

# 甲南大学 総合研究所報

甲南大学総合研究所

〒658-8501 神戸市東灘区岡本8-9-1

電話 (078)435-2331(ダイヤルイン)

## 第47回 甲南大学総合研究所公開講演会 「DNA から DNB へ — 生命化学と未来生活」

平成20年11月8日(土)

講師 杉本 直己氏

(甲南大学先端生命工学研究所所長・理工学部教授)



安西所長：

皆さんこんにちは。本日は急に寒くなったところをわざわざ私ども総合研究所の講演会に来て下さり、誠にありがとうございます。私は総合研究所の所長をしております安西と申します。本日は杉本直己先生に講演を頼みました。杉本先生はお手持ちのパンフレットにもございますように、最新の化学の問題、

バイオとナノの問題についての権威であられまして、大変お忙しいところを無理してお頼み申した次第です。杉本先生は京都大学大学院を出られた後、アメリカのロチェスター大学に留学され、そこで新しい分野、生命化学という分野に目を開かれたという事でありました。現在は甲南大学の先端生命工学研究所の所長であられますし、来年甲南大学が開設します

フロンティアサイエンス学部の学部長に就任されます。その意味では最先端の分野における権威と言ってもよろしいかと思えます。日本経済新聞にも最新の9月に記事が載っております。癌化を押さえるテオメラーゼという酵素があり、その技術を開発されたという事で出ております。抗癌剤などの絞込みに役立つというような事、それからテロメアというDNA、デオキシリボ核酸という高校時代に習った覚えがあると思うんですけども、この配列がさらに細胞分裂を繰り返すごとく短くなるんですけども、癌細胞はそれができないと、従って只それを押さえるということを新しい化学分野、生命化学分野において発見され、正に精力的にご研究されておられます。フロンティアサイエンス学部はポートアイランドに来年度開設されますが、その分野の新しい拠点となって、県の方も支援するという事です。あの辺りは最新のサイエンスの核となるような地区になり、その先頭に立たられているという事であり、ナノテクノロジーとバイオを組み合わせたナノバイオという学問分野の先端拠点という事で、ポートアイランドにできますところのフロンティアサイエンス学部或いは理化学研究所その他色々それに関する、研究施設ができるという事です。そこで活躍されるという事で、本日はそういう意味でも大変お忙しい中を無理してお頼み申しました。学者としても私個人は非常に尊敬している先生であります。皆様方もよく聴いて頂いて知的刺激を得られれば、総合研究所所長として幸いに思います。ではお願いいたします。

杉本先生：

安西先生、過分なご紹介をありがとうございます。杉本でございます。講演のご依頼を受けました時には、本日の聴衆の方の年齢層、それから理系に関するバックグラウンドがどの程度あるか分かりませんでした。本日の会場ではご専門の先生方も何人かお見受けいたしますが、こういう分野にはそれ程馴染み深い方が少ないのではないかという事も先ほどお聞きしました。ですからできるだけ平易に、例えば新聞記事等を中心にご説明をさせていただきます。ただし、総合研究所の講演会でございますので、一般の公開講座よりもややレベルが高く、最先端の内容も含むという事だけご理解頂きたいと存じます。また、皆さんを日常生活とはちょっと違った異次元の世界へお連れしたいというふうにも思っております。

これからは画像を交えて、科学的な事柄をご紹介します。まず「DNA から DNB へ」というタイトルをつけました。副題は、「生命化学と未来生活」です。皆様の未来生活と最先端研究とがどう結びついているかというところをお話いたします。まずDNA、これは先ほどのご紹介にもありましたようにデオキシライボヌクレイックアシッド (Deoxyribonucleic Acid)、DNA です。これは遺伝子の本質を担う物質ですね。タイトルは、ちょっとしゃれたつもりなのですが、「DNA から DNB へ」と。この DNB の D はデザインブル (designable) です。設計できる、自分が考える事が出来るという意味です。N はナノ (nano)、ナノというのは非常に小さいことだと思ってください。B はバイオ、生命です。だから非常に小さい生命の世界をデザインブル、設計することができるという新しい分野 DNB に DNA の世界からお連れいたします。非常に小さい DNA の世界ですが、私共の先端生命工学研究所、ニックネームはファイバー (FIBER) と呼んでいますが、ファイバーには世界最大級の DNA モニュメントがあります。これが高さ17メートル、すごく巨大できれいなモニュメントです。歩いてここから3分くらいの所にございますから、もしよければお帰りにでも、ちょっと坂道を登らないといけません、見て頂けます。

さて、最近の新聞記事を紹介しましょう。色んな生命化学系の記事が出てくるんですが、例えば一例、最近 iPS 細胞というのを京大の山中先生が作製されました。これ、作られたのです。自然にあるものじゃない。i はインデュース (induced) の略ですから誘起された全能幹細胞の事です。iPS 細胞が癌化のリスクを回避して作製できたということが朝日新聞に載りました。この内容を詳しく見てみますと、その記事には、iPS 細胞とか、導入した遺伝子とか、染色体、神経組織とか専門用語がいっぱい出てくる、もう訳分からん、という方が多いかも知れません。そこで、サイズの順にバイオの用語を並べてご説明します。

生命をサイズで考えてみましょう。皆さんの体、これはメートルのサイズです。大体1mです。その体の中の組織というのは、それよりは小さなものです。組織とか器官とか、例えば胃とか肝臓とか、これは10cmくらいのサイズですね。それから、さらに小さくなると、組織を構成している細胞、大きいものだったら朝召し上がられた卵もひとつの細胞です。

卵は細胞の中では大きいものなのですが、普通の細胞というのは1mmの10分の1くらいです。ミリよりも小さい世界はなかなか分かりにくいのですが、これがマイクロの世界です。ミリというのは1000分の1です。マイクロというのは更にその1000分の1の世界です。ここら位までですよ。我々が目に見えるのは。

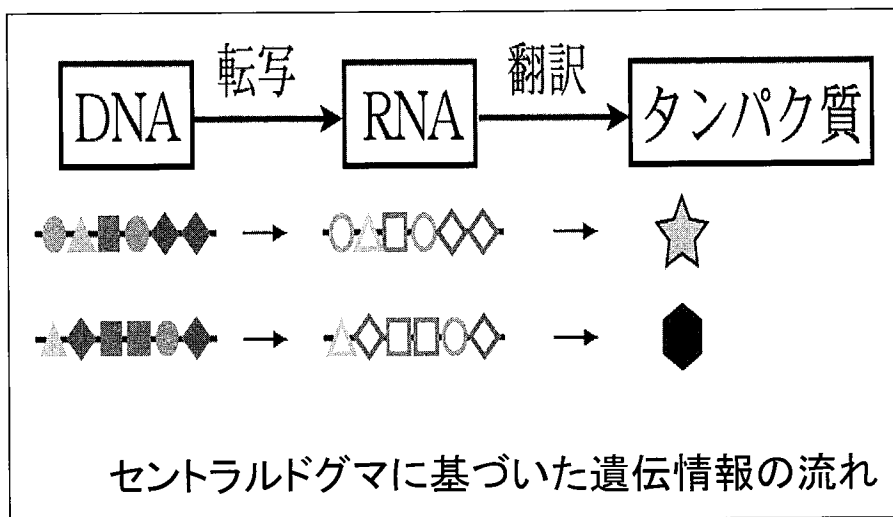
さらに、これより小さい世界に入りましょう。先ほど出てきたようないろいろな用語がでてきます。例えば、タンパク質とか染色体というものが、各細胞の中に、また核の中にあります。さらに染色体の中へ入っていきます。染色体をほどことこういうふうなタンパク質と核酸が絡み合ったものがあります。さらにDNAの二重らせん構造が見えてきます。これが皆さんの遺伝情報を持っているのです。すなわち皆さんの体つきとか性格とかいろいろな特性を決めている。病気になりやすいとかいうのも決めている。さてDNAの二重らせん構造ですが、この半径は1ナノメートルです。ようやく出てきました、ナノという言葉が。このナノというのは先ほど言いましたマイクロのまた1000分の1です。ミリはメートルの1000分の1でした。ミリの1000分の1はマイクロ、マイクロの1000分の1がナノ、10のマイナス9乗、すなわち10億分の1の世界がナノ・ワールドです。皆さんの体の10億分の1の世界です。このDNAが皆さんの体つきとか性格とかいろいろなものを決めている。つまり、DNAが10億倍の私たちを決めていると言ってもいいでしょう。このDNA

がちょっとだけ変わると、体型が変わったり、病気になったりといろいろと変わってしまうのです。

もう少しわかりやすく説明しましょう。サイズを拡大すると、DNAのすごさがわかると思います。DNAが皆さんの今のサイズ、1mだと仮定しましょう。そうすると、皆さんがちょっと手を怪我した、つまりDNAが傷ついたというのは、10億倍のものの形や性質を変えてしまうことになります。つまり10億メートル、100万キロメートルのサイズに影響するということです。100万キロメートル、月までたかだか30万キロです。月までたかだか30万キロという事は月よりはるか向こうの世界の形を変える、例えば、手を怪我したら、お月さんが四角くなる。すごいでしょ。DNAの威力がすごいという事が分かります。DNAというのはすごい力を持っているんだという事を、ご記憶願いたいと存じます。

動画をお見せしましょう。これが細胞です。さあ、DNAはどこに鎮座ましましてしているのかというと、この細胞の中の核の中にあります。よく生物の本とかを見られて理科系のお好きな方はこれを細胞だと思っておられますが、実際に顕微鏡などで細胞を見られた方はもうお分かりのようにこんなきれいなスキスキの細胞ってないんです。細胞骨格があったりタンパク質があったり、ぐちゃぐちゃなのが細胞の世界です。だから生物や化学の本では、細胞の中である物質が反応してとか簡単に書いてありますが、もっと複雑なぐちゃぐちゃした世界。これが細胞です。

