体より僅かに昇圧した不燃性ガスをセルの外周部に供給することにより、固体酸化物型燃料電池の燃料シールを確実に防ぐ機構です。従来のガラスシールやセラミックスシールに比べると、セルの交換が格段に容易になります。試作平板形燃料電池を用いてパージシールの性能試験を行ったところ、不燃性ガスによる燃料シールは安定しており、ガス使用量・昇圧量もごく僅かでした。燃料電池から出る排気ガス中の燃料を燃焼により適切に処理すれば、排ガスを不燃性ガスとして使用することが可能であり、本技術導入による燃料電池システムのコスト増は少ないと考えられます。また、燃料電池が構造材に強固に固定されていないので、燃料電池と構造材の熱膨張率の差異による熱応力ひずみを回避できる利点も有しています。



が不可欠となっているが、近年ではデジタル技術の発達により多種多様な波形分析器が安価で市販されている。しかし、これら汎用の波形分析器では実測に際して被分析波形の分析の可否を判定する機能を有した機種は無く、汎用されている分析器のほとんどが被分析波形中に電源周波数の非整数倍成分（分数調波、次数間高調波）を含まないことを前提として設計されている。したがって、被分析波形中に電源周波数の非整数倍成分を含む場合にはエラー表示等無しに、程度に差異はあるものの実際と異なる分析結果を示し、測定器が示す測定結果をうのみにしがちな点から高調波障害の発生を見落とす危険が危惧されている。また、分析結果の妥当さに疑問を感じて時間窓の幅（分析データのサンプリング区間）が設定できる機種で再分析を実施する場合、分析器の設定は分析者に依存せねばならずきわめて不明確であった。

提供した方法は、サンプリングした波形に対して専用のリサージュ図形を描き、その形状から電源周波数の非整数倍成分含有の有無と含有成分の種別とを判定して当該分析器適用の可否を判断する手法である。なお、このリサージュ図形の表示には必要に応じて離散データの微・積分処理後に高調波成分の影響を除去して描写感度を増大させる機能を付帯させている。また、非整数倍成分含有時にはリサージュ図形の本数から、正しい分析に必要な時間窓の幅を定量的に決定することができるように配慮し、小さな画面上でも高精度での波形の判定と分析条件の設定を可能としている。

<電気学会論文誌B 2006年6月号に、「配電線での高調波測定時の波形判定手法」として掲載>

## コンクリートの腐食診断装置及び診断方法 (公開番号 2005 - 300383)

## 電気信号分析装置及び方法 (公開番号 2007 - 86030)



電気電子工学科  
専任講師 愛澤 忠良

配電電圧・電流中に電源周波数の整数倍以外の成分含有の有無の判定、ならびに非整数倍成分を含む波形の分析を行う電気信号分析装置および方法を提供したものである。

多様な家電・OA機器、また産業機器の普及に伴い配電電流中には種々の周波数成分の電流が含まれることが多くなってきている。配電システムにおける電力品質の維持と高調波障害を防止するためには電圧・電流の質と調波成分の流れを実測から把握すること



土木工学科  
教授 大木 宜章



土木工学科  
専任講師 保坂 成司

下水道施設などにおけるコンクリートの腐食は微生物が生成する硫酸に起因する微生物腐食と、下水成分に含まれる酢酸や乳酸等の酸による化学的腐食が主な原因である。これらの腐食はコンクリート内部に浸透するため腐食深さは壊さなければ判らない。しかし、下水道施設は供用しているものがほとんどであるため、非破壊で正確にコンクリートの状態を調べる方法が望まれる。

本発明で着目した非破壊試験法の一つである超音波法には透過法や反射法及び表面走査法があり、これらの方法はこれまで超音波の伝播時間より測定対象物の内部密度（強度）や内部の空洞、亀裂の深さなどを調べる手法として用いられてきた。

本発明は微生物腐食や化学的腐食をうけたコンクリートの成分は健全なコンクリートの成分と異なり、密度、弾性定数も異なること、さらに実験結果より、密度、弾性定数が異なる腐食部分の厚さの違いは表面波の周波数を変化させることが明らかとなったことから、超音波法の中で測定対象物表面を伝播する表面波に着目し、この表面波の送受信に適している表面走査法を用いてコンクリートの腐食部分の厚さを測定するものである。

測定方法は測定対象物の腐食面にトランスデューサを一定間隔で平行に設置し、超音波をコンクリート表面に送信、その表面を伝播した表面波をFFT(高速フーリエ変換)により周波数解析を行うことで、コンクリート腐食深さを非破壊で測定するものである。

なお、本発明に於いて測定対象物中を伝播する超音波の経路は種々存在するため、表面波の周波数スペクトラムの抽出方法として、トランスデューサの間のコンクリート表面に超音波吸収材を押し当てたときの周波数スペクトラムと離れたときの周波数スペクトラムを比較することにより表面波の周波数スペクトラムの抽出を行う。この抽出した周波数スペクトラムに基づいて腐食部分の厚さと周波数のグラフまたは関係式から腐食部分の厚さを求めることができる。

