

個別の生徒事情を考慮した教室クラス編成の最適化に関する検討

A study on optimization of organizing student class with the consideration of individual student relationships

田嶋 剛大[†] 高岡 旭[†] 塩谷 浩之[†]
 Takehiro Tajima Asahi Takaoka Hiroyuki Shioya

1 はじめに

日本の小中学校教員の多忙化が、教育現場に大きな問題を投げかけている [1]. 教育業務、部活動、保護者対応、さらには地域との連携業務など周辺の職務を含め、他国に比べ負担が大きい [2]. 教員の身体や精神への負担の増大に起因する精神疾患による休職者数の増加も報告されている [3]. よって教育業務の効率化が急務であり、ICT 技術の導入による教員職務の軽減が期待されている.

教員業務の一つであるクラス編成は、生徒個人の情報保護やセキュリティの観点から、成績や生徒間の関係を細かに考慮しながらの作業となっている.

本研究では、生徒の成績、さらには個別の生徒事情を考慮した教室クラス編成の最適化手法を構成する. 具体的には、古典的であるが有効性の高いホップフィールドネットワーク (HN) [4] を用いクラス分け問題のための手法を構成し、教育における活用と有効性について検討する.

2 クラス編成問題

2.1 問題の定式化

クラス編成問題における HN の状態の定式化について述べる. n 人の生徒を m クラスに分けるクラス編成を行う場合、HN の素子は全部で mn 個存在する. ネットワークの状態を $x = (x_{cs})_{s=1,2,\dots,n}^{c=1,2,\dots,m}$ とする. 素子の出力 x_{cs} においては、 $x_{cs} = 1$ ならばクラス c に生徒 s が所属、0 であれば所属しないとす. c_1s_1 から素子 c_2s_2 の間の結合の重みは $w_{c_1s_1c_2s_2}$ 、素子 cs のしきい値は θ_{cs} と表す. 素子を 2 次元に拡張した場合のエネルギー関数 E は次のようになる.

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{c_1=1}^m \sum_{s_1=1}^n \sum_{c_2=1}^m \sum_{s_2=1}^n w_{c_1s_1c_2s_2} x_{c_1s_1} x_{c_2s_2} - \sum_{c_2=1}^m \sum_{s_2=1}^n \theta_{c_2s_2} x_{c_2s_2} \quad (1)$$

2.2 クラス編成の諸条件

本稿では、架空の学生の成績データ 120 人分を用意し、3 クラスに分けるクラス編成を行う. 架空の学生の成績データは 3 科目とした. クラス編成をする上で満たす必要がある制約条件は以下の 5 つである.

1. 生徒がただ 1 クラス所属
2. クラスの生徒数 (40 名)
3. 総合成績におけるクラス間分散の最小化
4. クラス内成績の分散の最大化
5. 同じクラスにできない生徒の所属の適正化

HN のエネルギーを式 (2) のように設定する. 第 1 項は 1 人の生徒がただ 1 つのクラスに属する制約条件、第 2 項は 1 クラスの人数が $\frac{n}{m}$ 人になる制約条件を表す項である. 第 3 項、第 4 項はそれぞれクラス間の成績の総合得点の分散を最小化する式、クラス内の成績の分散を最大化する式を表す. この 2 項は HN の状態変化中に結合の重み w と素子のしきい値 θ を更新できない影響から、本来の分散ではなく分散に関連する量を導入し、最適化を行う. g_s は s 番目の生徒の成績で今回は 3 科目分存在する. G は生徒全員の成績の平均の生徒 $\frac{n}{m}$ 人で構成させたクラスの成績である. この G を本来のクラスの合計成績の平均として使用する. \bar{g} は生徒全員の成績の平均である. 第 5 項は同じクラスにしたい生徒を違うクラスに所属させるための式を表す. 生徒間の人間関係の距離は、同じクラスにしない生徒間の距離が遠くなる (大きくなる) ように設定し、生徒 i と生徒 j の距離 d_{ij} を次のように定義する.

[†] 室蘭工業大学 Muroran Institute of Technology

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{同じクラスにしない生徒間} \\ 0 & \text{その他の生徒間} \end{cases}$$

A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 は各項に関するパラメータで正の定数として、以下のようにエネルギー関数を構成する。

$$E = \frac{1}{2}A_1 \sum_{s=1}^n \left(\sum_{c=1}^m x_{cs} - 1 \right)^2 + \frac{1}{2}A_2 \sum_{c=1}^m \left(\sum_{s=1}^n x_{cs} - \frac{n}{m} \right)^2 + \frac{1}{2}A_3 \cdot \frac{1}{m} \sum_{c=1}^m \left(\sum_{s=1}^n x_{cs}g_s - G \right)^2 - \frac{1}{2}A_4 \sum_{c=1}^m \frac{1}{m} \sum_{s=1}^n (x_{cs}g_s - x_{cs}\bar{g})^2 - \frac{1}{2}A_5 \sum_{c=1}^m \sum_{s_1=1}^n \sum_{s_2=1}^n d_{s_1s_2} x_{cs_1} x_{cs_2} \quad (2)$$

