

## 目次

序 文 .....	2
訳者序文 .....	4
第 1 章 数理計画法とは .....	18
1.1. はじめに .....	18
1.2. 簡単な製品混合問題 .....	18
1.2.1. グラフによる解析 .....	19
1.3. 線形性 .....	21
1.4. LP 解の分析 .....	22
1.5. 感度分析: 減少費用と双対価格 .....	23
1.5.1. 減少費用 .....	23
1.5.2. 双対価格 .....	24
1.6. 非有解定式化の例 .....	25
1.7. 不可能定式化の例 .....	25
1.8. 複数の最適解および退化 .....	26
1.8.1. 蛇の目 .....	28
1.8.2. 退化と冗長な制約式 .....	31
1.9. 非線形モデルと大域的最適化 .....	31
第 2 章 LINGO について .....	34
2.1. はじめに .....	34
2.2. Windows 版の LINGO .....	34
2.2.1. File Menu : ファイル・メニュー .....	34
2.2.2. Edit Menu : 編集メニュー .....	36
2.2.3. LINGO Menu : LINGO メニュー .....	37
2.2.4. Windows Menu : ウィンドウメニュー .....	38
2.2.5. Help Menu : ヘルプメニュー .....	38
2.2.6. 概要 .....	39
2.3. 小さな問題への利用 .....	39
2.4. 整数計画法 .....	40
2.4.1. 整数計画法の注意 .....	41
2.5. その他の注意事項 .....	42
第 3 章 解の分析 .....	43
3.1. 解の経済的分析 .....	43
3.2. 双対価格と減少費用の経済的關係 .....	43
3.2.1. 費用の算定: 例 .....	43

3.2.2.	双対価格/ラグランジェ定数/KKT 条件と活動費用 .....	45
3.3.	減少費用と双対価格の有効な範囲 .....	46
3.3.1.	パラメータの同時変化の影響の予測—100%ルール .....	50
3.4.	制約係数の感度分析 .....	51
3.5.	双対 LP 問題あるいは土地の貸し手と借り手 .....	52
3.6.	練習問題 .....	56
第 4 章	解の分析 .....	57
4.1.	モデルの定式化の一般論 .....	57
4.2.	モデルの定式化の 2 つの方法 .....	57
4.3.	雛形モデル .....	58
4.3.1.	製品混合問題 .....	58
4.3.2.	カバーリング、人員配置、分割問題 .....	58
4.3.3.	配合問題 .....	58
4.3.4.	多期計画問題 .....	58
4.3.5.	ネットワーク、分配、PERT/CPM モデル .....	58
4.3.6.	ランダムな要素を含んだ多期計画問題 .....	59
4.3.7.	ポートフォリオモデル .....	59
4.3.8.	ゲーム理論 .....	59
4.4.	分析的手法によるモデルの定式化 .....	60
4.4.1.	例題 .....	60
4.4.2.	例題の定式化 .....	61
4.5.	費用を正しく選ぶ .....	61
4.5.1.	埋没費用対変動費用 .....	62
4.5.2.	結合生産 .....	63
4.5.3.	結合費用例 .....	64
4.5.4.	帳簿価格 対 市場価格 .....	65
4.6.	一般的な誤り .....	66
4.7.	非同時による誤り .....	69
第 5 章	集合から見た世界 .....	70
5.1.	はじめに .....	70
5.1.1.	なぜ集合を使うのか .....	70
5.1.2.	集合とは? .....	70
5.1.3.	集合のタイプ .....	71
5.2.	集合節 (SETS Section) .....	71
5.2.1.	原始集合の定義 .....	71
5.2.2.	派生集合の定義 .....	72
5.2.3.	まとめ .....	73
5.3.	Data 節 (データ節) .....	74

5.4. 集合ループ関数.....	76
5.4.1. @SUM集合ループ関数.....	76
5.4.2. @MINと@MAXループ関数.....	77
5.4.3. @FOR集合ループ関数.....	78
5.4.4. ネスト化した集合ループ関数.....	79
5.5. 集合をベースにしたモデルの例.....	80
5.5.1. 原始集合の例.....	80
5.5.2. 密な派生集合の例.....	83
5.5.3. 疎な派生集合ー明示的なリストの例.....	86
6. 製品混合問題	
6.1 はじめに	
6.2 製品混合問題の例	
6.3 生産工程選択の製品混合問題	
7 被覆・人員配置・分割問題	
7.1 はじめに	
7.1.1 人員配置問題	
7.1.2 北東料金所の人員配置	
7.1.3 人員配置の付加的機能	
7.2 分割とパターン選択問題	
7.2.1 クルドット社の分割問題	
7.2.2 クルドット分割問題の定式化とその解	
7.2.3 分割問題の一般化	
7.2.4 2次元分割問題	
7.3 乗員のスケジューリング問題	
7.3.1 例題	
7.3.2 乗員スケジューリング問題に対する解	
7.3.3 追加的な実用化	
7.4 一般的なカバーリング/分割/梱包モデル	
8. ネットワーク・配送・PERT/CPM	
8.1 ネットワーク型モデルの特徴	
8.1.1 ネットワーク問題の種類	
8.2 PERT/CPM ネットワークと LP	

