

交通ネットワークの均衡分析
—最新の理論と解法—

目 次

(I)交通ネットワークと均衡分析	1
第1章 交通ネットワークフローの均衡問題	1
1.1 交通ネットワークフロー	1
1.2 交通均衡の概念とその発展経緯	2
1.3 交通均衡配分モデルの種類	4
1.4 交通均衡配分モデルの特徴	6
1.5 文献と補遺	7
第1章の参考文献	8
(II)交通ネットワーク上の需要・パフォーマンス条件	11
第2章 ネットワークの表現とリンクコスト関数	11
2.1 交通ネットワークの構成要素と交通網のネットワーク表現	11
2.2 リンクパフォーマンス関数	14
2.3 文献と補遺	19
第2章の参考文献	20
第3章 ネットワークフローが満足すべき条件	21
3.1 パスーリンクインシデンスマトリックス	21
3.2 ネットワークフローの保存条件	22
第4章 ネットワーク上での選択行動と均衡分析	25
4.1 経路選択規範とネットワークへの交通量負荷方法	25
4.2 確率効用理論に基づく経路選択モデル	26
(1)ロジット型経路選択モデル	26
(2)プロビット型経路選択モデル	28
(3)GEVモデルとNested Logitモデル	31
4.3 ネットワーク均衡分析	33
4.4 文献と補遺	37
第4章の参考文献	38
(III)交通ネットワーク均衡モデルの定式化と解析	39
第5章 利用者均衡モデル	39
5.1 利用者均衡配分の基本モデル	39

(1) 利用者均衡の定式化	39
(2) 等価な最適化問題への変換	41
(3) 解の一意性	45
5.2 システム最適化配分と混雑料金政策	46
5.3 交通政策における幾つかのパラドックス	47
(1) Braessのパラドックス	47
(2) Smithのパラドックス	48
5.4 利用者均衡配分と相補性問題・変分不等式問題・不動点問題	50
(1) 標準形の相補性問題としての表現	50
(2) 変分不等式問題・不動点問題としての表現	51
5.5 リンク間に相互干渉のある利用者均衡配分	53
(1) 変分不等式問題としてのいくつかの表現—その1: 主問題	53
(2) 変分不等式問題としてのいくつかの表現—その2: 双対問題	58
(3) 均衡解の一意性	60
5.6 利用者均衡配分の安定性	63
(1) Lyapunov安定的な配分調整プロセス	63
(2) Gap関数に基づいた配分調整プロセス	65
5.7 文献と補遺	68
第5章の参考文献	69
第6章 確率的利用者均衡モデル	73
6.1 確率的配分モデル	73
(1) 定式化	73
(2) 期待最大効用と期待最小費用	75
6.2 エントロピー・モデルとロジット・モデル	77
(1) エントロピー・モデル	78
(2) エントロピーモデルとロジットモデルの等価性	79
(3) エントロピー・モデルのいくつかの形式	81
(4) 各エントロピー・モデルの関係と分散パラメータ	82
6.3 確率的利用者均衡配分とその定式化	83
(1) 確率的利用者均衡状態	83
(2) 確率的利用者均衡配分モデルの定式化	85
6.4 確率的利用者均衡配分と等価な最適化問題	85
(1) 等価な最適化問題	85
(2) 等価最適化問題の基本特性	87
(3) 双対問題	88
(4) 双対問題の応用—料金設定問題	91
(5) 等価最適化問題のリンク変数による表現	93
6.5 リンク間に相互干渉がある場合の確率的利用者均衡配分	94

