

千葉工業大学

博士学位論文

人間—機械—相互作用の分析に基づく
ヒューマンエラーの防止対策に関する研究

平成 31 年 3 月

北島 洋樹

要旨

人間—機械—相互作用の分析に基づくヒューマンエラーの 防止対策に関する研究

特にこの数年間で、AI（人工知能）の発展が注目されている。AI はすでに色々な製品やインターネット技術等に応用されており、最近では、自動車の自動運転や、囲碁や将棋ロボットが人間を破ったことなども大きな話題となっている。新しい技術が生活に導入されたときには、必ず人間と機械の整合性が問題となる。AI のような新しい技術による機械・機器の導入が促進されることが予測される今、人間と機械の関係をあらためて考えることが重要と考える。

人間と機械の関係の不具合は、人間の行動のエラーとして表出される。ヒューマンエラーの防止は、産業場面、医療場面等で非常に重要であるが、旧来の事故分析では、ヒューマンエラーを事故の原因として、エラーを起こした当事者を追及し、当事者の「うっかり」を防ぐために「注意を喚起する」という、有効性の小さい対策がなされてきた。しかし、狩野が1959年に指摘したように、現在ではなぜそのようなエラー・不注意を招いたのか、その背後関係を調べることが重要とされている。

Reason は、人間の行為や判断の意図と結果の違いをエラーとみなして、システムやハードウェア、ソフトウェアと無関係にヒューマンエラーを定義している。また、芳賀は、産業事故や労働災害を引き起こすエラーも、日常生活の中のうっかりミスもヒューマンエラーに含むが、違反や不安全行動は、本人の意図に反して捕まったり事故を起こさない限りエラーとはならないと定義している。

本研究では、国内外のこれまでの知見を踏まえ、ヒューマンエラーの実例について、人間—機械—相互作用の観点から整理して、その対策を検討することを目的とする。人間—機械—相互作用を念頭に入れたヒューマンエラーの分析を意図し、産業現場におけるヒヤリ・ハット事例調査や、機器使用に関わる現場及び実験室における実験において結果的に生じたヒューマンエラーについて考察した。さらに、ヒューマンエラーを誘発する実験を実施し、その発生要因について検証した。

第2章では、電気通信工事現場における「ヒヤリ・ハット」事例を分析し、年齢層によってヒヤリ・ハット事例の内容に差があることを検証した。屋内工事の18～30歳層では、「脚立作業」や「OAフロア開口部」での報告が多かった。31～50歳層では「誤接続・誤接触」や「ケーブル損傷・抜け」に関する内容であった。屋外工事では、18～30歳層では、「墜落」、「転落・転倒」の内容であった。51～60歳と61歳以上の層からは、「自動車運転時の」体験が多く報告された。また、コレスポンデンス分析により、心身機能と作業内容の関わりと環境要因の影響について考察した。ヒューマンエラー防止には、危険感受性の向上を図る教育が重要であることを確認した。

第3章では、様々なタイプの券売機における人間—機械—相互作用における、エラー事象について考察した。液晶タッチパネル式の対話型の券売機では、特に高齢者の場合には人間の意図と行動が機械の反応とむしろ不一致になる場合があることが示され、設計者とユーザとギャップを埋めることが重要であることを示した。

第4章では、カーナビゲーションシステムの音声操作、手動操作場面におけるエラー事象について考察し、機械の論理（音声認識の技術）と人間の反応との乖離を明らかにし、このギャップを埋めるための方策を提案した。

第5章では、止血弁付き静脈留置針に関する実作業観察において観察された、血液漏れ事例を報告し、安全装置のついた新しい機器を使用することに慣れると古い機器を使用する際に思わぬエラーを起こす可能性を示した。

第6章では、自動車シミュレータによる高速道路走行実験を実施した。実験参加者は18名の男女であった。突然出現する障害物を回避する課題において、障害物出現の1秒前に音声で回避方向が指示される試行を多数回繰り返した後、指示がない試行においてパニック行動やそのきっかけとなると思われる様々な動作スリップが高頻度で生じることが見出された。予測と実際の状況との不一致がパニック的行動の重要な要因であることが推定された。さらに、装置への過信を生じさせないことが、運転支援装置の重要な基本性能であることを考察した。人間—機械—相互作用の観点からヒューマンエラーの1つであるスリップ発生についてのモデルを提案した。

第7章では、2章から6章までの主たる結果について、環境要因をm-SHELモデルに基づき整理した。ヒューマンエラーのいくつかのタイプは環境要因の影響が強いことが示しが。ヒューマンエラーは当事者がどんなに注意してもある一定の確率で生じるものであり、ヒューマンエラーは起こるものとして組織要因、環境要因で制御することが、ヒューマンエラー対策の王道であるが、環境要因の改善により、ヒューマンエラーそのものの発生を抑制できる可能性を示した。さらに、環境要因による行動の制御は、心理学の一分野である行動分析学（徹底的行動主義）において優れた知見が見いだされていることに基づき、今後のヒューマンエラーの研究における新しい可能性を考察した。

第8章では、まとめとして、「不注意原因論」の排除を強調し、人間—機械—相互作用の概念や行動分析学により、環境要因に注目することで、合理的な対策を立案する（制御性を高める）考え方を普及させることの重要性を示した。

Summary

Research on preventions of human errors based on human-machine-interaction analysis.

Especially in the past few years, the development of AI (artificial intelligence) has attracted attention. AI has already been applied to various products and Internet technologies, etc. Recently, automated driving of cars and the fact that Go and Shogi robot broke human beings have become a big topic. When new technology is introduced into life, the consistency of human and machine always becomes a problem. Currently, it is predicted that introduction of machinery / equipment by new technology like AI will be promoted, so it is considered important to think again about the relationship between human and machine.

The malfunction of human-machine relationship is expressed as an error of human behavior. The prevention of human error is very important in industrial scenes or medical scenes. In traditional accident analysis, human error was considered the cause of the accident. Therefore, the individual who caused the error was pursued. And, in order to prevent "carelessness" of individuals, low precautionary measures for the effect of "calling attention" have been made. However, as H. Kano has pointed out in 1959, it is now considered important to investigate why such an error / negligence has occurred, and to investigate its background factors.

J. Reason considered the gap between human behavior or judgment or intent and outcome to be an error. And human error was defined independently of system, hardware and software. S. Haga defined that errors that cause industrial accidents and occupational accidents, and accidental mistakes in everyday life are also included in human error. However, violations and unsafe behaviors were defined as not being human errors unless they were caught or accident contrary to their intention.

The purpose of this research is to examine the examples of human errors from the viewpoint of human-machine-interaction based on the findings of the previous research and to examine the prevention. In order to analyze human errors with human-machine-interaction, human errors observed in "near-miss incident surveys" at industrial sites and that occurred as a result of actual equipment use situations and laboratory experiments were analyzed. In addition, experiments to induce human errors were conducted and the results were analyzed.

In chapter 2, the case of "near-miss incident" at the telecommunications construction site was analyzed, and it turned out that there was a difference in the content of incident case by age group. In the 18-30 year-old group engaged in indoor construction, there were many incidents involving "stepladder work" and reports in "the floor panel opening". In the 31-50 year-old group, many incidents of "damage cable / loosening cable" and "improper connection and erroneous contact" were found. In the 18-30 year-old group engaged in outdoor construction, there were many incidents involving "fall" and "slip and trip". And in the 51-60 year-old group and over 60 year-old group, there were many incidents of "while driving an automobile". Furthermore, through correspondence analysis,

the relationship between physical and mental functions and work contents and the influence of environmental factors were considered. It was confirmed that education to improve danger sensitivity is important for human error prevention.

In chapter 3, error events in the usage scenes of various types of ticket vending machines were analyzed. In an interactive ticket vending machine with the liquid crystal touch panel type, it is shown that there is a case where the response of the machine may be inconsistent with human intention and behavior, especially in the case of elderly people. It turned out that it is important to bridge between designers and users.

In chapter 4, error events were analyzed in the voice operation and manual operation of the car navigation system. A divergence between machine logic (speech recognition technology) and human speech characteristics was clarified, and measures to fill this gap were proposed.

In chapter 5, blood leak cases observed in real work observation on a intravenous catheter stylet needle valve were reported. The possibility that an unexpected error might be caused when using old equipment becomes accustomed to accustomed to using new equipment with safety equipment.

In Chapter 6, we conducted a highway driving experiment with automobile simulator. There were 18 male and female participants in the experiment. In the task of avoiding obstacles that appeared suddenly, after repeating a trial in which the avoidance direction is instructed by voice one second before the appearance of an obstacle, there are various panic actions that may be triggered in a trial not instructed. It was found that high slip occurred frequently. It was presumed that the discrepancy between the prediction and the actual situation is an important factor of panic behavior. Furthermore, considering that it is an important fundamental performance of the driving assistance device, not to cause excessive confidence in the device. Based on the viewpoint of human - machine - interaction, I proposed a model for action slip occurrence.

In chapter 7, the main results from chapters 2 to 6 were arranged based on the m-SHEL model for environmental factors. Some types of human errors have been shown to be strongly influenced by environmental factors. Human errors occur with a certain probability no matter how the parties touched. For this reason, in general, it is the best way to prevent human error by controlling with tissue factors and environmental factors as human error occurs. However, in this study, it was shown that the occurrence of human errors themselves could be suppressed by controlling environmental factors. Furthermore, based on the fact that superior knowledge has been found in Behavior Analysis (thorough Behaviorism) which is a field of psychology, control of behavior by environmental factors is based on new possibilities in future research methods of human error. Was considered.

In Chapter 8, as a summary, the elimination of "the theory that individual carelessness is the cause of the accident" was emphasized. Based on the concept of human - machine - interaction and behavior analytics, attention to environmental factors showed the importance of spreading the idea of planning rational measures (enhancing controllability).

目次

第1章	序論	1
1-1	研究の背景	1
1-2	ヒューマンエラーの研究方法	6
1-3	問題の所在と本研究の方針	9
第2章	電気通信工事現場におけるヒヤリ・ハット報告の分析	11
2-1	本研究の目的	11
2-2	屋内工事と屋外工事の年齢別における項目の傾向分析	13
2-3	「転落・転倒」項目の作業内容と「心身機能」の関係	16
2-4	まとめと総合的考察	20
第3章	鉄道乗車券自動券売機とヒューマンエラー	22
3-1	本研究の概要	22
3-2	鉄道駅における券買行動の観察	22
3-3	鉄道駅における券買実験の概要	24
3-3-1	高齢者を対象とした実験	24
3-3-2	若年齢者を対象とした実験	31
3-4	観察されたヒューマンエラーの特徴	33
第4章	音声カーナビ操作とヒューマンエラー	36
4-1	実験の概要	36
4-2	観察されたヒューマンエラーの特徴	42
第5章	止血弁付き静脈留置針とヒューマンエラー	50
5-1	調査の概要	50
5-2	観察されたヒューマンエラーの特徴	53
第6章	自動車運転中のヒューマンエラーに関する実験的研究	55
6-1	目的	55
6-2	方法	58
6-3	結果と考察	64
6-4	総合的考察	74

第7章 結論と展望	78
7-1 ヒューマンエラーと環境要因	78
7-2 展望：行動分析学のポイントと応用可能性	82
7-3 行動分析学を応用したヒューマンエラーの分析	85
第8章 まとめ	87
引用文献	89
謝辞	94

第1章 序論

1-1 研究の背景

I. 人間—機械—相互作用

特にこの数年間で、AI（人工知能）の発展が注目されている。AIはすでに色々な製品やインターネット技術等に応用されており、最近では、自動車の自動運転や、囲碁や将棋ロボットが人間を破ったことなども大きな話題となっている。人間とAIのような新しい技術による機械・機器はこれからどのような関係になってゆくのか。人間と機械の関係をあらためて考えることが重要と考える。

倉田（1957）¹⁾は「(前略)～人間が用うるための機械の工学、機械を操作する人間のための工学が必要になってくる。今次大戦は、このことを切実にしらしめた。」との表現で、第二次世界大戦が Human Engineering つまり機械と人間の関係を再考するきっかけとなったと記している。この論文は「人間と機械の関係の再認識－Human Engineering について－」と題されており、1957年の時点で人間と機械の関係は「再認識」されている。倉田（1957）¹⁾は、Ergonomics を Human Engineering の基礎と位置付け、人間と機械の関係を図 1-1 の様に示している。内部環境とは人間の内部の過程、外部環境とは機械も含んだ所謂環境であり、機械の表示が人間への刺激となり、人間の反応（操作）によって、機械は調節されることを示している。つまり人間と機械は相互作用的な関係として考察することが重要である。

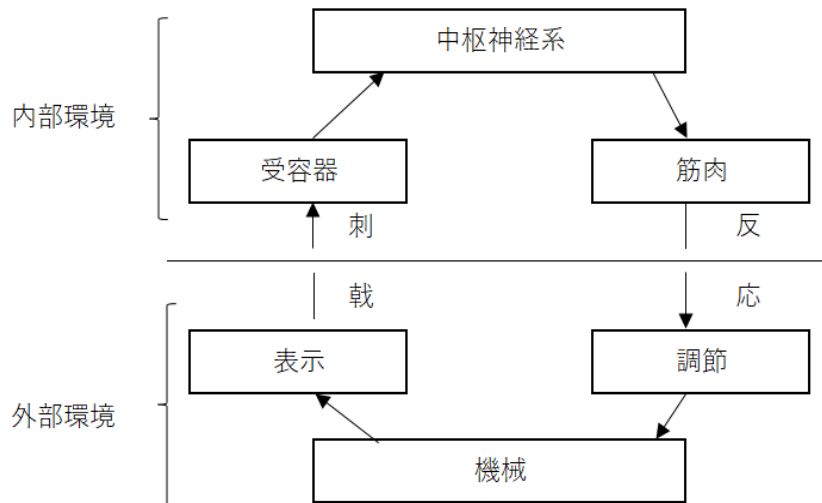


図 1-1 作業者と機械の関係（倉田、1957¹⁾の p 591 より改変）

人間と機械の関係の不具合は、人間の行動のエラーとして表出される。例えば、近い将来の実用化が目指されている自動運転中の緊急事態により、自動運転の解除が自動車側から運転者に通知される（テイク・オーバー・リクエスト）事態で、運転者がはたして安全に運転に戻るかが懸念され、シミュレータ実験では、このような事態でヒューマンエラーが発生することも報告されている^{2) 3)}。

人間の行動を規定する要因について Lewin (1935) ⁴⁾ は図 1-2 のように定義している。

$$B = f (P \cdot E)$$

behavior person environment

図 1-2 レヴィンの行動方程式 (相良・小川(訳)、1957 の,p78 より改変)

B は行動 (behavior)、P は個人要因 (person)、E は環境要因 (environment) を表す。この方程式は、人間の行動は、個人要因 (遺伝) と環境要因によって規定され、個人要因と環境要因の間にも相互作用があることを示している。環境要因とは生活体を取り巻いている周囲のあらゆる物象を指し、物理的な環境、自然環境、施設、機器、主体以外の他者等が該当する。我々が認識しているのは主観的環境であり、物理的環境とは同一ではない。この関係を Koffka (1935) ⁵⁾ は図 1-3 のように示している。

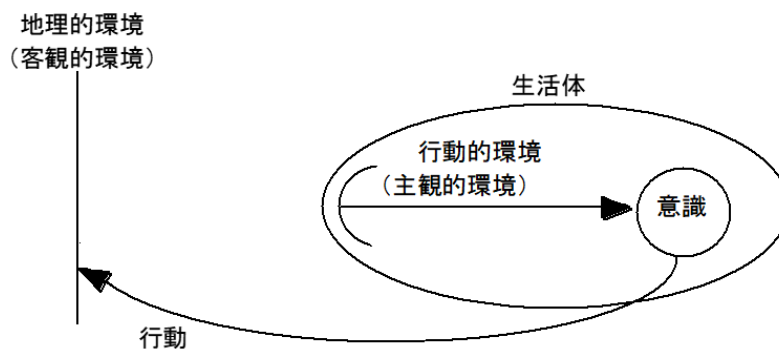


図 1-3 客観的環境と主観的環境、行動の関係 (Koffka、1935⁵⁾ ,p40 より改変)

地理的環境 (客観的環境) により行動的環境 (主観的環境) が解発され、行動的環境が意識に働きかけて意識上となる (環境の理解・認識)。認識された環境によって行動が地理的環境の下で生じる。この行動は地理的環境を変容させることもある。

本研究では、以上の見解を基礎として、行動の不具合=ヒューマンエラーの発生する状況や機器の作用も含めた環境要因について考察することとする。

II. ヒューマンエラーに関する国内の動向

ヒューマンエラーの防止は、産業場面、医療場面等で非常に重要であるが、旧来の事故分析では、ヒューマンエラーを事故の原因として、エラーを起こした当事者を追及し、当事者の「うっかり」を防ぐために「注意を喚起する」という、有効性の小さい対策がなされてきた (狩野、1959⁶⁾ ; 正田、1988⁷⁾)。しかし、狩野 (1972) ⁸⁾ は 1972 年時点では国内外の心理学辞典には「不注意」

「ミス」「過誤」などのことば自体が掲載されていないことを指摘している。正田（1988）⁷⁾も「不注意」について同様の指摘をしている。狩野（1972）⁸⁾は、「不注意」や「エラー」「ミス」について、下記のように述べている。

「世間一般の人びとは不注意ということに、ある種の倫理的意味を添加するために、何か特別に異常な心理状態であるような考え方をする。

ところが心理学上では不注意現象は異常でもなんでもなく、きわめて正常な心理現象と考えている。

エラーや、ミスについても、まったく同様であって、こんなものは、特別な項目として取り扱う必要がないわけである。

後で述べるように、これらの現象は、さまざまのきわめてノルマルな自然の心理・または行動法則として、あらわれてくるのであって、結局、これらのそれぞれの心理・行動現象をたどっていけば、エラーやミスがおのずから解釈できる性質のものだからである。」（原文のまま）

これはヒューマンエラーについての先進的な考えを示している。狩野はこの見解の以前からも、「多くの場合、不注意は、人間が故意に不注意になるのではなくて自然法則的に不注意という現象がおこると考えるべきである。何人も、故意にけがをするものはないだろう。人間が意識して不注意なることは、原理的にできないことがらである。したがって不注意は原因でなくて、むしろ結果であり、そういう不注意の発生する条件の方の研究や排除ということを考えないで「注意によって災害を防止する」という考え方は、いかにも非科学的な精神主義的な安全管理だといわざるを得ない。」と指摘している⁹⁾。

このように、我が国では1959年にはヒューマンエラーについて先見的な見解が示されていたが、社会的に「不注意原因論」に変化が生じたのは、2005年の福知山線の事故が契機と考えられている。この事故の後、ヒューマンエラーは、環境と人間との齟齬による結果の一つであり、何故ヒューマンエラーを犯したのか、どのような状況がヒューマンエラーを発生させたのか、を知ることが真の再発防止策と考えられるようになってきている。例えば、2005年10月に公開された、国土交通省自動車運送事業に係る交通事故要因分析検討会「自動車運送事業における安全対策の新たな展開」⁹⁾の冒頭では、狩野の見解を引用し、「これらの事故等は、多くにおいて、共通する因子としてヒューマンエラーと事故との関連が指摘されている。従来、ヒューマンエラーが関連する事故やトラブルが発生すると、エラーをおかした人間の不注意のみが非難される傾向があるが、「不注意は災害・事故の原因ではなく結果である。不注意を招く真の原因を研究すべし」と言われるように、なぜエラーをおかした人間がそういう不注意を招いたのか背後関係を調べる事が重要である。」と明記された。2011年4月15日の運輸安全委員会、「JR西日本福知山線事故調査に関わる不祥事問題の検証と事故調査システムの改革に関する提言」¹⁰⁾の「II 事故の再発防止に資する事故調査のあり方」の項において、約12ページを費やし、ヒューマンエラーの基礎的な知見に言及している。そしてこれらの知見に基づく、事故調査方法論が提言されている。また、2017年7月の国土交通省大臣官房 運輸安全監理官「運輸事業者における安全管理の進め方に関するガイドライン ～輸送の安全性の更なる向上に向けて～」¹¹⁾においても、「前略～鉄道分

野では、平成 17 年 4 月 25 日には J R 福知山線における死者 107 名、負傷者 562 名という未曾有の大惨事や、有人踏切において列車接近中に遮断機を上昇させて通行者が亡くなるという事故等が発生した。また、同時期に、航空分野においても、我が国航空運送事業者における管制指示違反、不適切な整備の実施等々、数多くのトラブルが発生しており、さらに、自動車分野や海運分野においても様々な事故・トラブルが多発した。これらの事象は、多くの場合において、共通する因子としてヒューマンエラーとの関連が指摘されており、なぜそのようなエラー・不注意を招いたのか、その背後関係を調べるのが重要であるため、国土交通省では「公共交通に係るヒューマンエラー事故防止対策検討委員会」を設置し、各交通モードを横断的に、ヒューマンエラー発生のメカニズムを検証し、平成 17 年 8 月に中間とりまとめが、平成 18 年 3 月に最終とりまとめが行われた。」との明記があり、ヒューマンエラーの定義やその分析、およびその結果に基づく対策が強く意識されるようになってきた。

本研究は、これらの指摘を念頭に置きつつ、ヒューマンエラーの原因や条件を新たな視点で考察することで、事故の予防への寄与を図るものである。

III. ヒューマンエラーに関する国際的な動向

近年のヒューマンエラーに関する概念について、芳賀 (2018)¹²⁾ は、ヒューマンファクターズやヒューマン・マシン・インターフェイスといった人間工学的概念と深い関連があり、おそらく 1950 年代か 1960 年代に生まれたと推定している。その背景として、1970 年代から 80 年代にかけて、複雑化・大型化した化学プラントや航空機で大規模な事故が頻発し、人間のエラーや違反がしばしば指摘され、ヒューマンエラーはヒューマンファクターズの重要な研究対象となった。同時期に信頼性工学において、人間信頼性分析 (Human Reliability Analysis:HRA) の発展があったとしている。

さらに、芳賀 (2018)¹²⁾ は、アメリカの著名な認知心理学者 Donald Norman は 1981 年にうっかりミス (action slips) の発生メカニズムを人間の認知プロセスから説明する論文を発表し、ヒューマンエラー研究に多くの心理学者が参入するきっかけとなったこと、イギリスの James Reason が 1990 年に Human Error と題する著書を出版したことが、学術的な発展の理由であることを述べている。

ヒューマンエラーに関する古い考え方と新しい考え方に関する Dekker(2006)¹²⁾ の見解を下記に示す。

(1) ヒューマンエラーに対する古い見方

人は誰でもミスをするということを理解せず、エラーをおかさない人だけを選抜したり、個人が努力をすればエラーは防げる。(前時代的精神論)

- ・エラーは不注意によって起きる (ちゃんと注意をすればミスをしない)。
- ・エラーは一部の人間しかおかない。(エラーをおかす人間はたるんでいるか、適正がない)
- ・決められたことを決められたとおりに行えば必ずうまくいく。(決められたこと以外はしてはいけない)

- ・違反やミスを厳しく罰すれば、違反やミスをしなくなる。

この古い見解によるヒューマンエラー対策は、厳罰主義、マニュアル主義ということであった。

(2) ヒューマンエラーに対する新しい見方

・ヒューマンエラーは失敗の原因ではない。むしろヒューマンエラーは、より深いところになる問題の産物であり、問題があることを示す標しである。

・ヒューマンエラーはランダムに発生するものではない。使用した道具、作業、作業環境の特性と規則的なつながりを持っている。

・ヒューマンエラーは原因調査の結論ではなく、調査の出発点である。

この新しい見解から、ヒューマンエラーへの対策は、機械、設備、ソフトウェア、人間、教育・訓練、管理などを含むシステム全体で行うべきものと結論される。

新しい見解は、狩野 (1959)⁸⁾ の指摘にほぼ適合している。

芳賀 (2018)¹²⁾ に基づき、いくつかのヒューマンエラーの定義を紹介する。

- (1) Sanders & McCormick : 「効率や安全性やシステム・パフォーマンスを阻害する、あるいは阻害する可能性がある、不適切または好ましからざる人間の決定や行動」
- (2) Gabriel Salvendy 編集のヒューマンファクターズのハンドブック : 「システムによって定められた許容限界を超える人間行動の集合の任意の要素」
- (3) James Reason : 「エラーとは、計画した一連の人間の心理的活動または身体的活動が意図した結果を達成できず、かつこれらの失敗を何らかの偶然の作用の介入に帰することができない場合を包括する総称的な用語とする。」
- (4) 芳賀繁 : 「ヒューマンエラーとは、人間の決定または行動のうち、本人の意図に反して、人、動物、物、システム、環境の、機能、安全、効率、快適性、利益、意図、感情を傷つけたり壊したり妨げたもの」

Reason は、人間の行為や判断の意図と結果の違いをエラーとみなして、システムやハードウェア、ソフトウェアと無関係に定義したことが特徴である (芳賀、2018)¹²⁾。芳賀は自らの定義について、産業事故や労働災害を引き起こすエラーも、日常生活の中のうっかりミスもヒューマンエラーに含まれるが違反や不安全行動は、本人の意図に反して捕まったり事故を起こさない限りエラーとはならないことが特徴であることを述べている。

Reason (1990)¹⁴⁾ は、不安全行動を分類し、そのうち「スリップ」「ラスプ」「ミステイク」をヒューマンエラーとしている (図 1-4)。

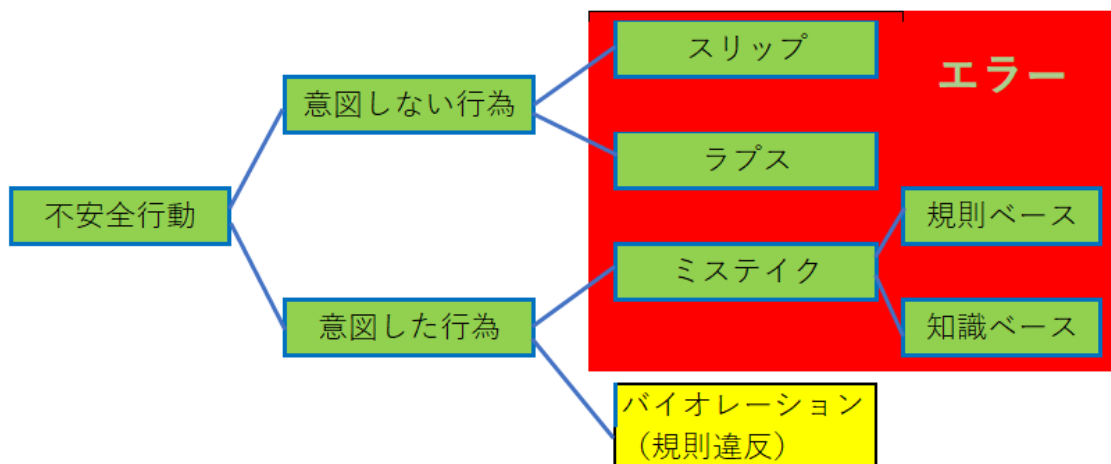


図 1-4 Reason (1990)¹⁴⁾による不安全行動の分類 (十亀 (訳)、2014 の p266 より改変)

スリップとは注意の不全で、動作実行段階での間違い (意図と動作の乖離) が含まれる。ラプスとは記憶の不全で、計画項目の抜け・進捗の見失い・意図忘れなどが含まれる。ミステイクには規則ベースのものと知識ベースのミステイクがある。規則ベースの例は、良い規則の適用間違いや悪い規則の適用である。知識ベースのミステイクは不完全あるいは不正確な知識による間違いである。

Reason は、意図した行為のバイオレーション (規則違反) はエラーに含めていないが、現実の作業場面ではしばしば問題となる行為であること、信頼性工学の定義からはヒューマンエラーとみなせること、さらに、その行為には個人要因だけでなく、環境要因が強く関わっていることなどから、人間—機械—相互作用に注目する本研究では、ヒューマンエラーに準じるものとして考える。

1-2 ヒューマンエラーの研究手法

ヒューマンエラーは博物学的技法、ヒヤリハット報告を含む質問紙調査、実験室研究、シミュレータによる研究、事故報告書等に基づく事例研究が行われているが (Reason, 1990¹⁴⁾)、狩野 (1984)¹⁵⁾ は、ヒューマンエラー研究の問題点について下記の指摘をしている。

(1) 「とくにヒューマン・エラー的な現象は、私の経験からいえば、どちらかという、生物としての人間のかなり原始的な性質というか、そのような生 (なま) の生きざまが、ときとしてそのまま出てくるようなところがある。ヒューマン・エラーの発生する機縁は、高度に発達した人間の精神過程、たとえば論理的思考などは、どうも縁がうすい行動のレベルに関係があるようだ。」 (p2)。

(2) 「高度に発達した理論や数理モデルや研究技術をもってしては、とうてい理解することができそうもない人間のふるまいの秘密は、どこからきているのか、それにはまず生物としての人間の自然の有様を、いろいろな心理学的技法を加えて、修飾しない前の状態としてとらえる必要を感じたからである。」 (p2)

(3)「さて、ヒューマン・エラー的な事象の特徴としては、これを研究者が計画的に発生せしめて、直接観察することがきわめて困難であるということである。ヒューマン・エラーが偶然に起きるのを待つよりほかに方法がない。すなわち、ヒューマン・エラーを意識してやろうとしても、そんなことは原理的におこりえないという奇妙な性質があるために、その研究が非常に立ちおくられている理由でもある。それに、さいわい偶然に起こったとしても、今それが起こってしまったあとから、それを観察しようとしても、いわゆるあとのまつりで、さっぱりわからない。なぜ、自分がそんなへまをやったのか、わからない場合がすくなくない。つまり条件をコントロールできないために、原因を適確につかめないのである。」(p9)

(4)「もっと複雑な、現場でおこるヒューマン・エラー的なケースになると、これを実験的に再現して、被検者にミスをおこさせるようにしむけることは、きわめて困難である。」(p9)

(5)「もっともハインリッヒなどが書いたものには、ケースがいろいろ出てくる。しかし、ハ氏の解釈はかなり強引で、ほとんど「労働者不注意論」的説明であるから、私にはあまり参考にならなかった。」(p10)

(6)「私は、人体にはいろいろなプログラム、つまりきわめて原始的な行動のプログラムから、近代機械技術・技能に対応する新しいプログラムまで、多種多様なものが phylogenetic、また ontogenetic に形成され、それが歴史的進化の過程で消滅したのもあれば、まだ依然として残存しているものもある、と考える。」(p12)

(7)「すなわち本例のように、マシンの論理に背反するような原始的な動作が、マシンの環境の中において、マシンとの密接な交渉の過程においても、突加として出現する。それが現代においては“ヒューマン・エラー”と呼ばれている現象の一群の中にあるということである。」(p13)

(8)「この例も、前述のガス環境の中でたばこを吸ったケースと同じく、ある日常的慣習行動が行われる事態においては、周囲の“物質の論理”は全くプログラムの中に存在しないのである。」(p14)

これらの指摘からは、ヒューマンエラーへ影響する環境要因は決して軽視できない。Reason は、本人の意図と結果の乖離を重視したが、本人の意図や結果には環境要因が大きく関わっている。そこで、本研究では、先に示した Lewin の行動方程式⁴⁾に基づき、ヒューマンエラーについて考察を進めることとする。

狩野(1959⁶⁾、1972⁸⁾)は、産業現場における事例研究を精力的に実施しているが、事例の現象の記述と条件分析がその主たる手法である。狩野の分析スタンスも基本的には Lewin の行動方程式に則ったものと考えられることができる。下記に、狩野(1959)⁶⁾における分析例を示す。

これは、「行動の錯誤にもとづく災害」という大項目のなかで、「刺戟に誘発される動作」に分類された事例である。一部記載を補足している。

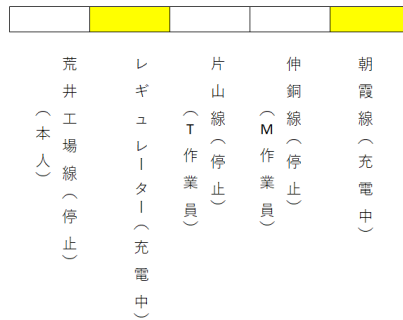
(Case No.25)

(1) 日時・天候：(昭和) 27年3月26日 13時40分 晴れ

- (2) 当事者属性：変電所員 T.M. 29歳 勤続6年
- (3) 場所：埼玉 膝折変電所 機械室
- (4) 分析者：狩野

当日の作業は、午前中9時より12時まで甲母線側を全停して機器の点検、測定、清掃を行い午後は13時より17時まで停電の予定で、母線側の点検、測定を行うことになった。作業員は3名で所長が監視に当たった。午後の作業は予定通り進行し、11時20分頃支店から電話があつて、所長は午後から進駐軍へ出頭することになった。12時20分甲母線の作業は完了し、食事が終わったあと所長はS技手補に監視を命じて出向した。

