

オペレーションズリサーチを用いた業務の効率化

—学校現場の利用可能性について—

小野 文慈¹, 和久屋 寛², 成松 美枝³, 日高 茂暢³, 高柳 元²

Improving Operational Efficiency using Operations Research
—On an availability of school sites—

Bunji ONO, Hiroshi WAKUYA, Mie NARIMATSU,
Motonobu HIDAKA, Gen TAKAYANAGI

要 旨

大学の学生就職委員会で教員と学生の面談希望日のマッチングを行わなければならない場面に出くわした。このマッチングを短時間でを行うためにはどうしたらよいか?と考えたことが発端である。このような仕事は毎年、誰かが行わなければならない作業であり大学教員の日常業務とも大きくかけはなれている。そこでなるべく簡単に配当ができるように2つの簡単なアルゴリズムを考え、プログラムを作成した結果、どちらの方法を使っても適当な配当が実現できた。

一方、小中学校の教育現場においても働き方改革やICT活用による業務の短縮化を組織的に進めようとしている。しかしながら現在のところ一朝一夕で実行できていないのが現状である。むしろ、小中学校の教員の学校現場では実は大学教員よりもこのような割当問題が多く潜在している。したがって、この論文で示すような簡単な方法を用いることによって多忙な教員の一助になり得るのではないか、その可能性を提案するものである。

キーワード：オペレーションズリサーチ，割当問題，部屋割り問題，AI，データサイエンス，ICT活用

1. 緒 言

文部科学省では、平成28年度に学識経験者等の有識者で構成する「数理及びデータサイエンス教育の強化に関する懇談会」において、『大学の数理・データサイエンス教育強化方策について』が

とりまとめられた。2025年を目標年として、「文理を問わず、全ての大学が、課程にて初級レベルの数理・データサイエンス・AIを習得」することが掲げられている。

そこでオペレーションズリサーチ (OR)¹⁾は有

¹ 佐賀大学 教育学部 理数系グループ

² 佐賀大学 教育学部 附属教育実践総合センター

³ 佐賀大学 教育学部 幼小連携グループ

力なコンテンツになると推察する。ORの中でも割当問題^{2),3)}は授業教材に適し、プログラムの基本的な文法だけわかれば数値解析法などの知識がなくても取り組むことができる。しかもその教材は学校現場において、利用頻度が極めて高いと思われる。例えば、生徒たちのグループ分けや体育祭の競技分け、修学旅行の班割りなど人員の割付を行わないといけない場面、また、時間制作成や家庭訪問の日程スケジュール管理などを効率的に行うことも可能である。

本内容は、学生の面談の希望日程調査において全員の希望に沿った割当を決定するための簡単なアルゴリズムを考え、VBAプログラミング言語を使い解析を行ったので紹介する。

2. OR (オペレーションズリサーチ) と AI (人工知能) の意味

ここで取り上げたORはデータサイエンスの1つである。ORのほか類似した手法としてAIが知られており、文部科学省が示す「数理・データサイエンス・AI教育」というにキーワードの中にもAIという言葉が特出しにされている。そこでORとの比較のためにAIについても合わせて解説を行った。

2-1 OR

オペレーションズリサーチは最近の言葉で「問題解決学」と言われている。つまり、何かの計画を立てるときや何かを管理しようとしたとき、制限のある選択肢の中から最適値を探して問題を解決することがORである。いろいろな問題を解くとき定石というものがあるが、必ずしもオールマイティーで問題が解決できるとは限らない。また、その組み合わせをすべて当たってみることも可能だが、組み合わせ数が膨大になり、時間がかかり効率的ではない場合もある。

ORはもともと第1次世界大戦中の戦闘後に戦闘部隊の戦力がどのように減少するか研究された。第2次世界大戦中には戦場に物資を輸送する機関のロジスティクスでは、どういう運用をすれ

ばいいのかといった問題解決のために用いられた⁴⁾。現在では経済学、経営学、金融学、工学、農学、医学さまざまな学問分野で活用され、在庫管理、道路の運行管理、配送計画、生産計画等の社会の課題にも適用されている。応用分野がきわめて学際的で横糸的な性格をもっている。ORの対象とする問題(例えば、配合問題、ナップサック問題、輸送問題、最大流問題、最小費用流問題etc.)は多々存在するが、今回対象とした問題は「割当問題」と呼ばれるものである。

