

oTree を用いた配属システム: Deferred-Acceptance アルゴリズム計算プログラム

安東弘泰* 阿武秀和* 澤亮治* 島田夏美† 吉田真聖人†

2020 年 4 月 19 日

1 DA アルゴリズム計算プログラム

1.1 プログラムの概要

Deferred-Acceptance アルゴリズム（以下、DA アルゴリズム）の実行プログラムは以下の URL よりダウンロード可能である。（2019 年公募事業 No.10）

<http://commons.sk.tsukuba.ac.jp/data>

「03_DA_matching」フォルダ内の「DA_matching.py」ファイルが実行プログラムである。^{*1}ダウンロードしたプログラムは以下の環境で動作する。

- Python 3
- （組み込みモジュール以外の）使用モジュール: pandas, numpy

pandas, numpy はインストールされていなければ、pip コマンドなどを使ってインストールする必要がある。プログラムは、教員の選好情報が入力された csv ファイルと学生の選好情報が入力された csv ファイルを読み込み、DA アルゴリズムによるマッチング結果を「DA_output.csv」ファイルとして csv 形式で保存する。「03_DA_matching」フォルダ内に DA アルゴリズム実行のテスト用データとして、以下の 3 組を用意してある。2 と 3 のデータについては、3 節の擬似データ生成プログラムを利用して作成した。

1. 「test01_faculty.csv」、 「test01_students.csv」: 教員 4 名、学生 10 名のテストデータ
2. 「test02_faculty.csv」、 「test02_students.csv」: 教員 10 名（定員はすべて 5）、学生 50 名のテストデータ
3. 「test03_faculty.csv」、 「test03_students.csv」: 教員 1,000 名（定員はすべて 5）、学生 10,000 名のテストデータ

* 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学システム情報系社会工学域

† 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院システム情報工学研究科

^{*1} DA アルゴリズムの実装に関しては、Sargent and Stachurski (2020) の Python toolbox for simulation of matching markets in economics (MatchingMarkets.py) も Python による実装の参考になる。

1.2 選好情報ファイルの読み込み

プログラムを実行すると以下のメッセージが表示され、次に教員の選好情報ファイルを選択するウィンドウが出現する。教員の選好情報を含む csv ファイルを選択し、「開く」（または「Open」）を選ぶ。教員の選好情報ファイルを選択後に、学生の選好情報ファイルを選択するウィンドウが出現する。学生の選好情報を含む csv ファイルを選択し、「開く」を選ぶ。教員の選好情報ファイル選択時に「キャンセル」を選ぶと、「test_faculty.csv」ファイルが読み込まれる。学生の選好情報ファイル選択時に「キャンセル」を選ぶと、「test_students.csv」ファイルが読み込まれる。^{*2}ファイルを選択後に、DA アルゴリズムが実行される。



図1 DA マッチングプログラム実行時メッセージ

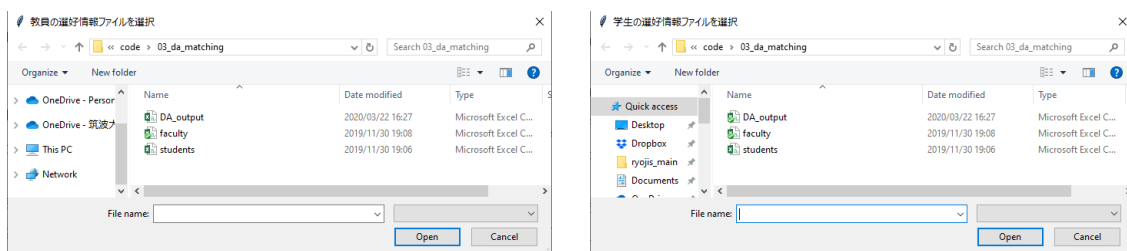


図2 ファイル選択画面（左：教員の選好情報ファイル選択画面、右：学生の選好情報ファイル選択画面）

教員の選好情報 csv ファイルは表 1 の形式で格納されている必要がある。

表 1 教員の選好情報 csv ファイルの形式

	1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列目以降
1 行	使用しない（各列のラベルの表示）					
2 行	教員を示す一意の番号（文字列）	不使用	定員	不使用	不使用	優先順位で並んだ学生番号
3 行目以降	各教員の情報（形式は 2 行目と同じ）					

