

作品名 座席配置の評価システムの開発

所属 広島大学附属高校 学年 3年 氏名 若松 真 石河 優希 高木 明日香

I 研究の要約

黒板が見えにくい・声が聞こえにくいなど、生徒が学校の授業中に受ける不利益を解消することを目的とし、4つの観点から教室の座席の配置を定量化して点数で評価する独自の方法を構築し、この評価方法を用いてよりよい座席配置を提案する2つのシステムを考案した上でそれを本校の教室環境で実行した。その結果、両システムにおいて、一般的に使用される座席配置よりも点数の高い座席配置が提案されることを確認した。

II 動機・目的

学校教育現場、特に小・中・高等学校における教室内での授業の際、生徒は座席の位置によって、教師の声が聞き取れなかったり黒板の文字が見えにくかったりするなどの不利益を被ることがある。これらの不利益は、生徒の座席の位置や向きを変えることによって解決されれば、より簡単で実践しやすいものになるだろうと考えた。そこで、私たちは生徒の受ける不利益の総和が小さくなるように、現在一般的に用いられている座席配置（図1、以下、ノーマル型と表記）を変えることでこれらの問題を解決することにした。

本研究では、一般的に用いられている座席配置とは異なる、生徒の受ける不利益を解消した座席配置を考案することを目的とする。

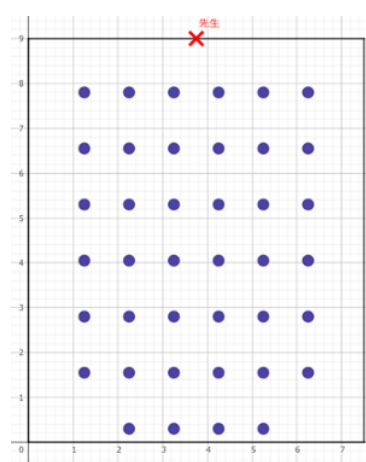


図1
ノーマル型の座席配置

III 研究方法

1. 座席配置の評価方法の決定

生徒の受ける不利益を評価する必要があるため、これを定量的に評価する方法として、複数の評価項目を用いて座席配置の点数化を行う。また、教室を座標空間とみなし、教師や生徒の座席の位置を座標として表すこととする。その他、教室の吸音率、黒板の位置や大きさ、黒板上の文字の大きさなどを変数とした教室環境の設定を行う。これらの座標の値や各種変数は、多様な教室環境に応じて変更可能なものとする。以上より、座席配置を評価する際に必要な教室環境の要素を定量化する。

2. 座席配置の点数化の方法

以下に記す、生徒の受ける利益を、座席位置の座標から計算するための関数である評価関数を用いて、生徒の座席一つごとにその値を計算する。以下この論文内で評価関数とはこれを意味する。これを生徒の人数分行う。なお、評価関数の値は高ければ高いほどよい環境、すなわちその生徒が不利益を被らないことを示している。

3. 座席配置の点数化の方法 評価関数の作成

点数化を行う際、以下の4つの評価関数を用いることとした。

(1) 評価関数① 教師の声の聞こえやすさ (図2)

$$Lp = Lw + 10 \log_{10} \left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

(生徒に届く教師の声の大きさ Lp [dB], 教師の声の大きさ Lw [dB], 教師と生徒の距離 r [m],

室定数 $R = \frac{SP}{1-P}$ (教室総表面積 S [m²], 吸音率 P)) [1]

生徒が教師の声をどれくらい聞きやすいかを音圧によって評価する式である。設定された教師と生徒の座標からその間の距離 r を求め、その距離に応じて、値が減衰する式になっている。

室定数Rの教室



図2 評価関数①のイメージ

(2) 評価関数② 黒板の文字の判別のしやすさ (図3)

θ (黒板上の文字を見る視角[°])

生徒の見る黒板上の文字の見え方の大きさを評価する式である。黒板上の文字の上端と下端とを生徒の座標と結んだときにできる角度で、その生徒の視界に占める黒板上の文字の大きさを計算している。評価関数①と同様、距離に応じて、値が減衰する式になっている。

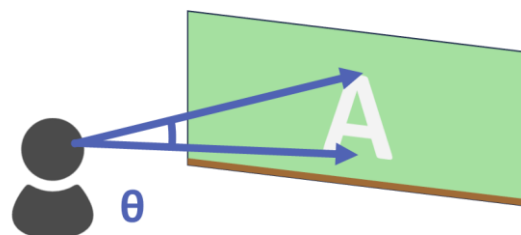


図3 評価関数②のイメージ

(3) 評価関数③ 黒板の見やすさ (図4)

