

昭和45年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. III 寒冷条件が心的機能に及ぼす影響について

財団法人 日本体育協会  
スポーツ科学委員会



# 寒冷条件が心的機能に及ぼす影響について

東京教育大学 松田 岩男  
日本大学 藤田 厚  
日本大学 浅井 正昭  
早稲田大学 上田 雅夫  
順天堂大学 加賀 秀夫

人間の心身の状態はいろいろな環境的条件の変化によって影響されるが、温度の変化による影響は特に重要であり、見逃すことのできないものが多い。

温度の変化の影響による生理的变化については、これまで数多くの多面的な研究があるが、心理的側面に関する研究は必ずしも多いとはいえない。特に、寒冷条件下においては、人間の心理的側面として、記憶、判断、推理などの高次な機能はもちろんのこと、末梢の機能に関する感覚、反射あるいは反応などの知覚・運動機能が著しく低下して、動作の円滑さを欠くに至るであろうことは容易に想像されることである。ところが、このような寒冷条件の心的機能に及ぼす影響に関して行なわれたいくつかの研究をみると、人間を全一体として捕えて、総合的に、また多面的にその影響を調べるのではなくて、個々の心的特性や動作の変化から追究しているものが大部分である。

本研究は1972年に札幌において開催される第11回オリンピック冬季大会のための研究の一環として企画されたものであるが、その目的は、選手の心的機能が寒冷条件下においてはどのような低下現象を示すものかについて多面的な見地から検討して、もしそのような低下現象が認められるとするならば、心的機能のどのような側面にそれが現われやすいかということ明らかにすることによって、競技開始前や競技進行中のいわゆる待ち時間にどのような対策を講ずべきかの基礎資料を提供しようとするところにある。

## 方法

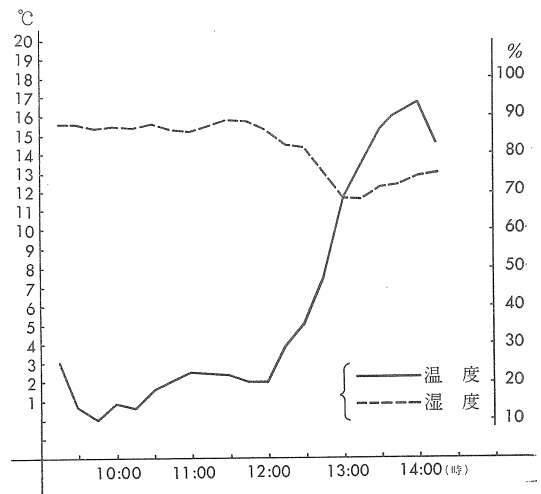
実験は1971年2月16日に北海道真駒内の自衛隊北方スキー訓練隊に所属するパイヤスローン選手9名について、室内において行なった。

### α) 実験条件

被験者の9名はそれぞれ寒冷と適温の二つの条件下において10項目に亘る検査を受けたが、最初は寒冷条件下において、次に適温条件下においてその検査を受けることにした。寒冷条件とは部屋（体育館）の窓を開放した中でトレーニング用の軽装で行なうものであり、適温条件下とは部屋の窓を閉じて、スティームで暖房した中で通常の衣服をつけて行なうものである。検査場の室温および温度の変化は第1図のとおりである。

実験は寒冷条件下においては、午前10時から11

第1図 実験室内の温度および湿度の変化



時半まで、適温条件下においては午後1時から2時までで行なった。

## b) 検査項目

### ① 体温測定

実験中の体温の変化をみるためにサーミスター温度計を用いて直腸温と、正中前顔面の皮膚温を測定した。但し、直腸温については選手が異物感を訴えることが多かったために寒冷条件下のみにおいて測定し、皮膚温については寒冷と適温の両条件下における実験の前後に測定を行なった。但し、適温条件の場合には実験の前は行なわなかった。

### ② 数字の逆唱検査

ランダムに配列された数字が実験者によって口頭で示された後にそれを逆から再生することができる桁数を測定するもので記憶力の検査として用いた。

### ③ 無意味綴の再生検査

実験者が口頭で与えた無意味綴をそのまま直ちに再生するまでの時間を測定するもので同じく記憶検査として用いた。

### ④ Stroop 検査

この検査は短時間内の判断力を調べるために用いられたが、それはA、B、C、Dの4項目から成っている。

Stroop A：黒地に赤、緑、青、黄の4色の水玉模様がランダムに配列してあるが、その一定数のものの色を呼称して終るまでの時間を測定する。

Stroop B：黒地に赤、緑、青、黄という文字をランダムに配列されて書かれているが、その一定数の文字を呼称するのに要する時間を測定する。

Stroop C：黒地に赤、緑、青、黄という文字が色が変わり（例えば赤という文字は緑に、緑という文字が黄色で）採色して、文字およびその色がランダムに配列されている一定の数のものについて、その文字を呼称するのに要する時間を測定する。

Stroop D：黒地に赤、緑、青、黄という文字が色が変わりランダムに配列されているC検査と同じ刺激について、その色を呼称するのに要する時間を測定する。

### ④ ベッグ・ボート検査

検査板の上に植え込まれた小指の頭大のベッグ（木栓）を15秒間に何本並べかえることができるかその数を測定するもので、指先の器用さを調べるのに用いた。

### ⑤ 迷路追跡検査

T型の迷路の組合わせによる一定の迷路を鉛筆で辿るのに要する時間を測定するもので、運動と視覚の協調に関係する調整力を見ために用いた。

### ⑥ タイミング能の検査

職業適性検査器を用いて、一定の間隔（0.5sec, 1.0sec, 2.0sec）を置いて左の方向に継時的に呈示される第1、第2、第3の光刺激の時間間隔を、その左の第4のランプを点灯することによって再生させるもので、時間間隔の記憶とその再生能力をしらべるのに用いた。

### ⑦ 単純反応時間の測定

眼の前のランプが点灯したら、それに対して、右手の人さし指で直ちに反応するまでの反応速度を測定した。

### ⑧ 全身反応時間の測定

眼の前のランプが点灯したら、それに対して両脚で軽くジャンプするという全身反応の速度を測定した。測定はジャンプ用の台にストレン・ゲージを貼りつけて、光を見てからジャンプするまでの動作開始時間（神経伝導時間）と、筋収縮からの開始反応にいたるまでの筋収縮時間を歪アンプを介してオシログラフの上に記録する方法によった。

