

例題で学ぶ **OR** 入門

工学博士 大堀 隆文

博士(工学) 加地 太一 共著

博士(理学) 穴沢 務

コロナ社

まえがき

本書のタイトルである**オペレーションズリサーチ**（operations research, 略してOR）とは、さまざまな現実上の意思決定問題を、数理的手法を用いて解決する工学の一分野である。ORは数式が並び難しい印象を受けるが、取り扱う対象は社会のあらゆる分野に及んでいる。ORの原点は第二次世界大戦中の軍事意思決定から始まり、その後経営や政策などに対象を広げながら発展してきた。

ORはもともと社会に役立つ実学志向が強いので、社会のより良い意思決定に役立たなければ意味がないと考える。ORは現実問題のモデル化と理論化をするが、それを深めるほど数学的傾向が強くなり、現実社会から離れていく。ORの成果を現場で政策決定に活用してもらうには、OR研究者が理論をわかりやすく説明し、研究成果を社会へ還元する努力が大切である。

一方、近年は**深層学習**をはじめとする人工知能がブームであり、自動化や最適化技術の実現が現実味を帯びてきた。しかし、これらの意思決定を人工知能で実現する場合、解法の中身がブラックボックスであり、感度解析や計画の修正の場面で人工知能の良さを発揮できない。一方、ORは意思決定に至る過程がブラックボックスではなく明示的に表現できるので、最適解ばかりではなく解周辺のさまざまな情報を得ることができる。しかし、人工知能は意思決定において強力な革新的手法であるので、今後は人工知能とORの強みを融合した方法で、多くの意思決定問題を解決するだろう。

ORは、意思決定や最適化の実現のために必要な学問領域であるが、現在大学においてORの講義が行われている大学は少ない。しかも、従来のORの教科書は数式が多いため一見難しく、特に文系学生の勉強意欲は低下する傾向にある。すなわち、理系学生も含めどんな教え方をしても学生本人のモチベー

ションがなければ、OR を習得することはできない。

このための方法として、本書では次の2つの方法を考える。1つ目は、OR の問題の本質をできるだけ数理表現を用いずに説明する。2つ目は、学生がOR 問題に興味や面白さを感じ、学習への意欲を引き出すことである。しかし、学生がOR への**モチベーション**を保ち続けるためには、興味深い例題や課題を用意することが必要である。近年、OR の教材を工夫し学生のモチベーションを保つ試みが増えてきたが、上記2つの要素を取り入れたテキストは見当たらなかった。

本書では、学生のモチベーションを保ちながらOR の基礎を習得することを目的として、できるだけ数理的表現を使わずに、かつ学生が興味を引きそうな例題や課題を開発した。すなわち、数学が苦手な学生、特に文科系の学生にはレベルの高い数学的な課題を極力減らし、最小限の数学からなる身近な話題を例題・課題とした。

本書は以下の1~10章と付録で構成される。1章では、OR 入門として、OR とは何かをその歴史や応用をもとに概説する。またOR の注意点についても述べる。2章では、**日程計画**の中でその有効性から最も普及しているアローダイヤグラムを述べる。3章では、**線形計画問題**の中から製造・販売計画と輸送問題を例にとり、定式化から解法までを簡単に述べる。4章では、確率を導入し不確実性のある問題を解く方法を述べる。5章では、過去のデータに基づき客観的な予測をする方法を述べる。6章では、**在庫**に関する費用を最小化する方法を述べる。7章では、利害の対立する者が互いの立場を考えながらより大きい利益を得る方法を述べる。8章では、複数の代替案の中から合理的に最善案を求める方法を述べる。9章では、複数の評価項目をもつ複数案を合理的に評価する方法を述べる。10章では、変数が連続的でない組合せ最適化問題を効率的に解く方法を述べる。また付録A1では、本書で扱うOR の例題・課題の定式化と解法に最低限必要な数学とその応用を述べる。付録A2では、OR の例題・課題を解くのに必要なExcel ツールである、「ソルバー」と「分析ツール」について簡単に説明する。

