

側頭葉前部切除術が意味ネットワークに及ぼす影響 ——多次元尺度構成法を用いて——

足立 耕平⁽¹⁾ (adachi@n-junshin.ac.jp)

小池 敦⁽²⁾・馬場 啓至⁽³⁾・武田 克彦⁽⁴⁾

〔⁽¹⁾ 長崎純心大学・⁽²⁾ 三重県立看護大学・⁽³⁾ 長崎医療センター・⁽⁴⁾ 国際医療福祉大学三田病院〕

The effects of anterior temporal lobectomy on semantic network: A multidimensional approach

Kohei Adachi⁽¹⁾, Atsushi Koike⁽²⁾, Hiroshi Baba⁽³⁾, Katsuhiko Takeda⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Department of Psychology, Nagasaki Junshin Catholic University, Japan

⁽²⁾ Mie Prefectural College of Nursing, Japan

⁽³⁾ Department of Neurosurgery, Nagasaki Medical Center, Japan

⁽⁴⁾ Department of Neurology, International University of Health and Welfare Mita Hospital, Japan

Abstract

This study examined the effects of anterior temporal lobectomy on semantic network. 22 patients who underwent left (LATL, n = 11) or right (RATL, n = 11) anterior temporal lobectomy were administered test of verbal fluency test, preoperatively and 3 weeks, 1 year postoperatively. The semantic network was derived by multidimensional scaling analysis based on data from the animal category fluency test. In the preoperative period LATL group showed the breakdown of semantic network, but the semantic network was conceptually organized in the postoperative period. The results indicated the reduction of seizure frequency improved the semantic network of LATL. On the other hand, RATL group showed persistent breakdown of semantic network after surgery. This suggested that the right anterior temporal lobe might be involved in semantic network.

Key words

semantic network, multidimensional scaling, epilepsy, temporal lobectomy, word fluency test

1. はじめに

意味記憶とは言葉と法則、概念に関する知識の蓄えに相当する記憶である。意味記憶の構造については、Collins & Loftus (1975) により意味ネットワークモデルが提唱されている。このモデルでは、意味ネットワークの体制化は概念の「意味的近さ」によってなされているとされ、意味の近いものは空間的に近くに、遠いものは遠くに位置するようなネットワークが想定されている (川口, 1983)。このような意味記憶の構造を検証する方法の一つとして、意味流暢性課題 (Category Fluency: 以下 C.F.) で想起された語から意味ネットワークを認知地図として視覚化する多次元尺度構成法がある。多次元尺度構成法では想起された語の順序を基に非類似性 (あるいは類似性) の行列を作成し、そこから語同士の心理的距離が算出され、認知地図が描かれる。御園生・武田・鎌倉・山門 (2001) は、多次元尺度構成法を用いて、色名の C.F. の結果からアルツハイマー病患者と健常者の色名の認知地図を作成し、比較検討を行った。その結果、アルツハイマー病患者では健常者とは異なる認知地図が得られ、意味ネットワークが崩壊していることが示唆された。また、Chan, Butters, Salmon & McGuire (1993) はアルツハイマー

病患者の動物名の C.F. について多次元尺度構成法を適用した。その結果、健常者では認知地図上に「野生一家畜」「肉食一草食」といった概念に基づいた次元が認められるのに対し、アルツハイマー病患者ではこのような次元がみられず認知地図が崩壊していることを示した。アルツハイマー病患者以外を対象とした研究も存在し、Sumiyoshi, Matsui, Sumiyoshi, Yamashita, Sumiyoshi & Kurachi (2001) は統合失調症患者の動物名の C.F. について多次元尺度構成法を用いて分析を行っている。その結果、健常者では認知地図上に「野生一家畜」もしくは「大きいー小さい」と解釈できる次元が確認されたが、統合失調症患者の認知地図ではこのような意味のある次元がみられず意味ネットワークの崩れが示唆された。以上のように、C.F. の結果に多次元尺度構成法を適用することで、あるカテゴリーに属する語同士が脳内でどのようなネットワークを形成しているかを知ることができる。

