

将来のなんらかの目的を達成するために、意図的に現在の行動を決めるといふ計画という行為は、優れた脳を持ち、論理的に物事を考えられる人間だけが可能な行為である。1980年代に筆者が学んだ土木計画学は、システム工学や最適化数学といった高校までには習わないような理論を巧みに応用して、社会資本整備を効率的に確実に進めるための学問であり、一人ひとりの力では地域や社会の問題を解決することができない一般市民に代わって計画を立案し、その実現に向けて一般市民を誘導、指導していくというエリートとしての計画者の武器となる技術であるように感じられた。

しかし、大学院修士課程修了後も大学に残り、地域や人々のモデル化に関する研究を続けているうち、それらの研究が土木計画の実務につながっていかないという問題に気づいた。行政の計画担当者に話をしても、「それは大事なことですな」「それは面白い考え方ですな」「いい話だとは思いますが、実際の地域はなかなかそのようには動きません」「原則論はそうですが、財源や制度がなくて実行する方法がありません」といった反応しか返ってこなかった。「土木計画学は本当に社会を変える武器になるのか？」という悩みは、2001年8月から半年間ブラジルに派遣され、JICA（Japan International Cooperation Agency、国際協力機構、ジャイカともいう）の都市交通教育研究センター整備プロジェクトの仕事をする中でますます深まってしまった。ブラジル人はきわめて楽天的で、何か月か先にイベントを主催することになっても準備作業をなかなか行わない。来客の日程確認は1週間前に、会場の準備は2、3日前によく始まる。確かに実際の来客の顔ぶれは大きく変わってしまうのだが、「火事場の馬

鹿力」が働いて当日にはそれなりの格好が付くのが不思議である。他方、日本人はきわめてまじめに取り組む。会場の手配、食事などのケータリング、VIPの予定確保、宿泊、交通、接遇、さらには一般客の動員まで、多様な問題に対して思いをめぐらし、失敗をしないように準備をする。スポンサーや協力団体には準備段階での報告もこまめに行う。しかし、この用意周到な準備をブラジルで行っても、やはり来客はドタキャンをするし予定どおりにことは進まない。また、日本人は事前準備に疲れて当日には余力がなく、火事場の馬鹿力が働かないことも多い。「うまくいかないケース」に頭をめぐらす日本人よりも、「うまくいくケース」だけを考えるブラジル人のほうが、仕事を楽しんでいるように見える。「結果に大差がないのなら、ブラジル流の無計画のほうが賢いのではないか？」という疑問を抱いてブラジルから帰国したのである。

本シリーズの編集委員である京都大学の小林潔司先生から、土木計画学分野の基礎科目に当たる本書の執筆の話をうかがったのは2008年であるが、自分の中ではまだ、「土木計画学は本当に役に立つのか？」という疑問への解答は見つかっていなかった。「必要不可欠な内容を含む標準的な大学の教科書作りを目指す」というシリーズの編集方針に應えるため、各大学で行われている授業のシラバスや、テキストの調査を行ったが、多くの大学では1980年代の教育内容に、その後発展した経済学的手法を付け加えたものがほとんどで、「土木計画学として教えるべき本当の内容は何なのか？」という疑問に答えるものはなかった。

2011年3月11日の東日本大震災は、本書の執筆をさらに遅らせることになった。仙台市内の研究室があった建物は、エレベータ機械室の塔屋がだるま落としのように建物本体の上に落ち、危険建物の赤紙が貼られて立入り禁止となった。目前の災害対応、インフラストラクチャの復旧に関する調査、研究活動に忙殺されることになったが、さらに深刻だったのは、「土木計画学は、大震災のような予測が困難な事象にどのように立ち向かうべきなのか？」という新しい悩みを抱えてしまったことである。

転機は2012年9月のある朝7時のNHKのニュースだった。「ロンドンオリ

ンピック以降、卓球や体操を始める小学生の女の子が増えている」という報道の中で、「将来の夢は何ですか?」という質問に対する女の子の「オリンピックで団体のメダルを取ることです」という返答に大きな衝撃を感じた。大学教員として学生に接していると、「最近の学生は覇気もないし主張もしない」と感じる人が多い。考えてみれば、少子化の中、家族に大切に育てられてきた一人っ子にとって、わざわざ自己主張をして他人と競争する必要はないし、闘志をむき出しにして頑張ることはカッコの悪いことらしい。しかし、団体戦であれば、自分の努力の結果のメダルを、みんなで喜ぶことができる。「自分のために頑張るのはカッコ悪いが、仲間のための努力はカッコいい」ということなのだ。若い世代にも「人のために頑張る」意欲があることを再認識できた。

