

カードゲーム戦略を題材とする プログラミング演習の運用実践と結果分析 — ポーカーの予備大会における手役分布の推移の分析と 今後への反映 —

清水 赳^{†1} 花川直己^{†2} 富永浩之^{†3}

概要: 大学情報系の知識情報処理の応用として、カードゲーム戦略の得点を競う大会形式での C 演習を実践している。ポーカーを題材とし、年度ごとの実施ルールとして、手札の交換枚数や試行回数を設定する。運営サーバ WinT を開発し、大会期間を設けている。受講者は、残りの山札を推定したり、与えられた傾斜掛率を基に、効果的な手役の完成を目指して戦略を実装する。提出された戦略コードに対し、サーバ上での実行結果と得点順位を公開する。本論では、2017 年度の予備大会における手役分布の推移を分析し、2018 年度以降の演習に役立てる。

キーワード: カードゲーム戦略, 応用 C プログラミング演習, 実行結果による性能評価, 継続的インテグレーション

Analysis of Results and Practice of Programming Exercise with Card-Game Strategy - Analysis of Transition of Hand Distribution in a Preliminary Contest and the Discussion about Improvement -

TAKERU SHIMIZU^{†1} NAOKI HANAKAWA^{†2}
HIROYUKI TOMINAGA^{†3}

Abstract: We have proposed an applied C exercise about card game strategy with a contest style as application of knowledge information processing in information engineering college. In this exercise, we treat Poker as a subject, and set exchange number of hands and number of trials in each year. We also have developed contest management server WinT in order to maintain a league. Learners implement their strategies aiming efficient hands of cards with estimating of remaining deck and weighted rate. WinT publishes the results of execution and ranking table for each strategy code. In this paper, we analyze transition of hand distribution at preliminary leagues.

Keywords: Card game strategy, Applied C programming, Performance evaluation by execution result, Continuous integration

1. はじめに

本研究室では、カードゲームのポーカーの戦略を題材とする応用 C 演習を提案している。実行環境を提供し、大会運営サーバ WinT を運用している[1]。予備大会の期間を設け、受講者が作成した戦略コードの提出を何回でも受け付ける。得点や順位を公開し、戦略の再検討による改良と、コードの継続的な修正を促進する。各受講者の最良得点を与える戦略を最終大会の戦略とし、その順位状況を成績に反映させる。

大学情報系学科の3年生を対象に、2010年から必修科目の授業の課題として、教育実践を行っている[2]。

プログラミング演習においては、受講者の状態を把握し、その状況に応じた学習の支援を行うことが望まれている

[3][4]。本論では、予備大会での一定時点における各自の最良戦略の実行結果を分析する。成績群ごとに集計し、得点傾向や手役分布を把握する。これにより演習過程の活性化を高める支援を目指している。

2. ポーカー戦略のプログラミング演習

2.1 ポーカーゲームのルール

ポーカーでは、手札の5枚を山札と交換しながら、9種類の手役の1つを作る。本演習のルールでは、各手役の配点を、プログラムの実装の難度に応じて決めておく(表1)。1回のテイクでのチェンジ数を定めておく。十分にシャッフルされた1つの山札で、テイク数だけゲームを繰り返す。終盤のテイクでは、残りの山札が予測でき、カードの内訳を考えれば、高い手役が得られる。一方、序盤までにチェ

^{†1} 香川大学工学部
Faculty of Engineering, Kagawa University
^{†2} NTT コミュニケーションズ株式会社
NTT Communications Corporation

^{†3} 香川大学工学部創造工学部
Faculty of Engineering, Kagawa University

ンジを多く行えば、残り枚数が不足することもある。

2.2 ポーカー戦略のプログラミング課題としての設定

十分にシャッフルされた1つの山札で、各プレイヤーがポーカーのテイクを繰り返し、作った手役の合計点を素点とする。トランプが52枚であることにより、交換の制限回数(チェンジ数)によって、可能なテイクの回数(テイク数)は異なる。ランダムな山札で10000回ゲームを繰り返し、素点の平均を戦略の得点とする。

