動作プログラムのキャンセル

川 原 ゆ り* 渡 辺 俊 男**

A STUDY ON THE CANCELLING IN MOTOR PROGRAM

YURI KAWAHARA AND TOSHIO WATANABE

In order to find out what changes would happen to the cancelling in the course of the program and what differences would be caused in the cancelling ability depending on the degree of program formation, we examined the changes of adults (in their 20s and 50s) and children, and obtained the following results.

1. In the cases of cancelling actions halfway, delays in the reaction time and movement time of both the adults and children were found, unlike the cases of controlling actions. This tendency was noted remarkably in the adults at their age of 20s and in the children.

2. The time for the switching into the next actions by cancelling the previous actions was found to be the longest at the initial stage when the action program was initiated.

3. The fluctuation in the movement times immediately after initiating actions was extremely small in both controlling and cancelling actions. However, as the actions advanced, the values of the cancelling actions showed larger fluctuations. This trend could be noted very significantly in both the adults at the age of their 20s and the children.

4. The time of delays by more than 2σ over the mean value in both the time for reaction and the time for movements were noted more frequently in the cancelling actions especially in the latter half of the actions where the actions advanced.

5. The emergence of erroneous action (miss-touch) for cancelling to stop the actions and to push the next key instead was the most frequent when the cancelling was made at the initial stage of the action, and the rate of miss-touch was invariably approx. 50% at any age. As the actions advanced, the frequency of miss-touch decreased.

On the basis of the above findings, it can be concluded that the earlier it is in the course of proceeding with the program, the more it is difficult to cancel the program in the central nerve system for cancelling the on-going action, and that, as the program advances, it is easier to cancel the program. It was furthermore demonstrated that, as the age advanced, the program could be formed more firmly, making it difficult to cancel the program.

(J. Physical Fitness Japan 1982, 31 : 10~18)

I. 緒 言

動作を意図した場合、その動作の時空間的なパターンは、あらかじめ中枢内でプログラムされ、動作に先だって駆動されるという¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。ある動

作をくり返してゆくと、このプログラムはしだいに確立され、動作はステレオタイプ化してゆく。しかし司令が発せられ、動作が発現される過程でも、不測の事態に遭遇した場合などでは、反射によって修正され得る余地はなお残されている。

* 日本女子大学・一般教育・体育

Japan Women's University

** 日本大学・理工学部薬学

Nippon University

所在地：東京都文京区目白台2の8の1 〒112

発現過程中の動作を中止したり、他の動作に切換えねばならないときは、何らかの機序によって抑制が働き、これまでの動作プログラムがキャンセルされ、新たなプログラムにリセットされなければならない。本研究においては、この間の機序を解明しようとするものである。

Steriade, M. & Hobson, J.A.⁶⁾ は、無麻酔のサルを用いて実験し、定位反射のような覚醒反応を起させてみると、このとき大型錐体細胞のスパイク発射活動が減少したり、あるいは停止することをみている。同様に Klee⁵⁾ は、定位反射の中樞的な存在とみなされている上行性の網様体を刺激した場合、錐体細胞のある群では膜電位が過分極となり、スパイク電位の発生が抑制されることを報告している。

このような事実から、時間経過にしたがって逐次随意動作が遂行されてゆくとき、外乱刺激によって定位反射がトリガーとして働き、動作の停止や切換が行われ、同時に運動野に存在する動作のクリアー機構に関与してくるものと考えられる。

本実験においては、進行している動作を種々の時点において停止あるいは切換を要求して、そのプログラムのキャンセル能力を検討し、あわせて、中枢プログラムの可塑性を考察しようとしたものである。そのために8才、20才、および50～55才と幅広い年齢の被検者を用い、随意動作の制御機構を発育段階的に検討しようとした。

II. 実験方法

実験方法としての動作は、横にならんだ7個のkeyを順次押しに行く連続key押し動作である。keyはFig.1に示すように、8cm間隔で並置されており、ネオン管ランプの点灯による動作開始合図を受けて、右手第二指で、第1のkeyから第7のkeyまで順次すばやく押して、第1のkeyにもどる。連続key押し動作の途中、いずれかのkeyの個所でブザーが鳴った場合には、直ちにその動作を停止し、それ以後の動作をキャンセルし、はじめの第1のkeyにもどる。動作の中止個所は動作経過の初期、中期、後期に設定した。この時期は次の通りである。