社会が複雑化し、人々の能力も、価値観も、置かれている環境も、求めているものも、実にさまざまになってきている。人のために考えた行為や計画も、周りの人たちが歓迎してくれる保障はない。土木計画学は、このような複雑な社会のなかで、「人のために役に立ちたい」という純粋な思いを実現するために役立つ考え方、物事の決め方を提供している。本書は、社会を変えていくエリートとしての計画者を目指す土木・環境系の大学生のための教科書であるが、「人のために役に立ちたい」という思いを持つ多くの若者に、それを実現させていくための方法を教える役割も果たせるのではないかと考えている。

「標準的な大学の教科書作りを目指す」という方針のもと、従来から取り上げられてきた標準的な内容をカバーしながら、最後の二つの章には、リアルオプション、アセットマネジメント、リスクマネジメント、地域ガバナンスといった最新の話題を積極的に盛り込んでいることが、本書の特徴となっている。

最後に、このテキストの刊行に当たり、何度も挫折しそうになる筆者を激励していただいた京都大学の小林潔司先生、コロナ社の関係各位に心より感謝申し上げます。

2013年12月

奥村 誠

1 章 インフラストラクチャと土木計画

- 1.1 公共財とインフラストラクチャ 2
- 1.2 行政主体とアカウントビリティ 3
- 1.3 土木工学と土木計画学 5
 - 1.3.1 土 木 工 学 5
 - 1.3.2 土木計画学の基礎理論 6
- 1.4 本書の構成 7
- 演習問題 8

2 章 計画のプロセス

- 2.1 計画の定義 10
 - 2.1.1 計画の定義と基本要素 10
 - 2.1.2 計画の主体 10
 - 2.1.3 計画の対象 11
 - 2.1.4 目的と手段 12
 - 2.1.5 計画の構成 15
- 2.2 計画の作成手順 16
 - 2.2.1 将来予測と因果関係の認識 16
 - 2.2.2 因果関係のモデル化 17
 - 2.2.3 システム分析 20
- 2.3 計画の分類 22

2.3.1	計画段階による分類	22
2.3.2	計画の基本要素による分類	22
2.3.3	その他の分類	23
	演習問題	23

3 章 問題認識の方法

3.1	課題の発見	25
3.1.1	社会調査法	25
3.1.2	ブレインストーミング	27
3.1.3	チェックリストによる発想支援	28
3.2	図解を用いた発想法	29
3.2.1	K J 法	29
3.2.2	SWOT 分析法	32
3.2.3	その他の図解法	34
3.3	システム認識	36
3.3.1	システムとは何か	36
3.3.2	システムの内部と外部	37
3.3.3	階層的システム	39
3.4	時間的な挙動の把握	40
3.4.1	因果連鎖	40
3.4.2	フィードバックループの符号	41
3.4.3	システムダイナミクス	43
	演習問題	44

4 章 因果関係の確認と予測

4.1	因果関係と統計的検定	46
4.2	分散分析による要因効果の分析	49
4.2.1	分散分析	49
4.2.2	一元配置法	50

4.2.3	二元配置法と交互作用	53
4.3	回帰分析による予測式の設定	55
4.3.1	線形回帰モデル	55
4.3.2	最小二乗法	56
4.3.3	回帰式の適合度のチェック方法	59
4.3.4	パラメータ推定値の統計的検定	62
	演習問題	65

5章 数理計画法

5.1	数理最適化	68
5.1.1	数理最適化の目的	68
5.1.2	数理最適化の手法	68
5.1.3	その他の数理最適化の手法	71
5.2	線形計画法	71
5.2.1	線形計画問題の定式化と図解法	71
5.2.2	端点解を数値計算で比較する方法	74
5.2.3	シンプレックス法	75
5.2.4	双対問題	80
5.3	非線形計画法	82
5.3.1	等式制約条件付きの最小化問題	82
5.3.2	不等式制約条件付きの最小化問題	86
5.4	複数主体の最適化とMPEC	88
5.4.1	最善解と次善解	88
5.4.2	ゲーム理論とMPEC	90
	演習問題	92

