

# 早期教育の落とし穴

## ——認知神経科学的見地より——

有 路 憲 一

### 1. はじめに

およそ10年前に、『早期教育』という言葉が注目され、近年、幼児期から教育を与える早期教育が、非常に多くの人の関心を集めている。<sup>1</sup> 早期教育とは、「0歳～幼稚園入園前の3歳までの子どもに、子どもの脳の発達をより効果的にするために、様々な課題や教材に取り組みさせる」ことを目的とするものもあれば、「早期」の解釈をやや広げ、7～8歳前後のものもある。<sup>2</sup> 国立教育政策研究所(鬼頭&滝 2001)によると、1歳半という早期に、習い事やお稽古事を行っている幼児は11.7%(1歳半児 5438人中636人)、3歳児に至っては27.6%(3歳児 4899人中1352人)にもなる。習い事やお稽古事の勧誘に関しては、1歳半児の保護者の49.6%、3歳児の保護者の62.6%は、勧誘を受けたことがあると回答している。

早期教育推進者は、様々な根拠を基に、いかに早く英語なり音楽に触れ、学ぶかにより、その後の習熟度に大きな相違があると言う。もちろん早期教育の是非に関しては、究極的には保護者が判断すべきものであるのは言うまでもない。しかし、注意をしなければならないのは、早期教育の受益者側ではなく、発信側一つまり、早期教育を宣伝し、その効果を広く伝える側一が、正しい情報を流しているかどうかである。早期教育を薦めるダイレクトメール等は、何もしなくてもどんどん送られてくるが、早期教育反対の情報は自ら努力しないと手に入らないという不公平さがある。早期教育を押し進める側の謳い文句として常套的なものは、「脳は若い頃はまだ柔らかく、柔軟であり、その時期に学べば、自然に無理なく獲得できる」というものである。そして、その謳い文句を支える“認知神経科学(脳科学)による科学的証拠”とされているものに、シナプスによる脳のネットワーク、臨界期やバイリンガルの脳活動の研究などが用いられることが多い。

本稿の目的は、この早期教育を支えるとされている“認知神経科学による科学的根拠”には重大な欠陥や解釈ミスがあり、それら“科学的証拠”とされているものは早期教育を支持する証拠にはならないことを指摘することにある。

## 2. 脳の発達

早期教育が注目されるにつれ、脳科学の専門的知識のない一般の人々でさえも、シナプスや臨界期などの用語を知ることになっているようだが、脳の健全な発達はゼロの状態からシナプスを増やし、シナプスの結合を強めていくことであると誤解されているようである。つまり、乳幼児の能力をゼロとすると、歳を重ねるごとに、能力が10になり100になり、1000になるように「増加すること」がすなわち「発達」であると誤解しているようである。しかし、事実は逆で、脳の健全な発達の鍵は、シナプスの「増加」ではなく、実は「減少」にある。乳幼児は、いろいろな才能を生得的に備えており(つまり、乳幼児の能力はゼロではない)、それらをむしろ「不要」として捨てることにより発達している。この考えは、以前は乳幼児が出来ることは限られていると思われていたが、実は成人にはできない特殊な能力をいくつも持っていることが明らかになることで分かってきた。具体的に、乳幼児が生得的に備えている能力を以下に概観してみる。

### 2.1. 新生児・乳幼児の能力

#### 2.1.1. 音声の弁別能力

例えば、日本人英語学習者にとって、/l/と/r/の区別が困難なことは良く知られている。これは、母語である日本語には/l/と/r/の分別は必要ない—日本語には/l/と/r/を識別することで意味が変わる単語はない(リンゴを/riŋgo/と発音しても/lingo/と発音しても意味は変わらない)—ため、その弁別に敏感である必要性はない。結果、日本人は/l/と/r/の弁別に困難を感じる。しかし、乳幼児は、新生児の段階でさえ自然言語のありとあらゆる音素を弁別する能力を備えている。例えば、

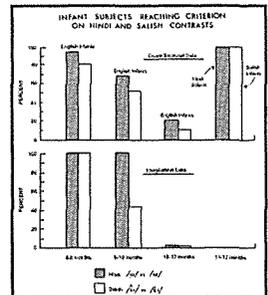


図 1 Werker & Tees (2002)

図 1 に見るように、ヒンディー語の 2 つの子音/k'i/と/q'i/やセイリッシュ語の 2 つの子音/l/と/r/を聴かせると、英語を母語とする成人は区分できないが、英語を母語とする乳幼児はそれらを弁別知覚できる(6~8 ヶ月の乳児の弁別率は 80~90%、8~10 ヶ月の乳児の弁別率は 60~70%である)(Mehler & Dupoux 1994; Werker & Tees 2002 など)。これらは、新生児・乳幼児は、自然言語のありとあらゆる音の弁別ができる能力を生得的に備えており、生存に必要な能力は刈り取られていくことを示唆している。

これと関連して、乳幼児は、絶対音感を持つと指摘する報告もある。絶対音感は、およそ 8 ヶ月の新生児にとっては主たる知覚方法であり、その後発達するにつれ相対音感へとシフトしていく(Saffran 2003; Saffran & Griepentrog 2001)。

#### 2.1.2. 顔の弁別能力

上述した音声の分別能力と同様に、乳幼児は「顔」の弁別能力にも優れており、成

人が気づかないわずかな差でも気づく。更に、6ヶ月の乳児は人間の顔に限らず、サルの顔の弁別さえもできてしまう(しかし、種を越えた顔の弁別は、10ヶ月の乳児はできなかった-10ヶ月の乳児は人間の顔の弁別のみできた)(Pascalis *et al.* 2002)。

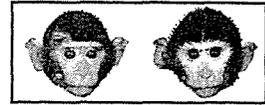


図 2 Pascalis *et al.* (2002)

### 2.1.3. 共感覚

通常は、1つの感覚受容器に対して1つの感覚が対応し(例えば、聴覚器官(耳)に対して聴覚、視覚器官(目)に対して視覚など)、それぞれの感覚は独立して別個に機能する。しかし、共感覚と呼ばれる現象は、特定の感覚受容器からもたらされる感覚(一次感覚)が、他の種類の感覚属性の感覚(二次感覚)を付随的に同時に引き起こす(例えば、文字や数字を見ると色を感じる、音を聴くと色を感じる、曜日や月・日に色を感じるなど)。

