Yamaguchi University Research Activities 2014 Vol.1

Yamaguchi University Research Activities

山口大学研究広報

2014 Vol.1

山口大学長
丸本 卓哉

山口大学は、1815年に長州藩士・上田鳳陽によって創設された私塾「山口講堂」を前身として設立され、2015年には創基200周年を迎えます。その間、山口には、伊藤博文をはじめとする長州藩の5人の若者が英国ロンドン大学に留学して近代文明を学び、帰国後日本の近代化に貢献したという歴史があります。

山口大学も由緒ある地域の基幹総合大学として、質の高い教育を提供するとともに、優れた研究成果を生み出し続けることで、地域社会や国際社会に貢献してきました。現在も、世界に誇れる独創的な多くの研究活動が行われています。

このたび、本学の魅力ある研究活動を国内外の方々に紹介することを目的に、本誌「山口大学研究広報Research Activities」を発行することとなりました。本誌を通じて研究者間の交流がさらに深まるとともに、本学での研究・留学への関心が高まることを期待しています。

Contents

各研究分野の深化と異分野間の連携・協奏を目指して —— 1

山口大学時間学研究所

［特別対談］
「時間学」の世界的展開に向けて —— 2

山口大学研究推進体

［インタビュー］
未来を拓く新材料、「メタマテリアル」で光を操る —— 8
メタマテリアルの概念に基づく超機能材料・デバイス創生

あらゆる角度から、微生物の秘密に迫る —— 12
微生物の機能進化と環境適応

ストレス応答の分子機構を解明し、難治性疾患を克服する —— 14
ストレス応答と関連した難治性疾患の克服のための戦略

各研究分野の深化と異分野間の連携・協奏を目指して

山口大学の研究ビジョンと研究推進戦略

山口大学は第二期中期計画において、①低炭素社会実現を目指す研究、②ライフサイエンス・医療分野のイノベーション創出を目指す研究、③社会と社会を構成する人の持続的発展・発達に関連する研究において、世界水準の研究成果が連鎖的に生み出されるよう、研究者の創意や自発性に基づく研究とプロジェクト型研究の推進を掲げています。具体的には、本学の目指すべき重点分野について優れたマネジメント能力を有する研究グループを独自の研究推進核「山口大学研究推進体」として大学が認定することで、分野横断的・学際的プロジェクト研究を推進しています。現在、新たに整理した5重点分野において、21のプロジェクトが研究推進体として認定されています。これにより個人で行っていた研究の輪を広げ、基礎研究から応用研究、さらには事業化へとつながる大型の学際的研究の推進が期待されます。また、研究推進体間の有機的な連携・協奏により、大学全体の先進的な研究を科学技術イノベーションに結び付ける新たな枠組み（統合研究拠点）としての「先進科学イノベーション研究センター（仮称）」の設置も視野に入れ、研究成果の社会還元に努めています。

また、本学の「時間学研究所」は、2000年に廣中平祐元学長の発案により、時間という観点から研究者間の交流を図り新たな学際領域を創成し、その成果を社会に還元することを目的に設立されました。当該分野における国内唯一の研究所であり、特に文理融合による研究成果を目指している点に特色があります。現在、本学の特徴ある研究領域として国際的な研究拠点への発展を目指し、共同利用・共同研究拠点としての研究体制の確立と世界への先進的な研究成果発信を視野に活動しています。

これらの研究推進戦略により、山口大学全体としての研究活動の加速的発展を狙い、世界をリードする研究拠点の形成を目指します。そのためにも学外・国外の研究者との交流をいっそう推進し、専門分野間の協奏・連携による世界水準の研究成果を連鎖的に生み出していきたいと考えています。

山口大学理事・副学長（学術研究担当）
山口大学大学研究推進機構長
三池 秀敏

山口大学研究推進体　山口大学が目指す重点研究分野（2014年～）

1. 持続可能社会・低炭素社会の実現に貢献する科学・技術の創成を目指す研究組織
2. ライフサイエンス・医療分野のイノベーション創出を目指す研究組織
3. 山口の歴史・社会・文化さらには東（南）アジアの歴史・社会・文化の発展に貢献する科学を目指す研究組織
4. 環境情報、気候変動予測、防災等に貢献する科学技術を目指す研究組織
5. 山口大学創基200周年の歴史から未来へと展開する文理融合型研究組織

山口大学理事・副学長
三池秀敏
MIIKE Hidetoshi

時間学研究所長
進士正人
SHINJI Masato

［特別対談］

「時間学」の世界的展開に向けて

山口大学時間学研究所

時間学研究所が設立されて14年。
これまでに「時間」に関する国内唯一の研究所として「時間学」の確立と普及を目指し、様々な研究・活動を重ねてきた。
グローバル化、イノベーションの創出など大学の機能強化が求められる中、時間学研究所はどのような未来を目指すのか。
三池秀敏副学長と進士正人時間学研究所長に語っていただいた。［進行：長畑実 大学研究推進機構研究推進戦略部教授］

The Research Institute for Time Studies

時間でつなぐ「知のリンク」

長畑　2000年に時間学研究所が設立されて14年になります。これまでの歴史を振り返って、改めて設立の目的、意義について教えてください。

三池　廣中平祐氏が学長の時に、時間生物学という生物学の研究分野で世界をリードする研究グループが学内にあり、活発な研究活動が行われている状況でした。また、当時学内には大学が設置するオリジナルの研究所、研究センターがないということで、新たに100年200年先を見据えて、山口大学発のオリジナルでオンリーワンの研究分野を育てようとされました。その中で、当時廣中先生の思いが特に強かった「時間学」というテーマで、文系と理系とが協奏・融合する研究領域を新たにスタートすることになりました。

進士　廣中先生は『時間と時』という本で次のように書かれています。「私は『時間学研究所』が、当面は学内措置での出発であるとはいえ、山口大学で発足したことを何よりも喜んでいる。（中略）研究活動として、学内では学部の壁を感じさせない知のリンクを構成しており、（中略）時間に関する学問的関心やその不思議に関する好奇心は驚くほど強く広いことを思い知らされている。」この「知のリンク」がキーワードで、文系だけでも理系だけでもない、両方がうまくリンクすることで、新しい研究、学際領域ができるという考えが、今の研究所のスタイルだと思います。これからもそのスタイルをベースにさまざまな時間学の研究活動を展開して行くと思います。

長畑　廣中先生の意図されたことがどのくらい実現されてきているのでしょうか。

進士　研究所の組織としては、2012年度に専任の研究者が文系・理系合わせて5人となりました。あと、客員教授の先生方や委員の先生方などを加えると約30名、さらにそれを応援する先生方を合わせるとトータルで約100名の学内外組織で時間学に取り組んでいるというのが現状です。廣中先生からは、時間学は、200年後には我が国にとって、さらには全世界にとって非常に貴重な研究になるのだから、ぜひがんばって200年やり続けてくださいと言われました。山口大学も200周年を迎えますし、ちょうどその年代だけがんばるということかな、と思います。

長畑　時間学が新しい分野としてこれからの社会に貢献するという点で、どのような研究がなされているのでしょうか。

進士　時間を、江戸時代の終わりから今までの百数十年間の流れの中だけでみてみますと、当時は例えば東京－大阪間を14日くらいで歩いていました。それに対していま我々は、2時間弱で移動できるようになってきた。東京－大阪、東京－ニューヨーク、世界中が非常に近くなってきていて、時間の流れがものすごく速くなってきている。我々が時間の流れについていけない時代になりつつある。むしろ、江戸時代のような生活のほうが、人々は豊かな時間の中で過ごしていたのではないかと思うのです。そういう中で、では我々の基本の時間とは何か、ということを考えていきたい。そうすることで、時間学の研究が本来の人間の姿を取り戻すのに役に立つのではないでしょうか。年を取ると時間が短くなるといったようなことが実感としてありますけど、そのようなことを解決していくのも、時間学研究において重要なテーマです。

文理融合が持つ可能性

長畑　進士所長ご自身の研究と時間学との関わりはどのようなものですか。

進士　私の専門は、新しい道路や橋、トンネル等の構造物を作る土木工学です。これらがいつまで使えるのかというのが、今非常に話題になってきています。例えば構造物をひとつの生き物に置き換えた場合、生まれるときから死ぬまでを考えなければいけない。このように構造物を一定の時間軸で捉えるという新しい視点に面白さを感じ、時間学に興味を持ちました。土木というのは、一番何でも取り入られる幅広い学問です。

三池　社会と一番つながっていますね。

進士　防災、特に地震や津波への備えでは、歴史的経緯を知らないとそこに何を作っていいか分からないということもあります。過去と今、今と未来を紡いだ研究領域なので、時間と関わりの深い工学のひとつという気がします。

長畑　そういう意味では、学際的に文理融合で取り組むことのできる学問分野ということですね。

三池秀敏
山口大学理事・副学長（学術研究担当）、
大学研究推進機構長、工学博士、
専門分野：非線形科学、視覚情報工学

進士正人
時間学研究所長、学術博士、
大学院理工学研究科(工学)教授、
専門分野：トンネル工学、地盤工学

長畑　実
大学研究推進機構研究推進戦略部教授、
専門分野：社会教育学、博物館学

進士　時間学も今後は文系と理系の研究者がうまく融合して、今まで考えなかったような価値観、違う見方で新しいものを作っていくことが重要になってくると思います。新しい見方による研究のひとつとして、例えば、目の錯覚は、21世紀に入ってすごく進んだ分野で、ノイズを入れることの効果がわかり始めたのがその成果です。人間は、動的なものを見る場合と静的なものを見る場合とでは見方が違います。動的なものに対しては認識力が強いので、そのような性質をうまく使うと、従来なら見落としていたものが見えたり危険を回避できることになる。この話は三池先生の方が詳しいのですが…。