### 二酸化炭素を作用流体とした冷却または加熱装置の圧縮機用潤滑油 (公開番号 2006 - 183031)



生産工学部  
准教授 辻 智也



生産工学部  
教授 日秋 俊彦

冷凍機は現代生活には欠かすことができません。製氷機、エアコン、冷蔵庫など大～小規模で日常生活に多数見受けられます。冷凍機は冷媒と呼ばれる作用流体に閉鎖系で力学的エネルギーを与え、断熱および等温圧縮と膨張を繰り返すヒートポンプです。初期の冷媒にはアンモニアが用いられてきましたが、吸湿性・金属腐食性があり耐久性は低いものでした。後にCFC、HCFC、HFCなどのフロン類が開発されました。フロン類は不燃性・電気絶縁性をしめし、物性も申し分のない化合物でした。しかし、京都議定書、モントリオール議定書により、オゾン層破壊物質として規制され、代替物へ転換が行われています。現在、イソブタンと二酸化炭素がその候補が上がっています。前者は日本の高温多湿気候に対応した霜取機能のある冷凍機では、電気スパークによる引火の可能性があります。一方、二酸化炭素は安価でかつ引火性もなく、排出規制に対応した二次利用が可能です。気液臨界温度がフロンよりも100K高い304Kにあるため、さまざまな不都合を生じます。図1に二酸化炭素(冷媒番号R-744)を用いた冷蔵庫の概念をしめしました。

冷蔵庫はいわゆるカルノーサイクルの逆行程により、断熱圧縮、等温圧縮、断熱膨張、等温膨張を繰り返します。断熱圧縮を行うコンプレッサは過酷な温度・圧力条件となり、出口は400K、20MPa、入口は278K、4MPa程度になります。この時作用流体は圧縮により液体、膨張により気体となります。しかし二酸化炭素を用いた場合、非凝縮性の高拡散状態となり物質溶解性も急激に変化します。そのため圧縮時に気相へ潤滑油が抽出され、逆に潤滑油に多量に溶解し、粘度や密度が低下します。膨張時には潤滑油が再液化し、気泡が発生するなどさまざまなことが考えられます。潤滑油はフロンの溶解度を考慮し、ナフテン油やパラフィン油、ポリアルキレングリコール、ポリオールエステル、ポリアルファオレフィンが用いられていましたが、二酸化炭素に対してどれが適しているかは使ってみては確かめるのが、当時の状況でした。この研究は(株)日本サン石油との共同研究に始まります。粘度、密度、ガス溶解度を個別に測定するのではなく、図2のような、3つの物性を同時に測定できる装置を開発しました。その結果、エステル結合を持つ剛直な高分子に対し大きな溶解性を持つことがわかりました。また、ナフテン油やパラフィン油など屈曲性高分子は溶解度が小さく、圧縮により密度が増大します。そこで、ポリエチレングリコールというエーテルに着目しました。ポリエチレンコールは抄紙材として開発された化合物です。しかし、両親媒性・保水性があり、現在はさまざまな用途が提案されています。ポリエチレングリコールは気液臨界点を超えてもあまり溶解度が変わりません。一方、二酸化炭素溶解による密度低下と高分子鎖の屈曲による密度増加が同時に起こり、粘度も安定します。さらに、界面活性剤などで潤滑性がよいこともあり、特許出願に至りました。装置を設計し、物性を測定する地道な研究かもしれませんが、時代に即した技術として実生活に活かされることを祈っています。

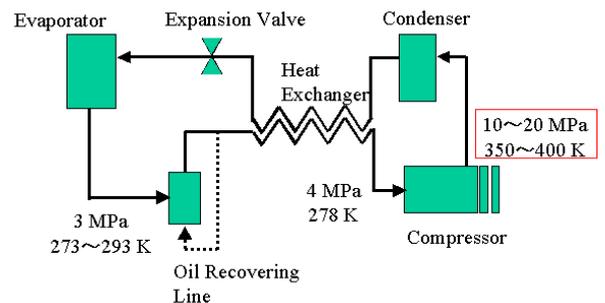


図1 R-744を用いた冷凍機概念

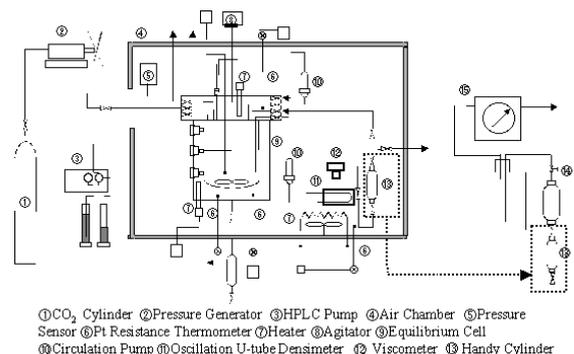


図2 著者らが開発した溶解度・密度・粘度測定装置

## 大学の研究成果はいかに生かされるか(NUBIC)

### 産学連携を通じて 社会の発展に寄与する大学を目指して — NUBICの活動状況について—

日本大学産官学連携  
知財センター(NUBIC)  
副センター長  
金澤 良弘



#### 1. はじめに

歯の鮮明な3次元画像を映し出す歯科用CT装置、心筋などの治療のために用いるバルーンカテーテル、地震から建物を守る制振装置、ストレスの判定に用いるチェックシート、つくしから抽出した成分を含み、アレルギー症状を緩和するといわれる飴、鼻の閉塞感を緩和し、清涼感を楽しむ線香、ハンドル付き一輪車、物質の力学特性を測定するクリーブ試験装置、……。これらはいずれも日本大学の研究成果がパートナー企業によって製品化されたものである。幅広い研究スペクトルをもつ日本大学の研究成果は、産学の協力により、私たちの身の回りの、思わぬところまで幅広く生かされている(図1)。

