



慶應義塾大学ビジネス・スクール

二部マッチング計算ソフトウェア：

*Excel for Two-Sided Matching*

目 次	
1 概要.....	2
1.1 二部マッチング.....	2
1.2 推奨される動作環境.....	4
1.3 注意事項.....	4
2 ソフトウェアの構成.....	5
2.1 man シート.....	5
2.2 group シート.....	7
2.3 conf シート.....	9
2.4 result シート.....	10
3 使用方法.....	12
3.1 初期設定.....	12
3.2 実行方法.....	13
3.2.1 従業員提案型 DA アルゴリズムを実行する.....	13
3.2.2 事業部提案型 DA アルゴリズムを実行する.....	13
3.2.3 従業員提案型ポストン方式を実行する.....	13
3.3 実行結果.....	14
3.4 オプション：乱数を用いた入力データの生成.....	14
3.4.1 ランダムに配属希望順位を生成する.....	14
3.4.2 ランダムに評価順位を生成する.....	14
4 困ったときは.....	15
4.1 開発リボンが表示されない.....	15
4.2 実行時にエラーが表示される.....	15
4.3 エラーは表示されないが、正しい割当を算出できない.....	16
Appendix：多対一マッチング.....	17
DA アルゴリズム.....	18
ポストン方式.....	20

本稿は、慶應義塾大学ビジネススクール（KBS）におけるクラス討議やレポートの作成等を支援するために、阿部修也（大阪大学大学院情報科学研究科）と渡邊直樹（慶應義塾大学大学院経営管理研究科）によって作成された。ソフトウェアの改良に関するご助言をいただいた方々、特に、和光純氏（学習院大学経済学部）に深く感謝する。

本ケースは慶應義塾大学ビジネス・スクールが出版するものであり、複製等についての問い合わせ先は慶應義塾大学ビジネス・スクールまで（〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉4丁目1番1号、電話 045-564-2444、e-mail: case@kbs.keio.ac.jp）。慶應義塾大学ビジネス・スクールの許可を得ずに、いかなる部分の複製、検索システムへの取り込み、スプレッドシートでの利用、またいかなる方法（電子的、機械的、写真複写、録音・録画、その他種類を問わない）による伝送も、これを禁ずる。ケースの購入は <http://www.bookpark.ne.jp/kbs/> から。

Copyright © 阿部修也、渡邊直樹（2017年9月作成）

# 1 概要

本稿は二部マッチング問題をコンピュータを使って解くためのソフトウェア *Excel for Two-Sided Matching* の使用マニュアルである。この章では、二部マッチングとソフトウェアの動作環境、基本的な  
5 注意事項について、それらの概要を述べる。

## 1.1 二部マッチング

*Excel for Two-Sided Matching* について、2017年9月の時点で、第3版 (sample3.xlsm) が公開  
10 されており、次の URL より自由にダウンロードできる<sup>[1]</sup>。

<http://labs.kbs.keio.ac.jp/naoki50lab/sample3.xlsm>

本マニュアルの説明において用いられるスクリーンショットは表1に記載されている実行環境において  
15 撮影された。

表1：スクリーンショットが撮影された実行環境

OS	Windows 10 Enterprise
Excel	Microsoft Office 2016 Excel
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-3770K CPU @ 3.50GHz 3.90GHz
メモリ	8 GB
ディスク	1 TB

以下では、定員を持つ事業部に従業員を割り当てる**二部マッチング (two-sided matching)** を取り  
扱う。各従業員は事業部に対する配属希望順位を持っており、各事業部は従業員に対する評価を順  
位づけている。1人の従業員は1つの事業部にのみ配属されるが、各事業部には複数の従業員が配  
25 属される。各事業部には受入定員が設定されており、いかなる事業部にもその定員を越えて従業員を  
割り当てることはできない。たとえば、図1に示されているように、従業員2 (Man 2) が2つの事業部  
に同時に配属されることはないが、事業部C (Group C) のように、2人以上の従業員が1つの事業  
部に割り当てられてもよい。事業部Aの定員は1人であり、Aは従業員2よりも従業員1を高く評価し  
ている。図1では、そのために、従業員2は希望順位の高い事業部Aには割り当てられず、事業部  
30 Bに割り当てられている。二部マッチングはこのような割当問題の分析上の総称である。

<sup>[1]</sup> このプログラムは、Excelのマクロ機能を利用したものであるため、企業、研究教育機関によってはそのダ  
ウンロードがブロックされていることもある。その場合には、使用者が個人で利用しているインターネット環境  
においてダウンロードしてほしい。

二部マッチングとして定式化される具体的諸問題のうち、従業員の事業部への割当（マッチング）は、より正確には、**多対一（many-to-one）マッチング**と呼ばれる問題群の一例である<sup>[2]</sup>。すべての事業部の定員が1に設定された場合、それは**一対一（one-to-one）マッチング**と呼ばれる。たとえば、男女のペアをつくる問題は「結婚問題」と名付けられており、一対一マッチングの一例として、よく知られている。

