

Day 2 見る

講義内容：

9:30 ~ 9:50

イントロダクション

～「見る」ことの意味，楽しさ，難しさ～

岡部繁男先生（東京大学）

9:50 ~ 10:50

形態情報の見方，

神経系の顕微鏡観察を中心として

濱清先生（国立岡崎生理学研究所）

11:00 ~ 12:00

人体を見る，人間を見る

坂井建雄先生（順天堂大学）

13:00 ~ 14:00

1分子で見る細胞膜分子の動きと働き

楠見明弘先生（京都大学再生医科学研究所）

14:10 ~ 15:10

生物発光で視る生体機能

近江谷克裕先生（北海道大学）

15:20 ~ 16:20

人工の眼で見えるようにする：

人工視覚の研究開発

八木透先生（東京工業大学）

学生委員： 瀬尾拓史，只左一也，秋山大地

コーディネーター： 岡部繁男先生

Introduction

～「見る」ことの意味, 楽しさ, 難しさ～

岡部繁男先生

今回の基礎統合講義で、三人の学生さんと「見る」というテーマでその内容を企画することが出来たことは、大変楽しい体験でした。日常生活では「見る」ということはあたりまえの事で、その意味や原理を考えることはあまりありません。特定の研究者にとっては、「見る」ということはその研究の中核になる手法・概念です。「見る」ことをあまり意識しない研究分野もありますが、「見る」という言葉を「構造を認識する」という言葉に置き換えると、実際にはほとんどの研究分野と関連のある概念であることがわかります。「見る」ということ、あるいは「構造を認識する」ということの特徴と限界を知る、このテーマはまさに統合講義として取り上げるべき題材です。

かたちを見るということは最も古い医学・生物学の研究手段です。解剖学者は肉眼で見たものを記述することで医学の基礎をつくりました。しかし、「見た」ものをそのままに記述する、というあたりまえの科学的態度にしてもそれが確立されたのはそれほど古いことではありません。坂井先生に解剖学の歴史を振り返っていただくことで、ヒトがかたちを観察し、解析することの意味が再認識できると期待しています。

更に光学顕微鏡、電子顕微鏡が開発されて、肉眼では全く見ることの出来ない組織内の微細な形態を研究者は捉えることが出来るようになりました。「見る」対象が小さくなり、肉眼レベルでの観察からかけ離れていけばいくほど、形態を「見る」ということは、アーチファクトとの闘いになります。研究者は常に「自分が見ているものは、本当の構造を反映しているのか」という問いに悩まされるようになります。濱先生のお話から、細胞の微細形態を「見る」ことの楽しさと難しさについて学べればと思います。

「構造」と「機能」と「物質」の三つの要素がうまく結びついたときに、物事の本質がわかったと感じることが多いと思います。DNAの二重らせんの発見も、核酸の化学構造という「物質」と、遺伝情報の複製という「機能」を、二重らせんの「構造」が結びつけた、という意味で本質的な発見になりました。今回の統合講義の一つの期待は、それぞれの講師の方に、構造が機能や物質と結びついた、その実体験を語っていただくことにもあると思います。それは楠見先生のように細胞内の一分子を直接観察することを通じての場合もあるでしょうし、近江谷先生のように細胞内での代謝現象を光のシグナルに置き換えて捉えたことによる場合もあるでしょう。

現代の科学ではかたちを見る手法は多様化しています。肉眼を用いる場合、顕微鏡を用いる場合、結晶の構造解析を行う場合、大規模データの構造をモデリングする場合、など、様々な「見る」ための方法論が存在します。様々な方法論には、果たして共通の基盤があるのでしょうか。また、「見る」主体であるヒトの認識様式との関連はどう考えればいいのでしょうか。神経科学における視覚の研究はまさにそのような疑問を追求する学問です。一方でヒトが「見る」ということの意味は、機械が「見る」ということを調べれば更によく理解できるのかもしれませんが。八木先生のお話から、機械が「見る」ということを通じて、ヒトが「見る」ということへの理解が深まるのではないかと期待しております。

20年前、私自身が学生として基礎系の講義を受けていた時に、一番楽しかったのは様々な電子顕微鏡写真を見ることが出来た組織学の授業でした。その時は電子顕微鏡の写真をどうやって撮るのか、原理も実際の方法も全くわかっていませんでしたが、見ているものが「美しく」「真実を反映している」ということは、直感出来ました。研究において「見る」ということを通じて「美」と「真実」を経験できることをその時に初めて知りました。今回の講師の先生方のお話を通じて、学生の皆さんに「見る」研究の楽しさを実感してもらえれば良いのですが。

