



慶應義塾大学ビジネス・スクール

複数単位入札計算ソフトウェア：

Excel for Multi-Unit Auction

目 次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1 概要..... | 2 |
| 1.1 VCG メカニズムの性質..... | 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 result シート..... | 6 |
| 3 使用方法..... | 9 |
| 3.1 初期設定..... | 9 |
| 3.2 実行方法..... | 10 |
| 3.3 実行結果..... | 11 |
| 3.4 オプション：乱数を用いた入力データの生成..... | 11 |
| 4 困ったときは..... | 11 |
| 4.1 開発リボンが表示されない..... | 11 |
| 4.2 実行時にエラーが表示される..... | 12 |
| 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..... | 13 |
| Appendix：複数単位入札と VCG メカニズムの例..... | 14 |

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。

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（2018年12月作成）

1 概要

本稿は複数単位入札における財の入札者に対する割当と彼らの支払額を、Vickrey-Clarke-Groves (VCG) メカニズムに従って、コンピュータを使って導出するためのソフトウェア *Excel for Multi-Unit Auction* の使用マニュアルである。この章では、複数単位入札とソフトウェアの動作環境、基本的な注意事項について、それらの概要を述べる。

1.1 VCG メカニズムの性質

2018年12月の時点では、*Excel for Multi-Unit Auction* の初版 (vcg.xlsm) が公開されており、次の URL より自由にダウンロードできる^[1]。

<http://labs.kbs.keio.ac.jp/naoki50lab/vcg.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 |

複数個の同質財が競争入札にかけられているとしよう。*Excel for Multi-Unit Auction* には、入札者の単位ごとの入札額をすべて入力すると、彼らへの財の割当と彼らの支払額を決定する計算方法 (アルゴリズム) が実装されている。VCG メカニズムと呼ばれるこの仕組みがどのような計算を実行しているかは、本稿末尾の Appendix において、簡単な例を用いて説明される。また、複数単位入札の問題設定は本節の最後に回し、VCG メカニズムの性質に対する言及を優先する。

2017年秋、複数のメディアによって、日本政府が電波の周波数帯利用権を競争入札にかけるとの周波数入札 (通称、電波オークション) の導入を検討していることが報道された。電気通信やデジタル放送

^[1] 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。

などの事業者は、それらのサービス提供にあたって、電波の周波数帯の割当を必要とする。周波数入札はその一定期間の利用権を競争入札によって各事業者に割り当てる仕組みであり、米国、英国、フランス、ドイツでは既に導入されているが、日本では2018年秋の時点で総務省による比較審査方式がとられている。周波数入札導入の目的は審査の透明性と周波数帯割当の効率性を高め、その利用料金収入を増加させることである^[2]。周波数入札だけでなく、最近では、政府調達、国公債の発行、公共工事の委託契約や、空港発着枠、検索連動型広告、命名権、部品調達など、世界各国の政府や自治体、事業者における競争入札制度の見直しや導入が進められている。

各入札者が財やサービスから得る便益は一般に彼または彼女の私的情報であり、より高い便益を得る入札者に対してそれらがより優先的に割り当てられるという意味での**効率性**の保証は入札制度に対する重要な評価基準である。仮に中立的な仲裁者がいたとして、その仲裁者が効率的な財やサービスの割当を行うには、各入札者の便益に関する正確な情報が必要となるが、彼または彼女がそのような私的情報を正直に仲裁者に申告するとは限らない。ある仕組み（メカニズム）において、どの入札者にとっても、他の入札者の行動によらず、自分自身の便益に関する情報を正直に仲裁者に表明することが得策であるとき、メカニズムのそのような性質を**耐戦略性**という。耐戦略性を満たすメカニズムの設計は容易ではなく、むしろ、そのようなメカニズムが存在しない状況の方が実際には多いだろう。しかし、複数財入札においては、便益の評価方法に一定の仮定が必要となるものの、効率性と耐戦略性を同時に満たすメカニズムが存在する。それがVCGメカニズムである。

複数単位入札では、一般に、 k 個の同質財が n 人の入札者に割り当てられる。入札者はこの財を k 個まで購入してよい。彼らはこの財に対する金銭的便益を個数ごとに見積もっており、これを評価額という。各入札者の評価額は彼または彼女の私的情報であり、この情報に基づいて、個数ごとに入札額を仲裁者に申告する。耐戦略性とは、すべての入札者にとって、各個数に対応する評価額をそのまま入札額として申告することが得策であることを意味する。