図1 セントラルドグマ



出典：杉本直己著「生命化学」(丸善)(2007)

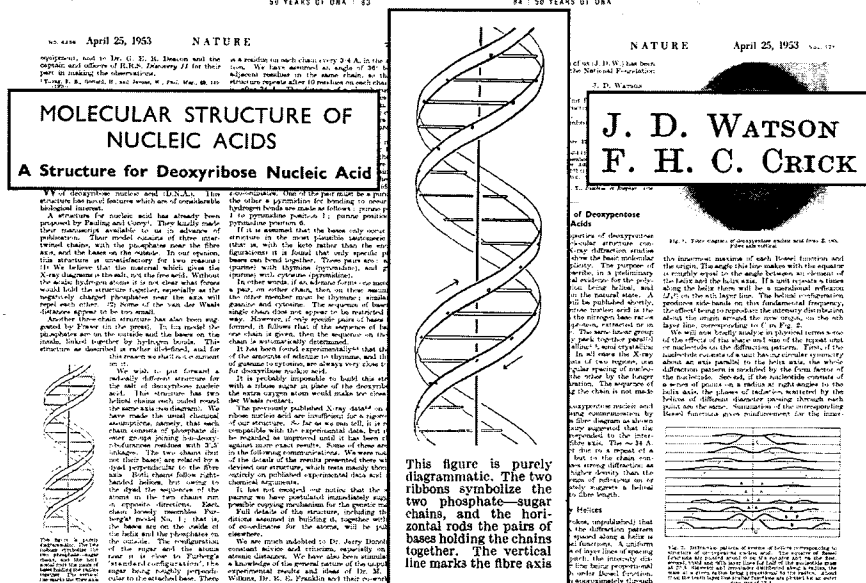
さらに細胞の中に入っていきます。さあ、細胞の中にズーッと入っていきますと、先ほど言いました核があります。まだまだDNAは出てきません。核の中もこのように込み合っています。その中に染色体という部分があります。さあ染色体が出てきました。これをほどこきます。ようやくDNAの二重らせん構造が出てきました。ここまで入らないと駄目なのですが、これが10億分の1メートルの世界です。この世界での現象を何とか解明しよう、またそれを使って我々の生活に活かそうというのがナノバイオ研究です。もうお分かりかと思いますが、この世界を少し変えたり触ったりするだけで皆さんの形態とかいろいろなものが左右されるといふ事です。

今日せっかく来ていただきましたので、一つだけ覚えて帰って下さい。「セントラルドグマ」という考え方です(図1)。これは生命科学における中心教義です。ナノバイオにおける基本といってもいいかもしれません。どういう考え方かといいますと、セントラルドグマというのは、遺伝の情報を持っているDNAから、同じ核酸であるRNAに情報が移って、その後RNAから機能のあるタンパク質に移る。すなわち、DNAからRNAへ、RNAからタンパク質へと、遺伝情報は移り機能変換されるということです。この遺伝情報の流れは一方通行で逆には戻らないという考え方、それがセントラルドグマです。それが唱えられたのは1950年代後半です。それから

50年ほどたっていますが、この考え方は、RNAから一旦情報がDNAに戻るような一部修正はありますけれど、現在のところ正しい考え方として認められています。特に、タンパク質からRNA、DNAが出来るという事を見つけた人は誰もいません。

このナノバイオの世界を初めて切り開いた人というと、私が挙げたいのは物理学者なのですが、エルヴィン・シュレディンガーです。彼は「What is life?」、日本語でも岩波から出ていますが、「生命とは何か」という本を書きました。「What is life?」驚くべき事は彼が物理学者であったという事もそうなのですが、この原本を見ますと1944年の出版なのです。1944年、昭和19年です。六十数年前に現代では興隆期にある研究分野を予見し、その思考の世界を楽しんでこんなにワクワクさせる「What is life?」という本を書いたという事に、彼の素晴らしさだけではなくヨーロッパの学問の伝統の凄さというものを感じます。さて、その一文です。遺伝子がDNAだとは当時の人は知らなかったのですが、遺伝子は少数の原子からなっているのじゃないかという事を、彼は書いています。但し、分子や原子のサイズレベルで発想しているのは非常にいいセンスだったのですが、彼はその本文の中でその遺伝子というのは恐らく一個の大きなタンパク質分子であり、と言っています。先ほど言いましたように、タンパク質は遺伝子ではない。皆さんは本日の話でおわかりですね。

図2 DNA二重らせんの論文



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate-sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibrous axis.

皆さんはもう答えを知って、推理小説を読んでいるみたいなのです。答えは間違っているんです。しかし当時は誰も知らなかった。答えは間違っているけど、このエルヴィン・シュレディンガーは原子とか分子で初めて生命分子を考えようとした凄い方です。

皆さんよくご存知の DNA が生命の本質だという大発見の報告、その論文を見られたことがありますか。世界で始めてそれが出たのは、1953年です。昭和28年4月号の「ネイチャー」にたった1頁の報文が載りました(図2)。実験結果も何も書いてありません。ただ単にタイトルと著者の名前とこのダブルヘリックスの図と説明文が書いてある。これだけで著者の二人が後にノーベル賞を取りました。核酸の分子構造というタイトルです。載っているのはさっきも言いましたように二重らせん構造のきれいなモデル図だけです。さて発見したのは誰でしょう。ご存知の方も多いと思います。ジェームス・ワトソンとフランシス・クリックです。この二人、全く異なった個性、経歴の方です。

ワトソンは1928年の生まれだったと思います。だから53年に発表した時は未だ25歳くらいですね。非常に若いです。ワトソンは米国で博士号を、22か23歳の時に取っています。非常に俊英です。彼はその後ケンブリッジ大学のキャベンディッシュ研究所に勉強しに行きました。何の目的か。生命の本質は、ひょっとしたら皆が言っているようなタンパク質じゃなくて他のものじゃないか。それは核の中にある酸性の物質、これじゃないか。DNA です。これだと心の中で思っていたのでしょうか。その DNA の構造を決めるには、X線結晶解析の世界で一番進んでいるのが当時イギリスのケンブリッジ大学だったのですね。ケンブリッジ大学に彼は向かいました。1951年です。そのとき同じ研究所で出会ったのが、フランシス・クリックです。クリックはやはりタンパク質の研究をやっていたのです。ヘモグロビンとかミオグロビンの結晶構造解析、構造を決めるというのが彼の学位のテーマです。出会ったとき既に35歳。学位は取れていません。一回りも若く既に博士号を取っているワトソンと出会います。クリックはミオグロビンとかヘモグロビンなどのタンパク質が生命の本質と思ってなかったんですね。これは映画にもなっている有名な出会いのシーンです。ある人に紹介されてワトソンは彼と出会います。ワトソンは「How do you do?」と言って握手したでしょう。で名前を互いに名乗る。で君はどういう人かと聞く。俺よりも

12歳も年上でまだ学位ないのか君はと。もう半分馬鹿にしたような話をしたのでしょうか。クリックは頭にきまずね。若造が何言っとるのやと。今は、ミオグロビンとかヘモグロビンの構造を決めているのだけれど、俺はノーベル賞を取りに行くような研究をやりたいんだと思っていたのでしょうか。生命の本質を担う分子を探求する予定だ、とクリック。ワトソンが聞きます。生命の本質を担う物質とは何だと。クリックは答えます。一言 DNA だと。ワトソンはびっくりします。学位も取ってない35歳の変なオジサンが自分の考えていたことと同じことを考えていたと。そこで有名な映画のシーンです。もう一度ワトソンは手を出して名前をもう一度言ってくれ、フランシスカ。ジムか。もう一度握手し互いを認め合いました。

この出会いから2年後に彼らはあの二重らせんモデルを発表します。しかしながら先程も言ったように彼らが実験をしていたわけではありません。実験を一生懸命やっていたのは、電車で1時間ほど離れた、ロンドンのキングスカレッジにいた二人です。一人がモーリス・ウィルキンス、それから彼よりもっとすごいエキスパートだったロザリンド・フランクリンという女性です。残念ながらこの二人仲が良くなかった。だからお互いにデータを見せ合うような事はなかった。たまたまワトソンとクリックはこのデータを見た。それがノーベル賞に繋がったといわれています。

さて、ノーベル賞はどういうふう授与されたか。論文発表の1953年から9年後、1962年ノーベル生理学医学賞が贈られました。ウィルキンス、クリック、そしてワトソンの3人に与えられたのです。なぜフランクリンはもらえなかったと、こう思っておられるかもしれません。彼女は1958年、昭和33年に亡くなっています。1962年のノーベル賞の時には既にこの世にいなかったのです。亡くなった故人にはノーベル賞は与えないというのがルールですから、彼女は残念ながらもらえなかったようです。もし生きていたとしたら。授賞は3人までなので、もめたかもしれません。

余談ですが、同じ1962年に、ジョン・ケンドリューとマックス・ペルツという二人がノーベル化学賞を取りました。研究テーマは何だったのでしょうか。彼らはケンブリッジ大学の研究者なのですが、何をやったか。ヘモグロビンの結晶構造解析でこの二人はノーベル賞を取ったのです。本当に運命というか面白い

もので、クリックはそのままヘモグロビンの研究を続けていてもノーベル化学賞が取れたかもしれません。だからDNAだけじゃなくて、RNAやタンパク質も含めて、全ての生命分子が、世界のトップレベルの仕事の対象であり、素晴らしい研究者が活躍できる舞台だったということです。今でももちろんそうです。

