

多言語を生み出す脳

梅島奎立, 酒井邦嘉*

幼少の頃に身に付けた言葉は、多言語でも自在に使いこなすことができる。本論では、その能力がサヴァン症候群では大人になっても保たれている可能性を指摘して、数十カ国語を話したエミール・クレブスについて焦点を当てながら、多言語脳について議論する。また、第二言語習得に関する脳研究から、文法中枢の左右差や、習熟度による脳の活動変化を紹介する。多言語の脳研究は、芸術における創造性の解明に役立つと考えられる。

KEY WORDS 言語天才, 多言語, 文法中枢, 45 野, 脳の非対称性

はじめに

芸術における創作過程では、常に何か新しいものを生み出すことが求められる。そこでは、素材自体を新たに作り出すことより、むしろ素材の組合せの妙を追求することが多い。音楽のような再現芸術であっても、作曲者の意図の発見や演奏者の体験、そしてジャンルを超えたアレンジなどが組み合わせられることで、新鮮な表現を生み出す可能性に満ちている。言語もまた、限られた音素や単語から、さまざまな文や文章表現を生み出すという創造的な特徴を持つ。しかし、言語の能力が万人に生まれつき備わっているのに対して、芸術の能力を究めるには長期間の鍛錬が必要とされる。そうした共通性と相違はどこから生じるのだろうか。

芸術の脳機能について、筆者のひとは次のような仮説を立てた¹⁾。

- ① 芸術は人間固有の脳機能によって生まれる。
- ② 芸術は人間の言語機能を基礎とする。
- ③ 美的感覚は芸術を支える心の機能である。

この仮説①と②によって、言語と芸術に共通した創造性が説明できる。また、仮説③によって、芸術が言語を超えた能力(才能)を必要とすることが理解できよう。人間の脳は、あらかじめ言語にはデザインされて

いるが、特定の技術を伴う芸術には未開拓なのである。幼少の頃から芸術に接することで、長期間の鍛錬を前倒しできることは確かだが、技芸が脳の発達過程に組み込まれるという効果も大きいと考えられる。つまり、演奏や創作といった芸術的な能力があたかも母語のように獲得されることで、自然でしかも自由な表現ができるようになるのだ。

母語を複数持つバイリンガルやトリリンガルの人々をみればわかるように、幼少の頃に身に付けた言葉は、いかに多くの言語であっても自在に使いこなせる。ヨーロッパやアフリカ、アジアなどの多言語地域で明らかのように、それは特殊な能力を持つ人々に限られるのではなく、幼少期に多言語環境にいることで身に付き、それによって他の能力が犠牲になることはない。そうした多言語を生み出す脳の秘密を解き明かすことができれば、芸術の基礎にある創造性のメカニズムを科学的に説明できるのではないだろうか。

1. サヴァン症候群と自然言語のモジュール性

サヴァン症候群(以下、サヴァン)とは、芸術や知覚・記憶などにおいて並外れた能力を発揮しながらも、しばしば自閉症や学習障害、さらには知的障害を伴って現れる。例えば言語サヴァン、音楽や絵画のサヴァン

東京大学大学院総合文化研究科相関基礎科学系 (〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1)

*[連絡先] sakai@mind.c.u-tokyo.ac.jp



Fig. 1 言語天才クレブス

Amunts K, Schleicher A, Zilles K: Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. *Brain Lang* **89**: 346-353, 2004 より転載

は、極めて正確な記憶と再現の能力を示し、そこに創造的なアレンジを加えることもできる。

サヴァンのひとりである「クリストファ」は、単独での日常生活が困難である一方で、言語に対しては高い適応力をみせた例として知られている²⁾。20歳のときには水頭症などの診断がなされ、1991年の29歳当時、彼の非言語性の知能指数 (intelligence quotient : IQ) は42~76点 (平均が100点)、言語性IQは89~102点であった。これは一見奇妙に思えるかもしれないが、多言語を習得する能力は平均的な言語性IQと共存し得るわけで、IQで評価するには限界があることを意味する。彼は習得済みの15~16の言語のいずれかで書かれた文章を、英語母語話者が英文を読み上げると同じ速さで英語に翻訳した³⁾。

