

光トポグラフ装置を使用したゲーム(将棋)プレイ中の人の脳活動の変化の観察

緒方克敏 本田中二
電気通信大学 システム工学専攻

概要

将棋の対局を通じて、対局者の脳活動を光トポグラフ装置と簡易脳波装置を使用して測定し、その解析を行った。結果は、前頭部の右脳 (Fp₂) が左脳 (Fp₁) に比べてその活動が顕著であることを認めた。また、視覚野の左右部位 (O₁, O₂) の活動は、互に情報交換をしていると考えられた。

Study of Change in Brain Activity due to Blood Flow While Playing Shogi

Katsutoshi Ogata and Nakaji Honda

The University of Electro-Communications

Abstract

Brain activity while subjects are playing “shogi” is scrutinized. The measurement and analyses of the activity are carried out by optical topography and electro-encephalography. The results indicate that the right side of frontal part (Fp₂) proves more activity than that of left side (Fp₁), and prove that the activity of both parts of visual field (O₁, O₂) communicates each other.

1. はじめに

人の脳活動に関する研究は、コンピュータとセンサー技術の飛躍的発達に伴い近年盛んに行われるようになった。簡易な脳波計測装置に始まり、MRI、PET、脳磁波計測装置、近赤外線を用いた光トポグラフ装置等による観測データから、知的活動に伴う脳の活動部位は徐々に明らかになってきている。また、記憶、認識、判断、推論等、高度の知的活動のメカニズムは、コンピュータ科学におけるシミュレーション技術の分野で盛んに議論されている。これらのメカニズムを解きほぐすには、知的活動を限定した観測と推論が必要と思われる。

そこで本論は、将棋における対局中の脳活動を光トポグラフにより観測と推論を試みたものである。

囲碁や将棋経験者に関する脳の活動状況研究としては金子¹⁾や伊藤²⁾の報告がある。金子¹⁾はPETを用いてゲーム進行に伴う右脳の頻繁なる使用状況を観測し、この結果から、視線計測装置を用いて、将棋におけるプロとアマの記憶時間の違いを視線の動きから明らかにし、記憶のメカニズムの違いを推論している。また、本間⁴⁾はその著書のなかで、海馬以外に右後頭部付近に一時的に記憶を留置、記録している部位があり、この部位との相互通信が行われているのではないかと推論している。

PET¹⁾やMRI⁵⁾、脳磁波計測装置⁸⁾は脳活動の活発な部位測定に大変優れた非侵襲計測装置である。しかし、ゲームの進行に伴い変化する脳活動を経過時間とともに観測するには、被験者の動きの自由度が要求される。竹本⁵⁾はMRI、PET、MEGとの比較で、光トポグラフ装置の優れた点について述べている。それは、装置の側に被験者を固定しなければならない前者とプローブを頭にセットするだけで被験者が動くことの可能な後者の違いである。また、前者はモーションアーチフェクトの点をも考慮にいれなければならない。そのため、本研究では、観測装置に光トポグラフ装置を用いた。

2 研究目的

ゲームの対局中、対局者の状況の判断、意思決定に関してその思考の経路を脳内血流量の変化を通じて模索した。対局中、対局者は、ゲーム進行に伴う状況判断と次の手の決定を右脳で行うと云うのが通説である。金子¹⁾は、ゲームの中で、右脳と左

視覚野が記憶の引き出しと事態との照合を行い、右脳が判断しているのではないかと述べている。

また、ゲームを通じて脳に刺激を与えることで痴呆症の予防や治療に役立つともいう。本間⁴⁾の言う一時記憶の所との交信がどのように行われているのかも確かめたい。そこで本研究は、視覚からの情報に対して、右脳、左脳、視覚野、記憶部位との脳内での各部位の共同作業についての関連を観察することにし、光トポグラフ装置⁹⁾を採用した。

3 実験方法

対局者はどちらも電気通信大学の学生である。棋力はアマ3段格。対局方法は平手対局時計使用 持ち時間各 10 分 秒読み 30 秒。光トポグラフ装置は島津製作所 (OMM200) 装置に従いプローブは 16 チャンネルを装着したが、左右の Fp1、Fp2 と、左右後頭部の O1、O2 の活動変化に主眼を置くこととした。

