

ポール・ブローカ

言語脳科学の源流

酒井邦嘉*

ブローカは構音言語の機能障害を呈する患者の剖検脳を観察して、構音機能が左半球の前頭葉に局在するという報告をした。この機能局在の発見は神経科学全般の礎であり、言語脳科学の源流となっている。発話失行の責任病巣が島皮質や内側部の線維連絡である可能性があり、従来「ブローカ野」とされてきた左第3前頭回に、われわれは「文法中枢」を見出した。ブローカ野が言語表出の中核であるとの見方には修正が必要である。

KEY WORDS ブローカ失語、ブローカ野、前頭葉、文法中枢、機能局在

はじめに

ポール・ブローカ (Pierre Paul Broca ; 1824-1880) は、神経病理学のみならず人類学を含む多分野で活躍し、神経学の基礎を築いた先駆者の一人である (Fig. 1)。特に言語障害に関する一連の研究により、のちに「ブローカ失語」や「ブローカ野」という用語として、一般にもよく知られるようになった。ブローカ失語の報告は、言語に関連した機能が他の認知機能から分かれて左脳に局在するという最初の発見であった。ブローカは、次のように述べている。

病初ならびに 10 年もの長い間、患者はただ言葉を発音する能力を喪失しただけで、そのほかの知能、感覚ないしは運動機能はまったくおかされなかったことから、私はこの言語の消失はもともとかなり限局した病変によって起こったものであり、構音言語の中枢器官はおそらくこの病巣がはじまったところであろうと考えるにいたったのである。(中略) そしてあらゆる可能性から考えて第3前頭回がおそらく第2前頭回ともどもに軟化のはじまった場所であるに違いないことを見出したのである¹⁾。



Fig. 1 ポール・ブローカ (1824-1880)

構音言語 (英語では articulatory language) とは、「単に言葉を発する機能」であり、ブローカはこの障害をフランス語で aphémie と名づけ、終生使い続けた²⁾。この失語症を意味する用語は、トルソー (Armand Trousseau ;

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@sakai-lab.jp

1801-1867) によって aphasic, つまり aphasia と改名されたわけだが、厳密には「発話失行 (apraxia of speech)」に近い概念であり、一般的の言語機能と区別すべきとの指摘もなされている³⁾。実際ブローカは、「構音言語の機能と普遍的言語機能とは混同しないようにしなければならない。〔中略〕これ〔普遍的言語機能〕を定義するとしたら、ある 1 つの思想〔意味〕とある 1 つの表示法〔音やサイン〕との間に恒常的な関係を確立する機能であるということができよう²⁾ と述べていた。この「恒常的な関係を確立する機能」とは、言語学では「構造を生み出す生成システム」と言うことができる。

さらにブローカは、「失語症 (aphémie) は中枢神経系の中で発音のための運動を支配している部分に限局した運動失調症 (ataxie locomotrice, 原文イタリック) の結果起こることもありうるであろう。〔中略〕患者が失った機能は知能、すなわち、脳の中で思考を行う部分に属する機能ではなく、単に筋肉活動の調節を行う普通の機能、いわば中枢の運動性の部分に関係する機能の中の特殊なものにすぎないということになろう²⁾ と推論したのだった。

なお、「第 3 前頭回〔回転との表記あり〕」は前頭葉の「下前頭回 (F3)」であり、ブロードマンの領野番号で 44, 45, 47 野を含む。「第 2 前頭回」は前頭葉の「中前頭回 (F2)」である。言葉を発する機能が、左半球の前頭葉のどこかに局在するというのは、神経科学全般における大きな礎であった。

このようにして、ブローカは「局在論 (principe de localisations)⁴⁾ の立場を堅持したわけだが、その後の神経学は、「脳機能はすべて脳が全体として働く結果だ」として譲らない全体論 (holism) の台頭によって混乱の渦中に巻き込まれてしまう。

筆者は脳機能イメージングや脳損傷の研究を通して、「脳の中で思考を行う部分に属する機能」の核心は「統辞 (syntax)」の機能であり、左半球の下前頭回と中前頭回の両方に局在することを明らかにしてきた。本論では、言語脳科学の源流となるブローカの足跡について、温故知新の精神であらためて紹介したい。