さらに徹底的な言語学的調査を行ったスミスら²⁾は、クリストファの習得過程に注目した。クリストファはそれまでに学んだどの言語とも起源的にも類型的にも異なる北アフリカのベルベル語について、極めて複雑な文法規則を容易に習得した。一方、自然言語の規則に従わない人工言語の規則については、習得が困難だった。これらの結果から、自然言語の獲得に必要な言語モジュールが、一般的な学習機構から独立していると考えられる。また、一般的に思春期を過ぎた頃から減弱する脳の可塑性が、サヴァンでは大人になっても保たれているという可能性がある。

一方、サヴァンでなくとも多言語の才能を発揮する人々がいる⁴⁾。Graham Cansdale は、ブリュッセルの欧州委員会にて14カ国語の通訳をしている。Johan Vandewalle は22カ国語を話し、Polyglot of Flanders (多言語話者のコンテスト) の1987年大会において、各言語の母語話者と10分間話して優勝した。彼らは大人になっても多言語のトレーニングを重ねており、一般的な学習機構を使った可能性は否定できない。

言語天才の中でも、脳の剖検により組織学的検査が行われたという点において、クレブス (Emil Krebs ; 1867-1930) (Fig. 1) は特別である。昨年生誕150周年を迎え、クレブスの子孫であるHoffmannが著したクレブスの伝記が出版された⁵⁾。クレブスは生涯にわたって100以上の言語に親しみ、諸説あるがそのうち45~68もの多言語を口頭および筆記でマスターしたという。

クレブスはプロイセン領シュレージエン地方の大工の家に10人兄弟の長男として生まれた。3歳のときにエスドルフに移住し、その基礎学校 (6~10歳の教育を受ける初等学校) に通った。9歳のときにフランス語の古い新聞をみつけて興味を持ち、小学校の先生にみせたところ、その先生は彼に仏独辞典を与えた。周りにフランス語の話者がいなかったためクレブスは自力で学習し、2週間後にはフランス語を話すようになったという。この頃から彼の多言語に対する興味と才能がうかがえる。

その後クレブスは、1878~1880年には実科学校に、1880~1887年にはギムナジウムに通った。ギムナジウム修了時には12カ国語 (学校教育の一環でラテン語、フランス語、ヘブライ語、古典ギリシャ語、さらに独学で現代ギリシャ語、英語、イタリア語、スペイン語、ロシア語、ポーランド語、アラビア語、トルコ語) を習得していた。また、アビトゥーア (高校卒業試験、日本で言うところの大学入試試験も兼ねる) 合格後、ブレスラウ大学 (現ヴロツワフ大学) の神学部に進学し、さらに同大学の法学部に移った。これらの経歴からも、彼がサヴァンであったとは考えにくい。

クレブスはその後法科大学院へ進み、修了後、ベルリンにある外務省の通訳者学校に通い始めた。そこでクレブスは、当時最も習得が難しいと言われていた中国語の官話 (マンダリン) を学び始め、3年足らずで通訳者試験を受けて1度で合格している。1893年には青島と北京で通訳を始め、1901年に主任通訳士に就任した。クレブスの名が中国中に知れわたるようにな

ると、やがて中国の権力者がクレブスを訪ねるようになって、自分の治める地域の言葉（中国語方言、モンゴル語、満州語、チベット語など）と官話の通訳を依頼した。クレブスの多言語習得法は独特で、月曜日はトルコ語、火曜日は中国語といったように各言語を学ぶ周期を決めていたという。新しい言語を習得する能力も衰えず、45歳を過ぎてからアルメニア語を9週間ほどで学び、母語話者並みに上達した。また、とても流暢にイタリア語のトスカナ方言を話し、北京のイタリア大使が会話を楽しむために無料でクレブスの散髪を申し出たという逸話もある。

