講演３

「野生動物に学ぶ —雪虫からイルカまで—」

野生動物研究センター教授　幸島　司郎

ご紹介にあずかりました野生動物研究センターの幸島です。

私は「ヒマラヤから海中へ、氷河から熱帯雨林へ」というわけのわからないタイトルでお話しさせていただきます。この画面に映っているのは、私がこれまでに研究してきた、また今も研究している対象をあらわしています。これを見ただけでも、何かわけがわかりません。

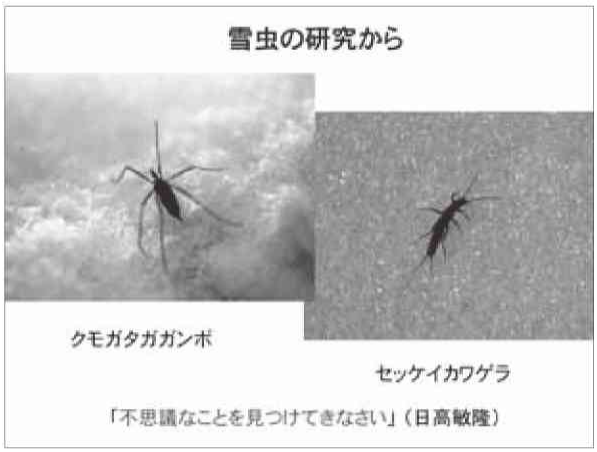
これは、氷河にすんでいる昆虫です。これは熱帯、ボルネオのマメジカ、これはシャチ、オランウータン。それから人間や猿の目玉も研究しました。イルカやサイ、オオカミ、そしてこれはネオンテトラなんですが、これを見ただけでも僕自身、何でこんなことになったのかよくわかりません。こういういろんなことをしている研究者って僕はあまり知らないので多分、聞いていらっしゃる方々はもっとわけがわからないと思います。そこで、どうしてこんなことになっちゃったんだろうか、何でこんなことをしているのか。何がおもしろくて、これってほんとうに役に立つの、そしてこれは学問なのかとおっしゃる方もいますので、まず、その話をしたいと思います。

そもそもの始まりは、先ほどご紹介にもありましたが、真冬の雪の上にいる昆虫の研究です。私は名古屋生まれで熱田区に育ちました。ご存知のように全く自然のない工場ばかりの町です。ですから、高校生のころは非常に人一倍、野生だとか自然にあこがれて育ちました。特に私の名前は「幸島」、ハッピー・アイランド。ありそうでない名前なんですが、実は京都大学では非常に有名な名前です。

京都大学は猿学とか霊長類学で有名なんですが、「幸島」といえば芋を洗う、猿にも文化があるということが初めてわかった有名な研究が行われた宮崎県串間市の沖合にある島です。全くそれと僕とは同じ名前なんです。それもあって、京都大学に行ってアフリカでゴリラやチンパンジーの研究をするんだというのが高校生のころの夢でした。そのためにはフィールドワークをしなきゃいけないから山登りもしなきゃいけないということで、大学に入って山岳部で山ばっかり登っているうちに勉強がおろそかになって、はっきり言えば人気のある霊長類学みたいな分野で大学院に入ることなんて不可能な状態でした。

その時に出会ったのが、日高敏隆先生で、ちょうど京都大学に移ってこられた。日高先生は有名な動物行動学者です。先生に、何かやらせてくださいとお願いしに言ったら、そんな山が好きだったら山でできることをすればいいじゃないかと言われたんです。何をしてもいいよということだったんですが、とにかく山に登って何か不思議なことを見つけたら、それを研究すればいいよとおっしゃいました。この間、別の講演

会でこの話を日高先生の前でしたら、「いや、おれはそんなことを言った覚えはない」と。そんな無責任な卒論指導はしていないとおっしゃっていましたが、でも、僕の記憶が正しければこう言われました。そこで、いろいろ山に登って、結局見つけたのがこの虫たちです。



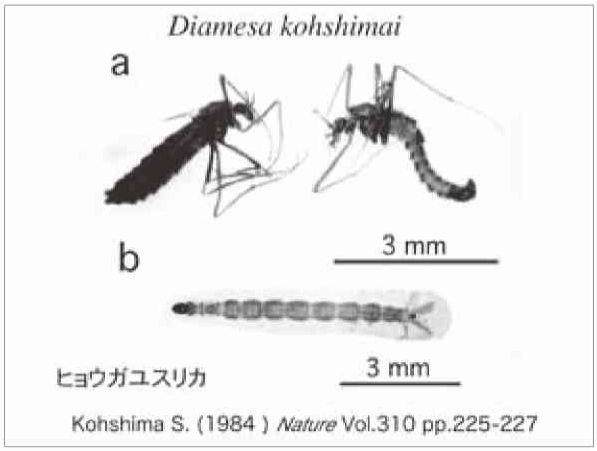
尾瀬にスキーに行って派手に転んだんですけど、起きあがろうと思ってももがいていたら、雪の上を虫がとことこ歩いているんです。「えっ」と思いました。何でこんな寒いところに、しかも真冬に雪の上に虫がいて、何で歩けるんだろう。何で寒くないんだろう。この虫は何を食べているのか。この雪の上で何をしているんだろう。それが非常に不思議でした。で、この虫を研究することにしました。僕は大学に６年間もいましたので、足かけ卒論を３年間やったのですが、そのおかげでいろんなことがわかりました。そしてこの虫を研究するうちに、この虫たちは寒くても動ける。また冬でも雪の上でも生きられるのじゃなくて、実は雪の上でないと、また、寒くないと生きていけない虫だということがわかってきました。

例えば、瓶にこの虫を入れてポケットに入れてしばらく持ち歩き、取り出してみると、ひっくり返ってヒクヒクしてるんです。暑すぎて痙攣しているんです。雪の上に戻して冷やしてやると、また元気に歩き出す。普通の虫と逆なんです。そういう虫のことがわかるにつれ、先ほどの矢野先生のお話にあったように、妄想を抱くようになりました。ひょっとしたらヒマラヤの氷河とか、雪や氷の世界にも実はもっといろんな生き物がいるんじゃないのか。いろいろ文献を調べましたが、氷河や雪、氷の世界にそんな生き物がたくさんいる、ましてや昆虫がいるなんていう研究というか、報告は全くなかった。これはいいや。ヒマラヤに行くのが僕の夢でしたので、晴れて大手を振ってヒマラヤに行くことになったわけです。ということで、今から３０年近く前ですが、ヒマラヤの氷河に虫を探しにでかけました。これは昨年も行ってきた氷河です。ヒマラヤのヤラ氷河といって、末端が５,１００メートルぐらい、上が５,７００メートルぐらいの小さな氷河ですが、ここで最初に氷河の生物の研究をしました。

