

第 3 篇

船員の資質と適性に関する調査研究報告

1

航海士の夜間視機能の適性について

目 次

まえがき	80
1. 調査要領	81
2. 調査結果	82
3. 夜間視機能に関する適性について	87
4. むすび	89

ま え が き

夜間航海当直中における航海士の見張能力の良否は、まず第一に航海士の眼の暗順応の状態によって左右される。暗順応の状態は航海士の暗順応機能の資質能力が基本になって、周囲の明るさ或は前照射光刺激の明るさ、照射時間等の作業条件によって変化する。

航海士の夜間当直中における暗順応の変化の状況及びその保護対策についてはその一部を前に報告した。今回、暗順応機能の個人差と、更に航海士の夜間視機能の適性という点について検討を加えるために、海技専門学院の学生 146 名に対して暗順応機能の調査を行ったのでその結果について述べる。

なお、暗順応機能の個人差について次に簡単な説明を加える。

暗順応機能に個人差を生ずる原因には、年齢の影響、屈折状態、眼球内色素の多少、瞳孔の大きさ等があげられている。特に先天的或は後天的に網膜色素の発育が悪い場合には夜盲となる素質を有するといわれている。

又、栄養特にビタミンAの欠乏、酸素不足、極度の疲労、長時間の不眠、低圧等による身体の条件の状態によって、暗順応機能の低下を来すことが確められている。

航海士としての視覚適性という点から考えると、素質的に夜盲のものは当然除去される必要があり、又身体の条件の悪い場合については、それに対する処置がなされる必要がある。このためには、将来において暗順応機能の評価基準を設定し、その検査方法を確立する必要があるのではないかと考える。

暗順応の経過を模型図によって示すと図3-1のとおりであり、暗順応を充分完了するまでには、50~60分を要する。暗順応機能の個人差というのは順応が充分完了した状態における光刺激閾値(認めることのできる最少の明るさ)の水準の高低と、暗順応の経過の型の差異という二つの面において見られる。正常者の閾値はかなり一定の範囲にあるが、この範囲外にあるものは異常者とみなされる。又暗順応の経過の型には、閾値の下降(感光度の増加)の傾向がゆるやかで、終期閾値が比較的に高

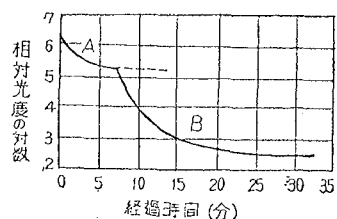


図 3—1 暗順応曲線(模型図)

(註) 海上労働調査報告第6集：運輸省船員局

いものと、閾値の下降が前者より急で終期閾値が低いものと二つの型が区別できるといわれている。

1. 調査要領

(1) 調査時期及び調査人員

昭和34年1月27日より2月2日までの6日間において、海技専門学院の学生146名に対して測定を行った。

表 3—1 調査時期及び調査人員

時刻	1月					2月
	27日	28日	29日	30日	31日	2日
1230 1330	甲長ニN8名	—	乙一E5名	甲一E8名	甲二E5名	—
1330 1430	—	—	乙一E5名	—	甲二E5名	—
1430 1530	—	—	—	—	甲二E5名	—
1530 1630	甲二N5名	甲二N5名	甲二N5名	乙一N5名	甲二E5名	本2N6名
1630 1730	甲二N5名	甲二N5名	甲二N5名	—	甲二E5名	甲二E7名
1730 1830	甲二N6名	甲二N5名	甲二N5名	甲二N5名	—	甲二E6名
1830 1930	甲二N5名	甲二N5名	甲二N5名	甲二N5名	—	—
計	29名	20名	30名	23名	25名	19名

(註) 甲長N：甲種船長科，本2N：本科2年航海科
甲二N及びE：甲種二等航海士及び機関士科
乙一N及びE：乙種一等航海士及び機関士科

各日の時刻別の測定人員及び所属科名は表 3—1 のとおりである。

(2) 測定項目及び測定方法

測定項目及び検査器具は次の通りである。

- (a) 暗順応 (両眼) 照射器
試作暗順応計
- (b) 低照度視力 (右眼) 試作夜間視力計
- (c) 遠距離視力 (左, 右, 両眼) 回転視力検査器
- (d) 近距離視力 (両眼) 石原式近距離視力表