クレブスは1930年3月、翻訳作業中に脳出血で急逝した。クレブスの死後、神経科医のフォークト (Oskar Vogt; 1870~1959) が遺族の元を訪ねて、彼の脳の剖検を申し出た。フォークトは妻のセシール・フォークト (Cécile Vogt-Mugnier; 1875-1962) とともに有名な解剖学者であり、カイザー・ヴィルヘルム脳科学研究所 (現在のマックス・プランク脳科学研究所の前身) の所長を務めた。フォークト夫妻にはマーサ (Marthe Louise Vogt; 1903-2003) とマルゲリータ (Marguerite Vogt; 1913-2007) という2人の娘がおり、マーサは神経薬理学者、マルゲリータは発生遺伝学者であった。

フォークト自身の主な研究テーマは、人間の脳の細胞構築と認知機能の関係を知ることであった。そのため類稀な能力を持つ人の脳に関心を持っており、ソビエト連邦政府の依頼によりレーニン (Vladimir Ilyich Lenin; 1870-1924) の脳を剖検したことで知られる⁶⁾。クレブスの脳は遺族の承諾を得て、数々の著名人の脳とともにフォークト・コレクションに追加された。フォークト・コレクションは現在もデュッセルドルフ大学で管理されている。

III. クレブスの脳

脳出血で急逝したクレブスであったが、損傷部位が皮質下であったため、言語にとって中核的な役割を担うブローカ野は無傷であり、詳細な剖検が可能であった。ブローカ野に相当すると考えられるのは、下前頭回の弁蓋部 [ブロードマン領野44野 (Brodmann area 44)] と三角部 (45野) を併せた領野であり⁷⁾、ブローカ (Pierre Paul Broca; 1824-1880) が報告した失語症患者の主たる責任病巣であった。Amuntsらは、44野と45野がともに言語流暢性に関わるが、両者の細胞構築と機能的役割は異なると主張しており⁸⁾、クレブスの脳と統制群11人の脳を細胞構築学的に比較した⁹⁾。その結果、クレ

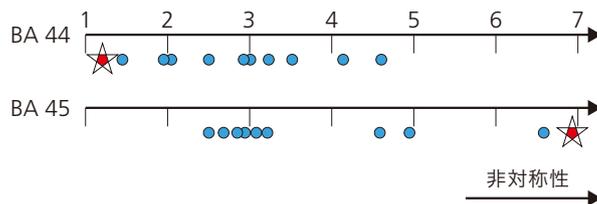


Fig. 2 細胞構築に基づく44, 45野の非対称性

クレブスの脳と統制群の脳について44, 45野の左右差を比較した結果。スケールの値0は左右差がないことを示し、値が大きいほど皮質の細胞構築に定量的な差があることを示す。星印はクレブスの脳を、その他の点が統制群の脳を表している。

(略称) BA: ブロードマン領野

Amunts K, Schleicher A, Zilles K: Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. *Brain Lang* **89**: 346-353, 2004より転載

ブスの脳は44野については最も対称的であり、45野については最も非対称的であった (Fig. 2)。

並外れた能力が、脳部位の対称性と関係するとの報告はいくつかなされている。例えばプロのキーボード奏者は、楽器の演奏経験が限られた人たちと比較して中心前回の脳溝間距離がより対称的であった¹⁰⁾。さらにアインシュタイン (Albert Einstein; 1879-1955) の頭頂葉後部は左右対称であったことが知られており、空間把握や操作能力、または概念を定式化する能力との関連が議論されている¹¹⁾。

IV. 文法中枢の左右差

クレブスの脳に対するAmuntsらの研究では、多言語の能力が44野と45野の一方、あるいは両方と関係するのかわからず。筆者ら¹²⁾の研究によれば、45野の非対称性が文法能力と関係することが示されている。この研究の参加者は英語を第二言語として習得中であり、日本人の中高生78人と、母語が英語以外の大学留学生17人が含まれる。英語の文を視覚的に提示して、文法的に正しいか否かを解答させた¹³⁾。例えば、“Can you put your bag on the table? — No, I can't put there.”の例では、目的語を欠くという文法的な誤りを含む。

大脳皮質の画像解析では、磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging: MRI) により撮影した各個人の画像を標準脳へ正規化の際に得られる変形 (拡大か縮小) の度合いから、標準脳のボクセル (1 mm³) ごとに灰白質の実際の体積を求めることができる。また、元のMRI画像に対して、その左右を逆転させた鏡像の画像を比較することで、左右差の指数である非対称性指数 (asymmetry index: AI) を算出した (Fig. 3)。この指数と文法課題の成績の関係を調べた結果、45野の一領域 (Fig.

