

令和元年6月24日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K04415

研究課題名(和文) 機能的磁気共鳴画像法による主体的な読書活動の学習効果に関する実証的研究

研究課題名(英文) An Empirical Study on the Learning Effect of Independent Reading Activity by fMRI

研究代表者

小久保 美子 (KOKUBO, Yoshiko)

新潟大学・人文社会科学系・教授

研究者番号：30413032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：異なる読書課題下で文章を読んでいる時の脳活動及び異なるジャンルの文章を読んでいる時の脳活動を調べるfMRI実験を通して、以下のことが明らかになった。

大学生の実験において、「印象報告課題」下で読んだ物語の方が「あらすじ報告課題」下で読んだ物語よりも2週間後のストーリー再現率が高いこと、また、物語を読んでいる時にデフォルトモードネットワークの部位と類似の部位が活動していること。児童の実験において、「印象報告課題」下で物語を読んでいる時の方が、「あらすじ報告課題」下で読んでいる時よりも、前頭葉及び頭頂葉の脳活動が大きいこと、また、補足運動野の活動が見られたこと。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国の国語教育が教材の正確な解釈を求める教師の発問やワークシート中心の授業、音読の反復練習等からなかなか脱却できない現状にある中、脳科学者との共同によるfMRI実験を通じた本研究の学術的意義は、以下の2点に集約される。一つは、脳科学と国語科での読むことの指導との架橋・融合を図った研究である点、二つ目は、「主体的な読書活動が学力を伸ばす」という経験的・実践的知見を、脳科学の見地から生物学的に検証できた点である。

社会的意義は、本研究が主体的に読んでいる時の脳活動に関する生物学的なエビデンスを提供しうるものであることから、「読み手を育てる授業」への転換を促す上で大いに貢献しうる点である。

研究成果の概要(英文)： In the university student's experiment, the story read under "Impression report task" has a higher recall of the story two weeks later than the story read under "synopsis report task", and the default when reading the story A site similar to that of the mode network must be active. In the children's experiment, the brain activity of the frontal lobe and the parietal lobe is greater when reading a story under the "Impression report task" than when reading under the "synopsis report task", and the activity of the supplementary motor area was seen.

研究分野：国語教育

キーワード：読書活動 読書課題 脳科学 fMRI実験 読書時の脳活動 物語文 イメージの湧く文章 イメージの湧かない文章

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

読書推進が主唱される中、国語教育における読むことの指導では、教科書教材に関連する本や資料を読んで友達に紹介したり推薦したりといった主体的な読書活動を取り入れた学習が行われるようになってきた。一方で、依然として、正確な解釈を求める発問やワークシート中心の授業や音読の反復練習、無目的な暗唱から抜けきれない現状があり、児童生徒の国語学習に対する興味関心の薄さ、読書習慣の欠如は我が国の国語教育の大きな課題となっている。

2. 研究の目的

本研究は、主体的な読書活動が学力向上につながるという実践的知見を、脳科学者との共同研究により、機能的磁気共鳴画像法を用いて主体的な読書活動を行っている時の脳の賦活状況を明らかにすることを通して、学習効果のメカニズムを生物学的に検証することを目的とする。

3. 研究の方法

大学生及び児童を対象とする被験者に、新潟大学脳研究所統合脳機能センター内の fMRI 装置下で、「最も心に残ったところを報告する」(読み手主体に働きかける読書課題)と「あらすじを報告する」(強制的な読書課題)との下に物語文を読んでもらい、各課題の読んでいる時の脳活動の実際を明らかにし、課題の違いによる脳活動の違いの有無を明らかにする。また、大学生を対象に、fMRI 装置下で、イメージの湧く文章とイメージの湧きにくい文章とを読んでもらい、双方のテキストを読んでいる時の脳活動の違いの有無を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 読書課題とストーリー再現性との関連

