

## 生徒属性に基づく学級編成の最適化に関する検討

A study on optimization of student-class formation based on student attributes

浅井 智哉<sup>†</sup>    鈴木 元樹<sup>‡</sup>    塩谷 浩之<sup>‡</sup>  
Tomoya Asai    Genki Suzuki    Hiroyuki Shioya

## 1 まえがき

小中学校における現代の教育現場では、教育業務や部活動などの日常的な業務に加え、校務の情報化に伴うデータ関連の作業が増加しており、業務時間が増加している [1]。近年の教員数の減少があるなかで [2]、教員負担を抑えながら学校運営を行うために教育業務の効率化が求められている。円滑なクラス運営に必要とされるクラス編成においては、生徒の能力や人間関係を考慮して編成を決定していくためその作業量と重要度が特に高い。クラス間の成績の差は学校全体の運営に影響する。個々のクラスにおいては、ピアノが弾ける生徒、クラスリーダー的な生徒、生徒会活動など各種の生徒の特性があり、特性を持つ生徒を全クラスに分散して適切に配置することが必要となる。

本研究においてはクラス編成業務の効率化のために、成績や能力による属性を考慮しながらクラス編成を自動で作成するシステムを開発を行った。人間関係に基づいたクラス編成の最適化手法 [3] に基づいて、数値実験により生徒特性の充実化して実用性あるシステムとしての有効性について検証を行った。

## 2 提案システム

## 2.1 ホップフィールドネットワーク

ホップフィールドネットワークとは自己結合を含まない相互結合型のニューラルネットワークである。ネットワークの素子を次のように設定する。 $n$  人の生徒に対し  $m$  個のクラスに編成するのでネットワーク素子数を  $mn$  とする。生徒のインデックスを  $s$ 、クラスのインデックスを  $c$  とする ( $s = 1, \dots, n$ ,  $c = 1, \dots, m$ )。素子  $(c, s)$  の値を  $x_{c,s}$  とし、クラス  $c$  に所属しない場合は 0、所属する場合は 1 として 2 値をとる。 $\theta_{c,s}$  を素子  $x_{c,s}$  の閾値とし、 $w_{c_1, s_1, c_2, s_2}$  を素子  $(c_1, s_1)$  と素子  $(c_2, s_2)$  の間の重みをとる。エネルギー関数を以下のように設定する。

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

## 2.2 条件設定

生徒数 120, 160, 200, 240 の 4 種の成績データを乱数を用いて設定し、それぞれについて 1 クラス 40 人のクラス編成を行う。編成において満たすべき項目として、生徒がただ 1 つのクラス所属し、各クラスの生徒数を  $n/m$  名とし、男子数全体を  $M$  として各クラスに  $M/m$  名の男子生徒が所属する。クラス内の成績の多様性を確保するためクラス内の成績分散を大きくする。生徒間での関係性からクラス所属を適正化し、ピアノ、クラスリーダー、生徒会、欠席の多い生徒などを分散して編成する。以上の条件をホップフィールドネットワークによる最適化における拘束条件とする。上記をエネルギー関数によって以下のように定式化する。

$$E = \frac{1}{2} A_1 \sum_{s=1}^n \left( \sum_{c=1}^m x_{c,s} - 1 \right)^2 + \frac{1}{2} A_2 \sum_{c=1}^m \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} - \frac{n}{m} \right)^2 + \frac{1}{2} A_3 \sum_{c=1}^m \left\{ \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} \text{Gen}_s \right) - \frac{M}{m} \right\}^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{m} A_4 \sum_{c=1}^m \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} g_s - \bar{G} \right)^2 - \frac{1}{2} \frac{m}{n} A_5 \sum_{c=1}^m \sum_{s=1}^n (g_s - \bar{g}_c)^2 x_{c,s}^2 + \frac{1}{2} A_6 \sum_{c=1}^m \sum_{s_1=1}^n \sum_{s_2=1}^n d_{s_1, s_2} x_{c, s_1} x_{c, s_2} + \frac{1}{2} A_7 \sum_{c=1}^m \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} p_s - \frac{P}{m} \right)^2 + \frac{1}{2} A_8 \sum_{c=1}^m \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} l_s - \frac{L}{m} \right)^2 + \frac{1}{2} A_9 \sum_{c=1}^m \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} t_s - \frac{T}{m} \right)^2 + \frac{1}{2} A_{10} \sum_{c=1}^m \left( \sum_{s=1}^n x_{c,s} k_s - \frac{K}{m} \right)^2 \quad (2)$$

ただし、生徒の性別を  $\text{Gen}_s$  とし、男子の場合は 1、女子の場合は 0 とする。 $M$  を男子の総数、 $g_s$  を

<sup>†</sup> 室蘭工業大学 理工学部 システム理化学科

<sup>‡</sup> 室蘭工業大学 しくみ解明系領域

生徒インデックス  $s$  の成績とする。クラス所属の結果よりクラス  $c$  に所属する生徒の総合成績を  $G_c$  として  $G_c = \sum_s x_{c,s} g_s$  によって求める。  $\bar{G}$  を各クラス総合点からのクラス間での平均値、すなわち  $\bar{G} = \sum_{c=1}^m G_c / m$  とする。  $d(s_1, s_2)$  を生徒  $s_1$  と生徒  $s_2$  の関係性を表す値とする。生徒  $s$  のピアノ、クラスリーダー、生徒会、欠席に関する属性をそれぞれ  $p_s, l_s, t_s, k_s$  として、それぞれ 0, 1 の値をとる。  $P, L, T, K$  はそれぞれの属性を持つ生徒の総数とする。  $A_1, \dots, A_{10}$  は各項目の重要性を示す係数とし、事前の数値実験を通じて適切な値を選定した。ネットワークの重みと閾値を以下のように設定する。

