

言語性短期記憶に及ぼす発音容易性の影響 —言語聴覚療法臨床への応用に向けた予備的検討—

水本 豪(九大)・橋本幸成(菊南病院)・宮本恵美(菊南病院)・大塚裕一(菊南病院)

連絡先: gonchi@kyudai.jp (水本)

1. はじめに

本稿では、言語性短期記憶(言語性ワーキングメモリ)課題、特に、単語や非単語の系列再生において発音容易性の影響が存在することを実験により示す。さらに、実験結果が、言語障害、特に発語失行の臨床にとって示唆を与えるものであることを述べる。以下、言語性短期記憶(言語性ワーキングメモリ)モデルとして、Baddeleyのワーキングメモリモデルを概観し、それを踏まえた問題提起を行う。次に本稿での実験とその結果を述べ、その後、言語聴覚療法臨床に与える示唆を論ずる。

2. 問題: Baddeley モデルと発音容易性

2.1. Baddeley のワーキングメモリモデル

情報の処理と並行して必要な情報を一時的に保持したり、一連の過程を制御したりするメカニズムはワーキングメモリと呼ばれ、さまざまな認知機能の基礎過程として働くと考えられている。このワーキングメモリに関しては、さまざまな考え方、さまざまなモデルがあることが知られているが(三宅・齊藤, 2001)、本稿ではBaddeley(1986)によるモデル(図1)に基づき論を進める。

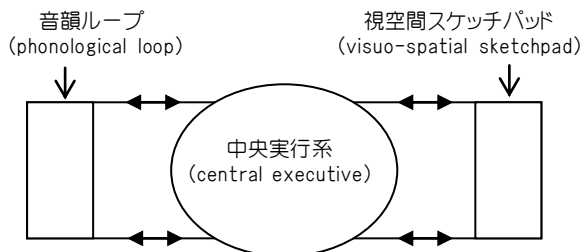


図1 Baddeley(1986)によるモデル

Baddeley は、情報の保持に関して、受動的記憶(passive memory)と能動的記憶(active memory)を区別した。前者の受動的記憶とは、入力情報が時間経過とともに徐々に消失していくような

一時的な情報の保持を指す。一方、後者の能動的記憶とは、内的に反復(リハーサル)したり、注意を向けたりすることにより入力情報をある期間能動的に保持し続ける情報の保持を指す。そして、これらの記憶のメカニズムを説明するモデルとして図1を提案した。

図1のモデルでは、視覚イメージなど言語化できない情報にかかわる視空間スケッチパッド(visuo-spatial sketchpad)、言語的な情報にかかわる音韻ループ(phonological loop)、そしてこれらを制御する中央実行系(central executive)から構成される。このうち、音韻ループに関しては、さらに2つの下位システムから構成されると考えられている(図2)。

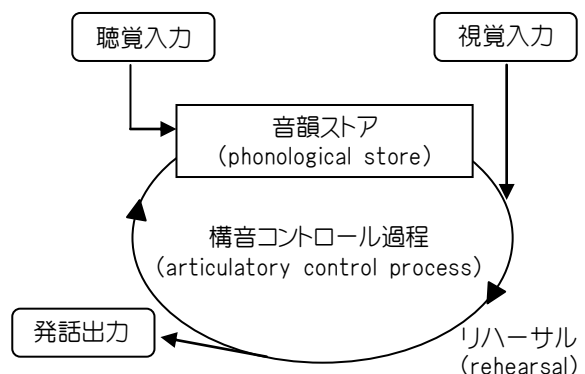


図2 音韻ループのモデル

音韻ループを構成する要素の1つは、音韻化された言語情報を一時的に保持する音韻ストア(phonological store)である。この音韻ストアにより保持される情報は数秒で自然に減衰するため(受動的記憶)、数秒以上の情報の保持を行うためには、何らかの方法により能動的に保持する必要がある。そこで、能動的に保持するための構成要素として、構音コントロール過程(articulatory control process)がある。この構音コントロール過程で、内的に反復すること(以下、リハーサル)により情報を一定期間保持することができる(能動的記憶)と考えた。