1 行ごとに教員 1 名の優先順位情報が格納されており、1 列目に各教員を示す一意の番号（ただし文字列）がある。2 列目は運用環境ではデータの可読性をあげるため教員名が格納されているが、マッチング計算時には使用しない。3 列目には教員の定員が格納されている。筑波大学社会工学類の配属マッチングでは Abdulkadiroğlu and Sönmez (2003) で提案されたタイプ別定員のある場合の DA アルゴリズム（Gale-Shapley Student Optimal Stable Mechanism with Type-Specific Quotas）を採用しており、4 列目の数値をタイプ別定員として使用している。^{*3}（タイプ別定員のない）通常の DA アルゴリズムでは、

^{*2} これらデフォルトのファイル名は擬似データ生成プログラムで作成されるデフォルトのファイル名と同じにしてある。

^{*3} この時、3 列目が該当教員のトータルの定員を示し、4 列目がタイプごとの定員となる。

4 列目は使用しない。5 列目も同様にタイプ別定員に関する情報を格納するために使用できるが、通常の DA アルゴリズムでは使用しない。

学生の選好情報 csv ファイルは表 2 の形式で格納されている必要がある。

表 2 学生の選好情報 csv ファイルの形式

	1 列	2 列	3 列目以降
1 行	使用しない（各列のラベルの表示）		
2 行	学生を示す一意の番号（文字列）	不使用	希望順位で並んだ教員の番号
3 行目以降	各学生の情報（形式は 2 行目と同じ）		

教員の選好情報ファイルと同様に、1 行ごとに学生 1 名の希望順位情報が格納されており、1 列目に各学生を示す一意の番号（ただし文字列）がある。2 列目は使用しない。前記したように筑波大学社会工学類の配属マッチングではタイプ別定員のある場合の DA アルゴリズムを使用しており、2 列目は学生のタイプを格納するために使用している。タイプ別定員のない DA アルゴリズムでは不使用となる。

1.3 実行結果

教員と学生の選好情報ファイルを選択すると、DA アルゴリズムが実行され、結果が「DA_output.csv」ファイルに格納される。このファイルは、教員の選好情報ファイルと同じフォルダに生成される。生成されるファイル名は「file_matching」の文字列型変数を変更することで変更できる。実行結果の csv ファイルには以下の形式でマッチング結果が保存される。

表 3 マッチング結果の csv ファイルの形式

	1 列	2 列目以降
1 行	教員を示す一意の番号	該当教員とマッチした学生の番号
2 行目以降	各教員のマッチング情報（形式は 2 行目と同じ）	

2 列目以降の学生番号は必ずしも教員の優先順位の順番で並ぶわけではない点に注意する。また、マッチした学生がいなかった教員の番号はマッチング結果の csv ファイルには現れない。同様にマッチしなかった学生の番号も結果ファイルには表れない。

例として、教員の選好情報ファイルに「test01_faculty.csv」を、学生の選好情報ファイルに「test01_students.csv」を使用した場合の結果を以下に示す。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t1	s1	s2	s3				
2	t2	s4	s5					
3	t3	s7	s9	s10				
4								

「test01_faculty.csv」には教員が 4 名存在するが、教員「t4」は DA アルゴリズムでは学生とマッチ

しないため、結果の csv ファイルには現れない。

2 プログラム内の主要な関数

2.1 「deferred_acceptance」関数

この関数は Gale and Shapley (1962) の DA アルゴリズムを実行する。以下の引数を取り、マッチング結果を辞書型変数として返す。

「student_prefs」引数 - 学生の選好情報が格納された辞書型変数。学生を示す一意の番号（文字列）をキーとし、その学生の希望順位順に教員番号を格納したリスト型変数をバリューとする。

「college_prefs」引数 - 教員の選好情報が格納された辞書型変数。教員を示す一意の番号（文字列）をキーとし、その教員の優先順位順に学生番号を格納したリスト型変数をバリューとする。