我々は難治性てんかんに対する側頭葉前部切除術の術前、術後 3 週目、術後 1 年目で C.F. および文字流暢性課題 (Letter Fluency: 以下 L.F.) を実施し、側頭葉前部領域と言語流暢性課題との関係について検討を行った (足立・道上・小池・小野・戸田・馬場, 2008)。その結果、左側頭葉前部切除群では術後 3 週目の時点では C.F. の語想起数に低下がみられるが 1 年後には術前レベルまでの回復がみられた。L.F. では低下がみられなかった。一方、右側頭葉前部切除群では C.F. および L.F. とともに低下はみら

れなかった。このように、C.F.とL.F.とでは関与する脳部位が異なるようであり、C.F.では左側頭葉前部領域が関与していることが示唆されている。しかし、この先行研究ではC.F.の語想起数といった量的な側面での検討がなされており、側頭葉前部切除術が意味ネットワークに及ぼす影響については検討されていない。そこで本研究ではC.F.に多次元尺度構成法を適用し、意味ネットワークに対する側頭葉前部切除術の影響を検討することとした。我々は側頭葉前部切除例に対して手術前からC.F.を実施しているため、切除前後での意味ネットワークの変化を観察することができるという利点がある。また、意味ネットワークに対する左側頭葉前部領域と右側頭葉前部領域の関与の違いを知ることができる可能性がある。

2. 方法

2.1 対象

1994年より2006年の間に片側側頭葉前部切除術を受けた症例のうちアミタール・テストもしくはプロポフォル・テストで左半球が言語優位半球であることが確認されており、各時期の検査結果が全てそろっている、年齢が14歳以上50歳未満、右利きで術前の全IQが60以上である22例を分析対象とした（Table 1）。このうち左側頭葉前部を切除したのは11例（男性6名・女性5名）であり、右側頭葉前部を切除したのは11例（男性5名・女性6名）であった。なお、本来は右側頭葉前部切除例の数は11例よりも多く存在したが、左側頭葉前部切除例が11例であったため、右側頭葉前部切除例の中から男女比、年齢、発症年齢、術前のVIQが左側頭葉前部切除例と同等になるように11例を選び、分析対象とした。

Table 1：各群のプロフィール

	左側切除群	右側切除群
人数	11	11
男女比（男：女）	6：5	5：6
平均年齢（SD）	27.82（6.91）	31.00（7.03）
発症年齢（SD）	17.55（8.37）	13.70（6.80）
術前のVIQ（SD）	85.80（11.42）	88.36（11.47）

側頭葉前部切除後のMRIをFigure 1に示す。側頭葉前部切除術として切除された部位と範囲は、左側頭葉前部切除群では、中・下側頭回前部、紡錘回前部、海馬傍回前部、海馬前部、扁桃核、側頭極、側頭茎の腹外側部、側副峽などであった。切除範囲は左中側頭回に沿って側頭極から後方へ3.0～4.5 cmであり、海馬は前部1.5～2.5 cmが切除された。一方、右側頭葉前部切除群においても左側頭葉前部切除群と同様の部位が切除された。切除範囲は右中側頭回に沿って側頭極から後方へ3.0～5.5 cm、海馬前部が2.0～3.0 cmであり、左側頭葉前部切除群よりもやや広い範囲であった。

