

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

研究科・専攻	大学院 情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻 博士前期課程		
氏 名	齋藤 雅史	学籍番号	2131074
論 文 題 目	人間を超える将棋 AI の出現がプロ棋士の棋譜に与える定量的変化の分析		
<p>要 旨</p> <p>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。</p> <p>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。具体的には、将棋 AI が示す手との一致率と一手指すごとに AI から見てどの程度評価値を下げているかを示す平均損失を指標に棋譜の分析を行った。その結果、1985 年度以降の順位戦の棋譜においては、人間を超える将棋 AI の出現に関わらず、年代が進むごとに AI との一致率については向上が見られた。詳細に調べると、プロ棋士が将棋 AI を将棋研究に利用し始めたと思われる 2017 年前後から序盤の局面において顕著に一致率も平均損失も大きくなっていることが判明し、将棋 AI がプロ棋士の棋譜に影響を与えている可能性が示唆された。また、棋力に関係する指標である中盤の拮抗した局面における平均損失については、将棋 AI の出現に関わらず変化していないことも明らかになった。また、プロ棋士全体の順位戦の棋譜とレーティング上位のプロ棋士の全試合の棋譜を用いた定量的分析から、棋力が高ければ高いほど、一致率も平均損失も高くなることが示された。藤井聡太氏の中盤の拮抗した局面における平均損失は、トッププレイヤーの中でも突出した値を示すことがわかり、本指標が強さを表す指標として優れていることが再確認された。</p>			

令和四年度 修士論文

人間を超える将棋 AI の出現がプロ棋士の
棋譜に与える定量的変化の分析

電気通信大学 情報理工学研究科
情報・ネットワーク工学専攻

学籍番号 2131074

氏名 齋藤 雅史

指導教員 伊藤 毅志 准教授

副指導教員 佐藤 証 教授

目次

1 章	はじめに.....	1
1.1	研究背景	1
1.2	目的	1
1.3	本論文の構成.....	1
2 章	関連研究.....	3
2.1	囲碁 AI を用いたプロ棋士の棋譜に現れる定量的変化の分析	3
2.2	将棋 AI を用いた棋力やレーティングの推定	3
2.2.1	山下の研究.....	3
2.2.2	馬場らの研究	4
3 章	分析の方針	5
3.1	定量的指標	5
3.2	分析に用いる将棋 AI の設定.....	5
3.3	棋譜解析対象とする棋譜.....	6
3.4	分析方針	7
4 章	順位戦の棋譜の定量的分析.....	9
4.1	AI との着手一致率	9
4.1.1	目的.....	9
4.1.2	方法.....	9
4.1.3	結果.....	9
4.2	平均損失	18
4.2.1	目的.....	18
4.2.2	方法.....	18
4.2.3	結果.....	19
4.3	条件付き平均損失	28
4.3.1	目的.....	28
4.3.2	方法.....	28
4.3.3	結果.....	29
4.4	順位戦の棋譜の定量的分析の全体を通しての考察.....	32
5 章	上位のプロ棋士の棋譜の定量的分析.....	33
5.1	順位戦全体との比較.....	33
5.1.1	目的.....	33

5.1.2	方法.....	33
5.1.3	結果.....	34
5.2	各人の条件付き平均損失.....	38
5.2.1	目的.....	38
5.2.2	方法.....	38
5.2.3	結果.....	40
5.3	上位プロ棋士の棋譜の定量的分析に関する考察	43
6 章	渡辺明氏へのインタビュー.....	44
6.1	プロ棋士の将棋 AI を利用した将棋研究について	44
6.1.1	プロ棋士が将棋 AI を利用し始めた時期	44
6.1.2	プロ棋士の将棋 AI の利用方法	44
6.1.3	将棋 AI を利用していないプロ棋士への影響.....	44
6.1.4	将棋研究で利用している将棋 AI の種類	45
6.2	順位戦の定量的データについて	45
6.2.1	序盤の AI との着手一致率.....	45
6.2.2	序盤の平均損失.....	45
6.2.3	40 手目以降の各定量的指標	46
6.2.4	2019 年度の 40 手目までの AI との着手一致率がかなり低い値となっている点..	46
6.2.5	条件付き平均損失	47
7 章	おわりに.....	48
8 章	謝辞.....	49
	参考文献.....	50
	付録 A 順位戦のクラスごとの定量的分析.....	51
	AI との着手一致率	51
	平均損失	68
	条件付き平均損失.....	86

1章 はじめに

1.1 研究背景

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、AI がトッププロに勝利を収めた。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ている。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以降、プロ棋士に迫る将棋 AI が生まれるようになり、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]。

それに伴って、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つつある。高性能な PC を購入して、人間同士の将棋の研究を止め将棋 AI との研究を中心に行うことを公言しているプロ棋士も現れるようになってきている。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散見されるようになってきている [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 から戦い方を学んでいるのではないかとと思われる事例が増えてきている。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った研究は筆者が調べる限りない。

1.2 目的

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ことを目的とする。また、定量的分析の結果をプロ棋士の方々に見せ、将棋 AI がどのような影響を及ぼしたのかについて、トッププロ棋士の方にインタビューを行うことを通して考察する。

1.3 本論文の構成

第 2 章では本論文の関連研究について述べる。第 3 章では具体的な定量的分析の方針について述べる。第 4 章で順位戦の棋譜の定量的分析の結果について、第 5 章で上位のプロ棋士の棋譜の定量的分析の結果について記述する。第 6 章では名人である渡辺明氏に定量的分析の結果についてのインタビューを行った際の内容について記載する。最後に、第 7 章で

本論文の結論と今後の展望について述べる.

2章 関連研究

2.1 囲碁 AI を用いたプロ棋士の棋譜に現れる定量的変化の分析

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るオープンソースの囲碁 AI の出現した時期の前後で、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.

この研究は、AI の実力がプロを超えるようになることでプロが AI を自身の学習に取り入れるようになった二人完全情報確定零和ゲームにおいて、AI を用いた定量的分析を利用することで AI の手に近い評価の手が多く選ばれるようになったかを調べることができることを示している.

2.2 将棋 AI を用いた棋力やレーティングの推定

将棋 AI を用いて棋譜を定量的に分析することで棋力やレーティングの推定を行った研究として、2 つの研究がある.

2.2.1 山下の研究

将棋 AI を用いて棋譜を定量的に分析することを通して、棋力やレーティングの推定を行った研究として、山下の研究が挙げられる[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. 平均悪手の定義は以下のとおりである.

$$\text{(平均悪手)} = \frac{\sum \left(\min \left(\left(\left(\text{(着手後の局面評価値)} - \left(\text{(着手前の局面評価値)} \right) \right), 0 \right) \right) \right)}{\text{(分析対象となる総局面数)}} \quad (1)$$

山下の研究は、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。

2.2.2 馬場らの研究

山下の研究を受けて、将棋 AI を用いて棋力を推定する研究として馬場らの研究がある[6]。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、山下の先行研究と比べて非常に少ない 4 局程度の棋譜から非常に正確に棋力を推定できることを示した。平均損失の定義は以下のとおりである。

$$\left(\text{平均損失} \right) = \frac{\sum \left(\left(\text{着手後の局面評価値} \right) - \left(\text{着手前の局面評価値} \right) \right)}{\left(\text{分析対象となる総局面数} \right)} \quad (2)$$

馬場らの研究は、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。

3章 分析の方針

本研究では、人間を超える将棋 AI の出現がプロ棋士の棋譜に影響を与えたかについて、棋譜解析を用いて棋譜を定量的に分析することを通して調べる。そのため、実際にどのように定量的分析を行うかについての方針について記述する。

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(2)）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(3)）の 2 つの指標を用いて、棋譜を定量的に分析した。AI との着手一致率の定義は以下の通りである。

$$(\text{AI との着手一致率}) = \frac{(\text{将棋 AI の示す最善手を指した数})}{(\text{分析対象となる総局面数})} \quad (3)$$

3.2 分析に用いる将棋 AI の設定

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。将棋 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。ここで、平均損失の式(2)内の着手後の局面評価値は、その局面から将棋 AI が 7 千万ノード探索した結果の局面評価値とした。

複数の異なる将棋 AI で棋譜解析を行ったとき、定量的指標における違いが現れるのかについて確かめるために、予備調査として異なる将棋 AI を用いて棋譜解析を行った。2010 年度から 2019 年度までの順位戦 B 級 1 組の各棋譜の 40 手目までを対象に、3 つの将棋 AI での着手一致率を比較した。水匠 4 改の他に、2017 年 5 月に行われた第 27 回世界コンピュータ将棋選手権で優勝した将棋 AI 「elmo」[10]と 2020 年 5 月に行われた世界コンピュータ将棋オンライン大会で優勝した将棋 AI 「水匠 2」[11]を用いて、1 手を 7 千万ノードで探索させ、各局面での最善手を求め、各年度での AI との着手一致率の平均値を求めた。結果、AI ごとの着手一致率の推移は図 1 のようになった。

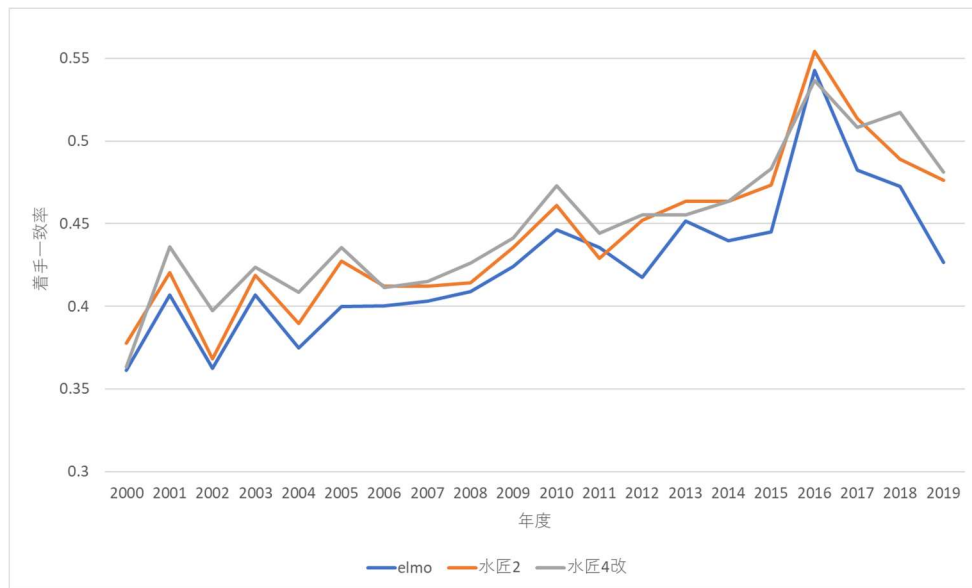


図 1 順位戦 B 級 1 組の各棋譜 40 手目までの AI ごとの着手一致率の推移

3 つの AI ごとの着手一致率の 5 年間ごとの平均値について、有意水準 $\alpha = 0.05$ にて一元配置分散分析を行ったところ、各 p 値は表 1 のようになった。

表 1 順位戦 B 級 1 組の各棋譜 40 手目までの AI ごとの着手一致率の各 5 年平均値の一元配置分散分析での各 p 値

	p 値
2000-2004	0.3657
2005-2009	0.06037
2010-2014	0.07011
2015-2019	0.3320

すべての 5 年間平均値の一元配置分散分析において $p > 0.05$ のため、2000 年度から 2019 年度までの 20 年分の 3 つの AI ごとの着手一致率の 5 年ごとの平均値に有意差が存在しないことが判明した。この結果から、異なる将棋 AI を用いて定量的分析を行っても大きな差はないと仮定できるため、本研究においては最新の水匠 4 改のみで解析を行うこととする。

3.3 棋譜解析対象とする棋譜

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)の全てのクラス(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全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いため。

また、2022年11月時点でのプロ棋士ランキング[12]の上位10名の、2017年度から2021年12月までの公式戦全試合の棋譜も対象とした。具体的には以下の通りである。

- 藤井聡太氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計303個
- 渡辺明氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計228個
- 豊島将之氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計279個
- 永瀬拓矢氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計274個
- 羽生善治氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計233個
- 広瀬章人氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計220個
- 服部慎一郎氏：2020年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計82個
- 菅井竜也氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計211個
- 佐藤天彦氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計183個
- 稲葉陽氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜，計187個

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言われる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、徐々に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。そして、2011年以降は2017年まではほぼ毎年、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。

具体的な分析方針を決めるため、事前に将棋AIを用いた将棋研究に造詣が深い勝又清和七段にプロ棋士の将棋AIの利用状況についてお話をうかがったところ、2017年頃から

棋譜の再生を行う GUI ソフト上にて、任意の局面における将棋 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いう指摘もいただいた。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とのことであった。

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、この時期からプロ棋士の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。特にこの時期に棋譜に変化が現れているかどうかを明らかにする。

また、序盤についての定量的変化についても調べる。従来の研究から、将棋における序盤は約 40 手と考えられているため、初手から最終手までの全体のデータだけでなく、40 手までと 40 手目以降に分けた定量的指標における変化も調べることとする。

さらに、馬場らの研究で用いていた、棋力と相関のあるとされる 40 手目以降の拮抗した局面における平均損失（以下、条件付き平均損失）についても調べる。これにより、AI 登場前後の年代間のプロ棋士の棋力の比較を行う。

上位 10 人のプロ棋士の棋譜については、各定量的指標において、順位戦全体との間に有意差がみられるのかを調べる。また、順位戦全体と上位 10 人の各個人間に条件付き平均損失という定量的指標において、有意差がみられるのかについても調べる。

4章 順位戦の棋譜の定量的分析

4.1 AI との着手一致率

4.1.1 目的

定量的指標である AI との着手一致率を用いて、年代が進むごとに順位戦の棋譜に現れる定量的変化について調べる。特に AI 登場の 2017 年前後の定量的分析を行う。

4.1.2 方法

順位戦 44 期（1985 年度）から 80 期（2021 年度）の全てのクラス（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。その後、実際にプロ棋士が行った着手と同じであるかを各局面で比較し、棋譜ごとに AI との着手一致率を算出した。そして、各年度での順位戦の棋譜全体の AI との着手一致率の平均値を求めた。また、順位戦のクラスごとの棋譜の AI との着手一致率の平均値も求めた。さらに、これらの棋譜について、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。

その後、1987 年度から 2021 年度までの 35 年分のデータについて、5 年ごとの平均値に差があるのかについて調べた。具体的には、5 年ごとの AI との着手一致率の母集団が正規分布に従い、母分散が等しいと仮定する。5 年ごとの計 7 群のデータについて、Tukey 法による多重比較を行い、各群間の母平均が異なるかを求めた。多重比較での有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

4.1.3 結果

AI との着手一致率（初手から最終手まで）

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜の AI との着手一致率の推移は図 2 のようになった。1985 年度から 2021 年度にかけて、AI との着手一致率は 7.377% 上昇した。

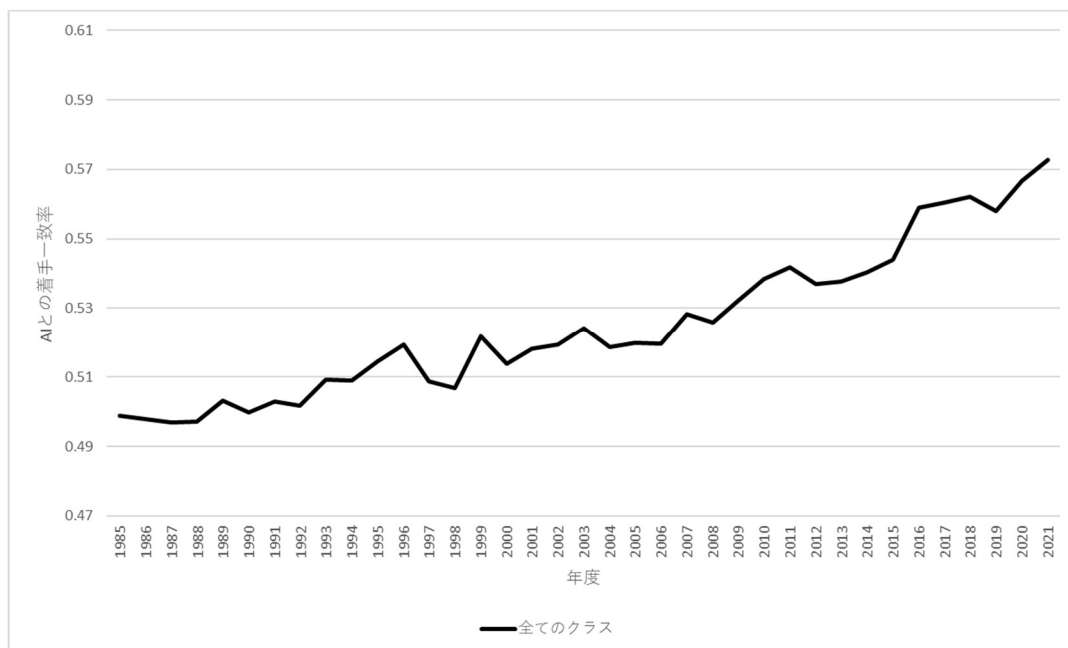


図 2 順位戦の全てのクラスの AI との着手一致率の推移

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 2 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 2 順位戦の全てのクラスの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.4970	0.5017	0.5088	0.5193	0.5282	0.5369	0.5605
2年目	0.4971	0.5092	0.5067	0.5241	0.5258	0.5377	0.5621
3年目	0.5033	0.5089	0.5217	0.5186	0.5321	0.5403	0.5580
4年目	0.4998	0.5144	0.5138	0.5199	0.5385	0.5441	0.5667
5年目	0.5029	0.5194	0.5181	0.5197	0.5419	0.5589	0.5727
平均値	0.5000	0.5107	0.5138	0.5203	0.5333	0.5436	0.5640
分散値	0.000009070	0.00004396	0.00003907	4.731E-06	0.00004634	0.00008083	0.00003342

表 2 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 3 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 3 表 2 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	23.60
b-g	19.65
c-g	18.51
d-g	16.11
e-g	11.33
f-g	7.534
a-f	16.07
b-f	12.12
c-f	10.98
d-f	8.578
e-f	3.792
a-e	12.27
b-e	8.323
c-e	7.185
d-e	4.785
a-d	7.489
b-d	3.538
c-d	2.400
a-c	5.089
b-c	1.138
a-b	3.951

表 3 より、1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜において、AI との着手一致率は有意に上昇傾向にあることが判明した。また、順位戦の全てのクラスの棋譜において、2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の AI との着手一致率の平均値は、その他すべての AI との着手一致率の 5 年間の平均値と比較して、有意に上昇していることが判明した。一方、2012 年度から 2016 年度までの 5 年間の AI との着手一致率の平均値は、それまでの各 5 年間の平均値に比べて緩やかに上昇しているものの、2007 年度から 2011 年度までの 5 年間の AI との着手一致率の平均値との間では有意差は見られなかった。また、2007 年度から 2011 年度までの 5 年間の AI との着手一致率の平均値は、2006 年度以前のすべての AI との着手一致率の 5 年間の平均値と比較して、有意に上昇していることが判明した。一方、2006 年度以前の各 5 年間の AI との着手一致率の平均値では直近の 5 年間との間では有意差は見られなかった。このことは、2017 年度から 2021 年度までの 5 年間と 2007 年度から 2011 年度までの 5 年間の AI との着手一致率は、他の 5 年間の一致