- ① key 1 および key 2 を押し、key 2 を押した時にブザーが与えられ、key 1 にもどる。(以

Fig. 1 Device for experiment

S is signal lamp

B is buzzer to be cancelled movement and return to key 1

後この動作を1 → 2と略す。)

- ② key 1 から順次 key 4 まで押し、key 4 を押した時にブザーが与えられ、key 1 にもどる。(以後この動作を1 → 4と略す。)
- ③ key 1 から順次 key 6 まで押し、key 6 を押した時にブザーが与えられ、key 1 にもどる。(以後この動作を1 → 6と略す。)
- ④ 動作途中でブザーがならない場合は、key 1 から key 7 まで順次押し、key 1 にもどる。(以後この動作を1 → 7と略す。)

これら4通りの動作はランダムに配されており、被検者はkey 1 からkey 7 まで順次押していくうちに、key 2, 4, 6 のいずれかでブザーがなるか、あるいはkey 7 まででない場合もあり、動作の中止個所については予告されていない。したがって被検者は、動作の中止個所を予測しながらも、key 1 からkey 7 まで順次押す動作プログラムを組んでおかななければならない。

試行回数は、①～④の動作が各15回づつランダムに配され計60回とし、1試行毎に用意の指示を与え、その3秒後に動作開始のブザーを発した。

①～④の動作が含まれる一連の反応動作をキャンセル動作とし、あらかじめ中止点を予告したものがコントロール動作である。キャンセル動作に対応するコントロール動作は、予告のもとで15回づつ行った1 → 2, 1 → 4, 1 → 6, 1

→7 の試行である。

動作開始のブザーから key 1 を押すまでの時間を反応時間 (RT) とし, key 2 以降次の key までの時間をそれぞれ運動時間 (MT₁) とした。さらにそれぞれの動作の最終の key から, はじめの key 1 にもどるまでの運動時間を (MT₂) とした。各々の key 押し時のサインは, 記録紙上に描記され, 1/1000秒単位で所要時間を算出した。

被検者は 8 才 (小学校 2 年生), 20 才 (大学生) および 50~55 才の女子それぞれ 10 名である。

III. 実験結果

8 才, 20 才および 50 才代の年令別にみた 1→2, 1→4, 1→6, 1→7 反応における反応時間および運動時間の平均値と変動係数を Tab.1 および Fig.2 に示した。

動作開始のブザー音から, key 1 を押すまでの反応時間 (RT) は, コントロール動作およびキャンセル動作とも, 20 才の被検者が最も短く, 8 才児が最も延長しており, 年令によって反応時間に有意な差がみられた。また, いずれの年令においても, コントロール動作に比して, キャンセル動作の反応時間は有意に遅延している。

順次 key を押すときのコントロール動作の運動

Table 1. Mean value and coefficient of reaction time and movement time in key-pushing by each motion program.