$\cos\alpha + \cos\beta$ (黒板の中心を見るための仰角 α , 黒板の中心を見るための首のふり幅の角度 β)

生徒が黒板のある一点を見る際の身体的負担を評価する式である。ある一点を見る際の視線の仰角と、身体の水平方向の回転角度を用いて、その角度が大きいほど、生徒の身体的負担が大きくなるとしている。そのため本研究では、考えうる 0° から 90° の間において角度が大きいほどその値が減衰する余弦の値を用いて計算を行っている。

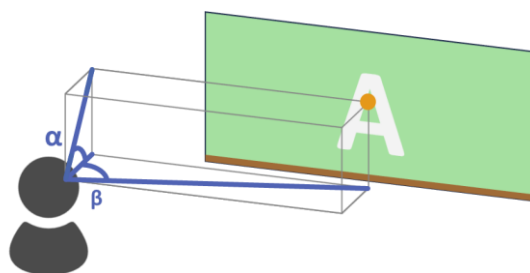


図4 評価関数③のイメージ

(4) 評価関数④ 生徒が見える黒板の面積 (図5)

T (教師の体によって隠れていない、見える黒板の面積の割合)

生徒が黒板全体を見る際、教師が黒板の前方に立つことによって、生徒が見ることのできない黒板の面積の割合を評価する。座標空間中に設置した黒板の前に教師に見立てた直方体を置き、生徒の座標から視線に見立てた光を当て、黒板上にできる影の面積を生徒が見ることのできない黒板の面積としている。これを黒板全体の面積から引いたものが、実際に生徒が見ることのできる黒板上の面積の大きさとなる。

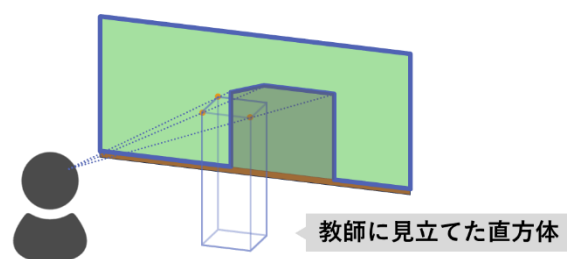


図5 評価関数④のイメージ

4. 座席配置の点数化の方法 項目の正規化

前節で定めた評価関数①～④により評価項目ごとに座席ごとの値を計算することが可能になったが、これらを合計する際、4つの値は単位がそれぞれ異なり、大きさも大きく異なることが問題となる。そこで、各項目について、0から1の範囲に値を圧縮する正規化を評価関数ごとに行う。

$$p_{norm} = \frac{p_{func} - m}{M - m} \quad (\text{正規化後のその座席の評価関数の値 } p_{norm}, \text{ その座席の評価関数の値 } p_{func}, \text{ その評価関数の値の最大値 } M, \text{ その評価関数の値の最小値 } m)$$

5. 座席配置の点数化の方法 重みづけ

前節の処理により、項目ごとの単位の違いによる値の大きさの差をなくすことができた。しかし実際には、人によって4項目のうちの重視する項目やその程度は異なっており、これを考慮するには、さらに個人の感性に応じた重みづけが必要である。そこで、階層分析法を用いてこれを算出することとする。

階層分析法とは、問題の要素を階層構造としてとらえ、各レベルの階層について、ペア比較によりその階層の要素間の重みを出し、最後に階層間の重み付けを行うことで算出された数値によって意思決定を行うことを可能にする手法である。^[2]

本研究では、階層は総合目的と評価基準のみであるため、階層間の重みづけは行っていない。評価関数①～④の重要度のペア比較マトリックスを各行について幾何平均の算出を行い、幾何平均値の合計に対する各評価基準の割合を重みとして用いる。

6. 座席配置の点数化の方法 合計

最後に、正規化後の人数分のデータの値を合計し、前節で算出された重みを各項目にかけて、「座席配置の点数」とする。

IV よりよい座席配置の提案・シミュレーション

1. 作成したシステムの概要

この座席配置の点数化の方法をもとに、新たな座席配置を考案するシステムを2つ作成した。これらはPythonを用いて作成した。

(1) システム1

座標空間内の点数の高低を参考にしつつ、生徒と見立てた座標がなるべく点数の高いところに位置するように座席配置を人為的に作成する。

(2) システム 2

遺伝的アルゴリズムを用いて、生徒と見立てた点ができるべく多く点数の高いところに位置するように、よりよい座席配置を機械的に生成する。

2. 提案

2 つのシステムを用いた新しい座席配置の提案を行う。環境設定は以下の本校の各種教室環境のデータを用いる。現在本校を含め一般的に用いられているノーマル型の座席配置（図 1）の点数を計算して出た値と、今回作成した 2 つのシステムで出力された結果の値とを比較する。