率の上昇に比べて顕著な上昇であることを示している。

各年の順位戦のクラスごとの棋譜における、AI との着手一致率の推移は図 3 のようになった。1985 年度から 2021 年度にかけて、A 級は 7.990%、B 級 1 組は 10.20%、B 級 2 組は 5.134%、C 級 1 組は 7.429%、C 級 2 組は 6.133% 上昇した。順位戦のクラスごとの AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ、全てのクラスでの結果と同様に緩やかに上昇する傾向がみられた。詳細なデータは付録 A に記載している。

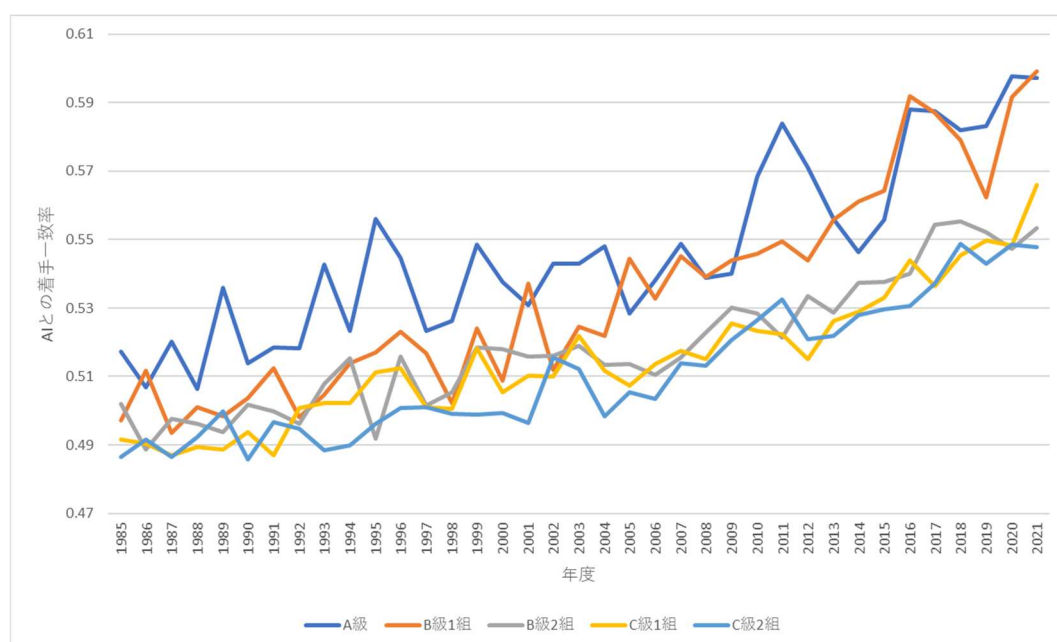


図 3 順位戦のクラスごとの AI との着手一致率の推移

40 手目までの AI との着手一致率

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜における、40 手目までの AI との着手一致率の推移は図 4 のようになった。1985 年度から 2021 年度にかけて、40 手目までの AI との着手一致率は 13.09% 上昇した。

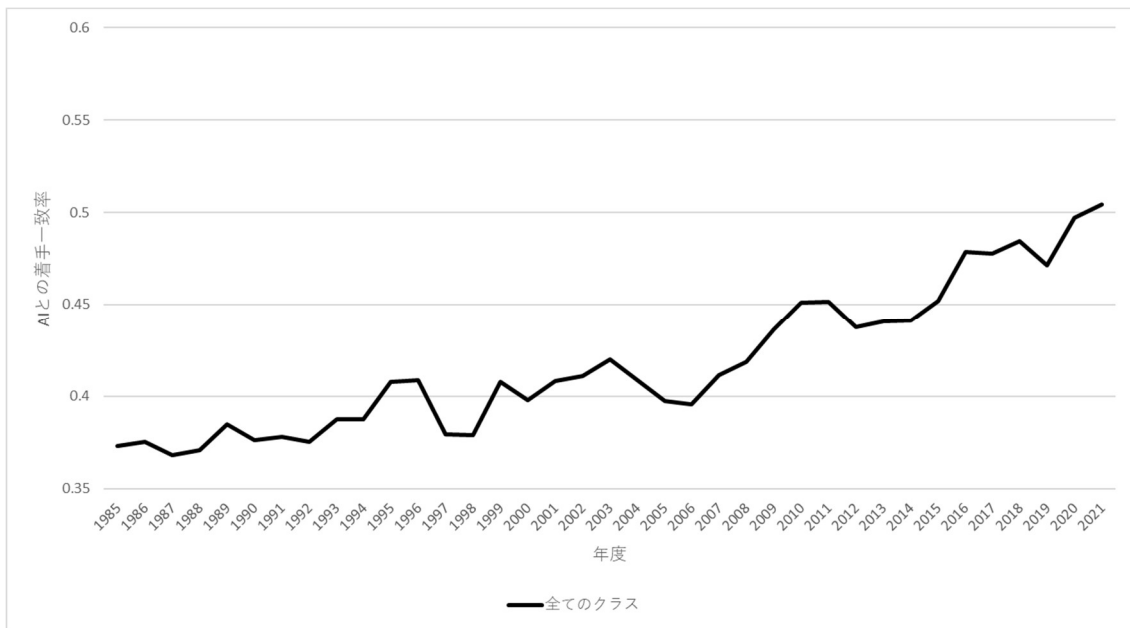


図 4 順位戦の全てのクラスの 40 手目までの AI との着手一致率の推移

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における 40 手目までの AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 4 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 4 順位戦の全てのクラスの 40 手目までの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.3683	0.3756	0.3796	0.4111	0.4116	0.4376	0.4779
2年目	0.3706	0.3873	0.3790	0.4201	0.4186	0.4408	0.4846
3年目	0.3848	0.3877	0.4080	0.4085	0.4363	0.4410	0.4713
4年目	0.3763	0.4078	0.3979	0.3976	0.4510	0.4520	0.4970
5年目	0.3780	0.4086	0.4082	0.3958	0.4515	0.4785	0.5041
平均値	0.3756	0.3934	0.3945	0.4066	0.4338	0.4500	0.4870
分散値	4.217E-05	0.0002060	0.0002114	0.0001002	0.0003358	0.0002836	0.0001822

表 4 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 5 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 5 表 4 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	17.86
b-g	15.00
c-g	14.82
d-g	12.88
e-g	8.526
f-g	5.934
a-f	11.92
b-f	9.070
c-f	8.890
d-f	6.949
e-f	2.592
a-e	9.330
b-e	6.478
c-e	6.298
d-e	4.358
a-d	4.973
b-d	2.120
c-d	1.940
a-c	3.032
b-c	0.1800
a-b	2.852

表 5 より、1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜において、40 手目までの AI との着手一致率は有意に上昇傾向にあることが判明した。また、順位戦の全てのクラスの棋譜において、2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目までの AI との着手一致率の平均値は、その他すべての 40 手目までの AI との着手一致率の 5 年間の平均値と比較して、有意に上昇していることが判明した。一方、2012 年度から 2016 年度までの 5 年間の 40 手目までの AI との着手一致率の平均値は、それまでの各 5 年間の平均値に比べて緩やかに上昇しているものの、2007 年度から 2011 年度までの 5 年間の 40 手目までの AI との着手一致率の平均値との間では有意差は見られなかった。同様に、それ以前の各 5 年間の 40 手目までの AI との着手一致率の平均値でも直近の 5 年間との間では有意差は見られなかった。このことは、2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目までの AI との着手一致率は、他の 5 年間の一致率の上昇に比べて顕著な上昇であることを示している。

各年の順位戦のクラスごとの棋譜の 40 手目までの AI との着手一致率の推移は図 5 のようになった[15]. 1985 年度から 2021 年度にかけて, A 級は 14.41%, B 級 1 組は 19.00%, B 級 2 組は 7.192%, C 級 1 組は 15.03%, C 級 2 組は 9.811%上昇した. 順位戦のクラスごとの 40 手目までの AI との着手一致率について, 5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ, 全てのクラスと同様に緩やかに上昇する傾向がみられた. 詳細なデータは付録 A に記載している.

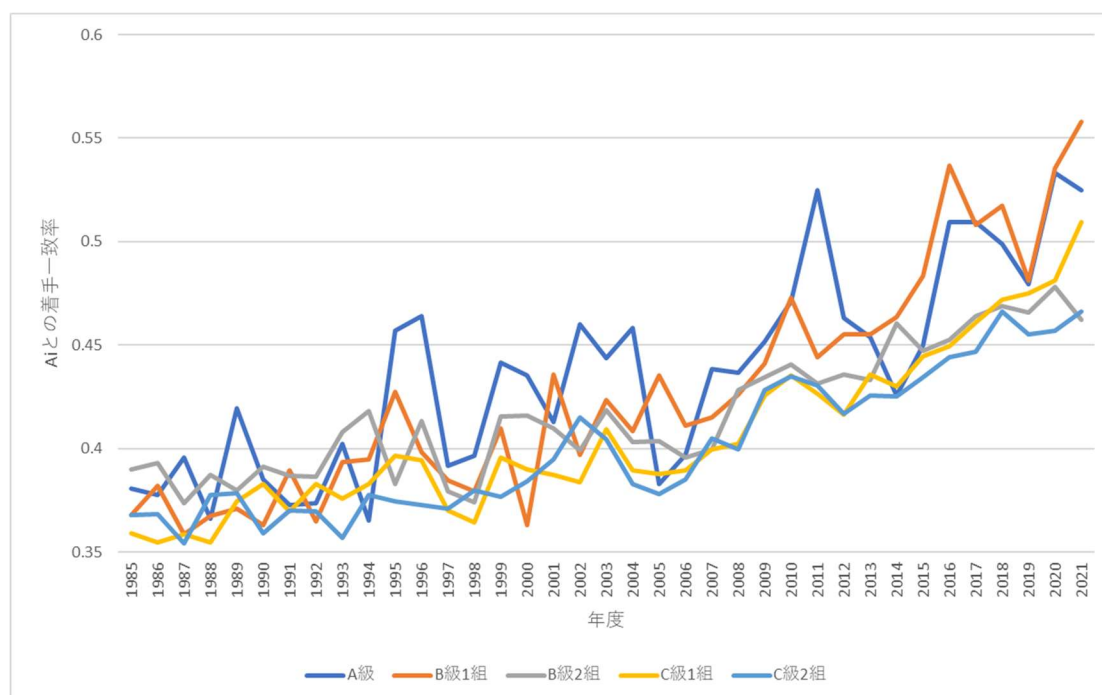


図 5 順位戦のクラスごとの 40 手目までの AI との着手一致率の推移

40 手目以降の AI との着手一致率

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜における, 40 手目以降の AI との着手一致率の推移は図 6 のようになった. 1985 年度から 2021 年度にかけて, 40 手目以降の AI との着手一致率は 4.584%上昇した.

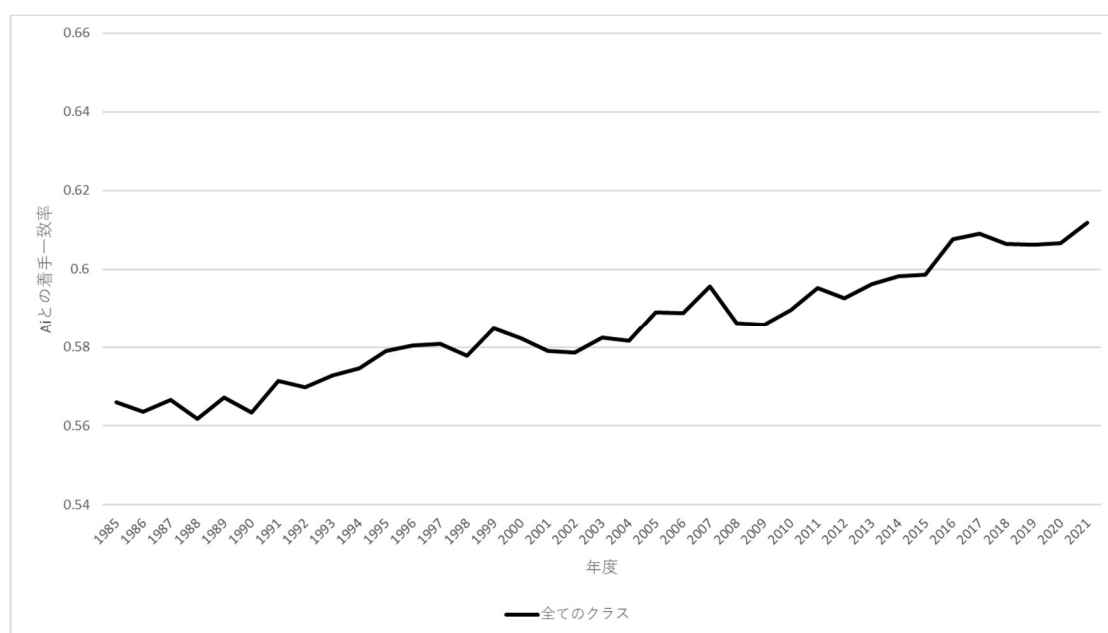


図 6 順位戦の全てのクラスの 40 手目以降の AI との着手一致率の推移

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における 40 手目以降の AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 6 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 6 順位戦の全てのクラスの 40 手目以降の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5665	0.5697	0.5808	0.5785	0.5956	0.5926	0.6090
2年目	0.5617	0.5728	0.5777	0.5823	0.5863	0.5961	0.6065
3年目	0.5671	0.5746	0.5848	0.5816	0.5857	0.5983	0.6062
4年目	0.5634	0.5789	0.5822	0.5891	0.5897	0.5987	0.6066
5年目	0.5713	0.5804	0.5789	0.5889	0.5952	0.6076	0.6118
平均値	0.5660	0.5753	0.5809	0.5841	0.5905	0.5986	0.6080
分散値	0.00001390	0.00001933	0.000007840	0.00002204	0.00002219	0.00003066	5.650E-06

表 6 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 7 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 7 表 6 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	22.54
b-g	17.56
c-g	14.54
d-g	12.85
e-g	9.409
f-g	5.032
a-f	17.51
b-f	12.53
c-f	9.512
d-f	7.814
e-f	4.377
a-e	13.13
b-e	8.151
c-e	5.135
d-e	3.437
a-d	9.698
b-d	4.714
c-d	1.699
a-c	7.999
b-c	3.016
a-b	4.983

表 7 より、1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜において、40 手目以降の AI との着手一致率は有意に上昇傾向にあることが判明した。また、順位戦の全てのクラスの棋譜において、2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目以降の AI との着手一致率の平均値は、その他すべての 40 手目以降の AI との着手一致率の 5 年間の平均値と比較して、有意に上昇していることが判明した。一方、2012 年度から 2016 年度までの 5 年間の 40 手目以降の AI との着手一致率の平均値は、それまでの各 5 年間の平均値に比べて緩やかに上昇しているものの、2007 年度から 2011 年度までの 5 年間の 40 手目以降の AI との着手一致率の平均値との間では有意差は見られなかった。同様に、それ以前の各 5 年間の 40 手目以降の AI との着手一致率の平均値でも直近の 5 年間との間では有意差は見られなかった。このことは、2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目以降の AI との着手一致率は、他の 5 年間の一致率の上昇に比べて顕著な上昇であることを示している。

各年の順位戦のクラスごとの棋譜の 40 手目以降の AI との着手一致率の推移は図 7 のようになった[15]. 1985 年度から 2021 年度にかけて, A 級は 4.689%, B 級 1 組は 5.819%, B 級 2 組は 4.163%, C 級 1 組は 3.665%, C 級 2 組は 4.585%上昇した. 順位戦のクラスごとの 40 手目以降の AI との着手一致率について, 5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ, 全てのクラスと同様に緩やかに上昇する傾向がみられた. 詳細なデータは付録 A に記載している.

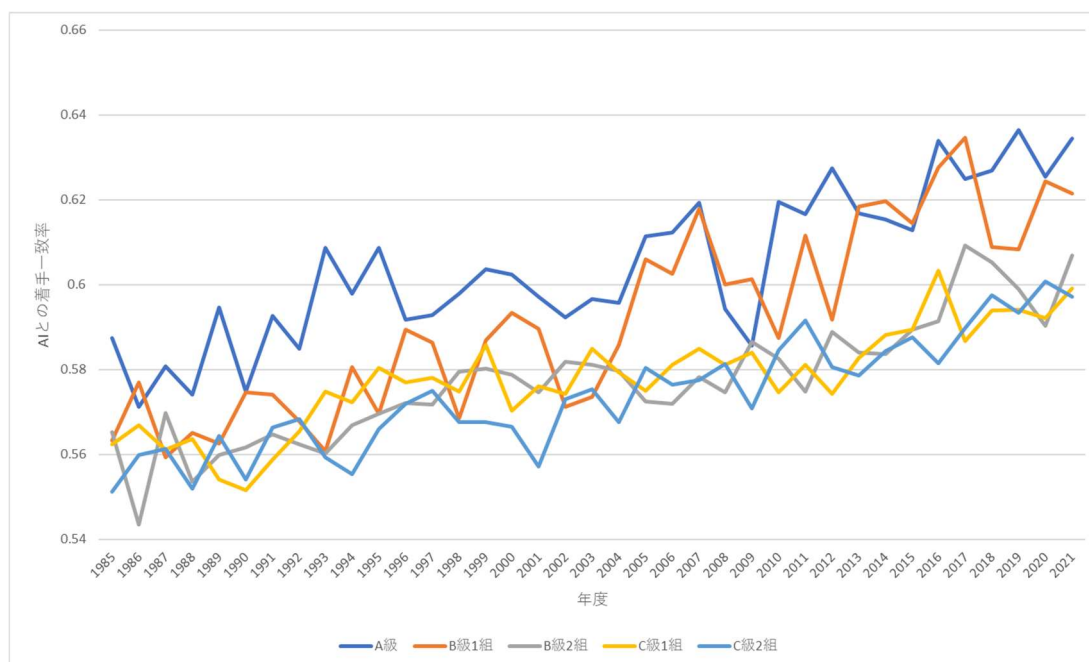


図 7 順位戦のクラスごとの 40 手目以降の AI との着手一致率の推移

4.2 平均損失

4.2.1 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. 特に AI 登場の 2017 年前後の定量的分析を行う.

4.2.2 方法

順位戦 44 期 (1985 年度) から 80 期 (2021 年度) の全てのクラス (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, 各局面での局面評価値を求めた. その後, 各局面とその次の局面の局面評価値の差を求め, 棋譜ごとに平均損失を算出した. この

とき、次の局面で水匠4改が詰みとした局面は除外した。そして、各年度での順位戦の棋譜全体の平均損失の平均値を求めた。また、順位戦のクラスごとの棋譜の平均損失の平均値も求めた。さらに、これらの棋譜について、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。

その後、1987年度から2021年度までの35年分のデータについて、5年ごとの平均値に差があるのかについて調べた。具体的には、5年ごとの平均損失の母集団が正規分布に従い、母分散が等しいと仮定する。5年ごとの計7群のデータについて、Tukey法による多重比較を行い、各群間の母平均が異なるかを求めた。多重比較での有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

4.2.3 結果

平均損失（初手から最終手まで）

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜の平均損失の推移は図8のようになった。

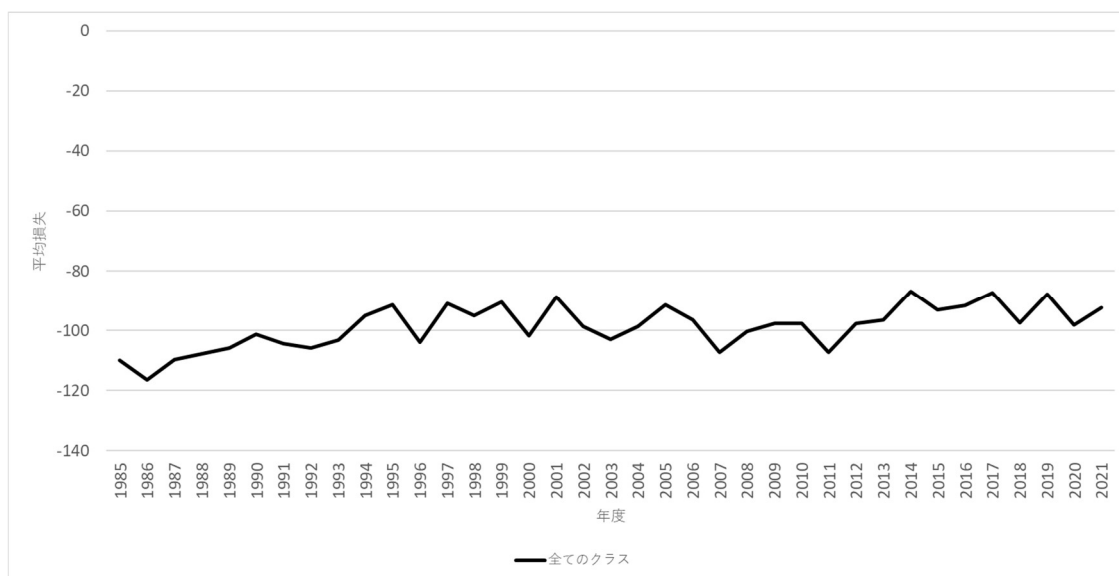


図8 順位戦の全てのクラスの平均損失の推移

1987年度から2021年度までの35年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における平均損失について、5年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表8のように5年毎にa群からg群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 8 順位戦の全てのクラスの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-109.6	-105.9	-91.03	-98.71	-107.2	-97.55	-87.30
2年目	-107.8	-103.2	-95.05	-103.0	-100.4	-96.47	-97.31
3年目	-105.8	-95.00	-90.36	-98.62	-97.72	-86.79	-87.75
4年目	-101.3	-91.46	-101.8	-91.42	-97.66	-93.16	-98.05
5年目	-104.5	-103.8	-88.67	-96.36	-107.4	-91.62	-92.41
平均値	-105.8	-99.88	-93.39	-97.62	-102.1	-93.12	-92.57
分散値	10.18	39.41	27.80	17.73	23.86	18.27	25.90

表 8 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 9 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 9 表 8 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	6.124
b-g	3.386
c-g	0.3817
d-g	2.340
e-g	4.397
f-g	0.2559
a-f	5.868
b-f	3.130
c-f	0.1258
d-f	2.084
e-f	4.141
a-e	1.727
b-e	1.010
c-e	4.015
d-e	2.057
a-d	3.784
b-d	1.047
c-d	1.958
a-c	5.742
b-c	3.005
a-b	2.738

表 9 より，順位戦の全てのクラスの棋譜において，平均損失の 5 年間の平均値においては特筆して上昇したような 5 年間は存在しないことを示している。

各年の順位戦のクラスごとの棋譜における，平均損失の推移は図 9 のようになった。順位戦のクラスごとの平均損失について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ，全てのクラスと同様に，特筆して上昇するような 5 年間はみられなかった。詳細なデータは付録 A に記載している。

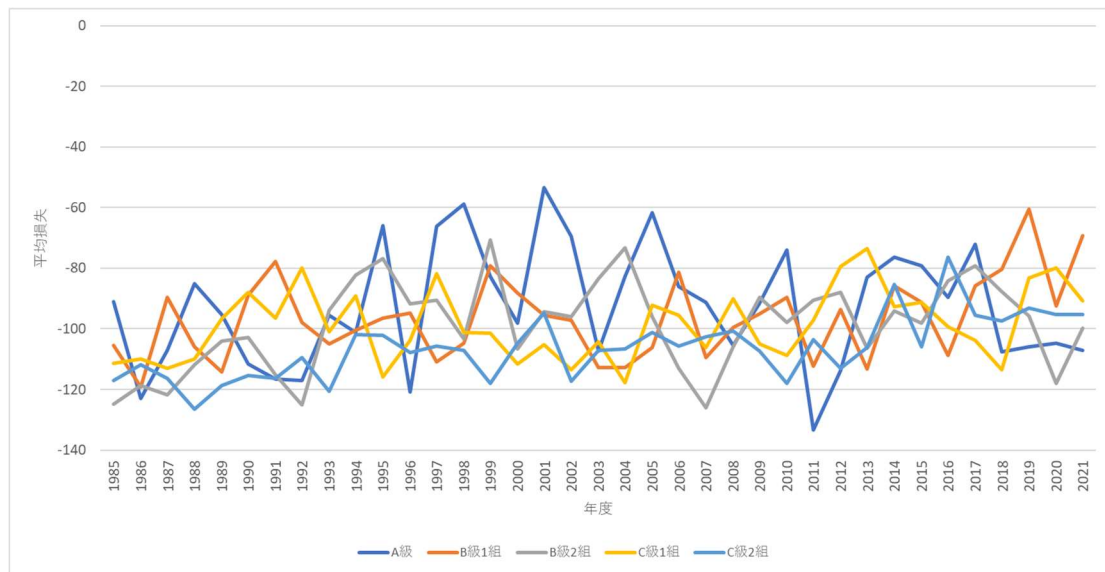


図 9 順位戦のクラスごとの平均損失の推移

40 手目までの平均損失

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜における、40 手目までの平均損失の推移は図 10 のようになった。1985 年度から 2021 年度にかけて、40 手目までの平均損失の値は 5.182 上昇した。

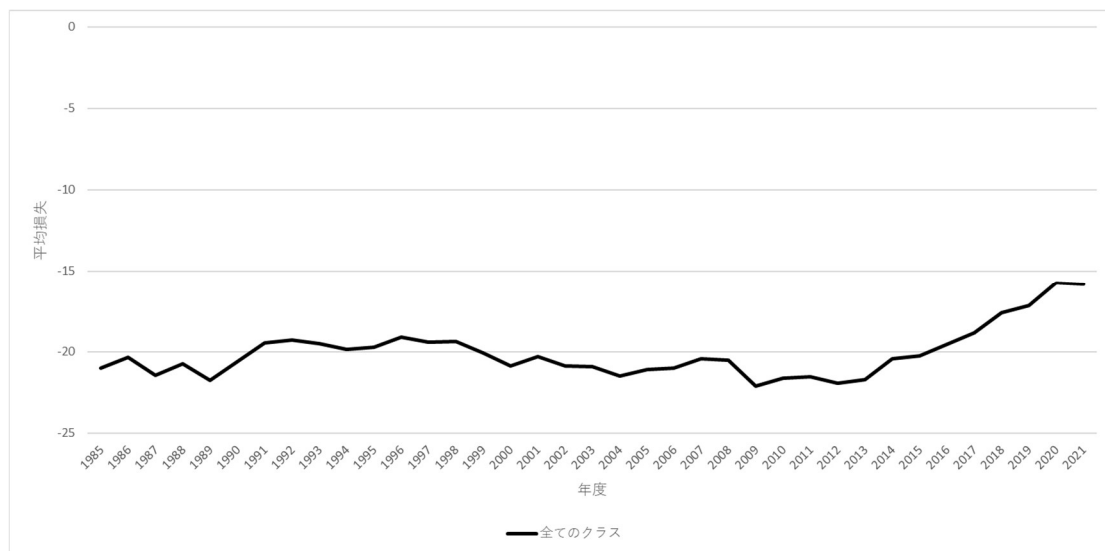


図 10 順位戦の全てのクラスの 40 手目までの平均損失の推移

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における 40 手目までの平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 10 のよう

に 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 10 順位戦の全てのクラスの 40 手目までの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-21.45	-19.28	-19.39	-20.88	-20.44	-21.93	-18.82
2年目	-20.72	-19.49	-19.36	-20.92	-20.50	-21.73	-17.61
3年目	-21.74	-19.85	-20.06	-21.47	-22.10	-20.45	-17.14
4年目	-20.61	-19.74	-20.88	-21.10	-21.62	-20.23	-15.75
5年目	-19.45	-19.10	-20.31	-21.01	-21.53	-19.55	-15.82
平均値	-20.80	-19.49	-20.00	-21.08	-21.24	-20.78	-17.03
分散値	0.7924	0.09807	0.4172	0.05575	0.5364	1.037	1.661

表 10 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 11 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 11 表 10 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	10.39
b-g	6.792
c-g	8.198
d-g	11.16
e-g	11.61
f-g	10.34
a-f	0.04944
b-f	3.551
c-f	2.145
d-f	0.8205
e-f	1.265
a-e	1.215
b-e	4.816
c-e	3.410
d-e	0.4444
a-d	0.7711
b-d	4.371
c-d	2.965
a-c	2.194
b-c	1.406
a-b	3.600

表 11 より，順位戦の全てのクラスの棋譜において，2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目までの平均損失の平均値は，その他すべての 40 手目までの平均損失の 5 年間の平均値と比較して，有意に上昇していることが判明した．一方，それ以前の各 5 年間の 40 手目までの平均損失の平均値はその他の多くの 5 年間との間では有意差は見られなかった．このことは，2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目までの平均損失は，他の 5 年間の平均損失の値の上昇に比べて顕著な上昇であることを示している．

各年の順位戦のクラスごとの棋譜の 40 手目までの平均損失の推移は図 11 のようになった[15]．1985 年度から 2021 年度にかけて，A 級は 5.225，B 級 1 組は 5.902，B 級 2 組は 4.487，C 級 1 組は 4.743，C 級 2 組は 5.553 上昇した．順位戦のクラスごとの 40 手目までの平均損失について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ，全てのクラスと同様に，2017 年度から 2021 年度までの 5 年間の 40 手目までの平均損失がその他の 5 年間の 40 手目までの平均損失の上昇に比べて顕著な上昇であるという傾向が 2 つのクラスでみら

れた。詳細なデータは付録 A に記載している。

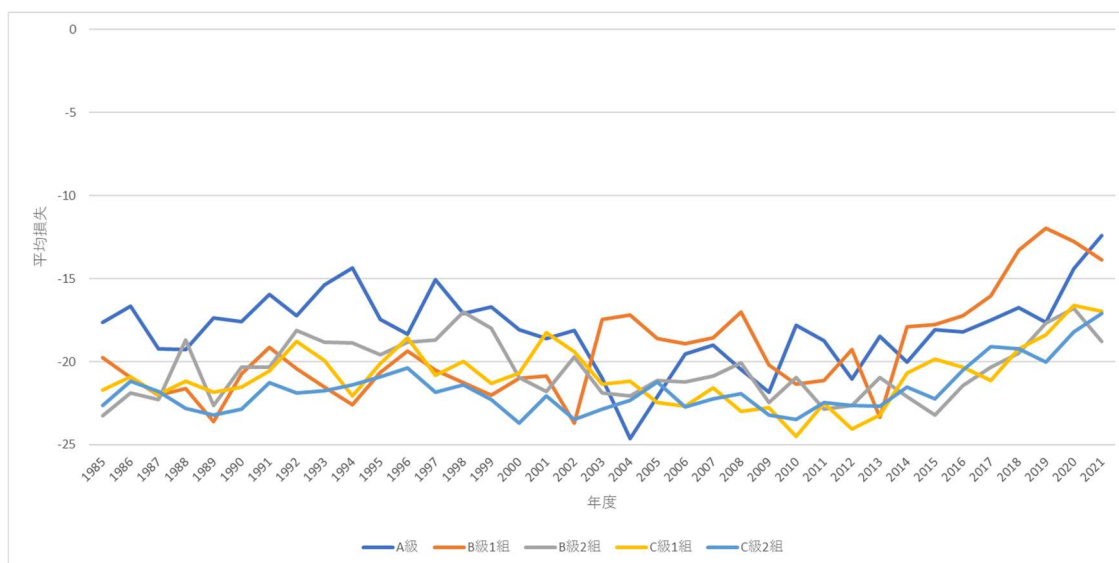


図 11 順位戦のクラスごとの 40 手目までの平均損失の推移

40 手目以降の平均損失

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜の 40 手目以降の平均損失の推移は図 12 のようになった。

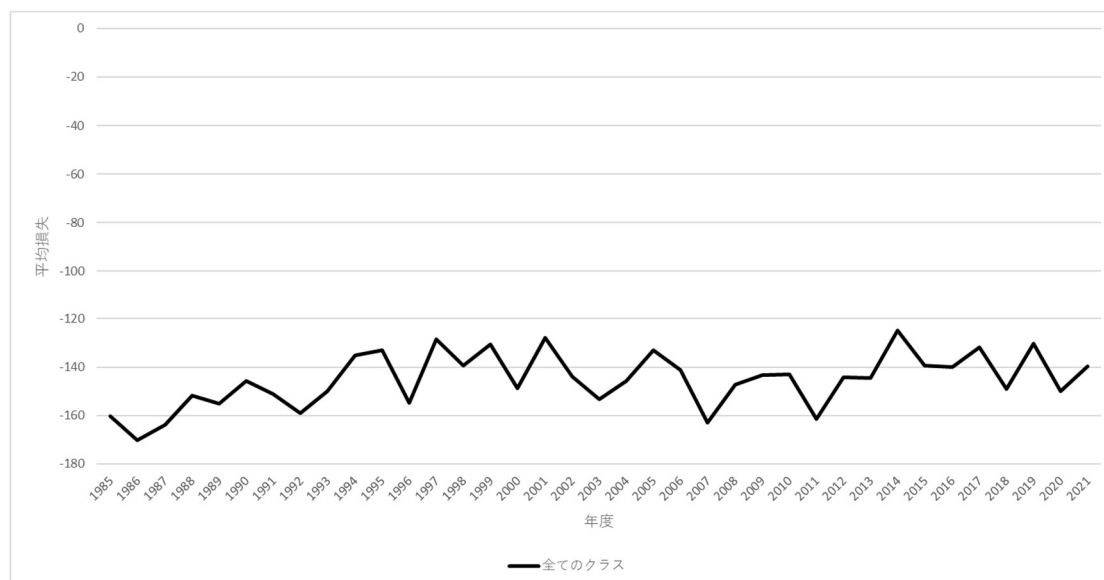


図 12 順位戦の全てのクラスの 40 手目以降の平均損失の推移

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における 40 手目

以降の平均損失について、5年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 12 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 12 順位戦の全てのクラスの 40 手目以降の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-164.0	-159.1	-128.3	-143.9	-163.1	-144.2	-131.8
2年目	-151.6	-150.0	-139.5	-153.1	-147.3	-144.5	-149.1
3年目	155.0	-135.1	-130.5	-145.7	-143.2	-124.8	-130.3
4年目	-145.8	-133.1	-148.9	-133.1	-143.1	-139.5	-150.0
5年目	-151.2	-154.8	-128.0	-141.1	-161.4	-139.9	-139.7
平均値	-153.5	-146.4	-135.0	-143.4	-151.6	-138.6	-140.2
分散値	44.96	136.7	81.63	52.93	97.09	65.07	86.01

表 12 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 13 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 13 表 12 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ 検定統計量	
a-g	3.323
b-g	1.552
c-g	1.281
d-g	0.8010
e-g	2.849
f-g	0.3962
a-f	3.719
b-f	1.949
c-f	0.8851
d-f	1.197
e-f	3.246
a-e	0.4737
b-e	1.297
c-e	4.131
d-e	2.048
a-d	2.522
b-d	0.7513
c-d	2.082
a-c	4.604
b-c	2.834
a-b	1.771

表 13 より，順位戦の全てのクラスの棋譜において，40 手目以降の平均損失の 5 年間の平均値においては特筆して上昇したような 5 年間は存在しないということを示している。

各年の順位戦のクラスごとの棋譜における，40 手目以降の平均損失の推移は図 13 のようになった[15]．順位戦のクラスごとの 40 手目以降の平均損失について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ，全てのクラスと同様に，特筆して上昇するような 5 年間はみられなかった．詳細なデータは付録 A に記載している．

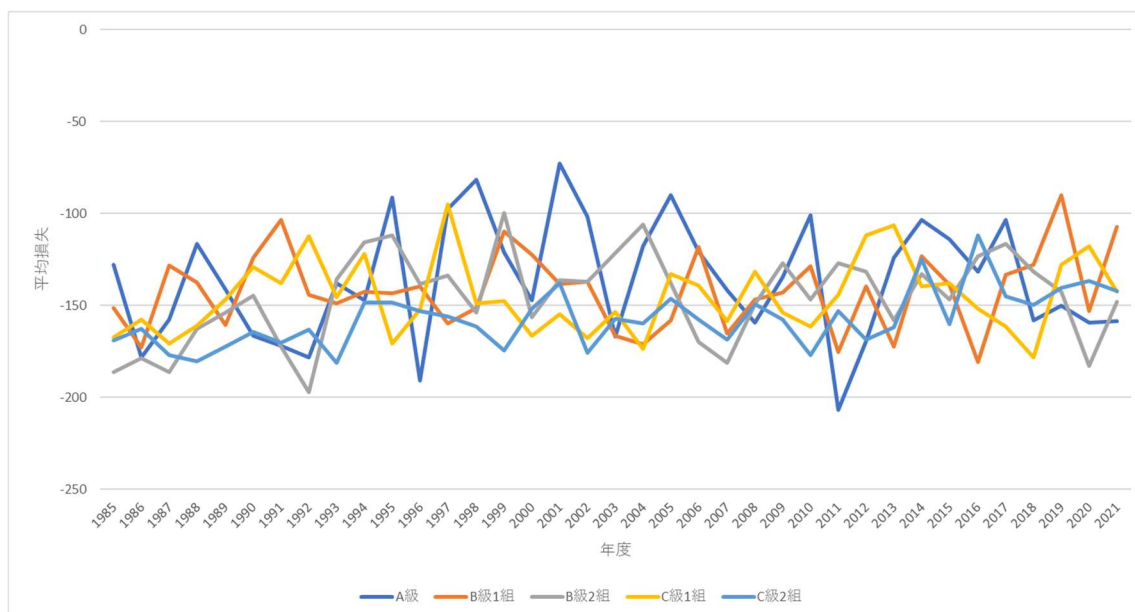


図 13 順位戦のクラスごとの 40 手目以降の平均損失の推移

4.3 条件付き平均損失

4.3.1 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参考に、年代ごとの各クラスのレーティングと相関を持つような条件付き平均損失の指標となるための着手前の局面評価値の絶対値の閾値と分析局面数の閾値を求め、それらを基に年代間での全クラスの棋力を比較する。特に AI 登場の 2017 年前後の定量的分析を行う。

4.3.2 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、各棋譜の 40 手以降の局面を対象として棋譜解析を行い、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。その後、着手前の局面評価値の絶対値の閾値を 100, 200, 300, ..., 2100, かつ分析局面数の閾値を 10, 20, 30, ..., 150 としたときに、それぞれの閾値を満たすような平均損失を求めた。その後、対局時の対局棋士のレーティング[13]と平均損失の相関関係について各閾値ごとに求め、各閾値をどの値にすればレーティングと相関関係にある平均損失の値となるかを調べた。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 (1985 年度) から 80 期(2021 年度)の全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着手前の局面評価値の絶対値の閾値と分析局面数の閾値を満たす局面のみの条件付き平均損失の年代ごとの推移を求めた。

また、1987 年度から 2021 年度までの 35 年分のデータについて、5 年ごとの条件付き平均損失の平均値に差があるのかについて調べた。具体的には、5 年ごとの条件付き平均損失の母集団が正規分布に従い、母分散が等しいと仮定する。5 年ごとの計 7 群のデータについて、Tukey 法による多重比較を行い、各群間の母平均が異なるかを求めた。多重比較での有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

4.3.3 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 14 のようになった[15].

表 14 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

		分析局面数														
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
評価値の 閾値の 絶対値	100	0.02848	0.05048	0.0815	0.1021	0.1156	0.1178	0.1101	0.1136	0.1094	0.1048	0.1056	0.1058	0.1057	0.1057	0.1065
	200	0.05761	0.06853	0.09538	0.1006	0.1061	0.1051	0.09535	0.1015	0.09708	0.09809	0.09972	0.09754	0.0968	0.09702	0.09905
	300	0.07393	0.1002	0.1124	0.1388	0.1453	0.1377	0.1317	0.1384	0.1343	0.1339	0.1346	0.1325	0.1313	0.1303	0.1325
	400	0.06455	0.108	0.131	0.1653	0.1784	0.1724	0.1556	0.1462	0.1434	0.1422	0.1429	0.1397	0.1388	0.138	0.1399
	500	0.07572	0.1034	0.1355	0.1709	0.1833	0.1753	0.1625	0.1559	0.1539	0.1517	0.1527	0.1507	0.1498	0.149	0.1508
	600	0.08238	0.1328	0.1633	0.1899	0.2033	0.1961	0.1851	0.1806	0.1784	0.1763	0.1776	0.1756	0.1749	0.1742	0.1753
	700	0.08061	0.1238	0.1609	0.1899	0.2019	0.1966	0.1887	0.1859	0.186	0.1841	0.1849	0.1814	0.1811	0.1803	0.1809
	800	0.09074	0.135	0.1633	0.1906	0.2076	0.2082	0.1975	0.1958	0.1962	0.1909	0.1917	0.1883	0.1883	0.1875	0.1877
	900	0.0893	0.1382	0.1701	0.1952	0.2209	0.2137	0.1865	0.1856	0.1865	0.1811	0.1814	0.178	0.1781	0.1774	0.1776
	1000	0.08875	0.1411	0.1685	0.1989	0.2241	0.2141	0.1909	0.1904	0.191	0.1859	0.1851	0.1819	0.1814	0.1808	0.1808
	1100	0.08884	0.1416	0.1665	0.2024	0.2259	0.2153	0.1934	0.1928	0.193	0.1888	0.1872	0.1838	0.1832	0.1827	0.1828
	1200	0.087	0.1414	0.1655	0.2005	0.2199	0.2129	0.1895	0.1891	0.1887	0.1853	0.1834	0.1794	0.179	0.1784	0.1782
	1300	0.0893	0.1437	0.1643	0.1997	0.2189	0.2116	0.1868	0.1876	0.1874	0.185	0.1838	0.1795	0.1792	0.1785	0.1783
	1400	0.0921	0.1466	0.1715	0.2016	0.2263	0.2125	0.1879	0.1898	0.1893	0.1874	0.1848	0.1804	0.1803	0.1797	0.1795
	1500	0.09228	0.1468	0.1734	0.1995	0.226	0.2151	0.1903	0.1917	0.1914	0.1894	0.1866	0.1825	0.1825	0.182	0.1819
	1600	0.09288	0.1464	0.1722	0.2082	0.2326	0.216	0.1932	0.1936	0.1933	0.1936	0.191	0.1877	0.1878	0.1873	0.1873
	1700	0.09134	0.1425	0.1688	0.2072	0.2304	0.2182	0.1926	0.1927	0.1925	0.1933	0.1905	0.1873	0.1873	0.1869	0.187
	1800	0.09167	0.1403	0.1646	0.2046	0.2278	0.2146	0.1803	0.1815	0.1819	0.1838	0.1812	0.1782	0.1783	0.1778	0.1781
	1900	0.09118	0.1404	0.1672	0.1536	0.1594	0.153	0.1341	0.1365	0.1379	0.1408	0.1394	0.1372	0.1374	0.1369	0.1372
	2000	0.09137	0.1441	0.1735	0.1566	0.1609	0.1537	0.1363	0.1381	0.1396	0.1424	0.1413	0.1394	0.1397	0.1392	0.1394
	2100	0.09076	0.127	0.155	0.1513	0.1568	0.1527	0.135	0.1379	0.1393	0.1424	0.1415	0.1399	0.1404	0.1398	0.14

表 14 では、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 手目から 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の平均損失を条件付き平均損失ととして、年代ごとの推移を求めることとした。

各年の順位戦の全てのクラスの棋譜の条件付き平均損失の推移は図 14 のようになった。

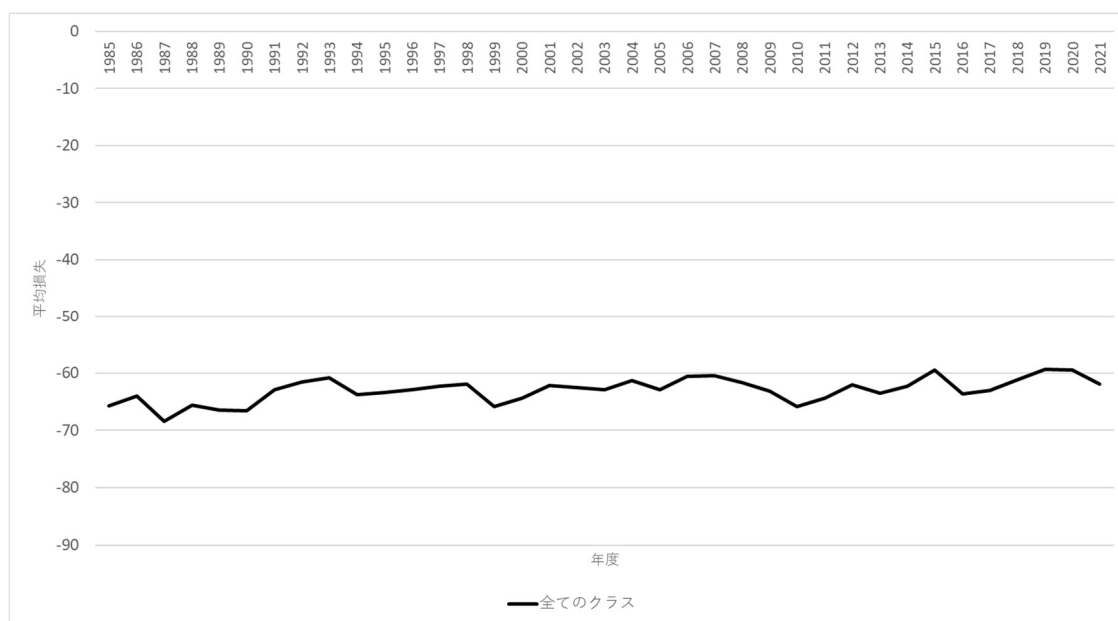


図 14 順位戦の全てのクラスの条件付き平均損失の推移

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦の全てのクラスの棋譜における条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 15 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 15 順位戦の全てのクラスの条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-68.36	-61.60	-62.24	-62.55	-60.44	-62.07	-62.98
2年目	-65.55	-60.83	-61.89	-61.90	-61.68	-63.50	-61.23
3年目	-66.40	-63.76	-65.83	-61.29	-63.13	-62.28	-59.28
4年目	-66.53	-63.34	-64.37	-62.94	-65.79	-59.43	-59.44
5年目	-62.91	-62.83	-62.11	-60.55	-64.38	-63.57	-61.91
平均値	-65.95	-62.47	-63.29	-62.04	-63.08	-62.17	-60.97
分散値	3.946	1.505	3.017	1.149	4.486	2.816	2.546

表 15 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 16 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 16 表 15 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	6.681
b-g	2.019
c-g	3.116
d-g	1.445
e-g	2.839
f-g	1.614
a-f	5.067
b-f	0.4055
c-f	1.502
d-f	0.1690
e-f	1.225
a-e	3.842
b-e	0.8198
c-e	0.2767
d-e	1.394
a-d	5.236
b-d	0.5745
c-d	1.671
a-c	3.565
b-c	1.097
a-b	4.662

この結果、順位戦の全てのクラスの棋譜において、1987 年度から 1991 年度までの 5 年間の条件付き平均損失の平均値は、4 つの 5 年間の条件付き平均損失の平均値と有意差が存在することが判明した。しかし、その他のどの 5 年間の条件付き平均損失の平均値との間でも有意差はみられなかった。これは、1992 年度から 2021 年度までの順位戦の全てのクラスの棋譜において、条件付き平均損失の 5 年間の平均値においては特筆して上昇したような 5 年間は存在しないということを示している。

各年の順位戦のクラスごとの棋譜における、条件付き平均損失の推移は図 15 のようになった。¹順位戦のクラスごとの条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べたところ、全てのクラスと同様に、特筆して上昇するような 5 年間はみられなか

¹ 条件付き平均損失の集計方法に問題があったため、[15]で報告した条件付き平均損失の推移は誤りである。

った。詳細なデータは付録 A に記載している

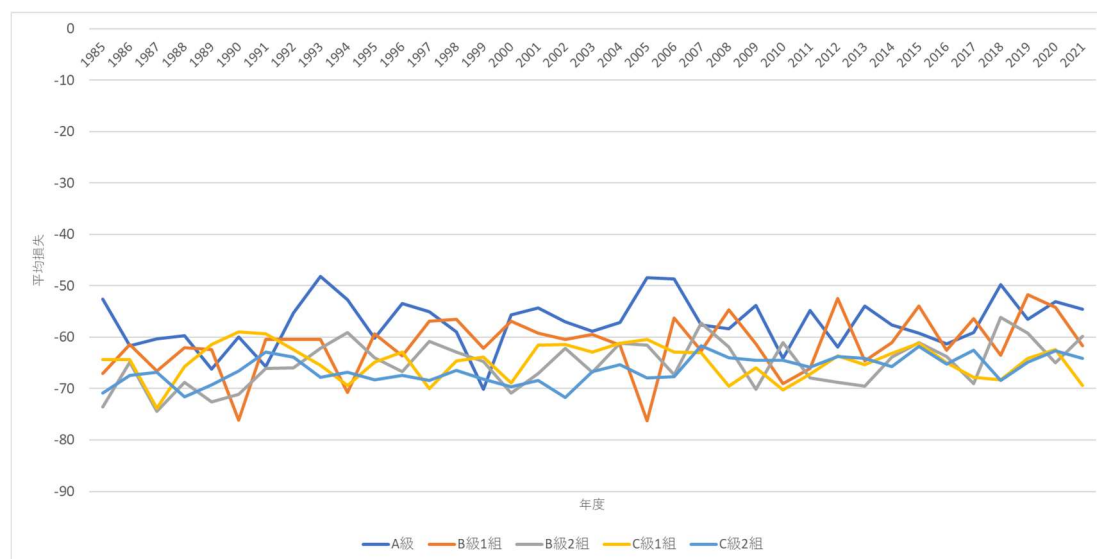


図 15 順位戦のクラスごとの条件付き平均損失の推移

4.4 順位戦の棋譜の定量的分析の全体を通しての考察

順位戦の棋譜における、特に 40 手目までにおいて、2017 年度から 2021 年度までの AI との着手一致率・平均損失の 5 年間の平均値は、2016 年度以前と比較してともに顕著に値が上昇していた。2017 年頃からプロ棋士の間で将棋 AI を利用した序盤における局面での将棋研究が普及したという背景から、人間を超える将棋 AI を利用した将棋研究によって、2017 年度以降の棋譜の序盤における局面が大きく変化した可能性が考えられる。ただし、将棋 AI 以外にも、たまたま着手一致率・平均損失の値が上昇するような戦型が流行したなど、影響を及ぼした要因は他にも考えられる。

また、順位戦の棋譜における、棋力と相関のある 40 手目以降の拮抗した局面において、1992 年度から 2021 年度までのどの 5 年間の条件付き平均損失の平均値との間でも有意差がみられなかった。これは、将棋 AI の登場に関わらず、プロ棋士全体としての棋力は 1991 年度から 2021 年度まででほとんど変化していない可能性を示唆している。

AI との着手一致率・平均損失での結果と条件付き平均損失の結果をまとめると、人間を超える将棋 AI の出現によってプロ棋士全体の棋譜の、特に序盤における局面で何かしら変化しているが、それらに関わらず、プロ棋士全体の棋力はほとんど変化していないことが考えられる。

5章 上位のプロ棋士の棋譜の定量的分析

5.1 順位戦全体との比較

5.1.1 目的

上位のプロ棋士の公式戦全試合の棋譜について、4章での順位戦の棋譜の定量的分析と同様の方法で求めて、順位戦の全体との間に有意差がみられるのかを調べる。

5.1.2 方法

2022年11月時点でのプロ棋士のレーティングによるランキング[12]において上位10名の2017年度から2021年12月までの公式戦全試合の棋譜、計2013戦を対象に、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、各局面での最善手と局面評価値を求めた。具体的には以下のプロ棋士の棋譜を用いた。

- 藤井聡太氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計303個
- 渡辺明氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計228個
- 豊島将之氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計279個
- 永瀬拓矢氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計274個
- 羽生善治氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計233個
- 広瀬章人氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計220個
- 服部慎一郎氏：2020年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計82個
- 菅井竜也氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計211個
- 佐藤天彦氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計183個
- 稲葉陽氏：2017年4月から2021年12月までの公式戦の棋譜、計187個

その後、4章で用いたAIとの着手一致率、平均損失、条件付き平均損失を棋譜ごとに算出し、各年度での上位10人の平均値を求めた。なお、上位10人の2021年度の棋譜は2021年3月から12月までのものである。

その後、2017年度から2021年度までの5年分の各定量的指標におけるデータについて、上位10人プロ棋士の5年平均と4章で求めた順位戦の全クラスの5年平均に差があるのかについて調べた。具体的には、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検定を行った。t検定での有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

5.1.3 結果

上位 10 人と順位戦全クラスの AI との着手一致率について、初手から最終手までの推移は図 16, 40 手目までの推移は図 17, 40 手目以降の推移は図 18 のようになった。

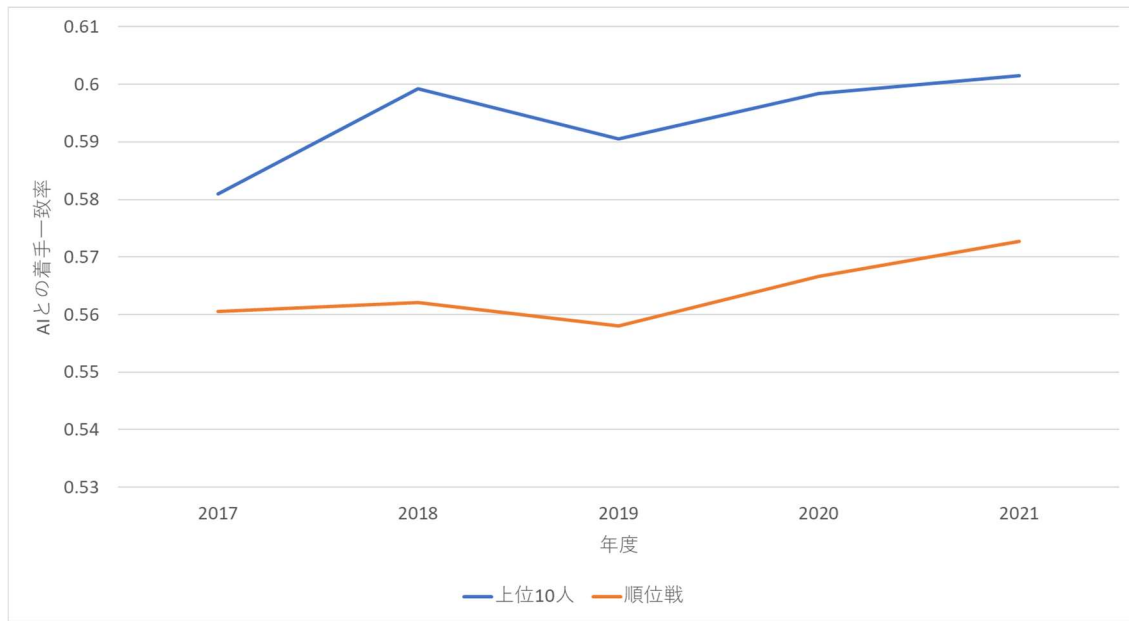


図 16 上位 10 人と順位戦全クラスの順位戦の AI との着手一致率の推移

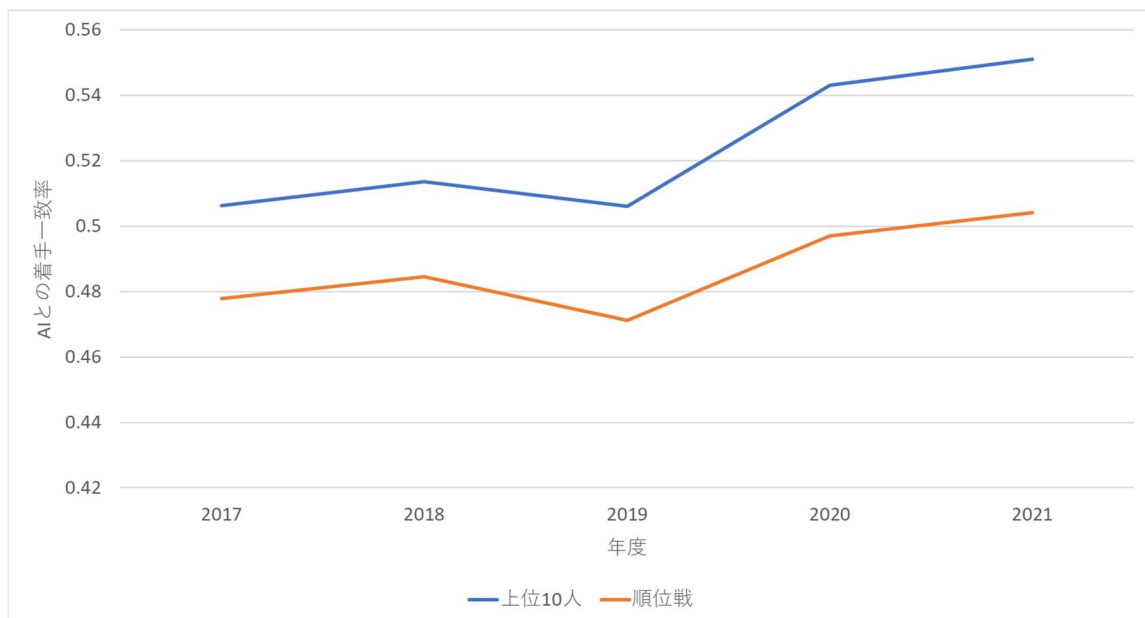


図 17 上位 10 人と順位戦全クラスの 40 手目までの AI との着手一致率の推移

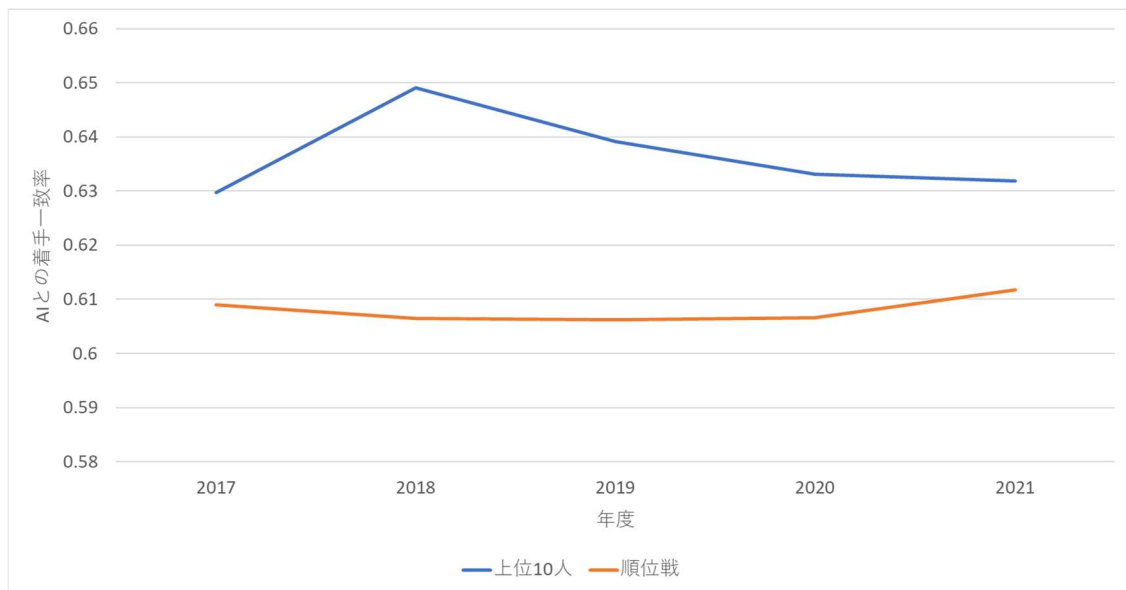


図 18 上位 10 人と順位戦全クラスの 40 手目以降の AI との着手一致率の推移

図 17, 図 18, 図 20 について, 5 年間の平均値の t 検定を行ったところ, それぞれの p 値は表 17 のようになり, 3 通りのすべてにおいて上位 10 人と順位戦全クラスの間有意差がみられた.

表 17 上位 10 人と順位戦全クラスの着手一致率の t 検定の p 値

	初手から最終手まで	40手目まで	40手目以降
p値	0.0002935 (<0.05)	0.01432 (<0.05)	0.0007049 (<0.05)

上位 10 人と順位戦全クラスの平均損失について, 初手から最終手までの推移は図 19, 40 手目までの推移は図 20, 40 手目以降は図 21 のようになった.

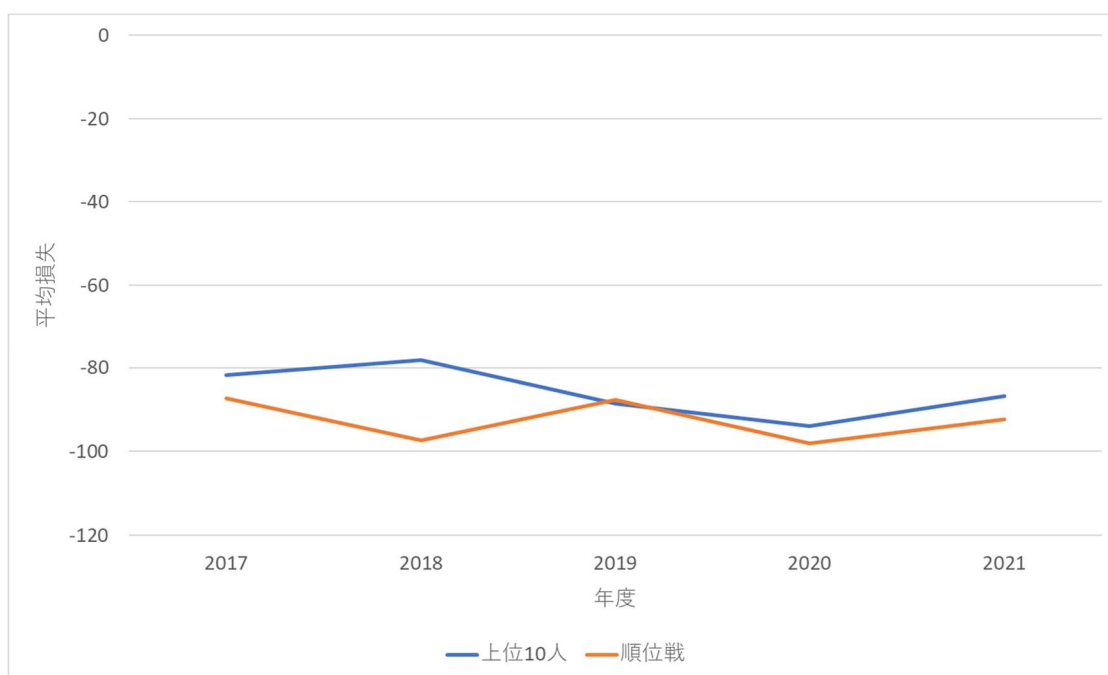


図 19 上位 10 人と順位戦全クラスの平均損失の推移

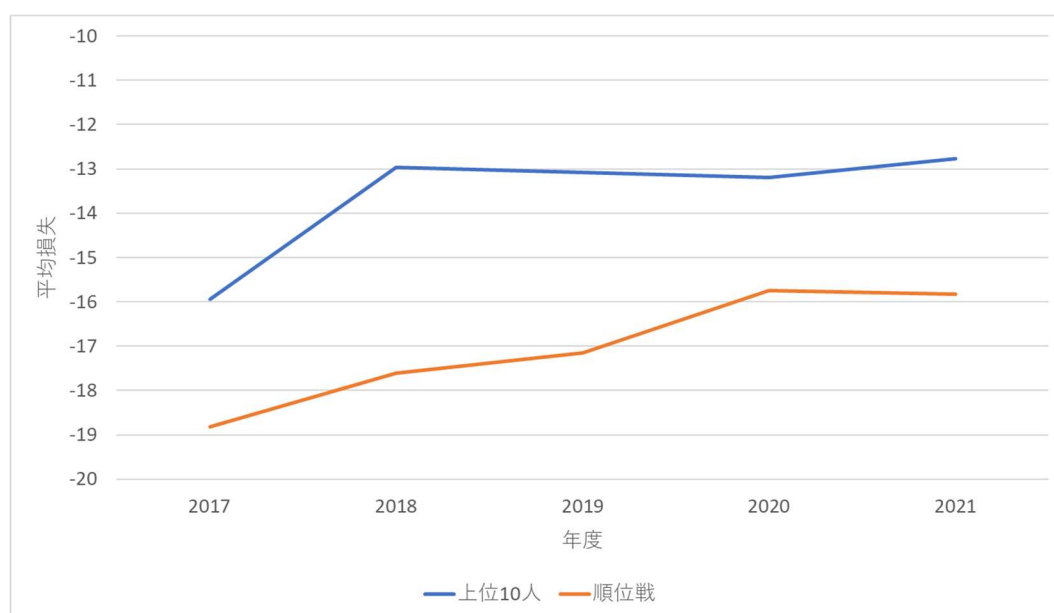


図 20 上位 10 人と順位戦全クラスの 40 手目までの平均損失の推移

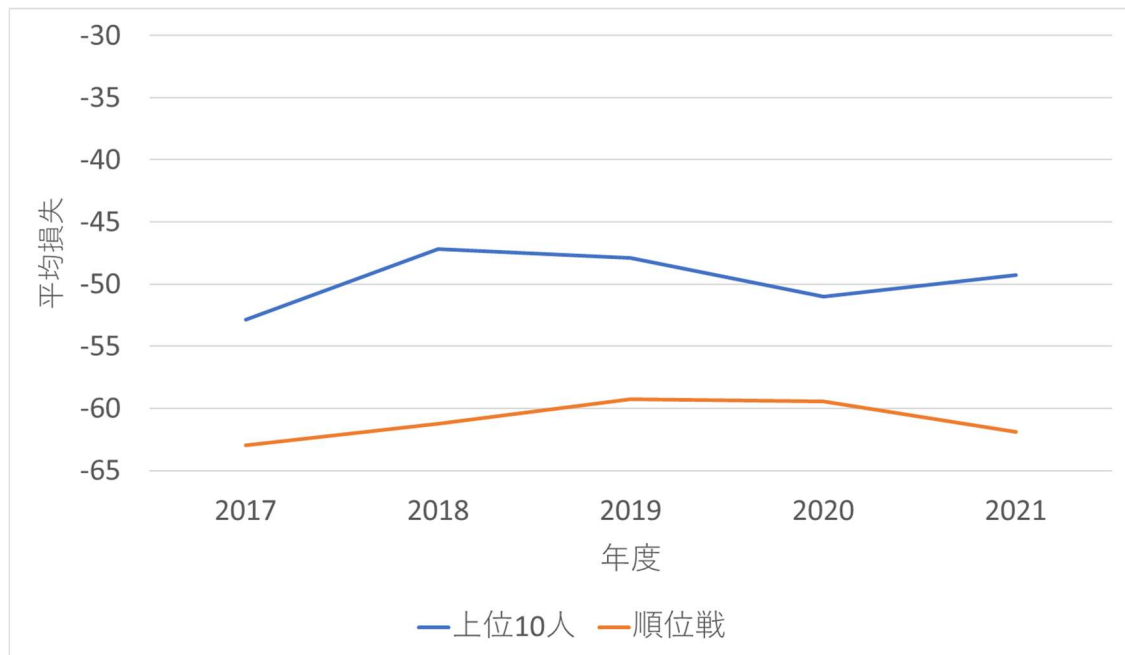


図 21 上位 10 人と順位戦全クラスの 40 手目以降の平均損失の推移

図 19, 図 20, 図 21 について, 5 年間の平均値の t 検定を行ったところ, それぞれの p 値は表 18 のようになり, 40 手目までと 40 手目以降の 2 通りのすべてにおいて上位 10 人と順位戦全クラスの間には有意差がみられた.

表 18 上位 10 人と順位戦全クラスの平均損失の t 検定の p 値

	初手から最終手まで	40手目まで	40手目以降
p値	0.09510 (>0.05)	0.003129 (<0.05)	0.02556 (<0.05)

上位 10 人と順位戦全クラスの条件損失の推移は図 22 のようになった.

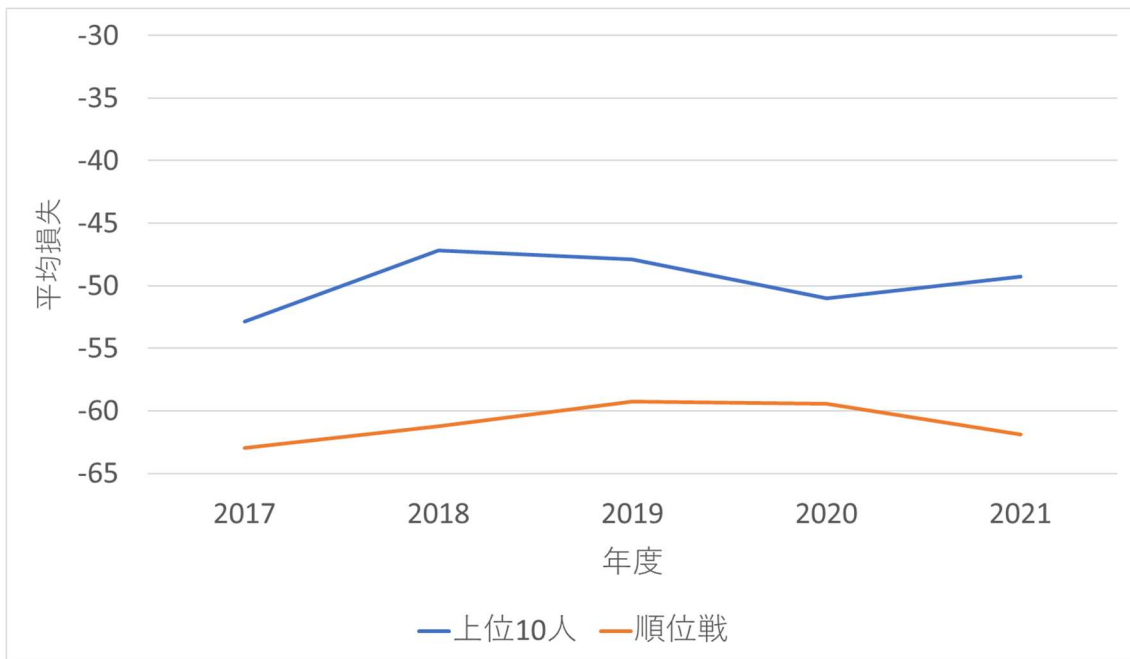


図 22 上位 10 人と順位戦全クラスの条件付き平均損失の推移

図 22 について、5 年間の平均値の t 検定を行ったところ、p 値は表 19 のようになり、上位 10 人と順位戦全クラスの間には有意差がみられた。

表 19 上位 10 人と順位戦全クラスの条件付き平均損失の t 検定の p 値

	41手目から90手目，着手前盤面評価値の絶対値600以下
p値	0.00003810 (< 0.05)

5.2 各人の条件付き平均損失

5.2.1 目的

上位のプロ棋士の公式戦の棋譜について、各人の条件付き平均損失の推移を求め、上位のプロ棋士間の棋力を比較する。

5.2.2 方法

2022 年 11 月時点でのプロ棋士ランキング[12]の上位 10 名のうち、棋譜データが 2 年分しかない服部氏を除く 9 人を対象の棋士とした。2022 年 11 月時点での上位 10 名の各棋士

のレーティングは表 20 のとおりである[12].

表 20 2022 年 11 月時点でのプロ棋士ランキングの上位 10 名

順位	棋士名	2022年11月時点でのレーティング
1	藤井聡太	2074
2	永瀬拓矢	1929
3	豊島将之	1882
4	渡辺明	1845
5	広瀬章人	1841
6	菅井竜也	1832
7	服部慎一郎	1830
8	羽生善治	1815
9	佐藤天彦	1814
10	稲葉陽	1814

これら 9 人の 2017 年度から 2021 年 12 月までの公式戦全試合の棋譜、計 1931 戦分の棋譜を対象に、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、各局面での局面評価値を求めた。具体的には以下のプロ棋士の棋譜を用いた。

- 藤井聡太氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 303 個
- 渡辺明氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 228 個
- 豊島将之氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 279 個
- 永瀬拓矢氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 274 個
- 羽生善治氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 233 個
- 広瀬章人氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 220 個
- 菅井竜也氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 211 個
- 佐藤天彦氏：2017 年 4 月から 2021 年 12 月までの公式戦の棋譜、計 183 個

その後、4 章で用いた条件付き平均損失を棋譜ごとに算出し、各人の各年度での平均値を求めた。なお、2021 年度の棋譜は 2021 年 3 月から 12 月までのものである。

また、各人の条件付き平均損失の 5 年間平均値に差があるのかについて調べた。具体的には、条件付き平均損失の母集団が正規分布に従い、母分散が等しいと仮定する。5 年ごとの計 9 群のデータについて、Tukey 法による多重比較を行い、各群間の母平均が異なるかを求めた。多重比較での有意水準は $\alpha=0.05$ とした。

5.2.3 結果

2017 年度以降の棋譜に対して，上位のプロ棋士 9 人分の各個人の条件付き平均損失の年平均の推移は図 23 のようになった。

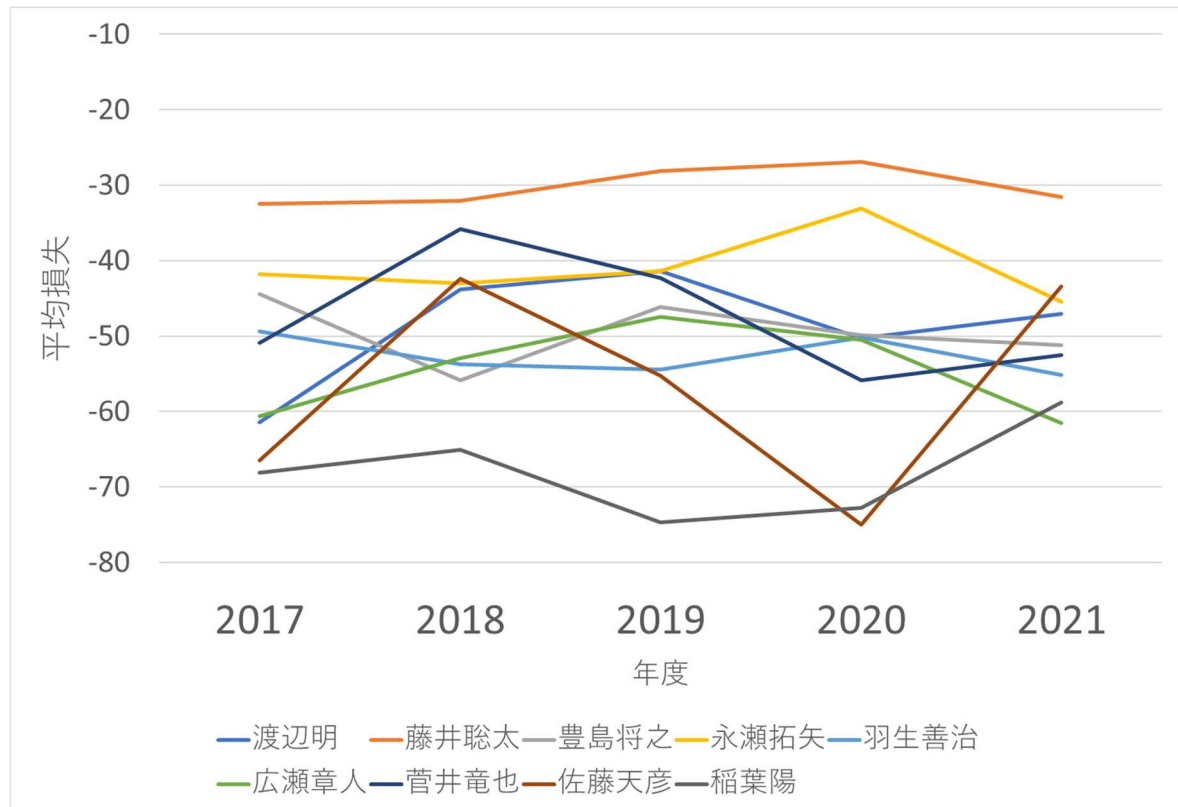


図 23 上位 10 人(服部氏を除く)のプロ棋士の条件付き平均損失の推移

2017 年度から 2021 年度までの 5 年分の 9 人の各棋士の棋譜における条件付き平均損失について，5 年間の平均値に差があるのかを調べるために，表 21 のように a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した。

表 21 上位 9 人のプロ棋士の条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群	h群	i群
	渡辺明	藤井聡太	豊島将之	永瀬拓矢	羽生善治	広瀬章人	菅井竜也	佐藤天彦	稲葉陽
2017年度	-61.44	-32.48	-44.43	-41.78	-49.42	-60.59	-50.88	-66.52	-68.06
2018年度	-43.86	-32.04	-55.82	-43.00	-53.74	-52.97	-35.86	-42.35	-65.10
2019年度	-41.38	-28.12	-46.12	-41.34	-54.45	-47.48	-42.32	-55.27	-74.70
2020年度	-50.34	-26.95	-49.88	-33.13	-50.17	-50.45	-55.84	-75.02	-72.72
2021年度	-47.00	-31.54	-51.23	-45.47	-55.16	-61.51	-52.56	-43.44	-58.76
平均値	-48.81	-30.23	-49.49	-40.94	-52.59	-54.60	-47.49	-56.52	-67.87
分散値	61.19	6.322	20.03	21.65	6.826	38.53	67.19	203.9	40.22
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5

表 21 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 22 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 9，自由度 36 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.663 である [14]．

表 22 表 21 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-b	5.774
a-c	0.2141
a-d	2.443
a-e	1.177
a-f	1.801
a-g	0.4077
a-h	2.398
a-i	5.925
b-c	5.988
b-d	3.331
b-e	6.951
b-f	7.575
b-g	5.366
b-h	8.171
b-i	11.70
c-d	2.657
c-e	0.9628
c-f	1.587
c-g	0.6218
c-h	2.184
c-i	5.711
d-e	3.620
d-f	4.244
d-g	2.035
d-h	4.841
d-i	8.368
e-f	0.6243
e-g	1.585
e-h	1.221
e-i	4.748
f-g	2.209
f-h	0.5966
f-i	4.124
g-h	2.805
g-i	6.333
h-i	3.527

表 22 より、藤井氏の 5 年間の条件付き平均損失の平均値は、永瀬氏を除く 7 人のプロ棋士の 5 年間の条件付き平均損失の平均値との間に有意差が存在することが判明した。しかし、永瀬氏と佐藤氏の組み合わせを除き、その他のどの 5 年間の条件付き平均損失の平均値においても有意差はみられなかった。これは、条件付き平均損失の 5 年間の平均値においては、藤井氏が特筆して高いことを示している。

5.3 上位プロ棋士の棋譜の定量的分析に関する考察

2017 年度から 2021 年度までの順位戦全クラスの棋譜と上位 10 人のプロ棋士の公式戦全試合の棋譜において、AI との着手一致率・平均損失において差があるのかについて調べた。その結果、初手から最終手まで、40 手目まで、40 手目以降に分けて比較したところ、初手から最終手までの平均損失を除くすべてにおいて、順位戦全クラスの 5 年間平均値よりも、上位 10 人のプロ棋士の 5 年間平均値のほうが有意に高いことが判明した。順位戦の棋譜はあらゆる棋戦の中で最も持ち時間が長く、上位 10 人の公式戦全試合のプロ棋士の棋譜には持ち時間が順位戦よりも短い棋譜が含まれており、一致率、平均損失ともに実際よりも低い値になることが予想されるにも関わらず、上位 10 人のプロ棋士の各指標における 5 年間平均値のほうが有意に高かった。これにより、棋力が高い棋士は棋力が低い棋士と比較して、将棋 AI を用いた各定量的指標においても同様に有意に高くなる傾向にあることがいえる。特に、条件付き平均損失において、順位戦全クラスと上位 10 人の有意差があるということは、条件付き平均損失が棋力と相関があるものであることを裏付ける結果となっている。

2017 年度から 2021 年度までの上位 10 人のプロ棋士の棋譜において、各人の条件付き平均損失の 5 年間の平均値において差があるのかについて調べたところ、藤井氏は他の上位のプロ棋士の中でも有意に高いことが判明した。2022 年 11 月時点でのプロ棋士ランキング[12]において、藤井氏は圧倒的にレーティングが高いことから、条件付き平均損失という指標が棋力を表す指標として優れていることが再確認された。

6章 渡辺明氏へのインタビュー

本研究における定量的データについて、トッププロ棋士の目線から見てどのように評価するのかについて聞くために、トッププロ棋士の一人である名人、渡辺明氏にインタビューを行った。

6.1 プロ棋士の将棋 AI を利用した将棋研究について

6.1.1 プロ棋士が将棋 AI を利用し始めた時期

プロ棋士全体が将棋 AI を将棋研究に取り入れ始めたのはいつ頃であるかをうかがったところ、渡辺氏も勝又氏に対する事前インタビューと同様に、2017 年前後であるとの認識をされていた。プロ棋士全体でみると、早い棋士は 2015 年から 2016 年くらいから将棋 AI を利用し始めており、2017 年あたりが過渡期であり、2018 年頃になるとほとんどの棋士が将棋研究に将棋 AI を取り入れているとのことであった。

6.1.2 プロ棋士の将棋 AI の利用方法

プロ棋士は将棋 AI をどのように将棋研究に取り入れているかをうかがったところ、基本的には序盤の局面においての将棋研究に用いているとのことであった。序盤をどこまでとするのかは対局によって異なるが、平均的には 40 手程度とすることは妥当であろうとのことであった。渡辺氏は、序盤の研究について、角換わり腰掛け銀²などのある程度研究が進んでいる形であれば駒組みが終わるのが 30 手目程度、その局面から将棋研究を行うため、30 手目から 50 手目ぐらいまでの様々な盤面について AI を使って調べているとのことであった。

6.1.3 将棋 AI を利用していないプロ棋士への影響

将棋 AI を自身の将棋研究に取り入れていないプロ棋士が一定数いることについて言及があった。しかし、将棋 AI を使っているプロ棋士の練習対局や研究会、他の棋士の棋譜を通して間接的に将棋 AI の影響を受けている可能性があるとのことであった。自身が直接将棋 AI に触れなくても、将棋 AI の影響から逃れることは困難であるとの見解であった。

² 将棋における人気の序盤の定跡の一つ。

6.1.4 将棋研究で利用している将棋 AI の種類

いままでどういった将棋 AI を将棋研究に利用していたのかを訊ねたところ、渡辺氏自身は将棋 AI を使い始めた 2018 年当時は 3 つほど将棋 AI を利用していたという。そして、2018 年当時は、やねうら王[16]をベースとして評価部のみ独自開発された将棋 AI が多かったためか、どの将棋 AI を利用しても同じような結果となるが多かった印象があるという。

現在、プロ棋士が利用している将棋 AI として最も有名なものは水匠であるという。その上で、今後将棋研究として利用されるようになっていく将棋 AI として、水匠とは異なる局面の評価基準を持つとされる dlshogi が注目されているという。だが、dlshogi はスペックの高い PC でないと動作しないことなどもあり、現在は一部のプロ棋士しか使われていないとのことである。

6.2 順位戦の定量的データについて

6.2.1 序盤の AI との着手一致率

図 4 の順位戦の全てのクラスの 40 手目までの AI との着手一致率の推移について、序盤の着手一致率が 10%ほど上昇していることについては納得がいくとのことであった。やはり、序盤が一番研究しやすく、多くのプロ棋士は序盤の研究で AI を使っているとのことで、それがこの結果として現れているのではないかとのことであった。

6.2.2 序盤の平均損失

図 8 の順位戦の全てのクラスの 40 手目までの平均損失の推移についても、AI との着手一致率と同様に平均損失の値が上昇していることについては納得がいくとのことであった。これも、序盤の研究の成果の一つではないかとの見解であった。

また、図 11 の順位戦のクラスごとの 40 手目までの平均損失の推移において、A 級の 1985 年度から 2000 年度までの平均値より、2000 年度から 2010 年度までの平均値のほうが下がっている理由について考えられることを渡辺氏にうかがった。渡辺氏は横歩取りや振り飛車などは将棋 AI において局面評価を下げやすく、こういった戦法が流行すると局面評価が下がる可能性があるのではないかとのことであった。明確には言えないが、特定の戦法が流行ったことが、平均損失が下がった要因として挙げられるのではないかとのことであった。

6.2.3 40 手目以降の各定量的指標

渡辺氏は、将棋 AI を用いた将棋研究は序盤が中心であり、中盤以降はあまり将棋 AI の影響とは関係が無いと思われていた。そのため、40 手目以降の平均損失があまり変化していないことは想像できたが、AI との着手一致率が上昇しているのは予想に反していたとのことであった。

6.2.4 2019 年度の 40 手目までの AI との着手一致率がかなり低い値となっている点

図 5 の順位戦のクラスごとの 40 手目までの AI との着手一致率の推移において、2019 年度の A 級と B 級 1 組の AI との着手一致率が、隣接する年度と比較してかなり低い値となっている減少が観られる。この点について、渡辺氏に理由を考えてもらったが、原因としてはよくわからないが、この当時研究に用いられていたのは、水匠ではなく elmo が主流であったので、棋譜解析に利用した将棋 AI が水匠 4 改であったことが原因で、elmo などの他の AI を用いると異なるのではないかとの見解を示していた。

そこで、インタビューを行った後、水匠 4 改と別の将棋 AI である 2019 年当時の elmo を用いて順位戦 B 級 1 組の棋譜を解析させてみた。水匠 4 改との着手一致率と比較したものが、図 24 である。この結果を見ると、水匠 4 改の結果と同様に 2019 年度の 40 手目までの AI との着手一致率は、隣接する年度と比較しても、低い値を示した。このことから、分析に用いた将棋 AI の影響ではないことが示唆された。

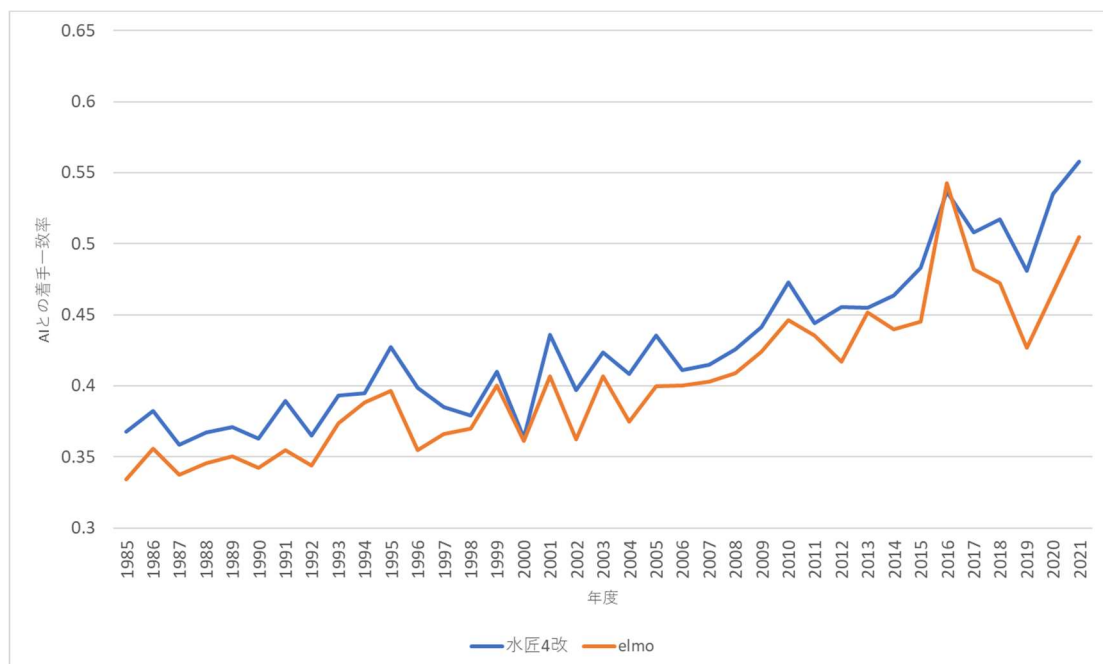


図 24 水匠 4 改と elmo の順位戦 B 級 1 組の 40 手目までの着手一致率

6.2.5 条件付き平均損失

図 14 の順位戦の全てのクラスの条件付き平均損失の推移について、渡辺氏の意見を求めた。その結果、基本的にプロ棋士全体としてのレベルは年々上がっていると思っていたが、全体としてそこまで上昇傾向にないことは意外であったとの見解であった。

7章 おわりに

本研究では、プロ棋士の棋譜を解析し、定量的分析を行った。1985 年度以降の順位戦の棋譜においては、人間を超える将棋 AI の出現に関わらず、年代が進むごとにプロ棋士の AI との着手一致率・平均損失ともに値が上昇している。その中でも、プロ棋士が将棋 AI を将棋研究に利用し始めた 2017 年前後から顕著に 40 手目までの AI との着手一致率と平均損失の値が上昇していることがわかり、将棋 AI がプロ棋士の棋譜の序盤に影響を与えている可能性を示唆している。だが、順位戦の多くの棋譜において、棋力と相関のあるとされる 40 手目以降の拮抗した局面での平均損失において、35 年間の推移に大きな変化はみられなかった。これらのことから、プロ棋士全体としては、将棋 AI を利用した序盤での将棋研究によって、序盤において将棋 AI の最善手を指すことが多くなったが、棋力と直結しやすい中盤以降の拮抗した局面での値は変化していない可能性が示唆された。

また、プロ棋士全体の順位戦の棋譜とレーティング上位のプロ棋士の全試合の棋譜を用いた AI との一致率、及び平均損失の比較から、レーティング上位のプロ棋士ほど一致率は高くなり、平均損失は 0 に近づくことが確認された。また、特に藤井聡太氏は、棋力と相関がある 40 手目以降の拮抗した局面の平均損失において、他の上位のプロ棋士と比較しても有意に値が高いことが明らかになった。このことは、レーティングと条件付き平均損失との間に強い相関があることを示唆している。

今後の展望としては、先手のグループと後手のグループに分けて、AI との着手一致率、平均損失を調べ、グループ間に有意差がみられるかを調べることが挙げられる。また、勝者のグループと敗者のグループに分けて、AI との着手一致率、平均損失を調べ、グループ間に有意差がみられるかを調べることが挙げられる。また、過去の上位のプロ棋士の着手一致率・平均損失について調べ、将棋 AI が上位のプロ棋士集団にどの程度影響を与えたかを調べることも挙げられる。他には、将棋 AI の評価が低くなりやすい戦法（振り飛車等）を積極的に利用しながらレーティングが高い棋士（菅井氏など）についても個別に調べ、なぜそのような戦法を使っても勝率が高いのかについて、詳細に調べることも挙げられる。

8章 謝辞

棋譜データベースを有償で提供していただいた日本将棋連盟様に深く感謝いたします。また、プロ棋士が将棋 AI をどのように活用しているのかご自身のプロ棋士の経験を踏まえてお話をくださった日本将棋連盟プロ棋士の勝又清和七段、渡辺明名人に深く感謝いたします。お二人には、本研究で得られた分析に対する率直な感想もお聞かせいただきました。本研究を進める上で貴重なご意見となりました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

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 : Human Learning from Artificial Intelligence: Evidence from Human Go Players' Decisions after AlphaGo, Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Vol.43, pp.1795-1801 (2021).
- [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) (2023/01/05：最終確認)
- [8] 水匠 4 改，https://drive.google.com/file/d/1uDezE_TBt1m0Zxz0vJbB0pdCzpT-D6U/view (2021/08/26 公開) (2023/01/05：最終確認)
- [9] dlshogi，https://github.com/TadaoYamaoka/DeepLearningShogi/releases/tag/dr2_exhi (2022/08/16 公開) (2023/01/05：最終確認)
- [10] elmo，<https://drive.google.com/file/d/0B0XpI3oPiCmFalVGclpIZjBmdGs> (2017/05/05 公開) (2023/01/21：最終確認)
- [11] 水匠 2，https://drive.google.com/file/d/12TWZI4Xs_-lgGnNtAWbVjh8vyOEw0qhB/view (2020/05/05 公開) (2023/01/21：最終確認)
- [12] 2022 年 11 月時点での棋士ランキング，<http://kishibetsu.com/ranking/202211.html> (2023/01/29：最終確認)
- [13] 棋士別レーティング推移，<http://kishibetsu.com/rankingP/list1.html> (2023/01/29：最終確認)
- [14] 永田靖，吉田道弘：統計的多重比較法の基礎，サイエンティスト社，p.163 (1997)
- [15] 齋藤雅史，伊藤毅志：将棋 AI がプロ棋士の棋譜に与えた影響 一定量分析からの考察一，ゲームプログラミングワークショップ 2022 論文集，Vol.2022, pp.159-166
- [16] やねうら王，<https://github.com/yaneuraou/YaneuraOu> (2023/03/19：最終確認)

付録 A 順位戦のクラスごとの定量的分析

AI との着手一致率

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 23 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 23 順位戦 A 級の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5203	0.5184	0.5234	0.5428	0.5489	0.5710	0.5876
2年目	0.5064	0.5427	0.5262	0.5429	0.5388	0.5559	0.5821
3年目	0.5358	0.5232	0.5486	0.5480	0.5401	0.5463	0.5832
4年目	0.5139	0.5560	0.5376	0.5284	0.5684	0.5559	0.5978
5年目	0.5186	0.5447	0.5309	0.5381	0.5838	0.5880	0.5972
平均値	0.5190	0.5370	0.5333	0.5401	0.556	0.5634	0.5896
分散値	0.0001171	0.0002472	0.0001022	0.00005470	0.0003825	0.0002664	0.00005662

表 23 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 24 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 24 表 23 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	11.92
b-g	8.880
c-g	9.500
d-g	8.362
e-g	5.667
f-g	4.413
a-f	7.508
b-f	4.467
c-f	5.087
d-f	3.949
e-f	1.255
a-e	6.254
b-e	3.212
c-e	3.833
d-e	2.694
a-d	3.559
b-d	0.5180
c-d	1.138
a-c	2.421
b-c	0.6204
a-b	3.041

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組における AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 25 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 25 順位戦 B 級 1 組の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.4936	0.4982	0.5167	0.5120	0.5450	0.5440	0.5870
2年目	0.5011	0.5047	0.5022	0.5246	0.5391	0.5558	0.5791
3年目	0.4983	0.5138	0.5241	0.5218	0.5440	0.5611	0.5623
4年目	0.5038	0.5170	0.5088	0.5444	0.5460	0.5643	0.5916
5年目	0.5124	0.5231	0.5372	0.5328	0.5494	0.5918	0.5992
平均値	0.5018	0.5114	0.5178	0.5271	0.5447	0.5634	0.5838
分散値	0.00004889	0.00009793	0.0001850	0.0001488	0.00001399	0.0003123	0.0001985

表 25 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 26 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、

群数 7, 自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である[14].

表 26 表 25 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	15.30
b-g	13.52
c-g	12.32
d-g	10.58
e-g	7.303
f-g	3.809
a-f	11.49
b-f	9.708
c-f	8.507
d-f	6.771
e-f	3.494
a-e	7.995
b-e	6.214
c-e	5.013
d-e	3.278
a-d	4.718
b-d	2.937
c-d	1.736
a-c	2.982
b-c	1.201
a-b	1.781

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜におけるの AI との着手一致率について, 5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために, 表 27 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け, 各群での平均値と分散値を算出した.

表 27 順位戦 B 級 2 組の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.4977	0.4963	0.5016	0.5161	0.5155	0.5336	0.5544
2年目	0.4961	0.5079	0.5054	0.5190	0.5228	0.5285	0.5553
3年目	0.4939	0.5154	0.5184	0.5134	0.5300	0.5375	0.5522
4年目	0.5018	0.4919	0.5180	0.5137	0.5285	0.5375	0.5472
5年目	0.4997	0.5157	0.5158	0.5105	0.5214	0.5399	0.5533
平均値	0.4978	0.5054	0.5118	0.5145	0.5236	0.5354	0.5525
分散値	9.412E-06	0.0001191	0.00006117	0.00001020	3.367E-05	0.00001991	0.00001014

表 27 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 28 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 28 表 27 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	19.92
b-g	17.15
c-g	14.81
d-g	13.84
e-g	10.51
f-g	6.221
a-f	13.70
b-f	10.93
c-f	8.587
d-f	7.615
e-f	4.287
a-e	9.409
b-e	6.638
c-e	4.299
d-e	3.327
a-d	6.082
b-d	3.311
c-d	0.9719
a-c	5.110
b-c	2.339

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組の AI との着手一致率について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 29 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 29 順位戦 C 級 1 組の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.4869	0.5008	0.5011	0.5099	0.5176	0.5151	0.5365
2年目	0.4895	0.5022	0.5006	0.5218	0.5152	0.5263	0.5454
3年目	0.4886	0.5021	0.5183	0.5116	0.5256	0.5289	0.5498
4年目	0.4937	0.5111	0.5053	0.5074	0.5234	0.5330	0.5482
5年目	0.4870	0.5125	0.5101	0.5137	0.5223	0.5440	0.5659
平均値	0.4891	0.5058	0.5071	0.5129	0.5208	0.5295	0.5491
分散値	7.636E-06	0.00003130	5.376E-05	0.00003024	1.848E-05	0.0001105	0.0001139

表 29 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 30 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 30 表 29 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	18.56
b-g	13.42
c-g	13.01
d-g	11.21
e-g	8.768
f-g	6.091
a-f	12.47
b-f	7.330
c-f	6.916
d-f	5.121
e-f	2.677
a-e	9.794
b-e	4.654
c-e	4.239
d-e	2.444
a-d	7.350
b-d	2.209
c-d	1.794
a-c	5.555
b-c	0.4149
a-b	5.141

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組の棋譜における AI との着手一致率について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 31 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 31 順位戦 C 級 2 組の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.4866	0.4948	0.5011	0.5155	0.5139	0.5209	0.5370
2年目	0.4924	0.4885	0.4991	0.5122	0.5131	0.5219	0.5488
3年目	0.4999	0.4899	0.4990	0.4984	0.5206	0.5279	0.5428
4年目	0.4857	0.4961	0.4992	0.5053	0.5265	0.5297	0.5486
5年目	0.4966	0.5009	0.4963	0.5034	0.5325	0.5305	0.5478
平均値	0.4922	0.4940	0.4989	0.5070	0.5213	0.5262	0.5450
分散値	3.791E-05	0.00002487	2.873E-06	0.00004735	6.881E-05	2.018E-05	0.00002580

表 31 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 32 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 32 表 31 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	20.69
b-g	19.98
c-g	18.06
d-g	14.91
e-g	9.291
f-g	7.390
a-f	13.30
b-f	12.59
c-f	10.67
d-f	7.520
e-f	1.901
a-e	11.40
b-e	10.69
c-e	8.769
d-e	5.619
a-d	5.778
b-d	5.072
c-d	3.150
a-c	2.628
b-c	1.922
a-b	0.7061

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における 40 手目までの AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 33 のよう

に 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 33 順位戦 A 級の 40 手目までの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.3956	0.3737	0.3920	0.4600	0.4383	0.4633	0.5096
2年目	0.3663	0.4022	0.3967	0.4439	0.4367	0.4539	0.4989
3年目	0.4197	0.3654	0.4417	0.4583	0.4517	0.4255	0.4794
4年目	0.3853	0.4572	0.4356	0.3832	0.4711	0.4500	0.5333
5年目	0.3730	0.4639	0.4130	0.3972	0.5250	0.5094	0.5250
平均値	0.3880	0.4125	0.4158	0.4285	0.4646	0.4604	0.5093
分散値	0.0004409	0.002118	0.0004992	0.001288	0.001332	0.0009436	0.0004560

表 33 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 34 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 34 表 33 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	8.528
b-g	6.805
c-g	6.572
d-g	5.677
e-g	3.143
f-g	3.434
a-f	5.095
b-f	3.372
c-f	3.138
d-f	2.244
e-f	0.2906
a-e	5.385
b-e	3.662
c-e	3.429
d-e	2.534
a-d	2.851
b-d	1.128
c-d	0.8948
a-c	1.956
b-c	0.2332
a-b	1.723

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組における 40 手目までの AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 35 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 35 順位戦 B 級 1 組の 40 手目までの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.3589	0.3651	0.3849	0.3972	0.4151	0.4554	0.5082
2年目	0.3674	0.3935	0.3795	0.4237	0.4260	0.4551	0.5173
3年目	0.3709	0.3947	0.4101	0.4083	0.4413	0.4635	0.4811
4年目	0.3630	0.4276	0.3633	0.4356	0.4731	0.4833	0.5353
5年目	0.3897	0.3984	0.4359	0.4112	0.4442	0.5365	0.5579
平均値	0.3700	0.3959	0.3947	0.4152	0.4399	0.4788	0.5199
分散値	0.0001419	0.0004908	0.0008118	0.0002185	0.0004830	0.001174	0.0008330

表 35 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 36 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 36 表 35 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	13.77
b-g	11.39
c-g	11.50
d-g	9.615
e-g	7.346
f-g	3.779
a-f	9.989
b-f	7.611
c-f	7.716
d-f	5.836
e-f	3.566
a-e	6.422
b-e	4.045
c-e	4.150
d-e	2.270
a-d	4.153
b-d	1.775
c-d	1.880
a-c	2.273
b-c	0.1045
a-b	2.377

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜における 40 手目までの AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 37 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 37 順位戦 B 級 2 組の 40 手目までの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.3739	0.3864	0.3797	0.3993	0.3998	0.4359	0.4641
2年目	0.3873	0.4082	0.3744	0.4187	0.4283	0.4334	0.4688
3年目	0.3800	0.4180	0.4154	0.4033	0.4348	0.4607	0.4656
4年目	0.3912	0.3831	0.4158	0.4038	0.4407	0.4471	0.4784
5年目	0.3872	0.4133	0.4100	0.3960	0.4313	0.4528	0.4621
平均値	0.3839	0.4018	0.3991	0.4042	0.4270	0.4460	0.4678
分散値	4.785E-05	0.0002554	0.0004138	0.00007560	0.0002500	0.0001300	4.100E-05

表 37 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 38 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、

群数 7, 自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である[14].

表 38 表 37 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	14.23
b-g	11.19
c-g	11.65
d-g	10.78
e-g	6.925
f-g	3.701
a-f	10.53
b-f	7.491
c-f	7.953
d-f	7.083
e-f	3.224
a-e	7.306
b-e	4.267
c-e	4.729
d-e	3.859
a-d	3.447
b-d	0.4080
c-d	0.8703
a-c	2.577
b-c	0.4624
a-b	3.039

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組における 40 手目までの AI との着手一致率について, 5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために, 表 39 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け, 各群での平均値と分散値を算出した.

表 39 順位戦 C 級 1 組の 40 手目までの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.3589	0.3831	0.3701	0.3838	0.3998	0.4165	0.4608
2年目	0.3546	0.3758	0.3645	0.4094	0.4022	0.4361	0.4718
3年目	0.3748	0.3829	0.3960	0.3897	0.4256	0.4301	0.4751
4年目	0.3831	0.3966	0.3902	0.3878	0.4354	0.4449	0.4811
5年目	0.3698	0.3944	0.3876	0.3895	0.4265	0.4493	0.5094
平均値	0.3682	0.3866	0.3817	0.3920	0.4179	0.4354	0.4796
分散値	0.0001350	7.560E-05	0.0001855	0.0001000	0.0002530	0.0001676	0.0003302

表 39 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 40 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 40 表 39 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	18.67
b-g	15.59
c-g	16.41
d-g	14.68
e-g	10.34
f-g	7.416
a-f	11.25
b-f	8.178
c-f	8.999
d-f	7.265
e-f	2.927
a-e	8.323
b-e	5.250
c-e	6.072
d-e	4.338
a-d	3.986
b-d	0.9127
c-d	1.734
a-c	2.252
b-c	0.8211
a-b	3.073

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組における 40 手目までの AI との着手一致率について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 41 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 41 順位戦 C 級 2 組の 40 手目までの AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.3543	0.3696	0.3712	0.4151	0.4050	0.4168	0.4467
2年目	0.3776	0.3569	0.3797	0.4046	0.3997	0.4256	0.4661
3年目	0.3786	0.3776	0.3766	0.3829	0.4282	0.4251	0.4552
4年目	0.3591	0.3744	0.3845	0.3780	0.4348	0.4345	0.4572
5年目	0.3704	0.3729	0.3947	0.3853	0.4307	0.4444	0.4661
平均値	0.3680	0.3703	0.3813	0.3932	0.4197	0.4293	0.4582
分散値	0.0001190	6.420E-05	7.903E-05	0.0002523	0.0002600	0.0001110	6.637E-05

表 41 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 42 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 42 表 41 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	17.31
b-g	16.87
c-g	14.75
d-g	12.48
e-g	7.399
f-g	5.554
a-f	11.75
b-f	11.31
c-f	9.193
d-f	6.925
e-f	1.846
a-e	9.907
b-e	9.469
c-e	7.347
d-e	5.079
a-d	4.828
b-d	4.390
c-d	2.268
a-c	2.559
b-c	2.122
a-b	0.4375

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における 40 手目以降の AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 43 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 43 順位戦 A 級の 40 手目以降の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5808	0.5849	0.5929	0.5922	0.6193	0.6275	0.6249
2年目	0.5742	0.6087	0.5980	0.5966	0.5943	0.6168	0.6269
3年目	0.5947	0.5979	0.6037	0.5957	0.5857	0.6153	0.6365
4年目	0.5748	0.6088	0.6023	0.6114	0.6195	0.6128	0.6254
5年目	0.5927	0.5918	0.5972	0.6123	0.6167	0.6339	0.6344
平均値	0.5835	0.5984	0.5988	0.6016	0.6071	0.6212	0.6080
分散値	9.510E-05	0.0001100	1.860E-05	8.910E-05	0.0002540	8.110E-05	5.650E-06

表 43 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 44 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 44 表 43 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	10.49
b-g	7.100
c-g	7.005
d-g	6.364
e-g	5.120
f-g	1.906
a-f	8.589
b-f	5.194
c-f	5.099
d-f	4.458
e-f	3.214
a-e	5.375
b-e	1.980
c-e	1.886
d-e	1.245
a-d	4.131
b-d	0.7354
c-d	0.6412
a-c	3.489
b-c	0.09417
a-b	3.395

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組の棋譜における，40 手目以降の AI との着手一致率について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 45 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 45 順位戦 B 級 1 組の 40 手目以降の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5594	0.5677	0.5863	0.5712	0.6179	0.5918	0.6347
2年目	0.5651	0.5607	0.5685	0.5736	0.6000	0.6184	0.6089
3年目	0.5625	0.5806	0.5868	0.5858	0.6014	0.6197	0.6083
4年目	0.5747	0.5696	0.5934	0.6061	0.5874	0.6144	0.6243
5年目	0.5741	0.5893	0.5896	0.6026	0.6115	0.6277	0.6214
平均値	0.5672	0.5736	0.5849	0.5879	0.6036	0.6144	0.6195
分散値	4.760E-05	0.0001280	9.260E-05	0.0002580	0.0001370	0.0001830	0.0001250

表 45 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 46 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 46 表 45 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	9.942
b-g	8.717
c-g	6.568
d-g	6.011
e-g	3.014
f-g	0.9656
a-f	8.976
b-f	7.752
c-f	5.602
d-f	5.046
e-f	2.048
a-e	6.928
b-e	5.703
c-e	3.554
d-e	2.997
a-d	3.930
b-d	2.706
c-d	0.5567
a-c	3.374
b-c	2.149
a-b	1.224

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜における 40 手目以降の AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 47 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 47 順位戦 B 級 2 組の 40 手目以降の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5697	0.5624	0.5718	0.5818	0.5783	0.5889	0.6092
2年目	0.5536	0.5602	0.5796	0.5811	0.5746	0.5840	0.6053
3年目	0.5599	0.5668	0.5802	0.5797	0.5866	0.5837	0.5989
4年目	0.5617	0.5696	0.5787	0.5725	0.5825	0.5895	0.5903
5年目	0.5647	0.5722	0.5746	0.5720	0.5748	0.5913	0.6068
平均値	0.5619	0.5662	0.5770	0.5774	0.5793	0.5875	0.6021
分散値	3.560E-05	2.470E-05	1.300E-05	0.00002287	0.00002669	0.00001194	0.00005811

表 47 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 48 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である[14]。

表 48 表 47 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	17.12
b-g	15.28
c-g	10.70
d-g	10.52
e-g	9.700
f-g	6.237
a-f	10.89
b-f	9.047
c-f	4.462
d-f	4.284
e-f	3.463
a-e	7.423
b-e	5.584
c-e	0.9991
d-e	0.8212
a-d	6.602
b-d	4.763
c-d	0.1779
a-c	6.424
b-c	4.585
a-b	1.839

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組の棋譜における 40 手目以降の AI との着手一致率について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 49 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 49 順位戦 C 級 1 組の 40 手目以降の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5612	0.5654	0.5782	0.5744	0.5849	0.5742	0.5866
2年目	0.5637	0.5748	0.5749	0.5850	0.5812	0.5828	0.5939
3年目	0.5542	0.5724	0.5858	0.5793	0.5840	0.5881	0.5940
4年目	0.5516	0.5804	0.5703	0.5751	0.5747	0.5894	0.5922
5年目	0.5588	0.5769	0.5761	0.5812	0.5812	0.6033	0.5991
平均値	0.5579	0.5740	0.5770	0.5790	0.5812	0.5876	0.5932
分散値	2.490E-05	3.180E-05	3.250E-05	1.940E-05	1.610E-05	0.0001130	2.000E-05

表 49 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 50 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 50 表 49 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	13.00
b-g	7.066
c-g	5.942
d-g	5.231
e-g	4.416
f-g	2.069
a-f	10.93
b-f	4.997
c-f	3.873
d-f	3.162
e-f	2.347
a-e	8.584
b-e	2.650
c-e	1.526
d-e	0.8153
a-d	7.769
b-d	1.835
c-d	0.7105
a-c	7.058
b-c	1.124
a-b	5.934

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組の棋譜における 40 手目以降の AI との着手一致率について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 51 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 51 順位戦 C 級 2 組の 40 手目以降の AI との着手一致率の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	0.5614	0.5683	0.5751	0.5730	0.5776	0.5805	0.5897
2年目	0.5520	0.5594	0.5676	0.5754	0.5813	0.5787	0.5975
3年目	0.5643	0.5554	0.5677	0.5676	0.5709	0.5844	0.5934
4年目	0.5540	0.5661	0.5666	0.5804	0.5845	0.5875	0.6008
5年目	0.5664	0.5720	0.5571	0.5764	0.5916	0.5815	0.5971
平均値	0.5596	0.5642	0.5668	0.5745	0.5812	0.5825	0.5957
分散値	4.000E-05	4.540E-05	4.090E-05	2.240E-05	5.940E-05	1.220E-05	1.810E-05

表 51 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 52 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 52 表 51 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	13.83
b-g	12.05
c-g	11.07
d-g	8.110
e-g	5.570
f-g	5.046
a-f	8.784
b-f	7.008
c-f	6.027
d-f	3.065
e-f	0.5242
a-e	8.260
b-e	6.484
c-e	5.503
d-e	2.541
a-d	5.719
b-d	3.944
c-d	2.962
a-c	2.757
b-c	0.9818
a-b	1.775

平均損失

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における平均損失について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 53 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 53 順位戦 A 級の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-107.1	-117.1	-66.16	-69.61	-91.34	-113.7	-72.20
2年目	-85.00	-95.62	-58.82	-107.4	-105.5	-82.86	-107.7
3年目	-95.24	-101.2	-82.64	-82.81	-91.53	-76.25	-105.9
4年目	-111.6	-65.99	-98.10	-61.58	-73.94	-79.21	-104.7
5年目	-116.6	-120.8	-53.41	-86.10	-133.3	-89.59	-107.0
平均値	-103.1	-100.2	-71.83	-81.49	-99.12	-88.32	-99.48
分散値	165.1	475.7	336.9	307.7	490.4	226.1	233.9

表 53 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 54 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 54 表 53 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	0.4536
b-g	0.08464
c-g	3.460
d-g	2.251
e-g	0.04546
f-g	1.396
a-f	1.850
b-f	1.481
c-f	2.064
d-f	0.8543
e-f	1.351
a-e	0.4991
b-e	0.1301
c-e	3.415
d-e	2.205
a-d	2.704
b-d	2.335
c-d	1.209
a-c	3.914
b-c	3.545
a-b	0.3690

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組における平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 55 のように 5 年毎に a 群から g 群に

分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 55 順位戦 B 級 1 組の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-89.67	-97.83	-110.9	-97.25	-109.4	-93.71	-85.90
2年目	-105.9	-105.0	-104.8	-112.8	-99.44	-113.4	-80.27
3年目	-114.1	-100.5	-79.10	-112.7	-95.12	-85.84	-60.61
4年目	-88.96	-96.52	-88.16	-106.1	-89.70	-91.22	-92.33
5年目	-77.82	-94.75	-95.59	-81.44	-112.3	-108.7	-69.18
平均値	-95.30	-98.93	-95.73	-102.1	-101.2	-98.58	-77.66
分散値	211.3	15.97	162.0	173.2	91.00	140.5	163.1

表 55 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 56 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 56 表 55 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	3.374
b-g	4.067
c-g	3.455
d-g	4.665
e-g	4.503
f-g	4.000
a-f	0.6257
b-f	0.06709
c-f	0.5450
d-f	0.6647
e-f	0.5027
a-e	1.128
b-e	0.4356
c-e	1.048
d-e	0.1620
a-d	1.290
b-d	0.5976
c-d	1.210
a-c	0.08067
b-c	0.6121
a-b	0.6928

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜におけるの平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 57 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 57 順位戦 B 級 2 組の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-121.8	-125.2	-90.45	-96.05	-126.1	-87.87	-79.09
2年目	-111.8	-93.76	-103.4	-83.46	-106.0	-106.5	-87.62
3年目	-104.0	-82.20	-70.62	-73.22	-89.58	-94.01	-95.82
4年目	-102.7	-76.79	-106.6	-96.08	-97.91	-98.22	-118.0
5年目	-115.1	-91.76	-94.35	-112.9	-90.62	-84.26	-99.68
平均値	-111.1	-93.94	-93.09	-92.35	-102.0	-94.17	-96.05
分散値	62.82	352.9	200.7	224.2	224.6	76.47	213.7

表 57 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 58 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 58 表 57 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	2.419
b-g	0.3390
c-g	0.4756
d-g	0.5934
e-g	0.9641
f-g	0.3013
a-f	2.720
b-f	0.03762
c-f	0.1743
d-f	0.2921
e-f	1.265
a-e	1.455
b-e	1.303
c-e	1.440
d-e	1.558
a-d	3.012
b-d	0.2545
c-d	0.1178
a-c	2.895
b-c	0.1367
a-b	2.758

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組の平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 59 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 59 順位戦 C 級 1 組の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-113.0	-80.01	-81.91	-113.4	-106.2	-79.47	-103.7
2年目	-110.0	-101.0	-101.1	-104.2	-90.16	-73.41	-113.6
3年目	-96.75	-89.23	-101.5	-117.7	-105.0	-92.59	-83.22
4年目	-87.84	-115.9	-111.7	-92.20	-108.7	-91.20	-79.97
5年目	-96.38	-103.8	-105.3	-95.60	-97.07	-99.23	-90.89
平均値	-100.8	-97.97	-100.3	-104.6	-101.4	-87.18	-94.28
分散値	109.6	190.4	123.5	121.3	58.66	110.0	199.9

表 59 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 60 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 60 表 59 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ 検定統計量	
a-g	1.278
b-g	0.7229
c-g	1.175
d-g	2.026
e-g	1.401
f-g	1.388
a-f	2.667
b-f	2.111
c-f	2.563
d-f	3.415
e-f	2.789
a-e	0.1227
b-e	0.6779
c-e	0.2261
d-e	0.6257
a-d	0.7484
b-d	1.304
c-d	0.8518
a-c	0.1034
b-c	0.4518
a-b	0.5552

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組の棋譜における平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 61 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 61 順位戦 C 級 2 組の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-116.4	-109.5	-105.7	-117.2	-102.7	-113.0	-95.56
2年目	-126.4	-120.7	-107.1	-107.1	-100.7	-106.2	-97.46
3年目	-118.6	-101.8	-118.0	-106.6	-107.4	-85.27	-93.20
4年目	-115.3	-102.1	-104.6	-101.2	-118.1	-106.0	-95.27
5年目	-116.3	-107.9	-94.73	-105.7	-103.6	-76.28	-95.33
平均値	-118.6	-108.4	-106.0	-107.6	-106.5	-97.34	-95.37
分散値	20.47	58.94	68.42	34.66	47.69	246.7	2.285

表 61 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 62 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5%点の表より、

群数 7, 自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14].

表 62 表 61 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	6.285
b-g	3.521
c-g	2.883
d-g	3.295
e-g	3.007
f-g	0.5334
a-f	5.751
b-f	2.988
c-f	2.350
d-f	2.762
e-f	2.473
a-e	3.278
b-e	0.5142
c-e	0.1237
d-e	0.2885
a-d	2.989
b-d	0.2257
c-d	0.4123
a-c	3.402
b-c	0.6380
a-b	2.764

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における 40 手目までの平均損失について, 5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために, 表 63 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け, 各群での平均値と分散値を算出した.

表 63 順位戦 A 級の 40 手目までの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-19.22	-17.22	-15.06	-18.11	-19.01	-21.05	-17.52
2年目	-19.28	-15.38	-17.12	-21.02	-20.48	-18.49	-16.73
3年目	-17.39	-14.35	-16.69	-24.61	-21.83	-20.04	-17.64
4年目	-17.59	-17.45	-18.09	-22.09	-17.81	-18.10	-14.39
5年目	-15.98	-18.33	-18.60	-19.55	-18.75	-18.21	-12.43
平均値	-17.89	-16.55	-17.11	-21.08	-19.58	-19.18	-15.74
分散値	1.927	2.661	1.891	6.160	2.509	1.703	5.133

表 63 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 64 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 64 表 63 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	2.710
b-g	1.013
c-g	1.727
d-g	6.728
e-g	4.838
f-g	4.332
a-f	1.622
b-f	3.318
c-f	2.605
d-f	2.396
e-f	0.506
a-e	2.128
b-e	3.824
c-e	3.111
d-e	1.890
a-d	4.017
b-d	5.714
c-d	5.001
a-c	0.9834
b-c	0.7134
a-b	1.697

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組における 40 手目までの平均損失について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 65 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 65 順位戦 B 級 1 組の 40 手目までの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-22.01	-20.41	-20.53	-23.68	-18.55	-19.26	-16.03
2年目	-21.62	-21.54	-21.27	-17.47	-17.02	-23.34	-13.31
3年目	-23.63	-22.57	-22.03	-17.19	-20.21	-17.92	-11.95
4年目	-20.73	-20.63	-21.01	-18.61	-21.37	-17.78	-12.76
5年目	-19.13	-19.37	-20.86	-18.90	-21.12	-17.24	-13.85
平均値	-21.42	-20.90	-21.14	-19.17	-19.65	-19.11	-13.58
分散値	2.752	1.465	0.3204	6.882	3.382	6.145	2.370

表 65 の各群について，Tukey 法による多重比較を行った結果，各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 66 のようになった．ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より，群数 7，自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]．

表 66 表 65 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	9.607
b-g	8.968
c-g	9.258
d-g	6.846
e-g	7.440
f-g	6.770
a-f	2.837
b-f	2.198
c-f	2.489
d-f	0.07659
e-f	0.6700
a-e	2.167
b-e	1.528
c-e	1.819
d-e	0.5934
a-d	2.760
b-d	2.121
c-d	2.412
a-c	0.3482
b-c	0.2907
a-b	0.6389

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜における 40 手目までの平均損失について，5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために，表 67 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け，各群での平均値と分散値を算出した．

表 67 順位戦 B 級 2 組の 40 手目までの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-22.27	-18.12	-18.70	-19.73	-20.86	-22.65	-20.34
2年目	-18.69	-18.83	-17.04	-21.86	-20.08	-20.96	-19.52
3年目	-22.64	-18.87	-18.00	-22.04	-22.44	-22.09	-17.69
4年目	-20.34	-19.58	-20.94	-21.13	-20.93	-23.22	-16.78
5年目	-20.33	-18.82	-21.80	-21.22	-22.84	-21.43	-18.77
平均値	-20.86	-18.85	-19.29	-21.19	-21.43	-22.07	-18.62
分散値	2.600	0.2674	4.024	0.8274	1.347	0.8247	2.005

表 67 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 68 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 68 表 67 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	3.839
b-g	0.3917
c-g	1.160
d-g	4.421
e-g	4.824
f-g	5.920
a-f	2.081
b-f	5.528
c-f	4.760
d-f	1.499
e-f	1.096
a-e	0.9847
b-e	4.432
c-e	3.664
d-e	0.4030
a-d	0.5818
b-d	4.029
c-d	3.261
a-c	2.679
b-c	0.7683
a-b	3.447

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組における 40 手目までの平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 69 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 69 順位戦 C 級 1 組の 40 手目までの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-21.97	-18.78	-20.84	-19.40	-21.57	-24.06	-21.11
2年目	-21.19	-19.94	-19.96	-21.35	-23.00	-23.19	-19.24
3年目	-21.85	-22.07	-21.32	-21.17	-22.77	-20.68	-18.41
4年目	-21.53	-20.11	-20.69	-22.44	-24.50	-19.83	-16.62
5年目	-20.57	-18.57	-18.26	-22.68	-22.50	-20.35	-16.96
平均値	-21.42	-19.89	-20.21	-21.41	-22.87	-21.62	-18.47
分散値	0.3188	1.946	1.430	1.692	1.131	3.535	3.324

表 69 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 70 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 70 表 69 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	4.778
b-g	2.304
c-g	2.823
d-g	4.756
e-g	7.113
f-g	5.099
a-f	0.3212
b-f	2.795
c-f	2.276
d-f	0.3432
e-f	2.014
a-e	2.335
b-e	4.808
c-e	4.290
d-e	2.357
a-d	0.02193
b-d	2.452
c-d	1.933
a-c	1.955
b-c	0.5184
a-b	2.474

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組における 40 手目までの平均損

失について、5年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 71 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 71 順位戦 C 級 2 組の 40 手目までの平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-21.79	-21.87	-21.83	-23.49	-22.22	-22.63	-19.10
2年目	-22.81	-21.76	-21.39	-22.88	-21.91	-22.68	-19.24
3年目	-23.2	-21.39	-22.26	-22.34	-23.23	-21.52	-20.03
4年目	-22.87	-20.93	-23.70	-21.22	-23.47	-22.22	-18.20
5年目	-21.26	-20.38	-22.04	-22.71	-22.46	-20.53	-17.10
平均値	-22.39	-21.27	-22.24	-22.53	-22.66	-21.92	-18.73
分散値	0.6715	0.3811	0.7660	0.7073	0.4433	0.8160	1.258

表 71 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 72 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 72 表 71 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	9.625
b-g	6.676
c-g	9.249
d-g	9.997
e-g	10.33
f-g	8.384
a-f	1.241
b-f	1.708
c-f	0.8655
d-f	1.613
e-f	1.947
a-e	0.7053
b-e	3.654
c-e	1.081
d-e	0.3341
a-d	0.3712
b-d	3.320
c-d	0.7471
a-c	0.3758
b-c	2.573
a-b	2.949

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における 40 手目以降の平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 73 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 73 順位戦 A 級の 40 手目以降の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-157.8	-178.3	-97.41	-102.0	-141.6	-169.3	-103.3
2年目	-116.5	-137.9	-81.54	-167.0	-159.2	-124.1	-158.1
3年目	-141.3	-147.1	-121.1	-117.7	-134.5	-103.4	-150.0
4年目	-166.6	-91.24	-147.2	-90.19	-101.1	-114.0	-159.3
5年目	-171.8	-190.8	-72.66	-120.8	-206.9	-131.7	-158.4
平均値	-150.8	-149.1	-104.0	-119.5	-148.7	-128.5	-145.8
分散値	501.3	1517	921.7	857.2	1503	633.0	580.3

表 73 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 74 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 74 表 73 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	0.3639
b-g	0.2367
c-g	3.069
d-g	1.930
e-g	0.2057
f-g	1.272
a-f	1.636
b-f	1.509
c-f	1.797
d-f	0.6574
e-f	1.478
a-e	0.1582
b-e	0.03097
c-e	3.275
d-e	2.135
a-d	2.294
b-d	2.166
c-d	1.139
a-c	3.433
b-c	3.306
a-b	0.1272

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組における 40 手目以降の平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 75 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 75 順位戦 B 級 1 組の 40 手目以降の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-128.4	-144.3	-159.8	-137.0	-165.4	-139.7	-133.3
2年目	-137.4	-149.0	-151.4	-166.4	-146.8	-172.4	-127.9
3年目	-160.6	-142.5	-109.9	-171.0	-142.9	-123.3	-90.16
4年目	-124.1	-143.5	-122.5	-158.3	-128.8	-138.6	-153.1
5年目	-103.5	-139.5	-138.4	-118.3	-175.5	-180.7	-107.4
平均値	-130.8	-143.7	-136.4	-150.2	-151.9	-150.9	-122.4
分散値	432.8	11.72	418.0	489.2	344.8	597.2	589.2

表 75 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 76 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、

群数 7, 自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14].

表 76 表 75 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ 検定統計量	
a-g	0.9284
b-g	2.355
c-g	1.549
d-g	3.064
e-g	3.255
f-g	3.148
a-f	2.219
b-f	0.7931
c-f	1.599
d-f	0.08357
e-f	0.1071
a-e	2.327
b-e	0.9003
c-e	1.706
d-e	0.1907
a-d	2.136
b-d	0.7096
c-d	1.516
a-c	0.6201
b-c	0.8062
a-b	1.426

この結果, 順位戦 B 級 1 組の棋譜において, 多重比較を行った結果は, どの年代においても, 5 年間の 40 手目以降の平均損失の有意差が存在しないことが判明した.

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜における 40 手目以降の平均損失について, 5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために, 表 77 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け, 各群での平均値と分散値を算出した.

表 77 順位戦 B 級 2 組の 40 手目以降の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-186.1	-197.1	-133.7	-137.2	-181.2	-131.6	-116.4
2年目	-162.8	-135.8	-154.1	-121.6	-149.3	-157.9	-131.6
3年目	-153.8	-115.8	-99.53	-106.1	-126.9	-132.7	-142.6
4年目	-144.9	-111.8	-156.4	-137.9	-146.9	-146.6	-182.8
5年目	-172.3	-138.2	-136.3	-169.7	-127.1	-123.4	-147.8
平均値	-164.0	-139.7	-136.0	-134.5	-146.3	-138.4	-144.3
分散値	258.1	1166	520.1	559.0	492.6	187.9	609.2

表 77 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 78 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 78 表 77 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	1.896
b-g	0.4325
c-g	0.7907
d-g	0.9350
e-g	0.1944
f-g	0.5590
a-f	2.455
b-f	0.1265
c-f	0.2317
d-f	0.3760
e-f	0.7534
a-e	1.701
b-e	0.6269
c-e	0.9851
d-e	1.129
a-d	2.831
b-d	0.5025
c-d	0.1443
a-c	2.686
b-c	0.3582
a-b	2.328

この結果、順位戦 B 級 2 組の棋譜において、多重比較を行った結果は、どの年代においても、5 年間の 40 手目以降の平均損失の有意差が存在しないことが判明した。

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組の 40 手目以降の平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 79 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 79 順位戦 C 級 1 組の 40 手目以降の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-170.8	-112.5	-94.95	-167.8	-158.6	-111.9	-161.3
2年目	-160.9	-145.7	-149.0	-153.5	-131.6	-106.3	-178.3
3年目	-146.8	-121.8	-147.4	-173.6	-154.0	-139.5	-127.9
4年目	-129.0	-170.5	-166.5	-132.9	-161.6	-138.0	-118.0
5年目	-137.9	-152.3	-154.7	-139.1	-144.3	-151.8	-142.7
平均値	-149.1	-140.6	-142.5	-153.4	-150.0	-129.5	-145.6
分散値	286.3	550.4	762.8	310.2	148.7	379.6	599.8

表 79 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 80 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 80 表 79 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	0.3711
b-g	0.5439
c-g	0.3363
d-g	0.8319
e-g	0.4728
f-g	1.733
a-f	2.105
b-f	1.190
c-f	1.397
d-f	2.565
e-f	2.206
a-e	0.1017
b-e	1.017
c-e	0.8091
d-e	0.3591
a-d	0.4608
b-d	1.376
c-d	1.168
a-c	0.7074
b-c	0.2076
a-b	0.9150

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組の棋譜における 40 手目以降の平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 81 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 81 順位戦 C 級 2 組の 40 手目以降の平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-176.8	-163.2	-155.8	-175.5	-168.6	-168.8	-144.9
2年目	-180.5	-181.3	-161.3	-157.3	-149.4	-162.1	-149.6
3年目	-172.3	-148.4	-174.5	-160.0	-157.7	-125.0	-140.5
4年目	-164.6	-148.5	-151.7	-146.3	-177.1	-160.2	-136.6
5年目	-170.3	-153.0	-137.8	-157.7	-153.1	-111.8	-142.2
平均値	-172.9	-158.9	-156.2	-159.3	-161.2	-145.6	-142.8
分散値	37.57	193.3	180	110.4	131	647	23.54

表 81 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 82 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 82 表 81 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	4.904
b-g	2.625
c-g	2.188
d-g	2.697
e-g	2.999
f-g	0.4556
a-f	4.448
b-f	2.170
c-f	1.732
d-f	2.242
e-f	2.544
a-e	1.904
b-e	0.3740
c-e	0.8115
d-e	0.3022
a-d	2.207
b-d	0.07188
c-d	0.5093
a-c	2.716
b-c	0.4374
a-b	2.278

条件付き平均損失

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 A 級の棋譜における条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 83 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 83 順位戦 A 級の条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-60.27	-55.26	-55.01	-56.96	-57.59	-61.86	-59.07
2年目	-59.71	-48.21	-58.97	-58.81	-58.33	-53.93	-49.76
3年目	-66.24	-52.77	-70.17	-57.17	-53.83	-57.58	-56.55
4年目	-59.98	-60.16	-55.63	-48.46	-64.08	-59.22	-53.04
5年目	-65.76	-53.47	-54.32	-48.62	-54.79	-61.32	-54.55
平均値	-62.39	-53.97	-58.82	-54.00	-57.72	-58.78	-54.60
分散値	10.92	18.71	43.47	25.40	16.14	10.28	12.41

表 83 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 84 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 84 表 83 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ 検定統計量	
a-g	3.936
b-g	0.3142
c-g	2.132
d-g	0.3012
e-g	1.577
f-g	2.113
a-f	1.823
b-f	2.427
c-f	0.01935
d-f	2.414
e-f	0.5354
a-e	2.359
b-e	1.892
c-e	0.5548
d-e	1.879
a-d	4.238
b-d	0.01295
c-d	2.434
a-c	1.804
b-c	2.446
a-b	4.250

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 1 組における条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 85 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 85 順位戦 B 級 1 組の条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-66.54	-60.42	-56.92	-60.47	-62.66	-52.43	-56.38
2年目	-62.06	-60.49	-56.48	-59.43	-54.63	-64.65	-63.55
3年目	-62.42	-70.79	-62.22	-61.52	-61.27	-61.09	-51.69
4年目	-76.09	-59.38	-56.85	-76.31	-69.00	-53.97	-54.15
5年目	-60.44	-63.69	-59.22	-56.26	-66.14	-62.57	-61.70
平均値	-65.51	-62.95	-58.34	-62.80	-62.74	-58.94	-57.50
分散値	40.03	21.80	5.875	60.92	29.66	29.37	25.12

表 85 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 86 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 86 表 85 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	3.250
b-g	2.213
c-g	0.3416
d-g	2.150
e-g	2.127
f-g	0.5861
a-f	2.663
b-f	1.627
c-f	0.2445
d-f	1.564
e-f	1.541
a-e	1.122
b-e	0.08584
c-e	1.786
d-e	0.02300
a-d	1.099
b-d	0.06284
c-d	1.809
a-c	2.908
b-c	1.871
a-b	1.037

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 B 級 2 組の棋譜における条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 87 のように 5 年毎に

a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 87 順位戦 B 級 2 組の条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-74.4	-65.94	-60.82	-62.11	-57.3	-68.77	-69.05
2年目	-68.76	-62.2	-62.87	-66.79	-61.95	-69.51	-56.14
3年目	-72.6	-59.12	-64.72	-61.16	-70.09	-63.89	-59.18
4年目	-71.1	-64.05	-70.88	-61.49	-61.06	-61.04	-65
5年目	-66.1	-66.69	-67.07	-67.32	-67.9	-63.74	-59.85
平均値	-70.59	-63.6	-65.27	-63.77	-63.66	-65.39	-61.84
分散値	10.57	9.307	15.14	9.105	27.37	13.07	26.37

表 87 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 88 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 88 表 87 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	4.914
b-g	0.986
c-g	1.926
d-g	1.083
e-g	1.021
f-g	1.992
a-f	2.922
b-f	1.006
c-f	0.06631
d-f	0.9092
e-f	0.9714
a-e	3.893
b-e	0.035
c-e	0.9051
d-e	0.06219
a-d	3.831
b-d	0.09719
c-d	0.8429
a-c	2.988
b-c	0.9401
a-b	3.928

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 1 組の条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 89 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 89 順位戦 C 級 1 組の条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-73.78	-62.46	-70.03	-61.42	-62.97	-63.59	-67.84
2年目	-65.69	-65.51	-64.64	-62.84	-69.52	-65.29	-68.33
3年目	-61.41	-69.36	-63.93	-61.23	-65.93	-63.12	-64.15
4年目	-58.92	-64.8	-68.94	-60.47	-70.3	-61.16	-62.35
5年目	-59.39	-62.92	-61.55	-62.93	-67.21	-64.95	-69.35
平均値	-63.84	-65.01	-65.82	-61.78	-67.19	-63.62	-66.4
分散値	38.03	7.512	12.66	1.147	8.629	2.717	8.983

表 89 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 90 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 90 表 89 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ	検定統計量
a-g	1.701
b-g	0.9239
c-g	0.3875
d-g	3.066
e-g	0.5192
f-g	1.843
a-f	0.1422
b-f	0.9192
c-f	1.456
d-f	1.223
e-f	2.362
a-e	2.22
b-e	1.443
c-e	0.9068
d-e	3.585
a-d	1.365
b-d	2.142
c-d	2.678
a-c	1.313
b-c	0.5364
a-b	0.7771

1987 年度から 2021 年度までの 35 年分の順位戦 C 級 2 組の棋譜における条件付き平均損失について、5 年ごとの平均値に差があるのかを調べるために、表 91 のように 5 年毎に a 群から g 群に分け、各群での平均値と分散値を算出した。

表 91 順位戦 C 級 2 組の条件付き平均損失の値と 5 年ごとの平均値

	a群	b群	c群	d群	e群	f群	g群
	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
1年目	-66.83	-63.9	-68.43	-71.77	-61.67	-63.7	-62.55
2年目	-71.55	-67.74	-66.5	-66.65	-63.99	-64.13	-68.37
3年目	-69.33	-66.78	-68.11	-65.36	-64.54	-65.71	-64.81
4年目	-66.54	-68.32	-69.58	-67.97	-64.49	-61.76	-62.66
5年目	-62.84	-67.39	-68.39	-67.63	-65.86	-65.28	-64.09
平均値	-67.42	-66.83	-68.2	-67.88	-64.11	-64.12	-64.5
分散値	10.71	2.986	1.226	5.776	2.339	2.405	5.605

表 91 の各群について、Tukey 法による多重比較を行った結果、各群の間の検定統計量に $\sqrt{2}$ を掛けた値は表 92 のようになった。ステュデント化された範囲の上側 5% 点の表より、群数 7、自由度 28 での有意水準 $\alpha = 0.05$ での棄却限界値は 4.486 である [14]。

表 92 表 91 の各群の Tukey 法による多重比較の結果

組み合わせ 検定統計量	
a-g	3.102
b-g	2.478
c-g	3.937
d-g	3.588
e-g	0.4083
f-g	0.4025
a-f	3.504
b-f	2.88
c-f	4.339
d-f	3.991
e-f	0.005765
a-e	3.51
b-e	2.886
c-e	4.345
d-e	3.997
a-d	0.4868
b-d	1.111
c-d	0.3482
a-c	0.835
b-c	1.459
a-b	0.624