

主観性の強いアンケート結果を客観化する一手法の提案 A proposal of a method to objectify subjective questionnaire results

城 真範[†], 浅野 健一郎[†], 木村 健太[†], 佐藤 洋[†]

Masanori Shiro, Kenichiro Asano, Kenta Kimura, Horoshi Sato

[†] 産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

shiro@aist.go.jp

概要

本報告では、個人によって異なる多様な主観的認知から得られた統計に一定程度の客観性、汎化性を持たせるための、アンケートのデザインと結果の提示方法における一つの指針を提案する。具体的には、主観的認知に関係する要素として、客観化可能な指標の集合と不可能な指標の集合を設定し、アンケートの目的を客観化可能な集合から客観化できない集合を推定する問題とする。このためにアンケート実施者は実施前にパラメータを含む数理モデルを仮定し、アンケートによってそのパラメータを推定する。仮想的な例を使って構成したアンケートの例を示す。

キーワード：主観的認知, アンケート, 数理モデル, 汎化性, 客観化

1. はじめに

個人の知覚や意識に基づく感情・感覚（本稿ではこれを主観的認知 I と呼ぶ）を定量評価する必要があるときがある [1, 5, 7]。例えば、集団を構成する人の公平感をもとに制度の改善を行ったり [12]、AI が作成した芸術作品に接した際に想起される感情を AI 開発にフィードバックしたり、熟練工の経験や勘を継承するためにマニュアル化したり [17]、介護施設の入居者の不安感を評価して介護の質の向上に役立てたり [18] と、様々な場面がある。評価の結果、その改善のためになされる行為をアクションと呼ぶ。

こうした評価では、BMI や血液検査値といった身体情報や、収入や家族構成や勤続年数といった社会的情報など、個人を特徴づける客観的な指標（本稿ではこれを客観指標 O と呼ぶ）と主観的認知 I との関係性を明らかにすることが重要である。この関係性が明らかになっていれば、アンケートに直接参加していない人に対しても、その主観的認知の予測が立てられるからである。一部の関係においては既に試みがあり、例えばセンサーによって得られた身体情報から主観的認知を

類推するといった方法 [19, 20] も研究されている。

しかし、人の主観的認知は非常に複雑であり、定量化のためには、系統的で大規模な条件探索が必要となる。そして、依然として基本はアンケート手法による直接的な情報の取得である。アンケート設計に関する研究も多々あるが [9]、結局のところ主観的認知 I を簡便かつ正確に評価するためのアンケート設計は難しい [11]。原因の一つに主観的認知が複雑すぎるため、アンケートが前提とするモデルを適切に設定しにくいという理由がある [14]。

主観的認知 I をもとに個別化されない何かの一律なアクションを実施しようとする、アンケート結果はアクションの根拠として十分な客観性・汎化性を求められる。すなわち得られた結果を他の様々な人々に帰納的に適用可能であるかどうかが重要である。ところが主観的認知に関するアンケートは何らかの特定の客観指標 O_i と、ある特定の主観的認知 I_i のあいだの統計的有意性のみを主張するものが多く、それを他の客観指標へそのまま援用することが難しい。例えば、主観的認知の一つである精神的健康さ（Mental wellbeing）には本来様々な寄与因があるはずだが、たまたまアンケートで実施した「所得」との有意相関だけが着目されれば、あたかも所得を上げるだけで精神的健康さを達成できるかのような誤解を与える。

本報告では、個人によって異なる多様な主観的認知から得られた統計に一定程度の客観性を持たせるためのアンケートデザインと、その評価ついて、一つの指針を提案したい。

2. 提案方法

2.1 数理モデルの必要性

まず、どのような O を選択し、 I をターゲットにしてアンケートを実施するかを実施者が仮定することが重要である。いわば変数を設定する。例えば O として

BMI や収入や配偶者の有無をとり、 I として精神的健康さをとるといった具合である。精神的健康さは客観化できない指標の例であり、ゆえに収入や配偶者の有無がどれほど影響を与えるかも未知である。実際にはもっと他の要素も影響を与えるが、その他の要素を捨てて考えることで定式化を可能にする。

