

脳生理学と数学教育（1） —— 数学教育の研究の方向についての試論 ——

佐伯 卓也（岩手大学）

近年の脳生理学と心理学の発達が著しく、その区別が僅かになってきた感がある。このことを考えれば、数学の諸能力に関係する大脳皮質の場所が特定されてくるかも知れない。まだ、データは揃っていないが、教育の問題、従って、数学教育の問題も、やがては脳生理学の問題になるかも知れない、ことを予想して、数学教育の研究法の一つの仮説的試論を述べる。

キーワード：数学教育、脳生理学、大脳皮質、性差

0 はしがき

1988年11月5日・6日、広島大学教育学部附属高校において開催された日本教科教育学会第14回全国大会のなかで、蛭谷（1988）学会会長の講演が示唆的であった。つまり、子どもの脳の発達と教科教育が関係する、というものであった。筆者（佐伯・横田、1987）も、すでに昨年7月11日の科学教育学会の研究会（岩手大学教育学部附属教育工学センター）で「性差」の問題で、やはり（大）脳生理学に触れて論じていたので興味があった。この時描いた図は、いわゆる、脳のモデルとしての神経ネットワークシステムが脳の発達に従って、より高度に、より複雑になっていく、ということである。従って、数学やその他の教科等の「教育」が、この過程に入り込む余地があるとすれば、それは、この脳のネットワーク形成の過程であろう、という仮説が成り立つことが考えられる。次の問題は、この仮説が成り立つとすれば、より効果的な脳の神経ネットワークを形成するためにはどのようにするか、となろう。一方ネットワーク形成で注目されるのは、その結合の仕方、つまりシナプスの構造とその働きである。これらについては多くの研究がなされてきた。これらの結果から、結論的には当該学習者の食生活つまり〈食物と栄養〉をどうするかの問題になりそうである。すなわち、「食物」→「神経ホルモン・伝達物質」→「神経のシナプスの形成とその機能」として関係してくるから、ネットワーク形成とその働きに有効な要素として、食物の摂取、従って栄養の研究が問題になりそうである。第二には、前にも触れたが、当該学習者のネットワーク形成のためにとりまく〈教育的環境〉と〈教育活動〉をどのように設計するか、が問題として起こって来るだろう。

本発表では数学教育をこのような脳の生理学の観点から取り上げ、独断と偏見を顧みず、試みとして論じるのが目的である。これらに関しては反論も多いであろう。ポバー的論駁を期待したい。

1 脳の生理学的背景

新井（1983）によると、例えばヒトの大脳にある神経細胞の数は成人で140億個～150億個もあるという（小脳の神経細胞数は大脳の数の一桁上と言われているが今はそれを考えない）。この莫大な神経細胞一つ一つに 10^4 個のシナプスがあると仮定すると、ざっと見て、大脳全体では 10^{14} 個のシナプスの数になるだろう。ところが、ヒトの遺伝子の数は 10^6 個程度というから、 10^{14} 個のシナプス全部を遺伝子で規定しえない。一方、ヒトのシナプスの数は胎児や幼児の時期からこんなにあるわけではなく、ヒトの成長に従って増加して行くと言われている。従って、なおさら遺伝子により規定されるものではないと言ふことができる。このシナプスのネットワークの形成にかかわる自由度が残されていると言ふことが第一のポイントである。

次に、脳の神経細胞は神経繊維が伸びて大樹のように完成するには20年近くもかかり、その間、成長に応じた入力量があってはじめて脳のバランスのとれた発育があると言われている。この段階で影響を及ぼす要因には、個体の内部的要因と、外部的要因がある。内部的要因の主なるものはホルモンとされている。これはよほどのことがなければあまり個体差が生じないとされている。しかし、性ホルモンの中で、特にアンドロゲン【男性ホルモン】だが、脳の中で敏感に影響を受ける部位があるとされていて、脳のハードウェア上の性差となって完成する。脳のハードウェアに性差がある以上「数学教育の性差」の研究で性差が出て来るのは当たり前で、今後の「数学教育の性差」ないしは「数学教育の性関連差」の研究は脳のハードの性差、つまり脳の構造上の性差、そして脳のソフトの性差、つまり脳の生理学からの性差の考察にも触れなければ不完全である、ことは昨年筆者が指摘した通りである（佐伯、1987）。次に、外部的要因としては「教育」といわれる環境も含めて無数にある。しかし、この中で食物の摂取にかかわる栄養だけは、上述のホルモンの分泌やシナプスの伝達物質に関係するので、内部的要因をある程度規定することになることに注目しなければならない。このあたりが第二のポイントになる。

次は、シナプスの伝達物質である。伊藤（1986）によれば、シナプスには興奮性のもの、抑制性のもの、そしてシナプス前抑制性（興奮性シナプスの上にもう一つシナプスがついていて、興奮性のシナプスの効率が下がるもの）のものの3種類があるという。さらに信号を伝えるものは「伝達物質」と言われる化学物質であり、これについては長い間研究されてきているが、まだ、完全には分かっていないという。今のところ伝達物質としては、アセチルコリン、ノルアドレナリン、セロトニン、ドーパミン等が知られている（時実、1962；北出、1985）。さらに伝達物質というよりは、伝達物質の働きを調節する物質、すなわち、いわゆる「修飾物質」が知られている。北出（1985）によれば、上の伝達物質はある種の食物に関係しているという。例えばアセチルコリンの原料はコリンであり、それを補うにはレシチンを多く含んだ食物（大豆製品、卵黄、ピーナツ、動物の肝臓）をとればよい、等とされている。この外の物質についても同じであるので、専門書にゆずる。さらに、大沢（1987）によれば、「糖」が脳にとって重要な働きをもつことが分かったとい

