操船者の緊張感に関する実験的研究—I.

航海当直中の操船者の心身反応を中心として

黒 田 隆*

Experimental Study on Mental Strain of Navigators.— I.

—Physical and Mental reaction of Navigators

during sea navigation watch.—

T. Kuroda

Abstract

Using Ergonomics method, the writer attempt to examine the dynamic aspect of mental Strain of Navigators during sea navigation watch.

The results are as follows:

1. Physical and mental reaction of Navigators are caused by following stimuli, for example, searching L't Ho., alternation course and existence of other vessels.
2. Pattern of P.G.R. shows extreme difference between open sea and narrow channel, skilled and unskilled, approaching pier and sea going.
3. C.T.G. rate, in good traffic condition, shows regular fluctuation, but in traffic conveygency or risk of collision shows acceleration.

1. は じ め に

筆者は既報〔1〕において、水路条件と操船者の緊張感との関係を考察し、緊張感の程度とそれを誘発する要因を幾分明らかにすることが出来たが、このような主観的・静的な研究では緊張感の実態を一面的にしか捉えられない憾みがあった。緊張感の主観的評定を何らかの客観的計測でチェックすること、生々しい動的データーを集取することが必要であった。以上の理由で、筆者はこの数年機会ある毎に実船実験を行なってきたが、本稿ではその中から数例を選び、操船者の緊張感の実態を示す事例として紹介しようと思う。

2. 実 験 の 概 要

航海当直中の操船者は継起的に加えられる刺激の下で適切な処置（反応）を行ない、船舶を安全に運航しなければならない。この刺激—反応の関係を図式化し、これと精神的負荷とを対応づけた時、操船者の緊張感がどのような様相を示すかを先づみようとした。これが今回の研究の目的である。

そのために筆者は諸家の人間工学的研究〔2〕〔3〕を参考とし、実験目的にかなうと思われ

*神戸商船大学（神戸市東灘区本庄町深江）

る方法を次の如く考えた。

- (1) 動作分析——Barnes〔4〕に範をとり motion time study を採用。そのために必要な Thirblig を千原氏の研究〔5〕を参考として試作。これを用いて5秒毎の動作記録を行なう。
- (2) 環境観察——反応を誘発する船橋内外の刺戟をテープレコーダに録音記録する。
- (3) P.G.R. 測定——心的反応の一つとして精神反射 (Psycho Galvanic Response) をとる。計器は竹井機器製精神反射電流測定器 P T—4 型。
- (4) C.T.G. 測定——心的反応の一つとして心搏数 (Cardio tacho gram) をとる。計器は三菱 1 channel 医用 Telemeter P T—110型およびフクダ医療製無線搬送心電計 R C—1 A型。
- (5) 内省報告——実験直後、アンケートおよび自由記述により緊張感に関する内省を聴取。
- (6) その他——①平静心搏数の測定。②実験前後のフリッカー測定、③パーソナリティ・テスト。

以上の実験方法を航海当直作業を妨げないように充分配慮しながら用いた。

事例として示す実験の状況は表のとおりである。

表 1. 実験事例一覽

事 例	実験時期	実 験 船 舶	被 験 者	水 域
1	39. 7. 4.	深江丸 (D. W. 150噸)	Y教官, M学生	三原瀬戸東入口附近
2	40. 7. 6.	〃	A学生	三原瀬戸
3	41. 11. 10.	K社N丸 (D. W. 11, 000噸)	Capt. 20. 30.	神戸港, 友ヶ島水道, 土佐沖
4	39. 3. 26.	深江丸 (D. W. 150噸)	T教官	三原瀬戸
5	41. 11. 8.	K社N丸 (D. W. 11, 000噸)	Capt.	来島海峡西水道
6	41. 12. 31.	I 社N丸 (D. W. 132, 334噸)	Capt.	Singapore St,
7	42. 4. 8.	〃	〃	〃