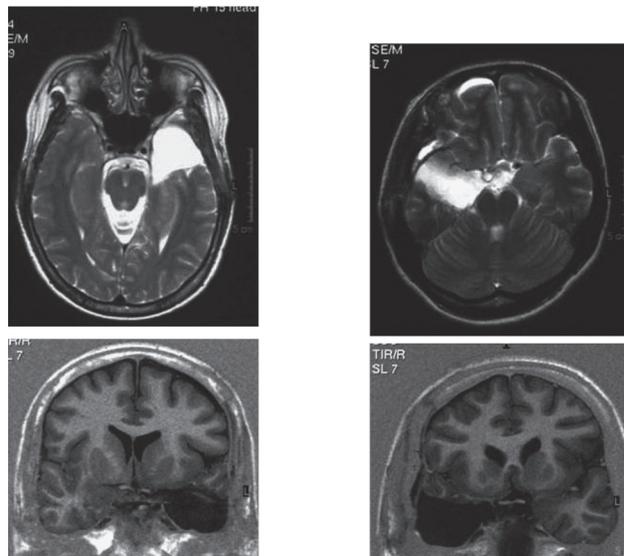


Figure 1：術後のMRI画像

側頭葉前部切除術の発作に対する治療効果としてEngelの基準（Engel, 1993）に従うと、本研究の症例においては左側頭葉前部切除群11例中、9例で術後完全に発作が消失した（class I）。残る2例は術前と比較し発作頻度が90%以上減少し、有益な改善（class III）であった。一方、右側頭葉前部切除群においては、11例中10例がclass Iで発作が完全に消失しており、残る1例はclass IIIで有益な改善を認めた。

2.2 課題

C.F.は、知能検査や記憶検査などの神経心理学的検査バッテリーの一部として実施した。C.F.では、3つのカテゴリ「動物・果物・野菜」に属する言葉をそれぞれ1分間にできるだけ多く口頭で報告するように求めたが、今回はこのうち動物のカテゴリを分析対象とした。この検査を術前と術後3週目、術後1年に施行した。手術日からそれぞれの検査時期までの平均日数は、術前が-34.24日（SD = 18.73）、術後3週目が30.62日（SD = 11.00）、術後1年が397.48日（SD = 48.07）であった。

3. 結果

分析には統計ソフトとしてSPSS 11.5 Jを用いた。まず先行研究の分析で用いられている単語数を参考に（御園生他, 2001; Chan et al., 1993）、各群が想起した動物名全体の中から想起頻度が高い上位13語を選んだ。13語は想起頻度が高い順に「ネコ・イヌ・ライオン・ゾウ・サル・キリン・トラ・ウマ・ウサギ・ウシ・クマ・ヒツジ・ネズミ」であった。この13語に関する各群の術前後の平均想起数をTable 2に示す。

独立変数を群と検査時期、従属変数を13語の想起数として2×3の分散分析を実施した。その結果、群の主効果および検査時期の主効果はみられなかった（ $F(1,20) = 1.75$ n.s.; $F(2,40) = 1.87$ n.s.）。また群と検査時期の交互作用も

Table 2 : 高頻度 13 語に関する各群の平均想起数 (SD)

	術前	術後3週目	術後1年
左側切除群	7.64 (2.80)	6.27 (2.20)	6.55 (1.81)
右側切除群	7.91 (1.76)	7.73 (2.20)	8.09 (1.70)

認められなかった ($F(2,40) = 1.46$ *n.s.*)。

次に、先行研究の方法をもとに 13 語についてそれぞれの語と語との距離を算出した (御園生他, 2001; Chan et al., 1993)。この距離から多次元尺度構成法を用いて認知地図を作成した。左側頭葉前部切除群の術前、術後 3 週目、術後 1 年の認知地図をそれぞれ Figure 2, 3, 4 に、右側頭葉前部切除群の術前、術後 3 週目、術後 1 年の認知地図をそれぞれ Figure 5, 6, 7 に示す。多次元尺度構成法では当てはまりの良さを示す指標として、S-Stress (Stress) と R-square test (RSQ) が算出される。両者とも 0.0 から 1.0 の範囲をとり、Stress の値が低く RSQ の値が高いほど当てはまりが良いとされる (Sumiyoshi et al., 2001)。作成された認知地図について、先行研究と同様に次元 1 および次元 2 について意味のある解釈が可能かどうか検討を行った (Chan et al., 1993; Sumiyoshi et al., 2001; Sumiyoshi, Sumiyoshi, Nohara, Yamashita, Matsui, Kurachi & Niwa, 2005)。特に先行研究で報告がなされている「野生-家畜」・「肉食-草食」・「大きい-小さい」と解釈できる次元が存在するかどうか検討した。