13時から乙母線の作業にかゝった。作業分担は、(下)図のようであつて、朝霞線は進駐軍関係のため停電できず、また、レギュレーターはD.S.破損のため解放できず、危険のため、前後に椅子をおいてあつた(危険標識等設置せず)。尚当日は左官職が5名来て室の壁塗りをしていた。本人は荒井工場線を担当し、13時40分頃、予定の仕事が終わり、一旦配電室へ引きあげ一服した。その際O.C.B.のプッシング附近が、左官工事のため汚れていたの、予定計画になかつた作業であるが序に清掃することとし、また各自分担の処へ行つた。S技師補は予定作業も終わり、清掃を大した仕事と考えなかつたので、監視の必要なしと考えて、計器、コードなどを片付けて倉庫へ行った。



狩野(1959)⑥より改変

本人は、荒井工場線のO.C.B.(3kV配電用)の上に乗る、O.C.B.から断路器碍子を清掃して一たん降下したが、隣のレギュレーターの碍子附近に汚れを認めたので、これを清掃戦として感電、墜落受傷した。

なお、レギュレーターと荒井工場線の境にはアスベストの障壁が設置してあつたが、約1尺ほどの間隙があり、荒井工場線の方から手を入れれば楽に手が届くようになっていた。

刺激に誘発される動作 本人が何故、生きていることを充分承知している筈のレギュレーターに手を出したか、受傷後本人に直接きいてみると「荒井工場線のプッシングの掃除が終わつたので、一たん降りかけたが、隣のレギュレーターの碍子附近の汚れが目につくので、無意識に手を出した」といつている。

この災害のケースでも、本人はレギュレーターの生きていることは充分承知していたのであるが、停電側の危機の汚れを清掃しているとき、同じような機器に同じような汚れが眼に

とまつたので、前後の考えもなく、これに手を出したものと推定される。

危険物には物理的に接近防止をせよ 以上のような錯覚を防ぐには、充電部分に危険標識ロープを設置すべきことは当然なされなければならない。また、異質の機器は当然色彩を変えて、ハッキリ弁別出来るようにすることも、防止手段として有効であろう。

しかし、なお一そう徹底した方策は、充電部分には、絶対に接近出来ないような物理的障壁を設けるべきである。本例の場合、荒井工場線とレギュレーターの境界にアスベストの障壁があつたが、1尺ほどの間隙があつて不完全なものであつた。

やや冗長とも感じる点もあるが、作業の状況や背景要因、時間的順序等が整理された生々しい記録であることは重要と思われる。

1-3 問題の所在と本研究の方針

狩野 (1959⁶⁾、1972⁸⁾) のような事例研究は、ヒューマンエラー研究の基本中の基本であるが、事故報告書による研究には限界がある。それは、(1)ヒューマンエラーの起きた瞬間、あるいは事故の瞬間の記録ではないこと、(2)当事者が死亡している例では特に、何故そのような事が起きたか、何故そのように行動したか等の詳細が不明であること、(3)当事者に対する責任追及のために、防衛的な報告がなされて、真実が報告されていない可能性があること、などの点である。また、「ヒヤリハット報告」では、事故には至らなかったため、当事者の防衛的な反応は相対的には小さく、より真実が報告されていると考えられるが、「起きてしまった」事象の事後報告であることには変わらない。ヒューマンエラーの研究とそれに基づいた対策の立案のためには、より実証的な研究が必要であると考えられる。狩野 (1984) ¹⁵⁾ は、ヒューマンエラーの実証的研究の困難さを指摘しているが、本研究ではその指摘を乗り越えるために、人間-機械 (環境) -相互作用の観点を重視したヒューマンエラーの実証的な研究を目指す。そのために、ヒヤリハット報告については新しい統計的分析を試みる。また、偶発的にはあるがヒューマンエラーの瞬間が記録された事例を取り上げる。さらに、実験的にヒューマンエラーを生起させることを試みて、より実証的な研究を進める。

図 1-5 にヒューマンエラーとアクシデントの関係 (井上・細田、2006) ¹⁶⁾ を示す。図中左のように、組織の仕組みがタイトで全体が事象発生レベル以下であれば、事故は発生せず、右の様に組織の仕組みがルーズで全体が事象発生レベルを超えたときに事故が発生する。人間の揺らぎは制御困難と考えられており、制御可能なインターフェイス、環境、組織要因のレベルを下げる事が重要である。このように、ヒューマンエラー自体はある確率で生じるものとして、制御可能な要因で対策することが王道であるが、本研究のように、実証的研究によりヒューマンエラーの発生機序を明らかにすることで、環境要因から人間の揺らぎを予測する、あるいは少しでも低減させることを目指す研究に繋がると考える。

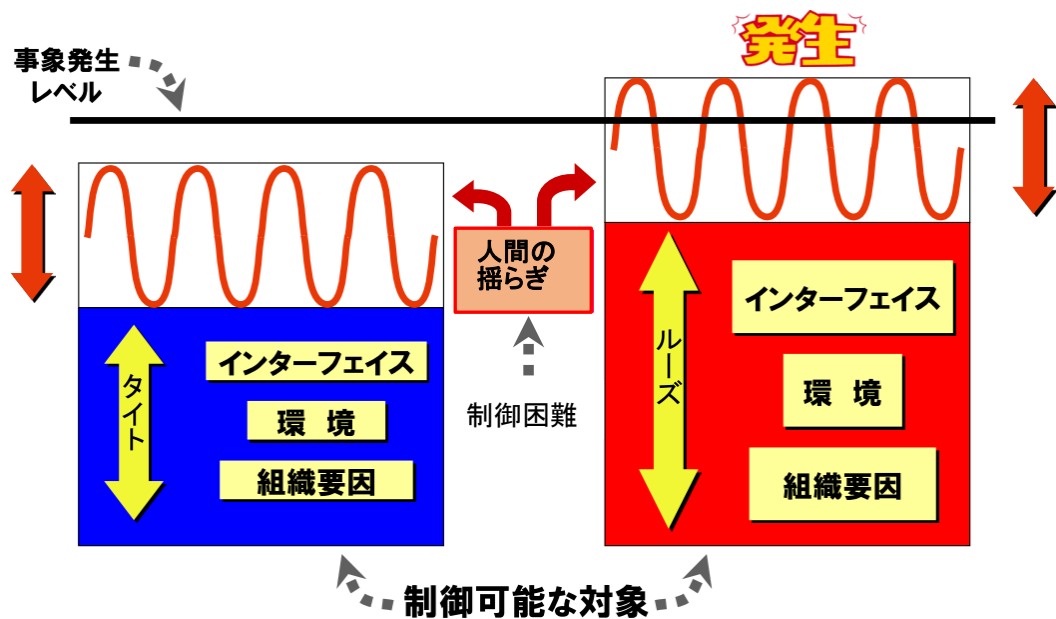


図 1-5 ヒューマンエラーとアクシデントの関係 (井上・細田、2006¹⁶⁾、p179 より改変)

以上の見解を基にした本研究の方針を以下に示す。

- (1) 事例の重視：現実の産業現場で発生してしまったヒューマンエラーについて収集された「ヒヤリ・ハット報告」データを元に、年齢層別の特性や新しい分析方法について考察する。(第2章)
- (2) (偶然的に) 発生の瞬間が記録されたヒューマンエラーについて考察する。(第3章、第4章、第5章)
- (3) 自動車シミュレータを用いて、認知心理学的課題を課すことで、現実の作業に近い条件におけるヒューマンエラー誘発実験を実施し、ヒューマンエラーの1つである動作スリップの発生要因やそれに起因するパニック行動のモデルを考察する。(第6章)
- (4) ヒューマンエラーに影響する環境要因を m-SHEL モデルを参考に考察する。さらに、環境要因によって個人の行動を説明することで、行動の予測と制御を目指す行動分析学(徹底的行動主義)的視点により、新しい研究方法論の可能性について考察する。(第7章)

第2章 電気通信工事現場におけるヒヤリ・ハット報告の分析

2-1 本研究の目的

産業現場において収集された「ヒヤリ・ハット報告」の実態データを元に、年齢層別の傾向や新しい手法（コレスポネンス分析）によって「作業内容」と「心身機能」の関係を分析することを試みる。「ヒヤリ・ハット報告」は、日々の作業等の中で、突発的な事態やミスにより「ヒヤリとしたりハットした」体験の報告であり、重大な災害や事故の寸前の事例なども含まれる。

スマートフォンやタブレットPCの急速な普及によって、通信パケット量が膨大になっている。このため、移動体通信基地局の増強、データセンターの拡大など情報通信インフラへの投資は近年増加の傾向にある¹⁷⁾。これらの工事に携わる電気通信工事者は社会インフラの重要な部分を支えている。

電気通信工事の労働災害は、墜落災害と感電災害の2つの比率が高く、墜落災害では、高所作業車、脚立など、仮設作業床からの墜落が最も多い傾向である¹⁸⁾。さらに労働災害以外に、工事中のケーブルの誤切断や機器の設定ミスなどによる通信障害やネットワーク停止と言った物的事故は、データ通信のサービスに大きく影響を及ぼすことが考えられる¹⁹⁾。

その対策として、作業開始前にKYT（危険予知訓練）で人的災害、物的災害につながるような、ヒヤリ・ハット事例を取り上げて²⁰⁾、事故に至るまでの経緯に焦点をあてて²¹⁾、その背景や原因について話し合うことは事故防止に効果的である^{22, 23)}。作業場所の気付かれていない危険要素を明らかにしていくことが可能となり、事故発生そのものを無くして行こうとする意義もある。現場の経験知を形式知にして安全知識として蓄積し、体系化して教育・訓練に活用していくことは重要である²⁴⁾。

椎名（2012）²⁵⁾では、建設現場で電気通信工事作業員が体験するヒヤリ・ハットを調査し、事故防止教育に活用することは、効果的であることが確認された。しかし、ヒヤリ・ハットの有効性の自由記述によるアンケート調査結果では、「事故が起こる場合、複合的な要素が積み重なると起こる」という意見があり、当時の作業状況や本人の心情と言ったヒューマンエラーにつながる要素の視点からも新たに検討が必要であることが示唆された。

そのため、Shiina（2013）²⁶⁾は、谷村（1995）²⁷⁾の提案する4つの「心身機能」を参考にして、電気通信工事従事者における屋内工事と屋外工事でのヒヤリ・ハット傾向から「心身機能」との関係性を調査した。

「心身機能」とは、作業遂行に必要な能力を「場面把握」、「思考の統合」、「感情・情動」、「作業行動」の4つの機能をモデル化し、機能別に検討することで、その質的な違いに着目が可能である²⁸⁾。「場面把握」では、①よく見えなかった、②気づかなかった、③忘れていた、「思考の統合」では、④知らなかった、⑤深く考えなかった、⑥大丈夫だと思った、である。「感情・情動」では、⑦慌てていた、⑧不愉快なことがあった、⑨疲れていた、「作業行動」では、⑩無意識に手が動いた、⑪やりにくかった（難しかった）、⑫体のバランスを崩した、の計12項目でチェックをおこなう。

この項目は、医師が診察の時、患者に聞く問診的な項目と同様であり、本人の主観的な訴えか

ら、客観的な事実、問題点を引き出すことで、ヒューマンエラー防止のための対策につながると考えられている。図 2-1 に回答例を示す。下部が「心身機能」に関するチェックリストである。

日付		ID番号		ヒヤリ・ハット体験			
氏名		年齢	51 歳	経験年数	32 年	現場での役割	①:現場代理人 2:現場責任者(班長含む) 3:作業員
質問:これから示す現場の写真からこれまで体験したことを何でも良いのでお聞かせください。							
Q1	いつ						
Q2	どこで						
Q3	どうしていた時	5階及び5階から他階の撤去ケーブルの確認と撤去作業中					
Q4	どんな体験でしたか	<p>※当時の様子を横に描いてもらっても結構です。</p> <p>縦系ケーブルラックへ床下から取掛られている既存ケーブルの束のインジロックを一時取り外し(切断)して、対象ケーブルを識別中に、床PS床の上に切断された2P電線露出を発見した時。 調査の結果、過去に切断放置されたケーブルであることが判明。</p>					
Q5	作業現場に問題があると思われる理由をお聞かせ下さい。	Q6	工具や機器に問題があると思われる理由をお聞かせ下さい。	Q7	作業方法に問題があると思われる理由をお聞かせ下さい。	Q8:あなた自身に問題があると思われる理由をお聞かせ下さい。	
<p>床PS内が狭く、背側に分電盤スイッチがあり、身動きがしづらい環境であった。 また、後でケーブルが混在。</p>		<p>工具に向道はないと思われる。 (切断は小さなニッパー使用、ヘッドライト、撤去テープ(網))</p>		<p>2人作業で端部から取り寄せて確認し、そこから作業で方法に問題はなかったと思われる。</p>		<p>ケーブル束の影で見えない状況であったが、インジロック切断前に見えない部分のミラーなど使い、見るべきだったと思う。</p>	
Q9:該当する項目があったら番号に○をつけてください。							
<p>①よく見え(聞)なかった ②気がつかなかった ③忘れていた</p>		<p>④知らなかった ⑤深く考えなかった ⑥大丈夫だと思った</p>		<p>⑦あわてていた ⑧不愉快なことがあった ⑨疲れていた</p>		<p>⑩無意識に手が動いた ⑪やりにくかった(むずかかった) ⑫からだのバランスをくずした</p>	

図 2-1 ヒヤリハット調査用紙 (記入例)

その結果、屋内工事のヒヤリ・ハット報告からは、データセンター・マシンルームとオフィスビル内での体験が全体の 63% を占め、「ケーブル損傷・抜け」、「誤接続・誤接触」に物的災害につながる内容が報告された。工場施設・建設現場では、「墜落」、「転落・転倒」、「材料・工具の落下」など、人的災害につながる内容が報告された。

屋外工事のヒヤリ・ハット報告からは、オフィスビル屋上や鉄塔・電柱での作業から、「墜落」、「転落・転倒」など人的災害につながる内容が報告された。さらに、屋外工事では、自動車を運転する機会が多く、自動車運転時に関するヒヤリ・ハットも多く報告された。

屋内工事と屋内工事のヒヤリ・ハット共通項目は、「転落・転倒」が挙げられた。この項目を 4 つの「心身機能」に沿って 12 項目を整理した結果、屋内工事では「作業行動」に特徴があり、屋外工事は「作業行動」と「感情・情動」に特徴があった。

項目の分類は、「墜落」は高さ 2m 以上の作業とし、脚立、梯子、立馬作業、移動時のつまずきなどは、「転落・転倒」として分類している。

この調査では、電気通信工事における屋内工事と屋外工事のヒヤリ・ハットの傾向が把握された。しかし、先行研究²⁹⁾から、50歳以上の労働災害が高い傾向があることから年齢別の更なる分析の必要性が示唆された。また、屋内工事と屋外工事で共通する「転落・転倒」から「作業内容」と「心身機能」の関係性の分析も必要とされた。

そのため、本稿では、電気通信工事現場における「ヒヤリ・ハット」事例から事故防止対策を探るために、Shiina(2013)²⁶⁾の調査結果に対する詳細な分析を実施する。すなわち、屋内工事と屋外工事の年齢別における項目の傾向、「転落・転倒」における「作業内容」と「心身機能」の関係性を分析する。

2-2 屋内工事と屋外工事の年齢別における項目の傾向分析

I. 調査対象

調査対象は、Shiina(2013)²⁶⁾と同じA通信工事会社（売上200億円、従業員数264名）の、B部門とC部門である。B部門は、企業内に情報通信設備を構築するため設計、構築、運用、保守など屋内での作業を主業務としている。C部門は、移動体通信基地局の設置、デジタル放送波用のアンテナ設置など屋外での作業を主業務としている。

II. 調査方法

Shiina(2013)²⁶⁾で収集したA通信工事会社のB部門とC部門のヒヤリ・ハットデータを用いて分析をおこなった。B部門のヒヤリ・ハットデータは、有効回収数172枚（回答率98.3%）であった。性別では「男性」が171名（99.4%）、「女性」が1名（0.6%）、年齢 38.9 ± 9.6 歳、経験年数 14.9 ± 8.0 年、であった。C部門のヒヤリ・ハットデータは、有効回収数131枚（回答率99.3%）であった。性別では「男性」が130名（99.2%）、「女性」が1名（0.8%）、年齢 40.9 ± 8.6 歳、経験年数 17.8 ± 9.7 年、であった。

III. 分析方法

屋内工事と屋外工事で多く報告された上位3つの項目に対して年齢別に分析した。年齢区分は、労働調査年報に基づいて分類してから、人数のばらつきを考慮し、18～30歳、31歳～40歳、41～50歳、51～60歳、61歳以上として区分した。Shiina(2013)²⁶⁾と同様にA通信工事会社の安全担当者1名が項目を分類し、その内容を2名の安全担当者が協議をおこない、3名が合意してから、項目の数値化とグラフにして整理した。作業内容の差はノンパラメトリック検定（ χ^2 :カイ二乗）で有意差を調べた。統計解析ソフトはIBM社のSPSS Statistics Version19を用いた。

IV. 分析結果

A. 屋内工事における年齢別報告項目

屋内工事で多く報告された上位3項目は、「転落・転倒」、「ケーブル抜け・損傷」、「誤接続・誤接触」（回答者124名:回答率72%、年齢 39.2 ± 10.0 歳、経験年数 15.1 ± 8.0 年）である。

年齢別分析では、18～30歳（21名）からは、「転落・転倒」が11件（52.4%）、「誤接続・誤接

触」が5件(23.8%)、「ケーブル損傷・抜け」が5件(23.8%)であった。31～40歳(53名)からは、「転落・転倒」が14件(26.4%)、「誤接続・誤接触」が21件(39.6%)、「ケーブル損傷・抜け」が18件(34.0%)であった。41～50歳(30名)からは、「転落・転倒」が11件(36.7%)、「誤接続・誤接触」が11件(36.7%)、「ケーブル損傷・抜け」が8件(26.7%)であった。51～60歳(12名)からは、「転落・転倒」が3件(25.0%)、「誤接続・誤接触」が2件(16.7%)、「ケーブル損傷・抜け」が7件(58.3%)であった。61歳以上(8名)からは、「転落・転倒」が4件(50.0%)、「誤接続・誤接触」が3件(37.5%)、「ケーブル損傷・抜け」が1件(12.5%)であった。以上を図2-2に示す。

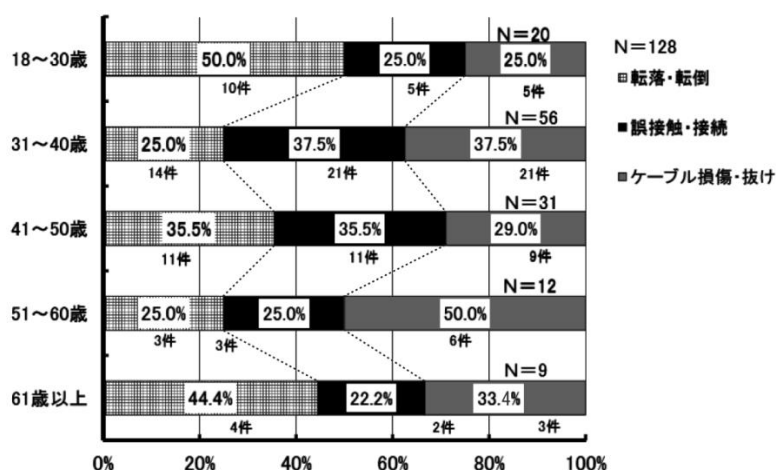


図 2-2 年齢別報告項目 (屋内工事)

B. 屋外工事における年齢別報告項目

屋外工事で報告された上位3項目は、「墜落」、「転落・転倒」、「自動車運転時に」(回答者77名: 回答率58.8%、年齢41.6±9.1歳、経験年数17.4±9.3年)である。

年齢別分析では、18～30歳(6名)からは、「墜落」が3件(50%)、「転落・転倒」が2件(33.3%)、「自動車運転時に」が1件(16.7%)であった。31～40歳(32名)からは、「墜落」が12件(37.5%)、「転落・転倒」が18件(56.3%)、「自動車運転時に」が2件(6.3%)であった。41～50歳(27名)からは、「墜落」が6件(22.2%)、「転落・転倒」が11件(40.7%)、「自動車運転時に」が10件(37.0%)であった。51～60歳(8名)からは、「墜落」が4件(50%)、「転落・転倒」が1件(12.5%)、「自動車運転時に」が3件(37.5%)であった。61歳(4名)以上では、「転落・

転倒」が2件（50.0%）、「自動車運転時に」が2件（50.0%）であった。以上を図2-3に示す。

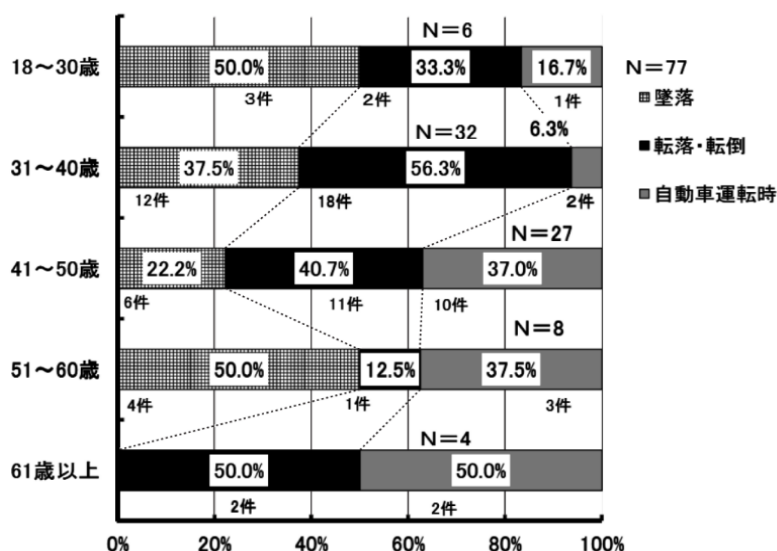


図2-3 年齢別報告項目（屋外工事）

C. 「転落・転倒」項目の作業内容の分析

屋内、屋外工事から「転落・転倒」が共通項目であった。このため、さらに作業内容の年齢別分析をおこなった。なお、有意な結果が得られなかったクロス集計ではカイ二乗検定の結果を示さなかった。

その結果、屋内工事で報告された「転落・転倒」（42件）の作業内容は、「脚立作業」が15件（36%）、「フリーアクセス（以下O A床）開口部で」が11件（26%）、「作業場所に移動中」が9件（21%）、「その他」が7件（17%）であった。カイ二乗検定の結果は、 $\chi^2=216.04, df=30, p<.01$ で有意差が認められた。

「脚立作業」の年齢別では、18～30歳が4名（26.6%）、31～40歳が4名（26.6%）、41～50歳が5名（33.3%）、51～60歳が1名（6.75%）、61歳以上が1名（6.75%）であった。

「O A床開口部で」では、18～30歳が3名（27.3%）、31～40歳が3名（27.3%）、41～50歳が3名（27.3%）、51～60歳が1名（9.1%）、61歳以上が1名（9.1%）であった。

「作業場所に移動中」では、18～30歳が2名（22.2%）、31～40歳が3名（33.3%）、41～50歳が2名（22.2%）、51～60歳が1名（11.1%）、61歳以上が1名（11.1%）であった。「その他」では、18～30歳が2名（28.6%）、31～40歳が3名（42.9%）、41～50歳が1名（14.3%）、61歳以上が1名（14.3%）であった。

屋外工事では、「転落・転倒」（34件）の作業内容は、「脚立作業」が13件（38%）、「梯子作業」が7件（21%）、「その他」が14件（41%）であった。「その他」の報告内容は、「立馬作業」が1件と「段差の気づかず転倒しようになった」、「作業場の床に雨水が入り、歩いているとき、足が滑った」などがあつた。カイ二乗検定の結果では、 $\chi^2=196.69, df=27, p<.01$ で有意差が認められた。

「脚立作業」の年齢別では、18～30歳が1名（7.7%）、31～40歳が8名（61.5%）、41～50歳が3名（23.1%）、61歳以上が1名（7.7%）であった。「梯子作業」では、31～40歳が3名（42.9%）、41

～50 歳が 3 名(42.9%)、61 歳以上が 1 名(14.3%)であった。「その他」では、18～30 歳が 1 名(7.1%)、31～40 歳が 7 名(50.0%)、41～50 歳が 5 名(35.7%)、51～60 歳以上が 1 名(7.1%)であった。

V. 考察

屋内工事の 18～30 歳層では、「転落・転倒」が 52.4%を占め、「脚立作業」や「OA床開口部」での危険を感じた体験が多いことが分かる。31～50 歳層では、「誤接続・誤接触」や「ケーブル損傷・抜け」に関する項目が多く、「他設備の機器との接続ケーブルの間違い」、「配線ラック内で作業時における接触による電源コンセント抜け」など物的災害につながるヒヤリ・ハットが報告された。データセンターやマシンルームの配線ラック内は、重要な通信機器が稼働しており、リスクが高い作業環境下である。そのため、この層からは、作業班の責任者として、配線ラック内の作業を行うことが多く、「誤接触・誤接続」による通信障害が通信サービスに大きく支障を与えることを理解していると思われる。61 歳以上から「転落・転倒」に関する体験が報告され、「無理な作業動作によるバランス崩れ」や「足元が暗くて見えないことによるつまずき」など、作業動作や作業環境に関するものであった。この層は、作業責任者の指示のもと通信ケーブル配線などを行うことが多いので、その結果、作業動作に関する報告が多いと考えられる。

屋外工事の 18～30 歳層では、「墜落」、「転落・転倒」が 83.3%を占め、「自動車運転時」が 16.7%であった。31～40 歳層と 41～50 歳層では、「墜落」、「転落・転倒」に関する体験が多く報告され、年齢が高くなるにつれて、「自動車運転時」のヒヤリ・ハットが多く報告されるようになった。この層は、鉄塔、電柱、屋上で作業に従事することが多く、「墜落」、「転落・転倒」に関する報告が多かったと考えられる。また、41 歳以上の層から、「自動車運転時に」に関する報告が多かった。これは、移動手段として、自動車を運転する機会が多く、「住宅街での子供の飛び出し」、「大雨と霧で前方の車が確認しづらい」、「交差点近辺でのバイクとの接触しそうになった」などの報告があり、「交通場面」から危険予測能力を高める継続的な訓練が必要であることが示唆された。

屋内、屋外工事の「転落・転倒」の作業内容を分析した結果、「脚立作業」が共通で挙げられた。屋内工事での「脚立作業」は、41～50 歳層からの報告が多く 33.3%を占めていた。工場、病院施設などでケーブル配線時や高い場所に機器を設置する時に使用することが多い傾向にある。

屋外工事での「脚立作業」は、31～40 歳層からの報告が多く 62%を占めていた。報告内容から、屋外から建物内にケーブルを引き込む時や通信基地局内での作業に使用する機会が多かった。

これらから、屋内、屋外工事ともに「脚立作業」の安全対策は重要であると言える。

2-3 「転落・転倒」項目の作業内容と「心身機能」の関係

I. 調査目的と分析対象

「転落・転倒」の作業内容と「心身機能」の関係を調査した。分析対象は、Shiina(2013)²⁶⁾でおこなった屋内工事の 42 件、屋外工事の 34 件の「転落・転倒」の作業内容と「心身機能」である。

II. 分析方法

「転落・転倒」の作業内容と「心身機能」の位置関係をコレスポンデンス分析にて視覚的に散布図で示した。コレスポンデンス分析の目的は、「心身機能」と「作業内容」の相関関係が最大になるように数量化し、2つの項目における関連の強さを視覚的に表わすことである。コレスポンデンス分析は、クロス集計表の行や列に含まれる情報を、次元と呼ばれる少数の成分に圧縮する統計手法で、それらの関係を散布図上に布置することで視覚的に表すことが可能である^{30, 31)}。数量化3類と同様の分析であり、量的データにおける因子分析や主成分分析に相当する。コレスポンデンス分析を行った結果、次元1と次元2が得られ、それぞれ「心身機能」、「作業内容」に対応しているのではないかと考えられた。

今回、「転落・転倒」で報告された「心身機能」と「作業内容」をクロス集計してから分析をおこなった。統計解析ソフトはIBM社のSPSS Statistics Version19を用いた。

III. 分析結果

屋内工事の「転落・転倒」項目の固有値は、次元1が0.091、次元2が0.037であった。寄与率は、次元1が65.3%、次元2が26.2%であった。累積寄与率は、次元1が65.3%、次元2が91.5%であった。図2-4に散布図として示す。

図2-4の散布図から、「OA床開口部」は次元1と次元2の正方向に位置し、「場面把握」と「感情・情動」と近い関係になっている。「場面把握」では、「よく見えなかった」、「気づかなかった」と「感情・情動」の「慌てていた」が関係していると考えられる。

「脚立作業」は、次元1の負と次元2の正の方に位置し、「作業行動」が近い関係にあり、「やりにくかった」、「体のバランスを崩した」が関係していると思われる。

「移動中」は、次元1の正と次元2の負の方に位置し、「思考の統合」と近い関係にある。「深く考えていなかった」、「大丈夫だと思った」が関係していると考えられる。「その他」は、次元1の正と次元2の負の方に位置し、「場面把握」と「感情・情動」の位置が近く、「気づかなかった」、「慌てていた」とが関係していると思われる。

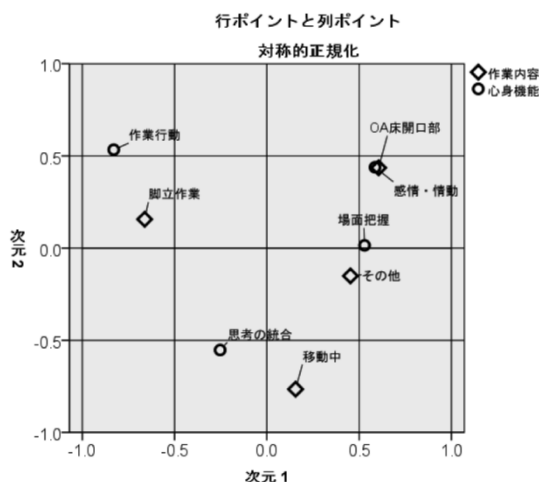


図 2-4 作業内容と心身機能の散布図（屋内工事）

屋外工事の「転落・転倒」項目の固有値は、次元1が0.04、次元2が0.011であった。寄与率は、次元1が78.9%、次元2が21.1%であった。累積寄与率は、次元1が78.9%、次元2が100%であった。図2-5に散布図を示す。

図2-5の散布図から「脚立作業」は、次元1の正と次元2の正方向に位置し、下位項目にある「作業行動」、「感情・情動」と近い関係にある。「作業行動」では、「やりにくかった」、「体のバランスを崩した」と「感情・情動」の「慌てていた」が関係していると思われる。

「梯子作業」は、次元1の負と次元2の正の方向に位置し、「思考の統合」と近い関係にある。「深く考えていなかった」、「大丈夫だと思った」が関係していると考えられる。

「その他」は、次元1の負と次元2の負の方向に位置し、「場面把握」と近い関係にあり、「よく見えなかった」、「気づかなかった」が関係していると思われる。

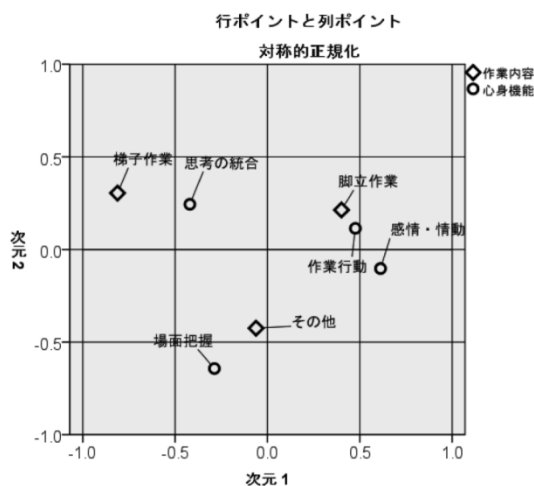


図 2-5 作業内容と心身機能の散布図 (屋外工事)

屋内工事と屋外工事ともに「脚立作業」が「作業行動」、「感情・情動」との関連しているため、さらに「脚立作業」に関する報告内容を一覧表にして整理した。

ID番号は、ヒヤリ・ハットを調査した日付の順に付け、屋内工事を英文字のB、屋外工事をCとして番号の前に付けた。

表2-1²²⁾に代表的な報告内容を示す。屋内工事では、「脚立使用して天井内の配線をした際、ケーブルを引くタイミングに脚立がズレて、転倒しそうになった。床が滑りやすかったので2人作業を徹底すべきだった。(ID No,B79)」、「脚立使用して配線している時に無理な姿勢で作業したため、脚立がぐらつき落下しようになった (ID No.B167)」。この内容から、滑りやすい作業環境や作業中の無理な姿勢などから、「やりにくかった」、「体のバランスが崩れた」などの関係が考えられる。

