

# 目 次

|       |                                   |        |    |
|-------|-----------------------------------|--------|----|
| 第1章   | 「Bonanza 4.1.3」ソースコード             | (保木邦仁) | 1  |
| 1.1   | はじめに                              |        | 1  |
| 1.2   | ビットボードの解説                         |        | 2  |
| 1.2.1 | 81ビット列による将棋盤操作の基本                 |        | 3  |
| 1.2.2 | 飛び駒の利きとビットボードの回転                  |        | 7  |
| 1.3   | 局面評価関数とその学習                       |        | 11 |
| 1.3.1 | 静的評価関数の関数形                        |        | 11 |
| 1.3.2 | Minimax探索結果の最適制御による特徴ベクトル $v$ の学習 |        | 16 |
| 1.3.3 | 最適化の数値的手法                         |        | 18 |
| 1.4   | おわりに                              |        | 21 |
|       | 参考文献                              |        | 22 |
| 第2章   | 「GPS将棋」の評価関数とコンピュータ将棋による棋譜の検討     | (金子知適) | 25 |
| 2.1   | はじめに                              |        | 25 |
| 2.2   | 評価関数をつくろう                         |        | 26 |
| 2.2.1 | 局面のどの部分を評価するか?                    |        | 28 |
| 2.2.2 | どの評価項目をどの程度重視するか                  |        | 30 |
| 2.3   | コンピュータ将棋と棋譜の検討                    |        | 35 |
| 2.3.1 | 評価関数から読みとれる棋譜の特徴                  |        | 36 |
| 2.3.2 | プロ棋士の棋譜の検討                        |        | 38 |
| 2.3.3 | 棋譜の自動解説への挑戦                       |        | 39 |

|            |  |                  |
|------------|--|------------------|
| 2.4        | おわりに                                   | 43               |
|            | 参考文献                                   | 44               |
| <b>第3章</b> | <b>コンピュータ将棋プログラム「大槻将棋」</b>             | <b>(大槻知史) 47</b> |
| 3.1        | はじめに                                   | 47               |
| 3.2        | 大槻将棋の全体の構成                             | 48               |
| 3.3        | 大槻将棋のデータ構造                             | 49               |
| 3.3.1      | 将棋盤のデータ構造                              | 49               |
| 3.3.2      | ビットボード                                 | 50               |
| 3.4        | 大槻将棋のアルゴリズム                            | 51               |
| 3.4.1      | 探索アルゴリズム                               | 51               |
| 3.4.2      | 評価関数のアルゴリズム                            | 58               |
| 3.4.3      | 詰将棋のアルゴリズム                             | 64               |
| 3.5        | 大槻将棋の課題                                | 65               |
| 3.5.1      | 探索アルゴリズムに関する課題                         | 66               |
| 3.5.2      | 評価関数の設計に関する課題                          | 66               |
| 3.5.3      | 強さの評価方法に関する課題                          | 67               |
| 3.6        | 20XX年のコンピュータ将棋                         | 68               |
|            | 参考文献                                   | 69               |
| <b>第4章</b> | <b>「激指」の最近の改良について——コンピュータ将棋と機械学習——</b> | <b>(鶴岡慶雅) 71</b> |
| 4.1        | はじめに                                   | 71               |
| 4.2        | ロジスティック回帰による遷移確率の推定                    | 72               |
| 4.3        | オンライン学習による評価関数の自動学習                    | 77               |
| 4.4        | 棋力の評価                                  | 81               |
| 4.5        | おわりに                                   | 82               |
|            | 参考文献                                   | 83               |
| <b>第5章</b> | <b>コンピュータ将棋における合議アルゴリズム</b>            | <b>(伊藤毅志) 85</b> |
| 5.1        | はじめに                                   | 85               |

|            |                               |            |
|------------|-------------------------------|------------|
| 5.2        | 乱数合議法                         | 87         |
| 5.3        | 多数決合議アルゴリズムの実験                | 89         |
| 5.3.1      | Bonanzaによる自己対戦                | 89         |
| 5.3.2      | GPS将棋による自己対戦                  | 90         |
| 5.3.3      | YSSによる他プログラムに対する合議実験          | 91         |
| 5.3.4      | 異種の将棋プログラムによる合議実験             | 92         |
| 5.3.5      | 多数決合議アルゴリズムのまとめと考察            | 93         |
| 5.4        | 評価関数を用いた合議アルゴリズム              | 95         |
| 5.4.1      | Bonanzaによる自己対戦                | 95         |
| 5.4.2      | GPS将棋：楽観的合議のBonanza単体に対する対戦実験 | 97         |
| 5.4.3      | 評価値を用いた合議アルゴリズムのまとめ           | 98         |
| 5.5        | 多数決合議と楽観的合議の比較                | 98         |
| 5.6        | 合議アルゴリズム実装上の問題                | 100        |
| 5.7        | おわりに                          | 102        |
|            | 参考文献                          | 102        |
| <b>第6章</b> | <b>難問詰将棋をコンピュータで解く</b> (岸本章宏) | <b>105</b> |
| 6.1        | はじめに                          | 105        |
| 6.2        | 筆者の詰将棋プログラムの概要                | 106        |
| 6.3        | 詰将棋プログラム開発の落とし穴               | 106        |
| 6.4        | 無限ループ問題とTCA法                  | 107        |
| 6.5        | 二重カウント問題とSNDA法                | 111        |
| 6.6        | その他の重要な性能向上手法                 | 116        |
| 6.6.1      | 3手詰関数と評価関数                    | 116        |
| 6.6.2      | 詰将棋特有の知識の導入                   | 118        |
| 6.7        | 難解詰将棋を解く                      | 120        |
| 6.8        | おわりに                          | 123        |
|            | 参考文献                          | 124        |
| <b>第7章</b> | <b>Xデイはすぐそこまで来ている</b> (松原 仁)  | <b>125</b> |
|            | 参考文献                          | 130        |