三池　普通ならノイズを加えると、見え難くなったり雑音になったりしますが、ノイズを加えることで反って見易くなる、という発想です。

長畑　人間の本質的、生理的な特質としてそういうものがあるということですか。

三池　聴覚でも同じことが言えますし、生物でもそうです。例えば、ザリガニは止まった水の中にいたら敵やエサがいても分からないけど、小川がちょろちょろと流れていてそのノイズが加わることでそれらの動きが伝わり易くなる。これは確率共鳴現象と言われています。つまり時間の流れの中でのノイズの変化をうまく使えば、敵やエサが検出し易くなるのです。

進士　時間学研究所の宮崎真先生がこの錯覚の専門家ですけど、宮崎先生が進めている触覚の錯覚の研究は、視覚の錯覚に比べるとまだ少なく、色々な未解決の課題があります。

長畑　触覚の錯覚とは具体的にはどういうことですか。

進士　例えば、刺激の位置と時間に巧妙な細工を仕掛けると、実際に触られている場所とは違ったところを触られているように感じるということもそのひとつかと思います。

三池　皮膚には温感、冷感、痛感とか色々な感覚がありますが、触った時に感じる感覚は実に多様だと思います。例えば、ぱっと触ったことが激痛のように感じたり、逆に温かみを感じて心が和らいだりすることがありますね。

進士　人間の感覚は全部脳が処理するわけですから、脳にどう伝わるかを時間という観点で研究しています。これまで話してきたように、人間が持つ性質・感覚や、人類が持っていた様々な経験を上手く使うと、従来とは違う発想ができる。理学系、工学系だけでクローズして議論していたら、そういう話はまず出ないと思います。

三池　心理学的、生理学的なアプローチと、工学的なアプローチと、物理学的なアプローチですね、これらが一緒になると新しい分野ができます。それが文理融合のひとつになると思います。

時間に迫る、時間で迫る

長畑　研究所専任の研究者の研究では、他にどんなものがありますか。

進士　青山拓央先生の研究は、時間というのはいったい何か、という時間学の基礎となる部分に迫る研究です。哲学者として、古代ギリシアから今日にまで至る学問の流れを通じた、時間の概念的な成り立ちを見ています。一方、藤澤健太先生は天文学者として時間を見ています。宇宙を観測することは昔の時間を見ているということになります。この二人のテーマが時間学研究所の研究テーマの両翼となっていて、他の研究者のテーマは全部この間に入ります。だから青山先生と藤澤先生の研究は、この研究所において非常にベースとなる研究です。

長畑　私は個人的にも天文学に関心があるのですが、藤澤先生の宇宙の研究とはどのようなものですか。

進士　KDDI山口衛星通信センターにある32mの電波望遠鏡で、宇宙から来る電波を受信し、ある星雲が回転しながら星を形成する様子を観測するなどの研究をしています。望遠鏡は国立天文台の所有ですが、大学との協定により主体的に使用できる望遠鏡としてパラボラアンテナを独占している研究環境が、こういう研究に繋がっていると思います。

山口32m電波望遠鏡

長畑　まさに山口にいるからできるという、独自性のある研究ということですね。他に時間学の取組みで特長のある研究テーマといいますと。

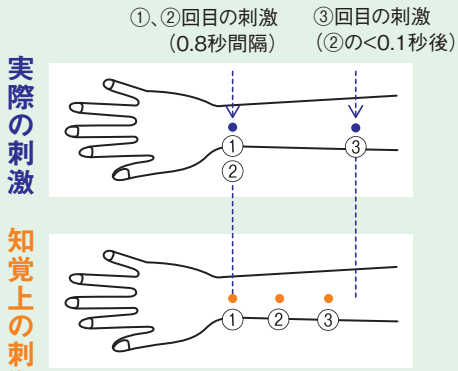
進士　体内時計は歴史の長い研究です。例えば、夜型生活の学生の体にはどれだけ負担がかかるのかなどの研究をしています。負担をどのようにして解消できるか、それをいかに予防するの

研究紹介

不思議な皮膚ウサギ錯覚 ー知覚の時間的逆行ー

時間学研究所の宮崎真教授は、心理学的手法と神経生理学的手法を用いて脳の情報処理の仕組みを研究している。その仕組みを探る手掛かりの一つとなるのが"錯覚"。例えば、皮膚の上を小さなウサギが跳ねていくように感じる「皮膚ウサギ」という錯覚がある（図参照）。短い時間間隔で提示した刺激②と刺激③は、下図のオレンジ色で示した点のように相互に引き寄せられた位置で知覚される。脳内でも錯覚が起きている皮膚の場所に対応した部位が反応することが確認されている。これは、後に起こった刺激③が時間を遡って、過去に起こっていた刺激②の知覚に影響を与えていることによるもので、物理的常識からすると不思議なことが起こっているといえる。この錯覚は、Postdiction (知覚における時間的逆行性) を表す現象として関心を集めてきている。宮崎教授の近年の研究では、このような錯覚が皮膚上だけでなく手にした道具上でも感じられることを発見した。これは、脳が道具を身体の一部とみなし情報処理しているためとみられる。今後、この原理が義足などの開発に応用されることが期待される。

「皮膚ウサギ」を感じる刺激



異なる3点が順番に刺激されたように錯覚

時間と自由意志　青山拓央

私は哲学の観点から、時間・言語・自由そして心身関係について研究していますが、近年とくに興味があるのが、時間と自由意志（free will）との関係です。この問題はそれ自体が文理融合的なものであり、たとえば最近出版されたある哲学入門書*では、脳科学や社会心理学の発展が自由意志の理解に与える影響が、わかりやすく解説されています。一例として、ある人物の手の動作が、その人物が「手を動かそう」と意志した時点よりも以前の（以後や同時ではなく）脳活動によって引き起こされているとしましょう（この仮説を部分的に支持する科学的データも発表されています）。このとき、その動作は自由意志によってなされたと言えるのでしょうか。言える（あるいは言えない）とすれば、そのとき「自由意志」という概念はどのように定義されるのでしょうか。この問題はたんに理論上のものではなく、ある行為の責任をなぜ行為者の自由意志に求めるのかという、実践的・倫理的問題とも強く結びついています。私はおもに時間の観点からこの問題を研究し、その成果を社会的にも還元したいと考えています。

* A Dialogue on Free Will and Science（A. R. Mele著）2013年

青山拓央
AOYAMA Takuo
時間学研究所准教授

2006年度より山口大学時間学研究所講師、2009年12月より同准教授。2006年日本科学哲学会石本賞を受賞。

『分析哲学講義』
青山拓央、筑摩書房、2012年

『新版 タイムトラベルの哲学』
青山拓央、筑摩書房、2011年

か、24時間の中でいかに生活すると豊かな生活ができるかという研究です。時間生物学の明石真先生は、体毛の中に含まれているRNAからその人のリズムのずれを測定する技術を研究しています。それを使えばリズムが何時間ずれているから、そこをどう戻せばいいかということを指導できます。人間らしい生活を営むにはどのような時間の過ごし方をすればいいのか、どのような体内時計を作れば一番人間らしい生活ができるか、がひとつの研究テーマです。

幅広いテーマを社会へ

長畑　時間学研究所の特長ある取組として、色々なシンポジウムや講演会をされているようですが。

進士　2013年は「日記と時間」というシンポジウムを東京で開催しました。これは平安時代の蜻蛉日記がテーマです。客員教授の宮崎荘平先生の研究です。作者である藤原道綱母の19歳から40歳までの21年間の日記が、15年間の上巻と3年間の中巻と3年間の下巻の3冊構成になっているのですが、宮崎先生は作者がこれらを中巻、下巻から先に書いていると推定されています。上巻15年間にはうるう月の記述が無いのに、中巻、下巻にはそれが入っているというのがその理由です。つまり、中巻からはリアルタイムで書かれたものだが、上巻は記憶の下で書かれたのではないかということです。時間という切り口で見たからこそ分かった日記文学の新しい解釈です。

シンポジウム「日記と時間」

三池　時間学研究所の客員教授になっていただいて初めて、そういう視点が出てきたんですよね。蜻蛉日記の研究は長くされてきたと思いますが、そういう視点を新たに取り入れたことによって初めて分かったということも、時間学研究のおもしろさですね。

進士　また別のシンポジウムでは、「幸福とは何か」という議論をしました。バージニア大学の大石繁宏先生は世界各国の幸福度を調べて統計処理し、理系的なアプローチで幸福について調べています。山口大学のミシェル・ドボアシュ先生は、戯曲と映画における幸福度、フランスの人生観をベースにした幸福感を説明し、日本人との文化の捉え方の違いを話されました。

三池　それは国際シンポジウムでしたね。外国にいる日本人研究者と日本にいる外国人研究者による講演で。会場もほぼ満席で、一般の方の関心の高さを感じましたね。

進士　また「夜の文化史」というタイトルのシンポジウムでは、人間がいかに夜の時間を過ごしてきたかがテーマでした。慶応義塾大学の近森高明先生の「夜を飼い馴らす」というタイトルの講演では、街灯がどのような政策・発想で出てきたのかを、色々なキーワードを出しながらご説明いただきました。京都工芸繊維大学の小山恵美先生は、平安時代から光がどのように扱われ、どのように人々と結びついていたのか、平安時代の夜はどれだけ明るかったのか、当時の灯りを再現してみたらこんなに暗かった、というお話をされました。このような、夜の時間を使う、夜に何かするという生活がいつごろ始まったのかなどといった時間への社会学的なアプローチは、本研究所では右田裕規先生が専門としています。右田先生は、例えば、ラーメンといった夜食の歴史をみることで、夜という時間について検証する研究もされています。時間をめぐる人々のイメージや営みは近代になって激変したわけですから、それらがどのように変化したのかを様々な角度から研究する社会学的視点はとても重要です。