本書は大学などの講義においても使用できるように、各章において例題と演習課題を用意している。例題は実際に手計算や **Excel ソルバー**などで解くことにより、結果を確認することができる。演習課題の解答例は Web ページからダウンロードすることができ、自分で解いた解と比較し学習することができる (p.27 参照)。

一見難しく取りつきにくい OR の学習に対して、モチベーションが下がればさらに難しいものとなる。本書はモチベーションを保つ試みとして、OR 問題の本質を数式を使わずに説明し、また学生が興味をもつ例題と課題を作成した。本書を読んで一人でも OR が好きな学生が現れることを願ってまえがきとする。

最後に、われわれをいつも陰からサポートしてくれている妻の大堀真保子、加地祥子、穴沢三佳子に最大限の感謝の意を表したい。彼女らの支えがなければこのテキストを完成することはできなかっただろう。そして、本書の企画から完成まで、さまざまな面でご助力いただいたコロナ社の関係者の皆様に、改めて感謝申し上げる。

2017年2月

著者を代表して 大堀 隆文

執筆分担

1, 7, 9 章	大堀 隆文
2～6 章, 付録	穴沢 務
8, 10 章	加地 太一

目 次

1. OR 入 門

1.1 OR とは何か	1
1.2 OR の 歴 史	2
1.3 OR の 応 用	3
1.4 OR の 注 意 点	5

2. 日 程 計 画

2.1 アローダイヤグラム	7
2.2 ノード時刻	13
2.3 作業ごとの各種時刻	17
2.4 余裕時間とクリティカルパス	19
演 習 課 題	23
補 足	25
さらに勉強するために	27

3. 線 形 計 画 法

3.1 製造・販売計画	28
3.2 輸 送 問 題	32
演 習 課 題	38
さらに勉強するために	39

4. 不 確 実 性 と OR

4.1 データの整理	40
------------------	----

4.2 確率について	50
演習課題	58
さらに勉強するために	59

5. 予 測

5.1 回帰分析と最小2乗法	60
5.2 回帰分析による予測	66
5.3 予測式の選択	70
演習課題	72
補 足	73
さらに勉強するために	75

6. 在 庫 管 理

6.1 在庫管理について	76
6.2 需要が確定的な場合	78
6.3 需要が不確定的な場合	82
演習課題	86
補 足	87
さらに勉強するために	88

7. ゲームの理論

7.1 ゲームの理論の基本3要素	89
7.2 マックスミニ原理	92
7.3 囚人のジレンマと支配戦略	95
7.4 さまざまな囚人のジレンマ	97
7.5 囚人のジレンマの裏切り防止法	98
7.6 映画にみるゲームの理論	100
演習課題	102

さらに勉強するために	103
------------------	-----

8. AHP (物事を決めるには)

8.1 いくつかの案から1つを選ぶ	104
8.2 AHP で求めてみよう	105
8.2.1 一対比較表を作る	105
8.2.2 評価基準の重要度を求める	107
8.2.3 代替案を選び出す	108
8.3 一対比較は正しく行われたか (整合度の計算)	110
8.4 Excel を使って求めてみよう	112
演習課題	116
さらに勉強するために	117

9. DEA (包絡分析法)

9.1 評価とは	118
9.2 DEA による評価	122
9.3 線形計画法による DEA の解法	123
9.4 Excel ソルバーによる DEA の解法	125
9.5 DEA の応用	132
演習課題	135
さらに勉強するために	136

10. 組合せ最適化

10.1 最適なものを見つける	137
10.2 巡回セールスマン問題	138
10.3 組合せ最適化問題をいかにして解くか	141
10.4 いろいろな組合せ最適化問題とその定式化	145
10.5 整数計画問題を Excel で解いてみよう	147