冒頭挨拶

浜清（はまきよし）先生

自然科学研究機構 生理学研究所

9:50 ~ 10:50

～御略歴～

1923年生まれ 東京大学，生理学研究所，総合研究大学院大学，各名誉教授，日本学士院会員

1943年9月 九州帝国大学医学部入学

47年9月 卒業

1948年10月 解剖学教室助手 56年 同助教授

1957年 ワシントン州立大学留学 ～58年

1958年 広島大学医学部（解剖学）教授

1962年 ハーバート大学招聘教授

1964年 大阪大学医学部（解剖学）教授

1971年 東京大学医科学研究所教授

1974年・1976年 ノースカロライナ州立大学招聘教授

1982年 生理学研究所教授

1982年 早稲田大学人間科学部教授

1991年 生理学研究所長

1996年 日本学士院会員

1997年 岡崎国立共同研究機構長 99年 退任

～学生へのメッセージ～

私が解剖の研究室に入った1948年当時は食べるものにも事欠く貧しい時代でしたが，見たい事，知りたい事が山ほどあり，何より，自由と解放感が在りました。貧しいけれども充実した60年だったと思っています。

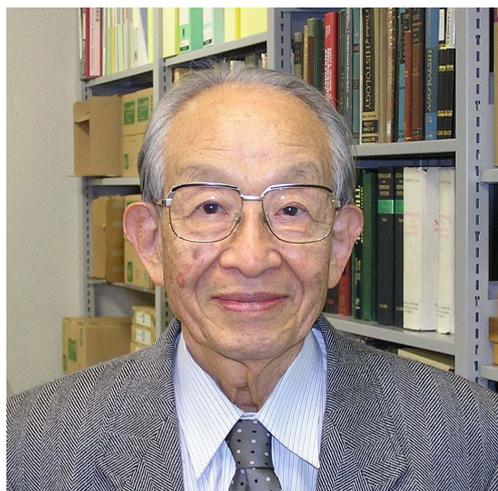
長い研究生活の中で一番心に残って居るのは，研究者として全く未熟だった私を国の内外の先達の方々が実に暖かく支えて下さった事でした。

皆さんも将来，研究の先達になられると思いますが，後進の人達を暖かく支えてあげて下さい。自由と優れた先輩の励ましほど若い研究者を勇気付けるものではありません。

～講義概要～

細胞，組織の構造を出来るだけ生きた状態にちかい状態で，出来るだけ高い分解能で，物質基盤を含めて，定量的に観察するために行った研究の道筋をお話して見たいと思っています。

神経系の形態学を勉強する為に解剖学に進み，其所で教えられたのは，生体が整然とした原則に従って構築さ



れていると言う事と，生体はその本当の姿を示す像に出会うチャンスは極めて稀にしか訪れないから，一期一会とも言ふべき姿を正しく記録出来る様に，観察者は何時も最良のコンディションを整えて待つ心構えが必要だと言う事だったと思う。

生体の構造と機能の仕組みを知る為には，出来るだけ生きたままに近い細胞や組織の構造を，高い分解能で，定量的に観察する事。そして，形態を構成する物質とその機能に伴う動態を知る必要がある。実験は先ず可視光より波長が短い紫外線を使って生鮮神経細胞のNissle小体の観察とその物質組成の同定に成功した。次いで，薄い試料の電子顕微鏡での高分解能観察に挑戦し，電気シナプスのチャンネルの構造解析などを行った。

その一方で薄い試料の高い倍率での観察は分子レベルの構造解析には適しているが，観察範囲が極めて狭いため，細胞機能に関わる細胞小器官の構造及び機能分子群との細胞内での3次元的位置関係などの重要な形態情報を見落とす恐れがあると考えた。例えば1辺がほぼ20 μ mの肝細胞を0.1 μ mの切片にして，0.2nmの分解能で解析する場合，1辺20cmの視野内には概算で細胞体の1/2-3000,000の構造情報しか含まれていない事になる。一視野に含まれる細胞生物学的に重要な形態情報多くするには，厚い試料を用い，比較的低い倍率で広い視野の観察を行う方が有利な場合があると考えた。（Field resolutionの視点）。

特に本日お話しする，神経細胞及びグリア細胞突起の3次元構造解析には超高压電子顕微鏡による非常に厚い試料（5 μ m）の立体観察が有効であった。星状グリア細胞（A-細胞）終末突起の3次元形態の詳細は此の方法によって始めて明らかにされた部分が多い。また，神経細胞のdendritic spineの立体像を用いた定量的形態解析，A-細胞終末突起のcomputer tomography解析では興味

1. 私にとって見るとは「????」である。

リルケはマルケに「私は見る事から学び始める事にします」と言わせています。自然は美しいと信じていますので、私にとっても見る事は自然の美しさに近づく手ばかりです。

2. 今まで研究をしていて最も興奮した瞬間はどんなこと(とき)ですか?

