

Title	生物の比較について : 比較神経学の場合
Author(s)	俣野, 彰三
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1979, 5, p. 177-190
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/8449">https://doi.org/10.18910/8449</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# 生物の比較について

——比較神経学の場合——

俣 野 彰 三

# 生物の比較について

## —比較神経学の場合—

### 1. はじめに

動物を互いに比較する事は、狭くヒトと他の動物の比較に限ったとしても、人間像の生物学的基盤の考察や実験医学の研究に欠く事の出来ない基本的な研究方法である。

動物の比較は比較形態学に始まるが、動物の特定の器管を互いに比較する時、最も重要な手がかりとして用いられるのは相同 (Homology) と相似 (Analogy) の考え方である。この考え方は古くから存在し、時代と共に内容の意味も一定しなかった。進化生物学に適用される以前は、もっぱら純形態学的見地にもとづくものであったが、進化や系統の証拠として取りあげられるようになって、ようやく基本的に意見の一致が見られるようになる。すなわち、「相同の器管は互いに共通の祖先 (A common ancestor) に由来する」という今日の考え方が定着した。しかし、化石を用いない現生動物 (Living animals) の比較の場合は、100% 厳密に相同を判定する事は殆んど不可能である。系統の立場からいえば、二つの器管が相同である場合は、それらの形態や構造が異なっても、系統の類縁上の証拠に使用し得るが、相似の場合、「機能の類似」を基準にするから、比較されたものが互いに似た形態を示す事であっても系統発生上の類縁度とは無関係である。

遺伝から見れば、相同は次のように理解される。遺伝子に変化がなければ、それに由来する器管にも変化が見られず、比較における相同は何代をへてもゆるがず絶対的といえるが、遺伝子の変化、たとえば突然変異が起れば、その起り方の程度に応じて器管は多様に形態を変ずるので、相同の判定が明確な場合もあれば、不分明になる場合も起ってくる。この意味において、器管の相同の研究は、結局、単に遺伝子によって生じる現象の追求にすぎないとも云い得る (Romer)<sup>1)</sup>。

他方、進化を論ずる際は、系統発生から見た形態学的証拠を主体とする場合のみならず、機能の進化(たとえば化学構造,免疫,行動などにおける進化)は勿論の事、精神現象や社会の進化 (Societal evolution) にまで及ぶ。するとこれらの立場における進化の過程や証拠の基準として、相同、相似の考え方が混入してくる事があり、たとえば Biochemical homology, Behavioral homology, Homology of tradition などの表現を生じる。このような機能的進化と、形態学の系統にもとづく進化との関連については屢々論じられてきた<sup>2,3)</sup>。現在、進化

生物学が、多様な研究方法からなる各分野の実証的成果の積み重ねと総合から考察してゆく総合学説 (Synthetic theory)<sup>4)</sup> に進んでいるので、生物の比較については、その基準をめぐってますます多くの問題点が出てくるだろう。

さらに、生物の形態学上の比較についても、その研究方法の進歩にともない、当初の肉眼的解剖学の観察所見より次第に微細構造の比較に踏みこむようになり、今までの相同や相似の成果がくつがえされる例が出てきた。この事は特に進展の著しい形態学である比較神経学の領域において端的な例が認められる。また、形態・構造の研究方法の多様な進歩は、構造の微細な追求を可能にすると同時に、機能との関連がより密接になり、機能的形態学の傾向を浮きぼりにするようになる。すると機能の同一ないし類似が、相同の結論を補強する因子の一つに考慮されるようになってきた (Functional homology, Nauta と Karten)<sup>5)</sup>。すなわち相同であるべき器管が同一の機能を有する事は、現生動物における比較の精度をより向上させて厳密にする事になる。

一般には、進化の観点に立つ限り、ヒトと Non human primate との行動の比較であっても、かりに非常な制限のもとでも、相同の試みが科学的に行われなければならないし、且つ有用性を持つのは当然である。ただ現時点では、行動と正確に照応させ得る脳構造と機能の解明が、ヒトを始めとして極めて不完全であるために、相同の確定にはあくまで慎重であるべきである。行動の進化に関連して、可能な限りの新しい知見にもとづく比較神経学的資料が必要とされるのはこの為である。