三池　時間というキーワードで今まで多くのシンポジウムやセミナーが実施されていますが、それぞれ中身が違う。それが時間学のおもしろいところですね。

「同期」して生み出す

長畑　これまでの取組みをお聞きしてきましたが、時間学に対する世界的な関心はどのようなものでしょうか。

進士　今のところまだ大きくはないと思いますが、我々としては、時間生

物学においては国際的交流を進めて行くようになるだろうと思います。いろんな発表を共同でやっていくかたちにしたいと思っています。きっかけとして、例えばUCLAとのコラボレーションを考えています。UCLAの学長をされているジーン・ブロック先生には、もともとこの研究所ができるときにご協力いただいたという関わりがあります。

三池　コラボレーションして、時間学に関する世界的な学術誌が生まれるのが夢ですね。

進士　色々な繋がりを生かしながら国際的に進めて行けると思います。国際シンポジウムを海外で開催したいとも思っています。

三池　コラボレーションという点では、山口大学の3つのキャンパスの人たちが一つになって何かをやったことは、今まであまりありません。もうすぐ創基200年が来るので、その時には心を一つにして、ぜひ一緒に何かやりたいと思います。つまり、3キャンパスの「同期」です。私が研究している非線形科学では、いくつかのリズムが同期することが新しい秩序とか機能を生み出すということが分かっています。それが人間の脳や心臓などいろんなものに関連しています。このように同期することが重要で、それは人間社会も一緒ではないかなと思います。

長畑　3キャンパスの同期という点では、時間学研究所が果たす役割は非常に重要ですね。

三池　どうやって3キャンパスの人たちの気持ちを同期させて、大学全体としての意識を持たせるか。それには時間学研究所がリーダーシップをとっていただければいいな思います。

長畑　ひとつの大きなテーマで同期がなされていくことで、大学が次のステージへ向かうことができるのですね。

三池　新しい気運を掴めると思います。そして、それが自然に次の展開に繋がるのではないかと思います。

長畑　次の展開と将来的な展望についてどのようにお考えですか?

三池　100年、200年という遠い先のこともありますけど、やっぱり当面の目標というのは比較的近くに設定する必要があります。そういう意味でも、時間学研究所には共同利用・共同研究拠点になってほしい。核になる研究があって、そこに日本・世界の研究者が集まってくる、そういう施設になってほしいなと思っています。それを近い目標として、様々な課題をいくつも乗り越えていくことで、廣中先生の目標に近づいて行くと思います。

進士　おっしゃられるように、中期的目標は共同利用・共同研究拠点への移行です。また、3キャンパスがひとつになれるような学内活動をしたい。本部のキャンパスだけでなく、工学部、医学部のキャンパスにも時間学研究所の所員が配置できればと思います。山口大学3キャンパスから成る時間学研究所となることができれば、本当の意味の文理融合の研究所になっていくと思います。こういった学内の仕組みと学外とのコラボレーションの両面で、時間学研究所を大きくして行くべきと思います。

時間学という船に乗り込んで

長畑　最先端の分野の研究を学内外の関係者と共にどう切り開いて行くかが重要ですね。私自身は博物館の研究が専門ですが、東日本大震災で陸前高田市の博物館の職員が亡くなってしまったとき、流された資料にラミネートされたタグがついていたので、資料を同定することが出来たということを聞いています。記録をアーカイブしていくということは、時間学という点でも大事なことかと思っています。

進士　歴史を勉強することによって、その土地で昔何が起こったかということが分かってくる。陸前高田の津波の話もよく調べてみれば、あそこはわりと頻繁に大きな津波を受けてきたことが分かります。地震等の災害対策を研究する上では理系分野の研究だけでなく、過去に大きな地震や災害を受けたという言い伝えなどの情報を集めるような文系分野の研究がすごく大事です。そういう意味では、時間学という切り口にすることで文系理系の両分野から防災にアプローチする新しい研究も進められています。多くの先生方がその領域から一歩出て、時間学という船に乗り込んで新しい何かにどうやって向かうのかというのが、今後の展望になると思います。

三池　融合することによって新しい何かができることを求められることもありますが、必ずしもそうでなくてもいいと最近思っています。いろんな分野の人が集まって来て他の研究者の話を聞くことで違う分野の見方を認識してもらい、それぞれの分野に帰って違う見方で研究して、また集まってもらえばいいと思います。全く新しいものを生み出すというより、新しい視点を得て新しい考え方が身に着くだけでも、自身の分野において従来と違う見方ができると思います。

進士　それは私自身の経験からも言えます。2年間時間学研究所の所長を務めてきて、これまでになかった見方を数多く学んだので、一人の研究者に戻ったときに違う見方ができるかもしれない。

三池　日記文学の宮崎先生みたいに、客員教授になることによって新しい発見ができた、それでも十分だと思います。

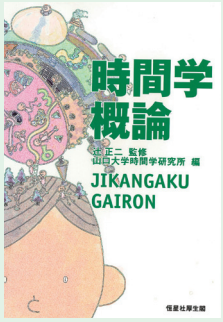
進士　そうした新しい発見を時間学研究所の研究成果として本にまとめることを企画しているので、完成すればまた新しく役に立つ情報を発信できると思います。

三池　絶えず情報発信を続け色々な人の興味を引き付けていくことで、時間学研究所や時間学の意味と意義を認めてもらう。また、連携する仲間を増やしていく。そういったことが時間学研究所の発展に必要だと思います。

長畑　時間学研究所を中心とした研究やシンポジウムによって、色々な研究者の学際的な交流がますます広がっていけば良いですね。本日はどうもありがとうございました。

活動紹介　「時間学」の知見の普及 ー書籍出版活動ー

シンポジウム開催と同様に、時間学という学問領域の開拓と普及を図る活動として、時間学研究所の編集による書籍を発行している。『時間学概論』は、「時間の流れと記録」「生きものと社会の時間」の二部構成からなり、理系・文系の枠を超えた幅広い内容となっている。時間の過去性・現在性・未来性、自然の時間、生物の時間、人間の時間、社会の時間など、固有の学問からの考察により時間研究の課題について論究されている。また、過去には、廣中平祐氏らが編者を務め、25人の執筆者から成る『時間と時―今日を豊かにするために』が発行されている。
現在、次の出版に向けて準備を進めている。この書籍での試みは、より具体的なテーマを設定し、その中で文理融合による課題解決へ迫ろうというもの。例えば、「時間と防災」というテーマの下では、工学、気象学、地理学、考古学、心理学、社会学、倫理学などのさまざまな視点から、時間という切り口で防災にまつわる問題を検証していく。将来的にはシリーズ化への発展を目指している。



『時間学概論』
山口大学時間学研究所編、辻正二監修、恒星社厚生閣 2008年

『時間と時―今日を豊かにするために』
広中平祐・金子務・井上慎一、
日本学会事務センター学会共同編集室　2002年

山口大学時間学研究所

2000年4月に設立。時間という観点から自然・人間・社会・文化を理解し、新たな学際領域を創造するとともに、その成果を社会的に還元することを活動目的としている。国際的な研究拠点づくりを目指すとともに、年間を通じて多数開催されるセミナーやシンポジウム、出版などを通じて、時間学の知見の普及に努めている。
研究所の組織は、所長、所員5名および各種スタッフで構成され、山口大学内外の研究者約100名が様々なかたちで関わっている。
研究グループは以下の4つに分かれ、生物学・医学・社会学・物理学・哲学・文学・理学・工学・心理学・経済学・文化人類学など、数多くの分野の研究者が参加している。

URL: http://www.rits.yamaguchi-u.ac.jp/

所　長　進士 正人（時間学研究所長、理工学研究科教授）

所　員　藤澤健太（時間学研究所教授）
専門：電波天文学、宇宙物理学

宮崎真（時間学研究所教授）
専門：認知神経科学、スポーツ科学

明石真（時間学研究所教授）
専門：時間生物学、分子生物学、細胞生物学、時間医学

青山拓央（時間学研究所准教授）
専門：哲学、倫理学

右田裕規（時間学研究所講師）
専門：社会学（祝祭論、心性史）

第1研究グループ　社会的時間と人間的時間の調和の研究

現代社会はグローバル化や情報化が進んだ結果、社会的時間と人間的時間との乖離が激しくなっている。この研究グループでは、社会的時間と人間的時間を科学的に解明し、両者を調和させることを目指した研究をしている。

第2研究グループ　生物に刻まれる時間と環境変遷に関する研究

悠久の時の中で変化する地球環境と生物進化は、互いにどのように作用してきたのか。その相互作用は生物形成にどのように影響するのか。原生動物からマウスまで様々な生物の観察・実験から、生物にとって時間とは何かを明らかにすることを目指している。

第3研究グループ　多文化圏における時間表象の研究

時間をいかに表象するかという問題は、文化や制度と不可分の関係にある。多文化における時間表象の違いについて、思想・文学・言語学などの観点から検討を加えるとともに、その概念的基盤の哲学研究と、時間芸術への考察を行う。

第4研究グループ　時間に関する個別融合分野の研究

様々な学問分野において、時間は重要な概念である。そして学問分野ごとに時間の概念も少しずつ違っている。この研究グループでは、医学、農学、物理学、工学など多彩な側面から時間を考察し、時間学という学問の可能性を追求している。