^[2] 2017年10月1日付で電波利用料額の改定がなされている。詳細は総務省のウェブサイトを参照せよ。（<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/sum/money.htm>）旧利用料金額に基づく2015年度の電波利用料金収入総額は約747億円である。

1.2 推奨される動作環境

5 *Excel for Multi-Unit Auction* 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 5 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

- 15 (1) このソフトウェアの初期設定、入札者の購入単位ごとの評価額および入札額を設定するときには、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。
- 20 (2) *Excel for Multi-Unit Auction* 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、財の割当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。
- 25 (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 Multi-Unit Auction は、2 種類の Excel シート (man, 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
5
方法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、入出力において、入札者は数字で表された ID で識別される。

2.1 man シート

入札者は、 k 個の財の各個数に対応する評価額を持っており、それに基づいて入札額を入力する。man シートには、すべての入札者について、各個数の財に対応する入札額を半角英数字で入力する
10
(図 1)。入力データの読み方は次の通りである。

A 列 (man_id): 入札者の ID が表示される。ID は 1 から始まる整数で表され、昇順で整列されている。
15

重複および欠番は存在しない。man_sheet では、各入札者について評価額および入札額を入力するため、ID が i の入札者の ID は $2i$ 行目の A 列に man_id= i として表示される。入札者数と財の個数はユーザが初期設定 (3.1 節) において設定するので、入札者の ID はその設定に従って man_sheet 上に自動生成される。

B 列以降 (unit_j): man_id で表示されているすべての入札者について、各個数に対応する評価額および入札額を入力する。初期設定 (3.1 節) に従って、財の個数 (k 個) 分の unit_j ($j=1, \dots, k$) が man_sheet 上に自動生成される。各入札者について、評価額を入力する行と入札額を入力する行がある。 $2i$ 行には、A 列に man_id= i の ID が表示されており、同じ行に評価額を入力する。つまり、 $2i$ 行の unit_j 列に該当するセルには、入札者 i の j 個の財に対応する評価額を入力する。 $2i+1$ 行の unit_j 列に該当するセルには、入札者 i の j 個の財に対応する入札額
20
25
を入力する。(例: 図 1 では、ID が 1 (man_id=1) である入札者の 2 個の財 (unit_2) に対応する評価額は 380、入札額は 350 である。) また、本プログラムにおいては、すべての入札者について、すべての個数に対応する評価額および入札額を入力する必要がある。

randomize ボタン: 実際のデータではなく、乱数を用いて選好順位を生成し、シミュレーションを行いたいときに使う。
30

図 1 では、3 人すべての入札者について、1 個から 3 個までの個数に対応する入札額をすべて入力していることを確認してほしい。

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|--------|--------|--------|--------|---|---|-----------|---|---|---|
| 1 | man_id | unit_1 | unit_2 | unit_3 | | | | | | |
| 2 | 1 | 143 | 380 | 120 | | | | | | |
| 3 | | 130 | 350 | 100 | | | | | | |
| 4 | 2 | 55 | 212 | 327 | | | | | | |
| 5 | | 80 | 200 | 300 | | | | | | |
| 6 | 3 | 116 | 360 | 357 | | | randomize | | | |
| 7 | | 130 | 400 | 300 | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | |

図 1 : man シート

2.2 result シート

result シートには、各入札者に対して割当てられた財の個数、その個数に対応する評価額と支払額、およびポイント（評価額 - 支払額）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 2）。

A 列 (man_id) : 入札者の ID が昇順で表示される。

B 列 (unit_of_item) : ID に対応する入札者に割当てられた財の個数が表示される。

C 列 (valuation) : ID に対応する入札者について、彼または彼女に割当てられた財の個数に対応する評価額が表示される。

D 列 (payment) : ID に対応する入札者について、彼または彼女に割当てられた財の個数に対応する支払額が表示される。

E 列 (points) : ID に対応する入札者が獲得したポイントが表示される。ポイントは割り当てられた財の個数に対応する評価額から支払額を引いたものとして算出される。