一つの山札における点数は、傾斜掛率による各テイクの手役の重み付きの合計点である。したがって、平均的に優れた戦略が実際に高得点となる。

実施要項として、チェンジ数とテイク数、傾斜掛率のレギュレーションを、年度によって変更する。また、通年の比較のため、得点を相対化した達成度を導入している。達成度は、遺伝的アルゴリズムにより近似的に求めた理想得点に対する比率である[5]。

2.3 プログラミング課題としての内容と実行環境

具体的なコードとしては、手札と場札の列、チェンジとテイクの数を引数とし、捨札を返す関数を実装する。ここで、実行環境として用意したライブラリ関数を使ってもよい。例として、完成された手役の種類を返却する関数などがある。

なお、どのカードを捨てると、できる手役の期待値が高くなるかという評価関数で捨札を決める方法もある。この方法は、先読み戦略も実現しやすいが、処理時間が膨大になってしまうため、プロダクションルールに基づいた枝刈りと組み合わせる必要もある。この場合も、試行錯誤に基づくパラメタの調整が必要となる。

2.4 大会運営と支援サーバ

個々の戦略プログラムは単独で実行されるが、受講者全体を1つのリーグと捉え、その中で得点を競わせる。その支援として、大会運営サーバ WinT を開発している。システム構成は、図1の通りである。

受講者は、実行環境をダウンロードし、各自のローカルPC上で戦略プログラムを作成する。WinTでは、大会期間中、作成された戦略のソースコードの提出を受け付け、サーバ側でコンパイルし、戦略DBに保存する(図2)。全ての戦略に対し、予め10000個用意した山札リストを用い、ポーカーを実行する。

提出の反映として、得点や順位、Q-ABCなどのコード指標を個人および全員に公開する。これらの情報を見て、受講者は自分の戦略を再検討し、状況に応じて戦略を修正していく。自分の戦略を常に評価する機会を設けることで継続的なコードの修正を動機付ける。

大会期間の終了時に、提出された各自の戦略のうち、最高の得点となる最良戦略を最終結果とし、その得点を成績評価の対象とする[6][7]。

表1 ポーカーの手役

級	手役	確率	配点
0	ノーペア	0.501177	0
1	ワンペア	0.422569	1
2	ツーペア	0.047539	2
3	スリーカード	0.021128	8
4	ストレート	0.003925	32
5	フラッシュ	0.001965	24
6	フルハウス	0.001441	16
7	フォーカード	0.000240	64
8	ストレートフラッシュ	0.000014	128
9	ロイヤルストレートフラッシュ	0.000002	256

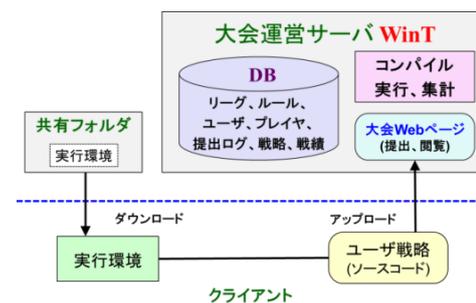


図1 大会運営サーバ WinT のシステム構成

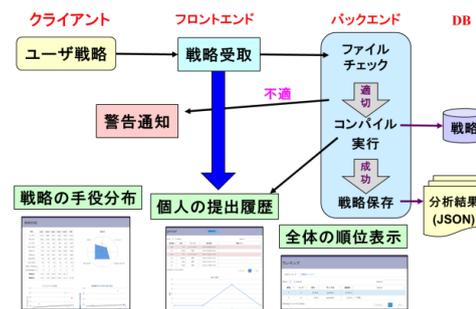


図2 戦略提出の手順とサーバ側の処理

3. ゲーム戦略プログラミングにおける学習目標と評価項目

3.1 ゲーム戦略のプログラミング課題としての学習目標

C言語の学習項目としては、カードの符号化と配列による手札の管理、數位と種類によるビンソートなどの整列算法、ストレートの待ち判定などのパターンマッチがある。山札の乱数シミュレーション、再帰による先読みなどがある。文法的にはCプログラミングの初級者でも挑戦できる。ただし、戦略のアイデアを実際のアルゴリズムで表現し、ソースコードとして記述するには、実践的なプログラミング経験が必要となる。