［インタビュー］

未来を拓く新材料、「メタマテリアル」で光を操る

「メタマテリアル」馴染みのない言葉だ。人工的にデザイン、製作され、自然界では存在しない材料。
これが、今まで見たこともない不思議な世界を作り出す。
今世紀初め頃からその可能性が示唆されて以来、多くの研究者を惹きつけてきた。
日本におけるメタマテリアル研究の第1人者である真田篤志教授に、
その魅力と可能性について語っていただく。

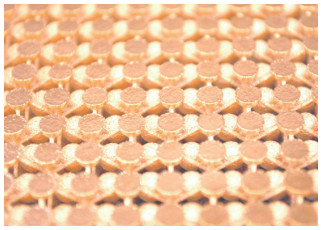
理工学研究科教授
真田篤志
SANADA Atsushi

1989年岡山大学工学部卒業
1994年同大学院博士課程修了、博士（工学）
1999年山口大学工学部助手
2011年山口大学大学院理工学研究科教授
1994-1995年、2002-2003年UCLA客員研究員
2005-2006年 ATR客員研究員
2005年 NHK技研特別研究員
現在、IEEE MTT-S AdCom Region10
（Asia-Pacific）Coordinator

左手系メタマテリアルとは

―― では、まず最初に真田先生が研究されているメタマテリアルとはどんなものか、簡単にご説明いただけますか。

真田　簡単に言うと、微細な形状の金属などの材料片を原子・分子に見立てて配列し、人工的に構成した新たな材料です。メタマテリアルは、例えば、SF映画や漫画に出てくる「透明マント」のように、ある物体を覆うとそれが見えなくなるといった自然の材料が示さない特異な性質を持たせることが可能です。



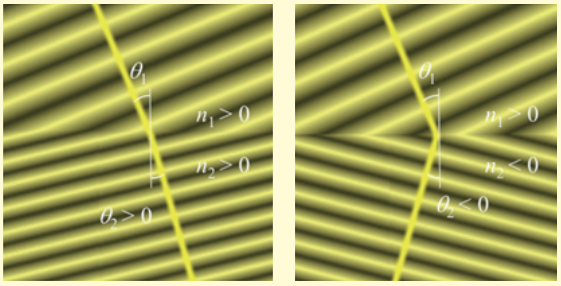
負の屈折率を持つ左手系人工材料

―― そもそも、いつこの研究に興味を持たれたのでしょうか。

真田　元々1990年代の終わり頃に山口大学で金属や磁性材料、超伝導材料を用いた電気磁気効果について研究をしていました。これらの物質をうまく組み合わせると新たな性質が出てくることは知られており、興味を持っていました。そんな折に、2002年度の文部科学省の在外研究員として米国カリフォルニア大学に留学が決まりました。そこでの研究テーマとして、メタマテリアルを選択しました。

米国では、ちょうどその頃メタマテリアルに関するDARPAプロジェクト[1] で左手系メタマテリアルの研究が始まった頃でした。左手系メタマテリアルは、材料の電気と磁気の性質を表す誘電率と透磁率とが共に負の値を持つ人工材料で、実効的な屈折率が負になる材料のことなのですが、電場ベクトル（E）、磁場ベクトル（H）、波数ベクトル（k）の向きが左手系[2] となるため、このように呼ばれています。負の屈折率を持つ左手系メタマテリアルへ光が入射すると、通常とは逆の負の角度の方

■図1 屈折の法則 $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$



向に、くの字に折れ曲がって進む特殊な性質を持ち注目されていました（図1）。当時、左手系メタマテリアルは材料の共振を利用したものしか実現されていませんでしたが、動作帯域が狭く損失が非常に大きいことが課題でした。そこで、共振を用いない、回路論に基づいた伝送線路型と呼ばれる新たな左手系メタマテリアルの構成理論を提案しました。これに従って材料を設計し、今までの共振型のものよりもはるかに広帯域でしかも低損失な左手系メタマテリアルの実証に成功しました。これまでこの左手系メタマテリアルを用いて、マイクロ波領域で従来にはなかった特性を持つ画期的なデバイスやアンテナを開発しています。

*1 米国国防省の国防高等研究計画局（DARPA）の研究プロジェクト。軍事技術以外にも、幅広く基礎研究プロジェクトを運営している。インターネット技術もDARPAプロジェクトから生まれた。

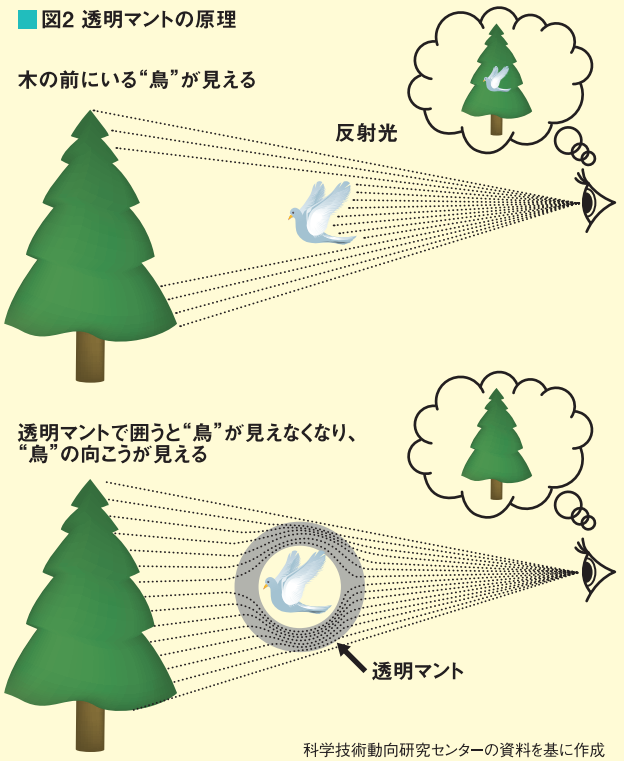
*2 ベクトルEをベクトルHの方向に回転させた場合に、波数ベクトルkが、左ねじが進む方向を向くとき、これらのベクトルは左手系をなすという。

透明マントが実現?

―― メタマテリアルを使って透明マントが出来ると伺いましたが、透明マントってどうして透明になるんでしょう。

真田　通常ある物体が見えているときは、実はその物体から出た光や物体で反射や散乱された光がまっすぐ進んで人間の目に届いています。いま、物体と目の間に障害物を置くと光は遮られて目に届かなくなり見えなくなりますが、もし、光を曲げてその障害物の周りを迂回させて目に届けることができるとすれば、障害物の向こう側を見ることができるでしょう。このとき障害物は消えて透明になるわけです（図2）。このような光を迂回させる材料が透明マントなのです。透明マントは、難しい言葉で言えば物体のまわりの空間を、座標変換により曲げる操作を実現しています。例えば、相対性理論では重い天体の重力により光は軌道を変え、星の裏側の光が地球に届いていることが実験的に確認されていますが、これと同じ座標変換を実現すればよいのです。

■図2 透明マントの原理



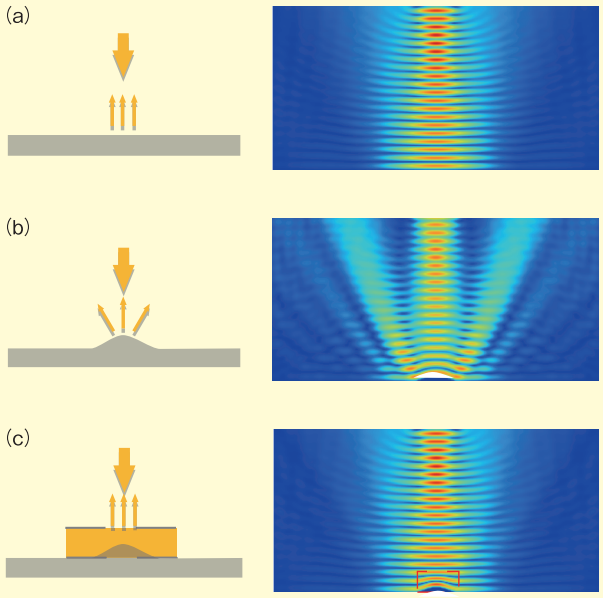
科学技術動向研究センターの資料を基に作成

―― 映画「ハリー・ポッター」や漫画「ドラえもん」では、透明マントを羽織ると透明人間になれるような描写がありますが、この夢のようなマントが本当にできるんでしょうか。

真田　はい、できます。ある条件下ではこの効果を発揮するものは実証もされており間もなく実現するでしょう。もしかしたら10年以内に。ただ、現在は電波の領域で実証された段階です。今後、短波長化が進み可視光の領域で動作するものが実現されるでしょう。いわゆる布のような柔らかく薄い素材で、羽織った人が透明になるようなマントは少し先になると思いますが、いずれは実現されると思っています。透明にするだけでなく、全く別のものに見せかけるいわゆるカモフラージュや光学迷彩の技術も進んでいますよ。

今私の研究室で開発している透明カーペットでご説明しましょう。これは、例えば床にある出っ張りなどに被せるとあたかも平らな床に見え、出っ張りが消えて見えなくなってしまうというものです。この透明カーペットは微細な構造で再現されており、実効的に出っ張りの上の空間を平らな空間に変換します。現段階はまだ電波領域ですが、可視光領域にすれば反射・散乱光は何もなかった時の床から来たものと全く同じとなるので、人間の目にはどこから見ても出っ張りが見えなくなります（図3）。

■図3 透明カーペットの原理



(a) 何もない床の反射光
(b) 出っ張り（バンプ）の為、反射光は散乱する。
(c) 透明カーペットを被せると、反射光はあたかも出っ張りのない時のように振舞う。