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|--------|--------------|-----------|---------|--------|---|-----------|---|
| 1 | man_id | unit_of_item | valuation | payment | points | | | |
| 2 | 1 | 1 | 143 | 80 | 63 | | | |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | randomize | |
| 4 | 3 | 2 | 360 | 300 | 60 | | run | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |

図 2 : result シート

図 2 では、たとえば、man_id=1 である入札者の割当てられた財の個数は 1 であり、評価額は 143、支払額は 80、ポイントは 63 である。

run ボタン : VCG メカニズムの下での財の割当てと支払額の計算を実行するボタン。その計算方法については、Appendix における記述を参照してほしい。

本ソフトウェアによる計算の実行において、man シートに評価額が入力されていないセルがある場合には、そのセルに 0 が入力されたものとして計算が続行されるが、入札額が入力されていないセルがある場合、エラーメッセージ (図 3) が表示され、計算は完了することなく終了する。そのような場合には、エラーメッセージ中の OK ボタンをクリックし、空欄になっているセルに評価額と入札額を入力してほしい。

また、VCG メカニズムの下では、入札者に仮に割当てた財の個数に対応する入札額の合計を最大にするような割当てがなされるが、そのような割当てが複数存在することもある。この場合には、本プログラムでは、ID がより小さい入札者への財の割当て数がより小さくなるような割当てが選択される。たとえば、入

札者数と財の個数がともに 3 であり，入札者に割り当てられた財の個数の総和が 3 のときに入札額の合計が等しい割当が複数ある場合，表 3 にリストされている優先順序で財が割り当てられる。

randomize ボタン：man シート（2.1 節）内の評価額を乱数を用いて生成するためのボタン。man シートにおける randomize ボタンと同じ処理が実行される。