広島大学に居た頃、長い間手こずっていた電子染色が成功して、初めて美しい写真が撮れたときです。嬉しさに飛び上がり暗室の箕の子を踏み破ってしまいました。其時の側線有毛細胞の研究は1962年フィラデルフィアで開かれた国際電子顕微鏡学会で、生物系の最優秀発表として閉会式のアンコール講演に選ばれました。

3. もう一度人生をやり直せることになりました。何になりたいですか?

私は60年の間、若い人達に接しながら研究を楽しむ事が出来た事を感謝して居ますからやり直したいとは思いません。もしやり直すとしたら子供の頃の夢だった、木を植える人になる事でしょうか。

4. 20年後の生命科学がどのようなものになっているか、イメージをお持ちですか?後進へのアドバイスも含めてコメントをいただければと思います。

サイエンスには良い面と恐ろしい面があります。良い面では20年を待たず、生体の構造と物質の動態を無侵襲で高い分解能で観察する事が可能となるでしょう。但し平行に必ず悪い面の跋扈も止められないのでは無いかと恐れています。この面では Our planet's immune system is trying to get rid of people. という Kurt Vonnegut の joke 通りあまり良いイメージは持てません。貴方がたは私の孫の世代ですが、さらに曾孫の世代の人達に笑顔が残って居る事を願いますので、今私の立場で出来る限りの事をしたいと思って居ます。貴方がたもさらに若い人達の笑顔を願って下さい。

深い結果を得ている。

現在は遺伝子操作や分子標識技術と光学顕微鏡観察法の進歩で60年前夢だった細胞の微細構造と構成物質の in vivo の動態観察が可能となった。私は此れ等の方法を駆使して研究を展開することが出来なかったが、皆さんの前途には非常に大きな分野が開かれている。

～推薦図書・参考資料～

浜清 グリア細胞の三次元的構造に付いて。 熊精協会誌 73 1 - 10 1991

浜清 立体視: 電子顕微鏡と付き合っただ事 ヒューマンサイエンス リサーチ VOL.1 7-10 1992

K. Hama and K.R. Porter, An application of high voltage electron microscopy to the study of biological materials. J. de Microscopie, 8, 149-158, 1969.

K. Hama, High voltage electron microscopy. In Advanced Techniques in Biological Electron Microscopy, pp 275-297, 1973. ed J.K. Koehler, Springer-Verlag, Berlin.

K. Hama and T. Kosaka, Purkinje cell and related neurons and glia cells under high-voltage electron microscopy. Progress in Neuropathology, 4, 61-77, 1979 ed. H. M. Zimmerman, Raven Press, N.Y.

K. Hama and T. Kosaka, Neurobiological applications of high voltage electron microscopy. Trends in Neurosciences, 4, 193-196, 1981.

T. Kosaka and K. Hama, Three dimensional structure of astrocytes in the rat dentate gyrus. J. Comp. Neurol. 249, 242-260, 1986.

)K. Hama and T. Ariei, Three-dimensional analysis of high voltage electron microscope tilt images; Methods and problems. J. Electron Microsc. Tech. 6, 185-192, 1987.

K. Hama, T. Kosaka and T. Ariei, Three-dimensional morphometrical study of dendritic spines of the granule cell in the rat dentate gyrus with high voltage electron microscope stereo images. J. Electron Microsc. Tech. 12, 80-87, 1989.

K. Hama, T. Ariei, and T. Koksaka, Three-dimensional organization of neuronal and glial processes: High voltage electron microscopy. Microsc. Res. Tech. 29, 357-367, 1994.

G.E. Soto, S. J. Young, M. E. Martone, T. J. Deerinck, S. Lamont, B.O. Carragher, K. Hama and M. H. Ellisman, Serial section electron tomography: A method for three-dimensional reconstruction of large structures. Neuroimage 1, 230-243, 1994.

