

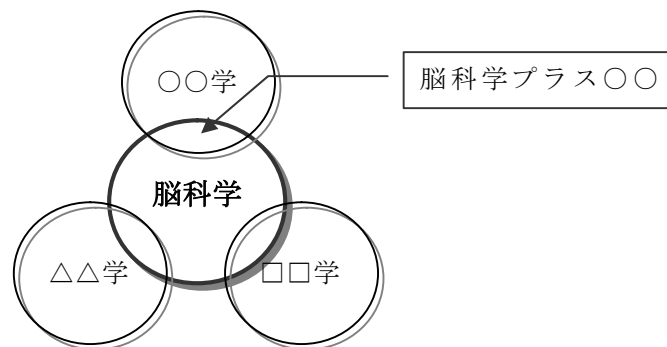
認知神経科学から教育への冒険的試み

—— 体感と語学 ——

有路 憲一

1. はじめに

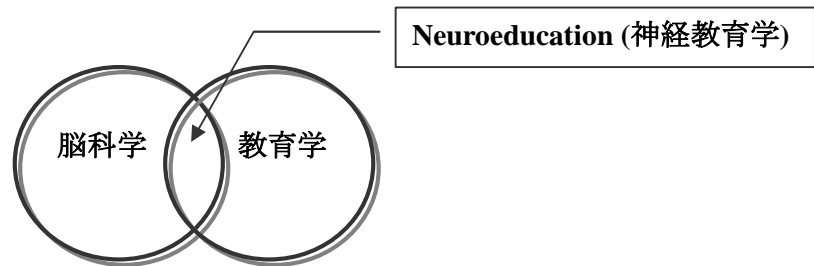
ここ数年の「脳科学(認知神経科学)」の発展は目覚しく、以前はあまり目立たなかった脳科学が多方面より注目を集めているのは衆目の一致するところであろう。この脳科学の発展は、脳科学という一分野内での進歩のみならず、脳科学以外の分野への波及にもつながり、応用脳科学とでも言うべきような「脳科学プラス〇〇学」という新たな潮流も生み出している。



この「脳科学プラス〇〇学」は、脳科学に“近い”学問領域との連帯・統合のみならず(例えば、脳科学プラス生理学の神経生理学)、一昔前なら脳科学の要素など入り込む隙間もなくまたその発想もなかったような学問領域との連帯・統合も見られる。それは、ヒトの行動を生み出す根源は脳であるという前提を掲げ、ヒトの行動に関わるも学問すべてに脳科学の要素を入れるという発想である。たとえば、経済活動というヒトの行動を脳科学からのアプローチにより解明しようとする「神経経済学(Neuroeconomics)」や、脳に工学的なアプローチを施しブレインマシンインターフェースの実現を目指す「神経工学」などもある。

このように脳科学を中心に、様々な領域と連帯・統合する動きは多方面に広がっている。そして、おそらくまだそれほど認知されていないものの、いずれ大きな動きになるであろう連帯領域に、「教育」が考えられる。つまり、学習や教示も脳が関与する

ヒトの行動であるので、よりよい学習方略や教示を構築するために脳科学からのアプローチや知見を用いようというものである。これを、本稿では「Neuroeducation (神経教育学)」と呼ぶ(Battro, Fischer & Lena 2008)。¹



本稿の目的は、この今後注目を集めるであろう Neuroeducation の、具体的な試案を探ることにある。論考というよりかは研究ノートのような位置付けとして理解いただけると幸いである。

神経教育として、教育効果をこれまでのテストなどではなく、脳科学の技法(fMRIなどの画像診断)により評価するということは、これまで体系的にはまだ行われてはいないものの、可能ではある。例えば、第二言語の処理が母語話者と同様に処理できているかを fMRI で点検するなどがその例である。しかし、本稿では、その教育効果を脳科学技法で評価するというのではなく、脳科学の知見をそのまま大胆に教育に活かす試案を探ることにある。