まず、氷河ってどんなものなのかご存じない方が多いと思いますので簡単に説明します。氷河というのは氷でできているんですが、その氷というのは元々雪からできています。寒い場所ですと、冬に降り積もった雪が夏の間に融けきらないので、秋には、その雪の上にまた雪が積もり、何十メートルもたまります。そうすると底の方では上につもった雪の重さで圧密されて雪が氷に変わります。そうやってできた氷がまた何十メートル、何百メートルもたまりますと、その氷の結晶がゆっくりと変形し始め、固体である氷が液体のようにゆっくり流れ出します。こうして、雪から形成された氷が流れるようになったものが氷河と呼ばれます。氷河の上流では、氷の生産量の方が融解量よりも大きいのでどんどん氷がたまっていきます。逆に下流の方は、暖かいのでどんどん解けていきます。ですから氷河では、上流から下流に向かって常に氷が流れているわけです。つまり、氷のベルトコンベアーみたいなもので、例えば表面に旗を立てておきます

と、だんだん下流に流れていきます。そういう雪からできた氷が流れているのが氷河だということを覚えておいてください。

実際の氷河の様子というのは、こんなところです。こういうところで僕はいつも仕事をしているんですが、こういうところで昆虫採集しているのは、実は僕と僕の学生たちだけです。想像がつかないと思いますが、実は目を懲らしてみますと、この雪の上をたくさんの虫が歩いているんです。

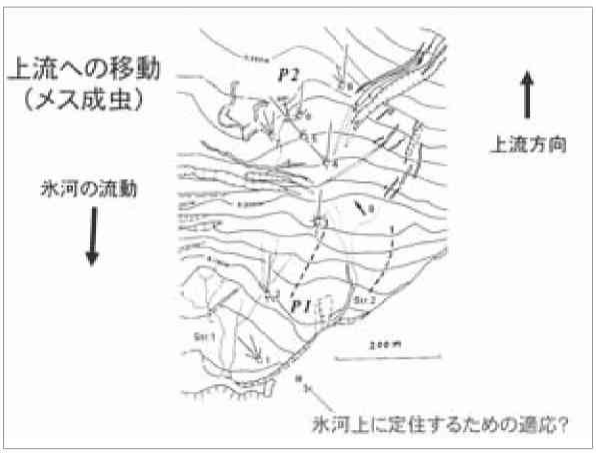


それがこの虫です。僕はヒョウガユスリカという名前をつけました。左が雌、右が雄です。雌には小さな翅が生えていますが、飛ぶことはできません。雄には全く羽がありません。雄も雌も氷河の氷や雪の隙間に潜り込んだり表面を歩いたりして生きています。この下が幼虫です。幼虫も氷河の上にいます。

ヒョウガユスリカは非常に寒さに強いことがわかりました。この虫がマイナス何度まで耐えられるか調査するために、一番気温が低い夜中に、この虫を担いで氷河のなるべく高いところまで上がっていったことがあります。その時に得られた最低気温はマイナス１６度だったんですが、その時にぽっと外へ出してやってもちゃんと歩くんです。これは多分、昆虫の低温での活動の世界最低記録だと思われます。

この昆虫は卵から親まで、生活のすべてを氷河の上だけで過ごすことがわかった最初の昆虫です。幼虫は昼間、氷の結晶と結晶のすき間に入り込んでいます。氷河の氷の結晶は非常に大きくて、その結晶と結晶の境目とが一番解けやすいので、小さなすき間があります。昼間はそういうところに潜り込んでじっとしていて、夜になると表面に出て活発に活動します。雄と雌の成虫は氷の中で出会って交尾します。雄は、雌より少し前、９月ぐらいに親になって、雌成虫が出てくるのを氷の中で待っているんです。そして雌と交尾するとすぐに死んでしまします。飼っていても１週間も生きていません。雄は全く氷河の表面に出てこないので、一生を日の目を見ることなく氷の中で過ごします。

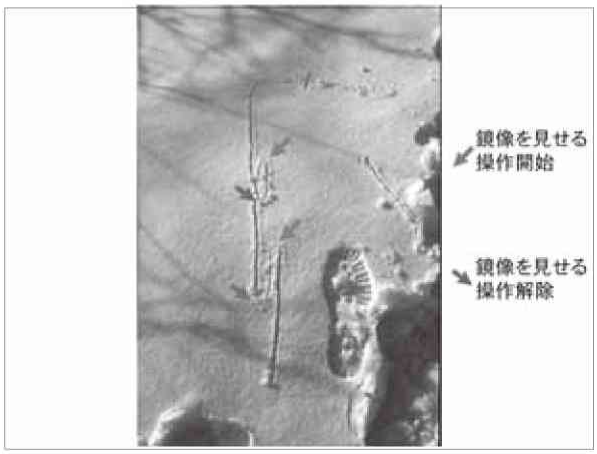
ところが雌は、こうやって氷河の表面を一生懸命歩いているんです。しかも、でたらめに歩いているんじゃなくて、真っ直ぐ同じ方向にずっと歩き続けているのです。おせっかいにも、どっちに向かって歩いているんだろうかと思いまして、割り箸とか持っていって、まず見つけたところに一本刺すんです。そして３０センチぐらい歩いたら、もう一本割り箸を刺す。こうして、どっちの方向に歩いたかを測って行きます。



これは氷河の航空写真から興した図で、下が氷河の末端方向、上が上流方向です。氷河のいろんな地点で１０メートル四方のエリアにいる全ての雌をについて、どっちへ向かって歩いていたかを調べたのがこの図です。それでわかったことは、メスたちの大部分が、氷河の上流方向に向かって歩いていることです。これはどういうことかといいますと、僕はベルトコンベアーの上の人生と言っていますけれども、この虫たちは氷河の上で一生を過ごすので、卵から親になるまでにどうしたって上流から下流に向かって運ばれます。