このDNAのダブルヘリックス（二重らせん）の発見というのは20世紀のノーベル賞の中でアインシュタインの相対性理論の発見とともに、最高に輝かしい。DNA二重らせんの発表から50年、2003年に、「ネイチャー」は特集号を組みます。「DNAの50年」という特集です。色々な国で訳本が出版されています。それほどDNA二重らせんの発見はインパクトがあり、世界的に有名なのです。特にDNA二重らせん発見の母国、イギリスでは2003年の2ポンドのコインが記念コインになっています（図3）。2ポンドというと、500円くらいですかね。それはエリザベス女王が表に、2003年のコインは、裏には特別にDNA二重らせんが描かれています。このようにワトソン・クリックの二重らせんは、世界中ですごい反響で、よく知られています。

図3 コイン



日本ではどうでしょうか。朝日新聞社の方が居られたらすいません、非難しているわけじゃありません。先に謝っておきます。これは朝日新聞の2007年5月30日の記事です。DNAの二重らせん構造の発見者のワトソン博士が、自分のゲノムDNAの情報を公開してもいいよといったと書いてあります。ヒトゲノム計画で遺伝子を探究する計画が進んでいます。将来、自分のDNAの情報を全世界に公表してくれてもいいよと言ったのが、ワトソンです。そのDNAの塩基配列から、ワトソンというのはこういう病気になりがちだったとか、性格はこんなだったんだと後々わかってもいい。全情報を公開します

よということです。問題はこの記事とともに載っているワトソンの写真です。お気づきの方おられますか？先ほどの写真とちょっと違うじゃないか、と。5月31日に訂正記事が載りました。朝日新聞が「ごめんなさい、ジェームス・ワトソン博士として載せた写真は共同研究者だった故フランシス・クリック博士の写真でした」と。この写真のワトソンはクリックだったのです。日本のDNA二重らせん発見者に対する関心のレベルというのはこんなもんです。ジョークですよー。日本では一般の方がサイエンスを軽視しているとは言いませんが、ひとつの例として使わせていただきました。何度もいいますが朝日新聞を非難しているわけではありません。サイエンスの知識だけでなく、サイエンスを行った人物を通じてサイエンスを考えてみたいと言いたいのです。

ちょっと話をかえましょう。ある雑誌のエッセイです。連載のエッセイをとってきました。連載のタイトルは、「科学の青春時代」。著者は多羅尾番外さんです。若い人には分からないかもしれませんが、ある程度の世代の方だったら理解していただけますね。多羅尾番外って。昔、昭和20年代から30年代に、時代劇の遠山の金さんや赤穂浪士で有名な片岡知恵蔵さんが、現代版の探偵モノの主演を演じておられました。その役名が多羅尾伴内です。もう本当に間が抜けた探偵さんの役です。しかし最後にすごい力をみせるのです。七つの顔をもつ男といえおわかりかと思います。その多羅尾伴内をもじって番外なのでしょう。

さてこのエッセイのタイトルがセントラルドラマ。非常にうまい事もじってますね。セントラルドグマをセントラルドラマ。この多羅尾番外さんは首尾一貫してサイエンスはただ単にマニアックな研究者がマニアックなことをやって知識を得て満足しているだけでは駄目です。知識を求めると必ず人間ドラマがいっぱいある。だからそういう研究者の個性が出るのがサイエンスなんだ、それを一般の方に知ってもらいたいということで、ドラマティックサイエンスという考え方を提唱されています。その考えの一環でセントラルドラマというのを彼は書いています。

何が書かれているのか。これは去年書かれたエッセイですが、今年は4人もの日本の方がノーベル賞を受賞され、大変喜ばしいニュースとして新聞等に取り上げられました。同じように、いやもっと科学で日本中が沸騰した時代がありました。ノーベル賞

図4 湯川先生と野球

科学の青春時代(転)  
セントラルドラマ  
多羅尾番外

科学の青春時代の活動した

ノーベル賞を日本人に授けようとした目的は、湯川秀樹先生、高田嘉吉先生が、1949年、朝永振一郎先生に、中間子の存在を予想した功績でのノーベル物理学賞を単独受賞しました。...

湯川先生

湯川先生は、昭和24年、1949年10月10日に、京都府立総合資料館に於いて、湯川先生に授けられたノーベル物理学賞の授賞式に出席し、...

湯川先生の功績

湯川先生は、1949年、朝永振一郎先生と共に、中間子の存在を予想した功績で、ノーベル物理学賞を単独受賞しました。...



湯川先生と朝永先生、1949年、ノーベル物理学賞授賞式

湯川先生は、1949年、朝永振一郎先生と共に、中間子の存在を予想した功績で、ノーベル物理学賞を単独受賞しました。...

湯川先生の功績

湯川先生は、1949年、朝永振一郎先生と共に、中間子の存在を予想した功績で、ノーベル物理学賞を単独受賞しました。...

湯川先生は、1949年、朝永振一郎先生と共に、中間子の存在を予想した功績で、ノーベル物理学賞を単独受賞しました。...



バットを振りまわす湯川、1956年頃。京都大学湯川記念館史料室蔵

が日本人に希望を与えた時代です。ちょっと、このエッセイを読んでみます。

日本人初のノーベル賞受賞者・湯川秀樹先生のお話です(図4)。1949年、昭和24年湯川は中間子の存在予想の功績でのノーベル物理学賞を単独受賞しました。単独でとられたのです。太平洋戦争の敗戦で自信と誇りが揺らいでいた日本人に受賞のニュースは大きな希望を与えました。さらに朝永振一郎先生も1965年にシュウィンガーやファインマンとともにノーベル物理学賞を受け湯川に続きました。この湯川先生と朝永先生は同級生なのですね。このお二人は旧制第三高等学校、京都帝国大学理学部の同期で理論物理学の最高峰が同期で同じ研究室であったというだけでもドラマティックなのに、湯川先生が学者肌で観念好き東洋好きなのに対して、朝永先生は庶民的、理論的で日本人好み、また落語が非常に好きな先生でした。性格も趣向も全く対照的な二人に、科学を超えて人々はドラマを感じ、物理がわからない物理好きが増えたそうです。物理の内容知らんけど面白いじゃないの、という方が増えた。だから科学の青春時代だと。

さらに、面白い事が書いてあります。科学と野球。湯川と野球。どういふことか。湯川先生の日記が見つかりました。2007年の1月23日、昨年のことですね。朝日新聞に載りました。湯川先生27歳のときで

す。1934年、昭和9年の日記です。中間子の着想が記載されているということですが、もっと興味を引くのがその風貌からは想像できないことですが、湯川先生は野球の猛練習をしていたらしい。学部内の対抗野球大会のためだそうですが、決勝を戦って惜しいところで優勝カップを取り逃がしたと日記にある。その記事を受けて2月9日の朝日新聞の、一般の読者が投稿する「声」の欄にこんな話が出ています。当時、理学部の2回生だった伊藤順吉先生が、甲南にも関係のある物理学の大家ですが、この伊藤先生が決勝の相手が自分たち学生だったということ、また湯川チームの一塁手が菊地正士、二塁湯川、三塁岡部金治郎等、後の物理学界の重鎮となる錚々たるメンバーであったことを回想しておられます。伊藤先生自身が自分の物理学の大業績には一言も触れずに淡々と野球のことを書いておられる。いいじゃないですか。また、1956年、日記からはだいぶ後ですが、昭和31年の時のバットを振り回す湯川先生の写真があったのです。湯川記念館の資料室の片隅にあったそうです。こんな湯川先生の姿って非常に珍しい。哲学的な方が野球のバットを振り回していたというイメージ。これがドラマティックサイエンスだということが多羅尾番外さんは言いたいらしいです。

で、この番外さんのエッセイにワトソンとクリッ

クの話がでています。「それからのクリック」の話。クリックはDNA二重らせんの発見後、何をしたのでしょうか。ワトソンとクリックがDNAのダブルヘリックスを見つけた後のことです。ワトソンはノーベル賞以後もヒトゲノム計画の中心的役割を演じるなど科学の範疇を超えて活躍しました。クリックはというと、残念ながら2004年、平成16年に鬼籍に入ってしまった。彼は生前DNAの二重らせん構造の発見の功績に勝るとも劣らない素晴らしい仮説を提唱しました。もう皆さんご存知のセントラルドグマです。もう一度おさらいしますと、セントラルドグマはDNAからRNAへ、さらにタンパク質へと遺伝情報は伝達されるとする生命科学の中心教義です。クリックがセントラルドグマを言ったのは1957年のロンドンでの講演だったそうです。彼が言った事を正確に和文に訳すところだそうです。「一度タンパク質へ渡された情報は二度と出てこない。タンパク質からDNAに情報が戻る事はない」と彼は言っています。このセントラルドグマは普遍的な概念であるというふうにも述べています。

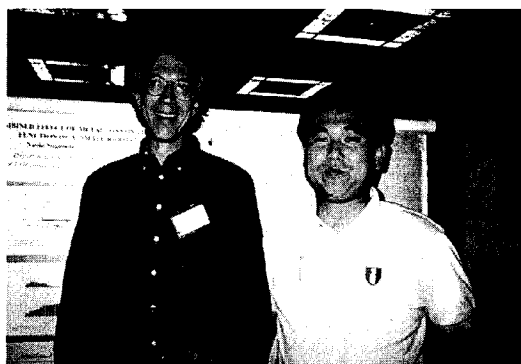
さて、クリックは知らなかったとも番外さんは書いています。どうしたことなのでしょう。DNA二重らせん構造だけでなく、セントラルドグマの提唱までも成しえたクリックはもちろん天才です。しかしこのクリックでさえ予測できない事があったのです。先ほどいったエルヴィン・シュレディンガーのように彼は著書を残しています。タイトルは“Life itself”、生命自身。その中の文章で彼が触れている興味深い箇所があります。もし複製と触媒の両方の機能ができる巨大分子が一種類だけ存在できるとしたら生命の起源の問題はずいぶん簡単になるだろうと。皆さんのオリジン、ルーツはその物質なのだということがわかるわけです。それは何なのだ、ということで大ぶん両方の機能を果たす事ができる便利で巨大な分子は本質的には存在できないだろうと。特にRNAは条件が整えば三次元構造をとれるが、触媒活性はもてそうにないと。つまり、DNAは遺伝情報を持っていて、タンパク質は機能を持っている。その二つを併せ持っているような分子がもしあるとしたらそれが生命の最初の物質だと。でもそれはRNAではないということをクリックは言っているのです。クリックは気がついていなかったのです。コロラド大学のロッキー山脈の麓で情報と機能を併せ持つその分子、即ちRNAが発見されるのを今か今かと待ち望んでいたことを。後でわかったことで

