

スパース判別分析による属性別安全風土の特徴抽出

Extracting Features of Attribute-specific Safety Climate via Sparse Partial Least Squares Discriminant Analysis

西田 豊 (Yutaka Nishida) *1

要約 安全風土調査において発電所、職位、世代といった属性により回答傾向が異なることが示されている。先行研究においてこの回答傾向の差異は安全風土尺度の下位尺度レベルでの検証がされているが、属性を識別可能な特徴を特定することが安全風土調査の精緻化に必要と考えられる。本研究では、職位、世代、職種といった個人の各属性を識別するために有用な質問項目を特定し、属性別の安全風土の特徴抽出を試みた。変数選択と多重共線性の問題を解決するため、正則化による変数選択と次元削減を同時に行う Sparse Partial Least Squares Discriminant Analysis を用いた。

キーワード 安全風土、安全文化、判別分析、次元削減、変数選択、スパースモデル

Abstract Safety climate surveys show that the response tendency differs among attributes such as power plant, job title and generation (i.e. age). In previous research, this difference in the response trend was verified at the subscale level of the safety climate scale; but identifying features that distinguish attributes is necessary to refine safety climate surveys. In this study, we identified useful question items to identify individual attributes such as position, age, and occupation, and we attempted to extract features of the attribute-specific safety climate. In order to solve the problem of variable selection and multiple collinearity, we used sparse partial least squares discriminant analysis, which performs variable selection by regularization method and dimension reduction simultaneously.

Keywords safety climate, safety culture, discriminant analysis, dimension reduction, variable selection, sparse modeling

1. はじめに

1.1. 安全文化および安全風土

近年の組織における安全意識の高まりにともなう安全文化、安全風土の醸成が注目されている。安全文化・安全風土は質問紙調査によってその程度が測定されることが多い。定番と呼べるような質問紙はなく目的に合わせ設計、更新され、実施されている状況である。

安全文化と安全風土は類似しつつも異なる概念であると言われており (西田, 2017), それぞれの代表的な定義は次のようなものである。福井 (2014) において安全風土は, Zohar (1980) の安全風土と Litwin & Stringer (1968) の組織風土の定義を基

に、「組織成員が、直接的にあるいは間接的に知覚し、彼らを安全への配慮や安全行動へ導く、一連の組織環境の測定可能な特性」と定義される。

一方、安全文化は「原子力の安全の問題には、その重要性にふさわしい注意が最優先で払われなければならない。安全文化とは、そうした組織や個人の特性と姿勢の総体である」と定義されている (INSAG, 1991)。

このように、安全文化と安全風土の定義を与えることは、理論的研究を進めていく上では必要不可欠である。しかしながら、定義は操作的に与えることも可能である。本研究では、プラグマティズムの立場に立ち、安全文化と安全風土を組織もしくはその成員の安全に関する特性と考え、特に区別しない。

安全に関する特性の測定を試みる時重要である

*1 (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所

のは、信頼性と妥当性を持って測定可能な質問項目が設定されていることであろう。本研究では、安全文化や安全風土を測定する尺度をより洗練させるため質問項目とそこから抽出される特徴に着目したい。

1.2. 属性別安全風土の特徴

個人の属性によって安全風土の程度に差異が生じる可能性がある。例えば福井（2012）では、発電所、職位、世代に層別して比較した場合、これらの層別が測定尺度によって弁別されるかどうかによって測定尺度の妥当性を検証している。安全風土尺度の6つの下位尺度（「組織の安全姿勢」、「直属上司の姿勢」、「安全の職場内啓発」、「安全配慮行動」、「モラル」、「知識・技能の自信」）について検討されている。

発電所の主効果が見られたのは、「安全の職場内啓発」、「安全配慮行動」、「モラル」、「知識・技能の自信」であった。職位の主効果は6つ全ての下位尺度で見られた。すなわち、職位が高くなると評定値も高くなる特徴が認められる。世代の主効果は「組織の安全姿勢」「安全の職場内啓発」「モラル」「直属上司の姿勢」で見られた。すなわち、年齢が高くなるほど評定値が低くなる傾向が認められる。