ですから、雌が親になったときに、そこで卵を産んでしまったら、どんどん分布域が下がって、最後は氷河の外へぽんと放り出されちゃう。そうしたら彼らは生きていけません。ですから、氷河の上に止まるために、雌は自分が親になった地点から上流に移動してから卵を産むわけです。実は、これ以降もいろんな生物が氷河の上から発見されましたが、ほとんどの動物は何らかの形で上流へ帰るという行動、またはそういうプロセスを持っていることがわかりました。次に、おせっかいにも、何で上流へ真っ直ぐ歩けるのかを調べました。その結果、太陽コンパスを使っていることがわかりました。太陽コンパスというのは、太陽を方向を知る手がかりにする行動です。どうやって調べるかというと、虫から本物の太陽が見えないように板で覆いをしてやり、鏡で反対側から照らしてやる。そうすると、虫からは逆方向から太陽の鏡像が見える。ですから、太陽を方向を知る手がかりとしているとしたら、歩く方向が逆転するはずです。

実際、そういう操作によって歩く方向が逆転しました。



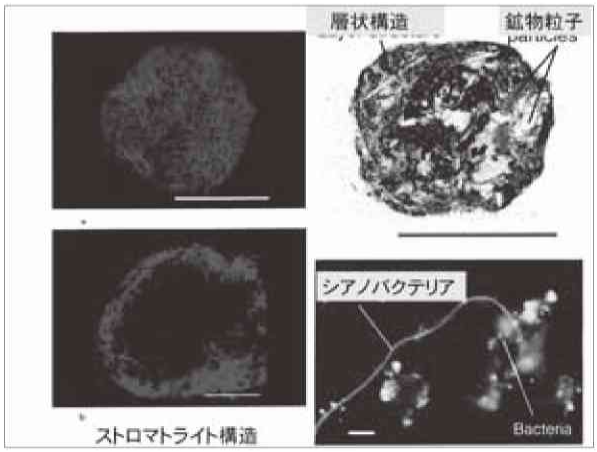
この写真を見てください。雪の上の足跡が僕の足跡です。大体３０センチ弱だと思ってください。ここから真っ直ぐ歩いていた虫に、ここで鏡を見せる。そうすると歩く方向が逆転します。またここで鏡を取るともとの方向に歩き出して、また鏡を見せると逆転して、また取ってやると元の方向に歩きました。このように、彼らが太陽の方向を手がかりにして歩く方向を決めていることがわかりました。

でも、太陽コンパスはあくまでもコンパスであって、どっちが上流だかわからなかったら使えません。じゃ、何でわかるんだろうか。実は、これを知るには長い時間がかかったんですが、結論だけを申し上げると、歩きながら地形を測っていたんです。最大傾斜の方向を測っていた。歩いている斜面の方向が変わった時、例えば最大傾斜方向が北から北東に４５度、東にずれたときにどういう行動をとったか調べたところ、しばらくは、斜面の方向が変わっても、それまで歩いてきた斜面方向に歩いていました。ところが、何十メートルも歩いているうちに、だんだん新しい斜面方向に歩く方向を修正したので、３ミリぐらいしかない虫が氷河の上流方向を反映するような大スケールの斜面方向を測るには、一点では絶対にわかりません。ですから、まっすぐ歩き続けながら測っているのでしょう。最初はランダムだと思うんですが、方向を定めて太陽コンパスを使いながら真っ直ぐに歩き続ける。そうすると、これは僕の仮説ですが、最大斜面の方向に真っ直ぐ歩いていたら右足と左足の負荷は同じです。ところが、それからずれると、例えば山足と谷足で微妙に負荷が違います。つまり、何だか知らないけど一方の足ばかりが疲れるなと思ったら、両足の負荷が等しくなるように歩く方向を変えているんじゃないか、そう考えると、彼らの行動がよく説明できることがわかりました。

ヒョウガソコミジンコ

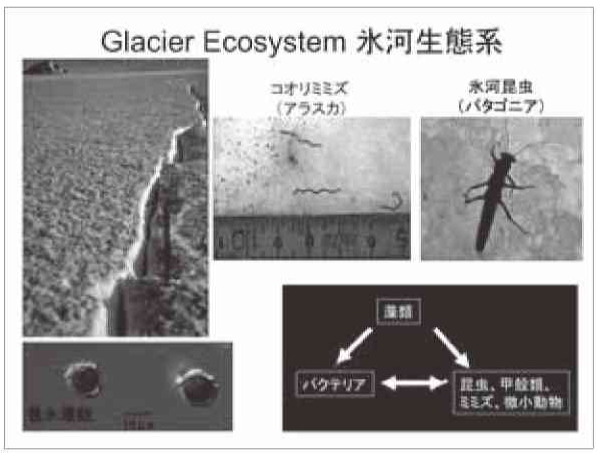
この氷河の上ではこの昆虫以外に、こういうミジンコの仲間もいました。きれいなオレンジ色をした体長１ -２ミリの小さなミジンコで、ヒョウガソコミジンコと名付けました。ヒョウガソコミジンコも昼間は氷詰めになっていて夜になると活発に動き出します。

皆さんは、氷河の上で彼らが何を食べて生きているのか不思議に思われていると思います。実は、氷の上に泥みたいな黒っぽいものがあり、彼らはそれを食べていたんです。例えば、これ、ミジンコなんですが、さっきの粒々した泥をこうやってかじっているんです。これは夜にとったヒョウガユスリカの幼虫とミジンコですが、ヒョウガユスリカもこの泥をかじっています。じゃ、これは何なんだろう。調べてみると、これはただの泥ではなくて生き物の固まりだったんです。



これはさっきの粒状の泥を蛍光顕微鏡で見た写真です。赤く光っているのはクロロフィルを持った、葉緑素を持ったシアノバクテリアという光合成するバクテリアが光っているんです。下の方は断面図なんですが、中には死んだものしか入っていない。しかも、切片をつくってみますと層構造があるんです。 皆さん、ストロマトライトって聞かれたことがあると思うんですが、実はこの粒状の泥も、ストロマトライトと同じようなシアノバクテリアという糸状の光合成生物がつくる構造なのです。このシアノバクテリアは昼間は表面から外に伸び出して光合成しているんですが、夜になるとこうやってぴゅっと引っ込むんです。そのときにいろんな粒子を取り込みます。そうすると、だんだんこのボールが大きく成長していきます。ただ、氷河の上ではカルシウムが少なくてかたくならないので、ほんの１ミリ、２ミリにしかなりません。この氷河の動物たちは、こういう光合成生物がつくった、僕は氷河の上のストロマトライトと言っていますが、構造を食べているんです。