また、補助関数によるコードの整理、十分なデータによるテスト、変数の値確認によるデバッグ、パラメタ調整の効率化や自動化、バージョン管理、非機能要件としての性能向上、コードの品質を改善するリファクタリングな

ど、ソフトウェア開発手法の初歩も教育目標に含まれる。これらについて、達成状況を評価するには、実行結果としての得点だけでなく、コードの内容についても精査が必要である。

3.2 個人の戦略作成の過程

受講者は、以下のような4段階で戦略プログラミングを進めていく。第1段階では、ユーザ入力による対話実行で、ポーカーのルールを把握し、自分なりの戦略の方針を模索する。第2段階では、例示戦略でゲームを実行させ、戦略の効果を確認しながら戦略のアイデアを検討する。第3段階では、自分が作成したプログラムを、特定の山札で実行し、バグがないかを確認する。第4段階では、ランダムに生成した山札を用い、偏りのない戦略かどうかを検証する。

3.3 ポーカー戦略の題材としての特徴

得点形式のゲーム戦略を題材とするメリットとして、序盤における着手の容易さがある。ランダムな手札での手役の成立確率から得点の期待値を求めると、1テイクで0.9点が得られる。ここで、スリーカード以上の手役の完成まで交換を繰り返すという、簡単な戦略を実現すると、すぐ2.4点にまで上がる。このように序盤では、努力による得点の増加が大きく、意欲を掻き立てられる。初心者でも取組み易い。自分のプログラムの中で、以前との比較が大きな動機付けになる。

一方、ある程度まで進むと、簡単には得点が伸びなくなる。いわゆる高原状態が訪れる。ここでは、新たなアイデアの導入やアルゴリズムの検討、試行錯誤によるパラメタの細かい調整が必要になる。この時点では、他者との比較が改良への意欲を促す。適切な評価値や先読み、シミュレーションを導入すると、かなり得点上がる。全ての学生がこの域に達することは求めていないが、上級者の達成感が満たされる。

4. 各年度の演習の課題設定と実践結果

4.1 各年度のレギュレーション

授業における演習実践について述べる。毎年の受講者は40名程度で、期間は冬季休業を挟んで、5週間から7週間前後である。各年度で、ゲームのレギュレーションとして、チェンジ数とテイク数、さらに、テイクごとに傾斜掛率を変更している(表2)。これは、2012年度までは、残りの山札によって戦略を切り換えるものが少なかったからである。なお、後半で山札が不足し、ゲームが打切りとなる場合が生じる。残りの山札の枚数で、テイクごとに戦略のパラメタを調整する必要がある。2017年度は、5チェンジの6テイクとした。2016年度は、終盤のみ傾斜掛率が高く、序盤と中盤を「捨てゲーム」とする傾向が多く見られた。そのため、2017年度では、中盤と終盤で傾斜掛率を高くし、中盤における「捨てゲーム」を抑制する設定とした。

4.2 各年度の提出状況と得点分布

2015～2017年度の大会期間と参加者は、表3の通りである。各年度ともに1人あたり25～30件程度の提出が行われる。各年度の提出状況は、図3の累積度数曲線の通りである。なお、この提出数には、コンパイルに失敗した提出など、戦略としては無効なものも含まれる。各年度も、最初に、システムの動作テストを兼ねて、全員に提出させている。また、締切直前は提出が集中している。中盤では冬休み期間を挟む。この期間中、2015年度と2016年度では、提出数が伸びなかった。なお、過去の演習においても、同様の提出状況を示すことが多かった。しかし、2017年度においては、順調に提出が行われている。一方で、達成度は伸び悩み、平均36.1、最大でも、48.0となった。

