操船者の認知特性に関する基礎研究－Ⅱ．

－ヒューマンエラーの実験的検討（その 1）－

嶋 田 博 行*

Basic Research on Navigators' Cognitive Ability－Ⅱ．

－On Human Error (1)－

Hiroyuki SHIMADA

Abstract

Important accidents have been caused by artificial careless mistakes in huge mechanical systems which contained maneuvering of huge tankers. Human errors were examined by carrying out experiments of color naming in this experiment. Whether subjects must response color-naming or word reading was decided by their listening tone signals for themselves. Error responses were classified into two categories; errors with correct responses and without ones. Reaction times of error responses were shorter than ones of correct responses. The present experiments showed that over learning of skills could rather make errors by contraries to matters of common knowledge.

1. まえがき

人間と機械との関わりあいは科学技術の進歩にしたがって質的にも量的にも大きく変化し、特に緊急時の人間の役割はますます重大になっている。各種の輸送手段（大型航空機、鉄道、大型タンカー、超高速船等）や重化学プラント等の巨大な技術システムでは小さなエラーが大きな事故に発展する可能性がある。過去にも 60 年の日航 B-747 事故、61 年のチェルノブイリ事故等はその典型である。世界の航空機事故は過去 20 年間、1 億人 km 当たりの死亡旅客数は過去前半の 10 年間に 5 分の 1 に減少した。

しかし、後半の 10 年間では技術の進歩にもかかわらず下げ止まっている。またこれらの事故の発生原因を調べると、運航乗務員に起因する事故、すなわちヒューマンエラーによる事故が 60－70% を占めている（ICAO 統計）。また鉄道事故のうち旧国鉄の事故についてみると、重大事故の 90%、準重大事故の 96% がヒューマンエラーに起因した事故となっている。

これからますます巨大化していく技術システムを安全に利用して行くためには、人間の行動や特性を調べる必要がある。この点は海上交通も例外ではない。しかし、事故の原因についての報告には必ずと言ってよいほど、「不注意」ということばが現れる。本来、不注意という用語は心理学、認知心理学、人間工学にはない。ヒューマンエラー及び注意の問題に対して、認知心理学をはじめとする行動科学としての心理学からの研究が多く行われてきた。我々は操船場面での注意の問題を実験的に検討し、数年前に発表している^①。その後、超高速船の安全運航に関する調査検討委員会での調査を行い^{②,③}、注意に関する基礎実験の重要性の認識を新たにしたのでここで、人間一般の注意の特性、特にヒューマンエラーについての実験を行った。

「注意」は認知心理学において核となる概念であるが（Keele, & Neill, 1978）、決して単一概念ではなく、複合的研究領域である（Posner, 1975）。注意の選択性、注意の活動性、注意の範囲、注意の持続の側面から研究が行われてきた。

* 正会員 神戸商船大学（〒658 神戸市東灘区深江南町 5-1-1）

またヒューマンエラーの定義として、「あらかじめ課せられた機能を人間が果たせなかったために生じるものであり、その人間を含むシステムの機能を劣化させる可能性のあるもの」という定義がある。米山(1985)によるとエラーを起こすときの形態は、1. 判断の甘さ 2. 習慣的操作 3. 注意転換の遅れ 4. 思い込みと省略 5. 情報収集の誤りの5つのパターンに分類できるという。また事故の発生モードを意識水準とエラーパターンの関係で検討すると

1. 意識水準は高いが、一つのことの注意が集中し、注意転換がうまくいっていないための事故
2. 意識水準が若干下がり気味の時に正しいと思い込んだり、習慣的に操作し後の確認を怠ったための事故
3. 意識水準が低下した状態での不確実な操作を行ったための事故
4. 作業につく前の休憩時の仮眠、出場遅延による事故

いずれにせよヒューマンエラーは注意と密接な関連がある。このうち、2から4は注意の選択性に関連しており、1は注意の範囲に関係している。彼の分類にはないが、筆者らはヒューマンエラーに関してさらに時間的側面が関与していることを検討し、船の当直のような作業における持続的注意の実験を行って来た¹³。この実験事態は操船の場面に関連する事態であったが、ヒューマンエラーという観点からすると、反応時間の遅れを見落としにつながるものとしてエラーとして捉えたものであり、エラーそのものを検討したものではない。

そこで、今回はヒューマンエラーを詳細に検討できる課題として、選択性(注意の集中)に関する、属性間の選択的注意の実験として色名呼称作業を行った。操船場面からは多少離れるが、人間のエラーを反応時間を指標として詳細に検討するためには、このような基礎実験が重要である。この作業はストループ課題として知られているもので、人間の注意の限界を示すものとして興味深い。すなわち「注意をせよ」という課題が与えられて、努力しても人間には困難な課題が現実には存在するのである。