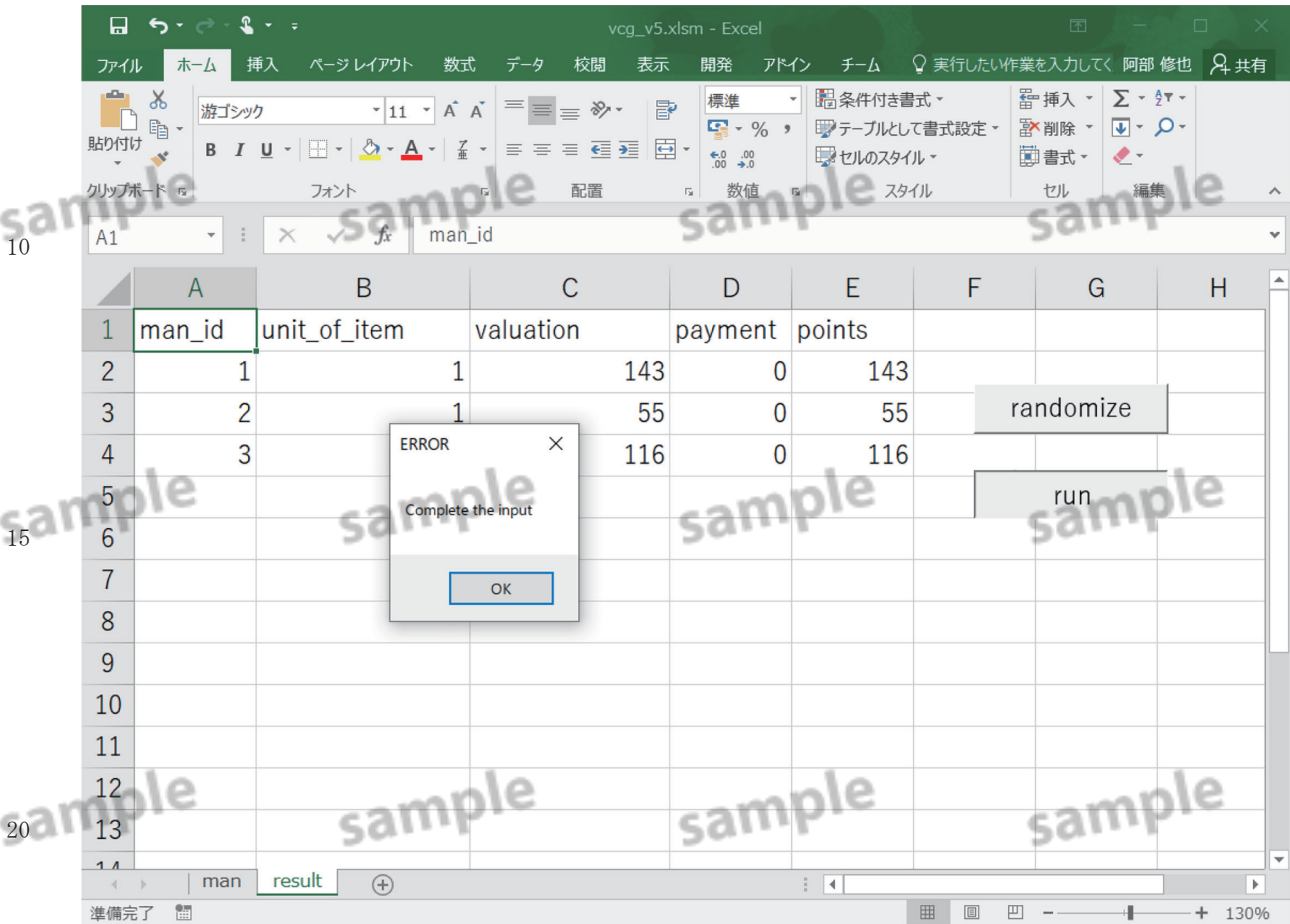


図 3：入札額が入力されていない場合に発生するエラー

表 3：割当数に関する優先順序

| 優先順序 | ユーザ 1 の割当数 | ユーザ 2 の割当数 | ユーザ 3 の割当数 |
|------|------------|------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 3 |
| 2 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 0 | 2 | 1 |
| 4 | 0 | 3 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 2 |
| 6 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 2 | 0 |
| 8 | 2 | 0 | 1 |
| 9 | 2 | 1 | 0 |
| 10 | 3 | 0 | 0 |

3 使用方法

3.1 初期設定

入札者数 n および財の個数 k は、シートではなく、VBA（Visual Basic for Applications）の画面上で設定する（図 4）。デフォルトでは、入札者数（num_man）、財の個数（num_item）はともに 3 としてある。評価額の最大値（max_value_of_item）は 300 としてある。