このように安全風土調査において組織やその成員の属性で評定値が異なることがわかってきている。福井（2012）では、下位尺度レベルの検討がなされたが、更に詳細なレベルでどのような質問項目が属性によって異なる評定値になっているか、言い換えればどのような特徴によって属性間の差異が生じているのかを把握しておくことは重要である。

2. 目的

本研究の目的は、安全風土における各属性を識別する特徴を抽出することである。具体的には判別分析を用いて各属性を判別するにはどの質問項目（変数）が有効かを検討する。更に判別に有用な質問項目を要約することで属性を識別する特徴を抽出する。

判別分析が行うのは、所属する属性が既知である個体の集合を用いて、その属性に所属する個体の情報を用いて判別ルールを抽出することである。しかしながら、この判別ルールに全ての質問項目が寄与するとは限らない。また、質問項目間の（重）相関

が高い場合には多重共線性が生じる可能性もある。つまり、ある属性に本質的に関連している質問項目はごく少数である事が考えられる。判別に寄与する質問項目は、すなわち判別対象の属性の特徴を示す質問項目であると考えられる。

本研究では、個人の属性として職位、世代、職種を取り上げ、どのような特徴を有しているかを検討する。おそらく抽出される質問項目は判別対象（各属性）によって異なるはずである。各属性が持つ特徴を把握することにより、さらなる安全文化の向上に資する事が可能となる。また、有用な質問項目を特定することにより、今後の調査の精緻化に貢献できる。

3. 方法

3.1. データ

安全に関する組織の状態や従業員の意識について、2015年度に実施されたアンケート調査のデータを用いる。この調査では大きく7つの要因（「安全最優先の価値観」、「リーダーシップ」、「安全確保の仕組み」、「円滑なコミュニケーション」、「個人・組織の姿勢」、「潜在的リスクの認識」、「活気のある職場環境」）があり、各質問項目は5件法のリッカートスケールによって測定される。

本研究では、特に発電所に焦点をあて17発電所のデータのみを抽出し、算出した属性別発電所平均値を分析対象のデータとしている。使用した項目は、組織の状態を測定する目的で設定された76項目である。

3.2. 分析手法

データセットは、質問項目が多く変数選択が必要であり、多重共線性の問題を避けるため、本研究では一般によく使用されるステップワイズ法を用いた変数選択による線形判別分析ではなく、近年開発が盛んなスパースモデルを利用する。

通常、多重共線性の問題を避けるためには、AICやF値などの基準を用いて変数を選択する方法や、主成分分析を用いて次元削減を行う方法が考えられる。近年では推定の安定化とともに変数選択も行うことができるとして、 L_1 正則化などを用いたスパースモデリングによる変数選択が注目を集めている

(廣瀬, 2016; 川野・松井・廣瀬, 2018; Tibshirani, 1996).

本研究では、正規化による変数選択と次元削減を同時に行う Sparse Partial Least Squares Discriminant Analysis (sPLS-DA; Lê Cao, Boitard, Besse, 2011) を用いて、多重共線性と変数選択の問題を解決する。

4. 結果と考察

4.1. 職位別の特徴抽出

職位が高くなると評定値も高くなることが知られている (福井, 2012)。職位の2カテゴリ「担当者」もしくは「役職者」を判別するために有効な質問項目を抽出する。

成分数を1、変数数を10としてsPLS-DAを実行したところ、係数絶対値が大きい項目は順にQ7, Q8, Q1, Q75, Q80などとなった (表1)。

表1 職位の判別に有用な質問項目とその成分に関する係数

	成分1
Q7	- 0.50
Q8	- 0.48
Q1	- 0.48
Q75	- 0.35
Q80	- 0.32
Q24	- 0.18
Q2	- 0.13
Q19	- 0.11
Q44	- 0.04
Q33	- 0.03

この成分は安全に関する知識についての項目であったり、職場の雰囲気についての項目から構成されていると考えられる。これらの項目については特に職位の差が付きやすい項目と言える。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