屋外工事では、「作業中に脚立が滑り、倒れた。低い脚立なので転倒は免れたが、付近に開口部があり、ぞっとした。急いでいた。別な脚立を持ってくる手間を惜しんだ。(ID No,C35)」、「脚立を開くスペースがなく、作業で動く度に脚立が閉じて、バランスを崩して転倒しそうになった。

(ID No,C47)」という報告があった。脚立を設置する場所が狭いことで、「やりにくかった」、「体のバランスが崩れた」と「急いでいた」から「感情・情動」が関係していると考えられる。

表 2-1 ヒヤリ・ハット報告内容（脚立作業）

項目	工事種類	ヒヤリ・ハット報告の代表的な例				
		ID番号	年齢	経験年数	内容	
脚立作業	屋内工事	B79	34歳	15年	体験	脚立を使用して天井内の配線をした際、ケーブルを引くタイミングに脚立がズレて転倒しそうになった。床が滑りやすかったので2人作業を徹底すべきだった。
					作業環境	現場内は青ベニで養生されており滑りやすくなっていた。また、脚立の足を養生（ウエス等）して滑りやすかった。
		B167	57歳	13年	体験	脚立を使用して配線している時に無理な姿勢で作業したため、脚立がぐらつき落下しそうになった。
					作業環境	作業場所は、狭く無理な体勢になるのが分かっていたが、やむをえずに作業した。
	屋外工事	C35	36歳	15年	体験	作業中に脚立が滑り、倒れた。低い脚立なので転倒は免れたが、付近に開口部があり、ぞっとした。
					作業環境	急いでいた。別な脚立を持ってくる手間を惜しんだ。
		C47	42歳	16年	体験	脚立を開ききるスペースがなく、作業で動くたびに脚立が閉じていき、バランスを崩し転落しそうになった。
					作業環境	元々狭く脚立を立てるスペースがないが、指定された配線には脚立が必要だった。何とかかなと思った。

IV. 考察

屋内作業のコレスポネンダ分析の散布図からは、「脚立作業」は「作業行動」と近い関係にあった。「脚立作業」は、作業する場所は狭く、床が滑りやすい状態や無理な動作によって「転落・転倒」を体験している様子が伺える。屋内工事では、学校、病院などの天井や壁面に無線システムのアクセスポイントを設置するときに「脚立作業」が多くなってきている。建物内の照明が暗い場所や脚立が設置しにくい場所など、作業環境が決し良くないところもある。これらから、「作業行動」に関係する「やりにくかった」「体のバランスを崩した」などに回答する人が多い傾向にあると思われる。

屋外工事の「脚立作業」では、「作業行動」と「感情・情動」が近い関係の位置である。報告内容からも、時間的制約などのからも心理的に急いでいる傾向があり、「作業中に体のバランスを崩した」など「危険」を体験した様子が報告された。屋外工事では、日々、作業場所、作業環境も異なり、さらに、作業規制、時間的な制約、天候などに左右されることが多い。そのため、「感情・情動」の項目にて「慌てていた」、「疲れていた」という要因も関係していると考えられる。

これらから、屋内、屋内工事の共通作業である「脚立作業」と「心身機能」との関係を図 2-6 に示す。

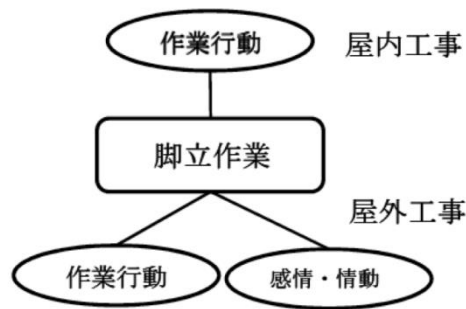


図 2-6 脚立作業と心身機能の関係

屋内工事は、「作業行動」に関係しており、屋外工事は、「作業行動」、「感情・情動」に関係が考えられる。事故防止に活かす取り組みとしては、現場の状況の応じてとるべき行動を自分なりにパターン化することが効果的である。具体的には、脚立の使用基準の理解、作業環境の整備、スケジュールの応じた人員配置、作業手順などが挙げられる。ヒヤリ・ハット事例から状況を学習し、望ましい方向に作業行動を習慣化することが重要となる。

2-4 まとめと総合的考察

今回、屋内工事では、物的災害につながる内容が多く報告され、データセンター・マシンルームでは、システムが稼働中であるため「ケーブル抜け・損傷」、「誤接続・誤接触」は、通信障害やネットワーク停止に影響を及ぼす要素があると考えられる。「転落・転倒」の項目については、18～30歳層と61歳層以上から多く確認された。

屋外工事では、「自動車運転時に」の項目については、41歳以上の年齢層から多く確認された。屋外工事では、日常的に現場への移動手段として自動車を運転することが多く、その結果、ヒヤリ・ハットが多く報告されたと考えられる。内容的には交差点近辺でドライバーの思い込みによる運転や住宅道路で人・自転車の飛び出しなどが報告された。この対策としては、交差点近辺の確認など音声によってドライバーに伝える機器の取り付けや「危険感受性」教育³²⁾が有効だと考えられる。

「転落・転倒」をコレスポネンス分析による散布図から「脚立作業」では、屋内工事は「作業行動」が近い関係にあり、屋外工事では「作業行動」と「感情・情動」が近い関係であった。同じ「脚立作業」でも屋内工事では、作業環境が関係しており、屋外工事では、作業環境以外にも「慌てていた」という「感情・情動」が関連しており、事故につながる要因の一つと言える。

ヒヤリ・ハットを事故防止教育に活かす取り組みとしては、作業の急所を図式化し、そこから重要な危険源を素早く気づかせるトレーニングが有効である。今すぐには事故に結びつかない場合でも、何らかの要因が加わることで、大きいものなるという「危険」への感受性を高めることが重要である³³⁾。現場で経験した知識から危険源を洗い出し、図式化して安全教育に応用することは可能である³⁴⁾。

今回の調査で、電気通信工事の屋内工事は、物的災害につながる項目が多く、屋外工事では、人的災害につながる項目が多かった。電気通信工事でも屋内工事と屋外工事では、ヒヤリ・ハッ

トの傾向は異なり、今回の調査した傾向から今後の安全衛生活動に活かすことが可能だと考えられる。また、共通項目である「脚立作業」では、作業場所が狭く、作業がやりにくい環境であり、時間などの焦りから作業動作からバランス崩し労働災害につながることを示唆された。「危険」に対する感度は、個人ごとによって捉え方は異なるので³⁵⁾、個人の危険感受性を向上させる種々の安全教育・訓練や安全活動を実施されている³⁶⁾。

今回の調査からヒヤリ・ハットを活かした事故防止教育プログラムの検討が必要であることが示唆された。現状の事故防止教育では、安全知識を付与する教育であり、内容の一過性の理解にとどまりやすい傾向にある。しかし、ヒヤリ・ハットを活用し、「何を気づかせる」かの教育は、危険に対する動機づけに大きな力になる³⁷⁾と考えられる。特にデータセンター・マシンルームでは、物的災害につながる要素が多く、作業前に危険要素を見つける訓練は、事故防止に有効である。過去の知恵や知識を醸成し、自分たちの安全知識にしていく力が鍵となる³⁸⁾。

このため、今後、事故防止教育プログラムの実施とその有効性に関する調査を予定している。そして、電気通信工事において、人的災害、物的災害防止の手掛かりにしたいと考えている。

第3章 鉄道乗車券自動券売機とヒューマンエラー

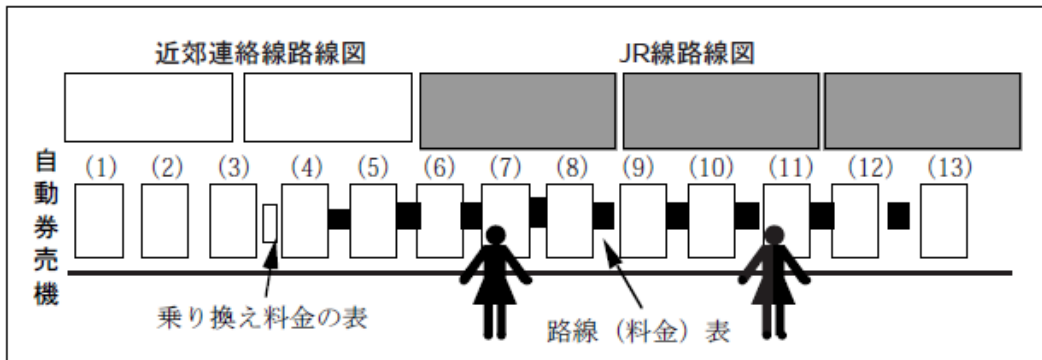
3-1 本研究の目的

本研究は 1998 年時点で最新型であった液晶タッチパネル式鉄道乗車券自動券売機を対象として、従来の券売機との比較、高齢者と若年齢者の比較をすることで、全ての人々に使いやすい鉄道乗車券自動券売機について考察した研究である。研究の一部は北島（1998）³⁹⁾ において報告しているが、本稿では、それ以後に実施した研究も含め、検証の過程において観察されたヒューマンエラーに焦点をあてて論じる。

3-2 鉄道駅における券買行動の実態観察

一般の鉄道利用者とくに高齢利用者の券買行動の実態を確認するために、高齢利用者が多いと言われる JR 線 A 駅において、券買行動を観察した。

駅に設置されていた自動券売機は 13 台で、通常の券売機に加え、他会社線への連絡切符用のもの（2 タイプ）、回数券や継続定期用のものがある。形式としては、押しボタン上に金額が表示される従来型の券売機（ボタン型）に加え、液晶パネル上に金額ボタンが表示され、その画面を押す（調査実施の 1998 年時点で）新型（液晶タッチパネル型）が設置されており、機能的にもデザイン的にも非常にバラエティーに富んでいる。図 3-1 に自動券売機売り場の配置と自動券売機の外観を示す。



- (1) カード販売機
- (2) 回数券+乗車券
- (3) 継続定期
- (4) 近郊連絡 (A) (路線別、多人数ボタン無し)
- (5) 近郊連絡 (B) (路線ボタン+金額ボタン、多人数ボタン)
- (6) 旧型 (A) (カード無し)
- (7) 新型 (近郊・回数券他多機能/斜め・液晶・テンキー)
- (8) //
- (9) //
- (10) //
- (11) 旧型 (B) (カードあり)
- (12) //
- (13) //



図 3-1 A 駅における切符販売場の配置（上図）と券売機の種類（下図）

観察者は 3 名で、それぞれ自由観察後、以下の視点を分担して延べ 90 名を観察した。

観察者 1：主に近郊連絡線(A)、(B)と旧型(A)において、高年齢者個々人に注目し、どの券売機を用いるか、どのような不都合が生じたかに焦点を当てた観察。

観察者 2：主に新型（液晶タッチパネル型）と旧型(B)（ボタン型）の券売機において、使用頻度、何らかの不都合が発生した人数などに焦点を当てた観察。

観察者 3：実際に切符を購入し、観察者自身による実使用体験を踏まえ、券買行動の流れ、問題点をやや分析的に観察する。

観察の結果の例として、観察者 1 による観察事例（年齢は見た目・印象による推定。高年齢者でないが迷い行動をしていた事例を含む。）の一部を以下に示す。

（事例 1）70 代女性

（11）番：コインの入れ口に悩む（コインが返却されてしまった）→隣の人に聞いて（12）番へ→解決。

（事例 2）70 代女性

どの券売機かを近くの人（30 代男性）に尋ねる→新型を教えられる→お金入れたがボタン押さず→取り消し→隣の人（50 代女性）に再度尋ねる→「何処まで？みてあげる。渋谷だから 190 円。ここに 200 円入れて」50 代女性がボタンを押す。「分かりにくいですね。私でも迷っちゃう」（50 代女性）

（事例 3）70 代男性

新型：「押したのになぁ」（液晶に視差がある、感度が悪い、確認音が聞き難い）

（事例 4）20 代男性

新型：数回押していた。（感度が悪い）

（事例 5）60 代女性

連絡線（4）へ一直線に向かう。→お金を入れる。→友人に「違うわよ」と言われる→取り消しボタンを押す。→旧型（6）へ移動する。

観察者 3 名がそれぞれ独立に行った観察の分析から見いだされた主要な共通特徴を以下に示す。

- (1) 高齢者では、新型券売機を明らかに避け、旧型券売機に並ぶ人が多い。
- (2) 新型券売機で失敗し、旧型券売機へ移動する人が多かった。
- (3) 新型のタッチパネルの感度が悪く、若年齢者、高齢者に係わらず、1度では反応しなかった場合を多数見かけた。押したつもりなのに反応がない場合、特に高齢者には混乱が見られ、多くの人は取消ボタンを押してしまう。
- (4) 最低料金区間が、金額ではなく駅名で表示されるために戸惑っている人を多く見かけた。
- (5) 旧型券売機の手順とは異なり、新型券売機では、先に金額ボタンを押すように注意書きがあるが、若年齢者、高齢者を問わず9割近くの人は従来通り金銭を先に投入している。注意書きは殆ど読まれていない、読んでも理解されていない(何故そうしなくてはいけないかが明確でないからか) ように思われる。

旧型券売機に比べ新型券売機では、硬貨を入れやすい、液晶パネルは見やすい高さである、ほぼ全ての切符が買え券売機を選択する必要があるなどの利点も多く持つ。反面、タッチパネルの反応が悪く混乱を導きやすい、モード切り替えにより同一画面に複数の情報表示が提示されることが混乱を導いている、表示が見難いなどの欠点が示唆された。

3-3 鉄道駅における券買実験の概要

3-3-1 高齢者を対象とした実験

I. 目的

上記、A駅における観察結果からは、液晶タッチパネル型券売機が、特に高齢者にとっての使いにくさを顕現していることが示唆された。そこで、液晶タッチパネル型券売機を主たる対象とし、数種類の購入条件下における実験参加者の切符購入行動を測定した。

65歳の男女各1名および72歳の男性1名の計3名が実験参加者であった。3名とも週に2～3日は鉄道を利用しているが、今回の実験における、乗車区間、使用券売機を用いた経験は殆どない。実験の総時間は2.5時間程度であった。

II. 実験の手続き

A. プロトコル発話と事前練習

使用者の理解・方略を知るための一つの方法が、「発話思考法 (think aloud method)」⁴⁰⁾ とそれによって採取された「プロトコルの分析」である。Ericsson & Simon (1993)⁴¹⁾ が提唱した、問題解決研究の方法論であり、Ericsson らの立場では、発話思考法によって得られたデータがプロトコルデータである。発話思考プロトコルデータは、「意識に浮かんだことをそのまま口に出した」として定義される。Ericsson らの想定した、発話思考法のモデル (Someren 他、1994)⁴⁰⁾ を図3-2に示す。

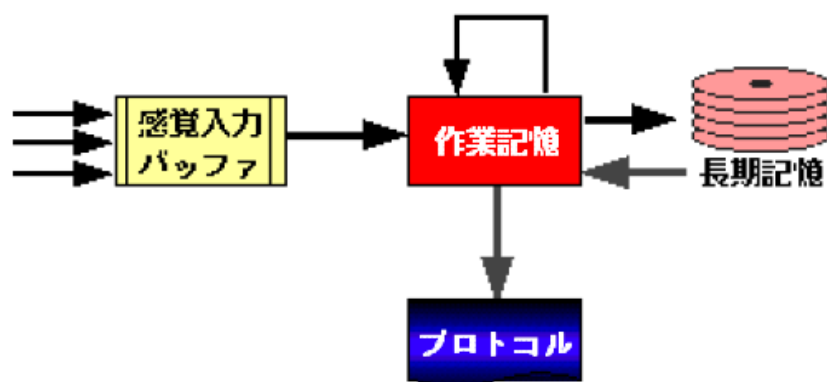


図 3-2 発話プロトコル算出のモデル (Someren 他、1994⁴⁰⁾ p 19 より改変)

図 3-2 から明らかなように、プロトコルデータは、作業記憶上の非言語情報を言語化したものであり、回想や分析的な内省とは異なる。発話思考法は、ある人の頭の中にあり、通常他人がアクセスできない認知過程を推定するための有効な方法ではあるが、全ての認知過程に対して有効ではない。作業記憶に上らない情報は言語化出来ないので、対象となる認知過程は限られる。例えば、熟練したテニスプレイヤーや熟練ドライバーの動作は自動化されており、その時の意図・知識・方略は作業記憶上に呼び出されることはないので、発話思考法によるアクセスは不可能とされている。Nisbett & Wilson (1977)⁴²⁾ は、言語報告のエラーを促進する条件として、(1) 言語報告と認知的処理時間の間隔の増加等を指摘している。また、正しい言語報告が得られる条件としては、(1) 影響を与える刺激が存在する場合、(2) その刺激が、反応のもっともな原因である場合、(3) もっともらしいが影響を与えない要因が存在しない場合、を挙げている。また、普段は意識しない非言語情報を、言語化するために、実験参加者にはある程度の訓練が必要となる。プロトコル分析の特徴は、語られた言葉を、発話者の認知過程の結果、現れた現象として扱うことであり、対象は発話の内容自体ではなく、その発話をもたらした認知過程である(原田、1999)⁴³⁾。近年では、この前提を満たした場合には対話や質問への回答であっても「プロトコルデータ」と考えるのが一般的と思われる。

券売課題実施中は、発話思考法に基づき、意図したこと・考えたこと・操作の手順(プロトコル)を出来るかぎり発話するように求めた。課題実施に先立ち、室内において、CD ラジカセでカセットテープを再生するといった課題を与え、意図したこと・考えたこと・操作の手順(プロトコル)をスムーズに発話する練習を行った。発話の仕方にフィードバックを行い、本課題(切符購入)のときにも同様に発話するように教示した。

B. 鉄道駅における券買課題

B 駅からスタートし、予め指定した3駅(C、D、E)で指定の切符を2枚ずつ実験参加者に購入させた。最終目的駅はF駅であった。ボタン型券売機を使用する課題が2回、液晶タッチパネル券売機を用いる課題が3回の計5回であった。切符購入の際に、今しようとしていること、

考えていることをなるべく発話するように教示した。

実験参加者の券買行動および発話は、実験参加者頭部に装着させた小型 CCD カメラおよび2台のカメラによって記録した。

III. 結果

主要な結果を以下に示す。

A. 操作行動の分析

ビデオ記録された実験参加者の券買行動を2名の評定者が5秒毎に16のカテゴリー(表3-1)に従って分類した。このカテゴリーは予め全実験参加者の全試行の画像を流して見て、客観的に観察可能な動作を洗い出し、更にそれをまとめることで決定した。2名の評定が一致した試行のみをデータとして採用した。券買行動がどのような手順で行われたかの例(実験参加者2)を、従来のボタン型券売機とタッチパネル式券売機に分けて図3-3に示す。ボタン型券売機(左図)では、料金表の確認(△)と操作準備(▽)がほぼ同時になされた場合(約37秒時点)があったが、グラフの線は主動作である操作準備に表記している。

表3-1 券売行動の分類カテゴリー

番号	カテゴリー	記号	カテゴリーの具体例
1	券売機に近づく	接近	・4番の券売機に向かう ・指示表を見ながら券売機に向かう ・お金を取り出しながら券売機に近づく ・料金表を見ながら券売機に近づく ・隣の券売機に移動
2	料金表を見る	料金表	・料金表を見上げながら歩く(左右前後) ・立ち止まって料金表を見る ・指差ししながら料金表を見る ・金額ボタンを押そうとして、料金表を再確認
3	券売機の選択	選択	・4番の券売機かどうか確認 ・目的の切符が買えるかどうか確認
4	お金を取り出す	金出	・財布あるいは手の中からお金を取り出す
5	お金を入れる	金入	
6	券売機の手準備	準備	・ボタンを探している ・入れ口を探している ・その他(何かを探している様子)
7	液晶表示を見ている(明らかな場面)	液晶	
8	枚数ボタンを押す	枚数	
9	連絡(乗継)ボタンを押す	連絡	
10	金額ボタンを押す	金額	
11	券売機からの反応待ち	待ち	・切符・お釣りが出てくるのを待つ ・画面表示が変わるのを待つ ・機械からのメッセージを聞く ・「準備中」表示で待つ
12	取り消しボタンを押す	取消	
13	お釣り・切符を取り出す	釣・切	
14	お釣り・切符・枚数を確認	確認	
15	券売機から離れる	離反	
16	その他	その他	・調査員(実験者)とのやり取り ・床に落ちた小銭を拾う ・メガネをかける直す ・台の上にお金を置く ・画面の横で指で数字を書いて計算する

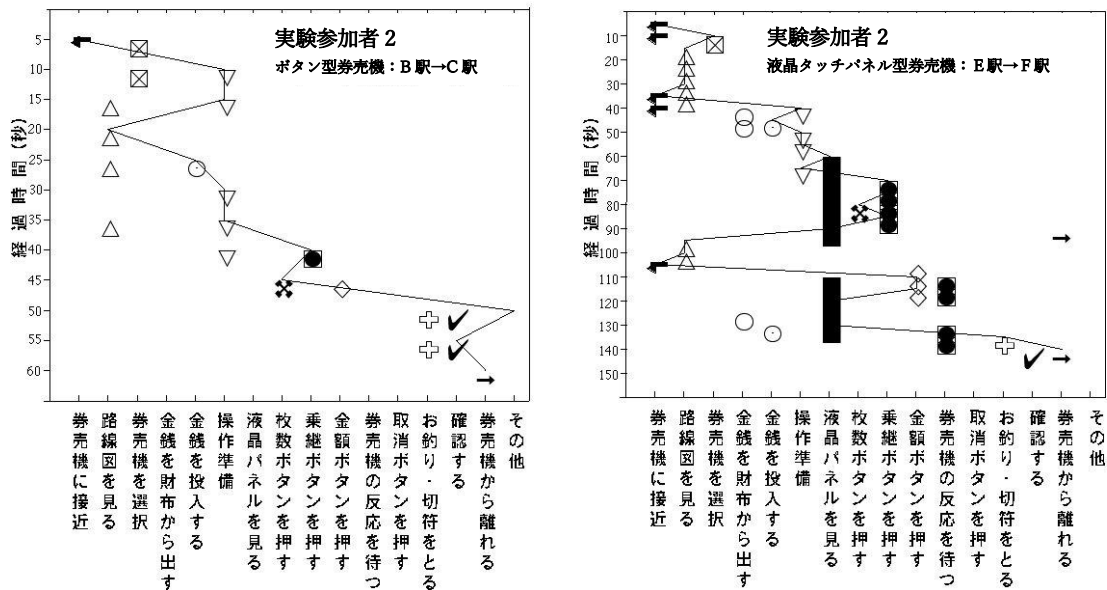


図 3-3 券売行動の流れ（実験参加者 2 の例）

ボタン型券売機を用いた B 駅→C 駅の切符購入に際しては、左端の「券売機への接近」から始まり、右側の「券売機から離れる」までの流れは比較的スムーズであることが分かる。液晶タッチパネル型券売機を用いた E 駅→F 駅までの切符購入では、「液晶表示を見ている」、および「券売機の反応待ち」が繰り返し発生していることが分かる。また、「路線図を見る」時間が長いことや、ある操作と次の操作の間に、「操作準備」行動が挿入されるのが特徴である。

B. 操作時プロトコルの分析

小型 CCD カメラに内蔵されているマイクにより記録された、券買行動時の実験参加者 2 の発話プロトコルの例を以下に示す。

- ・ えーっと、んーっ 4 番ここ？
- ・ A 駅ー、B 駅経由で、(+2) ○○線は？ (+4)
- ・ ちょっとまって、(+4) B 駅経由 A 駅 (+3) 280 円 (+2)
- ・ 280 円 (+7)
- ・ えーっと 500 円玉で、
- ・ うーん、(+5) んーっ と A 駅経由？ (+8)
- ・ うん?? (+3) ××連絡線
- <券売機アナウンス>他の切符をお求めの方は切符の種類を選んで下さい。
- ・ 乗り換え、(+4) 2 枚にして、行き先の会社線
- ・ うーんと、(+2) B 駅ちょっとまって、えーっと A 駅で乗り換え (+6)
- ・ 200、ん、280 円？ 280 円だったね (+2)
- ・ よし、(+4) うん？ (+6) これでいいのかな？ コイン？ (+3)
- <券売機アナウンス>投入金が不足しています。

・うん？ (+2) 投入金が不足？ (+9)

・はい、2枚買いました。／01:19:06

注 (+9) は空白9秒を示す。

このようなそれぞれの発話を6つの大項目、25 カテゴリーに分類した。カテゴリーは行動カテゴリーと同様の方法で決定した。分類カテゴリーの大項目と一般例を以下に示す。

(1) 計画：～をします。～を探します。

(2) 操作の迷い：これでいいのかな？ ～が分からない。えーと

(3) 確認：これでOKです。～でした。

(4) 情報の保持：金額の連呼等

(5) 券売機の反応待ち

(6) その他：上記以外の発話

全分類カテゴリーを表3-2に示す。

表3-2 プロトコルの分類カテゴリー

大項目	中項目	例
計画 (～を探します。～をします。～を押します。～をしたい、など)	1. 行先	(行き先を探します。)
	2. 運賃	(運賃を確認します。)
	3. 金銭投入 (硬貨・紙幣)	(お金を入れます。)
	4. 枚数ボタン操作	(枚数ボタンを押します。)
	5. 乗継ボタン操作	(乗り継ぎを買います。)
	6. 金額ボタン操作	(200円を押します。)
	7. その他	
迷い (これでいいのかな?。分らない。～が見つからない。～はどこかな。～を探しています。えーっと。など)	1. 行先	(○×でいいんだっけ)
	2. 運賃	(運賃はいくらだろう。)
	3. 金銭投入 (硬貨・紙幣)	(お金はどこに入れるのかな。)
	4. 枚数ボタン操作	(2枚買いたいんだけど分らない。)
	5. 乗継ボタン操作	(乗り換え切符はどうするのだろう。)
	6. 金額ボタン操作	(どのボタンか分らないな。)
	7. その他	
確認 (結果の把握)	1. 行先	(行き先はOKです。)
	2. 運賃	(運賃は200円です。)
	3. 金銭投入 (硬貨・紙幣)	(お金はここに入れますね。)
	4. 枚数ボタン操作	(枚数はOKです。)
	5. 乗継ボタン操作	(乗り継ぎは、このボタンですね。)
	6. 金額ボタン操作	(200円はここですね。)
	7. その他	
情報の保持 (保持の為の発話)	1. 行先	(渋谷、渋谷、渋谷・・・)
	2. 運賃	(180円、180円・・・)
券売機の反応待ち	1. 表示・切符・釣銭待ち	(表示が遅いな。切符を待っています。)
その他	上記以外の発話	

分類は2名の評定者が独立に行ない、あるプロトコルの次にはどのようなプロトコルが生じやすいかを分析した。「計画」、「迷い」、「確認」の大項目別に「迷い」の前後に生じたプロトコルの生起の頻度を求め、表3-3に示す。

表3-3 「迷い」前後のプロトコルカテゴリー生起頻度 (件数/延件数)

計画	ボタン型	液晶タッチパネル型
行先	1/6	3/9
運賃	2/6	2/9
金銭	2/6	1/9
金額ボタン	1/6	4/9*
枚数ボタン	1/6	2/9
乗継ボタン	-	3/9
迷い	ボタン型	液晶タッチパネル型
行先	5/6#	3/9
運賃	3/6#	3/9
金銭	0/6	1/9
金額ボタン	0/6	6/9*
その他	0/6	4/9*
確認	ボタン型	液晶タッチパネル型
行先	2/6	2/9
運賃	3/6	2/9
切符	3/6	0/9
金額ボタン	0/6	1/9
乗継ボタン	-	1/9
その他	0/6	2/9

ボタン型券売機を使用時には「迷い」は「行先」および「運賃」に対して生じている場合が多い(表3-3 #印)のに対して、液晶タッチパネル型券売機では、「金額ボタン(液晶画面)」に対し

て生じる場合が多い（表 3-3 *印）ことが特徴的である。

プロトコルに「迷い」はない場合でも、実際の行動ではそれぞれの操作の間に「準備」が挿入され、行動上では最適な行動ではない場合があった（実験参加者 1：C 駅→D 駅）。実験参加者 2 の E 駅→F 駅の切符購入では、「計画」のあとに「迷い」が発生する場合が多く、行動的にも「操作準備」、「液晶表示を見る」、「券売機の反応待ち」が他の行動間に挿入されることが多かった。

IV. 考察

客観的な行動の分析と実験参加者のプロトコルの分析から、券買課題遂行時の意図と行動という観点で考察を進める。3 名の実験参加者に共通的であったプロトコルと行動のパターンを図 3-4 に示す。

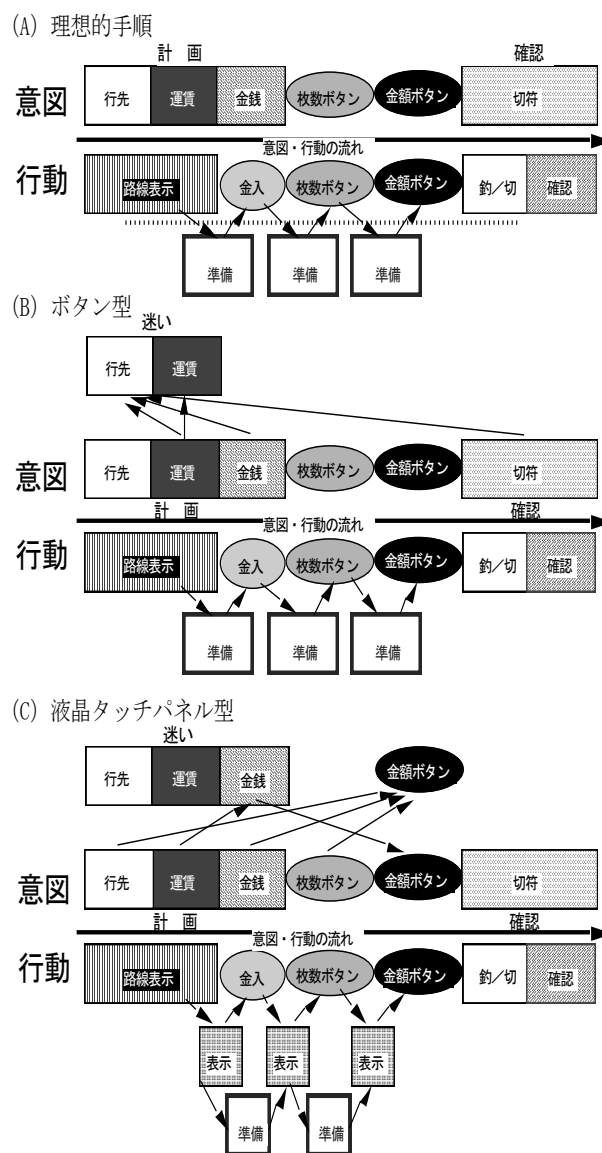


図 3-4 券買手順のまとめ

プロトコル上では全く問題がなく切符を購入できた場合（実験参加者 1：C 駅→D 駅）、つまり

理想の手順は図 3-4 の(A)のように図示できる。この場合、意図と行動に乖離はなく、左から右へスムーズに流れる（今回観察された「準備」は最も理想的な場合には必ずしも必要ではないと考えられる）。ボタン型券売機使用時には理想的な手順に加え、「行先」および「運賃」に関する「迷い」が生じ、行動の「準備」もほぼすべての事例において生じていた（図 3-4 の(B)）。さらに液晶タッチパネル型券売機では「金銭投入」、および「金額ボタン」に関する「迷い」が生じた場合が多く、行動面では各操作の間に「液晶表示」を見ることが要求され、より複雑な構造になっている（図 3-4 の(C)）。金額ボタン操作という実行の段階においても「迷い」が生じていることは特徴的で、意図と行動が乖離しやすいシステムであることを示唆する。

最初に観察を行ったA駅での事例、特に液晶タッチパネル型券売機における問題点は、券買課題実験の結果にも現れていた。液晶タッチパネル型は、ボタン型に比べ使用者が液晶パネルの表示を見る頻度が高かった。表示を見ては操作、操作をしては表示を見るという言わば対話方式といえるが、このインタラクティブなシステムを理解していないとかえって使いにくいことが示唆される。使用者が迷って操作を停止していたり、取り消しボタンを押してしまう場合は、押したつもりがタッチパネルの感度が低いために機械側に伝わっていないという場合や、画面表示や音声による情報提示が一方向的で使用者が理解できていない場合であると考えられる。つまり、人と機械のコミュニケーションエラーと理解される。これらのエラーが生じる1つの原因として、液晶タッチパネル型券売機のシステムの階層構造の複雑さが考えられる（図 3-5）。