K. Hama, T. Ariei, and Y. Ito, High-voltage electron microscopy in neurocytology. J. Electron Microsc. 49, 1-4, 2001

K.Hama, T.Ariei, E.Katayama, M.Marton, and M.H. Ellisman, Tri-dimensional morphometric analysis of astrocytic processes with high voltage electron microscopy of thick Golgi preparations. J.Neurocytol. 33:277-285, 2004

人体を見る，人間を見る

坂井建雄（さかいたつお）先生

順天堂大学医学部解剖学第1講座

11:00～12:00

～御略歴～

1972年3月 大阪府立天王寺高等学校卒業

1972年4月 東京大学理科Ⅲ類入学

1974年4月 東京大学医学部医学科進学

1978年3月 東京大学医学部医学科卒業

1978年4月 東京大学医学部解剖学教室助手

1984年2月～1986年3月 西ドイツ，ハイデルベルク大学解剖学教室（Prof. Dr. W. Kriz）に，フンボルト財団奨学研究者として留学

1986年7月 東京大学医学部助教授（解剖学第2講座）

1990年5月 順天堂大学医学部教授（解剖学第1講座）
役職：

1997年1月～2001年3月 日本解剖学会編集委員長

2002年4月～2006年3月 篤志解剖全国連合会事務局長

2003年4月 日本解剖学会用語委員長

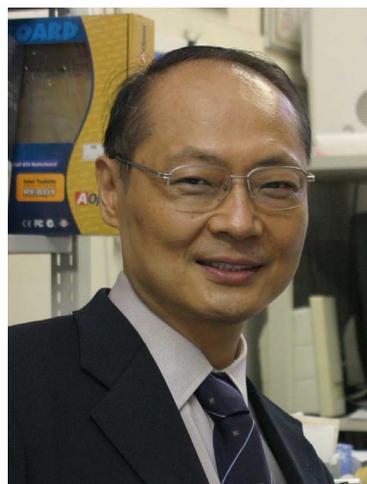
2006年4月 篤志解剖全国連合会会長

2006年5月 日本医史学会編集委員長

2006年7月 日本腎臓学会編集副委員長

～学生へのメッセージ～

人体解剖の体験をすると，人体あるいは生と死に関する感覚が明らかに変化します。もはや非体験者には戻れません。そのような取り返しの付かない体験で人生は満ちています。人体解剖の体験を，多くの人に役立つものとして生かしてくれることを，医学生の人たちに望みます。



～前提知識～

解剖学，人体解剖実習

～講義概要～

人体の3次元的な構造を理解するのに，人体を解剖し観察することに勝る方法はないのだろうか。献体者の登録を受け付け，死後の遺体を収集して保存処置をし，解剖後に火葬して遺族に返還する，この一連の業務の煩雑さと高額な経費は，人体解剖以外の教育手段への誘惑を絶えず引き起こす。現在の画像診断をもとに再構成された立体画像であれば，十分な視覚情報が含まれるように思われる。しかし見るだけでは足りない何かがある。触覚などの感覚情報も不足しているが，それだけではない。その場での体験のコンテキストを形作る周辺情報が，決定的な意味をもちうるのである。

人体解剖の体験は，私が学んだ30年前と現在とで，基本的に変わりはない。保存処置の方法も，解剖実習の手引きも，ほぼ同じである。しかしそこには決定的な違いがある。30年前には身元不明の遺体が圧倒的に多かったのに，現在ではほとんどが献体によるご遺体を解剖している。解剖をする医学生たちに対して現在では，「この解剖台の上に横たわっておられる方たちは，ご自分の意志でここにおられる。この方たちには遺骨の帰りを待つご家族があり，お孫さんもおられるであろう。君たちのお祖父さんお祖母さんが解剖を許してくださっているようなものと思って，解剖に臨んで欲しい。」と語ることができる。解剖をして観察をするということは同じでも，周辺情報によってその意味は大きく変わるのである。

解剖学の歴史においても，観察された内容の意味が，

1. 私にとって見るとは「????」である。

見ることは、それだけで存在するものではない。見たことを表現して他者に伝えることにより、初めて完結するものである。視覚で捉えられたことは言語化されて、あるいは図式化されて表現される。視覚を通して認識しえたことを表現すると、そこには自己の認識の程度が自ずから露呈される。その意味で見るとは、自己を他者にさらす、ということである。