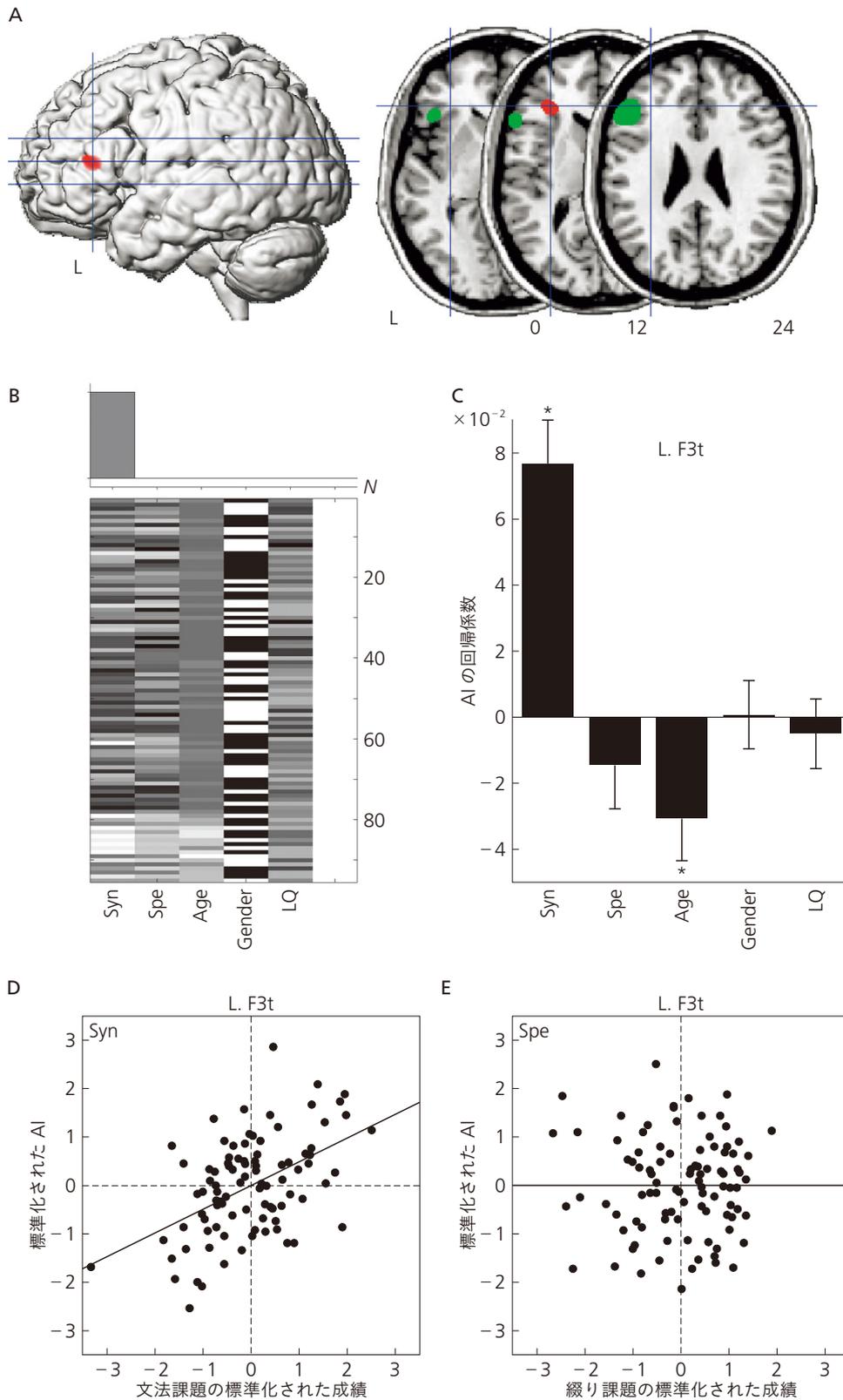


Fig. 3 文法能力と相関する 45 野の非対称性

A: 文法中枢が示す非対称性。左図は左脳 (L) の外側面 (左が前) で、右図はその水平断面 (左図の水平線は $z=0, 12, 24$)。赤で示した領域は、灰白質の体積の非対称性指数 (asymmetry index : AI) が文法課題の成績と相関を示した部分で、左 45 野の一部 (左下前頭回の三角部, L. F3t) である。緑で示した領域は、機能的 MRI 実験により特定された文法処理に選択的な活動部位。

B: AI の重回帰分析に用いた要因。濃淡は 95 人分の各要因の相対的な違いを表す。

C: 45 野の AI と各要因の相関。文法課題の成績 (Syn) と強い正の相関があり、年齢 (Age) と負の相関がみられる。Gender は男性と女性で、LQ は利き手指指数。

D: 45 野の AI と文法課題の成績が示す相関。縦軸と横軸の両方を標準化してある (平均値が 0)。

E: 綴り課題の成績 (Spe) との間にはまったく相関がなかった。

Nauchi A, Sakai KL: Greater leftward lateralization of the inferior frontal gyrus in second language learners with higher syntactic abilities. *Hum Brain Mapp* **30**: 3625-3635, 2009 より転載

3Aの赤で示した部分)でのみ有意な正の相関を示した。つまり文法能力が高い人ほど、45野の左側方化の程度が高く、左45野の体積が右の対応部位よりも相対的に大きかったのである。この領域は、文法判断に特化していることが機能的MRI (functional MRI : fMRI) で示されている「文法中枢」の一部であった。因果関係は不明であるが、脳の局所的な発達と文法能力との間に関連が見出されたことは興味深い。