脳活動の変化を観察する他の方法⁹⁾としては、EEG が広く知られている。装置の比較的安価なことや、被験者の動きの自由度は得られるが、測定中アーチファクトが混入しやすいので測定が難しい。また解析時にこれを考慮に入れる必要が有る。ただ、今回は脳波の計測が目的ではなく、脳の活動を、脳内の血流の変化で観察することにしたので光トポ装置を採用している。ただ、装置の容量の関係で光トポ装置を使用している計測は、対局者双方ではなく、一方のみとし、片方は簡易脳波計測装置を補助装置として使用した。従って、本実験の主旨により、簡易脳波計測装置の計測値は考察から省くことにした。

光反射量 (検出量) の表示は血液中のヘモグロビンの酸化、還元のとータル値を血流量⁸⁾として示した。

また、棋譜上の時間の付け方は対局者の手の動きが始まった時刻として記録した。通常は、棋譜の時間は着手が終了した時点で作るものである。時計係が付いているプロの対局と違い、アマの対局では着手が先で、其の後にできるだけ早く時計のボタンを自分で押すのである。故に、グラフのうごきと脳の活動とにあわせたものである。手の動きが始まったときには脳はすでに決意しているからである。着手が終了した時刻は、脳から、脳の動きから見れば、単なる一連の通過儀式に過ぎないと考えられる。

4 結果と考察

光トポグラフ装置から得られたほぼ 25 分間の脳活動の様子を図 1) のグラフに示

した。

尚、検出量の減少が血流量の増加を示すことにご留意ください。

対局時間の経過と、光トポグラフの動きとを、照合する便に供するために、付録に棋譜 (全譜) と付録 2 (血流量) 及び付録 3 に棋譜の一部を示した。

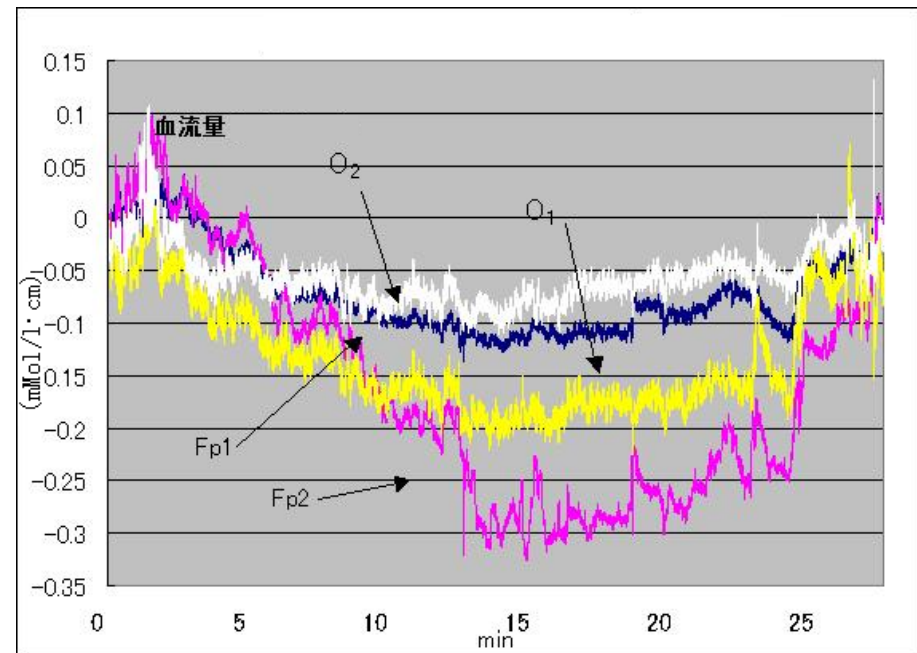


図 1: 脳内血流量の時系列変化 (対局中の全時間)

まず、右前頭部 (Fp2) が左前頭部 (Fp1) に比べてその活動が顕著であることが図 1 のグラフによく表れている。これはゲームが右脳で決断しているとする多数の識者の指摘と一致する。以下は図から読み取れると考えられた点を列挙する。