- Q7 : あなたは、自分が担当している業務・設備で、発電所の安全性に影響する弱み・課題について十分に説明できる
- Q8 : あなたは、発電所で起りうる事故の中で安全上の最悪のシナリオを他者に十分に説明できる
- Q1 : 発電所の幹部が示した安全最優先に基づ

き、あなたは職場で取るべき具体的な行動を知っている

Q75 : あなたの職場では、個人的な感情や利害を職場に持ち込んでいる人がいる

Q80 : あなたの職場では、自分では「こうすべき」という意見でも言い出しにくいことがある

4.2. 世代別の特徴抽出

世代が高くなるほど評定値が低下することが知られている (福井, 2012)。世代の4カテゴリ「29歳以下」、「30歳代」、「40歳代」、および「50歳以上」を判別するために有効な質問項目を抽出する。本分析では、職位の影響を取り除くため、担当者のみを対象としている。

成分数を3、各成分の変数数を10として解析を実行したところ、係数の絶対値が大きい項目は順にQ74, Q58, Q18, Q27, Q34, Q3, Q80, Q8, Q7などとなった (表2)。

世代と成分との関連を表3に示す。成分1は職場の仲間、上司の質問項目から構成され、29歳以下と関連が強い。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

Q74 : 仕事上のことで必要なとき、職場の仲間はあなたを助けてくれる

Q58 : 職場の仲間は常に問いかける姿勢をもち、業務上の問題点や不具合がないか確認している

Q18 : あなたの直属上司は、部下の職場環境や現場の状況に常々注意を払っている

成分2は安全確保の仕組み、コミュニケーション、安全最優先の価値観の質問項目から構成され、50歳以上と関連が強い。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

Q27 : あなた自身の業務に関する規則・ルールに運用しにくい内容がある

Q34 : 上位組織と第一線職場の関係について、双方に相手の相談を受け入れる姿勢が感じられる

Q3 : あなたは、あなたの所属している部署のありのままの情報が経営層に伝えられていると感じる

表2 世代の判別に有用な質問項目とその成分に関する係数

	成分1	成分2	成分3
Q74	0.71	0	0
Q58	0.43	0	0
Q18	0.29	0	0
Q17	0.27	0	0
Q71	0.14	0	0
Q5	0.10	0	0
Q16	0.09	0	0
Q60	0.07	0	0
Q27	-0.19	-0.62	0
Q34	0	-0.60	0
Q3	0	-0.28	0
Q11	0	-0.22	0
Q12	0	-0.21	0
Q77	0	-0.16	0
Q21	0	-0.16	0
Q69	0	-0.11	0
Q4	0	-0.10	0
Q47	0	-0.08	0
Q80	0	0	-0.67
Q8	0	0	-0.45
Q7	-0.28	0	-0.37
Q44	0	0	-0.22
Q75	0	0	-0.22
Q1	0	0	-0.21
Q28	0	0	-0.20
Q2	0	0	-0.17
Q78	0	0	-0.08
Q33	0	0	-0.01

表3 世代と成分に関する係数

	成分1	成分2	成分3
29歳以下	0.79	0.44	0.68
30歳代	0.04	0.41	-0.57
40歳代	-0.31	-0.04	-0.38
50歳以上	-0.52	-0.80	0.27

成分3は職場環境や安全に関する知識を問う質問項目から構成され、29歳以下と30歳代との関連が強い(ただし、29歳以下と30歳代では逆の回答傾向)。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