### ⑨ フリッカー値の測定

フリーカー測定器を用いて閃光融合閾値（フリッカー値）を測定した。この検査は大脳皮質の機能に直接的な関連をもつものとしての網膜の弁別機能を調べるために用いた。

### ⑩ 動体視力の測定

アコモドメーター（眼の調節機能検査器）を用いて、両眼視で前方から45k/hの速度で移動してくる視標（ランドルト氏環）を明視できる視力を測定した。

## 結 果

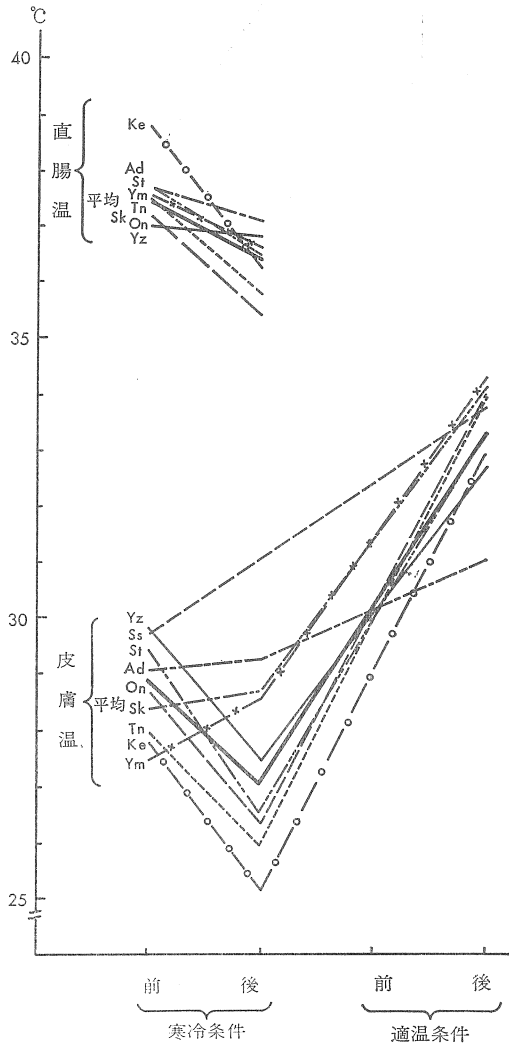
### ① 体温の変化

寒冷条件の前後および適温条件の後に測定した

直腸温と皮膚温の変化を示したのが第2図である。

この結果に明らかなように、直腸温は平均約1度、皮膚温は平均約2度、いずれも寒冷条件下に

第2図 実験中の体温の変化



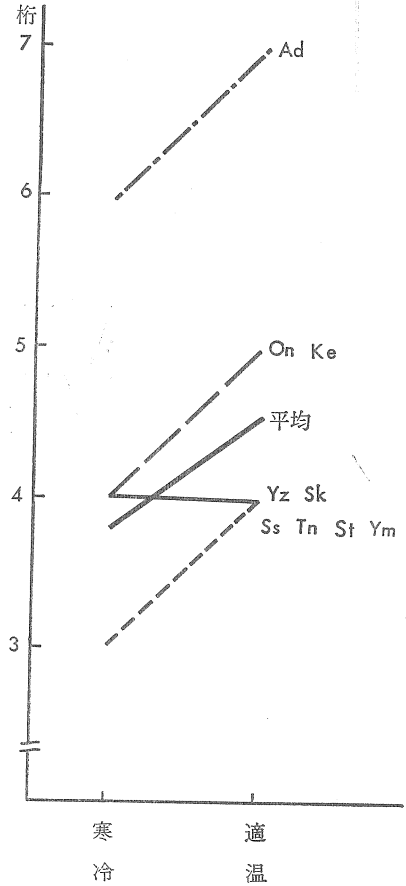
おいては下降を示している。

しかし、適温条件下では大きく上昇し、寒冷条件下での実験終了後に比べて、皮膚温は平均約6.5度、また寒冷条件下での実験開始前に比べて、それは平均約4.5度も上昇している。この結果から推測すると、直腸温も適温条件下においては平均約1度内外の上昇があるものと考えられる。

② 数字の逆唱検査

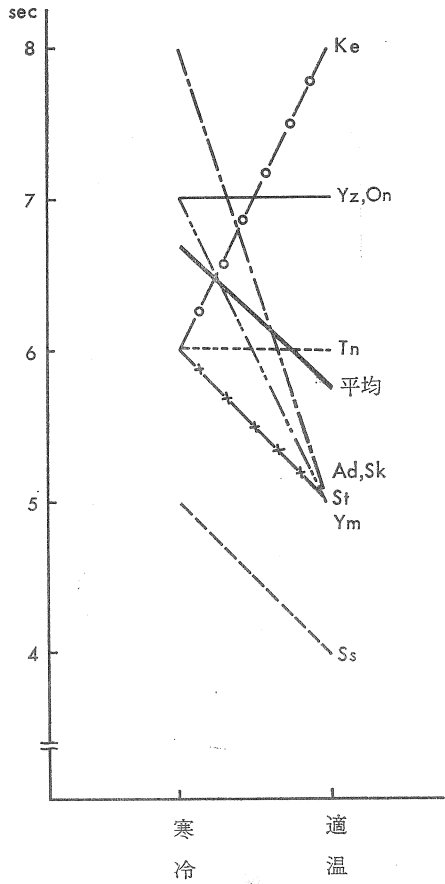
二つの条件下における数字の逆唱桁数を比較すると第3図および第1表のようになる。

第3図 第1表 寒冷条件下と適温条件下における数字の逆唱桁数の比較

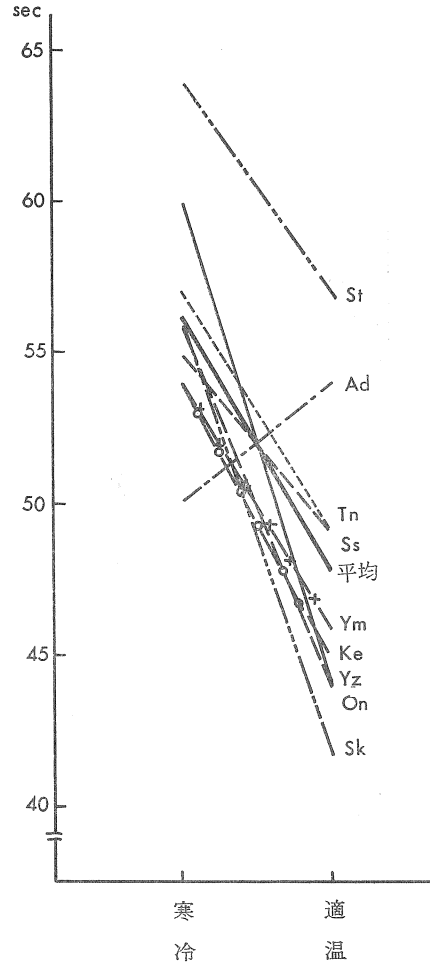


条件	寒 冷	適 温	差
Yz	4 桁	4 桁	0 桁
Ss	3	4	-1
Tn	3	4	-1
Ad	6	7	-1
St	3	4	-1
Sk	4	4	0
On	4	5	-1
Ym	3	4	-1
Ke	4	5	-1
平均	3.8 sec	4.6 sec	-0.8 sec
t	t=5.306		***