(1) 等価な変分不等式問題	94
(2) 非単調リンクコスト関数と均衡解の分岐現象	96
6.6 文献と補遺	99
第6章の参考文献	100
第7章 需要変動型の利用者均衡	103
7.1 需要変動型利用者均衡の概念	103
7.2 基本モデル	105
(1) 前提条件	105
(2) 定式化	106
(3) 均衡条件の等価性	107
(4) ネットワーク表示による変換	108
7.3 分担・配分統合モデル	110
(1) 公共交通のリンクコストが一定の場合	110
(2) 公共交通のリンクコストに混雑効果がある場合	112
(3) リンク間に相互干渉がある場合の複数モード均衡モデル	112
7.4 分布・配分統合モデル	115
(1) 片側制約付きの分布・配分統合モデル	115
(2) 両側制約の分布・配分統合モデル	117
7.5 需要変動型均衡モデルの展開	119
(1) 分布・分担・配分統合モデル	119
(2) 需要変動型の確率的利用者均衡モデル	121
7.6 文献と補遺	130
第7章の参考文献	131
(IV) モデルの解法	133
第8章 利用者均衡モデルの解法	133
8.1 最短経路探索アルゴリズムとデータ構造	133
(1) Dijkstra法(ラベル確定法)	133
(2) Dijkstra法の計算例	135
(3) ラベル修正法	136
(4) ラベル修正法の適用例	137
(5) 効率的な最短経路探索のためのデータ構造	138
8.2 all-or-nothing配分	141
8.3 利用者均衡配分の代表的解法 Frank-Wolfe法	141
(1) 非線形最適化問題の解法	142
(2) Frank-Wolfe法	143
(3) リンク容量制約を持つ場合のFrank-Wolfe法	147
8.4 利用者均衡配分のより効率的な解法	148

(1) 打切り二次計画法	148
(2) Simplicial Decomposition法	151
8.5 リンク間に相互干渉のある利用者均衡配分の解法	154
(1) 緩和法(非線型対角化法)	154
(2) 射影法(線形近似法)	156
(3) Gap関数を利用した解法	159
8.6 補遺と文献	161
第8章の参考文献	163
第9章 確率的利用者均衡モデルの解法	167
9.1 ロジット型確率配分の解法—その1:経路を限定する場合	167
(1) Dialのアルゴリズム	167
(2) Dialのアルゴリズムとロジットモデルの等価性	169
(3) Dialのアルゴリズムの問題点	170
9.2 ロジット型確率配分の解法—その2:経路を限定しない場合	171
(1) Markov連鎖による配分モデル	171
(2) ロジット・モデルと整合的な推移確率	172
(3) 経路を限定しないロジット型配分の計算法	173
(4) 大規模ネットワークのための計算法と利用上の注意	175
9.3 プロビット型確率配分の解法	178
(1) 単一パラメータのプロビット型確率配分	178
(2) 計算アルゴリズム	179
9.4 確率的利用者均衡配分の解法	181
(1) 逐次平均法	181
(2) 起点別リンク交通量を未知変数とした部分線形化法	185
(3) 経路交通量を未知変数としたSimplicial Decomposition法	187
9.5 リンク間に相互干渉がある確率的利用者均衡配分の解法	190
9.6 文献と補遺	191
第9章の参考文献	192
第10章 統合モデルの解法	195
10.1 相互干渉のない統合モデルの解法の考え方	195
10.2 分担・配分統合モデル	199
10.3 分布・配分統合モデルの解法	203
(1) 片側制約付きの分布・配分統合モデルの解法	203
(2) 二重制約型の分布・配分統合モデルの解法	206
10.4 需要変動型の確率的利用者均衡モデルの解法	209
(1) Simplicial Decomposition法	209
(2) 部分線形化法	211