平成 27 年 10 月～平成 28 年 3 月、10 名の大学生(男子 5 名、女子 5 名、21 歳～22 歳)を対象に、fMRI 下で物語を読む活動の実験及び実験後にあらすじを再現する調査(実験直後と 2 週間後の 2 回)を行った。実験に用いた物語テキストは、『いつもいっしょ』『おかあさんどこいったの?』『かぜをひいたおつきさま』『きみへのおくりもの』『こびとのくつや』『ずっとずっと だいすきだよ』の 7 作品で、これらの作品を筆者が実験用に縮約加工した。

タスクデザイン

一作品を、起承転結の 4 場面に分け、各場面が 10 秒間ずつ 3 枚のスライドで流れるように動画を作成した。各場面間には 30 秒の休止の時間を挿入した。一実験につき計 5 分である。

読書課題

読書課題は、a.強制的なもの b.主体に働きかけるもの c.自由に任せるものとし、読む前に、a.「読んだ後で、お話のあらすじを教えてください。」b.「読んだ後で、〇〇さんが最も心に残ったところを教えてください。」c.「自由に読んでください。」の指示を与えた。課題の提示順並びに課題と作品の組み合わせは、被験者ごとに変更した。

あらすじの分析方法

テキストをアイデアユニットに分け、それらのアイデアユニットが再現したあらすじの中にもどのくらい登場しているかを数え、量的に処理をした。なお、テキストによってアイデアユニットが異なるため、再現率を算出し、比較を行った。アイデアユニットの分け方の次の 3 つの考え方を基本とした。a.主語 述語の関係を 1 単位とし、動詞で区切る。b.複文構造の文は、主語 述語の関係を 1 単位とし、一文の中に存在する主語 述語関係の数でカウントする。c.物語の展開のカギを握る重要語句は、1 単位として数える。

実験結果

Figure1 に条件、再生時期ごとの平均再現率と標準偏差を示した。再現率を従属変数として 3 条件(あらすじ・印象・無課題) × 再生時期(直後・2 週間後)の 2 要因の反復測定分散分析を行った。その結果、再生時期の主効果($F(1,6)=7.99, p<.05$) 条件と再生時期の交互作用($F(2,12)=4.05, p<.05$)が有意であった。このこと、条件の各水準における再生時期の単純主効果の検定を行ったところ、あらすじ($F(1,6)=9.28, p<.05$)のみにおいて有意であり、2 週間後の再現率が低いという結果が得られた。

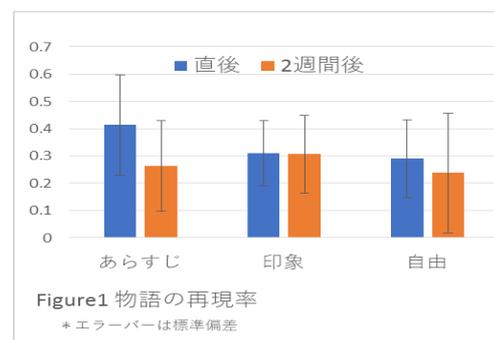
以上の分析により、「あらすじ」の条件で読んだ場合の方が、他の 2 条件「印象」「自由」で読んだ場合よりも 2 週間後に顕著に忘却が生じ、「印象」「自由」の二条件で読んだ場合は忘却がほとんど生じないことが示唆された。

(2) 「印象報告課題」下における脳活動

読書課題によって脳活動の違いが顕著であった被験者(男子)の結果に基づき、脳の賦活状況を見ていくこととする。当該学生は、2 週間後のストーリーの再現調査において、あらすじ課題の再現率が 2%下がったの対し、印象課題の再現率は逆に 8.3%も上昇した。

