



# 時に沿って



酒井 邦嘉

## 脳の決定論

「専門は？」と聞かれると、「認知脳科学です」と答えることになっている。さらに、「認知脳科学はどんな学問ですか？」と聞く人がいれば、「心を脳のはたきとして理解しようとする科学です」と答えるように思う。理系・文系の区別は、認知脳科学に必要な。物理学者と心理学者が互いに語り合えるような場だと思っている。そんな風に考えるようになったのは、私の遍歴に原因があるようだ。

私は、高校の時からずっと物理学に憧れていた。進学するなり物理学科、と堅く心に決めていた。それがどうしたわけか、駒場の二期期の終り頃、急に生物学を勉強したくなった。究極の素粒子や宇宙構造の謎と同じように、生命現象は不思議に満ちている、と考えるようになった。そして三学期が始まる直前、物理学科で生物物理学を専攻しようと思いついた。今から思い返すと、この選択が私の遍歴

の始まりであった。本郷に移って、堀田凱樹先生にお会いした途端、分子遺伝学の世界に引きずり込まれてしまった。どこまでが物理学で、どこからが生物学か、なぞといつこぼはさずでもよくなった。「堀田のセントラル・ドグマ」とは、「遺伝子→脳→行動」という決定論を指す。私の運命もまた、このセントラル・ドグマに決定されることになったのである。なぜなら、遺伝子レベルの実験を重ねていくうちに、脳の研究を本気でやりたくなったからである。折しも、医学部の宮下保司先生の新しい教室に参加することになって、私は電気生理学の世界にのめり込むこととなった。共同実験者であるニホンザルのテルくんといっしょに、記憶の痕跡を一つ一つの脳細胞から調べると日々が続く。ある特定の図形を見せたときだけではない、その図形を思い出しているときにも反応する脳細胞が

見つかった。またしても決定論だ、と私は思った。知らず知らずのうちに、私の脳の中でも決定論が進行していたらしい。脳の次は行動だ。生理学教室の助手になった年、fMRIという新しい脳機能イメージングの技術がアメリカで報告された。何とかこの手法を使って、ヒトの認知行動を調べたい。日立と共同でfMRIの実験を始め、二年後、とうとうこの熱病が昂じて、fMRIのメッカであるボストンに向かった。実際、ボストン行きの飛行機の中では、五時間ごとに解熱剤のお世話になってしまった。ボストンで二年間を過ごしたが、MITで超人チョムスキーに出会ってからは、言語学に熱中し始めた。言語の脳機能は、最後のフロンティアになるかもしれない。言語の認知脳科学をやろう、と決心して、今年の春に駒場に戻ってきた。所属は、出来て間もない認知行動科学大講座、前期部会の名は心理学教室である。私の遍歴は、物理学から生理学、そして心理学にまで及んだことになる。心理学に漂着したところで、脳の決定論に札を述べることにしたい。(生命環境科学系・心理学)

1998年4月8日

第419号

# 脳の不思議

酒井 邦嘉

脳は不思議に満ちている。 「脳移植」という誤解を招きやすい言葉があるが、実際は発生初期の脳組織のごく一部を移植して、神経細胞の再生を促すだけのことである。

脳が特別であるならば、過去の記憶をなくしてしまうこともあれば、新しいことを全く覚えられなくなったりすることもある。脳に関するさまざまな謎や声紋は、個人識別に利用されているが、脳のしわを見ると、明白な個人差がある。最近のMRI（磁気共鳴映像法）の技術を使えば、頭に全く傷を付けることなく、その人の脳の写真を撮ることができる(図参照)。左右の指紋はほぼ完璧に鏡に映した関係にあるが、左脳と右脳のしわは、まるで別人のように違っている。また、脳のはたききのはたきからいって、脳をそっくり移植ができるようになったら、左脳と右脳のどちらかが優先権を握っている。しかし、左脳と右脳を論理的にもできない相談で

ある。 「脳移植」という誤解を招きやすい言葉があるが、実際は発生初期の脳組織のごく一部を移植して、神経細胞の再生を促すだけのことである。脳が特別であるならば、過去の記憶をなくしてしまうこともあれば、新しいことを全く覚えられなくなったりすることもある。脳に関するさまざまな謎や声紋は、個人識別に利用されているが、脳のしわを見ると、明白な個人差がある。最近のMRI（磁気共鳴映像法）の技術を使えば、頭に全く傷を付けることなく、その人の脳の写真を撮ることができる(図参照)。左右の指紋はほぼ完璧に鏡に映した関係にあるが、左脳と右脳のしわは、まるで別人のように違っている。また、脳のはたききのはたきからいって、脳をそっくり移植ができるようになったら、左脳と右脳のどちらかが優先権を握っている。しかし、左脳と右脳を論理的にもできない相談で