演習課題	150
さらに勉強するために	151

付 録

A1. ORのための数学	152
A1.1 定数・変数・関数など	152
A1.2 一次関数とその応用	155
A1.3 連立一次方程式	159
A1.4 数 列	165
A1.5 最大・最小と微分	170
演習課題	177
A2. Excelによる計算方法	178
A2.1 ソルバーによる最適化	178
A2.2 分析ツールによる回帰分析	183
あ と が き	186
索 引	187



OR 入 門

本章では、ORを学習するための導入を述べる。ORとは何か、ORの歴史、ORの応用、最後にORの注意点について述べる。

1.1 OR とは何か

ここでは、本書のタイトルである**オペレーションズリサーチ**（operations research, ORと略）とは何かについて述べる。ORはもともと第二次世界大戦中にイギリスが軍事研究として使ったのが始まりで、互いに干渉し合う複数の作戦が最適な方法で効率的に実行可能かを検証する目的で使われた科学である。さまざまな環境や変化する状況において、数学や統計学を用いて数理モデルを作成し分析することで最適なアプローチを導き出す。現代では戦争だけではなくビジネスや学術研究など、あらゆる場面でORは使われるようになった。

意思決定技法としてのORはいくつの特徴をもつ。第一の特徴は、システムズアプローチをとり、意思決定を必要とする状況を系統的に把握することである。システムとは共通目的をもつ要素や部分の集合をいう。要素や部分は相互作用をもつが、利害が背反したり立場が異なるのが普通である。ORは、システムの部分的な最適化ではなく共通目的の観点から全体的な最適化を図ることである。

第二の特徴は、学際的アプローチをとり、さまざまな分野の専門家や専門知識を広く結集し問題解決をすることである。新しい問題状況は特定の専門分野のアプローチのみでは解決法が見つからず、問題そのものを正確に把握できな

いことが多い。例えば経済学，数学，工学などの成果を結集し，新しい発想を重視する。

第三の特徴は，科学的アプローチをとることである。科学的アプローチは，まず現状分析により問題の所在を明確にし，数式モデルを作成する。モデルは意思決定の良否を評価する尺度を定め，意思決定者が制御できる変数とできない変数を区別し，各変数を評価尺度に結びつける関数の形で定式化する。モデルの解析的方法，シミュレーション方法，数値解析などにより解を求め，解の評価後に特定の解を選択し実施に移る。近年では，モデルを構成し解を求め評価し選択する過程にコンピュータを使用するのが普通である。

1.2 OR の 歴 史

ORは第二次大戦中にイギリス軍の作戦研究として誕生した。初期のOR適用例は軍事目的がほとんどである。当時は課題ごとに個別アプローチをとり，ほぼすべての場合，観察データを**統計分析**しただけである。線形計画法などの特別な技法を用いたわけではなく，体系的な研究もしていない。ドイツのUボートの攻撃に悩まされたORチームは，以下の研究を行い多大な成果をあげた。

- ・艦隊のUボートへの攻撃力や損害低減などを考慮した最適規模決定
- ・哨戒機がUボートからの発見を減らす色彩研究
- ・Uボートへの攻撃で損害を最大にする爆弾破裂深さの研究

アメリカ軍は第二次大戦中，バルチモア港からの20%の出港は不経済だと考え，すべてをニューヨーク港から出港させた。しかし出港所要時間が2倍に増えたので，ORグループに原因解明を依頼した。この結果，ニューヨーク港での到着率20%増加が待ち時間を増大させたことがわかり，理論と一致した。アメリカ軍は第二次大戦末期に，日本の戦闘機による体当たり攻撃に恐怖をもった。攻撃機の侵入角度が垂直に近く，進行方向が水平に近ければ，直角方向の逃避がよいことが判明した。

戦争が終わり，さまざまなOR技法が出現した。まず1947年，ダンチッヒ

は**線形計画法**の解法である**シンプレックス法**（単体法）を考案した。シンプレックス法は戦争中に開発されたが軍事機密にされ、戦後公開された。シンプレックス法により線形計画法の実務応用が注目され、初期のコンピュータもこの解法を搭載していた。その後、線形計画法の新解法が次々に提案された。最も有名な解法は**カーマーカー法**である。一般に数学解法は特許法の対象にならないが、カーマーカー法は各国で特許申請し、論争を起こした。