第4図 第2表 寒冷条件下と適温条件下における無意味綴再生時間の比較



第5図 第3表 寒冷条件下と適温条件下におけるStroop A 検査の比較



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	7 sec	7 sec	0 sec
Ss	5	4	1
Tn	6	6	0
Ad	8	5	3
St	7	5	2
Sk	8	5	3
On	7	7	0
Ym	6	5	1
Ke	6	8	-2
平 均	6.7 sec	5.8 sec	0.9 sec
t	t=1.654		

条件	寒 冷	適 温	差
Yz	60 sec	44 sec	16 sec
Ss	55	49	6
Tn	57	49	8
Ad	50	54	-4
St	64	57	7
Sk	56	42	14
On	56	44	12
Ym	54	46	8
Ke	54	45	9
平 均	56.2 sec	47.8 sec	8.4 sec
t	t=4.405 ※※		

被験者は全体として適温条件下においては寒冷条件下におけるよりも逆唱桁数が増大しており、平均値の差  $t$  を検定した結果0.01%水準でその差は有意であった。

③ 無意味綴の再生

二つの条件下における無意味綴の再生時間の変化は第4図および第2表に示した。

この結果によると二つの条件下における結果は被験者によってまちまちであり、平均値の上でも有意の差を認め得なかった。

④ Stroop 検査

Stroop A

二つの条件下における Stroop A の結果を第5図および第3表に示した。

この結果によれば全体として適温条件下においては時間が減少しており、 $t$  検定の結果では1%水準で有意の差が認められた。

Stroop B

Stroop B 検査についても同様である。すなわち、第6図と第4表に示したとおり、全体的に適温条件下においては時間が減少しており、その差は1%水準で有意であった。

Stroop C

ここにおいても同様に、全体として適温条件下においては時間が減少していることが認められる。すなわち、二つの条件下における平均値の差は1%水準で有意であった。(第7図 第5表)

Stroop D

ここにおいてもA, B, Cそれぞれの場合と同様に、適温条件下においては全体として時間が短縮している。 $t$  検定の結果では5%水準で二つの平均値の間に有意の差が認められた。(第8図 第6表)

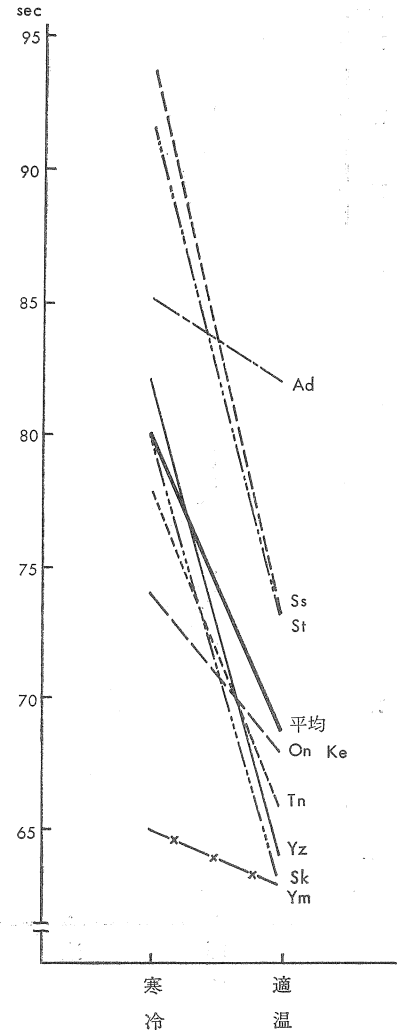
⑤ ペッグ・ボード検査

15秒間に並べ換え得るペッグの数を、二つの条件下で比較してみると、第9図と第7表に示したとおり、明らかに適温条件下ではその数が増加している。 $t$  検定の結果では、0.1%水準で二つの平均値の間に有意の差が認められた。

⑥ 迷路の追跡検査

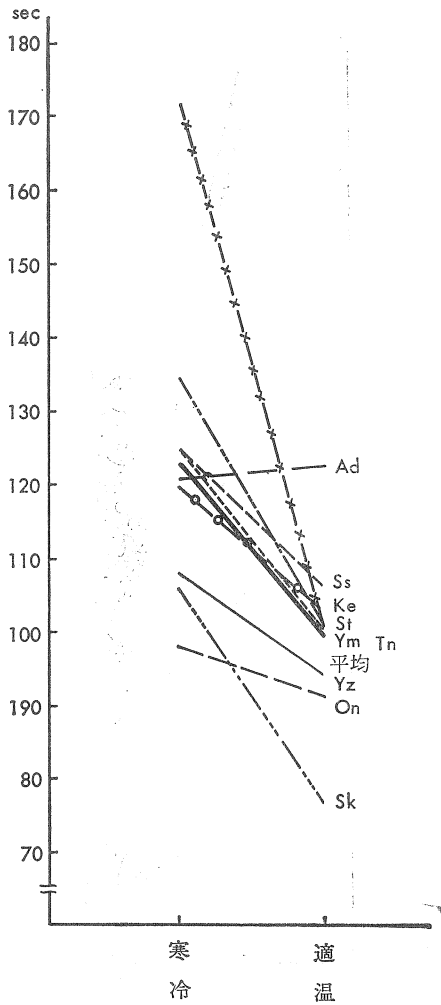
一定のT型迷路の組み合わせを追跡するのに要する時間を二つの条件下で比較してみると、第10図と第8表のとおり、適温条件下では時間の短縮が

第6図 第4表 寒冷条件下と適温条件下における Stroop B 検査の比較

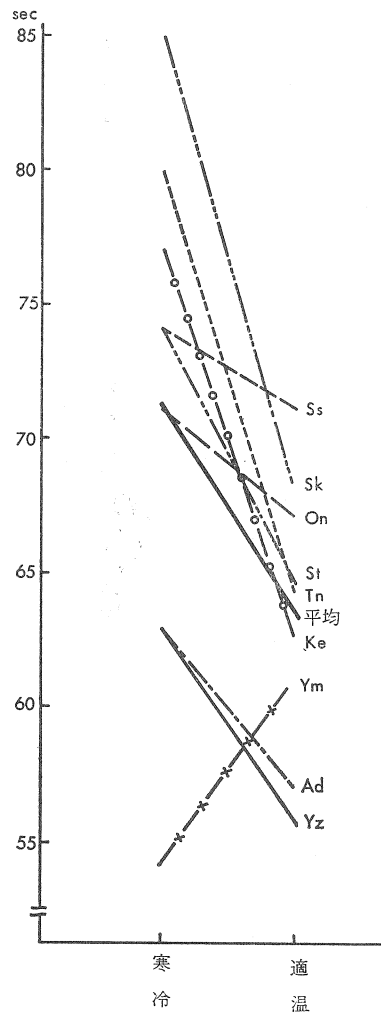


条件	寒 冷		適 温		差
	寒	冷	適	温	
Yz	82	sec	64	sec	18 sec
Ss	94		73		21
Tn	78		66		12
Ad	85		82		3
St	92		73		19
Sk	80		63		17
On	74		68		6
Ym	65		63		2
Ke	75		68		6
均 平	80.4 sec		68.9 sec		11.5 sec
$t$	$t=4.655$				※※※