3. 実験の事例

3. 1. P.G.R. 反応の事例

緊張を要求される場面では自律神経系が刺戟されて P. G. R. の増すことが生理学的に知られている。これは精神的発汗によつて生ずる反射現象である。実験に用いる時は左手2本の指先に電極をとりつけ有線で反射を記録する。コードをひきづるため操船者の行動を束縛する難があり、従つて昼間の実験のみに使用した。

事例1. 熟練者と未熟練者の P. G. R. 反応 (図1参照)。

これは備後灘百貫島をすぎて三原瀬戸東入口大浜埼に向うところ、学生が教官の指導を受けながら当直している状況である。学生は島や岬が重り合つてどこが水路の入口かわからない上に横切船や同航船があり非常に緊張している。P. G. R. は次々におこる刺戟に反応して下がらない。これは不安・焦燥反応と解釈出来る。これに対し教官は落着いており必要に応じて適宜アドバイスする程度で P. G. R. 反応は殆んど平静である。

事例2. 同一人について水路の広狭による P. G. R. 反応比較 (図2参照)

指導教官にたのんで船橋から立去つてもらい全く一人で学生に航海当直をさせた例である。進路上を妨げる漁船の数は殆んどかわらないが、狭い水路では反射が極めて頻繁で広い水路ではそ

れの少いことがよくわかる。この二つのパターンをみると同一人の反応かと疑うほどである。

事例3. 操船作業内容の相違とP. G. R. 反応 (図3参照)。

操船作業の内容が異なる場面でP. G. R. 反応がどうかかわるかを比較対照的に示したものである。Aは着岸時の Capt. の反応, Bは狭水道通航時の2/0の反応, Cはopen seaにおける3/0の反応である。これをみるとC→B→Aと反射の頻度が増大することがわかる。着岸は非常な緊張を強いられる作業であることがわかる。この三つのパターンは処理すべき情報量と緊張感との関係を明瞭に示している。事例2の傾向はB, Cの両者にもみられた。

さて以上の三例から若干の一般的考察を行なってみよう。P. G. R. は相対強度を示すもので、反射の高さは心的動揺の強さを示すものではない。いいかえれば反射があるということは何か刺激が存在することを意味する。従つて、我々は反射頻度を手がかりに緊張感の有無を判定しなければならない。厳密に言えばP. G. R. は少しの身体動作にも反射するから反射頻数が多い時必ず緊張しているとはいえないが、逆に我々が経験的に知っている緊張場面では反射頻数が多いのである。その意味では三例にみられた反応のパターンはよく経験的事実を実証していると思われる。

3. 2. C. T. G. 反応の事例

心搏数もまたP. G. R. と同様自律神経系の興奮によつて増す。心搏数は量的把握が可能であり、然も Telemeter の開発によつて被験者の行動を妨げることなく測定出来るので、昼夜を問わず実験が可能でこの種の研究にとつて有力な武器である。

事例 4. 三原瀬戸通航時の緊張感 (図4参照)。

この事例は本研究をはじめに当つて、C. T. G. 測定が緊張感をどこまで捉えてくれるか、その可能性を確認するために行なつた最初の実験である〔6〕。同航の高速小型客船の接近に次第に緊張が高まり、衝突を予想される危機的場面で極度の緊張を示し、C. T. G. が極端に上昇、危

図4 三原瀬戸通航時の緊張感

機が去ると急激に下降している状態がよくあらわれている。

事例5. 来島海峡通航時の緊張感 (図5 参照)。

この実験例は年令57才, 海上経歴34年, うち船長経歴15年というベテランの外航船船長が夜航海で来島西水道を通航した時のものである。天候 bc. 南流初期 2 kt. 船長の平静心搏数は80である。記録紙の都合で全通航時間測定出来なかつたのは残念であるが白石灯標並航まで Co 上の反航漁船に敏感に反応し, 特に⑤の地点で両側を反航船ではさまれた時の C. T. G. は105の最高値を示す。ここでも事例4にみられた如く相手船の通過し終つたところでは C. T. G. は下降している。平均して C. T. G. は95程度である。ところで面白いことには, 船長の内省報告によれば「これは好みの問題だが自分は西水道の方が中水道よりも好きだ」「緊張感は全くなかつた」ということである。心搏が105にまで上つたことに対して全く信じられないと首をかしげていたのが印象的である。これは主観的評定と客観的計測にズレのある典型的な例である。