れたとしても、二重人格になっってしまうことはない。脳は、全体として一つの「個をなしているのだ。脳は、百億以上の神経細胞がくり出す巨大な「組織」である。そして、脳の一つ一つの神経細胞は、実に個性的である。形もさまざま、錐体細胞、星形細胞、シヤンデリヤ細胞、バスケット細胞など名前がついている。とくに大脳皮質では、大まかに見ると層になってはいるが、神経細胞の配列や神経線維の走行は実に複雑である。このように神経細胞の多様性が、全体の脳のシステムの豊かさを生み出しているのだ。駒場のキャンパスが活気に満ちているのも、学生諸君の個性の多様性に支えられているのではないかと思う。

脳の不思議にどむため科学もまた、多様性に富んでいる。分子レベルのアプローチもあれば、行動レベルのアプローチもある。現在私がとり組んでいるのは、MRIを使って脳の機能を画像化する方法であ

る。この方法は、物理学の核磁気共鳴の原理を使って  
いるが、脳機能の測定は生  
理学の原理に基づいてお  
り、実験には心理学や言語  
学のパラダイムを持ち込ん  
でいる。私自身、物理学→  
生理学→心理学と遍歴を重  
ねてきたので、このように  
多彩なアプローチの融合に  
慣れているが、脳研究は  
伝統的な大学教育の枠を越  
えている。むしろ、このよ  
うに理系と文系の境がない  
ところに、新しい脳科学の  
未来があると私は考えてい  
る。

脳から心までを対象とす  
る総合的な学問を、「認知  
脳科学」とよぶ。認知脳科  
学の目標は、心を脳のはた  
らきとして理解することだ  
である。私が去年から受け持  
っている講義には、前期課  
程向けの「認知神経科学」  
や、後期課程向け（生命・  
認知科学科）の「認知脳科  
学概論」などがあるが、ど  
ちらも理科と文科の両方の  
学生が、熱心に受講してい  
る。理科と文科の学生が、  
脳に対する共通の関心を持  
って語り合うことができる  
のは、駒場のキャンパスの  
素晴らしい特色である。「脳  
と心」の二分法が過去のも  
のとなるのと同じように、  
学問の進歩と共に理科と文

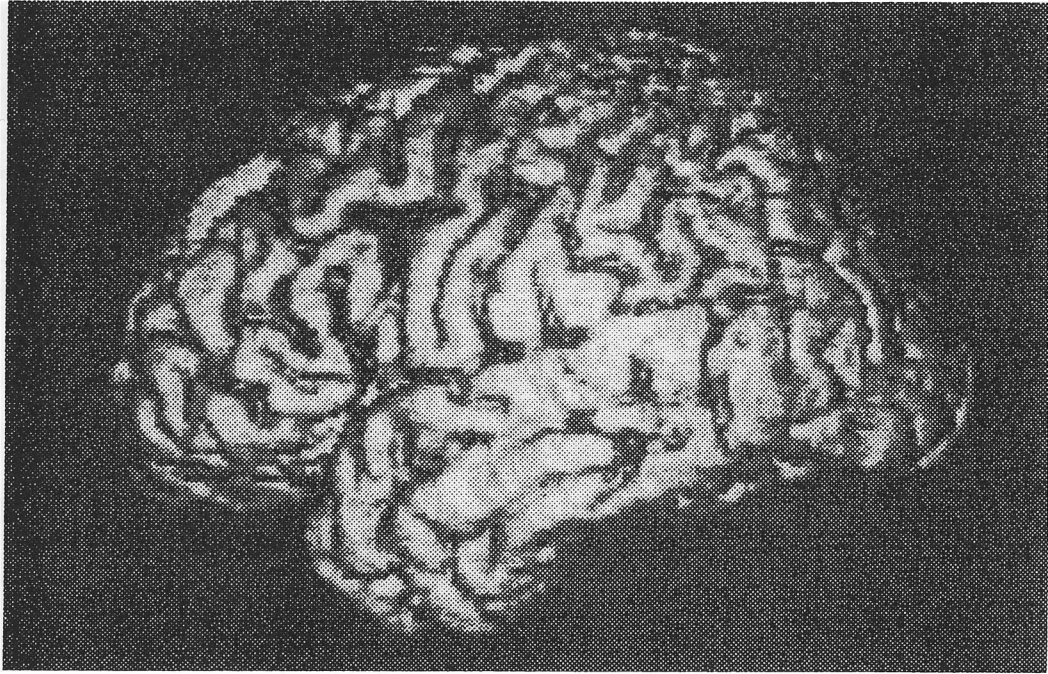
科はますます接近してくる  
だろう。学生諸君がこれか  
ら進路を選ぶときに、理科  
か文科かという所属にとら  
われることなく、「何に興味  
を持ち、何を知りたいの  
か」を自分で考えてみるこ

