

将棋 AI がプロ棋士の棋譜に与えた影響 — 定量的分析からの考察 —

齋藤雅史¹ 伊藤毅志¹

概要: 現在、将棋 AI はプロ棋士をはるかに凌駕するレベルにある。それに伴って、近年ではプロ棋士が将棋 AI を用いた将棋研究を行うことが普通になってきた。こうした背景から、将棋 AI が近年のプロ棋士の棋譜に大きな影響を与えていると言われているが、実際にどのような影響が生じているのかについて、定量的分析を行った研究はまだ少ない。そこで、本研究では将棋 AI を用いて近年のプロ棋士の棋譜に現れる変化を定量的に分析した。その結果、強い将棋 AI が普及し始めた 2017 年前後において、プロ棋士の棋譜は将棋 AI との一致率が有意に高くなることが示された。また、平均損失を調べたところ、序盤 (40 手目まで) では平均損失の上昇が見られたが、中盤以降 (41 手目以降) では A 級棋士以外上昇が認められなかった。

キーワード: 将棋 AI, 棋譜解析, 一致率, 平均損失

The Influence of Shogi AI on Professional Player's Records - A Study from Quantitative Analysis -

MASASHI SAITO^{†1} TAKESHI ITO^{†1}

Abstract: Currently, Shogi AI is far superior to professional Shogi players. Accordingly, it has become common for professional players to conduct research using Shogi AI in recent years. Although it is said that Shogi AI has a significant influence on professional players' game records in recent years, there have been few studies that quantitatively analyze the actual influence of Shogi AI. In this study, we quantitatively analyzed the changes in the game records of recent professional Shogi players using Shogi AI. The results showed that the match rate between professional players' game records and Shogi AI was significantly higher around 2017, when strong Shogi AI started to become popular. In addition, when we examined the mean loss, we found that the mean loss increased in the opening games (up to the 40th move), but did not increase in the middle or end games (after the 41st move) except for the A-class professionals.

Keywords: shogi AI, game record analysis, match rate, mean loss

1. はじめに

近年、ゲームを題材とした人工知能分野はめざましい進歩を遂げている。将棋・囲碁などの二人完全情報確定零和ゲームにおいては、AI がトッププロに勝利を収め、現在では人間のトッププレイヤーを十分凌駕していると考えられる。コンピュータ将棋の世界では、2006 年に Bonanza が機械学習の手法を公開してから、プロ棋士に迫る将棋 AI が生まれるようになってきて、2010 年頃からプロ棋士に勝利するプログラムが現れてきた。そして、2015 年には情報処理学会が科学的データを示したうえで、「コンピュータ将棋プロジェクトの終了宣言」を行い、事実上、2015 年頃には人間のトップを超えたのではないかとされている[1][2]。

そして、近年はプロ棋士が将棋 AI を用いた将棋研究を行うことが定着し、高価な PC を購入して将棋 AI との研究を中心に行っていることを公言しているプロ棋士も増えている。実際に、2010 年頃からプロ棋士の棋譜には将棋 AI を参考にしたと思われる手や手順が現れるようになっていく[3]。近年、将棋界ではそれらの AI の指し方を参考にす

ることによって、いままで当たり前とされていた定跡手順が見直されたり、新しい戦型が生まれたりということが度々起きており、プロ棋士が将棋 AI から戦い方を学ぶことも珍しくはなくなった。このように、将棋 AI が近年のプロ棋士に大きな影響を与えていると言われているが、実際にどのような影響があったかについての定量的分析を行う研究はまだ少ない。

本研究では、将棋 AI を用いた棋譜解析を利用し、近年のプロ棋士の棋譜に現れる変化を定量的に分析する。

2. 関連研究

囲碁の分野では、プロ棋士の棋譜に現れた変化を、囲碁 AI を用いて定量的に分析した関連研究として、Shin らの研究がある[4]。Shin らは、韓国の囲碁プロ棋士を対象に 130 万手の棋譜データをもとに、ある局面における「(囲碁 AI による最善手後の局面評価値) - (実際の人間の着手後の局面評価値)」を評価指標として、年代ごとの評価指標の値の推移を調べている。この研究では、人間のトップを超え

¹ 電気通信大学
The University of Electro-Communications

るオープンソースの囲碁 AI の出現前後で、序盤の局面においてこの指標の値が明らかに減少していることを確認している。この結果、人間を超える囲碁 AI の出現によってプロ棋士の序盤の研究が進み、囲碁 AI の手に近い評価の手が多く選ばれるようになった可能性を示唆している。

将棋 AI を用いて棋力やレーティングの推定を行った研究として、山下の研究がある[5]。山下は対局開始から 40 手目以降の拮抗した複数の局面それぞれに対して将棋 AI が求めた局面評価値を用いて、各局面においての着手により AI が示す局面評価値をどの程度下げたのかの平均を表す平均悪手を定義し、この値を用いて 20 局程度の対局の棋譜から棋力推定できることを示した。さらに、この研究を拡張した馬場らは、平均悪手を拡張した平均損失を用いて、棋力を動的に調整する AI を用いた対戦の棋譜を用いることで 40 手目以降の拮抗した局面の数を増加させ、非常に少ない棋譜からかなり正確に棋力を推定できることを示した[6]。平均損失の定義は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{(平均損失)} \\ & = \frac{\sum \left((\text{着手後の局面評価値}) - (\text{着手前の局面評価値}) \right)}{\text{(分析対象となる総局面数)}} \quad (1) \end{aligned}$$