age		8				20				50~55			
		control		cancel		control		cancel		control		cancel	
		$\bar{x}$	c	$\bar{x}$	c	$\bar{x}$	c	$\bar{x}$	c	$\bar{x}$	c	$\bar{x}$	c
1→2	S→1	349.6	14.6	441.6	12.3	230.4	16.3	319.2	12.8	332.8	10.8	406.4	16.9
	1→2	232.8	8.8	299.2	11.9	174.4	10.1	200.8	8.0	290.4	7.5	272.8	8.7
	2→1	246.4	11.1	664.0	17.8	192.8	12.7	483.2	16.9	282.4	11.4	651.2	10.3
1→4	S→1	354.4	12.0	442.4	14.4	246.4	14.4	316.0	16.2	308.8	14.9	405.6	13.2
	1→2	244.8	8.9	296.8	8.8	180.8	6.3	200.0	7.4	270.4	6.7	273.6	8.0
	2→3	256.8	9.4	331.2	17.4	186.4	8.0	228.8	18.6	258.4	7.1	272.0	7.8
	3→4	256.0	10.0	343.2	17.8	169.6	6.0	236.8	19.6	252.8	7.2	264.8	14.1
	4→1	350.4	20.0	694.4	18.6	245.6	9.5	536.8	15.9	371.2	9.6	664.8	12.9
1→6	S→1	374.4	14.5	447.2	13.9	242.4	14.6	314.4	13.9	324.0	13.2	402.4	16.9
	1→2	259.2	7.2	300.0	9.3	185.6	7.4	198.4	7.1	269.6	6.1	272.0	6.7
	2→3	276.8	8.2	332.8	12.1	190.4	7.2	225.6	20.0	248.0	13.0	269.6	7.8
	3→4	302.4	13.3	329.6	13.5	187.2	6.1	220.8	19.6	253.6	5.7	264.0	11.8
	4→5	316.8	9.9	399.2	20.9	202.4	10.3	241.6	19.8	259.2	5.2	248.8	13.2
	5→6	308.0	13.5	354.4	18.2	186.4	10.6	232.8	15.4	253.6	5.7	266.4	14.1
	6→1	450.4	16.3	709.6	17.3	302.4	13.8	547.2	17.5	430.4	7.5	720.0	11.8
1→7	S→1	391.2	15.3	442.4	15.8	269.6	12.6	315.2	15.1	345.6	15.8	388.0	12.5
	1→2	268.8	6.6	312.0	9.1	196.8	6.8	208.0	8.7	264.0	6.0	273.6	6.3
	2→3	269.6	15.9	344.0	24.5	190.4	7.6	228.8	24.8	234.4	5.4	268.8	10.4
	3→4	305.6	16.5	351.2	18.8	200.0	11.4	235.2	24.6	244.8	4.6	268.8	10.0
	4→5	324.8	15.9	380.0	24.1	209.6	12.1	235.2	15.7	242.4	4.6	280.8	17.0
	5→6	341.6	19.5	356.8	17.3	200.0	9.0	239.2	22.9	263.2	7.5	284.0	16.1
	6→7	324.0	17.4	431.2	23.6	196.0	9.0	263.2	25.3	231.2	6.5	254.4	14.5
	7→1	472.8	15.8	501.6	21.4	337.6	11.6	388.0	13.9	452.0	9.9	487.2	22.0

(msec) (%)

S→1 time of reation, S is signal to start,
1, 2,...7 key number
1→2 (4...7) pushing the keys one to next

Fig. 2 Reaction time and movement time in each action.
 S.....Start by buzzer signal
 1—7.....Key number in order
 →.....Direction of action

時間 (MT_1) は、20才の被検者の場合、1→2，1→4，1→6，1→7 反応について、180~200 msec であり、ほぼ一定の値を示し、8才児、50才代の値より有意にはよい。8才児では、押すkeyの数の多い1→6や1→7 反応において動作の後半から運動時間の延長してゆく傾向がみられた。50才代では20才に比して運動時間が遅延し、とくにkey 1 からkey 2 にいたる運動時間が遅延し、20才の被検者にみられるような等速度的な運動がなされていない。

キャンセリング動作において、順次keyを押してゆく運動時間 (MT_1) は、コントロール動作の

それに比して8才児、20才の被検者では有意に遅延し、50才代の被検者では遅延の傾向がみられるが若年層の場合に比してその遅延度は少ない。また8才児、20才の被検者では動作の後半すなわちkey 4 以後から運動時間の遅延がみられるが、50才代の被検者ではこの傾向がみられない。

1→2，1→4，1→6 および1→7 反応の最終のkey からkey 1 にもどる運動時間 (MT_2) はそれぞれkey 2，4，6，7，からkey 1 までの距離が異なるので、その運動時間はそれぞれ異なるが、1 key 間隔あたりの運動時間をみると、Tab. 2 に示すように、コントロール動作、キャンセリ

Table 2. The movement time (MT_2) per key interval

age	8		20		50—55	
	control	cancel	control	cancel	control	cancel
1 $\leftarrow$ 2	123.2	332.0	96.4	241.6	141.2	325.6
1 $\leftarrow$ 4	116.8	231.5	81.9	178.9	123.7	221.6
1 $\leftarrow$ 6	90.0	141.9	60.5	109.4	86.1	144.0
1 $\leftarrow$ 7	78.8	83.6	56.3	64.7	75.3	81.2

(msec)

1 $\leftarrow$ 2 (4, 6, 7) Movement time (MT_2) is the time spent in the motion from key 2 (4, 6, 7) to key 1.