今回は、このような立場から、比較神経学における最近の 2, 3 の成績例を示し、行動の比較との関連性について考察を加えたい。

## 2. 比較神経学における二, 三の例

比較神経学においては、常に現生動物の比較が主体であるが、原則通り、系統学の立場から見た相同の概念が適用される。しかし、研究方法の進展は、素朴な肉眼的観察による脳の比較より精細な内部構造の比較に進み、現在では、脳の相同の判定は単なる形態観察のみならず、幾通りもの方法で得られた実証成果の総合を必要とする。判定の成績の中に、機能的要素も多分に含まれるようになってきたのである。Campbell と Hodos<sup>6)</sup> は、脳内の灰白質の相同判定に当って次の 9 項目を示した。①実験的方法による灰白質間の線維結合の結果、②灰白質の Topological ないし、③Topographical position, ④限界溝との相対的位置関係、⑤発生学的条件、⑥個々のニューロンについての形態比較、⑦組織化学ないし細胞化学の適用、⑧灰白質レベル又はニューロンレベルの電気生理学的特性、⑨脳刺激や破壊にもとづく行動の変化、である。或る 1 個の灰白質の相同判定について、これだけの研究成果の総合を

単一の研究者の成果として行う事は、實際上、不可能と考えられ、たとえこれだけの多様な条件が揃ったとしても、比較された現生動物の種の選択、種の数、分類上の階級なども考慮しなければならない。あくまで、多方面の研究者の多様な成績の積み重ねによって相同が次第に明白になってゆくような経過が取られるのである。Campbell と Hodos の基準のうち、②より⑥までは早くより比較神経学者が心がけてきたが、方法の進歩により、結果が常に修正されてきており、時に①、⑦、⑧については最近の成果にまつところが多い。この基準を背景にして、以下に2、3の例をあげる。

脳における味覚の2次神経路について、1905年、Herrick<sup>7)</sup>は魚類の正常標本の観察により、Isthmus のレベルに終止する灰白質を認めた。一般に、感覚の2次経路は間脳の視床に達して終止するので、味覚の場合は特異なケースとして注目をひいた。その後、Herrick<sup>8)</sup>は両棲類の脳の正常標本で、再びこの事実を観察し(1944)、さらに、この灰白質の哺乳類における相同に該当するものとして腹側被蓋核(Gudden)を想定した(1948)<sup>9)</sup>。このHerrickによる成果にもかかわらず、哺乳類の味覚路は長く不明のままであった。この事は先にあげた項目①の方法の適用に、大きな技術的困難が重なったためと思われる。やがて、1971年、Norgren<sup>10)</sup>らは哺乳類において味覚の刺激に応答する脳幹の誘発電位を記録し、橋のレベルに灰白質(PTA, Pontine taste area)の応答を発見した。つまり項目⑧の方法が①をこえて先に結果を示した事になり、Herrickの下等脊椎動物の成績と始めて照応された。Norgrenらはさらに①の方法を合わせて行い、形態学的にも哺乳類での終止核(Nucleus parabrachialis)を確認した(1973年)<sup>11)</sup>。項目①に属する最近に開発された方法に、HRP(Horseradish peroxidase)注入による逆行性軸索流を利用した起始細胞の追求法がある。ネコの視床腹内側核にHRPを注入した例で、陽性顆粒がNucleus parabrachialisのニューロンに認め得る(中谷)<sup>12)</sup>(第1図)が、これはNorgrenの結果を裏付けるものである。Herrickは味覚の中継核が橋に存在する事を始めて見出したが、哺乳類の相同の核について腹側被蓋核(Gudden)を想定した事には可能性がなくなったと思われる。