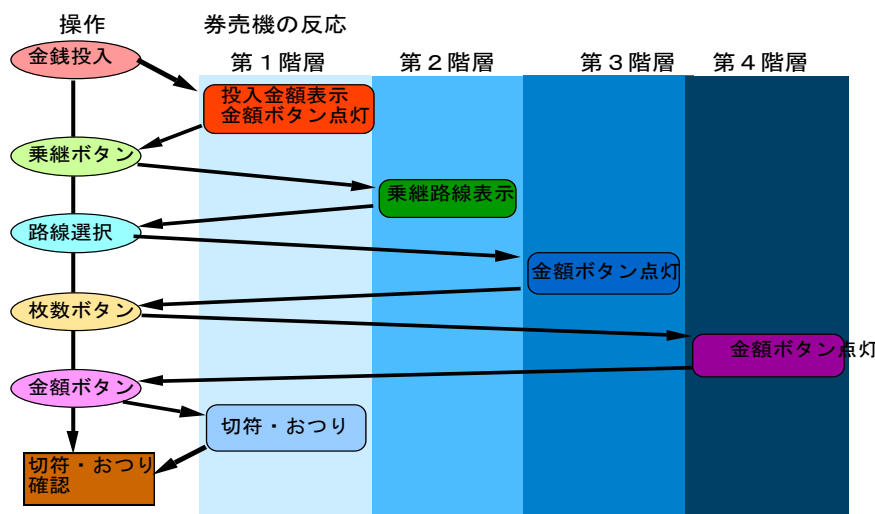


図 3-5 液晶タッチパネル型券売機の階層構造

図 3-5 は乗り継ぎ切符を2枚購入するという手順の例であるが、同一の液晶パネル上に、4階層も情報が次々に表示されてゆく。このような情報の多層性が、コミュニケーションのエラーが入り込む隙を与えているとも解釈できる。液晶タッチパネル方式は従来の機種に比べれば人と機械のコミュニケーションを重視したシステムであり、窓口で駅員から切符を購入する方式に近いと考えられる。本来なら高齢者にも受け入れられるシステムと思われるが、現実には使用が避けられたり、使用時に問題が生じている。コミュニケーションという観点からは、インターフ

ェースや文字や音声による情報提示の最適な方法などについて改善の余地があり、今後の検討が必要と思われる。

3-3-2 若年齢者を対象とした実験

I. 実験の目的

高年齢者を実験参加者とした実験結果からは、以下の点が示唆された。

- (1) 高年齢者が液晶タッチパネル式券売機を使用する際に問題が生じやすい。
- (2) 液晶タッチパネル式券売機は（特に高年齢者において）意図と行動が乖離しやすいシステムである。
- (3) その理由として、高年齢者は券売機とのインタラクティブなやり取りが苦手である。

鉄道駅における自然観察では、これらの券買行動の特徴は若年齢者では殆ど観察されず、概ね液晶タッチパネル型券売機を使用してスムーズに切符を購入していた。そこで、上記の特徴が高年齢者に特有なものなのか否か検証し、「迷い」を無くす方法を見出すために、若年齢者を実験参加者として同様の券買課題実験を行い結果を比較することを目的とした。

II. 方法

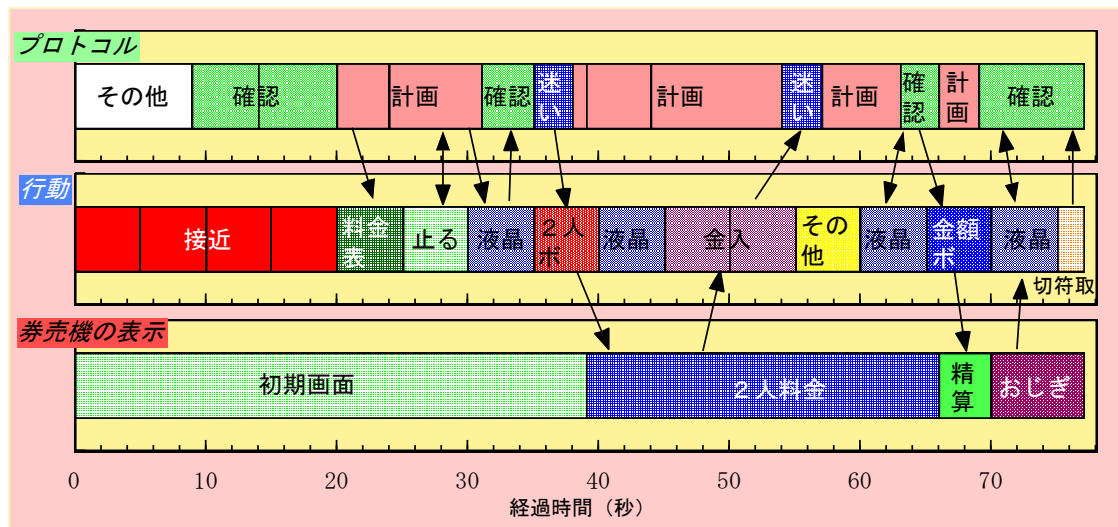
実験参加者は 22-23 歳の大学生 8 名（券売機の使用に慣れたもの 4 名、不慣れな者 4 名）であった。実験は JR 宇都宮線 E 駅において、1999 年 11 月、12 月に実施した。時間帯は 14:30～15:30 の間であった。券買課題は、「液晶タッチパネル型券売機を用いて、隣接駅までの切符を 2 枚買う」であった。

III. 結果と考察

若年齢者のデータに対して、高年齢者における分析と同様に、プロトコルの分析・分類（表 3-2 参照）、行動の分析・分類（表 3-1 参照）、券売機表示の分析を行った。時間経過に従った、プロトコル、行動、券売機の表示の変化をグラフ化した。

高年齢者と若年齢者の被比較を目的として、典型例と若年齢者のデータの典型例を図 3-6 に示す。図中の→は推測される因果関係を示す。人間—機械—相互作用の観点から、実験参加者がどのような手順で（プロトコル）実行しようとして、実際にどんな行動をし（行動）をしたか、またこれらに券売機の表示がどのような影響を与えたかを検討した。

高年齢者の例



若年齢者の例

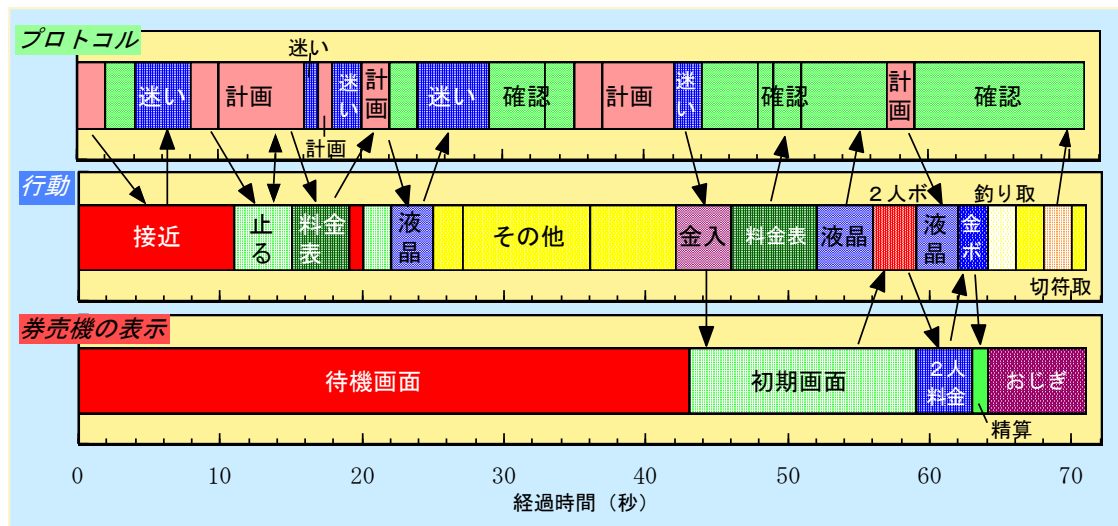


図 3-6 券買行動における、意図と行動と機器反応の分析
(上図：高年齢者の例、下図：若年齢者の例)

図 3-6 からは、高年齢者は「～をしよう。～をしたい」という計画の段階が長く続き、なかなか行動を起こさない事が示唆される。

若年齢者は、「計画」、(行動)、迷い、(行動)、「確認」というサイクルが頻繁に見られ、試行錯誤的に行動することで課題を遂行していることが示唆される。

高年齢者も、若年齢者も「目的地までの金額が分からない」「ボタンが分からない」などの同じ様な「迷い」を持つが、若者はとりあえず行動することによって、新たな情報を得て、それを元にまた新たな行動を起こして問題を解決している。

3-4 観察されたヒューマンエラーの特徴

以上、鉄道駅における実際の券買行動の観察、高年齢者および若年齢者を対象とした券買課題実験より見いだされた特徴について、ヒューマンエラーの観点を念頭にまとめる。

- (1) (1998年時点の結果であるが)液晶タッチパネル式券売機を積極的に使う高年齢者は少ない。
- (2) 液晶タッチパネル型券売機は、「対話」を重視したシステムである。
- (3) 高年齢者も若年齢者も、券買課題時に、「確認」が欠如している。
- (4) 液晶タッチパネル式券売機でも、情報が一画面に表示され、操作手続きの簡単なタイプは、少なくとも高年齢者の主観では良い評価である。
- (5) 高年齢者は、若年齢者に比べて券売機との「対話」が苦手である。(情報の収集、状況の理解、自己の操作の結果の把握など)

総じて言えば、若年齢者はインタラクション(対話)に対して柔軟性があるのに対して、高年齢者にはインタラクション(対話)の固定性、固執性、混乱が見られるということであろう。液晶タッチパネル式券売機については、コミュニケーションを重視したシステムが、かえってコミュニケーションを阻害する可能性があるという皮肉な結果となった。これは、デザイナーとユーザーとのコミュニケーションのエラーとも考えることが出来る。例えば、全ての人に使いやすいユニバーサルデザインコンセプトに基づいた施設・機器を整備するには、デザイナーの一方的な想いのみでは達成できない。ユーザーの行動の実態やその原因について理解を深め、ユーザーとの真のコミュニケーションを重視した施設の整備、機器の開発をすることが望まれる。

上述した本研究の結果、および既存研究による知見を考慮して、問題解決の方向性を探る。液晶タッチパネル型券売機は「対話型」であり、誰にでも使いやすいユニバーサルな機器となる可能性を秘めている。しかし、現実では、特に高年齢者において「対話」を妨げる要因を含んでいる。これらの要因に対して、適切な処置をすることで、人間の認知特性に合致し「分かりやすさ・使いやすさ」をより推進できるはずである。今回の結果から導かれる、改良の重要ポイントは次の2点と思われる。

- (1) 分かりやすい階層(もとの階層が分かる表示、一つ前が分かる表示)

現在の液晶タッチパネル型券売機は、機能の豊富さに比べ、タッチパネルスクリーンが小さいため、モード変更による多階層構造になっている。この多層性が、高年齢者にとっては、分かりにくさへ繋がっていると考えられる。高年齢者では、短期記憶の容量、保持時間の低下が指摘されており、適切な表示の階層性、料金表提示の工夫、などが必要である。

- (2) 適切なフィードバック

現在のタッチパネルは実際に反応悪い(誤タッチ防止の為もあると)ので、適切なフィードバックをユーザーに提供しているとは言えない面がある。フィードバックの不適切さは、「対話」に

において重大な障害をもたらす可能性がある。フィードバックの適切性に関して、高齢者の特性と対策は以下の点が重要であろう。

視覚機能の低下→見やすい字体、十分な大きさ、適切なコントラスト、など

聴覚機能の低下→聴き取りやすい音質、音量、区切りかた、など

状況把握・判断に関する衰え→フィードバック感度や画面切り替え速度の検討

これらは、複合的に影響すると考えられるので、聞き取り易さ、反応の感度という要素的な観点ではなく、券買課題におけるインタラクションを阻害しないフィードバックはどのようなものかという観点から、検討することが有効であると思われる。Elkerton & Williges (1989) ⁴⁴⁾ が指摘するように、一方通行的「静的対話 static dialogue」インターフェイスから、様々なレベルのユーザーに対応できる「柔軟的対話 flexible dialogue」インターフェイスへの移行を実践的に検討することが望まれよう。ここでの検討を考慮した高齢者にも使いやすい券売機のイメージ図を図3-7に示す。

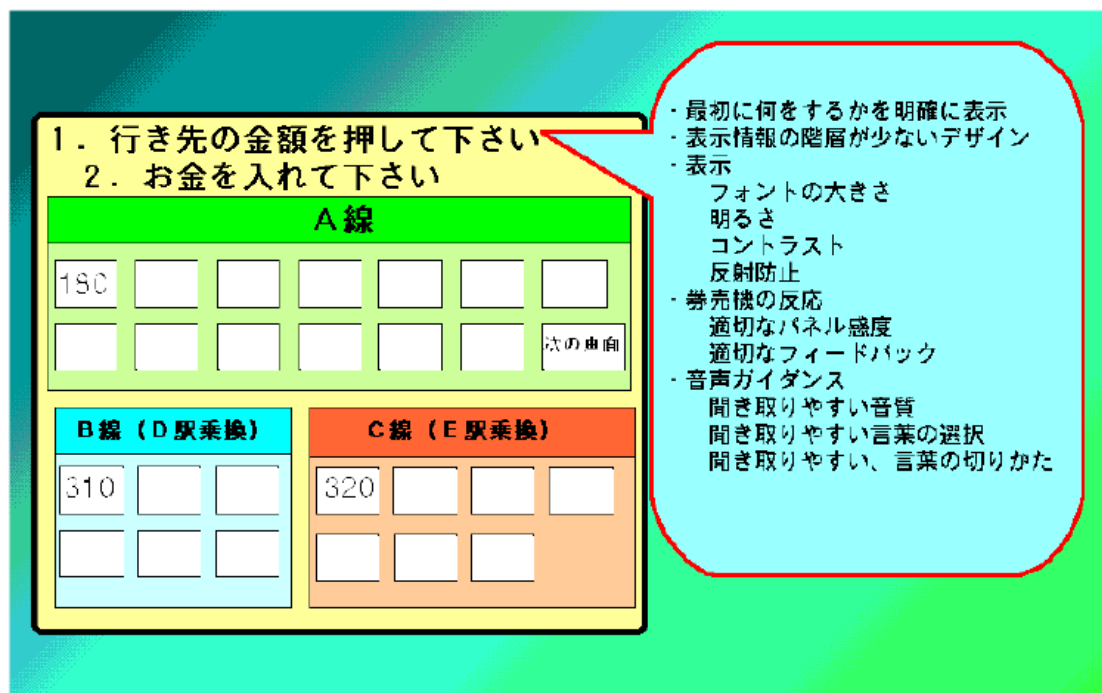


図3-7 高齢者に使いやすい自動券売機のイメージ

これまで述べてきたような人間の認知特性を考慮した「使いやすさ」の測定方法を利用して、今後、新しいデザインの券売機を実践的に評価・改良していくことで高齢利用者の実態に基づいた「使いやすい券売機」が実現できると考えられる。設計者とユーザーとの「インタラクティブ」な開発が有効と思われる。

第4章 音声カーナビ操作とヒューマンエラー

4-1 実験の概要

本実験は、カーナビゲーションシステムを対象として、2重課題法を用いてカーナビ操作が運転パフォーマンスに与える影響を調べ、従来の手操作（タッチパネル操作）と比較しながらカーナビゲーション音声操作が運転パフォーマンスに与える影響を評価したものである。結果は、北島ほか（2004）⁴⁵⁾で報告しているが、本稿では新たにエラー分析に焦点をあてて概要を以下に示す。

I. 目的

走行中にカーナビゲーション画面を注視したり、片手状態で携帯電話を使用することは法律で禁じられている⁴⁶⁾。携帯電話を運転中に使用することで、反応時間の遅れや、注意の偏りが生じることも指摘されている⁴⁷⁾。自動車における音声インターフェースへの要求は今後強まると考えられるが、その要件について十分な検討がされているとは言えない。例えば、(1) どのようなタスクや操作ならば、音声操作にすることが可能であるか、(2) 音声操作にした場合に安全上の問題がないか、(3) 音声操作にすることでかえって機能が失われることはないか、などの点である。

そこで、本研究ではカーナビゲーションシステムを対象として、2重課題法を用いてカーナビ操作が運転パフォーマンスに与える影響を調べ、従来の手操作（タッチパネル操作）と比較しながらカーナビゲーション音声操作が運転パフォーマンスに与える影響を評価する。音声操作課題としてコマンド階層の浅い課題と、深い課題を設定して、コマンドの階層構造と運転パフォーマンスの関係についても検討する。

II. 方法

A. 装置

1. 簡易型ドライビングシミュレータ

32 インチテレビモニタ、ゲーム用ハンドル・アクセル・ブレーキシステム、自動車用シート、モニタつき 8m m ビデオデッキを用い、簡易型の自動車ドライビングシミュレータを構築した。シミュレータの制御には、ネットワークで接続されている2台のパソコンを用いた。速度を実験参加者に提示するために、運動操作用パソコンのモニタに表示される「車速」をビデオカメラで撮影し、5.5 インチディスプレイに表示した。本シミュレータによって運転課題の実行と運転パフォーマンスの記録を行った。

2. 記録用ビデオカメラ

実験参加者の視線や顔の表情を観察するために、ビデオカメラをハンドルの前方に設置した。また、全体の動きを観察するビデオカメラを自動車ドライビングシミュレータの後方に設置した。更に実験中のカーナビの画面を記録するビデオカメラを設置した。

3. 4画面分割器、ビデオタイマー

3つのカメラで撮影した映像とシミュレータの画像を同期してビデオに記録するため4画面分割器を用い、ビデオデッキによって録画した。

4. カーナビゲーションシステム

カーナビ操作課題のために、タッチパネル付きカーナビゲーションシステム（富士通テン（現在デンソーテン）社製、AVN7702D）をシミュレータのハンドルの左方に設置した。音声操作用のボタンスイッチ（音声認識SW）はハンドルの左下に、音声認識用のマイクはハンドルユニット本体上部に固定した。

実験の様子を図4-1に示す。



図4-1 実験の様子

B. 手続き

1. 課題

運転課題：実験参加者に自動車ドライビングシミュレータの速度表示モニタを見て 50km/h～70km/h の間の速度で道路からはみ出さないように走行するよう教示した。道路は2車線であったが、1車線として走行する（右車線も走って良い）よう教示した。コースは全長 1667m の曲線的な道路であり、終点に到達すると自動的に始点に戻る周回コースであった。以後、走行のみを行う場合を D 課題（Drive 課題）と記す。

カーナビ操作課題：運転課題を行なっている間に、カーナビの操作をさせた。音声による操作課題（Voice 課題、以下 V 課題と記す。）と手操作による課題（以下 T 課題と記す。）を設定した。

(1) V 課題（Voice 課題）

V 課題については、コマンドの階層と音節数を考慮し V1、V2、V3、V4、V5、V6、V7 の7課題を設定した（表1）。音声認識 SW を押し、発話するとカーナビからは認識結果がトークバックされる。課題 V3 の例を表2に示す。V 課題の際に、途中で間違ってしまった場合は「戻る」、「全消去」、「修正」コマンドを用いて課題を完遂するように適宜教示した。

以後、走行中に V 課題を行う条件を V 条件と記す（例えば V1 課題を行う条件を V1 条件

とする)。V 条件の詳細を表 4-1 に示す。

表 4-1 V 課題の詳細 (階層、音節数)

	音声認識 SW	確認音	階層	入力	確認音	トークバック	確認音	画面	表記	音節数
V1	On	「ピッ」	第1	「住所」	「ピッ」	「住所をどうぞ」	「ピッ」	(現在地)	じゅうしょ	5
									音節数総計	5
V2	On	「ピッ」	第1	「住所」	「ピッ」	「住所をどうぞ」	「ピッ」	(現在地)	じゅうしょ	5
			第2	「神奈川県」	「ピッ」	「神奈川県を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	かながわけん	6
									音節数総計	11
V3	On	「ピッ」	第1	「住所」	「ピッ」	「住所をどうぞ」	「ピッ」	(現在地)	じゅうしょ	5
			第2	「神奈川県川崎市」	「ピッ」	「神奈川県川崎市を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	かながわけんかわさき	11
									音節数総計	16
V4	On	「ピッ」	第1	「住所」	「ピッ」	「住所をどうぞ」	「ピッ」	(現在地)	じゅうしょ	5
			第2	「神奈川県川崎市宮前区」	「ピッ」	「神奈川県川崎市宮前区を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	かながわけんかわさきみやまえく	16
									音節数総計	21
V5	On	「ピッ」	第1	「住所」	「ピッ」	「住所をどうぞ」	「ピッ」	(現在地)	じゅうしょ	5
			第2	「神奈川県」	「ピッ」	「神奈川県を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	かながわけん	6
	On	「ピッ」	第3	「川崎市」	「ピッ」	「神奈川県川崎市を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	かわさき	5
	On	「ピッ」	第4	「宮前区」	「ピッ」	「神奈川県川崎市宮前区を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	みやまえく	5
	On	「ピッ」	第5	「菅生」	「ピッ」	「神奈川県川崎市宮前区菅生を表示します」	「ピッ」	当該地図の表示	すがお	3
									音節数総計	24
V6	On	「ピッ」	第1	「メニュー画面」	「ピッ」	「メニュー画面を表示します。」	「ピッ」	メニュー画面	めにゆーがめん	7
	On	「ピッ」	第2	「メモリ地点」	「ピッ」	「メモリ地点を設定します。」	「ピッ」	メモリ地点画面	めもりちてん	6
	On	「ピッ」	第3	「メモリ地点登録」	「ピッ」	「メモリ地点を登録します。」	「ピッ」	メモリ地点登録画面	めもりちてんとうろく	10
	On	「ピッ」	第4	「郵便番号」	「ピッ」	「郵便番号で設定します。」	「ピッ」	郵便番号画面	ゆうびんばんごう	8
	On	「ピッ」	第5	「216、8501」	「ピッ」	「2168501」合成音	「ピッ」	(○×が検索されました。周辺の地図を表示します。)	にいちろくはちごうぜろいち	13
									音節数総計	44
V7	On	「ピッ」	第1	「メニュー画面」	「ピッ」	「メニュー画面を表示します。」	「ピッ」	メニュー画面	めにゆーがめん	7
	On	「ピッ」	第2	「メモリ地点」	「ピッ」	「メモリ地点を設定します。」	「ピッ」	メモリ地点画面	めもりちてん	6
	On	「ピッ」	第3	「メモリ地点登録」	「ピッ」	「メモリ地点を登録します。」	「ピッ」	メモリ地点登録画面	めもりちてんとうろく	10
	On	「ピッ」	第4	「電話番号」	「ピッ」	「電話番号で設定します。」	「ピッ」	電話番号画面	でんわばんごう	7
	On	「ピッ」	第5	「044、977、2121」	「ピッ」	「044、977、2121」合成音	「ピッ」	(○×が検索されました。周辺の地図を表示します。)	ぜろよんよんきゅーなななにいいいちにい	20
									音節数総計	50

(2) T 課題 (Touch 条件)

T 課題とはカーナビの画面をタッチ入力して操作する条件である。走行中に T 課題を行う条件を、以後 T 条件と記す (T2 課題を行う条件を T2 条件とする)。(表 4-2 参照)

(3) ST 条件 (Stationary Touch 条件)

V 条件、T 条件が全て終了した後に、静止 (停車) 状態で T1 課題、T2 課題を課した (以後、それぞれ、ST1 条件、ST2 条件と記す)。(表 4-2 参照)

表 4-2 V 課題、T 課題、ST 条件の概要

課題名	階層数	音節数
V1	1	5
V2	2	11
V3	2	16
V4	2	21
V5	5	24
V6	5	44
V7	5	50
T1	V6と同等のタッチ入力	
T2	V7と同等のタッチ入力	
ST1	T1を停車状態で試行	
ST2	T2を停車状態で試行	

2. 手順

(1) 実験参加者プロフィールの記入

(2) シミュレータ運転の練習

実験参加者にシミュレータに慣れてもらうために運転のみの練習をさせた。運転中にカーナビの操作が出来る程度の余裕が持てたと実験参加者本人が判断するまでコースを周回させた。おおむね3～5周程度であった。安全に関する意識は実車の場合と同様に持ち、条件によって意図的に運転方略を変えないように指示した。

(3) カーナビ操作の練習

実験参加者の右側に操作手順を記したインストラクションを提示し、課題を遂行させた。V1 条件～V7 条件、T1 条件、T2 条件の順で試行し、インストラクションを常に見る必要がない程度まで練習させた。

(4) 主観評価の説明

主観評価は1) 不安の程度に関する7段階評価(1:非常に安心, 2:かなり安心, 3:やや安心, 4:どちらでもない, 5:やや不安, 6:かなり不安, 7:非常に不安: 以下、不安評定値と記す)、2) NASA-TLX (精神的要求、身体的要求、忙しさ、努力、達成度、不満の6項目:萩原他、2002⁴⁸⁾に基づく)、3) シミュレータ及びカーナビの習熟度に関する評価からなる。

(5) 実験走行

(1) (2) に関して、実験参加者の納得がほぼ得られた後、本課題を試行した。実験参加者には操作をなるべく自然に、慣れた操作として行えるよう求めた。また、実験中には実車における場合と同様にカーナビ操作よりは運転の安全を優先するように教示した。V 条件、T 条件の9条件の試行順は偏らないように、実験参加者毎に違えてバランスをとった。走行条件を指示した後、走行を開始させた。1 周目は D 課題のみで、2 周目に入るとほぼ同時にカーナビの操作を開始するように指示した。実験参加者はタイミングを見計らって直ちにカーナビ操作課題を試行した。

カーナビの操作時間を計測するため、V 課題、T 課題のどちらにおいても操作の始めと終わり

のときにハンドルのタイミングボタンを押すよう教示した。

実験参加者が操作を間違えたり、音声認識の誤認など何らかのエラーがあった場合は、練習時に教示した修正方法を用いて、目的地の場所がカーナビの画面に表示されるまで(成功するまで)操作を続けさせた。修正の実行があまりにも困難な場合には、必要に応じて修正方法をその場で指示した。

エラーが無かった時は、殆どの場合、2周目内でカーナビ操作課題が終了するので、3周目はD課題とした。エラーのありなしに関わらず、カーナビ操作が3周目までずれこんだ場合には4周目をD課題とした。1条件終了毎に、主観評価用紙に記入させた。

全ての走行条件(V1からV7、T1、T2条件)が終了後、ST1条件、ST2条件の順で試行した。主観評価は走行条件と同様、各条件の終了後に行った。

すべての条件が終了後、カーナビ課題、走行課題、その他に関する感想を実験参加者に記入させた。

以上、実験参加者1名の所要時間は2~3時間であった。

3. 運転パフォーマンス測定項目

シミュレータソフトの機能を用いて、サンプリング間隔 100ms で走行関連データを記録した。データは、1) 時間(秒)、2) 車速(km/h)、3) ハンドル角(deg)、4) X座標値(m)・Y座標値(m)、5) ヨー角(deg)、6) 横G(m/s^2)、7) 前後速(m/s)、8) 横速(m/s)、9) スリップ(rad)、10) ハンドルボタン情報、であった。

4. 実験参加者

普通免許を取得している男女34名(男性23名、女性11名)で、平均年齢は26.3歳(19歳~64歳)であった。平均免許取得年数は5.9年(0.2年~33年)、平均走行距離は2441.6km(0km~330,000km)であった。

5. データの処理

(1) 生データ

100ms間隔で以下のデータを取得した。

経過時間、車速(km/h)、ハンドル角(deg)、X座標値(m)、Y座標値(m)、ヨー角(deg)、横G(m/s^2)、前後速(m/s)、横速(m/s)、重心スリップ(rad)、ハンドルボタン情報

(2) 1次処理

後処理プログラムにより、生データに、軌跡ずれ量(m、道路中央0、左-、右+)、道路ポリゴン番号(0~165)を付加した。

(3) 2次処理

各指標をポリゴン毎に平均した。また、ポリゴン毎の最大値、最小値を求めた。車速、ハンドル角については、ポリゴン毎のSD(標準偏差)も算出した。

(4) カーナビ操作時間の算出

ハンドルボタン情報を元に、カーナビ操作課題の開始と終了を検出し、経過時間（総操作時間）を算出した。運転中のカーナビ操作時間の特性をより明確にするために、ほぼ時間のロス無くカーナビ課題を実行できる停車条件で V1～V7 課題を試行した場合の総操作時間を引いて、修正操作時間を求めた。停車条件の V1～V7 課題は 2 名の実験参加者が各条件を 5 試行行い、平均時間を求めた。T1、T2 条件に関してはそれぞれ ST1、ST2 条件の総操作時間を引いた。

(5) 道路逸脱

軌跡ずれが+3m または-3m を超えており、ハンドル角、重心スリップから急ハンドルであったと判断できた事例を、道路逸脱と定義し、各実験参加者の各条件ごとに道路逸脱数を数えた。条件毎の、のべ逸脱回数を求めた。

(6) 視認時間

ビデオ画像から、前方、カーナビ、インストラクション、その他の 4 カ所について、1 秒ごとに視線の向いている方向を判定し、4 カ所それぞれの視認時間を算出した。

(7) 主観評定

不安評定値の各条件毎の平均を求めた。NASA-TLX は、三宅・神代（1993）⁴⁹⁾ に従い、実験参加者の反応位置を 0～100 に換算し、各実験参加者毎に 6 項目の平均（RTLX）を求めた。更に条件ごとの平均を算出した。

III. 結果と考察

A. 条件別エラー発生率

カーナビ操作中に、音声認識の誤認識や、誤操作など何らかの問題が生じた例をエラー事例とした。表 4-3 に条件毎のエラー事例発生率を示す。V 条件では音節数が増すほど、また階層が増すほどエラー発生率は高まった。T 条件では同等の課題であった V6、V7 条件に比べエラー発生率は小さかった。ST 条件ではエラー発生率は小さかった。

表 4-3 エラー事例発生率

条件	エラー無し 事例数	エラー 事例数	エラー 発生率
V1	34	1	2.9
V2	34	12	26.1
V3	34	14	29.2
V4	34	15	30.6
V5	34	45	57.0
V6	34	27	44.3
V7	34	45	57.0
T1	34	10	22.7
T2	34	7	17.1
ST1	34	0	0.0
ST2	34	3	8.1

エラー事例における不安評定値、RTLX はエラー無し事例に比較して、全体的に値が増加しているが、条件別の特徴はエラーのない場合と同様であった。

B. 不安評定値の累積度数

各条件別に、各実験参加者の不安評定値の累積度数を求め、図 4-2 に示す。T1 において 5 未満は 20%しかおらず、ST1 では 5 未満が約 90%であることが分かる。ST1、ST2 は低く評価した実験参加者が多く、T1、T2 は高く評価した実験参加者が多い。また、これらの評価の中間は V5、V6、V7 であり、また不安を感じはじめる点であると考えられる。コマンドの階層は 2 階層で 21 音節の V4 ではまだ不安の程度は低いと思われる。5 階層の場合は、音節数が 24(V5)、44(V6)、50 (V7) の間に明確な差はないと考えられ、単なる音節数ではなく、コマンド階層の深さが負荷と不安の程度に影響していると考えられる。

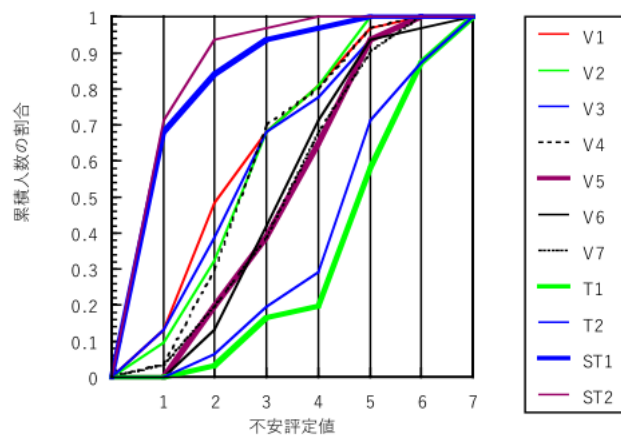


図 4-2 条件別の不安評定値の累積割合

4-2 観察されたヒューマンエラーの特徴

以下、運転者とカーナビとの相互作用に注目して、エラー（入力エラー、認識エラー、操作エラー）事例に焦点を当てて、分析する。カーナビ操作中に何らかの問題が生じた事例の分析をすることにより、カーナビ操作が運転パフォーマンスにどのような影響を与えるのか、また運転者はどのようなミスに陥りやすいのかを検証できると思われる。そこで図 4-3 の様に各事例の相互関係分析を行った。「音声指示」、「その他」は実験参加者の操作など、「カーナビ反応」、「表示（状態）」はカーナビの反応を示す。

操作成功例

時間	音声指示	その他	カーナビ反応	表示（状態）
1.02.44		ボタンを押す		
1.02.49			住所をどうぞ	ビッ
1.02.52	神奈川県			ビッ
1.02.59			神奈川県を表示します	ビッ
1.03.05		ボタンを押す		ビッ

操作不成功例

時間	音声指示	その他	カーナビ反応	表示（状態）
59.19		ボタンを押す		
59.2			住所をどうぞ	ビッ
59.23	神奈川県			ビッ
59.26		ボタンを押す		ビッ
59.27			住所をどうぞ	ビッ