「quotas」引数 - 教員の定員情報が格納された辞書型変数。教員を示す一意の番号（文字列）をキーとし、その教員の定員を格納した整数型をバリューとする。

この関数では、マッチしていない学生を一人選び、その学生がまだ配属を断られていない教員の中で最も希望する教員へ配属を申し込む（ことを擬似的に行う）。申し込まれた教員は、その学生が受け入れ可能で、枠に余裕があるか現在キープしている学生よりも申し込んだ学生の優先順位が高い場合にその学生をキープする。この際に、すでに定員枠が一杯であった場合には、キープしていた学生の中で最も優先順位の低い学生の配属を断る。このループを繰り返すことでマッチングを計算する。各ステップで学生一人のみが配属を申し込むという点は、DA アルゴリズムの一般的な記述（マッチしていない学生が同時に配属を申し込む）と少し異なるが、マッチング結果は一般的な記述に従って計算されるマッチング結果と同じになる。DA アルゴリズムの一般的な流れについては、栗野 (2019) の 4 章 2-3 節などを参照すること。

2.2 「DA_type_quota」関数

この関数は Abdulkadiroğlu and Sönmez (2003) で示されたタイプ別定員のある場合の DA アルゴリズムを実行する。実装は、Abdulkadiroğlu and Sönmez (2003) の修正メカニズム (p.740) に沿っている。学生のタイプが 2 種類ある場合には、教員はタイプ 1 の学生の定員、タイプ 2 の学生の定員、全体定員の 3 つを指定する。この場合に、一人の教員の枠を、タイプ 1 の学生のみを受け入れる枠、タイプ 2 の学生のみを受け入れる枠、どちらのタイプの学生も受け入れる枠の 3 つに分割し、(1 名の教員を 3 名の異なる教員がいるようにみなすと)、通常の DA アルゴリズムでマッチングを計算することできる。^{*4} 「DA_type_quota」関数はタイプ別の定員・選好情報を受け取り、各教員を 3 名の教員に分割した選好情報へ変換し、変換した定員・選好情報を「deferred_acceptance」関数へ渡すというインタプリタ的な役割をする。

この関数は、以下の引数を受け取り、マッチング結果を辞書型変数として返す。最初の 2 つの引数は、「deferred_acceptance」関数の引数と同様である。後の 2 つの引数は、タイプごとの定員情報や学生のタイプ情報など Abdulkadiroğlu and Sönmez (2003) の設定特有の形式・変数となっている。

「student_prefs」引数 - 学生の選好情報が格納された辞書型変数。学生を示す一意の番号（文字列）を

^{*4} この手法は、学生のタイプが 2 種類（マジョリティとマイノリティなど）の場合のみ可能である。

キーとし、その学生の希望順位順に教員番号を格納したリスト型変数をバリューとする。

「college_prefs」引数 - 教員の選好情報が格納された辞書型変数。教員を示す一意の番号（文字列）をキーとし、その教員の優先順位順に学生番号を格納したリスト型変数をバリューとする。

「quotas」引数 - 教員の定員情報が格納された辞書型変数。教員を示す一意の番号（文字列）をキーとし、その教員の全体定員・タイプ1学生定員・タイプ2学生定員の3整数を格納したリスト型をバリューとする。

「types」引数 - 学生のタイプ情報が格納された辞書型変数。学生を示す一意の番号（文字列）をキーとし、その学生のタイプを示す整数型（1または2）をバリューとする。

3 マッチング用擬似データ生成プログラム

テスト用に使用できる擬似データの生成プログラムを「03_DA_matching」フォルダ内の「pseudo_data.py」ファイルとして用意した。プログラムは以下の環境で動作する。

- Python 3
- (組み込みモジュール以外の) 使用モジュール: numpy

「pseudo_data.py」ファイルを実行すると、生成する擬似データの「教員の数」、「学生の数」、「教員のゼミ/研究室の定員」、「学生の希望登録数（平均値）」を聞かれるので、それぞれに数値を入力する。「教員の数」、「学生の数」、「教員のゼミ/研究室の定員」には正整数を、「学生の希望登録数（平均値）」には正の実数を入力する。以下はそれぞれの入力画面である。一つ入力終了すると次の入力画面が表示される。