微細な構造の一つ一つは、光の速度を微妙にコントロールするんですが、それをどうやって実現するかがこの研究室の研究そのもので、世界的にも注目されている部分です。実現のためには、まず空間の変形を実現する座標変換を定式化し、これと等価な材料定数を計算します。次に空間を微小な領域に分割して、この材料定数を実現する各領域の形状や配置をコンピュータにより計算して決定するといった設計の手順を確立します。それによって、狙った特性のメタマテリアルが実際に設計可能になりました。今まで、この分野の研究者の多くが理論的には出来るだろうと考えていても、どうやったら実現できるかが判らなかった。我々は、この難問に解を与えたと言えます。**【解説：座標変換参照】**

夢の材料の実現に向けて

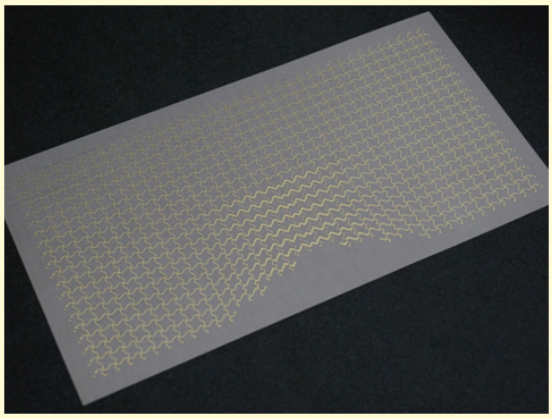
―― 先生の実験室には、たいへん多くのコンピュータがありますね。

真田　メタマテリアルの設計には、膨大な電磁気学の計算が要ります。先ほどの透明カーペットの例でいいますと、あるルールに従う形状の微小な金属片を、ある規則に従って精密に配列していく作業を行います（図4）。このセルの形や配置とその組み合わせを、マクスウェル方程式に従って計算するわけです。計算には専門のシミュレータソフトを使用しますが、幸せなことに我々の研究室には、ソフトウェア会社から無償で提供を受けているソフトウェアツールがいくつもあり、それらを場面毎に使い分けています。

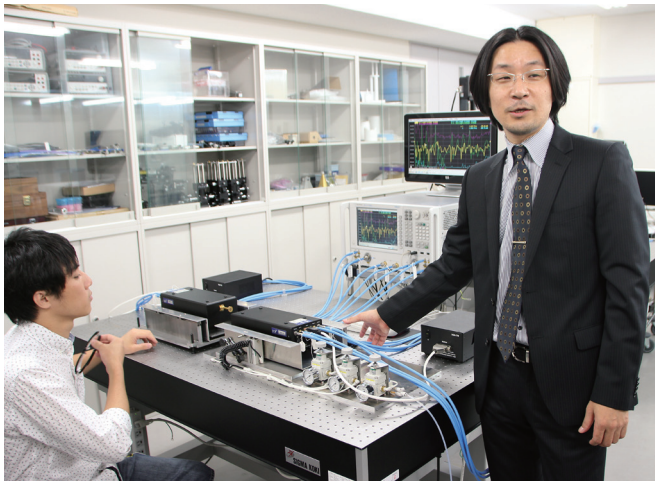
―― 他にも色々な装置がありますね。

真田　そうですね。メタマテリアル研究にはこれまで文部科学省や山口大学から研究費の援助を頂いており、研究室には微細加工装置や材料評価装置が導入されています。現在はテラヘルツ光という可視光と電波の間の領域の光を使って再現性良く人工材料の特性を評価することが出来るようになっています。装置の一部は海外の計測器メーカー等に特注して製作してもらったもので、多分ここだけでしか評価できないものも多いと思います。

図4 透明カーペットの構造

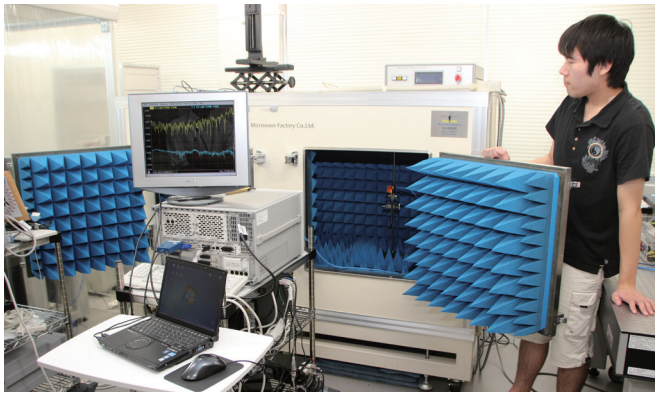


透明カーペットは、鍵十字型をした微細な金属片（セル）が計算に従って規則通り配置されている。



人工材料評価システム

コンピュータ群



電波暗室

―― 先生は、海外を飛び回られているようですが。

真田　現在、招待講演や講義依頼の他、IEEE MTT-Sという学会のアジア太平洋地区の取りまとめを担当している関係もあり、頻繁に海外にも出張します。研究室の学生を連れて行くこともあります。国際性を身に着けて欲しいので。

―― 研究室の学生の方々には、他にどのようなことをご指導なさっていますか。

真田　学生には、広い視野とともに、様々な分野の研究者とのネットワークを持ってもらいたいなと思っています。本研究室の卒業生は、大手通信会社や大手メーカー等の研究所に就職する学生もいますが、そこでもきっとこの心構えは活きてくると期待しています。

―― 今後の研究展開について、どう考えられていますか。

真田　メタマテリアルもそうですが、とにかく最近の研究課題は、多くの異分野が融合して初めて大きな成果が出せるものが多くなっています。メタマテリアルの研究では、物理や電磁気学以外に、材料・デバイス科学、電気電子工学、計算科学、微細加工などの機械工学、化学、遺伝子等を含む生命科学、システム工学など、様々な分野との連携が不可欠です。山口大学でも、研究推進体という異分野融合の研究体制を組織してメタマテリアル研究を推進していますが、今後も一層他分野との連携が重要となってくると思っています。

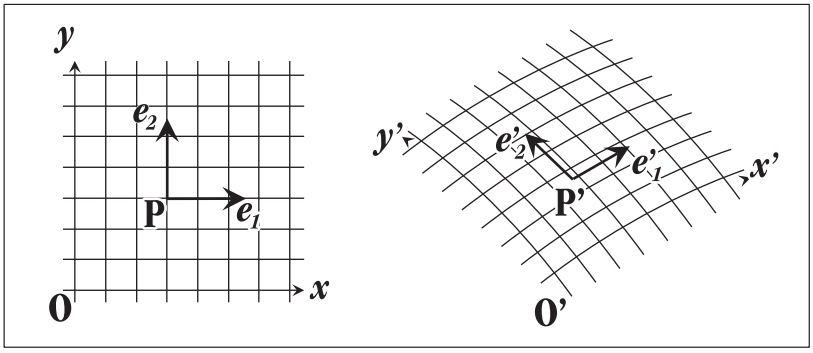
―― それでは最後に先生の夢をお聞かせいただけますか。

真田　まずは透明マントや光学迷彩などの夢の材料を実現したいですね。人々がこれを当たり前に使うようになる日を夢見て、研究を続けていきたいと思います。

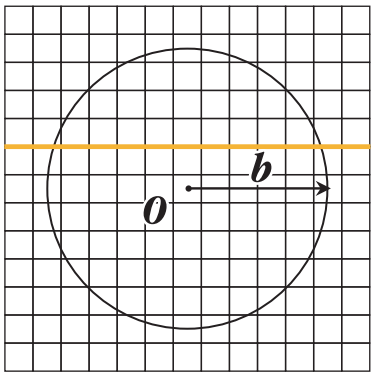
（聞き手・文：二階堂正隆）

解説：座標変換

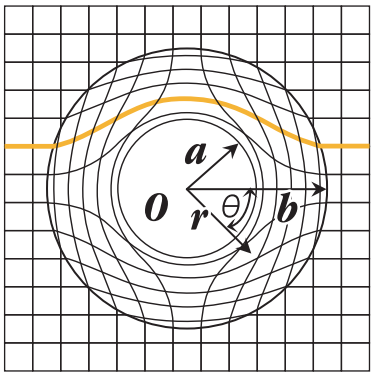
座標変換は、ある座標系上の点P（x, y）と別の座標系上の点P'（x', y'）を対応付ける関係である（図（a））。このとき、一般には元の座標系も変換後の座標系も必ずしもデカルト座標系(通常のxy座標系)のような基底e1, e2が直交する直交座標系でなくともよい。いま座標変換の前後においてマクスウェル方程式が形を変えず保存されるとすると、光は両者の座標系における対応する点の軌跡を辿ることになる。
例えば、図（b）のような、デカルト座標系上の原点Oを中心とする半径bの円の領域が図（c）の内径aから外径bのドーナツ上の領域に写像されるような座標変換を考える。いま、このような変換においてもマクスウェル方程式が満足されるとすると、例えば図（b）の領域上の黄色の線で示された軌跡を伝わる光は、図（c）の変換後の座標系において対応する黄色い線の軌跡を辿り、光の軌道はねじ曲げられることになる。この場合、図（c）における半径aより内側の領域（0 < r' < a）に対応する領域は図（b）には存在せず、この領域による電磁波の反射散乱波は生じない。よってこの領域に物体を置いたとしても不可視となる。透明マントは、電磁波に対して上の座標変換と等価な作用を及ぼす不均質な異方性材料（すなわちメタマテリアル）を図（d）の様なドーナツ型の領域 a < r' < b（図のオレンジの領域）に配置して実現する。



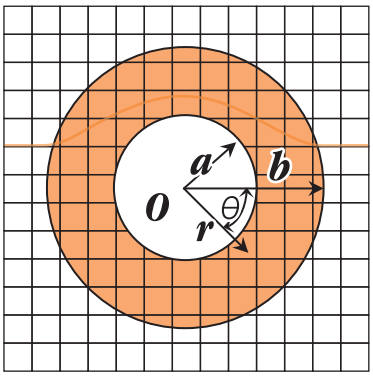
(a)