2-2 AI

2010年代に入ってから、急速にAIが目されるようになってきた。しかし、これは3回目のブームに当たる。約30年前の1980年代後半から90年代前半にかけて第2次ブームがあり、このときも、現在と同じように家電製品へ搭載されたことを謳うCMが連日のように放送された。また、さらに30年前の1950年代後半から60年代前半にかけて第1次ブームがあった。このように約30年ごとにブームを迎えているが、実は「AI」という表現は、時代とともに移り変わっており、現在では、様々な“流派”が存在している。

現在の主流派とも言うべき「脳型AI」は、ヒトの脳を構成するニューロン(脳細胞)の機能を数学的に模倣し、これらを多数結合することで、知的な情報処理を実現している。また、コンピュータのようなプログラム(実行すべき命令を羅列したものは存在せず、人間と同じように、様々な経験に基づく成功と失敗を繰り返すことで、ニューロンとニューロンの間の繋がりの強さを調整して、どんどん賢くなっていく。これを「学習」という。なお、しばしば耳にする「深層学習(ディープラーニング)」の場合、一般にニューロンも膨大な数になるため、この学習に用いる事例数(学習データ)も巨大になってしまい、多大な労力を要する。ちなみに、新聞報道などで見掛けるAIは、この学習段階が完了し、すでに賢くなった完成品であることは語られないようである。

ところで、やや大袈裟な表現ではあるが、ヒト

の脳機能を模倣したものであるため、人間が行うことであれば、基本的に似たようなことを実現可能と考えてよいだろう。ここで取り上げる割当問題（組み合わせ最適化問題の一種）も同様で、AI分野では物理学者のJ.J. Hopfieldの提案した枠組が有名である⁵⁾。与えられた制約条件を満足していない程度をエネルギーと定義し、エネルギーの安定化(最小化)を目指すことで正解を探索する。残念ながら、エネルギー極小値の存在によって、最適解に到達する保証はないものの、多くの場合、ほぼ満足できる準最適解に落ち着くことが経験的に知られている。このことから、提案者の名前を冠して「ホップフィールドネットワーク」と呼ばれ、第2次ブームの火付け役の一つとも言えるキーテクノロジーである。

これとは別に、生物進化の過程で適者が生き残るという仕組みを情報処理に応用したもので、進化計算あるいは遺伝的アルゴリズム⁶⁾という手法がある。これは、様々なパラメータを遺伝子と見立て、それらを保有する個体（解候補に相当）を仮定し、親から子、子から孫というように、交配を繰り返しながら継承していき、制約条件を十分に満たす最適解を見つけ出すというものである。広義には、これもAIの一分野と位置付けられている。

3. 学校現場の多忙化

文部科学省が平成30(2018)年度に実施した「教員勤務実態調査」によれば、1週間当たりの学内総勤務時間数の平均は小学校教諭が57時間29分、中学校教諭が63時間20分で、平成18年度調査よりも勤務時間は増加している⁷⁾。また、小学校教諭の約3割、中学校教諭の約6割は1週間当たりの勤務時間について、厚生労働省が過労死の労災認定基準として定めている「1ヶ月あたり80時間以上の時間外労働」に相当する60時間以上に上っていることが報告されている⁸⁾。

文部科学省はこのような学校現場の多忙化の現状を改善していくために、中央教育審議会による平成31年3月答申「新しい時代の教育に向けた持

続可能な学校指導・運営体制の構築のための学校における働き方改革に関する総合的な方策について」に沿った「学校における働き方改革」を進めてきた⁹⁾。当改革では、特に、2021年度開始のGIGAスクール構想に伴い、ICT活用による「校務と学校事務の効率化」を通じて教師の業務負担を軽減することが求められた。中でも、都道府県単位での導入が推奨される「統合型校務支援システム」は、教務系・保健系・学籍関係、学校事務系の業務についてこれまで教員が手書き・手作業で行ってきた「名簿管理、出席簿、成績処理、通知費用、指導要録、学校・学級運営に必要な情報、児童生徒の状況」等の文書作成をICTで代替し、一元管理、共有を可能とするものであった¹⁰⁾。