事例6. Singapore St. 通航時の緊張感 (図6 A・B参照)。

実験船舶はペルシア航路超大型タンカーである。本船は西航の時はバラスト状態で平均吃水8 m, トリム4 mで Raffles から Nippa をぬけて通航し, 東航の時は満載で吃水16 m の even keel. Philippe channel から Singapore St. に入る。吃水が深いので本船の位置が常に水深20 m以上のところにあるよう注意するという。西航の時は St. John 附近で S/B Eng をかけ Raffles をすぎて Nippa に至る間で R/up Eng とする。また東航の時は Takong 附近で S/B Eng をかけ St. John 附近で R/up Eng とするのが常ということである。さて船長は海上経歴21年, うち船長経歴5年, 42才である。平静心搏数70。

図6 Aは西航の例である。動作分析・心搏数を30秒毎に層別サンプリングして構成した活動分析表である。実験開始時既に100前後の C. T. G. がみられるが, これは Singapore 港からの出港船がないかと注意している警戒反応のあらわれであろう。やがて右舷に St. John が接近し, 他方左舷に同航船あり, 左右に気を配っている様子がよくわかる。特に左舷の同航船に対しては接近するにつれ次第に C. T. G. が上昇, 至近距離で両船の Co がクロスしようとする時, 一時腕ぐみをして考えたあと取舵で左転しつつ相手船をかわす。この時 C. T. G. は130に達した。相手船をかわしたあと C. T. G. は下降, ほつと一息いれて茶をのんでいる。船長の内省報告によれば「St. John の南側を進航中左前方約0.4 哩に低速貨物船がいて本船が右側に圧せられ浅瀬に接近するおそれがあったため, 本船は思いきつて該船の左側を追越すべく左転したがこの時はかなり緊張した。その他の時は総べて好条件にめぐまれていた」ということで, 総合的にみて今

図5 来島海峡通航時の緊張感

図6 Singapore 通航時の緊張感

A

ACTIVE ANALYSIS SHEET														NO. 40-6-1	
EXP. NO.	Voy.No.40 - 6		SHIP'S NAME		NISSHO MARU		D.W.	132,334	L X B X D	276 x 43 x 22.2		SPEED	17.4	TIDE	_____
DATE & TIME	41.12.30.		WATER WAY		SINGAPORE ST.		Wr.	bc	WIND	North 3		BARO.	1010		
NAVIGATOR	CAPTAIN		M.A.S.	5.0	TEMP.	air 28	sea 27	SEA	Smooth		VISIBILITY	Good			

B

ACTIVE ANALYSIS SHEET													NO. 42-11-1	
EXP. NO.	Voy.No.42 - 11	SHIP'S NAME		NISGHO MARU		D.W.	132,334	L X B X D	27X43X22.2	SPEED	15 1/2	TIDE	_____	
DATE & TIME	42.4.8. 11:00	WATER WAY		SINGAPORE ST.		Wr.	C	WIND	Calm	BARO.	101.2			
NAVIGATOR	CAPTAIN	M.A.S.	5.0	TEMP.	air 26.5 sea 29.0	SEA	V.Smooth	VISIBILITY		Good				

の航海当直は緊張した（評定スケールで緊張度2）という評定を下している。

図6は東航の例。実験記録を最も完全なたちで示したものである。継時記録のため全実験時間の様子を示すには相当の紙面があるのでここではその一部5分間のデータを示す。残りのものも殆んど変化がないので、この実験を代表するデータと考えてよい。これをみるとP.G.R.は頻繁に反射しているがC.T.G.の方は図6Aにくらべて低い。Takongの灯台が接近してくる場面であるが附近に船舶もなく、会話を交しながら前方を見張っている様子から緊張は極めて低いことが想像される。果して船長の内省報告は「今日はベスト・コンディションであつた。全く何ともなかつた」とあり、緊張度の評定は0「何ともなし」であつた。