この共感覚は、特殊な脳機能により成人であってもこの種の共感覚を持っている人もいる(具体的な原因は不明)が、多くの成人はこの共感覚を持ち合わせてはいない。しかしながら、新生児は様々な個々の感覚の高い弁別能に加えて、乳幼児の脳では、後に個別に分化する領野は連結しており(DeHay *et al.* 1984; DeHay *et al.* 1998; Huttenlocher 1994; Kennedy *et al.* 1989)、乳幼児は、諸感覚を個別に知覚し処理するのではなく、感覚間で相互作用させながら、外界のあらゆる事象に対応している(例えば、先天性の視聴覚障害により通常の視覚・聴覚からの入力遮断されてしまった視覚野・聴覚野が、別の感覚の処理を担うように変化する(クロスモーダル可塑性)ことは、乳児期初期の感覚間の相互作用を示唆している。例えば、モノに触るだけでは視覚野は働かないのに、集中して点字を読むとあたかも目で見ておられるかのように失われたはずの視覚野が働く)。つまり、新生児は共感覚を持っている可能性がある(Charles & Maurer 1988; Maurer 1993; Maurer & Mondloch 1996, 2004)。例えば、新生児に目隠しをしたまま人工乳首をしゃぶらせ、その後目隠しを取り、しゃぶっていた人工乳首の他に形の異なるいくつかの人工乳首を目の前に並べると、その新生児はしゃぶっていた人工乳首を選好する。これは、舌で知覚した触覚と同時に、視覚野でも受容していると考えられる(Gibson & Walker 1984)。<sup>3</sup>

その後、適切な刺激を基に、適切な「刈り込み」が行われていき、感覚・運動などの諸感覚を司る領野が分化していく(Ramachandran & Hubbard 2003; Hubbard *et al.* 2005; Baron-Cohen *et al.* 1993; Maurer 1997 など)。

### 2.1.4. 記憶

記憶に関しても、乳幼児は成人にはない記憶能力を備えていると思われる。記憶もその機能により様々な種類に分類されるが、その中に直観像・直観記憶と呼ばれる写真のように見たままを細部までありのまま写し取る記憶がある(cf. Conway *et al.* 2007)。

この直観記憶は乳幼児の多くは備えているが、年齢と共に消えていく。近年、Inoue & Matsuzawa(2007)は、子供のチンパンジー(7歳)に、画面上にランダムな位置に1〜9までの数字が0.21秒現われ、それらを瞬時に記憶し、小さい順に答えるという課題を与え、わずか0.21秒間画面表示された複数の数字を記憶できることを示した(眼球運動はないことから、一瞬にして複数の数字を写し取っている)。つまり、子供のチンパンジーは、目にした映像を瞬間的に写真のように記憶に焼き付けることができる。

Inoue & Matsuzawa(2007)は、ヒトは言葉を獲得することで生後備えていた直観記憶能力を不要なものとし捨てたのに対して(そのため成人では直観記憶は困難)、チンパンジーは視覚情報を瞬時に記憶する能力—直観記憶—を失わずに備えていると推察している。ヒトは、物を見る時に、そして記憶する時に、言葉の影響を受ける。例えば、「コップ」は、コップという実体としてわれわれの眼に入ってくるのではなく、「コップ」を言葉で他と区別することで理解している。つまり、言葉を獲得していない乳幼児は、生存のために直観記憶を備えているが、言葉の獲得と共に直観記憶を失っていくと推察される。

## 2.2. 刈り込み

以上概観したように、乳幼児は成人にはない様々な能力を備えていることが明らかになりつつある。そして、その能力とは特定の種類の高次認知能力に限定されることなく、音声知覚(言語)、記憶、顔認知、感覚など多岐に渡る。人間が持つありとあらゆる能力はかなりの潜在性を持っていることが窺い知れる。そして、新生児や乳幼児が持つ能力はそのまま年齢を重ねても保持されるのではなく、年齢と共に徐々にその能力は失われていく。この乳幼児期の一瞬の際立つ能力はなぜ可能なのであろうか？脳においてどのように説明されるのであろうか？

脳の神経細胞の数は、胎児期(9ヶ月頃)に最大になり、その後は細胞死により約半数の神経細胞は死滅する(生まれた時の脳の重さは400グラムで成人の1/3ほどしかない)。そして、出生後、神経細胞の密度は、1歳までにおよそ1/5に減少する。脳は成長と共に重量を増し、大きくなっていくが、その際

神経細胞の数が増えているのではなく、「シナプス」が増えていく(樹状突起の枝分かれも脳容積の増加につながる)。Huttenlocher *et al.* (1982)は、剖検された新生児から90歳までの脳組織内の第一次視覚野(図3の●は第一次視覚野のシナプス密度の変化を示し、○は容量の変化を示す)のシナプス数(シナプス密度)を数えた結果、新生児期には既に成人と同程度のシナプス密度(1mm<sup>3</sup>あたり11億個のシナプス)があり、乳幼児期になるとシナプス密度は増加の一途を辿り、8〜11ヶ月には成人の約1.5倍にも達することを明らかにした。そして1歳前後でピークに達したシナプス密度は、その後減少し、3歳を

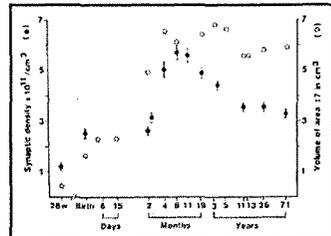


図3 ヒト第一次視覚野のシナプス密度の年齢変化 (Huttenlocher *et al.* 1982)

過ぎるとかなり低下し、16歳くらいまでには全シナプスの1/3を失うことが分かった。

このように、乳幼児期にいわば「保険」のように一旦シナプスを過剰に作っておいで(過形成)、環境に合わせて刈り込んでいくのが脳の動作原理である。つまり、シナプスを過剰に生成し、環境に合わせて刈り込んでいくのが、脳の発達である。このシナプス過形成の状態はいわば信号の素子が成人よりも過剰にある状態で、このため乳幼児は成人にはない様々な能力を持ちうるということが説明される。そして、過形成されたシナプスのうち、入力刺激を受けないシナプス(つまり使われないシナプス)は削られ、シナプスの減少(刈り込み)が起こる。このことが、年齢と共に新生児期や乳幼児期に備えていた能力が不要となり失われていくことを説明する。

