前頭葉機能の指標としての新近性テストと言語の行動調整機能¹

福岡教育大学 永 江 誠 司

Recency test as an indicator of frontal lobe function and the verbal regulation of motor behavior

Seiji Nagae (*Department of Psychology, Faculty of Education, Fukuoka University of Education, Munakata, Fukuoka 811-41*)

The development of relationships between the temporal ordering of verbal or non-verbal events and the verbal regulation of motor behavior was examined with a total of 142 4- and 5-years old. Performances on a two-choice button-pushing task were compared between high or low groups determined by either verbal or non-verbal recency task. Children conducted the button-pushing task with their dominant hand under following two conditions: verbalization and non-verbalization of their button-pushing activity. Results showed that the low group in verbal recency task manifested significantly poorer performances than the high group, whereas there was no difference in performance between the high and the low groups in non-verbal recency task. These findings were interpreted as supporting the view that the verbal regulation of motor behavior are related to the function of the left-frontal lobe.

Key words: verbal regulation, frontal lobe, recency task, temporal ordering of events, button-pushing activity.

本研究の目的は、子どもの言語による行動調整能力と時間的順序の記憶能力との関係を検討することにより、言語の行動調整機能の脳における機能的責任領域について考察するところにある。言語の行動調整機能については、Luria (1961) によって実証的研究が始められて以降、多くの研究者により子どもが自分の言語によって、自らの行動を随意的に調整していく発達過程が明らかにされてきた (Fuson, 1979; 柏木, 1983; 永江, 1985; Wozniak, 1972 など参照)。さらに、Luria (鹿島訳, 1978) は脳損傷患者の研究から、前頭葉の病変が言語による行動のプログラミングやその調節に著しい崩壊をもたらすことを示している。ここから、前頭葉領域が言語の行動調整機能と最も密接な関係にあることが推察される。Luria (鹿島訳, 1978) によれば、この領域の成熟は比較的遅く、4歳から8歳にかけて行われていくとされている。

ところで、Milner (1971, 1974) は前頭葉損傷患者が、新近性テスト (recency test) という時間的順序の記憶テストにおいて、著しい障害を示すことを見出した。このテストは、2つの単語 (あるいは絵) のかかれたカードを続けて提示し、その途中で2つの単語 (絵) の間に疑問符のついたカードを示し、どちらが“より最近”提示されたカードにあった単語 (絵) かを答えさせるもの

である。前頭葉損傷患者は、このテストで著しい障害をみせ、しかも左前頭葉損傷では言語性の順序記憶により障害がみられ、右前頭葉損傷では非言語性の順序記憶により障害がみられた (二木, 1984 参照)。この新近性テストの幼児への適用が、坂野 (1982) の指導のもとに行われており、単語の代りに動物の絵を用いた言語性課題の遂行が左前頭葉の機能と、無意味線図形を用いた非言語性課題の遂行が右前頭葉の機能と、それぞれ関係していることが示されている。

言語による行動の随意的調整が前頭葉の機能と関係しており、新近性テストが左右の前頭葉機能を反映しているとすれば、言語による行動調整能力と時間的順序の記憶能力とは、特定の関係にあることが予測される。もし、言語の行動調整機能が左右の前頭葉で同じように営まれているならば、言語性、非言語性の順序記憶能力の優劣によって、行動の調整力に差はみられないだろう。しかし、この機能の遂行が左右の前頭葉で異なるならば、2つの順序記憶能力の優劣によって行動の調整力に差が出てくると考えられる。もし、言語性の順序記憶能力の優劣で行動の調整力に差が出、非言語性の順序記憶能力の優劣で差が出なければ、それは言語の行動調整機能が左前頭葉でより優位であることを示しており、この逆の場合は、この機能が右前頭葉でより優位であることを示していると考えられよう。

¹ 本研究は、昭和60年度文部省科学研究費 (奨励研究A: 課題番号 60710076) の補助を受けて行われたものである。

方 法

新近性テスト

被験者 4歳児 75名（平均年齢4歳4か月）と5歳児 67名（平均年齢5歳5か月）の計142名が、被験者として用いられた。

テスト課題 言語性課題は、被験者が簡単に命名できる動物（キリン、ウサギ、イヌ、ゾウ）の絵を、1枚のカードに1つずつかいたもの4枚である。被験者は絵が提示されるたびに、口頭でその名前を言うように求められた。非言語性課題は、簡単に命名できない無意味線図形を、カードに1つずつかいたもの4枚である。両テスト課題には、2つの刺激を対にしてかいたカードが、それぞれ10枚ずつ用意された。