I. ブローカの慧眼

失語症に関するブローカによる最初の論文「失語症の 1 例に基づく構音言語機能の座に関する考察」⁵⁾ は、2 部に分かれている。第 I 部は、上述のような構音言語機能の説明や、病理解剖の分析法と問題点について充てられている。続く第 II 部「左前頭葉上部の第 2 お

よび第 3 回転の慢性進行性軟化による 21 年間にわたる失語症」から、冒頭部をみてみよう。

1861 年 4 月 11 日、Bicêtre 病院外科に Leborgne という 51 歳の男が足の甲から臀部にいたる右下肢全体の壊疽性びまん性蜂窩織炎ではこぼれてきた。翌日私がその男にこの病気がどうして起こったかを質問したところ、答として彼は左手で身振りをしながら Tan (tan) という單一音綴を 2 度つづけて言ったにすぎなかった。そこで私は、21 年来 Bicêtre 病院にいるというこの男の既往歴を調べに行った。(中略) 彼は人が彼に言うことはなんでも判った。彼は非常に微妙な耳をそなえていたのである。しかし、彼にどんな質問を向けても答えはつねに tan, tan であり、これにきわめて変化にとむ身振りをまじえて、彼の考えていることはほとんど表現できた⁶⁾。

この有名な患者は Tan とも呼ばれ、「知能状態は正確には決めかねた。Tan は人が彼に言うことをほとんどすべて理解していたことは確かである」⁷⁾ と記載された。つまり、厳密な言語や思考のテストを受けたわけではないので、精査すれば言語理解や思考の障害が認められた可能性は残る。なお、ブローカは 21 年間にわたる病歴を二分して、最初の 10 年では左前頭回 (おそらく第 3) の軟化によって失語症のみが生じ、続く 11 年で病変が左前頭葉全体に及び、両半球全体の萎縮を伴うことで、知能の低下が生じたと推論していた⁸⁾。

また、ブローカによる第二の症例 Lelong (84 歳、男性) の報告⁹⁾ では、病変は左半球にあるのみで、Leborgne (Tan) と同様に構音言語の喪失を示したが、5 つの語彙 (そのうち 1 つは自分の名前) を使うなど、異なる点もみられた。ブローカはその後も症例を集め、1863 年には、「これまで経験した 15 例の失語症では、傷は必ず第 3 前頭回の同じ位置にあったことを忘れてはならない。〔中略〕もっとも驚くべきことは、すべての例において、例外とされたシャルコーの例においてさえ、傷は脳の左側にあったということである」¹⁰⁾ と述べている。

いまあらためてブローカの論文を読み返してみると、脳機能の局在性や、言語学と脳科学の連続性といった言語脳科学の根幹は、既に記されていた。驚くべき、ブローカの洞察力である。

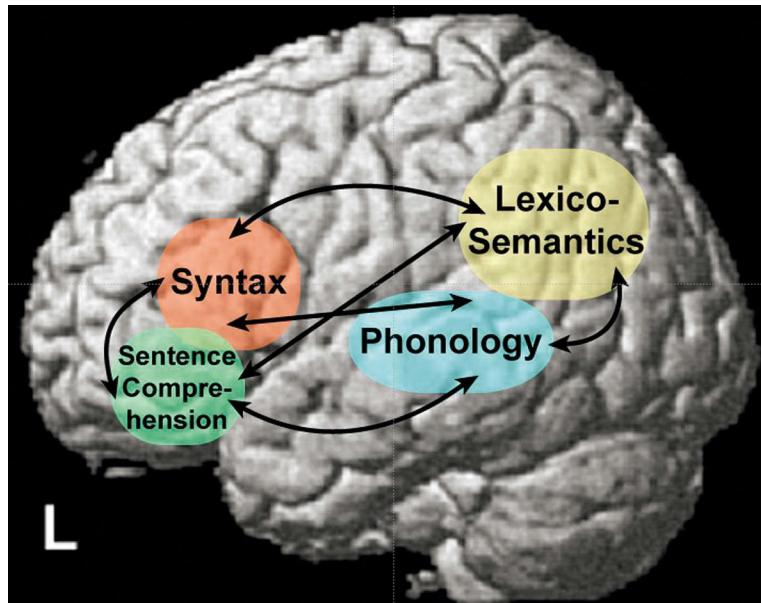


Fig. 2 脳の言語地図

Possible network of fundamental linguistic functions in the brain¹⁴⁾. In the left (L) brain, there are at least four regions that are specialized in linguistic factors: syntax, sentence comprehension, lexico-semantics, and phonology.