6章 ネットワーク計画法

6.1	ネットワーク上の最適化	95
6.1.1	グラフとネットワークの基本的な概念	95

6.1.2	グラフ理論とネットワーク理論が扱う問題	96
6.2	おもなネットワーク最適化問題	98
6.2.1	最短経路探索法	98
6.2.2	最大フロー問題	99
6.3	プロジェクト工程のモデル化 (PERT)	101
6.3.1	PERT 手法の目的	101
6.3.2	作業リストとプロジェクトグラフ	102
6.3.3	ネットワークの作成	103
6.3.4	節点時刻の計算とクリティカルパス	104
6.3.5	人員や機械の制約を考えた工程計画	107
6.4	プロジェクト工期の最適化 (CPM)	108
6.4.1	標準日程と特急日程	108
6.4.2	CPM の計算手順	108
6.4.3	工期費用曲線の利用	113
	演習問題	114

7 章 評価の方法

7.1	費用便益分析	117
7.1.1	プロジェクトの効果	117
7.1.2	プロジェクトの費用	118
7.1.3	プロジェクトの選択方法	119
7.1.4	長期にわたる費用と便益の評価	121
7.2	便益評価の方法	123
7.2.1	市場需要および効用関数を用いた評価方法	123
7.2.2	非市場財の価値評価法	127
7.2.3	便益の発生と帰着	128
7.3	総合評価	129
7.3.1	総合評価の必要性	129
7.3.2	総合評価の手法	130

7.3.3	環境アセスメント	133
-------	----------	-----

	演習問題	135
--	------	-----

8章 不確実性と時間経過への対応

8.1	確率モデルによる将来予測	137
8.1.1	モンテカルロシミュレーション	137
8.1.2	離散時間マルコフ連鎖	137
8.1.3	吸収マルコフ連鎖の理論	140
8.1.4	連続時間マルコフ連鎖	143
8.2	確率を用いた計画の評価	143
8.2.1	期待値を用いた評価	143
8.2.2	リアルオプション	144
8.2.3	アセットマネジメント	146
8.3	リスクマネジメントと災害対応	149
8.3.1	リスクの定義	149
8.3.2	リスクマネジメント	151
8.3.3	防災と減災	152
8.4	時間経過に伴う計画の課題	153
8.4.1	計画の寿命と感度分析	153
8.4.2	循環型の計画サイクル	155
	演習問題	156

9章 市民参加と計画主体の課題

9.1	市民参加の発展	158
9.1.1	市民参加のハシゴ	158
9.1.2	市民参加の場	160
9.2	コミュニケーションの手法	161
9.3	計画主体の揺らぎ	162
9.3.1	公共主体の役割の縮小	162

9.3.2	新たな公と地域ガバナンス	164
	演習問題	166
	引用・参考文献	167
	演習問題解答	171
	索引	185

1 章

インフラストラクチャと 土木計画

◆本章のテーマ

土木計画学が対象とするインフラストラクチャの整備と運営の計画について、本章では、それが行政などの公共主体によって担われる理由を明らかにする。さらに、このような機能を市民から委任された行政主体が果たすべき役割として、合理的・科学的に計画を作成し、実行するとともに、その判断の妥当性をわかりやすく説明するアカウンタビリティという責任があることを示し、そのためのソフトな技術としての土木計画学の役割と特徴を明らかにする。最後に、この土木計画学の技術の構成に沿って、本書の構成を述べる。

◆本章の構成（キーワード）

- 1.1 公共財とインフラストラクチャ
公共財， タダ乗り， インフラストラクチャ， 税金
- 1.2 行政主体とアカウンタビリティ
行政主体， アカウンタビリティ， 会計
- 1.3 土木工学と土木計画学
土木工学， ソフト技術， システム工学
- 1.4 本書の構成
計画プロセス， 問題認識， 最適化， 評価

◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ インフラストラクチャが、企業などの私的な主体から供給されない理由
- ☞ インフラストラクチャの供給計画を立案し、妥当性を説明するための土木計画学の役割