式 (1) と式 (2) からネットワークの重み w と素子のしきい値 θ が定まる。

$$w_{c_1s_1c_2s_2} = -A_1\delta_{s_1s_2} - A_2\delta_{c_1c_2} - A_3\frac{1}{m}\delta_{c_1c_2}g_{s_1}g_{s_2} - A_5\delta_{c_1c_2}d_{s_1s_2} \quad (3)$$

$$\theta_{cs} = A_1 + \frac{n}{m}A_2 + \frac{G}{m}A_3 - \frac{m}{2n}(g_s - \bar{g})^2 A_4 \quad (4)$$

δ はクロネッカーデルタ関数である。以上よりクラス編成のためのエネルギー関数が構成される。

3 数値実験

生徒同士の距離 d を図 1 に示す。図 1 の (1) は同じクラスにしない生徒の設定を用いない場合の生徒間の距離 d である。図 1 の (2) は同じクラスにしない生徒を指定した場合の生徒間の距離 d である。すなわち、 d が 0 の生徒は青木さんと同じクラスに所属させることが可能、 d が 1 の場合は青木さんと別のクラスに所属させることを示している。ネットワー

	青木	阿部	新井	安藤	飯田	五十嵐	池田	石井
青木	0	0	0	0	0	0	0	0
阿部	0	0	0	0	0	0	0	0
新井	0	0	0	0	0	0	0	0
安藤	0	0	0	0	0	0	0	0
飯田	0	0	0	0	0	0	0	0
五十嵐	0	0	0	0	0	0	0	0
池田	0	0	0	0	0	0	0	0
石井	0	0	0	0	0	0	0	0

	青木	阿部	新井	安藤	飯田	五十嵐	池田	石井
青木	0	1	1	1	0	0	0	0
阿部	1	0	0	0	0	0	0	0
新井	1	0	0	0	0	0	0	0
安藤	1	0	0	0	0	0	0	0
飯田	0	0	0	0	0	0	0	0
五十嵐	0	0	0	0	0	0	0	0
池田	0	0	0	0	0	0	0	0
石井	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) 生徒関係の指定なし (2) 生徒関係の指定あり

図 1 生徒間の距離 d の比較

クと同じ初期値を与えて状態を推移させる。図 1 のそれぞれの場合についてクラス編成最適化を行い、得られた 2 つの編成結果を比較する。

図 2 に 2 つの場合のクラス編成結果の比較を示す。「人間関係を指定しない場合」は図 1(1) で示した距離 d を用いたクラス編成結果、「人間関係を指定した場合」は図 1(2) で示した距離 d を用いたクラス編成結果をそれぞれ示している。

1組	2組	3組
阿部恭子	青木剛	石田雅弘
安藤優子	新井真一	遠藤良太
飯田貴弘	池田翼	大野結衣
五十嵐裕也	石川弘	岡本優花
石井貴文	伊藤太一	加藤淳子
市川祐介	井上和明	川口賢一

1組	2組	3組
新井真一	青木剛	阿部恭子
飯田貴弘	石田雅弘	安藤優子
五十嵐裕也	今井慎太郎	池田翼
石井貴文	内川悟	市川祐介
石川弘	内田一誠	岡本優花
伊藤太一	大塚劉生	小川紀子

(1) 生徒関係の指定なし (2) 生徒間関係の指定あり

図 2 クラス編成結果の比較

図 2 の (1) では人間関係を指定していないため、青木さんと新井さんが同じ 2 組に所属している。図中 (2) では人間関係を指定しているため、新井さんが 1 組に所属し、青木さんが 2 組に所属している。以上のことから、同じクラスにできない生徒の所属の適正化が正しく行われたことが確認できる。

4 まとめ

本稿では個別の生徒事情を考慮して HN を用いて教室のクラス編成を行う手法を提案した。今後においては、生徒情報のセキュリティを備えた小中学校のクラス分け管理アプリの開発作成を進める。

参考文献

- [1] 神林寿幸, “課外活動の量的拡大にみる教員の多忙化一般線形モデルを用いた過去の労働時間調査の集計データ分析”. 教育学研究, 82 巻 1 号, pp. 25-35 (2015)
- [2] 文部科学省, “我が国の教員 (前期中等教育段階) の現状と課題—国際教員指導環境調査 (TAILS) の結果概要—”, https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/data/0thers/1349189.htm.
- [3] 文部科学省, “表 13 病気休職者数等の推移”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/jinji/1300256.htm.
- [4] 長岡浩司, 小嶋徹也, “統計的モデルとしてのボルツマンマシン,” 計算機統計学, vol. 8, no. 1, pp. 61-81 (1995)