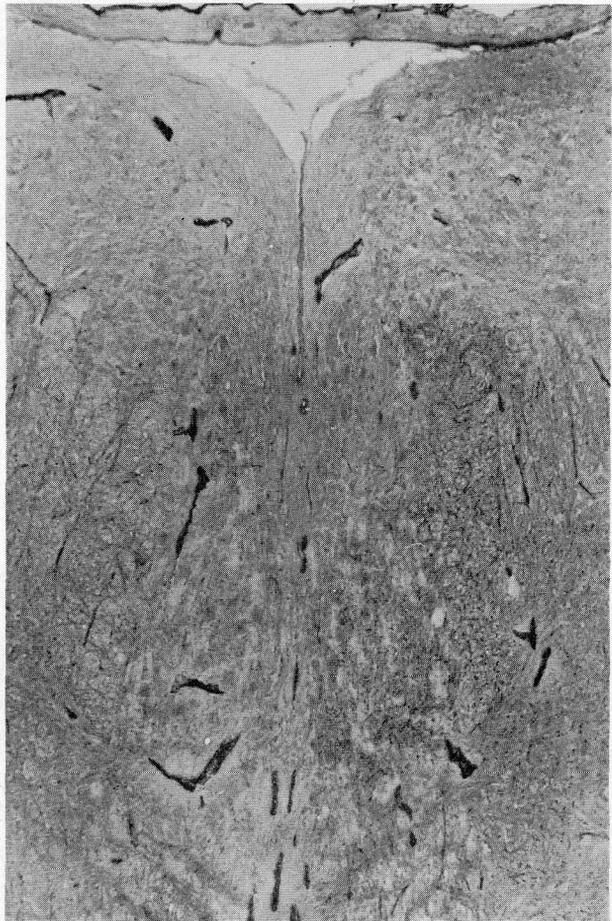
第2の例として、NautaとKarten<sup>5)</sup>は哺乳類と鳥類の脳における相同の照応に、大きな成果をあげた。哺乳類の線条体はCaudoputamenとGlobus pallidusから成るが、鳥類については



第1図 同側視床腹内側核 HRP 注入による、Pontine taste area (Nucleus parabrachialis) の陽性細胞群(ネコ)(中谷)<sup>12)</sup>。

かつてはこの区別が不明で、全体として線条体と見なされていた。1960年代に入り、項目⑦の方法を用いて DOPA と Acetylcholinesterase の検出が行われ、哺乳類の Caudoputamen に強陽性である事が知られたが、この方法を鳥類に施すと、線条体全体でなく深部の局限された部位 (Paleostriatum augmentatum) のみが選択的に陽性となり、この部位が哺乳類の Caudoputamen と相同であるとされた。この背景のもとで、①の方法により Globus pallidus に該当するものが鳥類の線条件の中において決定された (Paleostriatum primitivum)。そして、さらに両者のいずれでもない外表層の部位が、哺乳類の皮質と比較される問題が生じ、Nauta と Karten は①の方法によって追求した。彼等は、鳥類においても哺乳類の場合と同様、第2の視覚ルートである Retinogeniculo-cortical pathway に該当するものを発見した。発見されたトリの視覚領に該当する部位のニューロンについては、⑧の方法によって機能的特性の比較も行われ (Revsin)<sup>13)</sup>、ここにおいてトリの視覚に関する行動研究が、進化学的にも、生理学的にも、始めて正確に行えるようになったのである (Hodos et al)<sup>14)</sup>。

第3に平衡覚の場合を例示する。内耳の平衡覚の受容器は、イムパルスを延髄の前庭神経核と小脳の一部に送る。前庭神経核は、ヒトを始め哺乳類で一般に4核に区分されるが、鳥類においては6亜核に分類される。両者の間における核の照応と、相同の関連については不明の点が多い。最近、Brodal<sup>15)</sup>はヒトを含め、哺乳類の前庭神経核を再検討し、4亜核のほか x、



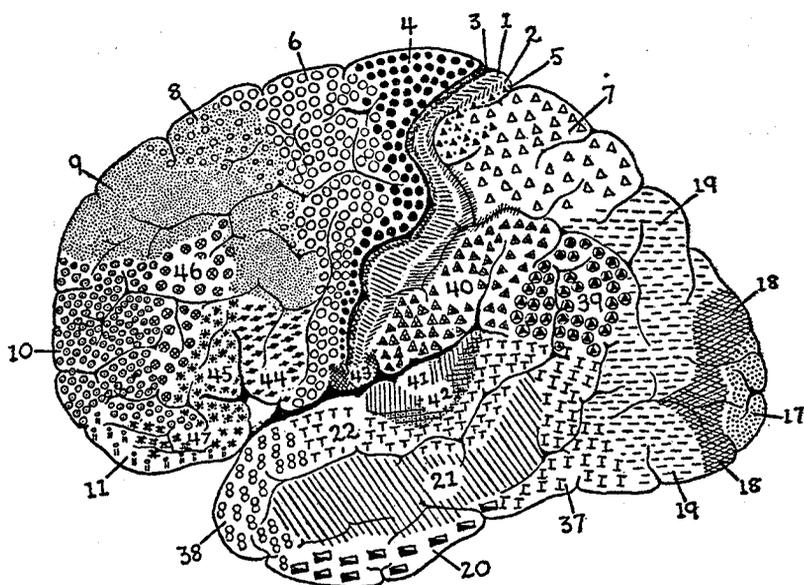
第2図 左側前庭神経核破壊により、右側内側縦束、および動眼神経核に優位に変性線維と終止が認められる。(Fink-Heimer 法) (ハト) (著者原図)。