とが、大切だと思う。  
アメリカでは、一九九〇  
年に「脳の十年」という脳  
科学推進のためのプロジェ  
クトが開始された。日本で  
は、二十一世紀を「脳の世  
紀」とする研究体制の強化

が五年前から進められてお  
り、「脳を知る」、「脳を  
守る」、「脳を創る」とい  
う三本柱のスローガンが掲  
げられている。海外の研究  
者からも、この三つの名前  
についてよく質問を受ける

ので、反響も大きいことが  
わかる。ちなみに私は、「脳  
を創る」に参加している。  
わが国の脳科学プロジェクト  
の旗頭である伊藤正男  
先生が最近書かれた本のタ  
イトルは、『脳の不思議』  
である。まさに「脳の不思議」  
こそが、心を生み出す  
脳のメカニズムを解明して  
いく推進力である。若い研  
究者は、この未知のフロン  
ティアに勇敢に挑戦してい  
くことを期待されている。  
そこで、朝永振一郎先生が  
遺された次の言葉を、新学  
期を迎える学生諸君に贈り  
たい。

ふしぎだと思つこと  
これが科学の芽です  
よく観察してたしかめ  
そして考えること  
これが科学の茎です  
そつして最後になぞがと  
ける  
これが科学の花です  
(生命環境科学系・  
心理・教育学)



MRIによる脳の3次元画像 (図の左側が前)

# 教養学部 教員紹介

教養学部の全教員（外国人教師、助教も含む）に、次の  
4項目についてアンケートをおこないました。  
1 専攻分野  
2 学生へのメッセージ  
3 私のイチ押し（本、音楽、絵画、映画、店、建築物など）  
4 趣味。もしあれば、顧問をしているサークル名など  
なお、海外出張などで回答が得られぬ場合は、お名前のみ  
の紹介となりました。

- 名前後の（ ）は、所属する専攻/系など  
（言） 言語情報科学専攻  
（超） 超域文化科学専攻  
（地） 地域文化研究専攻  
（社） 国際社会科学専攻  
（生） 広域科学専攻・生命環境科学系  
（相） 広域科学専攻・相関基礎科学系  
（広） 広域科学専攻・広域システム科学系  
（数理） 数理科学研究科