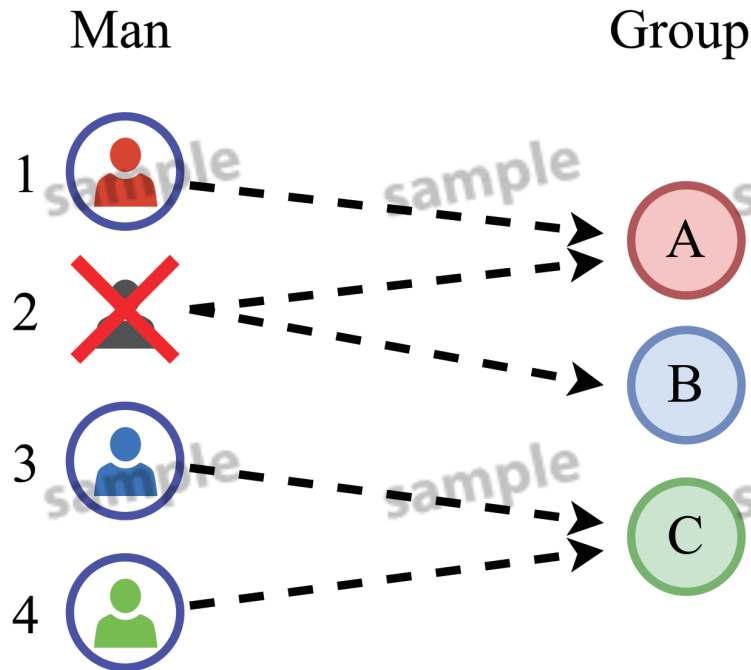


図 1: 従業員の各事業部への割当

*Excel for Two-Sided Matching* は多対一マッチング計算ソフトウェアであり、そこには、2種類の計算方法（アルゴリズム）が実装されている。そのうちの1つは**DA アルゴリズム**と呼ばれている。ある割当が提案されたとき、その割当案に対して、従業員と1つの事業部からなるあらゆるグループについて、そのグループのメンバー（複数または1人の従業員と1つの事業部）から申し立てられうるどのような異議を考慮したとしても、当該グループに属するすべての従業員にとって、彼または彼女が割当案でマッチされている事業部よりも高い希望順位の事業部に割り当てられることがなく、かつ、当該グループに属する事業部に対しては割当案で配属が求められている従業員よりも高く評価する従業員が割り当てられることがないならば、その割当は**安定マッチング（stable matching）**という。DA アルゴリズムには従業員提案型のものと事業部提案型のものがあり、一般には、それらは異なる安定マッチングを算出する。もう1種類のアルゴリズムは従業員提案型ポストン方式と呼ばれ、必ずしも安定マッチングを算出するわけではないが、DA アルゴリズムよりも理解が容易である。

<sup>[2]</sup> 学校選択問題や医師と研修先病院のマッチングは、従業員の事業部への割当問題と同じ構造を有しており、実務における多対一マッチングのよく知られた事例である。

これらのアルゴリズムがどのような計算を行っているかは、従業員の事業部への配属問題の形式とともに、本稿末尾の Appendix において説明される。本稿は *Excel for Two-Sided Matching* の使用マニュアルであるため、それらを本文には記述していない。従業員の事業部への割当問題と形式上まったく同じ構造を持つ他の応用事例として、学校選択問題や医師臨床研修制度にともなうマッチングがある。日本でも、2004 年、医師臨床研修における若手医師の研修先病院への割当に DA アルゴリズムが導入されたが、それにもなつて生じた様々な課題について、「ある電機メーカーにおける人材配置問題」（慶應ビジネススクールより別途出版されているケース）では議論の題材として紹介している。

実在する日本企業に所属する研究者をその企業内の各プロジェクトに割り当てる問題について、このソフトウェアの初版（sample1.xlsm）を使用して算出した割当と人事部によって決められた実際の割当を比較する研究が最近なされた<sup>[3]</sup>。「ある電機メーカーにおける人材配置問題」では、その研究結果の一部を紹介しつつ、DA アルゴリズムが持つ好ましい性質とともに、日本的雇用慣行の下で DA アルゴリズムによる人材配置を検討する際に留意すべき論点をいくつか提供している<sup>[4]</sup>。

## 1.2 推奨される動作環境

*Excel for Two-Sided Matching* は、Microsoft Office Excel とそのマクロ機能（VBA; Visual Basic for Applications）を利用可能なコンピュータ上であれば、正常に動作するが、推奨される動作環境は表 2 にリストされているものである。

表 2：推奨動作環境

OS	Windows 7 以降, Mac OS X 10.8 以降
Excel	Microsoft Office 2013 以降, Microsoft Office for Mac 2016
CPU	Excel が動作可能であれば特に条件なし
メモリ	2 GB 以上
ディスク	特に条件なし

## 1.3 注意事項

(1) このソフトウェアの初期設定、従業員の希望順位表と事業部の評価順位表の作成時には、ユーザがそれらの数値を入力する必要がある。その際、全角文字ではなく、必ず半角アラビア数字で入力してほしい。

<sup>[3]</sup> sample1.xlsm には従業員提案型 DA アルゴリズムのみが実装され、sample2.xlsm には事業部提案型 DA アルゴリズムと従業員提案型ポストン方式が追加された。これらの配布は、sample3.xlsm へのアップデートにともない、既に停止されている。sample3.xlsm では、シミュレーションと割当の評価を行うためのインターフェイスが改善された。

<sup>[4]</sup> *Excel for Two-Sided Matching* は使用者の自己責任で使用してほしい。そのコードを参考にして、より便利なソフトウェアを作成することはまったく妨げられない。DA アルゴリズムそのものに特許は付与されていないが、「DA アルゴリズムとその（主に欧米における）実務への応用」に対しては、2012 年、ノーベル経済学賞が授与された。



- (2) *Excel for Two-Sided Matching* は Visual Basic で書かれたプログラムを利用する。そのため、通常の Excel シートにおける編集とは異なり、「戻る」ボタンや「Ctrl」キーを押しながら「Z」キーを押すといった諸操作によっては、マッチングを算出する前の状態に戻すことはできない。ただし、現在の状態を保存せずに Excel ファイルを閉じることによって、Excel ファイルを編集前の状態に戻すことは可能である。
- (3) 算出された割当はプログラムを実行するたびに上書きされる。計算結果を保存したい場合には、それを別のファイルなどにコピーするか、Excel ファイルごとコピーしてほしい。

## 2 ソフトウェアの構成

*Excel for Two-Sided Matching* は、4 種類の Excel シート (man, group, conf, result) および単一の VBA (Visual Basic for Applications) プログラムから構成されている。ここでは各シートの内容を説明する。VBA を使ったコードの読み書きについては、適宜、市販のテキストを参照してほしい。ただし、ソフトウェアの使用に関わる部分については、次章の初めに簡単に説明する。ソフトウェアの使用にあたって、コンピュータによる計算を容易にするため、入力において、従業員と事業部はそれぞれ数字で表された ID で識別される。