(b)



(c)



(d)

研究推進体　持続可能社会・低炭素社会の実現に貢献する科学・技術の創成を目指す研究組織

メタマテリアルの概念に基づく超機能材料・デバイス創生

本研究推進体は、負屈折率媒質をはじめとする自然の媒質が持たない特異な物性を持つ超機能人工材料の開発のための基礎理論、および、その設計・製作・特性評価のための基礎技術の確立を目標としている。媒質評価やモニタリング、大規模シミュレーション、導波路・デバイス化技術、ナノファブリケーション、さらに化学的製造方法といった各方面からのアプローチを実施するため、真田教授を代表に学内の研究者6名が連携し研究を行っている。

あらゆる角度から、微生物の秘密に迫る

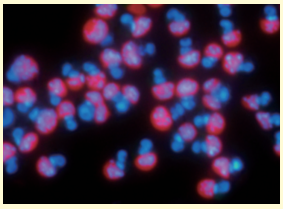
われわれを取り巻く世界は、目に見えない微生物で満ちている。テクノロジー、エコロジー、パソロジー etc…、微生物学者たちは様々な切り口から微生物を研究してきた。異なるアプローチがゆるやかに連携したとき、何が起こるのか。

対象生物への関心の共有

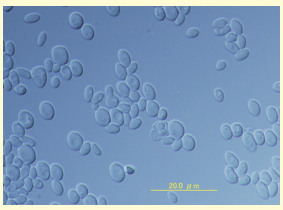
研究分野や研究手法が極限まで細分化された近年、研究者がアライアンスを組むのにはさまざまな動機付けが必要となる。大型プロジェクトの立ち上げ、分担によるスピードアップと効率化、異分野交流によるアイディア出し等々…。生命科学分野ではここに、対象生物への関心の共有、を加えても良いだろう。研究推進体「微生物の機能進化と環境適応」は、2005年にその前身が発足し、現在も活発な研究交流活動を行っている“ゆるやかな”研究者の連合体である。ウイルス、細菌、菌類、原生生物を研究材料とする研究者ら総勢32名が、医学部、理学部、農学部、工学部に獣医学部と、学部を越えて集っている。

「微生物」という用語が広範な生物種を包含するように、本推進体もその材料は様々である(写真1)。また研究内容も、微生物を材料にして生命現象の一端を解き明かそうとする者、産業応用のために微生物の持つ機能を引き出そうとする者、微生物による感染(ヒトであれば疾患で、植物であれば病害である!)と戦う者など研究者により様々である。では何が彼らを結びつけるのか。それは微生物への愛着と研究を通じて顕在化する普遍性である。図1はその一例であり、ゾウリムシへの核内共生細菌ホロスポラの感染過程、寄生細菌リステリアの哺乳動物細胞への感染過程を模式的に示している。これらを比較すると、エンドサイトーシスによる取り込み、細胞膜−表面物質の相互作用を介した細胞質への侵入など、そこには驚くほどの共通性が見られる。それぞれの材料が持つ特殊性、時に浮かび上がる普遍性、どちらも研究には不可欠の魅力であり、本学で年1回おこなわれる学術集会はこの魅力を持ち寄る場になっている。多様な研究活動の中から、今回はゾウリムシと耐熱性発酵の研究を紹介する。

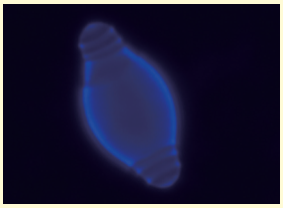
■写真1 研究材料となる様々な微生物


Cyanidioschyzon merolae

Colletotrichum gloeosporioides

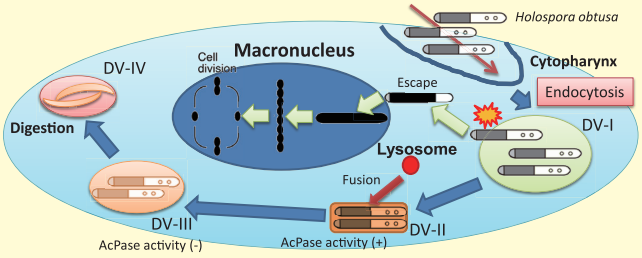

Kluyveromyces marxianus

Paramecium caudatum


Saccharomyces cerevisiae

■図1 真核細胞への細菌の感染過程の比較図

(a) *Holospora* to *Paramecium* cell



▶図1 ゾウリムシへのホロスポラの感染(a)と、哺乳動物細胞へのリステリアの感染(b)の比較図。ホロスポラは、細胞口からエンドサイトーシスで食胞(DV)に取り込まれる。食胞にはリソソームが融合し消化が起こるが(DV-II〜IV)、ホロスポラはリソソーム融合前に食胞に孔をあけ、細胞質に脱出する。リステリア(Lm)は腸上皮細胞の表面タンパク質(MRC1)に接着し、エンドサイトーシスによって宿主細胞内に取り込まれる。リステリアはリソソーム融合を遅延させ、その間にファゴソーム膜に孔をあけて細胞質に脱出する。ホロスポラでは宿主細胞の大きさから現象面がよく観察され、一方ヒト病原菌であるリステリアでは分子機構の解析が進んでいる。

研究推進体 ライフサイエンス・医療分野のイノベーション創出を目指す研究組織

微生物の機能進化と環境適応

本研究推進体は、発酵微生物、寄生・共生微生物、環境微生物を研究材料とする学内の微生物研究グループが部局を超えて統合する総合微生物学研究グループである。「微生物の機能解析」、「微生物の寄生・共生と環境適応」、「微生物による生態系の維持・修復」の3部門で構成。各研究グループが持っている最先端技術を、ワークショップを通じて研究推進体メンバーのみならず本学及び東南アジアの若手研究者にも提供している。毎年12月に開かれる研究発表会には150人以上が参加し、100編以上の発表が行われている。また、学外の研究機関や企業との交流も活発に行われている。

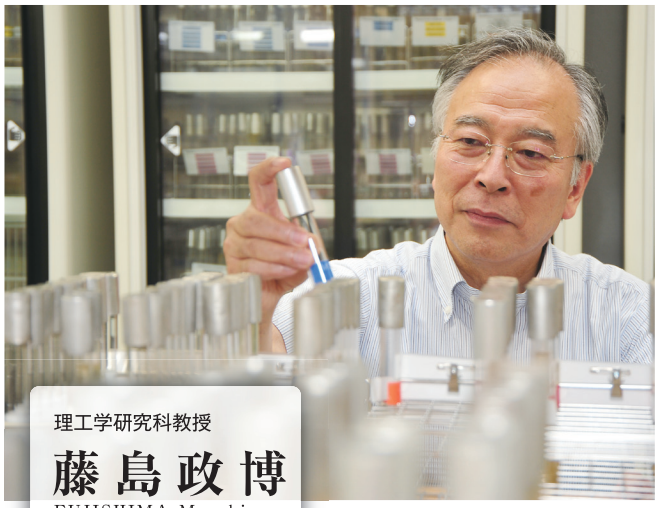
微生物の機能解析
微生物の寄生・共生と環境適応
微生物による生態系の維持・修復

協力機関
○国内外の提携大学
○近郊の大学・研究機関・博物館等　○国内企業

http://accafe.jp/microorganisms_yu/

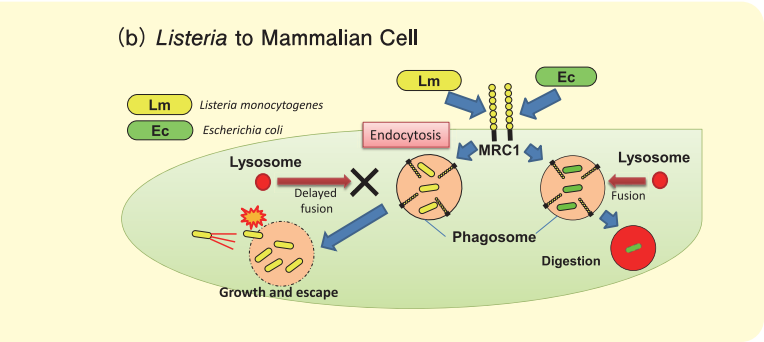
ゾウリムシ　バイオリソースとしての再発見

ゾウリムシはため池や用水路などヒトの生活圏に普通に見られる原生生物の一種である。細胞のサイズが100-250μmと大きく、繊毛や収縮胞、大核と小核といった特徴的な細胞内小器官を有し、古くから細胞生物学のモデルとして活用されてきた。また細胞形態や生殖、行動などについても研究の蓄積があり、遺伝学の材料としての歴史を持っている。変異の多くが顕微鏡下で容易に判別可能な点は他の微生物には見られない特徴である。ゾウリムシは現在、文部科学省の「第3期ナショナルバイオリソースプロジェクト」*の対象生物となっており、藤島政博教授が代表機関課題管理者を務めている。プロジェクトでは、国際標準となるゾウリムシのリソースを整備するとともに、国内外のユーザーの希望に応じた株を提供している。ユーザーからの寄託株や野外から採集した多様な株については、採集地、遺伝的・形態的特徴などの情報をデータベース化しており、ゲノム解読やトランスクリプトーム解析に使用された株、研究室で交配して作製した株や突然変異株も提供している。細胞内共生細菌や共生藻を維持している共生株、ゾウリムシとその細胞内共生生物に対するモノクローナル抗体についても作製しており、共生株や抗体の使用についても相談に応じている。