アクションの目的には主観的認知の期待値の上昇や最低の主観的認知をもつ人々の救済など様々な選択があるが、主観的認知は個人の置かれた状況によって容易に変わり [8] 複雑であるため、有限のリソースで最大の効果を得るために、何を優先的にどのようなアクションをすればよいかについてアンケート結果のみから帰納することは難しく、数理モデルの仮定が必要となる。結果の報告においては、汎化性をもたせるため、アンケート実施者がどういったパラメータを持つ数理モデルを仮定したかをパラメータとともに示すべきである。それによりアンケート結果を、より広い集団に拡大適用することが可能となる。

2.2 仮想的な例 - デザイン

以下に仮想的なモデルを仮定し、例示する。ここでは三つの客観指標 (BMI、収入、配偶者の有無) を選び、精神的健康さの定量化を試みたいとする。回答者は無作為に抽出され、十分な数の有効なアンケート結果が得られるとする。簡単化のため O と I が同じ要素数 3 を持つベクトル量であり線形関係で書けると仮定する。すなわちある 3 次正方行列 X によって $I = Xf(O)$ と書けるものとする。また、 f は指数関数であり、 $\exp(-b_i O_i)$ であるとする。以上の仮定から、具体的には

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} \\ x_{3,1} & x_{3,2} & x_{3,3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \exp(-y_1 O_B) \\ \exp(-y_2 O_{取}) \\ \exp(-y_3 O_{配}) \end{pmatrix}$$

という数理モデルが設定される。 $O_{取}$ に着目すると、収入が少ないときには、 $\exp(-y_2 O_{取})$ の値が大きくなり I に大きく寄与する。すなわち他の何を差し置いてもまず収入を渴望する、あるいは精神的健康さ I に対して収入が大きな寄与をすることを意味する。 O が何を示しているも、それが極端に欠乏している場合にはそれを優先的に求めるという点で、指数関数を使った設定は常識にある程度合致する。もちろんシグモイド関数や多項式などでも構わない。

また、このモデルでは、要素数を一致させるため主観的認知 I についても三つの要素を必要としている。

やや直截的ではあるが、精神的健康さについて次の三つに分解して、 I_1 、 I_2 、 I_3 に対応するアンケート項目を設定する。

I_1 . 「あなたは今の自分の精神的健康さが周囲の人に比べてどれくらいだと思いますか」 (0-10)

I_2 . 「あなたは将来、今より精神的健康さが良くなると思いますか」 (0-10)

I_3 . 「あなたは現在と過去を比べて精神的健康さは良くなったと思いますか」 (0-10)

ただしこれが煩雑である場合には、モデル自体を例えば、

$$I = \sum_{i=1}^3 x_i \exp(-y_i O_i)$$

のように簡略化することも可能である。

アンケートの目的は明瞭で、 3×3 行列 X とベクトル Y を具体的に決めることである。実施者はそのために十分な数のアンケートを実施する。 X と Y を決定できれば、アンケート回答者でない客観指標 O を持つ人でも I を合理的に推定できるようになる。つまり、観測できない価値観を伴った主観的認知についての汎化された個人のモデルが与えられる。それはアクションにおける、より客観性のある根拠を提示する。

選択式アンケートで選択肢をデザインする段階では、主観的認知 I ができるだけ一様分布になるように留意すべきである。なぜなら情報理論によれば、一様分布のエントロピーは最大、つまり統計的に最も豊富に情報をもつからである。逆に I が単一の値しか取らない場合 (δ 関数状である場合)、そのような分布のエントロピー (平均情報量) はゼロである。上記の I_1 、 I_2 、 I_3 に対応するアンケート項目では、事前知識が何もなければ一様分布するとみなさざる得ないので、この制約に合致する。

2.3 仮想的な例 - 結果の分析と提示

得られたアンケートの結果は、まず既存の研究と整合を取るべきである。例えば収入と精神的健康さ [6]、配偶者の有無と精神的健康さ [10] については先行研究が存在するので比較検討が可能であろう。これらの単純な比較から、アンケート結果の信頼性、または結果の不確かさを評価することができる。

その上で、各アンケートの結果から X と Y を決める数学的手続きは、 X と Y の各要素が独立であると仮定することで最小二乗法が利用できる。具体的な計算方法については成書を参考にされたい [13, 15]。

実際のアンケートはもっと巨大で複雑な構造を持つ。上記の線形モデルでさえ、 X の要素数はアンケート項目数の二乗であるので、 X は“次元の呪い”[4]を受けることになり、一般にスパース化が避けられない。本質的なモデルを抽出するために、スパース行列を処理する方法は様々に研究されているが[2, 3, 16]、基本的には X を行列分解したり[21]、主成分分析で次元を落としてから結果を提示、さらに分析することなどが求められる。