Sakai KL: Language acquisition and brain development. Science 310: 815-819, 2005
より転載

II. 脳の言語地図

プローカの症例だった Leborgne と Lelong の脳は、戦火を逃れて、いまやパリの博物館 (Musée Dupuytren) に保存されている。MRI 画像による詳細な解析によれば、病変はどちらも第 3 前頭回からさらに内側に及んでおり、特に島皮質や白質の損傷が顕著だった¹¹⁾。実際、構音障害は左島皮質の中心前回に限局した損傷で説明できることが報告されている¹²⁾。これらの内側の領域がさほど重視されなかったのは、プローカが貴重な剖検脳を切断することなく保存しようとして、脳表の観察に重きを置いたためかもしれない。ただし、病変で欠落した領域についてプローカは、「腔所の底部には島葉の影かたちもない」¹³⁾と正確に記載していた。

一般に「プローカ野」と呼ばれる領域は、解剖学的には第 3 前頭回（左下前頭回）の一部（特に 44 野と 45 野）である。ところが、構音機能の中核が左前頭葉の島皮質や内側部の線維連絡を含む領域にあるなら、「プローカ失語」という発話失行が生じる責任病巣は、「プローカ野」自体ではないことになる。この逆説的な可能性は、長年の失語症研究の混乱を象徴している。

それでは、第 3 前頭回や第 2 前頭回の真の機能とは何だろうか。筆者のグループ¹⁴⁾は、fMRI（機能的 MRI）などの脳機能イメージングの手法を用いて、左下前頭

回の三角部・弁蓋部 (F3op/F3t) と、左中前頭回の運動前野外側部 (lateral premotor cortex : LPMC) が、言語機能の中核である統辞機能をつかさどることを明らかにしてきた。これら 2 つの領域は「文法中枢 (grammar center)」と呼ぶことができ、言語表出はもちろん、言語理解においても重要な役割を果たしている。また、この文法中枢のすぐ腹側 (45 野と 47 野の一部) には文理解 (sentence comprehension) の中枢があり、左の側頭葉から頭頂葉にかけての領域には、語彙の意味 (lexico-semantics) と音韻 (phonology) の中枢があることがわかつてきた¹⁴⁾。これら 4 つの言語中枢によって、「脳の言語地図」が位置づけられる (Fig. 2)。

実際、脳腫瘍の位置がいずれかの文法中枢に重なる患者は、失語症とは診断されないにもかかわらず、「失文法 (agrammatism)」、すなわち文法的判断や運用において顕著な障害を示すことが証明された^{15,16)}。文法中枢の損傷が重篤であれば文を正しく構築できないため、発話において障害が顕在化しやすいと考えられる。一方、言語理解については、言語使用における文脈や知識・経験によって文法処理の欠落を補うことができるため、統辞構造に関するテストを実施しない限り、日常生活では障害が自覚されにくく予想される。

なお、脳の言語地図において、語彙の意味と音韻の中核は、ウェルニッケ野として知られる領域を含んでいる。これらの中核は言語の要素的な過程をつかさど

るため、その損傷が言語理解の障害として顕在化しやすいと考えられる。こうした表面的な現象が盲点となって、ブローカ野は言語表出（出力）の中枢であり、ウェルニッケ野は言語理解（入力）の中中枢であるという、誤った二分法で解釈されてきたのではないか。もし入力と出力が領野として分かれているなら、両者の言語情報を常に同期させておかなければ食い違いが生じてしまう。言語野はこうした入出力に対して中立な言語機能を持つのが合理的である。

われわれの最新の研究では、多言語の習得過程^{17,18)}

や、音楽の構造的判断^{19,20)}、そして思考問題²¹⁾においても、文法中枢が普遍的に関わることが明らかになった。特に言語機能との連関が明らかとなった思考過程について、失語症患者でも影響が生じることが予想され、今後の検証結果を待ちたい。