- 8.3 ネットワーク・ダイアグラムの表示方法 (AOA 対 AON)
  - 8.4 プロジェクトのクラッシング (短縮)
    - 8.4.1 クラッシングのための費用と価値
    - 8.4.2 活動のクラッシングの費用
    - 8.4.3 プロジェクトの短縮による価値
    - 8.4.4 短縮問題の定式化
  - 8.5 プロジェクトのリソース制約
  - 8.6 パスによる定式化
    - 8.6.1 例題
  - 8.7 方向性のないネットワーク
    - 8.7.1 例題
  - 8.8 複式簿記：会社のネットワークモデル
  - 8.9 ネットワーク型 LP モデルの拡張
    - 8.9.1 Multicommodity ネットワークフロー
    - 8.9.2 Multicommodity 問題のサイズを減らす
    - 8.9.3 Multicommodity フロー例
    - 8.9.4 フリート・ルーティングと割当て
    - 8.9.5 フリーアの割当て
    - 8.9.6 レオンチェフフローモデル
    - 8.9.7 活動/資源図
    - 8.9.8 スパニングツリー
    - 8.9.9 スタイナー木
  - 8.10 非線形ネットワーク
9. 多期間計画問題
- 9.1 はじめに
  - 9.2 動的生産計画問題
    - 9.2.1 定式化
    - 9.2.2 制約と解
    - 9.2.3 絶対値の表現
  - 9.3 多期財務計画モデル
    - 9.3.1 キャッシュフロー
  - 9.4 税金を考慮した財務計画モデル
    - 9.4.1 定式化と解
    - 9.4.2 双対価格の解釈
  - 9.5 現在価値対 LP の分析
  - 9.6 税金を考慮した場合
  - 9.7 ダイナミックあるいは多期間ネットワーク

- 9.8 終わり効果
  - 9.8.1 循環問題の解決
  - 9.8.2 段取り費用と打ち切り費用
- 9.9 非最適性
  
- 10. 配合問題
  - 10.1 はじめに
  - 10.2 配合問題の構造
    - 10.2.1 例: ピッツバーグ製鉄会社の配合問題
    - 10.2.2 PS 社の配合問題の定式化と解
  - 10.3 製品混合問題における配合問題
    - 10.3.1 定式化
    - 10.3.2 上下制限約式の表現
  - 10.4 品質要求の代替案の正しい選択
  - 10.5 配合品質の計算法
    - 10.5.1 例
    - 10.5.2 一般平均
  - 10.6 配合制約の双対価格の解釈
  - 10.7 分数計画法
  - 10.8 多段階配合: プールする場合
  
- 11 IP の定式化と解法
  - 11.1 はじめに
    - 11.1.1 変数の種類
  - 11.2 IP の標準的な応用
    - 11.2.1 一般整数変数の 2 進表示
    - 11.2.2 最小バッチサイズ制約
    - 11.2.3 固定費問題
    - 11.2.4 簡単な工場配置問題
    - 11.2.5 容量制約のある工場配置問題
    - 11.2.6 シナリオのあるモデルの代替アプローチ
    - 11.2.7 区間線形関数による線形化
    - 11.2.8 分離可能な関数に変換
  - 11.3 整数計画解法の概要
  - 11.4 IP の計算上の難しさ
    - 11.4.1 NP 完全問題
  - 11.5 自然に整数解が得られるアルゴリズムの問題
    - 11.5.1 ネットワーク型 LP 再考

- 11.5.2 整数 Leontief 制約式
- 11.5.3 例: 1 期間 MRP 問題
- 11.5.4 自然に整数解になる定式への変形
- 11.6 割り当て問題および関連づけられた順序または経路問題.
- 11.6.1 例: 割当の問題
- 11.6.2 巡回セールスマン問題
- 11.6.3 容量のある多数 TSP/車両旅程問題<sub>i</sub>
- 11.6.4 最小スパニング樹
- 11.6.5 線形順序問題
- 11.6.6 2次割り当て問題
- 11.7 グルーピング, マッチング, 被覆, パーティションとパッキング問題