日本のOR研究は、1952年に発足した日科技連のOR研究委員会に始まる。日科技連は、学会や産業界のOR研究者の交流の場となり、講習会や図書出版などを通して、ORの普及、ORワーカーの養成を行ってきた。1957年には日本OR学会が発足し、その後電電公社、国鉄などで次々とOR研究会が誕生した。初期のOR活用では、国鉄（現JR）と電電公社（現NTT）が顕著であった。双方とも研究所に優れた研究者を配し、国の機関として大学との交流も密であった。民間企業のOR適用や成果は多くあり、企業秘密なのであまり公表されないが、貴重なものが多い。

1.3 OR の 応 用

ORの代表的な手法とそれらの応用分野例を以下に示す。

プロジェクトを進捗管理する手法にバーチャートやガントチャートがあるが、より効果的なスケジューリング手法として**PERT**（日程計画）がある。これは作業の先行関係をネットワークのつながりで表す。工程を進めるときに最も早く完了する最早完了時間と時間内で完了するのに影響を与える作業のつながりを明確化し、これを重点的に管理することで納期に間に合わせる手法である。PERTの応用例として、建築土木の施工管理や製造業の生産計画のほか、研究計画やソフトウェア開発、流通や販売、広告やマーケティング活動などのスケジューリングにも利用される。

実社会の多くの問題は**線形計画問題**として定式化でき、その応用として初期の頃は軍事、経済学やゲームの理論が中心であったが、しだいに産業の分野へ

と重心が移された。1947年にダンチツヒ（Dantzig）により提案された**単体法**は、コンピュータの発展と大規模線形方程式の処理技術向上と相まって、線形計画問題に対する実用的な解法となった。しかし近年、単体法は問題の入力サイズに関する多項式時間解法でないことが指摘された。一方、カチヤン（Khachiyani）とカーマーカー（Karmarkar）は最初に多項式時間解法を提案した。**カーマーカー法**とその後開発された内点法は、大規模な線形計画問題に対し、理論および実用の両面において単体法より優れた解法として確立された。

在庫問題とは、倉庫から毎日出荷し発注後数日で入荷するシステムを考え、このときの在庫費用を最小にする発注量を求める方法である。小売業では、在庫にあたり保管費用が発生し、また品質低下や陳腐化により何らかの費用が発生する。それらを総合して在庫費用と呼ぶ。在庫費用がかかるため、商品の在庫はできるだけ少ないほうがいい。一方、あまりに在庫が少ないと品切れを起こし、商品があれば得たであろう利益を失うという機会損失や、客の需要を満たせない店の信頼低下の損失の問題が起こる。

ゲームの理論は、経済や社会における複数主体が意思決定する問題や、行動の相互依存の状況を数学モデルを用い研究する学問である。ゲームの理論は、自分の利得が自分だけでなく他者の行動にも依存する戦略的状況を扱う。応用として、経済、社会、政治、生物学、コンピュータなど幅広いが、現在最も応用が進んでいるのは経済学である。多くの経済現象を個人の効用最大化とみなす現在経済理論の方法論は、まさにゲームの理論そのものである。

階層化意思決定法（AHP）は、トップの意思決定者の抱える構造不明確な問題を扱う。問題が把握しにくいときにも、問題全体をみて、評価基準と代替案の階層図に表現し、複数の評価基準のもとで代替案の中から選択する方法である。リソース配分、評価や順位づけ、最終的に問題全体からみた代替案の重要度を求める。その際、2要素間の一対比較という直感的で単純な判断の積み重ねをもとに大局的な判断を行う。応用として、組織の中だけではなく社会や公共の意思決定の場で広く利用されている。