2. 今まで研究をしていて最も興奮した瞬間はどんなこと(とき)ですか？

同じ対象がまったく別の見え方をしてきたときです。同じ事実を、別の視点から、あるいは広い視野から眺めたときに、まったく別の意味が生じてくることがあります。最近、医学あるいは生物学において事実の意味を与える枠組み、すなわち人体観や生命観そのものに関心があります。

3. もう一度人生をやり直せることになりました。何になりたいですか？

歴史家でしょう。

4. 20年後の生命科学がどのようなものになっているか、イメージをお持ちですか？後進へのアドバイスも含めてコメントをいただければと思います。

生命科学の進歩は、ますます加速しています。20年後のことなど、予想も付きません。ただ、価値観は移ろいやすく、自分の価値観ですらいつの間にか少しずつ変わっていくといます。価値観の多様性に寛容であってほしいと願います。

周辺情報によってしばしば大きく変えられてきた。静脈・動脈・神経は、古代のガレノスの時代から詳細に観察されていたが、1628年のハーヴィーの血液循環論によって機能的な意味まったく変わってしまった。多種多様な動物の解剖と発生は17世紀以来詳細に報告されていたが、1859年のダーウィンの進化論によって系統発生的な意味が付与されるようになった。腎糸球体についても、力学的な理解によって構造の意味が大きく変貌したのを、私自身が体験している。「百聞は一見に如かず」というのは一面的である。実際にはどのような研究であっても、周辺情報を広く収集し、対象をよく観察し、総合的に考察するということが必要なのである。

～推薦図書・参考資料～

O'Malley, CD: Andreas Vesalius of Brussels 1514-1564. University of California Press, 1964(邦訳: オマリー(著); 坂井建雄(訳), 2001)

川喜田愛郎: 近代医学の史的基盤. 全2冊, 岩波書店, 1977

藤田尚男: 人体解剖のルネサンス. 平凡社, 1989

Roberts, KB; Tomlinson, JDW: The fabric of the body.

European traditions of anatomical illustration. Oxford University Press, 1992

坂井建雄: からだの自然誌. 東京大学出版会, 1993

オマリー(著); 坂井建雄(訳): ブリュッセルのアンドレアス・ヴェサリウス 1514-1564. エルゼビア・サイエンスミクス, 2001

Rifkin, BA; Ackerman, MJ; Folkenberg, J: Human anatomy -- depicting the body from the Renaissance to today. Thamed & Hudson, London, 2006 (邦訳: リフキン他(著); 松井貴子(訳), 2007)

リフキン他(著); 松井貴子(訳): 人体解剖図. 二見書房, 2007

香西豊子: 流通する「人体」— 献体・献血・臓器提供の歴史. 勁草書房, 2007

坂井建雄: 解剖学教育を支える献体の愛. 日本医師会雑誌. 136(3): 541-547, 2007

Sakai T: Historical evolution of anatomical terminology from ancient to modern. Anat Sci Int. 82: 65-81, 2007

1 分子で見る細胞膜分子の動きと働き

楠見明弘（くすみあきひろ）先生

京都大学再生医科学研究所附属ナノ再生医工学研究センターナノバイオプロセス研究領域

13:00 ~ 14:00

～御略歴～

1952年10月17日生まれ

1971年 京都府立洛北高等学校卒業

1975年 京都大学理学部（生物物理学教室）卒業

1980年 京都大学大学院理学研究科卒業

理学博士号取得（大西俊一教授 ご指導）

1980年 米国ウィスコンシン医科大学

National Biomedical EPR Center

（James S. Hyde 教授）博士研究員

1982年 プリンストン大学生物学科

（Malcolm S. Steinberg 教授）

博士研究員

1984年 京都大学理学部生物物理学教室

（大西俊一教授研究室）助手

1984年～1994年 ウィスコンシン医科大学

客員教授（独立研究室）

1988年 東京大学大学院総合文化研究科

助教授（独立研究室）

1997年 名古屋大学大学院理学研究科

（生命理学専攻）教授

1998～2003年 JST-ERATO

楠見膜組織能プロジェクト 総括責任者

2003～2005年 JST-SORST 楠見チーム

チームリーダー

2003年 日本顕微鏡学会賞（第48回瀬藤賞）受賞

2004年 日本科学技術映画祭 文部科学大臣賞受賞

2005年 京都大学再生医科学研究所教授

2005年～ JST-ICORP 膜機構プロジェクト 総括責任者

2007年 京都大学物質・細胞統合システム拠点教授

（配置換え）

（文科省 World Premier International Center Program によるセンター The Institute for Integrated Cell-Material Sciences = iCeMS）