◎の部位は、「視覚野」である。スクリーン上の文章を目で読んでいるために活動している。

○印の部位は、「ウェルニッケ野」である。ウェルニッケ野は側頭葉に位置し、知覚性言語中



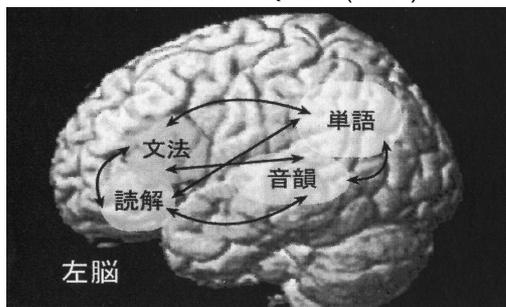
枢とも呼ばれ、上部に隣接する「一次聴覚野」から届く音声情報を脳内の言語情報と照合する（右の画像は左右逆）などして意味的理解に関与すると考えられているⁱ。本実験は黙読活動であるが、実験結果からも、黙読している文章を脳内で音韻処理し、意味理解に関与していることがうかがわれる。この部位が損傷すると、言語音の理解不能や文字の理解不能に陥り、「失読症」などを起こすと言われている。

以上、「視覚野」と「ウェルニッケ野」はいずれの読書活動においても活動が見られたが、「印象報告課題」下で強く活動していた部位が4か所あった。

一つ目は、画像上ではウェルニッケ野の上部外側に見える破線の楕円部位である。ここは「ブローカ野」で、大脳皮質の前頭葉にある左下前頭回に位置し、運動性言語中枢とも呼ばれ、言語処理及び音声言語、手話の産出と意味理解に関わっているⁱⁱ。酒井(2011)は、「黙読」している時の文章理解の過程について、次のように説明する。

黙読しているときも、音声化できる活字はいったん脳の中だけの「音」に変えられ、記憶との照合によって自動的に単語や文法要素（たとえば「てにをは」）が検索される。検索された情報は、さらに単語の意味や、文を作る文法を分析するため、別の「言語野」に送られる。そこで初めて「読む」という行為が確かに言語となって結びつくのである。図1-1のように、左脳の後方には「音韻(アクセントなど)を扱う領域と、「単語」の意味に関する領域がある。左脳の前方には、さらに「文法」をつかさどる領域と、文章の「読解」に必要な領域がある。後方の2つの領域は言語の入力を受け取る役割も兼ねており、「文法」の領域は理解だけでなく発話の際にも働いている。ⁱⁱⁱ

「脳の「言語地図」」(酒井(2011)より引用)



二つ目は、で囲んだ部位で、ブロードマンの脳地図^{iv}の47野辺りに該当し、「下前頭前野」と呼ばれるところである。下前頭前野は言語の統語的処理の機能を果たすとされているが、ここが活動したという実験結果も、やはり、先の酒井(2011)の説を支持するものとなっている。

三つ目は、前頭葉右上部に見られる破線で囲んだ部分で、ブロードマン9野に該当する部位とみなされる。9野の機能は、ブロードマン10野及び11野と一緒に、前頭前皮質(PFC, prefrontal cortex)を賦活させる働きをする。PFCは実行機能(Executive functions)や認知の制御も担っている^v。渡邊(2013)によれば、前頭前皮質は前頭前野と同義語であるとし、前頭前野(PFA, prefrontal area)について次のように説明する。

前頭前野はヒトをヒトたらしめ、思考や創造性を担う脳の最高中枢であると考えられている。前頭前野は系統発生的にもヒトで最もよく発達した脳部位であるとともに、個体発生的には最も遅く成熟する脳部位である。一方老化に伴って最も早く機能低下が起こる部