y, z などの小 Group を区別したが、この点についての鳥類との照応は勿論、未解決であり、やっと現在これらの小 Group の構造とその機能解明が行われている段階である<sup>16)</sup>。

平衡覚の脳幹における回路は、ヒトを含むすべての脊椎動物において、身体平衡反射の基礎としての前庭眼運動回路を形成するが、これについても、哺乳類と下等脊椎動物の比較で不明の点が多い。項目①の方法により、ハトで追求した結果では、哺乳類の回路型式と同様に、前庭神経核より発する2次経路の線維数が反対側に優位である事が確認された(第2図)。又、内側縦束をへて間脳へ達する2次経路の認められない事も、哺乳類と同型の構造様式を示している。

鳥類の場合、内耳が破壊されると飛行不能となるが、その3次元パターンの行動については脳幹の基本回路のほかに、小脳→前庭神経核→脊椎の結合に関する体部位局在が注目をひく。哺乳類の前庭神経外側核より発する前庭脊髓路は、小脳よりの連絡も含めて体部位局在が知られている<sup>15)</sup>ので、鳥類の場合の照応検索には興味がある。このように行動の比較研究の際には、その神経学的基盤を確立してゆく事が行動の系統発生、進化につながる考察への展開を可能にする。

最後に大脳皮質感覚領野における平衡覚領の存在にふれる。この例は項目①の方法による検討が、早くから行われていたにもかかわらず成功しなかったうちに、⑥による方法の成果が導かれた。すなわち、Kornhuber ら<sup>17)</sup>は、大脳皮質平衡感覚野としてげっ歯類で Area 3-a, 食肉目と霊長目で Area 3-a に加えて Area 2-v を示した(第3図)<sup>18)</sup>。霊長目では Area



第3図 ヒト大脳皮質の領野を示す。(Carpenter)<sup>18)</sup>

2-vの方が優位とされ、空間定位 (Spatial orientation) における認知的役割を演ずると云われる。両野の脳幹との神経結合も検討中である<sup>19)</sup>。

平衡感覚は、視覚などと共に感覚の統合としての空間認知に果す役割の重要性は大きい。Area 2-vが認知的機能を演ずるとすれば、そのイムパルスは隣接するArea 5、さらにArea 7へと伝わり、最終的な統合野と考えられる頭頂連合野 (Area 39, Area 40) (第3図)へ至る事が推定される。種の生態に応じて、霊長目の運動様式には中の広い特異性が示されるので、これに相応する空間認知を決定する因子としての諸知覚 (嗅・触・平衡・視・聴) の比重が、種によってそれぞれ異なる事が推察される。種の特異性にもとづく脳構造の変異の成績が積みかさねられないと、進化の観点よりの比較の目的は達せられない。

### 3. 比較神経学と行動の照応

始めに述べたように、進化生物学における総合学説は全体として大綱を示すので、実際には生物学の各分野がそれぞれ固有の方法で、細かく実証的研究を積み重ねて結果を総合してゆく事になり、研究が進むにつれて各分野で次々と問題点が生じてくる。比較形態学で使われる相同の考え方や基準を行動へ適用する試みにおいても、この事が云える。

一般には行動のパターンは化石を残さないから、現生動物の比較検討が行われる。系統の立場から行動を比較する時、相同の概念は行動様式の遺伝の要素を検討する事になり、その比較が種の分類の基準として有用性を持つ事になる (行動種: Ethospecies)。たとえば、Lorenz<sup>20)</sup>の図に見られるような動物の頭をかく動作 (Head scratching behavior) の場合鳥類も哺乳類も後肢を使用し、これを前肢の線を超えて吻方に伸ばして頭をかく。従ってその形態、機能的意味は相同の考え方に合致する。ヒトは、上肢を使用して Head scratching を行うから相同にならない。巣作り (Nest building) において、4肢を使用する場合 (Digital manipulation) は巣の材料が全く異なるものであったり、出来上がった巣の形態がいかに異なっても相同であるが、口吻を使用して巣作りを行う場合 (Oral manipulation) は4肢の場合と相同化させる事は出来ない<sup>21)</sup>。

