

芸術する脳

特別号 2012

視・聴覚機能と芸術

川村 光毅



「芸術する脳を考える会」会員リスト

代表	杉木 峯夫	東京芸術大学名誉教授
庶務	須甲 松信	東京芸術大学保健センター教授
広報	たほ りつこ	東京芸術大学先端芸術表現科教授
会計	古川 聖	東京芸術大学先端芸術表現科准教授
監事	尾登 誠一	東京芸術大学デザイン科教授
監事	坂口 寛敏	東京芸術大学油画絵画科教授
連携担当	渡邊 健二	東京芸術大学ピアノ科教授、副学長
会員	佐藤 道信	東京芸術大学日本美術史科教授
	高橋 亨	東京芸術大学保健体育科教授
	西岡 龍彦	東京芸術大学音楽環境創造科教授
	櫃田 伸也	東京芸術大学油画絵画科教授
	布施 英利	東京芸術大学美術解剖科准教授
	松尾 葉子	東京芸術大学指揮科招聘教授
	岡田 和枝	東京芸術大学油画教育研究助手
	藤川 真由子	東京芸術大学彫刻教育研究助手
	磯部 秀之	埼玉医科大学東洋医学講師
	内海 健	東京芸術大学保健センター教授
	亀川 徹	東京芸術大学音楽環境創造科教授
	小池 ちとせ	東京芸術大学指揮科講師
	丸井 淳史	東京芸術大学音楽環境創造科准教授
	岩井 美貴	(ピアノ)
	関口 直仁	(声楽)
顧問	中田 力	新潟大学脳研究所統合脳機能研究センター長

特別講演

視・聴覚機能と芸術 — Othello (drama, Shakespeare) と Otello (opera, Verdi) —

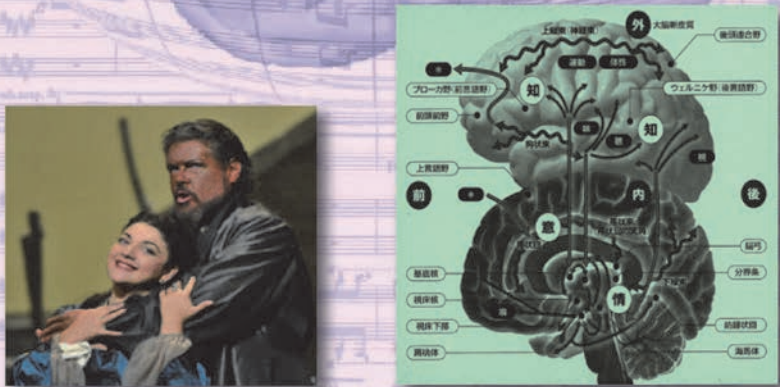
2011年2月9日(水) 16時 東京芸術大学 赤レンガ棟2階会議室

芸術する脳を考える会 川村 光毅

芸術する脳を考える会 特別講演
赤レンガ棟2階会議室

2月9日(水)16時～ ※講演後引き続き懇親会となります。

講演：視・聴覚機能と芸術
— Othello (drama) と Otello (opera) —
川村 光毅 (慶應義塾大学名誉教授)



音楽する脳のダイナミズム (kawamura)

1934年生まれ。66年、千葉大学大学院医学研究科博士課程修了。医学博士。現在、慶應義塾大学名誉教授、理化学研究所脳科学総合研究センターおよび東京都神経科学総合研究所客員研究員、山角病院精神科勤務医、ティアラ・フィルハーモニー合唱団メンバー。
著書に『Olivocerebellar projection: a review』(共著、Springer Verlag)、『脳と精神：生命の響き』(慶應義塾大学出版会)、訳書にJ・ルドゥー『エモーショナル・ブレイン』(共訳、東京大学出版会)など。

※どなたでも聴講できます。 担当 保健管理センター 須甲 松信

みなさんこんにちは。ご紹介いただきました川村です。脳と芸術の話をするようにと、古川先生からお誘いを頂きました。脳と聴覚の話だけならできますが、芸術家の方々と——それに芸術家の卵と言っては失礼ですが、その道の学生さん——を前にして芸術との関わりあいのお話をするのは、かなりのストレスでして、ワイフからも、慶應大学の同僚からも、ボロが出るから絶対に音楽の話は控えめにと言われてきました。でも、はじめから承知の上のことですから、まあ、いいでしょうということで、話のテーマを「視・聴覚機能と芸術」としました。

最初に、脳の形態と機能の話を、視覚と聴覚に絞っていたします。

続けて、シェークスピアのドラマ「Othello」の一場面、すなわち、オテロが嫉妬に狂ってデスデモナを殺す場面を観ていただきます。次にボーイトが台本を書きヴェルディがオペラ化した同じ場面の映像を音楽入りで流します。それを視聴いただいたあとに、オペラに表現されている音楽の構成などについて、古川先生に解説していただきます。そのようにお願いしました。

皆さんのお手元には、ドラマの原文（英語）とオペラの台本（イタリア語）と楽譜がお配りしてあると思います。

図1：Munkの絵：嫉妬



導入として、一枚の絵をお見せします。これはノルウェーの画家、エドワード・ムンクの「嫉妬」という題名の有名な絵です。この「嫉妬」が今日のテーマです。ムンクの絵の嫉妬は静的で受動的ですが、シェークスピアの嫉妬は動的で攻撃的です。

終幕の2場のドラマチックな場面が、嫉妬の情念（パッション）が殺害という行動に短絡的に連結するという設定です。そのドラマをシェークスピア・カンパニー劇団の芝居で、ローレンス・オリビエがどう演じるか。それから、スカラ座オペラ公演で、ドミンゴがオテロをいかに演出するか。それらを観賞していただいて、このとき人間の脳がどのように働くかを考えてみましょう。

そうは言ってもこれはなかなかむずかしい話で、脳はどういうふう構成されているのか。つまり、視覚、聴覚の機能領域、知覚・認知に関連する部位、感情・フィーリング・感性・などを広くとった情動関連領域や自己表現に関わる広義の能動性を備えた運動領域、それらがまとまって全体を構成する、そういう個々の機能領域が互いに連絡し合って形成される脳内の神経回路について、お話しさせていただきます。

図2：時実先生のviolin play：脳の働き



I play violin and enjoy music

この図は、2世代前の東大脳研の時実利彦先生が描かれたもので、バイオリンを弾く人が、楽譜を見て演奏をする。視覚系、聴覚系、運動系、それから情動系が働く。このように、一つの図にまとめた、脳の広い範囲が全体として機能していることを示したすばらしい絵です。これ以上の構図はないように思います。

初めに、聴覚伝導路についてざっと見てみましょう。この図3は、音が脳内を伝わる経路です。空気中を伝わる振動を鼓膜でとらえ、耳小骨、内リンパ液を経て、増幅された波動信号を、内耳にある感覚細胞で受信する過程が感覚のしくみ、感覚作用です。それが神経細胞内で電気信号に変換されて電気的興奮として脳幹内を間脳、大脳に向かって進みます。蝸牛神経核、外側毛帯、下丘、内側膝状体といわれる、むずかしい名前のついた、脳内の部位を順次、音を伝える電気的信号が大脳皮質の聴覚野にまで運ばれて行きます。高次中枢に向かって信号ないし興奮が脳幹内を「上行する」という表現を使います。ここで音のもつ周波数(フリクエンシー)が正確に知覚されます。そのほかにハーモニー、メロディーなどを、皮質聴覚野で知覚し、認知し、認識するという話になります。皮質下、すなわち中脳や延髄のレベルでは、テンポとか、リズムとか、そういう機能が主体になっております。

図3：音の伝導について

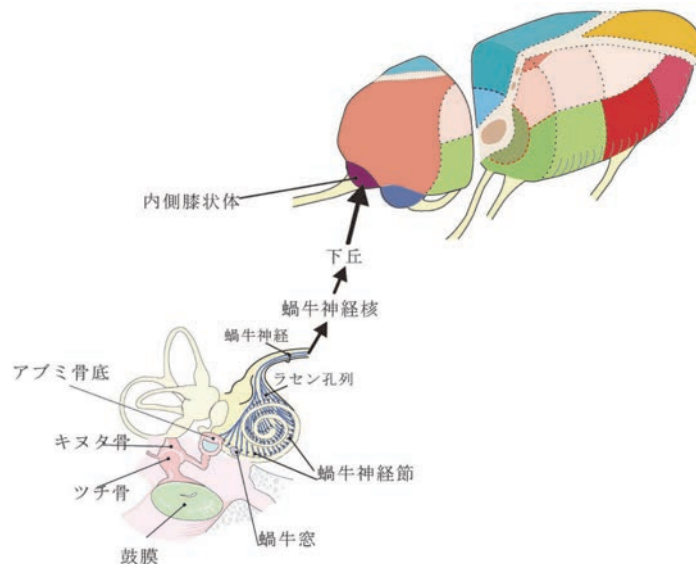
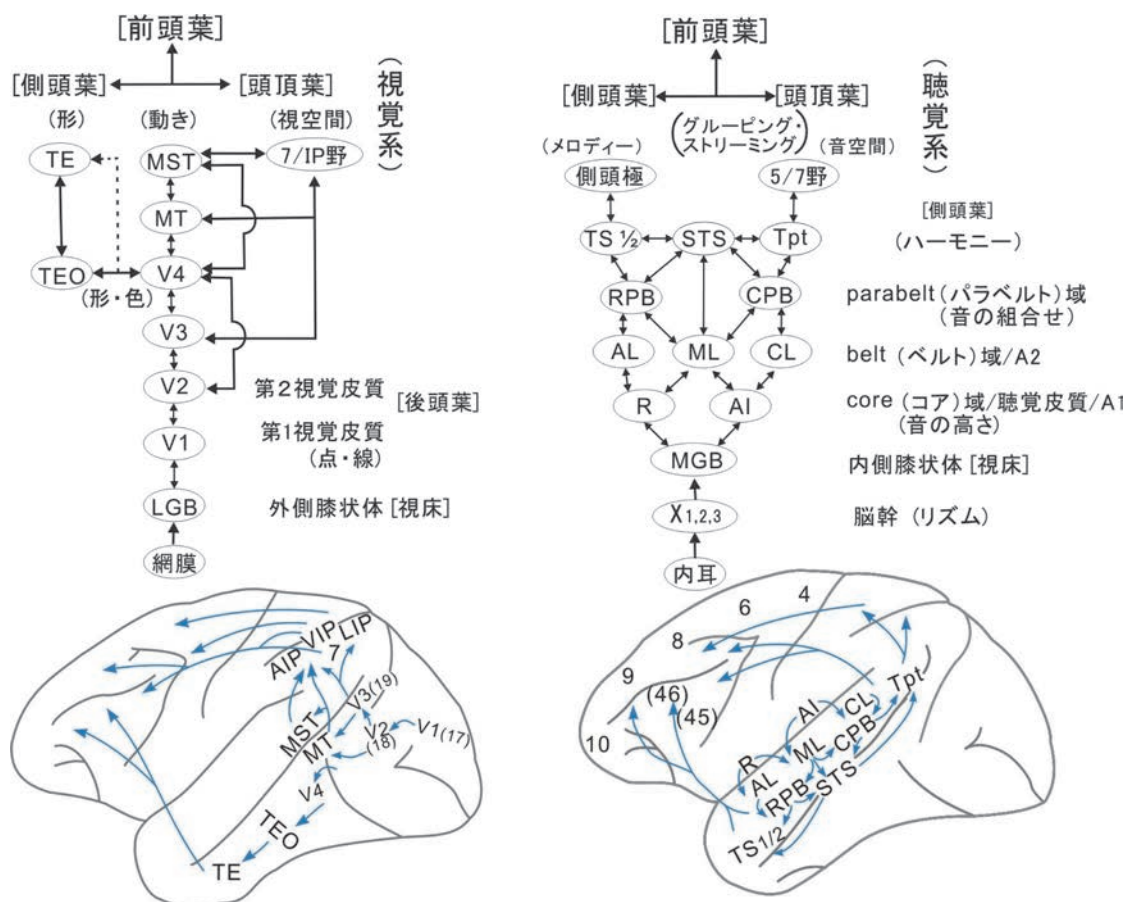


図4：視覚と聴覚の脳内回路と働きを示す模式図



いきなりむずかしい絵をもってきました。大脳皮質レベルの視覚と聴覚の話をする。サルでの実験結果です。人間で実験することはできません。大学で講義をしていたころ、サルではこうなっていると話をしましたら、「え？ どうしてサルが出てくるの？」と言って訝しがられたことがありました。このような質問をしてくれるのは優秀な学生です。科学的に物を観るために、動物で実験をして、その結果を考察して、人間ではこうだろうと推論することになります。ヒトの脳内に針を刺して神経活動を調べることはできません。近年、非侵襲的に（＝身体の一部に切開などの侵襲を加えないやり方で）脳活動を目で見る（＝可視化する）ことのできる画像法（brain imaging technique）がヒトを対象としても使えるようになりました。それでも、電極を入れて電気信号をとって、正確に波形を分析するということはヒトではできません。脳領域内のどの辺が興奮しているのかということを正確に判定するには、これからもっと努力がいります。空間的な解像度、それから時間的な解像能力をよくして、細かい領域を特定するまでに数年はかかると思います。そこで、サルやネコ、もっと下ってサカナやトリでということになります。

サルの大脳を外側から眺めた模式図で、シルビウス溝の後方の側頭葉に聴覚領があります（図4下端の模式図）。後頭部、この辺りが視覚領です。感覚器官からの興奮が間脳まで運ばれ、そして大脳皮質に到達します。たくさんの機能領域に分かれております。それらの個々の領域の性質を、解剖・生理学的に調べます。視覚領は、1970 年前後からよく調べられております。ハーバード大学でヒューベルとウィーゼルが視覚系で一連の研究を行いました。V1（第一視覚野）、V2, V3, V4 こういう名称がついています。この V1 域というところには、点とか、線とか、線の方向などを認識する神経細胞（ニューロン）群が集まっております。それから、脳内興奮過程が進行して、V2, V3 といった領域になります

と、線が連続的にまとまった形をとって、円や三角形を認識するようになります。その形が家の形とか、もっといくと顔の形とか、そういうものに反応するニューロン集団があります。ここに興奮が達すると、いろいろな物の形の性質が分析され、このように複雑な形態が知覚され認識されます。V1, V2, V3, V4 などの細かい領域には、何百、何千という多数の類似の性質をもったニューロンが柱状に、コラム (column) 状に集合しております。

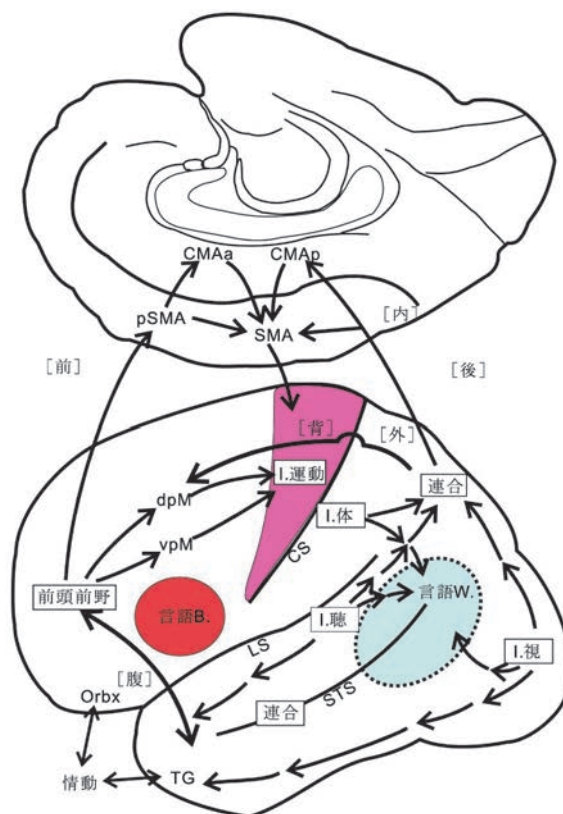
1990 年代に入り、20 年近く遅れて、聴覚領野でも、同じような性質をもったニューロンが集まっていることが明らかになり、その反応パターンを調べることが可能になりました (Kaas と Hackert, 1999; Romanski ら, 1999)。視覚系で見たような点と線とそのつながり、形、色、それから物の動きや空間認知など、聴覚系でも類似の性質が認められるだろうと期待して研究がなされました。脳幹は先ほど言ったようにリズムとか、テンポとかに関わり、もっと上位の高次の部分では、第一聴覚野 (A1) というコアになる部分・核になる部分で、音波のフリークエンシー (周波数)、つまり音の高低の分析がなされます。正確に言うと、周波数分析はもっと下位の領域でもなされておりますが、この A1 域で完成するといわれております。その周りの聴覚連合野といわれる、さらに高次機能に属する領域があります。そこでは、音の組み合わせが成立し、周波数の違うニューロン群が同期して反応する。そのとき、おそらく和音として認知されて、それらが音の流れとなって、ハーモニー、メロディーが形成される。皮質・皮質間の短い連合繊維がその形態的基盤にあります。

それらのプロセスを図 4 にまとめてみました。一つは、頭頂葉 (5 野、7 野) というところです。頭のてっぺんの部分です。空間認知に関係します。他方こちらは、側頭葉です。形態 (フォーム) と情動に関係するところです。視覚でいうと、普通にいう物の形、聴覚系だと音素の形としてのメロディーでしょうか。

次に、頭頂葉へ向かう過程として、視空間、聴空間の機能に関係しており、流動する物体や音源との組み合わせや互いの位置関係の運動 (流れ) ということになります。音楽の世界では、ハーモニーやメロディーというのは、個々の音が和して、grouping して stream を作り、それらが次の音の流れに変わっていく、そのように音の空間的認知の流れが成立する。そういうことを皆さん方は勉強してらっしゃる。

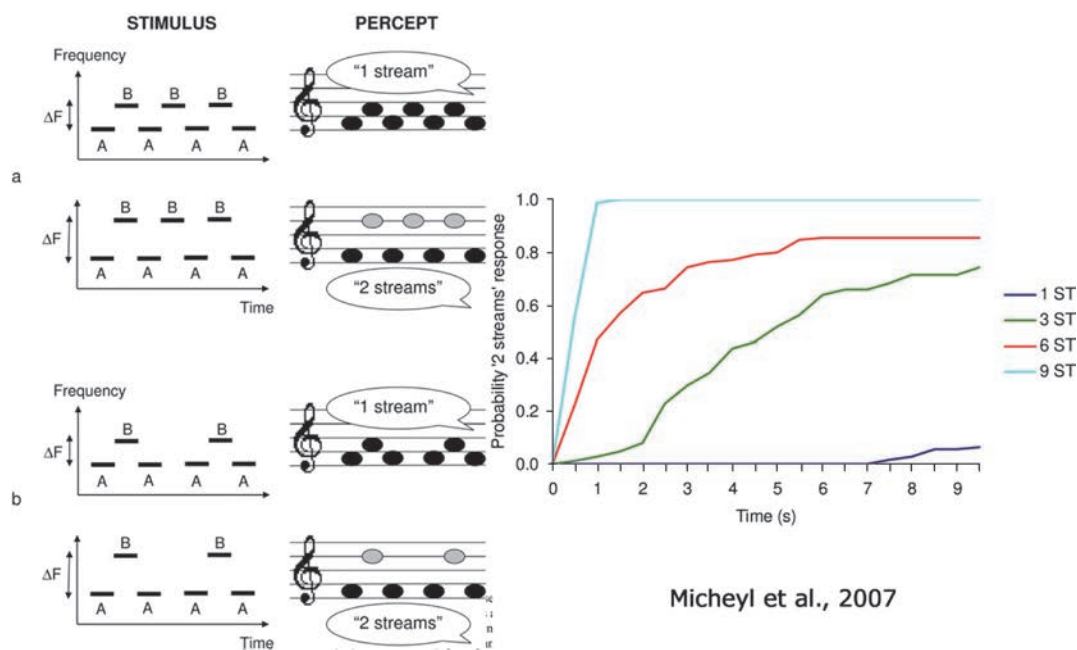
ここで、話をチョット脱線させますが、フランスのルソー (Rousseau, J-J; たしか画家の Henri R. ではない) という、一音階 (ドレミファソラシ) をアラビア数字 (123456) で表わす記譜法 (= 数字譜、休符は 0、音符の長さは数字の下に太線などで表わす) を考案した、一「異色の」啓蒙・教育思想家が、視覚と聴覚というのは全く別の感覚形態だから、その機能について勝手に類推して云々するというようなことをしてはいけないと警告しているのを、「言語起源論」かどこかで、読んだことがあります。それはそうでしょうけれども、現在の神経科学はこれに異を唱えるほどには研究が進んでおりませんので、一応こういう形態 (フォーム) の類似が視覚と聴覚の両系統間にあるのではないかということでご説明しました。

図5：視覚と聴覚の認知機能－背側ルートと腹側ルート



このように、背側へ向かうルートと腹側に向かうルートの2つの神経伝達の経路が認められます。おおよそ前世紀の終わりごろから言われ始めました。厳密に言うと、これは後連合野内に限った伝達経路の話ですが、それを拡張解釈して、前頭葉にまでその概念を含めることができます。前頭葉ですが、ここには運動領、運動領の前方に高次運動野、その前に前頭前野（prefrontal cortex, PFC）が区分されます。この前頭前野という言葉はご存じでしょうか？ 18世紀から19世紀頃の昔に、ヨーロッパの学者たちが、道徳・倫理とか、審美感覚とか、人間にしかない、そういう高等な精神機能に関係する領域があると提唱しました。現在では科学の進歩によって、後連合野からの入力信号が前頭前野に達すると、そこで周りの環境の状況に即して、それに相応した意味（connotational meaning）をもって、総合的に判断を下すところと説明されております。たとえば赤い信号を見て赤だと、青い信号を見て青だと、この色を認識するのはPFCの領域ではないんです。それは後連合野での仕事です。PFCでの判断は、赤はno-goだからストップしなくちゃいけない、青ならgoで行きましょうとなります。こういう風に内容やその時の状況を判断して、その結果を能動的な行動に移す。そういう機能を一手に引き受ける部位が、前頭前野です。音楽の演奏でも、学習分野でもfullに活動するとても大事な機能領域です。