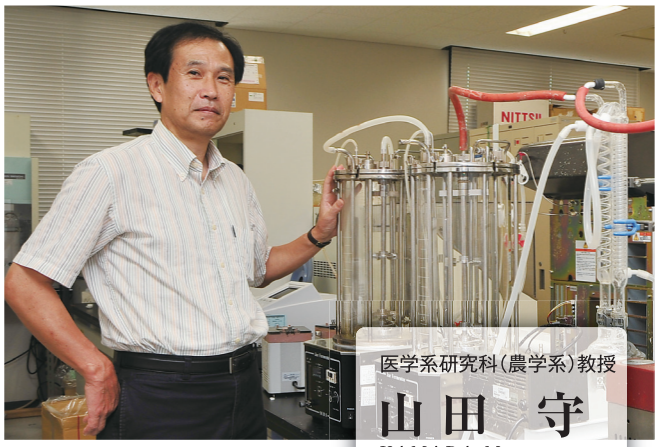
理工学研究科教授
藤島政博
FUJISHIMA Masahiro

*「第3期ナショナルバイオリソースプロジェクト」
実験動植物や微生物等のバイオリソースのうち、国が戦略的に整備することが重要なものについて体系的な収集・保存・提供等の体制整備を行う事業。高度な取り扱いが実施できる研究機関が選ばれ、それらの活動が委託される。



耐熱性微生物　新たな概念の提唱と社会還元

新しい学問上のコンセプトを提唱し、研究成果を出し、アカデミアにそれを定着させていくことは科学者の夢の一つである。山田守教授を研究代表とするグループは、発酵産業で伝統的に使われている微生物について、発酵の適温を10℃～20℃程度上方にシフトさせた「中高温微生物」の概念を提唱し、ゲノミクスやメタボロミクスの最新技術を活用しながら、様々な微生物で実証的な成果をあげつつある。この中でも現在、山田教授が取り組んでいる耐熱性エタノール発酵は、東南アジア諸国（タイ、ラオス、ベトナム）の大学等研究機関と連携して自然界から耐熱性の酵母を採取し、適応育種の手法を用いて改良を行い、さらに工学部の研究者とも協力して中高温での発酵システムを構築している。連携は学術面にとどまらず、発酵産業の基盤が脆弱な熱帯圏で発酵産業を振興するための産学連携も並行して行っている。生物多様性条約の影響が学術界にも及んでいる現在、生物資源の探索や利用も国際的な協調が求められており、学術連携と社会還元を組み合わせた山田教授らの取り組みは、今後の研究展開のモデルケースとしても注目されている。（文：殿岡裕樹）



医学系研究科（農学系）教授
山田　守
YAMADA Mamoru

TOPICS

土壌化学専門の研究者が新たに参画

2013年12月に、新メンバーとして農学部の柳由貴子助教（専門：土壌化学）が加わることになった。土壌有機物は陸域生態系における最大の炭素貯蔵庫であるが、主要画分である「腐植物質」の分解過程は十分には解明されていない。柳助教はこれまで、微生物や酵素を用いた腐植物質の生分解研究を進め、その分解性は腐植物質の特性に依存すること、分解微生物の存在割合は土壌環境により異なることなどを明らかにしてきた。今後は、微生物の酵素系に着目した腐植分解特性や分解メカニズムの解析などを進めていく予定である。土壌生物群集内の栄養循環や生理活性物質の循環を通した「ゆるい共生」の研究は、本推進体の新たな取り組みとして注目される。

イタリアンアルプスでの土壌調査の様子

ストレス応答の分子機構を解明し、難治性疾患を克服する

生命の恒常性維持を「細胞のストレス応答」と捉え、その分子機構を解明することで、がんをはじめとする難治性疾患の治療法へ結び付ける。

生命維持のカギとなる「熱ショック応答」

ストレスと言えば多くは精神的なものを連想するが、私たちの体を構成する細胞も内外的要因により常に多種多様なストレス（例えば高温・低温、低酸素など）に曝されている。

生物は、このような常に変化する内外環境を正確に捉え、迅速に対応することによってその恒常性を維持しており、この機構を凌駕するほどのストレスの負荷、あるいはその機構の破綻が起こった場合は、神経疾患や代謝疾患、心血管疾患、免疫疾患、がんなど様々な疾患へ導かれる。

中井彰教授率いる医学系研究科医化学分野では、一貫して温熱ストレスに対する適応のしくみ（「熱ショック応答」と呼ばれる）が、私たちの健康にとっていかに重要な役割を担っているかを明らかにしてきた。この普遍的な適応機構は、生物の中で異常な細胞内タンパク質を修復するしくみとして最も重要なものの一つである。

また、ここ10年ほどで熱ショック応答によるタンパク質恒常性の調節が「老化および老化と関連する神経変性疾患などの病気の抑制」に重要なしくみであるという概念が確立され、さらにはこの応答が「がん」の発症と維持に関与している事が明らかになったことで、新たな治療ターゲットとして注目されている。

熱ショック応答の主要な因子であるHSP

タンパク質はアミノ酸が一列に並んだひも状のもので、それが正しく折りたたまれる（フォールディングされる）ことではじめて働くことができるが、外界からのストレスや遺伝的要因などによってミスフォールディングされる事がある。

その場合、再フォールディングや分解によってタンパク質が修復されるしくみが備わっており、その中でも重要なのは、熱ショック応答と呼ばれる機構である。細胞が熱などのタンパク質の変性を導くストレス条件下にさらされた際には、「熱ショックタンパク質」（HSP：heat shock protein）と呼ばれる一群のたんぱく質の発現が増加し、結果として正常なタンパク質の構造へ導く。

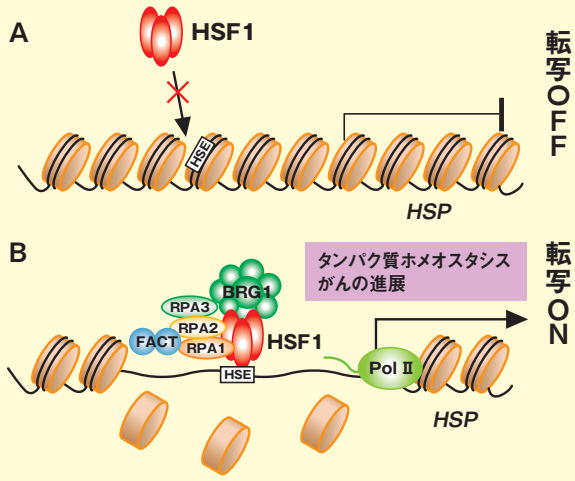
HSPの発現を調節する「熱ショック因子」

遺伝子を含むDNAは、球状になったヒストンタンパク質に巻き付いたヌクレオソーム構造で存在しているため、通常は転写調節因子などが結合できない。しかしながら「熱ショック因子（HSF1：Heat shock factor 1）」は、熱ショックタンパク質をコードする遺伝子に結合することにより、転写を亢進する。

この辻褄の合わない現象のしくみは、中井教授らの研究によって初めて解明された。

熱ショック因子自体がDNA複製に関与する「複製タンパク質A（RPA：Replication Protein A）」と複合体（HSF1-RPA複合体）を形成し、DNAからヒストンタンパク質を除く因子を引き寄せヌクレオソーム構造をほどくことにより、初めて熱ショックタンパク質遺伝子と熱ショック因子が結合出来る（図1）。これにより熱ショックタンパク質の発現が促され、熱ショック応答が発動する。

■図1 HSPをコードする遺伝子とHSF1-RPA複合体

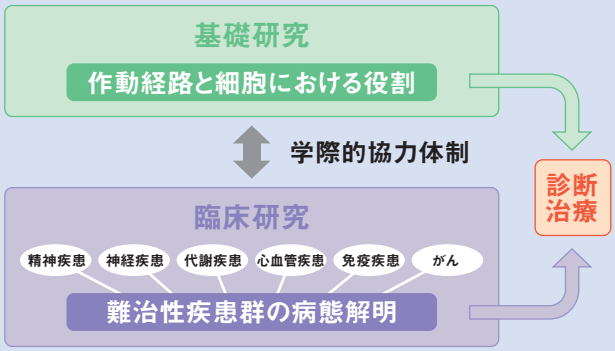


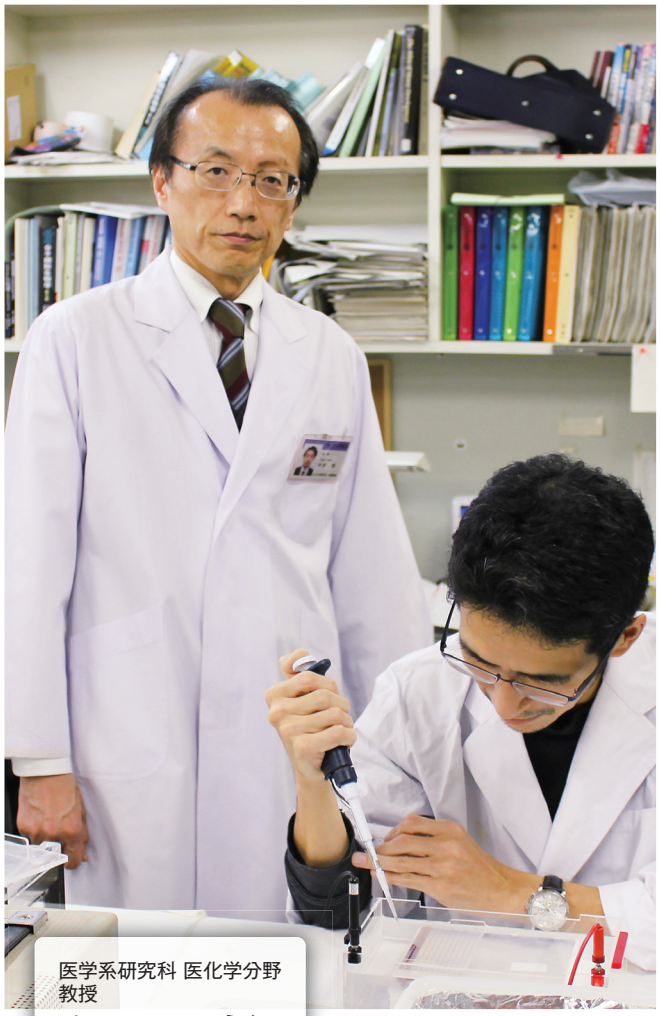
研究推進体　ライフサイエンス・医療分野のイノベーション創出を目指す研究組織

ストレス応答と関連した難治性疾患の克服のための戦略

本研究推進体は、中井教授をはじめとする基礎医学研究者と、難治性疾患を専門とする臨床医学研究者で構成されている。エピゲノム調節による細胞のストレス応答（略して「エピゲノム適応機構」）のしくみ解明を目指す基礎医学研究と、難治性疾患の病態をエピゲノム適応機構から解明しようとする臨床医学研究がタッグを組むことで、解明されるスピードも一気に上がることが期待される。

