

論文内容の要旨

論文題目 Neural correlates for "feeling-of-knowing" : An fMRI parametric analysis

和訳 ”フィーリング オブ ノーイング” を司る脳部位 :

機能的磁気共鳴画像法とパラメトリック解析による探索

指導教官 宮下 保司 教授

東京大学大学院医学系研究科

平成9年4月入学

医学博士課程

機能生物学専攻

桔梗 英幸

序

ヒトは何かを想起しようとするときに、想起が成功して対象となる言葉が生成される以前に、対象となる言葉を知っているかどうか分かる気がすることがある。この感覚は"feeling-of-knowing (FOK)"と呼ばれ、長い間心理学者の研究対象となってきた。FOKを最初に体系的に研究したのはHart (1967)で、彼は FOK を研究室で統制された条件下で研究するため、3段階から構成されている想起-判断-再認 (recall-judgment-recognition, RJR) パラダイムを開発した。第1段階では、一般的によく知られている問題 (general-information question) を被検者に提示する。被検者は正解を想起できたか、できないかのどちらかの反応をする (Recall phase)。第2段階では、第1段階で正解を想起できなかった問題に対して、被検者は正解をどの程度知っている気がするか (FOK rating) を判断する (Judgment phase)。第3段階では、第2段階で FOK rating の判断をした問題に対して再認テストを行う (Recognition phase)。Hart に続く多くの FOK に関する心理学研究も RJR パラダイムを用いた。その結果、現在までに FOK に関して主に2つ実験事実が確立されている。一つ目は、Judgment phase での FOK rating が高い場合ほど、Recognition phase で正解を選ぶ確率が有意に高いことである。このことから、FOK は単なる主観的な感覚ではなく、ヒトが想起すべき言葉を記憶として貯蔵しているかどうかをモニターする役割を果たしていると考えられる。二つ目は、Judgment phase で FOK rating が高い場合ほど、Recall phase での反応潜時(問題が提示されてから被検者が答えられないと反応するまでに要する時間)が長いことである。この結果から FOK は、対象となる言葉が貯蔵されている場合は長い時間をかけて想起の努力をするが、貯蔵されていない場合には想起の努力に短時間しかかけないという合理的な記憶探索の方策に役立つと考えられている。

本実験の目的は主に2つある。一つ目は機能的MRI(fMRI)法とRJRパラダイムを用いて FOK に関与する脳部位を検出することである。二つ目に FOK に関与する部位と想起の成功 (successful recall)に関与する部位とはどのような関係になっているのか調べることである。そしてこの

論文の特徴は主に2点ある。第1点は FOK に関する部位を、FOK rating に応じて活動が盛んになる部位を検出する方法(parametric analysis)を用いたことである。FOK はあるないの2段階ではなく、何段階もあるものであるから、この解析法を用いる事により FOK の特質により密接に関連のある信頼性のある部位を検出できると考えられる。次に、先ほど述べたように Recall phase での反応潜時は FOK rating に応じて長くなるのは FOK の重要な属性と考えられるが、これは FOK に関与する部位を検出する場合は妨げとなる。なぜなら、FOK 自身に関与する部位を特定するためには反応潜時による影響を取り除く必要があるからである。そのため第2点目の特徴は、2段階に分けて parametric analysis を行ったことである。つまり、まず始めに FOK rating をパラメーターとして parametric analysis を行い (single parametric analysis)、FOK が強くなると活動も盛んになる部位を検出した (FOK-associated-region)。しかしこの方法だと FOK の強さに応じて活動が盛んになる部位が確かに検出できるが、反応潜時が延長したことにより活性が見られる部位—visual attention のように FOK とは直接関係ない部位—も活動部位として検出されてしまう。そのため、次に FOK rating だけでなく反応潜時もパラメーターとして parametric analysis (double parametric analysis)を行った。この方法により、single parametric analysis で検出された部位が double parametric analysis を用いて反応潜時の影響を取り除いても検出できるかどうか確かめた。

方法

本実験に参加した被検者は15人で、被検者に課す問題は大学生の就職のために用いる一般常識問題集と Nelson と Narens (1980)の FOK の問題データベースから合計204問を選択した。実験のデザインは RJR パラダイムに則って行った。まず始めに fMRI のスキャンを行いながら、被検者に general-information question を視覚的に提示し正解を想起できたか、否かをボタン押しにより答えさせた (phase 1)。スキャン終了後、phase 1 で正解を想起できなかった問題に対して、被検者は FOK の程度を3段階(絶対に知っている、多分知っている、絶対に知らない)に分けて答えた。また、phase 1 で想起できた問題に対しては正解を答えさせた (phase 2)。最後に phase 2 で FOK の程度の判断をした問題(phase 1 で正解を想起できないと答えた問題)に対して、被検者は正解を認識できるかどうか判断させた (phase 3)。fMRI データの解析は、fMRI では一般に良く用いられている SPM99 を使用した。前処理として、fMRI 撮影中に起きる被検者の動きの補正、各脳部位での fMRI 撮影時間の違いの補正、標準脳への変換、空間フィルター(ガウスフィルター)と時間フィルター(バンドパスフィルター)の処理を行った。single parametric analysis の統計解析では、FOK rating を3段階に分類し、modulation parameter とし FOK rating の高いほうから3,2,1をそれぞれ割り当てた。double parametric analysis の統計解析では、single parametric analysis の modulation parameter に加え、各試行の反応潜時を modulation parameter として割り当てた。successful recall に関連する部位は phase 1 で想起に成功した場合と phase 2 で FOK の程度がもっとも低い場合を比較して求めた (successful-recall-region)。それぞれの解析に於いて、被検者全員の代表データは random-effects モデルに基き有意度(クラスターレベル解析法、 $p < 0.05$)を決定した。

結果と考察

本実験の行動成績は従来から心理学実験で示されてきたことと一致した。つまり、phase 2 での FOK rating が高いほど phase 3 で正解を正しく認識でき ($n = 14$, repeated measure ANOVA, Turkey's post hoc test, $p < 0.001$)、phase 1 の反応潜時は phase 2 での FOK rating が高いほど長くなることが示された ($n = 14$, repeated measure ANOVA, Turkey's post hoc test, $p < 0.001$)。

single parametric analysis の結果から、両側下前頭回(Brodmann's area, BA 47)、左中前頭回(BA 10, BA 46/9)、両側前帯状回～補足運動野 (BA 32/24/6)が FOK の強さに応じて活性が強くなることがわかり、しかもこれらの部位は、double parametric analysis を用いて反応潜時の影響を取り除い

て解析しても有意な活性を示した (FOK-region)。このことから、FOK-region は FOK 自身と直接関わりをもつ部位であることが示された。

次に FOK-region のうち左中前頭回, 両側前帯状回~補足運動野の活動部位の一部分は successful-recall-region と重複していたが、両側下前頭回の活動部位は重複していなかった。この結果は、FOK という認知過程は successful recall の一部分ではなく、FOK に独自の認知過程が含まれることを示唆する。今回の実験から両側の下前頭回の働きを特定することは困難であるが、近年のイメージングの研究では左の下前頭回は意味情報の処理に、右の下前頭回は視覚イメージに関与する可能性が指摘されている。このことから、想起が完了する前に、対象の意味情報の処理過程または処理された結果産生されたものが FOK の生成に関与している可能性を示唆する。