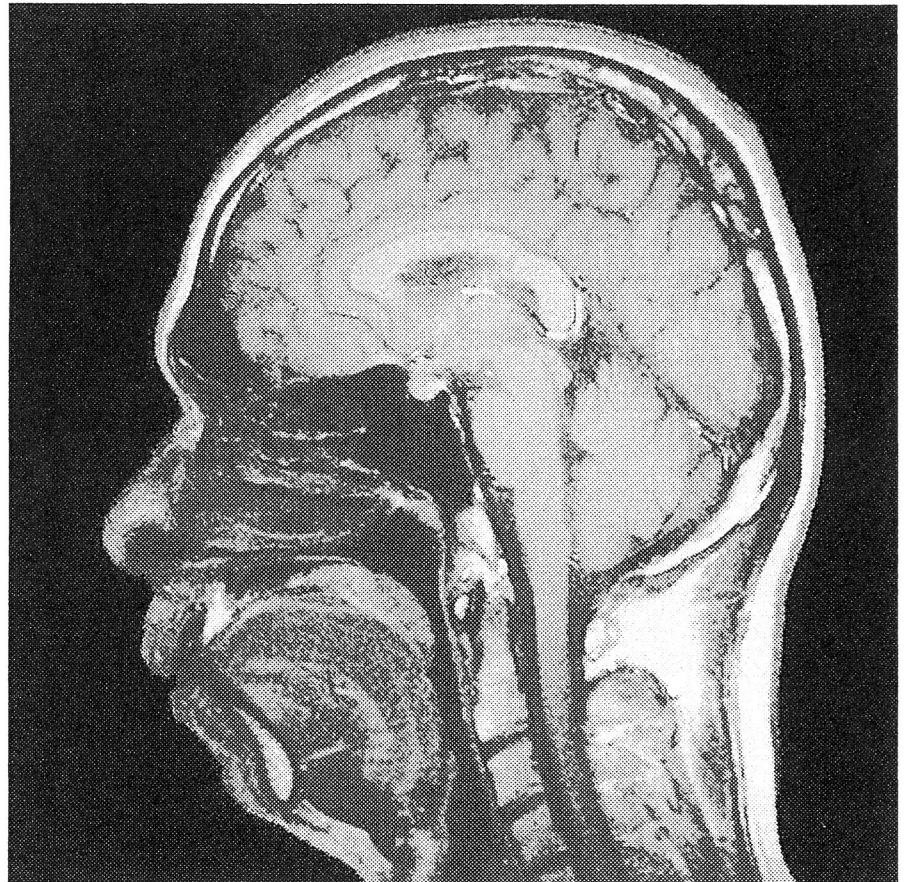
## 相関自然

- 酒井邦嘉（相）  
1 言語脳科学・脳機能イ  
メージング  
2 『科学者という仕事』  
（中公新書）に書いたこと  
を讀んでみてくださ  
3 『方法序説および三つ  
の試論』デカルト著、数学  
と物理学を超え、生理学や  
心理学へと飛翔する創造力  
4 ヴァイオリン・クロウ  
スアップマジック等

# MRIに関する発見

ノーベル医学生理学賞2003年

## 酒井 邦嘉



図：駒場キャンパスにあるMRI装置で撮影した頭部の正中断面像

昨年のノーベル医学生理学賞は、アメリカのローターバー(Paul Lauterbur)とイギリスのマンスフィールド(Peter Mansfield)が受賞した。二人が開発したのは、今や世界中の病院や研究所で使われているMRI (magnetic resonance imaging, 磁気共鳴映像法) の技術だ。MRIは、NMR (nuclear magnetic resonance, 核磁気

共鳴) という物理学の現象を医学診断に応用して、全く体を傷つけることなく内部を見ることが出来る画期的な方法である。NMRを発見したアメリカのプロットホとローターバーは、一九五二年にノーベル物理学賞を受賞している。NMRに関係したノーベル化学賞は、一

九九一年にエルンストに、そして二〇〇二年にビュートリッヒに授与されている。しかし、MRIを対象としてノーベル賞が授与されるのは、今回が初めてである。ローターバーがその最初のアイデアをNature誌(二四二巻一九〇頁)に報告してから、今年で三〇

年になる。実は、ローターバーが最初に投稿した論文は、Nature誌に断られてしまったのだが、彼の熱意によって結果が覆ったのだ。MRIは、ガンの診断や脳の検査などに欠かせないことからわかるように、これほど人類の役に立った

発見はまれである。それにもかかわらず、ノーベル賞が決まるまで三〇年の歳月が経ったのは、科学者同士の激しい先取り競争が背景にあったためだと言われている。マンスフィールドは、自分こそがMRIの発見者であると主張して譲らなかつたし、アメリカのダマデ

イアンもガン組織の検査にNMRが応用できると最初に提案したのは自分であるとして、ノーベル賞発表後にも大がかりな宣伝活動を行っている。しかし、MRIの原理の最初の発見者はローターバーであり、MRIの超高速撮影法 (Science誌二五四巻四三頁を参照) の発展に最も貢献したのがマンスフィールドであることは、MRIの研究者の多くが認めるところである。競争相手とは対照的に、ローターバーは無欲で謙虚な人であり、MRI装置の発明を覚えて特許にしなかつたほどである。しかし、彼独自のアイデアは、タマディアンによって特許化されてしまった。MRIの研究は、医学的画像診断という明らかな社会貢献につながるもので、研究者間の競争も熾烈である。筆者は、ボストンで過分極化キセノンを用いたMRIの開発を一年ほど行ったことがあるが、発見の醍醐味と同時に修羅場を経験した。