一方、個人レベルではほぼ大半の教員が学級担任を担当し、学級経営でもデータサイエンスの利用（ICTの活用）により多少の業務の短縮化を行うことができる。学校現場には先に述べた割当問題に相当する業務が潜在している。例えば、クラスの席替えに始まり、班分け、家庭訪問のスケジュール調整、学級委員の割当、運動会の種目決め、旅行の宿泊先の部屋割りなどの業務も学級担任がやることとなる。そこで、“うまい手”を使って効率的に割当ができれば教員の業務の軽減ができると思われる。

4. 割当問題とは

割当問題とは、集合Aの要素を集合Bの要素のどれに割当るかを決定する問題のことを割当問題という（図1）。この割当問題はマス目を埋める

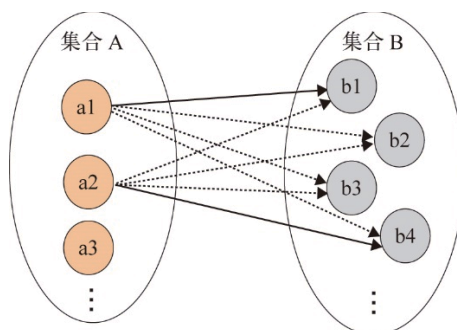


図1 割り当て問題

	b1	b2	b3
a1	○			
a2				
a3		○		
a4		○		
⋮				
⋮				

図2 マス埋め問題

問題(図2)に置き換えることができる。さらに、マスの埋め方のルールを制約条件として与えることで、個々の問題に対応する定式化を行うことができる。定式化したものは、人員配置問題、シフトスケジューリング問題、配車計画問題、訪問スケジューリング決定問題、マーケットテリトリー決定問題などに分類されることがある。

4-1 マス埋めモデル

実際の割当問題を解くために用いた解法を10(行)×10(列)の部屋割り問題に置き換えて説明を行うこととする(図3)。横軸(列)は部屋番号に相当し、縦軸(人)の希望に沿って配当を行う。制約条件を設定し、全員が希望通りに配当されると問題が解けたことになる。表は横方向に見ていき、1がある場合、その列の部屋番号を希望していることを示す。問題を解くための主なアルゴリズムは①列優先割当、②行均等割当の2通りを採用した。

ただし、どちらの解法を使ってもこの問題が解ける可能性を高めるために希望数の少ない順にソートを行い、希望数 n_i の少ない人から割付を

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	希望数 n_i
A君		1		1		1				1	4
B君	1		1		1		1			1	5
Cさん		1			1	1	1	1	1	1	7
D君	1		1			1					3
Eさん			1	1			1		1	1	5
Fさん		1									1
G君		1							1		2
Hさん			1		1	1	1				4
Iさん	1	1		1		1		1		1	6
J君	1		1		1						3
部屋数	4	5	5	3	3	5	4	3	4	4	

図3 部屋割り問題

実施する。この前処理は定石と言っても良い。もし、アルゴリズムを使用せずに解く場合は、希望数 n_i の総積 $\prod n_i$ の数の組み合わせ数(この例題でも約30万通り)があり、その中から制約条件に合致するものを探さなければならない。

4-2 アルゴリズム

① 列優先割当

図4(a)に列優先割当の結果を示す。制約条件は先ほどと同様に部屋の最大割当数を2名とする。部屋の若い番号から配当を行い、部屋が満室になったら次の部屋を埋めていく。列優先割当の結果は表の左部分で全員の割当ができていくことが分かる。この割当方法は部屋番号7番以上を準備したものの、割当が完了しており、部屋を節約できるというメリットがある。

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	希望数 n_i
Fさん	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G君	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
D君	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
J君	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
A君	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	4
Hさん	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	4
B君	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	5
Eさん	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	5
Iさん	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	6
Cさん	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7
部屋数	4	5	5	3	3	5	4	3	4	4	302400通り
決定数	2	2	2	2	1	1					

図4(a) 列優先割当

② 行均等割当

図4(b)に行優先割当の結果を示している。制約条件は割当られる部屋の最大数は2名とする。この割当方法は部屋番号の若い方からすべての部屋に順次、均等になるように配当をする方法である。この例ではどの部屋にも1名ずつが割当られているが、すべての部屋に希望がない場合でも、