### 3. 臨界期

#### 3.1. 臨界期とは？

シナプスの刈り込みと深く関連するものとして、『臨界期(Critical Period)』がある。そして、早期教育を支持する科学的根拠として広く用いられているものに臨界期仮説がある。早期教育を論じる上で、臨界期は何にも増して重要な概念である。いわば早期教育信望者の、大きな科学的よりどころは、「鉄は熱いうちに打て」を科学的に裏付けるかのような臨界期である。上述したように、脳発達も誤解され、この臨界期もまた誤解または歪曲されているのだが、まずは3節では臨界期とは何かを概観し、どのように早期教育を支持する証拠として利用されているのかを見る(臨界期の誤解とウソについては4節で論じる)。

臨界期とは簡単に言えば、発達過程において或る時期を過ぎると、或る行動の学習が成り立たなくなる限界の時期のことを言う。臨界期は、まずは動物行動学にて発見されたものである(Lorenz 1935)。鳥の孵化直後に観察される刷り込み現象—孵化直後の雛鳥が目の前で動く対象を母親(親鳥)だと認識しその後ずっと追いかける現象—が起こる期間は厳密にプログラミングされており、孵化後約8時間から24時間の間のみであり、その後は刷り込みは起こらない。この期間を、臨界期と呼ぶようになった。

その後、この脳機能発達の臨界期が哺乳類にもあることが、Hubelらの研究により明らかになった(Hubel & Wiesel 1959)。Hubelらは、子猫の片眼を一定期間遮蔽し(生後3、4週間頃に1週間ほど片眼を遮蔽する)、その後視覚野の神経細胞が光刺激にどのように反応するかを調べた。結果は、遮蔽した眼の視覚野の神経細胞は、光刺激に反応しなくなっており、遮蔽された眼は見えなくなっていた。ただし、生後15週以降であれば、いくら長く片眼を遮蔽しても、遮蔽された眼が見えなくなるということは起こらなかった。これは、視覚野が正常に機能するためには視覚刺激を受けなければいけない期間があることを示している。

こうして、ある脳機能の発達には、入力となる刺激を受けることのできる一定の期間があり、その期間を過ぎるとその脳機能は正常には機能しない、または機能そのものを停止してしまうことが判明した。

そしてこの臨界期は、ヒトにおいても観察される。片眼遮蔽実験などは倫理的に行

えないが、乳幼児期に眼の病気の手術のために一時的に片眼に眼帯をかけたことが原因で、その眼の視力が極端に低下(眼鏡をかけても矯正できない弱視)してしまうことがある(栗屋 1987)。3 歳ごろまでは一時的であれ片眼遮蔽は弱視になりやすく(およそ生後 20 ヶ月頃がピーク)、その危険性は 8 歳前後まで続く。つまり、一定期間内に視覚に刺激を与えなかったために、眼の機能が正常に機能しなくなってしまった。

他にも、或る一定期間内に言語刺激を与えないと自然な言語発達がなされないことや或る一定期間内の言語障害は回復しやすいものの一定期間を過ぎると言語障害の回復が困難であることなどから言語(詳しくは後述)にも臨界期が見られる(Lenneberg 1967)。他にも、音楽能力にも、或る一定期間内での音楽の練習が、質的な相違を生み出すように、音楽能力にも臨界期が観察される。例えば、楽器を演奏できない人に比べて、楽器演奏家ではピアノの音に対して、聴覚野に強い反応が現れる(図 4)。およそ 3~6 歳頃に楽器を習い始めた人は、対照群よりも大きな反応が観察されており、このことは音楽(楽器演奏)の臨界期は 6 歳前後であることを示唆している(Pantev et al. 1995)。これら以外にも、上述した音声知覚、記憶、共感覚などすべて、或る一定期間を超えてしまうとその能力は失われ、その期間以後にそれらの能力を改めて獲得するのは困難であると思われる。

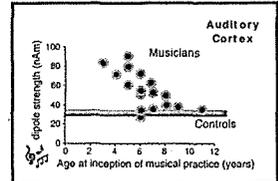


図 4 Pantev et al. (1995)

脳発達シナプスの過形成とその刈り込みによるが、このシナプス密度と臨界期は密接な関係があるように思われる。シナプス密度が最大から刈り込みにより減少していくことがすなわち臨界期にあたりと考えられている(この考えが実は成り立たないことは 4.3 節にて指摘する)。

### 3.2. 臨界期と早期教育

ここまで、新生児・乳幼児の類稀な能力とその後の衰退を説明すべく脳発達シナプスの過形成と刈り込みと、臨界期—一定期間における能力の獲得—という概念を概観してきた。

明らかなように、早期教育推進者にとって、この臨界期という概念は、その「早期」の妥当性を科学的に裏付けるまさにうってつけの証拠になる。臨界期以後の獲得には困難を伴う、臨界期以後は影響がないなどから、臨界期終了までにシナプス密度が最大なうちに一定の刺激を与え、或る能力を獲得させようとする。この極端な形が、以下に引用するような「3 歳児神話」と呼ばれるものである。

『幼児の可能性は 3 歳までに決まってしまう—白紙の状態で生まれた赤ん坊の脳は、その脳を稼働させるための脳細胞の配線を 3 歳頃までに終えるという。能力や性格はこの時期に形成される。例えば同じ教育を受けていても伸びる子と伸びない子の違いができるのは、この本体(脳)の性能の良し悪しが決まっているためなのである。それゆえに、乳幼児期の育て方は重要であり、乳幼児の持つ無限の可能性を引き出すことが何よりも大切である。』  
『学習や経験によって脳に刺激をあたえると、神経ネットワークがいつそう複雑になりま

す。しかもその変化が最も起こりやすいのは誕生からの数年間、すなわち乳幼児期なのです。この脳の神経ネットワークの変化には臨界期があり、その時期までに刺激を受けないと学習能力などが著しく劣り、3歳頃までに脳に与えられる刺激が脳の働きに大きく影響すると言われてます。さらに2歳よりも1歳、1歳より0歳、0歳より胎児というように教育を始める時期が早ければ早い程、天才児になる確率は高くなっていきます。』

新生児や乳幼児が備える能力の可能性は凄まじく、その可能性が終わるまでに(臨界期終了までに)、シナプス密度が劇的に減少し失われる前に、シナプス密度が最大な内に、乳幼児期に良い刺激を与えておきたいと誰しもが思うであろう。乳幼児期に良い刺激を与えれば、急激な変化を遂げている脳に、シナプスの増加を通じて大きな影響を残せるはずだと思ふことは自然な発想ではあろう。誰も臨界期が終わり後々になって刺激を与えても身につけさせたい能力が身につかないと嘆きたくはない。