事業体などの効率性を相対的に評価する**包絡分析法（DEA）**は、1978年に

ローズにより提案された。できるだけ少ない入力と多くの出力を出すことを目標に、多入力多出力の場合は入出力の加重和をとり、それらの比が最大の解を線形計画法により求める。DEAではある評価対象者にとり最も有利になるように重みを決める。しかし、その重みを用いて他の評価対象者よりも出力加重和／入力加重和が小さければ、その評価対象者は効率的でない。これに基づき、分数計画モデルと線形計画問題に変換モデルが提案された。

与えられた条件を満たす組合せや順番を選ぶとき、選べる組合せの中から一番良いものを探す問題を**組合せ最適化問題**という。しかし、問題のサイズが大きくなるにつれ、対象とすべき解の数が爆発的に増加するため、たとえ有限でもすべての解を列挙して最適解を得ることは事実上不可能となる。また、単純なアルゴリズムや貪欲的な解法だけでは、最悪の場合、最適とはかけ離れた解が得られることがある。そこで、最適解に近い近似解を見つける近似解法も研究されている。理論的な保証はないものが多いが、経験的に誤差がほぼ数%以内になることがわかる。組合せ最適化問題は現実によく存在し、例えば配送計画、スケジューリング、生産計画、割当配置問題、巡回セールスマン問題、ナップザック問題などで実用化されている。

1.4 OR の 注 意 点

ある高層ビルでは、エレベータの待ち時間が長く利用者の不満が高いため、原因を突き止め改善策を見出すために、各階の乗降客数やエレベータの昇降状態を把握しモデル化を試みた。チームの一人がエレベータホールに大きな鏡の設置を提案すると、その結果不満の声は急速に静まった。女性は自分の姿を映して髪形などのチェックをし、男性はそれを見てニヤニヤする。不満は待ち時間が長いと感じることにあり、問題の真の原因を明確にすることが必要である。

一般に OR アプローチは

- ① 実務を数学的なモデルにマッピングする

あ と が き

学生のモチベーションを保ちながら OR の基礎を習得することを目的として、OR 問題の本質を数式を用いずに説明し、また学生が興味を引く例題や課題を作成し、できるだけわかりやすいテキストになるように心がけた。しかし、われわれの目標は達成しただろうか？ そもそも本書を手にとって読んでくれるだろうか？ 50 冊以上ある市販の OR の本の中から本書を選んでもらう方法をこれから考えなければならない。

本書を読んで「OR が好きになった」、 「OR をもっと深く知りたい」という人からの口コミ、著者の先生方の Web ページなどでの啓蒙活動、あるいは、「本書を手にとってもらうための本」が必要かもしれない。

いったん手に取ってもらえば、豊富な例題と課題を解き、あるいは数式のないわかりやすい説明を読むことによりモチベーションは上がり、楽しく OR を学ぶことができると確信する。ぜひ、本書を読んで、一人でも知能情報が好きな学生が現れることを願っている。

札幌の街は、例年のない豪雪も一段落して、冬季最大の祭りである「さっぽろ雪まつり」の準備に追われている。世界各地から観光客が続々と集まり、街は英語や中国語を話す老若男女で満ちあふれている。雪祭りの喧騒から離れ、北海道庁赤レンガ前のカフェでコーヒーを片手に、やがて来る春を待ちわびながら本稿を書いている。