色と語が意味的に不一致である刺激に対して色名を呼称するときに、反応時間が遅れ、場合によってはエラーが生じる。この効果はストループ効果として知られているものであり、この効果の発生のメカニズムは現在情報処理モデルにより多くの研究者によって盛んに検討されている。

ストループ効果ないしストループ現象とは、色と語の意味とが不一致なカラーワードに対して、色名

名(color naming)反応がなされるとき、反応時間が増大し反応が困難であるという認知的葛藤現象ないし効果である。この効果は非常に頑強な効果であり、再現がいかなる場合でも可能である。

一見、きわめて単純な現象のように思われるが、この現象ほど心理学において多様な領域で研究が行われてきた現象はめずらしい。知覚(Lowe, D. E., et al., 1982¹⁴; Glaser, W. R., et al., 1977¹⁵; etc.)はもとより、人格(Breskin, S., et al., 1970¹⁶; Geller, V., and Shaver, P., 1976¹⁷; Golden, C. J., et al., 1975¹⁸)、発達(Rand, G., et al., 1963¹⁹; Wise, L. A., et al., 1975²⁰)、生理(Duncan-Johnson, C. C., 1981²¹)、言語(Morikawa, 1981²²; Fang, et al., 1981²³; Smith & Kirsner, 1981²⁴; Ridley, et al., 1978²⁵)、動機・感情(Saunders, D. R., 1980²⁶; Ray, C., 1979²⁷)、社会(Loomis, H., et al., 1958²⁸)等の多くの領域をカバーしており、まさに心理学の縮図といった観がある。そしてそのことは、ストループ現象が、心理学において、非常に基本的で広い意味をもつものであることを示唆する。

ここでストループ効果について詳しく述べるスペースはないが、現在この現象の発生のメカニズムに関する多くのモデルが情報処理アプローチにより盛んに検討されている。筆者はこの現象について長年研究してきた^{13, 29, 30, 31}。したがって、ヒューマンエラーを調べるためには、現実的ではあるが場当たり的に探索的に実験を行うよりも、十分な基礎実験が蓄積され、多くの側面から検討が加えられている現象を取り上げ

図1 実験室

ることが重要であると考ええる。

ここではこの現象の属性に関する選択的注意に関するヒューマンエラーを取り上げる。矛盾した刺激の一方の属性に注意を集中しなければならないときにどのようなエラーが生じるかを検討した。

この現象において、課題をさらに困難にしヒューマンエラーを明確に得られるように、今回出力次元決定課題を考案した。

すなわち、被験者は刺激が提示される時には、どちらの次元を出力すべきかは知らされていない。ある手がかり（音の高低）に基づいて、自ら決定しなければならない。

図2 反応時間

(訂正反応のないエラー反応 vs 正反応)

2. 方法

2.1 被験者

大学生 29 名。神戸商船大学心理学実験室。

2.2 装置

パーソナルコンピュータ NEC PC9801 にタイマーボードと D/A、A/D 変換ボードを組み込んだ装置。

実験室は 2 つの隣接するモニター室と暗室からなっており、被験者は個別に暗室に入り実験を受けた。なお実験の所要時間は一人約 1 時間である (図 1)。

実験者はモニター室のコンピュータで反応を監視した。なお、暗室内のモニターとモニター室のモニターとは同じコンピュータと連動している。実験室はモニター室と暗室からなっており、コンピュータで連動していた。

2.3 刺激

通常のストローク刺激 (赤 青 緑……単語次元は漢字でディスプレイに提示)。

赤 青 緑の三種類で漢字で表記されている。これは視角を一定にする為である。(以下小文字で rgb と記す)

色次元 あか あお みどりの 3 色 (以下大文字で RGB と記す) これらの色と単語から次の組み合わせを得る。

Rr Bb Gg……一致条件 3 種類

Rb Rg Br Bg Gr Gb……不一致条件 6 種類

これらの出現頻度を等頻度にするため、(このまま提示すると不一致条件の刺激の出現頻度は一致条件の刺激の出現頻度より 2 倍多く出現する)、一致条件と不一致条件の出現頻度を一定にするようにした。(一致条件が 6 回出現するときは不一致条件も 6 回出現する)。したがって事実上 12 種類の刺激を提示することと同一になる。一致条件 3 種類と不一致条件 6 種類。色と単語の組み合わせから刺激の種類 12 種類、反応の種類が 2 種類が 3 条件であった。これらの条件を各 6 回提供した (360 回)。120 回ごとに休憩を入れた。したがって各被験者毎に約 1 時間要する。

図3 反応時間

(訂正反応のあるエラー反応 vs 正反応)