URL: http://ds22.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~seika2/kennkyuusuishin/Kenkyuusuishin-2.html





医学系研究科 医化学分野
教授
中井　彰
NAKAI　Akira

がん細胞による腫瘍形成とストレス応答

一方がん細胞は、ストレス応答という適応機構を通常より高レベルで発動することで高度なストレス耐性を獲得し、細胞にとって劣悪な条件下でも増殖できる事が知られている。

中井教授らの研究では、マウスでHSF1-RPA複合体が形成しない条件にすると腫瘍形成が顕著に抑制され、この複合体形成が腫瘍形成に大きく寄与している事が解明された（図2）。

難治性疾患の克服をめざして

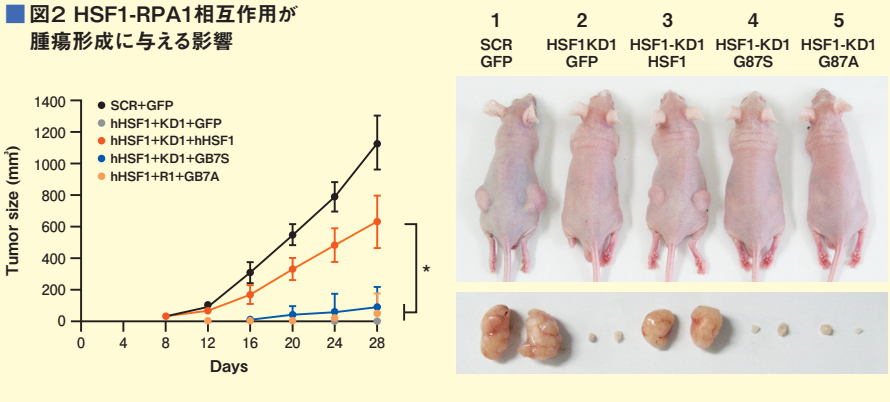
中井教授を研究代表として、2014年度の武田科学振興財団の「特定研究助成」* に選定されたことで、本研究における更なる研究の飛躍が期待できることとなった。

現在中井教授は、「ストレス応答の研究」から生まれた成果を基盤として細胞から更に踏み込んだエピゲノム調節機構を焦点に当て、「エピゲノム適応機構を基盤とした疾患の病態解明」を掲げている。ストレス応答はエピゲノムの書き換えによる遺伝子発現調節を中心とし、その破綻がアルツハイマーやパーキンソン病、がんなどの難治性疾患を引き起こしていることから、今後ストレス応答に関わる新しい治療ターゲットが提案できるよう、研究へ全力投球している。

（文：田中久美子）

*武田科学振興財団の「特別研究助成」
本邦の医学の発展に向け、組織が総力を挙げて取り組む共同研究（学内または複数機関の融合研究）に対して助成するもので、研究機関を対象とした助成制度。

■図2 HSF1-RPA1相互作用が腫瘍形成に与える影響



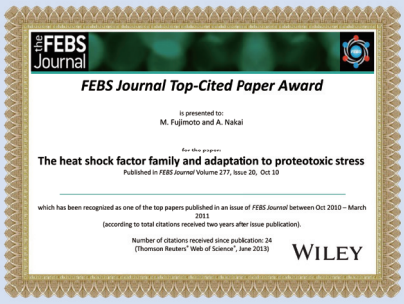
◀図1　HSF1は単独ではヌクレオソーム構造をとるDNAへ結合できないが（A）、RPAと複合体を形成することで、ヒストン蛋白質を除く因子（FACT、BRG1）を引き寄せて安定に結合する（B）。その結果、HSP発現を調節してタンパク質ホメオスタシスの維持に働く。がん細胞はこの仕組みを利用して進展する。

▶図2　ヒトメラノーマ細胞株HMV-1を用いて、内在性のHSF1をGFP、野生型HSF1（hHSF1-HA）、あるいは相互作用変異体（G87S-HA、G87A-HA）に置換しその細胞をヌードマウスの背部皮下の2カ所に移植した（n=8）。HSF1-RPA複合体が形成されないメラノーマ細胞（2、4、5）では、腫瘍形成が顕著に抑制された。

TOPICS

FEBS Journal Top-Cited Paper Awardを受賞

本研究推進体構成員の藤本充章講師と中井彰教授がFEBS Journal（2010年10月）で発表した総説「The heat shock factor family and adaptation to proteotoxic stress（HSFファミリーとタンパク質損傷に対する適応」に対してFEBS Journal Top-Cited Paper Awardが授与された。この賞は、欧州科学雑誌FEBS Journalに発表された論文の中から、発表から2年間の引用数の極めて高い論文にFEBS Journal編集局より授与される。本総説は、筆者らが大きく貢献してきたHSF遺伝子ファミリーの概要、およびそれらのプロテオスタシス調節と老化と関連する疾患における役割について研究の歴史をふまえて解説したもので、世界的にも注目度の高さが伺える。



Contact

研究に関する連絡先一覧

大学院（研究科）	URL
人文科学研究科	http://www.hmt.yamaguchi-u.ac.jp/
教育学研究科	http://www.edu.yamaguchi-u.ac.jp/
経済学研究科	http://www.econo.yamaguchi-u.ac.jp/
医学系研究科	http://ds22.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~igakubu/medic/index.cgi
理工学研究科	http://www.gse.yamaguchi-u.ac.jp/
農学研究科	http://www.agr.yamaguchi-u.ac.jp/grad/
東アジア研究科	http://www.eas.yamaguchi-u.ac.jp/index_J.html
技術経営研究科	http://mot.yamaguchi-u.ac.jp/
連合獣医学研究科	http://ds22.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~renju/
鳥取大学大学院 連合農学研究科	http://rendai.muses.tottori-u.ac.jp/index.html

※連合獣医学研究科は、本学、鳥取大学および鹿児島大学の協力による連合大学院である。
※鳥取大学大学院連合農学研究科は、鳥取大学、島根大学および本学の協力による連合大学院である。

研究所	URL
時間学研究所	http://www.rits.yamaguchi-u.ac.jp/

山口大学

〒753-8511 山口市吉田1677-1
083-933-5000（代表）　http://www.yamaguchi-u.ac.jp/

■研究関係　大学研究推進機構
TEL：083-933-5134
http://kenkyu.yamaguchi-u.ac.jp/

学術研究部　研究推進課
TEL：083-933-5011

■国際交流関係　国際戦略室
TEL：083-933-5027
http://www.iassc.jimu.yamaguchi-u.ac.jp/index.html

■留学関係　大学教育機構　留学生センター
TEL：083-933-5982
http://www.isc.yamaguchi-u.ac.jp/

Location

○飛行機で山口宇部空港まで1時間30分

吉田キャンパス　〒753-8511 山口市吉田1677-1

人文科学研究科、教育学研究科、経済学研究科、医学系研究科（理学系、農学系）、理工学研究科（理学系）、農学研究科、東アジア研究科、連合獣医学研究科、鳥取大学大学院連合農学研究科、時間学研究所

小串キャンパス　〒755-8505 宇部市南小串1-1-1

医学系研究科（医学系）、理工学研究科（医学系）

常盤キャンパス　〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1

医学系研究科（工学系）、理工学研究科（工学系）、技術経営研究科

山口大学研究広報

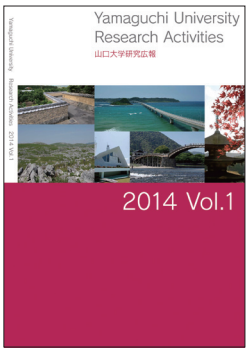
Yamaguchi University Research Activities
2014 vol.1

編集発行　山口大学大学研究推進機構
〒753-8511
山口市吉田 1677-1

発　　行　2014 年 3 月

企画・編集　山口大学研究広報ワーキンググループ

表紙製作協力　山口大学理工学研究科　情報・デザイン工学専攻　木下武志准教授、福田弓恵（木下研究室）



[表紙について]

山口県を代表する観光地の萩城下、秋吉台、錦帯橋、瑠璃光寺五重塔などの画像を用い、古い歴史と豊かな自然に恵まれた環境をイメージできるようデザインしています。下部には鮮やかな日本伝統色を使用しています。

YAMAGUCHI UNIVERSITY

200th Anniversary YAMAGUCHI UNIVERSITY

Designed by Kinoshita lab. 2014

Yamaguchi University Research Activities 2014 Vol.1