第7図 第5表 寒冷条件下と適温条件下における Stroop C 検査の比較



第8図 第6表 寒冷条件下と適温条件下における Stroop D 検査の比較

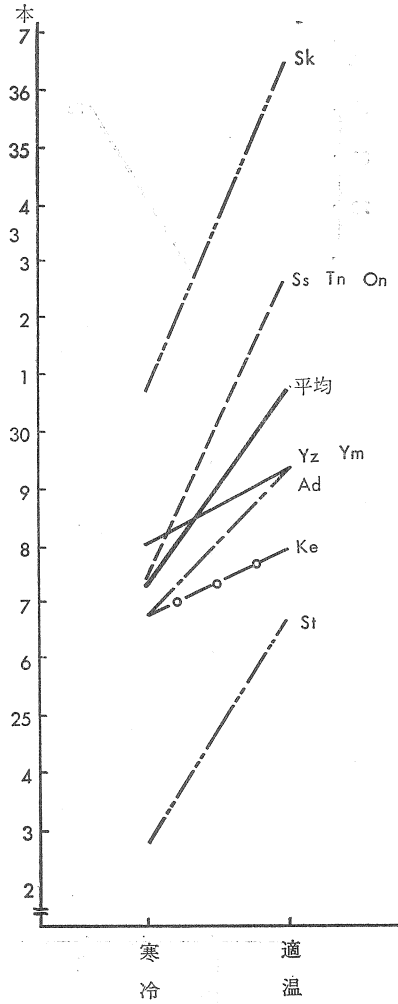


条件	寒 冷	適 温	差
Yz	108 sec	94 sec	14 sec
Ss	125	106	19
Tn	125	100	25
Ad	121	123	- 2
St	135	102	33
Sk	106	77	29
On	98	91	7
Ym	172	101	71
Ke	120	103	17
平 均	123.3 sec	99.7 sec	23.6 sec
t		t=3.418	※※

条件	寒 冷	適 温	差
Yz	63 sec	56 sec	7 sec
Ss	74	71	3
Tn	80	64	16
Ad	63	57	6
St	74	65	9
Sk	85	68	17
On	71	67	4
Ym	54	61	- 7
Ke	77	63	14
平 均	71.2 sec	63.6 sec	7.6 sec
t		t=3.061	※



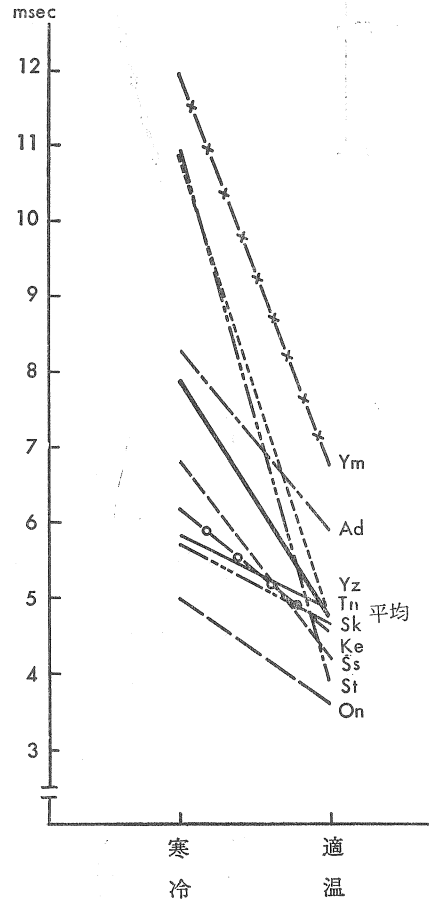
第9図 第7表 寒冷条件下と適温条件下における  
ペグ・ボード検査の比較



条件	寒冷	適温	差
Yz	28.0 本	29.3 本	- 1.3 本
Ss	27.3	32.7	- 5.4
Tn	27.3	32.7	- 5.4
Ad	26.7	29.3	- 2.6
St	22.7	26.7	- 4.0
Sk	30.7	36.7	- 6.0
On	27.3	32.7	- 5.4
Ym	28.0	29.3	- 1.3
Ke	26.7	28.0	- 1.3
平均	27.19本	30.82本	- 3.63本
t		t=8.049	***

みられる。t検定の結果では二つの平均値の間に  
1%水準で有意の差が認められた。

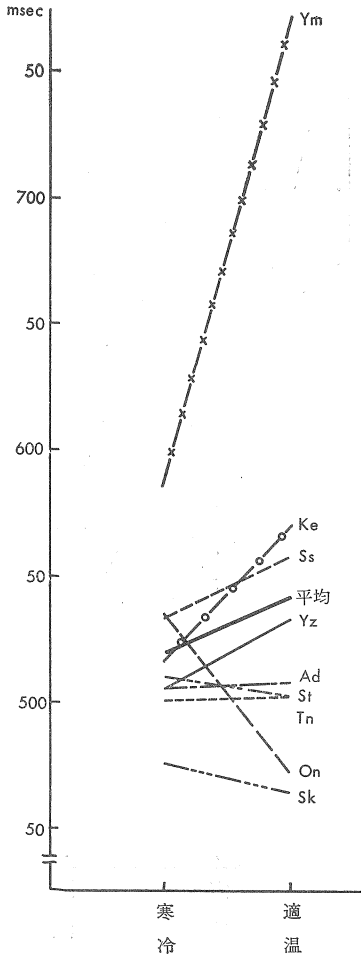
第10図 第8表 寒冷条件下と適温条件下における  
迷路追跡検査の比較



条件	寒冷	適温	差
Yz	5.84 sec	4.82 sec	1.02 sec
Ss	6.83	4.20	2.63
Tn	10.83	4.70	6.13
Ad	8.34	5.91	2.43
St	10.92	3.88	7.04
Sk	5.72	4.70	1.02
On	4.98	3.61	1.37
Ym	11.96	6.77	5.19
Ke	6.18	4.51	1.67
平均	7.956 sec	4.789 sec	3.167 sec
t		t=4.081	**

⑦ タイミング能の検査

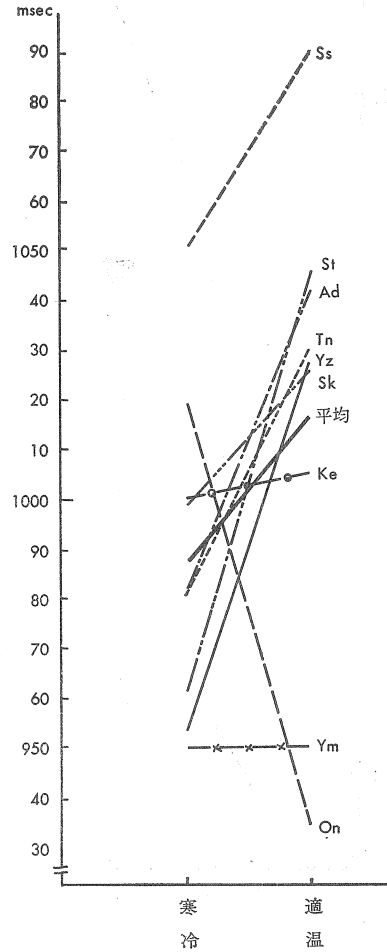
第1, 第2の光刺激間隔がそれぞれ0.5, 1.0,  
第11図 第9表 寒冷条件下と適温条件下におけるタイ  
ミング誤差時間の比較 (刺激間隔 0.5sec)