2. Neuroeducation への試案

ここ数年において、ヒトがどのように言語を蓄えそして言語を処理しているのか、その言語に関わる神経基盤の解明も徐々に進み始めている。このような脳レベルでの言語機能の解明が行われる前から、言語学という領域では、ヒトが持つ言語の特徴の解明が行われており、様々な仮説や理論が提唱されている。中でも、言語学の潮流の1つに認知言語学という理論体系があり、私たち人間が紡ぎ出す言語の様々な特徴を人間の認知の仕組みに説明原理を求めて説明しようとするものである。簡略して述べれば、言葉は、私たち人間の外界に対する認知、感覚、動作など「身体」と密接に関わっていると考えられている。

認知言語学は、出発点は言語学であるため、その当初は認知の仕組みを利用した言語分析に焦点が当てられていたが、その枠組みである認知という脳がもたらす作用にも自然と関心が向き、脳レベルでの認知言語学の仮説検証や説明も近年、活発に行われ始めている (Gallese & Lakoff 2005; Just 2008 など)。Kemmerer et al. (2008) は、これまで認知言語学(認知意味論)で扱われてきた語の意味概念について、脳レベルでの説明を行っている。語の意味概念が脳でどのように表示されているのかについて、語の意味概念の成分に応じて、脳の体性感覚や運動野に刻まれているという。例えば、走る・叩く・切るというような「ACTION」成分を含む動詞は、一次運動野に刻まれており、「MOTION」成分を含む動詞は、中側頭回近傍に刻まれている (図 1)。

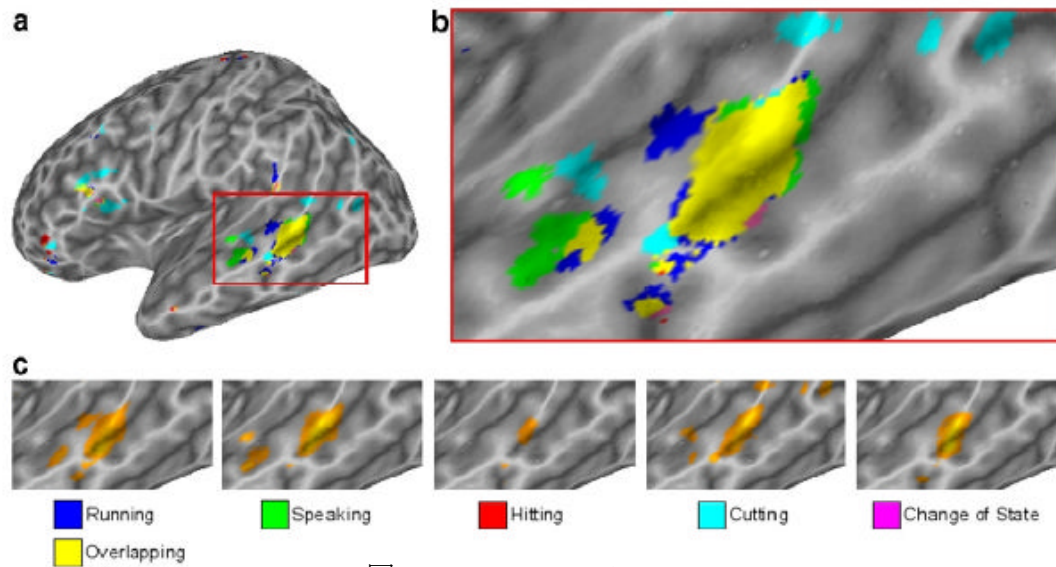


図 1 Kemmerer et al. (2008)

このような研究が契機となり、言語(ここでは動詞)が感覚や運動と深く関係していることが分かってきている。

次に、言語とは別に、脳が感覚や運動をどのように司っているのかを見てみる。古くから、脳は機能局在という特質を持ち、感覚指令や感覚受容は体性感覚野、運動指令は運動野が担うということはよく知られていることである。このいわば古典的な感覚や運動に関する常識は、その感覚や運動の指令があることにより作動するものとして考えられていた。つまり、実際に手に触覚という感覚が起こされ、その信号が脳の感覚野に伝わることで手に対する触覚が知覚され、手への触覚がなければ、感覚野が触覚を知覚することはないということである。

しかしながら、この感覚・運動に関する暗黙の前提は、Gallese et al. (1996)や Rizzolatti et al. (1996) の有名な発見により根底から揺さぶられることになった。その発見とは、マカクザルの手や口の動きをコントロールする F5 野(前頭葉の一部である腹側運動前野)のニューロン活動を記録していた時に、人間が餌をつかむとマカクザル自身が餌をつかんだ時と同じようなニューロン活動が観察されたものである(図 2)。