更に、シナプス密度の研究・臨界期のほかに、早期教育の重要性を強く推す人々の科学的証拠として引き合いに出される好都合の研究がある。それは、Greenough & Volkmar (1973)による一連の研究であり、成育環境が脳に及ぼす影響に関するものである。Greenough & Volkmar (1973)は、ラットを利用し、3つの異なる飼育環境(小さな籠に1匹のみの「隔絶された環境」・比較的大き目の籠に数匹のラットの「社会的環境」・大きな籠におもちゃや障害物などラットの興味を引くものが籠の中にある「豊かな環境」)で育てたラットの皮質神経細胞(後頭葉)の樹状突起の枝分かれ数を調べた。結果(図5)は、豊かな環境で育てたラットの神経細胞(後頭葉)の樹状突起数は、隔絶された環境や社会的な環境で育てたラットに比べて20%も多く枝分かれしていた。

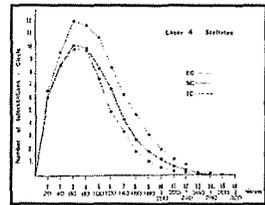


図5 Greenough & Volkmar (1973)

この実験は、臨界期の存在を示したものではないが、幼児期の生育環境が脳の構造を決めるのに決定的な役割を果たすことを示していると捉えられている。シナプス密度が「いつシナプスの数は最大で臨界期がいつ終わるのか」を示していたのに対して、「どのような刺激が質として良いのか」という刺激の種類を明らかにし、臨界期にどのような刺激がより脳発達にとって好ましいのかを示したと言われる。このことを早期教育に置き換えると、早期教育推進者は、「いつ早期教育を行うべきか」という問いに対して、「臨界期に」と答えるわけだが、「どのような刺激が好ましいのか」と問われた時には、このGreenoughの実験結果を科学的根拠として、「隔絶された環境ではなく豊かな環境にあるものが有効な刺激になりうる」と答える。つまり、このGreenoughの実験結果は、「氏より育ち」と言わんばかりに「幼児期の環境が豊かであると、脳の発達が促進される」という考えを支持する科学的証拠として(Greenough 本人の意図しないところで)盛んに引用されてきたのである。

ここまで、早期教育を支持し後ろ盾となる科学的証拠としての臨界期仮説やGreenoughらの研究を概観した。次節以降では、それらの解釈に誤解やウソが紛れ込んでいることを指摘する。

## 4. 臨界期の誤解とウソ

まず、誤解がないように強調しておくが、臨界期といういわば脳の機能そのものは実在はする。例えば、上で見たように Huttenlocher らのシナプス密度を見ても一定期間を過ぎるとシナプス密度が急激に減少することは繰り返し観察されてきた事実であり、他にも或る能力を成人期に獲得するのは容易ではないという経験的事実を見ても、臨界期というものが脳には何かしら妥当性のある理由があり備わっていることは間違いはない。ここでは、その臨界期そのものに誤解やウソがあるということではなく、臨界期という事実を、早期教育に(意図していようが意図していなかろうが)都合の良いように解釈するその解釈の仕方に誤解やウソがあるということである。この捻じ曲げられた、歪曲された解釈に基づくものを正当な科学的根拠として早期教育を流布されるのは、好ましくはなく看過することはできない。いわば偽装された情報なのである。以下、早期教育を支える科学的根拠としての臨界期の解釈のウソを3点指摘する。

### 4.1. Greenough 再考

「幼児期の環境が豊かであると、脳の発達が促進される」と解釈されている Greenough & Volkmar (1973)の実験結果には、非常に重大な解釈間違いがある。<sup>4</sup> それは、Greenough & Volkmar (1973)は、ラットを用いて実験を行ったのだが、その実験に用いられたラットの日齢は21~24日である。その後、上述した環境下で30日間飼育し、日齢50日で解剖を行い樹状突起の複雑度を調べている。動物実験の結果がそのままヒトに当てはまるかには相当慎重な検討が必要なことは言うまでもないが、日齢20~30日のラットは、ヒトに当てはめると少年期から思春期または成人期に当たる。つまり、Greenough & Volkmar (1973)のラットは、生後から成人になるまでずっと実験の環境下で育てられたことになる。Greenough & Volkmar (1973)の結果をそのままヒトに置き換えるのならば、「幼児期の環境が豊かであると、脳の発達が促進される」のではなく「少年期~思春期~成人期の環境が豊かであると、脳の発達が促進される」という普通のことであり、早期教育をなんら支持するものではない。実際に、Greenough は後に、成熟したラットを同じような3つの環境下で飼育し樹状突起の複雑さを調べているが、結果は同様に豊かな環境で飼育された成熟ラットの方が樹状突起の枝分かれは多かった(Greenough *et al.* 1986)。

よって、Greenough & Volkmar (1973)を科学的根拠として、「乳幼児期の環境が脳に著しい影響を与える」などとは、正確に実験結果を理解していれば、とても言えないのである。Greenough の一連の実験により明らかになったことは、乳幼児期や成人期など時期に関係なく、豊かな環境にいると刺激が多く脳は敏感に反応し脳構造に変化が及ぶということであって、「環境要因が脳の発達に影響する」ということのみを示している。成育環境は時期に依らずラットの脳に影響を与えることを示したのである(実はこのことは、次節で示す脳は成人期であっても変化しうることも示している)。

## 4.2. 臨界期は「終了」ではない

次に臨界期によく見られる誤解を指摘する。それは、臨界期の基になった Lorenz の雛鳥の刷り込み現象や、その後の Hubel らのネコの片眼遮蔽実験などから、生後「一定の期間」の刺激がその後の視覚に「決定的(critical)」な影響を与えることから、早期教育推進者は、臨界期を「一定期間のみ」そして「その一定期間の閉じ方は急激に終了」と解釈し、広めてしまっている。臨界期というものが「一定期間のみ」で「急激に終わってしまう」のならば、その前に早期になんとかしようとする。煽り立てる。

まず指摘したいのは、その臨界期の「閉じ方・終わり方」は、急激ではない。臨界期は、「この時期を逃したら手遅れ」という誤解を招かないようにするために、感受性期や敏感期(Sensitive Period)という用語も用いられている。これは、何度も上記で概観してきた図3を見ると明らかなように、シナプスの密度は或る時期を境に急激に激減するのではなく、年齢と共に徐々に減少していく。そしてここで注意しておきたいことは、図6にあるように、脳全体が同調し臨界期を向かえそして閉じるのではなく、その機能に応じて、シナプス密度の減少度合いも異なる。脳機能の中には、視覚のように比較的短時間で減少するものもあれば、聴覚野や前頭葉のようにシナプス密度の減少がかなり緩やかなものもある。