第1表は van Hoff の分類にもとづくヒトを含む霊長目の顔面表情の比較であり、表中の yes は種間の相同の成立を示す (Jolly)<sup>22)</sup>。これはヒトと Non human primate との行動比較の最も単純な例である。Relaxed face, Alert face には広い相同が認められ、ヒトと Chimpanzee との間には、他の種とヒトとの比較より一層広い相同が認められる。

Mayr<sup>23)</sup>は、鳥の例において、もし形態上の特性が分類の基準として曖昧であって、その際、行動上の分類の証拠が認められれば、後者をより重視した種の分類があってもよい (Ethospecies) 例を示した。Tinbergen<sup>24)</sup>も、行動と進化学の出会いにおいて、行動の積極

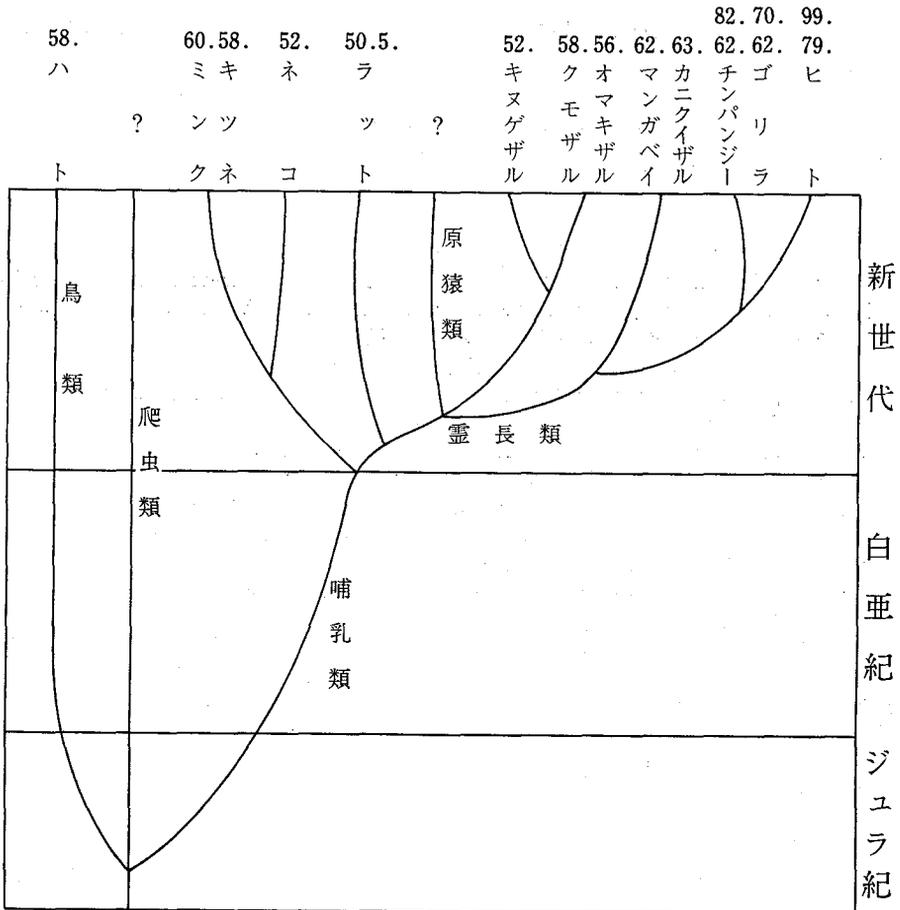
	ガラゴ	キツネ ザル	オマキ ザル	クモ ザル	ヒヒ	オナガ ザル	チンパ ンジー	ヒト
Relaxed face	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Alert face	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tense-mouth face	No	No	Yes, brows down	?	Yes, brows down	Yes, brows normal	Yes, brows frown	Yes, Silent glare, brows frown
Staring open-mouth face	Yes, Intention bite	Yes	Yes, brows down	Yes	Brows up	Brows normal	Brows frown	Brows frown Angry shout or scold
Staring bared-teeth scream face	Yes	Yes	Yes	Yes	Brows up	Brows normal	Brows up	Brows up Scream
Frowning bared-teeth scream face	No	No	?	?	Yes	Rare	Yes	Yes, Intense eyes crying narrow
Silent bared-teeth face	Yes, with protective responses, not social	Yes	Yes	Yes, but also with attack	Yes	Yes	Yes, often greeting	Yes, Polite eyes smile narrow
Lip-smacking face	No	Rare	Yes	No	Yes, brows up	Rare	Rare	No
Poutface	No	Yes	?	Yes, brows up	Yes	Infant only?	Yes	Infant Pout, mainly begging
Relaxed open-mouth face	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes, and with panting grunts	Yes, and Laughter, with play laughing, eyes narrow