3. 結論

個人によって異なる多様な主観的認知から得られた統計に汎化性を持たせるための、アンケートのデザインと結果の提示方法における次の指針を提案した。

1. どのような客観指標 O を選択し、主観的認知 I をターゲットにしてアンケートを実施するかを実施者が仮定した上でアンケートをデザインする。
2. 選択式アンケートで選択肢をデザインする段階で、主観的認知 I ができるだけ一様分布になるように選択肢を決める。
3. 汎化性のため、こういったパラメータを持つ数理モデルを仮定したかを結果の提示とともに示す。

すなわち客観化可能な指標の集合と不可能な指標の集合を設定し、その間の関係をモデルとして数理的に仮定し、そのパラメータを推定するための手段としてアンケートを位置づけたことに相当する。本報告では提案までであるが、今後その実践が望まれる。

文献

- [1] World Database of Happiness. <https://worlddatabaseofhappiness.eur.nl/>.
- [2] Takamitsu Araki and Shotaro Akaho. Spatially multi-scale dynamic factor modeling via sparse estimation. *International Journal of Mathematics for Industry*, 11(01):1950005, 2019.
- [3] Oluseun Omotola Aremu, David Hyland-Wood, and Peter Ross McAree. A machine learning approach to circumventing the curse of dimensionality in discontinuous time series machine data. *Reliability Engineering & System Safety*, 195:106706, 2020.
- [4] R.J.N.J. Bellman. Dynamic programming princeton university press princeton. *New Jersey Google Scholar*, pages 24–73, 1957.
- [5] David G Blanchflower and Andrew J Oswald. Happiness and the human development index: The paradox of australia, 2005.
- [6] Ed Diener and Martin EP Seligman. Very happy people. *Psychological science*, 13(1):81–84, 2002.
- [7] Ed Diener and Martin EP Seligman. Beyond money: Toward an economy of well-being. *Psychological science in the public interest*, 5(1):1–31, 2004.

- [8] Stavros A Drakopoulos. The paradox of happiness: towards an alternative explanation. *Journal of Happiness Studies*, 9:303–315, 2008.
- [9] Chris Fife-Schaw. Questionnaire design. *Research methods in psychology*, pages 174–193, 1995.
- [10] Melinda S Forthofer, Howard J Markman, Martha Cox, Scott Stanley, and Ronald C Kessler. Associations between marital distress and work loss in a national sample. *Journal of Marriage and the Family*, pages 597–605, 1996.
- [11] Daniel S Hamermesh. Subjective outcomes in economics. *Southern Economic Journal*, 71(1):1–11, 2004.
- [12] Yew-Kwang Ng. Happiness studies: Ways to improve comparability and some public policy implications. *Economic Record*, 84(265):253–266, 2008.
- [13] William H Press, Saul A Teukolsky, William T Vetterling, and Brian P Flannery. Numerical recipes in c++. *The art of scientific computing*, 2:1002, 2007.
- [14] Norbert Schwarz and Fritz Strack. Reports of subjective well-being: Judgmental processes and their methodological implications. 1999.
- [15] Gilbert Strang, 山口, 昌哉, 井上, and 昭. 線形代数とその応用, 1992.
- [16] Mayu Tada, Natsumi Suzuki, and Yoshifumi Okada. Missing value imputation method for multiclass matrix data based on closed itemset. *Entropy*, 24(2):286, 2022.
- [17] 塩瀬隆之, 川上浩司, and 片井修. 言葉にならない技の伝承. *脳科学とリハビリテーション*, 8:7–13, 2008.
- [18] 小倉啓子. 特別養護老人ホーム入居者のホーム生活に対する不安・不満の拡大化プロセス ‘個人生活ルーチン’の混乱. *質的心理学研究*, 4(1):75–92, 2005.
- [19] 池田悠平, 岡田佳子, 堀江亮太, 菅谷みどり, et al. 表情と生体情報を用いた感情の推測方法の検討. *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集*, 2016:149–161, 2016.
- [20] 福島宏器. 身体を通して感情を知る一内受容感覚からの感情・臨床心理学一. *心理学評論*, 61(3):301–321, 2018.
- [21] 足立浩平, 伊藤真道, and 宇野光平. 行列分解に基づく因子分析とその新展開. *計算機統計学*, 32(1):61–77, 2019.