なお、試作暗順応計は Nagel の暗順応計と大体同一機構であり、運搬に便利ないように作製したものである。測定は出現閾法により2回行い、その平均値をとり、その値を換算表によって Nagel の暗順応計の目盛の読みに修正し、閾値を相対光度により表わした。

試作夜間視力計は暗箱の中に黒地の上に明度のそれぞれ異なる 0 から 9 までの数字が描かれている視標があって、これを低い一定照度 (1~2 lx) のもとで、覗き穴を通して片眼でよみ得るようになっていいる。今回の検査では明順応直後において数字の 4 (色研明度 16) の視標をよみ得るまでに要する時間を測定した。

光照射器は暗箱の中に 60 w 電球 1 個を置き、被検者の目当の前面に乳白硝子を置いて、均等な広い視野にわたる明順応を行えるようにした。顔面における照度は 400 lx であり、光をつけた時、外部に明りが洩れないようになっている。

測定の要領は、被検者 5~7 名を同時に暗室に入れ、15~20 分間暗順応を行った後、光照射器によって 1 分間明順応させ、その直後夜間視力計をのぞかせて、視標の数字を読み得るまでに要する時間をストップウォッチで測定した。被検者全部の明順応刺激が終ってから、適宜の時期に暗順応の測定を各被検者に対して一回行い計測の要領を憶えさせた後、明順応後 20 分経過した時における各被検者の光刺激閾値を測定した。暗順応の測定を終わった後、遠距離視力、近距離視力の検査を行った。

2. 調査結果

(1) 暗順応機能の評価基準

表 3—2 暗順応閾値の度数分布
(400 lux 1 分間明順応 20 分間暗順応時の相対光度)

閾値 (相 対 光 度)	実 数	頻度 (%)
1×10 ³ ~ 1.9×10 ³	0	0
2×10 ³ ~ 2.9×10 ³	1	0.7
3×10 ³ ~ 3.9×10 ³	0	0
4×10 ³ ~ 4.9×10 ³	2	1.4
5×10 ³ ~ 5.9×10 ³	2	1.4
6×10 ³ ~ 6.9×10 ³	3	2.1
7×10 ³ ~ 7.9×10 ³	9	6.2
8×10 ³ ~ 8.9×10 ³	14	9.6
9×10 ³ ~ 9.9×10 ³	29	19.8
10×10 ³ ~10.9×10 ³	18	12.3
11×10 ³ ~11.9×10 ³	11	7.5
12×10 ³ ~12.9×10 ³	17	11.6
13×10 ³ ~13.9×10 ³	10	6.8
14×10 ³ ~14.9×10 ³	9	6.2
15×10 ³ ~15.9×10 ³	3	2.1
16×10 ³ ~16.9×10 ³	6	4.1
17×10 ³ ~17.9×10 ³	5	3.4
18×10 ³ ~18.9×10 ³	7	4.8
計	146	100.0

平均 (M) = $11.3 \times 10^3 \pm 0.23 \times 10^3$, 標準偏差 (σ) = 2.83×10^3

今回の調査において、充分暗順応を完了した時の光刺激閾値或は暗順応の経過を測定することは、非常に多くの時間を要し実施が困難であり、又集団検査の方法としても不適當なので、暗順応 20 分経過時における閾値を測定した。なお、暗順応の経過は暗所に入る前の眼の順応状態によって変わるので、調査要領で述べたように測定前に 15~20 分間暗順応させた後、400 lx, 1 分間の光刺激を与えて暗順応前の条件を一定にした。

測定人員は 146 名であり、光刺激閾値の度数分布を示すと表 3—2 及び図 3—2 のとおりである。図に見るようにはほぼ正規分布をなしており、分布の範囲は 2×10^3 から 18.9×10^3 であり、平均値 $11.3 \times 10^3 \pm 0.23 \times 10^3$, 標準偏差 2.83×10^3 である。