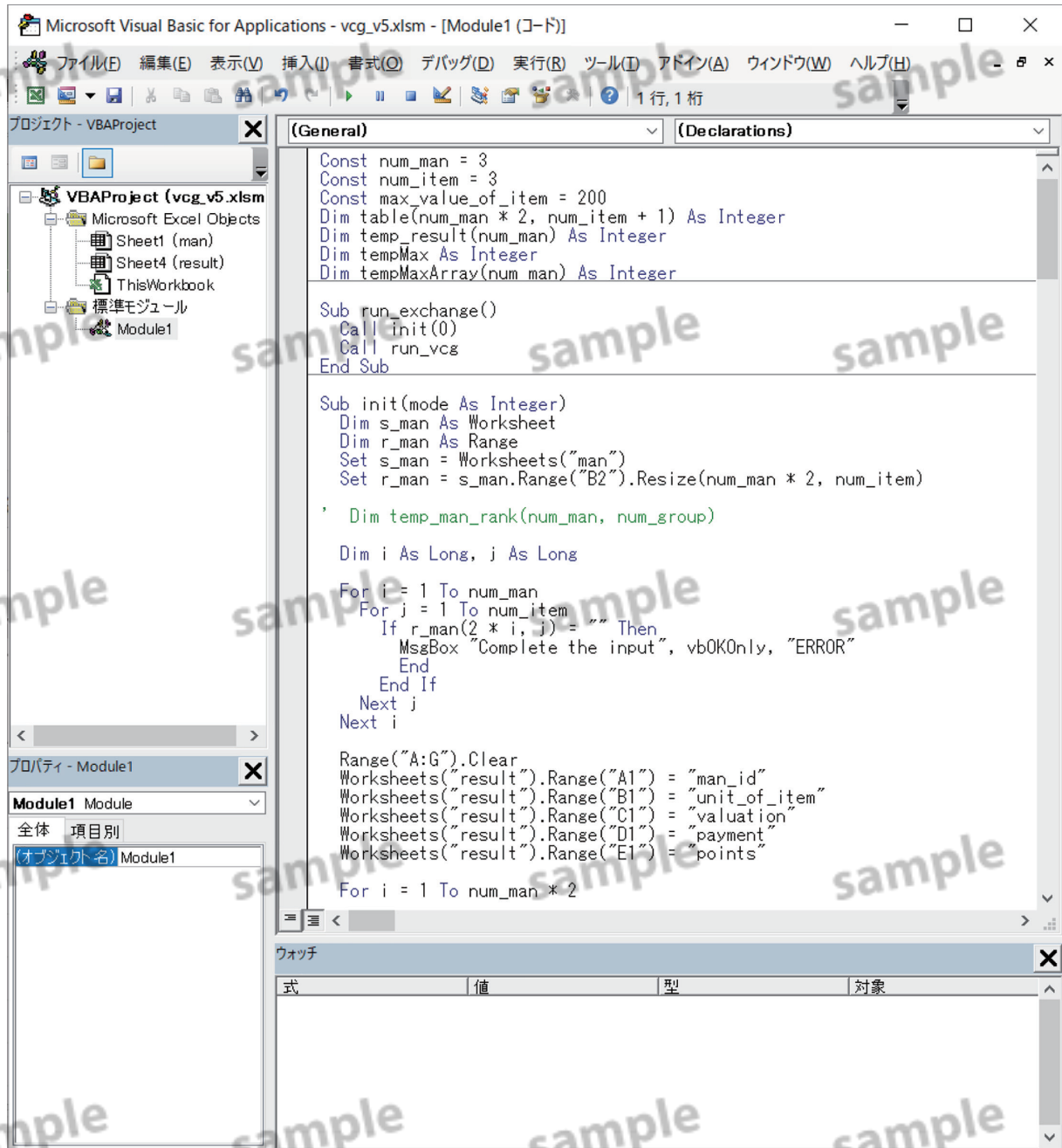


図 4 : Visual Basic ウィンドウ

1. 開発リボンから、**Visual Basic** ボタンをクリックする（図 5）。
2. プロジェクトエクスプローラーから、**VBAProject (vcg.xlsm)** 内の標準モジュールの中にある **Module 1** を開く。
3. **Module 1** 内の先頭行における Const num_man に入札者数を，次の行における Const num_item に財の個数を入力する。さらに Const max_value_of_item に評価額の最大値を入力する。
4. ファイルを「上書き保存」し，Visual Basic ウィンドウを閉じる。