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	希望数 n_i
Fさん	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G君	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
D君	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
J君	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
A君	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	4
Hさん	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	4
B君	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	5
Eさん	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	5
Iさん	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	6
Cさん	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7
部屋数	4	5	5	3	3	5	4	3	4	4	302400通り
決定数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

図4(b) 行均等割当

最大割付数が2人以下ならば2巡目として次の部屋に割当てることができる。赤字○印が決定された値を示している。

5. 割当問題の解析例

5-1 面接日の日程調整（列優先割当）

この解析は実際に教採用試験のための模擬授業・面接の日程調整を行った結果である。割当方法は制約条件が許す限り列を優先し、配当して行く方法である。

(1) データファイルの作成

教員側があらかじめ日程（日付と時間）を用意し、学生の希望する日程のアンケート調査を行った。すなわち学生の面談希望日と教員のスケジュールのマッチングで、教員のスケジュールを初期条件として決め（=部屋数を決定するのと同じで、部屋数のことをイベント数と呼ぶ）、全学生の希望が満たされるように配当を行うものである。

アンケートをFormsで作成し、学生が希望する日程を回答してもらった。その他の情報として受験地域、学校種、教科なども同時に回答してもらいソート時の応用データとして使用できるがこのことについては割愛する。アンケート結果を一覧として出力したデータファイルをcsv形式にしてデータファイルとした（図5）。学生が面接を希望する日程の箇所には1が、希望しない場合には0が入っている。

	25日午前	26日午前	26日午後	26日午後	28日午前
教員001	1	0	1	1	0
教員002	1	1	1	1	1
教員003	0	1	1	1	0
教員004	1	0	1	1	0
教員005	0	0	0	0	1
教員006	1	0	1	0	1
教員007	0	0	0	0	0
教員008	1	0	1	1	0
教員009	0	0	0	0	1

図5 データファイル

(2) 制約条件

上記データファイルを部屋割り問題と考えた場合のデータ数は学生数(43)×イベント数(18)である。そして、学生の希望日程数に依存するが、この組み合わせの数は、 $\prod n_i = 2.53 \times 10^{36}$ 通りの組み合わせが考えられる。制約条件として、部屋数（イベント数）18個を用意し、割当てる人数は1つの部屋（列）に対して最大3名までを収容可能とし、43名分を配当する。

(3) 解析結果

図6に列優先割当の割当状況を示す。最上段1行目は部屋番号の代わりに日付を表記している。

“1”がはいっているセルは学生が希望した日付けを示している。その中で“*1”（色付き）が決定されたものである。各列、最大3名までが可能となっており、43名分すべての希望が満たされ、問題が解けたことになる。列優先割当では16列以降の部屋には学生の配当がなかった。このことで面接を担当する教員数の配置を減らすことができた。

	25日午前	26日午前	26日午後	26日午後	28日午前
教員001	1	1	1	*1	1
教員002	1	1	1	1	1
教員003	1	1	1	*1	1
教員004	1	1	1	1	1
教員005	1	1	*1	1	1
教員006	1	1	1	1	1
教員007	1	1	1	1	1
教員008	1	1	1	1	1
教員009	1	1	1	1	1
教員010	1	1	1	1	1
教員011	1	1	1	1	1
教員012	1	1	1	1	1
教員013	1	1	1	1	1
教員014	1	1	1	1	1
教員015	1	1	1	1	1
教員016	1	1	1	1	1
教員017	1	1	1	1	1
教員018	1	1	1	1	1
教員019	1	1	1	1	1
教員020	1	1	1	1	1
教員021	1	1	1	1	1
教員022	1	1	1	1	1
教員023	1	1	1	1	1
教員024	1	1	1	1	1
教員025	1	1	1	1	1
教員026	1	1	1	1	1
教員027	1	1	1	1	1
教員028	1	1	1	1	1
教員029	1	1	1	1	1
教員030	1	1	1	1	1
教員031	1	1	1	1	1
教員032	1	1	1	1	1
教員033	1	1	1	1	1
教員034	1	1	1	1	1
教員035	1	1	1	1	1
教員036	1	1	1	1	1
教員037	1	1	1	1	1
教員038	1	1	1	1	1
教員039	1	1	1	1	1
教員040	1	1	1	1	1
教員041	1	1	1	1	1
教員042	1	1	1	1	1
教員043	1	1	1	1	1

