

令和 6 年度
修士学位論文

同棋力帯の人間と AI の差異の平均悪手による分析

Analysis of Differences Between Humans and AI at
the Same Skill Level Using Average Loss

1275109 藤田 和音

指導教員 竹内 聖悟

2 月 28 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻
情報学コース

要 旨

同棋力帯の人間と AI の差異の平均悪手による分析

藤田 和音

人間を上回る実力を持った将棋 AI も珍しくなくなった現在，強さ以外の面に関わる AI の研究が活発に行われるようになっている．その中でも，人間らしい AI は，人間から見ても自然な着手を行う AI を作る試みである．AI の人間から見た不自然さというものは，単純な AI の読む深さを変えるなどして強さを調整するだけでは解決できない問題である．本研究では，人間と AI の間の差異を発見し，それを考慮した AI を作ることを試みた．そのために，同等の強さを持つと考えられる人間と AI の平均悪手を着手が含む特徴ごとに比較した．また，算出した平均悪手を利用した人間の着手予測も試みた．結果として，AI の既知でないと思われる差異を発見できたが，その差異が生じる要因について十分に説明することはできなかった．平均悪手を利用した予測については，通常の AI が予測できていない着手を予測できている部分もあったものの，通常の AI の予測精度を上回ることができず，課題が残された．

キーワード 将棋, 人間らしい AI, 平均悪手

Abstract

Analysis of Differences Between Humans and AI at the Same Skill Level Using Average Loss

Fujita Kazuto

Now that it is not unusual to find Shogi AI that outperform humans, research on AI that are related to aspects other than strength is becoming more active. Among them, human-like AI is an attempt to create an AI that makes natural moves from a human perspective. The unnaturalness of AI as seen by humans is a problem that cannot be solved by simply adjusting the strength of AI, such as by changing the depth of searching. In this study, we attempted to discover differences between humans and AI, and to create an AI that takes these differences into account. For this purpose, we compared the Average Loss of a human and an AI, which are considered to be of equal strength, for each feature contained in the moves. We also attempted to predict human moves using the calculated Average Loss. As a result, we were able to find differences in AI that we did not think were known, but we were not able to fully explain what caused these differences. Although prediction using Average Loss was able to predict some moves that the regular AI was not able to predict, it was not able to surpass the prediction accuracy of the regular AI, leaving some issues to be addressed.

key words Shogi, Human-like AI, Average Loss

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	関連研究	2
第 3 章	提案手法	4
第 4 章	レーティングを基準とした同棋力の比較	5
4.1	実験環境	5
4.2	使用する棋譜	5
4.3	実験手法	5
4.4	結果	7
4.5	考察	9
第 5 章	平均悪手を基準とした同棋力の比較	10
5.1	結果	11
5.1.1	各レーティング帯と進行度における平均悪手の差	11
5.1.2	駒と特徴の組み合わせにおける平均悪手の差	12
5.2	考察	14
第 6 章	平均悪手の着手予測への利用	15
6.1	結果	18
6.2	考察	21
第 7 章	まとめ	23
	謝辞	24

目次

参考文献	25
付録 A 各進行度における駒と特徴の組み合わせでの平均悪手の差	26

目次

4.1	24R が 2200～2400 である人間と AI の平均悪手の差	8
5.1	人間と AI の平均悪手の差	11
5.2	人間と AI の平均悪手の差 (全進行度, 300-500:1600-1800)	12
5.3	人間と AI の平均悪手の差 (全進行度, 1900-2100:1870-2070)	13
5.4	人間と AI の平均悪手の差 (全進行度, 2560-2760:2120-2320)	13
6.1	着手予測手法	17
6.2	予測結果	18
6.3	通常の予測のみが一致した割合	19
6.4	平均悪手による予測のみが一致した割合	19
6.5	両方の予測が一致した割合	20
6.6	両方の予測とも一致しなかった割合	20
A.1	人間と AI の平均悪手の差 (序盤, 300-500:1600-1800)	26
A.2	人間と AI の平均悪手の差 (序盤, 1900-2100:1870-2070)	27
A.3	人間と AI の平均悪手の差 (序盤, 2560-2760:2120-2320)	27
A.4	人間と AI の平均悪手の差 (中盤, 300-500:1600-1800)	28
A.5	人間と AI の平均悪手の差 (中盤, 1900-2100:1870-2070)	28
A.6	人間と AI の平均悪手の差 (中盤, 2560-2760:2120-2320)	29
A.7	人間と AI の平均悪手の差 (終盤, 300-500:1600-1800)	29
A.8	人間と AI の平均悪手の差 (終盤, 1900-2100:1870-2070)	30
A.9	人間と AI の平均悪手の差 (終盤, 2560-2760:2120-2320)	30

表目次

5.1 比較するレーティング帯と平均悪手	10
--------------------------------	----

第 1 章

はじめに

ゲーム AI の研究の進歩によって、オセロ、囲碁、将棋といったゲームにおいては、人間を超える実力を持った AI が珍しくなくなっている。そのようなゲームにおいては、強さ以外の面に関して AI の研究が進められるようになっている。そうした研究のひとつとして、人間らしい AI というものが存在する。これは人間から見て自然な着手を行い、人間が対戦相手として楽しめる AI を目指すものである。

人間らしい AI における課題の一つとして、不自然さが挙げられる。それまで上手く着手していた AI が突然弱い手を指す、それまで注目していた位置とは全く違う位置に着手を行うなど、人間から見て不自然な着手を行ってしまうというものである。これは単純に手を読む深さを変えるなどして強さを変化させることでは解決できない課題である。

AI にみられる人間にない特徴を発見し、それを考慮することができれば、不自然さを減らしたより人間らしい AI を実現することが可能なはずである。そこで本研究では、人間と AI にみられる差異を着手にみられる特徴ごとに調査し、それを用いた人間の着手の予測を試みる。

第 2 章

関連研究

山下 [1] は、プロ棋士の棋力を比較する指標として「平均悪手」を用いている。これは評価が下がった場合の前後の評価差を詰めや定跡の影響を取り除いて平均したものである。着手前後の評価値が 10 未満であるような着手に対して、着手前後に評価が下がった着手の集合を M ，着手 m における評価差を d_m として、以下のように計算している。

$$(\text{平均悪手}) = \frac{\sum_{m \in M} d_m}{(\text{着手数})}$$

平均悪手の数値が小さいほど悪手が少なく、上手く着手できていると言える。この論文において、ある程度の実力までであれば平均悪手がプロ棋士の elo レーティングに換算可能であることが述べられている。林ら [2] は、棋力と強い相関を持つ平均損失を利用し、棋力に合った平均損失に合わせて着手を行うことで棋力の調整を行うことを目指した。この論文における平均損失は平均悪手と同質のものである。平均損失についての人間らしさや不自然さといった観点で既存の接待将棋よりも優れた結果が得られており、高い棋力のプレイヤーに対しては棋力調整手法が有効であることが示されている。

人間らしい AI に関する研究として、今橋ら [3] は、人間がミスしやすい局面の分析を行い、分析を基に人間の感覚に近い局面評価指標の提案を行った。この研究においては、評価値の算出に探索深さによる評価や最善手の変化、有力な指し手の数や合法手数といった特徴を用いている。人間の対局を対象とした評価指標の評価実験において、各特徴がミスを犯しやすい局面を抽出するために有用であることが示されている。また、高橋ら [4] は、将棋のルールを理解している被験者への聞き込みと被験者の実際の対局から、将棋において発生しうる人間の認知バイアスに関して分析を行っている。この研究において、将棋において発

生ずる認知バイアスとして「相手の動きを見落とす」確証バイアスや、直近の自身の着手に注目してしまう「直近効果」が挙げられている。

本研究では、強さを示す平均悪手を着手全体だけでなく合法手数をはじめとする特徴ごとに見ることで、様々な特徴における人間と AI の得意不得意を明らかにすることを目指す。

第 3 章

提案手法

平均悪手はレーティング、つまり強さを表すことができるものである。この平均悪手を、着手を行った際の対局の進行度や着手に含まれる特徴ごとに計算することで、人間と AI が得意とする特徴を発見することができるのではないかと考えた。ここでいう特徴とは駒の位置や駒の種類、駒の動きや着手時の合法手数などを指す。例として、着手前後の評価値の絶対値が閾値を満たすような着手において、着手が特徴 f を有する場合、着手前後に評価が下がった着手の集合を M 、特徴 f を有する着手の集合を F 、着手 m における評価差を d_m とし、以下のように計算する。

$$(\text{平均悪手}) = \frac{\sum_{(m \in M \wedge m \in F)} d_m}{(\text{着手数})}$$

特定の特徴を含む着手について、人間と比べ AI の平均悪手が小さいのであれば、そのような着手については AI の方が得意であると言える。同じ特徴における人間と AI の平均悪手の差を計算することで、その差の大きさや正負から人間・AI が得意とする特徴について調べる。

また、このようにして算出された人間と AI の平均悪手を基に、最善手との評価差が平均悪手に近い予測手を選択する形で人間の着手予測を試みる。

第 4 章

レーティングを基準とした同棋力の比較

4.1 実験環境

本論文における実験は、Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2650 v3 @ 2.30GHz, Ubuntu 20.04.6 LTS, メモリ 62GiB の環境で行った。

4.2 使用する棋譜

人間の棋譜については、「最強の将棋データベース」[5] および「将棋倶楽部 24 万局集：棋譜データベース」[6] に付属する CD-ROM に収録されている、将棋倶楽部 24 で行われた対局のものをを用いる。AI の棋譜については、AI 同士の対局が行われているサーバである floodgate 上で行われた対局のものをを用いる。floodgate 上ではレーティング算出の基準に用いられる AI が変更される場合があるため、レーティング算出基準の変化しない 2015 年から 2017 年 12 月 11 日までに行われた対局の棋譜を使用した。

4.3 実験手法

floodgate 上におけるレーティング (以下, floodgateR) を将棋倶楽部 24 におけるレーティング (以下, 24R) に換算し、強さが同程度と推定される人間と AI について、平均悪手を比較する。レーティングの換算は、floodgate 上に存在する YSS を用いて行う。YSS の

4.3 実験手法

24R が 2300 相当であることから、YSS と他 AI の floodgateR の差分を 2300 に加算することとで換算を行う。以下に換算式を示す。

$$(\text{AI の換算 24R}) = 2300 + ((\text{YSS の floodgateR}) - (\text{AI の floodgateR}))$$

平均悪手は、山下の研究を参考に計算する。使用する AI の評価値の基準の違いから、本研究では着手前後における評価値の絶対値の閾値を 1000 以下とし、20 手目以降の着手について計算する。

着手の評価には、以降の実験全てにおいてやねうら王 v7.6.3^{*1} を用いる。100000 ノードで探索を行い、算出された最善手の評価値から平均悪手を計算する。

平均悪手は対局の進行度ごとにも計算する。進行度は技巧 2v2.0.2^{*2} を用いて算出し、進行度 0.33 未満を序盤、0.33 以上 0.66 未満を中盤、0.66 以上を終盤として、各進行度と進行度を問わない全体について平均悪手を計算し、人間と AI の平均悪手の差を計算する。