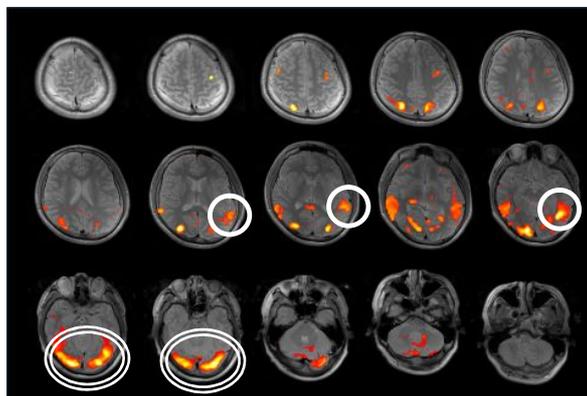


図1 fMRI reading, あらすじ報告

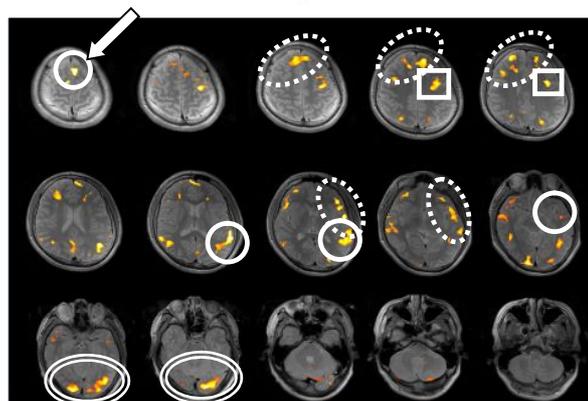


図2 fMRI reading, 印象報告

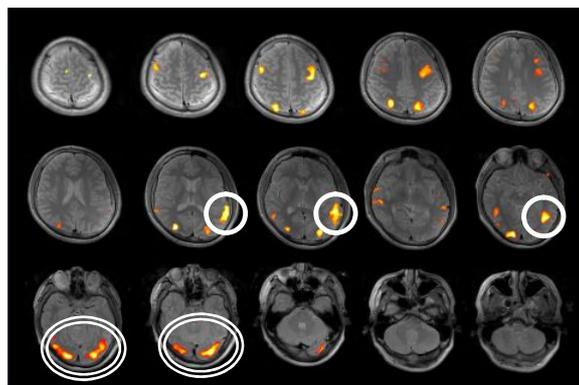


図3 fMRI reading, 自由読み

本実験の「印象報告課題」の脳活動の状況を見る限り、黙読の文章理解過程に関する酒井の説は支持される。ただし、「あらすじ報告課題」や「自由読み」においては、ブローカ野の活発な活動が画像上には現れなかった。本被験者の場合、なぜ「印象報告課題」にブローカ野が強く活動したのか。被験者が「印象報告課題」で読んだ物語は「いつもいっしょに」であり、会話文が大変多い。このことと実験結果の関係は今後の課題としたい。

位の一つでもある。この部位はワーキングメモリー、反応抑制、行動の切り替え、プランニング、推論などの認知・実行機能を担っている。また高次な情動・動機づけ機能とそれに基づく意思決定過程をも担っている。さらに社会的行動、葛藤の解決や報酬などに基づく選択など、多様な機能に関係している。^{vi}

以上、前頭前野の機能を見ると、「最も好きなところを伝える」という読書主体に働きかける読書活動が脳の発達上に与える重要性が示唆される。被験者である学生は、「最も好きなところを伝える」という課題に誘われて、物語を読みながら登場人物に感情移入し、脳内に自発的に三次元空間を構築し、物語内の出来事に同期して様々な行動をとっていたのである。

四つ目は、矢印の指す部位で、ブロードマン6野に該当し、補足運動野(SMA, supplementary motor area)と呼ばれる。SMAについて松坂(2015)は次のように説明する。

(前略)PenfieldとWelchによって初めてその存在が報告され、それまでに知られていた一次運動野に対して、もう一つの補足的な皮質運動領野であるという意味を込めて命名された。しかしその後の研究によって補足運動野は運動制御において第一次運動野とは異なる固有の役割(例、自発的な運動の開始、異なる複数の運動を特定の順序に従って実行する、両手の協調動作など)を果たしていることが明らかにされている。(後略)^{vii}

SMAの活動が活発だったということは、PFAの脳活動同様、物語を読みながら自発的な運動や協調動作を行っていたことを示唆している。因みに、「あらすじ課題」でSMAに活動が見られたのは4名であったのに対し、「印象報告課題」においては7名に活動が見られた。