左側頭葉前部切除群の術前の認知地図 (Figure 2) ではウシとクマが左右両端に位置しているが、イヌやネコがキリン、ゾウよりもクマ寄りに布置されるなどのパターンが認められ、次元 1 については意味のある解釈を見出すことが困難であった。また、認知地図の上側にウマ、イヌ、ネコ、ライオンが、下側にキリン、ゾウ、トラ、ネズミが布置されており、次元 2 についても意味のある解釈を見出すことが困難であった。術後 3 週目の認知地図 (Figure 3) では、左側にウサギ、クマが布置され、右側にネズミ、ゾウが布置されるなどのパターンが認められ、次元 1 については意味のある解釈を見出すことが困難であった。また、次元 2 についてはウサギ、ネズミとトラの間にクマやウマ、ヒツジ、ゾウが存在しており、意味のある解釈を見出すことが困難であった。術後 1 年 (Figure 4) の認知地図では左側にクマ、サル、ヒツジ、右側にウサギ、ネズミ、ライオンが布置されており、次元 1 については意味のある解釈を見出すことが困難であった。次元 2 については上側にキリンやクマ、ライオン、ゾウといった野生のもしくは大きな動物が集まり、下側にウマ、ヒツジ、ウシ、ネズミといった家畜もしくは小さな動物が集まっており、このため次元 2 は「野生-家畜」・「大きい-小さい」と解釈した。