2.4 出力次元の決定

出力次元の決定の割り込みの時間を設定し、当該時間にあらかじめ用意した音刺激をヘッドフォンから提示する。音はMIDIインターフェースに接続されたPCM音源で作成した。高い音と低い音からなっている（高い音1024Hz、低い音256Hz、提示持続時間250msec）。

被験者は高い音がヘッドフォンから提示されると単語の読みを行ない、低い音が提示されると単語についている色を命名する。反応時間は、刺激の提示から初験者の音声反応までの時間である。

実験者は、隣室のモニター室のモニターで被験者の反応を監視し、エラーをおこした試行番号を記録した。被験者の反応はテープレコーダーで記録した。エラーのパターンから次の4通りに分類した。

エラー反応を次の2種類に分類した。

- 1 訂正反応がない場合（別の色反応を口答反応し訂正がない場合）。
- 2 訂正反応がある場合（A 別の色反応を口答反応し訂正した場合。 B. 正しい反応に至る前に言いづまった場合。 C. 正答を言ってからまた正答を言った場合）

3. 結 果

被験者29名のうちエラー反応があった26名について述べる。

1. 訂正反応の伴わないエラー反応…色と単語の一致条件ではエラー反応の度数は不一致条件に較べて少ない。刺激の組合わせ及び出力次元 x 信号音の提示時間毎に集計し、正反応時間と比較した。その結果すべての比較で、 $p < .01$ で訂正反応を伴わないエラー反応はエラーを生じなかった正反応の反応時間に較べて有意に反応時間が短いことが明らかになった。訂正反応を伴わないエラー反応の場合、エラーに気づいていなかったか、気づいた時には反応が終わってからであった場合である（図2）。

2. 訂正反応を伴うエラー反応…同様に各条件で正反応と反応時間を比較した。正反応よりも反応時間は短い、訂正反応を伴わない場合よりもはやくない（図3）。

4. 考 察

今回の実験は「1. はじめに」で述べたように、あくまでヒューマンエラーに関する基礎実験である。我々は、操船に関して注意に関する実験をすでに行っているが、ヒューマンエラーに関する実験を行うには、実際にエラーを恒常的に引き起こす課題を作り出し、さらに、どの被験者においても共通して困難な安定的なエラーを産出する課題が必要であるという結論に至った。

本実験は上記の点ではほぼ理想的な実験であり、エラーの種類を詳細に検討し、また反応時間が検討できる課題となっている。

最後に、操船場面との関連について考察する。先にも述べたように、この実験は基礎実験であり、実際の操船場面と直接関係しない。現実の事故の原因は多く人為的なエラーに起因している。しかし、その頻度は多くはない。しかし、ひとたび発生すれば重要な結果をもたらす。このような出現頻度の低い現象に関する実験を現実の操船場面での「不注意によるヒューマンエラー」を再現することは不可能である。

ではこのようなヒューマンエラーを研究することは無意味なのだろうか。現実には事故が生じている以上、無意味どころかますます重要性を増している。事故が発生してから、アンケート調査を行っても得られることは限られている。人間は必ずしも自己の行動を自覚していつも行動しているわけではない。本実験の被験者もアンケートを行えば注意をしていたと答えるに違いない。しかし、現実には、エラーが生じている。

したがって、ヒューマンエラーのような出現頻度が現実の場面で低く、しかもその結果が重要な結末をもたらすような事象に対して、実証的研究を行うには、仮想場面であってもエラーを細かく検討できる実験を行う方が重要である。そのことにより、エラーの原因を細かく検討することを可能とし事故予防の観点からも知見が応用できるはずである。

この点で今回の実験では操作の熟練度に関して異なる2つの出力を統制した。操船の場面を考えると、スイッチの操作やレーダの操縦等、操作に熟練を要する作業は存在するだろう。

注意のモデルに関して、ラスムッセンのモデルがある。彼のモデルでは人間の行動をスキルレベルの行動 (Skill-base)、規則レベルの行動 (Rule-base)、および知識ベース (Knowledge-base) の 3 つに分けている。彼のモデルはいわゆるポカミスやヒヤリハットミスに関して、モデル化されているが実験的な実証的裏付けを欠いていた。今回の実験は、スキルベースである reading 行動という自動化された行動が、naming というルールベースの行動に対してエラーを誘発する実験事態である。エラーの反応時間が正答時の反応時間よりも速く、naming を行わなければならないときにかえてより反応の容易な過剰学習された熟練された行動である reading を出力してしまい、熟練され自動化された行動がかえて障害となっている。また、エラー反応が正反応よりも早いことから、気がついたときには既に反応が完了してしまっているいわゆるポカミスを引き起こす事態となっている。