1.1 公共財とインフラストラクチャ

近代の社会は、市民がそれぞれ私的な財産を所有し、自らの必要性が少ないものを他人と交換して貨幣に換え、その貨幣との交換により必要なものを手に入れるという経済体制が敷かれている。このとき、貨幣と引き換えに入手した各自の所有物は自分の裁量によって、使用したり処分したり売却することができる。ミクロ経済学の重要な理論である顕示選好理論によれば、各個人の財・サービスに対する必要性の大きさは価格に反映され、さらに自由競争市場が存在すれば、そのような高価格で売れる財を供給する主体が自発的に現れ、結果的に社会全体にとって最も効率的な財の生産と消費が行われることが知られている。これを**厚生経済学** (welfare economics) の第一定理と呼び、18世紀のイギリスの経済学者である Adam Smith(1723-1790) は**神の見えざる手** (invisible hand of the God) と表現した。

ところが世の中には、多くの人々が必要とするにもかかわらず、通常の財とは異なる性質を持つために、自由競争市場によって効率的に供給されないものがある。例えば、道路交差点にある交通信号を考えると、その信号の設置費用を一部の利用者が負担した場合、整備費用を負担しなかった他の利用者が信号を用いることを排除できない。これを消費の**非排除性** (non-excludability) という。このような非排除性のある財は、他人が費用を負担して供給してくれるのを待てば、自ら費用を負担しなくても利用できる**タダ乗り** (free ride) が可能であるため、各個人が自らの本当の必要性を表明せず費用負担を行わない。そのため、自由競争市場では民間の企業や主体が必要な量を供給しようとしないう問題が生じる。そこで、行政などの公的な主体が代表してこのような財を選んで必要な量だけ供給することとし、そのための費用は強制的に税金 (tax) の形で全員に負担させるという仕組みが必要となる。

このようにして公的な主体により一律的に供給される財・サービスを**公共財** (public goods) という。公共経済学 (public economics) の分野では、Paul Samuelson(1915-2009), Richard Musgrave(1910-2007), Arthur Pigou(1877-

1959)をはじめとして、公共財の供給量に関する情報を公共主体が把握し、社会的に最適な量を供給するための理論が研究されている。なお、非排除性のほかに非競合性 (non-rivalness) という性質を持つ財は純粹公共財と呼ばれている。非競合性とは、ある車の運転手はその信号を見たために、他人がその信号を見ることが妨げられるわけではない、というように、ある主体の消費量が他人の消費可能性に影響を与えない性質をいう。

非競合性を持つ公共財は、一度に消費されてなくなるわけではなく、社会の中で長期にわたり多数の人々に使われるものが多い。例えば、先にあげた交通信号機は、いったん整備されると長期間にわたって信号の表示を出して交通を制御するというサービスを社会に提供する。そのサービスを使うことによって、社会の中でいろいろな人々が道路交通をより安全で円滑に行うことができる。このように、公共財のうちで整備後長期間にわたりサービスを提供し、社会の中のさまざまな主体の活動の基礎となるようなものをインフラストラクチャ (infrastructure) あるいは社会基盤施設と呼ぶ。

代表的なインフラストラクチャには、道路、港湾、空港などの交通施設がある。また鉄道や高速道路、航空サービス、電気、ガス、上下水道、公園、学校などには排除性があり、費用を負担しない者には利用をさせないこともできるので、費用の一部を利用料金でまかない、税金での負担を小さくすることも可能である。また、上記のような物的な社会基盤施設ばかりではなく、左側通行の制度などの法規や慣習も、国のような公的な主体によって決定して国民に広く教育する必要があるため、ソフトなインフラストラクチャと考えることもできる。

1.2 行政主体とアカウントビリティ

行政主体が収集する税金は、本来私的な主体が別の目的のために使用できる財産の一部を、インフラストラクチャをはじめとする公共財の供給のために強制的に集めたものである。したがって、そのように集めた税金が、本来の目的