### 2.1 man シート

従業員は事業部に対して配属希望順位を持っているとする。表 3 には、3 人の従業員 1, 2, 3 が 3 つの事業部 1, 2, 3 に対して持つ配属希望順位がリストされている。表中では、従業員 3 (man\_id=3) は、事業部 1 か 3 に割り当てられなければ退社してもよいと思っており、それを g\_rank3=- で表している。実際には、従業員 3 は事業部 1 か 3 に必ず割当られると信じており、第 3 希望を表明する必要がないと考えたかもしれないし、第 3 希望をうっかり表明し忘れることもある。この場合、*Excel for Two-Sided Matching* は実行時エラーの発生を表示し、割当を出力しない<sup>[5]</sup>。よって、すべての従業員が事業部に対する配属希望順位をすべて表明してほしい。

表 3 : 従業員の事業部に対する配属希望順位 (欠落あり)

man_id:	g_rank1	g_rank2	g_rank3
1:	1	2	3
2:	3	2	1
3:	1	3	-

<sup>[5]</sup> 2.4 節で述べるように、従業員の配属希望順位に欠落があっても、事業部提案型 DA アルゴリズムは割当を算出する場合がある。

man シートには、各従業員の事業部に対する配属希望順位を半角英数字で入力する（図 2）。読み方は次の通りである。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	man_id	g_rank1	g_rank2	g_rank3	g_rank4	g_rank5							
2	1	2	3	5	1	4							
3	2	1	4	3	5	2							
4	3	4	5	3	1	2							
5	4	1	3	4	5	2		randomize					
6	5	2	4	5	1	3							
7	6	2	4	3	5	1							
8	7	1	2	5	3	4							
9	8	5	4	1	2	3							
10	9	4	1	3	5	2							
11	10	5	1	2	3	4							
12	11	3	1	5	2	4							
13	12	1	5	3	4	2							
14	13	4	2	5	1	3							
15	14	2	4	5	1	3							
16	15	1	5	3	2	4							
17	16	4	2	1	3	5							
18	17	4	3	5	1	2							
19	18	5	2	4	1	3							
20	19	3	5	1	4	2							
21	20	5	3	1	2	4							
22													

図 2 : man シート

**A 列 (man\_id)** : 従業員の ID を入力する。従業員の ID は 1 から昇順で整列する必要があり、重複および欠番が存在してはならない。

**B 列以降 (g\_rank)** : 各従業員が事業部に対して持つ配属希望順位を入力する。一行が一人の従業員の配属希望順位に対応しており、man\_id=i の行における g\_rank\_j の列に対応するセルには、従業員 i の配属希望順位における第 j 希望の事業部の ID を入力する。（例：図 2 では、ID が 5 である従業員の配属希望順位における第 2 希望の事業部は ID が 4 である事業部となっている。）

**randomize ボタン** : 実際のデータではなく、乱数を用いて配属希望順位を生成し、シミュレーションを行いたいときに使う。

図 2 では、20 人の従業員すべてが 5 つの事業部に対する配属希望順位をすべて表明していることを確認してほしい。

## 2.2 group シート

事業部は従業員に対する評価を順位づけているとする。表 4 には、2 つの事業部 1, 2 の 3 人の従業員 1, 2, 3 に対する評価順位がリストされている。表中では、事業部 2 (group\_id= 2) は、従業員 1 の配属を希望しておらず、それを m\_rank3=- で表している。実務上、人事部以外の事業部がすべての従業員を認識しているとは限らず、正確な順位づけが困難である。この場合、*Excel for Two-Sided Matching* は実行時エラーの発生を表示し、割当を出力しない<sup>[6]</sup>。よって、すべての事業部が従業員に対する評価順位をすべて表明してほしい。

表 4：事業部の従業員に対する評価順位（欠落あり）

group_id:	m_rank1	m_rank2	m_rank3
1:	1	2	3
2:	3	2	-

よく知らない従業員であっても、たとえば、その事業部が業務の遂行において重視する技能や知識、職務上の資格やキャリアを評価項目として、人事部に照会することで、すべての従業員に対する評価を順位づけることができないわけではない<sup>[7]</sup>。

group シートには、各事業部の従業員に対する評価順位を半角英数字で入力する（図 3）。読み方は次の通りである。

**A 列 (group\_id)**：事業部の ID を入力する。事業部の ID は 1 から昇順で整列している必要があり、重複および欠番は存在してはならない。

**B 列以降 (m\_rank)**：各事業部の従業員に対する評価順位を入力する。一行が一つの事業部の評価順位に対応しており、group\_id=  $i$  の行における m\_rank $j$  の列に対応するセルには、事業部  $i$  の評価順位において  $j$  番目に高く評価される従業員の ID を入力する。（例：図 3 では、ID が 3 である事業部の評価順位において 4 番目に高く評価される従業員の ID は 9 となっている。）