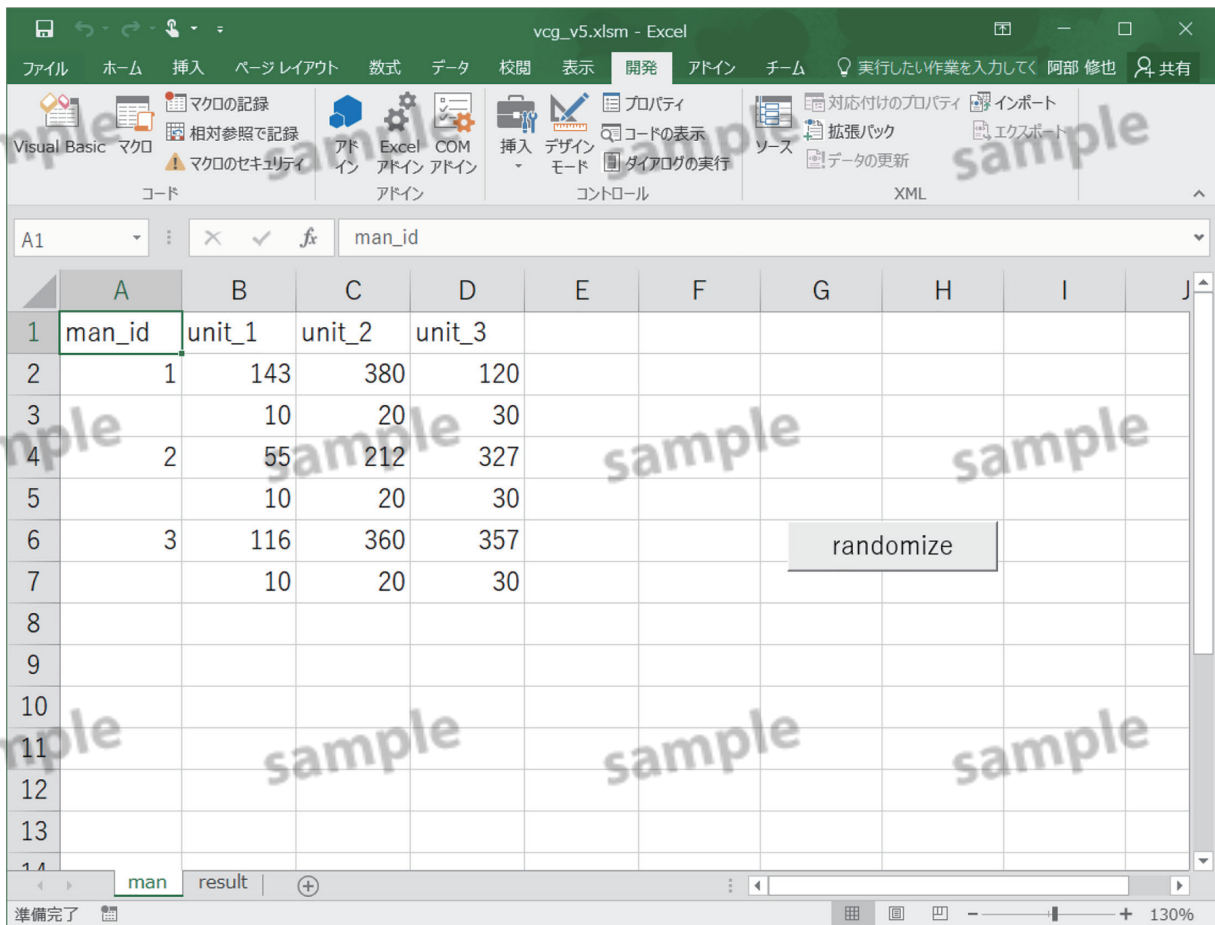


図 5 : Visual Basic ボタン

3.2 実行方法

1. 初期設定（3.1 節）を行う。
2. man シート（2.1 節）に，すべての入札者について，財に個数に対応する評価額および入札額を入力する。特に，入札額には欠落がないように注意してほしい。
3. result シート（2.2 節）を開いて，run ボタンをクリックする。

3.3 実行結果

VCG メカニズムの下での計算を実行した結果は、result シート (2.2 節) 内の A, B, C, D, E 列に表示される。各列の内容については 2.2 節を参照せよ。

5

3.4 オプション：乱数を用いた入力データの生成

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。man シート (2.1 節) または result シート (2.2 節) 内の randomize ボタンをクリックすることで、入札者の財の個数に対する評価額を乱数を用いて生成することができる。その際、入札者数および財の個数は初期設定 (3.1 節) において入力した値に従う。

10

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。

15

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)。

20

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にある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にある開発にチェックを入れる (図 6)。
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.)。