科学的な大発見が常にそこであるように、ローターバーの発見もまた、常識を覆すような興奮に満ちている。まず「物を見る」とときの常識について考えてみよう。物を見るために光を使う。光学顕微鏡も、電子線を使う電子顕微鏡も「波長」よりも細かい物を見ることはできないのが常識だ。MRIでは、水素原子(プロトン)の共鳴周波数にあたる数十メガヘルツのラジオ波を使うが、この波長は五メートル程度なので、キリン位の大きさの物しか像を結ばないはずである。さて、共鳴周波数は磁場の強さに比例するという法則がある。ローターバーは、MRIの強力な磁場に加えて、位置によって強さの異なる磁場(勾配磁場または傾斜磁場と呼ばれる)を組み合わせることで、空間的位置を磁場の強さとして正確に決められるというのを思いついた。この方法を使えば、波長によらずにノイズの限界まで細かい像が撮影できるはずだ。興奮した彼は、手近にメモ用紙がなかったので、紙ナプキンにアイデアを書き留めたところである。彼は最初の論文の中で、この方法のことを、「組み合わせるために使うこと」という意味のギリシャ語でzeugmatographyと名付けた。これはNMRの発見から二七年後のことである。原子核の共鳴現象を使

# 本の棚

## 心の一部としての人間の言語 〜文理融合の試金石〜

酒井邦嘉

「脳」をMind and Brain、心と言いは、書名などで頻りに使われている。しかし、脳科学を志した学生の中から、私はこの言ひ方に違和感を覚えていた。心は脳機能の一部なのだから、脳と心と同じレベルで並列させるような心身二元論(心と身体は別の実体だという考え)の響きに抵抗があったのだ。さらに言えば、「コト」や「ココロ」「トバ」のように動物や「モノ」であるかのよにカタカナ書きで表す

っているが、放射能とは全く関係ないので、NMRIのNを除いてMRIと慣用的に使われるようになった。その後、脳の活動に伴ってMRI信号が変化することを一九九一年に初めて報告された、fMRI(functional MRI)と呼ばれるものになった。MRIの超高速撮影法は、当初は心臓の画像化を目指して開発されたが、超音波診断の発展の陰に隠れてあまり普及しなかった。ところが、fMRIが現れてからは、二三秒間で脳全体の画像を撮影するという利点のため、超高速撮影法が広く使われるようになったのである。MRIからfMRIに至るまで一貫しているのは、ローターバーが特に重要だと考えた、「無侵襲の診断法」である。X線によるCTや、ガンマ線を用いたPETは、被爆量のために使用回数が限られるのに対し、MRIで安全に生体の構造や機能を調べられるのはとても重要なことなのである。欧米における医療技術の開発現場では、物理

は、ローターバーが特に重要だと考えた、「無侵襲の診断法」である。X線によるCTや、ガンマ線を用いたPETは、被爆量のために使用回数が限られるのに対し、MRIで安全に生体の構造や機能を調べられるのはとても重要なことなのである。欧米における医療技術の開発現場では、物理

学学位を持った研究者が医師と一緒に研究している。日本の大学でも、早くこのような研究環境を整備して、MRIのように独創的な発見を目指していくことが必要である。(生命環境/心理・教育)

を認めようという現代生物学の只中にいた私に衝撃を与えた。その一方で、心の働きを脳から二元論で説明しようとする脳科学は、デカルト以降の二元論と訣別したと思われており、このままでは言語学と脳科学の間の溝が埋まらなくなっていく。

新書。『こころと言葉』には、これと正反対の考えも多数紹介されていて興味深い。論争好きな読者の知的好奇心を刺激すること請け合いです。一方、落着いて言葉について考えてみたい読者は、「日本語と中国語の助数詞」や「日本語(東京方言)のアクセント」のコラムを読むだけでも、言葉の持つ精妙な規則性に魅了されることだろう。本書に纏められた言葉の問題は、誰にも手の届くところにある宝の山である。