自動車や自転車の運転、パソコンの文字入力、楽器の演奏など考えれば直ぐわかるが、人が何か慣れた仕事をしている或る時間帯では、殆んど無意識のうちに行っている事が知られている。将棋や囲碁のゲームも同じで過去の記憶や練習量が大きい影響してくる。棋力の高さに比例して考える必要のない、無駄な時間の浪費が少なくなり、決断が早くなることは、伊藤²⁾らの研究でも証明されている。

この実験に関して初期の第 28 手 (3 分 49 秒 : 図 1) をすぎると右脳と左脳の脳内血流量はほぼゼロレベルにある。ここ迄は、記憶による着手で余り考える必要がなかった時間帯だと考えてよい。むしろ顕著なのは Ch11 (O_1) の左視覚野が働いている。おおむね記憶による慣れた部分で、或る程度自動運転をしていると考察される。

最初の約 2 分間、各チャンネルの動静は、慣れない実験で、被験者が身じろぎをしたためではないかと推察され、また、本実験の目的から重要ではないので無視するつもりであった。ところが同様実験を重ねた後に判明したのが、身じろぎではなく、被験者が自らを落ち着かせようと試みた結果、脳内血流量が減少したためであると結論されるに至った。

第 30 手 (4 分 55 秒 ; 付録 2 その 1、図 1) ここから右脳の血流が右肩下がりでぐんぐん増える。記憶に頼る部分が少なくなり本格的に右脳が活動し始めたと考えられる。着手も小競り合いが始まりゲームの組み立てを勘案する読みの部に入った。

第 42 手 (7 分 20 秒 ; 付録 2 その 2、図 1) ここから右視覚野と左視覚野のグラフの動きが値の差はあるが、ほぼ同じである。これは自己の記憶の中の知識を確認、または、確認するために知識を呼び出していると考えられる。右脳の判断に材料を供給していると考えられる。それにつれ、右脳の血流がますます増えている。これは金子¹⁾の仮説に一致する。まことに残念なことに、使用した機器は 3D ソフトが組み込まれていなかった関係で、このデータから立体図を画くことができない。それで記憶を一時的に留置していた部位を特定するにはいたらなかった。

第 44 手 (8 分 43 秒 ; 付録 2 その 3、図 1) ここで左視覚野 (O_1) と右前頭部 (Fp2) の血流の大きさが入れ替わった。作戦開始。右脳の出番であり、中盤の棋力の見せ所である。自信をこめての一手であったとみたが、ここまではほぼ定跡手順であったと対局者より教えられた。

第 54 手 (12 分 23 秒 ; 付録 2 その 4、図 1) 自信に満ち溢れ、また、先が見えたと考えられ、右前頭部 (Fp2) の血流が最高値を示した。

第 57 手 (12 分 53 秒 ; 付録 2 その 5、図 1) 右前頭部 (Fp2) は再び高値を示したが予想された手と見えてあまり動揺したとは考察されない。このあたりは勝負に直結する手が続くので、右前頭部 (Fp2) の血流は連続して高い値を示している。

第 58 手 (13 分 16 秒 ; 付録 2 その 6、図 1) 小考 20 秒余りで自信満々の着手となったと見えた。右前頭部 (Fp2) と左視覚野 (O_1) が共に高い値を示している。読みの必要な時間帯と見た。加えて、左前頭部 (Fp1)、右視覚野 (O_2) と、いずれも最高値を示している。

第 59 手 (13 分 24 秒 ; 付録 2 その 7、図 1) この相手の予想外の反撃にあい動揺した。自信がおおいに揺らぎ疑心暗鬼となり、深々と考え込んでしまった。混乱が右前頭部 (Fp2) のグラフの振動にはっきり現れている。

第 60 手 (20 分 04 秒 ; 付録 2 その 8、図 1) 残りの 6 分 40 秒もの持ち時間を使い果

たしての手が最悪の着手となり、ゲームの勝ちを失うことになった。この時点で、勝負をあきらめたと感じられるのが右前頭部 (Fp2) のグラフの右肩上がりに示されている。血流量が急激に減少しているのである。