このようなメカニズムは、音韻的類似性効果 (phonological similarity effect) や語長効果 (word length effect) に見られる構音抑制 (articulatory suppression) の影響などの知見から示されたものである。このうち、まず、音韻的類似性効果とは、音韻的に類似している項目を記録する場合、音韻的に類似していない項目を記録する場合と比べ、音韻的に類似している項目を記録する方が成績が低下するという効果である (Conrad & Hull, 1964; Baddeley, 1986)。この効果は、音韻ループ内で音韻化された情報をリハーサルする際に、類似している情報同士が干渉し合うために生じたものと考えられる。次に、語長効果とは、複数の単語を記録する際、単語の長さが長くなるほど成績が低下するという効果である (Baddeley et al., 1975)。この効果は、単語の長さが長くなることでリハーサルにかかる時間が長くなり、その分リハーサルの回数が少なくなったために生じたものと考えられる。これらの効果に関して、Levy (1971)、Baddeley et al. (1975)、齊藤 (1997) などの研究では、構音抑制という実験手法を用いて検討された。構音抑制とは、記憶課題遂行中に課題とは無関連な音声を繰り返し構音することを被験者に求めることで、構音コントロール過程によるリハーサルの遂行を妨害するというものである。この手法により、記憶範囲課題や直後系列再生課題の成績が著しく低下することが知られている (Murray, 1967)。さらに、構音抑制を伴わない状態では、音韻的類似性効果や語長効果は記録材料の呈示モダリティが視覚であっても聴覚であっても生起する。しかし、構音抑制を伴う場合、表 1 に示すように、視覚呈示では音韻的類似性効果も語長効果も消失するが、聴覚呈示では音韻的類似性効果は認められるが、語長効果は消失する (詳細は、齊藤 (1997) などを参照)。

表1 構音抑制と各種効果

		音韻的類似性効果		語長効果	
		聴覚呈示	視覚呈示	聴覚呈示	視覚呈示
統制	○	○	○	○	○
構音抑制	○	×	×	×	×

注) ○は効果が認められたことを、×は効果が消失したことを示す。

これらの結果は、次のように解釈されている。まず、語長効果は、構音コントロール過程で生じているため、構音抑制を伴う場合には呈示モダリティに関係なく消失する。次に、音韻的類似性効

果は、音韻ストアにおいて生起するので、構音抑制により構音コントロール過程が使用できなくなっても記録材料が聴覚呈示される限りは生起する。しかし、視覚呈示される場合、記録材料の情報は構音コントロール過程を介してのみ音韻ストアへ伝達されるため、構音抑制を伴う場合に消失すると考えられる (Baddeley, 1986, 1990)。

この Baddeley のワーキングメモリモデルについては、多くの神経解剖学的知見が得られている (Paulesu et al., 1993; 相馬, 1997 など)。それらの研究である程度共通しているのは、側頭葉 (上側頭回)、頭頂葉 (弓状束 and /or 縁上回)、前頭葉言語領域 (Broca 領域、中心前回) といった部位が関与しているという点である。ただし、相馬 (1992) において示されているように、Broca 領域に病巣が限局している場合に言語性短期記憶に障害は認められないが、病巣が中心前回に及ぶと障害が認められることから、Broca 領域よりは中心前回の方が重要であると思われる¹。

2.2 構音コントロール過程と発音容易性

前節でみたように、Baddeley のワーキングメモリモデルにおいて、入力情報の能動的保持は、構音コントロール過程によるリハーサルを経て行われる。そして、特に、視覚により刺激が呈示された場合には、Baddeley (1986, 1990) で述べられているように、視覚情報から得られる音韻情報を構音 (運動) の情報 (構音コード) に置き換えてリハーサルを行っていると考えられる。もしそうであるならば、視覚呈示した言語情報に関して、その言語情報の構音自体に難易度の差が認められた場合、その差がリハーサルを行いやすい／行にくいという形で影響するといったことがあるのではないだろうか。さらに、リハーサルを行いやすい／行にくいということが、直後系列再生のような記憶課題の成績に影響するといったことがあるのではないだろうか。以下、この仮説を検証するために行った実験について述べる。

3. 実験

実験は、直後系列再生課題の成績に、記録材料の発音容易性 (構音しやすい／構音しにくい) の影響を検討する目的で実施された。

¹ 藤井 (2000) に紹介されている、音韻ループに関する脳機能画像を用いた研究において、中心前回の中でも前部の補足運動野 (ブロードマンの 6 野) が関与していることが示されている。