特徴は、AI が評価関数において考慮している特徴や関連研究、AI が有する特徴等を基に、以下を計算に用いた。

- 自玉と自飛車の距離が近づいた・遠ざかった着手
- 敵玉と自飛車が近づいた・遠ざかった着手
- 敵側から見て 1～5 段目にある飛車・角・銀・桂馬への着手 (以下、攻め駒)
- 自玉を中心とする 5 × 5 に存在する金・銀への着手 (以下、守り駒)
- 成る着手, 駒を取る着手
- 進む着手, 引く着手
- 合法手数が 80 以上・80 未満である状況での着手
- 玉を中心とする 5 × 5 の範囲に対する敵駒の利きの数が 25 以上・25 未満である着手
- 着手前後の位置から見て 5 × 5 の範囲への過去 10 手に占める着手数が 5 以上・5 未満である着手

^{*1} <https://github.com/mizar/YaneuraOu/releases/tag/v7.6.3>

^{*2} <https://github.com/gikou-official/Gikou/releases/tag/v2.0.2>

4.4 結果

- 着手前後の位置と過去 10 手の距離平均が $\sqrt{8}$ 以上・ $\sqrt{8}$ 未満である着手
- 着手後の位置への敵駒の利き
 - － 利きがない着手
 - － 利きが 1 つある着手
 - － 利きが 2 つ以上ある着手
- 着手前後の自玉との距離が $\sqrt{8}$ 以上・ $\sqrt{8}$ 未満である着手
- 着手前後の敵玉との距離が $\sqrt{8}$ 以上・ $\sqrt{8}$ 未満である着手
- 自陣 (自分から見て 1～3 段) への着手
- 中段 (自分から見て 4～6 段) への着手
- 敵陣 (自分から見て 7～9 段) への着手

各特徴を満たすような着手の平均悪手を, 24R が 2200～2400 であるようなプレイヤーについて計算し, その人間と AI での差を算出した.

4.4 結果

図 4.1 は人間の平均悪手から AI の平均悪手を引いた差である. 差の平均値ではなく平均値の差であるため, 進行度ごとのデータ数の差などが要因となり, 進行度全体での算出結果と進行度ごとに算出された結果において正負が一致しない場合が存在する. 図上で赤で示すように, ほとんどの特徴と進行度の組み合わせにおいて, AI の平均悪手が小さいという結果となった. 序盤においては人間のほうが平均悪手の小さい特徴も見られるものの, 終盤についてはすべての特徴において AI の平均悪手のほうが小さいという結果になっている.

4.4 結果

	2200:2400			
	全体	序盤	中盤	終盤
全体	21.09518	0.50406	21.1214	31.60821
玉と飛車が遠ざかる手	7.334605	-3.45645	12.05858	21.17668
玉と飛車が近づく手	19.90238	3.763257	23.86568	33.00852
成る手	22.12908	5.599983	16.92752	15.16623
駒を取る手	20.80308	3.217068	14.02018	14.58431
引く手	29.80735	6.565586	29.78105	29.73841
自玉と敵飛車が遠ざかる手	3.305316	-10.0718	15.16552	30.23261
自玉と敵飛車が近づく手	21.36677	1.392005	21.03002	37.24282
攻め駒	30.02856	4.877413	16.63938	35.93968
守り駒	13.10317	-5.66404	14.95042	31.22828
進む手	15.82759	0.562657	17.59579	27.95571
合法手<80	10.4259	1.042655	14.7008	35.18175
合法手>=80	47.00957	12.97466	34.15991	30.75165
玉周辺への利き<25	28.1734	0.326838	20.70672	31.16516
玉周辺への利き>=25	19.84571	0.43697	22.11934	35.05251
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	23.50742	1.825222	21.18318	30.85616
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	19.65978	-0.36479	21.89875	34.23414
着手後位置と過去10手の距離平均< $\sqrt{8}$	19.19979	-0.19525	21.68237	34.7714
着手後位置と過去10手の距離平均>= $\sqrt{8}$	23.8409	1.58033	21.56412	31.37718
着手後の位置への利き無し	20.9382	0.312171	18.91561	22.46442
着手後の位置への利き1	23.25648	1.053416	23.22456	38.56833
着手後の位置への利き2以上	16.87393	-0.06473	21.3915	45.86945
着手前位置の玉との距離< $\sqrt{8}$	14.23376	-1.55324	18.37763	31.42848
着手前位置の玉との距離>= $\sqrt{8}$	19.8387	4.166867	21.24709	26.59091
着手前位置の敵玉との距離< $\sqrt{8}$	32.28509	-19.937	14.55562	21.64251
着手前位置の敵玉との距離>= $\sqrt{8}$	17.7561	1.032682	20.06179	28.47139
着手後位置の玉との距離< $\sqrt{8}$	13.33309	-3.08235	18.53184	36.05989
着手後位置の玉との距離>= $\sqrt{8}$	23.68901	3.690175	22.12193	30.33843
着手後位置の敵玉との距離< $\sqrt{8}$	33.38503	-19.3728	8.591549	26.30239
着手後位置の敵玉との距離>= $\sqrt{8}$	20.45846	0.777609	22.25398	33.02074
自陣への着手	20.95336	6.341535	22.03382	41.59557
中段への着手	-5.21047	3.719638	-8.48458	8.43541
敵陣への着手	21.18229	-2.76656	20.77444	29.58128

図 4.1 24R が 2200～2400 である人間と AI の平均悪手の差

4.5 考察

換算レーティングにおいては強さが同程度であると推定されるにもかかわらず，多くの特徴と進行度の組み合わせにおいて AI の平均悪手が小さくなっている．24R と floodgateR のスケールの差などの要因により，単純なレーティング換算では，同じレーティング帯であっても強さに差が生じてしまっていると考えられる．また，人間の対局プラットフォームである将棋倶楽部 24 と違い，floodgate においては実力が離れたプレイヤー同士の対局が行われる場合も多く，実力差が平均悪手の増加・減少につながっている可能性が考えられる．これらの点を考慮して，次の実験を行う．

第 5 章

平均悪手を基準とした同棋力の比較

着手全体における平均悪手が同程度であるような人間と AI について、その特徴ごとの平均悪手を比較する。各レーティング群のレーティングの範囲を 200、レーティング間隔を 10 としてそれぞれの群の平均悪手を計算し、人間と AI の平均悪手が同程度であるような群同士の平均悪手の差を計算する。各群に含む対局データは、対局を行ったプレイヤー双方がレーティングの基準を満たす対局のみを用いる。すなわち、1000～1200 の群であれば、対局を行ったプレイヤー双方のレーティングが 1000～1200 であるような対局のみを計算に含める。これによって、実力差のある相手との対局によって平均悪手が増加あるいは減少することを抑制する。

比較するレーティング群と、その着手全体における平均悪手は表 5.1 の通りである。

表 5.1 比較するレーティング帯と平均悪手

人間レーティング	平均悪手	AI レーティング	平均悪手
300-500	208.4045	1630-1830	208.2813
1900-2100	165.1845	1870-2070	165.0202
2560-2760	150.6486	2120-2320	150.5907

以下、比較対象となる AI も含め、人間の 24R が 300～500 である群を弱い群、1900～2100 である群を中程度の群、2560～2760 である群を強い群と呼ぶ。

5.1 結果

5.1 結果

5.1.1 各レーティング帯と進行度における平均悪手の差

図 5.1 は比較したレーティング群ごとの平均悪手の差である。色は差の大きさを表す。差が正に大きいほど赤く、負に大きいほど青く示される。差は人間の平均悪手から AI の平均悪手を引いたものであるため、人間の平均悪手が AI と比較して小さいほど青が濃く、AI の平均悪手が人間と比較して小さいほど赤が濃く示される。平均悪手は着手の良し悪しを示すものであるため、青であれば人間が、赤であれば AI が比較して良く着手出来ていると言える。

	300-500 : 1630-1830				1900-2100 : 1870-2070				2560-2760 : 2120-2320			
	全体	序盤	中盤	終盤	全体	序盤	中盤	終盤	全体	序盤	中盤	終盤
全体	0.12	-6.13	4.90	44.31	0.16	-13.60	2.05	2.02	0.06	-6.88	1.40	1.36
玉と飛車が遠ざかる手	-75.18	-73.47	-75.13	46.96	-12.72	-18.68	2.02	-16.05	-5.18	-12.82	-1.54	9.78
玉と飛車が近づく手	-30.95	-41.88	-46.13	48.37	17.05	1.91	14.27	-0.14	0.02	-15.42	4.25	37.24
成る手	33.05	30.36	39.44	26.90	8.80	-2.02	1.16	1.86	-3.82	20.89	-1.45	-17.41
駒を取る手	25.05	28.93	26.42	21.29	9.78	0.83	0.16	3.37	3.36	5.70	2.29	-2.13
引く手	-39.94	-46.79	-49.96	34.12	6.03	-3.97	9.08	-10.70	3.47	-10.58	2.25	13.58
自玉と敵飛車が遠ざかる手	-75.85	-82.59	-58.74	13.77	-7.65	-16.81	2.59	2.26	-19.41	-22.31	-5.55	39.57
自玉と敵飛車が近づく手	-28.56	-33.84	-32.15	19.21	-2.21	-19.87	3.89	-14.26	2.98	-11.83	-0.57	-15.34
攻め駒	35.89	29.00	33.30	53.60	18.57	-0.84	5.44	-11.55	4.48	-14.01	-3.18	0.09
守り駒	16.00	17.38	22.90	69.72	-6.22	-19.41	-3.46	-6.85	-4.82	-12.70	5.62	-7.60
進む手	7.73	10.82	12.59	34.32	-0.57	-10.80	2.52	5.80	-1.06	-5.39	0.58	-5.28
合法手<80	-24.33	-10.90	-24.12	36.53	-8.32	-12.54	-2.67	8.55	-4.99	-6.65	-2.85	10.64
合法手>=80	60.27	61.73	64.71	48.14	21.91	-3.37	12.01	0.26	10.80	-1.03	8.58	-1.64
玉周辺への利き<25	24.39	19.13	19.35	41.52	1.01	-13.98	0.78	4.07	-3.88	-11.23	-3.69	-1.50
玉周辺への利き>=25	-8.58	-13.53	-1.24	47.96	-1.00	-13.46	2.29	-0.18	2.54	-5.13	4.21	5.85
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	18.16	7.76	35.76	44.10	-0.40	-14.02	-1.93	-0.16	-1.18	-8.68	0.05	-1.73
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	-16.99	-17.21	-24.50	47.74	2.75	-12.46	7.88	7.21	2.59	-4.98	3.58	7.80
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	-21.38	-19.20	-30.91	44.35	4.02	-11.95	7.43	21.53	3.23	-5.35	2.92	14.62
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	19.17	7.92	37.06	46.30	-0.59	-14.22	-0.69	-4.98	-1.03	-8.03	0.93	-3.41
着手後の位置への利き無し	-5.34	-16.08	-12.97	24.19	4.81	-7.51	0.11	-4.53	0.36	-3.82	1.41	-1.22
着手後の位置への利き1	7.97	-3.61	19.07	69.46	0.69	-16.71	4.54	8.91	0.61	-6.73	0.46	8.54
着手後の位置への利き2以上	-0.52	3.47	14.92	46.88	-8.27	-15.95	0.49	5.81	-2.68	-10.32	3.58	-8.93
着手前位置の玉との距離<√8	-19.13	-10.11	-18.71	34.25	-2.44	-13.29	1.15	10.15	-1.05	-8.99	5.48	-0.58
着手前位置の玉との距離>=√8	-3.45	-7.97	-3.84	43.14	2.66	-6.87	5.09	3.53	-0.78	-2.40	0.29	0.23
着手前位置の敵玉との距離<√8	31.42	-14.79	-2.96	-2.94	32.83	-5.26	-20.77	3.57	10.86	-57.40	-1.31	-2.37
着手前位置の敵玉との距離>=√8	-12.86	-11.98	-12.06	39.86	-0.27	-11.91	4.19	3.32	-0.34	-6.30	1.20	2.83
着手後位置の玉との距離<√8	-3.06	3.86	-1.96	57.29	-0.58	-12.79	3.28	18.57	-4.60	-12.43	3.54	9.64
着手後位置の玉との距離>=√8	6.43	-5.56	12.14	46.05	1.90	-10.57	1.73	-1.64	0.87	-2.00	1.19	-3.28
着手後位置の敵玉との距離<√8	69.21	23.36	53.10	42.32	24.90	-30.15	-5.29	-3.57	8.98	-25.29	-4.37	4.51
着手後位置の敵玉との距離>=√8	-3.41	-6.54	1.27	44.85	0.76	-12.78	3.47	4.04	0.45	-6.61	2.35	0.51
自陣	47.46	39.82	58.08	30.63	2.47	3.71	-5.69	-4.25	-3.67	7.81	-3.54	-8.61
中段	18.30	19.09	21.29	57.79	4.92	-6.46	3.20	6.86	4.25	-0.71	5.78	-4.08
敵陣	-24.70	-34.51	-16.78	42.34	-7.14	-20.92	-0.53	-3.35	-4.44	-12.45	-1.84	7.37