(3) 「印象報告課題」下における児童の脳活動

平成29年3月～平成30年9月、9名の児童(男子4名、女子5名、10歳～12歳)を対象に、上述した大学生と同一の実験を行った。その結果、「印象報告課題」において、前頭葉及び頭頂葉の脳活動が大きかったものが7名、◇の部位であるSMAに活動がみられたものが5名いた。注目すべきは、前被験者中、図4の児童においてのみ、○の部位の活動がみられたことである。

ここはブロードマン3野で1野、2野と関わって一次体性感覚野と呼ばれる部位で、視床中継核を経由して入力する抹消からの体性感覚情報を処理し、二次体性感覚野、頭頂連合野、運動野等に対象物の触識別や運動制御に必要な体性感覚情報を出力する重要な一次感覚皮質であるとされる^{viii}。

このお話は、「どしゃぶりの雨でびしょぬれになったお月さまがかぜを引き、熱を出して地上におりて横になっていると、通りがかった主人公が家に連れて帰り看病してくれた。月は空に戻ろうとしたが、弱って登れずにいると、主人公が自転車を

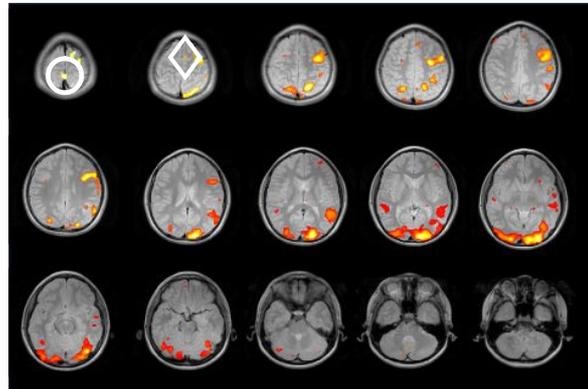


図4 fMRI reading 印象報告「かぜをひいたおつきさま」

を買うために貯めておいたお金で風船を50個買って来て、体に付けて飛ばせてくれた。次の日、しばみかけた風船が庭に落ちていて、そこには月からの感謝の手紙がついていた。」というものである。「どしゃぶり」「びしょぬれ」「熱」「弱っていて」などの語に反応してこの部位が活動したものと推測される。

(4) 物語を読むときの脳活動の部位とデフォルトモードネットワークとの類似性

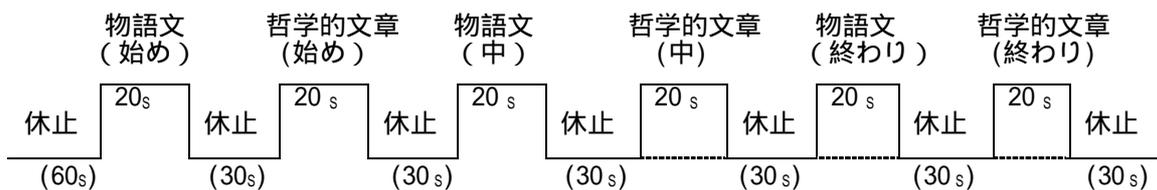
平成28年10月～平成28年12月、12名の大学生(男子6名、女子6名、19歳～23歳)を対象に、fMRI下で、イメージの湧く文章と湧かない文章とを交互に読む実験を行った。

使用テキスト

物語文は、小川未明の『野ばら』『赤い手袋』を、哲学的文章は、ギュンター・アンダーズの『時代おくれの人間』上・下(青木隆嘉訳、2016年)を選んだ。これらの文章の内容を、始め、中、終わりのまとまりに縮約し、物語文と哲学的文章の組み合わせを変えるとともに、提示順が同一にならないよう双方の文章を交互にスクリーンに映し出す動画を6とおり用意した。

タスクデザイン

Block design 方法を用い、活動間に休息をはさみ、物語文と哲学的文章の始め、中、終わりの各まとまりを交互に提示した。このタスクデザインの長所は、同一時間帯の脳の状態で、種類の異なるテキストを読んでいる時の脳活動の差異の有無を調べることができる点である。



fMRI 結果

12の結果のうち、脳活動の部位の特定が可能なものは10例であった。9例は、物語文を読んでいる時の脳活動の方が大きく、6例に共通して活動する部位があることが明らかになった。解析データは、物語文を読む時の脳活動と哲学的文章を読む時の脳活動の差を析出したものを