図6：音系列のまとまりの知覚に関する音の流れの研究



これも4年前（Micheylら、2007）の仕事ですが、ヒトが周波数の異なる2つの音を続けて、同時に聞いたとき、それが、ひとつのまとまった流れとして聞こえるか、あるいはふたつの音の流れとして聴き分けられるかについて、機能的磁気共鳴画像（fMRI）と脳磁界計測（MEG）を使って、調べられました（図6）。一方は2音間の幅が狭い場合、他方は2音間の幅が広い場合です。その結果は、幅が4半音（ハーフトーン）と接近しているときには多くはひとまとまりの音として知覚されますが、その幅が広がって9半音もある場合には、ふたつの流れとして時々聞こえてくるというものです。後連合野レベルの基礎的な研究ですね。4年後の現在、和音や、ハーモニーや、メロディーやピッチ（pitch）などについて、どこまで専門家の間で研究が進展しているのでしょうか？これからの皆さんの仕事だと思います。

ピッチ（pitch）について調べてみました。弦楽奏者（に限らないのです）がピッチを合わせるといいますね。これは“音の高さ”を表わす感覚量のこと、周波数で表わされる“音の高さ”の物理量とは違いますね。最近の論文を2つ紹介します。1つ目は、楽器のピッチ制御に着目して、ピッチ問題について、聴覚情報を運動情報に変換し、統合する際の脳活動についての研究です（Tachibana et al., 2010）。もうひとつは、pitch perceptionに関するもので、ヒト大脳半球の左右の機能差についての研究（Liegeois-Chauvel et al., 2003）です。

純正（調）律音階と平均律音階との相違（後述、47頁）などを研究し、日常的に、そして感覚的に理解してらっしゃる皆さん方にとって、大切なテーマではないかと思って、実はわたくし、よく理解してないのですが、ご紹介した次第です。

ところで、聴覚と視覚は共に振動数／同期性をもっていて、共感覚がみられるといわれ興味の対象となっております。また、視覚と聴覚の間には、視・聴覚統合、ただし視覚（情報）優位、の現象として「マガーク（McGurk）効果」と呼ばれるものがあります。「が」と発音している人の映像を見ながら「ば」という音声を聞かされると、「だ」という声に聞こえてしまう現象です。もう一つの例を挙げますと、「腹話術師効果」というものがあります。腹話術師が操作している人形の口をみながら彼が喋っている声を聞いていると、あたかも人形から声が発しているように聞こえてしまうというもので

す。

他方、スクリーン上の映像が、バックグラウンド・サウンドに影響されて、間違っって認知されてしまうという、聴覚（情報）優位の（錯覚）現象も知られています（接触しそうになったとき衝突音を聞くが、実際はそのまま、すれ違って運動し続けた2つの球の運動軌跡を見て反対方向に動いているように錯視する）。

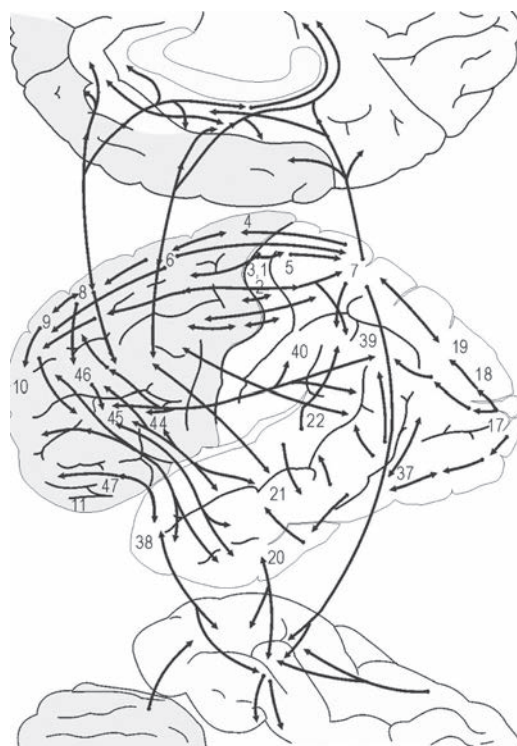
ここで念押しに、まとめの意味で、「感覚のズレの定位」に関連して最近の論文からひとつ紹介しておきます。以下のような内容です。聴覚刺激と視覚刺激が同時に違った場所から発せられたとき人はどう知覚するのでしょうか。音源が視覚刺激の方向にずれて定位されるとか、視覚対象が動くと静止音源も動いたように感じるというようになります。空間知覚と運動知覚に対して、視聴覚間で補助的ないし補完的ともいえる関連が認められるという神経心理学的な現象です（Kitagawa and Ichihara, 2002）。

この類のものは、他の感覚様態、すなわち、体性の触覚や振動感覚、深部感覚などとの間の相補性や可塑的な性質についても知られており、調べられております（Rauschecker グループ、1999, 2009；定藤グループ、2004）。振動現象の解析とともに波動関数を用いて解析できる点で共通する基盤があり、この点は、脳波の客観的な分析とも結びつきますので、今後の研究が期待されます。

数年前のことですが、国際会議がありまして、このような聴覚系の分野で仕事をしている専門家に会いました。素人の私が無邪気に質問するので、そんなことわかりっこないじゃないかと言われてしまいました。また、ロシアのペテルブルグにあるパブロフ研究所で聴覚系の研究をされているアルトマン教授と議論をしたことがあります。彼曰く、ストラビンスキーの音楽とモーツァルトの音楽を聞かせたとき、被検者の脳波（脳電図）測定検査で、脳の活動に、いや、現象として現れる波の形に相違が認められるかどうかについてでした。そこで、そんなことをやっても結果は出ないだろうと言ったら、That's it! その通りだとの答えでした。言語と同じく、音楽も楽典という規則書／文法をもっていますから、それを十分吟味して、それにマッチした形の実験設定をした上でないと、相違を探すというような研究はむずかしいという結論になりました。頭で立たないで脚で立て！

以上、1970年代から現在までの、視覚・聴覚の研究の歴史の流れについて、その概略を調べてみただけでも、個々の事象を変化しない、固定した、ばらばらなものとして捉えて局所的領域を掘り下げるように、研究していた段階から、全体的な関連のなかで事象を捉えて、運動し、変化するものとしてより発展した段階に、科学的研究が順次進んできていることが判ります。

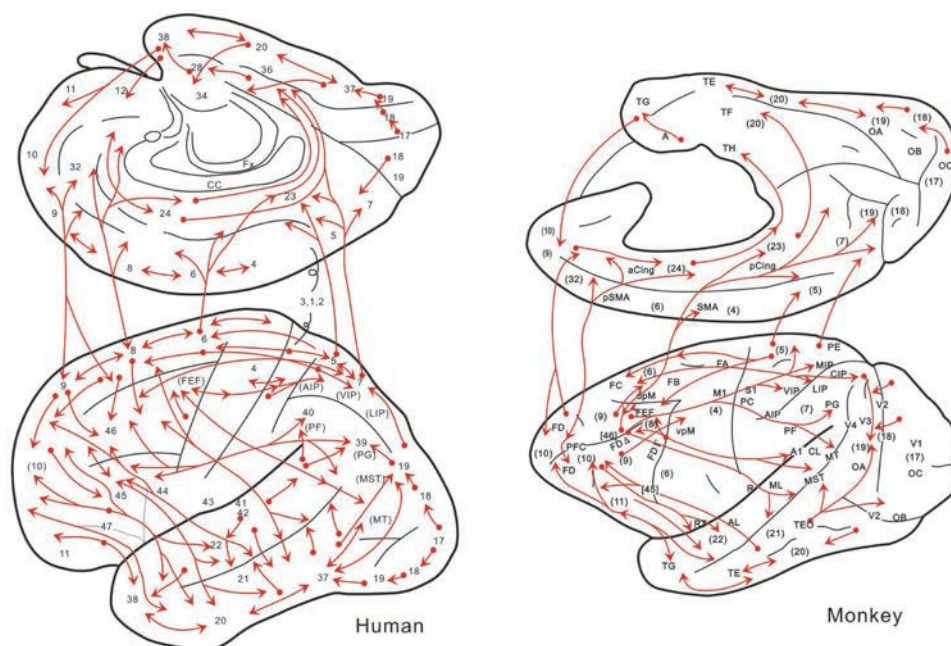
図7：ヒトの脳—連合繊維(川村、1977)



少しテンポを速めましょう。これはヒトの皮質—皮質間繊維結合のスキーマ（7図）ですが、後連合野に言語野（39, 40野）があります。意味を理解する感覚性の言語野で、ウェルニック領域と研究者の名前（Carl Wernicke, 1848 – 1905）がついています。こちらは、話すことに関する運動性のブローカの領域（44, 45, 46野、Pierre Paul Broca, 1824 – 1880）で、前頭葉にあります。ウェルニック領域は側頭葉と頭頂葉にまたがってありますが、これは僕が若いころ、30歳ぐらいのときですが、ネコやサルで、この辺の神経繊維連絡の研究をしました。その結果を1971年以後に発表しました。1940年代にチンパンジーを使って調べた、バーリーらの仕事があります（Bailey et al., 1943）。ヒトでは実験できませんから、亡くなった人の脳で、肉眼解剖をして連合繊維のつながりや走り方を観察して調べます。医学部の学生は脳実習で勉強します。しかし、神経繊維の走行について、連続しているか、シナプスでつながっているかは、肉眼では分かりません。動物実験の所見結果をもとにして、人間ではこうなっているだろうと慎重に考察を重ねて、1970年代に描いた模式図です。言語野は人では格段に発達しております。そのプリミティブな形は、チンパンジーにも、サルにもあります。けれども、人間のように、書かれた文字や音声を信号の信号として理解するという能力はありません。抽象化した概念である文字や言葉を使って相互に理解して、コミュニケーション社会を形成するようなことは、チンパンジー以下の動物の脳を調べてみて考えられません。文学や芸術や音楽で対象となる、高次の象徴化、概念化、抽象化という形態も同じで、これらの機能に関する脳の領域がある筈です。「はずです」というと、いかげんに聞こえますが、楽譜に表わされた形（フォルム）の文法処理は、言語の文法形態の処理の仕方と基本的には同類だと思います。音の結びつき、音の流れ、響き、何を伝えようとしているか、そういったことを考えて、視野に入れた研究を進めて行けば、ヒトの言語野に関連した部位やその近傍で、求めるものが出てくるように思います。

次に、図8：ヒトとサルの連合繊維の比較を模式図で示します（同縮尺で描くとヒトの脳の大きさはこの約3倍になります）。

図8：ヒトとサルの連合繊維の比較

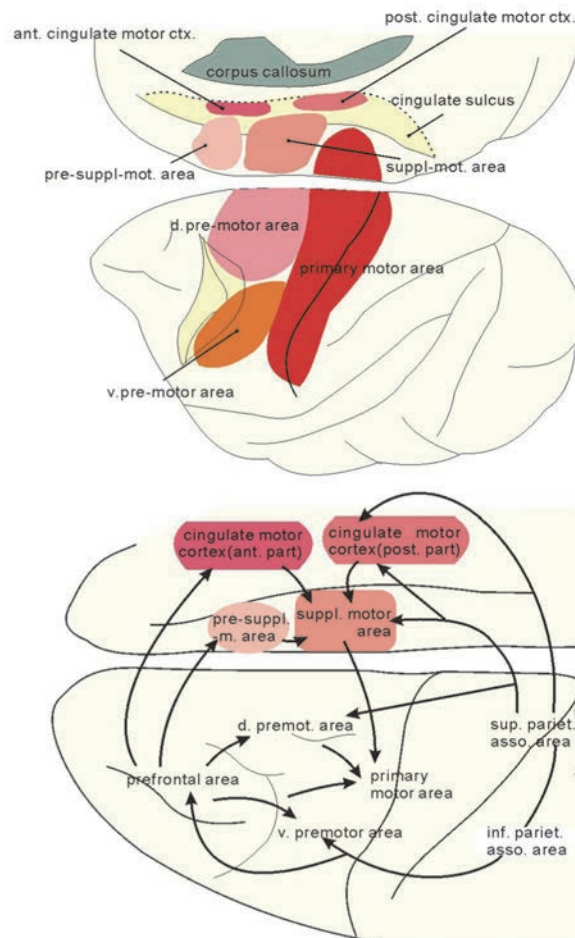


私は1970年から80年にかけて、猫と猿で実験して調べました。また、チンパンジーに関しては、ストリヒニン法を用いた、前述のベイリーらの研究論文があります。それら、ネコ、サル、チンパンジーでの実験結果とヒトでの肉眼所見を比較検討して、慎重に考察して、人脳では皮質・皮質間の結合がどうなっているのか、サルとの発達の違いはなんだろうかと考えて作図しました。（図7も参照して下さい）。ヒトにおける言語野の増大もよく知られている事実ですが、脳全体の比率からいって著しく容積が増加している部位は前頭葉の最先端の部分、前頭前野といわれる、前頭葉極（ブロードマンの10野）に相当する領域です。音楽を含めて広く芸術一般において、この10野の役割は重要です。いままですサルでの研究はありますが、ヒトとサルとの間には格段のひらきがありますので、慎重であるべきで、ただちに、よく考えずに類推することは科学への冒瀆です。

それを承知の上で、ここで、多少の推察を交えて、“高等動物”の前頭前野（PFC）の話を進めてみます。大脳の前頭前野では環境、つまり周りの状況（＝別の言葉で言うと、文脈）を考えて判断した結果を、外界へ能動的な運動形態として表現するわけです。それは音楽の世界でもおそらくそうだと思います。バイオリン、ピアノを弾きながら、自分が弾いた音、あるいはこの音を作曲家はどういうふうと考えて譜面化したのだろうかということを、研究するわけですね。演奏家でも、とくに指揮者はそうですね。複数の音を聞いて、音の流れを知る、その結果を運動系に直接、短絡的にぶつけるようなことはしません。かならず、ワン・クッション（interface）入ります。ピアノ演奏のとき、譜面をみて、そのまま音をすぐに運動に結びつけるはじめの段階から、余裕が出てくると、その前後の脈絡上の意味を汲んで、前頭葉で処理して、「流れ」を考えた上で、それを高次運動野と言われる領域に情報を伝えていきます。

高次運動野内の領域と情報の流れについては、図9に示します。玉川大学の丹治順先生たちのお仕事です。

図9：サルの高次運動野内の領域区分と結合関係



Connections involving motor areas (Tanji, 1999)

名称：

ant.cingulate motor ctx. 前帯状皮質運動野、
pre-suppl-motor area 前補足運動野、
suppl-motor area 補足運動野、
d.premot.area 背側運動前野、
v.premot area 腹側運動前野、
sup.pariet.asso.area 上頭頂連合野、
prefront.area 前頭前野、
primary motor area 一次運動野

[帯状回・帯状皮質運動野についての補筆]

高次運動野は、補足運動野、前補足運動野、帯状皮質運動野や帯状回などの領域に区分されています。これらの領域は、運動の準備、順序立て、指令、それから自由意思、情動などにも関与する、高いレベルの運動機能域と考えられております。ここで、帯状回および脳溝に埋もれている帯状皮質運動野

について説明します。また、帯状皮質運動野を中心とする神経回路の模式図（丹治、1999）を図9に示して若干の補筆をします。

帯状回的前方域（24野）は、前頭葉内側面にあり、中古皮質に属しております。線維結合上からも大脳辺縁系と運動系の接点に位置し、価値判断に基づいた運動選択、すなわち自発性の行動発現に関わる領域です。

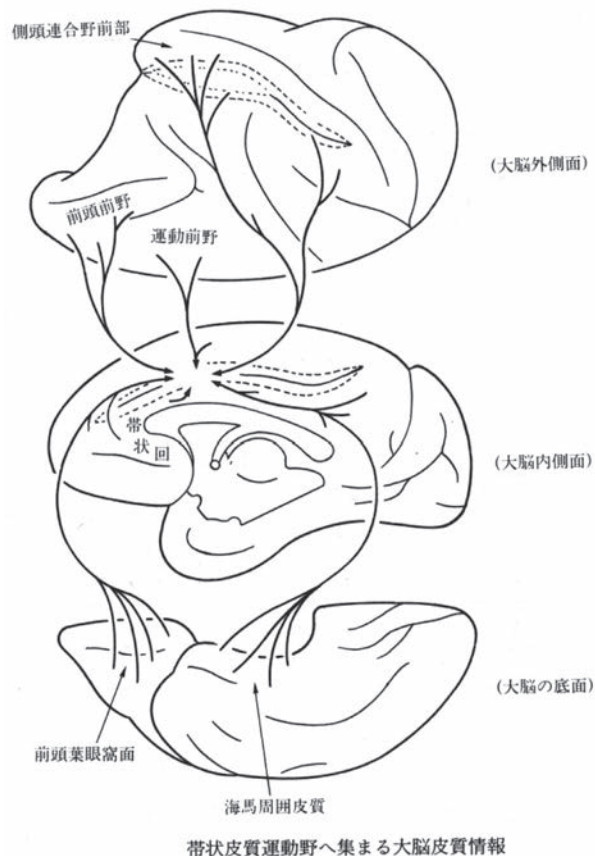
また、音を提示して、その音に対応する色を選ばせるというような課題を与えたとき、つまり、聴覚刺激と視覚刺激の相関を選ばせるような実験をしたとき、ここの部位のニューロンの活動が認められるといいます（Laurienti et al., 2003）。

さらに、サルで意欲について調べようと、以下のような実験もされております（Shima and Tanji, 1998）。すなわち、或る現行の動作（たとえば、ハンドルを回す）を選択し続けると、正解のときに報酬として与えられるジュースの量が漸減するという状況下におかれたときに、サルがその動作（たとえば、ハンドルを押す）を変更して新たな適応条件をみつけたときに再び正当な報酬が与えられるというものです。つまり、別の動作に切り替えたときに報酬量が増えるというような条件を見い出して、新たな行動を選択したときに反応するニューロンが帯状回（とくに帯状皮質運動野）の前部に認められております。

この意欲や意思決定に関する研究は、最近ではfMRI（functional magnetic resonance imaging, 機能的核磁気共鳴映像診断装置）やTMS（transcranial magnetic stimulation, 経頭蓋的低頻度磁気刺激法）やNIRS（near-infrared spectroscopy, 近赤外線スペクトロスコピー）などのハイテクを使って、ヒトでも行われており、「頭の切り替え」作業に関連して、前部帯状回領域が活動するそうです。

図10に示されているように、神経繊維の結合状態からみて、ズバリ、帯状皮質運動野と帯状回は、①自己を取り巻く自然からの感覚刺激・認知情報を総合的に判断する最高次の機能をもっている前頭前野からの入力、②嗅覚、体性感覚、視覚、聴覚などすべての感覚情報を受けている大脳辺縁系からの情動系入力、およびこれらの情報を受けて、③環境に働きかける能動的な運動（出力）系など、これらの諸要因が会合する中軸的位置を占めております。この図をよくご覧ください。

図10：帯状皮質運動野への入力



丹治 (1999)

このように、この領域（＝帯状皮質前部）では、大脳辺縁系からの情動と内的欲求の情報と、前頭前野からの高次の精神神経活動を含む情報を、総合的に統括し、且つ処理して、行動／運動として能動的情報の発信をするための作業がなされていると考えられます。参考までに言い添えますと、皮質間結合の関係からみて、帯状回のさらに後部になると空間認知に、そして後部後端は情動記憶に関連が深いと考えられます。寡聞にして、信用のおける生理学的研究の文献をここですぐに挙げられませんが。

芸術活動について思いを巡らせば、視覚、聴覚をはじめ種々の感覚の後連合野における興奮活動が前頭前野にまで伝達されて、より高いレベルに統合されて行く仕組みが脳の機構として存在しているということになりましょう。そこでは、感受され、認知される感覚（情報）が、ニューロン活動の総体的産物として示され、大脳辺縁系の活動を中核とする情動（パトス）と大脳新皮質活動の最高の産物である言語（ロゴス）の活動が結びつけられます。このように感覚情報が脳内において統合的に捉えられるときに、はじめて高い芸術的受用の段階に達することができると考えられます。

この高次運動（連合）野での処理を経た後に、最終的に第一皮質運動野（primary motor area）に信号が送られて、その興奮が脳幹部や脊髄にある運動ニューロンに伝わり、その軸索である運動神経を通して手足や咽頭・喉頭や横隔膜などを含む全身の筋肉に伝わります。そして楽器を演奏する。あるいは声を出して歌う。そういうふうな訓練を、皆さん方、なさっているわけです。皆さんが訓練しているのは、楽譜を見て、そのまま鍵盤をたたいたり、弦を弾いたりしているのではなくて、こういう運動系、情動系も含めて非常に複雑な脳内の神経回路を動かしているのです。

解剖・生理学的には、そのように推論できるのですが、本当にそうでしょうか？ 現在では、それを脳波や脳画像解析装置を用いて、調べられる段階にきております。

1999 年になって、先ほど話をしましたように、聴覚系の領域内の区域間の結合関係が、仮説として提唱されました。前頭前野、後連合野、言語野との関連、大脳辺縁系、さらに情動（エモーション）に関係する嗅覚や味覚。あるいは何かしようというモチベーション（動機、意図）、あるいはワーキングメモリ（作業記憶）など。話題はたくさんあります。