以上のように、ブローカが先鞭をつけた機能局在に基づく脳研究は、人間に固有の言語や思考、そして芸術の領域にまで広がりをみせてきた。それは、ブローカという巨人の肩に立ち続けていたためだと言えよう。

文献

- 1) 萬年 甫, 岩田 誠 (訳編) : 神経学の源流 3 ブロカ. 東京大学出版会, 東京, 1992, pp 90-91
- 2) 前掲 1), pp 64-69
- 3) 河内十郎 : Broca 野・Wernicke 野・弓状束の真実? 高次脳機能研 **37** : 201-204, 2017
- 4) 前掲 1), pp 69-70
- 5) Broca P: Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé; suivies d'une observation d'aphémie. Bull Soc Anat Paris, 2e série t. **6**: 330-357, 1861
- 6) 前掲 1), pp 76-77
- 7) 前掲 1), p 78
- 8) 前掲 1), p 88
- 9) Broca P: Nouvelle observation d'aphémie produite par une lésion de la moitié postérieure des deuxième et troisième circonvolutions frontales. Bull Soc Anat Paris 2e série t. **6**: 398-407, 1861
- 10) 前掲 1), p 102
- 11) Dronkers NF, Plaisant O, Iba-Zizen MT, Cabanis EA: Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong. Brain **130**: 1432-1441, 2007
- 12) Dronkers NF: A new brain region for coordinating speech articulation. Nature **384**: 159-161, 1996
- 13) 前掲 1), p 84
- 14) Sakai KL: Language acquisition and brain development. Science **310**: 815-819, 2005
- 15) Kinno R, Muragaki Y, Hori T, Maruyama T, Kawamura M, Sakai KL: Agrammatic comprehension caused by a glioma in the left frontal cortex. Brain Lang **110**: 71-80, 2009
[doi: 10.1016/j.bandl.2009.05.001]
- 16) Kinno R, Ohta S, Muragaki Y, Maruyama T, Sakai KL: Differential reorganization of three syntax-related networks induced by a left frontal glioma. Brain **137**: 1193-1212, 2014
- 17) Umejima K, Flynn S, Sakai KL: Enhanced activations in syntax-related regions for multilinguals while acquiring a new language. Sci Rep **11**: 7296, 2021
[doi: 10.1038/s41598-021-86710-4]
- 18) Umejima K, Flynn S, Sakai KL: Enhanced activations in the dorsal inferior frontal gyrus specifying the who, when, and what for successful building of sentence structures in a new language. Sci Rep **14**: 54, 2024
[doi: 10.1038/s41598-023-50896-6]
- 19) Sakai KL, Oshiba Y, Horisawa R, Miyamae T, Hayano R: Music-experience-related and musical-error-dependent activations in the brain. Cereb Cortex **32**: 4229-4242, 2022
- 20) Horisawa R, Umejima K, Azuma S, Miyamae T, Hayano R, Sakai KL: Brain activation patterns reflecting differences in music training: listening by ear vs. reading sheet music for the recognition of contexts and structures in a composition. Cereb Cortex **35**: bhaf072, 2025
[doi: 10.1093/cercor/bhaf072]
- 21) Hino R, Umejima K, Wada N, Takei W, Kawasaki Y, Sakai KL: Neural basis of linguistic factors involved in thought: an fMRI study with native signers. Front Psychol **16**: 1582136, 2025
[doi: 10.3389/fpsyg.2025.1582136]

Title

Paul Broca: The Origin of Brain Science of Language

Author

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

Pierre Paul Broca studied the brains of patients with articulatory language deficits and reported that articulatory function is localized in the frontal cortex of the left hemisphere. This discovery of functional localization laid the foundation of neuroscience in general and marked the beginning of brain science of language. According to recent reexaminations of the patients' brains, the lesions responsible for apraxia of speech may instead involve the insula or medial fiber connections. Based on the results of functional neuroimaging and lesion studies, we have identified a "grammar center" in the left inferior frontal gyrus, long regarded as "Broca's area." Therefore, the traditional view that Broca's area is the sole center of speech production requires revision.

Key words: Broca's aphasia; Broca's area; frontal cortex; grammar center; functional localization