2017 年 2 月

北海道庁赤レンガにて

著者代表 大堀 隆文

索引

【あ】	記述統計	40, 59	効率フロンティア	134
アニーリング法	期待値	58	固定重み	119
アローダイアグラム	強支配戦略	97	固定費	153, 155
	協 調	89, 99	コミットメント	100
	極小値	171, 174	固有値法	107, 117
【い】	局所解	142		
意思決定	局所最適解	143	【さ】	
意思決定技法	局所探索法	142, 143, 144	在 庫	76
一次関数	極大値	171, 174	在庫維持費用	77
一様分布	近似解	141	在庫管理	76, 77
一対比較	近似解法	142	在庫問題	4
一対比較表	近 傍	143	最小2乗推定量	64, 73
一般項			最小2乗法	62, 75
遺伝アルゴリズム	【く】		最小値	171
因果分析	組合せ最適化	137	最早開始時刻	18
インセンティブ	組合せ最適化問題	5, 138, 151	最早結合点時刻	13
	組合せ的爆発	139	最早終了時刻	18
【お】	クリスマスツリー問題	77, 88	最大値	171
オペレーションズリサーチ	クリティカルパス	21	最遅開始時刻	18
			最遅結合点時刻	13
重み付き和	【け】		最遅終了時刻	18
	経済性分析	156	最適解	32
【か】	経済発注量	81	最適化ソルバー	150
回帰分析	結合点	8	最適化問題	137, 170, 178
階層化意思決定法	決定係数	66, 71	最適人員配置	146
確 率	ゲーム	89	最適方策	94, 102
確率関数	ゲームの値	102	作業リスト	27
確率分布	ゲームの理論	4, 89, 103	残差2乗和	65
確率変数	ゲームの理論的ジレンマ	103	散布図	45, 49
過剰在庫費用				
カチヤン	【こ】		【し】	
可変重み	工期短縮	27	時系列分析	60, 75
カーマーカー	公 差	166	事 象	50, 55
カーマーカー法	後続作業	7	指数回帰モデル	61
ガントチャート	工程能力指数	44	指数分布	57
	公 比	167	実行可能解	31
【き】	効 率	118, 119, 123	実行可能領域	31
幾何平均	効率性	118	実用解	162
幾何平均法			支配戦略	96, 98, 99, 101, 102

シミュレーション	88	戦 略	90	統計解析	183
弱支配戦略	96, 97, 101			統計分析	2
じゃんけんゲーム	92	【そ】		等差数列	166
重回帰分析	62, 67	相 加	87	等式制約	126, 132
重回帰モデル	62	相関あり	47	等比数列	167
囚人のジレンマ	95, 97, 103	相関なし	47	独 立	51
従属変数	61	増減表	175	独立変数	61
重要度	107, 108, 109	相乗平均	87	度 数	41
自由余裕	19	相対度数	41	度数分布表	41, 42
巡回セールスマン問題		ソルバー	127, 178	飛び石法	32, 39
	5, 139, 151	損益分岐点売上高	158	ドリル経路最適化	140
消去法	160	損益分岐点販売数量	158	貪欲法	142
初期解	143	損益分岐点分析	157		
初 項	166	損害保険料	77	【な】	
シンプレックスLP	149			ナッシュ均衡	103
シンプレックス法	3, 28, 39	【た】		ナッシュ均衡解	103
新聞売り子問題	77	大域的最適解	142	ナップザック問題	5, 145
【す】		代替案	104, 108, 117	【に】	
数理計画問題	124	多重アロー	11	二項分布	54
スケジューリング	5, 140	ゲーム作業	10	日程計画	3, 7, 17, 27
スケジューリング手法	3	多面的評価	136	【ね】	
【せ】		単回帰分析	61, 73	年利率	169
正規分布	57, 85	単回帰モデル	61	【の】	
正規方程式	64, 73	単体法	3, 4, 28, 39	ノード	8
整合度	110, 113, 117	ダンチッヒ	4	【は】	
生産計画	5	単 利	168	配送計画	5
整数計画	151	【ち】		バーチャート	3
整数計画問題	146, 148, 149	中心極限定理	57	発見的解法	142
正の相関	46, 47	調達期間	82	罰 則	99
制約式	135	調達費用	77	発注点	83
制約条件	29, 123, 137	【つ】		発注点法	83
制約条件式	129	積立額	169	発注費用	77
説明変数	60, 61	積立年数	169	発注方式	83
セ ル	106	【て】		【ひ】	
セル変数	127	定義域	171, 175	ヒストグラム	41, 42
ゼロ和ゲーム	94	定期発注法	83	被説明変数	61
線形回帰モデル	61	定式化	145	非線形回帰モデル	61
線形計画法		定量発注法	83	ビッグデータ	59
	28, 29, 30, 60, 137	データ分析	184	非負条件	126, 132
線形計画問題	4, 30, 123, 124, 126, 130, 131, 132, 134, 135, 137, 147, 178	【と】		非負変数制約	129
先行作業	7	導関数	173	微 分	171, 173
全余裕	20	統 計	59		