V. 言語の習熟度と脳の活動変化

一般的には学習によって脳が活性化されると言われているが、筆者ら¹⁴⁾は第二言語の習熟に伴って脳活動が減少し、省エネ型に変わること示した。その一例が、日本の中学生と大学生を対象に行ったfMRI実験で、動詞の正しい過去形を選ぶ課題を用いた (Fig. 4)。具体的には、catchのような動詞の原形がまず提示され、続いて caught と caught という過去形の候補が2つ同時に提示する¹⁵⁾。統制条件として、例えば catch の後に catch と cotch を提示して、同じものを選ぶマッチング課題を行った。この課題で正答率が高く熟達度の高い群では、低い群と比べて、活動が文法中枢の一部に集中している。また、第一言語と第二言語で活動する領域が共通しており、言語に対する習熟度に応じて活動領域が節約されるということが明らかとなった。

また筆者らは習得期間が脳活動に及ぼす影響についても調べた¹³⁾。中高生を対象に、英語を中学1年生から始めた人 (短期習得群) と小学1年生から始めた人 (長期習得群) をそれぞれ募集した。短期習得群についてトレーニングを行った結果、成績の分布は長期習得群と同じ程度だった。上述の英語文による文法課題を用いてfMRI実験を行ったところ、短期習得群の文法中枢の活動が正答率と正の相関を示したのに対し、長期習得群については負の相関を示した。つまり成績にかかわらず、第二言語の獲得過程では活動が増加し、定着過程では減少すると考えられる (Fig. 4E)。

習熟度に伴う脳活動の変化は、芸術においても起こると予想される。さまざまな技芸の習得においても、初期の獲得過程では技能の未熟さを補うために追加の処理が必要となったり、余分な力が入ったりして、脳の幅広い領域が動員されるであろう。鍛錬を積むことでその技能が定着してくれば、動員される活動領域も限定的になり、省エネ型に転ずると考えられる。上記の研究結果によれば、脳活動の増加から減少への切替えに数年~10年ほどかかると予想され、この期間は