#### 11.7.1 割当問題としてモデル

- 11.7.2 マッチングの問題 (グループサイズが 2)
- 11.7.3 2つ以上のメンバーのいるグループ
- 11.7.4 可変数のメンバーによるグループ (割り当て版)
- 11.7.5 メンバーが可変なグループ化 (詰め合わせ版)
- 11.7.6 メンバーが可変なグループ化 (切断版)
- 11.7.7 メンバーが可変グループか (車両ルーティング)
- 11.8 変数の製品を一直線に並べること
- 11.8.1 例: 製品のバンドル
- 11.9 論理的な条件の表現

## 12 不確実あるいは確立要素のある多期間決定問題

- 12.1 はじめに
- 12.2 不確実なソースの識別
- 12.3 シナリオアプローチ
- 12.4 より複雑な 2 期間計画問題
- 12.4.1 暖冬の場合の解
- 12.4.2 厳冬の場合の解
- 12.4.3 条件なしの解
- 12.5 完全情報の価値
- 12.6 不確実なモデルの期待値
- 12.6.1 確実な均衡
- 12.7 リスク回避
- 12.7.1 下側リスク
- 12.7.2 例
- 12.8 シナリオの選択

- 12.8.1 ターゲットへの一致のシナリオの統計量
- 12.8.2 一組の指定共分散構造が付いているシナリオの発生
- 12.8.3 適切な Z 行列の生成
- 12.8.4 例
- 12.8.5 多期間問題を 2 期間問題に変えること
- 12.9 2 期間以上の不確実性下の意思決定問題
  - 12.9.1 動的計画法および財政の選択モデル
  - 12.9.2 金利の二項木モデル
  - 12.9.3 外国為替の 2 分木モデル
- 12.10 期間限定なしの不確実性下の決定
  - 12.10.1 例: 現金残高管理
- 12.11 確率的制約計画
  
- 13 ポートフォリオ最適化
  - 13.1 序論
  - 13.2 マーコウィッツの平均/分散ポートフォリオ・モデル
    - 13.2.1 例
  - 13.3 二元的な目的: 効率的フロンティアとパラメトリック分析
    - 13.3.1 安全資産を含んだポートフォリオについて
    - 13.3.2 シャープ比
  - 13.4 ポートフォリオモデルの重要なバリエーション
    - 13.4.1 取引費用があるポートフォリオについて
    - 13.4.2 例
    - 13.4.3 税金を考慮したポートフォリオについて
    - 13.4.4 共分散構造を簡略化するためのファクター・モデルについて
    - 13.4.5 ファクター・モデルの例
    - 13.4.6 不確実性を表すシナリオ・モデルについて
    - 13.4.7 例
  - 13.5 分散以外のリスクの測度について
    - 13.5.1 バリュエ・アット・リスク (VaR) について
    - 13.5.2 VaR の例
    - 13.5.3 VaR のアノマリー
    - 13.5.4 条件付き VaR
  - 13.6 シナリオモデルと下側リスクの最小化
    - 13.6.1 半分散 (semi-variance) と下方リスク
    - 13.6.2 下方リスクと平均絶対偏差 (MAD)
    - 13.6.3 共分散行列に直接基づいたシナリオについて
  - 13.7 ヘッジング, マッチングおよびプログラム売買について

- 13.7.1 ポートフォリオ・ヘッジング
- 13.7.2 ポートフォリオの付き合い合わせ, トラッキング, プログラム売買
- 13.8 ベンチマーク・ポートフォリオの作成
  - 13.8.1 ベンチマーク・ポートフォリオへのシナリオ・アプローチの適用
  - 13.8.2 効率的ベンチマーク・ポートフォリオ
  - 13.8.3 効率的ベンチマーク・ポートフォリオ問題
- 13.9 二次計画法のためのコレスキー分解
- 13.10 問題

## 14 多基準とゴールプログラミング

- 14.1 はじめに
  - 14.1.1 代替最適化と多基準
- 14.2 多基準問題へのアプローチ
  - 14.2.1 パレート最適解と多基準
  - 14.2.2 効用関数
  - 14.2.3 レードオフ曲線
  - 14.2.4 例
- 14.3 ゴールプログラミングとソフト制約
  - 14.3.1 例: 代替案のある最適解から第2基準を選ぶ
  - 14.3.2 Lexico 最適解
- 14.4 最大 Hurt の最小化あるいは Lexico 最小化
  - 14.4.1 例
  - 14.4.2 MinMax 解を選ぶ
- 14.5 効率的フロンティア上の点の識別
  - 14.5.1 より良い点
  - 14.5.2 悪い点
  - 14.5.3 混合した点
- 14.6 DEA による効果測定