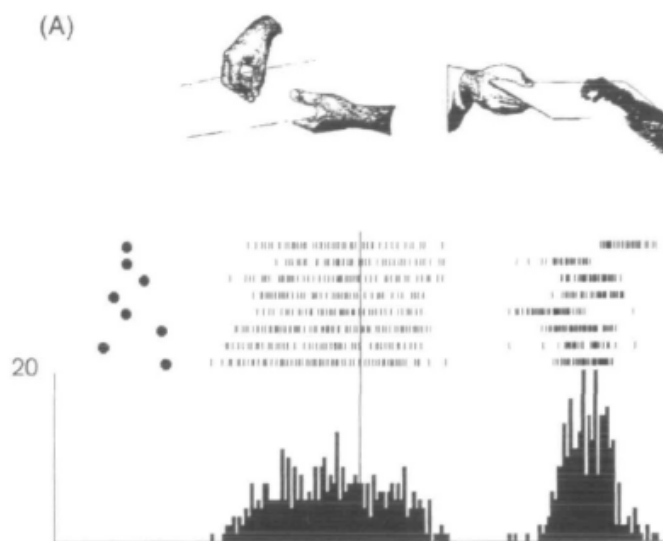
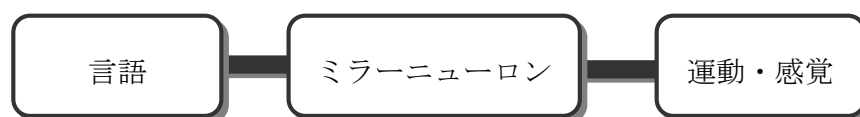


図 2 Gallese et al. (1996)

これは、現在、注目を集めている「ミラーニューロン」と呼ばれるものである。このミラーニューロンとは、例えば、実際に手を動かさなくても、手を動かしている人を見ると、自分が手を動かす指令が運動野で生じているというものである。つまり、ミラーニューロンの文字通り、人の動きを「写し撮る」働きを持つ。そして、このミラーニューロンによる運動や認知は、結局のところ自身の運動や認知のネットワークと大部分重複していることも分かっている (Buccino et al. 2004)。つまり、ミラーニューロン専用のネットワークが用意されているのではないのである。

言語は、脳内の運動野や感覚野に刻まれ、そしてその運動野や感覚野にはミラーニューロンという他者の動きを写し撮る働きをするものがある。このように並べると、ミラーニューロンを通して、言語と運動や感覚がつながる。



そのような発想の基、言語とミラーニューロンの関わりを探る研究も現れてきている (Kemmerer & Gonzalez-Castillo in press; McGeoch, Brang & Ramachandran 2007)。

本稿の目的は Neuroeducation の具体的試案を探ることにあるが、その一つの具体的試案として、この運動とミラーニューロンの関わりという脳科学の知見を、教育(学習方略)に活かすことを提案したい。語学において、音声・発音指導というのは長年行われてきているが、その習得対象となる目標言語と母語との音声体系が異なると容易に獲得はできない。日本語の音声体系では弁別されない音—/l/と/r/や/b/と/v/—を発音仕分けるには、意識的な学習が必要である。この音声・発音指導が実際の教育現場でど

のように行われているのかを挙げ、その問題点等を指摘するのは本稿の主旨とは異なるので控えるが、一般的な音声・発音指導は、発音の口の絵(静止画)または口の写真を見ながら、お手本となる音声を聴き、実際に自分で真似て発音してみるというものであろう。このような「ありきたり」の音声・発音指導があまり効果的でないのは、多くの学習者が実感しているところであろう。