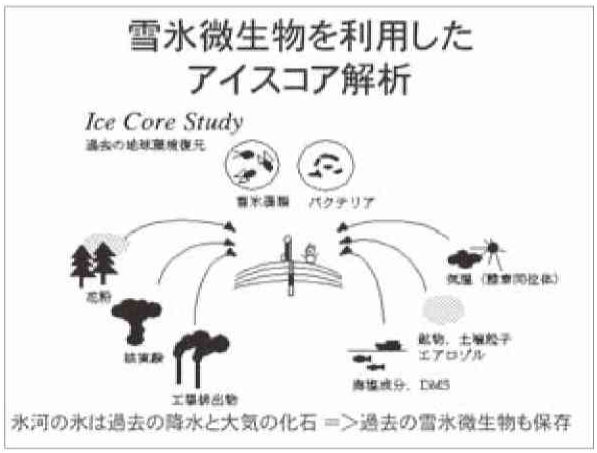
これは大きな発見でした。これまでヒマラヤの５ ,０００メートル以上のところにある雪と氷の世界、氷雪帯は、エオリアンゾーンと言われていました。エオリアというのは風の神様です。そこでは光合成生物や定着性の動物群集もほとんどいない。いたとしても、そこで生産されたものじゃなくて、よその生態系から風で飛んでくる、花粉だとか、植物や昆虫の遺体など、風の神様が運んでくるものを食べて一時的に生存しているんだと言われていた。ところが、氷河にも光合成生産に支えられた定着性の生物群集がある。つまり、氷河にも生態系があるんだということがはっきりわかったわけです。



これはヒマラヤだけの話ではなく、その後、世界各地の氷河で様々な生物が見つかりました。右の写真は南米のチリとアルゼンチンの国境にある大きな氷河群、パタゴニアの氷河で見つけた虫で、カワゲラの仲間です。中央の写真はアラスカの氷河にすんでいるコオリミミズ、ミミズの仲間です。世界中の氷河にこういう生態系があるんだということがわかってきました。せっかくですのでアラスカの氷河生態系の紹介をします。左の写真はアラスカの氷河です。表面がピンク色に染まっていますが、これは下の写真に示した赤い色素を持った単細胞緑藻が大量に増殖したためです。コオリミミズは昼間は全くいないんですが夜になるとこうやって表面に出てくる。夜中にこうして氷河の上を動き回りながら、雪の中の単細胞緑藻を食べているわけです。非常にたくさんいます。夜中におしっこをしようと思ってテントの外へ出ると、１歩ごとに２

０匹ぐらい踏んじゃうぐらいたくさん出てきます。

このように、氷河にも生態系があるんだということがわかってきたことによって、何が起こったかというと、氷河学、それから地球物理学の観点からも非常に新しいことがわかってきた。例えば、僕は氷河の上に生きている生物を使ったアイスコア解析というのをやっています。アイスコア解析というのは氷河の深いところから氷を取り出して、そこから過去の情報を取り出すという作業です。氷河の氷というのは毎年毎年どんどん上に雪が積もってできますから、下に掘れば掘るほど昔の雪と氷が得られます。氷河の氷は過去の降水と大気の化石みたいなものです。



ところが、これまでは氷河に生態系があるということがわかっていなかったので、アイスコア解析では、物理的な情報、化学的な情報しか利用されていなかった。ところが、氷河にも雪氷藻類だとかバクテリアだとか、主に微生物ですが、そういうものがかなり普遍的に生きていることがわかった。アイスコアには過去の雪氷微生物も保存されているんです。ですから、それを利用すれば、今までわからなかったことがわかるだろうということです。

これはボーリングの風景ですが、こういうドリルで細長い氷のサンプルをとってきます。例えば、これはロシアのアルタイ山脈の氷河なんですが、表面から４５０センチ、４，５メートル掘って１０センチごとに雪をとって、その中の藻類のバイオマスの変化を見た。 藻類がいっぱい入っている雪というのは夏に積もった雪だとわかる。ところが冬に積もった雪にはほとんど入っていない。これは冬にはほとんど雪が融けないからです。ですから、藻類がいっぱい入っている層を数えていけば、これは昨年の夏、これは一昨年の夏、１９００何年の夏というように、雪や氷が形成された年代がわかるわけです。それまで、アイスコアの年代決定というのは物理的・化学的な方法で行われていたんですが、それには制約があって、気温が低くほとんど融けない南極だとか北極の非常に限られた氷河でないといい結果が得られなかった。ところが、世界中の氷河のほとんどが融けます。一方、生物の方は融ければ融けるほどたくさんの情報が得られますから、これまでに得られなかった情報が得られます。

それからアイスコアに含まれる雪氷微生物は、年によって量が変動したり種類が変わったりします。それも環境条件をあらわしている。例えば、気温と雪氷藻類の生物量には正の相関があり、夏の気温が高いとたくさん入っているので夏の気温の指標になる。逆に夏に雪が多く降った年には生物生産が非常に低い。これは光合成生物の上に雪が乗っかりますから光が利用できなくて生物量が減るわけです。非常に高い相関なので、それを逆手にとって、その年の夏にどのくらい雪が降ったか推定することができます。アイスコアの中に含まれている生物の種類も年によって変わってきます。ヒマラヤの氷河では、標高によって生物の種類が変わります。例えば下流に多いものもあれば中流に多いもの、上流に多いものもある。ふつう、

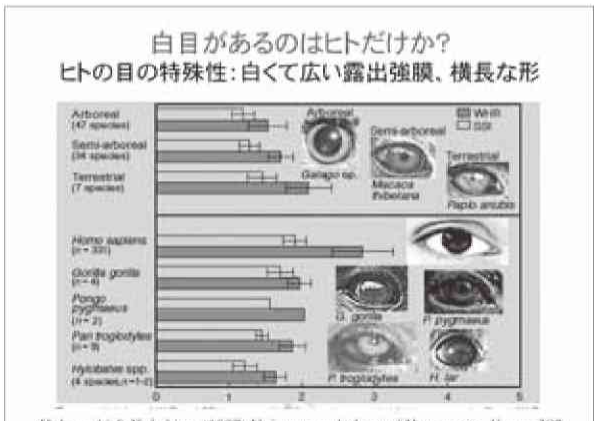
アイスコアは上流でとりますから、ふだんは上流の種類がたくさん入っているはずなんですが、非常に暖かい年には中流だとか下流部の生物があらわれます。というように種類からも過去の環境がわかります。