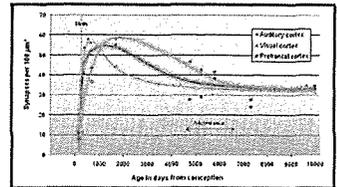


図 6 Thomas & Johnson (2008)

次に、臨界期を与える誤解として、「一定期間のみ」というものもある。しかし、これも事実は真逆であり、むしろ脳は臨界期以後であっても刺激(経験)の質や量に応じて、柔軟に変化することが最近になりよく知られるようになってきた。これは、脳に可塑性(plasticity)があるということである。簡単に言えば、早期教育推進者は、「幼児期の脳が柔らかいうちに」と煽るのだが、実は脳は成人後でも柔らかいということである。ヒトの脳は乳幼児期に全てが決定されるわけではなく、成人期や老年期でさえも柔軟に変化し、学習を続けるものである。脳が比較的可塑的な幼児期に、脳が変化することにさほど驚きはないが、或る一定の年齢を越え、脳内の機能分布が固定された後でさえも、脳が変化しようとなると驚きであり、臨界期は決定的ではないことになる。

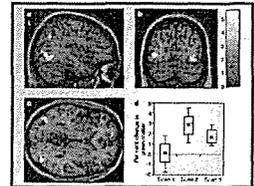


図 7 Draganski et al. (2004)

実際、図7に示すように、Draganski et al. (2004)によると、ジャグリングを1日に1分間、3ヶ月続けて練習すると、大脳皮質の運動視に関する部位が拡大することが報告されている(しかも、練習をやめると、3ヶ月でもとの大きさに戻ってしまう)。他にも、Elbert et al. (1995)は、弦楽器奏者の大脳皮質(体性感覚野)の反応を測定し、小指(弦楽器奏者は、弦をおさえるために、左手の小指を使う)からの感覚情報を処理する領域が広がっていることを示している。幼児期から弦楽器を弾いている人では、左手小指を刺激すると、大きな反応が体性感覚野に見られる。更に、17~18歳に開始した場合でも、弦楽器を弾いたことのない対照群(一般の人は、左手の小指はあまり使わ

ない)よりも刺激反応が大きい傾向がみられることから、体性感覚には明確な臨界期はなく、17~18歳でも脳が変化しうることを示している。他にも、右手を失ってしまった人の右手を司る領域に顔面と上腕に対応する領域が広がっていることや(Ramachandran 2000)、両腕を失ったため腕に対応する感覚野が顔や肘に取って代わられたものの、その後両腕を移植したところ、移植後の感覚野は、きちんと腕に対応するように再度変化していることも、成人後でも脳が柔軟であることを示唆している(Giroux *et al.* 2001)。聴覚を失った人(20~33歳)の聴覚野が視覚刺激に反応するように変化しているという実例もある(Finney *et al.* 2001)。このように脳が成人期においてさえも、柔軟に変化することを示す事例は枚挙に暇がない。

ここで、このような脳の可塑性は、運動に関する部位に限られ、視覚や言語などの高次機能には厳然とした臨界期があり、一定期間のみだという指摘があるかもしれないが、その指摘は当たらない。ここでは、切りがないため幾つかの実験結果や症例を挙げているだけであるが、言語においても脳が可塑的である証拠はたくさんある。もし臨界期が早期教育推進者が言うように「一定期間で終了」であるのなら、幼児期に獲得した機能を失ってしまった場合、その失った機能は復活などしないことが予想されるが、成人後に失語症になってしまった場合でも、回復することもある(Donoghue 1995; Weiller *et al.* 1995)。

ここで脳が可塑的というのは、乳幼児期と同じくらい成人の脳が柔軟ということを使うのではなく、乳幼児ほど柔軟でないにしても、成人の脳にも十分な柔軟性があるということである。早期教育を推進する人が暗黙の内に言っている「成人の脳は柔軟性がない」ということは容易に否定できる。脳は可塑性があり、脳機能は成人後でもその教授の仕方によっては十分に獲得可能なのである(裏を返せば、教育の役割はまさにここにある)。このように臨界期は、その名が意味するほど決定的ではない。

#### 4.3. 臨界期とシナプス密度のズレ

上で臨界期の解釈違いを指摘したが、本節では更に臨界期を後ろ盾とする早期教育推進者には困ることに、臨界期とシナプス密度にはズレがあることを示す。早期教育推進者は、シナプス密度と臨界期を混合し、正確に理解していないようである。

一見、臨界期という現象は、シナプス密度の減少時期と同じであるように思われる。つまり、シナプス密度の減少という脳レベルでの現象を臨界期と呼び、シナプス密度が減少している時期を、ある脳機能にとっての「締め切り」と考えがちなのである。例えば、「シナプス密度が減少するこの時期までに、習い事をしないと、後々では手遅れである」と言う。しかしながら、下記に具体例を示すように、臨界期とシナプス密度は同一ではない。臨界期とはあくまでも或る機能の自然な獲得期間を示しているのに対して、シナプス密度は神経細胞についてのことである。よって、シナプス密度は2歳で最大値となりその後減少しているが、そのシナプス密度の部位に関する機能(例えば視覚)の臨界期は15歳というようなズレは十分起こり得ることである。つまり、シナプス密度はシナプスの増減を数値化したものであり、シナプスが減少したとしてもその減少したシナプス量で当該の機能を獲得していくことは可能なのである。

事実、視覚野のシナプス密度と視覚の臨界期は大きくズれる。上記の図3が示すように、視覚野(中でも第一次視覚野)のシナプス密度が最大になるのは、新生児期の生後8~11ヶ月あたりである(Huttenlocher *et al.* 1982)。一方、視覚の臨界期つまり、視覚機能の獲得時期は、生後8~11ヶ月などではなく、思春期にまで大きくずれ込む。五感の中で完全に機能するまでに最も時間を要するのは、視覚(新生児の視覚皮質の神経細胞はまだ髄鞘には覆われてはいない)である。幼児の視力は最初はかなり弱く、徐々に良くなり、9~10歳ぐらいで平均的な大人と同程度の水準になる。更に、Sadato *et al.* (2002)は、16歳前に視力を失った全盲患者(右図8のEarly blind)は、刺激(点字)に対して第一次視覚野が活性化するのに対して、16歳以降に視力を失った全盲患者(右図8のLate blind)では、刺激(点字)に対して第一次視覚野は活性化しないことを示した。これは、第一次視覚野の臨界期は、16歳前後であることを意味している。視覚野のシナプス密度の最大時期(生後8~11ヶ月)から、視覚の臨界期(16歳前後)を決めるのは安易である。