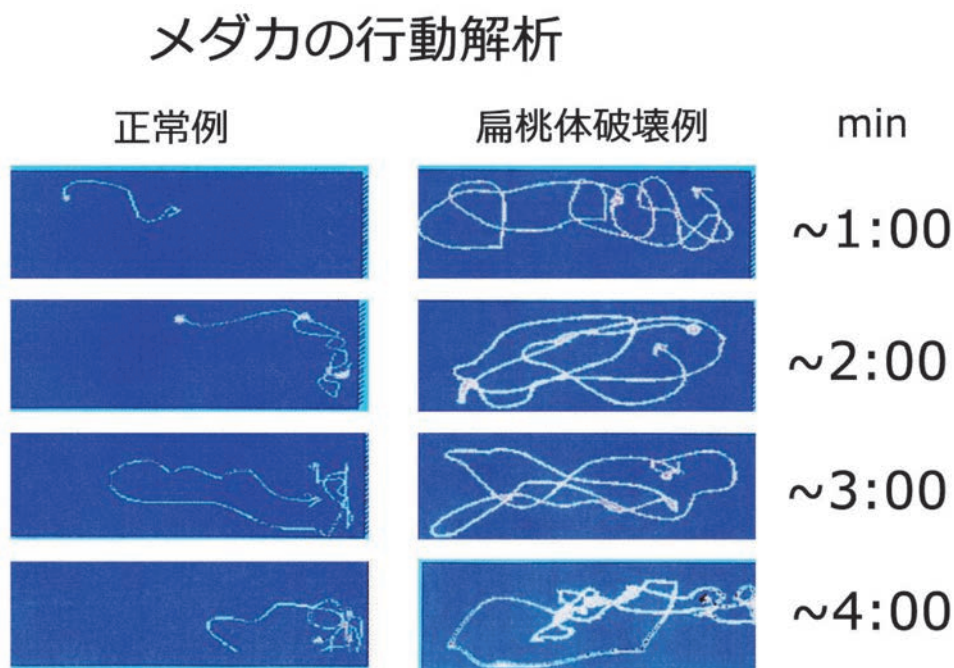
ところで、ワーキングメモリってご存知でしょうか。少しの時間だけ、必要なことを記憶して、作業をします。たとえば誰かさんのところに電話をかけるとしましょう。電話帳を見て覚えて、数秒の間、覚えていて、ダイヤル回します。用がすんだらサット忘れちゃう。短時間チョットだけ覚えて作業をする。そういうワーキングメモリ機能に関与する部位も前頭前野です。おそらくピアノやバイオリンを弾く、オーボエを鳴らす、そのときは、前の音、次の音、そういったものの流れを自分の中で知って今の音を出す。曲は川の流れのように進みますから、いつまでも記憶に残しておかないで、続いてやってくる音に意識を集中させて、音の流れをつなげていかなければなりません。次のメロディーに移ったときには、そこに意識が集中している。専門家を前にした無知な素人にありそうな談義として聞いてください。

簡単に行きたいところですが、動物一般の問題として、トリやサカナでは、情動機構はどうなっているのでしょうか？

サカナでも、相手を仲間として認識して、情の伝わった行動をするのでしょうか？

莊子と恵子の濠上問答を紹介します。魚が泳いでいるのを見て、莊子が「気持ちよさそうに泳いでいるな」と魚の心理状態を主観的に解釈しました。2300 年あまり前の古代中国のころの話です。時代（アリストテレスと同時代）を経て、今日では科学的に、客観的にもものを見ることができるようになりました。

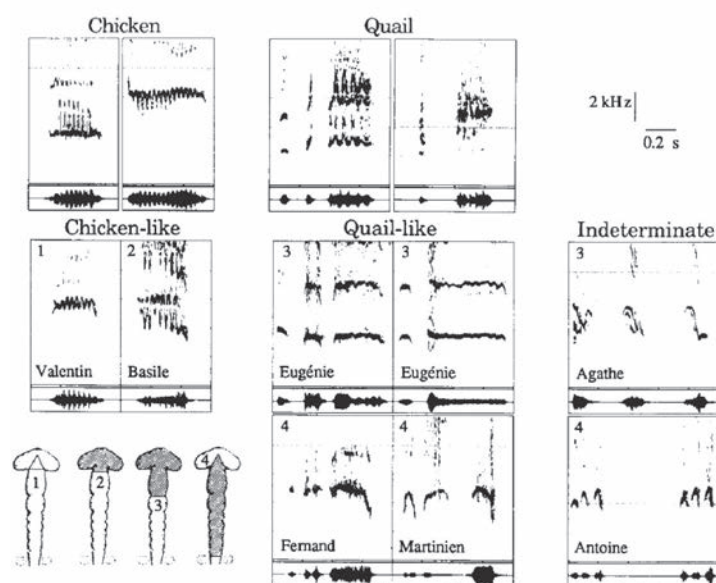
図11：サカナの情動



情動機能に関係するとされる、扁桃体 (amygdala) という組織があります。両側の扁桃体を壊したメダカを使った実験をお目にかけます。水槽にメダカを一匹入れて、一方の右側の壁に鏡を置いてメダカの遊泳の軌跡をみます。健全なメダカは鏡に映った自分の姿を見て寄ってきてしばらくの間離れませんが (図 11 の左)、損傷を受けたメダカはまったく無関心で寄って来ません (図 11 の右)。あたかも相手を認識してコミュニケーションするような様子は見られません。ある研究会でこの話をしましたら、精神科の先生に、「素晴らしいですね、もっと発展させてくださいよ」と励まされました。(慶応時代のポストドック坪川さんの仕事です。)

トリも「声」を発して、相手に伝えて、自分の存在を主張するようです。

図12：トリの情動



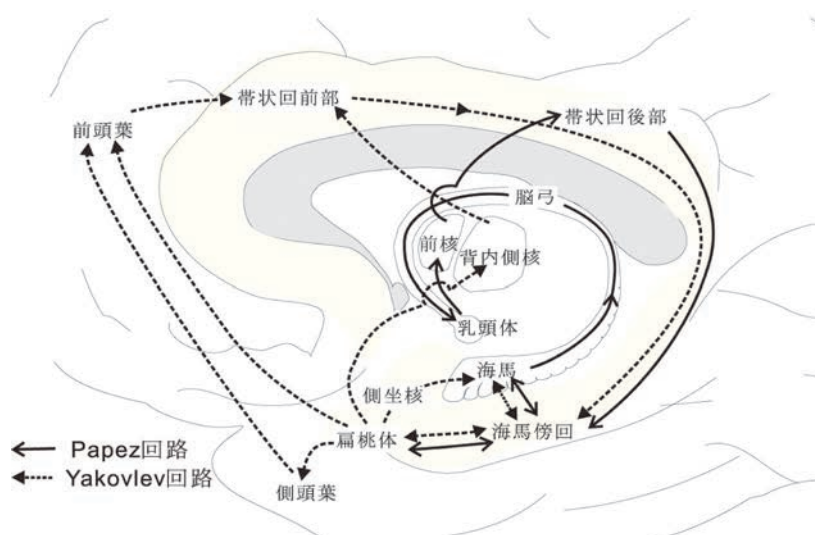
ところで、トリの種類によって鳴き声のパターンが違います。このことに目を付けて、脳組織の部分移植をしたとき鳴き声がどう変わるかという話をします。ニワトリ (ヒヨコ) とウズラでは鳴き方が違います。ニワトリ (ヒヨコ) は「チーッ」と鳴きます。ウズラは「チーッ・チーッ」と2回続けて鳴きます。神経管といって、将来、脳や脊髄となる若い組織のいろいろな部位を交換移植してキメラ動物を作ります。胎生の時期に、ウズラの脳の一部をヒヨコの脳内に、ヒヨコと同じ部位に移植するという実験です。結論だけ申しますが、情動に関係する領域である扁桃体の部分を含んだウズラの組織をヒヨコの同部位に移植しますと、成長した雛はウズラの鳴き声をするようになるという結果を得ました。扁桃体だけをウズラの組織に置き換えた脳、すなわち、このようなキメラ脳を持ったヒヨコをニワトリにまで成長させると、鳴き声がウズラの鳴き声になってしまうという実験です。これも大変おもしろい実験です (慶応時代に同僚だった竹内さんたちの仕事です)。これらの研究から何が言えるのでしょうか？ 認知機能と情動機能の相互の関わり合いが、サカナやトリの段階ですでに切り離せない形で認められるといつてよいでしょう。況 (いわ) んや人の所作に於いておや！ 見よ、音楽に於いて！

海馬と扁桃体について

海馬は、視床下部を含めた脳幹部から入力される生存に必要な要素と大脳皮質連合野からの高次情報を結びつける事によって、一般記憶の記録過程や空間記憶の保持に関連した機能を有しています。他方、扁桃体は側頭葉極や下部側頭葉皮質や前頭葉の腹側部および眼窩面皮質など、情動に関連する皮質と強く相互に結合しております。その上、扁桃核は味や臭いや自律神経系統の皮質下核と結合しており、発生的に新しい部分と古い部分があり、その役割分担も示されており、皮質－扁桃核間の神経回路が働くことによって、賞罰、報酬などの意味づけ、動機づけなどの形成に関わっています。このように、大脳辺縁系は大きく分けて、①記憶変換器としての海馬体系と、②感情表出複合体としての扁桃体体系とから構成されているとみなされます。

図13：大脳辺縁系

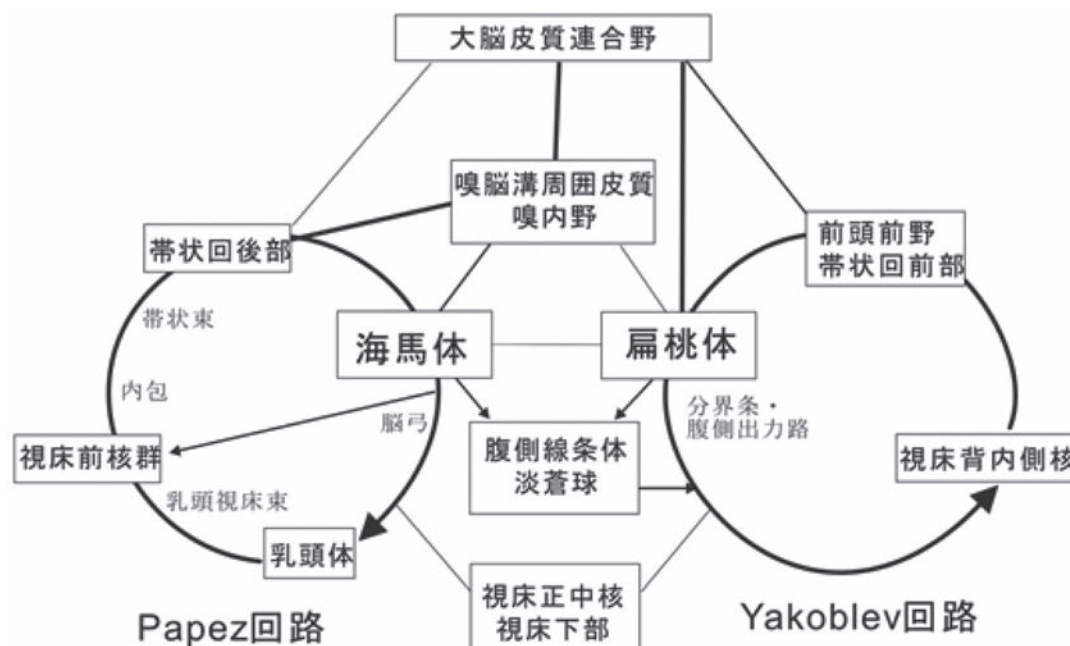
情動機構を説明するうえでのキーワードとなる構造物とそれらを連結する神経回路を示す模式図。大脳半球の内側面の図です。ここは海馬や扁桃体や帯状回などを含んで、大脳辺縁系と言われます。情動や記憶に係る脳の古い部分です。ここでも神経回路を作っております。情動に関与するYakovlevの回路（点線矢印）、また情動記憶というか、記憶に深く関与するPapezの回路（実線矢印）を図で示してあります。（川村、2000）



1930年代から40年代にかけて発表され一世を風靡した、いわゆる「パーペッツ回路（Papez circuit, 1937）」と「ヤコブレフ回路（Yakovlev circuit, 1947）」です。すなわち、扁桃体と視床と帯状回、前頭葉内側面を含む神経回路（サーキット）がこのような形成されることが明らかにされました。長い間、自然科学がなかなか踏み込めなかった、思弁的で哲学的な領域でした。が、この頃から情動や記憶の概念が、唯物的な科学的研究の対象になってきました。

図14

海馬記憶系と扁桃体情動系とは、回路としては独立していますが、皮質、基底核、間脳において、相互に交流があり密接に関連しております。石塚（2002）



扁桃体と海馬は、快・不快などの感覚刺激の生物学的価値評価や条件づけの獲得や情動体験によるエピソード記憶の固定過程（短期記憶から長期記憶への移行）に関わっています。このように、海馬や扁桃体や嗅脳溝周囲皮質を含む側頭葉辺縁領域は情動とともに記憶のような認識機構に関与しています。また、意欲に関しては、帯状回がこれに関与していると考えられております。扁桃体への入力には、味覚や内臓知覚、血液循環に関する諸核（孤束核、結合腕傍核など）からの投射があります。聴覚入力について言えば、視床レベルから（内側膝状体の関連近傍核から）の入力もみられます。また、扁桃体中心核からは、出力経路として、視床下部や中隔核へ向かう神経束（分界条）があります。あとでまとめますが、音楽における大切な要素である、情動の脳内基盤の礎石はここに根ざしていると思われます。

報酬系と情動系について

- 1 報酬系（上手くいった時のご褒美）快接近行動（positive）と、
- 2 罰系（痛みなどの嫌悪）不快逃避／攻撃行動（negative）が認められます。

報酬系は中脳被蓋の腹外側部から視床下部の外側部を上行する内側前脳束（medial forebrain bundle）に一致した領域。この束の一部をノルエピネフリンやドーパミンなどのカテコールアミン上行経路が形成しています。

罰系の方は中脳の背内側部から視床、視床下部、前脳基底部の内側部に連なる背側縦束（Schütz bundle）の経路にほぼ一致した領域で、室周系を中心としています。これらの諸領域と扁桃体は神経繊維によって結びついています。扁桃体と海馬との間の繊維連絡もサルでの実験の結果、存在することが明らかにされており、価値、評価の判断をする役割が扁桃体で、それを支えている短期記憶系が海馬であります。これらからの出力が視床下部に入り、情動の表出がなされます。

扁桃体への入力系

扁桃体には、味覚、嗅覚、内臓感覚、聴覚、視覚、体性感覚などあらゆる種類の刺激が、脳幹レベルから直接入ってきております。ほかに、間脳の視床を介して間接的に入ってくるものもあります。環境からの情報を常にそのまま感覚的に受容する生（なま）の粗な感覚です。

そのほかに、大脳皮質感覚野で処理され、知覚され、認知されたいわば高次の感覚情報が扁桃体に入ってきます。この入力系はその伝達経路が長いために、時間的に遅れて伝達されてきます。しかし、より適正かつ精密な情報として入ってきます。すなわち、扁桃体の基底外側核は、梨状前皮質、嗅内野（28野）、帯状回（とくに24野）、側頭葉、前頭前野からの皮質遠心性線維を受けております（Norita and Kawamura, 1980）。このように、扁桃体内では、粗と精、原始的と識別的、低次と高次という2種類の情報が遭着するのです。

扁桃体からの出力系

大別して3つあります。すなわち、

- ①扁桃体の中心核（および一部、内側皮質核）から起こり尾状核と視床の境界部に沿って背後部から前腹方へと走って中隔核、視床下部（前核、腹内側核、弓状核）、内側視索前核などへ終止する分界条（stria terminalis）という神経線維束、
- ②主として基底外側核を出て内側に走り、側坐核や外側視床下部から内側部にかけて分散状に分布する腹側投射系（ventral pathway、または腹側扁桃体遠心路 ventral amygdalofugal projection）と呼ばれる投射路、
- ③広範囲の大脳領域へ終わる皮質投射があります。とくに側頭葉（TE野、Bonin と Bailey, 1947 による略字命名、以下同様）梨状葉皮質、前帯状回、眼窩面皮質（OF野）との結びつきは強く、側頭葉については、扁桃体の内側基底核はTE野の腹側域とのみ、外側核はTE野全体と各々結びついています（Saleem, 2000）。

分界条（扁桃体の情報を視床下部へ伝える経路）

扁桃体の働きに、たとえば芸術→情動→療法という視点で、音楽療法の有効性を探る鍵の一つが存在していることは間違いのないでしょう。ともかくも、ここで行なわれるこの価値判断の機能の結果は、大部分は扁桃体の皮質内側核から起こる分界条（stria terminalis）を経由して中隔核、視床下部（前核、腹内側核、弓状核）、内側視索前核などへ伝えられ、小部分は主として基底外側核から起こる腹側扁桃体遠心路（腹側投射系、ventral pathway）により視床下部外側部に伝えられております。

聴覚性の報酬期待性 DA ニューロン

中脳ドーパミン系の大多数のニューロンは、報酬期待性の視覚性のみならず聴覚性の刺激に対しても相動性（phasic）の発火（活動）を示すというデータが得られており、情動報酬の過程と接近行動の学習に関わっていることが知られています [Schultz et al., 1997; Schultz, 1998]。従って、線条体内に聴覚性記憶ニューロンも同様に存在し、情動に関わる系によって（リズムをもった運動としての、たとえば演奏を含む）行動が強く影響されると推察されます。このように考えると、視覚系における形や色の表現に類似した脳内機構が聴覚系における音の表現にも存在するように思われます。言語の発音（語ること）の機構とは異なると言いましても、このニューロンのコントロールセンターなるものを脳内に特定することは困難です。そのためには、以下のことを明らかにする必要があります。すなわち、なんらかの響き（振動）があるとき、何を根拠としたときに、それが言語として、また別の

ときには音楽として発現されるのか、各々の振動形態がどのように異なるのか、スイッチング機構がどこにあるのか、あるとすれば、それはどのように働いているのか、これからの研究課題となりましょう。

大脳皮質とくに新皮質が発達した動物－哺乳類－の段階になると、その動物の脳髄には、リズム・テンポの表現に加えて、動と静、速と遅、長と短、さらに美と醜、純と不純、協和と不協和など対比的な関係をもった、表現方法がもっと発展した機構が形成されてくると考えられます。大事なことは、これらに対して、媒介のない相互に対立した、一面的な見方をしていたのでは、今後の実りある研究は発展しないでしょう。大変に難しい課題ですが、大脳新皮質がこのプロセスの中で、線条体の運動を中心とした並列系ループの運動をコントロールする重要な役割を演じていることを念頭に置きたいと思います（後述、24頁－27頁参照）。

ここで、一休みして、お約束の、人を主題にした映像をご覧にいたします。

（ビデオ上映）

この映像は、ローレンス・オリビエ主演の、ロンドンのシェークスピア・カンパニーの演劇です。次のビデオは、スカラ座のオペラで、ドミンゴのオテロが寝室に入るところで、非常に簡素化したものになっています。ドラマと同じ場面を映します。これも7分か、8分ぐらいかかります。

（ビデオ上映）

オテロの物語は、説明するまでもないと思いますが、この最後の、お墓のように静かだというところで幕が、最後の場面です。これ、いわゆるカシオにハンカチを与えよう？いや、与えていない、ノー、ノー、ノーと言って、いや、お前は与えた。それじゃ、1時間の暇を下さい。だめだ。じゃ、いつきの時間でいい。だめだ。今すぐだと。この淫婦め、と言って、悪い女め、と言ってこの場面は、情動が盛り上がり、嫉妬という観念と感情が複雑に絡み合っているところです。ここを古川先生に、音楽的な仕掛けを含めて解説していただければありがたいと思います。

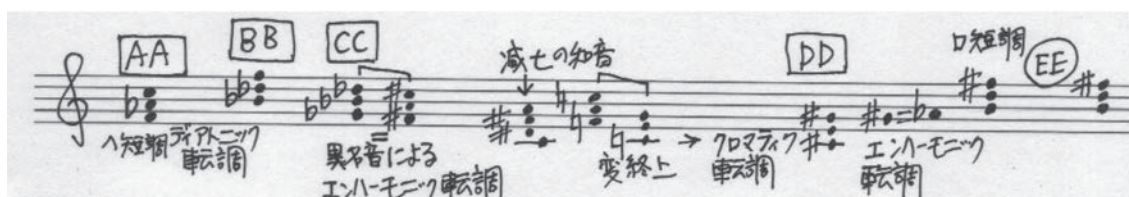
古川先生の（講演当日の）解説

先週の日曜日に川村先生からメールをいただいて、このオペラのこの部分の分析をするようにとお話がありました。ヴェルディーの音楽技法といいますが、ヴェルディーがこの作品のこの部分をどのような意図の下に作曲したかちょっとまとめてみました。これは音楽劇、オペラなので、ドラマの筋にそったドラマチックな構成が要請されています。ここでは二つ技法が注目されます。まず、第一にヴェルディーの場合、旋律の構成においては歌うようなメロディーではなく、特徴的な音程やリズムをもった断片的な動機みたいなものを変形したり、対照したりしながら使います。また調性の変化の過程をドラマチックに構成する、つまり調の緊張関係をうまく利用し構成することによってドラマチックな心理的な動きをつくっています。調性を対比しながら切りかえし、いかにドラマチックに盛り上げていくかということが重要な技法となっています。

楽譜資料の上のほうをご覧ください。これは全体の調性の流れを書き出した、メモです。AA、BBというのは、ヴェルディーの原譜に書いてある楽譜内での場所を示す練習番号です。（普段はオーケス

トラの練習の時などに使います。) 最初はヘ短調 (AA) から始まって、それから近親調である変ロ短調 (BB) を経由し、変ト長調 (CC) という、ソのフラットの調に終止形を作ります。この部分 (BB) ではデスデモナが「あなたにも慈悲がありますよね」と優しいメロディーで歌い、オテロからやさしい気持ちを引き出そうと試みて変ト長調 (CC) に到達するや否や、オテロは変トを異名同音である嬰ヘに置きかえて、つまり急に読みかえて短調で切り返し、意味をパッと変えてしまいます。このようにデスデモナとオテロの気持ちを長調／短調で対比しています。

ちょっと話しがそれますが、ヴェルディーがとっかえひっかえ用いている、転調の技法の三種類について説明します。まず①ディアトニック転調、これは客観的な印象を与える非常にオーソドックスな転調の方法です。②次にエンハーモニック転調、これは音の読み替え、すり替えを行う、意外性と驚きを持ったものです。③クロマティック転調性が、これは何かが変容していくような連続性と情動をもったものです。前出の CC の直前で使われた転調の方法は変トを嬰ヘにすり替えるエンハーモニック転調です。音楽は CC に到達した後、あとで何度も出てくる、調性的には中立の減七の和音を経由して、ハ長調へ変終止したのち、クロマティック転調を用いて CC あたりの調性、嬰ヘ短調の近親調である、嬰ハ短調 (DD) に至ります。DD 以降、嬰ハ短調の近親調である嬰ト短調に至り、嬰トをデスデモナの歌がいったん、エンハーモニック転調を用いて変イに読み替えようとしますが、半音階的な動きの後に、ロ短調にいたります。EE においてもロ短調が安定的に継続され、殺しの場面へと向かいます。さて、前にも書きましたが調性の構成の緊張関係を見てみると、AA のヘ短調は CC において半音あげられ嬰ヘ短調になり、心理的な緊張感が高められ、DD の半ばに到達する、ロ短調において冒頭 AA のヘ短調からの最も遠い調に達します。このよう調性計画がヴェルディーの音楽の骨組みになっています。



Think on thy sins.
DESSDEMONA They are loves I bear to you.