- Q80 : あなたの職場では、自分では「こうすべき」という意見でも言い出しにくいことがある
- Q8 : あなたは、発電所で起りうる事故の中で安

全上の最悪のシナリオを他者に十分に説明できる

- Q7 : あなたは、自分が担当している業務・設備で、発電所の安全性に影響する弱み・課題について十分に説明できる

4.3. 職種別の特徴抽出

業務内容が異なる職種によって評定値にも差異が出てくることが予想される。職種の3カテゴリ「保修」、「運転」、および「管理(技術)」を判別するために有用な質問項目を抽出する。

成分数を3、各成分の変数数を10として解析を実行したところ、係数の絶対値が大きい項目は順にQ71、Q74、Q73、Q27、Q19、Q3、Q36、Q6、Q37などとなった(表4)。

職種と成分との関連を表5に示す。成分1は活気のある職場環境に関する質問項目となっており運転との関連が強い。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

- Q71 : あなたの職場の仲間はチームワークがとれている
- Q74 : 仕事上のことで必要なとき、職場の仲間はあなたを助けてくれる

成分2は安全確保の仕組みやリーダーシップに関する項目であり管理との関連が強い。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

- Q27 : あなた自身の業務に関する規則・ルールに運用しにくい内容がある
- Q19 : 安全に対する姿勢や取り組みを発電所の幹部は認めてくれる

成分3はコミュニケーションや安全最優先の価値観に関する項目であり保修との関連が強い。具体的には以下のような質問項目から構成されている。

- Q36 : あなたの職場では、協力会社の方々から仕事で発見された不具合やリスクに関する情報を伝えてもらっている
- Q6 : あなたの職場では、安全に関わる設備・機器の保守について、重要度に応じた予算が確保されている

表4 職種の判別に有用な質問項目とその成分に関する係数

	成分1	成分2	成分3
Q71	-0.62	0	0
Q74	-0.46	0	0
Q73	-0.40	0	0
Q58	-0.34	0	0
Q72	-0.24	0	0
Q18	-0.15	0	0
Q64	-0.14	0	0
Q52	-0.13	0	0
Q17	-0.07	0	0
Q5	-0.03	0	0
Q27	0	-0.85	0
Q19	0	-0.33	0
Q3	0	-0.32	0
Q21	0	-0.19	0
Q46	0	-0.13	0
Q35	0	-0.10	0
Q47	0	-0.07	0
Q44	0	-0.06	0
Q80	0	-0.02	0
Q45	0	-0.01	0
Q36	0	0	-0.78
Q6	0	0	-0.53
Q37	0	0	-0.24
Q59	0	0	-0.22
Q32	0	0	-0.04
Q13	0	0	-0.03
Q57	0	0	-0.02
Q55	0	0	-0.02
Q8	0	0	0.02
Q25	0	0	0.00

表5 職種と成分に関する係数

	成分1	成分2	成分3
保修	0.30	0.57	-0.81
管理	0.51	-0.79	0.31
運転	-0.81	0.23	0.50

5. まとめ

本研究では、sPLS-DAを用いて、個人の属性を判別する質問項目を特定し、特徴抽出を行った。選択された質問項目は、対象の属性を判別するために有用であると判断されたものである。このような質問項目は判別対象（各属性）によって異なり、各属

性の特徴を抽出していると考えられる。

職種の判別では2つの属性を判別し、1つの成分を抽出した。この成分は、安全最優先の価値観や活気のある職場環境に関する質問項目が特徴となっている。

世代の判別では4つの属性を判別し、3つの成分を抽出した。1つ目は、職場の仲間や上司に関する質問項目が特徴として抽出され、「29歳以下」と関連が強いことが確認された。2つ目は、安全確保の仕組み、コミュニケーション、安全最優先の価値観に関連する質問項目が特徴として抽出され、「50歳以上」と関連が強い。3つ目は、職場環境や安全に関する知識を問う質問項目が特徴として抽出され、「29歳以下」と「30歳代」との関連が強い。ただし「29歳以下」と「30歳代」は逆の回答傾向になっている。