右側頭前部切除群の術前の認知地図 (Figure 5) では左側にトラ、ウサギ、右側にネズミ、サル、ヒツジが布置

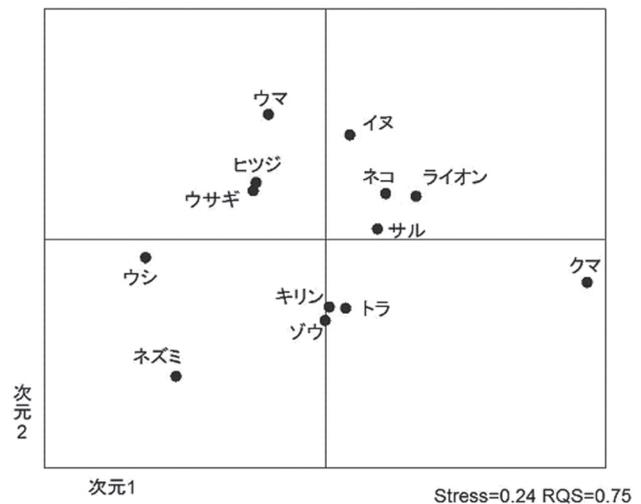


Figure 2 : 左側頭葉前部切除群／術前の認知地図

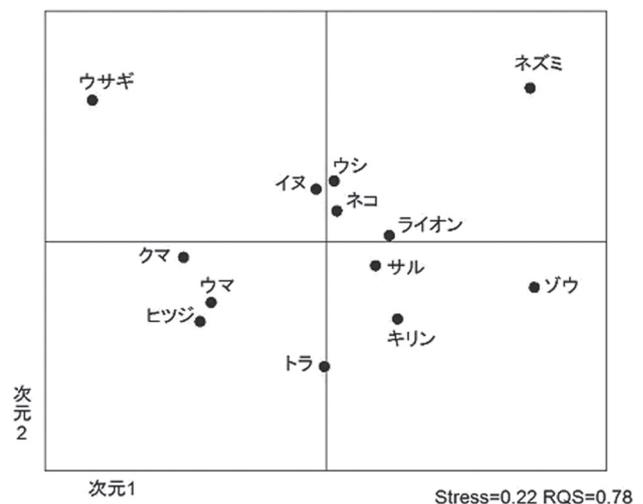


Figure 3 : 左側頭葉前部切除群／術後 3 週目の認知地図

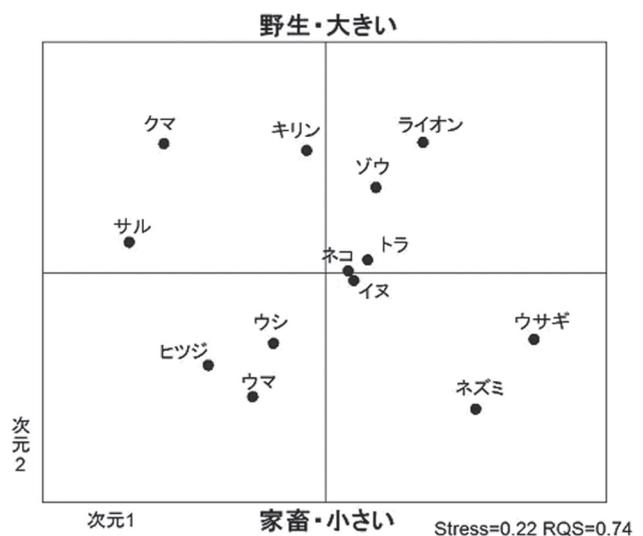


Figure 4 : 左側頭葉前部切除群／術後 1 年の認知地図

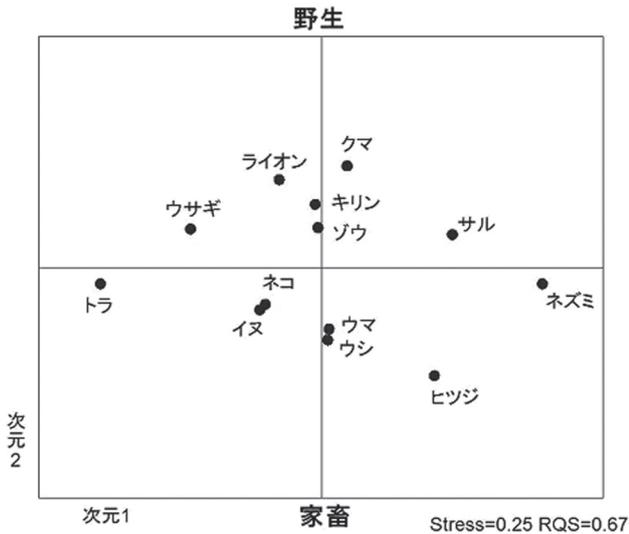


Figure 5：右側頭葉前部切除群／術前の認知地図

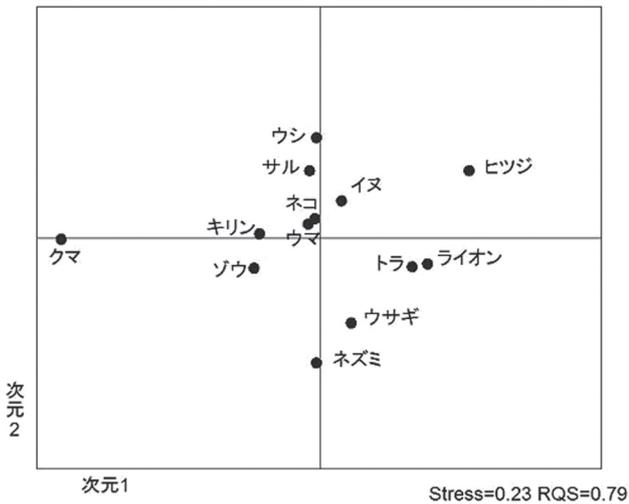


Figure 6：右側頭葉前部切除群／術後3週目の認知地図

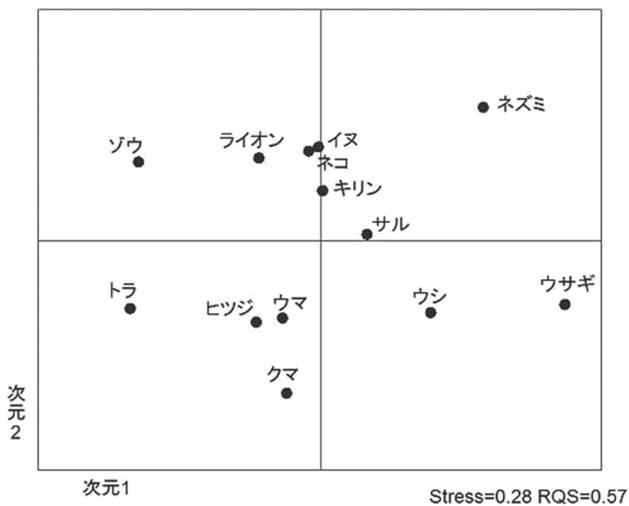


Figure 7：右側頭葉前部切除群／術後1年の認知地図

されるなどのパターンが認められ、次元1については意味のある解釈を見出すことが困難であった。次元2については上側にクマやライオン、キリン、ゾウといった野生的な動物が集まり、下側にヒツジ、ウシ、ウマといった家畜的な動物が集まっている。ウサギが上側、トラが下側に位置するといった例外はあるもののその他の動物の当てはまりは良く、次元2は「野生-家畜」と解釈した。術後3週目の認知地図 (Figure 6) ではクマとヒツジが左右両端に位置しているが、トラやライオンがヒツジ寄りには配置される、ウサギやネズミがトラやライオンよりもクマ側に配置されるなどのパターンが認められ、次元1については意味のある解釈を見出すことが困難であった。また、ウシとネズミが上下両端に位置しているが、その間にキリン、ゾウ、ネコ、ウマが存在しており次元2についても意味のある解釈を見出すことが困難であった。術後1年の認知地図 (Figure 7) では左側にゾウ、トラ、右側にウサギ、ネズミが配置されているが、ヒツジやウマが左側に配置される、キリンがイヌ、ネコと近くに配置されるなどのパターンが認められ、次元1については意味のある解釈を見出すことが困難であった。また、上側にネズミ、ゾウ、ライオンが配置され、下側にクマとウマ、ヒツジが配置されるといったパターンがみられ、次元2についても意味のある解釈をすることが困難であった。

4. 考察