のために効率的に使用されていることを示して、再び税金を収集することを認めてもらうことが必要となる。

このときの納税者と行政主体との関係は、あたかも財産家の旧家の主人とその家事を一手に引き受ける執事(steward)との関係に似ている。この家の財産は主人のものであるが、財布の運用は執事に任される。執事は財産管理や庭師などの出入りの業者に関する情報や契約、管理に関する専門知識をベースとして、主人の趣味や交友関係に注意を払いつつ、来訪者をもてなし主人を満足させるための財やサービスの購入に費用を割り当てる。一定の期間ごとに、執事が目的に応じて効率的に資金を使用したことを説明することが求められる。目的別に資金の出入りを記録したものを会計(account)といい、会計報告が承認されればつぎの期間の運営も引き続き執事に委任することになり、会計報告が承認できなければ執事は解雇される。同じように、行政主体は納税者からの委任を受け、資産の一部を預かっているという立場にあり、公共財やインフラストラクチャの整備に対する専門知識をベースとして、納税者が求める財やサービスの提供を細心の注意を持って行うとともに、目的に合わせて税金が効率的に使用されていることを会計報告の形で定期的に説明する責任がある。これをアカウントビリティ(accountability)と呼ぶ。

わが国では歴史的に、行政機能は藩主や領主が「御上^{おかみ}」として担っていたために、上記のような契約関係が認識されることは少なかった。専門知識と長期的、広域的な視野を持つ行政主体が、個別的で近視眼的な認識を持ちがちな一般市民のニーズにそのまま応えるのは適切でなく、一般市民が見過ごしがちな重要な項目を父権的におもんばかりながら計画、実施していくものであると考えられてきた。最近、行政主体の活動を一般市民に理解してもらうために説明する責任があると考えられるようになり、その訳語としてアカウントビリティが使われているが、その背景には上述したように執事と主人との関係が想定されている。つまり説明責任は、単に透明性を高め市民の満足度を向上させるために「あったほうがよい」付加サービスの的なものではなく、財産管理という仕事を代行するうえで「不可欠な責任」であると考えなければならない。

もちろん、納税者である一般市民の要望や多数意見をそのまま採用することが不適当な場合もある。インフラストラクチャが設置される自然環境には、気候や天候などのようにどんな状況が将来に実現するかが事前にはわからないという不確実性 (uncertainty) が存在している。また、時間の経過によって、現在には認識されていない目的の重要性が増してくることもある。社会は複雑に絡み合っており、一般市民が直感的に正しいと思うことを実施した場合に、予期せぬ事柄に悪影響を与え、結果的に望ましくない結果が得られてしまうパラドックス (paradox) が起こる場合もある。このような状況が予想される場合には、そのメカニズムを一般市民に説明して、直感に反した意思決定を行うことへの合意を得ることが必要となる。逆に言えば、素人には予見しにくい問題を指摘してそれを回避する方法を示す能力があるからこそ、プロフェッショナルとしての計画者の存在意義があるといえる。

本書では、不確実性や時間の経過がもたらす問題について一つの章を割り当てて議論するとともに、どのような場合にパラドックスが起こり、公的な政策が必要になるかについても解説していきたい。

1.3 土木工学と土木計画学

1.3.1 土木工学

歴史的に、物的なインフラストラクチャの計画と整備、管理を担ってきたのが土木工学 (civil engineering) である。土木という名称は、中国・漢の書物「淮南子」のえなんじ築土ちくどこうぼく構木という言葉から取られたとされている。日本では1212年鴨長明「方丈記」の福原遷都のくだりに初めて使われたが、江戸時代にはむしろふしん普請という言葉が使われていた。その後1871年に明治政府の工部省土木寮 (後の建設省) が設置されたので、それ以降普及した。英語では、市民の日常生活を支える工学技術という意味で civil engineering (市民工学) と呼ばれており、military engineering (軍事工学) との対義語となっている。ただし、地盤工学、水工学などの土木工学の個別の技術分野は、諸国の軍隊の中に設けられ

た工兵隊などの技術部隊によっても実践的な研究、開発が進められてきた。

英国土木学会は、土木工学とは、自然の力を人間生活の役に立つように変換する技術であり、地表付近に固定されて機能を発揮する構造物を建設すること、と定義している。そのためには力が作用したときの自然物の挙動を理解するための材料力学、地盤力学、水理学とともに、構造物の形状と機能を理解するための構造工学、地盤工学、水工学が発展した。

これに比べて、人間生活の役に立つために、どのような機能を準備すべきか、構造物の建設のためにどのぐらいの資源、人員、金銭を使用すべきか、というソフトな技術について、それまで対象とする施設ごと(鉄道、河川、橋梁^{りょう}、…)に蓄積されていた、調査、計画、管理に関する技術の共通部分を1960年代にまとめ、土木計画学(infrastructure planning and management)という分野が誕生した。