この場合、暗順応 20 分時における閾値

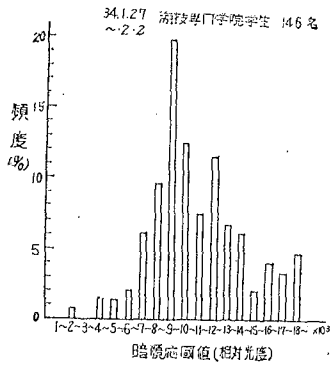


図 3—2 暗順応機能の頻度分布

高いもの程閾値の下降速度の値が小さくなっており、更に閾値が上昇の変動をしているものも多くなっている。即ち暗順応 20 分における閾値が高くなるほど、暗順応の下降の経過がゆるやかで、

によって、各個人の終期の閾値の優劣が判定できるかどうかということが問題になる。そこで、暗順応 20 分になる前に一度閾値を測定しているので、その閾値と 20 分時の閾値とによって閾値の下降速度(毎分)を計算して、その分布を取って見ると図 3—3 のようになる。図のように、暗順応 20 分における閾値が

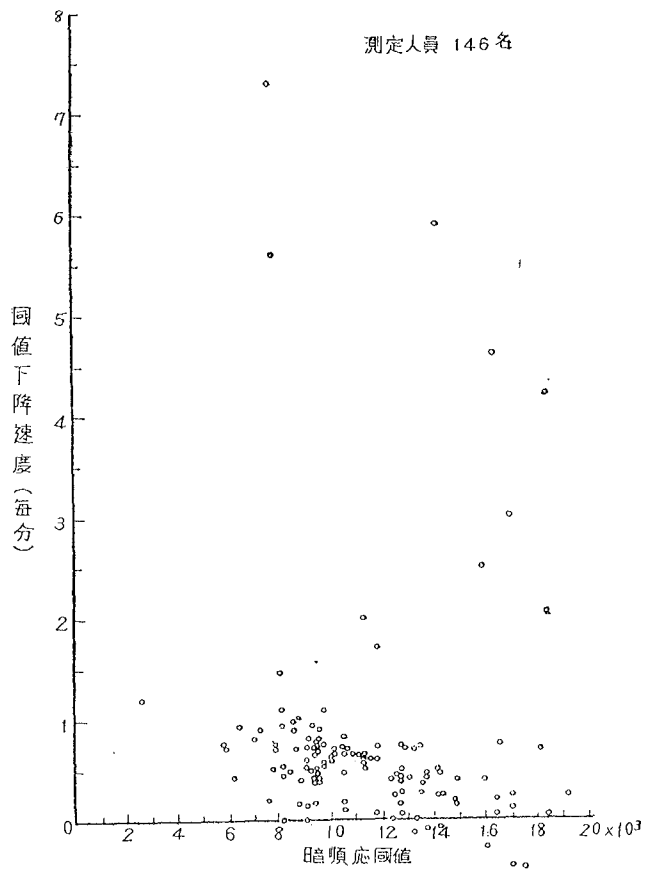


図 3—3 暗順応 20 分における閾値とそれまでに至る閾値下降速度(毎分)との関係

暗順応が完了していると思われるものが多くなっている。又途中で測定した暗順応の測定時間との関係を 20 分時の閾値が平均より高いものと低いものとに分けて図示すると図 3—4 のようになる。即ち、20 分時における閾値が平均以上のものは、各時点において平均以下のものより一般に高い水準にあることがわかる。これらのことは前に述べたように、閾値の下降の傾向がゆるやかで、終期閾値が比較的高いものと、閾値の下降が前者より急で終期閾値が低いものがあるという暗順応の経過の個人差に二つの型があるということを示していると思われる。

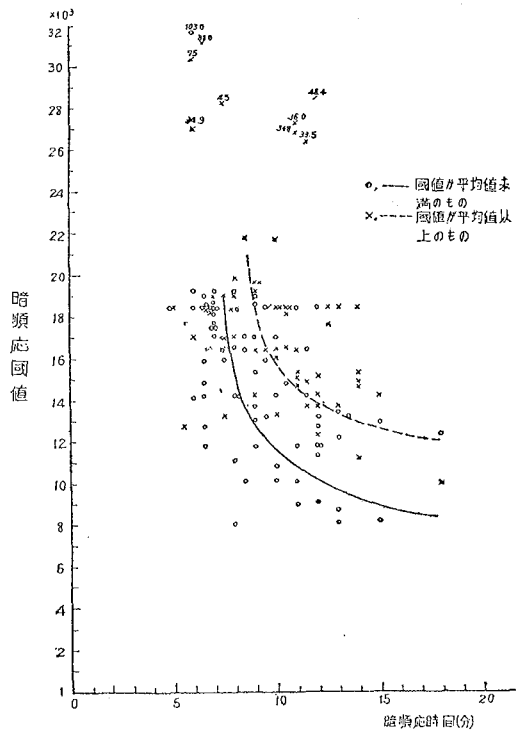


図 3—4 暗順応閾値とその測定時間との関係
(暗順応 20 分時における閾値が平均値より高いものと低いものとわけて示す)