う。しかもこの糖の血液の中の量が適当な量から下がれば、激しい神経障害が起こり（機能的低血糖症）、とても教育活動等が介入出来ない状態を引き起こすという（女生徒に多くみられる拒食症とか、かなりの生徒にある朝食が不完全だったりすることが原因で起こり、学校教育の問題にもなってくる）。要するに、脳の機能を高めるには教育だけではなく、いま見て来たように、食物の摂取の仕方にも影響される、というのが第三のポイントである。

2 数学教育の研究への示唆

まだ脳の生理学は完成していないし、分からない点も多い。このようなものを土台にして数学教育研究法はこうだとは到底出て来ないし、論じることすらも危険が多い。そこで、筆者の過去の取り上げたトピックのいくつかをモデルに考察をする。

1973年頃筆者は純粹数学（微分幾何学）の研究から数学教育の研究に方向変換をし、まず「数学における創造性」「数学における性差」に関心をもった。それでいろいろと文献も調べデータをとり研究してみた。この「創造性」から考察する。

数学における創造性は一般創造性と少しずれているところもあるようだが基本的なところは同じであると考えられている（佐伯、1976）。それにかかわる能力としては、因子分析の結果、ギルフォードは主なる因子として感受性、流暢性、柔軟性、独創性、緻密性、再定義の能力があげている。大木（1988）は「前頭連合野に向かうA₁₀神経にだけ、オートレセプターがない。だから抑制が効かなくて、A₁₀神経は働き過ぎるくらい働く。これが創造性の秘密……」（A₁₀《エー・テン》神経とはヒトの快感を生じる神経でアリエ・ラウテンバーグにより、1964年に突き止められた）と発言し、また「A₁₀神経伝達物質ドーパミンは創造性発動の原動力……」とも言っている。ここでA₁₀神経はハードとして組み込まれているが、ドーパミンは食物として摂取される。北出（1985）によればドーパミンはチロシンからヒトの脳で自然に分解加工されて作られ、さらにチロシンは肉類に多く含まれているという。

これから、検証の困難さを承知の上で、バランスのとれた食事が大事とわかっているのでその中で「数学における創造性は肉を食べることにより高まる」等の仮説が得られるかも知れない。しかし実際は<ブレン・ストーミング>とか<KJ法>、<NM法>等のもっと有効な創造工学の諸技法が使われていることを指摘しておく。

次は性差であるが、これは前に触れているので略すが、脳のハードと後に影響を与える性ホルモンの分泌にも性差があるのだから、男のより適切な数学教育は何か、女のより適切な数学教育はなにか、などが問題になってくる。しかし、このような研究自体が男女差別の最たるものだとの非難を覚悟しなければならないだろう、とだけ述べておく。

ある発達段階の子どものための数学（算数）教材の開発研究はどうであろうか。これは、脳の発達や生理からみて、適切に行うことは極めて意味のあることになるだろう。それが、適切なシナプスの伝達物質に関係する食物の摂取と連動するとき、最大の効果をあげるこ

とになるだろう。従って、将来は、その教材を用いての授業の研究には子どもたちの食物の要因も考慮する必要が生じるかも知れない（勿論食物も「環境」とか「家庭」の要因に入っているだろう）。

以上、思い付くまま独断と偏見を承知の上で、述べてきたが、一応このような問題をここに提起するので、各位のポパー的論駁を期待する。

参 考 文 献

- 東 清和・小倉千加子（1982）性差の発達心理、大日本図書、東京
 新井康允（1983）脳からみた男と女 —— 性差の謎をさぐる、講談社、東京
 伊藤正男（1986）脳のメカニズム —— 頭はどうはたらくか、岩波書店、東京
 北出幸男（1985）不思議体験クッキングブック、学習研究社、東京
 久保田 競（1985）脳の手帳 —— ここまで解けた脳の世界、講談社、東京
 大木幸介（1988）脳内麻薬と頭健康 —— 気分よければ頭もまたよし、講談社、東京
 大沢 博（1987）栄養と行動に関する研究 —— とくに機能的低血糖症について、岩手大学教育学部教育工学研究、9、29～42
 大島 清（1987）女の脳・男の脳 —— 大脳生理学が明かしたこの驚くべき性差、祥伝社、東京
 佐伯卓也（1976）数学における創造性とその測定について、日本教科教育学会誌、1、73～79
 佐伯卓也・横田晴充（1987）数学教育における性差の研究についての一試論 —— 性度と数学の若干の関係、日本科学教育学会研究会研究報告、1（No.7）、7～10
 酒田英夫・安西祐一郎・甘利俊一（1987）脳科学の現在 —— 神経生理学・認知科学・数理工学から、中央公論社、東京

The Brain Physiology and Mathematics Education (1st Report)
 —— An Essay on a Course of Research for Mathematics Education ——

Takuya Saeki, The Faculty of Education, Iwate University

(Abstracted)

Recently, it seems that the brain physiology and psychology have advance so much that we can hardly distinguish them. In a short time, we might be able to specify some place of the cerebral cortex correspondence with some mathematical ability. In expectation of the above mentioned, we should like to express some hypothetical ideas.