被験者は熊本県内の大学・専門学校に在籍する18歳から30歳までの学生48名。方法は直後系列再生課題を用いた。その際、再生を求める語数として4語・6語・8語の3条件を設定した。記銘材料には、齊藤(1999)により発音容易性の評価が行われた単語・非単語(清音3文字・カタカナ表記)を用いた。齊藤(1999)では、清音3文字の単語について、予め一定の範囲の熟知価(千原・辻村, 1985)をもつものが選択されている。この、齊藤(1999)により得られた発音容易性評価値に基づき、単語・非単語それぞれについて平均値未満を「容易条件」、平均値以上を「困難条件」とした。以上のように、語種(単語/非単語)×再生を求める語数(4語/6語/8語)×発音容易性(容易/困難)の3要因被験者内計画で実験は実施された²。刺激は2秒に1語のペースで視覚的に呈示され、各条件においてすべての刺激が呈示された後、5秒後に「？」が呈示され、これを合図に、所定の用紙に呈示された順序通りに記入するという方法で再生を求めた。実験は2組に分けて集団で実施され、語種に関しては単語→非単語の順序で、再生を求める語数に関しては4語→6語→8語の順序で実施された。なお、4語・6語・8語の各条件における容易/困難の順序はカウンタバランスされた。また、被験者には、刺激呈示中に言葉を発しないこと、手を動かさないこと、回答に際し空欄がないように記入することを求めた。

実験の結果を表2に示す。表2の結果について、分散分析を行ったところ、語種の主効果、発音容易性の主効果が有意であったが(語種: $F_{(1,47)}=263.85$, $p < .01$; 発音容易性: $F_{(1,47)}=33.73$, $p < .01$)、語数の主効果は有意ではなかった($F_{(2,94)}=2.05$, $n.s.$)。また、語数×発音容易

性の交互作用が有意であった($F_{(2,94)}=3.63$, $p < .05$)。交互作用が有意であったため、単純主効果の検定を行ったところ、困難条件における語数の単純主効果が有意であった($F_{(2,188)}=3.99$, $p < .05$)。そこで、Ryan法による多重比較を行ったところ、6語条件および8語条件に比べ4語条件の再生語数が多かった。さらに、6語条件における発音容易性の単純主効果、8語条件における発音容易性の単純主効果が有意であり(6語条件における発音容易性の単純主効果: $F_{(1,141)}=20.49$, $p < .01$; 8語条件における発音容易性の単純主効果: $F_{(1,141)}=13.46$, $p < .01$)、4語条件では発音容易性による差は認められないが、6語条件および8語条件において、困難条件よりも容易条件の再生語数が多いことが示された。

以上、言語性短期記憶に関する直後系列再生課題において、単語刺激であれ、非単語刺激であれ、再生を求める語数が多くなると発音容易性の差が生ずることが示された³。次節では、この実験結果が言語聴覚療法臨床でどのように応用できるかという点について述べる。

4. 言語聴覚療法臨床への応用に向けて

本稿では、視覚から得られる音韻情報を構音(運動)の情報(構音コード)に置き換えてリハーサルを行っていると考え、視覚呈示した言語情報に関して、その言語情報の構音自体に難易度の差が認められた場合、その差がリハーサルを行いやすい/行いにくいという形で影響し、さらには直後系列再生のような記憶課題の成績に影響するの、という疑問を呈した。そして、そ

³ 齊藤(1999)において、発音容易性が実際の構音にかかる時間として反映されることが実験により示されている。この点を踏まえると、本稿の結果は語長効果によるものと考えられるかもしれない。

Saito(1995)では、発音容易性に2条件を設定した20語の単語、非単語の直後自由再生課題について、構音抑制を伴う場合と伴わない場合の比較検討が行われている。このSaito(1995)による実験の結果、非単語の場合に構音抑制を伴わない場合に存在した発音容易性の差が、構音抑制を伴う場合に消失していた。しかし、単語の場合には構音抑制の有無に関係なく発音容易性の差は認められなかった。このように、構音抑制により構音コントロール過程を使用不能にすることにより、発音が容易と判定された項目であっても再生語数が低下することが示されたが、刺激が単語の場合に本稿の結果との差に差が生じている。この点に関しては、実施課題および再生を求める語数の違いなどの可能性があると思われるが、それらの検討は稿を改めて行うこととしたい。

表2 実験の結果(平均再生語数)

	単語		非単語	
	容易	困難	容易	困難
4語条件	3.15	3.21	1.06	1.08
6語条件	3.25	2.98	1.67	0.73
8語条件	3.25	2.81	1.21	0.67

² 条件ごとの平均発音容易性評価値を以下に示す。

	単語		非単語	
	容易	困難	容易	困難
4語条件	1.37	1.80	3.11	4.00
6語条件	1.37	1.81	3.11	4.00
8語条件	1.36	1.82	3.11	3.99

の疑問に対し、再生を求める語数が多くなると発音容易性の差が生ずることを実験により示した。この結果は、言語聴覚療法の臨床、特に、ある種の言語障害に言語性短期記憶の低下が認められるか否かを考えるうえでの意義を有する。以下、この点について述べ、論を締めくくる。