これまで、いろんなところで氷河ボーリングとアイスコア解析をしたんですが、例を１つだけ紹介します。パタゴニア氷原でやった氷河ボーリングです。パタゴニア氷原は北半球なら樺太ぐらいの緯度で、あまり緯度は高くない。それにもかかわらず、ものすごく大きな氷河がある。なぜかというと、たくさん雪が降るからです。しかし、１年にどのくらい降るのかということが従来のアイスコア解析からはわからなかったんです。気温が高くてじゃんじゃん解けるからです。それを生物を使うことによって明らかにしました。このときは５０メートルぐらいしか掘れなくて、水に直すと３０数メートルの降水量分しかとれなかったんですが、生物の方からわかったことは、驚くべきことにこの５０メートルの雪の層が大体２年分の雪だったのです。１年間に少なくとも水に直して１２・９メートル、熱帯雨林だとか、日本の降水量の多いところで大体４メートルですから、その３倍ぐらい降っている。世界最大級の降雨量があることが初めてわかったのです。

もう１つ、氷河にも生態系があるという発見が地球物理学にもたらした重要な視点は、氷河の色に関することです。先ほど見せたアラスカの氷河は夏になるとピンクに染まります。それに比べてパタゴニアは非常に白いんです。それと全く違うのはヒマラヤで、ヒマラヤの氷河は真っ黒なんです。しかも、この黒いものの本体は、先ほどミジンコだとか、虫が食べていた氷河の上のストロマトライトです。ヒマラヤの氷河は、こんなふうに真っ黒なのでどんどん解けます。黒い汚れを除いて白い氷を露出させると、そこがどんどん盛り上がってきます。生物が作り出した黒い汚れに覆われた氷の方が白い部分の３倍くらい急速に融けるからです。このように氷河生態系の生物活動が、氷河の色を変えることによって、氷河の融け方や大きさを変えていることがわかってきました。

一昨年、グリーンランドで、氷河での生物活動が氷河の色や融け方に及ぼす影響に関する調査を行いました。グリーンランドの氷床や氷河には、ご存じのように、地球上の淡水の１０％に相当する大きな氷があります。南極に次ぐ大きな氷の塊です。ですから、そこがどのくらい解けるかというのは将来の海面上昇へ、ものすごく大きな影響があります。それをちょっと人工衛星で観察してみますと、氷河の解ける部分、そこが黒い部分と白い部分があるということに気づ

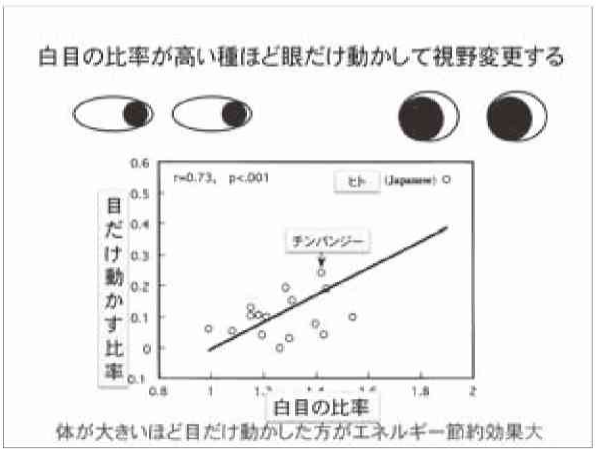
き、調べに行きました。そうしますと、南部はわりと白いんです。ところが北部は黒い。この黒いものは何だろうと思って見に行きますと、やっぱりヒマラヤ型の黒い汚れ物質だった。見るとシアノバクテリアが形成するヒマラヤ型の汚れ物質、氷河の上のストロマトライトだったわけです。ですから、グリーンランドでも微生物活動が氷河の融解を加速していることがわかりました。今、どんどん解けているんですが、今のモデルはほとんどこういう生物学的なプロセスを考慮していません。ですから、この黒い部分が拡大していくのか、それとも縮小していくのかということを予測することは将来の環境変動の予測に非常に重要なことです。



Kobayashi & Kohshima (1997) Unique morphology of Human eye. *Nature* 387

ここで突然、全く違う研究があらわれます。私は一昨年まで東京にいて、東京工業大学に長いこと勤めさせていただきました。今から約２０年前に京都から東京に移って非常にびっくりしたことがあります。それは満員電車です。こんな満員、通勤、もう耐えられないだろうと思ったんですが、人間って偉いものでだんだん順応して、そのうち周りの人を観察する余裕もでてきます。そこで気づいたのは、混めば混むほど目のやり場に困る。どこを見たらいいかということにすごく気をつかっていることです。で、みんな当たり障りの無い中刷り広告とかを一生懸命見る。もっと混んでくると目をつぶってしまう。でも何でこんなに、どこを見ていいかに気をつかって生きているのだろうと考えました。そのとき思い出したのが有名な動物行動学者でロンドン動物園に勤めていたデズモンド・モリスが書いた『ボデイウオッチング』という本です。その中に、動物園で猿の目を見ても白目と黒目の区別がはっきりしない、ひょっとしたら白目があるのは人間だけじゃないかみたいなことが書いていあったんです。人間だけ白目と黒目があるから視線が非常にはっきりしているというわけです。本当にそうだろうかと思っていたところに、ちょうど、どうしても人間のことを研究したいという小林さんという大学院生が入ってきたので、彼女と一緒に猿の目や人の目を計測してみました。日本には世界に約２００種ぐらいる猿のうち約半数の種が飼育されている。その目とか顔を撮影して白目と黒目があるのか、また目がどのくらい横長か、それから白目と黒目の比率を比べてみました。

その結果、おもしろいことがわかりました。実際、正確には露出強膜と呼ばれる白目の部分が白いのは人だけでした。また他の猿に較べて、人の目では白目の部分の割合が大きいことや、目の形が非常に横長だということもわかりました。何でそうなんだろうかと考えて、いろいろ調べたところ。白目の比率、僕らは白目度と言っていますが、白目度は体のサイズと相関する。つまり、大きな猿ほど白目の割合が高いことがわかった。