**randomize ボタン**：実際のデータを入力するのではなく、乱数を用いて評価順位を生成し、シミュレーションを行いたいときに使う。

図 3 では、5 つの事業部すべてが 20 人の従業員に対する評価順位を（第 13 位以降の順位は見えていないが）すべて表明している。

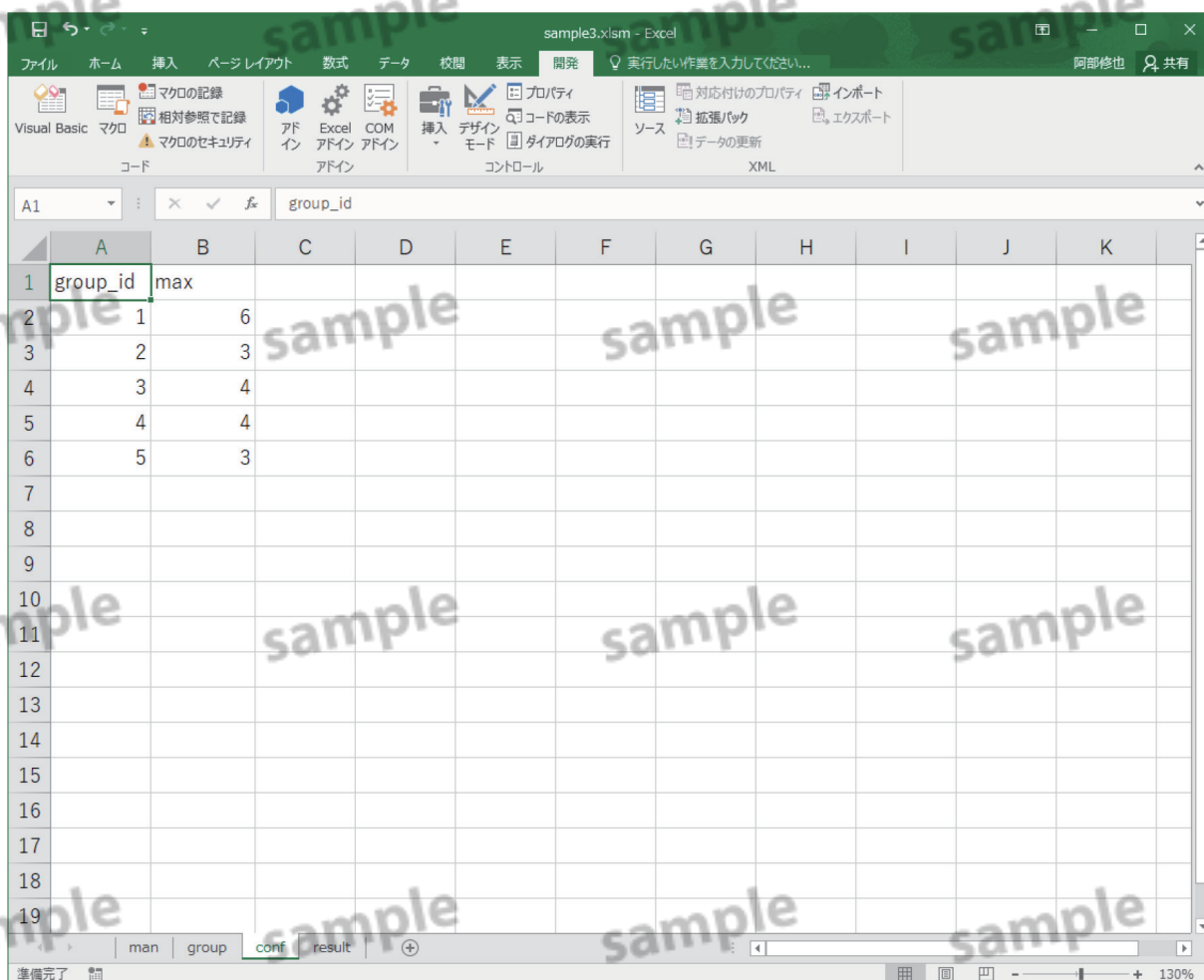
<sup>[6]</sup> 2.4 節で述べるように、事業部の評価順位に欠落があっても、従業員提案型 DA アルゴリズムは割当を算出する場合がある。

<sup>[7]</sup> 「ある電機メーカーにおける人材配置問題」（慶應ビジネススクールより別途出版されているケース）の事例では、データ提供企業にそのような対応をとっていただいた。



## 2.3 conf シート

confシートには、各事業部が受け入れ可能な従業員の数（定員）を半角英数字で入力する（図4）。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	group_id	max									
2	1	6									
3	2	3									
4	3	4									
5	4	4									
6	5	3									
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											

図4：confシート

**A列（group\_id）**：事業部のIDを入力する。事業部のIDは1から昇順で整列している必要があり、重複および欠番は存在してはならない。

**B列（max）**：各事業部の定員を入力する。一行が一つの事業部の定員に対応しており、group\_id =  $i$  の行におけるmaxに対応するセルには、事業部  $i$  の定員を入力する。ただし、その和は、従業員の和と一致する必要がある。（例：図4では、IDが1である事業部の定員は6である。）



## 2.4 result シート

result シートには、従業員の事業部への割当結果が表示される。シート内の各ボタンは計算を実行する際に用いられる (図 5)。

5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	man_id	result_group_id	last_rank(man)	group_id	last_rank(max)							
10	1	2	1		17	6						
	2	1	1		2	13	3	da (man)			randomize man	
	3	4	1		3	20	4					
	4	1	1		4	18	4	da (group)			randomize group	
	5	2	1		5	11	3					
	6	2	1					boston (man)				
	7	1	1									
	8	5	1									
	9	4	1									
15	10	1	2									
	11	3	1									
	12	1	1									
	13	4	1									
	14	3	5									
	15	1	1									
	16	3	4									
	17	4	1									
	18	5	1									
	19	3	1									
20	20	5	1									

準備完了

図 5: result シート

**A 列 (man\_id)** : 従業員の ID が昇順で表示される。

25 **B 列 (result\_group\_id)** : ID に対応する従業員が割り当てられた事業部が表示される。

**C 列 (last\_rank (man))** : ID に対応する従業員の配属希望順位において、彼または彼女が割り当てられた事業部の順位が表示される。

**E 列 (group\_id)** : 事業部の ID が昇順で表示される。

30 **F 列 (last\_rank (group))** : ID に対応する事業部に配属された従業員のうち、評価が最も低い従業員の順位が表示される。

**G 列 (max)** : conf シート (2.3 節) に入力された各事業部の定員が表示される。

図 5 において、たとえば、group\_id= 1 である事業部の定員は max= 6 であり、last\_rank (group) = 17 である。result\_group\_id に表示されている その事業部の ID (group\_id= 1) は 6 つあるので、定員は埋まっている。以上より、事業部 1 に配属された 6 人の従業員のうち、その事業部の評価における順位が第 17 位よりも低い者は誰もいないことが判る。