OTHELLO Ay, and for that thou diest.

DESSDEMONA That death's unnatural that kills for loving.
Alas! why gnaw you so your neither lip?
Some bloody passion shakes your very frame;
These are portents, but, I hope, I hope
They do not point on me.

OTHELLO Peace, and be still!

DESSDEMONA I will so. What's the matter?

OTHELLO That handkerchief which I so lov'd and gave thee
Thou giv'st to Cassio.

DESSDEMONA No, by my life and soul!
Send for the man and ask him.

OTHELLO Sweet soul, take heed,
Take heed of perjury; thou'rt on thy death-bed.

DESSDEMONA Ay, but not yet to die.

OTHELLO (Yes,) presently;
Therefore confess thee freely of thy sin;
For to deny each article with oath
Cannot remove nor choke the strong conception
That I do groan withal. Thou art to die.

DESSDEMONA Then Lord have mercy on me!

OTHELLO I say, amen.

DESSDEMONA And have you mercy too! I never did
Offend you in my life; never lov'd Cassio
But with such general warranty of heaven
As I might love; I never gave him token.

OTHELLO By heaven, I saw my handkerchief in's hand.
O perjur'd woman! thou dost stone my heart,
And mak'st me call what I intend to do
A murder, which I thought a sacrifice:
I saw the handkerchief.

DESSDEMONA He found it then;
I never gave it him. Send for him hither;
Let him confess a truth.

OTHELLO He hath confessed.

DESSDEMONA What, my lord?

OTHELLO That he had us'd thee.

DESSDEMONA How? unlawfully?

OTHELLO Ay.

DESSDEMONA He will not say so.

OTHELLO No; his mouth is stopp'd:
Honest Iago hath ta'en order for 't.

DESSDEMONA O! my fear interprets. What! is he dead?

OTHELLO Had all his hairs been lives, my great revenge
Had stomach for them all.

OTHELLO Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per sempre.

OTHELLO Cielo! Morte?

OTHELLO (frendo) Son perduta! ei tradito! Morte.

OTHELLO (con forza) E pianger l'os?

DESSDEMONA Muto non uccidermi.

OTHELLO Tu vivrai.

OTHELLO Ti difendi.

DESSDEMONA Mio peccato, to è fa.

DESSDEMONA Pen - na a' tuoi peccati.

OTHELLO Mio peccato è l'amor.

DESSDEMONA Per ciò tu muori.

OTHELLO E perché l'amor m'uccide? ...

DESSDEMONA No! sull'anima mia!

OTHELLO Quel fazzoletto.

DESSDEMONA Ch'io ti donai gli desti.

OTHELLO Non è vero!

DESSDEMONA Nella sua man lo vidi.

OTHELLO Io rea non sono!

DESSDEMONA Confessa!

OTHELLO Giuro!

DESSDEMONA Bada allo spergiuo.

OTHELLO Pensate che sei sul tuo letto di morte.

DESSDEMONA Non per morir.

OTHELLO Per morir tosto.

DESSDEMONA Aita!

OTHELLO Cassio qui viene - ch'ei qui venga - ci parli.

DESSDEMONA Muto è per

DESDEMONA
Alas! he's betray'd and I undone.

OTHELLO
Oui, strumpet! Weep'st thou for him to my face?

DESDEMONA
O! banish me, my lord, but kill me not!

OTHELLO
Down, strumpet!

DESDEMONA
Kill me to torment; let me live to-night!

OTHELLO
Nay, if you strive -

DESDEMONA
But half an hour!

OTHELLO
Being done, there is no pause.

DESDEMONA
But while I say one prayer!

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

Cielò! Morto? Son per - du - tale tra - di - to! O - tel - lononue - ci - der - mi...

(freddo) (con forza)

sempre. Morto. E pianger fo-si?...

cor... Piena! Chio vi - va giunta not-te... U - no fa... Un l - stia - te. Sol chio di - ca u - n'A - ve. E tardi! E tardi!

O - tu - ta! Muori! No! No! No!

tar - di!

OTHELLO
Yes! Emilia: by and by. She's dead!
'Tis like she comes to speak of Cassio's death;
The noise was high. Ha! no more moving?
Still as the grave. Shall she come in? Were't good?
I think she stirs again: no. What's best to do?
If she come in the 'll sure speak to my wife:
My wife! my wife! what wife? I have no wife:
O, insupportable! O heavy hour!
Methinks it should be now a huge eclipse
Of sun and moon, and that the affrighted globe
Should yawn at alteration.

EMILIA (within) I do beseech you
That I may speak with you, O! good my lord.

OTHELLO
I had forgot thee: O! come in, Emilia:
Soft, by and by: let me the curtains draw.
Where art thou? What's the matter with thee now?

OTHELLO
It is too late.

EMILIA
(Within) My lord, my lord! what, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
What voice is this? Not dead? not yet quite dead?
I that am cruel am yet merciful;
I would not have thee linger in thy pain.
So, so.

EMILIA
(Within) What, ho! my lord, my lord!

OTHELLO
Who's there?

EMILIA
(Within) O! good my lord, I would speak a word [with you]

古川先生による解説（補筆）

音楽は古来、どのような文化でも劇や踊りと一体となって営まれてきました。オペラという形式においても劇の内容と一体となって音楽が使われています。オペラ「オセロ」においてヴェルディーの用いた劇の内容、ドラマツルギーを支える音楽技法の特徴はその綿密に計算された調性設計にあります。オペラは順番に上演される複数の幕と場から成るのですが、その各場もいくつかの部分に分かれます。ヴェルディーはこの各部分に個別の調性を割当て、頻繁に調性を変化させ、調性間の緊張関係をドラマの内容に沿って配置構成します。一つの調性から次の調性への移行、つまり転調の方法も主に三種類を使い分け、部分と部分の心理的、内面的な関係を表現しています。このような短時間内の急激な調性の変化は普通の音楽には見られない正に劇的な効果を生み出します。よりスコープの大きい場と場の関係、移行には調性の近親関係を利用しています。第四幕のオテロがデズデモナを嫉妬のあまり殺してしまう場では、その予感から始まる冒頭にヘ短調、実際に殺害する場には、近親関係において最も遠い、ロ短調を配置し、心理的な距離感、緊張感を音楽で表現しています。このようにヴェルディーの音楽語法は劇の内容にそって展開されています。

川村 ありがとうございます。今までのところで、私と古川先生に対し、質問というか、討論ありましたら、時間をもちたいんですが。

古川 質問ありますか。質問お願いいたします。

川村 じゃあ、途中で手を挙げてストップして下さい。ディスカッションしながらしましょう。テンポを速くします。ここまで、認知の問題から情動の問題まで行きました。

次は運動です。大脳基底核という運動関連領域があります。バランス感覚をもった運動系の領域と考えられております。動物によってこんなに構造が違います（図 省略）。ヒトの場合、サルやほかの動物に比べて発達の内容は大きく、歴然としています。黒く塗った部分が基底核です。ちょうど大脳皮質（cerebral cortex）と、それから、視床（thalamus）と辺縁系（limbic system, 海馬、扁桃体など）を結んで連絡する中核というか中枢みたいところに位置しています。

脳の機能局在に関する研究は、前々世紀ぐらいから盛んに行われてきました。ある意味で、個々に切り離されて研究が進められてきました。現在は、その研究成果の積み重ねを土台にして、総合的に、全般的に物事を考えられる時代になりました。脳全体としてどう働いているのかについて関心が高まってきました。そして、データに基づいた科学的な研究をすることができるようになりました。また、脳科学の時代とも言われるように、関連する学問領域、周辺の領域との共同研究も始まっております。たとえば脳科学と数学、いわゆる数理工学的なモデルをつくる、あるいは音楽、美術の分野の人たちと情動系の問題を考える、そういう兼ね合いの研究です。

それで、そういった視点に立って、この大脳基底核をめぐる領域の問題にチョット深入りして話を進めていくことにします。この領域には大脳皮質全域からの強い入力が見られます。辺縁系からの入力もあります。そして、これが、図 15 に示しましたように、“閉じた”神経回路（クローズド・サーキット）を作っております。幾つかの独立した神経回路が見られます。情動系が一番内側にあります。その外側に、認知・連合の系、それから運動系、一番外側が前頭前野で認知・（能動性）行動の高次機能、というふうに並んでおります。近年、Alexander ら（1986）や Middleton と Strick（2002）らの研究によって提唱されました。

80%を占めています。その他は、介在ニューロンが4種類明らかにされています。それらは、GABA/Pv 含有細胞、SOM/NOS 含有細胞、カルレチニン／含有細胞および ACh 含有細胞です。そのうちのコリン性ニューロンは大型無棘の細胞（large aspiny neuron）で、全体の2%を占めるに過ぎませんが、線条体全体に ACh を供給し、その放射状に長く伸びた樹状突起と軸索を介して投射ニューロンに影響を与えており、手続き記憶や条件づけ感覚運動学習に関わる運動制御に大きな役割を演じています。

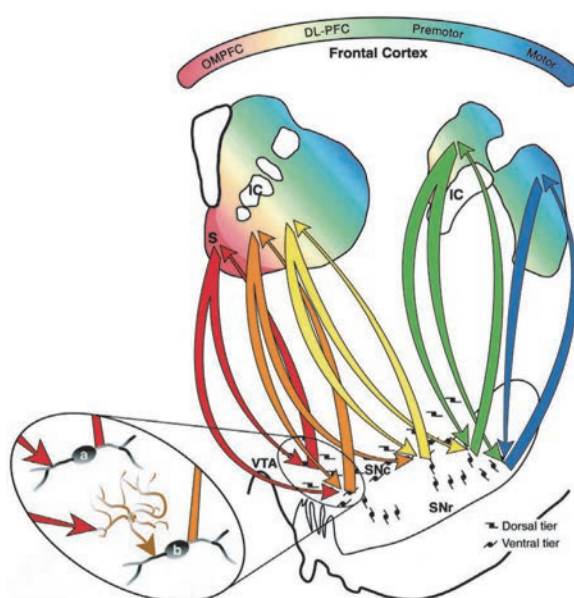
メモ：側坐核については、ドーパミンの項で、セロトニン、アセチルコリンと一緒に後述されます。

以上、概説しましたように、大脳基底核は、これからの研究が期待される重要な分野です。

繰り返し強調しますが、大脳基底核は、大脳新皮質、大脳辺縁系、中脳ドーパミン系との密接な結びつきがみられることから考えて、認知、運動（能動的活動）、意欲、情動などの「精神機能」を統合する上で重要な位置を占めています。大脳皮質から線条体への入力サルやヒトでは17野を除く全領野から認められます。身体のバランスをトータル的に調節するという機能が発揮される基盤はここにあると言っていいでしょう。大脳基底核の背側部は黒質線条体（A9）系の主な標的部位として感覚運動機能に関係し、他方、腹側部は（とくに前方部は側坐核と呼ばれ）中脳辺縁ドーパミン（A10）系の主な標的部位として海馬や扁桃体、さらに視床下部と共に辺縁系の中核を成しています。

なお、線条体入力軸索終末には少なくとも大脳皮質由来のグルタミン酸作動性（その受容体はNMDAタイプで、樹状突起棘の頭部にある）のものと、黒質由来のドーパミン作動性（その受容体はD1, D2グループで、樹状突起棘の頸部にある）のものがああります。これらの入力を受けてGABA作動性の抑制性投射ニューロンが視床ニューロンおよび大脳基底核あるいは前脳（内側）基底部（腹側淡蒼球 ventral pallidum と連続する）の細胞群（マイネルト基底核、ブローカの対角帯、無名質など）内に存在するコリン作動性ニューロンに神経終末を与えています。そして、これらの視床ニューロンおよび大脳基底核ニューロンは、ともに広く大脳皮質に興奮性の出力を与えており、（フィードバック的に）大脳皮質の働きを制御しています。

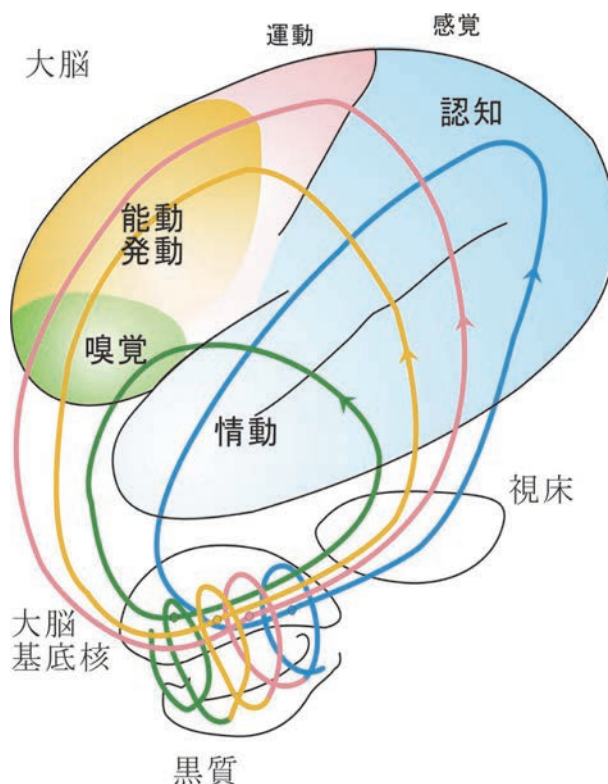
図16：基底核と黒質との間の結合 Haber 2000



最近（2000年）ですが、アメリカのハーバー（Haber）らが、先ほど述べた基底核のドーパミン系、情動／報酬／モチベーションを駆動する系に焦点を合わせて、この大脳基底核と黒質の間に見られる繊維結合の局在性関連を、軸索流法を使って調べました。そうすると、このモチベーション（行動の動機）に関する結合、認知に関する結合、運動に関する結合、あるいはもっと高次の精神機能に関する結合など、これら幾つかの領域的に異なる結びつきがインデペンデントに（独立して）、パラレル（並行的）にサーキットをつくっていることが分かりました。らせん状（spiral）に、情動にかかわり合いながら動的に、同時並行的に進行するという（弁証法的な見方）を示唆する形態学的所見を示してきました。もっとも、意味づけは慎重で、論文にはそのような解釈まではしていませんが。

精神科医の目で私が見るとこうなります。たとえば、たばこ、酒、さらに麻薬が欲しい、欲しいなと思っていると、その欲求が高まってきて、その認知機構が乱れて抑えられなくなって、夜中にでも家を飛び出し、店の扉をどんどん叩いて、閉店ですよと言われても、聞く耳を持たずという行動に走る。音楽を専門とする皆さんの目で見るとまた違った見え方も出てくるのではないのでしょうか？たとえば、楽曲の展開の流れなどに結びついて……。静かに反芻してみてください。

図17：脳内回路めぐり—情動・認知・運動—



さらに一部が乳頭体・視床前核・帯状回・前頭前野・補足運動野から構成される神経回路を通じて、意識化された意欲の形成ステップにもつながっています。この意味において、意志は、広義の意識のうちに含まれるとも考えられます。知・情・意の連係はこのようにして脳内に形成されています。

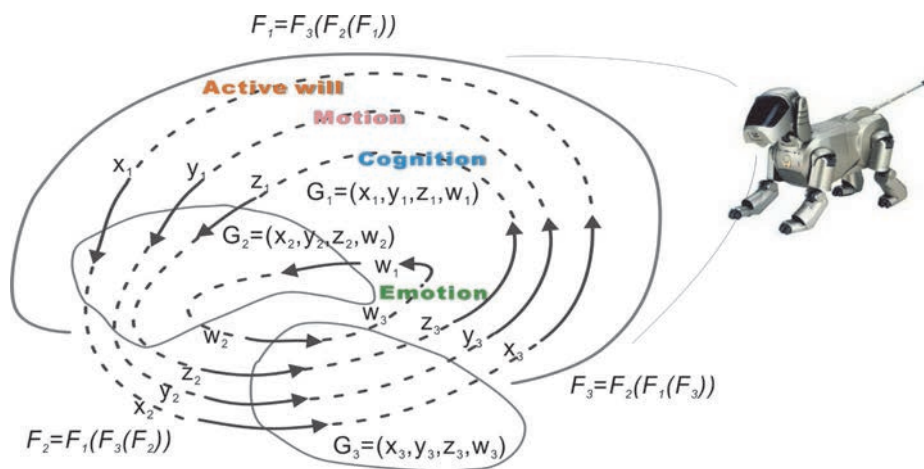
このように、parallel and spiral processing system として脳機能が進行するのではないかと考えて、それを図式化したのがこの図17（川村）です。ドーパミン系を引き金（trigger）として、情動→認知→運動→能動的行為へと、進行するであろう脳機能のモデルを、考えているところです。これを発展させると、精神医学と脳機能、とくに情動と認知の機能と深く関わりのある音楽の領域にまで、入り込めるのではないかと、「遊び嗜好」で「思考」中です。報酬／ご褒美（この場合、ジュースでなく精

神的栄養！)を期待したドーパミンによる学習強化の効果など「芸術する心」を揺さぶり起こすものではないでしょうか。

私は、現在、研究という研究はしていませんが、理化学研究所の脳機能信号処理部門内のラボに席を一つ貰って、今まで研究してきた脳科学の知識に基盤を置いて、脳機能信号処理を学んで、これを私なりに関連づけてみたいと思って、数理科学的に考えて、ささやかなものでも、脳の認知機能のモデルをつくってみようと思案中です。未発表のものですが、以下にそのモデルの一端を示そうと思います。

図18：脳機能のモデル

ここ的大脑皮質 (G1)、それから、大腦基底核 (G2)、それから、ここ視床 (G3), そういったものが写像 (mapping) の関係で、それらが関数 (function) としてあらわれるのではないかと。このアイデアはまだ仮説の段階です。



G1 = (x1, y1, z1, w1)cerebral cortex (大腦皮質)

G2 = (x2, y2, z2, w2)basal ganglia (大腦基底核)

G3 = (x3, y3, z3, w3) thalamic nuclei (視床)

G1 — F1 — G2 ; G2 — F2 — G3 ; G3 — F3 — G1

x : emotion/olfaction (情動 / 嗅覚)、y : cognition (認知)

z : motion (運動)、w : active will 意欲 / 意志)

現在、計算論的神経科学からの基底核をめぐるモデルが最近ぼつぼつ提唱されています。門外漢の私が生嗚りに知っている身近ないくつかの例ですが。

- ①ドーパミンによって強化学習される大腦基底核内の報酬期待性の(視覚性および聴覚性)ニューロンが、条件刺激(CS)と報酬(reward)に関する強化学習において、グルタミン酸、GABA、ドーパミンの相互間の興奮/抑制性の影響下で「自己組織化」されて、修飾されて、可塑的に性質が変わるという事象について数理的(または計算的)モデルが考案されています(中原/理研、2001,2003)。
- ②高次機能に深く関わっているとされている大腦皮質(や海馬)に特徴的に認められる40Hzの同

期神経発火（ガンマ振動）の時間情報が脳辺縁系（とくに線条体）での「長期抑制誘導、LTD」に影響を及ぼすことの理論解析（深井／理研、1999）。

- ③認知機構における皮質－基底核－視床ループ（神経回路）の企画と実行のコンピューターモデル（Computational Model）の試案（Dr. Narayanan/Berkeley、2003）

— —

小脳について

小脳も大脳基底核と同様、もともと運動に関連して研究されてきた重要な組織です。

小脳は運動の学習に際して、中心的な役割を演じます。

楽器を演奏するとき、あるいはスキーで滑るとき、あるいはサーフィンに乗るとき、初めはぎこちない運動ですが、だんだん慣れてくると、自然に身体（からだ）が動くようになりますね。これは、体で覚えるという手続き記憶（procedural memory）と呼ばれる種類の記憶学習でして、その働きの中心は小脳にあります。小脳と大脳との間には強固な相互連絡がありまして、この流れに沿って情報が相互に交換されます。なんども繰り返して練習しますと、行動パターンを決める一種の「内部モデル」が小脳のなかに形成されます。そして、半ば「無意識的に」運動が行われるようになります。

さて、運動の順序立て、現在の行為の次に何をするか？それを計画し、運動系統に指令し、実行する機構は、先ほど話題にしました、大脳皮質、それも前頭葉内にある高次運動領にあります。たとえば、手に煙草を口に加えて、マッチを擦って火をつけて、たばこを吸う。順序があります。また楽器の演奏などで、ピアノやヴァイオリンで曲を弾くときの順序立てがあります。これには、知覚・認知の機能から運動機能まで同時進行して脳が働きます。もっと高等な例を挙げますと、思考の順序・手順・進め方があります。前頭葉でなされたこのような神経活動の貴重な経験的結果は、連合繊維を介してフィードバックされて、頭頂・側頭連合野に伝わります。側頭連合野は記憶の貯蔵庫とも言われる所です。ここで「内部モデル」が最初に作られて、小脳に運ばれ、大脳⇄小脳間のループを回わる過程で強化されるのです。暗譜して弾けたというのはこのレベルに達した時の話です。