図 4-3 操作者とカーナビの相互作用分析：操作性例と操作不成功例

I. どのようなエラーか

エラーの種類として主にカーナビの誤認識、入力タイミング、手操作の際のボタンの押し間違

いがある。それぞれの具体的な事例を以下に示す。「S」は実験参加者番号、「V」は音声入力課題、「T」はタッチパネル入力課題を示し、例えば「V52」は音声入力課題「V5」条件の2試行目を表す。

A. 誤認識

- ・「2」を「0」と認識してしまう。(S33-V62、S33-7)
- ・「1」を「4」と認識してしまう。(「いち」と「よん」)(S07-V7、S07-V6、S09-V7)
- ・「神奈川県」を「熊本県」「福岡県」「香川県」「長野県」「奈良県」などと誤認識してしまう。
 - 「熊本県」(S10-V3、S29-V52、S29-V54)
 - 「福岡県(春日市)」(S31-V2、S31-V3)
 - 「香川県」(S10-V5、S31-V2、S29-V5、S29-V52、S29-V53、S23-V5)
 - 「長野県」(S10-V3、S31-V3、)
 - 「奈良県」(S10-V5、)
- ・「神奈川県」と入力したら「現在地を表示します」と返した。(S30-V5)
- ・「住所」と入力したら「オーディオをオンにします」と返した。(S25-V4)
- ・「住所」と入力したら「フジテレビにします」と返した。(S25-V42)

B. 入力タイミングに関連したエラー

- ・音声入力が遅れる(時間切れ)(S07-V62、)
- ・「ピッ」となる前に音声入力する。(特に「住所をどうぞ」の後の「ピッ」という音が待てない。)(S09-V4、S31-V2)
- ・「住所」と音声入力する前に「神奈川県」と言ってしまう。(以前「神奈川県」でエラーが起きているのでそこに集中してしまう。)
- ・「住所」と言い「住所をどうぞ」と言われた後、再び音声認識ボタンを押す。(S31-V2、S30-V5)
 - 他の入力ときは全て音声認識ボタンを押してから入力するが住所の入力するときだけボタンを押さないで混乱することがあるのではないか。
 - このときの実験参加者は音声認識ボタンで操作を区切っていこうと思っていたがカーナビの方では、「住所」⇒「住所をどうぞ」⇒「～県」という方が自然な流れだろうということでそのまま入力できるようにしている。(ここで人間の考えとカーナビのシステムにずれがある。)
- ・「神奈川県」と言った後に機械の反応を待たずに再び音声認識ボタンを押す。(S25-V5)
 - 機械の反応が遅いため不安になってしまう。
- 「住所をどうぞ」の後に再び音声認識ボタンを押してしまう。
 - 実験参加者はミスのところからやり直したいのだが、カーナビではその画面で音声認識できないなど、人間の考えていることと機械の状態にずれが生じている。

C. タッチ操作(ボタンの押し間違い)に関するエラー

ボタンの押し間違いによるミスは押すべきボタンの近く(隣や上下)のボタンを押してしまった

ことによるミスである。タッチ操作の際、画面にたくさんのボタンが表示されるので探す時間があるため運転に影響が出やすいと思われる。

- ・「9」と「完了」ボタンを押し間違える。(S10-T22、S29-T2、)
→「9」の下に「完了」ボタンがある。
- ・「9」と「6」を押し間違える。
- ・「4」と「7」を押し間違える

II. エラーが生じたときの実験参加者の行動

エラーをしたとき運転やカーナビの音声入力行動などにどのような変化があるのかを以下に示す。

A. 何らかの不具合が生じたときの入力行動の変化

- ・切るように発音する。
- カーナビと同じような発音になる。
- ・マイクに顔を近づけて音声入力する (S09-V7) (図 4-4 参照)
 - ・声が大きくなる。(図 3-3 参照)
 - ・1文字1文字切るように発音するようになる。(図 4-4 参照)
 - ・エラーの部分を強調する。
 - ・音声認識の際、「ピッ」となってから入力するまで待ってしまう。
- 前回に失敗があったときなどはそのことを考え、どのように発音しようか一瞬考えるのでその間に認識時間を過ぎてしまう。

記録時刻	ユーザ 音声指示	ユーザ 動作	カーナビ 音声反応	カーナビ 確認音
0:59:19		開始ボタンを押す		ピッ
0:59:20			「住所をどうぞ」	ピッ
0:59:23	「神奈川県」			ピッ
0:59:26			「香川県を表示します」	ピッ
0:59:28		開始ボタンを押す		ピッ
0:59:45			「住所をどうぞ」	ピッ
0:59:48	「か、な、が、わ、け、ん」 (マイクに顔を近づけ、大きな声で)			ピッ
0:59:54			「奈良県を表示します」	ピッ

図 4-4 操作者とカーナビの相互作用分析：入力行動の変化の例

B. 運転の変化

- ・アクセルが踏みっぱなしになる。
- ・ハンドルがきりっぱなしになる。
- ・タッチ操作をしているときは視線がカーナビに集中しているので足（アクセル）にまで意識がいかないためスピードが上がっている事に気付かない。そのためハンドル操作も追いつかなくなりだすとカーナビ操作にミスが生じる。
- ・間違えると運転操作に影響が出やすくなる。（カーナビに意識が集中してしまうため。）
- ・成功したときに比べ、ミスをしたときの方が運転のふらつき方が大きい。
 - ミスをした後はそのことを考えて改善案を考えているためではないかと推測される。
 - また音声入力した後うまく認識したかどうか心配になりカーナビを見ていて、コースを外れてしまったりする。

III. ミスの原因

ビデオによる分析からこのようなエラーの原因を推定した。

A. 誤認識の場合

- ・認識させようと、1文字ずつ切るように発音するがそれでは認識しない。
 - 普通の会話のように発音するときちゃんと認識することが多い。

B. 入力タイミング

- ・音声操作ボタンを押して「ピッ」となっても、そのときに運転操作が忙しいとき（カーブのときなど）はそちらに集中するので音声操作が遅れる。
- ・音声入力を慎重にしようとして制限時間を過ぎてしまう。（ゆっくり発音したり、「ピッ」となった後に待ってしまったりする。）
- ・「住所をどうぞ」と言った後「ピッ」となるのを待たずに言う。
- ・「ピッ」という音が全て同じ音なので何の確認音が分からない。

C. タッチ操作の場合

- ・モニター、カーナビのどちらかに視覚が奪われてしまう。
 - タッチ操作のときは必ず前方から視線が外れる。（カーナビを見ながらでないとは出来ない。）
- ・「完了」ボタンが数字ボタンと同じサイズなので「9」と間違えて押す。
- ・隣り合うボタンが近すぎるため押し間違える。

全てのエラー事例は操作者とカーナビの相互作用と理解できるが、主原因という視点から分類を試みた。主原因に基づき、(a) 主として人間側に問題がある例、(b) 主として機械側に問題がある例、(c) 人間と機械の相互関係、に分類した。

(a) 主として人間側に問題がある例

a-1) カーナビの反応が待てない

a-1-1) 音声認識ボタンを押すタイミング

事例) S04-V52、S07-V72、S10-V53 など

a-1-2) 音声入力 of タイミング

事例) S09-V4、S18-V5 など

a-1-3) 押さなくて良いところでボタンを押す

事例) S03-V2、S09-V5、S24-V5 など

a-2) ボタンの押し間違い

事例) S03-T2、S15-T2、S32-T2 など

(b) 主として機械側に問題がある例

b-1) カーナビの誤認識

b-1-1) 神奈川県を香川県と認識

事例) S02-V52、S09-V5、S29-V52 など

b-1-2) 神奈川県を熊本県と認識

事例) S10-V3、S15-V2、S34-V5 など

b-1-3) 神奈川県を長野県と認識

事例) S12-V3、S26-V52、S28-V2 など

b-1-4) 神奈川県を福岡県と認識

事例) S24-V5、S26-V22、S26-V52 など

b-1-5) 数字の誤認識 (2ニイを0レイと認識など)

事例) S04-V73、S22-V7、S22-V72 など

b-2) 勝手に認識 (実験参加者は音声を発していない)

事例) S02-V3、S03-V22、S34-V72 など

b-3) 音声検出ミス (正しいタイミングで発話したが、音声を検出できないと反応)

(c) 人間と機械の相互関係

c-1) 時間切れ

c-1-1) 音声入力が遅い (ゆっくり発話し、ちょっとした間で入力終了となる)

事例) S02-V72、S12-V7、S10-V7 など

c-1-2) 音声認識ボタンを押した後、発話までに時間が空く

事例) S02-V73 など

IV. 改善案

以上の分析を元に、改善案を考察する。

A. 主として人間の側に問題がある例

人間に問題がある場合でも人間の行動は制御可能性が低いので、対策としてはマニュアルの整備（カーナビの性能をよく説明し、どのように発話すべきか、認識のこつなどを分かりやすくまとめ、現状のマニュアルの向上を目指す）が考えられる。また、押し間違いに関しては、デザインを工夫する、ボタンの配置を工夫する、ボタンを大きくする、などの改善が考えられる。

B. 主として機械の側に問題がある例

誤認識に関しては、性能の向上が第1であろう。話す速度、声の高さ、声の大きさ、滑舌に依存しない認識方式の開発が望まれる。また、発話していないのに勝手に認識された場合は何らかのノイズを拾っている可能性がある。ノイズ対策についても改善が望まれる。発話したのにも関わらず音声を検出できなかった場合についても、性能向上や、認識できなかったことへのフィードバックの仕方などを検討することが望まれる。

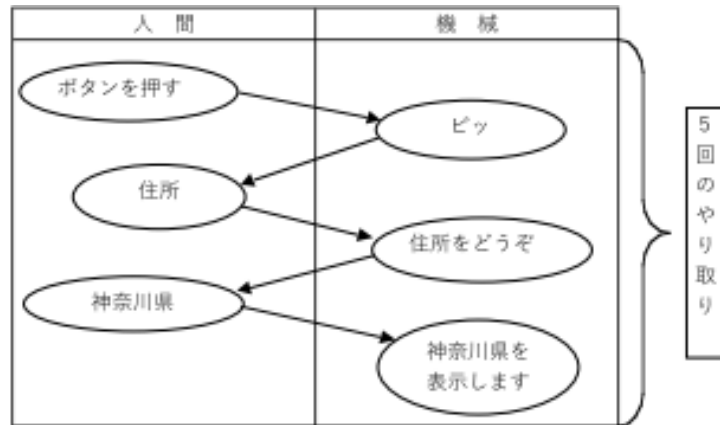
C. 人間－機械－相互関係

現状のインターフェースが対話型であることから、人間と機械の相互作用が上手く行けば、大変使いやすくなると予測される。しかし、上記図 4-4 は、相互作用がうまくゆかなかった例である。実験に使用したカーナビゲーションシステムのマニュアルによれば、この機器は言葉の抑揚が重視された音声認識方式であった。つまり、上手く認識させるためには、自然に発音することがコツであった。しかし、相手が聞き取れなかった場合（カーナビのご認識）は、声を大きくし、一語一語ハッキリと区切って発音するのが人間にとっては自然な反応であるために、上記のような人間と機械の齟齬が生じた。現在、音声認識はカーナビゲーションのみならず、スマートフォン、タブレット、スマートスピーカーに AI アシスタントの技術として導入され、広く普及している。上記の実験当時の音声認識に比べ、その精度は比較にならないほど向上していると思われるが、音声認識のロジック自体が人間に行動・反応に適合するような開発が進むことが望まれる。

このように、相互作用を前提にしたシステムは、人間や機械のちょっとしたミスや誤反応によって大きな問題に発展することも予想される。現状の操作者とカーナビのやりとりの模式図を図 4-23 に示す。コマンドの階層構造が複雑になるとコミュニケーションの回数が増え、エラーが増大する可能性も増えると思われる。対策としては、階層が深くなることに依存する混乱を避けるために、階層の浅いコマンドで1つの操作を完成させ、同じく階層の浅いコマンドで次の操作をすることが考えられる。例えば、3階層のコマンドを2階層のコマンド2つに変更する（図 4-5 参照）。手順は増えるが、階層の錯誤はへりミスを起こしにくくなると考えられる。また、ミスがあった場合でも階層が浅いので修正（元の階層へ戻る）が容易であると考えられる。

以上の結果に基づき、改善案として3回やりとりを一般化し、図 4-6 に示す。このシンプルな構造を単位として、コミュニケーションをデザインすることでコミュニケーションエラーが減り、ヒューマンエラーも低減することが期待される。

現状



改善例

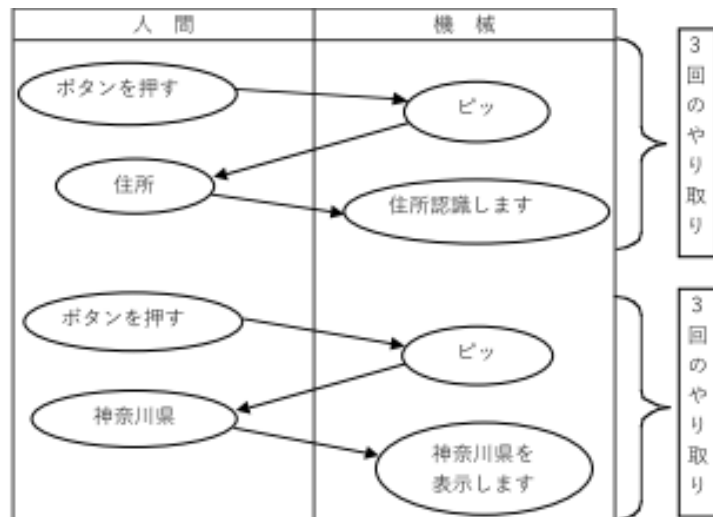


図 4-5 改善案

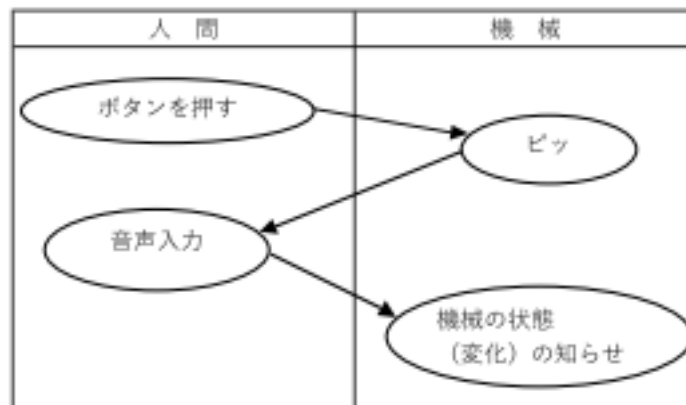


図 4-6 3回やり取りの一般化

第5章 止血弁付き静脈留置針使用時のヒューマンエラー

5-1 調査の概要

この調査は、止血弁付き静脈留置針を利用している医療従事者を対象に、末梢静脈カテーテル留置手技における止血弁や内針収納型安全機能の効果と使用者の使用負担感について、1) ヒアリング調査、2) 作業観察、3) 質問紙調査によって定性的、定量的に評価を行ったものである。調査結果は、北島ほか(2010)⁵⁰⁾、吉川ほか(2013)⁵¹⁾で報告しているが、作業観察において観察されたヒューマンエラーについては未報告であり、本稿ではこの点について以下に示す。

I. 調査の目的

血液・体液にはC型肝炎ウイルスなどの血液媒介病原体が含まれることがあり、医療現場で使用される注射針やメス、ガラスなどの鋭利器材で医療従事者が皮膚を損傷し(針刺し切創)、あるいは傷のある皮膚に血液・体液が触れて、血液媒介病原体へ職業感染することが知られている。一方、患者に針を刺すなどの医療行為では、患者に負担のないようにと処置を行うため処置を行う医療従事者には常に緊張があり、安心して負担・ストレスなく医療処置が行えるようになることは、医療従事者と患者の双方にとって有益といえる。

最近、薬液の血管内投与や補液等を目的として行われる末梢静脈カテーテル留置処置において、針刺し切創防止と血液・体液曝露防止機構(圧迫止血補助機構、以下止血弁)が付いたプラスチックカニューレ型静脈内留置針(対象器材:メディキット社製スーパーキャス Z5TM、機能区分名「針刺し事故防止機構付加型」、以下留置針A)が普及してきている。これらの機構(図4-1参照)について、手順に従ってユーザーの視点から適切に評価することで、今後の安全装置機構の開発における重要な知見を提供できると考えられる。そこで、本研究は、留置針Aを利用している医療従事者を対象に、末梢静脈カテーテル留置手技における止血弁や内針収納型安全機能の効果と使用者の使用負担感について、1) ヒアリング調査、2) 作業観察、3) 質問紙調査によって定性的、定量的に評価を行う。

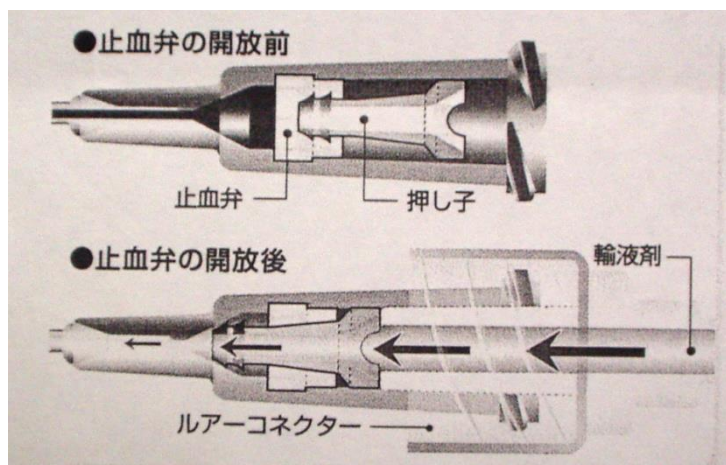


図4-1 止血弁付き静脈留置針の構造 (メディキット社資料より)

II. 方法

A. 調査対象者

作業観察およびヒアリング調査の対象者は、調査に同意した協力病院より選出された。留置針 A を常時使用している 6 名、留置針 A の採用責任者 5 名にヒアリングを実施した。質問紙調査は協力を得られた 8 病院の医師、看護師に配布し、協力に同意した 536 名より回答を得た。

B. 作業観察

作業観察は 2 施設の計 6 名（対象者 A～F：看護師～看護師長）を対象に実施した。対象者 D では協力者に対する手技であったが、それ以外は模擬腕に対する手技であった。練習試行後、静脈ルート確保手技を留置針 A、従来針（対照条件）の順で実施し、ビデオカメラで記録した。

なお、本研究は労働科学研究所倫理委員会の審査を受けて実施した。

III. 結果

A. ヒアリング結果

ヒアリングでは、1)留置直後に血液の逆流がなく安心、2)コンパクトで使いやすいなどが指摘された一方、1)止血弁があることをうっかり忘れてしまうことによる逆血、2)血液の飛散、3)小児科での利用しにくさ、3)針の強度がやや弱いなどが指摘された。留置針 A の導入のきっかけは、1)すでに導入した施設の感染管理実務者からの薦め、2)院内の感染対策委員会、安全委員会などの組織での検討結果、3)業務効率化にあわせた手順評価の結果などであった。総合的に、留置針 A の安全装置作動による針刺し防止効果が評価されていると思われる。

B. 作業観察

ビデオ記録より作業の手順を対象者の動作と器材状態の変化に分けて記述し、所要時間を算出した（1 秒単位）。分析は認知インタフェース研究者 1 名が評価し、結果を別の 1 名がビデオ画像を見ながら確認した。手順の記述に基づき、利手/非利手別に、基本動作（持つ、置く、押さえる、など 18 動作）を分析した。分析の過程例を表 5-1 に示す。病院や個人による手順の違いを揃えるために、今回の分析では輸液チューブ接続までを分析対象とした。

表 5-1 作業課題の相互作用分析の例

参加者E (留置針A) 使用

所要時間	右手		左手		機器の反応(変化)
	動作	対象物	動作	対象物	
0:00					
0:01	持つ	アルコール綿パッケージ	(無し)	(無し)	パッケージの位置が変わる
0:01	開ける	アルコール綿パッケージ	開ける	アルコール綿パッケージ	パッケージが開く
0:02	持つ	アルコール綿	持つ	アルコール綿	アルコール綿の位置が変わる、アルコール綿の形状が変わる、
0:01	置く	アルコール綿パッケージ	持つ	アルコール綿	アルコール綿
0:01	持つ	アルコール綿	置く	アルコール綿	アルコール綿の位置が変わる
0:01	折る	アルコール綿	折る	アルコール綿	アルコール綿の形状が変わる
0:03	拭く	模擬腕・アルコール綿	押さえる	模擬腕	アルコール綿の位置が変わる
0:01	置く	アルコール綿	(無し)	(無し)	アルコール綿の位置が変わる
0:01	取り出す	留置針パッケージ	取り出す	留置針パッケージ	留置針がパッケージから出る
...

表 5-2 に、対象者毎の留置針 A と従来針における所要時間の平均と短縮率、表 5-3 に基本動作別、利手／非利手別に、従来針を基準に留置針 A における平均時間差 (秒) を示す。6 名とも従来針よりも留置針 A において所要時間の短縮が認められた。留置針 A では、非利手における「押さえる」動作時間が平均で 7 秒短縮されていた。動作時間が増加したものは、非利手の「離す」、「持つ」であり、「押さえる」動作が短縮した分、持っているものを離したり、器材を持つ余裕が生じたと考えられる。片手のみを使用し、他方の手が空いている時間も利手で 1 秒、非利手で 2 秒短縮しており、留置針 A の使用により左右の手を同時に効率よく使用できていることが推定される。これらが、トータルでの 0.75 程度の短縮率に繋がっていると考えられる。

表 5-2 留置手技の所要時間(秒)と短縮率

対象者	従来針	留置針A	短縮率
A	37	31	0.84
B	58	50	0.86
C	55	49	0.89
D	77	58	0.75
E	48	39	0.81
F	41	23	0.56

表 5-3 利手／非利手別の平均短縮時間(秒)

従来針基準 (差：秒)	対象物の例	利手動作	非利手動作
開ける	アルコール綿パッケージ、留置針パッケージ	-1	0
置く	パッケージ、留置針	-1	-1
押さえる	模擬腕、腕（実物）	-1	-7
折る	アルコール綿	0	0
刺す	留置針	0	0
接続	輸液チューブ	0	0
取り出す	アルコール綿	0	-1
抜く	内針	0	0
剥がす	テープ	0	0
離す	(持っているものから手を離す)	0	1
貼る	テープ	0	0
拭く	模擬腕、腕（実物）	-2	0
持つ	留置針、チューブ	-2	2
持ち替え	留置針、チューブ	0	0
触る	模擬腕	0	-1
着用	手袋	0	0
外す	手袋	0	0
(無し)	(特に何も動作していない)	-1	-2

5-2 観察されたヒューマンエラーの特徴

この作業観察の対象者 D は唯一模擬腕ではなく、研究協力者を対象としたより実作業に近い状態での観察であったが、従来の留置針を用いた作業観察の際に、必要な止血をせず、血液漏れを発生させていた（図 5-2）。



図 5-2 止血忘れによる血液漏れ事象

対象者 D は、勤務先の病院において既に止血弁付きの新しい留置針が採用され、半年以上の使用を続けていた者であった。作業観察においては、留置針 A、従来針の比較であることを事前に説明し、具体的操作開始時には、従来針であることを宣言した（「では次は従来の留置針です。」）にも拘らず、止血弁のついた留置針 A と同様の手続きをしたことによって、血液漏れ事象を発生させていた。ビデオカメラを使用し、行動観察されるという日常とは異なったプレッシャーもあ

ったと推測できるが、日常のある種熟練した動作が、ついうっかりと不適切な状況において発動されたと考えられる。新しい技術、機器を用いることで安全は向上するが、旧来の機器を使用しなくてはならない場面などがあると今回のような不適切な動作により、問題を生じさせる可能性がある。

自動車運転に関する知見であるが、Wilde のリスクホメオスタシス仮説 (Hole,2007) ⁵²⁾ によれば、運転支援装置の存在を認識したことにより運転者の主観的リスクが低減すると、運転者は自分の目標とするリスクに戻すために、リスクを高める不安全な運転行動を習慣化させる可能性もある。Wilde はその実例として、ABS を装備した車を運転する際には、不装備の車の運転時に比較して、走行速度が高めになり、車間距離が短くなることを示している。また、スリップ事故対策教育の後には自己の運転スキルへの過信が生じ、その結果スリップ事故が増加したと考えられる例が報告されている (蓮花, 1996) ⁵³⁾。医療場面においても、安全機器によるリスク低減があっても、別のリスクを高める行動が形成される可能性が示唆される。

上記のスリップ対策教育の例では、当初のスリップ時の運転技術を向上させる教育が、ドライバーの過信を導いたが、その後の対策として、「どんなに運転スキルが向上しても、事故防止には限界がある」という教育方針に変えたことで、スリップ事故が減ったことが報告されており (蓮花, 1996) ⁵²⁾、医療場面でも安全機器を導入し、その使用方法を教育するのみでなく、その限界を理解させることが重要であることを示唆している。

6-1 目的

I. 運転中のパニック行動

交通や自動車運転の安全をより向上させるために、自動車運転における緊急事態やドライバのパニック行動（医学的なパニック障害ではなく一般的な判断の混乱状態を指す）の原因や対策を検討することは重要である。運転中のパニック行動としては、何らかの理由でアクセルとブレーキを間違えた後にそのまま加速を続けてしまう「意図せぬ加速」⁵⁴⁾ 行動の1つのタイプや、緊急時に関わらず無操作で事故に至る事例などがよく知られている。近年、自動運転に向けた技術開発が急速に進展しており、その要素技術にはすでに実用化されているものがある。例えば、衝突被害軽減ブレーキや、アクセルとブレーキの踏み間違い防止装置等である。このような装置の導入や将来の自動運転の実現によって、ドライバと車と環境のインタラクションの変容が予想される。例えば、アメリカ自動車技術会（SAE）の定義する自動運転レベル3（条件付自動運転化）において想定される、自動運転モードから手動運転への緊急的な切り替え時にはドライバの外部への注意や状況認識、操作アクションの準備状態において運転遂行可能な状態とのギャップがある可能性が指摘されている⁵⁵⁾。また、自動化によるドライバのタスクの減少は単調な環境への曝露や過小な負荷を導き、ドライバの覚醒度の低下や注意資源と配分に影響する要因となる⁵⁶⁾。これらの状況は、運転中のパニック行動を誘発する要因になると考えられる。

丸山（1986）⁵⁷⁾ は、「突然の恐怖の状態」をパニック状態と定義して、橋本邦衛の提唱した人間の意識状態の4つのフェイズ（I 意識ぼけ、II 正常・リラックスした状態、III 正常・明晰な状態、IV 興奮状態）と（認知、判断、動作）と（記憶、確認、操作）の組み合わせからミスの種類と起こりうるエラーの例を説明している。日常、もっとも多くみられるのはフェイズIIの状態であり、日中の活動中のおよそ7割の時間はこの水準で、習慣的な行動や定例作業をしている時の状態が、これにあたりとされている。フェイズIIIは、明瞭な意識をもち、確認を着実にやり、活発な思考活動をしている状態で信頼性は最も高い状態である。フェイズIVが、いわゆるパニック状態で、信頼性はフェイズIIIに比べて大きく低下するとしている。フェイズIVでの起こりうるエラー（パニック行動）としては、下記の4つの例が挙げられている。

- (1) 認知・確認：目前の突発事故に驚いて一点集中、他の情報を無視した。
- (2) 判断・記憶：緊張過大または慌てて興奮のため判断が混乱し判断不能となった。間違えた。
- (3) 判断・記憶：怒りまたは恐怖のために冷静な判断を失う。動作の抑制が出来ず。
- (4) 動作・操作：パニック状態で無意味な操作を繰り返す。

このような分析は、様々な人間行動の実例に基づきなされたと思われるが、実験的、実証的な研究は少ない。実験的な研究としては、運転場面ではないが、正田（1981）⁵⁸⁾ は突然、上方から物が落ちてきた場合や、前方から吹き矢が飛んできた場合に、人がどのように回避するかを調べ、左方向への回避が有意に多いことを示している。また、国際交通安全学会の平成 22 年度報告書（プロジェクトリーダー：篠原一光）⁵⁹⁾ において、単純反応課題、選択反応課題、弁別反応課題

を用いて、実験的にアクセルとブレーキの踏み違えを発生させることに成功しているが、踏み違えを修正できないというパニック行動には至っていない。このように方法論的な難しさから、実験的にパニック行動を検討した研究は少ないが、著者らは、2006年に実施した緊急時の警報の効果を検証する実験⁶⁰⁾において、パニック的行動（障害物に向かってハンドルを切りつづける）が高頻度で生じる条件を発見した。次節でその概要を述べる。

II. 緊急時における警報効果の検証

走行中に前方停車車両を発見し、ハンドルを操作して衝突を回避することが要求されるというような緊急時において、事前に正しい回避方向（左、または右）を警報することによって、回避成功率を向上させられるか否かを検討するために、自動車シミュレータを用いた実験を実施した。軽くアクセルを踏んでいれば、先行車に一定の車間で追従する ACC（Adaptive Cruise Control）を用いた運転中、障害物回避の警報が障害物（2台の停車車両）出現の1秒前に提示される（図6-1、(a)）。

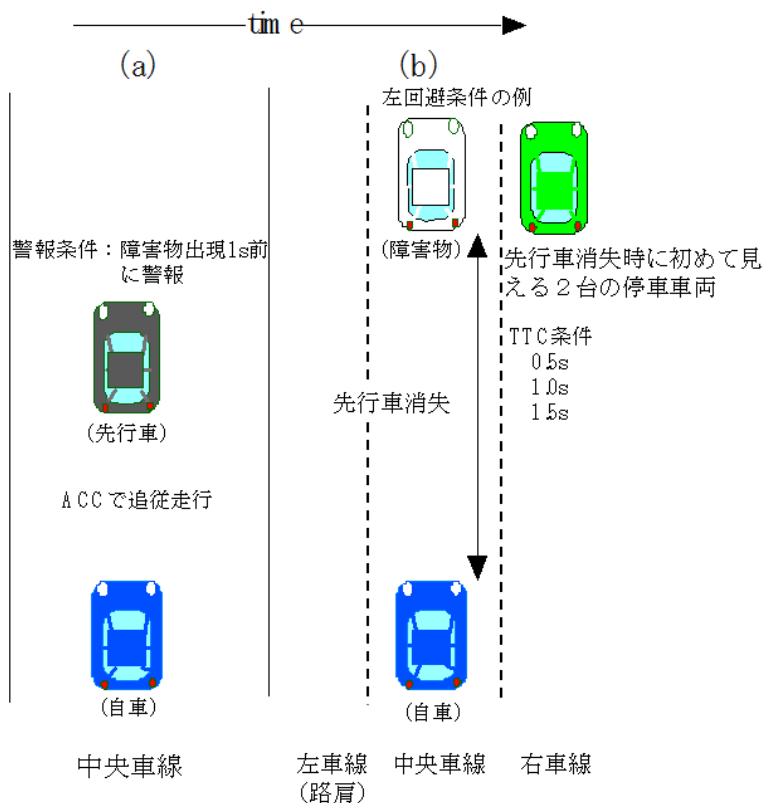


図 6-1 実験状況の概念図

実験条件は、走行速度 2 条件（60km/h、90km/h）と警報方法 2 条件（回避方向を指示する、障害物の位置を提示する）条件の組合せで 4 条件であった。各条件において、障害物と自車との距離は、TTC（Time to Contact:衝突までの余裕時間）0.5s、1.0s、1.5s の 3 種類であった。警報

タイプは視覚提示タイプ（先行車ウィンカで回避方向あるいは障害物の方向を提示）、音声提示タイプ（「左に回避」、「右に障害物」等と音声で提示）、視覚+音声提示タイプ（先行車ウィンカと音声を同時提示）、対照条件としての無警報タイプの4タイプであった。回避方向は、左右の2種類であった。従って、1条件は24試行となる（3×4×2）。警報の1秒後に先行車が消失し、障害物（停車車両2台）が初めて見える（図6-1、(b)）。図1の例では左方向に回避することが求められる。実験参加者は10名であった。

結果として、1秒前の警報により回避成功率が上昇することが確認されたが、無警報試行において「何も反応しない」「(時間余裕があるのに)逆方向へ回避し衝突する」という丸山の定義するパニック行動に該当すると思われる事例が観察された。このような運転行動をミス試行と定義する。全960試行中、ミス試行は21試行であった。ミス試行に関する条件分析を図6-2に示す。