第1表 霊長目の顔面表情における相同。(Jolly<sup>22</sup>)を一部変更。

的な種の分類への加入の可能性を述べ、Social releaser の相同化を試みた。鈴木<sup>25)</sup>の行った魚類の交雑実験による行動観察は、極めて興味深い。すなわち、近接したコイ科の種で、その行動が互いに対照的な両親の雑種の行動が中間的なパターンを示した。しかもその脳形態も、両親の特性の中間型に変異した<sup>26)</sup>。

他方、Hodos<sup>21)</sup>は行動による種の分類が行き過ぎると、出来上った Ethospecies が逆行の相同の基準に使用されるので、Circular logic になって混乱を招く恐れがあると述べさらに行動に限らず機能の進化を論ずる場合は、形態の場合における程、解析が簡単ではなく、進化を直線的なものとしてではなくモザイク状に考察しないと説明が困難であると主張した。さらに動物の行動には、互いに広い Commonality が存在すると同時に、各々の動物種が適応にもとづく多様で、且つ高度に分化した種特異性 (Species specificity)<sup>27)</sup>が認められる。Hodos は、ヒトを含む各種動物の系統樹に、学習能力を相応させる試みを行った (第4図)<sup>28)</sup>。ヒトの2例は幼児、他の動物は成熟で、テストは視覚にもとづいている。ネコが中等度で、ヒトと類人猿が急速に Performance を示す事は当然としても、ミンクとキツネの成績が非常に良い。ハトは新世界ザルに匹敵する。原猿類の成績が、は虫類や両棲類と共に必要であるが、粗に見れば一応系統樹に依存している。研究室で学習実験に最も良く使用されるラットが示す低い成績は、ハトの高水準と対照的である。ただしラットにおいて、もし視覚でなく嗅覚にもとづく Learning-set を行うと、その Performance は霊長目の視覚による成績に匹敵するようになる<sup>29)</sup>。このような種特異性に動物の日常行動の大半が依存するのであり、ヒトの言語も、この事実の端的な例である。言語行動は、ヒトの脳構造と機能についての最も顕著な種特異性の表現である。ヒトの言語が特殊な遺伝的基盤によるものであり<sup>30)</sup>、Non human primate との相同について論ずる事もようやく期待し得るようになってきた。しかしながら、Lenneberg<sup>31)</sup>の指摘ほどでないにしても、説明に用いられるべきヒトの脳構造と機能の解明が、現時点では余りにも不十分である。ヒトの脳の進化的側面と、その行動との関連については別に詳しく述べたい。

行動に認められるこれらの特性は、その遺伝的適応と獲得された順応の区別不可能なからみ合いも関連して、比較における生物学的基準設定を著しく困難にする。Eibl-Eibesfeldt<sup>32)</sup>は、行動における比較の視野を拡げるために、機能の類似に力点をおく相似の適用を強調した。行動は本来、機能的要素から成るものであり、相似による比較は自然で無理がない。白上<sup>33)</sup>も、相似による比較に着目し、生物学の領域でのさらに積極的な活用を論じた。相似を行動の比較に適用する場合、機能の類似による収斂 (Convergence) が注目される事になり、その場合、生態との関連が極めて密接になってくる。生態的条件が何らかの決定要因として行動の比較に取り入れられ、正確な基準にする事が可能になれば、新しい行動の比較研究が展開されるかも知れない。その時は、ヒトと Non human primate との複雑な行動の比較



