

## Psychological Biases Affecting Human Cognitive Performance in Dynamic Operational Environments

Kenichi TAKANO and James REASON

2008/2/25 担当：田嶋

### I. Introduction

◎作業上の問題は、特に原子力プラントのような動的な操作環境で事故に直結するため特に重要視される。

- ・特に機械の誤作動の場合、操作者の対処が決定的なものとなる

- ◇ 人的操作は状況や文脈に左右されやすい。

- ・動的な環境の場合、より操作者の確実性が求められるのでその作用が増す。

- ◇ 従来は事故後詳細をディスカッションするのみにとどまっていた。

◎ ヒューマンエラーを、認知操作と場面とのインターアクションと判断し、メカニズムを明らかにする。

- ◇ アキシデントのシナリオ（場面下）で総合的な研究が必要

- ☆ （理由）潜在的なものであるため、予期しない事柄が発生した場合、不適切な行動や共通の失敗を起こすものとしている。

◎ 認知過程で生じる不適切さは様々な要因が影響

- ◇ 3つの分類を行った。

- ① external PSF(Performance Shaping Factors) 外的な行動形成要因

- ② internal PSF

- ・ Swin (1983) がストレスのカテゴリーとして挙げているが、本文では外的と内的に分けた。

- ③ cognitive primitives （本論文では「心理学的バイアス」としている。）

◎ 過去の原子力発電所での事故

- ◇ スリーマイルアイランド原子力発電所（TMH）事故 ・ ・ 1979年 アメリカ

- ・ ECCS（非常用炉心冷却装置）が異常を察知し自動作業するが、操作者の誤判断で同装置を手動停止。

- ◇ チェルノブイリ原子力発電所事故 ・ ・ 1986年 ソ連 ウクナイナ共和国

- ・ 規則違反操作を行ったことで事故発生

- ◇ これらの事故は「確証バイアス」による典型的なケース

- ・ その他の事故も緊急状況にて、操作者の思考過程で決定的に心理学的バイアスが働いていることが従来確証されている。

- ◇ サポートシステム（OSS）も心理学的バイアスの回避を妨害する事象に注目すべき。

◎ 従来の研究にて事故場面に沿って、場面と心理的バイアスを捉えたものはない。

- ・ よって操作者の行動、特に認知的プロセスの詳細な理解が必要。

◎ 本論文の目的・方法

◇目的

- ① 思考プロセスに影響を与える典型的な心理学的バイアスの考察
- ② ダメージを与える認知的課題の確証
- ③ (心理学的バイアスとともに) P S Fをそれぞれケースから抽出

◇ケース

- ① U S原子力発電所における 13 例の人的要因発生事故分析 (インシデントレポート)
- ② 日本の原子力発電所における 14 例の分析 (インシデントレポート)
- ③ シミュレーション実験にてエラーがみられた 37 ケースの詳細な観察

◇分析

- ・ 経験豊富な操作者 (2 名)
- ・ 人的要因調査員 (2 名)

◇分析項目

- a : 必然的なヒューマンエラー
- b : 認知的課題の減退、また認知のプロセスでそれが生じた場面
- c : 影響のある心理学的バイアス
- d : 内的・外的 P S F との関連

## II D a t a

◇本論文は緊急時態の操作者の認知操作を観察するものであるため、利用できるインシデントレポートの数に限りがあった。

1) U S原子力発電所データ 計 13 例

- ・ U S - N R C と E P R I で準備された。
- ・ U S 分析チームにより書かれた。(経験豊富な原子力発電所技術アドバイザー・ヒューマンファクターエンジニアなどからなる)

2) 日本原子力発電所データ 計 14 例

- ・ 1971 年からの集計分。そのうち 198 ケースが有効。
- ・ 「J - H P E S」による体系的分析がなされた。(人的操作に影響する構造や状況要因を明らかにする分析・評価手法)

3) シミュレーション実験データ・・

- ・ B W R (沸騰水型原子炉) で行われた。
- ・ 被験者: 12 名 19~25 歳の経験豊富な操作者。事前にスキルチェックも行っている。
- ・ 4 つのグループが 12 のセッションを実行。おのおののセッションに 1 つから最大 2 つまでの表示や指示の誤りを含んでいる。
- ・ セッション内の会話や行動が録画された。

- ・ セッション後、実験スタッフは被験者の行動や理解について面接を行った。

### III Analysis Method

#### III-1 Analysis Procedure

◇分析はバックトラック法による。順番は以下。

- a) 不適切な結果が機械装置作動時で明らかになった。
- b) 操作者の行為的活動や作業が不適切な結果を招いた。(直接的)
- c) 認知的課題時の操作者の作業が発端である。(間接的)
- d) 心理学的バイアスと課題とタスクとの関連
- e) 内的・外的 P S F の認知的課題への関連

◇それぞれの事例において、分析チーム(経験豊富な操作者と人的要因調査員各2名)が状況のシーンをまとめ、結果を再検討。

- ・ 上記の項目 a) ~ c) にて詳しいディスカッションし、お互いの理解に到った。
- ・ d)、e) は人的要因調査員がイニシアティブをとり、心理学的背景や原因の要因について検討した。
- ・ P S F の確証のため、J - H P E S 手法を適用。

◇それぞれのケースにてエラーの要因、課題、場面、心理学的バイアスを確証後、要因間の関係性について、単かつ多量変数解析を用いて明らかにした。

#### III-2 Cognitive Processes and Tasks

◎ 従来の人間の情報処理プロセスに沿った認知プロセスの分類。

- ・ R o t h (1994) : 高次の認知レベルが 2 つの過程に分かれる。①状況アセスメント ②反応計画
- ・ H a l l (1982) : 緊急状況下での情報処理過程データより 4 つに分類  
①発見②状況アセスメント③計画④反応実行
- ・ W i c k e n s (1988) と N e w e l l (1972) : 上記と類似し分類。  
作業記憶と長期記憶は不可欠なものとした。

◎ 著者による認知プロセスのモデル規定

- a) 発見
- b) 状況アセスメント
- c) 作業記憶
- d) 反応計画
- e) 長期記憶
- f) 反応実行

◇ T a b l e . 1 にて、各認知プロセスでの、主な認知的課題(タスク)を示す。

- ・ すべての認知課題の失敗は、T a b l e . 1 あるようにすべて分類された。
- ・ 分析チームは、認知的課題が、実行を減速させ、人的行為のエラーを引き出すものとした。

#### III-3 Internal and External P S F s

- ◎ PSFについては、曖昧な概念、様々な広がりを見せていた。
- ◎ 本論分では、Swainの作成した項目からの選択である。
  - ・ Swain (1983) は様々な学問領域 (生理学的・物理学的・社会的要因を含む) から 70 項目を作成した。
  - ・ 選択は動的な操作環境や前述インシデント分析を考慮した。
- ◎ 「J-HPE S」により、5%以上越えた PSF を取り上げた。
  - ◇外的 PSF
    - a) 重大性 (high , high-high)
    - b) 作業要求 (low, high , high-high)
    - c) 突発性
    - d) マン - マシンインターフェイス (HMI) (poor)
    - e) 状況の複雑性
    - f) 非精通性
  - ◇内的 PSF
    - a) 注意レベル (low, over-tension)
    - b) 覚醒レベル (low, over-tension)
    - c) 作業上の精神的な負荷 (low, high , high-high)
    - d) 失敗への不安
    - e) 自己過信
- ・ インシデントレポートにおいては、一人の操作経験者によりチェックし、その後ディスカッションを行った。
- ・ (前提とし) 重大性, 突発性が高い → 覚醒レベルが over  
作業要求が高い → 作業上の精神的負荷が高い
- ・ 相関は多変量解析で明らかになった。