以上三つの事例を通じていえることは、他船との関係にC.T.G.がよく対応していることである。その意味で緊張感を探る指標としてC.T.G.は最も信用がおけるように思う。ところで、はじめに問題提出した主観的評定とC.T.G.による客観的計測の一致の問題はどうであろうか。来島海峡の例は暫らくおくとして他のケースは皆よく一致していたと考えられる。これを更に別の形で考えてみよう。

図7を参照されたい。試みに一切の条件を無次元化し、心搏数のみをパラメータとして緊張感を考えるとしよう。横軸に平静心搏数よりの上昇率を、縦軸にその頻度をとつてみる。図7AはI社N丸2/0が異なる三つの水路で示した緊張感、図7Bはさきに事例6で示した同船Capt.の緊張感である。2/0の場合緊張感の主観的評定はSingapore St. 東口および豊後水道が緊張度1（少し緊張した）で、Malacca St.は緊張度0（何ともなかつた）である。またCapt.では西航が緊張度2（緊張した）、東航が緊張度0（何ともなかつた）である。即ち山が右へ移動するほど緊張感が高くなり、個人差はあるがその人なりにある幅をもつて客観値と主観値とが一致しているように思われる。若し動作分析結果を厳密にチェックして純粋な精神負荷

とみとめられる心搏の瞬時値を抽出して主観的評定との一致をみるならば、或いははつきりしたことが言えるかもしれない。以上は今後C.T.G.による計測を整理していく上での一試案である。ところで図7Bにみられる如く、同一被験者、同一船舶、同一水路でこのような違いがみられることは緊張感のランダム性を証明するものである。従つて図7Aにおいてあのようなカーブが出たからといつてそれぞれの水路について通航の難易を固定的に順位づける事が出来ないのは言うまでもない。あの時の航海ではこうだつたと言えるにすぎない。

さて、来島海峡の事例で主観的評定では緊張度が0であるにもかかわらず、実際の心搏が多い

図7 心搏上昇率と頻度

のは、あのような典型的な難水路では主観的な評定に対応する心搏のグレードが高いのではあるまいか。この点については、現在継続中の同海峡の実験例がかなりの数になった時更めて考えてみるつもりである。

4. ま と め

航海当直中の操船者の緊張感の動的な実態を人間工学的方法で探ろうとした。果して P. G. R. も C. T. G. も刻々に変動して敏感に反応し生々しい様相を捉えることが出来た。

操船者に加えられる刺激は陸上の自動車操縦と比べて緩慢であること、刺激が広範囲に散らばっていることのために、刺激と反応との関係を一義的に捉えることは困難であるが、概して灯台の接近、変針地点および相手船の存在に対して反応があらわれている。特に C. T. G. は他船の動静に対して判断がつかねる時、衝突の危険がある対応関係に入った時顕著な上昇を示した。また P. G. R. のパターンでは水路の広狭、未熟練者と熟練者、着岸時と航海時とで明瞭な相違を示した。

実船実験ではその時々条件に左右されること、アンケート調査ではかくれて出なかつた個人差の問題が出てくること等から、数例をもつて全般を論ずることは出来ない。今後は更に縦断的研究と横断的研究とをつみ重ねることによつてこの問題をほり下げてゆきたい。最後に実船実験に御協力をいただいた船長・航海士の各位に心から謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- [1] 黒田 隆：狭水道における操船者の緊張感，日本航海学会誌，34号（1965）
- [2] 近藤 武：交通条件と自動車操縦者の心身反応に関する研究，労働科学，37巻5号（1961）
- [3] 橋本邦衛：種々の路線における運転士の心身反応，鉄道労働科学，7（1954）
- [4] Barnes: Motion & Time Study. John Wiley & Sons. inc. (1958)
- [5] 千原義男他：航海計器の配備条件について，労働科学海上労働調査報告，第12集（1961）
- [6] 神戸商船大学港湾運航技術研究会：内海航路の余裕水深と航路幅員に関する調査報告書（1964）