また、日本大学においては、産学が連携して新しい知識、製品、サービス等を創出する産学共同研究や受託研究、大学で生まれた研究成果を核として起業する大学発ベンチャーの創設も活発に行われている。

日本大学産官学連携知財センター(NUBIC)は、このような産学連携活動を積極的に推進するため、設置された機関である。

#### 2. NUBICの概要

NUBICが日本大学の本部に設置されたのは1998年であり、まもなく10年目を迎える。

日本において産学連携が本格的に推進され始めたのは1990年代に入ってからである。当時、長引く不況を背景として、大学に眠っている技術を積極的に産業界に移転し、経済・社会の発展に生かそうとの発想のもと、政府レベルの推進策が積極的に実施された。大学の技術を産業界に移転する機関であるTLOの設立もその一環であり、NUBICは大学技術移転促進法に基づき文部大臣及び通産大臣(いずれも当時)の承認を受けたTLO第1号の一つである(平成19年6月現在44機関が承認済)。

その後NUBICは、2003年に文部科学省知的財産本部整備事業に採択され、日本大学における知的財産活動の推進機関としての機能をTLOとしての機能とを併せて担う機関となり、2004年からは技術移転に関する人材育成を行うスーパーTLOにも採択されるなど、活動体制を充実させ、活動の幅を広げながら今日に至っている。

NUBICの活動体制については、小嶋日本大学総長・理事長がセンター長に就任し、そのリーダーシップの下、大学の研究者と企

業等の間に立ち、技術移転や受託・共同研究のアレンジを担うコーディネータ、知的財産の取扱いや契約を支援する知的財産アドバイザー(弁護士、弁理士)、特許関係業務、セミナー等の開催・出展、各種情報の提供等を行うスタッフなどが活動を支えている。また、NUBICの活動は、実際に研究・教育を行う研究者との頻繁なコンタクトが不可欠であり、各学部・大学院研究科と緊密な連携のもとに活動を行っている(図2)。

具体的に行っている業務としては、日本大学の研究成果から生まれた特許等の出願、維持管理、特許、成果有体物、ノウハウ等幅広い知的財産の技術移転の推進、受託・共同研究等産学連携研究のアレンジ、大学発ベンチャーの支援、技術展示会・交流会、セミナー等の開催・出展、大学発技術に関する情報の提供、各学部・大学院研究科が行う産学連携活動への支援等である。

また、NUBICは「ベンチャークラブ」という会員組織を設けている(現在会員数約250社)。これは本学の産学連携活動に関心のある企業に会員になっていただき、特許情報の早期開示、セミナーの開催等を通じた情報提供、特許相談等を行っている。ご関心をお持ちの方はNUBICまでお問い合わせいただきたい。

#### 3. NUBICの実績

平成18年度の特許等の出願数は国内外合わせて168件であり、最近では年間150～200件前後で推移している(平成18年度の出願数は全大学中13位)。また、平成18年度の技術移転件数は39件であり、最近はおおむね40～50件程度で推移している(平成18年度の特許権実施等件数は全大学中2位、同収入は4位)。

一方、平成18年度の受託・共同研究件数は316件(全大学中24位)である。日本大学は多くのキャンパスに分散していることから、受託・共同研究の契約はNUBICでも学部でも対応している。NUBICは、受託・共同研究のうち公的研究資金による研究や知的財産を活用した研究を中心に62件を取扱っている。また、大学の知的財産の事業化に重要な役割を担う大学発ベンチャーは現在39企業である。

これらの実績が評価され、2003年にはNUBICが取り扱った歯科用CT装置が科学技術政策担当大臣賞を受賞し、2007年にはNUBICが特許庁知財功労賞(産業財産権制度活用優良企業等)の特許庁長官賞を受賞している。

#### 4. 改めて産学連携の意義を考える

昨年12月の教育基本法の改正や本年6月学校教育法の改正により、社会貢献が新たに大学の基本的な役割として明確に位置づけられた。大学の社会貢献には、技術移転→受託・共同研究による新製品・サービス等の創出、地域づくりや街づくりにおける連携・協力、公開講座、生涯教育、施設開放等幅広い分野が含まれるが、それらを進める上で産学連携は、大学の研究成果を社会に還元し、産業や地域社会の発展に寄与するための柱となる活動である。

また、産学連携は、同時に、大学の本来の使命である教育・研究にもよい影響を与える。

研究の面では、大学とは異なる発想や社会的ニーズに触れることにより、従来の学術研究では考えられなかったような新しい研究の萌芽や新たなシーズの発見がなされることや、大学の研究に民間の経営の発想が組み込まれて、研究開発の効率化や社会との連携が一層進展することが期待される。

一方、教育の面では、大学院生が産学連携研究に参加し、今日の経済・社会が抱えている課題を体得したり、ビジネスにおける最先端の技術開発競争の激しさを体験することにより、研究への刺激を得るとともに、視野を広げることが期待される。生産工学部が積極的に取り組んでいるインターンシップも教育面での産学連携活動の一つである。

このような産学連携の意義を踏まえ、日本大学としても産学連携活動に今後とも積極的に取り組む方針である。

また、地域への貢献は大学の社会貢献の重要なテーマの一つである。とりわけ日本大学は、キャンパスが各地に分散しており、それぞれの地元地域と連携した活動を実施している。