ング動作ともに、動作開始直後にキャンセルを要求された場合のもどり時間 (MT_2) に延長がみられ、動作の後半すなわち key 7 に近づくにつれて短縮する傾向がみられた。両動作のそれぞれの反応におけるもどり時間は20才の被検者の値が最も短く、8才児と50才代の値はほぼ同じであった。

コントロール動作に比して、キャンセリング動作では、動作の中止点が予告されていないために key 1 にもどる時間 (MT_2) は、1 $\rightarrow$ 2, 1 $\rightarrow$ 4, 1 $\rightarrow$ 6, 1 $\rightarrow$ 7 反応いずれも遅延している。もどり時間の遅延の程度は、動作開始後にキャンセルをさせられる 1 $\rightarrow$ 2, 1 $\rightarrow$ 4, 反応ではとくに著しく、動作後半になるにしたがいコントロール動作との差異が少なくなる。

コントロール動作およびキャンセル動作の場合の各動作の時間値の変動を変動係数からみたものが、Tab.1 である。

コントロール動作、およびキャンセル動作における各反応すなわち 1 $\rightarrow$ 2, 1 $\rightarrow$ 4, 1 $\rightarrow$ 6 および 1 $\rightarrow$ 7 反応における反応時間の値のばらつきには相異がみられなかった。また 8 才児, 20 才, 50 才代の年齢にもばらつき度に差異がみとめられない。動作が開始された直後の 1 $\rightarrow$ 2 の運動時間 (MT_1) のばらつきも少なく、反応時間や他の運動時間のそれに比して変動係数は小さい。しかし、動作が進行するにつれて、すなわち key 押しが進むにつれて、コントロール動作に比してキャンセリング動作の運動時間 (MT_1) のばらつきが大きく、この傾向は20才の成人に著明である。8 才の児童では20才の成人と同様の傾向がみられるが、コントロール動作およびキャンセリング動作とも20才の成人よりも変動係数が大きく運動時間の値のばらつきが大きいことが示された。

このようなキャンセリング動作の運動時間

Table 3. The frequency of delayed value in reaction time and movement time

age		8	20	50—55
1 $\rightarrow$ 2	S $\rightarrow$ 1	5.2	2.5	4.5
	1 $\rightarrow$ 2	0.0	0.0	1.5
	2 $\rightarrow$ 1	11.4	6.7	3.0
1 $\rightarrow$ 4	S $\rightarrow$ 1	0.9	0.0	1.0
	1 $\rightarrow$ 2	1.8	0.0	1.0
	2 $\rightarrow$ 3	2.7	9.2	5.8
	3 $\rightarrow$ 4	5.3	8.3	1.0
	4 $\rightarrow$ 1	0.0	5.0	13.0
1 $\rightarrow$ 6	S $\rightarrow$ 1	3.5	0.8	4.5
	1 $\rightarrow$ 2	1.8	0.0	1.5
	2 $\rightarrow$ 3	0.0	14.2	3.0
	3 $\rightarrow$ 4	4.4	8.3	0.0
	4 $\rightarrow$ 5	7.9	13.3	1.5
	5 $\rightarrow$ 6	3.5	8.3	3.0
	6 $\rightarrow$ 1	10.5	6.7	6.0
1 $\rightarrow$ 7	S $\rightarrow$ 1	5.3	0.0	0.0
	1 $\rightarrow$ 2	2.7	0.0	2.9
	2 $\rightarrow$ 3	2.7	14.2	2.9
	3 $\rightarrow$ 4	2.7	15.0	4.3
	4 $\rightarrow$ 5	7.1	11.7	11.4
	5 $\rightarrow$ 6	4.4	8.3	7.1
	6 $\rightarrow$ 7	10.6	16.7	2.9
	7 $\rightarrow$ 1	2.7	3.3	8.6

(%)