## 15 経済均衡問題

- 15.1 平衡は何であるか
- 15.2 簡単な同時価格または生産の決定
- 15.3 LP としての経済均衡問題
- 15.4 経済均衡としての競売
- 15.5 Multi-Product 価格設定問題
- 15.6 経済の一般均衡モデル
- 15.7 輸送均衡
  - 15.7.1 ユーザー均衡対社会的最大化

## 15.8 最適化におけるネットワークの均衡

### 15.8.1 均衡ネットワーク

## 16 ゲーム理論

### 16.1 はじめに

### 16.2 2人ゲーム

#### 16.2.1 ミニマックス戦略

### 16.3 2人不定和ゲーム

#### 16.3.1 囚人のジレンマ

#### 16.3.2 戦略の選択

#### 16.3.3 解が複数あるバイマトリクス・ゲーム

### 16.4 2人以上の不定和ゲーム

#### 16.4.1 Sharply 値

### 16.5 安定した結婚あるいは割り当て問題

## 17 在庫・生産およびサプライチェーンマネジメント

### 17.1 はじめに

### 17.2 1期間新聞売り少年問題

#### 17.2.1 決定の分析

### 17.3 多段階新聞売り少年問題

#### 17.3.1 バックアップオプションのある発注

#### 17.3.2 安全ロットサイズ

#### 17.3.3 置き換えのある多品種の在庫

### 17.4 経済的発注量

### 17.5 $Q, r$ モデル

#### 17.5.1 需要リードタイムの分布

#### 17.5.2 $Q, r$ のコスト分析

### 17.6 基準棚卸法

#### 10.6.1 ベースの在庫を定期的に見直す

#### 10.6.2 方針

#### 17.6.3 分析

#### 17.6.4 基準の継続的見直し

### 17.7 マルチエシュロン在庫

### 17.8 在庫の保持/容量をもつ DC

#### 17.9.2 例

#### 17.9.3 拡張

## 18 サービスと待ち行列のデザイン&システム実装

- 18.1 はじめに
- 18.2 サービスの需要を予測
- 18.3 待ち行列理論
  - 18.3.1 到着プロセス
  - 18.3.2 待ち行列の規律
  - 18.3.3 サービスプロセス
  - 18.3.4 サービスシステムのパフォーマンス
  - 18.3.5 定常状態
  - 18.3.6 小さな定式化
  - 18.3.7 例
- 18.4 待ち行列モデルを解く
  - 18.4.1 WATS ライン数対アーラン損失モデル
  - 18.4.2 中央集権化とアーラン c モデル
  - 18.4.3 混合サービス/在庫システムと M/G/1 モデル
  - 18.4.4 修理の最適数と有限ソースモデル
  - 18.4.5 プロセス種別の選定と M/G/1 モデル
  - 18.4.6 一般分布 (M/G/c, G/G/c) を持つ複数のサーバシステム
- 18.5 臨界仮定とその妥当性
- 18.6 待ち行列のネットワーク
- 18.7 デザイナー待ち行列
  - 18.7.1 例：有限な待ち空間を持つシステム
  - 18.7.2 一定サービス時間，無限ソース，行列の長さに制限はない
  - 18.7.3 例；サービス時間分布の効果
  
- 19 DSS の最適化のデザインと実装
  - 19.1 一般的なモデリング構造
    - 19.1.1 モデルの開発
  - 19.2 検証
    - 19.2.1 適切なレベルの詳細情報と検証
    - 19.2.2 モデルと RW が同意しない場合
    - 19.2.3 私たちは最適で無い振る舞いをするのか？
  - 19.3 データとシステム構造の分離
    - 19.3.1 システムの構造
  - 19.4 モデルをマーケットする
    - 19.4.1 レポート 563
    - 19.4.2 LINGO の報告書
  - 19.5 モデルサイズの縮小
    - 19.5.1 集約による縮小

- 19.5.2 非ゼロ数の縮小
- 19.5.3 被覆問題に置ける非ゼロ数の縮小
- 19.6 フライ列生成
  - 19.6.1 世切断問題への列生成の適用
  - 19.6.2 列生成と整数計画
  - 19.6.3 行生成