基とした。以下、比較的明瞭なデータが得られた被験者（女子）の結果を典型例として、物語文を読んでいる時の脳活動の実際を見ていくこととする。考察の前に、物語文を読んでいる時と哲学的文章を読んでいる時の脳活動を確認しておきたい。図5が物語を読んでいる時の脳活動で、図6が哲学的文章を読んでいる時の脳活動である。

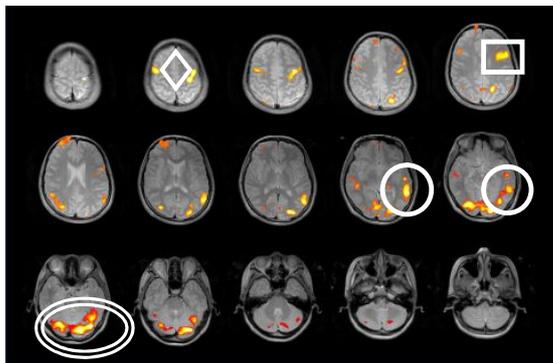


図5 fMRI reading, story

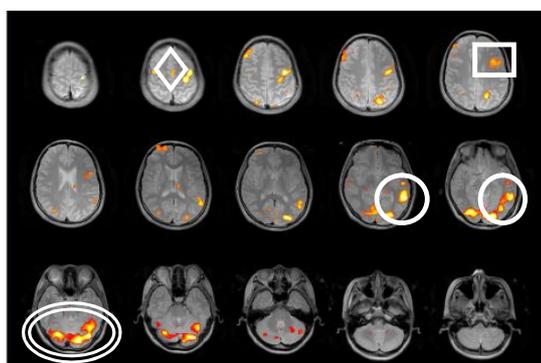


図6 fMRI reading, description

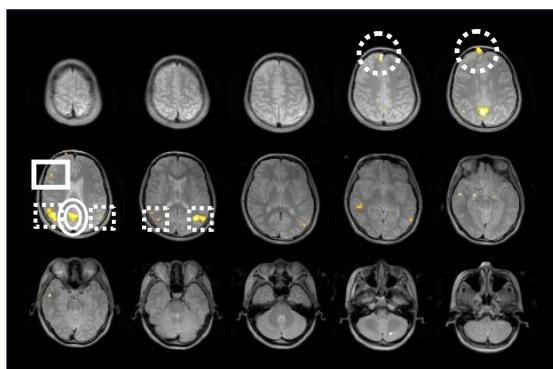


図7 fMRI reading, story-description

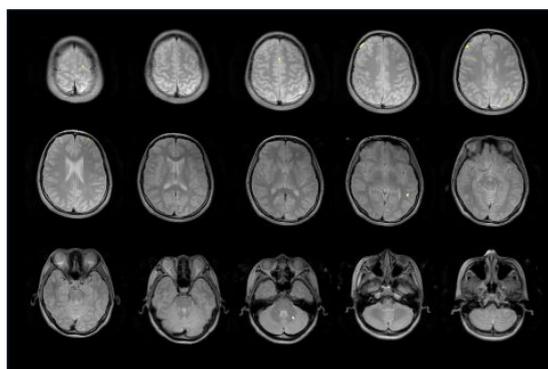


図8 fMRI reading, description -story

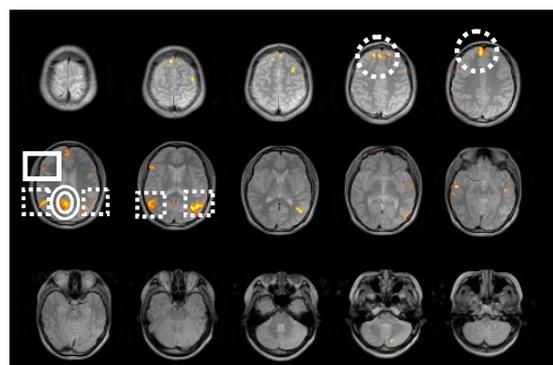


図9 fMRI reading, story-description

一見、双方の脳活動に差異はないようである。主な活動の部位を挙げると、◎が「視覚野」、○が意味的理解に關与する言語野の「ウェルニッケ野」、□が統語的処理の機能を果たす「下前頭前野」、◇が「内側前頭前野」である。