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	506 msec	532 msec	- 26 msec
Ss	534	558	- 24
Tn	500	502	- 2
Ad	506	508	- 2
St	510	502	8
Sk	476	464	12
On	536	474	62
Ym	584	772	-188
Ke	516	570	- 54
平 均	518.7 msec	542.5 msec	- 23.8 msec
t	t=1.029		

2.0secの再生に関するタイミング能の検査の結果  
を, 第11図と第9表, 第12図と第10表, 第13図と

第12図 第10表 寒冷条件下と適温条件下における  
タイミング誤差の比較 (刺激間隔 1.0sec)

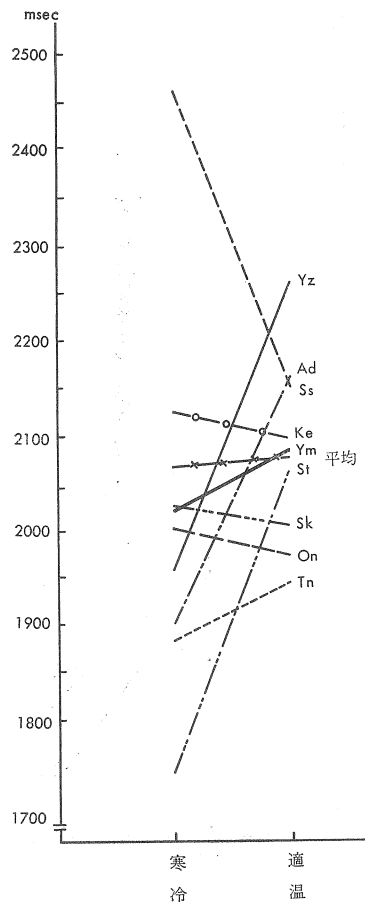


条件	寒 冷	適 温	差
Yz	952 msec	1,028 msec	-76 msec
Ss	1,050	1,090	-40
Tn	982	1,030	-48
Ad	982	1,042	-60
St	962	1,046	-84
Sk	998	1,026	-28
On	1,020	934	86
Ym	950	952	- 2
Ke	1,000	1,006	- 6
平 均	988.4 msec	1,017.1 msec	- 28.7 msec
t	t=1.674		

第11表に示した。

この結果によれば3種類の刺激間隔の再生に関するタイミング誤差時間は全体として寒冷条件下

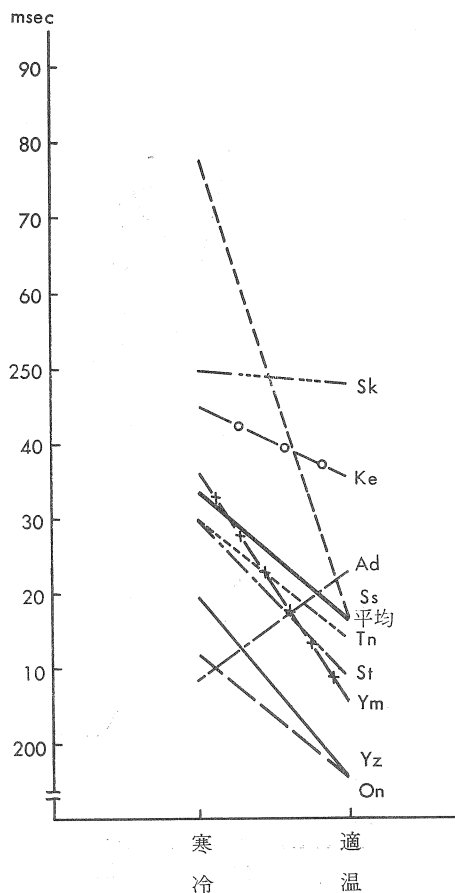
第13図 第11表 寒冷条件下と適温条件下における  
タイミング誤差の比較 (刺激間隔 2.0sec)



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	1,958 msec	2,226 msec	-308 msec
Ss	2,476	2,156	320
Tn	1,880	1,946	-66
Ad	1,894	2,174	-280
St	1,740	2,062	-322
Sk	2,024	2,000	24
On	2,000	1,970	30
Ym	2,066	2,076	-10
Ke	2,124	2,096	28
平均	2,018.0 msec	2,082.9 msec	-64.9 msec
t	t=0.933		

と適温条件下において認むべき差異を示していないといえるようである。平均値の差の検定の結果にもそれが明らかである。また、個々人について

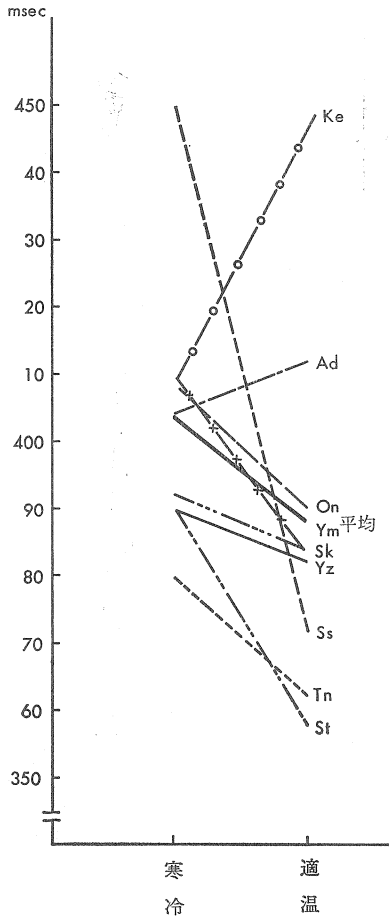
第14図 第12表 寒冷条件下と適温条件下における  
単純反応時間の比較



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	219.4 msec	195.4 msec	24.0 msec
Ss	278.7	217.8	60.9
Tn	229.6	214.7	14.9
Ad	208.2	223.1	14.9
St	229.9	209.7	20.2
Sk	249.9	248.1	1.8
On	212.7	195.2	17.5
Ym	236.4	206.5	29.9
Ke	245.0	235.6	9.4
平均	234.42 msec	216.23 msec	18.19 msec
t	t=3.19 ※		