一例として、「みしまんじゅう」をご紹介します。国際関係学部の金谷尚知教授と学生が、地元自治体からの要請を受けて「地元の名産品である三島馬鈴薯を使ったお菓子のお土産」の商品企画を作成し、地元の菓子メーカーと連携して製品化したものであるが、よく売れている。NUBICは、知的財産の観点からこの取組みを支援し、商標、意匠を含む商品企画を菓子メーカーに譲渡し、売り上げの一部が大学および研究者に還元される契約を締結した。この例は、商品企画という権利化できない知的財産に基づく産学連携であること、文系分野の産学連携であることなど、これまでにならぬ試みであると考えている。

また、NUBICは工学部が設置されている福島県郡山市において、地元企業等を対象とする技術移転や知的財産に関する相談会を月1回定期的に開催し、地域の産学連携の促進を支援している。

### 5. おわりに

生産工学部は本学の中でも産業界や地域とのつながりが深く、様々な連携活動を展開している。NUBICとしても、学部と協力し、産業界や地域との連携活動に積極的に協力して参りたい。

産学連携や知財に関してご関心をお持ちの方、具体的な案件やテーマをお持ちの方は、生産工学部を通じてでも直接でも、お気軽にNUBICにお声をおかけいただきたい。

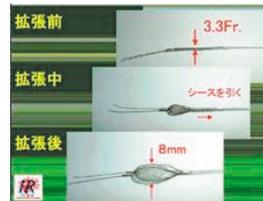
住 所：〒102-8275  
 東京都千代田区九段南4-8-24  
 電 話：03-5275-8139  
 URL：http://www.nubic.jp/  
 E-mail：nubic@nihon-u.ac.jp  
 生産工学部担当コーディネータ：井上、松岡



クリープ試験装置：  
アルバック理工(株)



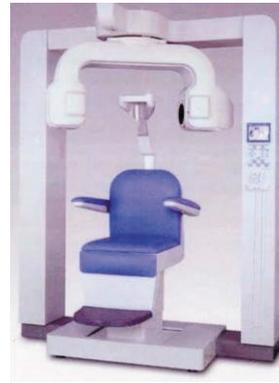
整形用器具：  
(有)フォーメディックス



バルーンカテーテル：  
(株)アイアール



つくし飴：(株)桜



歯科用CT装置：  
(株)モリタ



ハンドル付一輪車：  
(株)ピクセン

図1 日本大学の研究成果を活用した製品の一部

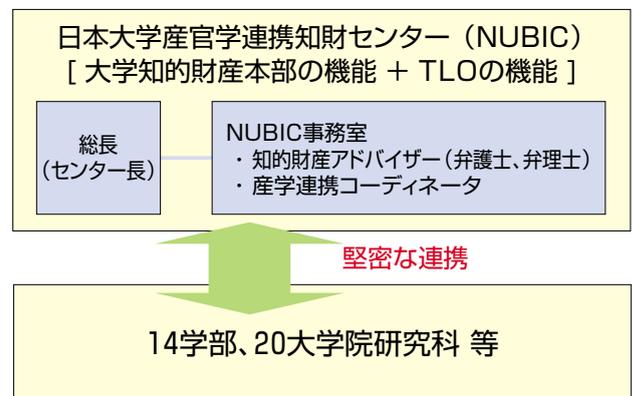


図2 NUBICの活動体制

## 技術移転の実績

大学の研究成果から生まれた $\Theta$ プローブ

マーテック株式会社  
研究開発部部长  
小山 昭弘



弊社は、非破壊検査機材のメーカーとして浸透探傷及び磁粉探傷関連製品を製造販売しておりました。非破壊検査のうち、浸透探傷、磁粉探傷、渦流探傷を表面探傷法と言います。弊社では表面探傷の総合メーカーとなるべく、渦流探傷の新しい技術を模索しておりました。この技術との出会いは2002年5月の日本非破壊検査協会春季大会での電気電子工学科星川先生、小山先生の研究発表でした。

「雑音小さく短いきずを検出できる新型上置渦流探傷プローブの基礎的検討」と題する発表で従来にない特徴を持った渦流探傷プローブでした。

「これならいける!」ということで、早速日本大学生産工学部と委託研究の契約を結び研究に着手しました。

このプローブの構造は、従来のパンケーキ(励磁コイルと検出コイルを重ねた)

型と異なり、励磁コイル面に垂直に検出コイルを配置したプローブです。この形状が上から見るとギリシャ文字の $\Theta$ (シータ)に似ていることから、両先生と相談して「 $\Theta$ プローブ」と名づけました。

このプローブの特徴が生かせる市場の調査を行いながら、星川先生、小山先生の指導を受けて研究を行いました。性能向上のため検出コイルの配置、形状の改良を行い、日本大学と共同出願し特許登録もされています。このプローブに関連する特許出願は、日本大学と弊社で数十件にのぼっています。

$\Theta$ プローブの特徴を紹介します。

まず、リフトオフノイズが小さいこと。(距離の影響を受けにくい)従来のプローブは距離変動によるノイズの影響が大きいため、平滑な面の探傷しか行えませんでした。

これに対しこのプローブにより凹凸のある面の探傷が可能となりました。

次に、リフトオフが大きく取れること。(距離を離しても検出ができる)従来の渦流探傷では試験体とプローブの距離は0.1~0.3mmと小さく寸法変動のある試験体には適していませんでした。 $\Theta$ プローブはこの距離が最大3mm程度まで可能となり、その適用範囲が飛躍的に拡大しました。