しかし図7・図8のとおり、互いの脳活動の差をみると違いがある。物語文を読む時の方が強く活動した部位は4か所あった。図9は類似の活動を示した例（女子）である。では、図7と図9において強く活動した4つの脳部位（○□⋯◎）は、どのような機能を有しているのだろうか。

○は前頭前野の一部で、ブロードマン脳地図^{x10}野の「前頭極」に相当する。この部位の神経活動を調べた研究^xでは、「前頭極は未経験の出来事に対するメタ認知判断をつかさどる」とある。5例において活動がみられた。□はブロードマン44野で、「下前頭回」に相当し、左側には言語野のブローカ野がある。自閉症スペクトラム障害児の研究^{xi}では、「右下前頭回周辺が自己顔の認知プロセスの責任領域の一つであること」が明らかになったとしている。顔認知の能力は自他の識別に必要な不可欠な能力で、社会性の発達に大きく関与することから、物語文を読んでいる時に、この部位が強く活動したことは大変興味深い。3例において活動がみられた。⋯はブロードマン39野で、「角回」に相当する。角回は、頭頂葉、側頭葉、後頭葉が接する場所で、一次視覚野で処理された文字情報が届き、意味的処理が行われると考えられている^{xii}。9例において活動がみられたが、この事実は、物語文を読む際に、積極的に意味を見出しながら読んでいることを示唆する。◎にはブロードマン23野があり、「後部帯状回」に相当する。8例において活動がみられた。23野は「海馬」で、側頭葉の内側部に位置し、「エピソード記憶等の顕在性記憶の形成に不可欠な皮質部位」である^{xiii}。

物語を読むときの脳活動とデフォルトモードネットワークの関係

本研究では、物語文を読む際に、大脳半球の多様な部位を複雑に活動させていることを明らかにした。これらの活動部位は、単に文字を追う作業や哲学的文章を読むこととは異なり、前頭極によるメタ認知判断や、下前頭回による顔認知、角回による視覚の意味処理、後頭帯状回によるエピソード記憶など、脳内で複雑な活動の連携によりイメージ形成をしていることをうかがわせる。また、これらの活動は、哲学的文章を読ませた際には起こらない点は極めて興味

深い。以上の結果は、物語文を読むことで、多様な脳の部位を賦活させ、自らが意味を想像させていることを示唆する。さらに、このような物語文を読む際の脳活動の部位は、デフォルトモードネットワーク（以下「DMN」という）として知られる部位とよく似ている点も興味深い。DMNは「通常、内側前頭前野、後部帯状回/楔前部、下部頭頂葉、外側側頭葉、海馬体を含む^{ix}」部位にあたり、安静時に活動するネットワークとして提案されたが、「最近では自分について考えたり、対人関係など社会的活動に関するネットワークの中心的存在」としても捉えられている^{xiv}。他の最近のDMNに関する研究には学芸書を読むときの脳の働きの研究もあり、生物学のテキストを(1)単に繰り返して読む、(2)別の言葉で言い換える、(3)自分が理解しているかどうかのモニターをし、精緻化や言い換えなどを使って自分に説明する、の3つの方法で読むときのfMRIで調べた研究(Moss et al. 2011)が紹介されている^{xv}。この研究によれば、(3)がより強く活動した領域は、前頭葉の内側、楔前部、後部帯状回、角回などであったとのことであり、「(3)は状況モデルを構築するときの方略であり、行動実験から(3)の読み方が(2)の読み方より、テキストの理解に有利であることが示された。」とある。以上、本研究において、物語を読むときの多様な部位が複雑に働く脳活動が社会脳の発達に重要なDMNの部位とよく似ていることを示したが、この結果は「自ら意味を見出して読む」という物語を読むことの指導の重要性を実感させるものである。また、こうした複雑な活動は認知的負荷が極めて高かった哲学的文章を読むときには見られなかったことから、限られた脳資源の中で、認知脳と社会脳とは一方の負荷が増大し活動量が多くなれば、もう一方の活動量は減少するという関係にあることをうかがわせる。