多次元尺度構成法を用いて、意味ネットワークに及ぼす側頭葉前部切除術の影響について検討を行った。多次元尺度構成法に用いた13語の想起数については分散分析の結果、主効果および交互作用はみられなかった。このため各群、各時期の認知地図の違いは13語についての語想起数の違いではなく、想起された語同士の距離の近さといった質的な違いを反映していると考えられる。また、認知地図のあらわれ方には言語性の知能が影響するという報告 (Sumiyoshi et al., 2001) があるが、本研究での左側頭葉前部切除群と右側頭葉前部切除群では術前の言語性IQには有意な差がみられなかったため、両群の認知地図の違いは言語性の知能の違いによるものとは考えにくい。

4.1 左側頭葉前部切除群について

左側頭葉前部切除群においては術前および術後3週目では意味のある次元を見出すことができず認知地図の崩壊が認められた。一方で、術後1年では「野生-家畜」もしくは「大きい-小さい」と解釈できる次元が見出され、まとまりのある認知地図となっていた。このことは左側頭葉前部切除群では術前の時点から長期記憶内の意味ネットワークに障害が認められるが、手術より1年経過すると類似の概念を持つ語が近い距離で想起されるようになり適切な意味ネットワークが形成されるようになることを示している。

左側頭葉前部切除例で術前から認知地図の崩壊が見ら

れたことから、左側頭葉のてんかん焦点の存在が長期記憶内の意味ネットワークの形成に影響する可能性が考えられる。これまでの研究では左側頭葉にてんかん焦点が存在する場合には術前段階から C.F. での語想起数に低下がみられるという報告がなされている (Martin, Loring, Meador & Lee, 1990; Loring & Meador, 1994)。本研究の結果は、左側頭葉のてんかん焦点の存在は、語想起数といった量的側面のみならず、意味ネットワークという質的側面に対しても障害をもたらす可能性を示唆している。

一方で、術後から1年後の認知地図で意味のある次元がみられたことから、手術で発作が減少または消失したことにより意味ネットワークに改善が生じた可能性が考えられる。これまでの研究では、側頭葉前部切除により対側の脳機能や前頭葉機能が改善したという報告がある (Saykin, Gur, Sussman, O'Conner & Gur, 1989; 小池・足立・馬場・戸田・高橋, 2004)。本研究においても同様に術前ではてんかん焦点や発作波によって意味ネットワークが抑制を受けていたが、発作の減少または消失によって抑制がなくなり改善が生じたのではないだろうか。もしこのような機序で改善が生じているのであれば、術後に発作の減少がみられない症例においては意味ネットワークの改善は生じないであろう。しかし、本研究では対象とした症例数が少なく、また全例で発作の減少もしくは消失がみられていたため、発作残存の影響については明らかではなかった。今後、症例数を増やし検討していく必要がある。