次に、検出範囲が大きいことが挙げられます。そのため少ないプローブで全面を探傷するような用途に使用が可能となります。最

後に、バランス回路が不要という特徴があります。通常はきずのない部分でバランス調整を行いますが、 $\Theta$ プローブはバランス調整がいらないため、すぐに探傷が始められるなどメンテナンス用途にも適しています。

$\Theta$ プローブの特徴を生かした実用例を紹介します。

凹凸のある面の探傷が可能ことから、まず最初に実用化したのが溶接部の探傷です。当時、高速道路の橋脚の溶接部に割れが見つかり話題となっていました。そこで $\Theta$ プローブを用いてテストを行い高い評価を受けました。通常このような溶接部は塗装を剥がして磁粉探傷を行いますが、テストでは塗装の上から割れを検出することができました。溶接用としては鉄道用溶接台車の検査も実用化しています。溶接部の探傷について、バランス調整が不要で構造物の溶接部探傷が可能ということで、機械学会関東支部より技術賞を頂きました。

リフトオフが大きく取れる特徴を生かした例として鉄道レールの検査があります。

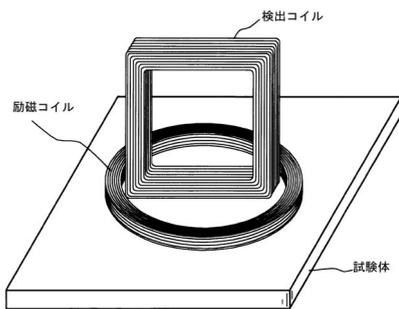
レールの探傷は超音波探傷で行われますが、線路線路のカーブに発生するきしみ割れは超音波では検出が難しいため、 $\Theta$ プローブでの検出実験を行いました。検出可能ことが確認され、現在は実用化に向け基礎テストを行っています。将来は検査台車に装備しての実用化を目指しています。

リフトオフノイズが小さくリフトオフが大きく取れることから使用される例として素材部品の検査があります。渦流探傷は自動化しやすいことから自動車部品の探傷に多く使用されています。鍛造、焼結で製造された自動車部品は通常機械加工を行い、その後渦流探傷を行いますが、 $\Theta$ プローブを使用することにより、加工前の素材の段階での探傷が可能となり加工前に不良品を排除することで加工コストの削減にも役立っています。

$\Theta$ プローブの特徴を最も生かした例として鋼管管端渦流探傷があります。高級鋼材であるシームレス鋼管はAPIの規格によりフルボディ探傷が義務付けられています。鋼管の探傷は超音波探傷、貫通渦流探傷が使用されていますが、管端の約300mm程度は探傷ができないため、 $\Theta$ プローブを使用した管端渦流探傷が実用化されています。マルチ $\Theta$ プローブを使用して鋼管の軸方向きずを高速で探傷する装置が稼動しています。また、最近API規格の変更により全方向のきずの検出が求められており、これに対しては、曲面にも強いという特徴を生かして、 $\Theta$ プローブを回転させて全方向の探傷を行う装置を実用化しました。

このように、星川先生、小山先生の研究成果は、産業界の多方面で採用され活躍しております。

$\Theta$ プローブに限らず、両先生の研究をもとに新しいプローブの開発を進めておりますが、さらにこのような産学連携により大学の成果を産業界に広めていきたいと考えております。



## 生産工学研究所所有研究装置・設備の紹介と研究成果

## 電子線マイクロアナライザー

電子電気工学科  
准教授 新妻 清純



金属材料の組織制御は、金属に強度などの機能特性を付与するために古くから利用されてきた手法である。最近では、金属材料の微細組織をナノスケールにまで超微細化することにより、従来のバルク状態では得られなかったような優れた磁気特性や力学特性が得られることが見出され、次世代の先端金属材料の新たな開発手法として注目されている。

微細組織を利用した新しい材料を開発するためには、プロセス、特性、組織を関連付けて、プロセス条件が組織に及ぼす影響、組織が特性を支配するメカニズムを解明する必要がある。そこで、微細組織を定量的に解析することが重要となるが、実用的に用いられている金属材料は欠陥や多くの異なる相が微細に絡み合った複雑な組織で構成されており、その定量的な解析は難しい。

微細組織をサブミクロンからナノレベルで解析し、微細組織や溶質原子の固溶・クラスター状態を解析するには、電子線マイクロアナライザー(EPMA)は有力な分析装置である。本学部所有のEPMAは、高輝度カソードを採用することによりサブミクロンの微小領域分析を可能とし、構成元素の定量分析はもちろんのこと、複雑な組織を解析するのに適した、多種多様なマッピング機能を有している。さらに状態分析では、スペクトル波形を数値化する解析指数の算出や解析線の作図など、構成元素の結合状態の分析に関しても充実している。

EPMAによる分析例として、Fe-Zr系の非晶質薄帯試料における元素マッピング結果を示す。図1はほぼ完全に非晶質となった試料のマッピング結果である。両組成ともに分析範囲内でほぼ均一に分布しており、サブミクロンオーダー以下の微細組織を有していることが分かる。一方、図2は、試料作製時の冷却速度が不十分なため、一部結晶化した試料のマッピング結果である。図から、両組成ともに左右に帯状の偏析が認められ、特にFe組成において顕著である。さらに、その範囲は数ミクロンあることが分かる。