この音声・発音指導に、脳科学からの知見を利用すると、例えば以下のような試案が考えられる。私たち人間は、ミラーニューロンによる同調行動—つまり、他者の模倣—を起こすことを利用し、音声モデルを用意する。なお、この音声モデルは、従来の教科書にあるような静止画ではなく、動きがあるものでなければならない(静止画ではミラーニューロンは活動しない)。そして、動きがあるといっても、ロボットではミラーニューロンは反応しないため(Press et al. 2005)、人間の音声モデルである必要がある。つまり、映像で口の動きを映した動画を用意する。学習者に習得させたい音声と共に、その動画を併せて見せることにより、学習者のミラーニューロンがその音声を発音するための口の動きを写し撮り、学習者自身がその口の動きをしている状態になる。これらのことが機能しているかを検証するためには、音声弁別課題—/l/と/r/の弁別課題—を、(1)静止画で教示を受けた被験者群と(2)動画で教示を受けた被験者群に分け、課題成績を比べるなどにより明らかにできる。

他にも、音声・発音指導では実際に学習者が音声を発音する練習が行われることが普通であるが、ミラーニューロンの働きが強固なものであれば、極端なことを言えば動画を見ているだけで、擬似的に音声を発音している状態になる。実際の音声指導で音声を発音させずに動画を見るだけというのは現実的には考えにくいですが、どの程度の発音練習が必要かを見極めることもできるであろう。例えば、音声弁別課題に対して、(1)動画で教示を受けただけの被験者群、(2)動画で教示を受け同時に軽度な発音練習を行った被験者群、(3)動画で教示を受け同時に十分な発音練習を行った被験者群の課題成績を比べてみる。

言語は運動野と関わりが深いことから、何かしら体の感覚を利用することで学習を促進させることができると思われる。これまでのいわば静的で受動的な学習方略から離れ、動的で能動的な学習方略を探ることができる。その際、その感覚・運動を基本にした動的な学習方略を支えるものとしてミラーニューロンなどの脳科学からの証拠や知見を併せていくことで、これまでは考えつかなかったようなより自然でより効果的な学習方略を提起できると思われる。

3. Neuroeducation の広がり

Neuroeducation という名の下でなくとも、数十年も前からどのような学習(learning)が効果があるのかなどは心理実験等を行い検証され、多くの実験結果が得られている。例えば、Litman & Davachi (2008)は、学習スタイルとして分散学習(Distributed Learning)と集中学習(Massed Learning)があるが、どちらがより効果的かを実験により検証している—被験者に単語ペアを記憶させる課題を与え、分散学習で行うグループと集中学

習で行うグループとに分ける。結果(図 3)は、学習直後ではいずれの学習スタイルも正答率 60%と差はないものの、翌日に行った再テストでは、集中学習のグループは正答率が 1/3 の 20%にまで減少したのに対して、分散学習のグループの正答率は半減の 30%程度に留まっている。

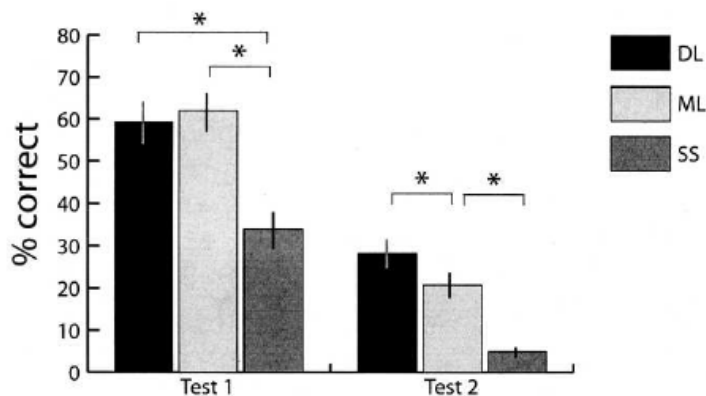


図 3 Litman & Davachi (2008)

他にも、Karpicke & Roediger (2008)は、単語記憶課題を行い、単語リストを学習する際に覚えるまで確認テストを繰り返し、覚えていない単語だけではなく覚えたと思われる単語も含めて確認を繰り返させたグループと、確認テストを行うものの、覚えていない単語のみ確認を行うグループに分けた(実際は 4 グループに分けているが、大きく分けるとこの 2 グループに区分される)。結果は、単語の習得の早さにグループ間で差はなかったものの、1 週間後に再テストを実施すると、グループ間の差が浮き彫りとなっている(図 4)。覚えていない単語のみならず覚えた単語も繰り返し確認したグループは、1 週間後の再テストでも想起率は 80%と高いのに対して、覚えていない単語のみを繰り返し確認したグループは、再テストでの想起率は激減し 30%程度となった。