$$\begin{aligned} w_{c1,s1,c2,s2} = & -A_1 \delta_{s1,s2} - A_2 \delta_{c1,c2} \\ & - A_3 \delta_{c1,c2} \text{Gen}_{s1} \text{Gen}_{s2} \\ & - A_4 \frac{1}{m} \delta_{c1,c2} g_{s1} g_{s2} - A_6 \delta_{c1,c2} d_{s1,s2} \\ & - A_7 \delta_{c1,c2} p_{s1} p_{s2} - A_8 \delta_{c1,c2} l_{s1} l_{s2} \\ & - A_9 \delta_{c1,c2} t_{s1} t_{s2} - A_{10} \delta_{c1,c2} k_{s1} k_{s2} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_{c1,s1} = & A_1 + A_2 \frac{n}{m} + A_3 \frac{M}{m} \text{Gen}_{s1} \\ & + A_4 \frac{\bar{G}}{m} g_{s1} + \frac{1}{2} A_5 \frac{m}{n} (g_{s1} - \bar{g}_{c1})^2 \\ & + A_7 \frac{P}{m} p_{s1} + A_8 \frac{L}{m} l_{s1} \\ & + A_9 \frac{T}{m} t_{s1} + A_{10} \frac{K}{m} k_{s1} \quad (4) \end{aligned}$$

ただし、  $\delta_{c1,c2}$  および  $\delta_{s1,s2}$  はクロネッカーのデルタ関数とする。

### 2.3 遺伝的アルゴリズムの導入

本提案手法においては、最適化手法として、ホップフィールドに加えて遺伝的アルゴリズムを導入している。考慮されている点としては、1人の生徒が複数のクラスには所属しないこと、クラスの人数制約、男女の比率である。ホップフィールドネットワークのみの最適化による結果よりも優れた結果が得られることが期待される。

## 3 数値実験

数値実験として、2つの最適化手法を組み合わせた方法により比較検討を行う。評価の基準としては、ピアノ技能など属性を持った生徒数として、ここではクラス数の約1.5倍の数を設定した(3クラス:4人, 4クラス:6人, 5クラス:7人, 6クラス:9人)。また、性能評価は人間関係の条件数が40の場合で行った。ただし、生徒間の関係は生徒の属性の有無に無関係にランダムに設定した。クラス毎に各属性1人か2人が配属された場合に、制約条件を満たしているとする。以上を考慮して、ホップフィールドのみの場合と、ホップフィールドと遺伝的アルゴリズムのハイブリッドの場合についてそれぞれ実験し、各属性においてクラスに1,2名が配置されているクラス数の平均値を求める。

ホップフィールドネットワークのみで求めた表1、

表1 属性配置結果 (HN)

| 編成   | ピアノ  | リーダー | 生徒会  | 欠席   | 平均   |
|------|------|------|------|------|------|
| 3クラス | 2.33 | 2.00 | 2.67 | 2.00 | 2.25 |
| 4クラス | 3.33 | 3.00 | 3.67 | 2.67 | 3.17 |
| 5クラス | 4.00 | 3.67 | 4.67 | 4.00 | 4.08 |
| 6クラス | 4.67 | 5.00 | 4.67 | 5.67 | 5.00 |

表2 属性配置結果 (HN+GA)

| 編成   | ピアノ  | リーダー | 生徒会  | 欠席   | 平均   |
|------|------|------|------|------|------|
| 3クラス | 3.00 | 1.67 | 2.67 | 1.56 | 2.22 |
| 4クラス | 2.67 | 3.00 | 3.44 | 2.89 | 3.00 |
| 5クラス | 3.78 | 4.11 | 3.44 | 4.33 | 3.92 |
| 6クラス | 4.67 | 4.67 | 5.22 | 4.67 | 4.81 |

ホップフィールドネットワークと遺伝的アルゴリズムによって求めた結果として表2に示す。ホップフィールドを活用することで属性配置の性能は上げられる。詳細は略するがクラス編成では他の要素が満たされていない最適化の性能として安定的ではない。表2においては属性に対し適切性のある配置となって、遺伝的アルゴリズムを加えることで、クラス人数や男女比などの他要件を守りつつ、属性では最適性ではホップフィールドに近い結果が得られている。以上から、遺伝的アルゴリズムも加味することで、属性を考慮しつつ安定的な結果に結びつけることが確認できた。

## 4 まとめ

本研究においては、ホップフィールドネットワークを用いて、生徒の様々な属性を考慮したクラス編成を最適化するシステム開発を行った。今後の課題としては最適化に要する時間の短縮や、結果出力後における教員による生徒入れ替え調整など教員業務に対応した機能の付加などがあげられる。

## 参考文献

- [1] 文部科学省, “教育の情報化に関する手引” 検討案, 第6章 校務の情報化,” [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/056/shiryo/attach/1249675.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/056/shiryo/attach/1249675.htm)
- [2] 文部科学省, “令和元年度学校教員統計調査(確定値)の公表,” 2022 [https://www.mext.go.jp/content/20210324-mxt\\_chousa01-000011646\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210324-mxt_chousa01-000011646_1.pdf)
- [3] 田嶋剛大, 高岡旭, 塩谷浩之, “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,” 第20回情報科学技術フォーラム, pp. 261-262, 2021.