みても3種類の刺激間隔のそれぞれの場合においてタイミングが早すぎたり、遅れたりして一定の傾向を示していない。但し、ここに注目すべきこ

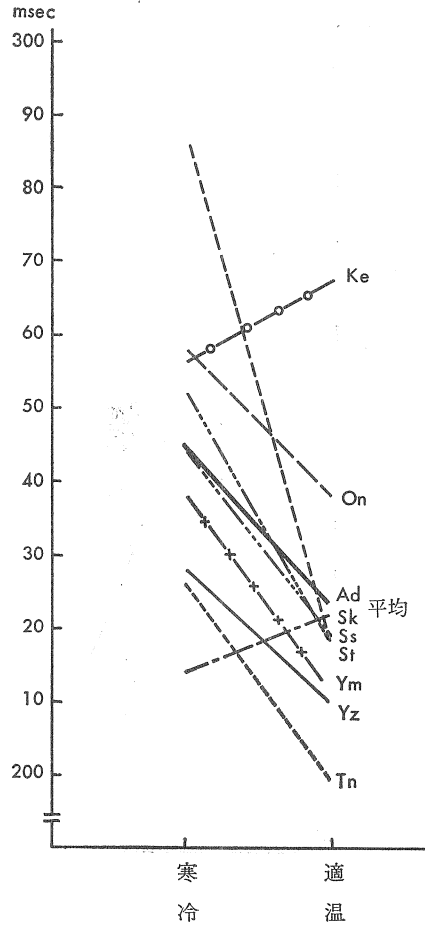
第15図 第13表 寒冷条件下と適温条件下における全身反応時間の比較



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	390 msec	382 msec	8 msec
Ss	450	372	78
Tn	380	362	18
Ad	404	412	- 8
St	390	358	32
Sk	392	384	8
On	408	390	18
Ym	410	384	26
Ke	408	448	-40
平 均	403.6 msec	388.0 msec	15.6 msec
t	t=1.472		

とがある。それは、第9表、第10表、第11表の差の絶対値に示されているように、第1、第2の刺

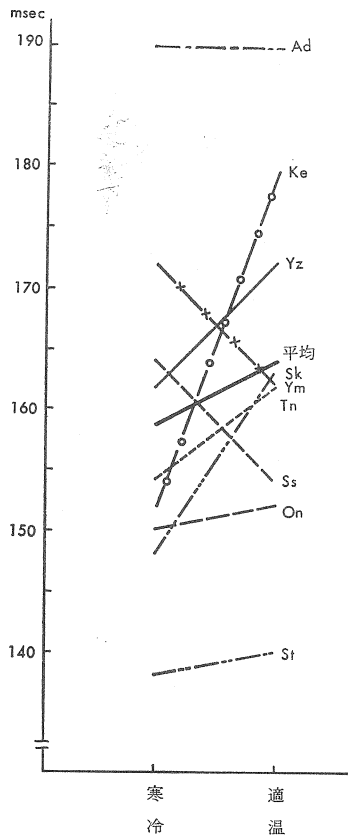
第16図 第14表 寒冷条件下と適温条件下における全身反応時間の動作開始時間の比較



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	228 msec	210 msec	18 msec
Ss	286	218	68
Tn	226	2.0	26
Ad	214	222	- 8
St	252	218	34
Sk	244	220	24
On	258	238	20
Ym	238	212	26
Ke	256	268	-12
平 均	244.7 msec	222.9 msec	21.8 msec
t	t=2.795		※

激間隔が長くなるにつれて寒冷条件下ではタイミング誤差が大きくなっている傾向がある。特にそれが、1.0sec から2.0sec に変化する際に認められる。

第17図 第15表 寒冷条件下と適温条件下における全身反応時間の筋収縮時間の比較

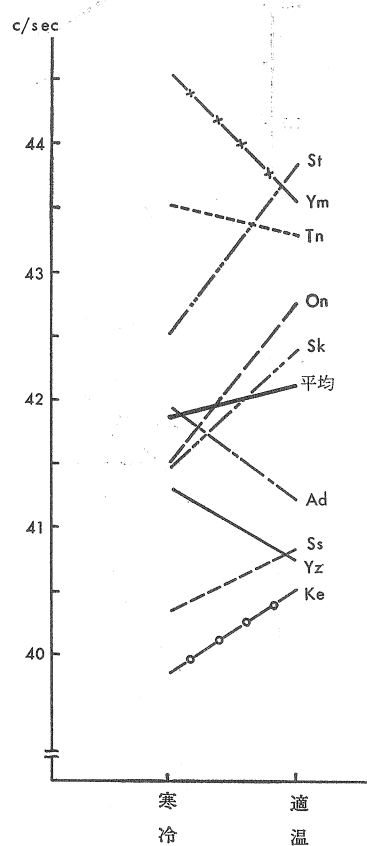


条件	寒冷	適温	差
Yz	160 msec	172 msec	-10 msec
Ss	164	154	10
Tn	154	162	-8
Ad	190	190	0
St	138	140	-2
Sk	148	164	-16
On	150	152	-2
Ym	172	162	10
Ke	152	180	-28
平均	158.9 msec	164.0 msec	-5.1 msec
t	t=1.264		

⑦ 単純反応時間の測定

結果に示したとおり、全体として寒冷条件下よりも適温条件下においては反応時間が短縮しており、その差はt検定の結果では5%水準で有意で

第18図 第16表 寒冷条件下と適温条件下におけるフリッカー値の比較

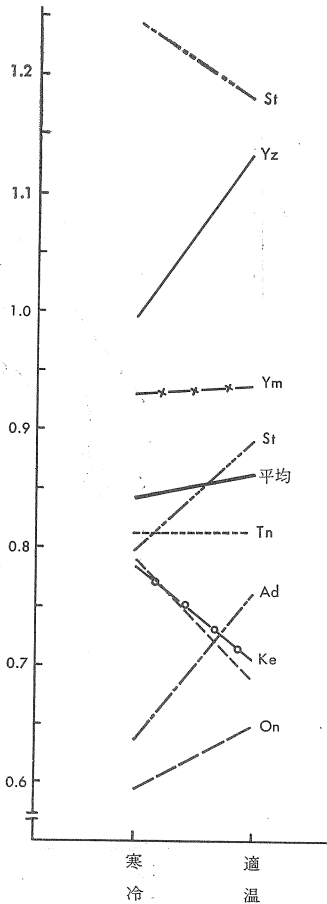


条件	寒冷	適温	差
Yz	41.32 c/sec	40.73 c/sec	-0.59 c/sec
Ss	40.33	40.82	0.49
Tn	43.52	43.30	-0.22
Ad	41.95	41.22	-0.73
St	42.56	43.87	1.31
Sk	41.46	42.42	0.96
On	41.49	42.80	1.31
Ym	44.54	43.55	-0.99
Ke	39.85	40.54	0.69
平均	41.891 c/sec	42.138 c/sec	0.247 c/sec
t	t=0.829		

あった。

⑧ 全身反応時間の測定

第19図 第17表 寒冷条件下と適温条件下における動体視力の比較



条件	寒 冷	適 温	差
Yz	0.992	1.132	0.140
Ss	0.790	0.688	-0.102
Tn	0.812	0.811	-0.001
Ad	0.634	0.762	0.128
St	1.244	1.179	-0.065
Sk	0.795	0.890	0.095
On	0.593	0.647	0.054
Ym	0.930	0.937	0.007
Ke	0.786	0.703	-0.083
平均	0.8418	0.8610	0.0192
t	t=0.364		