図 5.1 人間と AI の平均悪手の差

5.1 結果

5.1.2 駒と特徴の組み合わせにおける平均悪手の差

駒ごとに平均悪手を計算可能な特徴について平均悪手を計算した結果が図 5.2～図 5.4 である。横線で示された部分はデータの存在しない特徴と進行度の組み合わせである。結果が算出できたものの、人間か AI のいずれか、又は双方のデータ数が 100 未満であるデータには※を付けた。※のあるデータを除き、図 5.1 と同様の規則で色付けされている。各進行度における算出結果は付録に記載した。

	300-500 : 1630-1830							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	22.5	-17.54※	50.06	34.61	33.51	34.03	-	-
駒を取る手	21.6	-31.27	3.49	16.14	31.48	36.66	54.23	-30.7
引く手	-	-	-	-133.78	26.12	-30.99	-44.27	-115.86
進む手	20.79	-53.2	14.61	0.73	22.27	-31.01	26.03	-41.74
打つ手	71.89	65.37	75.54	66.86	69.03	28.57	123.64	-
合法手<80	18.24	-51.37	-8.88	-44.61	21.92	-55.61	0.31	-99.97
合法手>=80	67.32	28.04	66.84	92.26	41.04	42.81	62.81	12.78
玉周辺への利き>=25	47.62	3.27	57.03	-14.96	30.27	46.72	41.34	-80.35
玉周辺への利き<25	23.43	-29.81	2.81	-5.55	29.68	-49.44	8.94	-60
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	17.38	-26.3	16.04	24.05	35.9	34.19	45.55	-53.21
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	42.62	-0.36	40.12	-37.47	19.71	-62.23	13.06	-109.31
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	43.72	10.88	40.6	-37.34	14.63	-66.12	9.9	-121.56
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	18.57	-27.94	18.65	20.86	37.68	35.93	49.8	-51.43
着手位置への利き無し	13.85	-40.12	18.04	-61.71	25.45	-25.04	23.54	-108.03
着手位置への利き1	28.78	-17.72	39.55	15.67	31.7	-23.78	32.48	-61.66
着手位置への利き2以上	69.58	49.2※	-10.05	-7.06	33.08	-49.86	4.54	-56.1
着手後位置の玉との距離<√8	21.62	-32.83	-11.48	-11.01	11.18	-98.59	12.27	-
着手後位置の玉との距離>=√8	29.19	-24.43	27.85	-24.09	30.64	-10.15	28.21	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-26.71	40.31※	12.8※	-140.3	41.16	33.78	86.63※	316.1※
着手後位置の敵玉との距離>=√8	29.3	-19.5	20.23	-8.51	28.59	-33.63	18.89	-78.72
着手前位置の玉との距離<√8	55.61	-27.6	17.72	0.5	3.35	-51.19	18.03	-
着手前位置の玉との距離>=√8	22.75	-16.64	20.45	-25.64	34.44	-17.75	23.08	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	27.42	44.11※	30.22	32.4	56.23	92.56	139.78	-289.5※
着手前位置の敵玉との距離>=√8	32.72	-25.51	19.62	-15.07	27.77	-37.09	14.3	-78.32
自陣	43.5	-10.02	23.1	-14.65	23.98	-52.1	15.33	-73.53
中段	21.48	-39.36	10.29	-25.12	38.54	39.36	12.05	-37.11
敵陣	24.05	-10.4※	47.62	21.79	27.61	11.98	135.37	-301.97※

図 5.2 人間と AI の平均悪手の差 (全進行度, 300-500:1600-1800)

5.1 結果

	1900-2100:1870-2070							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	2.95	-35.67※	4.45	12.29	12.61	14.84	-	-
駒を取る手	15.94	-43.32	5.07	7.9	12.3	18.99	3.45	11.19
引く手	-	-	-	13.37	1.93	13.78	7.88	-58.4
進む手	3.33	-55.9	0.78	-7.86	6.98	17.34	-2.98	-34.86
打つ手	27.68	-14.77	-10.73	-6.54	29.24	-3.61	44.1	-
合法手<80	-5.78	-65.01	-5.91	-8.86	4.16	6.2	-20.51	-43.63
合法手>=80	34.05	-35.63	9.67	20.54	10.08	25.56	31.15	4.84
玉周辺への利き>=25	11.23	-29.86	11.95	-2.22	7.45	13.94	-22.73	-34.25
玉周辺への利き<25	-0.45	-68.05	-4.51	-4.58	2.84	14.75	0.83	-42.19
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	-2.88	-58.61	11.3	6.1	4.69	18.06	4.67	-43.08
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	11.9	-49.21	-2.47	-4.41	8.35	13.06	-5.55	-34.61
着手後位置と過去10手の距離平均< $\sqrt{8}$	9.86	-44.75	7.15	-4.4	11.13	18.37	-1.93	-25.64
着手後位置と過去10手の距離平均>= $\sqrt{8}$	-0.29	-59.02	1.66	7.55	4.36	15.08	2.59	-45.05
着手位置への利き無し	4.4	-65.29	4.29	-2.63	7.95	17.67	5.43	-38.14
着手位置への利き1	0.98	-53.36	10	3	4.23	8.4	-5.5	-39.86
着手位置への利き2以上	9.56	-38.5	-15.67	-11.45	-0.53	3.37	-9.47	-43.98
着手後位置の玉との距離< $\sqrt{8}$	5.1	-43.51	-1.91	-9.15	-6.59	21.99	-2.95	-
着手後位置の玉との距離>= $\sqrt{8}$	1.11	-61.49	3.69	-4.87	6.24	14.41	-11.49	-
着手後位置の敵玉との距離< $\sqrt{8}$	-33.54	-30.01※	37.9※	46.18	31.52	9.04	4.24※	-
着手後位置の敵玉との距離>= $\sqrt{8}$	4.04	-57.57	1.09	-4.1	4.93	13.61	-6.62	-40.2
着手前位置の玉との距離< $\sqrt{8}$	16.03	-36.53	2.3	-5.07	-5.28	31.05	-12.9	-
着手前位置の玉との距離>= $\sqrt{8}$	0.5	-66.71	0.31	-4.31	5.95	13.5	-4.19	-
着手前位置の敵玉との距離< $\sqrt{8}$	0.52	-10.57	34.94	9.69	29.59	41.23	19.33	-
着手前位置の敵玉との距離>= $\sqrt{8}$	7.55	-62.12	-1.97	-3.33	4.07	13.46	-6.77	-40.23
自陣	9.05	-66.14	0.39	-8.07	-2.68	10.71	-8.76	-39.82
中段	2.1	-43.95	6.7	3.44	19.95	15.31	6.54	-3.13※
敵陣	0.33	2.8※	-6.76	0.49	5.82	1.34	10.54	-582.11※

図 5.3 人間と AI の平均悪手の差 (全進行度, 1900-2100:1870-2070)

	2560-2760:2120-2320							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-10.77	-35.79	10.67	-20.76	8.68	-10.52	-	-
駒を取る手	4.35	-15.17	-5.43	-2.49	12.1	5.84	4.69	24.96
引く手	-	-	-	-11.92	15.86	8.16	14.84	-15.5
進む手	1.5	-27.48	-0.92	-6.66	10.34	9.31	-12.52	-2.29
打つ手	16.71	19.48	-13.11	17.06	-0.74	-12.43	28.11	-
合法手<80	-2.35	-29.59	-4.06	-9.95	6.48	-2.64	-14.62	-17.96
合法手>=80	21.29	-23.44	-2.18	9.46	1.78	10.23	5.19	30.3
玉周辺への利き>=25	-0.21	-25.72	-6.84	-8.74	5.33	-6	-14.02	-9.68
玉周辺への利き<25	5.34	-27.63	4.11	-5.39	9	8.64	-9.97	-0.31
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	5.14	-37.47	3.48	-5.4	-0.22	0	-6.8	-21.13
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	1.12	-4.41	-0.24	-4.12	18.82	8.63	-12.41	32.62
着手後位置と過去10手の距離平均< $\sqrt{8}$	-0.56	15.93	3.4	-3.36	17.51	12.53	-11.86	35.92
着手後位置と過去10手の距離平均>= $\sqrt{8}$	5.59	-39.84	-0.46	-5.81	2.4	-1.62	-7.76	-14.79
着手位置への利き無し	0.11	-31.54	17.92	0.4	0.26	-0.37	4.71	-14.62
着手位置への利き1	5.84	-29.74	-8.53	-1.98	7.16	4.64	-12.44	-3.25
着手位置への利き2以上	3.26	-22.59	-12.16	-16.4	24.98	16.47	-19.91	2.2
着手後位置の玉との距離< $\sqrt{8}$	-7.52	-5.1	-24.42	-2.1	40.33	26.82	-8.72	-
着手後位置の玉との距離>= $\sqrt{8}$	6.16	-35.16	7.43	-9.96	-4.45	0.61	-15.21	-
着手後位置の敵玉との距離< $\sqrt{8}$	13.62	-57.31※	72.1※	-17.31	41.23※	16.81	34.4※	19.67※
着手後位置の敵玉との距離>= $\sqrt{8}$	3.48	-28.71	-0.79	-5.96	7.71	1.9	-12.12	-1.53
着手前位置の玉との距離< $\sqrt{8}$	-8.52	-8.23	-21.1	-10.63	43.46	17.04	-12.04	-
着手前位置の玉との距離>= $\sqrt{8}$	4.81	-36.47	5.61	-3.93	0.61	1.26	-13.16	-
着手前位置の敵玉との距離< $\sqrt{8}$	5.63	-3.97	28.63	21.21	-21.54	27.98	10.18	160.2※
着手前位置の敵玉との距離>= $\sqrt{8}$	4.84	-31.43	-4.87	-6.48	11.28	2.04	-11.22	-1.48
自陣	3.04	-28.71	0.87	-10.33	2.89	-5.83	-13.87	-3.65
中段	4.58	-31.65	1.78	5.93	25.01	12.59	14.97	17.98※
敵陣	-2.42	0.2	-7.37	-8.54	-7.16	-2.43	9.45	-229.5※