以上のように暗順応の経過を考慮に入れても、暗順応 20 分時の閾値によって、終期閾値の優劣を推定することができるのではないかと考える。

図 3—2 の光刺激閾値の分布より、標準偏差による評価基準表を作製すると表 3—3 のようにな

表 3—3 暗順応機能の評価基準表
M=11,500 $\sigma=3,000$ (400 lx 1 分間明順応 20 分間暗順応時)

単位 評 定	相 对 光 度	相対光度の対数	相対感光度の対数	ミリランバート (ml の対数)	海専学生の調査 結果
A	4,000	3.60	4.40	5.81	8名
B	7,000	3.85	4.15	5.06	52名
C	10,000	4.00	4.00	5.21	46名
D	13,000	4.11	3.80	5.32	22名
E	{ 16,000 (20,000)	{ 4.20 (4.30)	{ 3.80 (3.70)	{ 5.41 5.51	18名

る。表において E の評価に属するものが、10% 近くいるが、これらのものの機能はかなり劣っているということが出来る。しかし、劣っているということの原因が、素質的なものであるか、或はビタ

ミン A の欠乏による身体条件によるものか、明確なことがわからないので、暗順応機能の異常なものが含まれているかどうかはわからない。この点については、ビタミン A の保有状態との関係や、実際の作業において必要とする夜間視力との関係等について今後検討を行い、異常者の判定基準を明確にする必要がある。

なお、暗順応機能と年齢との関係については、文献によると 40 才を過ぎるとかなり悪くなるといわれているが、今回の調査においては高年齢者の例数が少なかったため、両者の間の関係は掴むことができなかった。又暗順応機能と遠方視力或は近距離視力との関係についても、視力の悪いものの例数が少なかったため、両者の間の傾向はわからなかった。

(2) 低照度視標可読時間と暗順応閾値との関係

暗順応機能の集団検査を行う場合、暗順応計によって閾値を測定するのが最も望ましいが、非常に多くの時間を要するので不適当である。そこで簡易な検査法を検討するため明順応直後暗い照度で照した一定視標を見させて、その視標が見えるようになるまでの時間を測定し暗順応閾値との関係をみようとした。この場合、視標が文字であるので形態覚即ち視力もある程度関係するものと思われる。

表 3—4 低照度視標の可読時間の度数分布

可読時間(秒)	実数	頻度(%)
5~	1	0.7
10~	12	8.5
15~	25	17.8
20~	22	15.6
25~	13	9.2
30~	10	7.1
35~	9	6.4
40~	8	5.7
45~	7	5.0
50~	4	2.8
55~	3	2.1
60~	0	0
65~	5	3.5
70~	2	1.4
75~	1	0.7
80~	1	0.7
85~	1	0.7
90~94	3	2.1
可読不能	14	10.0
計	141	100.0

M=31.2", Mdn=26.3", Mo=16.5"

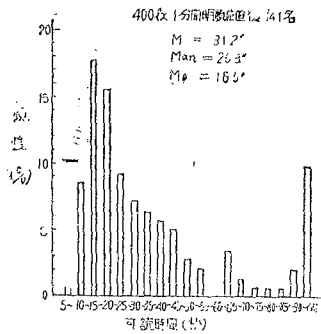


図 3—5 低照度視標可読時間の頻度分布

低照度視標の可読時間の頻度分布を示すと表 3—4、図 3—5 のとおりである。なお、90 秒たっても可読できないものは、その後の測定を行わず可読不能とした。図のようにかたよった分布をなしており、最頻値 (M_0) は 16.5 秒の所にある。