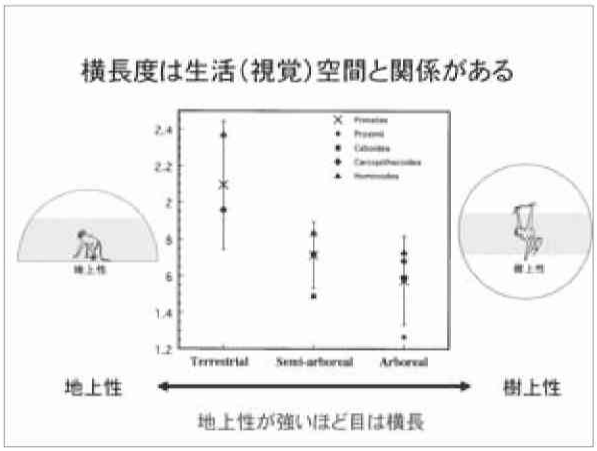


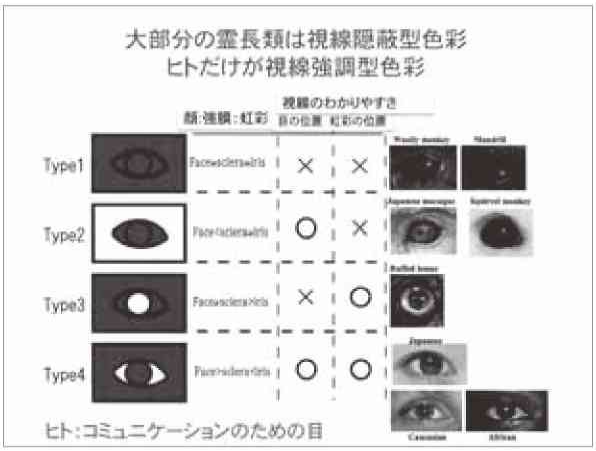
体が大きいほど目だけ動かした方がエネルギー節約効果大

これはなぜだろうとかんがえました。僕らの仮説は、大きな種ほど白目の比率が高いのは、体が大きくなるほど目だけ動かして視野変更するからではないかというものです。僕らが見る方向を変えようと思ったら３つの方法がある。１つは体全体を動かす。もう１つは頭を動かす。もう１つは目玉を動かすです。でも、体が大きくなればなるほど目だけ動かした方

がエネルギー的に得になる。だから、大きな猿にくらべ、小さな猿だとか小鳥なんかは、いつもちょこまか、こうやって体や頭を動かして見ています。そうなんじゃないかと、実際見てみますと、確かに白目の比率の大きい猿の方が目だけ動かす率は高いことがわかりました。

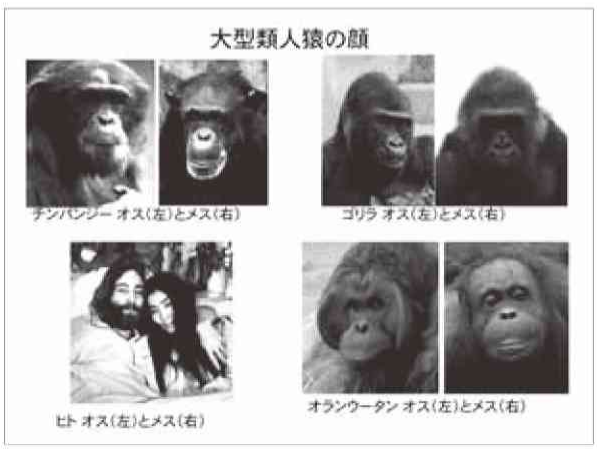
もう１つは横長度なんですが、横長度は地上性の猿と樹上性の猿で大分違う。樹上性の猿は丸い目をしていて、地上性が高い猿ほど横長の目であるということがわかった。これも視野変更と関係している。木の上に住んでる猿は、上下左右、３６０度、いろいろ視野変更しなきゃいけない。ところが地上性の猿はそれに比べたら水平方向が多いだろう。実際、地上性が強い猿ほど眼球を水平に動かす。それから横長の目を持つ種類ほど水平に動かす割合が大きいことがわかったのです。



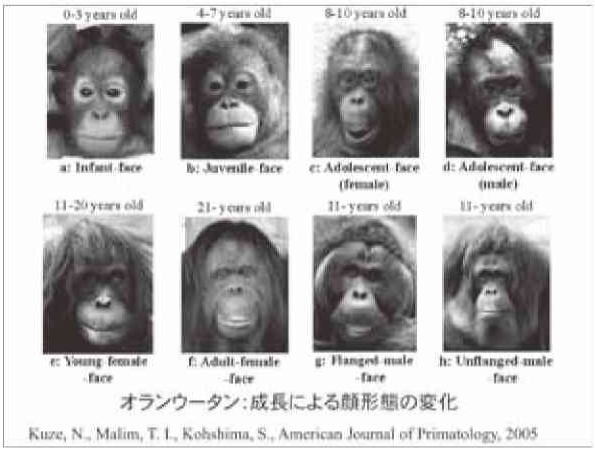


もう１つは白目の話です。調べてみてわかったのは、確かにモリスが言うように、白目があるのは人だけでした。猿の目玉を見ると、強膜自体はみんな人間と同じように真っ白なんです。ところが、白目に当たる露出している部分、露出強膜、虹彩の周りの表から見える部分というのは、わざわざ色素をたくさん生産して濃い色にしているんです。いろんな猿の目を見てみますと、露出強膜を焦げ茶色とか、虹彩とほとんど同じような濃い色にして、どこに黒目があるかわからないようにしている目がほとんどです。ですから、全く着色してないのは人だけだ。これは、顔の色とのコントラストで見てみますと、人間では黒目があって白目があって、皮膚の色も濃い。これは顔の中にどこに目があるのか、それから目の中の黒目がどこにあるかというのが全部強調される色彩パターンです。ところが、そういう猿は全くいなかった。ほとんどの猿は、顔の色、白目に当たる露出強膜、それから虹彩の色というのはほとんど黒くて、顔の中にどこに目があるのか、目の中のどこに黒目があるのかというのがわからない視線隠ぺい型の目だった。人だけが視線強型の目であるということがわかりました。

ですから、僕らの結論としては、人の目が横長で白目が多いのは、体が大きくて地上性であるということだけじゃなくて、コミュニケーションのための適応でもあるということです。確かに地上性で体が大きいといったら、ゴリラの方が大きいんですけど、人はそれにも増して飛び抜けて横長で白目が大きいんです。それはコミュニケーション機能のためだと思います。よく目は口ほどにモノを言うといいますが、実際、そういうことをしているんだと思います。研究している間に気づいたのは、なぜかオランウータンの目が１番人に似ていることです。