10.5 文献と補遺	213
第10章の参考文献	214
<hr/>	
(V)交通ネットワークフロー分析の応用と今後の課題	215
第11章 空間経済とネットワーク均衡分析	215
11.1 地域間交易の均衡条件	215
(1)空間価格均衡の基礎概念	215
(2)輸送係数	218
11.2 空間価格均衡モデル	219
(1)線形交通費用関数の場合	219
(2)SPEとネットワーク均衡の統合	220
11.3 物資流動予測への応用	220
(1)輸送ネットワークの表現とフローの保存条件式	221
(2)輸送業者の行動	222
(3)荷主の行動	225
(4)荷主の行動:変動需要の場合	227
(5)一般化されたSPEの均衡条件と変分不等式問題	228
11.4 土地利用・交通統合モデル	229
(1)モデルの前提と表記法	230
(2)企業の行動	230
(3)開発業者-土地所有者の行動	231
(4)世帯の行動	232
(5)交通量	232
(6)均衡条件	233
(7)均衡解の存在と一意性	235
11.5 文献と補遺	237
第11章の参考文献	238
第12章 ネットワーク上の観測フローからのOD推定	241
12.1 モデルの分類と発展経緯	241
(1)局所的なネットワークを対象とする静的モデル	242
(2)広域的なネットワークを対象とする静的モデル	242
(3)動的OD推定モデル	244
12.2 既存OD交通量データがない場合の静的OD推計法	244
(1)最尤法モデル1	245
(2)最尤法モデル2	249
12.3 既存OD交通量データが得られる場合の静的OD推計法	252
(1)エントロピー最大化モデル	253
(2)残差平方和最小化モデル	254

12.4	今後の課題と発展方向	258
12.5	文献と補遺	259
	第12章の参考文献	261
第13章	動学的な問題への展開	265
13.1	動的な交通配分モデルの必要性	265
	(1) 静的配分モデルの限界と動的配分モデル	265
	(2) 動的配分理論の位置づけと役割	266
13.2	時間帯別交通均衡モデル	267
	(1) モデルで用いている仮定	268
	(2) 終端時刻における残留交通量の修正方法(リンク修正法とOD修正法)	268
	(3) 時間帯別交通均衡モデル(均衡OD修正法)	270
13.3	動的な交通ネットワーク・フローの表現	274
	(1) 動的なネットワーク・フローを表すための基本的変数	274
	(2) 動的なネットワーク・フローが満たすべき物理的な条件	275
	(3) リンク通過モデルとリンク旅行時間	277
13.4	基本的な動的配分原則とその定式化	278
	(1) DSO配分	278
	(2) DUO配分	278
	(3) DUE配分	279
13.5	動的な利用者均衡配分の基本的な特性解析	280
	(1) 動的均衡配分の分解特性	280
	(2) 到着時刻別の定式化	281
	(3) 相補性問題/変分不等式問題としての表現	283
	(4) 均衡解の存在と一意性	285
	(5) 均衡解が簡単に求められる特殊なケース	286
13.6	動的な利用者均衡配分の計算アルゴリズム	289
	(1) 相補性問題に対する大域収束的Newton法	289
	(2) DUE問題への応用	291
13.7	文献と補遺	292
	第13章の参考文献	293
第14章	交通ネットワーク分析の課題と将来展望	297
14.1	交通量配分は科学か？それとも職人芸か？	297
14.2	主要な問題点・対処法・課題	298
	(1) ネットワークの縮約化, 集計化の問題	298
	(2) 域外アクセスとネットワーク分解原理	300
	(3) リンク・パフォーマンス関数と待ち行列遅れ	303
14.3	将来展望	305

(1) 応用ネットワーク均衡分析の発展	305
(2) ITS(Intelligent Transportation System)へのアプローチ	307
(3) ネットワークの外部性	308
14.4 文献と補遺	309
第14章の参考文献	310
Appendix. A 非線形最適化問題の基礎	313
A.1 制約条件のない一次元最適化問題	314
A.2 制約条件つき一次元最適化問題	316
A.3 制約条件のない多次元最適化問題	318
A.4 制約条件つき多次元最適化問題	321
A.5 利用者均衡モデルで多用される特別な問題	323
(1) 非負制約($x \geq 0$)をもつ最適化問題	323
(2) 線形等式制約をもつ最適化問題	324
(3) 非負制約と線形等式制約をもつ最適化問題	325
A.6 Lagrangian関数	325
(1) Lagrangian関数の最適性条件とKuhn-Tucker条件の同値性	325
(2) 非負制約をもつ問題	326
(3) 非負制約と線形等式制約条件をもつ問題	327
Appendix. B 双対問題	329
Appendix. C 一次元探索法	331