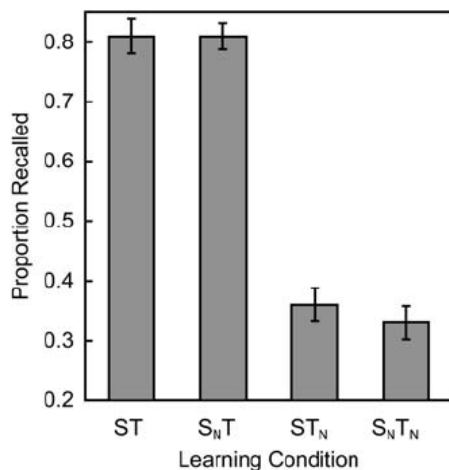


図 4 Karpicke & Roediger (2008)

このような、学習に関わる興味深い実験結果が数多く得られている。しかし、残念なことに、それら学習にまつわる興味深い実験結果は、実際に教育の現場に還元され活用されているとは思えない。どのような学習が効果的かを探ることが主目的となり、その探求のみにベクトルが向けられている印象が拭えない。

上記の2つの実験結果も、どのような学習や教示が効果的か示唆に富む内容である。Litman & Davachi (2008)の実験結果は、短期的に見れば分散学習も集中学習も学習効果に差はないようだが、長期的に見て学習したことが脳に定着しているかどうかを考えると、分散学習が適切と言えるのである。一度に詰め込む学習スタイルよりも、適度な間隔を設けて徐々に学習を進める方が、記憶の保持・定着という意味では効果的であると考えられるのである。Karpicke & Roediger (2008)の実験結果も、学習した内容を長期的に脳内で定着させる鍵は、学習内容を覚えこむことよりも、その学習内容を何度も何度も使ってみることにありと解釈できる。このように、学習に関わる実験研究は大変価値あるものがあり、それらを実際の教育に活用せずにおくのは非常にもったいない。

Neuroeducation は、あくまでも Education でありどのような学習方略や教示が学習者に効果的かを探り、そのアプローチとして脳科学からの知見を援用していこうとするものである。教育学という単一領域ではこれまで見えなかったものを、脳科学という新しい観点から照らすことで、より学習者の益になるような学習方略や教示方法などを、Neuroeducation という新たな分野の下、これから益々提案され実証されていくことが期待できる。

注

¹ 脳障害を抱えた人々のリハビリテーションの意として Neuroeducation を指すこともあるが、本稿では、学習や教示への脳科学的アプローチとして Neuroeducation と呼ぶ。

参考文献

1. Battro, A. M., Fischer, K. W. & Lena, P. J. 2008. *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation*. Cambridge University Press.
2. Gallese, V. & Lakoff, G. 2005. The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology* 22, 455-479.
3. Just, M. A. 2008. What brain imaging can tell us about embodied meaning. In *Symbols, Embodiment: Debates on Meaning and Cognition*, Manuel de Vega, Arthur M. Glenberg & Arthur C. Graesser (eds.), 75-84. Oxford University Press.
4. Kemmerer, D., Gonzalez-Castillo, J., Talavage, T., Patterson, S. & Wiley, C. 2008. Neuroanatomical distribution of five semantic components of verbs: Evidence from fMRI. *Brain and Language* 107, 16-43.
5. Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L. & Rizzolatti, G. 1996. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* 119, 593-609.
6. Buccino, G., Binkofski, F. & Riggio, L. 2004. The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language* 89, 370-376.
7. Kemmerer, D. & Gonzalez-Castillo, J. in press. The Two-Level Theory of verb meaning: An approach to integrating the semantics of action with the mirror neuron system. *Brain and*

Language

8. McGeoch, P. D., Brang, D. & Ramachandran, V. S. 2007. Apraxia, metaphor and mirror neurons. *Medical Hypothesis* 69, 1165-1168.
9. Press, C., Bird, G., Flach, R. & Heyes, C. 2005. Robotic movement elicits automatic imitation. *Cognitive Brain Research* 25, 632-640.
10. Litman, L. & Davachi, L. 2008. Distributed learning enhances relational memory consolidation. *Learning & Memory* 15, 711-716.

(信州大学 全学教育機構 講師)
2009年2月24日 採録決定