京都大学再生医科学研究所教授，京都大学大学院工学研



究科（マイクロエンジニアリング専攻）教授，京都大学大学院医学研究科教授を兼任

日本生物物理学会，アメリカ生物物理学会，日本細胞生物学会，アメリカ細胞生物学会，日本バイオイメーキング学会，日本分子生物学会，日本生化学会，日本機械学会，日本分光学会，日本神経科学会，日本神経化学会所属

Biophysical Journal, Journal of Cell Biology, Traffic, Cell Structure and Function（日本細胞生物学会欧文誌），Biophysics Letters（日本生物物理学会欧文誌）編集委員，日本細胞生物学会評議員，Human Frontier Scientific Program グラント評価委員

～主な業績～

（1）生細胞における，1分子の直接観察／操作法の開発 世界最高の時間分解能での観察を可能にした

（2）1分子法を用いた，生細胞中の細胞膜分子の拡散運動と相互作用の追跡

（3）膜貫通型タンパク質とリン脂質のホップ拡散の発見

（4）膜骨格フェンスモデル と アンカー膜タンパク質ピケットモデルの提案

（5）生細胞中での分子活性化を1分子レベルで可視化することに初めて成功

（6）Fluorescence Lifetime Imaging (FLIM) の確立に貢献（1988-93）

（7）前駆ラフト，GPI アンカー型受容体のクラスター化による安定化ラフトの発見と概念形成に貢献。ラフトへのシグナル分子の短期間リクルートを発見

～講義概要～

生きている細胞の中で、たった1個の分子の挙動を観察したり、その分子に金コロイド粒子などの把手つけて、それをフォーカスされたレーザー光で捕捉して分子を細胞内で自由に動かしたりすることができるようになってきました。多くの研究者の努力の結果、1分子ナノバイオロジーと呼べるような研究分野が、今まさに立ち上がろうとしています。1分子を見て触るような研究ができるようになると、たとえば、シグナル伝達分子が細胞内をどのように動き回り、どのようにしてシグナルを次々に伝えていくのか、というようなことが、どんどんわかってきそうです。このような研究はまだ始まったばかりですが、すでに面白い結果、しかも、1分子で見ないとわからないような結果が次々と得られつつあります。この講演が、このような新しいタイプの研究に興味を持っていただくきっかけとなることを願っています。

生物発光で見る生体機能

近江谷克裕

(おおみやよしひろ) 先生

北海道大学大学院医学研究科先端医学講座 光生物学分野
(兼業, 産業技術総合研究所 セルエンジニアリング研究部門)

14:10 ~ 15:10

～御略歴～

- 1960年 北海道函館市で生まれる
- 1980年 函館工業専門学校卒業
- 1981年 群馬大学工学部3年に編入学
- 83年 群馬大学工学部卒業
- 1990年 同大学院医学研究科内分泌学専攻修了
- 1990年 (財)大阪バイオサイエンス研究所特別研究員
- 1992年 新技術事業団独創的個人研究事業
「さきがけ研究2 1光と物質」研究員
- 1995年 理化学研究所協力研究員
- 1996年 静岡大学教育学部助教授
- 2000年 通商産業省入所
(大阪工業技術研究所主任研究員)
- 2001年 (独)産業技術総合研究所グループ長
- 2006年 北海道大学大学院医学研究科教授

国際生物発光化学発光学会代表幹事

～学生へのメッセージ～

私は工学部出身, 大学院医学研究科卒。とにかく研究が好きでここまで来ました。好きなということは重要で, 研究テーマの光イメージングも, 本当は世界中の発光生物を見に行くために考え出した研究テーマかもしれません。真夜中に光る生物を見ていると, 生命の雄雄しさや繊細さ, その素晴らしさに対し人間の小ささを感じます。でも, この小さき人間には無限の可能性が 있습니다。皆さんにある無限大の可能性を大事にしてください。

～前提知識～

生物発光は発光基質(ルシフェリン: Luciferin)の酸化を発光酵素(ルシフェラーゼ: Luciferase)が触媒する酵素反応である。【ルシフェラーゼとは生物発光において生体内で光を生み出す化学反応であるルシフェリン・ルシフェラーゼ反応を示す発光酵素の総称。発光