すが、RNAはDNAの持っているような遺伝情報とタンパク質の持っているような機能を併せ持っていたのです。さて余談ですが、多羅尾番外と言うのは私のペンネームです（笑）。

さて、遺伝情報も持っているし、触媒機能もあるRNAを見つけた人がいるのです。後にももちろんノーベル賞を取ります。1989年です。この年のノーベル化学賞はコロラド大学のトマス・チェック博士とイエール大学のシドニー・アルトマン博士に授与されました。このトム・チェックが凄い方です。ものすごく頭の切れる人です。これまでの話から、杉本という講演者は何かエッセーリストみたいな感じで本当に研究者なのかというふうに誤解のなきように、これからトムと私の研究の話を見せて頂きます（図5）。

彼、トム・チェックが1981年このRNAを見つけたのです。発見は彼がしましたが、そのRNA反応のメカニズムは未知でした。私はそのメカニズムを解明すべく研究をすすめ、そして1988年バイオケミストリーという米国の学術誌にそのRNAの反応メカニズムの論文を出しました。私以外にも、世界中の研究者がメカニズムを知りたいのです。トップ争いをする訳です。もちろんトップで走っていると皆から思われていたのは、発見した本人のトマス・チェックです。トム・チェックも同じ学術誌バイオケミストリーに論文を出してきます。しかし、我々よりも少し遅れたのです。残念ながら彼は遅れてしまったのでした。研究手法は違ったのですが、結論は同じ。彼は悔しかったでしょう。イントロのところでこれこれという事が分かった、但しそれはもう杉本らが発表していると、書かなければいけなかったのです。サイエンスの世界では先駆者の論文を引用しないといけません。研究競争は競争ですが、トムはいい知人です。

図5 トム・チェックと私





この RNA 研究の今後の展望に関して、朝日新聞の取材を受けています。1999年の記事です(図6)。記事のタイトルは、21世紀の序章。研究者が語る、21世紀注目の未来科学というところでしょうか。私が語ったのは、RNA ワールド。ここまで私の話を聞いてこられた皆さんは、もうお分かりですね。タンパク質も面白い。DNA も面白いけど、RNA も目を向けてやらないとひょっとしたら RNA に凄い世界がありますよということです。すなわち DNA も RNA もタンパクも、もっともっと興味深いんだよという事が21世紀は明らかになるんじゃないかっていう話をしました。ヒトの全ての病気とか、いろいろな気質とか形態の違いというのは、DNA から生じていて、RNA、そしてタンパク質を通して発現するというものです。このように、DNA や RNA、タンパク質などの生命分子の研究は、遺伝や病気を知る上で、非常に重要なのです。

図6 朝日新聞の記事



じゃこの RNA や DNA、遺伝子としてすばらしい分子ですねということなのですが、DNA は二重らせん構造だと世界の人々がきれいだと思っているなか、ある人がちょっと面白い発想をしました。さきほどの2003年の「ネイチャー」の特集、50Years of DNA (DNA の50年) の中に変わった論文が入っています。これです(図7)。そのタイトルは、

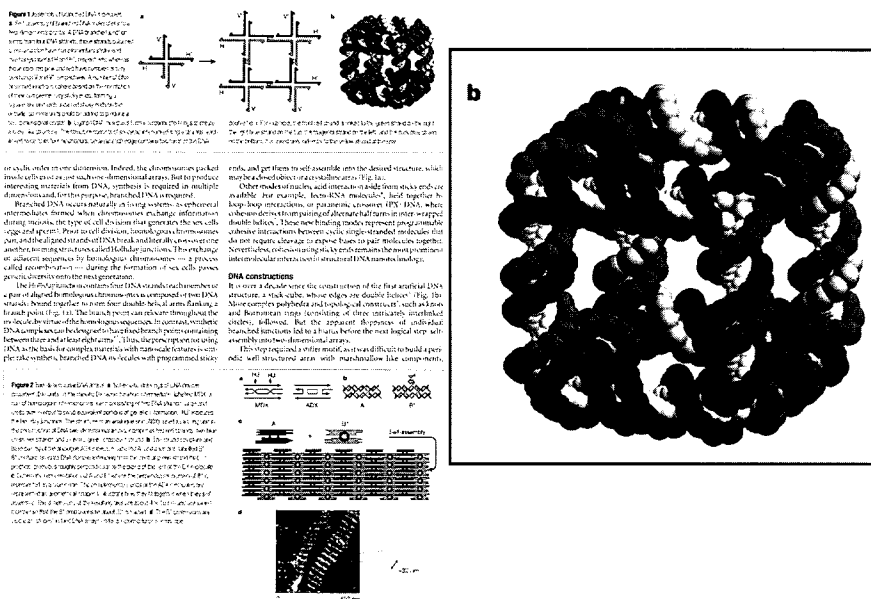
DNA in a material world です。材料の世界での DNA。遺伝物質としてじゃなく、DNA を材料として使ってみたら、どんなことが起こるだろうということ、つまり夢のような話を書いている研究者がいます。ニューヨーク大学のナラディアン・シーマンです。我々はネド、ネドって呼んでいます。ネドもファイバー(甲南大学 FIBER)に来てくれました。彼の講演は1時間でしたが、半日ファイバーの DNA 二重らせんの巨大モニュメントの写真を撮って遊んでいました(笑)。

さて、材料としての DNA のことです。ネドは考えていました。二重らせん構造以外に何か面白い形を DNA で作れないのかなと。そしてついに彼はこんな形を作る事に成功しました。DNA の二重らせん構造をうまくこういうふうにつないでやって、ルービックキューブを造ってしまったんです。すぐ皆さんは質問されるかもしれません。「何に使えるのですか?」と。彼の答え、「わからない。でも綺麗やないの!」

Art of science。我々も、二重らせんではなく、四重らせんの DNA を作りました。「何かに使えるか?」と私も考えてみました。学生さんや研究室の仲間も考えました。そして出てきたのが、コンピューターのプロセッシングに使おうというアイデアです。DNA をコンピューターのプロセッシングに使ったらどこが良いのでしょうか。

DNA で回路を作ればいいですね。電子回路の幅、線幅は、現在最も細いもので、35ナノとか40ナノメートルです。これより細いものは、設備がコストに合わないといわれています。覚えておられますか、DNA の二重らせん構造では、その半径は1ナノメートルでした。直径2ナノメートルです。四重らせんもそのくらいのもです。世界のトップ企業が、20ナノ、30ナノでもうこれ以上無理ですと言っているのに、我々はそれよりも1桁下の幅の回路を作製できるかもしれません。その間隔でナノサイズのプロセッシングができれば面白い。コンピューターと言えばあの固体のコンピューターを皆さんは思いだされますよね。溶液コンピューターはどうでしょう。液体のコンピューターは。ガスコンピューターもいいですね。溶液コンピューターは DNA ならできるかも。DNA は水に溶けます、当たり前ですけど。皆さん、身体を検査する時にマイクロチップをはめたいですか。それよりもドリンクをすって飲んだら体の患部が全部わかるコンピューターならすばらし

図7 ルービックキューブ型のDNA



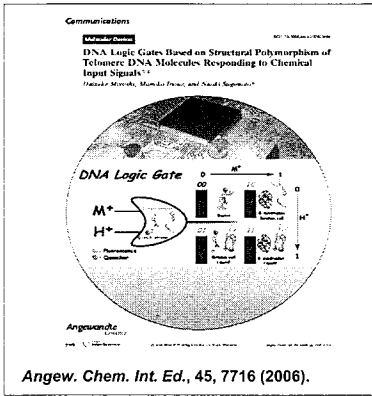
いでしょう。そんなコンピューターが出来たらどうでしょう。DNA でそれを作れば異物じゃないですから、皆さんの体で副作用は起らないでしょう。そういう考え方って非常に面白いですね。

さて、DNA でコンピューターを作るには、まず論理回路（ゲート）を作らないといけません。ゲートでは入力シグナルと出力シグナルがあります。二つの入力シグナルのどちらかまたは両方もある時に、出力シグナルがある場合、これを OR ゲートといいます。AND ゲートは入力シグナルが両方ある時だけ出力シグナルがある場合です。OR ゲートというのは中々作りが難しいです。それを DNA で作ってやろうとしました。こうやって DNA の形を二重らせん構造以外に、例えば四重らせん構造など、いろいろなかたちにすることに成功し、ある入力シグナルとあるシグナルでどちらかがある場合、両方もある場合だけ、シグナルが出るようにしました。但し、これだけでは面白くないので、見えるように DNA に色を付けてあります。DNA 溶液中で色によってシグナルがわかる論理回路を作る事に成功しました。2年前です。ヨーロッパの一流学術誌の中表紙を飾りました（図8）。読売新聞にも記事が載りました（図9）。半導体代わりに DNA。甲南の研究所、FIBER が開発しましたと。半導体代わりに DNA、これいいフレーズですね。