図 5.4 人間と AI の平均悪手の差 (全進行度, 2560-2760:2120-2320)

5.2 考察

図 5.1 を見ると、合法手が 80 以上であるような着手についての平均悪手から、選択肢が多く存在する状況での着手は AI の方がうまく着手できていることがわかる。これは人間より多くの盤面を計算することのできる AI の性質に一致する。また、序盤には人間の平均悪手が小さく、終盤には AI の平均悪手が小さい、という部分が全着手およびいくつかの特徴にみられる。この点についても、終盤に詰みを見逃しにくい AI の性質に一致していると言える。比較する強さに関わらず共通する点として、進行度全体における敵玉の近くでの着手は AI の平均悪手が小さいという点が挙げられる。前述した詰みを見逃しにくいという性質によるものと考えられるが、進行度ごとに見た場合には人間の平均悪手が小さい場合も存在する。

駒と特徴の組み合わせに関して見ると、図 5.2～図 5.4 の多くにおいて、香車・玉の平均悪手は AI のほうが小さい特徴が目立つ。弱い群においても、AI のほうが平均悪手が小さい部分が多いにも関わらず、香車と玉については負の値が多い。また、歩については AI のほうが小さい部分が目立ち、特に弱い群において差が大きい。これらの駒に関する差異は AI の性質から説明することが難しいが、既知でない AI と人間の間の着手にみられる差異であると考えられる。

図 5.1～図 5.4 を通して、比較するプレイヤーが強くなるほど人間と AI の間の平均悪手の差が小さくなる傾向にある。プレイヤーが強くなるほど、AI あるいは人間に特有の得意不得意というものは減っていくと考えられる。そのため、プレイヤーが強くなるほど平均悪手による差異の発見は難しくなることが予想される。

総じて、差異が生じる要因については要因を十分に解明できていないが、既知の AI の性質に依らないと思われる差異を発見することはできた。

第 6 章

平均悪手の着手予測への利用

人間らしい AI の実現のため、平均悪手を用いた人間の着手予測を試みる．具体的には、最善手との評価差が AI の平均悪手よりも人間の平均悪手に近いと言える予測手を選択する．

AI が提示する予測手がある特徴を含む場合に、「最善手と予測手の評価差」と「人間と AI のある特徴における平均悪手」の差分を、人間と AI それぞれについて計算し、差分が一定値未満であるような特徴の数を比較する．ただし、データ数が 100 個以下であるような特徴については計算を行わないものとした．

最善手も含む予測手の評価値の集合を V 、 n 番目の予測手が含む、データ数が 100 以上存在する特徴の集合を F_n 、特徴についての平均悪手の集合を人間、AI それぞれについて L_{human} , L_{ai} とおく．最善手の評価値を $v_1(v_1 \in V)$ 、 n 番手の予測手における評価値を $v_n(v_n \in V)$ 、特徴 f における人間と AI の平均悪手をそれぞれ l_f^{human} , $l_f^{ai}(l_f^{human} \in L_{human}, l_f^{ai} \in L_{ai}, f \in F_n)$ とすると、 n 番手の予測手における特徴 f についての差分 $d_{n,f}^{human}$, $d_{n,f}^{ai}$ 、および人間の差分の平均値 d_n^{human} の計算式は以下のとおりである．

$$\begin{aligned} d_{n,f}^{human} &= |(v_1 - v_n) - l_f^{human}| \\ d_{n,f}^{ai} &= |(v_1 - v_n) - l_f^{ai}| \\ d_n^{human} &= \frac{\sum_{f \in F_n} d_{n,f}^{human}}{|F_n|} \end{aligned}$$

閾値 x に対して、以下に示す式 6.1 を満たす場合、 n 番目の予測手を候補手に加える．

$$g_{human}(x, f) = \begin{cases} 0 & \text{if } (d_{n,f}^{human} \geq x) \\ 1 & \text{if } (d_{n,f}^{human} < x) \end{cases}, g_{ai}(x, f) = \begin{cases} 0 & \text{if } (d_{n,f}^{ai} \geq x) \\ 1 & \text{if } (d_{n,f}^{ai} < x) \end{cases} \text{ であるとき,}$$

$$\sum_{f \in F_n} g_{human}(x, f) > \sum_{f \in F_n} g_{ai}(x, f) \quad (6.1)$$

例として、 n 番目の予測手が特徴 a, b, c を含む場合に、閾値 x に対して $d_{n,a}^{human} < x$, $d_{n,b}^{human} < x$ であり、 $d_{n,c}^{ai} < x$ であれば、 $\sum_{f \in F_n} g_{human}(x, f) = 2$, $\sum_{f \in F_n} g_{ai}(x, f) = 1$ となり式 6.1 を満たすため、 n 番目の予測手を候補手に加える。つまり、評価差と人間の平均悪手の差が閾値 x 未満であるような特徴の数が AI より多い場合に、予測手を候補手に加える。いずれの n においても式 6.1 が満たされない場合、最善手を選択する。そして、候補手として選択された着手から、 d_n^{human} が最小の着手を選択する。

予測は、第 5 章における中程度の群を用いて行う。予測対象とする棋譜が平均悪手の計算に含まれないよう、人間側の棋譜の 90% を平均悪手の計算に、10% を予測対象として用いた。着手予測の流れを図 6.1 に示す。

予測手数と閾値 x の変化による予測精度の変化を見るため、閾値 x を 5, 10, 20, 50, 100, 200, 予測手の数を 2~5 と変化させて人間と予測の一致率の計算を行い、通常通りやねうら王で最善手の予測を行った場合と比較した (以下、通常通りの最善手の予測を通常の予測、本研究における予測手法を平均悪手による予測と呼ぶ。)。また、各予測による予測の成否について調べるため、通常の予測のみが一致した割合、平均悪手による予測のみが一致した割合、両方の予測が一致した割合、両方の予測とも一致しなかった割合についても計算を行った。