これらの研究は、将棋 AI を用いて棋譜を定量的に調べることで、プレイヤーの棋力の推定が可能であることを示しており、本研究でも参考になる指標であると言える。

3. 分析の方針

3.1 定量的指標

本研究においては、馬場らの研究で使用された平均損失(式(1))と、各局面における AI の最善手をもとに算出する AI との着手一致率(式(2))の 2 つの指標を用いて、棋譜を定量的に分析する。なお AI の最善手との着手一致率の定義は以下の通りである。

$$\begin{aligned} & \text{(AI との着手一致率)} \\ & = \frac{\text{(将棋 AI の示す最善手を打った数)}}{\text{(分析対象となる総局面数)}} \quad (2) \end{aligned}$$

3.2 分析に用いる将棋 AI

棋譜解析に用いる将棋 AI は、2021 年 7 月に行われた電竜戦 TSEC で優勝した将棋 AI 「水匠 4」[7]の改良版である「水匠 4 改」[8]を用いた。この AI は、同年 8 月に行われた電竜戦長時間マッチで deep learning 系の将棋 AI 「dlshogi」[9]に勝利している。AI は探索ノード数に応じて最善手が変化する。予備調査を行ったところ、およそ 7 千万ノード程度の探索を行わせると、多くの局面で最善手が変化しなくなる傾向がみられたので、以降の実験では 1 手を 7 千万ノ

ード探索させる設定で分析を行うことにした。

3.3 棋譜解析の対象とする棋譜

日本将棋連盟の協力のもと、有償でプロ棋士の棋譜データベースを使わせていただくことになった。今回、棋譜解析の対象とする棋譜は順位戦 44 期(1985 年度)から 80 期(2021 年度)のすべてのクラス(A 級, B 級 1 組, B 級 2 組, C 級 1 組, C 級 2 組)の棋譜とした。順位戦の棋譜を用いることにしたのは、以下のような理由からである。

- 1) フリークラス以外のすべての棋士が参加するため。
- 2) クラスごとに対戦が組まれているため、各クラスの強さが概ね均質であるため。
- 3) 他の棋戦と比較して持ち時間が十分長く、持ち時間が短いことによる棋力のばらつきの影響を受けにくい。

3.4 分析方針

将棋 AI は、2006 年以降徐々にプロ棋士レベルに近づいてきて、2010 年から人間のトップを超えたとされる 2015 年までの間に幾度となくプロ棋士との対戦が行われており、ゆっくりと人間のトップを超えてきた。プロ棋士と将棋 AI の公式の場での平手の対戦は、2006 年に当時の渡辺竜王と将棋 AI (Bonanza) の対戦が最初である。結果は渡辺竜王の勝利となったが、内容的には非常に接戦を演じており、大きな注目を集めた。その後、プロ棋士との公の場での対戦は、2010 年の情報処理学会の特製プログラム「あから 2010」が清水市代女流王将に勝利する対戦が行われるまで行われなかったが、翌年の 2011 年以降 2017 年までほぼ毎年電王戦という形でプロ棋士対将棋 AI の対戦が続いた。対戦結果は AI 側が大きく勝ち越す結果となり、その頃から徐々にプロ棋士の間でも AI を研究に取り入れるようになっていったと考えられる。

将棋 AI を用いた将棋研究に造詣が深い勝又清和七段にお話をうかがったところ、2017 年前後から棋譜の再生を行う GUI ソフト上にて、任意の局面において将棋 AI を用いた棋譜解析機能を用いて将棋の検討を行うことがプロ棋士の間で本格的に普及していったとのことであった。また、将棋 AI を直接将棋研究に使っていない棋士でも、対局した棋士や研究会に参加している棋士が将棋 AI を将棋研究に活かしている場合は、間接的に影響を受けている可能性もあり、プロの将棋界全体に影響を及ぼしている可能性があるとのことであった。また、プロ棋士の棋譜において、特に序盤に強く影響を与えているのではないかと指摘もいただいた。将棋 AI が将棋研究に使われる以前の時代は、序盤においてどちらが優勢かについて議論する際に、その時代に強かった棋士の直感的な判断に頼っていたが、将棋 AI が現れてからは数値として先手・後手のどちらがどの程度優勢であるかが示されるようになったため、序盤における研究が進んだと考えられる。

以上のようなことを考慮すると、将棋 AI は 2017 年以前

にも一部のプロ棋士が使い始めていたが、2017年頃から多くのプロ棋士が本格的に参考にし始めたのではないかと考えられ、この時期から棋譜に影響を与え始めたと予想される。したがって、棋譜に現れる変化を調査する時期としては、1年ごとの定量的なデータの変化をみるとともに、2017年以前と以降を5年単位で棋譜をまとめ、AIとの指し手の定量的指標で調べるのが妥当ではないかと考える。この頃に棋譜に変化が現れているかどうかを明らかにしていく。また、序盤を約40手までと仮定し、序盤40手までと40手目以降の定量的指標における変化を調べる。

4. 実験1：年代ごとのAIとの着手一致率

4.1 目的

定量的指標であるAIとの着手一致率を用いて、年代が進むごとに棋譜に現れる定量的変化について調べる。

4.2 方法

順位戦44期(1985年度)から80期(2021年度)のすべてのクラス(A級, B級1組, B級2組, C級1組, C級2組)の棋譜, 計23,403戦分の棋譜を対象にした。水匠4改を用いて、各局面を探索ノード数7千万ノードで探索し、各局面での最善手を求めた。そして、実際にプロ棋士が行った着手と同じであるかを比較し、各クラス・各年の40手目までと40手目以降に分けて、AIとの着手一致率の値を求めた。