表2 各年度のテイクの傾斜掛率

年度	条件	率和	1	2	3	4	5	6
2015	7-5	7.0	1.0	1.5	2.0	1.5	1.0	—
2016	6-5	8.0	1.5	1.5	1.0	2.0	2.0	—
2017	5-6	9.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0

表3 各年度の演習実践の概要

		2015	2016	2017
大会	演習期間	6週	7週	6週
参加者	受講者	45	40	42
戦略数	総数	1127	1215	1272
	平均	25.0	30.4	30.3
	最大	121	128	84
達成度	平均	60.3	38.5	36.1
	最大	81.0	53.4	48.0

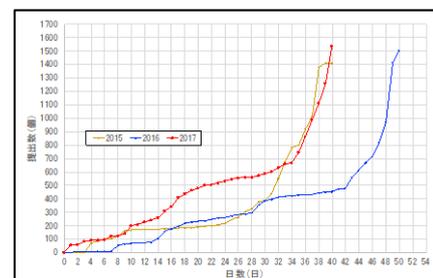


図3 各年度の提出状況

5. 予備大会における戦略の指針の推移

5.1 手役分布の類型化

戦略の指針については、手役の分布を調べた。一般に、手役分布は、得点が高い戦略ほど、高い素点の手役比重が大きくなる。一般に、大会が進むにつれ、戦略プログラムの実装が進み、ノーペアの割合が小さくなる。一方で、ストレートやフラッシュなどの高得点役の割合が大きくなる傾向になる。特に、大会序盤においては、実装の難易度の高いストレートよりも、難易度の低いフラッシュの割合が増加しやすい傾向にある[8][9][10]。

5.2 予備大会における手役分布の集計

予備大会における手役分布の集計方法について述べる。本論では、2016年度と2017年度の実践結果を対象とする。

はじめに、受講者を群に分割する。最終大会における最良戦略の達成度で、受講者を第1群から第4群にほぼ等分する。第1群が最上位群、第4群が最下位群である。

次に、予備大会を一定の期間で分割する。本論においては、2週間ごとと2日ごとで分割した。なお、それらの期間に満たない端数の日数は、最初の分割期間に加算した。

更に、これらの期間に提出された戦略のうち、最高得点を与える戦略を抽出する。これらの戦略の実行結果のうち、手役の数を群ごとに合計し、その比率を算出する。

5.3 各年度の2週間ごとの手役分布の推移

2週間ごとの手役分布の集計では、予備大会の全期間を対象として実施した。予備大会の全体的な推移を把握することを目的とする。

はじめに、2016年度について述べる。図4に示す。この年度の演習では、群間で手役分布の推移に大きな差異が見られる傾向であった。全体として、ノーペアやワンペアなど低配点な手役の割合は、大会が進むにつれ減少している。ストレートについては、大会の終盤で大きく増加する群が多かった。フラッシュは、(d)を除くと、大会序盤からの比率がほぼ変動せず、大会終了まで推移した。

ここから、群ごとに詳説する。(a)と(c)は、順調にノーペアやワンペアなどの低得点な手役の割合を減らし、高得点な役の割合を増加させている。特に、ノーペアは常に減少している。しかし、これらの群では、大会期間が進んでも、フラッシュの割合は大きく増加しない傾向であった。一方、ストレートは増加傾向にあった。特に、両群とも、最終大会でのストレートの割合は、第4週目に比べるとほぼ2倍となっている。次に、(b)について述べる。この群では、高配点役の割合は、ほぼ単調に増加している。一方で、ノーペアの割合が、大会序盤から中盤にかけて増加している。また、ストレートについては、(a)と同様に、大会終盤で大きく増加する傾向であった。(d)については、2週目と4週目における手役の分布の差がほぼ見受けられない。一方で、4週目と最終大会では、手役分布に大きな差が見られた。特に、フラッシュの割合が大きく増加している。一方で、ストレートの割合は低く推移している。