生物より冷水抽出されるタンパク質のうち, ルシフェリンと反応して光を生み出す酵素をルシフェラーゼと定義された。ルシフェラーゼの一次構造は発光生物種によって大きく異なる。ルシフェリンとは, 生物発光において生体内で光を生み出す化学反応であるルシフェリン・ルシフェラーゼ反応を示す発光基質の総称。発光生物より有機溶媒或いは熱水抽出される有機化合物のうち, ルシフェラーゼと反応して光を生み出す化合物をルシフェリンと定義された。よって, 発光生物ごとに異なるルシフェリン, ルシフェラーゼを持っている。】

～講義概要～

ゲノムプロジェクトによってヒト細胞内で発現するタンパクはせいぜい2万数千種と推察された。つまり, 生命の多様性, 或いは人間の個性を生み出す遺伝子の数は意外なほど少ないのである。では, どのように多様性は生み出されるのか? その一端は, 複雑に絡んだ遺伝子の発現パターンにある。よって, ヒトの生理現象を理解するためには, 生命を織り成す分子群の遺伝子発現や蛋白の挙動をイメージングする必要がある。一方, 病気の原因遺伝子や特定の遺伝子の発現の乱れが病気を引き起こすことも解明されつつある。我々は生物発光由来の発光, 蛍光プローブを駆使し生体内の複雑な遺伝子の動きを的確に解析する技術を構築しつつある。その結果, 細胞内の複数の遺伝子の発現をきたまま同時に解析することや細胞内のタンパクの動きを長時間にわたり観察することに成功した。そして今, 発光蛍光技術を基礎生命科学の研究にとどめることなく, 医学の分野と連携, 展開し

1. 私にとって見るとは「????」である。

。「観(察)・考(察)・推(察)・洞(察)」という言葉があるが、科学においても、見ること、すなわち「観察」するという事は最初の大変な研究手法である。つまり、見ることは生命科学の現象を知り、理解する上で重要な第1歩である。しかしながら、私にとって見ることは「生命の不可思議を知るための“感察(感動するところ)”」でありたい。

2. 今まで研究をしていて最も興奮した瞬間はどんなこと(とき)ですか？

ナチュラリスト系研究者としては、雲南省の3,500mの高地(気温12度)で、森全体から光るホタル達が飛んで来た時。商売系研究者としては、自分が開発した研究手法を自分のグループ以外の人に紹介された時。

3. もう一度人生をやり直せることになりました。何になりたいですか？

結局、研究者を選ぶような気がする。ただ、個人的に大好きな旅を商売にできる「旅のエッセイスト」にはなりたい(が、きっと売れない)。

4. 20年後の生命科学がどのようなものになっているか、イメージをお持ちですか？後進へのアドバイスも含めてコメントをいただければと思います。

まだ、「生命とは何だろう」という命題を今の役者達(分子レベル)から説明することはできないような気がする。「見るというサイエンス」は、格段に進歩、20年後を待たなくても、いろいろな生命現象を目で見ることはできる、が、その限界も明らかになっているであろう。その限界を一つずつ超えていくのが、私であり、次世代の研究者達である。よって、20年後も、きっと「生命をみる」という作業は続いているであろう。それは違う手法であろうが、

つつある。本講義では、このユニークなシステムである生物発光の基礎と応用について解説、併せて生物発光で見る生命のダイナミズムを紹介する。本講義を通じて、私が大好きな発光生物を皆様にも好きになっていただきたい。

～推薦図書・参考資料～

伊藤誠二, 近江谷克裕, 渡部紀久子, 八木達彦訳 (D.W. Marks “Biochemistry” の訳) コア生化学—医学・薬学のための— 288頁 (丸善, 東京) 2000

今井一洋, 近江谷克裕編 バイオケミルミネセンスハンドブック 233頁 (丸善, 東京) 2006

Wu C, Suzuki-Ogoh C, & Ohmiya Y: A dual-reporter assay using two secreted luciferase genes. (2007) Biotechniques, 42, 290-292

Li X, Ogoh K, Ohba N, Liang X, Ohmiya Y: Mitochondrial genomes of two luminous beetles, *Rhagophthalmus lufengensis* and *R. ohbai* (Arthropoda, Insecta, Coleoptera). (2007) Gene. 392(1-2):196-205.

Hoshino H, Nakajima Y, Ohmiya Y: Single-cell imaging with fluorescent protein excited by luciferin-luciferase

reaction. (2007) Nature Methods 8 :637-9

Kanjou N, Nagao A, Ohmiya Y, Ohgiya S: Yeast mutant with efficient secretion identified by a novel secretory reporter, Cluc. (2007) Biochem Biophys Res Commun. 358 :429-34.