さて、論理回路だけでは不十分です。次に欲しいのは、スイッチです。スイッチがあったら凄くないですか、という事でナノスケールの分子スイッチを人工の核酸、DNA で開発しました。研究というのは一步一步着々に進んでいくものです。ということは、何年後、何十年後かの未来生活において液体コンピューターをちょっと飲んでご自宅で各自が検診ということがジョークじゃなく一般化するかも知れません。

この他にも DNA の凄い活用法はまだまだあります。これも日経新聞、今年の9月に載った記事です。「武田・エーザイ バイオに触手」と。新しい医療医薬品が開発され始めました。今までの薬というのは化学合成に限界があるわけです。なかなか良いものが作れない。且つ作ったとしても皆さんの体の中に入ると異物なのですね。副作用が起るわけなのです。例えば従来の抗がん剤を飲みます。そうすると脱毛したり吐き気をもよおしたりします。そこで、抗原抗体反応を活かす、抗体医薬というのが現在脚光を浴びています。未来生活においてこれは良いですね。さらに良いのが核酸、DNA や RNA で医薬品を作る、核酸医薬です。ポスト抗体医薬として注目されています。外来の DNA とか RNA で皆さんの DNA とか RNA が直ったらどうでしょう。くれぐれも誤解の無いように。DNA を組み換えると言っ

テロメア核酸の構造多様性を利用した論理素子



ていません。皆さんの体の中にある DNA や RNA の一部を外来の DNA、RNA でキャップするので。そうしたら悪い情報を発現しなくなります。実際10月4日の記事ですが、ついに核酸医薬が年内にアメリカで治験が始まるようです。という事は核酸を皆さんの体の中に導入して、皆さんの DNA をブロックしてやる。組み換えていません。ブロックすると、発現が抑えられます。必要でなくなったらそれを外してやったら良いという事が出来るわけです。もう今までのお医者さんとか薬学ご出身の方々の概念とは全く違った世界になる治療の時代がやってくるかもしれないのです。これがナノバイオの未来像です。

そういうナノバイオの薬の可能性として、癌化を抑える物質というのを我々は作っています。このように日経新聞で紹介されました。核酸医薬で DNA をアタックする、一番の問題は何でしょうか。DNA は細胞の中の更に奥の核の中に鎮座ましましているということです。という事は外から皮膚にガーッと塗って肝臓病が治るという事は無いわけです。肝臓の患部の細胞の中までデリバリーしないとけない。どうしてやったら良いでしょう。外からある物質を入れてやってそれを細胞の中、更に核の中に導入し、DNA をブロックする。これをしないとけません。2007年 NHK 出版から出ています「ポストヒューマン誕生」という本の中で、未来学者のレイ・カーツァイル氏が未来の医薬を語っています。ナノロボット、ナノバイオロボットです。薬と小型の分子コンピューターからできています。これを体内に入れると、外から無線でハイハイここまで行きなさいよと薬を配達させてやる事ができる。そして、

読売新聞

2008年10月23日 10月23日 読

コンピュータの心臓部、集積回路を構成する半導体の代わりに、「テロメア」と呼ばれる生物の DNA 配列を用いた情報処理する DNA 分子を用いた「テロメア」を用いた DNA コンピューターに期待が膨らんでいる。DNA コンピューターは、計算を従来の半導体論理回路で行うのではなく、DNA 分子の構造変化を利用して行う。DNA 分子は、塩基配列が異なる DNA 分子が結合して、特定の構造を形成する。この構造変化を利用して、DNA コンピューターは、計算を行う。DNA コンピューターは、従来の半導体論理回路とは異なり、DNA 分子の構造変化を利用して行う。DNA 分子は、塩基配列が異なる DNA 分子が結合して、特定の構造を形成する。この構造変化を利用して、DNA コンピューターは、計算を行う。

半導体がわりにテロメアDNA

甲南大研究所が開発

テロメアを形成する DNA を水溶液に入れると、溶液の状態が変化する。この性質を利用して、DNA コンピューターは、計算を行う。DNA コンピューターは、従来の半導体論理回路とは異なり、DNA 分子の構造変化を利用して行う。DNA 分子は、塩基配列が異なる DNA 分子が結合して、特定の構造を形成する。この構造変化を利用して、DNA コンピューターは、計算を行う。

目的の場所で、切り離して薬を働かせる、という夢の様なナノロボットです。素晴らしいですね。

お分かりですね。この話は未来といっても、ごく近未来の話ですね。例えば、我々が発想している近未来の薬は、薬と運び屋分子および検出の色つき分子からなっています。色つきにしたのは、蛍光部位を付けますと、蛍光でこの薬が何処に行ったかわかるからです。その薬、まだ仮の薬、もどきですが、実際デザインして作り、上皮細胞癌細胞に入れてみます。さあ、細胞のどこにこの分子は行ったでしょう。細胞の全体をまず赤く染めました。今度は、作った物質をさっきと違ったグリーンに光るようにしてみます。グリーンに光るようにしていると我々が入れた物質が細胞の何処に行ったのかが分かるわけなのです。さて両方の図を重ねあわせましょう。もうお分かりですね。百聞は一見にしかず。ほぼ100%我々の作った物質は核の中に入っています。すなわち我々の入れた物質は細胞の中へ、更に核の中にきちっと送り込まれています。これで核の中の DNA を標的にした新しい薬の作製に一步近づくことができました。勿論この後は岡山大学の医学部と我々が共同研究を始めて新聞記事に載りました。この記事です。治療遺伝子体の開発として。このように、レイ・カーツァイル氏が予想した未来生活にかなり近づいています。

さて、これでいよいよ DNA 自身を標的として探究するところまでやってきました。皆さんがナノ・ワールドに入ってきたということです。ナノバイオワールドで何が進展しているのか、今までの話でよくお分かりいただけていると思います。じゃ DNA

の情報を知りたいのですが、人によって DNA って どういうふうな違いがあるんでしょう。或る人は病 気になったり、或る人はならなかったりしますね。 ちょっとの遺伝子の違いでこのように大きな病気の 違いがでるのでしょうか。

人間と、霊長類で一番人間に近いといわれるチンパンジーとは DNA の並びは何%くらい違うと思われ ますか。想定してください。答えは 1%ほどです。 1.2%とか 1.3%くらいの違いです。それをエーそん なに違うの?と思われる方もおられるだろうし、エッ それだけしか違わないのと思われる方もおられるで しょう。では、今度は隣の方との DNA ともちろん 違いますが、隣の方と DNA の並びはどの程度 違っていると思えますか。あの間違っても 5%と かなわないように(笑)。もちろん 1%以下です。 答えは 0.1%から 0.2%程度でしょう。1000か数百に 一つです。1000に一つ違うのが、目のつく位置がちょっ と違ったり、私とトム・クルーズがほんのちょっ とだけ容姿が違ったりということに反映される(笑)。 それは大した違いじゃないです。ある人が病気にな りやすいとか、ある人は病気になりにくいこと、こ れが大切なのです。もしそういう違いが DNA レベ ルでわかったら凄いことですよ。

DNA の配列と個人の体質というのは、DNA の この 4 種類の塩基、記号でいうと ATGC の並び方 (配列) に依存します。この並びが、1000に一つく らい違うのです。この二重らせん構造の G の位置が A に変わっている。この事によって、体質が違って くる。この並びの一つの違い、これをスニップと言 います。SNP と書きます。これは最近よく新聞に 出ています。英語では SNP は一つだけではないの で、SNPs、スニップス、Single Nucleotide Polymorphisms といいます。日本語ではゲノム一 塩基多型というふうに訳されます。このスニップス を調べる事によって、太りやすいメタボとかがわか ります。薬の効き方や副作用も違います。病気のか かりやすさも、もちろん違います。ということが、 この SNPs を調べる事でわかったら凄く良いです よね。

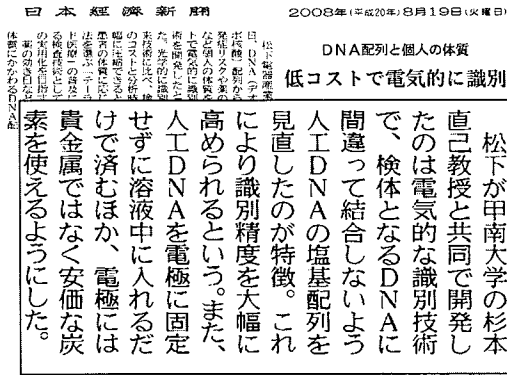
日経新聞の10月19日に載ったある記事です。パーキンソン病の研究が加速しています。パーキンソン病というのは恐ろしい病気で、アルツハイマー病に次いで神経系疾患での患者数が多い病気といわれています。これが発病率です。その遺伝子があると、50歳位で発病率が20%位になります。5人に一人位。

60歳代で多くの方が発症し、70代の後半から80代ではほぼ全員がパーキンソン病になります。セルゲープリンという方をご存知ですか。ネットをやっている方は毎日お世話になってますね、グーグル検索の創始者です。彼は幸福なお金持ちだといつ最近まで思っていたのですが、そんな事無いのです。彼に家族性パーキンソン病の遺伝子が見つかったのです。そのときの彼の言葉が良い言葉です。「幸運だった」。何で?私は他の人よりも自分の病気を予想しやすく早くわかったために準備期間も数十年ある、まだ35歳です。発病まで時間がたっぷりある。そのうちに誰か何とかしてくれる。何とか手が打てるだろうと。これは朝日新聞にこの10月に載った記事ですが、髪の毛の薄いリスク遺伝子が見つかったと。病気じゃないですが多くの方が悩んでおられますね。それも遺伝子依存なのですね。こういうのが早い内にわかったら、子供の頃から何とかしようとされますよね。だからそういう事が分かれば良いのです。