第4図 系統樹と Learning-set の発達。数字は、Learning-set acquisition を示す。  
50 ; No improvement. 100 ; Maximum performance. (Hodos<sup>28</sup>)を一部変更)。

も容易となり、個性化や社会化の生物学的比較にもつながるだろう。但し、この場合、系統発生上の進化の立場から見た比較の意義が、どの程度、保ち得るかが論議されねばならぬ。

#### 4. おわりに

系統発生の追求が、進化の証拠を提供するという比較生物学の方法を、比較神経学の事例で呈示して考察した。この比較神経学における証拠は、ヒトを含む各種動物の行動の比較を系統の進化の立場から行う際、基盤として欠く事の出来ないものである。すなわち、進化生物学に有効な相同の比較基準を行動に用いる場合、脳の構造と機能を的確に行動と比較

照応させる事が基本になる。しかし、現時点における脳構造と機能に関する我々の理解は、この基本となり得るには余りにも成果にとぼしいために、至る所に越えがたい溝を生じている。

他方、観点を変えて、行動の生物学的比較の決定要因として、生態的因子を導入してゆく事は興味ある展開が期待される。

#### 引用文献

- 1) Romer, A. S. : The vertebrate body. pp. 8-10, 1970, W. B. Saunders Comp., Philadelphia.
- 2) Simpson, G. G. : Principles of animal taxonomy. 1961, Columbia Univ. Press, New York.  
白上謙一訳：動物分類学の基礎, 1974, 岩波書店, 東京.
- 3) 八杉龍一：進化学序論, 1965, 岩波書店, 東京.
- 4) Simpson, G. G. : The meaning of evolution. pp. 263-279, 1964, Yale Univ. Press, New Haven & London.
- 5) Nauta, W. J. H. and Karten, H. J. : A general profile of the vertebrate brain, with sidelights on the ancestry of cerebral cortex. The Neurosciences, Second study program, F. O. Schmitt, ed. pp. 7-26, 1970, The Rockefeller Univ. Press, New York.
- 6) Campbell, C. B. C. and Hodos, W. : The concept of homology and evolution of the nervous system. Brain, Behav., Evol., 3 : 353-367, 1970.
- 7) Herrick, C. J. : The central gustatory paths in the brains of bony fishes. J. Comp. Neurol., 15 : 375-456, 1905.
- 8) *ibid* : The fasciculus solitarius and its connections in amphibians and fishes. J. Comp. Neurol., 81 : 307-331, 1944.
- 9) *ibid* : The brain of the tiger salamander. pp. 166-171, 1948, The Univ. Chicago Press, Chicago.
- 10) Norgren, R. and Leonard C. M. : Taste pathways in rat brain stem. Science, 173 : 1136-1139, 1971.
- 11) *ibid* : Ascending central gustatory pathways. J. Comp. Neurol., 150 : 217-238, 1973.
- 12) 中谷二郎：未発表.
- 13) Revsin, A. M. : Specific visual projection area in the hyperstriatum of the pigeon. Brain Res., 15 : 246-249, 1969.
- 14) Hodos, W., Karten, H. J. and Bonbright, Jr. J. C. : Visual intensity and pattern discrimination after lesions of the thalamo-fugal visual pathway in pigeons. J. Comp. Neurol., 148 : 447-468, 1973.
- 15) Brodal, A. : Anatomy of the vestibular nuclei and their connections. Handbk. Sensory Physiol., VI/1, H. H. Kornhuber ed. pp. 239-352, 1974, Springer-Verlag, Berlin.
- 16) Nakatani, J. and Matano, S. : Fiber connection on the group z(Brodal) of vestibular nuclei in the cat. -An experimental study with horseradish peroxidase- Neuroscience Letters, 1979. In Press.
- 17) Fredrickson, J. M., Kornhuber, H. H. and Schwarz, W. F. : Cortical projections of the vestibular nerve. Handbk. Sensory Physiol., VI/1, H. H. Kornhuber ed. pp. 541-582, 1974, Springer-Verlag, Berlin.
- 18) Carpenter, M. B. : Human neuroanatomy. p. 554, 1976, The Willams & Wilkins Comp., Baltimore.
- 19) Nakatani, J. and Matano, S. : Vestibulo-thalamo-cortical connections in the cat. -An experimental study with horseradish peroxidase- IBRO News, 6 : 12, 1978.
- 20) Lorenz, K. Z. : The evolution of behavior. Sci. Am., 199 : 67-78, 1958.
- 21) Hodos, W. : The concept of homology and the evolution of behavior. Evolution, Brain and Behavior, R. B. Masterton, W. Hodos and H. Jerison eds. pp. 153-167, 1976. Lawrence Erlbaum Associates Pub., New Jersey.