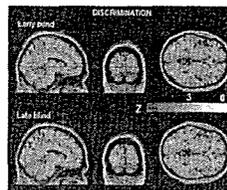


図8 Sadato *et al.*

このように、「シナプス密度の濃さ」と「臨界期」は同じものと捉えられがちだが、「シナプス密度の濃さ」と「臨界期」は同一のものではない。つまり、シナプス密度が減ったとしても、まだ脳機能は可塑的で閉じていない。「3歳までに」と煽る人は、シナプス密度を根拠にしているようであるが、その機能の臨界期は後々にズレているのである。仮に例えば言語のシナプス密度は5歳が最大なので5歳までにと言われても、言語の臨界期はもっと後にずれ込むのであれば(そしてその終わり方は急激でもなく絶対的なものでもない)、英語を5歳までに学ばないといけないなどとは言えないのである。シナプス密度の最大と脳機能の臨界期は同じではないので、シナプスの密度最大時期をもってして、ここまですべておしまい、と言うことはできないのである。

以上のことから、幼児期の刺激の質やシナプス密度、臨界期などを科学的根拠として「早いうちに教育しないといけない」と煽る意見は、その後ろ盾となり支持していると思っていたそれらの科学的証拠を、正しく理解していなかったり、歪曲してしまったりしているのである。このように、早期教育を支持するとされていた認知神経科学的証拠は、精査すると、実は早期教育をまったく支持しないのである。

## 5. 早期英語教育

ここまでで、早期教育を支えると思われていた認知神経科学的な根拠が誤解やウソに基づくものであることは十分に明らかになった。ここからは、近年早期教育の中でも社会的関心の特に高い『早期“英語”教育』について見てみる。

### 5.1. 早期英語教育への科学的証拠

まずは、早期英語教育を支持する人が用いる認知神経科学的な証拠を概観する。「幼

児期は言語を司る神経基盤が柔軟であり、その柔軟性が消える前に、英語を与えれば、自然と英語が獲得できる」という論を支えるために、第二言語(第二外国語)に関する臨界期と近年注目を集めるバイリンガルの脳活動を測定した実験結果が良く利用される(4節で見た臨界期を根拠として用いることへの批判は、ここでも当てはまる)。

### 5.1.1. 言語の臨界期

言語の臨界期を最初に指摘したのは、Lenneberg (1967)である。Lenneberg(1967)は、脳障害で失語症になった子供は、大人と異なり、強い回復力を持つことや、精神遅滞(3歳から22歳の61人)の言語発達の様相から、言語の獲得は14歳以降になると止まってしまう(言語獲得は思春期までには完成)という臨界期があることを主張した。他にも、言語の臨界期を裏付ける事例として、育児放棄(ネグレクト)や幼児虐待、監禁により言語発達において不可欠な時期に言語経験が十分に与えられなかったために、言葉が話すことができなかったという不幸な事例も言語の臨界期を示すには十分である。このように Lenneberg が看破したように、言語発達にも視覚などの機能同様に、臨界期があり、或る一定時期が言語獲得のために用意されている。

早期英語教育推進者にとって重要なのは、Lenneberg(1967)が示した母語の臨界期ではなく、第二言語の臨界期である。第二言語に臨界期がそもそもあるのかは論争になってはいるが、早期英語教育推進者が「第二言語に臨界期がある(それゆえ、その時期までに第二言語(英語など)を学習しておくことと学習が効果的である)」と主張するために頻繁に引用されるのが、Newport(1990)(Johnson & Newport 1989)である。Newport(1990)は、英語を第二言語とする中国系または韓国系の成人をアメリカに移住してきた時の年齢に応じて4つのグループに分け、それぞれに英語の文法性判断テストを行った(示された文が、文法的か否かを判断する課題)。結果は、図9に示されているように、アメリカへの移住が3~7歳と早期のグループ(つまり、3~7歳という早い幼児期に英語に触れている)は、英語話者と同程度の成績であったが、移住時期が7歳以降へと遅くなればなるほど(つまり、英語に触れた時期が遅くなればなるほど)、成績が悪くなっている。早期英語教育推進者は、このNewport (1990)の実験結果を引用し、「第二言語にも臨界期があり、その時期は7歳である」と捉える。つまり、「第二言語(英語など)は7歳までに与えないと獲得はできない」と煽るのである。<sup>5</sup>

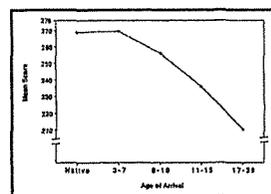


図9 Newport(1990)

### 5.1.2. バイリンガルの脳活動

数年前までは、上記のNewportの研究結果を楯に、早期英語教育の妥当性が唱えられることが多かったのだが、近年になり新たにバイリンガルの脳活動に関するデータが報告され始めると、それらも引用されるようになってきた。中でもかなりのインパクトを与え、いまだに広く引用される研究結果に、Kim *et al.* (1997)がある。

Kim *et al.* (1997)は、バイリンガルの脳活動を fMRI で画像化し、早い時期に第二言語を獲得した場合 (Early Bilinguals : 図 10 の右図) は、言語に関わる領野 (Broca 野) において、



母語と第二言語が重なるのに対して、遅い時期 (成人 図 10 Kim *et al.* (1997) になってから) に第二言語を学習した場合 (Late Bilinguals : 図 10 の左図) は、そのような重なりは観察されず、母語と第二言語では離れた部位が活性化することを報告した (cf. Luke *et al.* 2002; Nakada *et al.* 2001; Tan *et al.* 2003)。この実験結果などは早期英語教育に賛成する人々にとっては好都合のデータである。早期に第二言語に触れると母語の部位が第二言語でも利用されるので、早期の英語教育がいかに効率的であるか、いかに脳への負担が少ないかを脳そのものが示していると解釈されている。