オランウータンは、ご存じのように、樹上性です。樹上性の猿は丸い目をしているはずなのに、何でオランウータンの目は人間に近いんだろう。ひょっとしたら人間と同じようなことをしているんじゃないか。よく考えてみますと、大型類人猿、チンパンジー、ゴリラ、オランウータン、人間を比べますと、例えば大人の雄と雌の顔の形態を比べますと、チンパンジーやゴリラでは雌雄ほとんど変わりません。人間とオランウータンだけが非常に違う。ということは、視覚的な情報を使ったコミュニケーションがよく似ているのではないか。



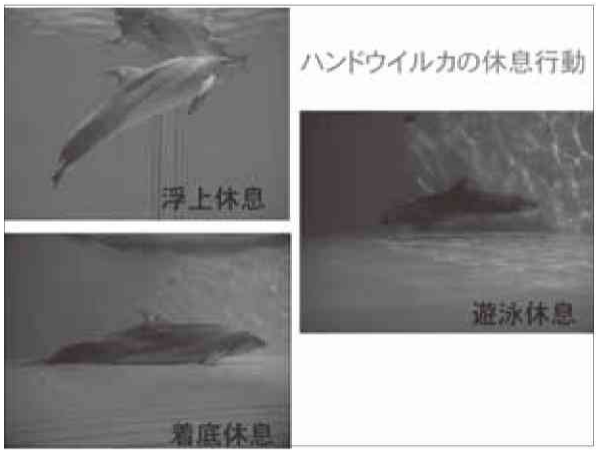
ということで、オランウータンの研究もしました。これは、久世さんという、今もオランウータンをボルネオで研究している学生が、ボルネオのオランウータンの保護施設でいろんな年齢段階のオランウータンの顔写真を撮って分析したものです。オランウータンは子供から親になるまでに、非常に顔形態がクリアに変わる。得に赤ん坊、子供、若者、それから大人、大人でも優位な雄と劣勢な雄と、全く違うことがわかりました。ですから、こういう顔形態を使ったコミュニケーションというのを確実にしているんだろうと。これがまだ継続していまして、ボルネオのダナン・バレーというところで野生オランウータンの研究も、今５年目になりますが、継続中です。

オオカミの顔の研究もしています。何でオオカミに興味を持ったかというと、イヌ科の動物の中でも異常に視線が鋭いからです。地域によって毛皮のバリエーションは大きいんですけども、どの地域のオオカミも非常に視線がはっきりしている。逆に、タヌキは視線隠ぺい型の目です。イヌ科動物は２５種類ぐらいいるんですが、比べていきますと、結局、視線強調型の目を持っているのは、グループ・ハンティングといって群れで狩りをするものが多い。ですから、狩りの間に何かのそういう視線を介したコミュニケーションをしているんじゃないかということで、今、植田さんという学生と調査しています。

イルカの研究もしています。今、イルカの研究をしている学生が１番多くて５，６人いるんですが、そもそもは東工大生なのにどうしてもイルカがやりたいという関口君というのがやって来たのが始まりです。野外で研究したいんだけど、それにはまだ時間がかかる。まずは屋内で、水族館で見ようということになりました。水族館でイルカを見ていて不思議に思ったことを調査すればいいんじゃないのと、いいかげんなことをいったんです。 すると、ずっと泳いでいて、いつ寝ているのかわかりませんと言うんです。

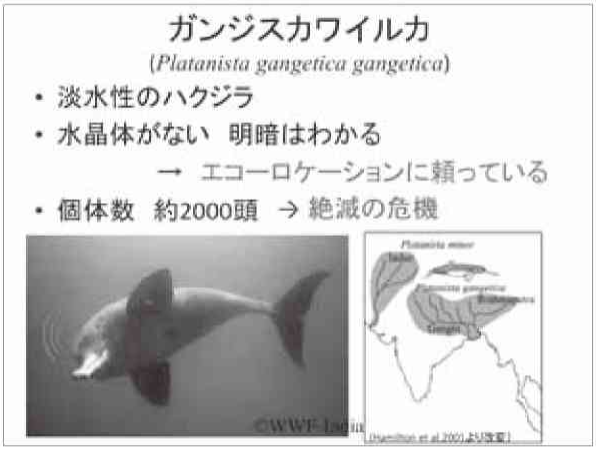
じゃ、それを研究しようということになった。ということで、まずは泳ぐスピードと呼吸頻度の分析から始めた。１番アクティビティーが下がるときの行動が１番怪しいんじゃないかというのでアクティビティーを出しました。すると、水族館のイルカは夜中の１時、２時とかに１番ゆっくりになることがわかりました。

そのときに特徴的な行動を見ますと３つありました。浮かんでじっとしている。それから、底に沈んでじっとしている。この状態は非常に少ない。１番多いのは群れをつくってずっと泳ぎ続ける行動です。底の方で非常にゆっくりと大回りで泳ぎ、ほとんど同じ軌跡を繰り返したどります。僕らはこれを遊泳休息と名づけました。そのとき気がついたのですが、この３つの行動をしているときには少なくとも片目をつぶっているということがわかりました。ですから、この間に絶対寝ているんだろう。両目や片目をとじている。もっと遊泳速度が速いときには、必ず両目を開けています。この遊泳休息という行動パターンを解読してからわかったことは、昼間でもしょっちゅう寝ているということです。すきあらば寝ている。