従業員の配属希望順位に欠落 (表 3 では -) があつた場合には、従業員提案型 DA アルゴリズムでは実行時エラーが表示されるが、事業部提案型 DA アルゴリズムでは割当が算出されうる。事業部の評価順位に欠落 (表 4 でも -) があつた場合には、事業部提案型 DA アルゴリズムでは実行時エラーが表示されるが、従業員提案型の DA アルゴリズムとボストン方式では、割当が算出されうる。ただし、last\_rank (man) には 0 が表示されたり、last\_rank (group) には配属された従業員の中で最も小さい ID (番号) が表示される場合には、それはエラーであることを意味している<sup>[8]</sup>。

da (man) ボタン：従業員提案型 DA アルゴリズムによる割当の計算を実行するボタン。

da (group) ボタン：事業部提案型 DA アルゴリズムによる割当の計算を実行するボタン。

boston (man) ボタン：従業員提案型ボストン方式による割当の計算を実行するボタン。

これらの計算方法については、Appendix を参照せよ。

randomize man ボタン：man シート (2.1 節) 内の配属希望順位を乱数を用いて生成するためのボタン。

man シートの randomize ボタンと同じ処理が実行される。

randomize group ボタン：group シート (2.2 節) 内の評価順位を乱数を用いて生成するためのボタン。

group シートの randomize ボタンと同じ処理が実行される。

<sup>[8]</sup> たとえば、Appendix の例では、配属希望順位に欠落がある従業員 f の last rank(man) には 0 が表示され、f が配属された事業部の last rank (group) には配属された従業員 (c と e) の中で最も小さい ID (番号) である 3 が表示される。

### 3 使用方法

#### 3.1 初期設定

- 5 従業員数および事業部数は、シートではなく、VBA（Visual Basic for Applications）の画面で設定する（図 6）。デフォルトでは、従業員数は 107、事業部数は 11 にしてある。

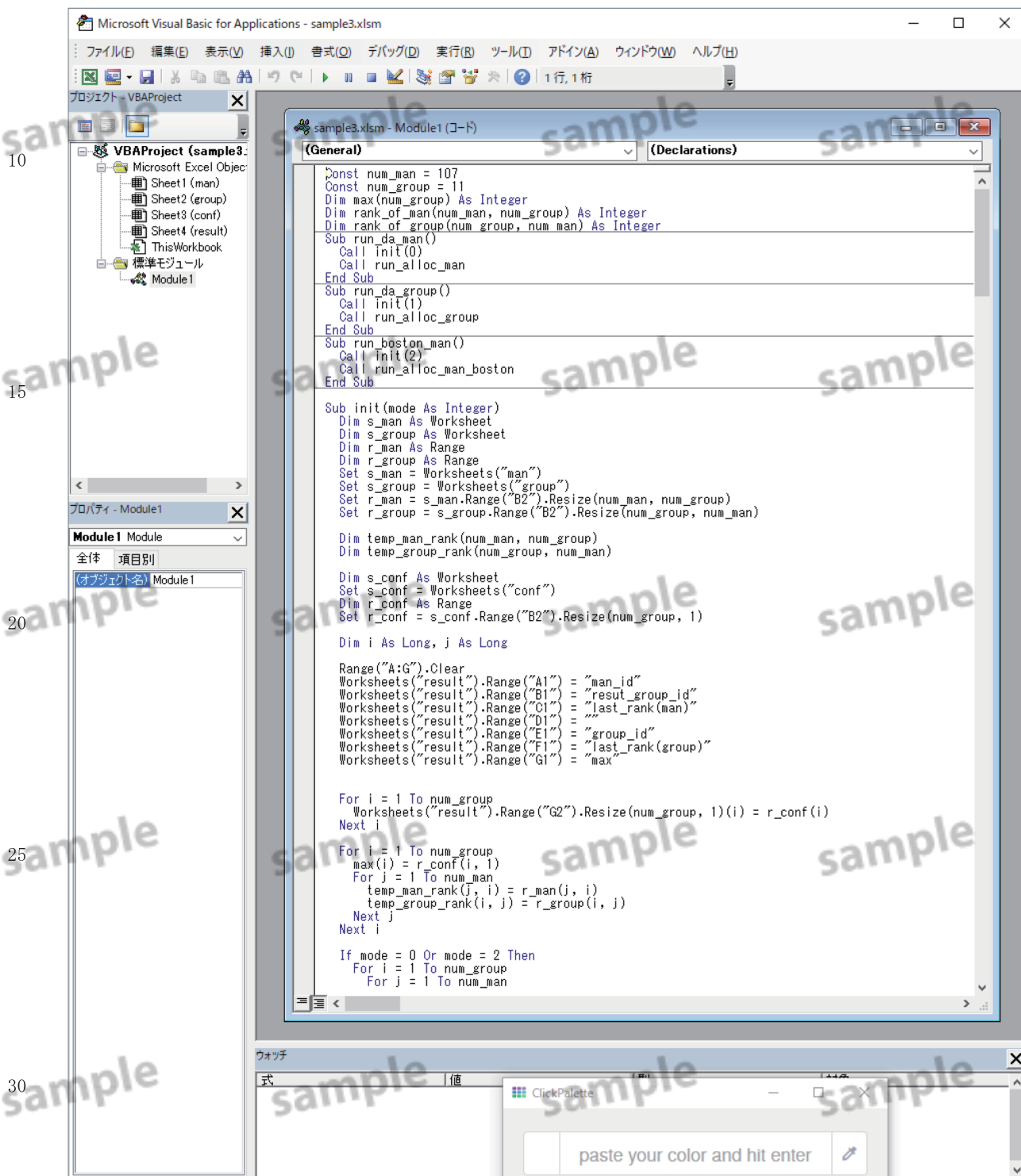


図 6 : Visual Basic ウィンドウ

1. 開発リボンから、**Visual Basic** ボタンをクリックする。
2. プロジェクトエクスプローラーから、**VBAProject (sample3.xlsm)**  
内の**標準モジュール**の中にある **Module 1** を開く。
3. Module 1 内の先頭の 2 行のうち、**Const num\_man** に従業員数を、**Const num\_group** に事業部  
数を入力する。
4. ファイルを「上書き保存」し、**Visual Basic** ウィンドウを閉じる。