この低照度可読時間と暗順応 20 分時における閾値との相関をとってみると表 3—5 のようになる。相関係数は 0.36 であり、1% の危険率で有意である。従って暗順応機能の検査の簡易法として、低照度視標の可読時間を測定する方法を採用することができるのではないかと考える。

なお、図 3—5 において可読不能のものが 10% 近く見ら

表 3—5 暗順応機能と低照度視標可読時間との関係

相関係数 $r=0.36$

測定人員 143名

(可読不能者は除く)

可読時間 \ 閾値	1× 10 ^s ~	3× 10 ^s ~	5× 10 ^s ~	7× 10 ^s ~	9× 10 ^s ~	11× 10 ^s ~	13× 10 ^s ~	15× 10 ^s ~	17× 10 ^s ~	19× 10 ^s ~	計
5"~					1						1
10"~			2	7	3						12
15"~	1	1	1	2	14	4	2		2		26
20"~				4	8	5		1	1	1	21
25"~		1			3	4	1	3	1		13
30"~			1	5	1	1	2				10
35"~				1	4	2	2	1			10
40"~				1	3	2		2			8
45"~			1		2	1	2	1			7
50"~						1	1		2		4
55"~						1	1		1		3
60"~				1							0
65"~						1	2		1		5
70"~						1	1				2
75"~									1		1
80"~									1		1
85"~							1				1
90"~94"					1	2					3
不 能				3	6	1	3	2			15
計	1	2	5	24	46	26	18	10	10	1	143

れるが、これらのものが出現するのは、検査時刻の相違にもとづいているようである。即ち、測定時刻別に可読時間の分布をとって見ると、表 3—6 のようになり、12 時から 16 時頃までの検査においては可読不能のものは全然みられないが、17 時頃から出現するようになり、18 時頃の検査において最も多く出現している。また可読時間の分布の範囲を見ても 18 時頃に大きくなっている。即ち 18 時前後において視標の文字が見えにくくなるものが出てくるということができる。このような傾向は暗順応の閾値の場合にも見られ、測定時刻別に閾値の分布を示した表 3—7 のように、18 時頃に検査したものの閾値の平均値は幾分高くなっている。

この理由については、18 時頃は電気の需要が多い時間で電圧が低下し測定器の条件が変わったためか、或は暗順応機能が生理的にこの時期に悪くなる傾向があるためか、はっきりしたことはわからない。今後更に充分な追試を行う予定である。しかしその理由がいずれであっても、暗順応の閾値より夜間視力の関与している低照度視標可読時間の方が、僅かの条件の変化によっても著しい影響を受けるということは、夜間における見張能力及びその個人差というものを考える場合に重要な問題ではないかと考える。

表 3—6 時刻別の低照度視標可読時間の度数分布

可読時間	測定時刻	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	計
	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30		
5"~		1							1
10"~		5			3	4			12
15"~		4	4	2	4	8	2	3	27
20"~		4	1		5	6	2	1	19
25"~		3		1	5	3	3		15
30"~		1	2	1	2	2	1	1	10
35"~		1	1	1	2		2	3	10
40"~		2	1		2	1	2		8
45"~					1	3	1	2	7
50"~			1					3	4
55"~							2	1	3
60"~								1	1
65"~		1						1	2
70"~							1		1
75"~							1		1
80"~							1		1
85"~							1		1
90"~94"							2		2
不 能					1	3	6	5	15
計		22	10	5	25	30	27	21	140
平均値 (不能者は除く)		24.5	29.8	26.5	26.3	28.8	41.9	42.0	31.2

表 3—7 測定時刻別の暗順応機能度数分布

閾 値	測定時刻	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	計
	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30		
1×10 ³ ~					1				1
3×10 ³ ~		1			1				2
5×10 ³ ~		1	1		3				5
7×10 ³ ~		5	1	1	4	6	4	2	23
9×10 ³ ~		7	3	2	14	9	7	5	47
11×10 ³ ~		7	1	1	2	5	5	7	28
13×10 ³ ~		4	1	1	3	3	2	5	19
15×10 ³ ~					3	2	4		9
17×10 ³ ~		1	3			2	5	1	12
計		26	10	5	31	27	27	20	146
平均値		10.8×10 ³	12.1×10 ³	10.6×10 ³	10.0×10 ³	11.2×10 ³	13.1×10 ³	12.0×10 ³	11.3×10 ³