第 61 手 (21 分 10 秒 ; 付録 2 その 9、図 1) 悪い予感が現実のものになったと感じたと見る。血流は激しく増減を繰り返したがもはや勝機は過ぎたことが、少しつつ減少してゆく血流にあらわれている。

第 67 手と第 68 手は経過譜 (付録 2 その 10 と 11、図 1)

第 69 手 (24 分 01 秒 ; 付録 2 その 12、図 1) 投了。同時に左右前頭部 (Fp1, Fp2) と左右視覚野 (O_1 , O_2) が右肩上がりで急速に平常値にもどりはじめた。ゲームに集中していた脳がゲームのことを考えるのを止めたことが明らかにみてとれる。

さて、ここまであまり動きに変化のなかった、存在感の薄い右視覚野 (O_2) の動きに注目すると、或る時刻より、右視覚野と左視覚野の変化は、値には開きがあるが、殆んど同じ動きをしている。図 3 より左右視覚野 (O_1 , O_2) のグラフのみを抜粋して図 2 に示した。

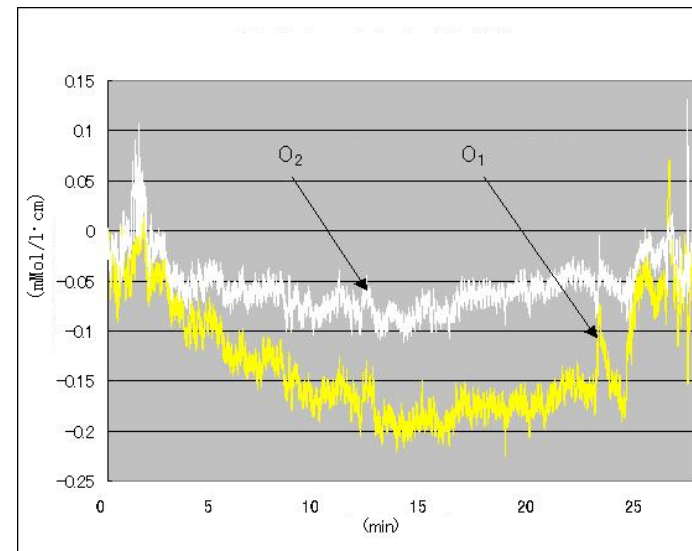


図 2 左右視覚野の血流量を抜粋した

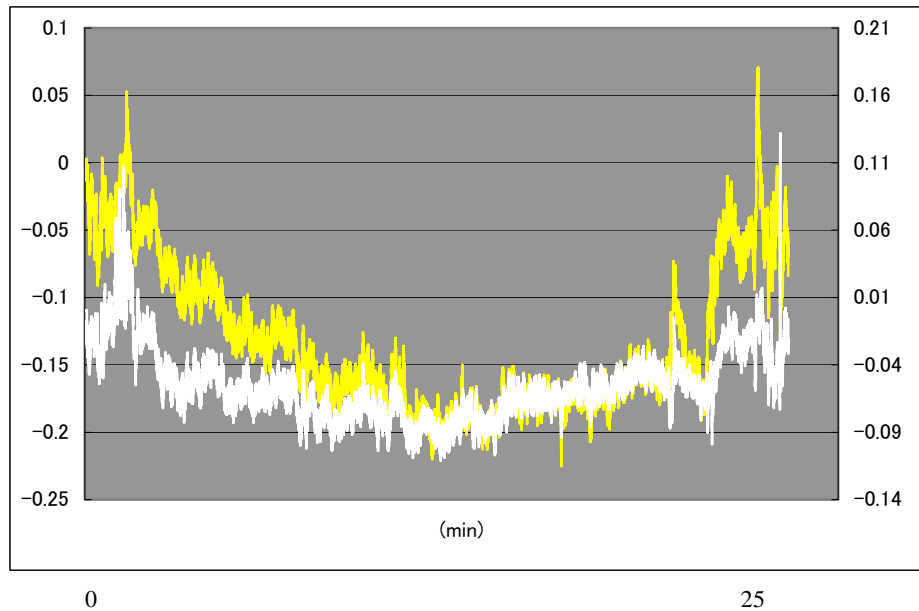


図3： 図2の部分合成図 O_1, O_2 の血流量の変化

さらに、図3はその部分を血流量に関係なく、縦軸のレベルを移動し時間軸はそのままに、合成したグラフである。これは脳内の一時記憶部からの記憶の引き出しと、伝達に伴う確認作業で、それを右脳が判断の材料として受け取っていたと考察される。この実験における大きな収穫の一つと考える。