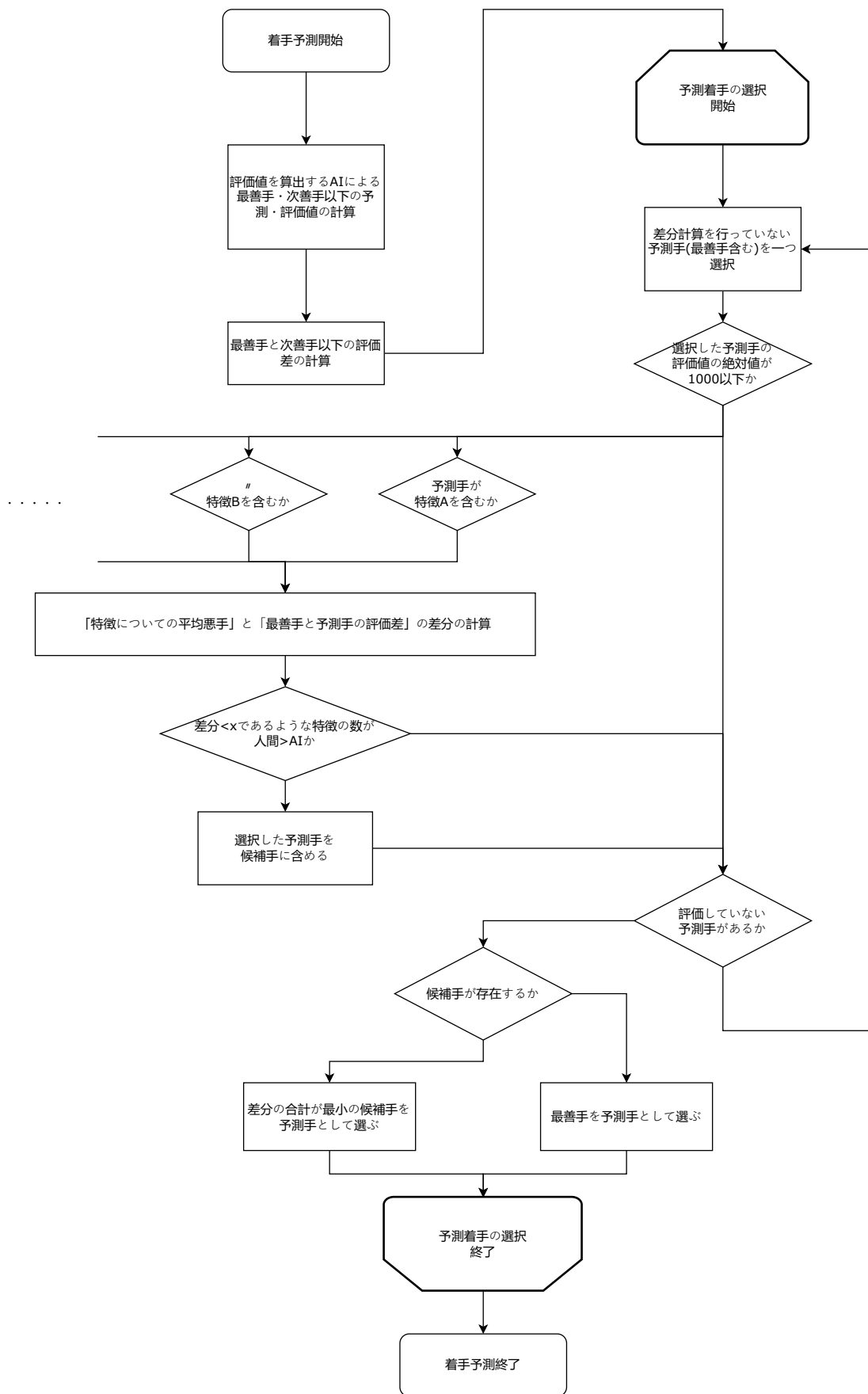


図 6.1 着手予測手法

6.1 結果

6.1 結果

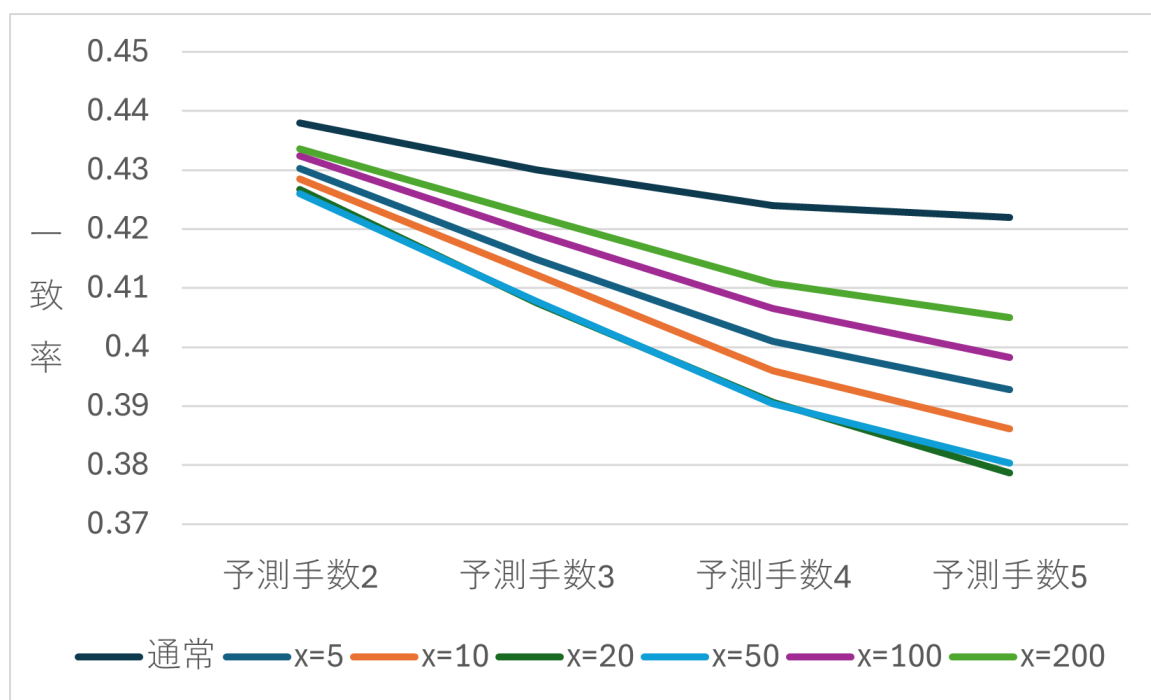


図 6.2 予測結果

閾値 x の数値のいずれにおいても，通常の予測より一致率が低いという結果となった．予測手数の増加によって一致率が低下するのは同様だが，平均悪手による予測においては予測手数の増加に伴う一致率の低下が大きいことがわかる．