3. 夜間視機能に関する適性について

夜間視においては、今迄に述べた暗順応機能の他に、光感覚時、明度識別閾値、夜間視力、薄暮視、暗所における視野等の視機能が関与する。従って、これらの機能のすべてが適性の問題に関連するわけであるが、実際に適性検査の項目を選ぶ場合には、見張作業を行う上において必要な機能の程

度や、それぞれの機能相互の相関々係によって選定することになる。機能が相互に独立であれば、それぞれの項目について検査する必要があり、相関々係があれば、主となる一つの機能の検査だけ行えば良いということになる。

そこで暗順応機能、昼間視力（錐体視力、）、薄暮視力（低照度視力、30 lx 以下の照度）、夜間視力（桿体視力、0.01 lx 以下の照度）の相互の関係について従来の文献にもとずいて検討してみると次のとおりである。

(1) 暗順応機能と各視力との間にはある程度相関々係があるといわれているが、昼間視力よりも薄暮視力から暗順応機能を推定する方がやや確からしさ大きいといわれている。

しかし、眼の機能の上からは、視力に關与する視細胞（錐体細胞）と暗順応機能に關与する視細胞（桿体細胞）とはそれぞれ異っている。従って兩者の間にある程度の相関があるということは、視力の良いものの多くは、眼の機能の全体が資質的に優れており、その結果暗順応機能もよくなっているということのためではないかと思われる。それ故視力検査によって必ずしも暗順応機能の良否の判定を行い得るものではないと考える。

(2) 昼間視力と薄暮視力との間にも相関々係はあるが、照度が低くなるに従って薄暮視力の個人差は大きくなり、夜間視力への移行前において最も大きくなる。又昼間視力と夜間視力との間にも、正常眼においてはある程度の関係があるといわれているが、夜間視力の個人差は少い。

(3) 暗順応機能と明順応直後における低照度下の視標の可読時間との関係については、多くの調査がなされており、今回の調査において実施した結果から考えても、相互にかなりの相関々係があることがわかる。この場合、後者には薄暮或は夜間視力もある程度関係しているものと思われる。

以上のような点及び今回の調査結果より、航海士の夜間視の適性の問題において最も重要な機能は暗順応機能と夜間視力であり、それぞれ独立に検査する必要がある。

次に適性検査の方法としては、集団検査を行うことが前提となるので、できるだけ短時間に検査を終了しうるものであり、取扱いに容易なものでなければならぬが、一応次のような方法が考えられる。

即ち、低照度下における視標の可読時間を測定する方式によって暗順応機能を評定し、更に視標にはランドルト氏環或は文字とその背景との対比の種々異ったものを用い、それによって夜間視力の測定を行うことができるようにする。

現在このような検査ができるような装置を試作しているが、今後更に具体的な検査基準を検討する予定である。

最後に夜間視の訓練について簡単に述べる。航海士としては夜間視機能の優れたものを選ぶ必要があるが、更に訓練によってその機能を向上させるということも重要なことである。この場合、夜間視の訓練ということは、感光物質が増加したり、光化学反応が促進されたりすることはなく、視細胞の解剖学的関係、明度識別閾の低下、刺激反応時間、或は伝達時間の短縮等中枢系における空間覚の機能の向上に關係すると考えられている。

従って航海士にとって、暗順応の諸現象を良くわきまえ、夜間における周囲の態勢を空間覚的に把握する能力を向上させるために、夜間視の訓練を行うことは必要なことである。

米国空軍においては夜間視訓練装置 (Night Vision Trainer) といった模擬方式を用いて夜間視訓練を行っている。装置は日常の戸外における夜間の景色を夜のように暗いスクリーンに写す一種の投射機であるが、これによって暗順応の諸現象を説明し、又夜間に物を見るには多くの練習が必要であることを認識させるのを目的としている。

4. む す び

航海士の夜間視の適性について、海技専門学院の学生 146 名の暗順応機能の調査結果及び従来の文献にもとずいて検討を行ったが、今後更に海難における人的要因に関する事例研究の面に糸口をもとめて、機能の評価基準及び検査の具体的な方法等について研究を進める予定である。