1.....7 is key number

 $\rightarrow$ direction of movements

(MT_1) 値のばらつきは、平均値から 2σ 以上も遅延する値の出現することによる。この遅延値の発現率は Tab.3 に示すように、変動係数が最も小さく、値が一定していた 1 $\rightarrow$ 2 の運動時間ではその出現率は少ない。 2σ 以上の遅延値の発現率の高いのは、20才の成人で、とくに動作の後半

部に多く発現しており、このような遅延値の発現が、変動係数を大きくしていたといえよう。

キャンセル動作においては、動作を停止しなければならぬ key で停止できずに、次の key までいきすぎて押してしまう誤動作がみられる。この誤動作の発現率を、各反応別、年齢別にみたものが、Tab. 4 である。

Table 4. The frequency of miss-touch in key-pushing

age	8	20	50~55
1→2	50.9	50.0	56.7
1→4	10.6	25.0	34.8
1→6	10.6	27.0	61.2

(%)

動作開始直後に、動作のキャンセルを行う 1→2 反応の場合には、誤動作の出現率がいずれの年齢においても高く、動作の約半数が key 2 で停止できずに、key 3 をおしていることになる。しかし、1→4 や 1→6 反応のように、key 押し動作がある程度進行してから、動作をキャンセルする場合には、20才の成人では、誤動作出現率は10%と減少している。また 8才の児童でも同様に約25%と減少するが、50才代の成人では、誤動作は減少せず、動作途中での動作プログラムのキャンセルが困難であることが示された。

IV. 考 察

動作の発現にあたっては、それに先だって運動のプログラムが、大脳皮質、小脳、基底核およびこれらを結合する視床を含めたプログラム中枢内で構成され、情報の入力によってプログラムが駆動される。このようなプログラムが途中でキャンセルされる場合、いかにプログラム変更がなされ、動作の切替がされるかを検討した。

コントロール動作とキャンセル動作とは、予告による情報の有無に相異があるだけで動作そのものには相違はない。それにもかかわらず、キャンセル動作が、コントロール動作に比して反応時間や運動時間に遅延がみられた。すなわち Tab. 5 に示すように、それぞれの反応の反応時間にみられる平均遅延率は、8才児で21%、20才成人で29%、50才代の成人では22%と遅延してい

る。刺激に対して key 1 をおす反応時間は、その後の動作が、どこで停止させられようと、反応時にはかわらないとの仮定にも拘わらず20~29%の遅延を示している。この事実から一連の系の中で生ずる変化に動作全般が影響を受けることが示された。著者ら⁷⁾はすでに連続 key おし動作の実験において、プログラムの変更に伴う反応時間の変化をみており、本実験にみられる同様な変化も、プログラムの変更によって生ずることが推測される。刺激に応じた後、順次 key を押していくキャンセル動作の運動時間 (MT₁) のコントロール動作に対する遅延率は、8才児で20%、20才成人で19%、50才代の成人で6%の平均遅延率を示し、動作途中でプログラムをキャンセルさせられることによって、動作に抑制がかけられている。この抑制は50才代成人では若年者よりも少なく、年齢がすすむにつれて、ひとたび組まれたプログラムが固定化し、状況の変化に伴う、新たなプログラムの変更が困難であると考えられる。そのため、コントロール動作とキャンセル動作との差異が少なく、抑制量も少ないと推測された。また動作をキャンセルしてから key 1 にもどる運動時間 (MT₂) についても50才代の成人の遅延率は少なく、20才成人ではこの遅延率が最も大きく、プログラムの固定の程度によって、キャンセルに要する時間に差異が生ずるものと推定された。

プログラムの固定化については、値のばらつき度、すなわち変動係数 (Tab. 1) から検討され得る。キャンセル動作時に、遅延率の高かった20才成人では最も変動係数が大きく、新たな動作プログラムの変更に伴う値の変動がみとめられた。ついで、8才児にもこの傾向がみられたが、50才代成人では若年者よりも値のばらつきが少なく、動作のステレオタイプ化がみられた。