まとめると以下ようになります。

感覚器官から脳幹、間脳を通して大脳皮質の第一感覚野に到達した興奮は後連合野に入り知覚・認知の処理を受けます。それが前連合野と後連合野との間で情報が何度も交換されて、それに、大脳と小脳との間の情報交換も加わって、運動モデル、思考モデルが形成されます。

いわゆる前段階の機能処理結果を次の段階に転写する、数学の言葉で言うと写像（マッピング）を行って、両者間で、入力処理とその結果を出力として、その相互の伝達を繰り返す。大脳での感覚系の座標が、認知系や空間系の座標に変換され、さらに、それが運動系を動かす。ここに小脳からの強力な入力加わると、運動系の機構が自動的に働いて、注意深く意識を働かせなくても運動が成立するようになります。こういう「内的モデル」が一旦脳内に作られるとなかなか壊れません。昔取った杵柄とはこういうことです。何故でしょうか？では、その話をしましょう。

その前に、話の道筋を断絶なくするために、ここで小脳のモデル化の研究がどのように進んできたのかについて、まとまった話をしなくてはならないのですが、長くなるので割愛せざるをえません。むかし大学で学生を相手に一夜漬けの準備をしてあぶない講義をしていましたが、所詮は借りものでした。

でも、ここは大切なところですので少し触れておきましょう。1967年に小脳の構造と機能についての詳しいデータが一冊の本にまとめられました。「神経機械としての小脳」(Eccles, Ito, Szentágothai 著)という野心的なタイトルの著書です。

下の模式図(太字)をご覧ください。

小脳への入力→入力層(苔状繊維)→ 中間層(顆粒細胞/平行繊維)→(登上繊維)出力層(プルキンエ細胞)→小脳からの出力

小脳皮質内の構造と配線図(どの脳の本にも書いてあります)を用意してないので、分かりにくいかもしれませんが、小脳のニューロンと繊維の構成を、パーセプトロンモデル(Rosenblatt, 1962)と比較して対比させたものです。David Marr (1969)とJames S. Albus (1971)の仕事が端緒でした。客観的で数量的な、信用できる科学的な詳細な実験データ(当時のセンタゴタイ先生の数量解析的な講演が思い出されます)と数理工学的な研究の合体があったからこそ、小脳の神経結合のnetwork modelが考案され研究が一段と進んだのだと思います。その後の進展については後述される通りです。

小脳と運動と思考の内部モデル

- 1) 小脳における古典的な制御系に皮質マイクロゾーンという機能単位(小脳チップ)モデルをこれから作ろうとする雛形となる元の系とを並列的につなぎます。
- 2) その元の系と小脳チップモデルとの間の出力の差を誤差信号として小脳チップに与えるように組み込みます。
- 3) 誤差信号を与え続けると小脳チップの動特性(=時間的に変化する対象を特徴づけている性質のことで、時間要素を含む制御対象の特性をいう)が次第に元の系の動特性に近づいてきて古典的な制御系を適応制御系に変えることができます。
- 4) この原理を使って、筋肉骨格系のモデルを小脳内に作り上げます。
- 5) これに大脳⇔小脳ループを働かせて、外部フィードバックを小脳を通る内部フィードバックに置き換えてしまいます。
- 6) これが完成すると、外部ループなしに小脳の内部モデルの働きだけで筋肉骨格系の動特性を再現させることができるようになります。

次に、小脳にみられる2つの制御様式の特徴について述べます。これは運動練習の二つの段階①と②に当てはまるものと思われます。皆さん、曲を演奏するときの運動という行為についても思い浮かべて下さい！

- ①順ダイナミクスモデル運動制御系(forward model, Ito, 1970)は、大脳運動野と小脳の中間部との間の関係と対応する、運動を指令し(入力)、その結果おこる運動を出力とする「順モデル」です。
- ②逆ダイナミクスモデル運動制御系(inverse model, Kawato ら、1987; Kawato and Gomi, 1992a, 1992b)は、運動前野と小脳外側部の関係と対応する、運動を計画し(入力)、その情報を筋肉に送る運動指令を出力とする「逆モデル」です。

- ①の場合(身体や環境の特性をコピーした内部モデル)は意識的ですが、目をつぶったままでも正確に思った通りの運動ができるようになります、

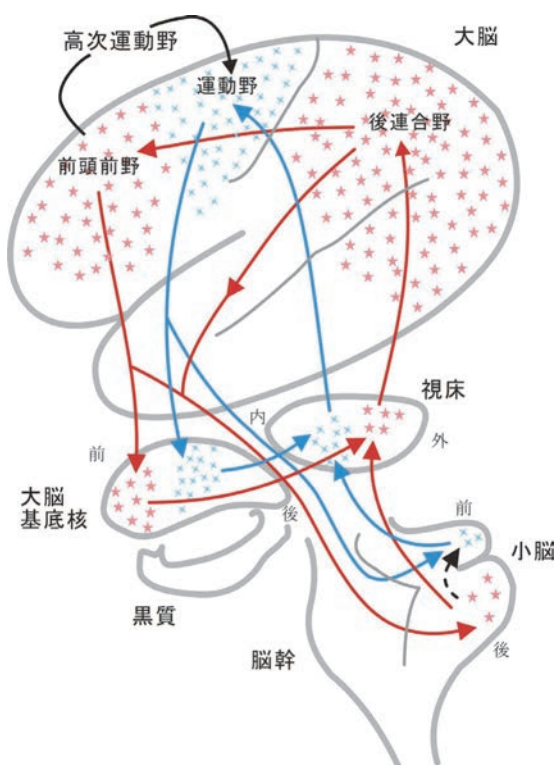
②の場合（運動野での処理をコピーした内部モデル）では運動を繰り返し練習すると、とくに意識しなくても正確な運動ができるようになります。

理研の伊藤先生のお仕事ですが、先生はこの運動に関するモデルを思考過程にも拡張、発展させて、モデル思考制御系の考えを提示されました（Ito, 1993）。「思考モデルの順モデルを組み込んだ思考系」と「思考モデルの逆モデルを組み込んだ思考系」と呼ばれるもので、モデル作図の上では、「運動野」を「前頭前野」に、「筋肉骨格系の運動作用」を「後連合野の認知作用」に入れ替えた形になっています。この運動から思考へのステップは非常に大きいものがあります。すなわち、「①ブローカ野を含む前頭前野が、認知思考の要素の貯蔵庫であるウェルニッケ野を含む後連合野内の思考モデルに繰り返し働きかける。その結果、②大脳皮質内活動としてさまざまに考えることをくり返すうちに、小脳と大脳皮質との間を両方向性に密接に結ぶ結合を使って、小脳内にそのシミュレートされた思考モデルを形成していく。③前頭前野はこの小脳内思考モデルに働きかける。」（Ito, 2008）。この過程を繰り返し続けることによって、自動的思考が可能になり、思考モデルの逆モデルが小脳内にできれば、意識を高めなくても考えが進んでいく。すなわち、何度も考えて経験した思考に関しては、改めて大脳皮質を働かせることなく自動的に、俗に言う「無意識的」に、思考が進むことになるということです。

演奏や作曲における習熟のプロセスも同様かと思います。如何でしょうか？何故かという、この芸術の表現の過程では、運動と思考が高度に融合して、発展された形で進行すると思われるからです。

次の模式図 19 は最近の作で、ここが大脳です。これが脳幹それから脊髄。ここに小脳があります。脳全体の俯瞰図です。

図19：小脳の新・旧刺激の興奮経路の移動



小脳は前葉と後葉に大別されます。細かいことは抜きにして、大雑把に言って前葉は運動系に、後葉は認知系に大きく関与しております。ある種の動作を学習する過程で、小脳では初めころは後葉が反応して、それが慣れてくると、情報伝達経路をしめす活動の中心が前葉のほうに移ってくる。一方、小脳からは視床へ投射します。基底核からも視床への投射があります。領域的には多少異なりますが、初めは赤い路線で信号が走っていたのが、学習後には青い路線を通るようになります（図19参照）。すなわち、認知座標にコードされていた情報が運動座標系にコードされるようになります。こうしたサーキットの移動・変換が、なんども練習を繰り返して、記憶学習することによって滑らかに変化してくる。出鱈目を言っているのではありません。以下に述べる彦坂、坂井先生たちの研究結果に基づいて話しております。本当かどうか、楽器を練習しているときに、上手くなるプロセスを皆さんの脳で調べることができれば、こういうことがわかるのではないかと、何か掴めるのではないかと、というのが、私の夢なんです。

以下に少し詳しく補筆します。（脳と精神、2006、川村から）

「メトリカル」なリズムと「ノンメトリカル」なリズム

これに関連して、小脳の認知機能（注意、記憶、言語、感覚、刺激受容）に関わる、リズムと時間情報について考えてみましょう。坂井らはヒトに7つの音を異なる時間間隔で聞かせて、12秒後にそのリズムをボタン押しによって再生させました。このようにしてリズムを短期に記憶し、保持しているときの脳内の活動状態を同じくヒトでfMRIを用いて研究しました（Sakaiら、1999a）。彼らの研究によれば、リズムはインターバル比率に依存しており、その構成の比率により2通りのパターンがあると言います。すなわち、

- ①左側の運動前野、頭頂葉と右側の小脳前葉外側部は1:2:4および1:2:3のリズムに反応する、すなわち、そこにはそのようなニューロン集団があるということです。日常的には、われわれの生活（環境）に自然な馴染みのある「整数倍」リズムであり、長期記憶として小脳前葉とそれに関連する領域（左側大脳皮質運動前野など）に蓄えられているのでありましょう。
- ②右側の前頭前野、運動前野、頭頂葉および両側の小脳後葉半球部は1:2.5:3.5のリズムに反応する（そういうニューロン群が存在する）。非日常な一瞬戸惑いを感じさせる「非整数倍」リズムであります。このリズムは小脳後葉でキャッチされ、そのリズムが馴染んで自動化されると小脳内の活動が前葉に移行します。この際に活動する大脳皮質領域は右側前頭・頭頂葉です [Sakaiら、1999, 2000]。

①はその場合の時間間隔が一定（metrical）で、②は不定（non-metrical）です。ただし、①の一定比率の打点（時間）は、当然打たれるべき次の点に対する予測を前提させますから、その予測からして、打点、すなわち音そのものの存在を予測させることになります。これを言い換えれば、次の打点（音）の存在（非存在）の表象に関わる神経作用であるということになります。つまり、あるべき場に表われるべき点（音）をくり返し予測（感知）して行なうという認知作用です。予測認知活動がmetrical（リズムカル）に予測点を打って自動的に進行して行きます。

それに対して②の不定的、非一定比率の場合は、一定の予測が立たないため、緊張を伴って、不測的な次の打点を待ち受け、打点される毎に、その点がこれに先立つ打点とどのような関係（比率）にあるかを計算し、割り出して行くという認知活動になります。これは①に対して明らかに非階層的＝非積み上げの的であり、それだけに神経作用のエネルギーは大となり、緊張・興奮が伴うでしょう。

ここで新旧の事項の運動記憶ないし認知機構に関わる神経回路の問題として、彦坂グループによって明らかにされた、手続き記憶学習の獲得と実行に関わる大脳皮質－基底核ループに属する複数の独立した系「パラレル・ニューラル・ネットワーク」[Hikosaka et al., 1999; 坂井, 2000]と無理なく結びつけることができます。

神経解剖生理学的に考察するとこのようになります。実際こうなれば万々歳で、私の言っている仮説が生きてきます。実際はこれに情動系が入ってくるのですが。情動系も、私が今理化学研究所で、チホツキー先生という国際的なポーランド人の先生のところで、音を使って、できれば音楽を使って、調べてみよう、実験データを出そうということになっております。どうやって実験を進めたらいいか。脳の認知機構については、ちゃんとリーズナブルに言えるのですが、音楽でとなると、さっきのパブロフ研究所のボスとの話のように、プロコフィエフとモーツァルトの音楽の差がどこに生じてくるかぐらいの発想しか出てこないんです。それじゃ研究にならなくて、楽典に基づいた、つまり言葉の文法、音楽の文法、それがどういうふうな仕組みで、どう関わってくるのか、そのように考えて研究をしないと良い結果は得られないでしょう。

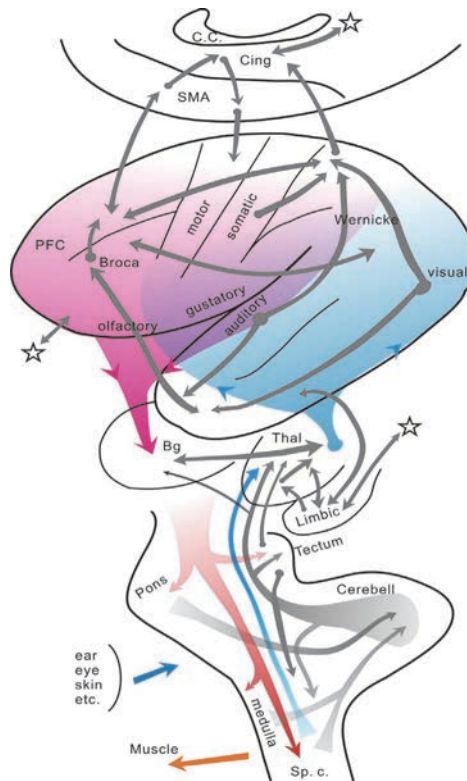
言語の研究には、立派な仕事がたくさんあります。たとえばシンタックス (syntax) とって、言語の構文論で、その構造や特性についての研究があり、これと並列して、形態論 (morphology) という言語の文法を研究する部門があります。Leonard Bloomfield (言語学を自然科学的な厳密な実証主義の上に構築しようと試みた) とか Ferdinand de Saussure (表象を分析する記号学を提唱した)、Noam Chomsky (文法の数学的モデルを考え、言語理論の論理構造を研究し、「生成文法理論」を提唱した)、Lev Semyonovich Vygotsky (社会的存在としての子供の思考と言語の発達を研究して、子供の発達の「最近接発達領域、Zone of proximal development, ZPD」を提唱した) などにより多くの研究がなされております。日本でも東大の酒井邦嘉先生の立派な仕事があります。たとえば雨が降ります、彼は泥道を歩きますと、これは分りますよね。彼は雨を降りますと言ったらわかりませんね。泥道が走ってますと言ったら、これも分らないですね。主語と目的語の間に結ばれる文法的関係、あるいは、名詞と代名詞が分離してないかどうか、など。そういう意味論 (セマンティックス) と統語論 (シンタックス) とを研究する。文章のなかの異なる分離された情報を処理して統合して理解しようとする。このとき、ブローカ言語中枢の領域内で反応する部位が、処理のやり方によって違うだろうという結果を発表されました。音楽での表現の分析にも、似たようなところがないでしょうか？

少なくとも古典または絶対音楽のベースにある「楽典」は近代言語学の「文法」であると考えてよいのではないかと愚考するのですが、如何でしょうか？音楽学の研究分野でも、曲の構成の組み立て方や、その相違によって、脳の活動を調べた時、言語関連領域に現れる反応パターンが違うようだ、というような、そんな傾向が出るかどうか、目的意識をもっていろいろ調べてみるとキットまともな成果が得られるように思います。専門の知識をもっておられる、皆さんのこれからの努力によって、音楽の分野での学術研究が一段と進展することを期待しております。

以上、大脳皮質、大脳基底核、視床、それから小脳、この結びつきについて話をしました。

全体をまとめてみたいと思って、最近、下にみる図 20 を作りました。

図20



上に関連して、銅谷先生たち（2000）の計算神経科学の機能分化と統合の理論を紹介します。大脳（教師なし学習）、基底核（強化学習）、小脳（教師あり学習）という各々の組織がそれぞれ異なる学習アルゴリズムを有しておりますから、これらの学習モジュールを上手につなげて神経回路を構築するとします。これに成功すれば、脳全体の行動パターンや社会性をもったコミュニケーションまで視野に入れた大枠が立派なモデルとして出来上がるでしょう。言うまでもなく音楽や美術は、認知、知性、情動、感性など高次神経活動の全行動的な社会性をもった機能発現にほかなりません。今のところ、現実には隔靴搔痒ですが、脳と音楽がもっとお馴染みになって、核心に触れるようになる仲立ち（共同作業）が成立するように望まれます。

ここまで話が進むと、この大脳基底核と小脳を中心に構成されるリンクについての一段と高い考察が要求されてきます。ちょっと前に話をしましたが、前頭前野で処理された最高の認知、言い換えると、創造的な思考方法ですね、それができないとやっぱりクリエイティブな演奏はできませんよね。作曲家も、指揮者もそうですね。ただ、楽譜に気を奪われて演奏していたんじゃ、やっぱり初心者レベルの演奏です。ここを乗り越える！

熟達したプロに言わせると、クリエイティブな演奏をするように毎回心がけるそうです。そんなことを聞きますと、あー、そういうものかなと。やっぱりここ（前頭前野）の働かせ方の問題ですね。また、側頭葉や辺縁系も含めないと、情動系の働きが表面に出てこない。脳の働きというのは、ただ単に機能別領域の寄せ集めとか、部分の集合体じゃなくて、全体的に活動しているのだということを、ここで強調したいのです。脳には固定した境界線や不動の対立はありません。存在しません。パプロフの「動的モザイク説、1927」（注：大脳皮質の活動に関して、不断に興奮過程と抑制過程からなる複雑なモザイク状態が生じ、それらの過程が瞬間瞬間に、また部位的にも、ダイナミックに変化するという学説）を挙げるまでもなく、部分は互いに関連し、運動し、変化しております。上に掲げた神経回路／サーキット（図 17-20）をつぶさに眺めてみたとき、認知・情動・運動などの基本的な事象／作

用が全般的な連関の中で変化していることに気づくでしょう。

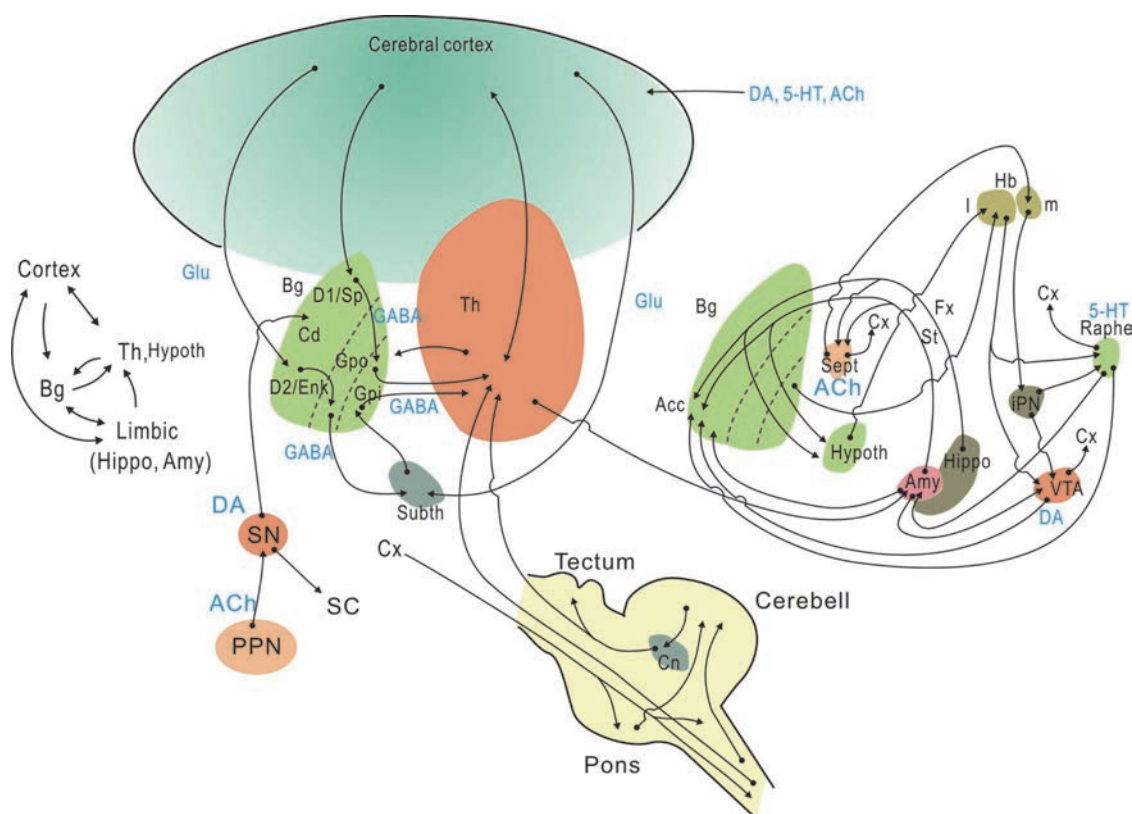
繰り返しになりますが、ここが一次運動野です。運動野の内側部の興奮によって下肢が動く。外側部が興奮すると上肢が動きます。その隣に手や指の領域があり、親指が動く。小指が動く。このように領域が決まっています。身体の代表再現部を漫画で示した小人（homunculus）の絵をどこかでご覧になったことがあるでしょうか？ この部分の運動ニューロンが刺激されて、さらに脊髄の運動ニューロンまで興奮が伝わり、筋肉が動く。体の筋肉から指の筋肉まであります。一々考えないで、慣れてくると、先ほどの小脳の話じゃないけれど、ここでもむずかしい仕事を人間の脳はいとも簡単にやってのけます。つまり、次は何をやろうか考えて、指令を出して、その指令に従って運動が起こります。大脳と小脳の間には相互に緊密な繊維連絡がありますから、大脳の指令で間違った結果がでたら、小脳でエラーが修正されます。それは運動系だけでなく、認知系とも、情動系とも、そして創造性とも（次元は違いますが）、結びついています（後述）。小脳－視床－大脳回路に質の異なる2つの種類があることを思い出して下さい（図17、図20）。プロとアマがピアノやヴィオリンを弾くときの脳内の活動をイメージするとこんな風になりましょう。