5

## 3.2 実行方法

実行したい計算に合わせて次の操作を行う。

10

### 3.2.1 従業員提案型 DA アルゴリズムを実行する

1. 初期設定 (3.1 節) を行う。
2. **man** シート (2.1 節)、**group** シート (2.2 節)、**conf** シート (2.3 節) に、それぞれ、従業員の配  
属希望順位、事業部の評価順位、事業部の定員を入力する。配属希望順位と評価順位に欠落  
がないように注意せよ
3. **result** シート (2.4 節) を開く。
4. **da (man)** ボタンをクリックする。

15

### 3.2.2 事業部提案型 DA アルゴリズムを実行する

1. 初期設定 (3.1 節) を行う。
2. **man** シート (2.1 節)、**group** シート (2.2 節)、**conf** シート (2.3 節) に、それぞれ、従業員の配  
属希望順位、事業部の評価順位、事業部の定員を入力する。配属希望順位と評価順位に欠落  
がないように注意せよ。
3. **result** シート (2.4 節) を開く。
4. **da (group)** ボタンをクリックする。

20

### 3.2.3 従業員提案型ボストン方式を実行する

1. 初期設定 (3.1 節) を行う。
2. **man** シート (2.1 節)、**group** シート (2.2 節)、**conf** シート (2.3 節) に、それぞれ、従業員の配  
属希望順位、事業部の評価順位、事業部の定員を入力する。配属希望順位と評価順位に欠落  
がないように注意せよ。

30

3. result シート (2.4 節) を開く.
4. boston (man) ボタンをクリックする.

### 3.3 実行結果

5

各計算方法を実行した結果は、result シート (2.4 節) 内の A, B, C, E, F, G 列に表示される。各列の内容については 2.4 節を参照せよ。

### 3.4 オプション : 乱数を用いた入力データの生成

10

本ソフトウェアには、乱数を用いてシミュレーションを行うための機能がオプションとして付属している。

#### 3.4.1 ランダムに配属希望順位を生成する

15

man シート (2.1 節) 内の randomize ボタンまたは result シート (2.4 節) 内の randomize man ボタンをクリックすることで、乱数を用いて従業員の事業部に対する配属希望順位を生成することができる。その際、生成される配属希望順位における従業員数および事業部数は初期設定 (3.1 節) において入力した値に従う。

#### 3.4.2 ランダムに評価順位を生成する

20

group シート (2.2 節) 内の randomize ボタンまたは result シート (2.4 節) 内の randomize group ボタンをクリックすることで、乱数を用いて事業部の従業員に対する評価順位を生成することができる。その際、生成される評価順位における従業員数および事業部数は初期設定 (3.1 節) において入力した値に従う。

25

30



## 4 困ったときは

正しく割当を計算できない場合の対処については、以下を参照せよ。

### 4.1 開発リボンが表示されない

Microsoft Office Excel では、初期設定において、開発リボンが表示されないため、それを表示するには、次の手順を実行する（Microsoft Office Excel 2016 の場合）。

1. ファイルリボンをクリックする。
2. オプションボタンをクリックする。
3. Excel のオプションウィンドウ内のリボンのユーザー設定をクリックする。
4. リボンのユーザー設定フィールドがメインタブになっていることを確認し、メインタブのリボン一覧内の開発にチェックを入れる。
5. OK ボタンをクリックし、Excel のオプションウィンドウを閉じると、開発ボタンが表示される（表示されない場合は、もう一度 Excel ファイルを開き直す。）。

### 4.2 実行時にエラーが表示される

割当計算の実行時にエラーが表示される場合は、次の項目を確認せよ。

- 初期設定 (3.1 節) における従業員数および事業部数、または man シート (2.1 節) および group シート (2.2 節) における配属希望順位及び評価順位について、半角英数字のみで入力したか？
- 初期設定 (3.1 節) における従業員数および事業部数と man シート (2.1 節) および group シート (2.2 節) における従業員数および事業部数は、それぞれ、一致しているか？
- 初期設定 (3.1 節) における従業員数と conf シート (2.3 節) における各部事業部の定員の和は一致しているか？

### 4.3 エラーは表示されないが、正しい割当を算出できない

割当計算の実行ボタンを押すと、エラーは表示されないが、正しい割当を算出できない場合には、次の項目を確認せよ。

- 5 ● 保護ビュー（図 7）で開いていないか？保護ビューで開いている場合、編集を有効するボタンをクリックして、保護ビューを終了する必要がある。
- VBA の画面において設定（3.1 節）した従業員数および事業部数と、man シート（2.1 節）ならびに group シート（2.2 節）における従業員数および事業部数は、それぞれ、一致しているか？
- 配属希望順位と評価順位に欠落はないか？