さらに動作が停止される際の行きすぎによる誤動作をみると、20才、8才の若年者に比して、50才代成人では動作の中間部、後半部においても正しく停止できずに次の key をおす誤動作が多い。このことは組みこまれた、key おし動作のプログラムを途中でキャンセルすることが困難であり、あらたなキャンセル動作に適応したプログラムの組みかえに応じられないものと推察される。

Table 5. The difference between cancel and control movement, and the ratio of cancel movement to control movement

		Difference (msec.) (cancel-control)			Ratio (cancel/control)		
age		8	20	50~55	8	20	50~55
1→2	S→1	92.0	88.8	73.6	1.26	1.39	1.22
	1→2	66.4	26.4	-17.6	1.29	1.15	0.94
	2→1	417.6	290.4	368.8	2.69	2.51	2.30
1→4	S→1	88.0	69.6	96.8	1.25	1.28	1.31
	1→2	52.0	19.2	2.8	1.21	1.11	1.01
	2→3	74.4	42.4	13.6	1.29	1.23	1.05
	3→4	87.2	67.2	12.0	1.34	1.40	1.05
	4→1	344.0	291.2	293.6	1.98	2.19	1.79
1→6	S→1	72.8	72.0	78.4	1.19	1.30	1.24
	1→2	40.8	12.8	2.4	1.16	1.07	1.01
	2→3	56.0	35.2	21.6	1.20	1.19	1.09
	3→4	27.2	33.6	10.4	1.09	1.18	1.04
	4→5	82.4	39.2	-10.4	1.26	1.19	0.96
	5→6	46.4	46.4	12.8	1.15	1.26	1.05
	6→1	259.2	244.8	289.6	1.58	1.81	1.67
1→7	S→1	51.2	45.6	42.4	1.13	1.17	1.12
	1→2	43.2	11.2	9.6	1.16	1.06	1.04
	2→3	74.4	38.4	34.4	1.28	1.20	1.15
	3→4	45.6	35.2	24.0	1.15	1.18	1.10
	4→5	55.2	25.6	38.4	1.17	1.12	1.16
	5→6	15.2	39.2	20.8	1.05	1.20	1.08
	6→7	107.2	67.2	23.2	1.33	1.34	1.10
	7→1	28.8	50.4	35.2	1.06	1.15	1.08
					Average rate (cancel/control)		
age		8	20	50~55			
RT(S→1)		1.21	1.29	1.22			
MT ₁		1.21	1.19	1.06			
MT ₂		2.08	2.17	1.92			

加齢に伴い、すばやい動作の切換やあらたなスキルの習得が困難になるのは、この実験においてみられたように、獲得されたプログラムの変更がむずかしく、動作がステレオタイプ化しやすいことに由来しているであろう。

8才児においては誤動作も少なく、またキャンセル動作が、コントロール動作時よりも20才被検者と同様に遅延していることから、50才代成人よりも、動作の停止、プログラムの変更が容易であることが示された。しかも、8才児では、コントロール動作時、キャンセル動作時とも値のば

らつきが大きく、動作がステレオタイプ化していないことが示された。したがって児童は成人に比して、プログラム変更の可塑性に富むが、プログラムの固定化が弱く、その結果、key 押し動作にみられる手のはこびにばらつきが生じるものと推測される。

キャンセル動作にみられる運動時間のばらつきの大きさは、遅延値の出現に由来することをみたが、この遅延値の出現が、動作中止を行うkey に多いことから、動作の中止を予測して、動作が抑制され遅延値が出現したものと推定され

る。20才の成人では動作の後半でこの遅延値の出現が多く、動作が進むにつれてフィードバックされる情報量が増加し、それを手がかりとする予測動作が生じてくるためと思われる。

動作の進行中、時系列的に変化する情報の入力を手がかりとし、プログラムが修正されていくとすれば、動作の変更、修正は、動作の進行の程度によって異なることが推定される。そこで、動作の時間経過にしたがって、動作プログラムのキャンセル様相がいかに異なるか検討すると、動作の初期すなわち key 2 で動作プログラムをキャンセルして動作停止を行う場合が最もキャンセルが困難であることが、成人、児童ともに示された。すなわち動作停止から key 1 にもどる時間が、コントロール動作と比して、8才児で 2.59, 20才成人で 2.51, 50才代成人で 2.30 倍と遅延し、key 3 まで停止できずにおす誤動作の出現頻度も、動作後半の場合より多い。プログラムが駆動された初期には、動作プログラムにしたがって推定されており、入力情報による修正が及びにくいことが示された。しかし、次々と動作が遂行されるにしたがって、入力情報がフィードバックされ、はじめにたてられたプログラムがそれらの情報をもとに修正をうけ、プログラム変更が容易になることが推測された。