残された時間で、今までの話に出てこなかったテーマである、液性伝達機構についてお話します。硬い脳の繊維構造（ハードの話）だけじゃもの足りないんです。ドーパミンがちょっと出ましたけれど、セロトニン、アセチルコリン、あるいはエピネフリン、そういう液性物質の機構がソフトで大事なシステムとして別にあるんです。これらは芸術一般の基盤としての情動ととくに深く結びついています。音の響きが硬線内を駆け巡るとき、これを柔らかに包み、潤すジュースの味が必要でしょう。（懇親会でのAさんの質問もありましたので）、補足説明しようと考えながら図を描いているうちに、研究者向きの凝った図になってしまいました。申し訳ないですが、個々の詳しい説明は省きます。

それでも、将来、科学者と共同研究をしてみたいと考えている芸術家がおられるので、全体像をつかむために講義風に補筆しました。以下にその文章と作図を示します。

以下に、Dopamine系、Serotonin系、Acetylcholine系、自律神経系、内分泌系などについて、教科書風で没个性的なものですが、補筆しておきます。研究者向きのまとめの図になってしまいましたが、最新のものです。これでご勘弁下さい。

図21：アミン系とコリン系を含む液性伝達経路



主な略号：

DA：Dopamine、5-HT：Serotonin、ACh：Acetylcholine、Glu：グルタミン酸、
 GABA：ギャバ、Acc：側坐核、Amy：扁桃体、Bg：大脳基底核、Cx：大脳皮質、
 Hippo：海馬、Hypoth：視床下部、PPN：脚橋被蓋核、Raphe：縫線核、SC：上丘、Sept：中隔核、
 SN：黒質、Subth：視床下核、Th：視床、VTA：腹側被蓋野

1 中脳にある A9 ニューロン群と A10 ニューロン群（ドーパミン系）

哺乳類の脳幹にはノルアドレナリン、ドーパミン、セロトニンなどのモノアミンを伝達物質とするニューロンが存在しますが、これらは情動機能に深く関与しています（図 21）。中脳には、黒質緻密部（A9 細胞群、SN）と腹側被蓋野（A10 細胞群、VTA）にたくさんのドーパミンニューロンが存在します。機能的に A9 と A10 には明瞭な違いがあります。なお、ドーパミンの作用点である受容体としては、D1 family（D1, D5）と D2 family（D2, D3, D4）に大別されています（後述、参照）。

A9 ニューロンは運動調節や運動記憶の形成に関係すると言われており、体性感覚の刺激に敏感に反応しますが、主として背側線条体へ投射をします（①黒質線条体系）。これに対して A10 ドーパミンニューロンは腹側線条体である側坐核や嗅結節に投射していますが（②中脳辺縁皮質系）、そのほか、扁桃体中心核、前頭前野、帯状回などの終脳領域にも広く投射があり、新奇なものの刺激に反応する快楽的情動／意欲に関わるものと考えられます。なお、興味ある事実として、軸索終末部位でのドーパミン放出の仕方にも差が認められ、①の系では少量で、②の系では多量に起こると言われています。どんな理屈が考えられましょうか？

2 側坐核 (accumbens) について

側坐核は嗅結節（嗅覚の中継核）と共に腹側線条体を形成しており、報酬性刺激に対する反応と行動に関わる中心的な位置を占めております。そして構造上、背外側の核部（core）と腹内側の殻部（shell）に分けられます。線維結合関係をみますと、core は報酬に関連した学習や行動運動に関連が強く、背側線条体に近い機能をもっています。他方、shell は自律神経系や内分泌系の情報を下位脳幹の運動系や上位の大脳皮質に伝える interface 的役割を持っておりまして、扁桃体の中心核、内側核や、分界条床核（extended amygdala）と機能的に結びついていて情動とも強い関連性があります。なお、shell はドーパミン線維に富んでおり、4 型ドーパミン受容体（D4R）の強い発現が認められます。

側坐核へは、体性感覚、自律神経系、内分泌系からの「生（なま）の」刺激を伝える、下位脳幹や視床下部から「ダイレクト」に入力があり、他に、さまざまな感覚刺激が大脳皮質、海馬、扁桃体まで到達した後に、そこでなんらかの「処理を受けた」のちに伝わってくる「インダイレクト」の入力があります。それらには、腹側海馬台から脳弓を経由して、また、扁桃体の基底外側核・中心核から分界条を経由する興奮性入力知られています。

側坐核に入力されるドーパミンの放出は周りの状況または文脈に応じて制御（コントロール）されています。その興奮は直接的に、あるいは間接的に腹側淡蒼球のグルタミン酸作動性ニューロンを介して視床下部や下位脳幹に伝えられます。

なお、ドーパミン系には、上記の①黒質線条体系、②中脳辺縁皮質系のほかに弓状核、視床下部脳室周囲部を起始核として正中隆起、下垂体へ投射する③視床下部下垂体系が知られています。

3 セロトニン系について

脳幹の正中部にある縫線核について。

中脳、橋、延髄の正中部（縫線）にある細胞体の集団は縫線核と呼ばれ、この細胞群にはセロトニンが含まれ、中脳レベル（とくに背側縫線核、R.d.）のニューロンからの線維はカテコールアミン系（ドーパミン、アドレナリン）の線維とともに内側前脳束を作って分枝を与えながら視床下部外側部を上行し、大脳基底核、さらに大脳皮質に到達します。他に、上中心核（C.s.）と背側縫線核（R.d.）からは海馬、中隔野、扁桃体に、そして大縫線核（R.m.）と淡蒼縫線核（R.pa.）からは脊髄にセロトニン神経線維が延びています。なおノルアドレナリン神経系の起始部である青斑核もセロトニン線維を受けています。

精神医学の性格障害の話に関連して、攻撃性が低セロトニンと結びつけられ、衝動行為、自殺行動との関連も言われています。現在セロトニンニューロン発達障害仮説として「低セロトニン症候群が注目されています。

以上見てきたように、ドーパミン系やセロトニン系の作用には辺縁系、前頭葉、伝達物質や自律神経系を含む高次神経活動による創造的精神活動までもを指向するポジティブな側面と、同時にそのバランスが崩壊したときには精神異常を呈するに至るネガティブな側面を含んでおり、医学的にも教育的にも芸術・文化的にも子供の発達段階に合わせて考えなければならない重要な問題が呈示されています。

4 アセチルコリン系について

脳内におけるコリン作動性神経経路について2つの系統があります。

第一に、大脳基底核から大脳皮質、海馬、扁桃体に投射する経路、

線条体内には1種類の投射ニューロンと4種類の介在ニューロンが明らかにされています。投射

ニューロンは多数の樹状突起棘をもった中等大の細胞 (medium spiny neuron) で GABA 作動性、全体の約 80% を占め、それらは淡蒼球に線維を送っています。介在ニューロンには GABA/Pv 含有細胞、SOM/NOS 含有細胞、カルレチニン含有細胞および ACh 含有細胞があります。そのうちのコリン性ニューロンは大型無棘の細胞 (large aspiny neuron) で、全体の 2% を占めるに過ぎませんが、線条体全体に ACh を供給し、その放射状に長く伸びた樹状突起と軸索を介して投射ニューロンに影響を与えており、手続き記憶や条件づけ感覚運動学習に関わる運動制御に大きな役割を演じています。

線条体入力軸索終末には少なくとも大脳皮質由来のグルタミン酸作動性 (その受容体は NMDA タイプで、樹状突起棘/スパインの頭部にある) のものと黒質由来のドーパミン作動性 (その受容体は D1, D2 グループで、樹状突起棘/スパインの頸部にある) のものがあります。これらの入力を受けて GABA 作動性の抑制性投射ニューロンが視床ニューロンおよび大脳基底核あるいは前脳内側基底部の細胞群 (マイネルト基底核、ブローカの対角帯、無名質など) 内のコリン作動性ニューロンに神経軸索終末を与えております。これらの視床ニューロンおよび大脳基底核ニューロンは、ともに広く大脳皮質に興奮性の出力を与えており、フィードバック的に大脳皮質の働きを制御しています。

第二に、橋 (pons) 領域にある神経細胞群である、脚橋被蓋核 (PPN, pudenculo pontine nucleus) から

a) 上行性に間脳諸核へ、b) 下行性に脳幹、小脳へ 投射する経路が知られています。

現在、身体の動き (体性運動) や形象や音の動きを感覚的に捉える (視覚性運動 visuomotor; 聴覚性運動 audiomotor) 機構やリズムの形成機構などには、歩行とも関連した小脳・中脳および脳幹の領域が関係するというデータが得られております。すなわちネコでの実験ですが、脳幹の様々なレベルを切断して自発歩行の開始機構 (歩行リズムジェネレーター) の研究を行なった結果、視床下核 (この核および近傍の領域をまとめて視床下部歩行野, subthalamic or hypothalamic locomotor region, SLR という) からの刺激が中脳下丘腹側の楔状核および脚橋被蓋核 (PPN) の背側部にある中脳歩行野 (mesencephalic locomotor region, MLR) に伝えられることが明らかになっております。

PPN のニューロンはアセチルコリンやサブスタンス P などを含み、ここからは報酬関連活動の強化学習の成立に関与するものとしての黒質緻密質 (SNc) のドーパミン細胞への投射がなされるほか、視床、大脳基底核さらには「自動的」歩行運動の制御に関係する橋・延髄内の網様体脊髄神経路の起始核ニューロンを含む広い領域に刺激を与えており、呼吸・循環器系や覚醒機能にとっても重要な役割を演じています。

以下に、視床下部について簡単にまとめておきます。

視床下部は、内分泌系・自律神経系の最高中枢とみなされ、摂食、睡眠・覚醒、生殖、情動などの機能発現に大いに関係しております。

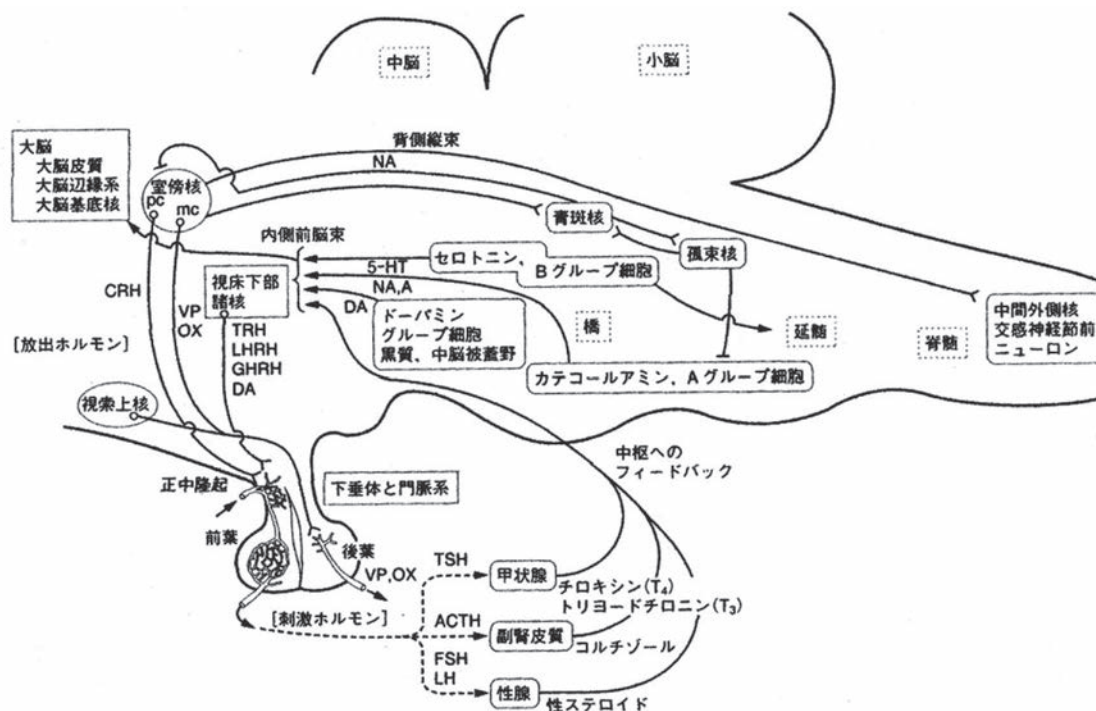
視床下部に存在するホルモンが脳下垂体の機能を制御することがハリス [Harris, 1948] によって始めて指摘されました。爾来、視床下部は内分泌系の最高中枢であり、自律神経系や情動反応の表出のための中心的な場であるとされてきました。視床下部は、睡眠、生体リズム、性機能、エネルギー代謝、水分代謝、体温調節など、広範囲な生体の自律調節をつかさどる他に、補食、闘争、性などに関係する本能行動や感情の表出などに関わる、小さい (脳の総重量の約 0.5%) けれども、重要な領域であります。解剖学的には視床下部は多くの異なる種類の神経細胞の集団 (神経核) から構成され、それらはしばしば機能的単位としても働くことが知られています。大脳皮質や小脳とは違って、視床下部では幾多のペプチド作動性ニューロンがその機能に重要な役割を演じています。たとえば、下垂体機能を調節する神経内分泌ニューロンは視索前野、室傍核、弓状核などの神経核内に存在し、その軸索を正中隆起の外層に終止させて、種々の神経ペプチド (= 2 つ以上のアミノ酸がペプチド結合に

よって連なった化合物で、別名、視床下部ホルモン）を下垂体門脈系毛細血管叢に放出しています。すなわち下垂体門脈系を介して、前葉細胞に働きかけてホルモンを分泌させます。

液性伝達について以下の図にまとめてみました。

図22

脳を硬い複雑な神経回路網から構成される単なる集合体としてみるのではなく、自律神経系、内分泌系をふくめた液性調節系も含めてみるべきことを示す模式図（川村、2006）。



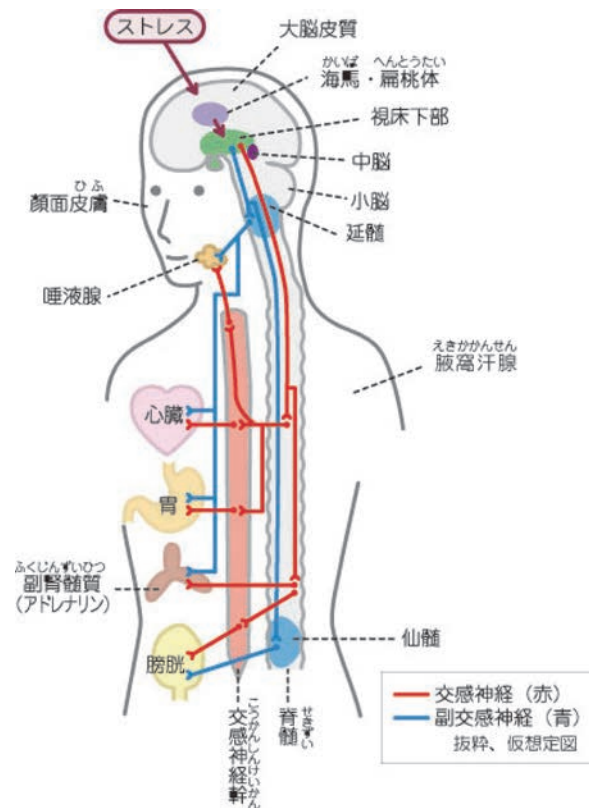
1. 自律神経系

自律神経には、交感神経と副交感神経があり、体内からの情報を受け取り、内分泌臓器や免疫臓器を含む生体内諸臓器の調節を行っています。次項2、の内分泌系のところでホメオスターシス（homeostasis）について詳しく述べますが、体内をめぐるホルモンやそれを運ぶ血液、それにリンパ液や組織液のはたらきと協調して、自律神経系は体内の平衡状態（バランス）を維持するのに大切な役割を担っております。簡単に説明しますと、交感神経は身体を活動的な状態にする働きがあります。心拍数を増やし、血圧を高め、消化管の運動を抑制します。これに対して、副交感神経は身体活動を準備するように働きます。心拍数は減り、血圧は下がり、消化管の運動は盛んになります。交感性反応は身体の広い範囲に影響を及ぼすタイプであり、他方、副交感性反応はローカルに作用してエネルギーを貯めるタイプです。以上、一般に言われていることですが、要は、外部環境が変わっても生体の内部環境を一定に保ってくれている（恒常性）、意識してコントロールすることのできない、一見して対立した機能を発揮する①交感神経と②副交感神経という二つの作用です。どちらかを優位にはたらかせるというのではなく、両者をバランスよく統一するということです。あえて哲学用語を用いると「対立物の相互浸透」です！

皆さん、力みすぎたり（前者優位）、緩みすぎたり（後者優位）、にならないように、楽器演奏やコーラスの発声の時に耳に肝臓（たこ）ができるほど指導されるでしょう。

詳しい説明は抜きにしますが、下の図23で大枠をつかみ取って下さい。

図23：自律神経(交感神経と副交感神経)のはたらき(川村、2007、作図：川野)



2. 内分泌系の調節

内分泌系の作用ですが、自律神経系と協調しながら内外の環境変化に対応して、生体の恒常状態を維持しています(ホメオスタシス、cf. キヤノン 1871-1945)。この homeo-stasis という造語は、1929年に Walter B. Cannon によって発表されたもので、以下のような概念を含んでいます。すなわち、①

生物は自然(外界)と物的な交流をしている不安定な開放系であり、② 生物は自然の変化や生物体内部に惹起された「不調和」なものに抗して自己の定常的な状態を保つ能力がある、というものです。

考えてみると、これは「変化」と「恒常」という対立概念(あるいは二項対立図式の思考)を「止揚」した弁証法的な「二重性」をもったものでして、生物体が生命を維持するために、自律神経系や内分泌系の働きを介して、体内平衡状態を維持するという考えを提唱したものです。このような考え方は、見方によってはギリシャの昔からあり、当時の哲学者たち(ヘラクレイトスやアリストテレス)の素朴な、— であっても本質を衝いた — 考えを発展させたものと見做すことができます。

ところで、ここで問題とする内分泌系の調節を現代科学の目でみますと、多くの場合、視床下部、下垂体を介した調節が行われているとしてよいでしょう。すなわち、

- ① 視床下部からの放出(調節)ホルモンが、下垂体前葉ホルモンの分泌を促進あるいは抑制しています。
- ② 下垂体前葉ホルモンがそれぞれの標的器官に作用してホルモンの分泌を促します。
- ③ 末梢ホルモンは標的細胞に作用してその機能を変化させるとともに、視床下部あるいは下垂体前葉にフィードバックをかけてホルモン分泌を抑制します。また、下垂体前葉ホルモンによる視床下部へのフィードバックもあります。

そのほか、さまざまなストレスが視床下部—下垂体—標的器官系に影響を及ぼすことはセリエ(1907-1982)以来注目されております。このように、内分泌系は生体のホメオスタシスを維持し、さまざまな情報を処理しつつ複雑な統合作用を営み、ストレスへの応答にも重要な役割を演じてい

ます。

先にみたように、ホルモンには内分泌腺から血中へ分泌されるもののほかに、視床下部・門脈・下垂体系で産生されるものがあります。ここで、脳を液性伝達系から眺めてみると、視床下部－下垂体－末梢標の器官という側面が浮かびあがります。これには、以下の3系があります。

- 1) 視床下部－下垂体－副腎皮質 (HPA) 系
- 2) 視床下部－下垂体－甲状腺 (HPT) 系
- 3) 視床下部－下垂体－性腺 (HPG) 系

これに関係するホルモンとして、以下のものがあります。

①視床下部のホルモンには、

成長ホルモン放出ホルモン (GHRH)、ソマトスタチン (SOM)、プロラクチン放出抑制ホルモン (PIH)、甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン (TRH)、副腎皮質ホルモン放出ホルモン (CRH)、黄体形成ホルモン放出ホルモン (LHRH)、バゾプレッシン (VP)、オキシトシン (OX)

②脳下垂体のホルモンには、

成長ホルモン (GH)、プロラクチン (PRL, 乳腺刺激ホルモン)、副腎皮質刺激ホルモン (ACTH)、エンドルフィン (END)、甲状腺刺激ホルモン (TSH)、卵胞刺激ホルモン (FSH)、黄体形成ホルモン (LH)、メラニン細胞刺激ホルモン (MSH)、バゾプレッシン (VP)、オキシトシン (OX) があります。

視床下部には大脳辺縁系からの入力があります。扁桃体からは分界条 (stria terminalis) と腹側扁桃体遠心路 (ventral amygdalofugal projection) が、海馬からは脳弓 (fornix) という神経繊維束が入ります。このように情動・記憶系の入力、自律神経・内分泌系の最高中枢に大きな影響を与えています。

良い音楽に接したり、素晴らしい絵画や彫刻に感動したり、それらからの豊かな入力刺激に喜びを感じて「価値判断評価を (扁桃体で) する」のですが、それらを (海馬が) 広い意味でサポートする、このような探索的で情動的な記憶体系があって、それらの情報が分界条や腹側扁桃体遠心路や脳弓を通して (ホルモンの倉庫である) 視床下部に伝えられます。そこから行動につながるわけですが、ホルモンや自律神経の影響を大きくうけて、大脳皮質 (とくに PFC) から脳幹網様体、脊髄前角まで広い範囲で「能動性」運動が形成されます。それらの脳内活動の様子をイメージしてみてください。

以上が音楽・美術の心を支えている脳内基盤です。しかし、残念ながら、視床下部が深く関わる生体リズムや心身のバランスと音楽のリズムとの関係について科学的に分析して、考察するための実験的知見を積み重ねる仕事はこれからです。