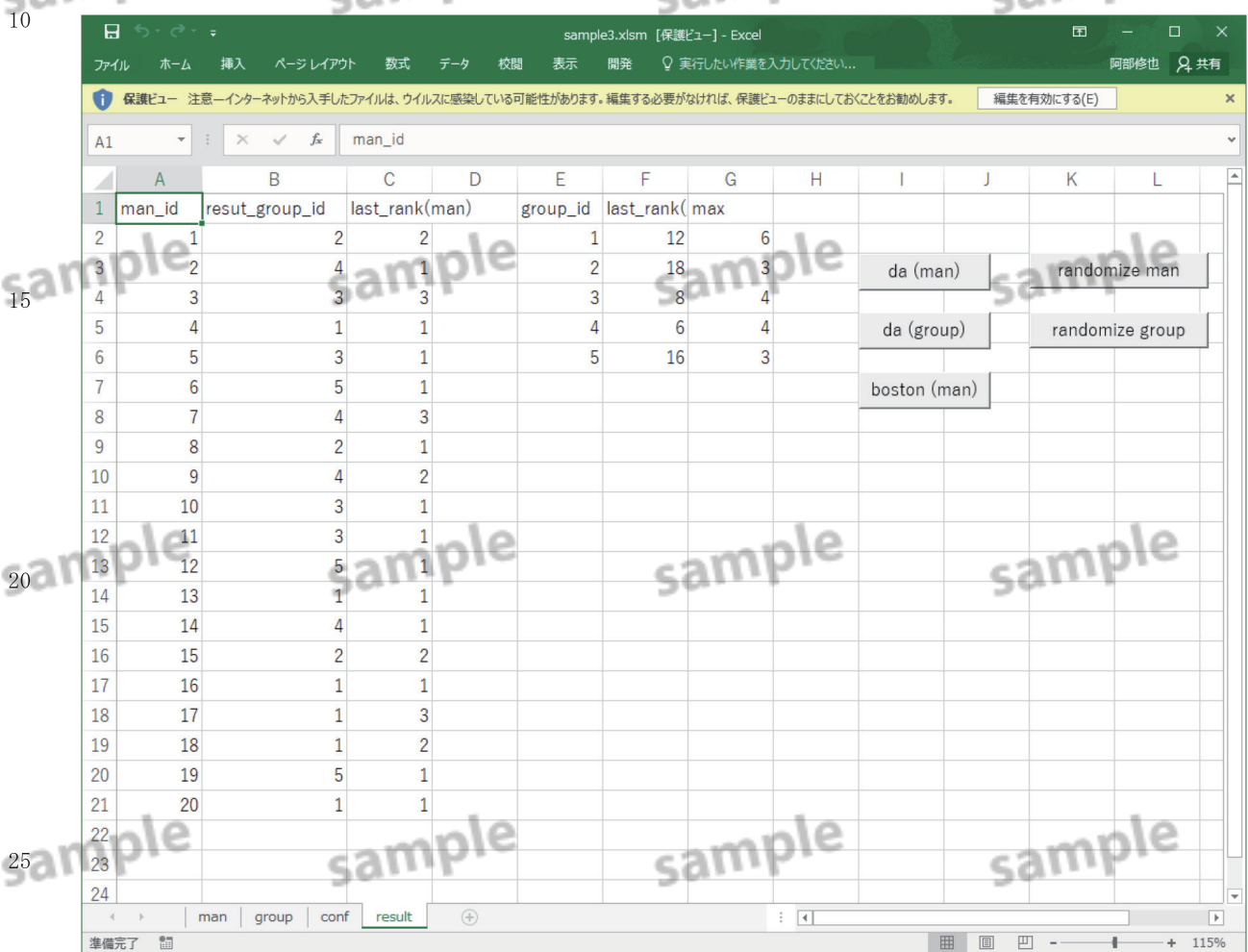


図 7：保護ビューで開いたときの画面

このソフトウェアのコードは何度も続けて実行することを念頭に置いて書かれていない。そのような使い方をする場合、コードはコンピュータのキャッシュに残っている数値を参照してしまい、正しい割当を算出しないことがあるかも知れない。このような事態を確実に回避するには、計算を実行するごとにキャッシュを消去するか Excel ファイルを一旦閉じてほしい。

## Appendix : 多対一マッチング

従業員の事業部への割当問題は次の項目によって構成される。

- 従業員と事業部：各従業員は事業部に対する配属希望順位を持っており、各事業部は従業員に対する評価を順位づけている。
- 定員：各事業部の受け入れ可能な従業員の数の最大値。

例：従業員  $a, b, c, d, e, f$  の事業部  $X, Y, Z$  への割当を考える。彼らの配属希望順位と評価順位は表 5 と表 6 にそれぞれリストされている。表 5 では、従業員  $f$  が事業部  $Z$  に配属されるよりは退社することを好むことを  $-$  を使って表している。表 6 における括弧中の数字は対応する各事業部の定員である。

表 5 : 従業員の事業部に対する配属希望順位

a:	X	Y	Z	d:	Y	Z	X
b:	X	Y	Z	e:	Y	Z	X
c:	Z	Y	X	f:	X	Y	-

表 6 : 事業部の従業員に対する評価順位

(2)	X:	b	c	a	d	f	e
(1)	Y:	a	d	c	e	f	b
(3)	Z:	f	e	c	d	b	a

本稿はソフトウェアの使用マニュアルであるため、DA アルゴリズムとポストン方式による従業員の事業部への割当に関する諸性質については、ここでは説明しない。それらについては、「ある電機メーカーにおける人材配置問題」(慶應ビジネススクールより別途出版されているケース) を参照してほしい。この後で計算されるアルゴリズムにおいて、そこで記述されている従業員と事業部の行動はあくまで計算プロセスの理解を容易にするための解釈であることに注意してほしい。実際には、従業員と事業部は、それぞれ、配属希望順位と評価順位を制度運営者に提出し、それらのリスト(表 5 と表 6) に基づいて、制度運営者があるアルゴリズムに従って割当を決めている。

## DA アルゴリズム

Appendix の例において、従業員提案型 DA アルゴリズムを用いて算出される安定マッチングは

5

$$\mu_1 = \langle Xab, Yd, Zce; f \rangle$$

である。  $\mu_1$  では、従業員  $f$  はどの事業部にも割り当てられておらず、事業部  $Z$  は定員割れを起こしている。

表 7 は  $\mu_1$  の計算プロセスを示している。

10

表 7：従業員提案型 DA アルゴリズムでの安定マッチングの探索

	ラウンド 1	ラウンド 2
(2) $X$	$a, b, f$	$a, b$
(1) $Y$	$d, e$	$d, f$
(3) $Z$	$c$	$c, e$
		$f: n/a$