6.1 結果

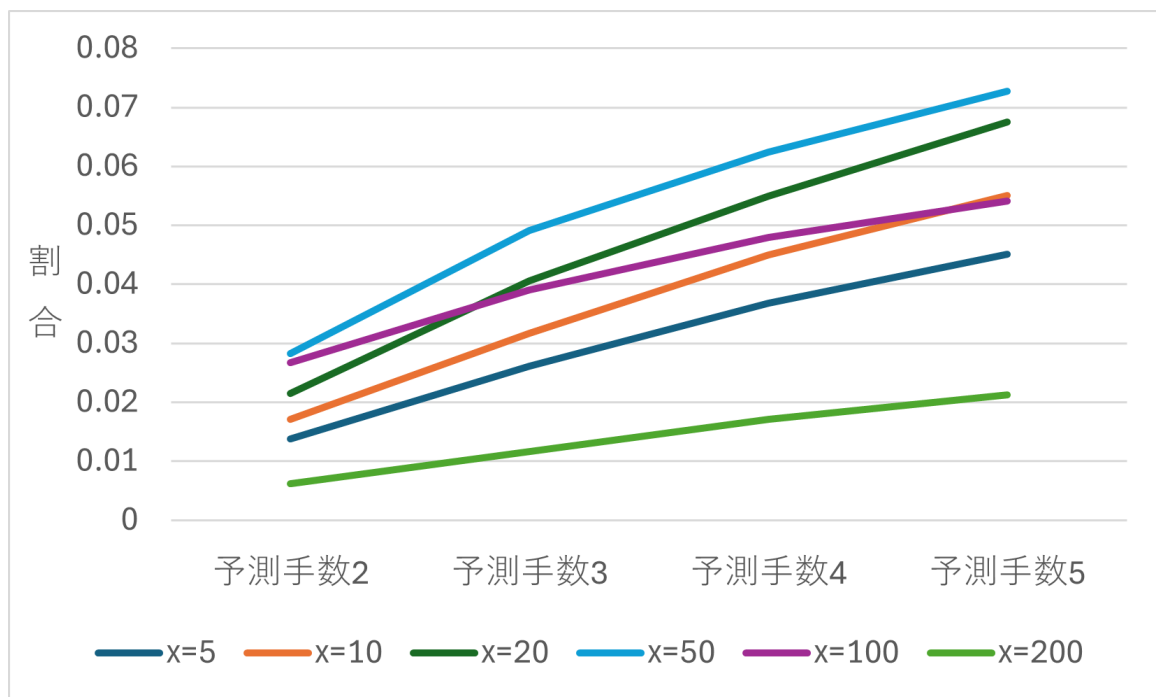


図 6.3 通常の予測のみが一致した割合

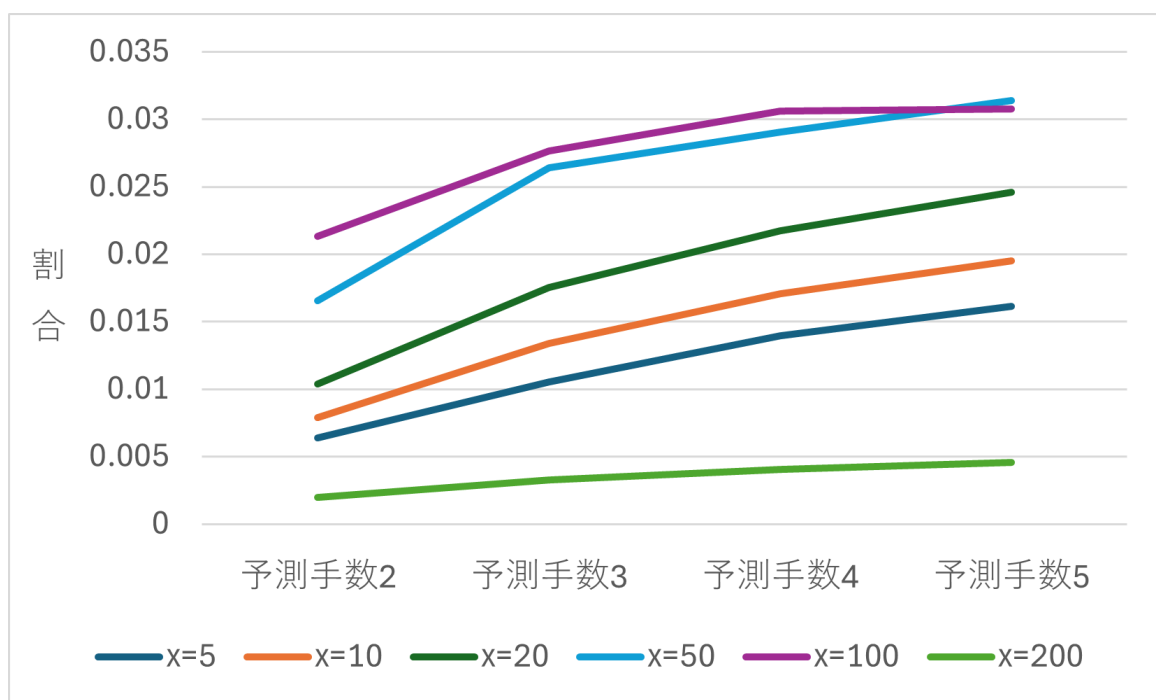


図 6.4 平均悪手による予測のみが一致した割合

6.1 結果

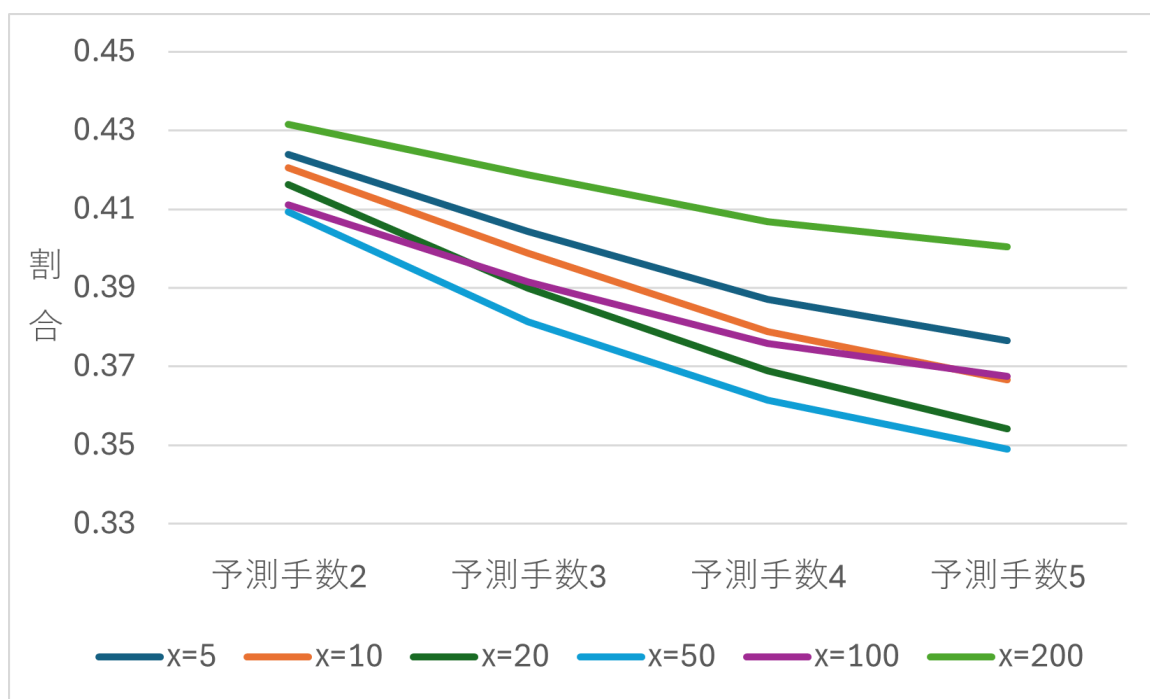


図 6.5 両方の予測が一致した割合

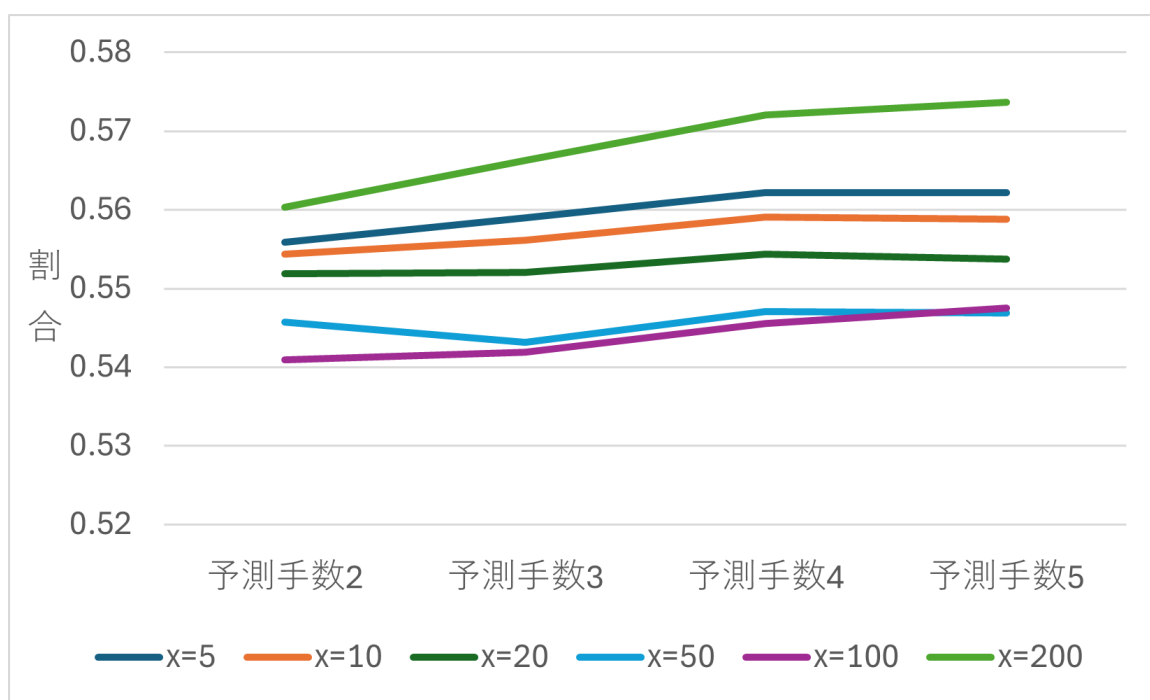


図 6.6 両方の予測とも一致しなかった割合

図 6.3～図 6.6 は、通常の予測のみが一致した割合、平均悪手による予測のみが一致した

6.2 考察

割合、両方の予測が一致した割合、いずれの予測も一致しなかった割合をそれぞれグラフに示したものである。図 6.1 では、通常の予測を除けば $x = 200$ の場合の一致率が最も大きい。平均悪手による予測のみが一致した割合はいずれの予測手数においても $x = 200$ の場合が最も小さい。

6.2 考察

図 6.4 から、 $x = 200$ においては平均悪手による予測が行われた割合が小さいために一致率が高くなっている。また、図 6.6 から、両方の予測が一致した割合についても $x = 200$ が最も大きいことがわかる。つまり、 $x = 200$ では平均悪手を利用した着手の選択があまり行われておらず、通常の予測に近づいたために一致率が大きくなっている。そのため、図 6.3 における割合の小ささ、図 6.4 における割合の大きさ、および全体での一致率から、平均悪手による予測の正確性が最も高いのは $x = 100$ の場合であると言える。しかし、 $x = 100$ の場合においても平均悪手による予測のみが一致した割合は小さく、いずれの予測手数においても通常の予測による一致率を上回ることが出来ない。

予測手数の増加に伴い平均悪手による予測のみが一致した割合がおおむね増加しているものの、通常の予測のみが一致した割合・両方の予測が一致しなかった割合もともに増加しており、一致割合の増加が不一致割合の増加を上回ることができていないことが分かる。通常の予測のみが一致した割合の増加から、悪手でないような着手を悪手と判断してしまっていることが確認できる。また、両方の予測が一致しなかった割合の増加から、悪手を悪手と判断できていないか、正しい悪手を選べていないことが同様に確認できる。特に全体に占める割合は両方の予測が一致しなかった割合が大きいことから、平均悪手以外の悪手の判断基準を用意する、次の着手を決定するための平均悪手の利用方法を変えるなど、より正確に悪手を判別できるような改善が必要であると考えられる。また、閾値 x に平均悪手ごとの分散を利用する、進行度と評価値の低下の関係を関数近似し進行度に対してより詳細に平均悪手を利用できるようにするなど、平均悪手を悪手選択に用いる際の条件や平均悪手そのものにつ

6.2 考察

いての改善も考えられる.

第 7 章

まとめ

人間と AI にみられる差異を着手にみられる特徴ごとに調査し，それを用いた人間の着手の予測を試みた．結果として既知の AI の性質にない差異が発見できた．しかしながら，差異が生まれる要因の分析については十分にはできていない．また，今回考慮しなかった特徴においても，既知でない差異が確認できる可能性もある．

算出した平均悪手の利用においては，予測精度が低下するという結果となってしまった．悪手の出現しやすい状況の考慮や，進行度と平均悪手の関係，平均悪手の分散の利用など改善できそうな点が多くみられることから，様々な手法によって予測精度の改善を試みたい．

さらなる特徴の発見，差異が生まれる要因の分析と予測精度の向上は今後の課題である．

謝辞

本研究を進めるにあたり，高知工科大学情報学群講師竹内聖悟先生には，指導教員として大変多くの指導と助言をいただきました．また，評価値や進行度の算出に関わるプログラムに関して多くの補助をいただきました．心から感謝いたします．

参考文献

- [1] 山下宏. 将棋名人のレーティングと棋譜分析. ゲームプログラミングワークショップ 2014 論文集, pp. 9–16, October 2014.
- [2] 林俊佐, 伊藤毅志. 将棋における人間の価値観に近い新しい局面評価指標の提案. 研究報告ゲーム情報学 (GI) , 第 43 巻, pp. 1–8, March 2020.
- [3] 今橋日向人, 伊藤毅志. コンピュータ将棋における平均損失を用いた棋力調整手法の提案. 研究報告ゲーム情報学 (GI) , 第 51 巻, pp. 1–9, March 2024.
- [4] 高橋翔太, 松原仁. 認知バイアスを用いた「ミスをする」 ai の設計. ゲームプログラミングワークショップ 2021 論文集, pp. 98–101, October 2021.
- [5] 久米宏. 最強の将棋データベース. 成甲書房, 2004.
- [6] 久米宏. 将棋倶楽部 24 万局集 : 棋譜データベース. ナイタイ出版, 2002.

付録 A

各進行度における駒と特徴の組み合わせでの平均悪手の差

	300-500 : 1630-1830							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	53.93※	-450.16※	59.53※	-64.95※	35.41	-63.04※	-	-
駒を取る手	22.03	-123.48※	-7.46※	38.51	39.54	16.7	63.47※	7.22※
引く手	-	-	-	-150.84	34.47	-59.03	-63.77※	-62.84
進む手	20.11	-64.96	-30.7	26.96	31.77	-66.91	38.09	-20.38
打つ手	57.45	-103.13※	234.35※	96.83※	111.81	311.33※	248.28※	-
合法手<80	22.4	-52.54	-39.3	4.99	30.36	-54.79	30.52	-42.49
合法手>=80	61.32	-118.19※	36.48※	78.5	81.96	49.49	52.63	10.33
玉周辺への利き>=25	30.61	-44.42※	0.36	20.99	27.36	24.31	47.19	-55.55
玉周辺への利き<25	23.5	-52.26※	-42.06	6.82	36.14	-63.51	22.5	-29.44
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	21.87	-9.67※	-70	17.08	38.69	-12	35.52	-27.94
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	28.87	-89.79※	28.26	7.08	27.51	-54.41	34.23	-57.2
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	32.29	-101.19※	32.94	8.02	38.12	-55.73	30.9	-58.55
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	20.38	-8.47※	-72.88	16.11	31.55	-7.2	44.21	-29.87
着手位置への利き無し	7.86	-84.38※	2.03	29.32	40.69	-63.01	55.87	-52.21
着手位置への利き1	19.79	-23.51※	-32.8	7.45	15.82	-34.51	25.84	-26.33
着手位置への利き2以上	92.23	-72.26※	-92.59	8.64	45.74	-55.1	30.02	-42.67
着手後位置の玉との距離<√8	21.07	-69.26	2.25※	6.75	31.62	-105.93	27.91	-
着手後位置の玉との距離>=√8	25.65	-86.66※	-35.72	11.04	29.49	-34.12	33.47	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-88.44※	-	-	65.65※	9.84※	-47.9	-	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	24.81	-54.86	-31.71	10.41	33.57	-52.52	30.79	-40.72
着手前位置の玉との距離<√8	61.19	-51.07※	9.63	0.62	24.75	-30.43	28.27	-
着手前位置の玉との距離>=√8	16.71	-92.44※	-38.33	14.23	38.91	-53.39	36.81	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	-3.43	-145.75※	-1.27※	139.09※	43.2※	-0.38	-310.23※	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	28.41	-54.34	-32.54	9.95	33.25	-54.67	30.94	-40.72
自陣	41.63	-44.24	-19.45	1.94	31.5	-60.17	29.52	-40.79
中段	13.7	-147.86※	-94.79※	29.51	42.87	10.91	78.52※	-8※
敵陣	46※	-299.98※	-7.13※	25.87※	48.1	103.05※	240.24※	-

図 A.1 人間と AI の平均悪手の差 (序盤, 300-500:1600-1800)

	1900-2100:1870-2070							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-20.28※	11.91※	27.7※	31.9※	13.25	-40.5※	-	-
駒を取る手	2.76	36.65※	-38.49※	1.55	12.49	-2.18	26.6※	-68.56※
引く手	-	-	-	6.2	2.24	3.27	-23.4※	-29.73
進む手	-4.94	-28.21※	-28.26	-18.5	-6.51	2.96	-6.71	-43.04
打つ手	-1.16	76.38※	-152.55※	-30.06※	19.35	73.4※	48.47※	-
合法手<80	-7.08	-32.58※	-20.84	-17.41	-5.87	4.76	-16.54	-37.85
合法手>=80	-1.55	109.75※	-72.24	-2.03	2.71	3.26	26.65	-44.7
玉周辺への利き>=25	-5.67	-19.48※	-17.01	-17.96	-6.03	12.72	-27.69	-46.42
玉周辺への利き<25	-8.98	-27.22※	-35.73	-16.72	-9.7	0.36	-8.68	-39.68
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	-10.29	-29.59※	-26.74	-15.82	-9.86	5.38	-16.56	-41.49
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	-5.45	-42.48※	-26.97	-16.13	-5.94	0.78	-10.04	-42.78
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	-7.02	-177.82※	-26.83	-14.88	-3.19	3.12	-7.78	-37.99
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	-8.82	-23.73※	-28.52	-16.61	-10.34	3.82	-18.94	-43.31
着手位置への利き無し	-5.58	54.19※	-20.56	-19.57	5.79	8.16	-3.47	-42.78
着手位置への利き1	-15.53	-39.03※	-43.9	-13.89	-17.1	-5.26	-14.95	-36.77
着手位置への利き2以上	14.77	-107.8※	-19.57	-18.32	-11.62	-21.83	-16.83	-45.08
着手後位置の玉との距離<√8	-6.85	-65.15※	-22.59※	-20.34	-4.13	-0.78	-13.19	-
着手後位置の玉との距離>=√8	-9.11	40.74※	-30.63	-14.34	-9.09	4.16	-13.54	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-30.06※	-	-	114.59※	-27.46※	-11.25	-	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	-8.21	-30.66※	-31.11	-17.22	-8.58	2.57	-14.69	-41.99
着手前位置の玉との距離<√8	6.7	-64.5※	-19.22	-17.12	-14.99	-3.99	-17.48	-
着手前位置の玉との距離>=√8	-11.31	38.58※	-33.72	-17.48	-5.76	4.4	-7.51	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	-65.58	-84.67※	11.85※	22.24※	5.14	-24.83	-202※	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	-5.28	-28.1※	-29.86	-16.96	-10.49	2.76	-14.53	-41.99
自陣	-3.42	-33.86※	-23.18	-17.9	-10.74	3.02	-14.97	-41.99
中段	-9.92	45.87※	-78.92※	-13.64	1.53	4.7	26.26※	-
敵陣	-39.52※	-79.88※	60.36※	64.55※	-3	-15.08※	-7.33※	-