1.3.2 土木計画学の基礎理論

土木工学が扱うインフラストラクチャは、大規模なものが多く、公共経済学が述べるように、社会の多くの人々や企業に長期的に使用されるものがほとんどである。社会を構成する人々は、単に数が多いだけでなく、性別、年齢、職業なども多様で、さまざまなニーズを持つ人々であることも多い。社会では多様な人々や機能が複雑に絡み合っているために、ある部分の変化が他の部分にもたらす影響を簡単にとらえることが困難となる。そこで、複雑なシステムの中から重要な因果構造を見だし、その制御を考えるための学問分野であるシステム工学(system engineering)の理論は有用であり、土木計画学をシステム工学の一つの応用であると位置づけることもできる。

計画に用いる具体的な手法としては、与えられた条件で目的を効率的に達成する方法を見いだすための数理最適化(mathematical optimization)の理論や、人間や企業などの経済主体の行動原理を理解し、いろいろな条件での彼らの行動を予測するためのミクロ経済学(micro-economics)が重要である。資本主義社会において、人々は価値のあるものは金銭を支払って手に入れようとする

るから、金銭を用いて人々の評価を理解することができる。ミクロ経済学はその理論的な基礎を与える。さらに、社会の中の金銭の流れに着目して社会の構造を把握する理論であるマクロ経済学 (macro-economics) は、インフラストラクチャの整備が人々にどのような影響を与えるのかを把握するうえで重要な役割を担っている。また、多数の人・地域の特徴を、少数の標本調査から得られる情報から把握し、確認するための理論である統計学 (statistics) も有用である。

本書では、これらの基礎理論のうちでも、特に重要と思われる部分を理解できるように平易に解説する。数理最適化の基礎となる解析学、線形代数の数学理論、確率・統計学、あるいは公共経済学については、本シリーズにおいて別科目用のテキストが用意されている。また、関連する理論の詳細については、巻末の引用・参考文献を参照し、学習されたい。

1.4 本書の構成

本書では、1章で示したインフラストラクチャの供給計画に関わる公共意思決定を行うためのソフト技術について、以降の各章で順に解説を加える。

2章では、計画という行為の一般的な定義とその手順について解説する。さらに、土木工学が扱うインフラストラクチャの計画について、その分類を示し、解説を加える。

3章では、社会という複雑なシステムの中の課題を抽出し、その課題に関わる要因とその相互関係を把握して、計画する領域を明確化する手順を解説する。

4章では、主要な要素間に見られる因果関係を統計的に確認し、政策的な意思決定が将来の状況に及ぼす影響の予測方法を解説する。

つぎの二つの章では、将来の目的を効率的に達成するような政策を選ぶ方法として、数理最適化と呼ばれる計算方法について説明する。5章では、特に政策を連続的な変数で表現できる場合に使われる数理計画法という計算方法を解説する。

6章では、政策が離散的な変数である場合に有用な、ネットワーク上の最適

索引

【あ】		階層システム		吸収マルコフ連鎖	
アカウントビリティ		hierarchical system	39	absorbing Markov chain	140
accountability	4	外部効果		局所最適解	
		external effect	118	local optimum	68
悪循環		仮想的価値評価法		均衡解	
vicious circle, vicious spiral	42	CVM:Contingent Valuation Method	127	equilibrium	90
アセットマネジメント		課題の発見		【く】	
asset management	147	problem finding	25	グラフ	
アローダイアグラム		神の見えざる手		graph	95
arrow diagram	103	invisible hand of the God	2, 89	クリティカルパス	
アンケート		環境アセスメント		critical path	106
questionnaire	25, 127	environmental impact assessment	133	【け】	
安定化		関係主体		計画の五要素	
stabilized	42	stakeholder	129	5 elements of plan	10
【い】		関数		経路	
維持補修		function	37	path	96
maintenance	146	間接効果		ゲーム理論	
因果関係		indirect effect	118	game theory	90
causation	17, 46	感度分析		結合点	
—の符号		sensitivity analysis	79, 154	node	95
sign of causation	40	【き】		決定係数	
因果連鎖		機会費用		deterministic coefficient	60
causation chain	40	opportunity cost	118	減災	
インフラストラクチャ		棄却		disaster mitigation	153
infrastructure	3	reject	48	現在価値	
【え】		棄却域		present value	121
枝		critical region	47	【こ】	
branch	95	期待純便益		効果	
【か】		net expected benefit	143	effect	50
回帰		機能		公共経済学	
regression	55	function	37	public economics	2, 6
会計		帰無仮説		公共財	
account	4	null hypothesis	47	public goods	2
階層構造					
hierarchical structure	39				

