

危険感受性・敢行性の客観データに基づく評価

Evaluation of risk sensitivity and risk taking behavior based on objective measurements

東北大学	伊藤 誠人	Masato ITO	Member
東北大学	吉田 康貴	Koki YOSHIDA	non Member
東北大学	高橋 信	Makoto TAKAHASHI	Member
東北大学	狩川 大輔	Daisuke KARIKAWA	non Member
東京電力 HD	鹿毛 佳子	Keiko KAGE	non Member
東京電力 HD	池野 太郎	Taro IKENO	non Member
東京電力 HD	吉田 久	Hisashi YOSHIDA	non Member

Abstract: The purpose in this research is to verify whether risk recognition can be explained not only by the subjective evaluation methods but also by the objective evaluation based on autonomic nervous activity. In the present study, a fundamental method to realize objective risk recognition evaluation has been proposed using heartbeat data in the safety education at experiential training facilities. Based on the results obtained in this research, it has been confirmed that risk-taking behavior characteristics can be evaluated not only by the results of the questionnaire survey but also by more objective autonomic nerve index estimated based on heart rate. It is expected that the proposed method can help to improve the reliability of evaluation of risk cognition in the safety education.

Keywords: risk cognition, risk taking behavior, heart rate measurement, experiential training facilities

1. 背景

近年の産業現場では、身近に災害や危険を体験する機会が少なく、危険予知能力の低下が懸念されており、近年様々な産業現場において安全教育が推進されている。その中でも受講者が危険を擬似的に体験できる体験型研修施設を利用した安全教育が近年注目を集めている。体験型研修施設では、実際に受講者が現実的に起こりうる様々な危険を体験するという点で効果が期待されているが、中村らの研究によると体験型教育や体感教育は一時的な体験内容に留まり、作業員の実質的な安全態度の向上に繋がらず、むしろ不安全行動を助長する可能性があることが指摘されている[1]。このような安全教育などから得られるはずのプラスの効果を、受講者がより危険な行動をとることで相殺することを危険補償行動と言い、安全教育の副作用として指摘されている。体験型研修施設による安全教育は、危険補償行動などの影響を考慮する必要はあるが、体験型研修施設における安全教育の理論的背景の検討が現状不十分となっている。更に安全教育の効果測定に関しては、確立された一般的評価手法は未だ存在しないのが現状となっている。

危険補償行動に関連する概念として、危険感受性と危険敢行性がある。蓮花らはこの2つの概念を組み合わせ

ることでリスク認知に関する行動パターンをKKマッピングと呼ばれる方法で大きく4つに分類している[2]。

KKマッピングによるリスク認知評価は、安全教育において様々な応用ができ、安全教育の目的の明確化や効果測定を行う上で有用であるが、KKマッピングはアンケートなどの主観的評価方法によって評価されることが多く、その信頼性については検証の余地がある。そこで新たな測定・検証手段として注目されているのが生体計測である。生体計測により、個人のリスク認知の定量的な評価が可能となれば、従来の評価手法より信頼性の高い検証が可能となることが期待される。

本研究では、生体計測データの1つである心拍データを用いた体験型研修施設における安全教育での客観的なリスク認知評価の実現に向けた基盤的検討を行った。心拍計測は生体計測の中でも比較的簡便であり、体験型研修施設での計測に適している。

2. 手法

2.1 心拍計測による人間状態の評価

研究の第一段階として心拍計測機器、解析手法、被験者の統制方法について検討を行った。予備実験の結果から、心拍計測に関してはインピーダンス式心拍計によ

て高精度の時系列 RRI データを取得すること、評価法としては時系列 RRI データをローレンツプロット法を用いることで LP 面積を算出し、この指標によってストレス負荷レベルを推定する方法が適切であると結論づけた。心的負荷のベースラインとなるリラックス状態の実現方法として黙読法が被験者をより安定したリラックス状態に導くことを確認しこの方法を用いることとした。予備実験の結果、サーカディアンリズムは、リラックス時の自律神経活動と精神負荷を与えた際の自律神経活動のどちらにも影響を及ぼし、精神負荷を与えた際のストレス負荷レベルは、同時間帯におけるリラックス状態のストレス負荷レベルの値に応じて変化することが示された。本研究では、ある一定の精神負荷状態の LP 面積を目的変数とし、黙読時の LP 面積を説明変数とする回帰直線を作製した。このモデリング以降は実験直前にリラックス状態、U-KT 試行時の状態を一度だけ計測すれば、被験者の自律神経活動を相対的に評価することが可能となった。

2.2 危険敢行性の評価

本研究ではリスク認知の客観的評価の実現に向け、リスク認知を危険感受性と危険敢行性の2軸によって捉える KK マッピングに基づいた手法を提案し、特に危険敢行性の客観的評価手法について検討した。

危険敢行性認知実験では2つの質問紙によるリスク認知の調査を行う。一つ目の KK アンケートは危険感受性に関する質問 10 問と危険敢行性に関する質問 10 問の計 20 問で構成されている[3]。もう一つは、森泉らが作成した RPQ (Risk Propensity Questionnaire リスク傾向質問紙) である[4]。RPQ は、ギャンブル志向性、状況的敢行性、確信的敢行性、安全性配慮の4つのリスク傾向を評価する質問紙である。

本実験では、危険敢行性の評価を行うための認知課題として BART (Balloon Analogue Risk Task) を用いる。Lejuez et al.により開発された BART (Balloon Analogue Risk Task) 及びこれを森泉らが一部改変したものを参考に、心拍計測を行うことを前提とした本実験向けの BART を作成した[5][6]。BART は、PC 画面上に提示される複数の疑似風船を膨らませながら「この風船の金額」を上昇させていき、「獲得金額」に「この風船の金額」を貯金していくタスクである。風船は青色、緑色、黄色、赤色の4種類あり、それぞれ「増加金額」と「破裂範囲」が定められている。風船は、青色、緑色、黄色、赤色の順でハイリスク・ハイリターンとなるように設定されている。赤色以外の3色は試行数15回であり、ランダムに提示さ

れる。赤色のみ試行数が5回で試行回数10回ごとに提示される。合計50個の風船にチャレンジし、獲得金額をできるだけ高い状態で終わることを目的とする。

本研究で使用した BART は心拍計測と並行して行うことを前提としており、各風船試行中の自律神経活動を評価するための十分な時間的長さを有するデータを取得することが必要不可欠である。そのため、RRI (R-R Interval) 10 個分程度の LP 面積によって自律神経活動の経時的変化が把握できるよう BART の実行時間を調整している。

3. 認知実験

3.1 実験概要

認知実験においては、危険敢行性の客観的評価手法構築を目的にして、危険敢行性すなわちリスクテイキング行動特性をアンケートだけでなく、心拍計測によって得られる自律神経指標によって客観的に検証可能であることを明らかにすることを目的とする。危険敢行性の評価において、質問紙調査と認知実験の2つを実施しその結果を比較した。質問紙調査では KK アンケートと RPQ を使用し、認知実験では前章で述べたように心拍計測を前提に改良した BART を用いた。質問紙調査の評価点数、BART の結果、BART 中の自律神経活動の3つを総合的に検討し、リスクテイキング行動と自律神経活動の関係性を検討した。

本実験の被験者は11名(男性11名、女性0名、平均21.73歳、SD=0.786)であった。本実験は東北大学大学院工学研究科人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認を得て行った。

本実験で得た心拍データは、黙読時、U-KT 本番タスク時、BART 本番タスク時の3つである。黙読時と U-KT 本番タスク時の LP 面積からベースラインを求め、これを基準として BART 本番タスク時のストレス評価を行った。

3.2 実験結果

基準心拍反応の測定の結果、11名中7名の被験者で黙読時の方が LP 面積が有意に大きかった ($p < .001$)。被験者11名の黙読時と U-KT 時の LP 面積の相関係数を算出したところ、高い正の相関が認められた ($r = .917, p < .001$)。

被験者11名のデータについて回帰分析を行った結果、(1)式を得た。ここで、 LP_{U-KT} は U-KT 時の LP 面積、 $LP_{Reading}$ は黙読時の LP 面積である。自由度調整済み決定係数は 0.823 であった。この回帰式より得られる LP_{U-KT} からの増加率によって各被験者の BART 中のストレスを

評価した。

$$LP_{U-KT} = 0.4633 \times LP_{Reading} + 3.720 \quad (1)$$

次に、KK アンケートの危険敢行性と RPQ の状況的敢行性、確信的敢行性の結果について考察を行う。RPQ の状況的敢行性と確信的敢行性の間には相関係数 .832 ($p < .01$) の強い相関が認められた。また統計的に有意とは言えないものの、KK アンケートの危険敢行性と RPQ の状況的敢行性の相関係数は .445 ($p = .17$) とやや大きい値となった。なお、KK アンケートの危険敢行性と RPQ の確信的敢行性の相関係数は .113 と低い値となり、この2つの関連性は低いと考えられる。以上より KK アンケートの危険敢行性は確信的敢行性より状況的敢行性との関連性が高いと考えられる。

森泉らは状況的敢行性が低い場合は、試行経過によってリスクを回避する傾向がある一方、高い場合は一貫した減少傾向にないことを指摘している。本実験においてもこの傾向を確認した。RPQ の状況的敢行性の得点の平均を算出し、平均より低い被験者を低群、高い被験者を高群に振り分け、各群の 10 試行毎の「青色の風船を膨らませた回数の最大値 (BART SCORE)」の平均の推移を求めた結果を図 1 に示す。高群は、一貫した減少傾向になく、40 試行までは寧ろ増加傾向を示している。これに対して低群は、試行経過によって BART SCORE の平均が一貫して減少していること示されている。更に 10 試行毎で Steel-Dwass 法による多重比較検定 (Steel-Dwass 検定) を行った。その結果低群において統計的に有意とはいえないものの、「1 試行目から 10 試行目までの BART SCORE の平均」と「その他の試行毎の BART SCORE の平均」との比較において p 値が単調に減少した。また、同様に低群において、「1 試行目から 10 試行目までの BART SCORE の平均」と「41 試行目から 50 試行目までの BART SCORE の平均」に対して Brunner-Munzel 検定を実施した結果、有意差が認められた ($p < .01$)。したがって、低群において、BART SCORE の平均が試行経過によって減少傾向にある可能性がある。低群で BART SCORE の平均が減少する傾向は森泉らの結果と一致しており、この結果は状況的敢行性得点が相対的に低い被験者は試行経過によってリスクを回避する傾向にあることが示している。以上より RPQ の状況的敢行性によるリスクテイキング行動評価の信頼性は高い可能性がある。

同様に、KK アンケートの危険敢行性の得点の平均を算出し、平均より低い被験者を低群、高い群を高群として、

各群の 10 試行毎の BART SCORE の平均の推移を求めた結果、状況的敢行性得点群別の推移とは異なり、高群と低群ともに一貫した減少傾向になかった。

一般に、危険敢行性が低い人間はリスクを回避するタイプに当てはまることから、RPQ の状況的敢行性が実際のリスクテイキング行動をより上手く説明できていると考えられる。青色の風船の試行回数で定義される BART SCORE と同様に、緑色、黄色、赤色の風船に対しても危険敢行性及び状況的敢行性得点群別の 10 試行毎の膨らませた回数の最大値の平均推移を確認したが、BART SCORE のように特徴的な傾向は見られなかった。この結果は、Lejuez et al. のクリック可能回数の小さい風船はばらつきが限定されるため統計解析に適さないとする指摘と一致した。したがって、本研究でも青色の BART 結果に注目することとした。

図 2 に状況的敢行性及び危険敢行性得点群別の青色の風船 10 試行毎の LP 面積の増加率の平均値の推移を示す。被験者毎で正規化処理を施してある。

状況的敢行性得点群別においては、高群では試行経過によって減少する傾向にある一方で、低群はその傾向にないことが窺える。Steel-Dwass 検定の結果、高群において統計的に有意とはいえないものの、「1 試行目から 10 試行目までの LP 面積の増加率」と「その他の各試行の LP 面積の増加率」との比較において、 p 値が減少傾向であった。

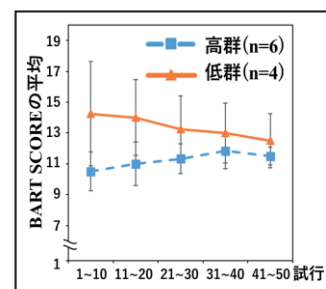


図 1 状況的敢行性得点群別の 10 試行毎の BART SCORE 平均推移

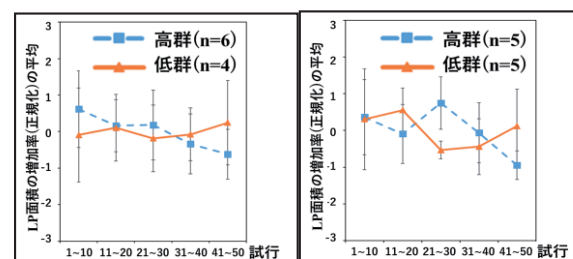


図 2 状況的敢行性(左)及び危険敢行性(右)得点群別の青色の風船 10 試行毎の LP 面積増加率の平均推移

また、同様に高群において、「1 試行目から 10 試行目までの LP 面積の増加率」と「41 試行目から 50 試行目までの LP 面積の増加率」に対して、Brunner-Munzel 検定を実施した結果、有意傾向であった ($p < .10$)。LP 面積の増加率が減少傾向にあるとは、試行経過によって交感神経が亢進していったと考えられ、よりストレスの高い状態へと遷移していったと解釈できる。

危険敢行性得点群においては、高群でのみ「21 試行目から 50 試行目までの LP 面積の増加率」において特徴的な減少傾向が窺える。Steel-Dwass 検定の結果、高群において、「21 試行目から 30 試行目までの LP 面積の増加率」及び「31 試行目から 40 試行目までの LP 面積の増加率」と「41 試行目から 50 試行目までの LP 面積の増加率」との比較において、有意傾向であった (順に、 $p < .10$, $p = .18$)。また、同様に高群において、「21 試行目から 30 試行目までの LP 面積の増加率」と「41 試行目から 50 試行目までの LP 面積の増加率」に対して、Brunner-Munzel 検定を実施した結果、有意差が認められた ($p < .001$)。すなわち、状況的敢行性と危険敢行性の高群両方において、序盤もしくは中盤から終盤にかけて LP 面積の増加率が減少する傾向にあり、交感神経が徐々に亢進していったと解釈される結果となった。

続いて、赤色の風船についても検討を行った。危険敢行性得点群別及び状況的敢行性群別の赤色の風船を膨らませた回数の平均を図 3 に示す。Brunner-Munzel 検定を行った結果、統計的に有意ではないものの危険敢行性得点群別で、高群がより多い傾向であった ($p = .14$)。状況的敢行性得点群別では、非有意であった ($p = .57$)。より詳細な検証が必要ではあるものの、危険敢行性の評価点数と最もハイリスクな赤色の風船の膨らませた回数との関連性が示唆された。

以上より、状況的敢行性は BART SCORE の平均推移と関連性が認められ、危険敢行性はハイリスクな赤色の風船の膨らませた回数との関連が示唆された。すなわち、状況的敢行性は経時的にリスク回避側にシフトしていくか否かの尺度、危険敢行性は特にハイリスクなものに対するリスクテイキング行動の尺度となる可能性がある。

4. 結論

本研究では、心拍データを用いた体験型研修施設にお

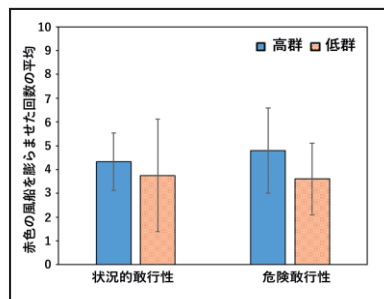


図 3 状況的敢行性及び危険敢行性得点群別の赤色の風船を膨らませた回数の平均

ける安全教育での客観的なリスク認知評価の実現に向け、リスク認知を自律神経活動による客観的な裏付けによって説明できるかを検証した。その結果、「危険敢行性が低い場合、試行経過によってリスク回避側にシフトしていき、実験中は交感神経活動が比較的抑制され、その水準を保つ。危険敢行性が高い場合、試行経過によってリスク回避側にシフトせず、予想されるリスクへの緊張・ストレスから交感神経活動が比較的亢進状態となる。」という傾向を確認することができた。本研究の結果は危険敢行性を質問紙調査の結果だけでなく、より客観的な自律神経指標によって評価できる可能性を示している。今後は、体験型研修施設における安全教育の有効性についても、得られた知見に基づき検証する予定である。

参考文献

- [1] 中村隆宏、“安全教育における擬似的な危険体験の効果と課題”、安全工学、Vol.46, No.2, 2007, pp.81-88.
- [2] 蓮花一己、“交通危険学-運転者教育と無事故運転者のために-”、啓正社、1996.
- [3] 久保沢周平、“潜在的な安全意識の評価に関する実験研究”、平成 29 年度東北大学大学院工学研究科修士論文、2018.
- [4] 森泉慎吾、白井伸之介、“リスクテイキング行動尺度の信頼性・妥当性の再検討”、労働科学、87 巻、6 号、2011、pp.211-225.
- [5] C.W. Lejuez, et al, “Evaluation of a behavioral measure of risk-taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART)”, Journal of Experimental Psychology, 2002, pp.75-84.
- [6] 森泉 慎吾、“リスクテイキング発生メカニズムの解明とその防止に関する研究”、平成 25 年度大阪大学大学院人間科学研究科博士論文、2014、pp.20-31.