図 A.2 人間と AI の平均悪手の差 (序盤, 1900-2100:1870-2070)

	2560-2760:2120-2320							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	25.99※	164.2※	23.38※	-284.17※	28.14	-5.03※	-	-
駒を取る手	11.76	-51.46※	3.38※	-11.45	20.01	8.84	-27.66※	-87.82※
引く手	-	-	-	-13.68	14.9	-5.8	-59.49※	-28.11
進む手	4.04	-18.98	-10.89	-15.09	-3.66	16.85	-10.39	-32.17
打つ手	16.06	-146.33※	-	69.25※	-3.63※	200.25※	-	-
合法手<80	2.21	-17.27	-11.68	-14.11	0.81	-7.63	-10.43	-20.24
合法手>=80	18.33	-163.05※	-13.12※	-12.33	-9.81※	20.15	-23.05	-27.74
玉周辺への利き>=25	1.41	-35.49※	-20.56	-21.61	-4.33	-15.58	-11.24	-17.46
玉周辺への利き<25	3.23	-13.85	-8.41	-11.43	0.56	0.36	-13.19	-23.64
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	4.2	-18.95	-9.16	-21.58	-12.48	0.68	-26.66	-32.24
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	0.15	-28.08※	-5.54	-10.99	9.01	-13.09	-9.28	-5.43
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	0.39	19.26※	-11.09	-11.44	4.12	-7.27	-9.4	-2.36
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	3.62	-20.9	-3.99	-20.62	-7.3	-3.83	-22.55	-29.61
着手位置への利き無し	0.6	-32.98※	24.29	-18.05	-4.25	-0.79	-9.67	-14.85
着手位置への利き1	2.85	-15.97	-26.32	-10.65	-0.37	-7.85	-9.71	-33.44
着手位置への利き2以上	7.82	-52.76※	-26.85	-17.64	2.45	-26.26※	-14.7	-14.76
着手後位置の玉との距離<√8	-10.42	-24.89	-38.12	-9.29	8.01	4.61※	-14.11	-
着手後位置の玉との距離>=√8	8.34	-20.24※	-1.89	-20.71	-15.77	-4.88	-9.01	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	43.13※	-	-	-322.75※	242.5※	-62.23※	-	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	2.97	-19.58	-12	-14.41	-0.85	-3.67	-11.92	-21.45
着手前位置の玉との距離<√8	-22.95	-25.11	-32.67	-8.13	8.94	-27.41	-13.34	-
着手前位置の玉との距離>=√8	6.22	-20.07※	-2.61	-19.38	-6.5	-2.21	-8.84	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	-20.29※	111※	-94※	-21.13※	-38.37※	-40.61※	-	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	3.24	-20.33	-11.46	-14.63	0.61	-4.17	-11.97	-21.45
自陣	-0.68	-17.07	-14.07	-13.84	-4.33	-5.69	-11.58	-21.45
中段	5.28	-85.29※	36.32※	-14.54	17.78	-3.83	-36.05※	-
敵陣	-16.25※	-	80.53※	-224.6※	6.62※	52.76※	-	-

図 A.3 人間と AI の平均悪手の差 (序盤, 2560-2760:2120-2320)

	300-500 : 1630-1830							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	35.99	-22.07※	40.33	99.86※	34.74	29.39	-	-
駒を取る手	19.44	-15.44	-2.7	23.65	36.57	27.94	63.85	-24.23
引く手	-	-	-	-142.01	32.41	-25.72	-78.34	-144.01
進む手	30.88	-53.19	30.22	-9.18	25.68	-41.8	38.62	-46.88
打つ手	69.15	104.55※	60.9	85	65.13	32.86※	152.63※	-
合法手<80	25.94	-50.03	4.22	-67.89	31.44	-68.51	1.07	-134.2
合法手>=80	73.25	63.59	64.07	98.52	41.97	36.91	67.59	17.69
玉周辺への利き>=25	60.73	8.22	60.87	-48.87	40.02	38.33	39.62	-111.97
玉周辺への利き<25	34.24	-9.88	12.13	0.41	35.68	-68.3	17.21	-69.37
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	31.26	-8.09	14.72	39.55	42.81	51.76	53.4	-44.01
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	53.66	7.29	46.71	-59.1	28.73	-102.35	10.28	-146.47
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	53.73	21.79	42.55	-59.03	15.53	-108.62	7.14	-165.76
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	32.89	-11.08	21.77	33.1	49.62	53.92	54.63	-37.62
着手位置への利き無し	26.51	-33.68	-9.49	-97.83	21.08	-38.5	12.53	-148.03
着手位置への利き1	47.48	3.83	60.06	28.93	53.67	-50.26	39.1	-78.68
着手位置への利き2以上	57.56	61.54※	34.04	3.03	47.72	-55.07	20.31	-40.42
着手後位置の玉との距離<√8	44.47	-13.56	-2.08	-16.46	5.41	-135.16	16.55	-
着手後位置の玉との距離>=√8	38.95	-8.89	35.19	-28.48	43	-24.94	35.74	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	10.38	-35.37※	12.1※	-199.44	17.22※	55.19	110.57※	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	41.49	-2.94	26.84	-13.12	37.36	-53.35	25.51	-93.06
着手前位置の玉との距離<√8	59.72	-21.99	41.59	14.52	23.36	-90.49	21.81	-
着手前位置の玉との距離>=√8	37.64	6.56	24.25	-33.51	38.94	-25.72	29.66	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	14.56	35.31※	7.77	49.5	52.77	93.27	154.3※	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	45.41	-7.96	29.26	-23.61	35.92	-58.78	22.16	-92.77
自陣	65.15	8.89	39.43	-9.47	38.81	-82.78	22.69	-80.87
中段	32.66	-15.79	0.08	-34.49	34.89	49.4	19.62	-217.8※
敵陣	26.12	-37.27※	43.35	39.33	31.2	6.94	128.7※	-5※

図 A.4 人間と AI の平均悪手の差 (中盤, 300-500:1600-1800)

	1900-2100:1870-2070							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-2.66	-26.55※	6.86	14.03	-2.09	6.45	-	-
駒を取る手	9.39	-36.18	1.37	-2.13	-1.29	1.22	-6.28	-7.72
引く手	-	-	-	20.17	13.07	2.65	15.74	-15.66
進む手	5.78	-12.37	3.13	-3	1.21	8.42	-1.91	-4.13
打つ手	6.3	-41.32※	36.19	0.92	5.36	21.59	40.55※	-
合法手<80	-5.29	-43.94	5.77	1.62	4.09	1.1	-11.23	-17.92
合法手>=80	23.08	-22.87	3.48	5.12	-3.15	21.72	11.31	-1.87
玉周辺への利き>=25	6.49	-44.23	8.65	3.81	1.2	1.85	-9	-11.75
玉周辺への利き<25	1.63	-26.28	3.39	-0.24	-0.8	12.68	-1.54	-15.02
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	-3.26	-31.86	13.07	-5.44	-3.03	10.92	-7.75	-20.13
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	12.26	-42.63	-1.11	9.03	4.97	9.33	3.78	-2.36
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	9.03	-15.98※	7.39	6.6	4.87	12.66	6.42	-1.79
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	-0.09	-38.77	4.79	-1.08	-1.87	9.33	-8.23	-17.23
着手位置への利き無し	2.13	-34.34	12.63	-6.27	-10.57	7.59	-5.41	-19.55
着手位置への利き1	2.89	-41.62	12.64	6.88	9.4	8.56	-5.4	3.23
着手位置への利き2以上	8.74	-18.12※	-17.91	-1.98	7.72	23.66	1.72	-26.01
着手後位置の玉との距離<√8	13.28	1.11	1.68	-3.48	-6.92	23.27	-5.09	-
着手後位置の玉との距離>=√8	-0.04	-54.12	5.62	1.83	-0.53	8.63	-2.9	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-75.35※	-87.48※	23.54※	-21.25※	-12.83※	-32.85	-77.44※	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	4.09	-33.94	4.69	1.4	0.1	9.97	-3.4	-13.72
着手前位置の玉との距離<√8	8.07	19.28	-8.79	0.76	10.34	57.15	-13.89	-
着手前位置の玉との距離>=√8	1.58	-54.87	8.48	0.99	-2.12	5.53	5.62	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	-25.19	8.55※	31.5	16.81	-3.59	-12.19	-39.37※	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	8.15	-40.1	2.22	1.09	0.17	9.38	-1.62	-13.72
自陣	9.12	-35.65	0.2	-5.02	-5.57	12.55	-5.45	-13.12
中段	2.98	-34.98	24.35	7.54	9.47	3.49	8.28	87.86※
敵陣	-2.08	-44.15※	-11.53	11.04	-6.18	6.44	-11.01※	-629※

図 A.5 人間と AI の平均悪手の差 (中盤, 1900-2100:1870-2070)