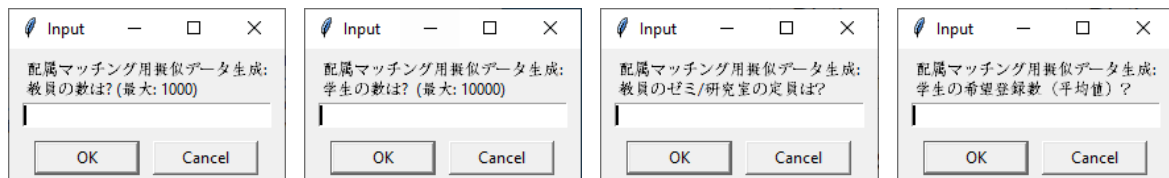


図3 擬似データ生成用数値入力画面

数値入力後に教員選好情報の擬似データを保存するファイル名を指定する画面が表示される。教員データ用に使用するファイル名を入力する。「キャンセル」を選ぶと、「test_faculty.csv」に保存される。次に学生選好情報の擬似データを保存するファイル名を指定する画面が表示されるので、ファイル名を入力する。「キャンセル」を選ぶと、「test_students.csv」に保存される。

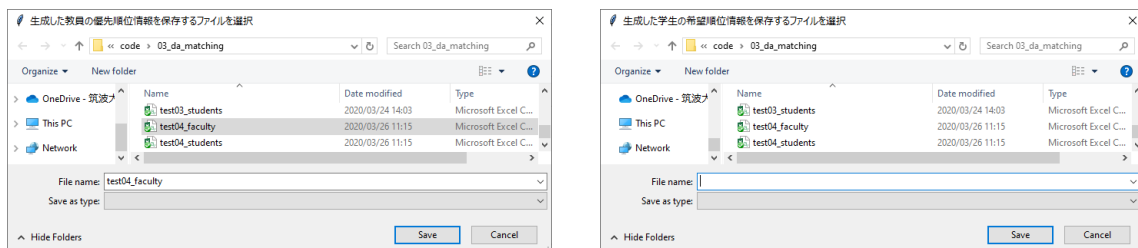
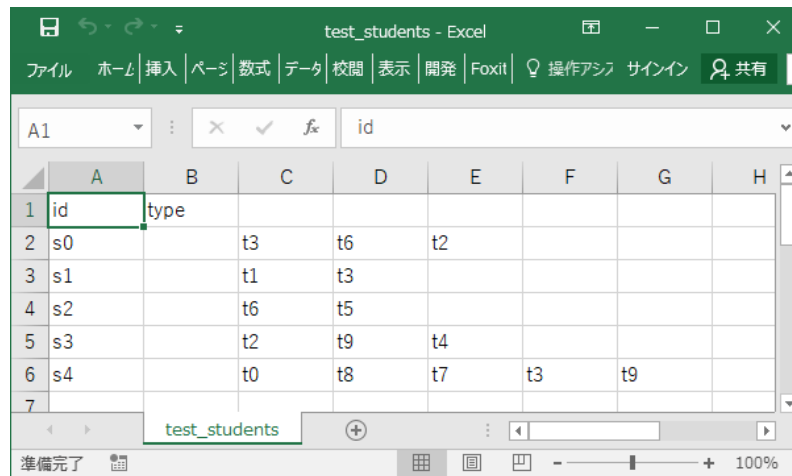


図4 保存ファイル名指定画面

以下は、学生選好情報擬似データの例である。「教員の数」に10、「学生の数」に5、「教員のゼミ/研究室の定員」に1、「学生の希望登録数（平均値）」に3.5を入力している。各学生の選好情報に現れる希望

教員数は入力した 3.5 を平均としたポアソン分布の乱数で決定される。各学生の希望リストに現れる教員数はおおよそ 3.5 付近になっていることが確認できる。



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	id	type						
2	s0		t3	t6	t2			
3	s1		t1	t3				
4	s2		t6	t5				
5	s3		t2	t9	t4			
6	s4		t0	t8	t7	t3	t9	
7								

図 5 生成されたデータ例

参考文献

- Abdulkadiroğlu, Atila and Tayfun Sönmez (2003) “School choice: A mechanism design approach,” *American economic review*, Vol. 93, No. 3, pp. 729–747.
- Gale, David and Lloyd S Shapley (1962) “College admissions and the stability of marriage,” *The American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1, pp. 9–15.
- Sargent, Thomas J. and John Stachurski (2020) “QuantEcon (<https://quantecon.org/>),” Web, accessed on 2020/3/26.
- 栗野盛光 (2019) 『ゲーム理論とマッチング』, 日本経済新聞出版社.