V. 総 括

遂行中の動作が、新たな別動作に切換えられるには、動作の中枢プログラムのキャンセルと、新たな動作のプログラム化が要求される。さらにこのキャンセルが、プログラム遂行の時系列的变化に伴い、いかなる様相を示すか、またプログラム形成の程度に応じていかなるキャンセル能力にちがいを生ずるかを検討するため、成人(20才代, 50才代)および児童を対象として測定を行い、次の知見をえた。

1. コントロール動作に比して、動作を途中でキャンセルするキャンセル動作時では、成人、児童ともに反応時間に遅延を生ずる。運動時間にも遅延を生ずるが、とくに動作の後半部での遅延が著しく、この傾向は20才代の成人と児童にみられ、50才代成人では、コントロール動作の差異は少なかった。

2. 動作をキャンセルしてつぎの動作への移行に要する切換のための時間は、動作プログラムが発動された初期に、最も長い時間を要した。動作プログラムが進行するにしたがって、動作の中間部、後半部における動作の切換時間の遅延は減少した。

3. 変動係数からみた反応時間値のばらつきは、コントロール動作、キャンセル動作ともに差異がみられない。運動時間については、動作開始直後の値のばらつきは両動作ともにきわめて少ないが、動作の進行に伴いキャンセル動作に値のばらつきが増加する。この傾向は20才代成人と児童に著明にみられるが、50才代成人では値のばらつきは少ない。

4. 反応時間および運動時間の中で、平均値よりも 2σ 以上の遅延を示す遅延値の出現率は、キャンセル動作の場合にみられ、とくに動作が進行した後半部に多い。遅延値の出現率は20才の成人に最も多い。

5. キャンセル動作の場合、動作を停止しなければならない key で、停止できずにつぎの key をおしてしまう誤動作の発現率は、動作の初期にキャンセルが行われた場合に最も多く、いずれの年齢層でも約50%の出現率であった。動作の進行に伴い、誤動作の出現率は減少するが、50才代の成人では、この傾向はみられず、後半部においても誤動作の出現率の減少はみられなかった。

6. 以上のことから、動作の切換時にみられる中枢プログラムのキャンセルは、プログラム発動の初期ほど困難であり、プログラムが進行するにしたがい、キャンセルが容易になることが知られた。さらに年齢が進むにつれてプログラムが強固に形成され、動作がステレオタイプ化し、プログラムのキャンセルが困難になることが示された。

(受付 昭和56年4月25日)

文 献

- 1) Evarts, E.V. (1966) : Pyramidal tract activity associated with a conditioned hand movement in the monkey. *J. Neurophysiol.*, **29**, 1011-1027.
- 2) Evarts, E.V. (1968) : Relation of pyramidal tract activity to force exerted during voluntary movement. *J. Neurophysiol.*, **31**, 14-

- 27.
- 3) Evarts, E.V. & Tanji, J. (1974) : Gating of motor cortex reflexes by prior instruction. *Brain Res.*, **71**, 479-494.
- 4) Evarts, E.V. & Tanji, J. (1976) : Reflex and intended response in motor cortex pyramidal tract neurons of monkey. *J. Neurophysiol.*, **39**, 1069-1080.
- 5) Klee, M.R. (1966) : Different effects of the membrane potential of motor cortex units after thalamic and reticular stimulation. *The Thalamus*, Purpura, D.P. & Yahr, M.D. New York, Columbia Univ. Press, 287-322.
- 6) Steriade, M. & Hobson, J.A. (1976) : Neuronal activity during the sleep-waking cycle. *Prog. Neurobiol.*, **6**, 155-376.
- 7) 渡辺俊男, 川原ゆり(1977) : 中枢プログラミングの変更に伴う動作の変容, *体力科学* **26**, 145-154.