今回用いた教室環境のデータは以下の通りである。

教室の幅 (x) [m], 奥行き (y) [m], 高さ (z) [m]: それぞれ 7.5, 9.0, 3.6

黒板の上端・下端の床からの高さ[m]: それぞれ 2.4, 1.2

黒板の左端・右端の左側の壁からの距離[m]: それぞれ 1.95, 5.55

教室の壁の吸音率[%]: 50

生徒の平均座高[m]: 1.2

教師が主に立つ位置（左側の壁からの距離）[m]: 3.75

教師の声の大きさ[dB]: 60

教師が書く文字の大きさ[cm]: 10

また、上記の階層分析法を用いて本校における各評価関数の重みを算出した。本校教師 32 名が回答した各評価関数の重要度をそれぞれ一対一で比較するアンケートをもとに階層分析法を行った結果、①:②:③:④=0.15:0.32:0.35:0.18（①, ②, ③, ④はそれぞれ評価関数①, ②, ③, ④の重みである）となった。

なおこのアンケートは本校教師全員に対して送ったフォームを通して 32 名の教師から回答を得た。実施時期は 2024/6/20 から 6/27 までの 8 日間である。

1 *

1 2 3 4 5 6 7 8 9

生徒に自分の声がきちんと届くこと ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ 生徒が黒板の文字を判別しやすいこと

図 6 質問内容の一例

質問内容については、図 6 のように各評価基準をペアにして左右に並べたものをすべての組み合わせについて作り、計 6 個の質問それぞれに対して生徒の学習環境を考えたときに左右の要素がどのくらいのバランスで実現されている教室を理想だと考えるかを、左右の要素の重要度の合計を 10 としてそれを割り振る形で質問した（付録 1 参照）。

例 1:重要度を左 9 対右 1 だと回答したいときは、一番左の○を選ぶ (1)

例 2:重要度を左 3 対右 7 だと回答したいときは、右から 3 番目の○を選ぶ (7)

この重みを用いてノーマル型の座席配置の点数を計算した結果 17.85 点という結果になった（表 1、計算の様子の一部を示している）。以下、本校の教室環境下での座席配置の点数を計算する際はこの重みを計算に使用するものとする。

表 1 ノーマル型の点数の計算の様子

生徒	x 座 標	y 座 標	角 度 [°]		① 聞 き や す さ [dB]	② 文 字 の 判 別 [°]	③ 見 や す さ	④ 見 え る 面 積	合 計
A	1.25	7.8	0	▶	評価関数	44.5	2.0	1.4	99.1
					正規化	0.20	0.45	0.45	0.98
B	2.25	7.8	0	▶	評価関数	47.0	2.7	1.6	96.3
					正規化	0.45	0.70	0.61	0.93
...	...	...	...	▶	評価関数	...	...	...	
					正規化	...	...	...	...
正規化合計					5.5	8.8	26.1	28.1	
重みづけ					×0.15	×0.32	×0.35	×0.18	
座席配置の点数					0.83	2.83	9.14	5.05	17.85

(1) システム 1 の実行

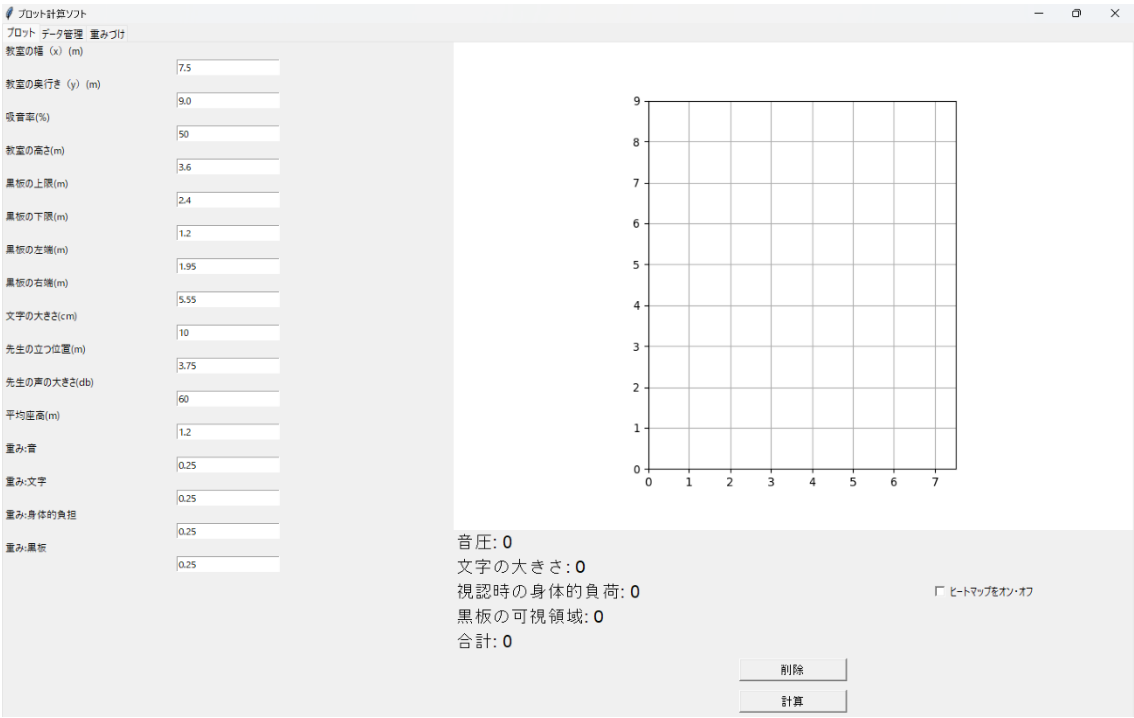


図 7 システム 1 の実行画面



図 8 システム 1 の評価関数の重み設定画面

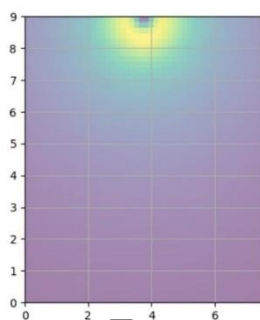


図 9

教室の点数分布



図 10

点数分布の点数の高低

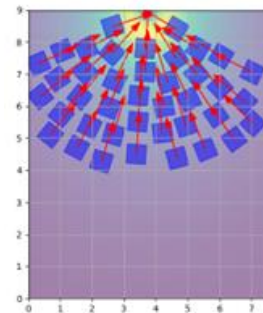


図 11

システム 1 の実行例

システム 1（実行画面は図 7，8）より，この重みから算出される教室の点数分布（図 9）に従って，座席配置例を提案した（図 11，ただし点数の高低は図 10のとおりであり上の色ほど点数が高い）。この図 11の座席配置の点数を計算した結果 25.98 点となり，ノーマル型の点数（17.85 点）よりも高い点数の座席配置を提案することができた（付録 2 参照）。

（2）システム 2 の実行

システム 2（実行画面は図 12）では，多様な解の中からよりよい解を取り出し，それを組み合わせたり変形したりして，さらによりよい解を生成するという遺伝的アルゴリズムの特性を活用した。初めにランダムに 50 パターンの座席配置を生成しておき，その中から 5 つの座席配置をランダムに選び一番高い点数を取る座席配置を選出するという工程を 50 回行って選ばれた比較的点数の高い 50 パターンの座席配置群（トーナメント選択）を，組み合わせたり（交叉），局所解を回避するため新たに配置しなおしたりすること（突然変異）で点数の低い座席配置を淘汰し，よりよい座席配置を生成するシステムを構築した。なお，

この遺伝的アルゴリズム内ではこの交叉を 100 回繰り返し、0.01 の確率で突然変異が起こるように設定した。

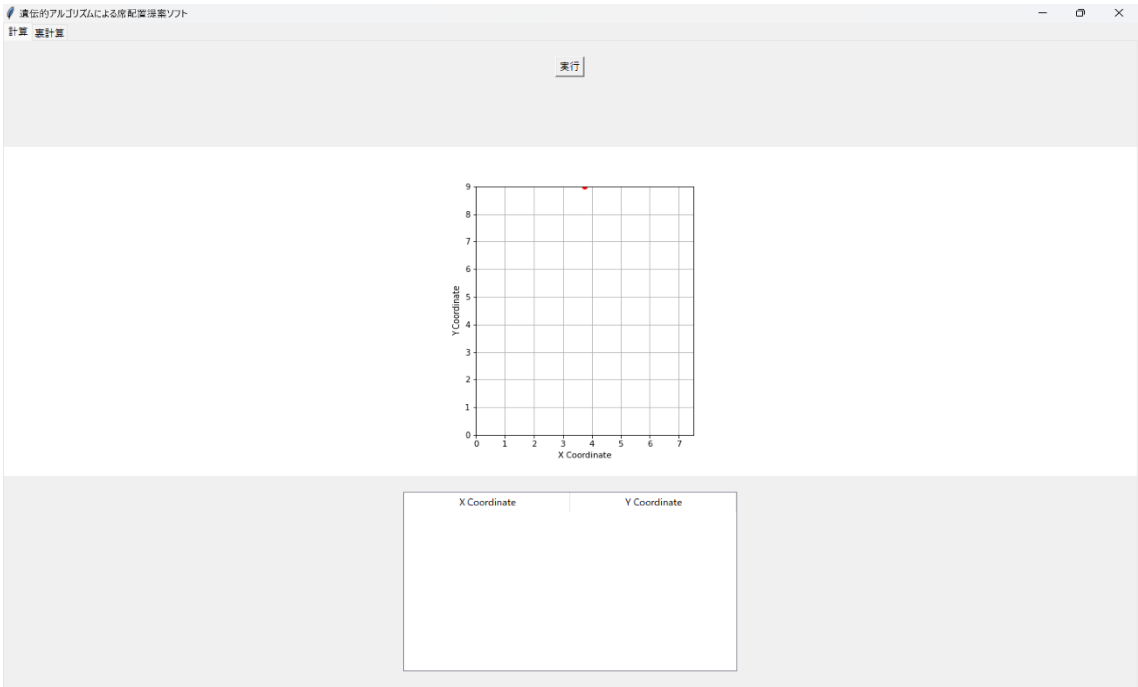


図 1 2 システム 2 の実行画面

システム 2 の方法で提案された座席配置例（図 1 3）は 21.15 点であり、ノーマル型の点数（17.85 点）よりも高い点数の座席配置を提案することができた（付録 2 参照）。

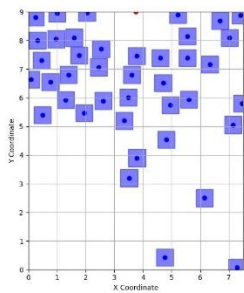


図 1 3 システム 2 を実行した結果

V 結果と考察

右に今回作成したシステムを使って作られた座席配置の一例の点数を記す。この表より、作成したシステムを用いて、現在一般的に用いられている座席配置よりもよい座席配置を作ることができたことが分かる。生徒にとっての不利益を解消する新しい座席配置を作ること

表 2 各座席配置における点数

	点数(点)
ノーマル型	17.85
システム 1 の一例	25.98
システム 2 の一例	21.15

研究の目的であり、それは以上の結果から達成されたとと言える。

VI 結論と今後の展望及び感想

1. 結論

一般的に用いられている座席配置とは異なる、生徒の受ける不利益を解消した座席配置を考案することを目的として、新たな座席配置を考案するシステムを2つ作成した結果、以下のことが得られた。

- ・座席配置を定量化するための4つの評価関数や、その他の計算方法を独自に作成することで、座席配置の点数化およびそれによって座席配置同士の比較が可能になった。
- ・この手法に基づいたシステムを2つ作成し、両システムにおいて現在使用されているものよりも点数の高い座席配置を提案することができた。
- ・本システムは教室の環境設定を変えることで本校に限らず実際の様々な教室環境に対応することが可能となった。

2. 今後の課題

今後の課題としては、新たに生徒間の話し合いのしやすさや、生徒同士の距離の近さによって感じる生徒の不快感などを点数化するための新たな評価関数を追加し、実際の教室の多様な状況の再現を目指すことが挙げられる。また、システムを使う際に設定した教室の枠と座席が接触した際にその座席を排除するなどの技術的にこれまで開発が叶わなかった機能について、システムに搭載することも今後の目標の一つとして挙げられる。

3. 感想

2年間に及ぶ研究がこのように結実して、安堵している。初め、我々の中にPythonを使える人は一人もおらず、Pythonを使って分析したらいいのではないかという意見が出てきたときはどんな結果が得られるのかわからないので大変不安だったが、わからないなりに調べながら研究を進め、できたプログラムが形になっているのを見たときは大変感動した。授業をストレスなく受けられる席はないだろうか、という問いは多くの人が考えたことがある身近な問いだと思うが、このように身近な問いに数学の知見から答えを見出せたという経験を通して、また一つ学問の面白さに気づけたと感じている。

VII. 謝辞

本研究を行うにあたり、多大なるご指導、ご助言を賜りました本校数学科の井上優輝先生に心より感謝申し上げます。

引用文献

- [1] ONOSOKKI, 「音の測定の基礎」, 2010年, https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/eMM_back/emm103.pdf (閲覧日: 2024年7月25日)
- [2] 法雲俊栄, 『アンケート調査とAHP データ分析ー単純集計では見えない消費者の本音を探るー』, オーム社, 2023年, 7-11, 60-63