4.2 右側頭葉前部切除群について

右側頭葉前部切除群においては術前の認知地図では「野生一家畜」と解釈できる次元がみられたが、術後3週目および術後1年では意味のある次元を見出すことができず認知地図の崩壊が認められた。足立他 (2008) の報告では右側頭葉前部切除後で C.F. の語想起数に変化はなかったが、質的な側面に注目した場合、右側頭葉前部の切除により意味ネットワークに障害が生じる可能性が示唆された。

手術を受けていないてんかん患者を対象とした先行研究においても、右側頭葉にてんかん焦点が存在する患者では語の意味ネットワークに障害が生ずる可能性が報告されている (N'Kaoua, Lespinet, Barsse, Rougier & Claverie, 2001; Tröster, Warmflash, Osorio, Paolo, Alexander & Barr, 1995)。N'Kaoua et al. (2001) は側頭葉てんかん患者を対象とし、スーパーマーケットで購入できる物をなるべく多く想起するよう求める *supermarket fluency* を実施した。その結果、健常群と比較し、左側頭葉てんかん群と右側頭葉てんかん群の両群で語想起数の低下がみられた。さらに右側頭葉てんかん群では健常群および左側頭葉てんかん群と比較して、「レモン」や「ビール」、「鶏肉」といった特異的な名称の想起が少なく、「果物」や「お酒」、「肉類」といったカテゴリー名を想起することが多いという結果が得られている。この結果は右側頭葉が語想起プロセスに関わっていることを示すと同時に、右側頭葉に

てんかん焦点が存在することで意味ネットワークに障害が生じる可能性を示唆している。本研究では N'Kaoua et al. (2001) と異なり右側頭葉前部切除群の術前では意味ネットワークに障害はみられなかった。これは課題や分析方法の違いが影響していると思われるが、右側頭葉前部切除後に認知地図の崩壊がみられたことは、N'Kaoua et al. (2001) と同様に右側頭葉が意味ネットワークに関与していること示唆しているといえるだろう。また、左側頭葉前部切除群では術前から意味ネットワークに障害がみられたのに対して、右側頭葉前部切除群の術前では障害がみられなかったことから、てんかん焦点の影響が左右の側頭葉では異なる可能性も考えられる。1年後の結果においても左側頭葉前部切除群では意味ネットワークの改善がみられ、右側頭葉前部切除群では持続的な障害がみられたことから、意味ネットワークへの関与のしかたが左右側頭葉では異なっており、てんかん焦点や切除の影響が異なるかたちで現れてくると考えるのが妥当であろう。本研究の結果からは左右両側の側頭葉前部領域が意味ネットワークに関与していると考えられるが、左側頭葉前部領域と右側頭葉前部領域の関与の違いについては明らかではなく今後の検討課題として残された。

4.3 量的側面に関する先行研究との関係

C.F. の量的側面 (語想起数) に対する側頭葉前部切除術の影響を検討した先行研究と本研究の結果との関連性について考察する。足立他 (2008) の報告では左側頭葉前部切除では切除により術後3週目で C.F. の語想起数の低下がみられていた。本研究では左側頭葉前部切除群において術前の時点から認知地図の崩壊がみられていたため、切除によって意味ネットワークに障害が生じたかどうかは明らかではなかった。このため、足立他 (2008) で見られた左側頭葉前部切除後3週目の C.F. の語想起数の低下が意味ネットワークの崩壊によるものかどうかは不明である。語想起数の低下と意味ネットワークの崩壊との関係については今後の検討が必要であろう。