- 22) Jolly, A. : The evolution of primate behavior. pp. 158-159, 1972. The Macmillan Comp., New York.
- 23) Mayr, E. : Behavior and Systematics. Cited from 32).
- 24) Tinbergen, N. : The study of instinct. pp. 185-205, 1974, Oxford Univ. Press, New York & London.
- 25) Suzuki, R. : Hybridization experiments in Cyprinid fishes. II. Jap. J. Genet., 38 : 89-96, 1963.
- 26) Masai, H. and Sato, Y. : The brain pattern in relation to behavior in fish hybrids. Naturwiss., 52 : 43-44, 1965.
- 27) Washburn, S. L. and Harding, R. S. : Evolution of primate behavior. The Neurosciences, Second study program. F. O. Schmitt ed. pp. 39-47, 1970, The Rockefeller Univ. Press, New York.
- 28) Hodos, W. : Evolutionary interpretation of neural and behavioral studies of living vertebrates. *ibid.* pp. 26-39,
- 29) Slotnick, B. M. and Katz, H. M. : Olfactory learning-set formation in rats. Science 185 : 796-798, 1974.
- 30) Young, J. Z. : An introduction to the study of man. pp. 485-498, 1971, Oxford Univ. Press, London.
- 31) Lenneberg, E. H. : Problems in the comparative study of language. Evolution, Brain and Behavior, R. B. Masterton, W. Hodos and H. Jerison eds. pp. 199-213, 1976. Lawrence Erlbaum Associates Pub., New Jersey.
- 32) Eibl-Eibesfeldt, I. : Ethology, Second edition. pp. 216-233, 1975. (In English).
- 33) 白上謙一 : 生物学と方法, 1972, 河出書房新社, 東京.

## A Note on the Comparative Method in Brain Research

Shozo MATANO

The comparative method in biology includes the persistent problem into the method itself. Results obtained by the living animals are neither simple nor direct. Campbell and Hodos showed the most useful criterion in order to establish homologies in the central nervous system as follows : 1) experimentally determined fiber connections, 2) topography, 3) topology, 4) the position of reliably occurring sulci, 5) embryology, 6) morphology of individual neurons, 7) histochemistry, 8) electrophysiology, 9) behavioral changes resulting from stimulation, lesions etc. In this case, the greater the degree of concordance among characters, the stronger becomes the justification for drawing the inference that structures originate in a common ancestor.

In this paper, some examples concerning the problem of homologies in the brain structures were shown and discussed.

1) In 1905, Herrick already pointed out in fish brain that the secondary gustatory pathway terminated in the dorsal isthmic region. Recently, the evoked potentials following the electrical stimulation of chorda tympani was recorded in the pontine parabrachial nucleus in mammalian brain. After this report, the experimental morphological study could demonstrate the same result as shown in the record of evoked potentials. The problem of homology between these two nuclei is being evaluated.

2) By the histochemical demonstration of DOPA and acetylcholinesterase in the avian telencephalon, the paleostriatum augmentatum and the paleostriatum primitivum were justified to be homologous with the mammalian caudoputamen and globus pallidus respectively. Nauta and Karten, furthermore, found the second visual pathway in the avian brain. This pathway is corresponded with the retino-geniculo-visual pathway in the mammalian brain.

3) Whereas the morphological studies have not been successful to show the cortical representation of vestibular system, Kornhuber et al. reported that the cortical vestibular area was located in area 3-a and area 2-v in the mammalian cortex. They also suggested that the localization of perception of spatial orientation existed in area 2-v. The detailed phylogenetical comparison of these problems remains unsolved.

The behavioral homology as the phylogenetical comparison in animal behavior should be closely corresponded with the evolutionary change of brain structures. However, under the present understanding of structure and function of the vertebrate nervous system, an unbridgeable gulf exists between the phylogenetical behavioral studies and the evolutionary sequence of brain structure.