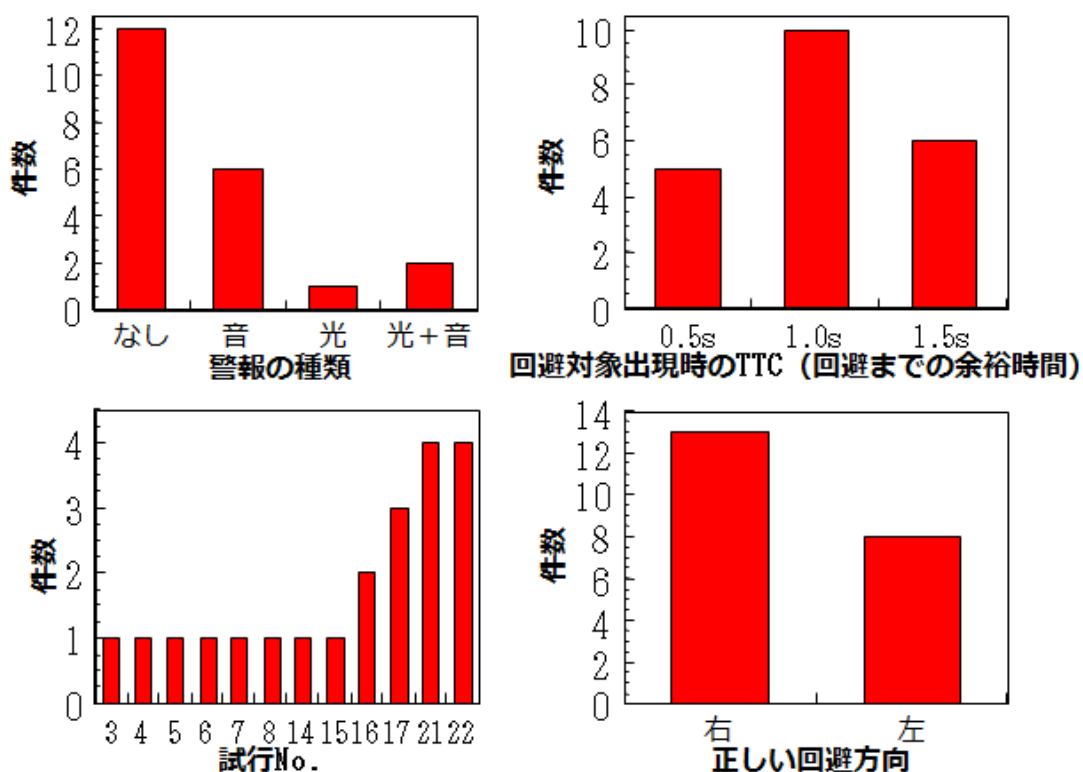


図6-2 警報種類、TTC、試行No.、正しい回避方向別のミス試行の件数

ミス試行の特徴として、以下の4点が見出された（図6-2）。

- (1) 警報なしの場合に多発した。
- (2) TTCが1.0sと回避課題としては比較的余裕のある条件で多く発生した。
- (3) 試行の最後（条件開始後10分前後）に多いことから、疲労や、反応傾性の影響が示唆された。
- (4) 右回避条件（回避方向が右）で左に回避することが多く、歩行時の回避行動に関する正田（1981）⁵⁵⁾の結果と合致し、習慣的に左に回避する傾向があることが示唆された。

以上のように、警報に従い操作するという文脈を作り、不意に警報なしで試行させることで、運転中のパニック行動（逆ハンドル、無操作）を実験的に相対的に高頻度で発現させることがで

きた。本研究では、この方法を用いて、パニック行動やパニック行動のきっかけとなると考えられる行動（前パニック行動）についてさらに詳細に実験をすすめることとした。パニックにならないための対処法やデバイスによるパニックの回避、などを最終目標として、その基礎的知見を得るために、様々な課題を用いてパニック行動および前パニック行動（以下、合わせてパニック的行動と記す）が発生しやすい状況を調べることを目的とした。

以上の結果を踏まえた実験デザインの検討点は以下のとおりである。

- (1) ACC 追従走行中に反応傾性を形成する課題を入れる。
- (2) 事前警報のある回避課題等を課し、予測できないタイミングで無警報試行を挿入する。
- (3) 実験参加者数を増やす。
- (4) 年齢層による差を検証する。
- (5) TTC、警報タイプ、回避方向はパラメータを減らし、実験条件の簡素化を図る。

6-2 方法

I. 装置

A. 定置型自動車シミュレータ（三菱プレジジョン製、特注品のため型番無し）

既存の自動車運転シミュレータに改修を施し、ブレーキ部分に実機を使用している。操作データは60Hzサンプリングでバイナリ記録される（図6-3）。



図6-3 シミュレータ概観

左：シミュレータ本体（カバーが外してある）

右：ブレーキ実機部分

B. faceLAB

カメラ画像による眼球、頭部運動の解析装置faceLAB（Seeing Machines社）をダッシュボード上に設置し、ノート型パソコン（Dell製、Latitude D830）により制御、記録した。

3.映像記録装置

ビデオカメラ4台（Sony製CCD-MC1×1台、CCD-TR3300、CCD-TR10）を設置し、（1）ド

ライバ顔部および眼部（faceLABモニタ画面）、（2）シミュレータ画面、（3）アクセル、ブレーキペダル付近画像、（4）ドライバ側面画像（実験1）、シフトレバー画像（実験2）を撮影し、4画面分割器（Panasonic製 WJ-490）によって4画面合成し、ビデオタイマー（日本事務光機製、VTC-400）の信号を重畳させて、DVDレコーダー（東芝製VARDIA RD-X8）を用いて記録した（図6-4）。



図6-4 映像記録システム

II. 課題

実験デザインの基本は、定常的な走行課題にパニック的行動を誘発する課題を加えることであった。定常走行課題とパニック的行動誘導課題の組合せで以下の3条条件を設定した。1条件の所要時間は約15分であった。

条件1（C1と記す）：定常走行課題（前車ブレーキランプ課題）＋パニック的行動誘導課題（音声警報回避課題）

条件2（C2と記す）：定常走行課題（後車ハザードランプ課題）＋パニック的行動誘導課題（音声警報回避課題）

条件3（C3と記す）：定常走行課題（後車ハザードランプ課題）＋パニック的行動誘導課題（クラクション消去課題）

尚、定常走行課題における前車ブレーキランプ、後車ハザードランプへの反応課題をまとめてVT（Vigilance Task）と記す（後述）。パニック的行動誘導課題は、文脈試行（後述）とターゲット試行（後述）から成る。課題内容の想定を表6-1、課題の概念図を図6-5、課題の時間管理と回避課題の回避方向とTTCを表6-2に示す。

表6-1 条件 (C1~C3) の課題、操作、視線 (注意対象) の想定

	課題	課題内容	操作	視線(注意対象)
C1	定常走行課題	緩やかに車速変更する前車に、一定の車間を保ち追従。後車と右他車に注意。	アクセル、ブレーキ、ハンドル	前車、メーター、距離計、右他車
	パニック的行動誘導課題 (音声警報回避課題)	前車ブレーキランプ反応課題 音声警報に従い前方停車車両を回避。警報あり試行を4回続け、5回目を警報無し試行とする。	パッシング ハンドル、アクセル (ブレーキ禁止)	前車 前方、障害物
C2	定常走行課題	緩やかに車速変更する前車に、一定の車間を保ち追従。後車と右他車に注意。	アクセル、ブレーキ、ハンドル	前車、メーター、距離計、右他車
	パニック的行動誘導課題 (音声警報回避課題)	後車ハザード反応課題 音声警報に従い前方停車車両を回避。警報あり試行を4回続け、5回目を警報無し試行とする。	パッシング ハンドル、アクセル (ブレーキ禁止)	ルームミラー 前方、障害物
C3	定常走行課題	緩やかに車速変更する前車に、一定の車間を保ち追従。後車と右他車に注意。	アクセル、ブレーキ、ハンドル	前車、メーター、距離計、右他車
	パニック的行動誘導課題 (クラクション消去課題)	後車ハザード反応課題 バックミラーに映る後車左ウィンカ点滅中はクラクションを押すと前方停車車両が消える。点滅しない場合はハンドルで前方停車車両を回避。後車左ウィンカ点滅する試行 (クラクションで停車車両消去可能) を4回続け、5回目は後車左ウィンカ点灯しない (停車車両が消去出来ない) 試行とする。	パッシング ハンドル、クラクション	ルームミラー、前方

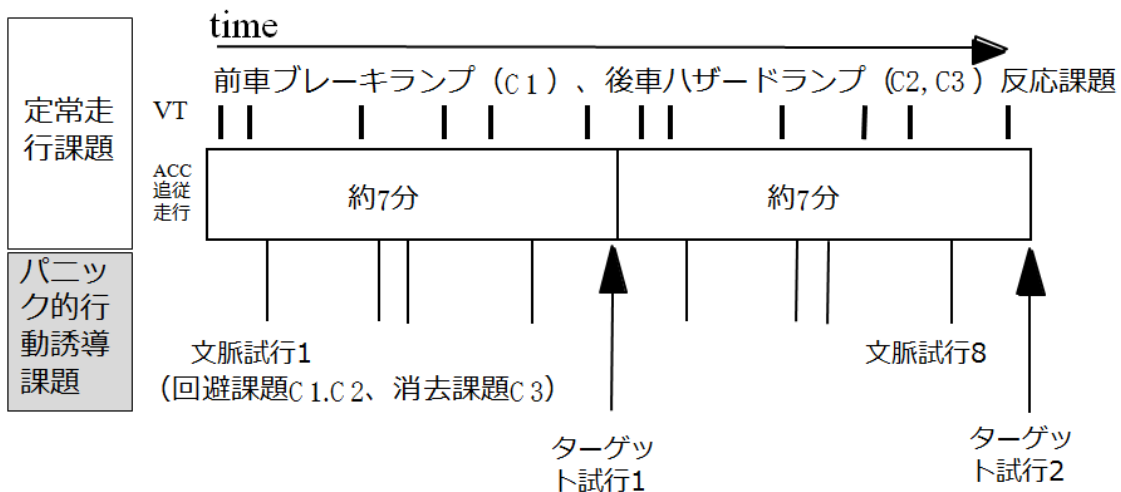


図6-5 1条件の流れ

表6-2 課題の時間管理と回避課題の回避方向とTTC

前半 (約7分)				後半 (約7分)			
時間間隔 (秒)	試行	回避 方向	TTC	時間間隔 (秒)	試行	回避 方向	TTC
30				30			
	VT1				VT7		
20				20			
	VT2				VT8		
50				50			
	文脈 試行1	左	1.2 s		文脈 試行5	左	1.2 s
20				20			
	VT3				VT9		
60				60			
	文脈 試行2	右	1.5 s		文脈 試行6	右	1.5 s
70				70			
	文脈 試行3	右	1.5 s		文脈 試行7	右	1.5 s
20				20			
	VT4				VT10		
60				60			
	VT5				VT11		
30				30			
	文脈 試行4	左	1.2 s		文脈 試行8	左	1.2 s
70				70			
	VT6				VT12		
20				20			
	ターゲット 試行1	左	1.2 s		ターゲット 試行2	左	1.2 s

各課題の詳細を以下に示す。

A. 定常走行課題

1. 前車ブレーキランプ反応課題

軽くアクセルを踏んでいれば、先行車（初期車間20m）に一定の車間で追従するACC制御により、走行車線を走行させる。先行車以外には、右車線に2台（初期車間40m、初期車間2.5m）、自車の後方（初期車間20m）に1台の他車が一定の範囲で車間を変化させながら、一団となって走行する状況である。自車の速度に応じてそれぞれの車間は上記の基本車間から10%程度の範囲で変化する。先行車のブレーキランプが点灯したら、速やかにウィンカレバーを手前に引く（ハイビームをチョイ押しする）ように教示した。先行車のブレーキランプが点灯しても先行車は減速せず、自車もブレーキの必要が無いことを十分教示した。

2. 後車ハザード反応課題

1. と同様にACC制御により先行車に追従中、左上のルームミラーに映る後車のハザードランプが点滅したら速やかにウィンカレバーを手前に引く（ハイビームをチョイ押しする）ように教

示した。

いずれの条件において、VTは、西岡（1962）⁶¹⁾を参考にMacworthなどの研究で用いられている予測が困難なタイミングでブレーキランプが点灯するようプログラムした（図6-4、表6-2参照）。

走行中は、現実的な走行条件に近づけるために、先行車の速度をゆるやかに変化させた。変化のきっかけ時点はVTの信号（前車ブレーキランプ、あるいは後車ハザードランプ）点灯時、文脈試行（後述）、ターゲット試行（後述）であり、その順番は以下のとおりであった。

Start:50km/h→VT1:40km/h→VT2:50km/h→文脈試行1:60km/h→VT3:50km/h→文脈試行2:50km/h→文脈試行3:40km/h→VT4:50km/h→VT5:50km/h→文脈試行4:60km/h→VT6:50km/h→ターゲット試行（表2参照）

また、上記a.b.いずれの場合も自車速は、各試行（文脈、ターゲット）の前ではTTCの反応をそろえるため必ず50km/hとした。ただし、ドライバのアクセル操作の自由度が多少あるため正確に50km/hとは限らない。TTCに関しては障害物出現時点での自車速度を検出して一定になるように制御している。

B. パニック的行動誘導課題

1. 音声警報による障害物（停車車両）回避課題

ACC制御による定常追従走行中、周囲の4台が消えるのと同時に前方(TTC=1.2sまたは1.5s)に障害物（停車車両2台）が出現する。出現の1秒前に「右に回避」あるいは「左に回避」と音声警報が提示されるので、警報を参考にハンドル操作のみで回避するよう教示した。（警報と同時に反射的にハンドル操作するのではなく、障害物が提示されてから自分で判断して回避するように教示した。）1条件走行の前半に4試行、後半に4試行実施した（表6-2参照）。音声指示への依存をセットするという意味で、文脈試行と呼ぶ。1条件走行の中間時点と、最終時点の2回、警報がなく障害物が提示される試行を設定し、これがパニック的行動誘導のターゲット試行であった（図3参照）。回避方向は、文脈試行1:左→文脈試行2:右→文脈試行3:右→文脈試行4:左→ターゲット試行:左であった（表2参照）。習慣的な左回避行動ではなくパニック的行動であることを保証するために、ターゲット試行における回避方向は左に統一した。TTC条件は、文脈試行1:1.2s→文脈試行2:1.5s→文脈試行3:1.5s→文脈試行4:1.2s→ターゲット試行:1.2s、であった（表6-2参照）。

2. クラクションによる障害物（停車車両）消去課題

瞬時に多方面に注意を向け、複雑な状況に置いて判断をしなければならない状況を想定してこの課題を設定した。軽くアクセルを踏んでいれば、先行車（初期車間20m）に一定の車間で追従するACC制御による定常追従走行中、周辺他車4台が消えるのと同時に前方(TTC=1.2sまたは1.5s)に障害物（停車車両2台）が出現する（事前警報なし）。出現したら直ちにクラクションを押し続け障害物を消去するよう教示した。ただし、クラクションを押すことで消去できる場合は後車の左ウィンカランプが点滅している時である。後車ウィンカランプが点滅していない時は消去できないので、ハンドル操作で衝突を回避する。障害物が出現したら、後車のウィンカランプ

の点滅を判断し、クラクションかハンドル操作で回避するよう教示した。1条件走行（約15分）の前半に4試行、後半に4試行実施した（文脈試行）。1条件走行（約15分）中間時点と、最終時点の2回、障害物が消去できない試行（後車ウィンカランプは点灯していない）を設定し、これがパニック的行動誘導のターゲット試行であった（図6-4参照）。TTC条件は、文脈試行1:1.2s→文脈試行2:1.5s→文脈試行3:1.5s→文脈試行4:1.2s→ターゲット試行:1.2s、であった（表6-2参照）。

III. 手続き

実験は2009年3月中に実施した。3条件の試行順は実験参加者毎に偏らないようにラテン方格に基づき実施したが、実験実施上の制約のため完全なバランスでは無い。基本的な実験の流れは以下の通りである。

(1) 走行練習

基本的には自由に走行させてシミュレータ走行に慣れさせた。状況により速度や走行車線を指示し、習熟を促進させた。所要時間は5分程度であった。

(2) 課題練習

各条件の本試行の前に、その条件の課題練習をさせた。課題練習は基本的に本試行と同じであり、VTと回避課題を組み合わせているが、パニック的行動を誘発させるためのターゲット試行は含まれていない。所要時間は14分程度であった。

(3) 本試行

課題練習後、課題が十分に理解されていることを口頭で確認した上で、本試行を実施した。本試行では、セッションの開始前と終了後に眠気に関する主観評価を課した。眠気の尺度は（1）全く眠くない、（2）やや眠い、（3）中程度に眠い、（4）かなり眠い、（5）非常に眠い、の5段階であった。尺度の等間隔性の確保のため、万が一「5」を超えたと感じる眠気があった場合は、等間隔であることを前提に尺度の延長、例えば「6」を認めた。

IV. 実験参加者

実験参加者は23歳～69歳までの男性13名、女性5名の計18名であった。平均年齢は、43.6歳（標準偏差13.3歳）、免許保有年1年あたりの総運転距離の平均は、7088.2km（標準偏差6502.6km）であった。年齢によって18名を6名ずつ、E群（49歳～69歳）、M群（39歳～47歳）、Y群（23歳～36歳）の3群に分けた。各群の平均年齢は、E群58.0歳（標準偏差7.4歳）、M群44.0歳（標準偏差3.6歳）、Y群28.8歳（標準偏差5.2歳）であった。事後に免許保有年数、総走行距離などについて聞き取りをした。実験参加者のプロフィールを表6-3に示す。また、事前に石橋ら（2002）⁶²⁾を参考に作成した運転スタイルおよび運転中のパニック的行動の経験などに関する質問紙への回答を求めた。

表6-3 実験参加者のプロフィール

No.	年齢	性別	免許保有年	総走行距離(Km)	免許保有年1年あたりの走行距離(Km/年)	この一年走行距離(Km)	運転頻度	車種・シフト	年齢群
P01	43	M	24	250,000	10,417	8,700	ほぼ毎日	不明	M群
P02	41	M	22	200,000	9,091	12,000	ほぼ毎日	ekワゴン・AT	M群
P03	48	M	30	800,000	26,667	16,000	週に数回	ベンツ・AT	M群
P04	39	F	20	60,000	3,000	4,000	年に数回	ミニカ・AT	M群
P05	60	M	44	440,000	10,000	10,000	ほぼ毎日	ダイヤモンド・AT	E群
P06	25	M	6.5	45,000	6,923	15,000	ほぼ毎日	SUV・AT	Y群
P07	31	F	11	120,000	10,909	18,000	ほぼ毎日	コルト・AT	Y群
P08	25	M	6	55,000	9,167	25,000	ほぼ毎日	コルト・MT	Y群
P09	57	M	37	200,000	5,405	2,000	週に数回	グランティス・AT	E群
P10	51	M	22	40,000	1,818	30	年に数回	レンタカー・AT	E群
P11	49	M	32	480,000	15,000	15,000	ほぼ毎日	グランティス・AT	E群
P12	36	F	18	96,000	5,333	3,000	週に数回	アウトランダー・AT	Y群
P13	33	M	14	5,000	357	0	全くない	レンタカー・AT	Y群
P14	23	F	2	30	15	20	年に数回	友人の車・AT	Y群
P15	62	M	43	300,000	6,977	7,000	週に数回	ステップワゴン・AT	E群
P16	69	M	44	40,000	909	750	月に数回	ゴルフ・AT	E群
P17	47	M	25	15,000	600	0	最近全くない	レンタカー(1500ccクラス)・AT	M群
P18	46	F	20	100,000	5,000	8,000	ほぼ毎日	プレマシー・パネルAT	M群

V. 倫理的配慮

実験参加者には、事前に（実験に影響のない範囲で）実験に関する説明をし、実験参加承諾書へのサインを得た。事後に補足説明を実施した。本研究は公益財団法人労働科学研究所（現 公益財団法人大原記念労働科学研究所）の倫理委員会の承認を得て実施した。

6-3 結果と考察

I. 観察されたパニック的行動の分類とランク付け

パニック的行動は実験中に直接観察したほか、記録した4画面画像を元に、判定した。パニック的行動はターゲット試行だけでなく、文脈試行とVTの試行でも観察された。全実験参加者の3条件（C1～C3）を通して、観察されたパニック的行動を表6-4のように分類・定義した。実験者1名が全実験参加者の画像データ等を観察し、VT時点、回避・消去課題時点で生じた行動をすべて記述した。これらの行動リストをもう1名の実験者と2名でKJ法的に分類・定義した。また、パニック的行動のランクは、同様に実験者2名の合議により、実際に行動（操作）したか、しそ

うになっただけか、交通場面で生じた場合の結果の重大性を考慮して5段階に分類した。分類基準の確定後、全試行を再分類し以後の分析のデータとした。

表6-4 本実験におけるパニック的行動の分類とランク

ランク	分類	定義
5	ハンドル操作なし	ハンドル操作が要求されている状況で、ハンドル操作をせずに、そのまま前車へぶつかる。
	逆ハンドル	回避すべき方向（事前警報がある条件では、警告された回避方向）とは逆にハンドルを切り、前車へぶつかる。
	クラクション持続	C3において、クラクション反応によって、障害物が消えたのに、クラクションを押し続ける、または障害物が消えない場合なのにクラクションを押し続ける行動。
4	(回避課題時) パッシング (含ハイビーム)	回避課題に無関係なパッシングをする。
	不適切なアクセル踏み続け	定速 (50km/h) を保つことが要求されている状況で、不要にアクセルを踏み続ける。
3	不適切なブレーキ	課題として指定していない状況でブレーキを踏む。
	不適切なクラクション	信号発見課題やC3回避以外でクラクションを操作するなど、課題として指定していないクラクション操作。
	不適切なシフト操作	課題として指定していない状況で、シフトレバーを操作する。
2	不適切なブレーキ動作*	課題として指定していない状況で、足がブレーキ上へ移動する（実際には踏まない場合）。
	不適切なクラクション動作*	課題として指定していない状況で、クラクションを押しそうになる（実際には押さないが、あきらかに、手がクラクション上に移動する。）
	不適切なパッシング動作*	課題として指定していない状況で、パッシングをしそうになる。
	ブレーキ:アクセル迷い	足がブレーキ上とアクセル上を迷っている状態。
	ハイビーム	パッシング時力の制御できず、ハイビームになる。
1	尚早ハンドル操作	課題に反して、障害物が出現する前に、ハンドルを切り始める。
	アクセル離し	足がブレーキ上までは移動しないが、課題に反するエンジンブレーキ動作。
	ハンドル迷い	ハンドル操作の明らかな迷い。
	明確な全般的な迷い	具体的動作は様々であるが、明らかな迷い。
	明確な全般的な慌て	明確な慌て
	指示外のハンドル回避	ハンドル回避を指示していない状況でのハンドル回避。
	パッシング忘れ (見落とし)	パッシングすべき状況でパッシング反応がない場合。

*: しそうだったが操作しなかった場合を「動作」と表現する。

II. パニック的行動の特徴

条件 (C1~C3) ごと、実験参加者ごとに走行中に発生した行動をビデオ画像から判別し、記述するとともに、表6-4に従ってパニック的行動を分類した。1名の実験参加者の評価例を表6-5に示す。

表6-5 パニック的行動評価表の例 (P16、C3)

Subj.No. P16
C3
試行順 2

開始時の眠気: 1
終了時の眠気: 2

時間間隔 (秒)	試行	回避方向	TTC	回避・反応結果	パニック的行動	行動特徴など
30						
	VT1			○		
20						ほぼ常に右手パッシング準備
	VT2			○		
50						
	文脈試行1	左	1.2s	○		クラクション左手、最後少し左ハン
20						
	VT3			○		遅め
60						
	文脈試行2	右	1.5s	○		アクセル若干緩める、余裕の回避
70						
	文脈試行3	右	1.5s	○	ハイビーム	ハイビーム直すとき慌て。「あっ、関係なかった」
20						
	VT4			○		
60						
	VT5			○	一瞬クラクション動作	パッシングは速かった
30						
	文脈試行4	左	1.2s	○		「あっ今みえた」、実験後「後車ウインカを確認できた」
70						
	VT6			○		
20						
	ターゲット試行	左	1.2s	×	逆ハン	アクセル緩める、クラクション鳴らし続け、車間に突っ込んだ
30						ほぼ常に右手パッシング準備

条件ごとにまとめた結果を表6-6-1~3に示す。パニック的行動のランクの段階（5~1）毎に発生頻度をかけ、それを合算した値をパニック行動ランク値として、条件ごと、実験参加者ごとに算出し表の右欄に示す。条件別・課題別・実験参加者別のパニック行動ランク値のグラフを図6-6に示す。

表6-6-1 実験参加者事、課題毎のパニック行動のランク分類別件数とランク値 (C1)

C1		回避課題														ランク値		
ランク	5	4		3			2			1								
実験参加者 No.	ハンドル操作なしで衝突	逆ハンドル操作	クラクション持続	(回避時) パッシング (含ハイビーム)	適切なアクセル踏み続け	不適切なブレーキ	不適切なクラクション	不適切なシフト操作	不適切なブレーキ動作	不適切なクラクション動作	不適切なパッシング動作	ブレーキ: アクセル迷い	尚早ハンドル操作	アクセル離し	ハンドル迷い	明らかな迷い	確かな一般的な慌て	指示のハンドル回避
P01		1				2												11
P02						2												6
P03				1		2					1							12
P04						4												12
P05						2					5							16
P06	1					2		1			4							22
P07																		0
P08						1					1		1		1			7
P09						3					1			1				12
P10		4				1												23
P11									1									2
P12				1		2							2					12
P13					1						1							6
P14						1				1	1		3					10
P15				1		2					1							12
P16		1		1									2					11
P17				1		1					5							17
P18				1		1					1		1					10

C1		VT										ランク値			
ランク	4	3		2			1								
実験参加者 No.	不適切なアクセル踏み続け	不適切なハンドル操作	不適切なブレーキ	不適切なクラクション	不適切なブレーキ動作	不適切なクラクション動作	不適切なパッシング動作	ハイビーム (力制御でない、あわて)	尚早ハンドル操作	ハンドル迷い	不適切なアクセル離し	明らかな迷い	確かな一般的な迷い	パッシング忘れ (見落とし)	明らかな一般的な慌て
P01															0
P02								1							2
P03								1							2
P04			1												3
P05			1					1							5
P06															0
P07													2		2
P08															0
P09		1			1										6
P10								3							6
P11															0
P12					2			1							6
P13								1							2
P14								2							4
P15					6						3				15
P16												1			1
P17															0
P18															0

表6-6-2 実験参加者事、課題毎のパニック行動のランク分類別件数とランク値 (C2)

C2		回避課題															ランク値		
ランク	5	4			3			2			1								
実験参加者 No.	ハンドル操作なしで衝突	逆ハンドル操作	クラクション持続	(回避時) パッシング (含ハイビーム)	適切なアクセル踏み続け	不適切なブレーキ	適切なクラクション	不適切なフ操作	不適切なブレーキ動作	不適切なクラクション動作	不適切なクラクション動作	適切なパッシング動作	ブレーキ: アクセル迷い	尚早ハンドル操作	アクセル離し	ハンドル迷い	明らかな迷い	確かな一般的な慌て	指示のハンドル回避
P01						1						1							5
P02						1						2							7
P03				2		4						4							28
P04						2													6
P05						2						1							8
P06		1				1													8
P07												1							2
P08						2									1				7
P09		1				4						1							19
P10		2			1	3						2					1		28
P11				1		3				1									15
P12						2									3				9
P13					1	2						1							12
P14							1		1	1	1								9
P15						2											2		8
P16		1		1								1			2				13
P17												1			2				4
P18				1		2						1							12

C2		VT										ランク値			
ランク	4	3		2			1								
実験参加者 No.	不適切なアクセル踏み続け	不適切なハンドル操作	不適切なブレーキ	不適切なクラクション	不適切なブレーキ動作	不適切なクラクション動作	不適切なパッシング動作	ハイビーム (力制御でない、あわて)	尚早ハンドル操作	ハンドル迷い	不適切なアクセル離し	明らかな迷い	確かな一般的な迷い	パッシング忘れ (見落とし)	明らかな一般的な慌て
P01														0	0
P02														4	4
P03								3						3	9
P04								1						5	7
P05														3	3
P06								1						8	10
P07								1						5	7
P08														3	3
P09								1						3	5
P10								3						9	17
P11														4	4
P12														0	0
P13														0	0
P14								1						2	4
P15														6	6
P16								2						1	5
P17														9	9
P18														1	1

表6-6-3 実験参加者事、課題毎のパニック行動のランク分類別件数とランク値 (C3)

C3 ランク	消去課題															ランク値		
	5			4		3			2				1					
実験参加者 No.	ハンドル操作なしで衝突	逆ハンドル操作	クラクション持続	(回避時)パッシング(含ハイビーム)	不適切なアクセル踏み続け	不適切なブレーキ	不適切なクラクション	不適切なシフト操作	不適切なブレーキ動作	不適切なクラクション動作	不適切なパッシング動作	ブレーキ:アクセル迷い	尚早ハンドル操作	アクセル離し	ハンドル迷い	明らかな迷い	確かな一般的な慌て	指示外のハンドル回避
P01	2			1		2			2		1							26
P02	2	1				4					1							29
P03																		0
P04						2			1			1			1			11
P05		3				7					2							40
P06	2										1							12
P07									9						2			20
P08						3					1				1			12
P09		1			1	2			1									17
P10				1		3			1		1						1	18
P11									1		1						1	5
P12											3						2	8
P13																		0
P14																	1	1
P15	2								1			2						16
P16	2			1														14
P17											3							6
P18											3						1	7

C3 ランク	VT										ランク値		
	4		3		2			1					
実験参加者 No.	不適切なアクセル踏み続け	不適切なハンドル操作	不適切なブレーキ	不適切なクラクション	不適切なブレーキ動作	不適切なクラクション動作	ハイビーム(力制御できない、あわて)	尚早ハンドル操作	ハンドル迷い	不適切なアクセル離し	明らかな迷い	確かな一般的な慌て	パッシング忘れ(見落とし)
P01												4	4
P02												2	2
P03				2					4			1	15
P04												2	2
P05												3	3
P06												11	11
P07												4	4
P08						1						2	4
P09						2						5	9
P10							1					11	13
P11							2					2	6
P12						1						1	3
P13													0
P14							2					1	5
P15						3	1					5	13
P16						2							4
P17							3					4	10
P18						1	1						4

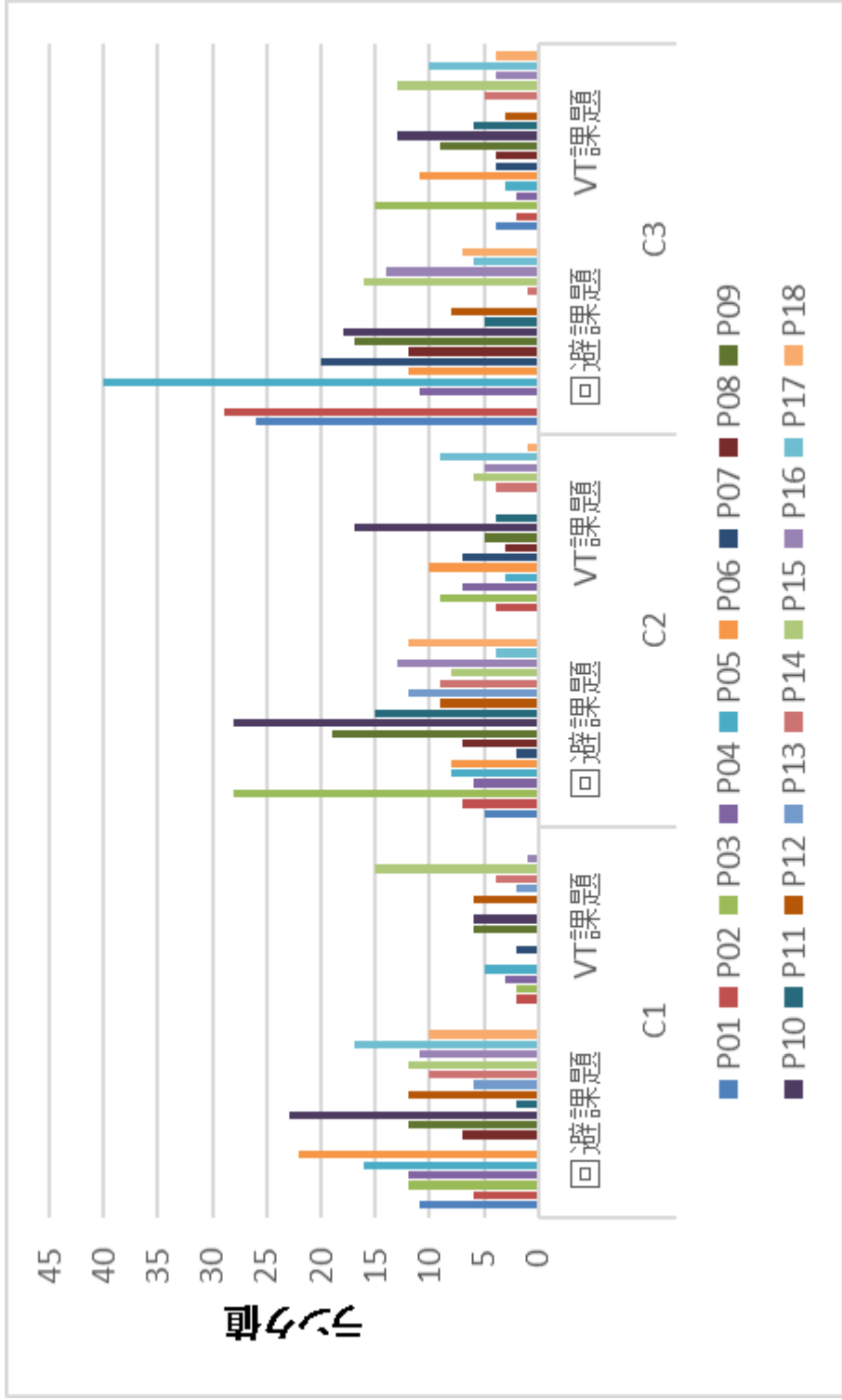


図 6-6 条件別・課題別・実験参加者別のバック行動ランク値

主な結果は以下のとおりであった。

- (1) C3以外ではクラクションを鳴らす課題は設定していないが、C1、C2のターゲット試行において不必要なクラクションを鳴らす行為が起こっている。特に、その試行の前の試行でC3を経験している場合に見られる。(P14のC1およびC2でのターゲット試行, P16のC1でのVT)
- (2) C3の時に、課題を混同して、パッシング課題でクラクション(動作)や、クラクション回避課題でパッシング動作など、クラクション動作とパッシング動作を間違えそうになることが多い。パッシング課題でクラクション動作(下線は実際にクラクション鳴らした実験参加者)は、P03, P05, P08, P09, P12, P15, P16, P18であった。クラクション回避課題でパッシング動作をしたのはP01, P02, P05, P06, P08, P10, P11, P12, P17, P18であった。
- (4) C1とC2では、文脈試行の際に不適切なブレーキ動作をすることは少ないが、ターゲット試行の際に不適切なブレーキやブレーキ動作が多くなる。また、不適切なパッシング動作も文脈試行よりもターゲット試行の際に多く出現しやすい。
- (5) C3では、ターゲット課題よりも文脈課題の方に不適切なブレーキ動作やパッシング動作が多かった。実験参加者にとっては、文脈課題時もターゲット試行時も同様に、停車車両が消えるか否かバックミラーで後車左ウィンカの点滅を確認しないと分り難い状態なためか、ターゲット試行で特にパニック行動を起こしている様子ではない。ターゲット試行で逆ハンドルやハンドル無操作の行動をとった4名(P02, P05, P09, P16)のうち、P02は文脈試行8試行中5回、P05は文脈試行8試行中3回、逆ハンドルやハンドル無操作の行動をとっていた。
- (6) 後車のハザードランプを確認しなければならないC2とC3では、パッシングの準備をしていても見落とすことがある。見落としは主に、速度計(下の方)など別の方向を見ていたり前後車に接近し過ぎていたりの場合によく起こっていた。
- (7) 車に衝突後ハンドル操作を全くせずにそのまま衝突を続けた事例があった。C1とC3のいずれもターゲット試行の時に見られたが、P06はC1の1回目のターゲット試行の際に同時に「パッシング動作」「ブレーキ」「左手シフト触る」などの行動も起こしており、とっさの対応がとれない一種のパニックのためだと考えられる。一方、P02・P03・P06・P15はC3の1・2回目(両方)に起こしており、クラクションを鳴らし続けたままハンドル操作を一切せずに衝突している。クラクションで消えない場合は直ぐにハンドル操作すれば回避できる可能性が高いが、それが出来ずクラクション押しを”必死に”続ける様からは、パニック行動であることが示唆される。
- (8) 逆ハンドル操作をした実験参加者は7名であった。C1ではP10が文脈試行で、P1・P16がターゲット試行で、C2ではP10・P09が文脈試行で、P06・P16がターゲット試行で、C3ではP02・P05が文脈試行で、P05・P09・P16がターゲット試行で逆ハンドル操作を起こしていた。

尚、実際に行動が起きた場合と明らかにしそうになったが抑制できた場合で、何らかの差があるか否かが今後の分析課題でもあるが、実験参加者の事後感想では、「しそうになった」動作は自覚されていないことが多かった。

III. パニック的行動の生起に関連する要因の分析

パニック的行動生起の要因を検討するために、以下の項目について検定を実施した。パニック的行動ランク値は正規性が保証されていない為、ノンパラメトリック検定とした。

A. パニック的行動ランク値と条件 (C1~C3) の関係

条件 (C1、C2、C3) の違いによってパニック的行動の生起し易さに差があるか否かを検討するために、対応がある3条件以上の検定に用いられるFriedmanの検定を行った。 χ^2 (同意順位調整) = 8.707、 p (同順位補正後) < 0.05で、条件による差が認められた。平均順位からはC3 (2.070) > C1 (1.981) = C2 (1.949) の傾向が示唆され、C3条件においてパニック的行動の頻度・程度が大きかったことが推測される。

課題条件 (VT、回避または消去課題) による差を検討するために、対応の無い2条件の比較に用いられるMann-Whitneyの検定を行った。 $U=129905.000$ 、 z (同順位補正後) = -7.615、 p (同順位補正後) < 0.01で、課題条件による差が認められた。平均順位からは回避課題 (676.935) > VT (524.781) の傾向が示唆され、回避課題においてパニック的行動の頻度・程度が大きかったことが推測される。

B. パニック的行動ランク値と眠気の程度との関係

試行中の眠気の程度によってパニック的行動の生起し易さに差があるか否かを検討した。1条件の前で評価させた眠気の5段階尺度 (1~5) を平均して、実験参加者1名の1条件の代表値とした。さらに、その代表値について「3未満」を「眠気小」、「3以上5未満」を「眠気中」、「5以上」を「眠気大」と眠気の程度を3カテゴリーに分類した。眠気の程度 (小、中、大) による差を検討するために、対応の無い3条件以上の比較に用いられるKruskal-Wallisの検定を行った。 H (同順位調整後) = 4.563、 p (同順位補正後) = 0.1021で、眠気の程度による差は認められなかった。

IV. 条件別の要因分析

条件 (C1、C2、C3) と課題条件 (VT、回避課題) が行動の発生傾向に影響していると示唆されたので、以下より条件別、課題条件別に分析を進めることとする。

A. C1条件

パニック行動ランク値を従属変数、個人 (P01~P18)、性別 (F/M)、年齢群 (E群: 49歳~69歳、M群: 39歳~47歳、Y群: 23歳~36歳)、試行順 (1~3)、さらに回避課題については警報の有無を独立変数としたノンパラメトリック検定を行った。VTと回避課題それぞれ別に検定し、統計的に有意と認められたもののみを示す。

個人差: Kruskal-Wallisの検定によれば、VTにおいて、 H (同順位調整後) = 58.608、 p (同順位補正後) < 0.01で、個人差が認められた。P15は他の実験参加者に比べ、不適ブレーキ反応が多かった (表6-6-1参照)。平均順位からも、P15のみ、他の実験参加者よりパニック的行動が多かったことが推測された。

年齢群: Kruskal-Wallisの検定によれば、VTにおいて、 H (同順位調整後) = 13.847、 p (同順位補正後) < 0.01で、年齢群による差が認められた。平均順位からは、E群 (120.896) > Y群

(104.424) = M群 (100.181) の傾向が示唆され、E群は他群よりパニック的行動ランク値が高いと推測できる。

条件の試行順：Kruskal-Wallisの検定によれば、VTにおいて、H (同順位調整後) = 8.289、 p (同順位補正後) < 0.05で、試行順による差が認められた。平均順位からは、第2試行 (117.868) > 第1試行 (101.396) = 第3試行 (106.236) の傾向が示唆された。

(回避課題における) 警報の有無：Mann-Whitneyの検定によれば、 $U=809.000$ 、 z (同順位補正後) = -7.789、 p (同順位補正後) < 0.01 で、警報の効果が認められた。平均順位からは、警報あり (78.118) < 警報なし (140.028) であり、回避方向に関する事前 (1秒前) の警報が無い場合に、パニック的行動が生じやすい事が示された。

B. C2条件

パニック行動ランク値を従属変数、個人 (P01~P18)、性別 (F/M)、年齢群 (E群：49歳~69歳、M群：39歳~47歳、Y群：23歳~36歳)、試行順 (1~3)、さらに回避課題については警報の有無を独立変数としたノンパラメトリック検定を行った。VTと回避課題それぞれ別に検定し、統計的に有意と認められたもののみを示す。

条件の試行順：Kruskal-Wallisの検定によれば、VTにおいて、H (同順位調整後) = 12.171、 p (同順位補正後) < 0.01で、試行順による差が認められた。平均順位からは、第1試行 (116.662) > 第2試行 (104.472) = 第3試行 (102.986) の傾向が示唆された。回避課題において、H (同順位調整後) = 7.933、 p (同順位補正後) < 0.05で、試行順による差が認められた。平均順位からは、第1試行 (102.950) > 第2試行 (80.975) = 第3試行 (87.5756) の傾向が示唆された。

(回避課題における) 警報の有無：Mann-Whitneyの検定によれば、 $U=720.000$ 、 z (同順位補正後) = -7.954、 p (同順位補正後) < 0.01 で、警報の効果が認められた。平均順位からは、警報あり (77.500) < 警報なし (142.500) であり、回避方向に関する事前 (1秒前) の警報が無い場合に、パニック的行動が生じやすいことが示された。

C. C3条件

パニック行動ランク値を従属変数、個人 (P01~P18)、性別 (F/M)、年齢群 (E群：49歳~69歳、M群：39歳~47歳、Y群：23歳~36歳)、試行順 (1~3) についてノンパラメトリック検定を行った。VTと回避課題それぞれ別に検定し、統計的に有意と認められたもののみを示す。

個人差：Kruskal-Wallisの検定によれば、VTにおいて、H (同順位調整後) = 29.528、 p (同順位補正後) < 0.05で、個人差が認められた。P02、P05、P07において、パニック行動ランク値が高かった (表6-6-3参照)。回避課題において、H (同順位調整後) = 36.392、 p (同順位補正後) < 0.01で、個人差が認められた。P03、P15、P17において、パニック行動ランク値が高かった (表6-6-3参照)。

V. パニック的行動ランク値4、5とそれ以外の相関の分析

パニック的行動ランク値5、4は逆ハンドル操作や、茫然とした無操作などパニック行動と呼べる行動である。ランク値の低いパニック的行動が多いドライバは、パニック行動を起こしやすいのか否かを検討するために、ランク値が低い（1～3）パニック的行動の生起頻度とランク値5、4の生起頻度の相関を分析した。

年齢群別、条件別も含めた相関値の一覧を表6-7に示す。全体では統計的に有意な相関ではなく、相関係数も0.069であった。M群のC2（表6-7中黄色網掛け表示）においては、相関0.900、 $p < 0.05$ で、統計的に有意でかつ高い相関が得られた。群、条件で分けると例数が6と少ないことや他の群、条件では有意な相関が見られないことから、一般的な結論を導くのは難しいが、ある条件においては、小さなパニック的行動を起こしやすいドライバは、パニック行動も起こしやすい可能性があることが指摘できる。

表6-7 ランク値3～1の生起数とランク値5～4の生起数の相関

年齢群	条件	相関	例数	p値
全体		0.069	54	0.6193
E	C1	-0.581	6	0.2507
E	C2	0.561	6	0.2720
E	C3	0.055	6	0.9237
M	C1	0.171	6	0.7642
M	C2	0.900	6	0.0108
M	C3	0.525	6	0.3122
Y	C1	0.134	6	0.8159
Y	C2	-0.403	6	0.4594
Y	C3	-0.337	6	0.5436

6-4 総合的考察

以上の結果をまとめ、総合的に考察を進める。

I. 自動車運転中のパニック的行動の特徴

- (1) VTと回避課題文脈試行における操作や動作は、長期の習慣的な動作ではなく、本実験中における短期間の学習と考えられるが、ターゲット試行において頻繁に誘発されることを確認した。
- (2) 前車は減速しないことを十分に学習したと思われる後でも、前車のブレーキランプ点灯で咄嗟にブレーキを踏むような行動も観察され、長期の運転習慣が、ある状況においてトリガーされたと解釈できる現象も見いだされた。
- (3) 本実験で生じたパニック的行動の分類や条件を考察すると、ターゲット試行以前に形成された直前の習慣（パッシング動作）や日常的な運転における習慣（ウィンカ操作）など時間的なスケールは異なっているが、NormanのATSモデル（Norman,1981）⁶³⁾で説明されるような、活性化していた動作スキーマの発動と思われる所謂「動作スリップ」^{63) 64)}現象であると理解できる。
- (4) 動作スリップが、逆ハンドル操作のような完全なパニック行動にどのように結びつくかに

については更に詳細な検討が必要であるが、動作スリップがそのきっかけの1つである可能性が強く示唆された。

- (5) E群が他の年齢群に比べ、パニック的行動ランク値が大きかった理由としては、熟練（運転行動の自動化）と加齢による反応抑制の失敗（Park,1992）⁶⁵が考えられる。いずれもATS仮説において、動作スリップを誘発する要因と考えられる。
- (6) パニック的行動ランク値はC3において最も高かった。また、C3においてのみ、条件の試行順によるパニック的行動ランク値への影響は、VT、消去課題どちらにおいても見られなかった。

以上の点から、パニック的行動は、C3のように様々な対象に注意を向ける必要があり、また一般的には慣れない動作（クラクションを鳴らし障害物を消去する）を含んでいるなど、複雑で不慣れた状況、課題要求の高い状態で生じやすいことが示唆される。また、ターゲット試行において、パニック的行動ランク値が高いことから、認識された状況と予測していた状況との不一致が重要と考えられる。不一致の程度が大きいほど、またその不一致状況が突発的（時間的な切迫）である程パニック的行動の生起確率は上がることが推測される。動作スリップと考えられる行動（例えば、回避課題なのにパッシングを行う）がパニック行動（逆ハンドル操作や無操作）のきっかけとなっている可能性からは、自身の能動的行動により生じた不一致状況では、受動的に不一致状況が生じた場合より、パニック的行動が生じやすく、また、その状況を修正することが困難であることが推測される。本実験のデザインのように、直前に提示される警報にただ従う受動的に反応が習慣化される流れの中では、動作スリップが起りやすく、動作スリップが生じたことによってさらに状況が切迫し、逆ハンドル操作や、頭が真っ白になったと表現されるような無操作という明確なパニック行動が生じると考えられる。

実際の運転中の動作スリップ現象としては、「前の車の前進につられて発進する」、「意味もなくシフトレバーに触る、操作する」などが挙げられる。すぐに、パニック行動に結びつくわけではないが、そのきっかけとなる可能性があると思われる。予測とその後の現実状況との不一致が、パニック的行動の大きな要因であるということは、特に受動的なステレオタイプの予測はむしろ避けるべきで、非常事態も想定した能動的な予測が重要であることを示唆する。

以上の結果や先行研究の知見に基づき、ヒューマンエラーの中のスリップおよびそれに起因する行動の生起に関する概念モデルを提案し、図6-7に示す。

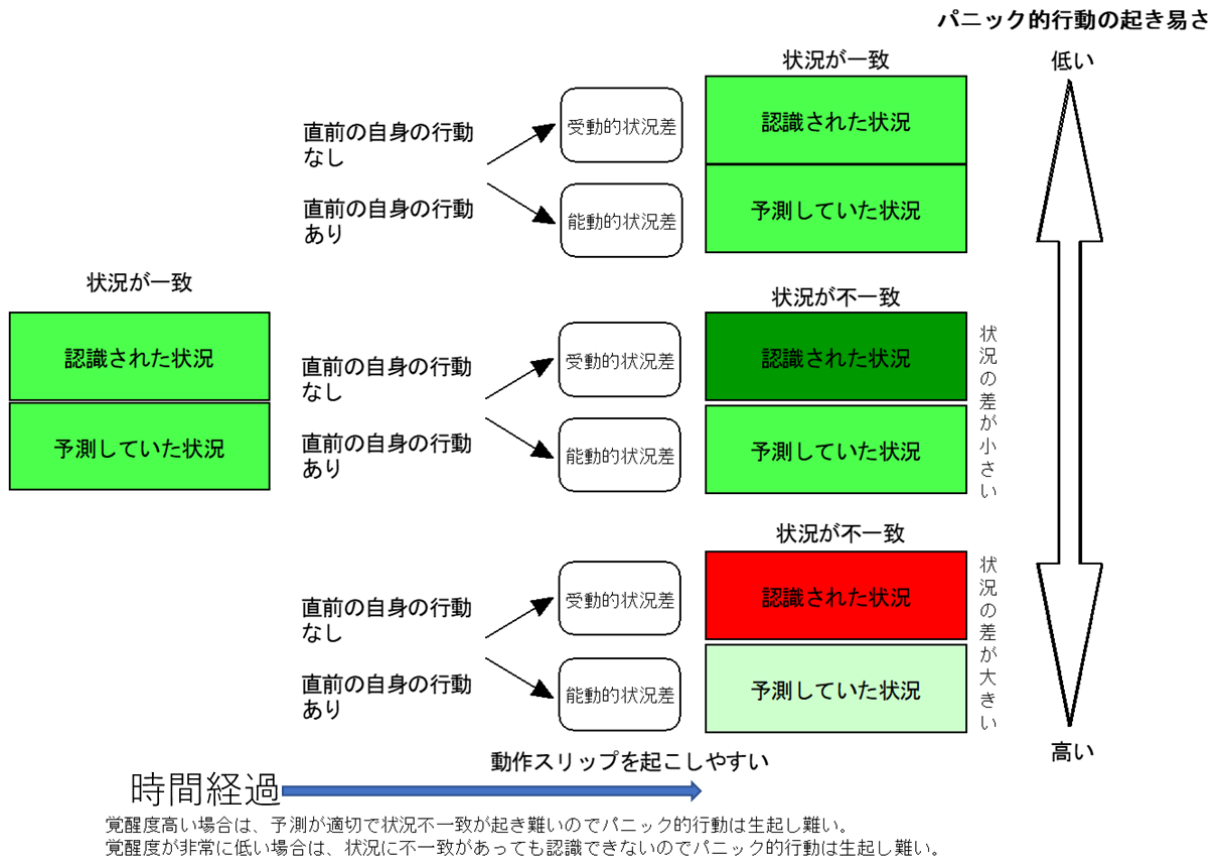


図 6-7 パニック的行動の生起に関する概念モデル

刻々と変化する各種課題状況の中で、認識された状況と予測していた状況の不一致が少なければ、安定した状態であり、パニック的行動が生起する可能性は低い。2つの状況のギャップが大きいほど、パニック的行動の発現の可能性が増すと考えられる。この2つの状況は、課題環境の影響、実際の行動、状況認識などの相互作用により変化する。状況の差が生じる原因が自身の行動である場合（能動的状況）と自身の行動が原因でない場合（自身の行動の結果と認識されていない場合を含む＝受動的状況）では、状況差のレベルが異なると考えられる。券買行動における若年齢者の典型例のように、不一致のギャップに対しても柔軟に対応できた場合は、認識された状況と予測した状況の矛盾は解消され、パニック的行動の生起確率は低減する。意図した行動でない動作スリップによって引き起こされた状況の差は大きいことが予測される。

これらのことから、ヒューマンエラーの中のスリップの予防策としては、認識状況と予測状況のギャップを減らすことが重要と思われる。画面表示の階層構造をシンプルにすること、音声認識の方法を機械の論理でなく人間の論理に近づけること、機器の正しい知識を教育すること、人間の能動的な認知処理を阻害せずむしろ促進する支援システムなどにより、これらのギャップが軽減されると思われる。つまり、人間—機械—相互作用においては、機械（環境要因）の設計によって、ヒューマンエラーそのものもある程度は予防できることが示唆される。

II. 運転中のパニック行動への対策

以上の視点を踏まえ、運転支援装置による対策について展望する。丸山（1986）⁵⁷⁾によれば、市原ら（1986）は運転中のパニック行動などへの優先順位の高い対策として、以下のような提案している。

- (1) 危険なときには、自動的に車が止まる装置の要望
- (2) 座禅・呼吸法の修得など、精神鍛錬
- (3) 良い助言ができる同乗者を必ず乗せる

運転支援装置の可能性としては、(1)と(3)が該当する。最終防御として自動停車するというフェールセーフ的なシステムのほか、運転状況を共有している同乗者のような支援の仕方が重要であることが示唆される。近年は、衝突被害軽減ブレーキ装置や駐車モニターシステム、高度なカーナビゲーション装置、など、様々な運転支援装置が実用化され、さらに自動運転など次世代の運転支援装置の開発も進められている。本研究の結果は、運転支援装置による過負荷、運転支援装置への過信・盲信という点で重要であると考えられる。ドライバの注意資源や配分、実環境からの情報と装置によって提示される情報の錯綜等により情報処理が過負荷になった状況でパニック的行動が誘発されることが示唆される。また、運転支援装置を用いることで運転の受動的な反応の習慣が進み、結果として運転の装置への過信が生じている状況において、例えば情報提示の間違いや期待していた情報が提示されなかった場合、パニック的行動が発生することが予測される。運転支援装置やITSなどインフラも含めた将来の安全システムがどうあるべきかという理論的研究がいくつか示されているが^{56, 66~68)}ドライバを依存させるのではなく、ドライバが自分で考え判断することを支援するためにはどうしたらよいか、運転支援装置の性能とそれに対するユーザの認識を一致させるにはどうしたらよいか、という視点の研究と開発が重要なポイントと思われる。

第7章 結論と展望

7-1 ヒューマンエラーと環境要因

以上、2章から6章において、人間－機械（環境）－相互作用の観点から、様々なヒューマンエラーのタイプとその発生における影響要因、その対策方法について考察を進めてきた。ここまでの知見を整理する。環境の要因は、河野が1999年に提唱したm-SHELモデル（図7-1）に従い、「S：ソフトウェア」、「H：ハードウェア」、「E：エンバイロメント」、「L：ライブウェア」、「m：マネージング」と考えることができる。このモデルの原型はHawkinsが提唱したもので、図の中心の「L」は当事者を示し、それを「S：ソフトウェア」、「H：ハードウェア」、「E：エンバイロメント」、「L：ライブウェア」が取り巻いている。「S：ソフトウェア」には手順書やマニュアルなどが、「H：ハードウェア」は施設・機器・装置などが、「E：エンバイロメント」には温湿度・照明・騒音などの物理環境、「L：ライブウェア」は当事者以外の人的環境が該当する。河野はさらに全体に影響する要因として「m：マネージング」を加えている。

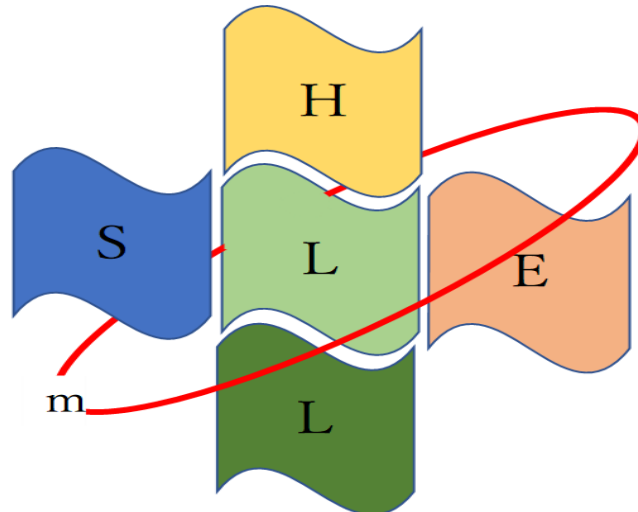


図7-1 m-SHELモデル（小松原、2003⁶⁹⁾、p14 より作成）

2章から6章までの主な結果について、事例、Reasonによるヒューマンエラーのタイプ、SHEL、対策を表7-1にまとめる。

表 7-1 Reason のヒューマンエラーのタイプ、および m-SHEL モデルに基づく、2 章から 6 章までの主たる結果の整理

章	具体例	ヒューマンエラーのタイプ	背景要因	環境要因 (SHEL)	対策
2章	(屋内工事) ケーブルを引くとき脚立がずれて転倒しそうになった	ミステイク (規則ベース)、ミステイク (知識ベース)、スリップ、バイオレーション	手順書どおりだったか、脚立の養生	S	作業手順の確認
			脚立	H	滑りにくい脚立の採用
			滑りやすい床、暗い	E	滑り止めシート等の利用
			一人作業、他者との兼ね合いで焦り	L	複数作業の依頼
	(屋内工事) 脚立上で無理な姿勢をして落下しそうになった	ミステイク (規則ベース)、ミステイク (知識ベース)、スリップ、バイオレーション	監督者の指示はあったか	m	作業実態の把握と対策立案
			手順書どおりだったか	S	作業手順の確認
			脚立	H	移動しやすい脚立の採用
			狭い作業場、暗い	E	整理・整頓
	(屋外工事) 脚立がすべり転倒した	ミステイク (規則ベース)、ミステイク (知識ベース)、スリップ	一人作業、他者との兼ね合いで焦り	L	複数作業の依頼、進捗のコミュニケーション
			監督者の指示はあったか	m	作業実態の把握と対策立案
			手順書どおりだったか	S	作業手順の確認
			脚立	H	滑りにくい脚立の採用
(屋外工事) 狭くて脚立を広げられず、脚立が閉じて転倒しそうになった	ミステイク (規則ベース)、ミステイク (知識ベース)、スリップ	滑りやすい床、天候	E	滑りにくい養生資材の検討	
		一人作業、他者との兼ね合いで焦り	L	複数作業の依頼、進捗のコミュニケーション	
		監督者の指示はあったか	m	作業実態の把握と対策立案	
		狭所での手順が決められていたか	S	作業手順の確認	
3章	押したつもり (機器反応なし)、で混乱	スリップ、ラプス、ミステイク (知識ベース)	脚立	H	狭所で安定する脚立の採用
			狭い作業場、天候	E	整理・整頓
			一人作業、他者との兼ね合いで焦り	L	複数作業の依頼、進捗のコミュニケーション
			監督者の指示はあったか	m	作業実態の把握と対策立案
	押さなかったはず (機器は反応)、で混乱	スリップ、ラプス、ミステイク (知識ベース)	狭所での手順が決められていたか	S	作業手順の確認
			脚立	H	狭所で安定する脚立の採用
			狭い作業場、天候	E	整理・整頓
			一人作業、他者との兼ね合いで焦り	L	複数作業の依頼、進捗のコミュニケーション
	階層の理解が難しい	スリップ、ラプス、ミステイク (知識ベース)	監督者の指示はあったか	m	作業実態の把握と対策立案
			操作手順が分かりやすいか	S	操作のシナリオ精査
			タッチパネルの性能	H	感度、視差の補正
			光環境、高さ、角度	E	設置環境の整備
4章	時間切れ(迷い)	スリップ、ラプス	他者のプレッシャー	L	公共マナーの普及
			公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定
			操作のシナリオ精査	S	操作のシナリオ精査
			衣服では反応しないようにする。	H	衣服では反応しないようにする。
	機器の反応前に発話 (尚早反応)	スリップ、ミステイク (知識ベース)	機器の設置条件 (高さ、角度)	E	設置環境の整備
			他者のプレッシャー	L	公共マナーの普及
			公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定
			階層構造の表示がない	S	階層構造の表示、階層構造の簡略化
	発話内容の間違い (「住所」の前に「神奈川県」と言ってしまう)	スリップ、ラプス、ミステイク (知識ベース)	反応が遅く、混乱	H	状態や場面に応じた、反応時間調整
			他者のプレッシャー	L	公共マナーの普及
			公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定
			感覚と機器仕様のギャップ	S	マニュアルで機器特性を周知
機器の反応が遅く不安	ミステイク (知識ベース)	反応時間が感覚に合わない	H	機械の状態を提示。反応を早くする。	
		運転状況 (慌てを誘発)	E		
		人間の思考とのギャップ	S	マニュアルで機器特性を周知	
		公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定	
ゆっくり、切って発音 (対人間での自然な行動)	ミステイク (規則ベース)、ミステイク (知識ベース)	自然な行動と機器仕様のギャップ	S	マニュアルで機器特性を周知	
		音声認識方式	H	音声認識の改良 (区切っても認識)	
		公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定	
		公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定	
5章	従来針で「押さえる」をしなかった。(習慣行動の自動的発現)	スリップ、ラプス、ミステイク (規則ベース)	手書き等の整備	S	手書き等の整備
			普段と違う場所	E	
			観察者等のプレッシャー	L	
			マネージング (新規機器の教育)	m	マネージング (新規機器の教育)
			公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定
6章	パニック的行動ランク「1」	スリップ	予測と実際のギャップ	S	情報収集行動の訓練 (運転法) の普及
			思考させない機器仕様	H	思考・判断を支援する機器仕様
			繰り返し動作、切迫	E	切迫を予防する運転支援
			教習・教育、公的設計基準等の策定	m	教習・教育、公的設計基準等の策定
			情報収集行動の訓練 (運転法) の普及	S	情報収集行動の訓練 (運転法) の普及
	パニック的行動ランク「5」	スリップに誘発されたラプス、ミステイク	スリップの検出技術開発と回復の支援	H	スリップの検出技術開発と回復の支援
			切迫を予防する運転支援	E	切迫を予防する運転支援
			教習・教育、公的設計基準等の策定	m	教習・教育、公的設計基準等の策定
			公的設計基準等の策定	m	公的設計基準等の策定
			教習・教育、公的設計基準等の策定	m	教習・教育、公的設計基準等の策定

以上の事例分析から、共通する特徴を抽出して総合する。産業現場およびそれに準ずる事例である通信工事（2章）と医療現場における静脈留置針手技（5章）には共通性が多く、対話型機器である券売機（3章）、カーナビ（4章）の事例および運転支援装置（6章）に関する事例に共通する点が多い。これらのまとめを表7-2に示す。

表7-2 m-SHELモデルに基づく対策のまとめ

	通信工事 (2章)	静脈留置針手技 (5章)		対話型機器 (3章、4章)	運転支援装置 (6章)
S	手順書の改善		S	機器の設計要件の改善	
H	脚立の改善	(高性能機材)	H	マニュアルの周知	
E	床の改善、整理整頓	機材配置、整理整頓	E	設置環境の改善	環境インフラ整備
L	コミュニケーション		L	機器の人間化	
m	時間管理（切迫を回避）・教育		m	公的設計基準の整備 社会的啓発活動	

通信工事、静脈留置針手技は、現場の作業であり、手順書の改善が重要である。それぞれの特性にあった環境整備が考えられる。また、どちらの事例でも「慌て」「焦り」等がヒューマンエラーの誘発要因となっており、その原因の1つには時間切迫が考えられることから、作業チーム内等での他者とのコミュニケーションによる時間切迫の軽減やサポートが重要と考えられる。また、現場であることからマネージングの要因はより重要であると考えられる。対話型機器や自動車運転支援装置では、ソフトウェアとハードウェアは一体となっている。対策としてはソフト面ハード面を含めた機器設計要件の改善やマニュアルの整備・周知が重要と考えられる。物理的環境について、とくに公共空間における機器においては設置環境との整合性をとることが重要であり、また近い将来の自動運転を考えれば、道路環境の整備とインフラによるシステムの制御が重要となると考えられる。当事者が機器を使う場合には一般に他者の影響は少ないが、IoTやAI技術の発展に伴うこれからの機器を想定すれば、機器自体が人間化することが対策となる可能性があり、この意味でも人間—機械—相互作用の研究の重要性が増してゆくと考えられる。人間が機器の特性を理解して使用することも、人間と機械の間の齟齬を埋めるためには必要であり、機器や技術に対する社会的な啓発もマネージングという面で重要と考えられる。本研究において、人間—機械—相互作用の観点から得られた機器の設計要件のポイントを表7-3に示す。これらのポイントをより具体的に深めるためには、人間特性と機械・環境特性との相互作用の視点が重要であることがあらためて確認できる。

表 7-3 本研究から導き出される機器設計要件のポイント

階層は深くしすぎない	人間特性 の把握	×	環境の把握 設置・使用環境対応
人間の自然な反応に対応			
時間切迫を回避する			
見やすく・聞き取りやすく			
反射的な反応を導かない（指示に単純に従う状況は作らない、「考え」「判断」をサポート）			
人間状態に対応した反応			

以上のように、「環境要因（インターフェイス、物理環境、組織要因）」によって人間の揺らぎそのものをある程度制御できることが判明したので、本稿 10 ページで示した図 1-5 は図 7-2 のように改変できる。「環境要因（インターフェイス、物理環境、組織要因）」をタイトに管理する直接的な対策は王道であり、最も重視されるべき方法である。それに加え、「環境要因」によって人間の揺らぎの振幅を減少させたり、周期を緩やかにできる可能性が示された。

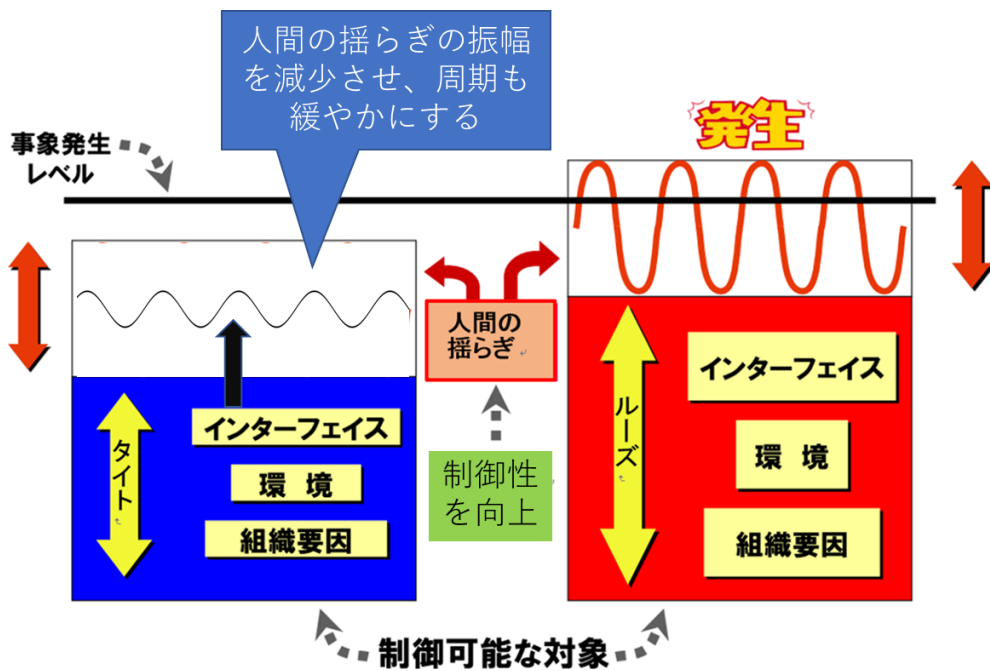


図 7-2 「環境要因」によるヒューマンエラーの低減の概念図

冒頭に引用した倉田 (1957) ¹⁾は、人間と機械が適合するための方法、つまりヒューマンエラーを低減する方法として、次の 3 つを挙げている。

- (1) 人間を機械に合わせること。(2) 機械を人間に合わせること。(3) 仕事を人間に合わせ

ること。

これらは、現在でも人間工学の教科書に書かれているような基本的見解であるが、倉田は(1)については、人間を機械に合わせるための人間の適応力には限界があること、(2)については、人間工学者と設計者の連携が重要であること、(3)については、仕事の速度を加減したり、不断の注意が必要な仕事を減じることの重要性を指摘している。

環境要因による人間の行動の制御は、心理学の一分野である行動分析学(徹底的行動主義)において優れた知見が見いだされている。そこで次節では、まず行動分析学のエッセンスを示し、今後のヒューマンエラーの研究方法の可能性を考察する。

7-2 展望：行動分析学のポイントと応用可能性

環境のなかで生じる行動の「予測と制御」をすることが心理学の目的であると明言したのが行動主義とよばれる学派である。行動主義では生活体の行動の原因を生活体の内部ではなく外部、つまり環境に求めた。ワトソン(John Broadus Watson 1878-1958)による初期の行動主義では、「行動とは筋肉と腺の活動」と考え、「意識」など直接に観察できないものは、科学的心理学の対象外とした。行動のみを扱うという方法論からワトソンの立場は方法論的行動主義(methodological behaviorism)と呼ばれる。

スキナー(Burrhus Frederic Skinner)は、ワトソンが研究対象として除外した「直接観察の不可能な私的出来事」、「意識」や「言語」なども「行動」という枠組みで考え得るとして、議論を進めた。スキナーの立場は徹底的行動主義(radical behaviorism)と呼ばれる。

行動分析学では、ヒトや動物の行動をレスポナント行動とオペラント行動(operant behavior)に二分する。レスポナント行動(respondent behavior)とは、いわゆる反射行動のことで、なんらかの刺激によって引き起こされる不随意的な行動である。口内に入れられた食べ物によって誘発される唾液反応(唾液反射)、一定量の光によって収縮する瞳孔反応(瞳孔反射)などがレスポナント行動の例である。それに対し、オペラント行動はヒトや動物が自発的に行う行動で、レスポナント行動以外のすべての行動がオペラント行動に含まれる。一般に、自分の意志に従って行動していると感じる行動はほぼオペラント行動であり、“思考”や“意識”といった観察不可能な行動(私的事象)もオペラント行動であると考えられる。レスポナント行動とオペラント行動は、その変容過程が異なり、レスポナント行動を変容させる際にはレスポナント条件づけ、オペラント行動を変容させる際にはオペラント条件づけと呼ばれる手続きが用いられる。これら2つの条件づけのうち、行動分析学においては、特にオペラント条件づけによりヒトや動物のオペラント行動を個人的・社会的により望ましい方向に変容させることが重要視される。

生活体が自発する行動がオペラント行動である。昔は、自発的な行動は自由意志に基づくものであり、多様で法則性を見いだすのは難しいと考えられていた。しかし、行動分析学においてはこのような行動にも法則を見いだすことが出来る。

行動分析学では、行動の前状況(環境側の出来事)を弁別刺激(discriminative stimulus: SDと記す)という。行動(オペラント)の結果もたらされた状況を強化事態という。

(例) 青信号で横断歩道を渡る。

弁別刺激：青信号（を含めた状況）

行動：渡ること。

強化事態：(概ね) 安全に渡れる。

このような場合は、「青信号の時に横断する」行動の頻度はその後増大する。

赤信号で、渡ろうとして「やはり危ない」と感じたり、実際に危ない目にあえば、赤信号で横断するという行動は抑制される。反対に、赤信号でも安全に渡れる経験を多く積み、赤信号を弁別刺激とした、横断行動の自発頻度は高まる。このような関係は、図 7-3 のように示され、3 項強化随伴性と呼ばれる。

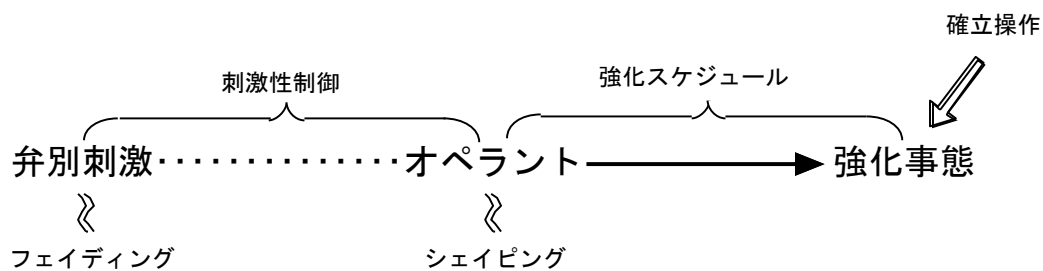


図 7-3 オペラント行動における 3 項強化随伴性
(佐藤、1987⁷⁰) p159 より改変)

オペラント行動は、“自発的”、“意図的”、“能動的”な行動であるが、オペラント行動の将来の起こりやすさは、それが生じた直後の出来事によって規定されることが様々な研究から明らかになっている。オペラント行動が生じた直後に出現するとその行動を起こりやすくする出来事は「好子」、逆に、オペラント行動が生じた直後に出現するとその行動を将来起こりにくくする出来事は「嫌子」と呼ばれるが、これら好子と嫌子を（行動が生じた直後に）人為的にアレンジすることで、行動の起こりやすさを変化させることが可能となる。行動分析学で考案された行動変容の技法を以下に示す。

(1) 行動を起こりやすくする技法

- ①強化：行動が生じた直後に好子を出現させ、その行動を起こりやすくする手続き。
- ②逃避：行動が生じた直後に、それまで与えられていた嫌子を除去し、その行動を起こりやすくする手続き。
- ③回避 1：何もしなければおとずれる嫌子の出現を、行動することによって避けることができるような状況を設定し、その行動を起こりやすくする手続き。
- ④回避 2：何もしなければおとずれる好子の消失を、行動することによって避けることができるような状況を設定し、その行動を起こりやすくする手続き。

(2)行動を起こりにくくする技法

- ⑤罰1：行動が生じた直後に嫌子を出現させ、その行動を起こりにくくする手続き。
- ⑥ペナルティー：行動が生じた直後に、それまで与えられていた好子を除去し、その行動を起こりにくくする手続き。
- ⑦罰2：行動することで好子出現のチャンスがなくなってしまうような状況を設定し、その行動を起こりにくくする手続き。
- ⑧罰3：行動することで嫌子消失のチャンスがなくなってしまうような状況を設定し、その行動を起こりにくくする手続き。
- ⑨消去：それまで行動の直後に出現していた好子を、行動が生じても出現させなくし、その行動を起こりにくくする手続き。

望ましい行動を起こりやすくするためには上記の①から④の技法、逆に望ましくない行動を起こりにくくするには上記の⑤から⑨のいずれかの技法を用いればよいが、ヒトの行動を無理なく変容させるには、できるだけ嫌悪的でない手続きを用いることが求められる。以上を表7-4（北島・藤田、2006）⁷¹⁾に示す。

表7-4 行動の増やし方、減らし方（オペラント条件づけの手続き）

	行動結果	その行動の将来の起こりやすさ（生起確率）	手続きの名称	意味
①	好子出現	起こりやすくなる（増加する）	強化	行動することで“望ましい刺激”が出現する。
②	嫌子消失	起こりやすくなる（増加する）	逃避（負の強化）	行動することで“嫌悪的な刺激”を取り除くことができる。
③	嫌子出現の回避	起こりやすくなる（増加する）	回避	行動することで“嫌悪的な刺激”の出現を回避することができる。
④	好子消失の回避	起こりやすくなる（増加する）	回避	行動することで“望ましい刺激”の消失を避けることができる。
⑤	嫌子出現	起こりにくくなる（減少する）	罰	行動することで“嫌悪的な刺激”が出現する。
⑥	好子消失	起こりにくくなる（減少する）	ペナルティー（負の罰）	行動することで“望ましい刺激”が取り除かれる。
⑦	好子出現のチャンス喪失	起こりにくくなる（減少する）	罰	行動することで“望ましい刺激”の出現が妨げられる。
⑧	嫌子消失のチャンス喪失	起こりにくくなる（減少する）	罰	行動することで“嫌悪的な刺激”の消失が妨げられる。
⑨	なし	起こりにくくなる（減少する）	消去	行動してもなんの行動結果もない。

「うっかり」や「つい」「知らずに」「間違っ」などと表現されるヒューマンエラーについて、再現実験は例が少ない。実験的にヒューマンエラーを誘発させ（再現実験）、ヒューマンエラーに関する行動の機序、つまり行動のきっかけとなる弁別刺激や行動後の強化事態を明確になれば、事故を実験的に再現できる可能性が高まると考えられる。

実験的な再現ができれば、環境整備（刺激性制御等）によって、行動の生起を予測したり、コントロールしたり、変容させることがより可能になると思われる。

7-3 行動分析学を応用したヒューマンエラーの分析

ヒューマンエラーの分析には、その時系列的な流れ、客観的状況、当事者の認識、行動を有機的に考察することが重要である。何故、そのように行動したかを考えることには、行動分析学視点が重要である。NITE（独立行政法人製品評価技術基盤機構）の事故情報データベースに記載されたある製品事事故事例（表 7-5）について、このような点を取り入れた記述方法を表 7-6 に示す。これは事象の記述を時系列的に「起承転結」に分類し、それぞれについて環境と人間の行動について客観的事実と推測にわけて記述する。さらに、起承転結の行動それぞれに、3 項強化随伴性に基づく随伴性ダイアグラム（当該行動の直前・直後の環境要因を記述したもの）を下部に記載している。

表 7-5 NITE 事故情報データベースの記述

管理番号 事故発生年月日	品名	事故通知内容	事故原因	再発防止措置	情報通知者 受付年月日
2010-4614 2011. 2. 13 (事故発生地) 千葉県	DVDレコーダー 使用期間：不明	DVDレコーダーのトレイ開閉動作の調子が悪いため、ダストクリーナーをスプレーして開閉したところ発火し、住宅が半焼して、軽傷を負った。（軽傷）	DVDレコーダーの電源を入れたまま、可燃性ガスのダストクリーナーをトレイ内に噴し、トレイを開閉したため、内部のモーターで通常発生するわずかな火花が滞留した可燃性ガスに引火し、発火したものと推定される。	被害者の其注意とみられる事故であるため、措置はとらなかった。	輸入事業者 (受付:2011/03/15)

表 7-6 行動分析学を応用した表 7-5 事例の記述

管理番号	項目	起	承	転	結
2010-4614	外部環境の状態	真冬のある晴れた日、千葉県の住宅地にある主人公の自宅居間。	DVDレコーダーのトレイ開閉で異音。	トレイの開閉動作時に稼働する内部モーターよりわずかな火花が通常発生している。	DVDレコーダーから炎が上がり、自宅が半焼する。
	外部環境の状態（推測）	DVDプレーヤーに電源が入る。	DVDプレーヤーは電源が入っている。	電源を入れておかないと、トレイが開かない。ダストクリーナーは可燃性。	
	人間の行動	レコーダーの電源をONにして、お気に入りのDVDを取り出し、レコーダーにセットする。	DVDレコーダーのトレイ開閉動作の調子が悪いことに気がつく。	ダストクリーナーをスプレーして、トレイを閉める。	軽傷を負う。
	人間の行動（推測）			普段から、ダストクリーナーで問題を解決。	消火活動を行う
	人間の状態（推測）		昨日までは何もなかったのにと思う。	「ほこり」が原因と推測。火花が発生していることは知らない。	
随伴性ダイアグラム	直前	DVDが映っていない。	異音がする。	内部で火花が散っている。	火が上がる。
	行動	DVDを操作する。	開閉の不調に気づく	ダストクリーナーをかける。	消火活動を行うが軽傷を負う。
	直後	DVDが映る。	異音が続く。	引火する。	全焼する。

表 7-5 の記述と比較して、背景要因やその時の具体的行動及びその行動を制御したと考えられる環境要因についての記述が豊富化できている。「起承転結」によって記述された状況をシナリオとして実験参加者に与え、実際に操作させる再現実験を実施して、その際の行動（動作、視線、

発話思考法によるプロトコル) や表情および環境条件をつぶさに記録する。行動・思考と環境の相互作用を実証的に分析することで、事後報告では不明であった詳細な行動やその原因(環境要因)を推定できると思われる。また行動分析学では、行動を制御する強化事態・弱化市態の与え方(強化スケジュール)についての知見も蓄積されており、ヒューマンエラーの発現を予測したり、さらにはヒューマンエラーを予防したり、ヒューマンエラーを導きにくい行動を促進できる可能性もある。以上の方法は、まだ仮説の段階であるが、ヒューマンエラーの新たな分析方法として、今後、さらに検討を続けたい。

第8章 まとめ

本研究では、人間—機械—相互作用を念頭に入れたヒューマンエラーの分析を意図し、産業現場におけるヒヤリ・ハット事例調査や、機器使用に関わる現場及び実験室における実験において結果的にあるいは意図的に生じたヒューマンエラーについて分析し、その対策についての考察を進めてきた。

第2章では、電気通信工事現場において収集されたヒヤリ・ハット事例を分析し、年齢層によってヒヤリ・ハットの内容が異なることを示した。またコレスポネンス分析により、心身機能と作業内容の関わりについて考察し、作業環境の影響について検証した。ヒューマンエラー防止のためには、危険感受性の向上を図る教育が重要であることを確認した。

第3章では、様々なタイプの券売機における人間—機械—相互作用における、エラー事象について考察した。液晶タッチパネル型の券売機では、機器の反応の悪さや、操作者が意図していない画面へのタッチ（位置ずれや、衣服による接触）によって予測できない画面情報の変化により、人間—機械—相互作用における不具合が生じることが示された。のような状況に陥ると操作者は現状を維持できず、「取消」ボタンを押して券買行動を中止することが多数観察された。また、液晶タッチパネル式の対話型の券売機では、特に高齢者の場合には人間の意図と行動が機械の反応とむしろ不一致になる場合があることが示され、設計者とユーザとギャップを埋めることが重要であることを示した。

第4章では、カーナビゲーションシステムの音声操作、手動操作場面におけるエラー事象について考察した。カーナビの認識間違いがあった場合、操作者は対人間と同様の反応をして、機器にはむしろ不利な発声に変化することが示され、機械の論理（音声認識の技術）と人間の反応との乖離を明らかにした。また、このような状態では、運転パフォーマンスにも影響が出ること（操作のエラー）が示された。

第5章では、止血弁付き静脈留置針に関する実作業観察において観察された、血液漏れ事例を彷徨し、安全装置のついた新しい機器を使用することに慣れると古い機器を使用する際に思わぬエラーを起こす可能性を示した。第5章の止血弁付き留置針の使用において、止血弁付き留置針に慣れてしまうと、従来針を用いた処置において、止血弁付き留置針では適切な行動が不要に発現し、血液漏れの事象を引き起こした事例が報告された。

第6章では、自動車シミュレーター運転場面においてドライバーに機械的、受動的な反応を続けさせた後、想定外の事態を提示すると高頻度で動作スリップが生じ、いわゆるパニック行動にも繋がる可能性があることを示し、動作スリップの生起モデルを提案した。

第7章では、第2章から第6章までの結果を、ヒューマンエラーのタイプ、m-SHELLモデル、に基づき、対策についてより総合的に整理した。また、行動分析学の応用による今後の研究展望を示した。

以上の結果からは、ヒューマンエラーのいくつかタイプは環境要因の影響が強いことが示された。ヒューマンエラーは当事者がどんなに注意してもある一定の範囲で生じるものであり、ヒューマンエラーは起こるものとして組織要因、環境要因で制御することが、ヒューマンエラー対策

の王道であり、優先されるべき対策の方法論であるが、環境要因の改善により、ヒューマンエラーそのものの発生を抑制できる可能性を示している。

第1章で述べたように、安全の分野では「不注意原因論」は排除されつつあるが、それでも何か事故が起きると「運転手の不注意が原因と思われる。」等の発表や報道が時折なされている。さらに健康など安全以外の分野では、現在でも「不注意原因論」に類似した解釈が多くなされている。例えば、「生活習慣病は本人のだらしなさや健康に対する不注意や無関心が原因である。」というような考え方である。また、ICT、IoT技術の進展・普及により、様々な新しい機器・技術が産業場面、生活場面に登場している。ウェアラブル機器による安全・健康対策や、生活家電、通信機器、自動車の自動運転等である。人間—機械—相互作用の概念や行動分析学により、安易な本人原因説を排除し環境要因に注目することで、合理的な対策を立案する（制御性を高める）考え方を普及させ、また人間と機械の良好な関係を作り、ヒューマンエラーを低減させることを推進したい。

引用文献

第1章

- 1) 倉田正一. 人間と機械の関係の再認識－Human Engineering について－. 労働科学；1957；33(8)：589－594.
- 2) 武田拓也・内藤貴博・塩谷武司・伊東敏夫・信夫勇人・北島洋樹. 自動運転時の周囲監視能力の低下が自動運転から手動運転への運転交代に及ぼす影響. 自動車技術会 2018 秋季大会 学術講演会前刷集；セッション番号 128；講演番号 126；文献番号 20186126. (2018 年 10 月 17 日)
- 3) 竹本雅憲・内藤貴博・塩谷武司・北島洋樹・中嶋豊. 高速道路の合流・退出時における自動運転からの運転交代場面での行動分析. 自動車技術会 2018 秋季大会学術講演会前刷集；セッション番号 128；講演番号 129；文献番号 20186129. (2018 年 10 月 17 日)
- 4) Lewin K, A dynamic Theory of personality, McGraw-Hill,1935 (相良守次・小川隆(訳). 個人、環境および法則、パーソナリティの力学説. 東京：岩波書店、1957：76-78.)
- 5) Koffka K, Principles of Gestalt Psychology, London:Kegan Paul, Trench, Trubner & CO., LTD, 1935: p40.
- 6) 狩野広之. 第 II 章 不注意の諸相. 狩野広之 (著) 不注意物語－労働災害の事例研究集－. 東京：労働科学研究所, 1959：p2.
- 7) 正田亘. 第 1 章 不注意現象の心理的特性. 三隅・丸山・正田 (編) 事故予防の行動科学. 東京：福村出版, 1988：p3.
- 8) 狩野広之. 不注意とミス. 狩野広之 (著) 不注意とミスのはなし. 川崎：労働科学研究所, 1972：1-6.
- 9) 国土交通省自動車運送事業に係る交通事故要因分析検討会「自動車運送事業における安全対策の新たな展開」2005 年 10 月,
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/09/091108/01.pdf>, p 1：(2018 年 10 月 13 日アクセス)
- 10) 運輸安全委員会、「JR 西日本福知山線事故調査に関わる不祥事問題の検証と事故調査システムの改革に関する提言」2011 年 4 月 15 日,
<http://www.mlit.go.jp/jtsb/fukuchiyama/kensyou/fu04-finalreport.html>：(2018 年 10 月 13 日アクセス)
- 11) 国土交通省大臣官房 運輸安全監理官「運輸事業者における安全管理の進め方に関するガイドライン ～輸送の安全性の更なる向上に向けて～」2017 年 7 月,
<http://www.mlit.go.jp/common/001217521.pdf> (2018 年 10 月 13 日アクセス)
- 12) 芳賀繁. ヒューマンエラーとは何か. 芳賀繁 (監) ヒューマンエラーの理論と対策. 東京：エヌ・ティー・エス, 2018：3-5.
- 13) Dekker S. The Field Guide to Understanding Human Error. Ashagaate Publishing.(2006). 小松原・十亀 (監訳). ヒューマンエラーを理解する－実務者のためのフィールドガイド. 東京：海文堂出版, 2010
- 14) Reason J. Human Error. Cambridge University Press.(1990). 十亀洋 (訳) ヒューマンエラー 完訳版. 東京：海文堂出版, 2014

- 15) 狩野広之. ヒューマン・エラー研究—その背景的思考方. 労働科学;1984: 60 (1): 1-15.
- 16) 井上枝一郎・細田聡. 組織と個人とヒューマンエラー. 千葉:麗澤大学出版会、2006:p143-183.

第2章

- 17) 総務省.平成 24 年版情報通信白書.
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc113230.html>,
(2018 年 10 月 26 日アクセス) .
- 18) 社団法人全国建設業協会・独立行政法人労働安全衛生総合研究所.中小・中堅建設業者を対象としたリスクマネジメント推進のためのアクションプログラム.
<http://www.zenken-net.or.jp/data/news/70-1.pdf>, (2018 年 10 月 26 日アクセス) .
- 19) 電気通信サービスの事故発生状況 (平成 23 年度) 報道資料.総務省
http://www.soumu.go.jp/main_content/000174336.pdf, (2018 年 10 月 26 日アクセス) .
- 20) Cress, U., Barquero, B., Schwan, S., Hesse, F.W. Improving quality and quantity Two models for promoting knowledge exchange with shared databases, Computers & Education 2007;49:423-440.
- 21) 尾入正哲.ヒヤリハットの効用と限界 (1) —日常の安全活動を考える—, 労働科学研究所 労研維持会資料 1994; No.1391・1392:2-15.
- 22) 青柳西蔵・藤野秀則・石井裕剛・下田宏・作田博・吉川榮和・杉万俊夫. 原子力発電所の事故防止のためのヒヤリ・ハット議論活動の促進手法の提案.日本原子力学会和文論文誌.2011;10(4): 273-289
- 23) Gherardi,S. Nicolini,D. Odella,F. What Do You Mean By Safety? Conflicting Perspectives on Accident Causation and Safety Management in a Construction Firm, Journal of Contingencies and Crisis Management 1998;6(4):202-213.
- 24) 梅本勝博.ナレッジマネジメント 最近の理解と動向.情報の科学と技術. 2012;62(7):276-280.
- 25) 椎名和仁.通信工事作業員が体験するヒヤリ・ハットの傾向分析と事故防止教育効果の検証—建設現場におけるヒヤリ・ハットの取り組み—.労働科学;2012;88(4):121-129.
- 26) Shiina,K. A Comparative Analysis of Near-Miss Falling & Slipping Incidents at Indoor and Outdoor Telecommunication Construction Sites. International Conference on Fall Prevention and Protection 2013:211-216.
- 27) 谷村富男. ヒューマンエラーの分析と防止 不安全行動・作業ミスはなぜ起こるか.東京: 日科技連出版社,1995:12-14.
- 28) 西村詩織. 焦りに関する研究の概観と展望—焦りの包括モデルの提案—.東京大学大学院教育学研究科紀要 東京大学大学院教育学研究科編. 2007;47:251-258.
- 29) 東京労働局労働基準部.高年齢時代の安全・衛生 —災害防止のためのガイドライン—.2009. 1-14.<http://tokyo-roudoukyoku.jsite.mhlw.go.jp/library/tokyoroudoukyoku/roudou/eisei/tokyoleaflet/pdf/18.pdf> .20 (2013 年 12 月 24 日アクセス)

- 30) 内田治.すぐわかる S P S S によるアンケートのコレスポネンシ分析. 東京:東京図書, 2006:iv - v .
- 31) 大石亨.テキストのジャンルとメタファー表現のコレスポネンシ分析―「関係」のメタファーを例に―.日本認知言語学会論文集 日本認知言語学会 2012;12:52-64.
- 32) 深沢伸幸.安全運転教育テキスト あなたの危険を見落としていませんか.東京:企業開発センター交通問題研究室,1993.
- 33) 廣瀬文子・藤本順三・武田大介・山崎寛享.個人の危険感受性測定可能性の検討.電力中央研究所報告. 研究報告.2009;Y08017:1-18.
- 34) Gerardi,S. Davide,N. Learning the Trade: A Culture of Safety in Practice. Organization.2002;91(2):191-223.
- 35) 中村昌弘.危険感受性をみかくーライン管理者の実践ノウハウー.東京：中央労働災害防止協会,2005;p22.
- 36) 中央労働災害防止協会.特集 危険を疑似体験ー危険体感教育ー.働く人の安全と健康 2004;5(12):1164-1183.
- 37) 高崎中,第 10 章安全への動機づけ.応用心理学講座 2 事故予防の行動科学.東京：福村出版, 1998 ; 161-168.
- 38) 荒井保和.安全を創るー保安全管理システムの落とし穴ー.安全工学；2013；52(4)：256-262.

第 3 章

- 39) 北島洋樹. 鉄道乗車券自動券売機の使いやすさを考える. 労働の科学；1998；53（11）：688-691.
- 40) VAN Someren MW , Barnard YF, Sandberg JAC. The Think Aloud Method: A practical guide to modelling cognitive processes. Academic Press 1994; London ; p 19
- 41) Ericsson KA, Simon HA. Protocol Analysis: Verbal Reports as Data (Revised Edition). MIT Press 1993, Cambridge, Mass.
- 42) Nisbett RE., Wilson TD., Thelling More Than We Can Know: Verbal Reports on Mental Process, Psychological Review 1977 ; 84(3) : 231-259.
- 43) 原田悦子. 16 章 プロトコル分析. 海保・加藤（編著）認知研究の技法. 東京：福村出版, 1999 : 79-84.
- 44) Elkerton & Williges, 1989, 知的インタフェイスの対話設計、in Hancock PA, Chignell MH(edt.), Intelligent Interfaces, Theory, Research and Design, 1989(長町三生（監）認知科学研究会（訳）知的インターフェイスー人とマシンとの知的相互作用ー 第 7 章 知的インタフェイスの対話設計. 東京：海文堂, 1991:205 -254.)

第 4 章

- 45) 北島洋樹・沼田仲穂・磯村有宏. カーナビ音声操作がシミュレータ運転に与える影響について. ケータイ・カーナビの利用性と人間工学 2004 研究論文集；2004：119-124.
- 46) 道路交通法 第 71 条 5 の 5

- 47) 石田敏郎. 携帯電話使用中のドライバーの応答特性. 携帯電話の利用性と人間工学シンポジウム資料集; 1998: 23-28.
- 48) 萩原亨・徳永ロベルト・下条晃裕. 携帯電話利用が運転者のメンタルワークロードに与える影響. ケータイ・カーナビの利用性と人間工学 研究論文集; 2002: 39-44.
- 49) 三宅晋司・神代雅晴. メンタルワークロードの主観的評価法. 人間工学; 1993; 29 (6): 399-408.

第5章

- 50) 北島洋樹・吉川徹・橋爪絢子・岩田 淳・池崎陽子・藤森洋子. 末梢静脈カテーテル留置手技における止血弁つき静脈留置針利用による心理的負荷軽減効果. 人間工学; 2010; 46 (特別号): 282-283.
- 51) 吉川徹・北島洋樹・橋爪絢子・藤森洋子・池崎陽子・松田晋哉. 止血弁つき静脈留置針利用による末梢静脈カテーテル留置手技における心理的負担軽減効果. 労働科学; 2013; 89 (3): 77-88.
- 52) Hole G, The perception of Risk. In: Hole G. The Psychology of Driving. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates. 2007: 85-107
- 53) 蓮花一己. ヨーロッパの運転者教育の動向. 蓮花一己 (著) 交通危険学. 東京: 啓正社, 1996: 171-189.

第6章

- 54) Schmidt RA, Unintended Acceleration: A Review of Human Factors Contributions, Human Factors 1989; 31 (3) : 345-364.
- 55) 赤松他 (編) . 自動運転システムのヒューマンファクタ. 赤松他 (編) 自動車技術ハンドブック人間工学編<第3分冊>. 東京: 公益社団法人自動車技術会, 2016: 526-529.
- 56) Hole G. Driving and the Future, In: Hole G. The Psychology of Driving. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates. 2007:175-195.
- 57) 丸山康則. パニック状態. からだの科学・臨時増刊「交通と人間」; 1986; 113-118.
- 58) 正田亘. 危険場面における人間行動. 環境心理入門. 東京: 学文社, 1981: 62-77.
- 59) 篠原一光 (プロジェクトリーダー) . アクセルとブレーキの踏み違いエラーの原因分析と心理学的・工学的対策の提案 報告書. 財団法人国際交通安全学会, 2011
- 60) 北島洋樹. 自動車シミュレータ運転におけるパニック的行動に関する実験的研究. 大阪科学技術センター ヒューマンファクター研究会 第2回講演, 2009年8月25日
- 61) 西岡昭. Vigilance Taskに関する心理学的諸研究. 心理学研究; 1962; 33 (3) :154-166.
- 62) 石橋基範・大桑政幸・古郡了・赤松幹之. 運転スタイル、負担感受性チェックシートの開発と経路選択嗜好の分析への適用. シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」抄録集; 2002: 15-18.
- 63) Norman D, Categorization of Action Slips, Psychological Review 1981; 88(1): 1-15.
- 64) 仁平義明. からだと意図が乖離するとき—スリッパの心理学的理論—. 佐伯・佐々木 (編)

- アクティブ・マインドー人間は動きのなかで考える. 東京：東京大学出版会, 1990：55-86.
- 65) Park DC, Applied Cognitive Ageing Research, In: Craik FIM and Salthouse TA eds. The Handbook of Ageing and Cognition, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc 1992: 449-493.
- 66) Matthews G & Desmond PA, Stress as a Factor in The Design of In-Car Driving Enhancement Systems, Le Travail humain 1995; 58:109-129.
- 67) Ward NJ & Hirs S, In-vehicle intelligent information technologies as safety benefit systems: consideration of philosophy and function, Behaviour & Information Technology 1997 ; Vol.16 (2) : 88-97.
- 68) 黒田学. インテリジェントカーはロボットをめざさない. 労働の科学 ; 2010;65(11):29-32.

第7章

- 69) 小松原明哲. ヒューマンエラー. 東京：丸善, 2003：13-15.
- 70) 佐藤方哉. 行動分析—徹底的行動主義とオペラント条件付け. 安田生命社会事業団（編）臨床心理学の基礎. 東京：安田生命社会事業団, 1987：147-192.
- 71) 北島洋樹・藤田勉. 望ましい交通行動の形成・維持・変容. 労働科学研究所ワークサイエンスレポート ; 2006 ; No.1717/1718/1719/1720 : p7.

謝辞

本研究における調査・実験はすべて、財団法人労働科学研究所（現 公益財団法人大原記念労働科学研究所）における活動として実施されたものです。研究の時系列は、まさにその時々 of 社会的問題が反映されたものと考えています。研究の実施において係わりのあった企業の方々、研究計画の検討や実施、1秒～5秒毎にビデオ画像を基に行動を判定するという地道な分析作業等にご協力いただいた大学等関係者の方々、労働科学研究所の研究員および職員の方々、過酷な実験に参加していただいた実験参加者の方々、すべての皆様に感謝します。

公益財団法人大原記念労働科学研究所長の酒井一博氏には、腰重い私の背中を常に押していただきました。論文の共著者である、曾我重司氏、黒田学氏、椎名和仁氏には特段のご尽力をいただきました。

労働科学研究所における研究においても長期にわたりご協力、ご支援をいただきました千葉工業大学三澤哲夫先生には、本研究をまとめるにあたり、多大なご指導をいただきました。

以上、あらためて支援していただきました全ての皆様に御礼申し上げます。