このような特徴を有するEPMAを駆使して、微細組織や溶質原子の固溶・クラスター状態と磁気特性や力学特性等との因果関係を見出し、新たな機能性を有したナノマテリアルを開発することを目的として研究している。

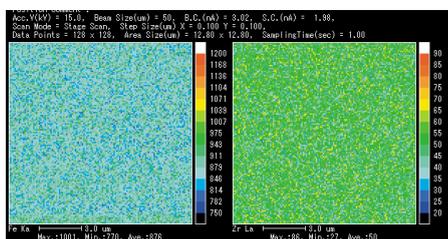


図 1

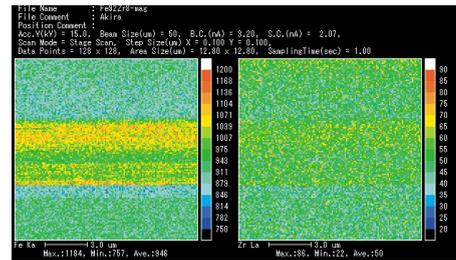


図 2



電子線マイクロアナライザー

## ニューハイブリッド空力振動実験システム一式



建築工学科  
准教授 神田 亮

ニューハイブリッド空力振動実験法(以下、NHAT(New Hybrid Aerodynamic Vibration Technique))は、解析における逐次積分と風圧測定実験を組み合わせ、構造物の空力振動現象を再現しようとするものである。図1に本システムの概念図を示す。NHATでは、具体的に、まず、現象の支配方程式として、以下の振動方程式が成り立つものと仮定する。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f \quad (1)$$

ここに、 $m$ 、 $c$ 、 $k$ は構造質量、構造減衰、構造剛性マトリックス、 $\ddot{x}$ 、 $\dot{x}$ 、 $x$ は加速度、速度、変位ベクトル、 $f$ は本システムにより測定される外力を表す。次に、対象と構造物のモデルを風洞気流内に設置する。そして、以下の過程をリアルタイムで繰り返す。

- ①モデル表面に作用する空気力を模型内部の圧力センサーで捉える。
- ②その空気力を外力として、式(1)に基づく逐次積分計算で応答値を求める。
- ③応答値を模型上に再現する。

このシミュレーションでは、不安定振動でも再現可能で、測定される風外力は、応答と構造物に作用する風外力の相互作用を含んでいる。

NHATは、前述のように構造物の空力振動現象を数値解析と風洞実験を組み合わせるものであるが、その目的は、数値解析と実験の両者の長を生かそうとするものである。具体的には、以下のような長が挙げられる。

- ① 外力と応答を同時に計測することが可能であるため、各々の変動のみならず正しい相関をもって算定することが可能である。
- ② ①に関する長が模型に作用する風力レベルだけでなく局所的な風圧分布に関しても同様である。
- ③ 質量、減衰、剛性などの振動パラメータ設定の容易さ、正確さがあるため実験精度が向上する。さらに、他の空力振動実験法では再現が困難なパラメータでの実験も可能である。
- ④ 風洞気流中においても、数値モデルの導入によって例えば制振部材、免震部材を設置した高層建物の風応答(3.2)を再現することが可能である。

システム概要

今回開発するNHATシステムは、3つの機構から構成される。それは、風圧力と模型の変位を測定する測定機構、応答計算を行う応答計算機構、応答値をモデル上に再現する制御機構である。各機構の主なパーツとして測定機構には、模型および圧力センサー、変位センサー、A/D変換機が、応答計算機構には、リアルタイムでStep-by-stepの応答計算を行うコンピュータおよびプログラムが、制御機構には、D/A変換機、サーボモーター、加振治具がそれぞれ含まれる。以下に各機構について述べる。

測定機構

NHAT以前のハイブリッド空力振動法では、風外力測定器としてロードセルを使用していたため、モデル加振時に発生する慣性力による実験精度の低下が問題となった。実験精度の低下を改善するためNHATでは、風外力測定器として、圧力センサーを用いることとした。これは、ロードセルに比べて、圧力センサーが感知する慣性力のレベルが格段に低いためである。用いた圧力センサーを図2、その詳細を図3に、また、実物の圧力センサーの写真を写真1、2、3に示す。

模型は、100mm×100mm×500mm(B(見付け幅)×D(奥行き)×H(高さ))の正方形角柱である。角柱模型には、各面に50点(5点×10層)、4面で合計200点の圧力センサーが内蔵されている。一面の圧力測定孔の配置図を図4に示す。また、模型の写真を写真4に示す。