また、各クラス・各年の40手目までと40手目以降のAIとの着手一致率について、5年毎に平均値を求め、平均値の有意差検定(分散が等しくないと仮定した場合の2標本による両側t検定, 有意水準 $\alpha=0.05$)を行った。

4.3 結果

各クラス・各年の40手目までと40手目以降のAIとの着手一致率の推移は図1, 2のようになった。40手目までは、すべてのクラスにおいて1985年度から2021年度にかけてAIとの着手一致率が7%以上上昇し、上昇幅が大きいものでは15%を超えた。40手目以降は、すべてのクラスにおいて1985年度から2021年度にかけてAIとの着手一致率が3%以上上昇し、上昇幅が大きいものでは5%を超えた。

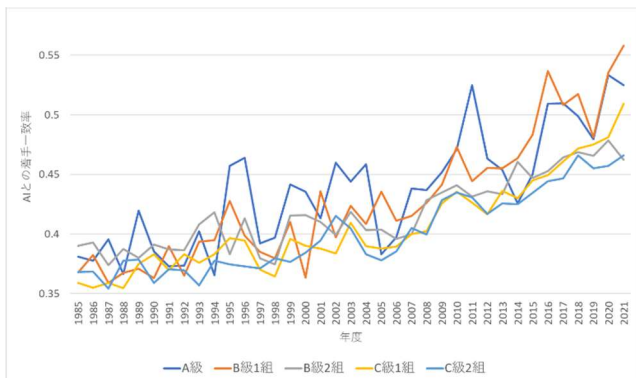


図1 40手目までのAIとの着手一致率の推移

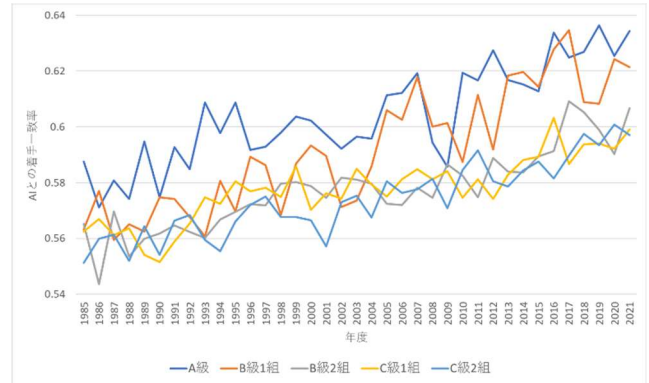


図2 40手目以降のAIとの着手一致率の推移

また、各クラス・各年の40手目までと40手目以降のAIとの着手一致率について、5年毎に平均値を求め、平均値の有意差検定を行った結果、40手目までは表1, 表2, 表3, 表4, 表5のようになり、40手目以降は表6, 表7, 表8, 表9, 表10のようになった。40手目までにおいて、5つのクラスのうち、A級, B級2組, C級1組, C級2組の4つのクラスで共通して、2012~16年の5年平均値と2017~21年の5年平均値で有意差が見られた。

表1 順位戦A級, 40手目までのAIとの着手一致率について、5年毎の平均値の2標本t検定のp値と有意差の有無

| A級 | | |
|-----------|-----------------|---------------------|
| 1987-1991 | p = 0.32(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.89(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.52(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.15(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.85(>0.05) | |
| 2012-2016 | | *p = 0.022(<0.05) ↑ |
| 2017-2021 | | |

表2 順位戦B級1組, 40手目までのAIとの着手一致率について、5年毎の平均値の2標本t検定のp値と有意差の有無

| B級1組 | | |
|-----------|------------------|------------------|
| 1987-1991 | p = 0.060(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.95(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.20(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.075(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.071(>0.05) | |
| 2012-2016 | | p = 0.075(>0.05) |
| 2017-2021 | | |

表3 順位戦B級2組, 40手目までのAIとの着手一致率について、5年毎の平均値の2標本t検定のp値と有意差の有無

| B級2組 | | |
|-----------|------------------|-----------------------|
| 1987-1991 | p = 0.065(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.82(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.62(>0.05) | |
| 2002-2006 | | *p = 0.030(<0.05) ↑ |
| 2007-2011 | p = 0.065(>0.05) | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0090(<0.05) ↑ |
| 2017-2021 | | |

表 4 順位戦 C 級 1 組, 40 手目までの AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級1組 | | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|--|
| 1987-1991 | *p = 0.024(<0.05) ↑ | | |
| 1992-1996 | | p = 0.52(>0.05) | |
| 1997-2001 | p = 0.21(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | *p = 0.019(<0.05) ↑ | |
| 2007-2011 | p = 0.095(>0.05) | | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0028(<0.05) ↑ | |
| 2017-2021 | | | |

表 5 順位戦 C 級 2 組, 40 手目までの AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級2組 | | | |
|-----------|-----------------|-----------------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.72(>0.05) | | |
| 1992-1996 | | p = 0.073(>0.05) | |
| 1997-2001 | p = 0.19(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | *p = 0.031(<0.05) ↑ | |
| 2007-2011 | p = 0.30(>0.05) | | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0015(<0.05) ↑ | |
| 2017-2021 | | | |

表 6 順位戦 A 級, 40 手目以降の AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| A級 | | | |
|-----------|---------------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | *p = 0.048(<0.05) ↑ | | |
| 1992-1996 | | p = 0.94(>0.05) | |
| 1997-2001 | p = 0.57(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | p = 0.53(>0.05) | |
| 2007-2011 | p = 0.13(>0.05) | | |
| 2012-2016 | | p = 0.12(>0.05) | |
| 2017-2021 | | | |

表 7 順位戦 B 級 1 組, 40 手目以降の AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級1組 | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.31(>0.05) | | |
| 1992-1996 | | p = 0.13(>0.05) | |
| 1997-2001 | p = 0.74(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | p = 0.12(>0.05) | |
| 2007-2011 | p = 0.21(>0.05) | | |
| 2012-2016 | | p = 0.54(>0.05) | |
| 2017-2021 | | | |

表 8 順位戦 B 級 2 組, 40 手目以降の AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級2組 | | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.25(>0.05) | | |
| 1992-1996 | | **p = 0.0053(<0.05) ↑ | |
| 1997-2001 | p = 0.88(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | p = 0.56(>0.05) | |
| 2007-2011 | *p = 0.022(<0.05) ↑ | | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0091(<0.05) ↑ | |
| 2017-2021 | | | |

表 9 順位戦 C 級 1 組, 40 手目以降の AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級1組 | | | |
|-----------|-----------------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | **p = 0.0014(<0.05) ↑ | | |
| 1992-1996 | | p = 0.42(>0.05) | |
| 1997-2001 | p = 0.57(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | p = 0.43(>0.05) | |
| 2007-2011 | p = 0.26(>0.05) | | |
| 2012-2016 | | p = 0.32(>0.05) | |
| 2017-2021 | | | |

表 10 順位戦 C 級 2 組, 40 手目以降の AI との着手一致率について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級2組 | | | |
|-----------|------------------|------------------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.29(>0.05) | | |
| 1992-1996 | | p = 0.55(>0.05) | |
| 1997-2001 | p = 0.064(>0.05) | | |
| 2002-2006 | | p = 0.15(>0.05) | |
| 2007-2011 | p = 0.73(>0.05) | | |
| 2012-2016 | | **p = 0.00078(<0.05) ↑ | |
| 2017-2021 | | | |

4.4 考察

AI との着手一致率という定量的指標において, 各クラス・各年の 40 手目までと 40 手目以降ともに年々上昇傾向にあり, 多くの棋譜に何かしらの変化が生じている可能性を示唆している。

また, 40 手目までにおいて, 5 年間ごとの平均値の推移を見たとき, 多くのクラスで 2012~16 年と 2017~2021 年の間に有意差がみられたことから, 直近の 10 年で多くの棋譜の序盤の局面に何らかの変化が生じている可能性を示唆している。

5. 実験 2 : 年代ごとの平均損失

5.1 目的

定量的指標である平均損失を用いて, 年代が進むごとに棋譜に現れる定量的変化について調べる。

5.2 方法

順位戦 44 期 (1985 年度) から 80 期 (2021 年度) のすべてのクラス (A 級, B 級 1 組, B 級 2 組, C 級 1 組, C 級 2 組) の棋譜, 計 23,403 戦分の棋譜を対象にした。水匠 4 改を用いて, 各局面の探索ノード数 7 千万ノードで探索し, 各局面の局面評価値を求めた。そして, 各局面とその次の局面の局面評価値の差を求め, 各クラス・各年の 40 手目までと 40 手目以降に分けて, 平均損失の値を求めた。

また, 各クラス・各年の 40 手目まで, 40 手目以降の平均損失について, 5 年区切りで平均値を求め, 平均値の有意差検定 (分散が等しくないと仮定した場合の 2 標本による両側 t 検定, 有意水準 $\alpha=0.05$) を行った。

5.3 結果

各クラス・各年の 40 手目までと 40 手目以降の平均損失の推移は図 3 図 4 のようになった。40 手目までは, すべて

のクラスにおいて 1985 年度から 2021 年度にかけて平均損失の値が 4.4 以上上昇し、上昇幅が大きいものでは 5.9 を超えた。40 手目以降は、5 つのクラスのうち、B 級 1 組、B 級 2 組、C 級 1 組、C 級 2 組の 4 つのクラスは、1985 年度から 2021 年度にかけて平均損失の値が 24 以上上昇し、上昇幅が大きいものでは 43 を超えた。だが、A 級は平均損失の値が 30 減少した。

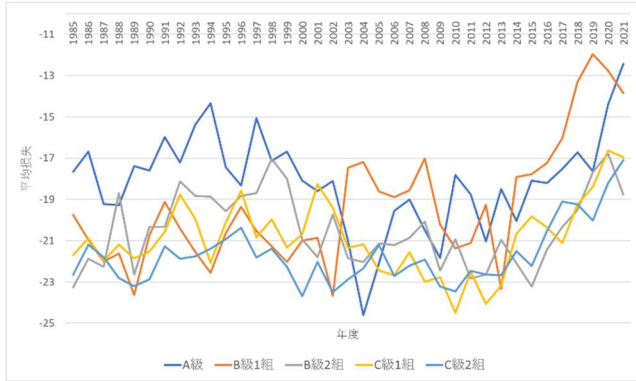


図 3 40 手目までの平均損失の推移

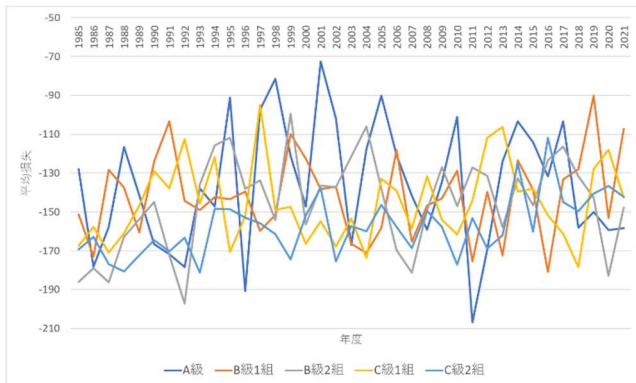


図 4 40 手目以降の平均損失の推移

また、各クラス・各年の 40 手目までと 40 手目以降の平均損失について、5 年毎に平均値を求め、平均値の有意差検定を行った結果、40 手目までは表 11、表 12、表 13、表 14、表 15 のようになり、40 手目以降は表 16、表 17 表 18 表 19 表 20 のようになった。40 手目までにおいて、5 つ全てのクラスで共通して、2012~16 年の 5 年平均値と 2017~21 年の 5 年平均値で有意差が見られた。40 手目以降は 5 年毎の平均値において、どの年代においても平均値の有意差はみられなかった。

表 11 順位戦 A 級、40 手目までの平均損失について、5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| A級 | | |
|-----------|---------------------|---------------------|
| 1987-1991 | p = 0.20(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.57(>0.05) |
| 1997-2001 | *p = 0.019(>0.05) ↓ | |
| 2002-2006 | | p = 0.29(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.67(>0.05) | |
| 2012-2016 | | *p = 0.024(<0.05) ↓ |
| 2017-2021 | | |

表 12 順位戦 B 級 1 組、40 手目までの平均損失について、5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級1組 | | |
|-----------|-----------------|-----------------------|
| 1987-1991 | p = 0.59(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.71(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.17(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.75(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.70(>0.05) | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0043(<0.05) ↓ |
| 2017-2021 | | |

表 13 順位戦 B 級 2 組、40 手目までの平均損失について、5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級2組 | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|
| 1987-1991 | *p = 0.047(<0.05) ↓ | |
| 1992-1996 | | p = 0.65(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.11(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.73(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.36(>0.05) | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0027(<0.05) ↓ |
| 2017-2021 | | |

表 14 順位戦 C 級 1 組、40 手目までの平均損失について、5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級1組 | | |
|-----------|------------------|---------------------|
| 1987-1991 | p = 0.069(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.71(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.17(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.090(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.24(>0.05) | |
| 2012-2016 | | *p = 0.027(<0.05) ↓ |
| 2017-2021 | | |

表 15 順位戦 C 級 2 組、40 手目までの平均損失について、5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級2組 | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|
| 1987-1991 | *p = 0.043(<0.05) ↓ | |
| 1992-1996 | | p = 0.080(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.62(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.80(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.18(>0.05) | |
| 2012-2016 | | **p = 0.0013(<0.05) ↓ |
| 2017-2021 | | |

表 16 順位戦 A 級、40 手目以降の平均損失について、5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| A級 | | |
|-----------|-----------------|------------------|
| 1987-1991 | p = 0.93(>0.05) | |
| 1992-1996 | | p = 0.078(>0.05) |
| 1997-2001 | p = 0.43(>0.05) | |
| 2002-2006 | | p = 0.22(>0.05) |
| 2007-2011 | p = 0.36(>0.05) | |
| 2012-2016 | | p = 0.71(>0.05) |
| 2017-2021 | | |

表 17 順位戦 B 級 1 組, 40 手目以降の平均損失について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級1組 | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.24(>0.05) | p = 0.47(>0.05) | |
| 1992-1996 | | | |
| 1997-2001 | p = 0.34(>0.05) | p = 0.90(>0.05) | |
| 2002-2006 | | | |
| 2007-2011 | p = 0.95(>0.05) | p = 0.10(>0.05) | |
| 2012-2016 | | | |
| 2017-2021 | | | |

表 18 順位戦 B 級 2 組, 40 手目以降の平均損失について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級2組 | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.20(>0.05) | p = 0.84(>0.05) | |
| 1992-1996 | | | |
| 1997-2001 | p = 0.92(>0.05) | p = 0.44(>0.05) | |
| 2002-2006 | | | |
| 2007-2011 | p = 0.52(>0.05) | p = 0.50(>0.05) | |
| 2012-2016 | | | |
| 2017-2021 | | | |

表 19 順位戦 C 級 1 組, 40 手目以降の平均損失について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級1組 | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.53(>0.05) | p = 0.91(>0.05) | |
| 1992-1996 | | | |
| 1997-2001 | p = 0.48(>0.05) | p = 0.74(>0.05) | |
| 2002-2006 | | | |
| 2007-2011 | p = 0.87(>0.05) | p = 0.22(>0.05) | |
| 2012-2016 | | | |
| 2017-2021 | | | |

表 20 順位戦 C 級 2 組, 40 手目以降の平均損失について, 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級2組 | | | |
|-----------|------------------|-----------------|--|
| 1987-1991 | p = 0.089(>0.05) | p = 0.76(>0.05) | |
| 1992-1996 | | | |
| 1997-2001 | p = 0.69(>0.05) | p = 0.80(>0.05) | |
| 2002-2006 | | | |
| 2007-2011 | p = 0.26(>0.05) | p = 0.82(>0.05) | |
| 2012-2016 | | | |
| 2017-2021 | | | |

5.4 考察

平均損失という定量的指標において, 多くのクラスでは, 各年の 40 手目までと 40 手目以降ともに年々上昇傾向にあり, 多くの棋譜に何かしらの変化が生じている可能性を示唆している.

また, 40 手目までにおいて, 5 年間ごとの平均値の推移を見たとき, すべてのクラスで 2012~16 年と 2017~2021 年の間に有意差がみられたことから, 直近の 10 年で多くの棋譜の序盤の局面に何らかの変化が生じている可能性を示唆している. また, 実験 1 での AI との着手一致率では 5 年毎の有意差が一部みられた 40 手目以降において, どの年代においても平均損失の有意差は現れなかった.

6. 実験 3 : 馬場らの研究指標を年代間のクラスごとに適用する

6.1 目的

馬場らの研究で行われていた 40 手目以降の拮抗した棋譜の局面の情報からレーティングを求める実験を基に, 年代ごとの各クラスのレーティングと相関を持つ平均損失の指標となる手数と局面評価値の閾値を求め, それらを基に年代間でのクラスの棋力を比較する.

6.2 方法

事前準備として, 2007 年度以降の順位戦と叡王戦を除く 8 大タイトル戦の予選の棋譜からランダムに抽出した 1138 個棋譜を対象とし, 各 40 手以降の局面を対象として棋譜解析を行い, 各評価値の閾値の絶対値と分析局面数に対する対局棋士のレーティングと平均損失の相関関係について求め, 閾値をどの値にすれば一番レーティングを正確に推定できるかを調べる. 順位戦は評価時に用いるため, 叡王戦は対局時間が短いため除外した.

その後, 実験 2 と同様に順位戦 44 期から 80 期のすべてのクラスの棋譜を対象とし, 水匠 4 改を用いて探索ノード数 7 千万ノードで探索し, 各局面の局面評価値を求めた. そして, 事前準備で求めた一番レーティングと平均損失の相関が高くなるような分析局面数・局面評価値の閾値の絶対値を満たす局面のみで平均損失の年代ごとの推移を求めた.

また, 各クラス・各年の 40 手目まで, 40 手目以降の平均損失について, 5 年区切りで平均値を求め, 平均値の有意差検定 (分散が等しくないと仮定した場合の 2 標本による両側 t 検定, 有意水準 $\alpha=0.05$) を行った.

6.3 結果

まず, 事前準備として馬場らの研究と同様に評価値の閾値の絶対値と分析局面数に対するレーティングと平均損失の相関を求める実験を行ったところ, 表 21 のようになった. これにより, より少ない局面で高い相関が得られている局面評価値の閾値が 600 で 50 局面数にしたときに 0.203 程度と相対的に高い値を示していることがわかる. そのため, 41~90 手目まで, かつ着手前の局面評価値の絶対値が 600 以下となるような局面のみで, 平均損失の年代ごとの推移を求めた.

表 21 評価値の閾値の絶対値と分析局面数に対するレーティングと平均損失の相関係数

| 評価値の閾値の絶対値 | 分析局面数 | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| 100 | 0.028477 | 0.050481 | 0.0815 | 0.102085 | 0.115567 | 0.117633 | 0.11014 | 0.113883 | 0.109402 | 0.104894 | 0.10562 | 0.105797 |
| 200 | 0.057615 | 0.095826 | 0.09538 | 0.100553 | 0.105097 | 0.105143 | 0.095353 | 0.101508 | 0.097082 | 0.098088 | 0.099717 | 0.097545 |
| 300 | 0.073933 | 0.100228 | 0.112373 | 0.138784 | 0.145329 | 0.137713 | 0.131657 | 0.138412 | 0.134251 | 0.133948 | 0.134581 | 0.132505 |
| 400 | 0.064546 | 0.108025 | 0.130992 | 0.165318 | 0.178444 | 0.172381 | 0.155615 | 0.146187 | 0.143446 | 0.142175 | 0.142892 | 0.130735 |
| 500 | 0.075177 | 0.103376 | 0.135480 | 0.17094 | 0.183394 | 0.175332 | 0.16253 | 0.15588 | 0.153857 | 0.151714 | 0.152723 | 0.150675 |
| 600 | 0.062376 | 0.137764 | 0.163275 | 0.189852 | 0.203267 | 0.196136 | 0.185121 | 0.1806 | 0.178395 | 0.176312 | 0.177623 | 0.175604 |
| 700 | 0.060608 | 0.123814 | 0.160881 | 0.189911 | 0.20194 | 0.196612 | 0.188683 | 0.185919 | 0.185962 | 0.184052 | 0.184862 | 0.181445 |
| 800 | 0.090742 | 0.135944 | 0.163298 | 0.190567 | 0.207568 | 0.208159 | 0.197496 | 0.195777 | 0.196628 | 0.190931 | 0.191727 | 0.188306 |
| 900 | 0.089299 | 0.138229 | 0.170059 | 0.195189 | 0.220876 | 0.213662 | 0.185529 | 0.185613 | 0.186473 | 0.181993 | 0.181424 | 0.177889 |
| 1000 | 0.088751 | 0.141958 | 0.168506 | 0.189919 | 0.224057 | 0.214075 | 0.190929 | 0.19042 | 0.191636 | 0.185856 | 0.185078 | 0.181917 |
| 1100 | 0.088844 | 0.141576 | 0.166545 | 0.202383 | 0.225918 | 0.215263 | 0.193416 | 0.192828 | 0.192859 | 0.188928 | 0.187173 | 0.183775 |
| 1200 | 0.087001 | 0.141359 | 0.165532 | 0.200518 | 0.2199 | 0.212868 | 0.189518 | 0.189138 | 0.188705 | 0.185294 | 0.183366 | 0.179359 |
| 1300 | 0.089304 | 0.143891 | 0.164758 | 0.199658 | 0.218947 | 0.211623 | 0.186826 | 0.1876 | 0.18743 | 0.185025 | 0.183778 | 0.179518 |
| 1400 | 0.092099 | 0.148595 | 0.171521 | 0.201619 | 0.226331 | 0.217125 | 0.187856 | 0.189753 | 0.189784 | 0.187374 | 0.184753 | 0.180373 |
| 1500 | 0.092282 | 0.148778 | 0.173378 | 0.19947 | 0.226004 | 0.215135 | 0.19028 | 0.191713 | 0.191354 | 0.189434 | 0.186579 | 0.182491 |
| 1600 | 0.092877 | 0.148354 | 0.172197 | 0.208158 | 0.23281 | 0.216007 | 0.193236 | 0.193607 | 0.193303 | 0.193582 | 0.190979 | 0.187654 |
| 1700 | 0.09134 | 0.142503 | 0.168776 | 0.207166 | 0.230355 | 0.218199 | 0.192559 | 0.192716 | 0.192459 | 0.193293 | 0.190462 | 0.187304 |
| 1800 | 0.091666 | 0.140324 | 0.1646 | 0.204574 | 0.227832 | 0.214569 | 0.19025 | 0.18149 | 0.181943 | 0.183767 | 0.18119 | 0.178245 |
| 1900 | 0.091181 | 0.140439 | 0.167236 | 0.193575 | 0.199449 | 0.192299 | 0.134128 | 0.136536 | 0.137907 | 0.140777 | 0.139416 | 0.137246 |
| 2000 | 0.091369 | 0.144144 | 0.173548 | 0.156587 | 0.160853 | 0.153679 | 0.136258 | 0.138148 | 0.139552 | 0.142376 | 0.141338 | 0.139396 |

各クラス・各年の 41~90 手目まで、かつ着手前の局面評価値の絶対値が 600 以下となるような局面のみで、平均損失の年代ごとの推移を求めたところ、図 5 のようになった。

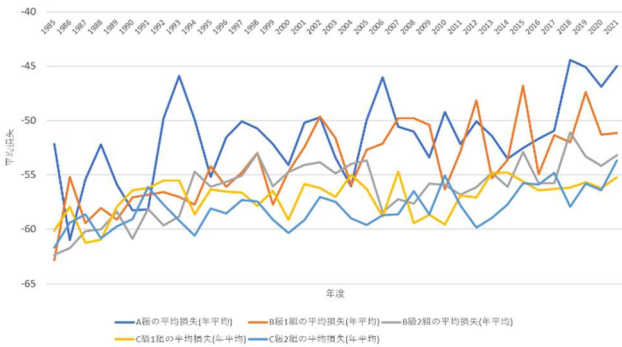


図 5 41~90 手目まで、かつ着手前の評価値の絶対値が 600 以下の局面において、平均損失の年平均の推移

また、各クラス・各年の 41~90 手目まで、かつ着手前の局面評価値の絶対値が 600 以下となるような局面のみで、平均損失について、5 年毎に平均値を求め、平均値の有意差検定を行った結果、表 22、表 23、表 24、表 25、表 26 のようになった。A 級は、2012~16 年の 5 年平均値と 2017~21 年の 5 年平均値で有意差が見られたが、他のクラスはどの年代においても平均値の有意差はみられなかった。

表 22 順位戦 A 級, 41~90 手まで、かつ着手前の評価値の絶対値が 600 以下の局面において、平均損失の 5 年毎の平均値の 2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| A級 | | |
|-----------|-----------------------|-----------------|
| 1987-1991 | *p = 0.02(<0.05) ↑ | p = 0.58(>0.05) |
| 1992-1996 | | |
| 1997-2001 | p = 0.83(>0.05) | |
| 2002-2006 | | |
| 2007-2011 | p = 0.55(>0.05) | |
| 2012-2016 | | |
| 2017-2021 | **p = 0.0071(<0.05) ↓ | |

表 23 順位戦 B 級 1 組, 41~90 手まで、かつ着手前の評価値の絶対値が 600 以下の局面において、平均損失の 5 年毎の平均値の

2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級1組 | | |
|-----------|------------------|-----------------|
| 1987-1991 | p = 0.057(>0.05) | p = 0.15(>0.05) |
| 1992-1996 | | |
| 1997-2001 | p = 0.16(>0.05) | |
| 2002-2006 | | |
| 2007-2011 | p = 0.98(>0.05) | |
| 2012-2016 | | |
| 2017-2021 | p = 0.58(>0.05) | |

表 24 順位戦 B 級 2 組, 41~90 手まで、かつ着手前の評価値の絶対値が 600 以下の局面において、平均損失の 5 年毎の平均値の

2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| B級2組 | | |
|-----------|------------------|------------------|
| 1987-1991 | p = 0.059(>0.05) | p = 0.070(>0.05) |
| 1992-1996 | | |
| 1997-2001 | p = 0.74(>0.05) | |
| 2002-2006 | | |
| 2007-2011 | p = 0.069(>0.05) | |
| 2012-2016 | | |
| 2017-2021 | p = 0.13(>0.05) | |

表 25 順位戦 C 級 1 組, 41~90 手まで、かつ着手前の評価値の絶対値が 600 以下の局面において、平均損失の 5 年毎の平均値の

2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級1組 | | |
|-----------|------------------|-----------------|
| 1987-1991 | p = 0.14(>0.05) | p = 0.43(>0.05) |
| 1992-1996 | | |
| 1997-2001 | p = 0.57(>0.05) | |
| 2002-2006 | | |
| 2007-2011 | p = 0.086(>0.05) | |
| 2012-2016 | | |
| 2017-2021 | p = 0.72(>0.05) | |

表 26 順位戦 C 級 2 組, 41~90 手まで、かつ着手前の評価値の絶対値が 600 以下の局面において、平均損失の 5 年毎の平均値の

2 標本 t 検定の p 値と有意差の有無

| C級2組 | | |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 1987-1991 | p = 0.96(>0.05) | p = 0.84(>0.05) |
| 1992-1996 | | |
| 1997-2001 | p = 0.68(>0.05) | |
| 2002-2006 | | |
| 2007-2011 | p = 0.78(>0.05) | |
| 2012-2016 | | |
| 2017-2021 | p = 0.12(>0.05) | |

6.4 考察

A 級は、2012~16 年の 5 年平均値と 2017~21 年の 5 年平均値で有意差が見られたが、他のクラスはどの年代においても平均値の有意差はみられなかったため、馬場らの研究から、A 級の直近 10 年間の棋力は変化しているが、他の年代や他のクラスの棋力は変化していない可能性を示唆している。

また、実験 1 の AI との着手一致率において、順位戦の

すべてのクラスにて 2012~16 年の 5 年平均値と 2017~21 年の 5 年平均値で有意差が見られ、上昇傾向にあったが、今回のレーティングと相関関係のある条件付き平均損失の指標においては、A 級の 2012~16 年の 5 年平均値と 2017~21 年の 5 年平均値でしか有意差が見られなかった。このことから、A 級は将棋 AI を用いた将棋研究にて AI との着手一致率を上昇し、棋力を上げることもできているが、他のクラスは将棋 AI を用いた将棋研究にて AI との着手一致率を上昇させているが、あまり棋力を上げられていないという可能性を示唆している。

7. おわりに

本研究では、棋譜の年代ごとの定量的変化について将棋 AI を用いて調査したところ、AI との着手一致率においては 40 手目まで・40 手目以降ともに年々上昇しており、平均損失においては 40 手目までにおいて、直近の 10 年間で順位戦の 5 つのクラスすべてが変化していることが確認できた。また、馬場らの研究と同様の指標を用いたところ、A 級は将棋 AI を用いた将棋研究にて AI との着手一致率を上昇し、棋力を上げることもできているが、他のクラスは将棋 AI を用いた将棋研究にて AI との着手一致率を上昇させているが、あまり棋力を上げられていないという可能性が示唆された。

今後は、順位戦の同じクラスに所属する棋士でもレーティングが飛びぬけて高い棋士もいるため、特に棋力の高い棋士や、将棋 AI を積極的に利用している棋士に絞って、棋譜に定量的変化が起きているかなどについて調査していきたい。

謝辞

本研究で用いた棋譜は日本将棋連盟様から提供を受けた棋譜データベースを用いたものです。また、プロ棋士と将棋 AI の関係についてのお話を聞かせてくださった日本将棋連盟プロ棋士の勝又清和七段に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 小谷善行：第 3 回将棋電王戦を振り返って：3. コンピュータ将棋の棋力の客観的分析-人間のトップに到達したか？-、情報処理, Vol.55, No.8, pp.851-852 (2014).
- [2] 松原仁：コンピュータ将棋プロジェクトの終了宣言, 情報処理, Vol.56, No.11, pp.1054-1055 (2015).
- [3] 西尾明：コンピュータは将棋をどう変えたか？, マイナビ将棋 BOOKS, (2018).
- [4] Minkyu Shin, Jin Kim, Minkyung Kim, Measuring Human Adaptation to AI in Decision Making : Application to Evaluate Changes after AlphaGo (2020).
- [5] 山下宏：将棋名人のレーティングと棋譜分析, 第 19 回ゲームプログラミングワークショップ, pp.9-16 (2014).
- [6] 馬場匠, 伊藤毅志：少ない棋譜からの将棋プレイヤー棋力推定手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.61, No.6, pp.1190-1199 (2020).
- [7] 水匠 4,

- <https://drive.google.com/file/d/1YwqmlQhfnRZDSrpISYNa4HvQaS9tEqvy/view> (2021/07/18 公開) (2021/10/03 : 最終確認)
- [8] 水匠 4 改,
https://drive.google.com/file/d/1uDezE_TB1m0Zxz0vJbB0pdCzpT-D6U/view (2021/08/26 公開) (2021/10/03 : 最終確認)
- [9] dlshogi,
https://github.com/TadaoYamaoka/DeepLearningShogi/releases/tag/dr2_exhi (2022/08/16 公開) (2021/10/03 : 最終確認)