交互作用 interaction	53	時系列分析 time series analysis	17	収束 convergence	42
構成 composition	15	システム system	36	従属変数 dependent variable	55
厚生経済学 welfare economics	2	システム境界 system boundary	38	自由度 degree of freedom	52
交通コスト法 travel cost method	128	システム工学 system engineering	6	主体 decision maker	10
効用 utility	88	システム最適配分 system optimal	93	手段 means	13
混雑税 congestion charge	90	システムダイナミクス System Dynamics	43	出生死滅過程 birth-death process	143
【さ】		システム分析 systems analysis	20	出力 output	37
最小カット minimum cut	100	施設効果 effect of facility	117	純便益 net benefit	119, 143
最小木 minimum spanning tree	97	次善 second best	89	——の現在価値 NPB:Net Present Benefit	122
最小二乗法 least square estimation	56	実行可能集合 feasible set	68	消費者余剰 consumer surplus	124
最善 first best	89	支払意思額 WTP:Willingness To Pay	118, 123, 124	シンプレックス法 simplex method	75
最大フロー問題 maximum flow problem	99	シミュレーション simulation	43, 71, 137	【す】	
採択 accept	48	市民参加 citizen participation	158	水準 level	49
最短経路問題 shortest path problem	98	社会基盤施設 infrastructure	3	数理最適化 mathematical optimization	6, 68
最適反応 best response	91	社会実験 field trial	161	ステークホルダー(関係主体, 利害関係者) stakeholder	129, 165
サブシステム sub-system	39	社会調査 social survey	25	ストック効果 stock effect	117
残差 residual	56	社会的厚生 social welfare	89	【せ】	
残差二乗和 sum of squared residual	56, 60	重回帰 multiple regression	56	正規方程式 normal equations	56
【し】		重共線性 multicollinearity	58	脆弱性 vulnerability	152
事業効果 project effect	117	重相関係数 multiple correlation coefficient	60	制約条件 constraints	68