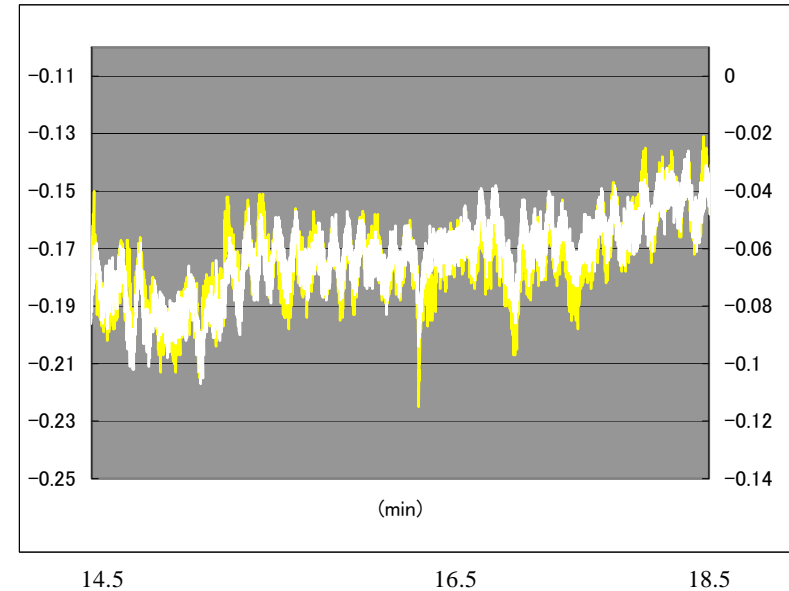


図4： 図3の部分拡大図

この結果は、左右視覚野 (O_1, O_2) が交互にピークを現しており左右の視覚野において互に情報交換している事を示しているのではないかと観察される。

容易に想像されるように、同じ波形でピークが明らかに交互に現れている。これは、金子¹⁾と本間⁴⁾の説を実証したようなことになった。一時記憶部位が右視覚野の可能性も考慮される。

以上、結果から、右前頭部が思考において指導的に働き、後頭部の視覚野が局面を絶えず把握して、左右で情報を交換しながら、前頭部をアシストしていると考えられる。伊藤^{2,3)}らの記憶実験において、記憶時間が重要な評価値であったが、本研究の手法によっても、脳の機能状態を血流量で直接評価することが可能であると考える。

5 あとがき

以上のべたことからまず右脳がゲームの進行に関して決定権があることがわかった。

また、伊藤⁶⁾らが述べているように、この種の実験は対局者又は被験者の選定、その時の状態に左右される要素が大いに含まれることも事実である。

対局者の組み合わせ、被験者双方の技量、その技量が伯仲していることや、相手があることによる精神的な緊張、そのときの精神状態、プローブの装着や、対局場の雰囲気などの負担が存在する。“このあたりが簡単な課題の問いかけに答えを求める実験との違いがある。”渡辺⁸⁾は光トポ計測の手法の問題点についてタスクデザインの重要性を指適している。何をターゲットに観察するのか、その方法が適切でないと折角の装置型が宝の持ち腐れになる。それで、対局者が勝利を掴もうとする集中状態や、不利に陥ったときに、窮地を脱出するための集中状態が発生した場合、また、その内容のどこかに、予期せぬ変化、特に平常心からの逸脱、などが起こると、変化の鮮明なデータが得られると考えられる。

尚、数表上のデータの動きは1/100に近いものであるが、実験の趣旨、目的には殆んど関係がないので、グラフの表記及び棋譜には秒単位で記録した。

尚、機会が与えられれば、次回は対局者双方に光トポグラフ装置¹⁰⁾をつけて計測してみたい。結果の考察に関して、同様の実験を何度か加えて検証してみることにより、新しい発見があるはずだと考える。むしろ3Dグラフの使える機器の使用が望ましい。