我々は新薬開発に弾みという記事の中でも紹介されましたが、いろいろな DNA の変異検出の第一歩を試みました。DNA 変異を測るセンサー開発を自分たちだけでやりました。但し、これは大学での基礎的研究ですから応用、実用化にまで手が回りませんが。そして、皆さんの一塩基の違い、スニップスを容易に検出するという手法を確立しました。ここまでが我々の仕事の限度です。この後は例えば製品化する、商品化することまでは大学の仕事では難しい。今年の8月、ついに DNA 配列の個人の体質に関して低コストで電氣的に識別するシステムが開発されました。日経新聞の記事です。現在は社名がパナソニックになっています、松下電器産業さんが開発に成功されました。もちろんその研究は松下さんと甲南大学の我々で行ったものです(図10)。

こう個人のスニップスがわかると、未来生活が変わってきます。例えば、サプリメントを飲んでおられる方がおられますね。自分に合うオーダーメイドのサプリメントを飲んでおられる方おられますか。未来生活ならそういうことも可能になるでしょう。何年後かには、私の薬、私のサプリメントをご自宅で作って飲む、という時代が来るんじゃないかというのが、50年後の日本という本に出ています。2005年に出ていますから2055年位にこういうふうな未来になるのじゃないかと。女性の方にとって、もっと良いのはテララーメイド美容液。お肌が白くなるとか、美白に良いとか、自分の遺伝子に合わせたもの

図10 日経新聞の記事



を毎日の状況によって自分自身がシェイクして作るという事がこれから起こるでしょう。研究の進展は速いので、もっと近未来の生活がこのようになるかもしれません。

フィールド・オブ・ドリームス。まさしく、このナノバイオの世界は、将来性のある世界です。夢と宝の詰った研究分野なのです。好奇心をお持ちで純粋のサイエンスに興味がある方から、一獲千金を狙われてる方まで、全ての方にとって面白い分野だという事です。今日そのことはご理解いただけだと思います。

ここからナノバイオに関連して、甲南大学の宣伝をさせていただきます。このナノバイオという極小の生命の世界を研究するという時代の新しい潮流に関して、私はこの分野を神戸・兵庫が核になって情報発信したらどうかと提唱しております。実際、ナノバイオ研究の大学関係者、それから国の経産省とか文科省、それからパナソニックとか富士フィルムとかの一流企業の研究者の方とかが、ファイバー(甲南大学先端生命工学研究所)に集まりパネルディスカッションをして非常に夢のある討論会を行いました。日経産業新聞には、先端技術のイノベーション拠点として我々のファイバーが取り上げられています。もちろん中国やインド、ヨーロッパ、アメリカから多くの研究者が来られています。2006年には、ナノバイオの国際シンポジウムをファイバーで開催しました。世界の第一線の方々を呼んで、日本人のトップレベルの先生方との国際会議をやらせて頂きました。一流紙の「ネイチャー」に、「ネイチャー・リポート」としてその内容が載っています。またナノバイオを学んだ甲南大学の学生さんは日本の学会で優秀ポスター賞を受賞されていますし、他の学

生さんも国際会議でプロリゴ賞という名誉ある賞を、受賞されておられます。

というふうの世界の最先端、それもファーストクラスの研究が出来るという事で、その成果を教育に反映させたいと、甲南大学・甲南学園は考えました。そして、甲南大学に新学部・新大学院研究科、フロンティアサイエンス学部・研究科ができます。ファーストクラスの研究教育が出来るという事で愛称FIRSTという学部・研究科を造ります。来年の4月、ポートアイランドで開設です。ここでは、生命を化学するという事と、生命で化学するという両方向の理念を学びます。バイオとナノの関係ですね。ナノの分子から生命をアプローチして何とか生命にいい影響を与えたいとか、色んな新しい生命現象を見つけてやりたいという流れと、逆に生命系で活躍する分子で新しくコンピューターを作ったり、全く違った生活材料を作ろうとする流れの、双方向を学び研究します。これは従来の物理・化学・生物を融合した非常に大きな網をかける理系の学問体系の実践です。ポートアイランドにはFIRSTという新学部と共に、理化学研究所の分子イメージングセンターや、iPS細胞などで注目される再生発生研究所等があります。また、我々のファイバーの研究所も移ります。更に世界最速のスーパーコンピューターも2年後に開設されます。このような研究機関が連携して、アイランドシップ連携といいますが、最先端のファーストクラスの研究を教育に活かそうと、FIRSTの研究・教育に協力していただきます。FIRSTは1学年35名の定員です。教員は15名おります。非常に少数精鋭のファーストクラスの教育が受けられるという事が特長です。アクセスも、三宮からポートライナー一本で10分ちょっとで来られます。歩いて最寄駅から5分の所に新学部それからファイバーも移ります。詳細はホームページをご覧ください

さて、最後になりましたが、ワトソンとクリックは、アインシュタインと並ぶ程の大発見、DNAの二重らせん構造の発見をしました。じゃあ、なんでDNAは二重らせん構造をとるのでしょうか。まだ、その詳細はわからないのです。これは私とファイバーの講師の中野先生との共著でDNAは何故二重らせん構造になるのかに対する解明のアプローチを日本の専門誌に書いたものです。2008年の9月号なんですよ。今年、つい先日です。現在でも答えはわかっていないのです。DNAは何故二重らせん構造なの

かという基本的な問題さえも我々は解明できていないということです。

生命分子を例として、いろいろな応用に関して皆様の日常生活と関連させて、最先端研究をご紹介します。しかしながら、実用や応用ではなく、サイエンスというのは頭の中で思考をまず楽しむことが肝要です。好奇心、これが一番大切です。実験器具がない、だからサイエンスが出来ないというのでは意味がありません。ご自宅にお帰りになって、こんな事は起こるのかなあとか、どうしてこんな現象はおこるのだろうかなどと思って頂くだけで良いです。21世紀は遊び心でサイエンスです。21世紀のサイエンスではまずは思考の中で遊んで頂きたい。思考の中で遊び発想した事を実証する段階になると実験は要りますけれど、まずはアイデアとしてこんな面白いのではと思考することがいいのです。どんどん発想して頂きたい。それがこれからのサイエンスを支えていきます。専門家にならなくても良いですから、科学のサポーターとして支えて頂ければありがたい。今理系離れで日本は創造立国が危ういといわれている中で、サポーターが増えると現役のサイエンティストたちは、どんどんと良いアイデア、それから結果を出してくれると思います。どうかこれからも甲南大学・甲南 FIRST・甲南ファイバー、それからサイエンスをサポートして頂ければと思います。

今日はどうもありがとうございました。

安西所長：

どうも非常に面白い話、非常に面白い化学の奥深さと面白さ、それから多羅尾番外というペンネームをお持ちという事を全然知りませんでした。色々、興味あるお話でした。それでは時間になりましたので、これで終わりにしたいと思います。

尚、総合研究所では改組される予定です。来年度はどのような形でこの講演会をやっていくか検討中でありますけれども、無くすという事は無いと思いますので、是非来年度もよろしくご来場下さいますようお願い致します。今日は本当に杉本先生ありがとうございました。もう一度拍手をお願い致します。

〈以上は、平成20年11月8日（土）甲南大学121講義室において開催された講話に基づく〉

## 平成20年度研究チーム活動中間報告（第1回目）

「大学教育における学習への動機づけ研究－甲南大学の教育効果を高めるための1つの試み－」

No.106 研究幹事：藤原三枝子（国際言語文化センター）

「動機づけ」は、教育分野においても重要なテーマとして研究されてきた。どのような分野であれ、学習がおこるときには、その理由、意欲の度合い、効果や継続について動機づけが深く関与しているからである。大学教育において、学生たちが専門教育や外国語教育に「やる気」を感じ、それを持続させ、一定の成果を達成するために、高等教育独自の動機づけ研究が必要である。内容関与的な動機づけを高め、知識を主体的に構成していくことに喜びや楽しさを感じる「自律的な学習者」に学生を育てていくことが大学教育の目的の一つであろう。

本研究チームでは、教育学的視点、社会学的視点、および言語教育研究の視点から、学際的協力によって、大学生の学習動機づけの本質に迫るべく、2008年度は、以下に述べる個人研究を進めるとともに、8回の研究会を開催し討論を行った。この共同研究会では、現在、教育学分野において注目を浴びている自己決定理論（Self Determination Theory）に関する基礎的文献の購読と、それを理解するために、統計的な分析手法の勉強を行った。

2008年度の個人研究は以下のテーマを中心とした：

1) 「学生の学びの実態把握と教育成果に焦点を合わせた組織的學生調査ネットワークの構築」のための基礎的研究と、他大学との連携による調査実施のための準備。

実質的なデータをベースに教育改善を推進する仕組みは、IR（institutional research 機関研究）と呼ばれ、教育改革を推し進めるために、世界各国で実践的な研究がなされている。われわれの動機づけ研究が、現在、甲南大学を含む4大学が連携して実施を計画している教育改善プロジェクトを、「研究的側面」からサポートすることが期待される。（平松闊）

2) カナダあるいは日本に留学して、その目標言語を習得する学生たちの動機と意味づけに関する量的および質的調査。

2008年度の調査結果は、一般に「民族言語的バイタリティーの強い外国語の方が、実用的価値が高い傾向にあり学習意欲がおこりやすいが、逆に実用的価値が低い言語をわざわざ学習しようという人は、統合的動機が強い可能性が高く、その言語への純粋な興味を反映していると言える。」との概念も反映している。この結果をうけて、2009年度は、世界共通語としての英語の学習と、一つの地域言語である日本語の学習のための留学志向や動機についての研究を深める。（原田登美）