C.F. に対する右側頭葉切除の影響については、語想起数が低下するという報告としないという報告があり、これまで一貫した結果が得られていなかった (足立他, 2008; Martin et al., 1990; Loring & Meador, 1994)。しかし、本研究の結果から、右側頭葉前部切除によって意味ネットワークに障害が生じることが示された。このことから、対象や課題の種類、実施時期などの条件によっては、右側頭葉前部切除後の意味ネットワークの障害により C.F. での語想起数の低下が生じる場合があるのではないだろうか。例えば意味ネットワークへの負荷がより多いような課題、状況の場合には右側頭葉前部切除による影響が生じやすいと考えられる。この点については今後の検討が必要であろう。

4.4 まとめ

左側頭葉前部切除群では術前からのてんかん焦点の存在が意味ネットワークの崩壊を引き起こしているが、発

作が減少・消失することで意味ネットワークが改善する可能性が示唆された。一方、右側頭葉前部切除例では切除により持続的な意味ネットワークの崩壊がみられ、右側頭葉前部領域が意味ネットワークに関与している可能性が示された。今後は意味ネットワークに対する左右側頭葉前部領域の関与の違いや、発作残存の影響、語想起数との関係についての検討が必要である。

nia Research, 74, 91-100.

Tröster, A. I., Warmflash, V., Osorio, I., Paolo, A. M., Alexander, L. J., Barr, W. B. (1995). The role of semantic networks and search efficiency in verbal fluency performance in intractable temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 21, 19-26.

(受稿：2011年11月4日 受理：2011年11月21日)

引用文献

- 足立耕平・道上美紀・小池敦・小野智憲・戸田啓介・馬場啓至 (2008). 側頭葉前部切除術が言語流暢性課題に与える影響について. *認知神経科学*, 10, 211-217.
- Chan, A. S., Butters, N., Salmon, D. P., McGuire, K. A. (1993). Dimensionality and clustering in the semantic network of patients with Alzheimer's disease. *Psychology and Aging*, 8, 411-419.
- Collins, A. M., Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Engel, J. (1993). *Surgical Treatment of the Epilepsies*. Raven Press, New York.
- 川口潤 (1983). プライミング効果と意識的処理・無意識的処理. *心理学評論*, 26, 109-128.
- 小池敦・足立耕平・馬場啓至・戸田啓介・高橋克朗 (2004). 片側側頭葉前部切除術に伴う高次脳機能の改善の可能性について. *純心人文紀要*, 10, 171-182.
- Loring, D. W., Meador, K. J. (1994). Effects of temporal lobectomy on generative fluency and other language functions. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 9, 229-238.
- Martin, R.C., Loring, D.W., Meador, K.J., Lee, G.P. (1990). The effects of lateralized temporal lobe dysfunction on formal and semantic word fluency. *Neuropsychologia*, 28, 823-829.
- 御園生香・武田克彦・鎌倉稔成・山門実 (2001). アルツハイマー病患者と健常者の色名の認知地図. *神経心理学*, 17, 234-240.
- N'Kaoua, B., Lespinet, V., Barsse, A., Rougier, A., Claverie, B. (2001). Exploration of hemispheric specialization and lexico-semantic processing in unilateral temporal lobe epilepsy with verbal fluency tasks. *Neuropsychologia*, 39, 635-642.
- Saykin, A. J., Gur, R. C., Sussman, N. M., O'Connor, M. J., Gur, R. E. (1989). Memory deficits before and after temporal lobectomy: Effect of laterality and age of onset. *Brain and Cognition*, 9, 191-200.
- Sumiyoshi, C., Matsui, M., Sumiyoshi, T., Yamashita, I., Sumiyoshi, S., Kurachi, M. (2001). Semantic structure in schizophrenia as assessed by the category fluency test: Effect of verbal intelligence and age of onset. *Psychiatry Research*, 105, 187-199.
- Sumiyoshi, C., Sumiyoshi, T., Nohara, S., Yamashita, I., Matsui, M., Kurachi, M., Niwa, S. (2005). Disorganization of semantic memory underlies alogia in schizophrenia: An analysis of verbal fluency performance in Japanese subjects. *Schizophre-*