脳損傷による言語障害には、失語症、発語失行、構音障害(ディサースリア)といったものがある。失語症は、言語の産出・理解の基盤となるシステムの障害であり、構音障害(ディサースリア)は構音を行うための筋の運動機能の低下である。そして、発語失行(apraxia of speech)は、Broca 失語に付随して現れる症状とも言われ、その責任病巣は中心前回(下部)であると考えられている(大東, 2005 など)、言語産出を行う際に必要となる構音運動のプログラミングの障害である。そして、1節において述べたように、中心回はリハーサルの遂行にとって必要となる部位である。そのため、発語失行患者において、その重症度によっては、リハーサルが十分に機能しない可能性が考えられる。ところが、発語失行において言語性短期記憶の低下が認められるという報告はここ数年ようやく研究が開始したところであり(Ortiz & Martins, 2010)、具体的にどの程度の重症度で、どのような項目について言語性短期記憶の低下が認められるのかはいまだ十分に明らかになっていない。

そこで、まず、言語聴覚療法の臨床において、できるだけ多くの発語失行症例について、言語性短期記憶の低下の有無を検討するとともに、本稿で論じた発音容易性を含む種々の項目について調査を行う必要があると思われる。そして、その結果を踏まえることで、リハビリテーションの方法についても考えることができるのではないだろうか。

5. まとめ

以上、本稿では、単語や非単語の系列再生において、発音容易性の影響が存在することを実験により示した。具体的には、単語よりも非単語において系列再生が難しいことが示されるとともに、6 語・8 語条件において単語・非単語の両方で発音容易性による差が認められ、単語や非単語の記憶において発音容易性の影響が存在することが示された。この結果は、Baddeley(1986)のワーキングメモリモデルにより説明することができる。Baddeley(1986)では、言語性の記憶

は音韻ループと呼ばれるサブシステムにおいて扱われ、入力された情報は構音コントロール過程によってリハーサル活動を行うことで保持されと考えられている。発音容易性は、この構音コントロール過程におけるリハーサルの難易度に反映され、その難易度が系列再生の成否に影響を与えたと考えることができる。さらに、この実験結果が、言語障害、特に発語失行の臨床にとって示唆を与えるものであることを述べた。

参考文献

- Baddeley (1986) *Working memory*, Oxford University Press.
Baddeley (1990) *Human memory: Theory and practice*, Lawrence Erlbaum Associates.
Baddeley et al. (1975) Word length and the structure of short-term storage, *Journal of Memory and Language* 27, 586-595.
千原・辻村 (1985)「清音3文字名詞について—40 カテゴリー・500 語の熟知度—」『滋賀大学教育学部紀要』 35, 75-99.
Conrad & Hull (1964) Information, acoustic confusion and memory span, *British Journal of Psychology* 55, 429-432.
藤井 (2000)「ワーキングメモリの神経基盤」苧坂(編)『脳とワーキングメモリ』 pp. 93-116, 京都大学出版会.
Levy(1971) Role of articulation in auditory and visual short-term memory, *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior* 10, 123-132.
三宅・齊藤 (2001)「作動記憶研究の現状と展開」『心理学研究』72, 336-350.
Murray (1967) The role of speech responses in short-term memory, *Canadian Journal of Psychology* 21, 263-276.
大東 (2005)「「アナルトリー」の責任病巣」再考」『神経心理学』 21, 146-156.
Ortiz & Martins (2010) The relationship between severity of apraxia of speech and working memory, *Dementia e Neuropsychologia* 4, 63-68.
Paulesu et al. (1993) The neural correlates of the verbal component of working memory, *Nature* 362, 342-345.
Saito (1995) Effects of pronounceability and articulatory suppression on phonological learning, *Perceptual and Motor Skills* 81, 651-657.
齊藤 (1997)『音韻的作動記憶に関する研究』風間書房.
齊藤 (1999)「清音 3 文字単語と非単語の発音容易性評価」『大阪教育大学紀要 第IV部門』 48(1), 67-75.
相馬 (1992)「伝導失語と短期記憶(STM)」『失語症研究』 12, 145-152.
相馬 (1997)「音韻性(構音性)ループの神経基盤」『失語症研究』 17, 149-154.

付 記

本研究の遂行にあたり、種々の有益な意見を賜った水前寺とうや病院 小嶋麻美氏に深く感謝申し上げます。

本研究の一部は平成 22 年度九州大学教育研究プログラム・研究拠点形成プロジェクト(P&P)「失語症者における情報保持メカニズムとその言語運用への影響に関する研究: 言語リハビリテーションへの応用に向けた基礎研究」および九州大学情報基盤研究開発センターの助成、支援を受けて行われたものである。