

アンケートを用いたプログラミング初学者の動機付けの可視化 Visualizing motivation of beginner programmers with questionnaire

富田 直輝[†]
Naoki Tomita

大枝 真一[‡]
Shinichi Oeda

1. まえがき

近年、日本国内において 2020 年に小学生の教科として実施されるなどプログラミング教育を推進する動きは出てきている。しかし、フィンランドやイギリスなどの諸外国と比べると日本のプログラミング教育は遅れている。そのため、プログラミング初学者に対して適切な指導を行い効率的な指導を行う必要がある。プログラミング初学者に対する研究は数多く行われているが、短時間で学習者をアンケート等を用いて心理状況を可視化し評価をする研究はあまりされていない。

そこで本研究では、プログラミング初学者を対象にしたアンケートを行い、取得したアンケート結果を次元圧縮 (PCA, UMAP) によって可視化し、学習者の動機付け傾向を明らかにすることを第一目的とする。

2. 先行研究

アンケートの自体の研究においては稲垣ら [1] や早川ら [2] によって行われている。稲垣ら [1] はアンケートの可視化を MDS を用いてからスペクトラムクラスタリングを用いて可視化を行なった。また早河ら [2] はアンケート間の項目を評価する手法として質問対を定義した。その上でアンケートの項目を評価し設問を減らした。

プログラミング教育においては土肥ら [3] や手島 [4] が挙げられる。土肥ら [3] は ARCS モデルを用いて評価を行っており、手島 [4] は教育心理学の教員との検討によってアンケートを作成し、重回帰分析を行うことによって対象学生の動機づけを明らかにした。

また、筆者自身の先行研究において小学生 5 年生から中学校 3 年生までを対象に英語学習者についてアンケートをとり次元削減を用いて可視化を行なっている [5]。しかし、学年をまたいで生徒に対して紐付けを行うことができなかったため個人の動機づけの推移を測ることができなかった。

本研究では木更津高専の情報工学科の 1 年生から 5 年生までのプログラミング学習者を対象にすることによって、個人の動機づけの推移を測ることを可能とさせる。

3. 手法

3.1. 主成分分析

主成分分析 (以下, PCA) とは統計データから互いに無関係の因子を取り出して、観測対象をそれらの因子線型結合で説明することであり、取り出された因子を

[†]木更津工業高等専門学校 制御・情報システム工学専攻, Advanced Course of Control and Information Engineering, National Institute of Technology, Kisarazu College

[‡]木更津工業高等専門学校 情報工学科, Information and Computer Engineering, National Institute of Technology, Kisarazu College

主成分と呼ぶ。それらの分散 (対角に変換された分散共分散行列の対角要素) は各々の主成分の寄与の程度を表している。

ここで p 個の次元で表すことができる n 個 ($i = 1, 2, \dots, n$) のデータに基づいて分散共分散行列を表すと式 (1) で表される。 \bar{x} はデータ数 n の平均である。

$$S = \begin{pmatrix} s_{11} & \dots & s_{1k} \\ \vdots & & \vdots \\ s_{j1} & \dots & s_{jk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$s_{jk} = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad (2)$$

$(j = k = 1, 2, \dots, n)$

この分散共分散行列 S について固有値と固有ベクトルを $\lambda - pI = 0$ を求める。最大固有値を λ_1 として固有値を

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0 \quad (3)$$

とする。また単位ベクトルは

$$w_1 = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{12} \\ \vdots \\ w_{1p} \end{pmatrix} \quad w_2 = \begin{pmatrix} w_{21} \\ w_{22} \\ \vdots \\ w_{2p} \end{pmatrix} \quad w_p = \begin{pmatrix} w_{p1} \\ w_{p2} \\ \vdots \\ w_{pp} \end{pmatrix} \quad (4)$$

となる。固有値と固有ベクトルの行列は次の式で与えられる。

$$A = \begin{pmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \\ 0 & \dots & \lambda_p \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_p) \quad (6)$$

また p 次元のデータは次の式で変換することができる。

$$y_1 = w_{11}(x_1 - \bar{x}) + w_{12}(x_2 - \bar{x}) + \dots + w_{1p}(x_p - \bar{x})$$

$$y_2 = w_{21}(x_1 - \bar{x}) + w_{22}(x_2 - \bar{x}) + \dots + w_{2p}(x_p - \bar{x})$$

⋮

$$y_p = w_{p1}(x_1 - \bar{x}) + w_{p2}(x_2 - \bar{x}) + \dots + w_{pp}(x_p - \bar{x}) \quad (7)$$

2 次元間にプロットする場合は第 2 主成分までが軸でプロットされることになる。このことを次元圧縮という。 i 成分における情報量を知るための寄与率 ϕ は次の式で与えられる。

$$\phi = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \quad (8)$$

また第 1 主成分から第 k 主成分までを用いたときの情報量を知るための累積寄与率 Φ は次の式で与えられる。

$$\Phi = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 \dots + \lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 \dots + \lambda_p} \quad (9)$$