3) 教師の主観的な言語観、言語学習観、言語教育観が学習者の学習意欲形成に与える影響に関する調査。

2008年度は、8つの大学（桜美林大学、関西大学、近畿大学、九州共立大学、上智大学、同志社大学、松山大学、立命館大学）で、ドイツ語授業を担当する10名の教員への聴き取り調査を行い、共通教科書がそれを使用する教師側に与える影響について探った。2009年度は、「学習記録」と「授業記録」を基に、教科書のコンセプトが学習動機づけに影響を及ぼす要因を、学習者の立場と教師の立場の双方の視点から調査・分析する。（森田昌美）

4) 外国語としてのドイツ語学習の開始動機調査と、教科書のコンセプトが学習者の動機づけ形成に及ぼす影響調査。

ドイツ語は大学において初めて学習される外国語であり、すでに公教育において6年間学んだ英語とは学習の開始動機が異なっていることが多い。本研究では、甲南大学を含む近畿圏にある国公立大学12大学でドイツ語を学習している初年次生を対象に、質問紙によって学習開始動機を探った。2009年度は、1年間の学習過程における学習意欲の変化および動機づけ形成プロセスを量的・質的に調査・分析する。（藤原三枝子）

2009年度は、実際にそれぞれの立場から行った調査結果を持ち寄った上で、チーム全体として総合的に調査結果を分析して、学習者の動機づけの実態を明らかにするとともに、学習意欲を引き出し、高め、維持するための教育の可能生を探ってきたい。

研究目的、ならびに2008年度の研究活動報告

21世紀に入り、少子化ならびに大学全入時代の到来、そしてグローバル化のさらなる進展は、大学のあり方や大学に対する社会の要請を大きく変化させ、大学間格差を拡大させつつある。その一方で、その変化に大学側、とりわけ教員の認識が追いつかず、ゆえに変革が遅れているという批判をよく耳にする。グローバルに大学の格付けがなされるようになった今、われわれ大学教員はどこを見て何をすればいいのか。その解決の一端を「大学とメディアとの連携」に、より正確には両者の新たな連携の可能性に見いだそう、というのが本共同研究の目的である。

メディアとの連携に大学、ならびに大学人の新しい可能性を探る試みは、いまだ本格的に展開されているとは言い難い。「本格的に」とは、寄付講座や連携講座のような一大学と一メディア（企業）との関わり方を越えた、より深い連携の形や手法、という意味での大学とメディアのつながりについてである。では、なぜ今大学はメディアとの新たな連携の可能性を模索せねばならないのか。

そもそも、われわれが日々目にし耳にする「事実」の多くは、メディアを通じてわれわれに届けられる。メディアこそ、われわれの「現実／リアリティ」（あるいはリアルだとわれわれが信じているもの）を創造しているといっても過言ではない。だからこそ、メディアを批判的に読み解くメディア・リテラシーの重要性が主張されてきた。

ところが、われわれが日々教育に当たる学生たち、広く若者たちは、自分たちに伝わる「事実」や「リアリティ」の真偽を問う以前に、メディアと対峙する機会すら持たなくなっている。本も新聞も読まず、テレビも見ず、インターネット上を浮遊する情報のみに「事実／現実」を頼りすぎる（ように見える）彼らを目の当たりにして、われわれは、本や新聞を読む楽しみ、テレビの「正しい」見方などを彼らに教える以外の、もっと抜本的に「事実／現実」のありかを知らせることはできないか、そんなことを考えることが増えてきた。われわれ大学教員の日々の営みである教育・研究・社会貢献とメディアとの間に「まだ見ぬつながり」はないだろうか。もしそのような「つながり／連携」があれば、われわれにはどのような可能性や新しいビジョンが拓かれてくるのだろうか。共同研究会の議論はこんなところからはじまった。

共同研究1年目にあたる2008年度は、数回の研究例会を行うとともに、そこでの議論の様子をビデオカメラに記録することで、「メディアが映し出すものとは何か」を考える一助としてきた。と同時に、われわれの議論は、大学とメディアとの関係を「甲南大学の現実とイメージ」と関連させて考える方向へと進みつつある。2008年度の活動の一部を、思考の柱とともに以下に記しておこう。

(1) メディアから見た大学像——大学への期待とは何か（2008年6月17日）

関西プレスクラブにて、現在テレビや新聞の第一線で活躍するメディア人とわれわれ共同研究会のメンバーの間で、上記テーマに関する意見交換をおこなった。当日参加したメディア人は以下の通りである。

- 近藤 伸二（毎日新聞 論説委員）
- 渡辺 正隆（朝日新聞 社会エディター）
- 佐藤 徳夫（日本経済新聞大阪支社 編集委員）
- 小関 道幸（朝日放送 総務局 局次長）
- 田原 護立（関西プレスクラブ 事務局長）

メディア人からは、「朝日パートナーズ・シンポジウム」（朝日新聞社）をはじめ、メディア各社はどこも大学との連携を望み、大学の知を社会に還元する仕組みづくりに関心を抱いている」という意見が出される一方で、「今の大学人はアカデミズムを超えた社会的ニーズを意識した研究をしていない」「東大・京大等以外の多くの教育型の大学にどれほどの教育力があるか、見えてこない」といった厳しい批判も少なくなかった。学士課程教育の構築をめぐる中教審答申とも重なる指摘である。さらには、「教育 CSR では多くの企業が小学生向けの活動を展開している。シャープでは530校の小学校と連携し、松下はリスピーアで年間40万人の子どもたち



を対象に活動している。大学は18歳人口だけでなく小学生にまで視野を広げるべきではないか」といった意見は、高大連携の先をどこに見るか、われわれの新たな課題ともなろう。

他方、研究会メンバーからはメディアサイドの問題も指摘され、この日の議論を受けておこなわれた後日の会合では、「教育を知らない大学」と「教育の現場を知らないメディア」という興味深い2つの構図が浮かんできた。この二つをつき合わせたところに何が見えてくるのか…。

次にわれわれが見るべき／考えるべきものは「社会」、しかも甲南大学により身近な現実ではないか——これがわれわれが得たひとつの答えであった。そのために持たれた会合が以下の(2)である。

(2) 甲南のOB/OGには「今の大学」がどのように映っているのか——甲南ブランドの未来を考える

(2008年9月5日)

卒業後それぞれの道を歩む教え子、すなわち甲南大学のOB・OGを招き、現代社会における甲南の強み、弱みとは何か、甲南大学のイメージとはどういうもので、それはわれわれが知る現実とどれくらい乖離しているか、などについて率直な意見交換をおこなった。当日参加した教え子たちは以下の通りである。

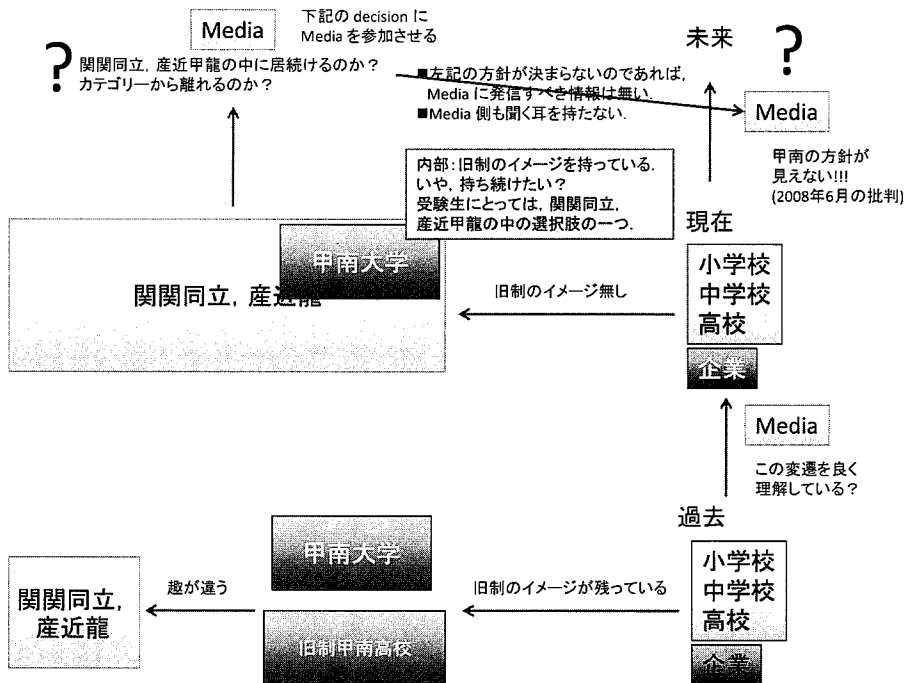
吉田 賢史 (元甲南高校教諭、現在早稲田大学高等学院教諭、H3学部卒、中山ゼミ)

小澤 伸一 (ニッセイコム、S60学部卒、河崎ゼミ)

中野 理子 (H6学部卒、井野瀬ゼミ、勤めていた企業をやめ、目下多様な資格獲得に奮闘中)

前川 優子 (H6学部卒、井野瀬ゼミ、専業主婦、小学生の男女2児の母)

OB/OGである教え子たちの話のなかでは、関西の私立大学の校風、イメージと現実などが「甲南ブランド」と比較検討された。また、社会人となった後、ゼミはじめ大学の講義の何がどう役立ったのか、甲南大学に不足していたものは何かなどについても、忌憚のない議論が交わされた。その議論の顛末は以下の図のように整理される。



(上記見取り図は本研究会メンバーの合議によって作成)