いずれにせよ、ゲーム中の脳の働きを観察する方法として、この実験の手法は、たいへん有効であると考えている。

[謝辞]

実験は東京都精神研のご協力により実現した。グラフの作成、作図に当たり、本学の院生、佐藤洋介君の尽力によるところが大である。また、実験に被験者として協力してくれた本学学部生達に対し、ここに深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 金子満雄： 認知症とその治療、Cognitive Brain Research Vol. 23, pp.164-170、(2005)
- 2) 伊藤毅志 松原仁 Grimbergen, R.: 将棋の認知科学的研究(1)記憶実験からの考察、報処理学会論文誌 43, pp.2998-3011、(2002)
- 3) 小谷誠 内川義則： 生体磁気計測 日本応用磁気、学会誌、Vol.15, No.4, pp. 762 - 764 (1991)
- 4) 本間三郎 人間の脳その未知なるもの 第7章感覚、知覚と認知、第8章 記憶、pp. 119-153, 朝倉書店 (1990)
- 5) 竹本菊郎 関寿 牧内正男 高橋秀夫：生体・環計測へ向けた近赤外光センシング技術、pp.191-201 サイエンスフォーラム社 (1999)
- 6) 伊藤毅志 松原仁 Grimbergen, R.: 将棋の認知科学的研究(2)次の1手実験からの考

察、

- 情報処理学会論文誌 45、pp. 1481-1492、(2004)、
- 7) 武田常広： 脳工学； optical topography 測定原理と応用 pp. 93-100 電子情報通信学会 (2003)
 - 8) 渡辺英寿： 近赤外線光トポグラフによる脳機能計測 脳 21 vol.10 No3 (2007)
 - 9) 川島隆太： 脳を鍛える. 日本放送出版協会. 第1巻、第21号 pp.12-14, pp.52-60, (2006)
 - 10) 高義礼 酒谷薫 加藤祐次 清水孝一： 光透視による脳機能イメージングの試み、Japan Soc. ME&BE Vol.37 pp. 196 - 200, (1999).

附録1 棋譜(全譜)

先手		後手	
The 1 st move	7 六歩	The 2 nd move	3 四歩
The 3 rd move	2 六歩	The 4 th move	4 四歩
The 5 th move	4 八銀	The 6 th move	4 二飛
The 7 th move	5 六歩	The 8 th move	6 二王
The 9 th move	6 八玉	The 10 th move	7 二銀
The 11 th move	7 八玉	The 12 th move	7 一王
The 13 th move	5 八金	The 14 th move	3 二銀
The 15 th move	2 五歩	The 16 th move	3 三角
The 17 th move	3 六歩	The 18 th move	4 三銀
The 19 th move	6 八銀	The 20 th move	9 四歩
The 21 st move	9 六歩	The 22 nd move	8 二王
The 23 rd move	5 七銀	The 24 th move	5 二金
The 25 th move	6 八金	The 26 th move	5 四歩
The 27 th move	4 六歩	The 28 th move	6 四歩
The 29 th move	4 五歩	The 30 th move	7 四歩
The 31 st move	3 七桂	The 32 nd move	6 三金
The 33 rd move	2 四歩	The 34 th move	2 四歩
The 35 th move	4 四歩	The 36 th move	4 四銀
The 37 th move	4 五歩	The 38 th move	4 五銀
The 39 th move	3 三角	The 40 th move	3 三桂
The 41 th move	8 八角	The 42 nd move	4 三飛
The 43 th move	2 四飛	The 44 th move	4 七歩

- | | |
|---------------------|--------------------|
| The 45th move 4 七銀 | The 46th move 1 五角 |
| The 47th move 2 二飛成 | The 48th move 3 七角 |
| The 49th move 3 三角 | The 50th move 3 三飛 |
| The 51st move 3 三竜 | The 52nd move 4 六歩 |
| The 53rd move 4 六銀 | The 54th move 4 六銀 |
| The 55th move 4 六銀 | The 56th move 4 六馬 |
| The 57th move 4 一飛 | The 58th move 2 四角 |
| The 59th move 6 三竜 | The 60th move 5 一金 |
| The 61th move 7 一銀 | The 62nd move 9 三王 |
| The 63rd move 7 二龍 | The 64th move 4 一金 |
| The 65th move 8 二銀 | The 66th move 8 四王 |
| The 67th move 7 五金 | The 68th move 7 五歩 |
| The 69th move 7 五竜 | 投了 |