次に、2017年度について述べる。図5に示す。この実践では、群間で手役分布の推移に大きな差異は見られない傾向であった。2016年度同様、低配点な手役の割合は、大会が進むにつれ減少し、高配点な役の割合が増加している。

ここから、群ごとに詳説する。(a)と(b)は、ほぼ同様の推移となっている。大会終盤にかけ、ノーペアは減少し、ストレートなどの高配点な役の割合は増加している。ただし、(b)では、第4週目から最終大会まで、ノーペアの割合は横ばいである。一方で、(c)では、序盤に比べ、終盤におけるノーペアの割合の減少が顕著である。また、この期間でストレートとワンペアが増加している。第4週目では、(b)と比べノーペアの割合が10%近く多い。しかし、最終大会で

は、ほぼ同様の割合になっている。(d)は、単調にノーペアの比率を減少させている。高配点な役についても、単調に増加している。

5.4 各年度の2日ごとの手役分布の推移

2日ごとの手役分布の集計では、大会最終日から遡り2週間まで対象として実施した。予備大会における最終大会付近の推移を把握することを目的とする。

はじめに、2016年度について述べる。図6に示す。この期間中、どの群も大きくノーペアの割合は減少していない。一方で、ワンペアについては減少している群が多い。

ここから、群ごとに詳説する。(a)と(c)は全体的な推移と同様に、順調に低配点な役の割合を減らし、高得点な役の割合を増加させている。フラッシュの割合は、あまり増減しない。ストレートの割合は、大会が進むにつれ増加している。ただし、最終大会におけるストレートの割合については、群間で隔たりがある。(b)も順調にノーペアを減らしているが、5%程度増加する期間がある。また、最終日の付近では、急激にノーペアを減らし、ストレートを増やしている。(d)は、41日目まで、ほぼ横ばいである。41日目からは、ノーペアは減少している。更に、ワンペアとフラッシュが大きく増加する期間も見られる。

次に、2017年度について述べる。図7に示す。この実践では、第3群を除いて、2週間の間、手役の割合に大きな変動は見られない。第3群は、35日目から大会最終日にかけて、急激にノーペアが減少し、ワンペアが増加している。特に、ノーペアについては、15%程度の減少が見られる。

6. 手役分布の傾向分析と考察

6.1 大会の全期間における傾向

集計の結果を踏まえ、傾向を分析する。まず、ペア系の役に着目する。これらの手役は、大会が進むにつれ、減少する傾向であった。ただし、大会中期などにおいて、ノーペアが増加する群も見受けられた。これは、高配点な役であるストレートやフラッシュを狙ったものの、結果としてノーペアになってしまったケースである可能性が高い。最終的には、高配点な役の成立に成功している傾向にある。

次に、フラッシュに着目する。第1群と第2群の上位の群において、フラッシュの割合の大きな増減は、大会全期間を通して見られない傾向である。一方で、第3群と第4群の下位の群では、急激なフラッシュの割合の増加が見られる。これは、フラッシュがストレートに比べ、実装難易度が低く、実装がしやすいためであると考えられる。

最後にストレートに着目する。ストレートは、フラッシュに比べ実装の難易度が高い。そのことから、実装が簡単なペア系やフラッシュの実装がある程度終わった段階である、大会終盤で増加する傾向があると考えられる。大会の全期間におけるストレートの手役の割合の推移を図8と図9に示す。図8は2016年度、図9は2017年度の実践結果

である。大会中盤において、上位の群は、5%以上がストレートであった。一方で下位の群では、5%未満であった。このことから、両年度の結果では、大会期間 50%の時点で、ストレートの割合が 5%に満たない群は、結果的に下位の群となった。更に、大会の全期間において、ストレートの割合がほぼ無い群も見受けられた。これらの群については、ストレートの実装が間に合わなかった可能性が高い。以上から、大会の序盤から中盤におけるストレートの割合の推移から、学生の実装状況を推察し、指導に役立てることができる可能性がある。