言語研究の現状について、本書の序章には「われわれはいわば完成図のないシグノー・パズルに挑んでいるようなものである」と述べられている。楽観的に言えば「ライオン・シフト」の前夜だと言えらるかもしれないが、現実的には言語研究がそもそもサイエンスになるかどうか自体が危うい状態なのである。「理論的な予言に基づいて未知の素粒子を探そう」といった仮説に基づいた方向性がないまま、実際にあるかどうかも分からない人間の言語の「芽」を動物に求めるのは科学的探究とはいえない。言語研究がサイエンスになるためには、仮説検証型の実験によって地道に証拠を積み上げていく以外に道はないわけだが、特に進化や認知に関する研究では「直感」という単なる意見(例えば「言語の起原は音楽である」という実証不能な説)が大胆な科学的仮説であるかのように大手を振って、諸説紛々の混沌とした状態が長く続いている。もちろん、進化心理学や認知心理学は科学でなくとも一向に構わない、という立場もある。私はその両方に接してきたが、二つの文化の溝を埋めるのは、筋道ではないかということを痛感している。例えば、統計分析こそが実証科学との最良の接点であるのだが、棒グラフや折れ線グラフには常にエラー・バー(誤差範囲)の表示が必須である、というごく基本的なことですら等閑視されたままである。こうした現状を打破しない限り、いくら文理融合と言っても机上の空論にすぎないであろう。そもそも人間の言語は規則的な現象が科学の対象にならないの

であれば、「主観」や「意識」のような難問が山積みなの問題に科学のメスが入るとは思えない。この意味において、言語研究は文理融合の試金石なのである。二〇世紀の物理学が理論物理学と実験物理学の両方の進歩に支えられて発展したように、二二世紀の言語研究は理論言語学と実験脳科学を両輪として、文系と理系の融合領域である「人間科学」をさらに開拓していくことが理想である。言語のメカニズムを解明することで、心の深奥にある人間固有の能力の謎に迫ることができ、きっとそこに新たな自然法則が次々と見出されていくことだろう。本書の熱心な読者ならば、これこそが真の人間科学を築くための突破口になると確信するに違いない。(東京大学出版会 三三六〇円)

(関連基礎/関連自然)



こころと言葉  
進化と認知科学のアプローチ  
長谷川寿一・C.ラマール/伊藤たかね 編

## こころと言葉 進化と認知科学のアプローチ

「こころと言葉」は、二元論なのだろうか？本書は、これまで急進的ではないが、そのテーマの一つとして「かつて自然界における人間の特権性(?)の証のよにも言われた、ことばを操る能力」と担当編集者が述べている。私は言語が心の一部であり、言語は人間だけが持つ脳機能であると考えて研究を行ってきた『言語の脳科学』中公

「芽」を動物に求めるのは科学的探究とはいえない。言語研究がサイエンスになるためには、仮説検証型の実験によって地道に証拠を積み上げていく以外に道はないわけだが、特に進化や認知に関する研究では「直感」という単なる意見(例えば「言語の起原は音楽である」という実証不能な説)が大胆な科学的仮説であるかのように大手を振って、諸説紛々の混沌とした状態が長く続いている。もちろん、進化心理学や認知心理学は科学でなくとも一向に構わない、という立場もある。私はその両方に接してきたが、二つの文化の溝を埋めるのは、筋道ではないかということを痛感している。例えば、統計分析こそが実証科学との最良の接点であるのだが、棒グラフや折れ線グラフには常にエラー・バー(誤差範囲)の表示が必須である、というごく基本的なことですら等閑視されたままである。こうした現状を打破しない限り、いくら文理融合と言っても机上の空論にすぎないであろう。そもそも人間の言語は規則的な現象が科学の対象にならないの

「芽」を動物に求めるのは科学的探究とはいえない。言語研究がサイエンスになるためには、仮説検証型の実験によって地道に証拠を積み上げていく以外に道はないわけだが、特に進化や認知に関する研究では「直感」という単なる意見(例えば「言語の起原は音楽である」という実証不能な説)が大胆な科学的仮説であるかのように大手を振って、諸説紛々の混沌とした状態が長く続いている。もちろん、進化心理学や認知心理学は科学でなくとも一向に構わない、という立場もある。私はその両方に接してきたが、二つの文化の溝を埋めるのは、筋道ではないかということを痛感している。例えば、統計分析こそが実証科学との最良の接点であるのだが、棒グラフや折れ線グラフには常にエラー・バー(誤差範囲)の表示が必須である、というごく基本的なことですら等閑視されたままである。こうした現状を打破しない限り、いくら文理融合と言っても机上の空論にすぎないであろう。そもそも人間の言語は規則的な現象が科学の対象にならないの

「こころと言葉」の記事を転載・引用する場合、事前に学報委員会の手承を得、掲載した刊行物若干部を学報委員会までお送りください。無断での転載、転用、複写を禁じます。