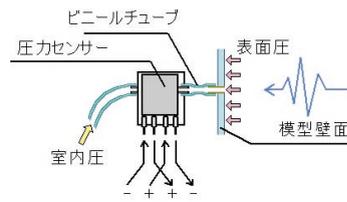


図2 圧力センサー

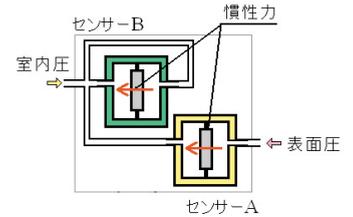


図3 圧力センサー詳細図

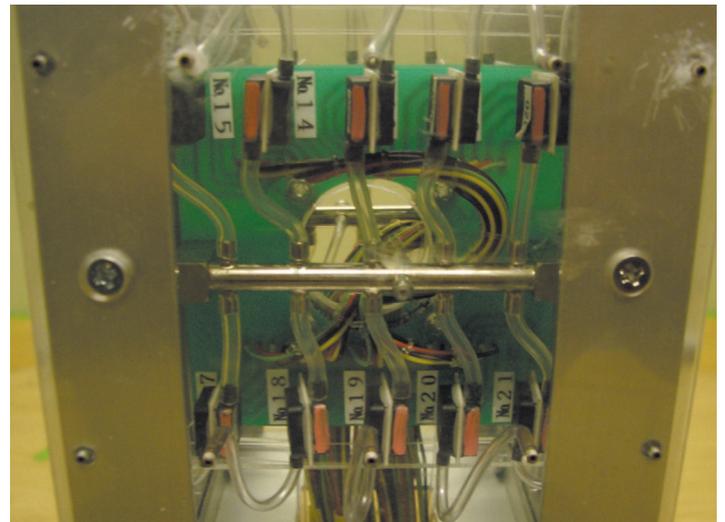


写真1 圧力センサー



写真2 圧力センサー(横)

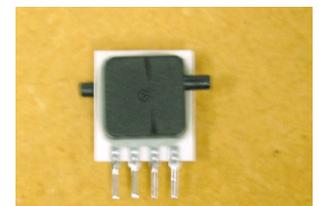


写真3 圧力センサー(前)

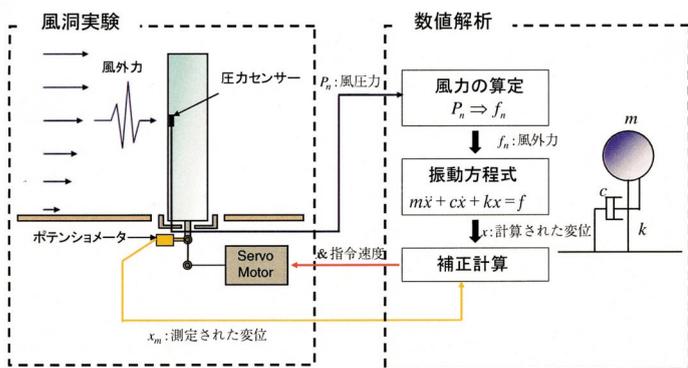


図1 ニューハイブリッド空力振動実験システムの概念図

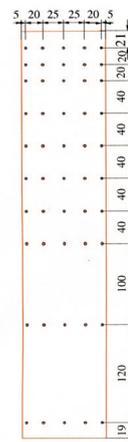


図4 配置図



写真4 模型

## 応答計算機構

NHAT では、逐次積分を実施する必要があるが、対象とする現象が非線形でも対応できるように、 $\alpha$ -O.S.法を用いた。この手法は、通常の数値積分過程にはないいくつかの制約を受けても安定で精度のよい解が得られることが確認されている。

## 制御機構

模型が取り付けられている加振機を図5、写真5に示す。この装置は、模型の足元に回転軸の中心を有し、1自由度ロッキング振動を再現できる。加振機には高速サーボモータを用い、サーボモータの回転運動は、ボールねじを介し直線運動に変換される。なおこの実験システムは、スウェイ、ロッキングモードでのシミュレーションも可能である。また、出来るだけ現実に近い応答値を模型上に再現するため、本システムでは、速度制御方式を採用した。この制御方式は、常に現在の変位を監視しながら、誤差をリアルタイムで修正する必要があるため、変位制御方式に比べて高度なオペレーションを必要とするが、より精度の高い応答再現性を確保できるのが特長である。速度制御信号を出力するためのD/A変換機は分解能16bitのものを使用した。