(5) 読むことの指導への示唆

「あらすじをまとめる」という行為は、意味を見出す行為というよりは暗記に近い言語活動である。子どもたちは、直接的にこのような指示を与えられると、途端に読むことへの興味を失う。それに対し、「あなたの最も心に残ったところは？」という問いかけは、子どもを個々の読みの世界へ誘う。本研究の成果を通して、読むことの指導において、読む行為の本質である「自分で意味を構築していく」ということを保障することの重要性が示唆された。

<引用文献>

ⁱ 坂井達雄・久光正編『脳の事典』（成美堂出版）ウェルニッケ野の機能の全貌は明らかでないということである。p.121

ⁱⁱ ブローカ野が損傷すると、「失語症」になる。

ⁱⁱⁱ 酒井邦嘉(2011)『脳を創る読書』pp.14-16

^{iv} ブロードマンによる大脳新皮質の解剖学・細胞構築学的区分の通称。ブロードマン領野ともいう。

^v Brain Tutor 3D より

^{vi} <https://bsd.neuroinf.jp> 「脳科学辞典」本辞典は、脳科学分野の用語解説の無償公開サイト。渡邊正孝(2013)（東京都医学総合研究所 整理心理学研究部門）閲覧日：平成 29 年 9 月 24 日

^{vii} 同上。松坂義哉(2015)（東北大学大学院医学系研究科医科学専攻 生体機能学講座 生体システム生理学分野）閲覧日：平成 29 年 9 月 24 日

^{viii} <https://bsd.neuroinf.jp> 田岡三希(2018)（理化学研究所 生命機能科学研究センター 象徴概念発達研究チーム）閲覧日：令和元年 6 月 23 日

^{ix} ブロードマンによる大脳新皮質の解剖学・細胞構築学的区分の通称。ブロードマン領野ともいう。

^x <https://bsd.neuroinf.jp> Reversible Silencing of Frontopolar Cortex Selectively Impairs Metacognitive Judgement on Non-experience in Primates. 本研究はマカクサルの神経活動を調べた研究である。閲覧日：平成 30 年 9 月 12 日

^{xi} <http://hdl.handle.net/10097/59126> Tohoku.repo.nii.ac.jp Face Recognition in Children with Autism Spectrum Disorders 閲覧日：平成 30 年 9 月 15 日

^{xii} 坂井建雄・久光正監修『脳の事典』成美堂出版 p.121

^{xiii} <https://bsd.neuroinf.jp> 「脳科学辞典」本辞典は、脳科学分野の用語解説の無償公開サイト。渡邊正孝(2013)（東京都医学総合研究所 整理心理学研究部門）閲覧日：平成 30 年 9 月 16 日

^{xiv} 芦阪直行・越野英哉（2018）『社会脳ネットワーク入門』新曜社 p.116

^{xv} 注 に同じ。pp.79-80

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

小久保美子、「物語を読んでいる時の脳活動の実際 二つの課題下でも fMRI 実験の結果を通して」、『月刊国語教育研究』日本国語教育学会編、2015 年 8 月、pp.42-49

〔学会発表〕(計3件)

小久保美子、読書課題とストーリー再現性との関連、第 61 回日本読書学会

小久保美子、物語を読んでいる時の脳活動の実際 2 つの課題下での fMRI 実験を通して、第 133 回全国大学国語教育学会

小久保美子、物語を読みときの脳活動 イメージしにくい説明的な文章を読むときの脳活動とのちがいを通して、第 135 回全国大学国語教育学会