図6 列優先割り当て（解析結果）

5-2 学校現場における運動会の競技決め（行均等割当）

この解析は運動会の出場希望競技の割当を行ったものである。割当方法は制約条件が許す限り、行の割当を優先して配当して行く方法である。

(1) データファイルの説明

解析データとしては上述の面談希望データをそのまま使用し、希望日程の代わりに出場競技を希望したことにするので基本データは同じである。

(2) 制約条件

データ数は上記と同様、学生数 (43) × イベント数 (18) である。制約条件として、競技数 (= イベント数) 18個を用意し、割当て人数は1つの競技 (列) に対し、最大3名までとし43名分を配当する。

(3) 解析結果

図7に行均等割当の割当状況を示す。最上段1行目は部屋番号の代わりに競技名を表記している。先ほど同様に“*1” (色付き) が決定されたものである。各列、最大3名までが可能となっており、すべての競技で43名分すべての希望が満たされ、最大3名が配当され、学生の希望競技および競技種目のすべてが埋められこの問題が解決したことになる。

競技種	Fダンス	棒倒し	大玉送り	綱引き
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	*1	1
4	1	1	1	*1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	1
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	1	1
29	1	1	1	1
30	1	1	1	1
31	1	1	1	1
32	1	1	1	1
33	1	1	1	1
34	1	1	1	1
35	1	1	1	1
36	1	1	1	1
37	1	1	1	1
38	1	1	1	1
39	1	1	1	1
40	1	1	1	1
41	1	1	1	1
42	1	1	1	1
43	1	1	1	1

図7 行均等割当の解析結果

6. 結 言

本論文は割当問題を2つのアルゴリズム (①列優先割当, ②行均等割当) を用い、効率よく最適値を求まることを示した。行均等割当は、班割りや体育祭の種目決め、教科の時間割の配当などに活用でき、列優先割当は三者面談のスケジュール調整、家庭訪問のスケジュール調整などに様々な場面に有効に活用できる。

この簡単な手法で割当問題が必ずしも解けるとは限らないが、部屋に相当する場所にイベント (日時, 場所, 項目) を挿入することにより応用範囲も拡大でき、業務の効率化には有効であると考えらる。

参考文献

- 1) 株式会社 NTT データ数理システム,
URL : <http://www.msi.co.jp/nuopt/docs/v18/examples/html/02-13-00.html>
- 2) 反復割当問題に対する問題縮小アルゴリズム, 横谷大輔, 山田武夫, 数理解析研究所講義録, 第1682巻, p176-183, 2010
- 3) 二次割当問題における局所クラスタリング組織化法の適用, 猿島悠輔, 鈴木育夫, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p341-342, 2010
- 4) Operational Research in War and Peace: The British Experience from the 1930s to 1970, M.W.Kirby World Scientific Co., pp.96-109, 2003
- 5) Neural computation of decisions in optimization problems, J.J.Hopfield and D.W.Tank, Biological Cybernetics, Vol.52, p141-152, 1985
- 6) “10分で学ぶ! 人工知能 (増補版) ~ 遺伝的アルゴリズム ~”, 佐賀大学人工頭脳工学研究室
<https://youtu.be/8HhVHUaTWfQ>
- 7) 文部科学省, 教員勤務実態調査 (平成28年度) 集計確定値, URL : https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985.htm
- 8) 学校における働き方改革 - 教員の多忙化の現状から考える勤務時間制度の在り方 -, 川崎祥子, 立法と調査, No. 404, 参議院常任委員会調査室・特別調査室, 2018.
- 9) 文部科学省, 中央教育審議会答申「新しい時代の教育に向けた持続可能な学校指導・運営体制の構築のための学校における働き方改革に関する総合的な方策について」(第213号), 2019
- 10) 文部科学省, 統合型校務支援システムの導入のための手引き - 文部科学省, 2019
URL : https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/giji/_icsFiles/afieldfile/2019/05/09/1416231_025.pdf, 2021年11月27日更新