結果によれば寒冷条件下と適温条件下における全身反応時間には平均値の上では有意の差は認められない。全身反応時間を動作開始時間と筋収縮時間の二相に分けてみると筋収縮時間は有意の差は認められないが、動作開始時間には平均値の上で5%水準で有意差が認められる。すなわち寒冷条件下より適温条件下においては神経伝導時間がやや短縮しているといえるようである。

⑨ フリッカー値の測定

寒冷と適温の両条件下におけるフリッカー値を比較してみると両者の間には認むべき差はない。

⑩ 動体視力の測定

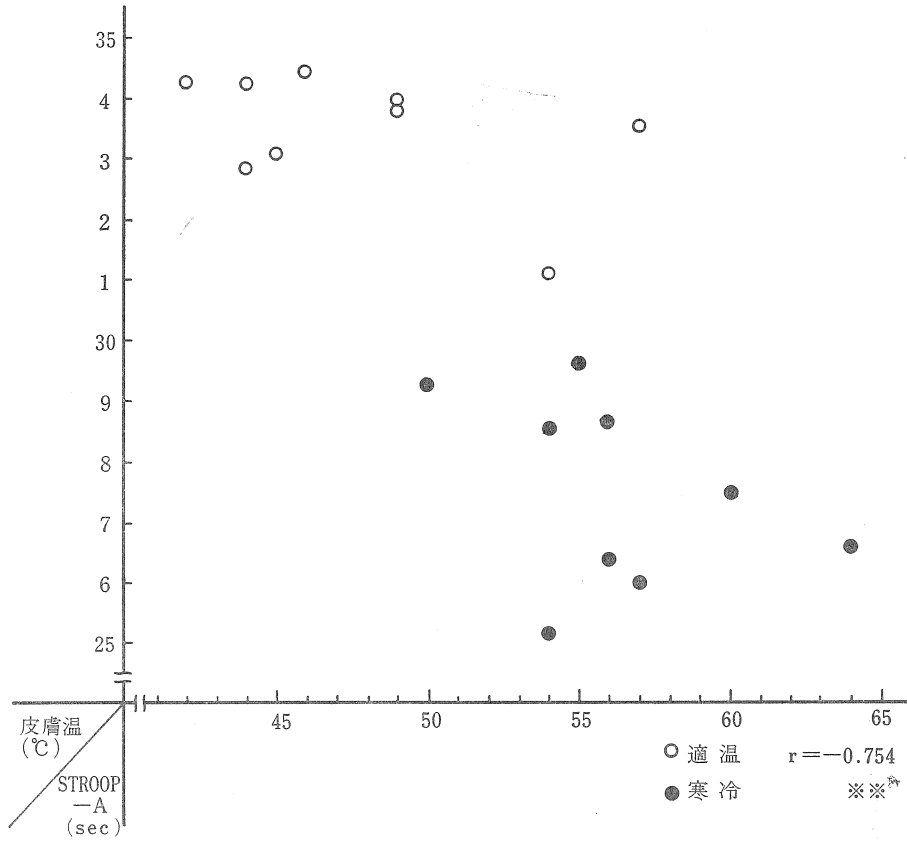
二つの条件下における動体視力を比較してみると両者の平均値間に有意の差は認められない。すなわち、二つの条件下における眼の調節機能には差異はないといえる。

以上、寒冷条件下と適温条件下におけるそれぞれの検査の結果を比較してみたところ、数字の逆唱検査、Stroop検査(A, B, C, D)、ペッグボード検査、迷路追跡検査、単純反応時間、全身反応時間の動作開始時間の6項目については両条件下の結果の間に有意の差が認められた。

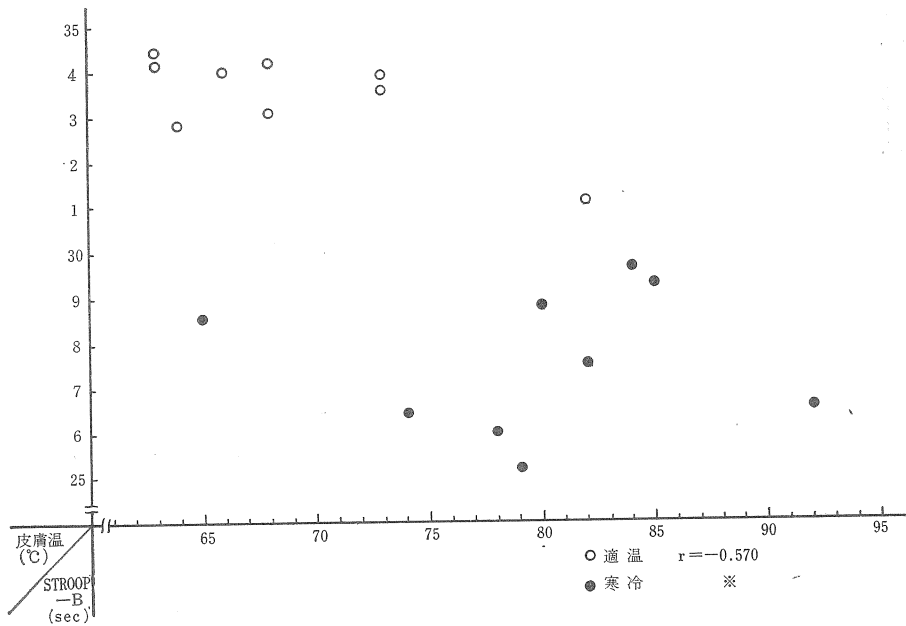
それでは、このような平均値の上にもられる両条件下の結果の有意の差は果して温度の影響と考えてよいだろうか。方法にも述べたが、本実験では寒冷条件下の検査を最初に、次に適温条件の検査を行なったために適温条件下の結果には練習効果が含まれていることも考えられるので、両条件下の結果で平均値の上で有意の差を認め得た6項目についての結果と体温との間の相関関係を調べてみた。

その結果、第20図から第24図に示したように、皮膚温とStroop検査(A, B, C)の間に、また、皮膚温とペッグボード検査、皮膚温と迷路追跡検査の間に有意の相関関係が認められたのみであった。従って、単純反応時間および全身反応時間の動作開始時間にみられた寒冷、適温両条件下の結果の差異は練習効果によるものであることがわかる。