3.2. UMAP

UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) [6] とはファジー集合によって与えられるデータ間の距離から次元削減を行う手法となっている。

ファジー集合は式によって与えられる。

$$\mu(x) = (0, a); a \in (0, 1] \quad (10)$$

また次元削減後の初期化は k 近傍法によって定義される。圧縮後の座標の更新はクロスエントロピーによって定義される。

$$\begin{aligned} & C((A, \mu)(A, \nu)) \quad (11) \\ &= \sum_{a \in A} \mu(a) \log\left(\frac{\mu(a)}{\nu(a)}\right) + (1 - \mu(a)) \log\left(\frac{1 - \mu(a)}{1 - \nu(a)}\right) \\ &= \sum_{a \in A} \mu(a) \log(\mu(a)) + (1 - \mu(a)) \log(1 - \mu(a)) \\ &\quad - \sum_{a \in A} \mu(a) \log(\nu(a)) + (1 - \mu(a)) \log(1 - \nu(a)) \end{aligned}$$

距離尺度はユークリッド距離や \cos 距離など自由に決めることができる。

4. 計算機実験

木更津高専情報工学科 2, 4 年生合計 58 人を対象にプログラミングのアンケートを行なった。アンケートの項目については内発的動機づけや外発的動機づけを聞く内容になっている。例えば内発的動機づけの項目は「プログラミングは楽しい」などが挙げられる。また、外発的動機づけの項目は「将来研究室に入った時に必要になるので勉強している。」をなどが挙げられる。アンケートの実施日は前期中間試験が終了してから行った。

5. 実験結果

主成分分析と UMAP によるアンケートの分析結果を図 1 と図 2 に示す。

6. まとめ

本抄録ではプログラミング学習者にアンケートを取り、次元削減を用いて可視化を行なった。今後の予定としてはデータ数が少ないため、本科の 1 年生から 5 年生において複数回に渡ってアンケートをとる予定である。

参考文献

[1] 稲垣 和人, 吉川 大弘, 古橋 武, “アンケートデータにおける局所的に類似した回答者グループの抽出手法に関する検討”, 日本感性工学会論文誌 14 巻 3 号, pp. 425-431, 2015.

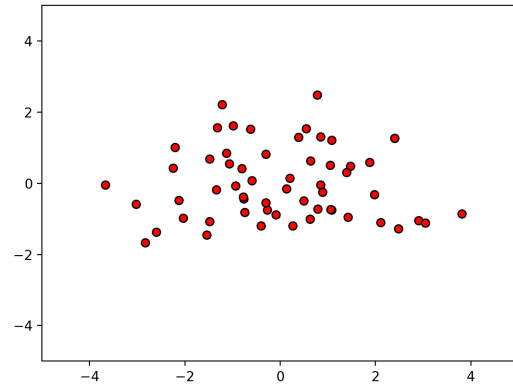


図 1 主成分分析の結果

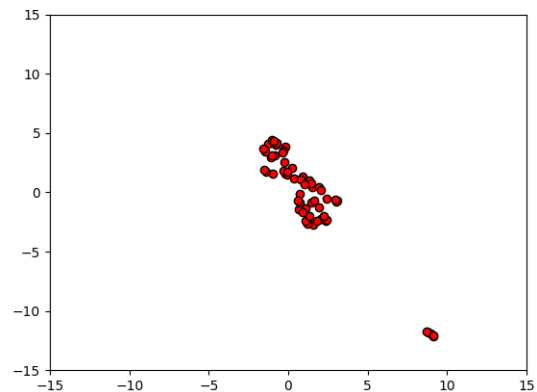


図 2 UMAP の結果

- [2] 早川 喜太, 吉川 大弘, 古橋 武, “アンケートデータにおける質問項目設計のための質問関係の解析手法に関する検討”, 第 28 回ファジィシステムシンポジウム, pp. 580-585, 2012.
- [3] 土肥 紳一, 宮川 治, 今野 紀子, “プログラミング入門教育におけるモチベーションと成績との関係の分析”, 工学教育研究講演会, 工学教育研究講演会 第 64 回年次大会 (平成 28 年度, 2016).
- [4] 手島 裕調, “情報系学部 1 年生におけるプログラミング学習への意識と学習の動機づけとの関連”, 静岡理科大学紀要 18 号, pp. 145-155, 2010.
- [5] 富田 直輝, 大枝 真一, Benjamin Maynard, “次元圧縮を用いた小中学校英語学習の内発的・外発的動機の評価”, 第 17 回情報科学技術フォーラム, 2018.
- [6] McInnes Leland, Healy John, Melville James, “UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction”, arXiv:1802.03426, 2018