甲南は、関関同立とも、産近龍とも、箱・空間・場が異なるところで「勝負」する必要があり、そのためのメディア戦略、イメージ戦略、甲南ブランドの創造と発信が必要である。特に、同志社の新島襄や慶応の福沢のような「有名人」ではない、創設者平生夙三郎と彼の教育理念をどのように発信し、ブランド化するか。一方で、創設者も言葉による理念も無い、学習院大学のような「品のあるおおらかさ」といった、ふるまいを表現するための簡単な標語を提示できるのか——ここに、大学にとって、メディアとの連携がもたらす大きな可能性がある。

### (3) 貴志康一生誕100年記念行事を通じた甲南ブランドの強化と大学アーカイヴの試み

2009年3月10日、甲南学園が誇る天逝のマエストロ、貴志康一生誕100年を記念してベルリンでおこなわれた2つのイベント（貴志が日本人2人目としてタクトを振ったベルリン・フィルハーモニーでのランチコンサートと、ベルリン日独センターでの特別写真展）に、メディア戦略を通じた甲南ブランド研究の立場から参加し、いくつかの記録を残した。現在編集が進行中のCDは広く公開したいと考えている。この経験を通じて、「大学とメディアとの連携」のひとつの役割が、記録の保存、アーカイヴ化にあることに思い至った。

今後は、2008年度の上記3つの活動の基軸となる考え方を柱としてさらに整理し、「大学とメディアとの連携」を考える3部構成の報告書を作成したいと考えている。そのために必要な情報を各自の専門にひきつけて洗い出すこと——これが目下、共同研究メンバー各自に与えられた課題である。

「高齢者の認知機能に及ぼす歩行運動効果の電気生理学的研究及びバイオメカニクス的研究」

No.108 研究幹事：曾我部晋哉（スポーツ・健康科学教育研究センター）

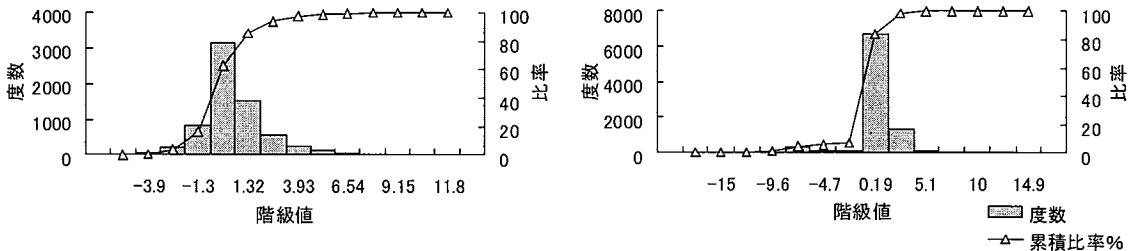
【目的】わが国における2平均寿命は男性79.0歳、女性85.81歳（2006年度）であり、日本人の寿命は延びる一方、認知症に対する危惧も否めない。我が国における認知症の罹患者数は150万人を越え、65歳以上の高齢者での有病率は3.0%～8.8%と言われている。高齢者の健康増進や脳の活性化には、軽度の歩行運動が効果的であることは報告されているが、歩行運動がどの程度の認知症レベルの患者まで効果的であるのか、また認知症レベルにより歩行動作にある一定の特徴がみられるのか、は明らかではない。そこで本研究では、これらから認知症と歩行動態の関連性を明らかにし、認知症の早期発見、予防に役立てていきたい。

【2008年度】一般的に認知症患者は、記憶障害を発症すると報告されている。本年度の研究では、アルツハイマーと医師より診断された被験者及び一般健康高齢者を対象に、不規則な課題遂行運動を実施させたときの歩行加速度パターンに被験者間に特徴的な差があるかどうか検討した。

【対象】本実験は、健康高齢者7名（平均68.6±4.4歳）、アルツハイマー型認知症と診断された高齢者11名（平均81.0±5.7歳）を対象とした。本実験の前に甲南大学ヒトを対象とした倫理委員会より実験実施に関して承認され、健康高齢者に関しては実験に関するリスクを承諾の上参加した。またアルツハイマー型認知症患者には、施設責任者の承諾及び保護者の承諾を得た。

【方法】各被験者には、正面のモニターに表示される「前進」、「後退」、「停止」の指示に従い歩行を継続させ、この視覚刺激は2秒毎に不規則に与えられた。この歩行運動は2分間継続させた。各被験者の左右腸骨を結ぶ直線と脊柱が交差する点に、三次元加速度装置 LegLOG（バイセン株式会社製）を装着し、視覚刺激が与えられた際の加速度をサンプリング周波数2000で記録した。X方向を上下（+X、-X）、Y方向を前後（+Y、-Y）、Z方向を左右方向（+Z、-Z）と規定した。本報告では、「前進」、「後退」、「停止」の指示から動き始める際の加速度を平均化し、被験者ごとに比較した。

【結果】本報告では、参考までに前後方向（+Y、-Y）のグラフを図1に示す。



a) 健康高齢者

b) アルツハイマー型認知症

図1 各被験者の加速度のヒストグラム

アルツハイマー型認知症では、後退するときに急激な加速、および前進運動から停止する際に大きな加速の低下が生じるために、大きなマイナスの加速がみられる。逆に健康高齢者では、加速してから等速運動に到達するのが緩やかであり、加速が徐々に生じ等速運動へスムーズに移行している。

【考察】アルツハイマー型認知症の特徴として、脳へ入力される情報に対して予測し、次の行動パターンへ移行することが困難であることが挙げられる。そのため、与えられる指示に対して急激な出力を行うために、不規則な指示に対する歩行動作に円滑さが消失する傾向にある。そのため不規則な課題を与えられた時の歩行の変化時に、加速度が大きくなる傾向が見られた。認知症の早期発見は、現状では非常に困難である。しかし、早期に発見することで認知症の進行を遅延させることができる可能性はある。そのためこのような単純な動作から、認知症の早期発見につながれば今後の認知症予防の一助となると考えられた。

本件研究は、法の経済分析が各国の会社法制度にどのように影響したのかを検証するとともに、法の経済分析の近似における展開を検証することを目的とする。

わが国では、会社法が制定されたことを契機として、ファイナンス理論の影響を強く受けた会社法制度が規定されている。このような会社法制度は一面においては規制の緩和を図る一方で、行過ぎた規制の緩和によって新たな弊害が生じていないかを検証することが、課題とされている。

そこで、本件研究では、2つの視点からファイナンス理論と会社法制度との関連を検討し、あるべき姿を示すことを目標としている。第一の視点は各国の法制度においてファイナンス理論はどのように法制度に取り込まれていったのかというものである。ここではアメリカおよびEU諸国の法制度を検討していく。第2の視点は、近年のファイナンス理論はどのように展開しており、その展開が会社法制にどのような影響を与えるのかというものである。たとえば近年には行動経済学が提唱されてきており、その知見が法制度にどのような影響を与えるのかなどを検討する。

第1年度に当たる2008年度においては、法の経済分析に関連する基礎知識の涵養を図るとともに、各国における会社法制度の近年の展開を検証することを目的とした。

法の経済分析に関連する分野では、近年のファイナンス理論の展開について行動経済学に着目して分析をしている。行動経済学では、いわゆる合理的経済人という仮定に疑問を持ち、実際の行動パターンを考慮に入れて経済的モデルを再構成している。このように実際の行動パターンと合理的経済人がとるべき行動に差異がある場合に、法制度はどのようにスタンスを取るべきなのかはこれからの検討課題となる。とりわけ、会社にかかわる意思決定や投資行動に関して、行動経済学の知見から会社法制度にどのような示唆を得られるのか、検討に着手している。

諸外国の法制度について、アメリカの法制度、フランスの法制度の状況を調査すべく基本的な文献・資料を収集し分析に取り掛かっている。具体的には、アメリカの敵対的企業買収をめぐる判例法理において、ファイナンス理論がどのように作用しているのかという点を検討課題としている。

第2年度の2009年度は、前年度に得られた知見をもとに、さらに分析を進めていき、会社法制度がファイナンス理論にどのように対応していくべきなのか、仮説を提示して、その整合性を検証していきたい。現時点で検討すべき課題は、①行動経済学からの示唆を得たうえで、いわゆる合理的経済人が前提とならない状況において、会社法制はどのように規定を構築すべきなのかという点、②諸外国の法制度を参考にしながら、ファイナンス理論が会社法制度に有用な領域と、ファイナンス理論をもちいることでは解決できない領域との境界はどのように設定されるのかという点となっている。このような検討課題に対して仮説を提示し検証していきたい。

### 【平成21年度新規研究チーム】

平成21年2月12日に行なわれた総合研究所委員会において、平成21年度の新規発足研究チームとして、以下の4チームが採択された。

No.110「東アジアにおける戦争と絵画」

研究幹事：金泰虎（国際言語文化センター）

No.111「日本語教育用学習支援システムを利用した読解教材の開発」

研究幹事：北村達也（知能情報学部）

No.112「日本におけるマイノリティ企業家の研究」

研究幹事：高龍秀（経済学部）

No.113「アジア地域における“持続可能な未来”のための環境教育学」

研究幹事：谷口文章（文学部）

### 【平成21年度総合研究所人事異動のお知らせ】

平成21年度より、総合研究所所長には、安西敏三・法学部教授が引き続き就任することになった。また、総合研究所委員会の各学部選出委員として、森茂起教授（文学部）、須佐元准教授（理工学部）、奥田敬教授（経済学部）、黒田忠史教授（法学部）、西村順二教授（経営学部）、マック・トーマス准教授（国際言語文化センター）、水澤克子准教授（スポーツ・健康科学教育研究センター）、冷水登紀代准教授（法科大学院）、吉川歩教授（会計大学院）、梅谷智弘講師（知能情報学部）、苧野兵衛教授（フロンティアサイエンス学部）、桐畑哲也准教授（マネジメント創造学部）が選出された。

(

(