15

- 各従業員は、まず、配属希望順位における第 1 希望の事業部に受入を申請する。
  - 各事業部は申請があった従業員の中で評価順位のより高い者を、定員を越えない範囲で、「一時的に」受け入れる。表 7 では、事業部  $X$  は、2 名の定員を越える数の従業員を受け入れることはできず、従業員  $f$  の受入申請を断っており、それを  $f$  で示している。事業部  $Y$  でも、同じ理由で、従業員  $e$  が受入申請を断られている。一度申請を断られた事業部には従業員は二度と受入を申請できない。よって、次のラウンドでは、希望順位を 1 つ落として、第 2 希望の事業部に受入を申請する。
- ラウンド 1 で受入を断られた従業員は、次に、配属希望順位における第 2 希望の事業部に受入を申請する。
  - 各事業部は、一時的に受け入れている従業員と申請があった従業員の中で評価順位のより高い従業員を、定員を越えない範囲で、「一時的に」受け入れる。その際、直前のラウンドで一時的に受け入れた従業員よりも高く評価する従業員から申請があれば、一時的に受け入れた従業員の受入を撤回し、断ってもよい。

20

25

30

申請を断られた事業部には従業員は二度と受入を申請できない。

表 7 では、事業部  $Y$  がラウンド 1 で従業員  $d$  を一時的に受け入れており、ラウンド 2 で従業員  $f$  が受け入れを申請したが、従業員  $d$  を  $f$  よりも高く評価しているので、ラウンド 2 でも継続して、

従業員  $d$  を一時的に受け入れる。申請を断られた事業部には従業員は二度と受入を申請できない。よって、次のラウンドでは、希望順位を1つ落として、他の事業部に受入を申請する。

3. このプロセスを、すべての従業員が受け入れられるか、すべての事業部に受入申請を断られるまで続ける。すべての事業部に受け入れを断られた従業員の配属先はない。

Appendix の例において、事業部提案型 DA アルゴリズムを用いて算出される安定マッチングは

$$\mu_2 = \langle Xab, Yd, Zce; f \rangle,$$

つまり、 $\mu_1 = \mu_2$  である。表 8 は  $\mu_2$  の計算プロセスを示している。従業員と事業部の立場を入れ替えれば、次の点を除いて、その計算プロセスは従業員提案型 DA アルゴリズムのそれと同じである。ここでは、各ラウンドにおいて、ある事業部の定員に空きがある場合、その事業部が未充足分の受入を従業員に申し出る。従業員は一つの申し出ししか受け入れられない。

表 8：事業部提案型 DA アルゴリズムでの安定マッチングの探索

	ラウンド1	ラウンド2	ラウンド3	ラウンド4	ラウンド5
$a$	$Y$	$X, \cancel{Y}$	$X$	$X$	$X, \cancel{Z}$
$b$	$X$	$X$	$X$	$X, \cancel{Z}$	$X$
$c$	$X, \cancel{Z}$	$Z$	$Z$	$Z$	$Z$
$d$		$Z$	$Y, \cancel{Z}$	$Y$	$Y$
$e$	$Z$	$Z$	$Z$	$Z$	$Z$
$f$	$Z$				

Z: vacancy=1

表 8 をみると、ラウンド 2 で、従業員  $a$  がラウンド 1 で一時的に受け入れていた事業部  $Y$  からの申し出を断っており、ラウンド 3 で、従業員  $d$  がラウンド 2 で一時的に受け入れていた事業部  $Z$  からの申し出を断っている。この計算方法が DA (deferred acceptance) アルゴリズムと呼ばれる所以である。



## ボストン方式

Appendix の例において、従業員提案型ボストン方式を用いて算出される安定マッチングは

$$\mu_3 = \langle Xab, Yd, Zce; f \rangle$$

である。この例では、従業員提案型 DA で算出した割当と従業員提案型ボストン方式で算出した割当は一致している。しかし、ボストン方式が DA アルゴリズムと決定的に異なる点は、一度受け入れた従業員の申請を断ることはできないことである。表 9 は  $\mu_3$  の計算プロセスを示している。ラウンド 2 において、たとえ従業員  $d$  よりも  $f$  をより高く評価していたとしても、事業部  $Y$  は一端受け入れた従業員  $d$  の受入を拒否することはできない<sup>[9]</sup>。

表 9：従業員提案型ボストン方式でのマッチングの探索

		ラウンド1	ラウンド2
15	(2) $X$	$a, b, f$	$a, b$
	(1) $Y$	$d, \emptyset$	$d$
	(3) $Z$	$c$	$c, e$
			$f: n/a$

20 **注意事項：**この Appendix の例のように、配属希望順位または評価順位に欠落がある場合、*Excel for Two-Sided Matching* は実行時エラーの発生を表示し、(基本的には) 割当を出力しないことに注意せよ<sup>[10]</sup>。

25 **練習問題：** $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  が互いに異なるような配属希望順位と評価順位のリストを作成せよ。  
*Excel for Two-Sided Matching* を使ってもよい。

30 <sup>[9]</sup> この方法は、多くの国の自治体において、生徒の公立学校への割当に実際に使われている。米国マサチューセッツ州ボストン市では、2005 年、この方法での割当から生徒提案型 DA アルゴリズムでの割当に移行した。それ以降、この方法はマッチング理論において、ボストン方式と呼ばれるようになった。ボストン方式では、1.1 節でも述べたが、安定マッチングの算出は保証されない。マッチング理論とは、ミクロ経済学における制度設計理論を構成する一領域であり、ゲーム理論の応用領域でもある。

<sup>[10]</sup> 2.4 節で述べたように、提案を受ける側に欠落がある場合には、割当を出力する場合がある。

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

---

不 許 複 製

---

慶應義塾大学ビジネス・スクール

---

共立 2023. 6 PDF