6.2 最終大会の付近の期間における傾向

はじめに、ノーペアとペア系の手役の推移に着目する。両年度とも、下位の群では、大会期間の終了間際で、これらの手役の割合が大きく減少している。これらは、駆け込み的な提出である可能性が高い。そのため、実装の難易度が高いストレートよりも、実装の難易度の低いフラッシュの増加傾向が大きいと考えられる。この傾向は、2016 年度第 4 群に顕著である。これらの群に対しては、継続的な改良を動機づける必要がある。そのため、得点による外部評価の手法を改良する必要があると考えられる。

また、2016 年度第 2 群など、ノーペアの割合が一旦増えた後に減少し、同時に高得点の役の割合が増加している群が見受けられる。これらの群は、性能向上を目指した試行錯誤や、リファクタリングが行われた可能性が高いと考えられる。これらについては、単に得点による外部評価のみではなく、コードの内容についても評価を行い、フィードバックする必要がある。

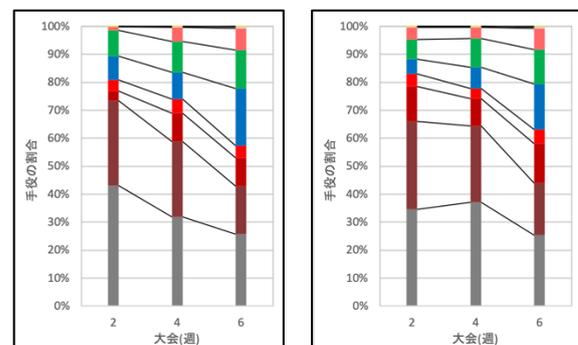
7. おわりに

ポーカー戦略を題材とする大会形式の応用 C プログラミング演習を実践している。実行環境を提供し、手札の交換を繰り返して手役を確定する戦略を実装させる。運営サーバ WinT を開発し、大会期間中に、作成した戦略コードを何度も提出させる。受講者には、実行結果としての得点を通知し、順位を公開する。本論では、予備大会での一定時点における各自の最良戦略の実行結果を分析し、2016 年度と 2017 年度の実践における学生の振舞いの把握を試みた。今後の課題として、学生に対する適切な情報の提示と、評価手法の改良を行いたいと考えている。これにより、学生への自身の振舞いに対する指導や助言、教員への、学生の個別指導に対する支援を試みる。

参考文献

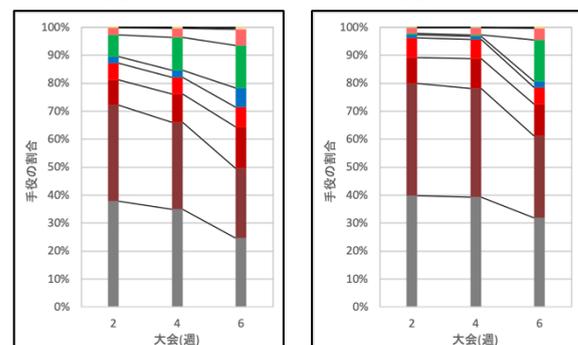
[1] 富永浩之. "プログラミング実習の題材としてのゲームと支援環境". ゲーム学会 第 1 回合同研究会, Vol.1, No.1, pp.39-42 (2003).
[2] 吉田亜未, 大川昌寛, 玄馬史也, 富永浩之. "ポーカー戦略を題材とする応用 C プログラミング演習の支援と実践". 教育システム情報学会 学生研究発表会 四国会場, No.5, pp.1-2 (2014).