手続き 1枚の絵（あるいは図形）カードを5秒ずつ連続4枚提示した後、5枚目に2つの絵（図形）を含むテストカードを提示し、どちらの絵（図形）が“よりあと”に出てきたかを答えさせた。言語性課題では、絵カードが提示されるたびに、絵の名前を口頭で言わせ、それらの順序を記憶するよう教示された。非言語性課題では、提示される図形をよく見て、それらの順序を記憶するよう教示された。これらの課題は、それぞれ10回ずつ行われた。

結果 新近性テストの平均正反応数は、4歳児の言語性課題で5.32、非言語性課題で5.51、5歳児のそれは、7.27と6.46であった。行動調整実験の被験者を選ぶため、2つの課題ごとにそれぞれ、成績上位群と下位群に分けられた。成績上位群は4歳児が7点以上、5歳児が8点以上、下位群は4歳児が5点以下、5歳児が6点以下の規準で分けられた。これらの規準を満たしている子どもたちが、2つの課題ごとに各年齢で上位群24名、下位群24名、それぞれ被験者として選ばれた。2つの課題で、上位群と下位群に分けられた被験者のうち、重複するのは4歳児の上位群で24名中16名、下位群で15名、5歳児の上位群で15名、下位群で14名であった。

言語による行動調整実験

被験者 新近性テストで、上位群と下位群に分けられた子どもたちが用いられた。平均年齢は、4歳6か月と5歳5か月であった。被験者は、個別に実験を受けた。

装置 重複作業反応検査器（T.K.K.）を主体としたものが用いられた。これは刺激提示板、刺激提示調整ユニット、運動反応ボタン、反応潜時記録ユニットから成っていた。刺激提示板の中央には、12 cmの間隔を置いて青色と黄色の光刺激提示ランプが取り付けられている。運動反応ボタンの直径は4 cmであり、この上に右手の人さし指、中指、くすり指の3本を軽く置くように指示された。

手続き （1）前訓練：行動調整課題に入る前に、光刺激とそれに対する言語反応の連合を形成するための言語訓練が与えられた。被験者は、青色と黄色の光刺激に対して、それぞれ外言か内言によって言語反応（正刺激にオセ、負刺激にダメ）をするように求められた。光刺激は、ランダムな順序で8回（青色4回、黄色4回）提示された。刺激提示時間は1秒、提示間隔は5秒である。（2）行動調整課題：青色と黄色の光刺激に対して、前訓練で学習した言語反応を介入させながら、選択的にボタン押し反応をするよう求められた。外言条件は、青色の光（あるいは黄色の光）がついたら、“オセ”と声に出して言ってボタンを1回押し、黄色の光（あるいは青色の光）がついたら、“ダメ”と言ってボタンは押さないように教示された。内言条件の場合は、言語反応を声に出さないで心の中でしながら、ボタン押し反応をするよう教示された。光刺激は、ランダムな順序で20回（青色10回、黄色10回）提示された。刺激提示時間は1秒、提示間隔は5秒である。ボタン押しは、被験者の利き手（右手）で行われた。

スコアリング 行動調整課題の誤反応は、総誤反応の他に、反応すべき光刺激に対して反応しないタイプの誤り（omission エラー）と、反応してはならない光刺激に反応してしまうタイプの誤り（commission エラー）が記録された。反応時間は、押すべき光刺激に対して正しく押すことのできた反応について、刺激提示からボタン押し反応までの時間が記録された。これらの処理は、Nagae（1983）に準じて行われた。

結 果

言語性の順序記憶能力と行動調整 言語性の新近性テストにおいて、成績上位群と下位群に分けられた被験者について、言語による行動調整の結果を示したものがTable 1の上段の資料である。これらについて3要因の分散分析を行った結果は、次のとおりである。総誤反応の分析では、4歳児が5歳児より誤反応が多く（ $F_{(1,88)}=8.56, p<.01$ ）、順序記憶能力下位群は上位群より誤反応が多かった（ $F_{(1,88)}=3.96, p<.05$ ）。言語条件については有意差はみられず、交互作用はすべて有意でなかった。omission エラーの分析でも、4歳児は5歳児よりも正刺激に対して反応しない誤りが多く（ $F_{(1,88)}=6.80, p<.05$ ）、また下位群は上位群よりも誤りが多かった（ $F_{(1,88)}=11.11, p<.01$ ）。そして外言条件は内言条件よりも誤りが多かった（ $F_{(1,88)}=5.37, p<.05$ ）。交互作用は、年齢×言語条件のみが有意であり（ $F_{(1,88)}=4.12, p<.05$ ）、これは4歳児の外言条件が内言条件より誤反応が多いのに対し、5歳児のそれらには差がないことによるものである。commission エラーの分析では、年齢要因で有意差の傾向がみられただけで（ $F_{(1,88)}=3.08$ 、