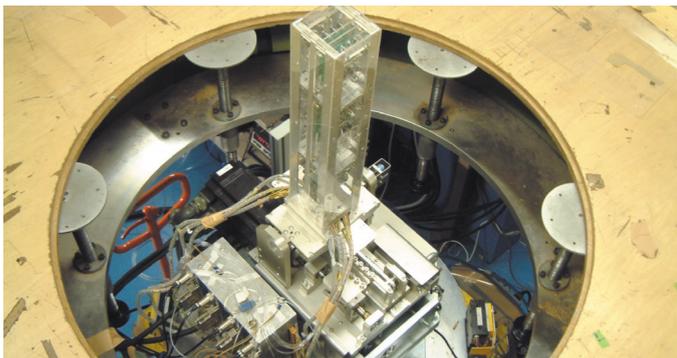


写真5 加振装置全体

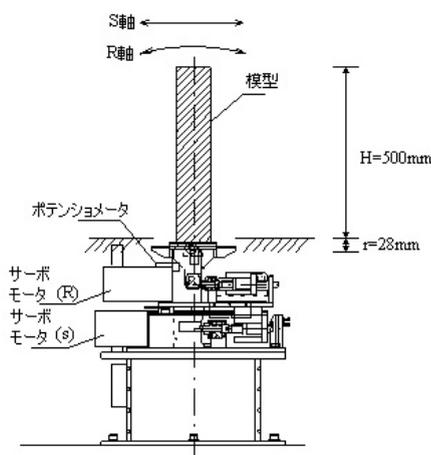


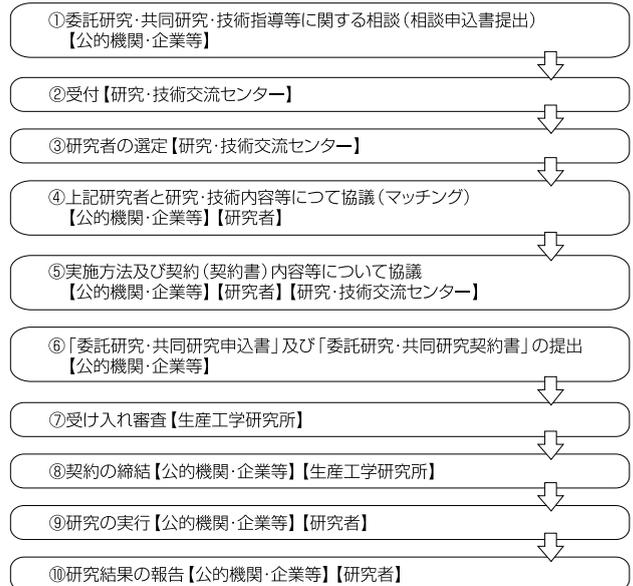
図5 加振装置

## 委託研究・共同研究について

研究・技術センターでは、学術研究の社会的協力と連携を促進するため、公的機関や企業等から委託研究・共同研究・技術指導等の申し込みを受けております。技術的な問題等でお困りの場合は、裏面お問い合わせ先へご連絡ください。研究・技術交流センターが研究者との橋渡しをいたします。

委託・共同研究、技術相談等の手続きの主な手順並びに過去の委託・共同研究の受入実績は次のとおりです。

### 【委託研究・共同研究、技術相談等手続き】



### 【委託研究・共同研究受入実績】

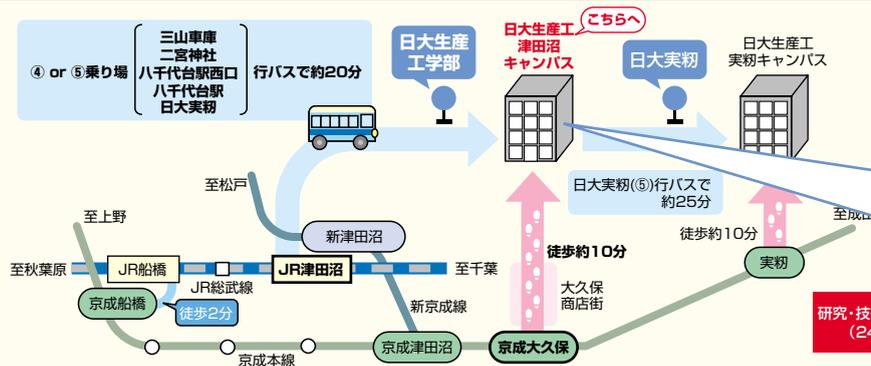
年度	契約金額	委託研究件数 (金額)	共同研究件数 (金額)	合計
平成18年度	100万円未満	14件(7,886千円)	11件(2,859千円)	25件(10,745千円)
	250万円未満	6件(9,248千円)	4件(4,675千円)	10件(13,923千円)
	500万円未満	3件(8,346千円)	1件(3,500千円)	4件(11,846千円)
	500万円以上	4件(33,302千円)	0件(0千円)	4件(33,302千円)
	合計	27件(58,782千円)	16件(11,034千円)	43件(69,816千円)
平成17年度	100万円未満	8件(4,245千円)	3件(500千円)	11件(4,745千円)
	250万円未満	9件(14,563千円)	1件(1,400千円)	10件(15,963千円)
	500万円未満	4件(12,600千円)	0件(0千円)	4件(12,600千円)
	500万円以上	3件(32,303千円)	1件(9,983千円)	4件(42,286千円)
	合計	24件(63,711千円)	5件(11,883千円)	29件(75,594千円)
平成16年度	100万円未満	9件(5,113千円)	3件(525千円)	12件(5,638千円)
	250万円未満	9件(13,934千円)	2件(3,300千円)	11件(17,234千円)
	500万円未満	1件(2,625千円)	0件(0千円)	1件(2,625千円)
	500万円以上	7件(68,446千円)	0件(0千円)	7件(68,446千円)
	合計	26件(90,118千円)	5件(3,825千円)	31件(93,943千円)

※本学部の委託研究・共同研究等に関する各種情報(研究者情報等)を下記URLに掲載しておりますのでご参照ください。

<http://www.cit.nihon-u.ac.jp/kenkyu/kouryu/johou2.htm>



## 交通機関案内



○JR総武線・総武快速線にてJR津田沼駅へ  
津田沼キャンパス

- JR津田沼駅北口より→バス(4番または、5番乗り場)  
三山車庫(津01), 二宮神社(津02), 八千代台駅西口(津21), 八千代台駅(津31),  
日大実硯(津03)行に乘車し、「日大生産工学部」下車
- 京成大久保駅より→徒歩約10分

○京成本線にて京成大久保駅へ・・・駅より徒歩約10分で津田沼キャンパス

## お問い合わせ先

日本大学生産工学部 研究・技術交流センター  
〒275-8575 千葉県習志野市泉町1丁目2番1号  
生産工学部津田沼校舎24号館2階

TEL:047-474-2238 FAX:047-474-2292

E-mail:kouryu@cit.nihon-u.ac.jp

URL:<http://www.cit.nihon-u.ac.jp/kenkyu/kouryu/kouryu.html>