	2560-2760:2120-2320							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-4.27	-34.14※	26.62	-47	-2.62	11.8	-	-
駒を取る手	4.9	-19.64	-0.36	-2.12	3.5	3.42	9.78	48.03
引く手	-	-	-	-3.22	-0.59	13.56	14.14	-8.07
進む手	0.55	-15.44	-2.78	3.36	3.87	6.27	-4.75	-17.23
打つ手	11.91	4.75	0.33	17.55	2.55	-22.48※	30.9※	-
合法手<80	-4.39	-26.69	-5.21	2.03	-2.74	0.29	-1.47	-20.2
合法手>=80	21.04	6.79	-11.23	0.62	3.91	12.03	-2.07	6.41
玉周辺への利き>=25	0.6	-11.93	-15.59	-6.17	-4.58	2.91	-11.02	-26.11
玉周辺への利き<25	5.64	-10.48	-1.6	3.97	2.77	6.57	2.46	-0.41
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	1.86	-11.21	-3.31	-2.94	-3.16	1.38	15.85	-16
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	7.42	-10.2	-9.33	5.01	6	12.22	-14.64	5.8
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	4.72	-23.53	-4.27	4.86	3.87	9.19	-14.93	9.31
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	3.77	-7.67	-8.03	-1.43	-1.18	3.61	11.83	-14.62
着手位置への利き無し	5.28	-27.85	14.62	1.35	-7.5	-1.27	5.92	-28.77
着手位置への利き1	3.37	0.78	-18.76	4.09	-3.24	13.95	-12.23	8.02
着手位置への利き2以上	1.32	-1.86	-15.22	-8.74	31.2	34.12	1.15	-14.29
着手後位置の玉との距離<√8	3.11	-6.51	-22.91	10.68	15.47	42.05	3.12	-
着手後位置の玉との距離>=√8	4.05	-13.16	-2.01	-3.92	-2.68	3.16	-8.12	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-17.65※	89.31※	112.46※	-16.77※	18.77※	12.23※	57.4※	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	4.34	-12.54	-6.94	0.79	0	4.98	-3.3	-9.75
着手前位置の玉との距離<√8	-0.02	6.98	-23.47	-2.36	29.43	29.9	1.23	-
着手前位置の玉との距離>=√8	4.23	-15.68	-3.15	1.44	-3.64	3.82	-7.35	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	-2.23	8.78※	43.39	-8.27	-43.07	17.11	30.04※	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	5.65	-12.8	-11.14	1.62	4.36	5	-3.22	-9.75
自陣	7.44	-2.5	-5.7	-7.11	-0.69	-0.16	-5.34	-10.42
中段	3.78	-31.26	-10.74	12.02	10.94	12.57	10.59	152.5※
敵陣	-3.74	-4.07※	14.41	-30.21	-18.95	1.51	11.16※	-

図 A.6 人間と AI の平均悪手の差 (中盤, 2560-2760:2120-2320)

	300-500 : 1630-1830							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-13.96	43.25※	52.94※	-11.95※	31.91	60.64※	-	-
駒を取る手	43.96	4.1	33.95	13.78	-8.13	58.21	41.25	-45.36
引く手	-	-	-	22.65	43.31※	90.84※	56.28※	-46.52※
進む手	41.87	6.57	51.15	40.98	0.18	50.27	31.2	8.55
打つ手	128.25	45.19※	77.44※	57.94※	-0.05※	-50.04※	103.79※	-
合法手<80	58.14	73.99※	45.41	38.39	31.71	-7.62	41.44	-6.25※
合法手>=80	65.08	24.42	75.17	54.41	3.5	68.87	59.56	-11.53
玉周辺への利き>=25	68.43	55.09	72.71	58.94	-3.03	28.92	52.14	-40.5
玉周辺への利き<25	59.97	16.05※	57.62	41.13	29.86	65.19	53.12	55.11
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	75.52	24.35	64.69	59.23	32.1	48.2	43.78	-6.68
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	57.23	73.37※	68.26	38.41	-18.79	49.29	66.99	-9.18
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	43.29	105.27※	71.19	34.87	-32.59※	45.39	70.8	-32.58※
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	83.01	19.54	64.4	58.26	34.08	49.33	44.6	2.85
着手位置への利き無し	3.06	3.92※	77.84	29.89	-2.78	45.97	55.05	-57.02
着手位置への利き1	113.6	48.71	41.57	74.25	61.46	56.75	68.89	32.17
着手位置への利き2以上	142.43※	110.8※	109.32※	12.42※	-74.23※	16.36※	5	12.45※
着手後位置の玉との距離<√8	69.68※	35.73※	3.32※	56.52	-16.45※	67※	24.6	-
着手後位置の玉との距離>=√8	62.57	37.64	76.43	47.03	14.77	40.39	78.21	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-100.08※	94.83※	-68.31※	-86.22※	41.84※	144.92※	75.56※	150.6※
着手後位置の敵玉との距離>=√8	77.81	36.35	70.63	66.37	10.79	38.5	51.5	-7.87
着手前位置の玉との距離<√8	105.2	37.72※	38.19※	51.51	-58.91※	56.77※	64.28	-
着手前位置の玉との距離>=√8	51.94	37.52	73.73	50.06	22.57	41.27	44.85	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	26.12	57.05※	21.49	6.85	41.33※	4.36※	134.11	-289.5※
着手前位置の敵玉との距離>=√8	81.55	33.75	90.76	71.43	4.02	53.26	30.44	-5.94
自陣	84.95	54.7	75.47	50.9	-2.65	39.08	38.82	-15.28
中段	75.77	1.19※	67.57	60.13	24.95	85.47	34.23	59.72※
敵陣	5.69	62※	44.6※	32.44	13.64※	10.33	142.15※	-755.24※

図 A.7 人間と AI の平均悪手の差 (終盤, 300-500:1600-1800)

	1900-2100:1870-2070							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-2.7	-21.29※	-10.91	6.16	0.06	29.02	-	-
駒を取る手	21.46	-37.73	13.16	-2.16	14.35	39.2	-7.95	-0.02
引く手	-	-	-	-1.22	-32.02	-53.88※	-4.71	-66.64
進む手	16.26	-56.56	13.37	-8.78	32.48	33.43	16.82	-22.62
打つ手	54.52	-5.69※	-84.93	-37.57	0.55※	-70.24※	28.08※	-
合法手<80	4.95	-0.51	-32.82	5.64	41.17	-14.33	24.09	-16.78※
合法手>=80	25.71	-36.01	-5.22	-27.09	6.91	14.71	5.7	-18.2
玉周辺への利き>=25	29.52	-9.34	-2.15	-20.05	18.89	13.54	-17.81	-11.31
玉周辺への利き<25	10.6	-41.49	-28.13	-17.5	14.3	-0.08	37.27	-28.81
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	16.21	-20.22	-23.08	-17.19	14.64	0.07	2.36	-14.22
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	26.88	-36.08	0.4	-21.06	28.52	31.85	15.72	-22.08
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	29.02	-45.21※	41.83	-8.89	56.73	52.21	27.26	0.56
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	16.86	-18.6	-39.22	-24.46	8.76	-2.24	-1.31	-23.82
着手位置への利き無し	5.32	-67.18	-39.01	-19.02	10.73	3.05	-2.06	2.32
着手位置への利き1	38.52	17.01	-17.69	-10.47	20.06	13.07	9.83	-42.68
着手位置への利き2以上	16.91	-23.62※	45.31	-45.72	60.56※	20.59※	27.45	-29.18※
着手後位置の玉との距離<√8	53.64	-36.04※	40.42※	-18.94	37.77※	18.61※	1.94	-
着手後位置の玉との距離>=√8	14.76	-15.21	-25.15	-17.88	10.66	5.04	13.73	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	-46.24※	-9.46※	27.54※	39.32※	21.99※	24.99※	14.47※	-
着手後位置の敵玉との距離>=√8	24.66	-25.6	-16.85	-24.79	16.68	5.01	7.87	-17.24
着手前位置の玉との距離<√8	83.72	-8.99	58.4	-22.81	28.72※	-0.12※	11.14	-
着手前位置の玉との距離>=√8	6.77	-31.04	-32.64	-16.34	14.05	7.17	4.94	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	-12.89	-20.16※	-4.84	-38.04	4.9	49.76	24.2	-
着手前位置の敵玉との距離>=√8	37.06	-26.78	-18.79	-10.58	20.1	-2.2	5.33	-17.42
自陣	17	-29.87	15.76	-28.21	33.6	11.23	9.81	-14.14
中段	34.25	-41.49	-41.24	-3.36	18.88	13.43	6.88	-46.51※
敵陣	-6.45	41.19※	-32.88※	-22.84	-5.73	-6.78	6.65	-

図 A.8 人間と AI の平均悪手の差 (終盤, 1900-2100:1870-2070)

	2560-2760:2120-2320							
	歩	香車	桂馬	銀	角	飛車	金	玉
成る手	-27.36	-61.35※	-24.72	1.8	23.91	-42.39	-	-
駒を取る手	-16.09	-15.36	-16	-14.76	2.11	5.06	3.39	2.4
引く手	-	-	-	-9.83	34.59	9.1	9.39	35.76
進む手	-10.05	-23.64	-1.58	-18.4	12.45	2.24	-11.03	25.7
打つ手	15.47	28.85	-53.94	7.82	-45.35	5.99	17.49	-
合法手<80	2.69	31.67	-13.5	3.21	50.25	30.47	-17.48	53.13
合法手>=80	-5.62	-45.06	-3.42	-4.63	-20.06	8.28	5.86	18.3
玉周辺への利き>=25	-17.18	-28.81	-10.54	5.12	10.18	2.78	-6.15	11.69
玉周辺への利き<25	12.63	-17.75	0.65	-14.87	-12.79	39.49	9.16	54.64
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数>=5	-1.82	-35.9	-22.61	-3.53	3.48	6.64	-7.36	15.41
着手後位置周辺への過去10手に占める着手数<5	-7.18	1.4	20.66	-2.41	-0.55	42.92	11.24	50.84
着手後位置と過去10手の距離平均<√8	-6.71	64.17	37.39	2.06	-4.83	64.71	16.15	30.45
着手後位置と過去10手の距離平均>=√8	-2.41	-48.7	-24.92	-5.62	5.11	4.16	-6.56	23.82
着手位置への利き無し	-23.33	-37.86	-19.91	9.44	-2.1	3.68	30.17	2.17
着手位置への利き1	14.19	5.04	-2.74	-1.19	9.98	23.65	-13.71	49.25
着手位置への利き2以上	26.13	-47.83※	26.55	-45.71	-28.98※	86.98※	-40.62	20.99
着手後位置の玉との距離<√8	-2.98	48.98	11.16	-45.76	81.8※	95.99※	-14.1	-
着手後位置の玉との距離>=√8	-3.99	-40.74	-11.48	14.78	-12.45	5.38	13.15	-
着手後位置の敵玉との距離<√8	4.98	-165.62※	61.69※	-17.37	-17.72※	58.05※	29.6※	19.67※
着手後位置の敵玉との距離>=√8	-4.37	-19.48	-8.38	-1.99	0.95	13.14	-1.72	25.01
着手前位置の玉との距離<√8	31.93	29.12	57.84	-33.39	45.9※	64.78	-8.96	-
着手前位置の玉との距離>=√8	-9.95	-46.71	-22.94	12.76	-6.17	5.32	9.28	-
着手前位置の敵玉との距離<√8	0.52	-24.94	-4.48	22.33	8.64	-2.23	4.42	160.2※
着手前位置の敵玉との距離>=√8	-6.26	-24.48	-5.9	-11.67	-2.3	17.66	0.68	25.1
自陣	-3.14	-21.47	13.78	-12.18	-9.41	27.95	-12.38	26.55
中段	-5.78	-38.2	-21.03	5.83	8.65	9.67	43.99	13.09※
敵陣	0.95	-1.79※	-44.87	2.17	10.69	4.61	8.5	-229.5※

図 A.9 人間と AI の平均悪手の差 (終盤, 2560-2760:2120-2320)