### III-4 Psychological Biases

- ◎ Reason(1987):体系的エラーは限定された原則により形成される。よって形式化も可。
  - ：エラーは認知基本的な性質が基となっている。
  - ・ この原則を「心理学的バイアス」としている。
- ◎ 心理学的バイアスの種類
  - ◇長所：人間の情報処理の本質、かつ (人工知能と比較し) 人間特有の優秀さをみせる。
  - ◇短所：内的な一貫性から外れて、同じ様式の失敗を起こす。
  - ◇本論文のために心理学的バイアスをまとめる。
    - ・ 1) Frequency Bias(頻度のバイアス)：人間の行為は、より頻度多く行ってきた行動パターンによって形成される。
    - ・ 2) Similarity Bias(類似のバイアス)：類似的なものでマッチングする方法は、制限された情報下で判断を得ようとする実用的なもの。

- ・ 3) Confirmation Bias(確証バイアス):人間は自らの仮説に反した対立する証拠を探さず、賛同できる証拠を探す傾向がある。
- ・ 4) Salience Bias(顕著なバイアス):人間の注意はより顕著で目立った指標へ向けられ、微細的な指標は目を背ける傾向がある。
- ・ 5) Recency Bias(親近性バイアス):記憶や行動において最も親近で行われたものが強調されるというもの。「ヒューリスティックバイアス」ともいわれる。
- ・ 6) Cognitive Trap:特に緊急状態で起こりやすい。手段が心理的に突出した、初期の考えに支配され、他要因との関連や口頭での指示等は視野外になりがちである。
- ・ 7) Imperfect Rationality:人間は問題に気づきやすいが、最善で規範的は行動をとることはめったにない、とするもの。

## IV Results

### IV-1 Identified Human Errors in Collected Data

- ◎ ヒューマンエラーはインシデントレポート、シュミレーション課題でみられ、かつ類似点がみられた。

### IV-2 Cognitive Task Failures and in Location

- ◇Table 1にて、認知タスクとその場面に於て3つのカテゴリーでエラーが起こる比率を示す。(エラー数/総エラー数)
- ◇分布はフリードマンの統計方法で処理
  - ・ 結果:3つのカテゴリー間で有意な差はなかった。T検定にても有意な差はみられなかった。
- ◇上記結果より、比率のデータより説明をすすめる。
  - ・ 最も頻繁に不適切な行為を引き起こしたと確証された認知プロセス(場面)は「状況アセスメント」であった。(40%)
  - ・ 25%で「反応計画」「長期記憶」
  - ・ 「状況アセスメント」と「反応計画」で60%を占める。

### IV-3 PSFs Associated with Mal-function Cognitive tasks

- ◇Table 2にて、内的・外的 PSF が与える認知的課題の失敗を比率で示した。(確証された項目/総エラー数)
- ・ 3つのカテゴリーはフリードマンの統計方法を用いるが、有意差みられず。
- ・ しかしおのおの目立った PSF がみられた。
  - 日本での傾向・・・「inattentive」(不注意)「low arousal」(低い覚醒)が多く
  - 「excessive work」(過度の労働)は少ない
  - シミュレーションデータでの傾向・・・「乏しい human machine interface」

が少ない傾向

これらは状況的な相違が関係—シミュレーションでの模擬実験は HMI の相対的な単純さがあるため。

#### IV-4 Psychological Biases involved

- ◇ Table3 は心理学的バイアスがおのおのの Kategorie の認知的課題 (タクス) の失敗と関連性を示している。(確認された項目数/総エラー数)
- ◇ フリードマンの統計法にて、3 Kategorie 間で有意差はみられなかった。
- ◇ しかし高い頻度でみられたバイアスで「Frequency Bias(頻度のバイアス) (a)」、「Confirmation Bias(確認バイアス) (c)」、「Cognitive Trap」(f)、「Imperfect Rationality」(g) が挙げられる。
- ◇ 反対に低い頻度の項目は「Similarity Bias(類似のバイアス) (b)」、「Recency Bias(親近性バイアス):」(e) である。
- ◎ 性質が曖昧である「Imperfect Rationality」(g) を除外した場合でも  
全体的に 70% にわたり心理学的バイアスがみられた。

#### IV-5 Interrelationships Seen between Cognitive Location, PSFs, and Psychological Biases Using a Multivariate Analysis

- ◇ 上述の結果はそれぞれ個別に考察していたが (頻度等)、しかし要因は影響し合い共起することの考慮が必要。
- ◇ 分析は「数量化Ⅲ類」(Fig.1)。要因間の相関 (Table 4) は行った。
- ◎ 要因間の Kategorie は 3 つの次元で考察し、4 つのグループに分類した。
  - ・ Frequency Bias(頻度のバイアス)はすべての次元でみられた。
  - ・ (Group1)「発見や反応実行時には、乏しいマン—マシン—インターフェースを前提とし、低い覚醒度により不注意を引き起こし、Salience Bias(顕著なバイアス)により実行がなされた。」
  - ・ (Group2)「Confirmation Bias(確認バイアス)」、「Cognitive Trap」そして「自己過信」間には強い関連性がある。
  - ・ Group3、Group4 も同様の考察。
- ◇ 今までフリードマンの統計分析で有意差はみられなかったが、3 つの Kategorie (US・日本・シミュレーションのケース) で興味深い差があり。
  - ・ Fig.1 では 3 つの Kategorie が Table 4 での (I) (II) (III) 内である。
  - ・ また Fig.1 での縦軸 (component2) と横軸 (component1) で以下の事も含意する。

component1・・放心的な精神の不安定さ (plus) — 活動さ (minus)

component2・・精通性のない状況への不安 (plus) — スピー

ディな進行 (m i n u s)

- ・ 上記より、日本・・・認識や実行での失敗の傾向がある。  
    U S・・・状況アセスメントの段階での傾向。  
    シミュレーション・・・速い状況変化における傾向。

## V Discussion

### V-1:Validation of the analysis procedure and classifications・・・省略

### V-2 Cognitive Task Failures and its Location

- ◇ 先行研究 R a u m u s s e n (1980) による 200 例からの認知タスクの検出
  - ・ 本研究と比較し「状況アセスメント」「反応計画」での比率が逆となる。  
(理由) 項目に含まれるカテゴリー化の範疇が異なっていたため。「反応計画」には操作の目的を探索する事柄を含む)
- ◇ I t o ら (1990) のシミュレーション実験を含む検出
  - ・ 状況アセスメントや記憶の分布が一致していた。

### v-3 PSFs

- ◇ 従来、動的な操作環境での実質的なデータはなかった。
  - ・ 最も体系的—「HEART手法」(ヒューマンエラー評価と低減方法) にて本研究との一致があった。

### V-4 Psychological Biases

- ◇ Shinohara(1996)・・・ニアミスでの分析 (248 ケース)
  - ・ 本研究は分析よりも予見 (予後) の要素が多いため比率が異なる事が多い。
  - ・ 「Confirmation Bias(確認バイアス)」が同認知プロセス (場面) でみられた。
- ◎ 本研究では「Frequency Bias(頻度のバイアス)」がすべての認知行為において最も比率が大きかった。

### V-5 Interrelationships and Suggestion to the Operator Support System

- ◇ 先行研究では異常な認知プロセス、PSF、心理学的バイアスの相互関係を示したものはなかった。
  - ・ 「低い覚醒度—怠惰」との関連は従来研究されてきた。
  - ・ detection 時 (発見・探索時) HMI の p o o r さの問題だけでなく、人間の本质と機械の欠落部分が合いエラーにつながっていることに注目すべき
- ◇ OSS(操作サポートシステム)の今後の展開とし、必要な表示だけでなく「予見 (予後)」や「分析」面でのサポートの必要性。