附録2 全棋譜より抜粋した指し手とその時刻の各チャンネルの血流量

指して番号	30手	40手	54手
時間	4分55秒	4分55秒	12分32秒
秒単位表示	295.90	581.46	763.40
要素番号	2726	5322	6876
Ch1Fp1	-0.025	-0.101	-0.135
Ch2Fp2	0.000	-0.190	-0.321
Ch11O1	-0.079	-0.166	-0.197
Ch15O2	-0.035	-0.075	-0.094

指して番号	57手	58手	59手
時間	12分55秒	13分20秒	13分25秒
秒単位表示	775.06	800.08	8005.10
要素番号	7082	7316	7355
Ch1Fp1	-0.108	-0.121	-0.135
Ch2Fp2	-0.247	-0.313	-0.313
Ch11O1	-0.187	-0.190	-0.211
Ch15O2	-0.104	-0.088	-0.094

指して番号	60手	61手	62手
時間	20分04秒	21分21秒	24分01秒
秒単位表示	1204.5	1281.8	1440.1
要素番号	10986	11689	13128
Ch1Fp1	-0.095	-0.080	-0.11
Ch2Fp2	-0.281	-0.241	-0.248
Ch11O1	-0.174	-0.152	-0.169
Ch15O2	-0.053	-0.041	-0.057

附録3 考察で述べた各ポイントの棋譜



【第30手▽7四歩まで】



【第54手▽4六同銀まで】



【第42手▽4三飛まで】



【第57手▲4一飛まで】



【第44手▽4七歩まで】



【第58手▽2四角まで】

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	桂		▲		飛			▲	一
	王	龍							二
	▲		▲					▲	三
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	四
									五
▲	▲				▲	▲			六
									七
									八
▲	▲	▲							九

▲比嘉 金銀桂歩三
 一 二 三 四 五 六 七 八 九
 ▲桂 二銀 田松 田松 田松 田松 田松 田松 田松

【第58手▲6三龍まで】

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	桂			▲				▲	一
	銀	龍							二
	▲							▲	三
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	四
									五
▲	▲				▲	▲			六
									七
									八
▲	▲	▲							九

▲比嘉 銀桂歩三
 一 二 三 四 五 六 七 八 九
 ▲桂 二銀 田松 田松 田松 田松 田松 田松 田松

【第67手▲7五金まで】

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	桂		▲	飛				▲	一
	王	龍							二
	▲		▲					▲	三
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	四
									五
▲	▲				▲	▲			六
									七
									八
▲	▲	▲							九

▲比嘉 金銀桂歩三
 一 二 三 四 五 六 七 八 九
 ▲桂 二銀 田松 田松 田松 田松 田松 田松 田松

【第60手▽5一金まで】

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	桂			▲				▲	一
	銀	龍							二
	▲							▲	三
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	四
									五
▲	▲				▲	▲			六
									七
									八
▲	▲	▲							九

▲比嘉 銀桂歩三
 一 二 三 四 五 六 七 八 九
 ▲桂 二銀 田松 田松 田松 田松 田松 田松 田松

【第68手▽7五同歩まで】

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	桂	銀		▲	飛			▲	一
	王	龍							二
	▲		▲					▲	三
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	四
									五
▲	▲				▲	▲			六
									七
									八
▲	▲	▲							九

▲比嘉 金桂歩三
 一 二 三 四 五 六 七 八 九
 ▲桂 二銀 田松 田松 田松 田松 田松 田松 田松

【第61手▲7一銀まで】

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	桂			▲				▲	一
	銀								二
	▲							▲	三
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	四
									五
▲	▲				▲	▲			六
									七
									八
▲	▲	▲							九

▲比嘉 銀桂歩四
 一 二 三 四 五 六 七 八 九
 ▲桂 二銀 田松 田松 田松 田松 田松 田松 田松

【第69手▲7五同龍まで】