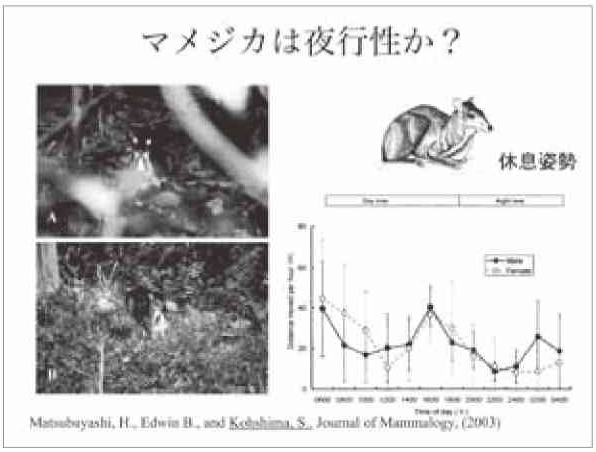
実は、イルカは右脳と左脳を交互に休ませる半休睡眠をしており、その際、休んでいる脳と反対側の目を閉じていることがわかっています。これは、イルカを無理やり狭い水槽に閉じ込めて頭に穴をあけて脳波をとりながら両側から目の状態を見る研究でわかりました。我々の目の状態の観察から、遊泳休息のときには、半休睡眠をしているらしいことが分かりました。例えば、親子を夜中に見てみますと、１０分ごとに回る方向を変える。大体壁側の目をあけています。ということは、半々に右目と左目を閉じて半々に右脳、左脳を休めている。それから大人同士が２頭いますと２頭並んで泳ぐんです。大体相手側の目をあけている。よく見ていると左右のポジションチェンジを１０分ごとぐらいにやるんです。ですから、やっぱり泳ぎながら半球睡眠しているんだというのが、僕らの考えです。野生イルカの休息行動も見ています。伊豆諸島の御蔵島で野生イルカを観察しますと、彼らは昼間、寝るんです。島の近くで集団になってゆっくり泳いでいます。酒井さんというすごく泳ぎのうまい院生がいて、こういう状態のときに、ぱっと潜っていって、両目の状態を確認し、「あっ、片目つぶっています」というので、まず間違いなく遊泳休息だろうと思います。そんなころ、変な論文が「ネイチャー」に出ました。水族館で出産直後の親子を観察したら１カ月間、寝なかったという論文です。この期間、全く止まらずに泳ぎ続け、しかも、目を見ても全然閉じてなかったというんです。しかし、よく論文を見ますと、実は彼らは水面からしか目の観察をしていないんです。水面に浮上して息を吸う瞬間だけしか目を見ていない。　そこで、千葉県の鴨川シーワールドにお願いして、新生児が生まれたときに水中と水面で同時観察した。それで初めてわかったことは、遊泳休息、おそらく半休睡眠している間も大体３０秒に１回浮上して息を吸うんですが、水中では目を閉じていても浮上した瞬間だけ目が開くことがおおかったのです。ということは、半分ずつ脳を休めて、しかもその間も息をするたびに覚醒度を上げている。水中では寝ている間も息をしなきゃいけないわけですからイルカだとかクジ

ラ、それから海生哺乳類の睡眠というのは陸上のものとは全く大きく違うとされていましたが、予想以上に大きな違いがあるんだということが初めてわかったわけです。



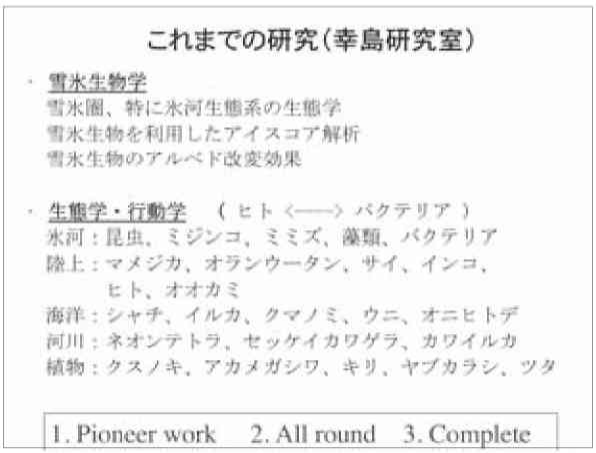
ということで、今はいろんなクジラ・イルカ類の行動研究もしています。最近ではガンジスカワイルカという、絶滅危惧種も研究しています。このイルカは濁った水に住んでいるので、直接観察が全くできません。そこで、彼らがエコロケーションのために出している超音波を２点から観測することによって、水中でどういう経路でどう動いているかを、音から分析する研究を今行っています。

その他、陸上哺乳類ではマメジカやサイの研究もしましたし、鳥ではインコ。さらにネオンテトラはなぜ派手かという研究。あと、植物の行動学もやっています。植物は動かないんですが、動物のような短いタイムスケールで動かないだけで、やっぱり生きるためにいろんな努力をしています。例えば、動物に食べられないように毒を出したり、それからアリに助けてもらったり、いろんなことをしている。そういう視点で見ると不思議なことがいっぱいあるんです。ですから、今は植物にもはまっています。ということで、今までほんとうに変なことばっかりやってきました。それこそ人からバクテリアまで。１番大きいのではシロナガスクジラをやっていた学生までいました。



これらの研究に共通するものは何だろうと考えると、結局は、どれもパイオニアワークであることだと思います。研究するなら、だれもやっていないことをやろう、だれも見たことがないものを見よう、そういう研究であることです。

このパイオニアワーク・オールラウンド・コンプリートというのは、京都大学山岳部の偉大な先輩たちである今西錦司さんや、西堀榮三郎さん、桑原武夫さんらが考えたスローガンです。どうせ登るんだったら人が登ってない山に登ろう。地図のない山に行くには、雪が出るか、岩が出るか川が出るかわからないから、何にでも対処できるようになろう。コンプリートというのは、やるんだったら徹底的にやろうということです。



私は昨年春に新たに設立された野生動物研究センターにお世話になっています。このセンターが設立された２００８年という年は、くしくも、今西錦司さんたちが初めてアフリカに遠征し、西堀榮三郎さんが南極越冬に最初に成功し、桑原武夫さんたちがカラ

コルムのチョコリザ峰を初登頂した年である１９５８年から、ちょうど５０年目の節目にあたります。今西さんたちが築き上げた霊長類学は今でも世界最先端の研究をしています。野生動物研究センターは、探検大学とも呼ばれる京都大学のこうしたフィールドワークの伝統と精神、霊長類学で培われた研究技術を引き継ぎ、発展させて、さまざまな野生動物の保護に役立てていこうという趣旨で設立されました。

このセンターの特色の一つは、名古屋の東山動物園や京都市動物園といった地域の動物園や水族館と連携して野生動物研究を進めて行こうとしている点です。これまでお話しした研究のように、動物園・水族館でないとできない研究はたくさんあります。例えばイルカが目を閉じているかどうかなんて水族館でないと絶対わかりません。また日本の動物園・水族館は、海外の動物園・水族館に比べてまだ教育・研究機能が非常に低い段階にあります。そこに大学が連携することによって教育・研究機能を高め、野生動物、とくに絶滅危惧野生動物の研究を進めようというプロジェクトを目玉にしていますので、これからもよろしくお願いいたします。