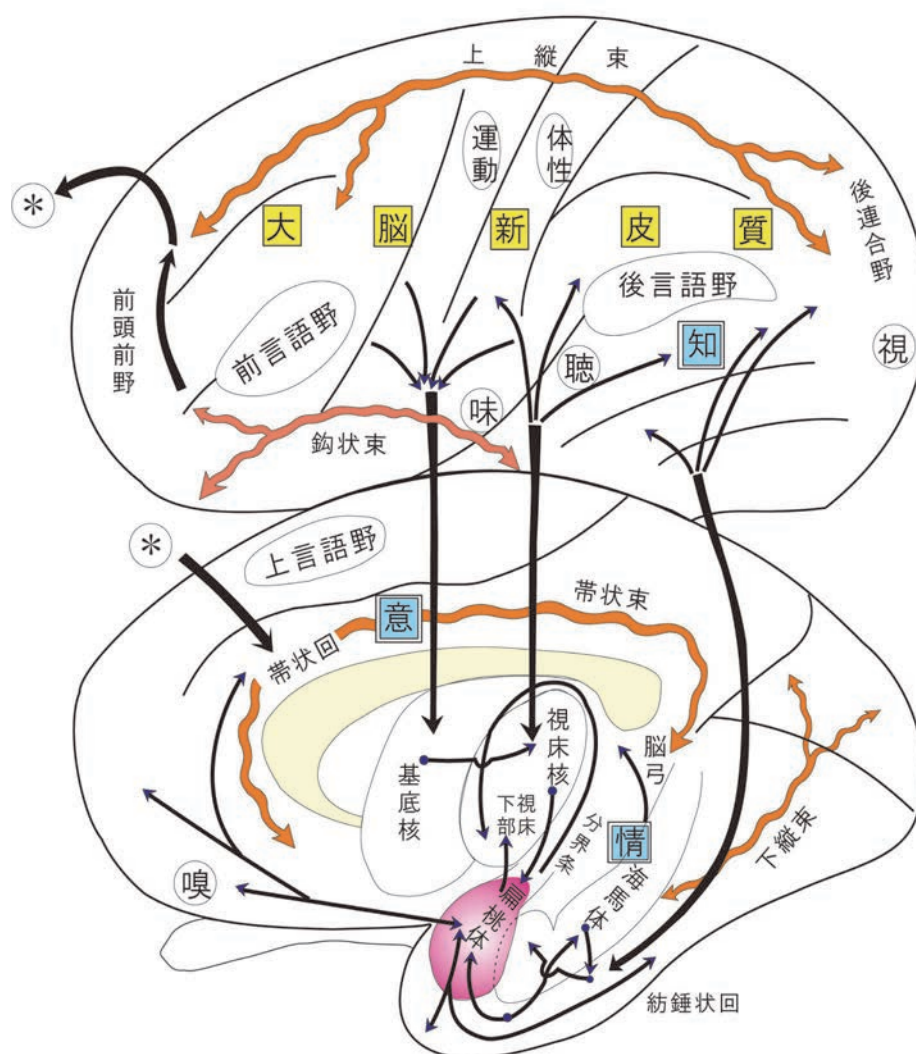
留意したいことは、高次神経活動の最たるものである、芸術のような高次の「精神」活動について研究する (または芸術活動をする) にあたっては、単に脳の働きに、とくに前頭前野とか聴覚連合野の特別の部位に的を絞るすぎないことでしょう。常に脳全体を、いや、生物体全体を視野に入れて、これを調節している自律神経系や内分泌系が深く関与する、生体の恒常性をコンスタントに一定のレベルに保っている機構 (ホメオスターシス) について考慮するようにしたいものです。ものごとを個々ばらばらに捉えないことです。

最後に、大脳新皮質と大脳辺縁系に代表される高次機能である認知機能と情動機能、それに加えて、能動系としての運動と意志の発動があります。これらの高次神経活動の総体 (精神) を下部構造が支えています。それらは、覚醒・睡眠リズム、歩行リズム、昼夜リズムなどの自動調節システムです。複雑な神経回路網が完成されて脳が活動する際には、これらの脳幹レベルに存在する諸々のリズム発

進の機構の他に、ホルモンや伝達物質などの液性因子が参加してきます。視床下部、大脳皮質など脳の広い範囲に分布する神経伝達物質のシステムとしては、縫線核由来のセロトニン系 (5-HT)、青斑核由来などのノルアドレナリンあるいはノルエピネフリン系 (NA あるいは NE) および腹側被蓋野／黒質由来のドーパミン系などがあります。

その他、興奮性アミノ酸であるグルタミン酸や抑制系の GABA (γ アミノ酪酸)、それに知能活動など広く精神活動に深く関係するアセチルコリン系 (ACh) もこれに加わります。外界から感覚器官を通じて受容した刺激が大脳皮質後連合野で知覚・認知・認識されますが、他方では、これらの諸刺激が生体にとって益となるか害であるか、プラスかマイナスかの価値／意味が大脳辺縁系、とくに扁桃体で情動的に判断されます。それらの全体が知的に、意識的に、かつ感情が移入されて、運動系と感情表出系の両系を介して外界に出力されます。前者の神経基盤は主に大脳運動皮質・線条体系で、後者のそれは視床下部・下垂体系です (全体像を下の図 24 にまとめましたので、ご参照ください)。

図24：知と情と意の回路



認知と情動の不即不離の関係

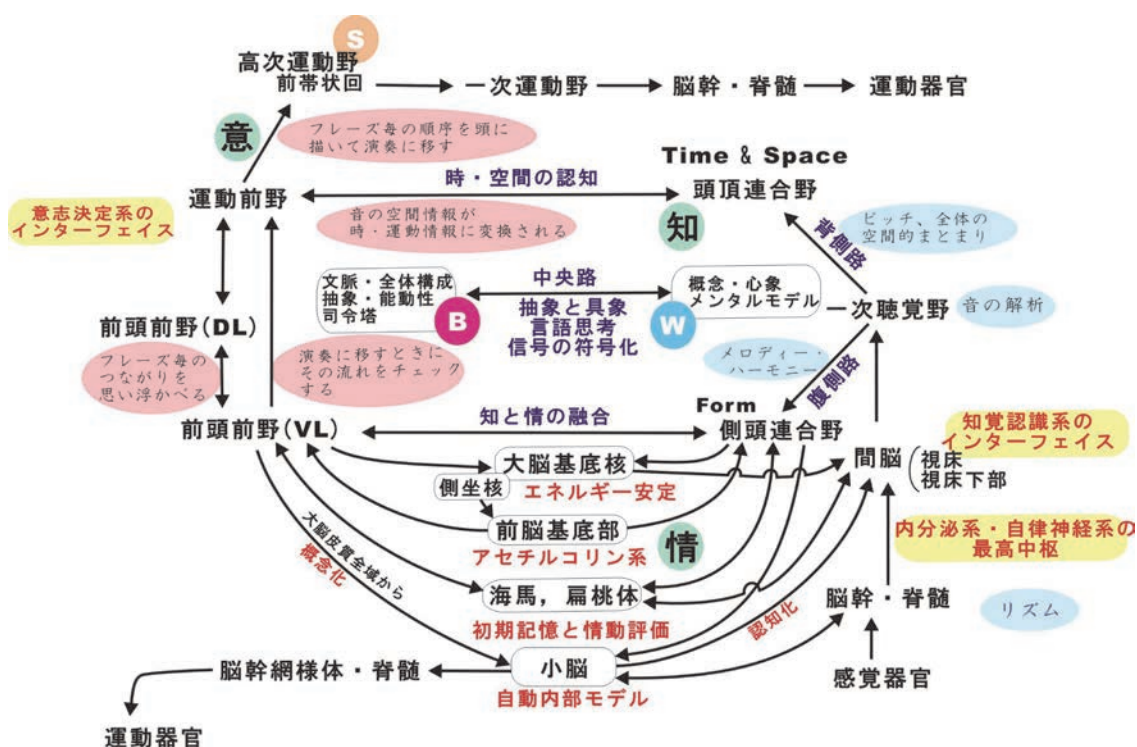
認知機能と情動機能は脳の構成からみて密接に関係しており、その結びつきは動物が高等化するにつれてより強くなる傾向があります。ヒトになりますと、リズム・ホルモン・感情の発現の上位に、新皮質とくに言語野が発達し、物事を概念化することができるようになり、その一方で扁桃体が外界からの刺激が有益であるか不利益であるかを判断し、側頭葉に蓄積されている長期記憶のバッファの中から（ときに working memory として）適宜マッチするものを取り出して、情動に関連した刺激に注意を向けてそれを正しく認知し、対処することができるようになります。この際、能動的機能を備えた前頭前野が働いて、外界の変化に適応するように判断し、行動に移します。大脳新皮質には扁桃体からの入力他に、脳幹網様体からの覚醒を賦活する広範囲な上行性の投射があり、さらに、大脳基底部からのアセチルコリン系、黒質緻密部からのドーパミン系、脳幹の縫線核からのセロトニン系の皮質全体、とくに前頭前野、帯状回前部などへの強い投射があります。これらの神経終末から放出される神経伝達物質は皮質ニューロンに働いて、脳を覚醒状態に保ち、刺激に対する感受性を高めており、外界からの情報を処理する脳内のシステムの効果を最も有効に活用できる仕組みになっています。とくに扁桃体や海馬からなる大脳辺縁系からの前頭前野への入力は、認知・記憶・判断のために必要な情報を取り入れて皮質を活性化しています。

ここで、今日話をまとめてみます。感覚器官から入った空気の振動である音が神経系内で電気信号に変換されます。そして、脳幹でリズムや聞いた音の高低を知覚します。高次の認識をつかさどるのは大脳皮質のレベルですね。後連合野で、その流れは2種類に大別されます。一方が音の占める空間や時間（Time & Space）の流れで、他方が情動系を含んでメロディーやハーモニーなど、まとまりを作る認知系、すなわち、音のまとまった情報、視覚で言えば形（Form）ですけれど、このように、dorsal and ventral pathways の少なくとも2つの路があります。それらが前頭前野に集約されてくる。このように全体の中で個々のものを認識しながら一つのものを形づくり（Gestalt）。それらを、先ほど言った、高次運動野での複雑な過程（図8参照）を経て一次運動領野にまで進行させるのが、一般に行われる演奏形態であると言えます。

懇親会の席で、熱心な方々から情動や認知の脳内の構成についてかなり専門的な質問を受けましたので、以上、講演後に補筆しました。

最後に、音楽の営みと題して、今までの話をまとめた図25を次に示します。ただし、液性伝達の内容はこの図には入れておりません。なぜなら、これらは脳の全体に、つまり、すべての領域に関与しているからです。

図25



現在わたくしは、このスキーマ（図25）と前出の図18（27頁）を数式（モデル）化してみようと、数学愛好の友人の知恵を借りて試行中です。そんなことに手を出すな、と叱ってくれる悪友も、幸か不幸か、何人かおられます。

改めて考察をし直して、以下に文章化しました。

興奮が運動野を含む前頭葉から後連合野にフィードバックされます。このフィードバック・ルートの機能は側頭葉に保存された記憶を想起する際に、それを検索するインプットの指示を前頭葉から側頭葉に与えて、記憶を取り出すことに役だっているのです。宮下グループの実験があります（Hasegawaら、1999, 1999）。彼らは、サルに図形の連想学習をさせた後に脳梁の後半部を切断して、図形連想時における側頭葉のニューロンの電気活動を調べました。その結果は、側頭葉内記憶を検索する信号を前頭葉からの入力信号がコントロールしているということです。このことは、側頭葉が前頭葉の働きを受けて心象（頭の内にある表象イメージ）を起こさせようことを示唆しています。視覚系と聴覚系の機構に類似性があるとして、聴覚性の音（符）の順序付けを連想作用としてイメージ的に想起する過程— 連想→作曲→演奏→記憶とつながる— においても関与する可能性があるとは私は考えるのですが、如何でしょうか？ 音楽家はこの回路を働かせて側頭葉に貯蔵されている記憶を想起させて、「響き」を前頭前野の働きにより活性化してひきだし、照合するように練習を行っていると考えられます。

音楽を演奏する際に、音の響きを捉えて、脳がどのように活動しているのでしょうか？ 作曲家や演奏家は作品という形で具象化しようとする内的響きを、音空間として形象化させ外化させています。創造作用と呼んでいいでしょう。専門家の脳は音源が実際に存在しない場合、つまり音楽が外的空間として鳴り響いてないときでも、音のイメージが連合野内に連続的に想起されて、何等かの意味的まとまりをもった形象＝作品へとこれをまとめあげるよう訓練を積んでいます。fMRI（機能的核磁気共鳴映像装置）で調べてみると、演奏家の脳では楽譜をみたときに聴覚性言語野が活動しており、音

の流れを一種の言語ないし記号の流れとして捉えているらしいのです。楽譜を単に視覚的にイメージするのではなく、記憶に書き込まれ符号化された連続的な内音の響きを、小脳・大脳関連ループと大脳・基底核・視床関連ループのなかで学習化されたものを、意識下でスイッチオンさせて呼び覚まし、この内的響きを身体運動によって外化させるために必要な運動系を発動させて演奏を行っていると考えられましょう。楽譜から読み取られる作曲家のいわば原イメージがゲシュタルト化される時には、前頭前野→高次運動野→第一運動野として構成される神経回路が言語野および情動の回路と結びついて形成されます。歌詞の内容を識って傾聴するオペラや声楽曲において、意味内容を知らずに聞く場合に較べて情動中枢がより強く刺激されることはよく経験するところです。このように、芸術作品によって伝えられる事柄の認知へと享受者の脳を活性化させています。まさにその故に、言語中枢の関与が重要な役割を演じていることをあらためて意識させられます。

稿を読み返しながら、こう考えた。

智に働けば角が立つ。情に棹させば流される。意地を通せば窮屈だ。兎角に人の世は住みにくい。

住みにくさが高じると、安い所へ引き越したくなる。どこへ越しても住みにくいと悟った時、詩が生れて、画が出来て、音が創れる。

智を司る大脳皮質。認知作用には、時空間認知と形態認知があります。情が絡み、意志が働き、言語機能が発揮されると、具体的な信号が処理されて、全体的なまとまりのなかに、思考の抽象化、運動の能動化が湧き起こります。これらの皮質の機能を皮質下で支えているものとして、運動を安定化させ、自動化されているものに、基底核や小脳のいわば意識に昇らないレベルの作用機構があります。情動記憶や行動の評価・価値判断に関わる辺縁系も活躍します。上に述べた、脳の「ワイヤー回線機構」を円滑ならしめる潤滑油にはたくさんの液性の物質たちがおります。視床下部や前脳基底部などから分泌されて全身をめぐるホルモン、アミン、コリンの類です。滑らかに、多からず、少なからず、中庸に活動することが健康的です。バランスが崩れますと、精神異常の問題、狂気の芸術／異常な審美感というところの病理の領域に入ってきます。これは別に取り上げるべき問題で、議論のあるところですね。

「草枕」冒頭の詩人の心を解析すると、こうなります。

美術の世界。音楽の世界はこの奥が深く、広く続いて果てなしです。

「さあ、ここで跳んでみよ！」

音と色彩の融合について

5、6分オーバーしましたね。最後に一言だけよろしいですか。スクリャービン（Scriabine、1872 - 1915）というロシアの作曲家がいて、実は資料を持ってきたんですけど、聴いてもらう時間がないので飛ばします。スクリャービンという人は、音楽を聴いて、そのときにイメージを浮かべて、音と色彩との感覚の融合を非常に綿密に、追求した作曲家です。シェーンベルクやドビュッシーと同時代のロシアの作曲家・ピアニストで、調性音楽から離脱した、現代音楽の先駆者の一人と目される人だそうです。交響曲（La Poeme de l'extase、法悦の詩、Op54）で、20分ぐらいの単一楽章です（残念ですが、時間の関係で聴いていただけません）。これを、音楽を聞いているとき、色彩が浮かんでくると言われる、わたくしの知人の、一橋和義先生という音楽関係の方に聴いてもらいました。スクリャービンを聴いていただき、浮かんだ色彩を描いて貰いました。その作品を示します。

●目的

スクリャービンの La Poeme de l'extase, Op54 を聴いて、思い浮かんだ色を時系列で示す。

●実験方法

強い共感覚として、目の前に特定の色がはっきり見えたということにはなかった。そこで、音から得られる色のイメージを弱共感覚として捉えることにした。まず、色鉛筆を持って、画用紙に曲を聴きながら適当に手を動かして曲のイメージで色を変え着色した。3回聴いて着色した結果、大体同じような傾向が確認できた。今度はエクセルのシートに曲を聴きながら1秒ごとに色をつけていった（曲は止めなかった）。

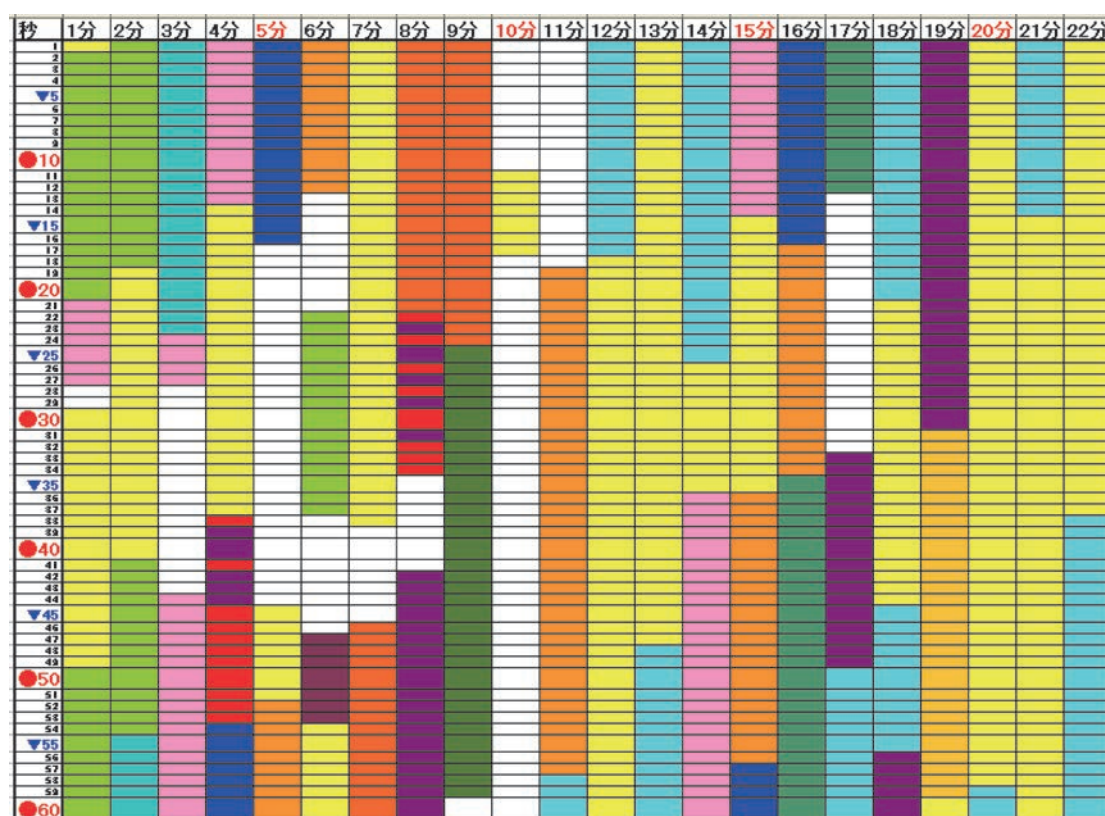
●結果、考察

画用紙着色では、毎回厳密に同じ結果にはならなかったが、ほぼ同じ傾向の色、特に最初1分の黄緑～黄色、桃色、4分、8分の赤、紫、11分のオレンジ、20～22分の黄色、空色は再現性が高かった。以上から弱い共感覚は色のイメージとして捉えられたと思われる。

●表の読み方

縦軸：秒、横軸：1分目～22分目（曲は22分としてあります（余韻をあわせて））

図26: スクリャービンの La Poeme de l'extase, Op54 を聴いて、思い浮かんだ色の時系列データ（一橋和義）



*読みやすいように、縦軸（秒）には、10秒ごとに赤●を、間の5秒に青▼を入れた。また、横軸（分）には、5分ごとに赤字とした。以上。

交響曲第4番 Op.54「法悦の詩（Le poeme de l'extase）」（1905～08作曲 / 1908初演）[単一楽章]

これも立派な研究テーマで、私は、聴覚と視覚の機能を、先ほど言った後連合野、それから前頭前野、大脳基底核というふうに、全体の機能を結びつけた仕事をなんとかして、芸術を愛好する人たちと一緒にしてみたいと思っています。

10分超過しましたが、ご質問やご意見を聞かせて下さい。何でもよろしいです。

男性 すみません。理研で行われた研究が新聞で出ていたんですけど、将棋を指すときに……

川村 ああ、将棋を指す時のプロ棋士の脳内活動ですね、ありましたね。

男性 あのときに、空間領域と、大脳頭頂部ですか、直接、大脳基底核がつながっていて、大脳基底核で判断するというか、調べてポンと。そこそこがつながっているから、そういう図面があったんですけど、先生の最後に示された模式図でも、直接大脳基底核に、ここから神経興奮が行っていると……。

川村 はい、理研の田中先生たちが行った、「Science」に発表された、最近の仕事ですね、今のご質問、将棋を打つとき、名人ともなると、直観的思考(intuition)が働いて、スパッと将棋盤上の最善点とおぼしき駒の上に手が動くそうです。将棋をさすときの羽生名人の脳の活動を調べてみると、素人とは違う部位が2カ所興奮したそうです。今、その神経回路が話題になっています。活動する脳内の領域の一つは、大脳半球の内側にある楔前部(ケツゼンブ、precuneus)というところ。もう一カ所は、大脳基底核の前方部が活動するそうです。この2カ所に神経活動の高まりが認められた。おそらくこの領域のニューロンが働いている、と考えると将棋連盟の協力を得て科学者が「直観、intuition」という精神内界の得体が知れない(と思われて今まで手が付けられなかった)一見、意識下の活動のような本態(実は熟慮した分析や思考の上に成り立つ実体)に挑もうとしている。10手先を読むのは当たり前、40手—100手先を読むとか。常人の近寄り難いヒラメキの深淵です。しかも、多くの経験や豊富な知識に裏付けられたものです。たまたま天から降って沸いたように湧き起こるinspiration(直感)とは違います。そのような冷めた思考あるいは精神の活動はどこでどのように起こっているのかに興味をもって調べました。