職種の判別では3つの属性を判別し、3つの成分を抽出した。1つ目は、活気のある職場環境に関する質問項目となっており「運転」との関連が強い。2つ目は、安全確保の仕組みやリーダーシップに関する項目であり「管理」との関連が強い。3つ目は、コミュニケーションや安全最優先の価値観に関する項目であり「保修」との関連が強い。

以上のように各属性は、個別に関連の強い質問項目があり、それぞれ安全風土の特徴を反映している。福井（2012）においては、下位尺度レベルで属性が識別されることが示されたが、本研究においてはどのような特徴によって差異が生じているのかが明らかとなった。

安全風土とも関連が深く、近年研究が進められているワークモチベーション（藤田, 2017; 池田・森永, 2017）についても属性別の特徴が存在するかもしれない。

本研究で選択された質問項目は、あくまでも、ある属性に属するか否かを判別するために有用であるということであり、別の観点から見れば、今回選択されなかった質問項目が重要であることも考えられる。

例えば、ある質問項目に対して、ある特性値を持った回答者はどの評定値を回答するか、といった観点から項目を評価する方法もある。このような評価には項目反応理論（池田, 1994; 村木, 2011; 豊田, 2012）を用いる事ができる。高い特性値を持つ回答者は高い評定値を回答し、低い特性値を持つ回答者は低い評定値を回答するような質問項目が望ましく、特性値が高くて低くても、同じような評定値

を回答する質問項目は望ましくない。

従来項目を除外するか、そのままにするかなど、今後、質問項目を精査するにあたっては、あらゆる角度から質問項目の性質を考慮する必要がある、本研究の結果はその判断材料になると考える。

謝 辞

本研究は一般社団法人原子力安全推進協会 (JANSI) と各事業所のご協力のもとに実施できたものである。厚く感謝申し上げる。

引用文献

- 藤田智博 (2017). 安全確認を抑制するメカニズム - 知識・技能への自信に注目して -. INSS JOURNAL, 24, 48-57.
- 福井宏和 (2012). 原子力発電所の安全風土に関する質問紙調査. 集団力学, 29, 69-86.
- 福井宏和 (2014). 安全風土調査の充実に関する検討 - 海外の安全文化の視点を参考として -. INSS JOURNAL, 21, 2-12.
- 廣瀬慧 (2016). スパースモデリングとモデル選択. 電子情報通信学会誌, 99 (5), 392-399.
- 池田央 (1994). 現代テスト理論. 朝倉書店.
- 池田浩・森永雄太 (2017). 我が国における多側面ワークモチベーション尺度の開発. 産業・組織心理学研究, 30, 171-186.
- International Nuclear Safety Advisory Group (1991). Safety culture. IAEA Safety Series No.75-INSAG-4, Vienna: International Atomic Energy Agency.
- 川野秀一・松井秀俊・廣瀬慧 (2018). スパース推定法による統計モデリング. 共立出版.
- Lê Cao, K.-A., Boitard, S. and Besse, P. (2011). Sparse PLS Discriminant Analysis: biologically relevant feature selection and graphical displays for multiclass problems. BMC Bioinformatics, 12: 253.
- Litwin, G. H., & Stringer, R. A. Jr. (1968). Motivation and Organizational Climate, Boston: Harvard Business School, Division of Research (占部都美 (監訳)・井尻昭夫 (訳) (1974). 経営風土 白桃書房).
- 村木英治 (2011). 項目反応理論. 朝倉書店.
- 西田豊 (2017). 安全風土と安全文化 - 概念, 測定と理論, 醸成について -. INSS JOURNAL, 24, 21-31.
- Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the lasso, Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 58 (1), 267-288.
- 豊田秀樹 (2012). 項目反応理論 [入門編] (第2版). 朝倉書店.
- Zohar, D. (1980). Safety climate in industrial organizations: Theoretical and applied implications. Journal of Applied Psychology, 65, 96-102.