Table 1

Means of total error, omission error, and commission error in verbal and non-verbal recency groups for each age level

Type of error	High group		Low group	
	Overt	Covert	Overt	Covert
Verbal recency group				
Total error				
4 years old	1.42	1.33	3.58	1.83
5 years old	.75	.83	1.17	.83
Omission error				
4 years old	.92	.08	2.66	1.00
5 years old	.08	.25	.92	.50
Commission error				
4 years old	.50	1.25	.92	.83
5 years old	.67	.58	.25	.33
Non-verbal recency group				
Total error				
4 years old	2.50	1.50	2.50	1.75
5 years old	.66	.58	1.25	.75
Omission error				
4 years old	1.83	.42	1.75	.75
5 years old	.08	.08	.92	.42
Commission error				
4 years old	.67	1.08	.75	1.00
5 years old	.58	.50	.33	.33

.05 < p < .10), その他の主効果, 交互作用はすべて有意でなかった。

運動反応時間の結果を示したものが Table 2 の上段の資料である。これについて 3 要因の分散分析を行った結果は, 次のとおりである。4 歳児は 5 歳児より反応時間が長く ($F_{(1,88)}=6.42$, $p<.05$), また外言条件は内言条件より反応時間が長かった ($F_{(1,88)}=56.50$, $p<.01$)。しかし, 上位群と下位群の間には有意差はなかった。交互作用は, 年齢×言語条件のみが有意であり ($F_{(1,88)}=7.89$, $p<.01$), これは 4 歳児の外言条件が内言条件より反応時間が長いのに対し, 5 歳児のそれらには差がないことによるものである。

非言語性の順序記憶能力と行動調整 非言語性の新近性テストにおいて, 成績上位群と下位群に分けられた被験者について, 言語による行動調整の結果を示したものが Table 1 の下段の資料である。これらについて 3 要因の分散分析を行った結果は, 次のとおりである。総誤反応の分析では, 4 歳児が 5 歳児より誤反応が多かったが ($F_{(1,88)}=8.52$, $p<.01$), その他の主効果, 交互作用はすべて有意でなかった。omission エラーの分析では, 4 歳

Table 2

Mean latencies (second) of motor response in verbal and non-verbal recency groups for each age level

Age level	High group		Low group	
	Overt	Covert	Overt	Covert
Verbal recency group				
4 years old	1.848	.763	2.090	.833
5 years old	1.286	.852	1.442	.942
Non-verbal recency group				
4 years old	2.013	.735	1.924	.925
5 years old	1.123	.807	1.817	.921

児が 5 歳児より誤反応が多く ($F_{(1,88)}=7.17$, $p<.01$), また外言条件が内言条件より誤反応が多かった ($F_{(1,88)}=5.23$, $p<.05$)。しかし, 上位群と下位群の間に有意差はなく, 交互作用もすべて有意でなかった。commission エラーの分析では, 年齢要因で有意差の傾向がみられただけで ($F_{(1,88)}=3.00$, $.05<p<.10$), その他の主効果, 交互作用はすべて有意でなかった。

運動反応時間の結果を示したものが Table 2 の下段の資料である。これについて 3 要因の分散分析を行った結果は, 次のとおりである。外言条件が内言条件より有意に反応時間が長かった ($F_{(1,88)}=43.84$, $p<.01$)。また, 4 歳児は 5 歳児より反応時間の長い傾向がみられたが有意差はなかった ($F_{(1,88)}=2.81$, $.05<p<.10$)。上位群と下位群の間に有意差はなかった。交互作用は, 年齢×言語条件に有意な傾向がみられただけであった ($F_{(1,88)}=3.72$, $.05<p<.10$)。

考 察

本研究の結果で注目されるのは, 言語による行動の随意的調整が, 言語性と非言語性の順序記憶能力の優劣によって異なっていたということであろう。すなわち, 言語性の順序記憶能力上位群は, 下位群よりも強い行動調整力をみせたが, 非言語性の順序記憶能力では, 両群にこのような差がみられなかったのである。この傾向は, omission エラーでより強くあらわれている。言語性と非言語性の新近性テストが, 左右の前頭葉の機能をそれぞれ反映しているとするれば, 本研究の結果は, 言語による行動の随意的調整が左右の前頭葉で同じようには行われていないことを示している。つまり, 言語の行動調整機能には半球差があり, 右前頭葉よりも左前頭葉の方が, より強くこの機能に関係していると考えられる。言語のこの機能が左前頭葉と関係が深いのは, この領域に運動性言語中枢であるブローカ領野のあることが関係しているにちがいない。Milner (1971) は, 前頭連合野