ちょうどこの領域の外側方向に行くと、空間認知の領域や、計算に関与する領域があります。そして、その腹側部には、ウェルニッケ言語野を含んで、cognition(知覚認知)の領域が広がっています。そして、大脳基底核の前方・腹側部も活動しましたね。そこはドーパミン繊維が入ってくる所です。これらの2つの領域は繋がっています。画像で見ると、神経繊維の束である白質の走行を見ることが出来ると論文にあります。直接の連絡があると。また飛躍した想像ですが、音楽に関しても、こういう情動系と、直観的認知と運動行為がうまく結びついて作品が生まれる、そういうことってあるんでしょうね？普通には、即興でやってくださいと言われた時も、こういう脳の領域が同じように働くのではないのでしょうか？今のところ空想ですが。

男性 それでは、質問させていただきますが、楽器を使って音を出すとき、アドリブで演奏するときに、即興的に今おっしゃった動作も入ると。それとつながりがあるのかなと思ったんですけども。

川村 良い質問ですね！さすが！楔前部と基底核とつながっているそうです。私、田中先生に直接聞きました。楔前部は大脳の内側面のちょうどこの辺[帯状溝の縁部と頭頂後頭溝の間]の部分で、その少し外側の部分が損傷を受けると、失行(行為障害)、失認(認知障害)のほかに、失計算(数の計算ができなくなる)などの症状が現れてきます。ゲルストマン症候群という名前がついております。私が経験した患者さんもそうでした。

[補説]

理研での研究では、プロとアマ両方ともに、小脳にも活動が認められたとのこと。小脳の前葉に見られたのか、後葉にか、あるいは虫部にも強い活動が認められたかによって、異なる考察・解釈をしなければなりません、「手続き記憶」や「内部モデル」などに関連して（上記参照）語られるので、興味があります。Per Brodal (1978,1979) の形態的な研究（サル）によると頭頂葉の7野からの橋核を介する小脳への苔状繊維による入力新しい皮質部位である虫部（VII, VIII）に終始することになっております。また、ここは視覚と聴覚の反応が生起する領域なので（川村の1970年代の仕事を参照）益々興味が湧いてきます。今のところ同じ7野に属する楔前部からの小脳投射領域に関するドンピシャリのデータは発表されておきませんが、研究したいところです。信用出来るデータがないと、迫力のある考察はできませんから。再度申し上げますが、頭頂葉や前頭前野（PFC）から小脳への伝達経路の研究が今後の大きなカギになりましょう。むずかしい仕事ですが、ヒトで非侵襲的なハイテクを使って、PFCを含む大脳新皮質と小脳後葉の最外側野との機能的連携を調べて、それを明らかにすれば（図17、26頁参照）、音楽と脳の科学的研究も一段と進展するでしょう。

思い出しますと、大分前ですが、Leinerらは歯状核外側部に障害をもつヒトの症例を検査して「行動を計画しそれを観念として実行する」ような「観念的予測能力」が著しく低下していることを見出しております。そして、『小脳は mental skill に貢献しているか？』と題する論文を発表して、サルや類人猿では、小脳半球、とくにその外側部から歯状核、視床核を経由して前頭連合野に刺激が伝達されるという点を指摘しております [Leiner et al.,1986]。小脳は単なる運動器官に留まらない、認知機能もあり、「心的活動」も行っているようだ、と最初に示唆した興味深い論文です。

音楽家の才能の研究（あのモーツァルトの脳内音楽神経回路、考えただけでも、わくわくしてきます。「そんな科学ではないよ」という天邪鬼の叫びは広目天さまに任せておきましょう）の手掛かりも早晚見えてくるように思います。期待しましょう。

[補筆]

音律（調律）や和声などについては、どうでしょう、関係するでしょうか？宇宙空間に協和音を響かせるなどいいですね。2つの音の周波数の比が単純な整数（分数）で表されるとき私たちの耳に心地良く響きあいます。1オクターブはこの比が1:2です。2:3が「泣く子も黙る」完全（または純正）5度です。「三平方（ピタゴラス）の定理」を発見して有名なPythagorusは、弦をはじいて音を出して調べました。そして、音の高さは弦の長さに反比例することを知り、純正5度を基準に音を上げ下げして（たとえば、ラはレ音を5度上げる、ミはラ音を5度上げてから1オクターブ下げるというように）、全体を重ねると1オクターブの12の音が全部現れることを発見しました。これが純正調（全）音階で、すべての音が滑らかによく調和します。2音間の隔りを数量的にセントという単位で表わしますが、純正調音律では、半音の間隔は90セント、全音の間隔は204セントになります。

これに対して、1オクターブを、数学的な合理性を優先して、12の半音に等しく分けた（1オクターブを12に機械的に分割した）のが平均律と呼ばれる音階で、半音の間隔は100セント、全音は200セント、1オクターブは1200セントとなります。以上。

平均律で調整されている、ピアノを使って歌を練習する時、合唱の指導者が、「純正律と何セント離れているからこの音は高めに歌って」など言いますね。これを聞き分け、歌い分けるという、そういう聴（超？）感覚能力が、一体脳のどの辺にあるのかな？それと、計算する能力や空間的なものを認知する能力というのが発揮される脳内領域は接近しているようです。数学のできる人は音楽が得意で

あるということを聞いたことがあります。天空の問題だとか、宇宙からの波が作り出す音の響きだとか、それは、天上の音楽というのは数学的に、そのリズムがどうだというようなことが書いてある本を読んで、ゲーデルでしたか、むずかしくて分かりませんでした。そういう事柄に関わる脳内の領域とは、後連合野の中の precuneus、それともっと外側に掛けて広がっている領域のように思われます。この領域が傷害されると、計算能力が失われてくる、あるいは物の形がつかめなくなるという空間能力の喪失、音程が取れなくなる、いわゆる失音楽症 (amusica) が認められます。ですから、この辺りの領域を音楽的に追求することができればいいなと思っています。

古川 川村先生、どうもありがとうございました (拍手)。この後に懇親会がありますので、そのときに、何かご質問とかあったらお願いいたします。

川村 最後に、僕から……。羊頭狗肉という言葉がありますが、羊の頭を看板に描いて実際は狗の肉を売るという講演になってしまったようです。まじめに、脳と音楽を結びつけようと考えたのですが、非常にむずかしいですね。率直に言って、将来どういうふうに研究を進めていったらいいかなど、僕なりにお話をしたとは思いますが、どうでしょうか？ 脳の話が多くなって、退屈だったんじゃないかなと思うんですが。そういう感じを受けた人、ちょっと手挙げてくれる？ こういうふうに言えばよかったとか。[補筆：懇親会の時、話し方の順序として、結論を冒頭に出して、それを裏付けるといように話してくれたら、もっと分かりやすかったのでは、という感想を B さんからいただきました。]

男性 ちょっと聞きたいのですが。僕、芸大生の脳と音楽と情動について研究したことがあったんですが、たとえばこの音を聞いてどう思うか、みたいな選択肢を幾つも用意して選択したという実験方法だったんですが、そのとき、たくさんの数値というか、サンプルを集めて、ある程度パラメーター、数値化するという方法を取っていたんですが、それから外れている数値、たとえば、あまりにも平均から外れた数値というのはノイズとしてカットされるんですね。そういう脳と芸術というか、音楽表現を、どういうふうに調べていくのか気になったんですが、どういう調べ方をしているんですか。

川村 研究の方法とか、結果をどう客観的に評価するか……？

男性 どうやって数値化していくのか。

川村 むずかしい問題ですね。数値では表せない、熟達した評者だけが知り得ることってありますからね。初期条件が同じで、音を聞かせただけのデータと、それにプラスして何か音に関連した事象が行われた時のデータ、たとえば、アイーダの行進曲を聴かせた時、各々の場合の血流量を計測して、比較する。ある領域の血流量が高いから、そこのニューロン集団の代謝が上がっており、だからその部位の活動が高まったと判断する。そして、脳のどの領域で起こったかを画像化して見る。このような方法が一つあります。もう一つ挙げますと、脳波を分析することで、脳からの信号を解析する。今は一昔前と違って、量的に計測する脳波 (quantitative encephalography, QEEG) の測定をするのに、良いソフトウェアが幾つかできています。そのうちから、目的の実験に適うものを選んで、これは使えるなと思ったら、それを採用します。また、プロは自分でソフトを作ります。多チャンネルセンサーを使って、脳からの生のデータを測定し、信号処理して、円舞曲 (天と地を計る調べ) ならぬ、Sin (サイン)、Cos (コサイン) の波動関数で表せますから、その特徴を抽出し、ノイズを除去して、パターン認識を行うなどの解析をします。新しい信号処理方法を駆使して、微小の、普通見えない隠れた信号 / 情報を取り出すこともできるようになりつつあります (ブラインド信号分離や独立成分分析を使います)。それらを、コンピュータで処理して数値化します。要は、数学的な推計方法を用いて、われわれがもっている今の科学のレベルの範囲内で、いかに有用な情報を引き出せるかです。

他に、高価な機械装置を使って、画像解析する方法 (PET, fMRI, NIRS など) も大きな研究所や病院にはありますので提携すれば研究することができます。血流量と脳機能とは関連しますが、完全に

対応しているわけではないと思います。大体 80-90%位信用出来るでしょうが、完全にそうじゃない。

男性 そういう例ではどういう処理をされているんですか。

川村 ある種の事象を、慣れてきて、意識しないでも半ば自動的に行えるようになると、脳活動はマイルドに進行しますから、理論上、ニューロンの代謝も低くてすみ、血流量も左程上がらなくなります。ですから、ある作業をした時に、こういう特定の脳部位が活動する筈だと考えられても、実際には血流量は上がっていないことがあります。脳活動の状態を見る場合、作業をしている時と、してない時との比較をするのに、両者の測定値の差を引いた「差分量」で見えて判定していますから。血流量の測定値は絶対値表示ではないのです。ですから、単に技術的思考ばかりでなく、脳科学の広い知識が要求されてきます。研究者の視点あるいは視座の相違も出てくるでしょう。技術が向上して、機器の性能が良くなれば脳の研究も飛躍的に発展するという楽観論もよく聞きますが、それだけではないでしょう。その辺とてもむずかしいですね。ローテクを使って、アタマ (PFC) を働かせる!! 確かに数量化した結果を先ほどのモデル (図 18、27 頁) に入れてみれば、脳内回路の動きという一段上の次元の話もできるでしょう。

古川 続きはあちらの部屋で。あちらに用意してありますけれど、皆さん、もしお時間があったら懇親してってください。

配布資料 (21 頁、22 頁) は以下のものから作成しました

英伊対訳 Othello 昔ローマで買った Shakespeare series 本 から

libretto 伊と日 は音楽之友社 から

日本語は坪内逍遙 訳から

英文 Othello は Oxford Univ. Press, Oxford School Shakespeare から

謝辞:

講演の機会を与えて下さいました古川聖先生には、ヴェルディーのオペラ「オテロ」の音楽分析についても丁寧な解説をして頂きました。一橋和義先生は、スクリャービンの La Poeme de l'extase を聴いて、そのとき思い浮かんだ色彩を時系列的にカラフルな図表に試作して下さいました。川野仁先生からは、視床下部について貴重なご意見を頂戴しました。船戸和弥さんには、面倒な図版をたくさん描いて貰いました。

私にとって冒険とも、チャレンジとも言えるこのような分野で、こうして一つのものをまとめあげることは、上記の友人たちのご協力なしにはできなかったことは確かです。深く感謝いたします。音楽と脳研究とのコミュニケーションという、軽い気持ちでは入ってゆけない分野での、将来の連携を夢見てがんばって補説しました。整理された論文というには程遠いですが、一部冗漫な記述になりましたが、いい加減なことは書いてありません。

参考文献:

Albus, J.S.

A theory of cerebellar function, Math. Biosci., 10 (1971) 25-61.

Alexander, G.E., DeLong, M.R., and Strick, P.L.

Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex, Annu. Rev. Neurosci. 9 (1986) 357-381.

Bailey, P., Bonin, G.v., Garol, H.W., and McCulloch, W.S.

Long association fibers in cerebral hemispheres of monkey and chimpanzee, J. Neurophysiol., 6 (1943) 129-134.

Balaban, E., Teillet, M-A., and Le Douarin, N.

Application of the quail-chick chimera system to the study of brain development and behavior, Science 241 (1988) 1339-1342.

銅谷賢治、川人光男、春野雅彦

小脳、大脳基底核、大脳皮質の機能分化と統合、科学 70 (2000) 740-749.

Eccles, J.C., Ito, M., and Szentágothai, J.

The Cerebellum as a Neuronal Machine, Springer-Verlag, 1967.

Fukai, T.

Sequence generation in arbitrary temporal patterns from theta-nested gamma oscillations : a model of the basal ganglia-thalamo-cortical loops, Neural Networks 12 (1999) 975-987.

Haber, S.N., Funge, J.L., and McFarland, N.R.

Striatonigrostriatal pathways in primates form an ascending spiral from the shell to the dorsolateral striatum, J. Neurosci. 15 (2000) 2369-2382.

Hasegawa, I., Fukushima, T., Ihara, I., and Miyashita, Y.

Callosal window between prefrontal cortices : cognitive interaction to retrieve long-term memory, Science 281 (1998) 814-818.

Hasegawa, I., Hayashi, T., and Miyashita, Y.

Memory retrieval under the control of the prefrontal cortex, Ann. Med. 31 (1999) 380-387.

Hubel, D.H., and Wiesel, T.N.

Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex, J. Physiol. (Lond.) 160 (1962) 106-154.

石塚典生

大脳辺縁系の細胞構築と神経結合、In: 情と意の脳科学－人とは何か (松本元、小野武年 編)、培風館、(2002) 26-45.

Ito, M.

Neurophysiological aspects of the cerebellar motor control system, Intn. J. Neurol. 7 (1970) 162-176.

Ito, M.

Movement and thought : Identical control mechanisms by the cerebellum, *Trend Neurosci.* 16 (1993) 448-450.

Ito, M.

Control of mental activities by internal models in the cerebellum, *Nat. Rev, Neurosci.*, 9 (2008) 304-313.

Kaas, J.H., and Hackett, T.A.

‘What’ and ‘where’ processing in auditory cortex, *Nature Neurosci.* 2 (1999) 1045-1047.

川村光毅

“連合野”の線維結合 (I) 皮質間結合—サルとネコの皮質間結合の比較と“連合野”の発達についての試論—、*神経研究の進歩* 21 (1977) 1085-1101.

川村光毅

精神医学の基礎となる知識、脳の形態と機能—精神医学に関連して In:精神医学テキスト (上島国利、立山萬里 編) 南江堂、(2000) 12-29.

川村光毅

脳と精神—生命の響き—、慶應義塾大学出版会、pp 550. 2006

川村光毅

緊張のしくみ、ピアノを弾くとき脳はどう働く? Chopin (2007) 20-26 No. 277

川村光毅

認知機能の脳内基盤について、In: 精神疾患と認知機能 (編 / 精神疾患と認知機能研究会 ; 編集総括 / 山内俊雄) pp.9-34, 2009, 新興医学出版社。

Kawamura, K., and Norita, M.

Corticoamygdaloid projections in the rhesus monkey, An HRP study, *Iwate med. Ass.* 32 (1980) 461-465.

川村光毅と小野勝彦

大脳辺縁系の解剖学、*Clinical Neuroscience*, 5 (1987) 132-138.

Kawato, M., and Gomi, H.

A computational model of four regions of the cerebellum based on feedback-error learning, *boil. Cybern.* 68 (1992a) 95-103.

Kawato, M., Furukawa, K., and Suzuki, R.

A hierarchical neural-network model for control and learning of voluntary movement, *Byol.Cybern.* 57 (1987) 169-185.

Kawato, M., and Gomi, H.

The cerebellum and VOR/OKR learning models, *Trends Neurosci.* 15 (1992b) 445-453.

Kitagawa, R., and Ichihara, S.

Hearing visual motion in depth, *Nature* 416 (2002) 172-174.

Laurienti, P.J., Wallace, M.T., Maldjian, J.A., Susi, C.M., Stein, B.E., and Burdette, J.H.

Cross-modal sensory processing in the anterior cingulate and medial prefrontal cortices, *Human Brain Mapping* 19 (2003) 213-223.

Leiner, H.C., Leiner, A. L., and Dow, R. S.

Does the cerebellum contribute to mental skills ? *Behav. Neurosci.* 100 (1986) 443-454.

Liegeois-Chauvel, C., Giraud, K., Badier, J.-M., Marquis, P., and Chauvel, P.

Intracerebral evoked potentials in pitch perception reveal a functional asymmetry of the human auditory cortex, *Ann.N.Y.Acad.Sci.* 999 (2003) 117-132.

MacLean, P. D.

A triune concept of the brain and behavior, In : *The Hincks Memorial Lectures*, eds by Boag, T., and Cambell, D., Univ. of Tronto Press, Tronto, 1973, pp. 6-66.

Marr, D.

A theory of cerebellar cortex, *J. Physiol.*, 202 (1969) 437-470.

Micheyl, C., Carlyon, R.P., Gutschalk, A., Melcher, J.R., Oxenham, A.J., Rauschecker, J.P., Tian, B., and Wilson, E.C.

The role of auditory cortex in the formation of auditory streams, *Hearing Res.*, 229 (2007) 116-131.

中原裕之

大脳基底核の計算モデル、BSIS Technical Report No. 03-01, 2003.

Nakahara, H., Doya, K., and Hikosaka, O.

Parallel cortico-basal ganglia mechanismus for acquisition and execution of visuo-motor sequences – a computational approach, *J. Neurosci.* 13 (2001) 1-22.

Narayanan, S.

The role of cortico-basal-thalamic loops in cognition : a computational model and preliminary results, *Neurocomputing* 52-54 (2003) 605-614.

Norita, M., and Kawamura, K.

Subcortical afferents to the monkey amygdala : An HRP study, *Brain Res.*, 190 (1980) 225-230.

Papez, J.W.

A proposed mechanism of emotion, *Arch. Neurol. Psychiatr.* 79 (1937) 217-224.

Pavlov, I.P.

Lectures on the Activity of the Cerebral Hemisphere, (1927) Leningrad. 林 麟 訳、1937. 条件反射学 —大脳両半球の働きに就いての講義—三省堂；川村 浩 訳、1975. 大脳半球の働きについて— 条件反射学、岩波書店 .

Penfield, W., and Jasper, H.

Epilepsy and the functional Anatomy of the Human Brain, 1954, Little, Brown Company, Boston.

Rauschecker, J.P.

Auditory cortex plasticity : a comparison with other sensory systems, *TINS* 22 (1999) 74-80.

Renier, L.A., Anurova, I., De Volder, A.G., Carlson, S., VanMeter, J. and Rauschecker, J.P.

Multisensory integration of sounds and vibrotactile stimuli in processing streams for “what” and “where”, *J. Neurosci.*, 29 (2009) 10950-10960.

Romanski, L.M., Tian B., Fritz J., Mishkin M., Goldman-Rakic P.S., and Rauschecker, J.P.

Dual streams of auditory afferents target multiple domains in the primate prefrontal cortex, *Nature Neurosci.* 2 (1999) 1131-1136.

Rosenblatt, F.

Principles of Neurodynamics, New York : Spartan Books. 1962.

Sadato, N., Okada, T., Honda, M., Matsuki, K., Yoshida, M., Kashikura, K., Takei, W., Sato, T., Kochiyama, T., and Yonekura, Y.

Cross-modal integration and plastic changes revealed by lip movement, random-dot motion, and sign languages in the hearing and the deaf, *Cereb. Cortex*, 2004.

Sakai, K., Hikosaka, O., Miyauchi, S., et al.

Neural representation of a rhythm depends on its interval ratio, *J. Neurosci.* 19 (1999) 10074-10081.

Schultz, W.

Predictive reward signal of dopamine neurons, *J. Neurophysiol.* 80 (1998) 1-27.

Shima, K., and Tanji, J.

Role of cingulate motor area cells in voluntary movement selection based on reward, *Science* 282 (1998) 1335-1338.

Tachibana, R.O., Yanagida, M., and Riquimaroux, H.

Novel approach for understanding the neural mechanisms of auditory-motor control : Pitch regulation by finger force, *Neurosci. Letters* 482 (2010) 198-202.

Tan-Takeuchi, K., and Le Douarin, N. M.

Development of the nuclei and cell migration in the medulla oblongata, Application of the quail-chick chimera system, *Anat. Embryol.* 183 (1991) 321-343.

丹治 順

脳と運動－アクションを実行させる脳、共立出版、1999.

時実利彦

目でみる脳＝その構造と機能、1969、東京大学出版会.

Tsubokawa, T., Saito, K., Kawano, H., Kawamura, K., et al.

Pharmacological effects on mirror approaching behavior and neurochemical aspects of the telencephalon in the fish, medaka (*Oryzias latipes*), *Social Neuroscience* 4 (2009) 276-286.

Yakovlev, P.I.

Motility, behavior and the brain. Stereodynamic organization and neural co-ordinates of behavior, *J. Nerv. Ment. Disease* 107 (1948) 313-335.

閉場詞

演劇(しばい)は閉まりました。謝辞も既に済ませました。ここで、旨い口上なんか言える筈もないし、わたくしの弁舌で以て諸君のお気に叶うように演劇を締め括り、取俵すなんてことは出来やしません！

ところで、先日、亜米利加の Bristol で行われた ECNS の舞台に、「脳と音楽」と言う演題でわれわれ研究仲間を代表して浦上さんが登壇し、好評を博しました。自称音楽家と他称素人(自他の誤用は問題外)との間で、脳の働きを比較しましたら差を認めたと言う、「画期的」且「眉唾物(知的令嬢の眩き)」の内容です。御冥加にとお願ひするのも不似合いですので、厚かましくも宣伝一言。御寛容に願ひます。<http://www.actioforma.net/kokikawa> に演劇の触りを開陳しましょうか。どうか、「プロ」「アマ」御合体の上、此の傑作を御鑑賞くださいますように。最新技術脳画像付が宣伝ポイントです。かようにお辞儀をいたします。ご機嫌宜しゅう。(ロザ Rosalind より)



2011年2月9日 東京藝術大学での講演内容の特別号2012、許可を得て転載