Ando Y, Niwa K, Yamada N, Irie T, Enomoto T, Kubota H, Ohmiya Y, Akiyama H: Development of a Quantitative Bio/Chemiluminescence Spectrometer Determining Quantum Yields: Re-examination of the Aqueous Luminol Chemiluminescence Standard. (2007) Photochem Photobiol. 83, 1205-10.

Arnoldi FG, Ogoh K., Ohmiya Y, Viviani VR: Mitochondrial genome sequence of the Brazilian luminescent click beetle *Pyrophorus divergens* (Coleoptera: Elateridae): Mitochondrial genes utility to investigate the evolutionary history of Coleoptera and its bioluminescence. (2007) Gene 405, 1-9.

Ando Y, Niwa K, Yamada N, Irie T, Enomoto T, Kubota H, Ohmiya Y, Akiyama H.: Quantum Yield and Colour Change of Firefly Bioluminescence. Nature Photonics (in press)

人工の眼で見えるようにする ：人工視覚の研究開発

八木透（やぎとおる）先生

東京工業大学大学院情報理工学研究科 情報環境学

15：20～16：20

～御略歴～

1996年 名古屋大学大学院工学研究科電子機械工学専攻博士課程修了 同年理化学研究所基礎科学特別研究員

1998年 名古屋大学大学院工学研究科計算理工学専攻助手

2001年 株式会社ニデック人工視覚研究所所長（新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「人工視覚システム」プロジェクト）

2004年 東京大学先端科学技術研究センター客員研究員，独立行政法人理化学研究所研究員

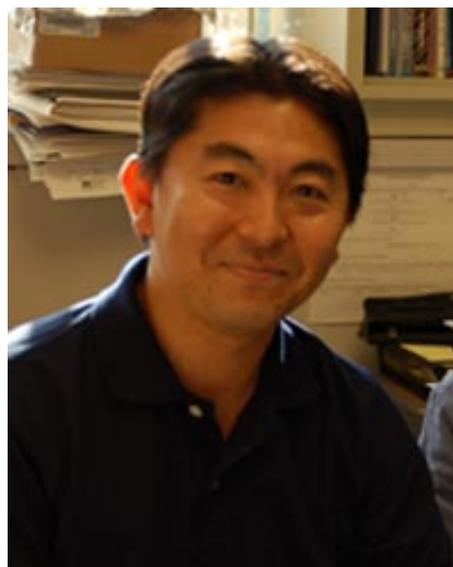
2005年9月 東京工業大学大学院情報理工学研究科助教授

2007年4月 准教授，独立行政法人理化学研究所客員研究員併任，現在に至る

人工眼（人工視覚），視線入力インタフェース，ブレイコンピュータインタフェース，生体模倣型ロボットビジョンなど，視覚を中心とした医用生体工学，生体情報工学，ロボット・システム工学に関する基礎・応用研究に従事（工学博士）。IEEE-EMBS，BMES，ARVO，ASME，日本生体医工学会，日本人工臓器学会，電気学会，応用物理学会，各会員。

～学生へのメッセージ～

人工の眼（人工視覚）は，人と機械を脳や神経レベルでつなぐ技術「神経インタフェース」のなかの一つで，NHKスペシャルにも取り上げられるなど社会的関心が高まっています。授業の中では人工視覚の歴史，現状，課題について講義を行います。



～前提知識～

科学技術に興味があること。あえて言えば工学全般の知識と神経科学

～講義概要～

視覚皮質や眼球への電気刺激が光覚や眼内閃光を誘発する「電氣的閃光」という現象が18世紀のころから知られている。この現象を応用して視覚を再建する人工感覚器を人工視覚という。人工視覚はペースメーカーと同様，生体電気刺激が中核技術である体内埋植（インプラント）デバイスである。イメージセンサで得た画像情報から刺激パルスを生成し，体内に埋植した電極アレイを通じて，視覚野あるいは網膜から脳の視覚野に至るまでの経路の神経を電気刺激して視覚を再建する。どの研究グループもまずは光覚の安定的な再建を目指していて，その次には電光掲示板のような低次レベルの形態視（物の形がわかる能力）の再建を目標にしている。解決しなければならない問題は多いが，今後の展開が期待される技術分野である。

～推薦図書・参考資料～

ブレイン・マシン・インタフェース最前線—脳と機械をむすぶ革新技術 工業調査会 2007
（自分の書いた本で恐縮ですが，簡単に手に入るものなので挙げました）

- Memo -

2月5日(火)

Day2 見る