微分係数	172
評価	118, 119, 123
評価基準	108, 117
評価項目	105
評価の観点	105
表計算ソフト	112
標準偏差	43, 85
比率分析	118
品質管理	41
【ふ】	
不確実性	40
複利	168
不等式制約	126, 132
負の相関	47
不良品率	52
プレーヤ	90
分散	84, 85
分散分析表	72
分枝限定法	141, 149
分数計画	5
分数計画問題	124
分析グループ	127
分析ツール	178, 183, 184
【へ】	
平方完成	74
変動係数	45
変動費	153, 155

【ほ】	
包絡分析法	
	4, 118, 121, 135, 136
簿記検定	39, 157, 165
【ま】	
マックスミニ	94
マックスミニ解	102
マックスミニ原理	92, 93, 94
マックスミニ戦略	102
マネージメント	137
【み】	
密度	41
密度関数	56
【め】	
メタヒューリスティクス	
	142, 144, 151
【も】	
目的関数	29, 123, 126,
	127, 132, 135, 137
モデル化	145
【や】	
矢線	8

【ゆ】	
有意F	72
有意性	72
有理数	152
輸送問題	32
【よ】	
予測	60, 75
余裕時間	19
【り】	
離散型	53
離散型確率分布	53, 54
離散型確率変数	54
利得	90
利得行列	94
理論解	162
【れ】	
連続型	53
連続型確率分布	55, 57
連続型確率変数	55
連立一次方程式	64, 159
【わ】	
割当配置問題	5

【欧字・数字】

AHP	4, 105, 117	DEA 得点	123	OR	1, 27
CI	110	DEA 評価値	130, 132, 136	PERT	3, 7
CPM	27	EOQ	81	Tabu Search	144
DEA	4, 118, 121,	Excel	112	t 分布	57
	123, 124, 135, 136	Excel ソルバー	127, 133, 135, 147, 149	0-1 整数計画問題	146
DEA 値	134, 135	F 分布	57	2 人交渉ゲーム	103
		NP 困難	140		

— 著者略歴 —

大堀 隆文 (おおほり たかふみ)
1973年 北海道大学工学部電気工学科卒業
1975年 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了(電気工学専攻)
1978年 北海道大学大学院工学研究科博士後期課程修了(電気工学専攻)工学博士
1978年 北海道工業大学講師
1981年 北海道工業大学助教授
1993年 北海道工業大学教授
2014年 北海道科学大学教授(名称変更)
2016年 北海道科学大学名誉教授

加地 太一 (かじ たいち)
1986年 北海道大学水産学部増殖学科卒業
1988年 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了(情報工学専攻)
1988年 株式会社東芝入社
1989年 北海道情報大学助手
1994年 小樽商科大学助教授
1997年 博士(工学)(北海道大学)
2003年 小樽商科大学教授
現在に至る

穴沢 務 (あなざわ つとむ)
1987年 埼玉大学教養学部教養学科卒業
1989年 筑波大学大学院経営・政策科学研究科修士課程修了
1989年 小樽商科大学助手
1997年 札幌大学専任講師
2000年 札幌大学助教授
2001年 博士(理学)(慶應義塾大学)
2002年 北海学園大学助教授
2005年 北海学園大学教授
2007年 久留米大学教授
現在に至る

例題で学ぶ **OR 入門**

Introduction to OR with Examples

© Takafumi Oohori, Taichi Kaji, Tsutomu Anazawa 2017

2017年4月21日 初版第1刷発行



検印省略

著者 大堀隆文
加地太一
穴沢務
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 萩原印刷株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石4-46-10
発行所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-02874-4 C3055 Printed in Japan

(齋藤)



< 出版者著作権管理機構 委託出版物 >

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつと事前に、出版者著作権管理機構(電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。