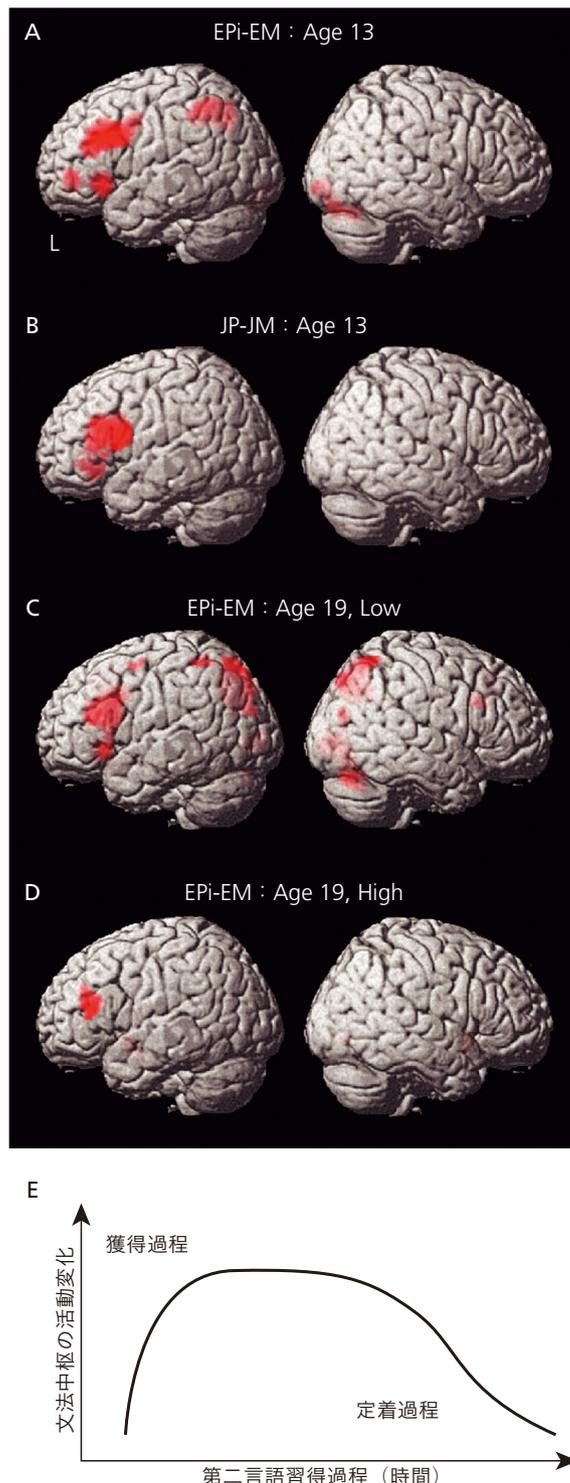


Fig. 4 第二言語習得における文法中枢の活動変化
A : 中学生群の言語野を中心とする活動。英語の不規則動詞の過去形を答える課題 (EPI) に対して、同じ動詞を答えるマッチング課題 (EM) を比較した結果である。**B** : 中学生群について同様の課題を日本語で行った結果。脳活動が左前頭葉の文法中枢に集中している。**C** : **A** と同じ比較において、課題の成績が低かった大学1年生が示した脳活動。左脳の言語野全体と右脳までが動員されている。**D** : **C** と同様だが、成績が高かった大学1年生の脳活動。**B** と同様に活動が文法中枢に集中している。**E** : 第二言語習得過程 (横軸は時間) において、文法中枢の活動変化 (縦軸) を示した模式図。脳活動は獲得過程で増加し、定着過程では減少する。
 Sakai KL: Language acquisition and brain development. Science **310**: 815-819, 2005 より転載

多くの技能の熟達に必要な時間と一致する。多言語話者であれば、言語モジュールを構成する文法・意味(読解)・単語・音韻のそれぞれについて熟練しているため、さらに新たな言語を習得する際にはより短い期間で熟達する可能性が高く、文法や意味などの制約を認識したうえで適切だが自由な言葉の組合せを発見できるのだろう。そこに言語における創造性の秘密があるので

はないか。このように多言語の脳研究は、芸術における創造性を解明する糸口となり得る。もしクレブスの時代にMRIがあったなら、生前の脳活動を計測できたはずだ。この小論が言語天才の目にとまって、創造性の解明を目指す脳研究に参加してくれることを願ってやまない。

文献

- 1) 酒井邦嘉(編), 曾我大介, 羽生善治, 前田知洋, 千住 博(著): 芸術を創る脳—美・言語・人間性をめぐる対話. 東京大学出版会, 東京, 2013
- 2) ニール・スミス, イアンシ・マリア・ツインプリ(著), 毛塚恵美子, 若林茂則, 小菅京子(訳): ある言語天才の頭脳—言語学習と心のモジュール性. 新曜社, 東京, 1999 (Smith N, Tsimpli IM: The Mind of a Savant: Language, Learning and Modularity. John Wiley & Sons, Hoboken, 1995)
- 3) Smith N, Tsimpli IM: Linguistic modularity? A case study of a 'Savant' linguist. *Lingua* **84**: 315-351, 1991
- 4) Erard M: Babel No More: The Search for the World's Most Extraordinary Language Learners. Free Press, New York, 2012
- 5) Hoffmann E: Emil Krebs: Ein Sprachgenie im Dienste der Diplomatie. Harrassowitz Verlag, Wiesbaden, 2017
- 6) Bentivoglio M: Cortical structure and mental skills: Oskar Vogt and the legacy of Lenin's brain. *Brain Res Bull* **47**: 291-296, 1998
- 7) 山田亜虎, 酒井邦嘉: ブローカ野における文法処理. *Brain Nerve* **69**: 479-487, 2017
- 8) Amunts K, Weiss PH, Mohlberg H, Pieperhoff P, Eickhoff S, et al: Analysis of neural mechanisms underlying verbal fluency in cytoarchitecturally defined stereotaxic space — the roles of Brodmann areas 44 and 45. *Neuroimage* **22**: 42-56, 2004
- 9) Amunts K, Schleicher A, Zilles K: Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region. *Brain Lang* **89**: 346-353, 2004
- 10) Amunts K, Schlaug G, Jäncke L, Steinmetz H, Schleicher A, et al: Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain. *Hum Brain Mapp* **5**: 206-215, 1997
- 11) Witelson SF, Kigar DL, Harvey T: The exceptional brain of Albert Einstein. *Lancet* **353**: 2149-2153, 1999
- 12) Nauchi A, Sakai KL: Greater leftward lateralization of the inferior frontal gyrus in second language learners with higher syntactic abilities. *Hum Brain Mapp* **30**: 3625-3635, 2009
- 13) Sakai KL, Nauchi A, Tatsuno Y, Hirano K, Muraishi Y, et al: Distinct roles of left inferior frontal regions that explain individual differences in second language acquisition. *Hum Brain Mapp* **30**: 2440-2452, 2009
- 14) Sakai KL: Language acquisition and brain development. *Science* **310**: 815-819, 2005
- 15) Sakai KL, Miura K, Narafu N, Muraishi Y: Correlated functional changes of the prefrontal cortex in twins induced by classroom education of second language. *Cereb Cortex* **14**: 1233-1239, 2004

BRAIN and NERVE 70 (6): 633-638, 2018 Topics

Title

The Brain, the Source of Multilingualism

Authors

Keita Umejima and Kuniyoshi L. Sakai

Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 3-8-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8902, Japan

Abstract

Multiple languages can be used at command, if those language abilities were acquired in childhood. In this article, we report the possibility that such abilities are retained throughout adulthood for linguistic savants. We focus on Emil Krebs, a speaker of dozens of languages, and argue about the vast capacity of the multilingual brain. Moreover, we introduce the asymmetry of the grammar center and brain activation changes due to linguistic proficiency, both of which are findings from research on the second language acquisition capability of the brain. It is plausible that research on multilingualism will shed light on the mystery of human creativity in fine arts.

Key words: linguistic genius; multilingualism; grammar center; Brodmann area 45; brain asymmetry