絶対評価
absolute evaluation 130

節 点
node 95

説明変数
explanatory variables 55

絶 滅
extinction 42

遷移確率
transition probability 138

線形回帰モデル
linear regression model 55

線形計画法
linear programming 72

【そ】

相関関係
correlation 18, 46

総合評価
comprehensive evaluation 129

相対評価
comparative evaluation 129

双対定理
duality theorem 81

双対ネットワーク
dual network 100

双対問題
dual problem 80

【た】

大域最適解
global optimum 69

ダイクストラ法
Dijkstra algorithm 98

対 象
object 11

代替案
alternative 13, 68

代替市場法
substitutes market evaluation 128

代表性
representative 26

対立仮説
alternate hypothesis 47

タダ乗り
free ride 2

探索法
search algorithm 68

【ち】

地域ガバナンス
local governance 164

頂 点
node 37, 95

直接効果
direct effect 118

【て】

定常分布
stationary distribution 139

定 数
parameter 43

【と】

等価変分
EV: Equivalent Variation 124

統計学
statistics 7, 26

統計的検定
statistical test 46

統計モデル
statistical model 17

動的計画法
dynamic programming 98

独立変数
independent variable 55

凸計画問題
convex programming 70

土木計画法
infrastructure planning and management 6

土木工学
civil engineering 5

トレードオフ
trade off 12, 129, 131

【な】

内部収益率
IRR: Internal Return Ratio 122

【に】

入 力
input 37

【ね】

ネットワーク
network 95

【は】

バイアス
bias 26, 127

曝 露
exposure 152

ハザード
hazard 152

発 散
divergence 42

パブリックインボルブメント
PI: Public Involvement 160

パブリックコメント
public comment 158

パラドックス
paradox 5

パレート集合
Pareto optimal set 119

【ひ】

ピグー税
Pigouian tax 90

被説明変数
explained variable 55

非排除性
non-excludability 2

ヒューリスティックス heuristics	71	【ほ】	モデル model	20	
評価基準 evaluation criterion	131	防 災 disaster prevention	152	モンテカルロ シミュレーション Monte Carlo simulation	137
費用便益比 cost-benefit ratio	119	飽 和 saturation	42	【や】	
費用便益分析 cost benefit analysis	119	母集団 population	26, 47	矢 線 arc	37, 95
【ふ】		補償変分 CV : Compensating Variation	124	【ゆ】	
ファシリテーター facilitator	161	補助変数 auxiliary variable	43	有 意 significant	52, 64
フィードバックループ feedback loop	38	母 数 parameter	47	有意水準 significance level	46
——の符号 sign of feedback loop	41	【ま】		有向グラフ directed graph	37, 95
不確実性 uncertainty	5	マインドマップ mind map	34	【よ】	
不 偏 unbiased	63	マクロ経済学 macro-economics	7	要 因 factor	49
ブレインストーミング brain storming	27	待ち行列の理論 queuing theory	143, 181	用強美 utilitas, firmitas, venustas	13
フロー効果 flow effect	117	マルコフ過程 Markov process	138	要 素 element	36
フローダイアグラム flow diagram	43	マルコフ連鎖 Markov chain	137, 138	【ら】	
プロジェクトグラフ project graph	102	【み】		乱 数 random number	137
分散分析 analysis of variance	49, 60	ミクロ経済学 micro-economics	6, 88	【り】	
分散分析表 table of variances	52, 55, 62	【む】		リアルオプション real option	144
【へ】		無作為抽出 random sampling	26	利害関係者 stakeholder	165
ヘドニック法 hedonic method	128, 180	【も】		離散的最適化 discrete optimization	71, 95
辺 edge, link	95	目 的 purpose	10, 12	利 潤 profit	88
便 益 benefit	118	目的関数 objective function	68	リスク risk	149
		目的変数 target variable	55		
		目 標 goal, target	13		

リスクアセスメント risk assessment	151	利用者均衡配分 user equilibrium	93	【わ】	
リスクコントロール risk control	151	【れ】		ワークショップ workshop	160
リスクファイナンス risk finance	152	レイト rate	43	割引率 discount ratio	122
リスクマネジメント risk management	149	レベル level	43		

【A】		【I】		【P】	
AHP		INCOSE		PERT	
Analytic Hierachy Process (階層構造化法)	133, 181	International Council on Systems Engineering	36	Program Evaluation and Review Technique	101
【B】		IRR		PI	
BAU forecast	16	Internal Return Ratio (内部収益率)	122	Public Involvement	160
【C】		【K】		【R】	
CBR		Karsh-Kuhn-Tucker 条件	86	R 統計解析システム (R system)	65, 73, 181
Cost Benefit Ratio (費用便益比)	119	KJ 法 (KJ method)	29	【S】	
CPM		【M】		SD	
Critical Path Method	108	MPEC		System Dynamics	43
CVM		Mathematical Planning with Equilibrium Condition (均衡条件付 数理最適化問題)	92	Stackelberg 均衡解 (Stackelberg equilibrium)	90
Contingent Valuation Method (仮想的価値評価法)	127	【N】		SWOT analysis	32
【F】		Nash 均衡解 (Nash equilibrium)	90	【T】	
F 分布		NPO		t 分布 (Student's t-distribution)	63
F distribution	50, 61	Non Profit Organization	164, 183	【W】	
FMEA				WTP	
Failure Mode Effect Analysis (故障モード影響解析)	150			Willingness To Pay	118, 123, 124

— 著者略歴 —

1986年 京都大学大学院工学研究科修士課程修了（交通土木工学専攻）
1987年 京都大学助手
1991年 博士（工学）（京都大学）
1992年 京都大学講師
1995年 広島大学助教授
2006年 東北大学教授
現在に至る

土木計画学

Infrastructure Planning and Management © Makoto Okumura 2014

2014年1月6日 初版第1刷発行

検印省略

著者 おくむら まこと
奥村 誠
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 三美印刷株式会社

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 978-4-339-05634-1 (新宅) (製本：愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権上での例外を除き禁じられております。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おりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします