

遺伝的アルゴリズムによるペアプログラミング実習の ペア編成・座席配置の最適化とその視覚化

上原 涼^{1,a)} 向山 慎二^{1,b)} 鈴木 聡^{1,c)} 小方 博之^{1,d)}

概要: ソフトウェア開発において、他者と協働しながら成果を出すスキルは近年重要性を増しており、そのニーズに応えられる学習環境の構築は喫緊の課題といえる。著者のひとは、そのようなスキルの獲得を見据えた初学者向けのペアプログラミング実習に向けて、ペア編成・座席配置の最適化を遺伝的アルゴリズムですでに試みたが、授業における実運用のためには最適化の結果を円滑に利用するための情報の視覚化が重要である。本研究ではそのための視覚化のシステムの開発を Web ベースで行った。そのシステムの機能紹介と、今後の課題について述べる。

Optimization of Pair Formation and Seat Assignment using Genetic Algorithm and its Visualization

RYO UEHARA^{1,a)} SHINJI MUKOYAMA^{1,b)} SATOSHI V. SUZUKI^{1,c)} HIROYUKI OGATA^{1,d)}

Abstract: Recently, importance of collaboration skills with others in software development is increasing. Therefore, development of learning environment for acquiring such skills is an emergent problem. One of the authors has been attempting to develop optimization programs of pair formation and classroom seat assignment in pair programming class for beginners. However, development of visualization to utilize the results of optimization in practice of the pair programming class is needed. In this study, we developed a web-based system for such visualization. We describe the functions of this system and discuss future work.

1. はじめに

多様な他者と協働しながらソフトウェア開発を行うことの重要性が年々増している。開発者間の円滑なコミュニケーションが製品の価値の最大化、開発期間の最小化において鍵を握るといえる。また、大学教育の中でもプロジェクト型学習 (Project-Based Learning) の導入の増加など、他者との協働を前提とした授業・実習を行う機会が増えている [7]。その中には、プログラミングを協働で行う場面の想定も含まれる。そこで、本研究では協働を通じたプログラミングの学習の一形態としてペアプログラミング [17]

に注目する。ペアプログラミングにおける学習者間の相互作用を通して、将来ソフトウェア開発の現場において重要視されるコミュニケーションのスキルの基礎を、実践に近い場面で身につけることが可能と考えられる。

しかし、ペアプログラミングを教育の現場に導入する場合、プログラミング以外の学習場面でも通用する一般的なピア学習のメリット [8] もあるものの、学習の成否は開発の現場と同様、ペア編成に依存する問題が大きい [10], [17]。また、広く他者との協働を捉えた場合、ペアをベースとした協働も重要ではあるが、ペア以外の他者を巻き込みながら極力学習者自身の実力で作業を成し遂げることも必要といえる。著者のひとは以上の点を踏まえ、複数回のペアプログラミング機会を前提としたプログラミング実習でのペア編成および座席配置の最適化手法を提案している。本研究では、この手法を実際の授業で円滑に運用するための座席配置の可視化システムの開発を試みる。

¹ 成蹊大学 理工学部 システムデザイン学科
Seikei Univ., 3-3-1 Kichijoji-kitamachi Musashino Tokyo
180-8633 Japan

a) us113021@cc.seikei.ac.jp

b) us113129@cc.seikei.ac.jp

c) ssv@st.seikei.ac.jp

d) ogata@st.seikei.ac.jp

2. 関連研究

2.1 協調学習手法としてのペアプログラミング

ペアプログラミングでは 2 人 1 組で 1 台の端末を共有し、片方がドライバとしてコーディングを行い、もう片方がナビゲータとしてドライバのコードに対して質問や誤りの指摘を行い、適切なコーディングを促すようにし、その役割を随時交替してプログラミングを進める。ソフトウェア開発の場において、ペアプログラミングは開発者間のコミュニケーションの促進させることも意図している [1], [17].

ペアプログラミングは開発現場発の手法ではあるが、教育現場においても導入の事例はある。アジャイルソフトウェア開発について実践的に学ぶために導入される [10] 例もあるが、本研究では協調学習の一形態として扱う。プログラミング以外でも、学習者同士がペアとなり学ぶ形式は多くの場面でみられ、そのメリットも知られている [8]. 実際、ペアプログラミングを初学者向けのプログラミング実習に採り入れた事例も存在し [4], ペア内の適切かつ相互的な説明がプログラミングの質を高めることが示唆されている。

2.2 協調学習における座席配置

学習者の座席位置と学習意欲や遂行などとの間に大きな相関があることは古くから知られている (Becker et al. [2] など) が、その分析の多くは講義形式の授業を意図しており、協調学習、そしてプログラミング実習向けには異なる視点で考える必要もある (Prensky [9] など)。また、Cox et al. [3] は、大学のプログラミング実習において、数学試験のスコアやプログラミングのスキルを考慮し、グリッド型の教室において、通路側でない席に遂行の高い学習者を、通路側に遂行の低い学習者を配したところ、学生同士の教え合いを促すことができたとしている。これらを念頭に、座席配置の最適化を通して、ペア外との教え合いを促し、極力学習者自身の実力で直面した問題を解決できる能力を獲得できる環境づくりを行うのが本研究の目標である。

2.3 教育現場における組合せ最適化手法の活用

本研究ではペア編成・座席配置において組合せ最適化を試みているが、学習の場において、組合せ最適化が効果的と思われる事例は多くみられる。学生の研究室配属 [5] や協調学習などにおけるペアやグループの編成 [11], [15], [16] はそのような例に相当する。

しかし、最適化の結果をただ出力するのみではなく、最適化の結果を視覚化し、現場を知る人間の判断として最適といえるかどうかの判断が行えるようなシステムも必要といえる。三木ほか [6] は普段から個々人に対する決まった

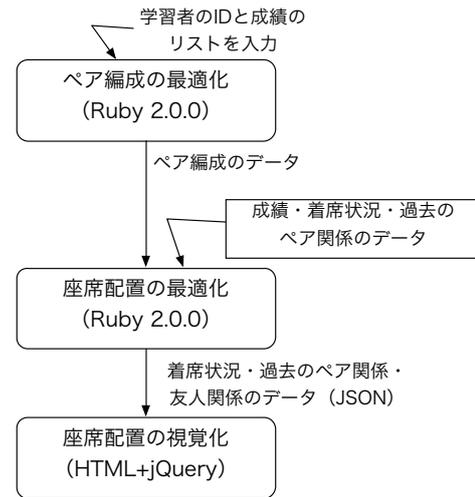


図 1 最適化・視覚化の流れ

座席位置のないオフィス空間における座席決定手法を提案し、実際に座席決定を行うシステムを構築し、運用した結果について報告している。本研究では、複数の最適化の結果を見ながら実際に用いる座席配置について検討することを可能にする視覚化システムの構築を試みた。

3. ペア編成・座席配置の最適化

本研究では、ペア編成は田中 [15] の手法を、座席配置は Shin-ike and Iima [12] の手法を参考に、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を用いて最適化を行った。

(1) まず、田中 [15] の考えに基づき、ペア内の学力差がクラス全体で極力均等になるように GA における適応度を定め、ペア編成の最適化を行う。この際、繰り返しのペアプログラミング機会を想定し、ペアは毎回異なる方がよい [17] という考えから毎回異なるペアが組まれるように最適化を行う。

(2) (1) の結果を受けて、Shin-ike and Iima [12] の GA の交叉・突然変異の手法に基づき、個々の学習者単位でなく、ペア単位での座席配置の最適化を行う。また、交叉・突然変異それぞれの後に、Cox et al. [3] の知見を踏まえ、ペア内で学力が上の学習者は通路側でない席になるよう席の入れ替えを行った。適応度は、学習者の自己申告に基づき、友人関係のある学習者を極力近くに配置しながら、クラス全体としては毎回同じような場所の座席に座らないように定める。

以上の手法の詳細は鈴木 [13] を参照されたい。

3.1 最適化・視覚化の実装

最適化・視覚化の流れを図 1 に示す。本研究におけるペア編成、および座席配置の最適化のプログラムは Ruby 2.0.0 によって組まれており、その結果の出力を JSON 形式で受け取り、HTML と jQuery で視覚化した PairSeatViz を開発している。スクリーンショットを図 2 に示す。

PairSeatViz

世代: 10 | 成績状況着色 着席偏り状況着色 | 過去ペア表示 友人関係表示

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | 2a3a6e1e -0.6162 | 01e01887 0.8071 | 2c7b9066 1.0104 | 4ae6c5d1 -2.6494 | 8342647b -0.2095 | bd2f14f6 1.2137 | e05bc7b2 0.8071 | 6d84a138 0.1971 |
| a6d35f09 -0.4129 | c68ef2b4 0.8884 | e87bf0fb 0.8071 | 6c0a4327 -2.6494 | 74ac9d22 0.4004 | a60b7ce0 1.0104 | 13d0ad0a 0.8071 | 9f583a09 -0.0062 | a187ebee 0.6037 | d74338bd 1.0104 | b8496542 -0.0062 | |
| 3222df13 -2.6494 | d13a189a 0.1971 | 18072dfc 0.4004 | 2dff000c -2.6494 | 4a16be72 -0.0062 | cbffe334 0.8071 | 3f2d98bc 0.6037 | 31ec8f61 -0.4129 | e8323115 -2.6494 | 82468b96 -0.0062 | 1fb97194 0.8071 | 21d2cd36 0.4004 |
| 92e66827 -1.0228 | 57851f64 -0.2095 | 77f3ad7e 0.8071 | f2398b46 0.6037 | cc707eb5 -0.8195 | 845b531d 0.8071 | cd194fa9 1.0104 | df1e9652 0.6037 | 859c69e7 -1.6328 | a8dcc5be 0.2784 | 234272b7 0.6037 | c2953592 -1.2262 |
| c7216ae6 0.1971 | a7c20ed3 0.2784 | 479b6125 0.6037 | fd5681c1 -0.6162 | beaaa562 0.4004 | 6a456920 0.8071 | 8cc65938 0.6037 | bd12e400 -0.2095 | d7e0d5f7 -2.6494 | bc6aa2a6 0.8071 | 410a53c9 0.6037 | 1a6d9286 -0.0062 |
| 7c03549d -2.6494 | 654d2e94 0.6037 | ef02a224 1.0104 | fd194946 -0.2095 | 1adc919a 0.1971 | f9c68584 0.8071 | 8c67693f 0.6037 | 0ebbc93 -0.2095 | 60282a88 -0.8195 | ecf15eaa 0.1971 | 2fbfbae4 0.8071 | 63bd0b6d -1.0228 |
| d6df5db4 -0.2095 | 1479e7b1 0.6037 | 1d7da5d8 0.8071 | 727379d9 -0.7382 | b1b18627 -0.0062 | 60f96403 1.0104 | 6dda3ee3 0.2784 | 4bd78433 -0.6162 | d2cbfd80 -0.5349 | bd9f8003 0.1971 | 0c26c1d3 1.0104 | a7468258 0.4004 |
| e3425cef -1.3888 | d132eedb 0.4004 | bfe5ccea2 0.1971 | 82d990d3 0.1971 | 5eeba66c -0.0062 | 8ed68ddf 0.6037 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

図 2 PairSeatViz によるペア編成・座席配置の視覚化

本研究で運用の対象とした授業は 4 列ごとに通路のあるグリッド型の座席配置の教室である。また、座席に示したのは学生氏名（本稿掲載にあたり SHA1 ハッシュ関数で匿名化）と成績（ z 得点に変換）である。座席配置の情報は遺伝的アルゴリズムにおける世代が進むごとに自動的に更新され、学生の成績や着席履歴の偏りをヒートマップで着色して示すことが可能になっている。また、過去ペアを組んだ相手や、授業内・授業外で友人同士で教え合った関係を座席同士を線でつないで表示する機能も備えている。このような視覚化を通じて、

- ペア間の学力差の偏りが極端に大きくなっていないか
- 授業への取り組みが消極的で、学習の進行に問題をきたしている学習者はいないか、いる場合はどこに座っているか
- 過去ペアを組んだ相手や、友人が近所に着席できているかどうか

といった状況をチェックし、授業の際に教員が重点的に進捗をチェックした方がよい学習者、逆に友人同士で問題解決が進みそうな学習者を特定しやすくし、極力多くの学習者が円滑にペアプログラミングに取り組める環境の構築を目指す。

4. 今後の課題

鈴木 [13] の実践では PairSeatViz は用いておらず、今後のペアプログラミングを含めたピア学習の実践において運用し、評価を行う必要がある。また、友人関係の情報は学習管理システム（LMS）上で学習者の自己申告の形で報告されたものを用いているが、この情報のみではクラス内の友人関係の情報の網羅が不十分であった。自己申告という学習者にとって敷居の高い方法ではなく、より自然な形

で収集できる機能を備える必要があるといえる。

また、最適化についても改良の余地がある。現状では最適化のプロセスにユーザが介入することができない仕様となっている。対話型 GA [14] のようにインタラクティブな最適化が行える形にし、PairSeatViz 上にインタラクションを行うためのインタフェースを構築することも可能である。このような形でシステムを拡張し、より柔軟な最適化が行える環境をつくることも重要である。

本研究ではグリッド型の座席配置の教室を対象にしたが、近年協調学習がより柔軟に行えるよう座席配置を容易に変えられる教室が増えている [9]。このような状況に対応するためには、座席配置を決めるシステムを作成したり、その座席配置に適した GA における適応度関数の決定を行うための工夫が必要となる。学習者の学習活動の情報や教室の利用状況の情報と連動しながら、より柔軟にペア編成・座席配置が行え、円滑にペアプログラミングが行える環境を構築することが、今後の大きな目標である。

参考文献

- [1] Beck, K. and Andres, C.: *Extreme programming explained: Embrace change*, Addison-Wesley, Boston, MA, USA, 2nd edition (2005). 長瀬 嘉秀 (監訳), 株式会社テクノロジックアート (訳): XP エクストリーム・プログラミング入門: 変化を受け入れる, 第 2 版, ピアソンエデュケーション, 東京 (2005).
- [2] Becker, F. D., Sommer, R., Bee, J. and Oxley, B.: *College Classroom Ecology*, *Sociometry*, Vol. 36, No. 4, pp. 514–525 (1973).
- [3] Cox, J., Cody, J., Fleming, J. and Miller, M.: *Seat Assignment Contribution to Student Performance in an Information Technology Classroom*, *2012 ASEE Northeast Section Conference*, Lowell, MA, USA (2012).
- [4] 平井佑樹, 井上智雄: ペアプログラミング学習における状態の推定: つまずきの解決の成功と失敗に見られる会話

- の違い, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 1, pp. 72–80 (2012).
- [5] 北脇知己: 新しい研究室配属方法の提案 (成績順位と配属希望を切替え可能な配属方法), 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 1, pp. 85–90 (2014).
- [6] 三木光範, 長谷川翔太郎, 吉見真聡: ノンテリトリアルオフィスにおける座席自動決定方法の提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2012 論文集, pp. 773–774 (2012).
- [7] 溝上慎一: アクティブラーニングからの総合的展開: 学士課程教育 (授業・カリキュラム・質保証・FD)、キャリア教育、学生の学びと成長, アクティブラーニングでなぜ学生が成長するのか: 経済系・工学系の全国大学調査からみえてきたこと (河合塾, 編), 東信堂, 東京, pp. 251–273 (2011).
- [8] 中谷素之, 伊藤崇達 (編): ピア・ラーニング: 学びあいの心理学, 金子書房, 東京 (2013).
- [9] Prensky, M.: *Teaching digital natives: partnering for real learning*, Corwin, Thousand Oaks, CA, USA (2010). 情報リテラシー教育プログラムプロジェクト (訳): デジタルネイティブのための近未来教室: パートナー方式の教授法, 共立出版, 東京 (2013).
- [10] Sfetsos, P. and Stamelos, I.: Empirical Studies on Quality in Agile Practices: A Systematic Literature Review, *2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology*, Porto, Portugal, pp. 44–53 (2010).
- [11] Sfetsos, P., Stamelos, I., Angelis, L. and Deligiannis, I.: An experimental investigation of personality types impact on pair effectiveness in pair programming, *Empirical Software Engineering*, Vol. 14, No. 2, pp. 187–226 (2009).
- [12] Shin-ike, K. and Iima, H.: A Method for Determining Classroom Seating Arrangements by Using a Genetic Algorithm, *Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education*, Singapore, Singapore (2012).
- [13] 鈴木 聡: ペア編成・座席配置の最適化を利用した複数回のペアプログラミング実習の実践, 情報処理学会研究報告 (コンピュータと教育), Vol. 2014-CE-127, No. 7 (2014).
- [14] 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆雄: 対話型進化計算法の研究動向, 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 5, pp. 692–703 (1998).
- [15] 田中頼人: ペア・プログラミング演習におけるペア編成最適化手法の提案, 情報処理学会研究報告 (コンピュータと教育), Vol. 2014-CE-124, No. 2 (2014).
- [16] 椿本弥生, 高橋 薫, 北村 智, 大辻雄介, 鈴木 久, 山内祐平: 通信教育における意見文の協同推敲を支援するグループ編成方法の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol. 37, No. 3, pp. 255–267 (2013).
- [17] Williams, L. and Kessler, R.: *Pair programming illuminated*, Addison-Wesley, Boston, MA, USA (2002). 長瀬嘉秀, 今野 睦 (監訳), テクノロジックアート (訳): ペアプログラミング: エンジニアとしての指南書, ピアソニエドキュベーション, 東京 (2003).