25

30

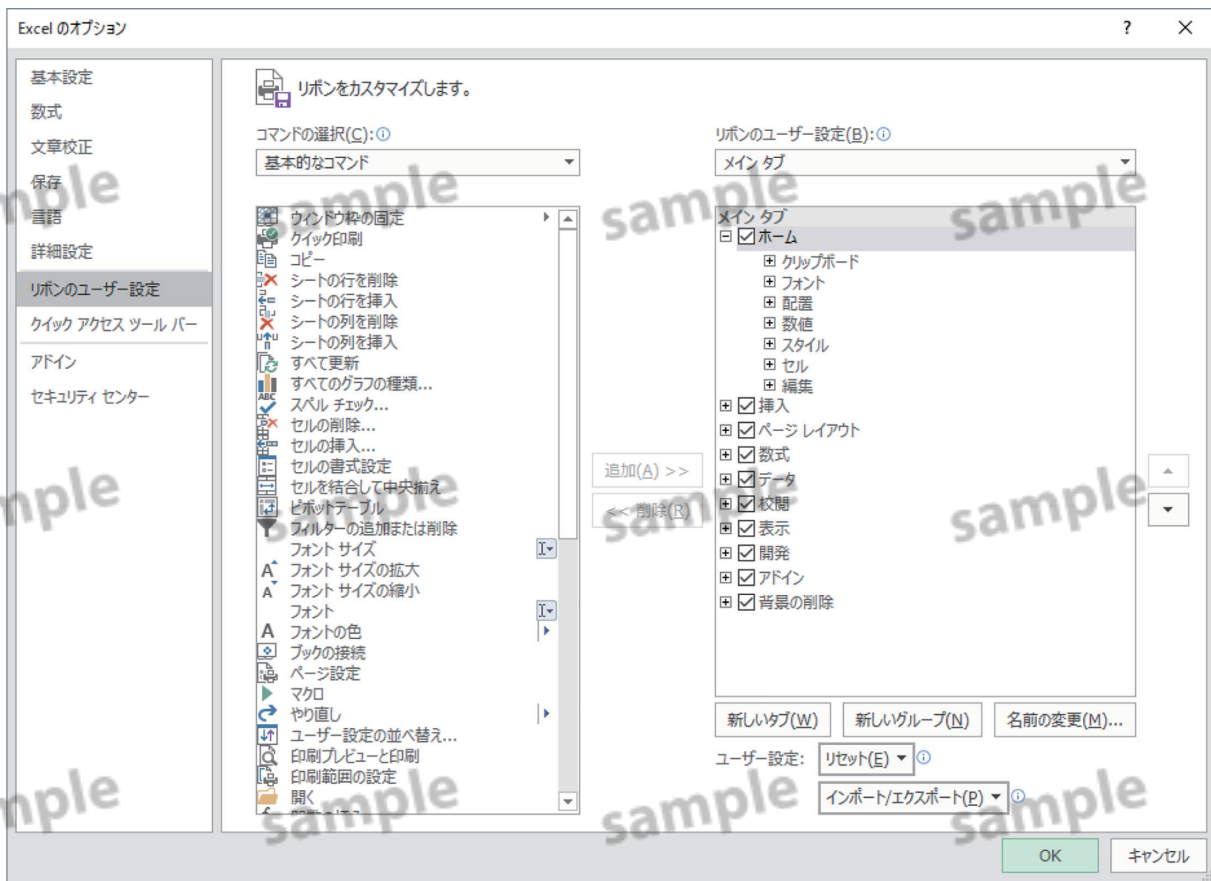


図 6 : リボンのユーザー設定

4.2 実行時にエラーが表示される

計算の実行時にエラーメッセージが表示される場合には、次の項目を確認せよ。

- 初期設定 (3.1 節) における入札者数および財の個数, man シート (2.1 節) における評価額および入札額について、半角英数字のみで入力したか？
- 初期設定 (3.1 節) における入札者数および財の個数と man シート (2.1 節) におけるそれらの数は一致しているか？一致していなければ、randomize ボタンを押すと、それらは初期設定において指定した数に自動修正される。
- 入札額に欠落はないか？

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

計算の実行時にエラーメッセージは表示されないが、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。

- 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、**編集を有効にする（E）** 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）した入札者数および財の個数と、man シート（2.1 節）におけるそれらの数は一致しているか？一致していなければ、randomize ボタンを押すと、それらは初期設定において指定した数に自動修正される。
- 評価額に欠落はないか？

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|---|
| 1 | man_id | unit_1 | unit_2 | unit_3 | unit_4 | | | |
| 2 | 1 | 103 | 14 | 192 | 296 | | | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 4 | 2 | 35 | 338 | 480 | 372 | | | |
| 5 | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 6 | 3 | 114 | 350 | 174 | 388 | | | |
| 7 | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 8 | 4 | 53 | 308 | 561 | 668 | | | |
| 9 | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 10 | 5 | 124 | 300 | 72 | 128 | | | |
| 11 | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |

図 7：保護ビューで開いたときの画面

Appendix: 複数単位入札と VCG メカニズムの例

ここでは、例を用いて説明する。2 人の入札者がいて、3 単位の同質財を競り落とそうとしている。入札者 1 (Bidder 1) はこの財を 1 単位消費することに 80 の金銭的価値を見積もっており (valuation), 2 単位の消費には $60 \times 2 (= 120)$, 3 単位の消費には $55 \times 3 (= 165)$ の金銭的価値があると評価している。一方、入札者 2 (Bidder 2) はこの財を 1 単位消費することに 40 の金銭的価値を見積もっており、2 単位の消費には $70 \times 2 (= 140)$, 3 単位の消費には $65 \times 3 (= 195)$ の金銭的価値があると評価している。財を消費できなければ、その金銭的価値は各入札者にとって 0 であるとする。