以上の科学的証拠—第二言語獲得には 7 歳という臨界期があることを示した Newport (1990) と早期の第二言語獲得は効果的であることを示唆している Kim *et al.* (1997)—を基に、「早い時期に英語を学ぶと、母語と同じように、苦勞することなく英語を獲得することができる」と論じられる。これは、小学校英語を推し進める人々にも見られる論調でもある。

## 5. 2. 早期英語教育への科学的証拠の誤解とウソ

上述の早期英語教育の推進者が引用する研究が、確かに第二言語には臨界期があり、早期に英語を獲得すると母語と相同部位が利用されるのであれば、早期英語教育の主張は認知神経科学的な妥当性を持つように思えるが、これらの研究はその実験手法においてかなり無理があり、経験的妥当性をそもそも得ていないことを以下に指摘する。

### 5. 2. 1. 早期英語教育への科学的証拠の誤解とウソ—音の臨界期

まず、あまり指摘されないが「言語」という認知機能が指し示す範囲は広く、様々な要素が「言語」には含まれる。言語を細かく見ずに、「言語」とひとかたまりで見ていたので、「言語の臨界期」や、「言語」に触れるのが早いと第一言語 (母語) と第二言語が重なると言ってしまふ。言語にはいろいろな要素があり、少なくとも「音 (音韻処理)」「語彙意味 (語彙意味処理)」「形 (統語処理)」がある (更には、語用や書字などもある)。そのため「言語」の臨界期にも、「音」の臨界期、「語彙意味」の臨界期と脳は区分している可能性—機能による複数の臨界期説—は十分考えられる (Weber-Fox Neville 1996; Flege *et al.* 1999; Long 1990; Neville 2006; Werker & Tees 2005)。認知機能は、ひとくくりにするにはあまりにも乱暴で、1 つの認知機能にも様々な従属する機能から成り立っている。実際に、Lenneberg は「言語の臨界期」を 14 歳前後としたが、音の臨界期はかなり早期であると思われる。音声弁別能力の図 1 を見ても分かるように、音への敏感は生後早く、すぐに敏感度は落ちる (高い弁別能力は、10~12 ヶ月になる

と10～20%にまで落ちる)。Holt *et al.* (2004)は、重度の聴覚障害児への人工内耳の移植の時期を観察し、生後1～2年の乳幼児期の人工内耳移植を受けると音声知覚能力が良いが、3～4歳時点で移植を受けた場合は、遅れが見られることを指摘した。このことも、音に対する脳の可塑性は生後かなり早い時期に閉じることを示している。このように、言語の中でも、特に音に関する臨界期はかなり早期であることが推察される。第二言語の音の処理(音の理解や発音)についても、獲得時期が影響することは指摘されている(Iverson *et al.* 2003; Flege *et al.* 1995; Munro *et al.* 1996)。

このことを踏まえて、早期英語教育推進者が引用するNewport(1990)を再考してみる。上で概観したように、Newport(1990)を基に、第二言語の臨界期は7歳前後と解釈されているのだが、Newportが課した実験課題は、聴覚刺激(音声)による文法性判断課題であることは注目に値する。文法性を判断するためには、まずは音声刺激を処理できないといけない(つまり、音声を聴き取れないと、その文が文法的か否かは判断できない)。つまり、Newportが示したのは、実は「第二言語」の臨界期ではなく、第二言語の「音」を処理する臨界期である。上述したように、音の臨界期が早期であることも符号する。Newportの実験結果を引用し、第二言語は7歳までに行わないと効果的に獲得できないというのはあまりにも強引である。

## 5.2.2. 早期英語教育への科学的証拠の誤解とウソーKim *et al.* (1997)再考察

Kim *et al.* (1997)は、第二言語の獲得時期が早期であると、脳の言語の神経基盤が母語と同一となることを示したと解釈されている。しかしながら、母語と第二言語が重なるのは第二言語の獲得時期のみが唯一の要因ではなく、他の様々な要因もあるという経験的反論は、その後数多く報告されている(Kim *et al.* (1997)の実験手法自体にも様々な問題点がある<sup>6</sup>)。

Perani *et al.* (1998)は、獲得時期が遅くても熟達度(proficiency)が高い場合は、母語と同じ領域が第二言語でも活性化したことを報告している(他にもChee *et al.* 1999, 2001; Illes *et al.* 1999, Klein *et al.* 1999; Dehaene *et al.* 1997)。<sup>7</sup>つまり、第二言語が流暢になればなるほど、母語と相同の領域を使うようになる。獲得時期は異なるが熟達度が同程度の場合に同領域が活性化したことは、獲得時期そのものはそれほど大きな影響を与えないことを示唆する。Mechelli *et al.* (2004)によると、左下頭頂葉皮質(灰白質)にて、第二言語の熟達度に応じて密度が濃くなっており、このことは第二言語の熟達に応じて、脳が臨界期に関わらず再編成されていることを示す。

熟達度が鍵であれば、年齢による第二言語の臨界期というものを重視する理由はなく、臨界期以後であっても、第二言語を獲得することは十分可能であり(第二言語に臨界期があると仮定しても、臨界期以後であれ母語話者と同様の能力を示す人は多くいる(Bialystok & Hakuta 1994, 1999; Birdsong 1999; Flege 1999; Bongaerts 1999; Cranshaw 1997; Van Boxtel 2005))、早期に英語教育をすることの優位性はなくなる。<sup>8</sup>

更に、言語の機能に応じて相違も観察されている。獲得時期は統語処理(そして音韻処理)には影響するが(Wartenburger *et al.* 2003)、語彙の獲得や語彙意味処理などには影

響しない(Weber-Fox & Neville 1996)。つまり、語彙や意味処理は獲得時期が遅くても十分可能ということである。熟達度の影響も、言語機能ごとに異なる可能性もある。統語処理は熟達度の影響を受けないが(つまり、熟達度の高い第二言語話者でも、母語話者とは統語処理の面において異なる脳活動を見せる)、語彙意味処理は熟達度の影響を受ける(つまり、熟達度が高ければ、語彙意味処理においては母語話者と同じような脳活動を見せる)(Wartenburger *et al.* 2003; Klein *et al.* 2006; Rüschemeyer *et al.* 2005)。

以上論じたように、早期英語教育推進者が認知神経科学的根拠として多く引用する2つの研究—Newport (1990)と Kim *et al.* (1997)—は、その経験的妥当性において怪しく、第二言語の獲得については「7歳までの早い方が獲得しやすい」というほど単純な話ではない。科学的根拠としてこれらの研究を用いるには、慎重さが求められる。