を切除した患者が、出来事そのものの記憶障害はないのに対し、出来事の時間的順序の弁別や記憶が阻害されること、さらに左側の前頭連合野切除患者は言語材料の順序記憶が、右側の前頭連合野切除患者は非言語材料の順序記憶が、それぞれより強く阻害されることを示している。本研究の結果は、正常脳において左前頭葉の機能的成熟が、右前頭葉の機能的成熟よりも、言語による行動調整に深く関与していることを示しており、前頭葉の機能的非対称性を指摘した Milner (1971) の見解と一致しているといえる。

以上の結果が、omission エラーでより強くあらわれたのは、どのように解釈したらよいのだろうか。このエラーは、反応しなければならぬのに反応しなかった誤りである。正しい言語命令を下していても、反応しないのである。Wilder (1969) は、3歳児と5歳児を対象にして行動調整実験を行い、正刺激に正しく言語反応はしても、運動反応はしない omission エラーの多いことを、3歳児で見出している。彼はこの結果を「言語は3歳児の手による反応を促進するというよりは、むしろそれに代る傾向があるようだ」と解釈している。また、Springer & Deutsch (1981) は「前頭葉損傷患者は、自分がなすべきことをことばで表現できても、それを実際に行うことで現わすことができない」とことを指摘している。これらの見解から本結果を解釈すれば、左前頭葉の機能的未成熟さは、特に言語命令を下してもそれが反応を統制する力をもたないという、言語と行為の解離傾向と密接な関係にあるといえるかもしれない。そうだとすれば、左前頭葉の機能的成熟過程とは、言語と行為が機能的に解離している状態から、それらが機能的に統合された状態への発達過程とみることができよう。

年齢と言語条件の交互作用が、言語性の順序記憶能力に関する分析の結果では、omission エラーと反応時間でみられたが、非言語性の順序記憶能力の分析結果ではみられなかった。これらの交互作用は、4歳児が5歳児に比べて、外言による言語命令で自分の行動を調節するのが困難であることを示していた。これは4歳児の外言的言語命令が、本来なすべき行為を促進するというよりは、それに代る傾向があると考えられるかもしれない。

4歳児の外言による行動調整が難しいという傾向は、反応時間の結果でみると、外言条件で正しく言語化して、正しく反応した場合でも時間が長くかかっているということと関係しているかもしれない。つまり、4歳児が自分の外言によって行動を調整するためには、正しく言語化するだけでなく、それをさらに行動の調節にまで機能的に高めていかなければならない。そこには、意図的、計画的な心理活動が必要とされるだろう。こうした言語による行動の意図的統制という、左前頭葉機能と深く結びついた働きが、4歳児ではまだ十分に発達してい

ないのではないかと考えられる。4歳以降において、言語による行動の意図的統制を担う左前頭葉機能が発達していくという見解は、大脳皮質の前頭前部領域が4歳から8歳にかけて大きく成長していくという、Luria (鹿島訳, 1978) の見解と一致するものといえよう。

引用文献

- Fuson, K. C. 1979 The development of self-regulating aspects of speech: A review. In G. Zivin (Ed.), *The development of self-regulation through private speech*. New York: John Wiley & Sons. Pp. 135-217.
- 柏木恵子 1983 子どもの「自己」の発達 東京大学出版会
- Luria, A. R. 1961 *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. London: Pergamon Press.
- ルリヤ A. R. 鹿島春雄(訳) 1978 神経心理学の基礎——脳のはたらき—— 医学書院
(Лурья А. Р. 1973 *Основы Нейропсихологии*. Москва: Издательство Московского университета)
- Milner, B. 1971 Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27, 272-277.
- Milner, B. 1974 Hemispheric specialization: Scope and limits. In F. O. Schmitt & F. G. Worden (Eds.), *The neurosciences: Third study program*. Cambridge: MIT Press. Pp. 75-89.
- Nagae, S. 1983 Development of hand-eye dominance in relation to verbal self-regulation of motor behavior. *American Journal of Psychology*, 96, 539-552.
- 永江誠司 1985 言語の行為調整機能再考 福岡教育大学紀要, 35, 第4分冊, 153-172.
- 二木宏明 1984 脳と心理学——適応行動の生理心理学—— 朝倉書店
- 坂野 登 1982 かくれた左利きと右脳 青木書店
- スプリンガー S. P.・ダッチ G. 福井 罔彦・河内 十郎 (監訳) 1985 左の脳と右の脳 医学書院
(Springer, S. P., & Deutsch, G. 1981 *Left brain, right brain*. New York: W. H. Freeman and Company.)
- Wilder, L. 1969 The role of speech and other extra-signal feedback in the regulation of the child's sensorimotor behavior. *Speech Monographs*, 36, 426-434.
- Wozniak, R. H. 1972 Verbal regulation of motor behavior: Soviet research and non-Soviet replications. *Human Development*, 15, 13-57.