彼らの各単位に対する入札額 (bid) は表 4 に記されている通りである。たとえば、入札者 1 は 1 単位分には 70, 2 単位分には $55 \times 2 (= 110)$, 3 単位分には $50 \times 3 (= 150)$ の入札額をつけている。表 4 では、本文中の表記とは異なり、評価額と入札額はそれらの単位あたりの値に単位数を掛け合わせたものを記している^[3]。

表 4 : 単位ごとの評価額と入札額

| | | 1 | 2 | 3 |
|----------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| Bidder 1 | valuation | 80×1 | 60×2 | 55×3 |
| | bid | 70×1 | 55×2 | 50×3 |
| Bidder 2 | valuation | 40×1 | 70×2 | 65×3 |
| | bid | 40×1 | 60×2 | 65×3 |

財の割り当て

VCG メカニズムによる財の配分では、まず、入札者に割り当てられる財の個数 (割当数) の組み合わせをすべて列挙し、次に、各組み合わせにおける入札額の合計を最大にするものを選択する。たとえば、入札者 1 に 1 単位、入札者 2 に 2 単位を割り当てる場合、入札額の合計は $70 \times 1 + 60 \times 2 = 190$ である。表 5 では、割当数の組み合わせとそれに対応する入札額の合計がリストされており、この表より、入札額の合計を最大にする割当数の組み合わせは入札者 2 に 3 単位すべてを割り当てるものであることが判る。

^[3] 入札実験では、被験者に対して、評価額や入札額を単位あたりの値で表示するか、それらの値に単位数を掛け合わせたものを表示するかによって、彼らの行動とそれに基づく入札結果は若干異なるが、それは統計的に有意な差ではないことが報告されている。

表 5 : 割当数の組み合わせと入札額の合計

| 総割当数 | 入札者 1 への割当数 | 札者 2 への割当数 | 入札額の合計 |
|------|-------------|------------|-----------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | $70 \times 1 = 70$ |
| 1 | 0 | 1 | $40 \times 1 = 40$ |
| 2 | 1 | 1 | $70 \times 1 + 40 \times 1 = 110$ |
| 2 | 0 | 2 | $60 \times 2 = 120$ |
| 2 | 2 | 0 | $55 \times 2 = 110$ |
| 3 | 1 | 2 | $70 \times 1 + 60 \times 2 = 190$ |
| 3 | 2 | 1 | $55 \times 2 + 40 \times 1 = 150$ |
| 3 | 0 | 3 | $65 \times 3 = 195$ |
| 3 | 3 | 0 | $50 \times 3 = 150$ |

支払額の計算

VCG メカニズムによる各入札者の支払額は、彼または彼女への割当数に対応して、次のように決定される。入札者 2 の支払額は

$$\begin{aligned}
 & (\text{入札者 2 を除いた入札での入札額の合計}) \\
 & - (\text{全員が参加した入札での入札額の合計}) \\
 & + (\text{入札者 2 への割当数に対応する彼または彼女の入札額}) \\
 & = (50 \times 3) - (195) + (65 \times 3) = 150
 \end{aligned}$$

となる。これは実際の入札額 195 よりも小さくなっていることに注意してほしい。入札者 1 の支払額は、同様に、

$$\begin{aligned}
 & (\text{入札者 1 を除いた入札での入札額の合計}) \\
 & - (\text{全員が参加した入札での入札額の合計}) \\
 & + (\text{入札者 1 への割当数に対応する彼または彼女の入札額}) \\
 & = (65 \times 3) - (195) + 0 = 0
 \end{aligned}$$

となる。ここで、入札者 1 への割当数に対応する彼または彼女の入札額は 0 としている。以上より、入札者 1 の利得は 0、入札者 2 の利得は 3 単位の財を消費することから得られる金銭的価値と支払額の差額 $65 \times 3 - 150 = 45$ となる。

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

不 許 複 製

慶應義塾大学ビジネス・スクール