行動に熟練することは、何事においても重要であると一般には考えられている。そのことは操船においても例外ではない。しかし、熟練することがかえて、エラーを誘発することもありうることをこの実験は示している。

参 考 文 献

- (1) Breskin, S., Gorman, B., and Hochman, S. H. : Nonverbal rigidity and preservation. *The Journal of Psychology*, 1970, **75**, 239-242
- (2) Duncan, J. : The Stroop Effect : Brain potentials localize the source of interference, *Science*, 1981, **214**, 938-940
- (3) Fang, S., Tzeng, O.J., and Alva, L. : Interlanguage stroop effects in two types of writing systems, *Memory and Cognition*, 1981, **9**, 6, 609-617
- (4) Geller, V., and Shaver, P. : Cognitive consequences of self-awareness. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1976, **12**, 99-108
- (5) Glaser, W.R., and Dolot, M.O. : A functional model to localize the conflict underlying the stroop phenomenon. *Psychological Research*, 1977, **39**, 287-310
- (6) Golden, C.J., Marsella, A.T., and Golden, E.E. : Personality correlates of Stroop color and word test : More negative results. *Perceptual and Motor Skills*, 1975, **41**, 599-602
- (7) Loomis, H., and Moskowitz, S. : Cognitive style and stimulus ambiguity. *Journal of Personality*, 1958, **26**, 349-364
- (8) Lowe, D.G., and Mitterer, J.O. : Selective and divided attention in a Stroop task. *Canadian Journal of Psychology*, 1982, **36**, 4, 684-700
- (9) Morikawa, Y. : Stroop phenomena in the Japanese language : The case of ideographic characters (Kanji) and syllabic characters (Kana) . *Perceptual and Motor Skills*, 1981, **53**, 67-77
- (10) Rand, G., Wapner, S., Werner, H., and MacFarland, J.H. : Age difference in performance on the stroop colour-word test. *Journal of Personality*, 1963, **31**, 534-558
- (11) Ray, C. : Some components of colour-word interference and their relationship with field dependence. *Acta Psychologica*, 1974, **38**, 323-330
- (12) Rasmussen, J., and Rouse, W.B. : Human detection and diagnosis of system failures. New York : Plenum, 1981
- (13) Ridley, D.R., and Johnson, D.E. : The color word connotative incongruity effect. *Perceptual and Motor Skills*, 1978, **46**, 939-946
- (14) Saunders, D.R. : Definition of Stroop interference in volunteers and non-volunteers. *Perceptual and Motor Skills*, 1980, **51**, 343-354
- (15) Shimada, H. : Effect of auditory presentation of words on color naming : The intermodal Stroop effect. *Perceptual and Motor Skills*, 1990, **70**, 1155-1161
- (16) Shimada, H. & Nakajima, Y. : Double response to Stroop Stimuli. *Perceptual and Motor Skills*, 1991, **73**, 571-574
- (17) Shimada, H. : Semantic interference from audiovisual conflict stimuli. *Proceedings of the 22*

- nd *International Congress of Applied Psychology*, 1992, 2, 162-163
- (18) 嶋田博行・井上欣三・世良 亘：監視作業における注意の持続について 日本航海学会論文集 87 号, 1992, 67-72
 - (19) Smith, M.C., and Kirsner, K. : Language and orthography as irrelevant feature in colour-word and picture-word Stroop interference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1982, 34A, 153-170
 - (20) Wise, L.A, Sutton, J.A, and Gibbons, P.D. : Decrement in Stroop interference time with age. *Perceptual and Motor Skills*, 1975, 41, 149-150
 - (21) 幅轆海域における超高速船の安全航行に関する調査研究（最終報告書）社団法人日本海難防止協会 1993
 - (22) 関西国際空港海上アクセス航行安全調査研究報告書 社団法人神戸海難防止研究会 1994
 - (23) Keels, S.W., & Neill, T. : Mechanisms of attention. In Carterette, E., and Friedman, M.P. (Eds.) *Handbook of Perception*, Vol.9. Academic Press
 - (24) Posner, M.L. : *Chorometric explorations of mind*. Erlbaum, 1978
 - (25) 米山信三・池田敏久他：ヒューマンエラーの背景的要因の分析 鉄道労働科学 1985, 39, 1-11

質 疑 応 答

鶴田三郎（東京商船大学）：操船者の認知特性というタイトルですが、操船者をどのような捉えられているのですか。人間の認知特性とどのように違っているのですか。

嶋田博行：操船者がどのように情報を処理しているかを考えるには、人間一般の情報処理の特性を考慮しておかなければなりません。その中から、自ずと操船場面固有の問題やそれに対する操船者の対処の問題が浮かび上がってくると考えます。