[3] 加藤利康, 石川孝. "プログラミング演習のための授業支援システムにおける学習状況把握機能の実現". 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.8, pp. 1918-1930 (2014).
[4] 井垣宏, 齊藤俊, 井上亮文, 中村亮太, 楠本真二. "プログラミング演習における進捗状況把握のためのコーディング過程可視化システム C3PV の提案". 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp. 330-339 (2013).
[5] 玄馬史也, 富永浩之. "ポーカー戦略を題材とする応用 C プログラミング演習の支援と実践 - 遺伝的アルゴリズムによる理想得点と傾斜掛率による達成度の傾向分析 -". 信学技報, Vol.116, No.126, pp.7-12 (2016).
[6] 玄馬史也, 富永浩之. "ポーカー戦略を題材とする応用 C プログラミング演習の支援と実践 - 大会運営サーバ WinT の提出状況とコード比較の機能の追加 -". 情処研報, Vol.2014-CE-128, No.9, pp.1-6 (2015).
[7] 阿部隆幸, 玄馬史也, 富永浩之. "ポーカー戦略を題材とする応用 C 演習における解答コードのメトリクスによる分析手法の検討". 情報処理学会 第 78 回全国大会, Vol.2016, No.1, pp.891-892 (2016).
[8] 玄馬史也, 吉田亜未, 大川昌寛, 山田航平, 富永浩之. "ポーカー戦略を題材とする応用 C プログラミング演習の支援と実践 - 最終大会の提出コードの特徴分析 -". 信学技報, Vol.114, No.121, pp.17-22 (2014).
[9] 村山弘明, 花川直己, 富永浩之. "カードゲーム戦略を題材とした応用 C プログラミング演習における最終大会の手役分布と得点傾向の分析". 情報処理学会 第 80 回全国大会, Vol.80, No.5ZF-03, (2018).
[10] 清水赳, 村山弘明, 花川直己, 富永浩之. "カードゲーム戦略を題材とした応用 C プログラミング演習の支援と実践 ~ 最終大会における手役分布による得点傾向の分析 ~". 信学技報, vol. 118, no. 46, ET2018-4, pp. 17-22, (201805).