第20図 Stroop A 検査と皮膚温との相関関係



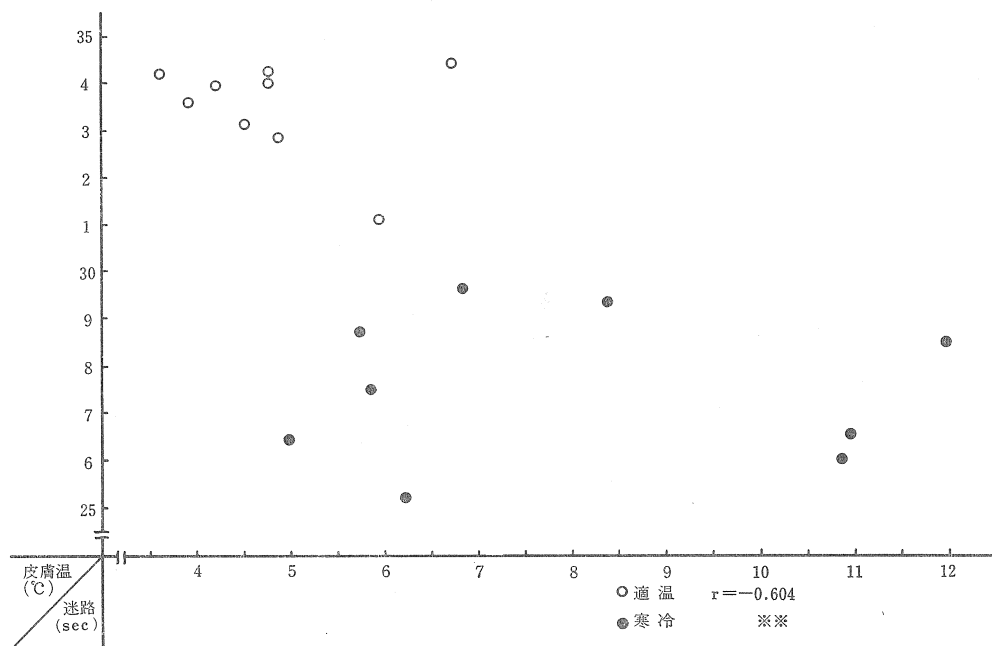
第21図 Stroop B 検査と皮膚温との相関関係







第24図 迷路追跡検査と皮膚温との相関関係



### 考 察

寒冷条件が心的機能にどのような影響を与えるか多面的に調べてみると、結果に示したように、その影響を強く受けるものとそうでないものがあることがわかる。すなわち、短時間内の判断力や時間的記憶、あるいは指先の器用さや調整力などは寒冷条件下においては著しい機能低下を示すのであるが、他方、数字の逆唱とか無意味綴の再生のような機械的記憶の能力だとか、動体視力やフリッカー値のような眼球の調節力や弁別力だとか、反応時間のような運動機能などは寒冷条件によってあまり影響を受けないのである。

このように人間の高等な精神的な側面としての判断力は著しく寒冷条件の影響を受けるのにもかかわらず、末梢の機能はそれ程大きな影響を受けないのはどのように考えればよいだろうか。

このことに関して研究者に一致した見解がある。つまり、いくつかの寒冷の影響に関する研究結果を通覧してみると、寒冷という条件は人間の心的側面にそれ程大きな影響を与えるものではない。もしその影響が認められるとしたら、それは寒冷によって人間の生理的機能が低下するのでは

なくて、生理的な理由外のもの、換言すれば、心理的なストレスとして寒冷が人間に影響を及ぼすことによって、注意の集中、判断などの心的機能が阻害されるのであるとするものが多い<sup>①</sup>。

また他の研究者の結果では、寒冷によって動作が阻害されるのは、皮膚温、特に手の皮膚温の下降によるものであるから、手足の保温に配慮さえしておけば動作は阻害されることはないし、単純反応時間や選択反応時間には何らの影響も現われないといっている<sup>②</sup> ことなどから考えると、本実験においてペグ・ボード検査の成績や迷路追跡検査の成績が寒冷条件下では著しく下っていることもよく理解されるのである。

以上の結果から考えると、寒冷の影響をできるだけ受けないようにするためには、身体の保温に注意することが大切であることはもちろんであるが、そのうち、特に手足の部分の保温に留意することが大切である。

結果に明らかなように、機械的記憶の能力や視覚的な弁別・調節機能や反応時間などは寒冷条件によって影響を受けにくいものであるから、動作に直接関係するものとしての手や足、それも特に道具を扱うものとしての手の指を十分に保温して

おけば運動の遂行に支障を来たすことは先づないと考えてよいだろう。

また、手や指の耐寒性のトレーニングに心掛けることも大切である。手指に対する耐寒性練習の結果、寒冷に対する馴化が生じて、寒冷条件下における作業能力、特に手の作業能力の低下を抑制し得たという報告も多い<sup>②</sup>。

さて、ここで一番問題になることは、寒冷条件下においてはとっさの間の判断力や時間記憶が鈍り、そのために適確に環境内の刺激を感受できなくなるということである。競技場面においては、このような判断力や時間記憶能力の低下は、いろいろな方向に派生的な影響をもたらすことが多い。例えば、競技場面においては、選手を過緊張に追い込む要因が多いが、その一つとして、自分自身の判断力の低下によって、それが実際の動作の上のミスと結びつくために、運動技能の混乱を生じ、その混乱が更に心的な過緊張を助長するという悪循環がよく観察されるものである。寒冷条件下においてはこのようなことを防ぐ意味でも身体の保温に注意することは大切であるが、その際に能動的に身体を動かして体温を上げるように努力することが大切である。受動的に保温するよりは積極的に身体を動かすことは、ともすれば寒さによって硬化しがちな筋肉を弛緩させる効果がある上に、心理的なストレスとしての寒冷の影響を軽減する効果があると考えられるからである。

寒冷条件によって心的機能が影響を受けるのは、それが生理的機能を低下させるからではなく、心理的ストレスとして注意集中力や不安感などの情意的な面に影響を与えるためと考えられるので、寒冷条件下に身を曝らしてそれに慣れておくことは、また身体の馴化という面だけでなく、心理的なストレスとして働く寒冷の影響を軽減するの役立つと考えられるのでその点についても留意が必要と思われる。

以上

## 文 献

- ① Armstrong, H. G. ; The loss of tactical efficiency of flying Personnel in open cockpit aircraft due to cold temperatures, Military Surgeon, 1936, 79, 133-140  
Armstrong, H. G. & Heim, J. W. ; Medical Problems of high altitude flying, Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 1940, 26, 263-271  
Payne, R. B. ; Tracking proficiency as a function of thermal balance, J. Applied psychol. 1959, 14, 387-389
- ② Springbett, B. M. ; The effect of exposure to cold on motor performance, Defense Research Board of Canada, 1951  
Forlano, G. ; The effect of ambient and body temperatures upon reaction time, Psychological Cooperation Division of Bio-Mechanic Report, No. 151-1-13, 1948
- ③ Adams, T. & Smith, R. E. ; Effect of chronic local exposure on finger temperature responses. J. of Applied Psychol. 1962, 17, 317-322  
Clark, R. E. & Jones, C. E. ; Manural performance during cold exposure as a function of practice level and the thermal conditions of training, J. of Applied Psychol. 1962, 46, 276-280.  
Mackworth, N. H. ; Cold acclimatization and finger numbness, proceedings of the Royal Society, 1955, 143. B, 362-407