## 6. 臨界期の意義

ここまで、早期教育を支持すると言われてきた認知神経科学的証拠が、実は証拠にはなり得ないことを批判的に検討してきたが、最後にこれら認知神経科学的見地から見える「早期教育」への意義を探って終わりにしたい。

上述したような認知神経科学研究からは、早期教育は支持されないことは明らかであるが、臨界期の意義を考えると、むしろ早期教育を行うのではなく、早期教育はしてはいけないことも見えてくる。なぜ脳はそもそも臨界期というものを持っているのだろうか？いつまでも成人になってもありとあらゆる能力が、希望すれば無理なく自然に獲得できるようになっていたら良いのだが、わざわざ限界を設定するような臨界期を備えるにはそれ相応の理由があるはずである。おそらく脳はその生存原理として、生後のあらゆる環境の変化に対応できるように過形成し、臨界期という時間的に限られた時期を取って設け、生存していく上で本当に必要な機能だけを効率よく選別し獲得するように仕組まれている。あらゆる機能を獲得するのではなく、不要な能力を捨てることにより、必要として残した能力を際立たせ、その特質を深化させ先鋭化させていく、いわば見極めの時期が臨界期なのであろう。そう考えると、生存にとって必要なものだけを乳幼児期に与えるのが脳発達にとっては自然なのである。後々必要になるか定かではないものを、取って乳幼児期という早期に与えるのは、脳発達から見ると非常に奇妙なことである。生存に必要なものを刈り込むのが脳発達であるとすると、このような刈り込みをしないうちにより何かしらの弊害が生じる可能性はある。バイリンガルの環境で育つと、言語発達は、一言語(モノリンガル)での場合と比較して、やや遅いというデータもある (Oller & Pearson 2002; Pearson & Fernandez 1994)。ADHD (注意欠陥多動性障害)患者のシナプスは健常児よりも多く、発達時に刈り込みが不十分なため、情報処理が混乱しているのではないかという指摘もある。

これまで認知神経科学から早期教育の禁止を促すような確固たる証拠はないが、同様に早期教育を支持することもない。脳の観点からすると、必要性のない早期教育は脳発達を脅かす危険性さえありうることを肝に銘じ、早期教育には十分に慎重になるべきであり、早期教育の推進者は、誤解され歪曲された認知神経科学的な証拠を楯に

無闇に煽るようなことは厳に慎むべきである。

#### 注

<sup>1</sup> 1997年頃からニューズウィーク日本版『0歳からの教育』『0歳からの教育&4歳からの学習』『新・0歳からの教育』が契機となり、早期教育と脳科学の関連が世間でも広く認知されるようになった。  
<sup>2</sup> 『早期教育』という用語は、障害児の療育に対しても用いられることもあるが、本稿では、そのような障害児の療育は含まない。

<sup>3</sup> 生後1ヶ月の新生児が授乳している時の脳の賦活を観察すると、運動野、体性感覚野、前頭葉の他に、眼をつぶっていても視覚野も活性化する(Konishi 2003)。

<sup>4</sup> 同様の指摘は榊原(2004)にもある。

<sup>5</sup> Newport(1990)の被験者はアメリカに移住して以来アメリカで生活しており、移住以来英語漬けである。その点を考慮せず、そのまま日本に当てはめても、週1~2回程度の英語に触れるのとは根本的に異なる。

<sup>6</sup> Kim *et al.* (1997)の問題点：(i)言語処理の様々な側面—音韻処理、統語処理、語彙意味処理等—を全く考慮しておらず、課題が曖昧過ぎる。(ii)被験者はLate Bilingualsと言っても、その第二言語の国に住んだ経験を持ち、相当な流暢さを持っている。(iii)被験者の第二言語が統一されていない。

<sup>7</sup> 更に熟達度や獲得時期以外の他の要因を指摘する研究もあり、母語と第二言語の類似性(Jeong *et al.* 2007)、第二言語開始時期(second language onset)、第二言語にどれだけ触れているか(second language exposure)(Perani *et al.* 2003)、実験の課題の難易度などが指摘されている。

<sup>8</sup> 熟達度が第二言語能力に関与することは、第二言語をその言語を母語とする人と同じ様に操る行動実験(言語心理学)の結果からも示唆される。

#### 主要参考文献

1. 鬼頭尚子 & 滝充 2001. 「乳幼児の習いごとと親の意識」『日本教育社会学会』53, 116-118.
2. Mehler, J. & Dupoux, E. 1994. *What infants know: The new cognitive science of early development*. Cambridge, MA: Blackwell.
3. Pascalis, O., de Haan, M. & Nelson, C. A. 2002. Is face processing species-specific during the first year of life? *Science* 296, 1321-1323.
4. Inoue, S. & Matsuzawa, T. 2007. Working memory of numerals in chimpanzees. *Current Biology* 17, 1004-1005.
5. Huttenlocher, P.R., de Courten, C., Gary, L.J. & van der Loos, H. 1982. Synaptogenesis in human visual cortex—evidence for synapse elimination during normal development. *Neuroscience Letter* 33, 247-252.
6. Hubel, D.H. & Wiesel, T.N. 1959. Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex. *Journal of Physiology* 148, 574-591.
7. Lenneberg, E. 1967. *Biological Foundations of Language*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
8. Greenough W.T. & Volkmar F.R. 1973. Pattern of dendritic branching in occipital cortex of rats reared in complex environments. *Experimental Neurology* 40, 491-504.
9. Sadato, N., Okada, T., Honda, M. & Yonekura, Y. 2002. Critical period for cross-modal plasticity in blind humans: A functional MRI study. *NeuroImage* 16, 389-400.
10. Newport, E.L. 1990. Maturation constraints on language learning. *Cognitive Science* 14, 11-28.
11. Kim, K.H., Relkin, N.R., Lee, K.M. & Hirsch, J. 1997. Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature* 388, 171-174.
12. Perani, D., Paulesu, E., Galles, N.S., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S.F., Fazio, F. & Mehler, J. 1998. The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language. *Brain* 121, 1841-1852.
13. Wartenburger, I., Heekeren, H.R., Abutalebi, J., Cappa, S.F., Villringer, A. & Perani, D. 2003. Early setting of grammatical processing in the bilingual brain. *Neuron* 37, 159-170.

(信州大学 全学教育機構 講師)  
2008年2月14日 採録決定