(a) 第 1 群

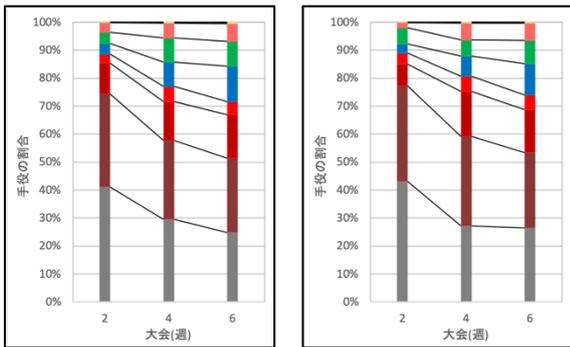
(b) 第 2 群



(c) 第 3 群

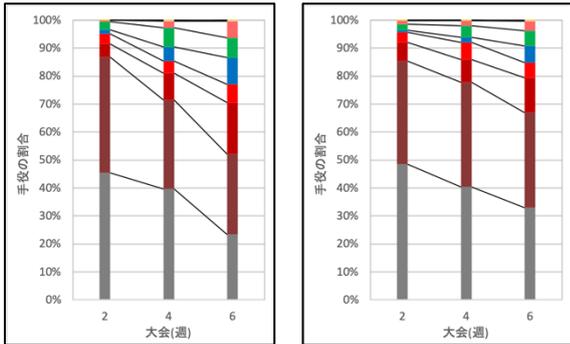
(d) 第 4 群

図 4 2016 年度における 2 週間ごとの手役分布



(a) 第1群

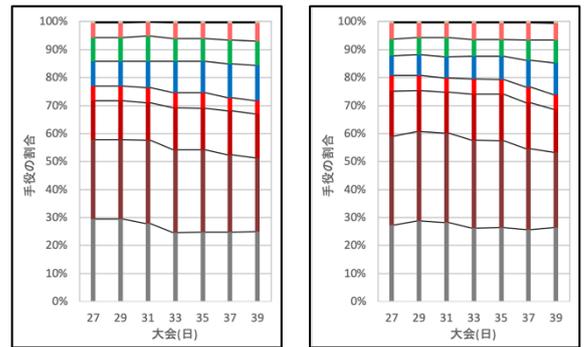
(b) 第2群



(c) 第3群

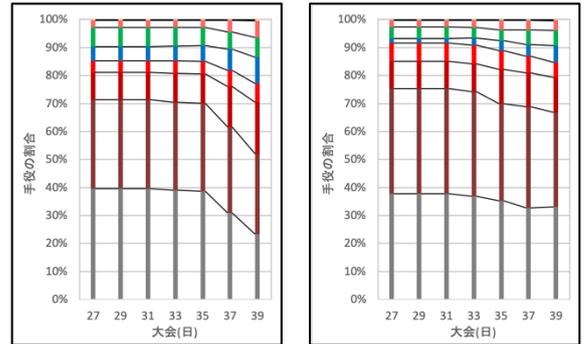
(d) 第4群

図5 2017年度における2週間ごとの手役分布



(a) 第1群

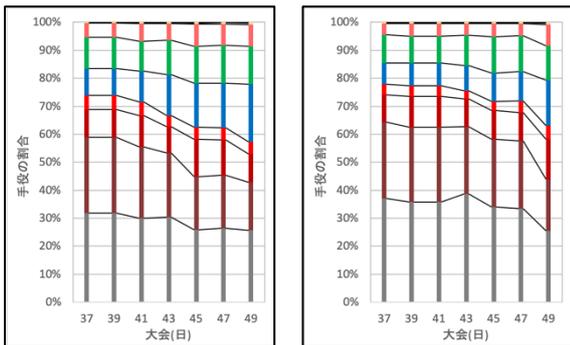
(b) 第2群



(c) 第3群

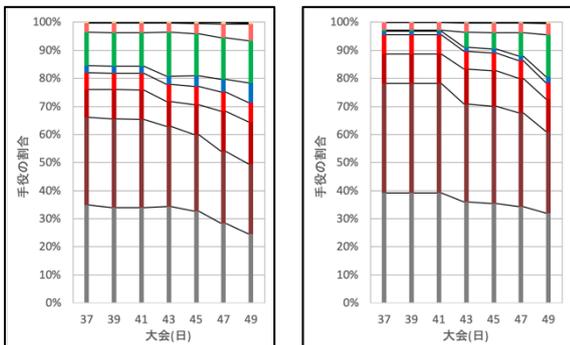
(d) 第4群

図7 2017年度における2日ごとの手役分布



(a) 第1群

(b) 第2群



(c) 第3群

(d) 第4群

図6 2016年度における2日ごとの手役分布

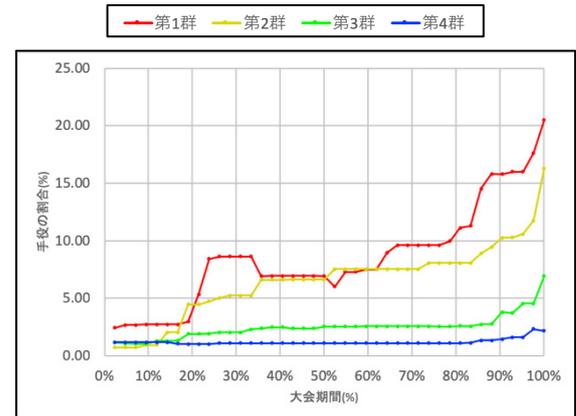


図8 2016年度におけるストレートの推移

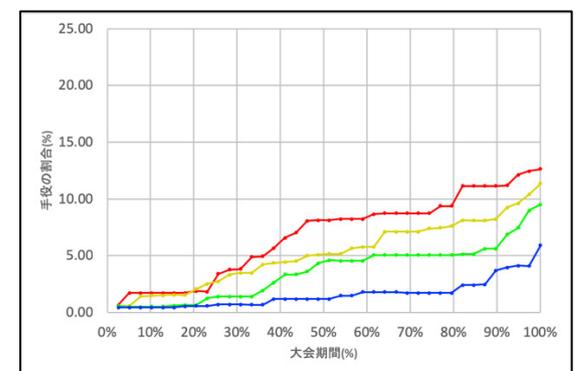


図9 2017年度におけるストレートの推移