

光トポグラフを使用した囲碁の対局中、対局者の脳活動の変化の研究

電気通信大学大学院 情報理工学研究所 知能機械工学専攻 緒方克敏 Jan 2015

概要

囲碁の対局中対局者の脳活動を NIRS (near-infrared spectroscopy : 光トポグラフ) 装置を用いて観測する実験を行った。対局は対局時計を使い持ち時間各 8 分秒読み 20 秒。1 局 30 分以内の予定で初手～投了までを連続収録して合計 4 局行った。被験者 8 人の脳内血流量を観察した結果は、前頭部の右脳 (Fp₂) が前頭部左脳 (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推察された。尚局面に応じて自己の環境状態を把握し O₁ Fp₂ の血流が瞬時大きく変化することが観察され、すなわち、優勢意識や、少なくとも悪くないと感じているときに特に O₁ にその傾向が顕著であった。また、たびたび Fp₂ が瞬時大きく変動するときは相当以上非勢に陥っているとも推察された。

1 はじめに

囲碁対局中の対局者の脳活動を NIRS(near-infrared spectroscopy)装置を用いて観測する実験を行った。囲碁や将棋はゲームとして対戦中記憶の想起、蓄積された知識の読み出し、展望、予測、ひらめきなど、人の知能活動の活性化された部分を観察するのに適している。ただし、将棋や囲碁を課題とした研究の場合、通常タスクとして選ばれるのは短答式の詰碁や詰将棋、次の一手である。これは答えが予測されている問いかけである。本研究はタスクに実戦を採用した。理由は、当然のことながらゲームの対局中、対局者は勝利するべく緊迫感を持ち続ける。次いで、これは簡単な課題に答えを求めるのとは違う点で、その一番の違いとは「答」を“創意”、“工夫”、“創作”しなくてはならないことである。その答えが正しいのか、間違っているのかゲームが終わるまで、少なくとも相手がつぎの一手を着手するまでは判然としない。次の 1 手、詰将棋とは違い、相手のある実戦では自己との闘い、葛藤もあって尚、予め決められた時間内に答を決めなければならない。優勢の時と劣性または、非勢に陥った時ではその活動に違いが出ることは容易に想像できる。また、途中、経過の局面でのデータ変化がどのようなものかも知りたい。タスクを実戦の対局としてその脳の活動を観測することは、人の高度な知的活動のメカニズム解明の一端に役に立つかもしれないと考えた。

2 研究背景

囲碁や将棋経験者に関する脳の活動状況に関する研究としては、金子¹⁾ や伊藤²⁾ らの報告がある。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の観測結果から囲碁のプロとアマの記憶のメカニズムの違いを推論している。伊藤²⁾ らは、視線計測装置を用いての視線の観測から、将棋におけるプロとアマの記憶時間の違いを明らかにしている。また、本間³⁾ は著書のなかで、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、これらの間で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。プロ棋士の直観的思考時の脳活動の測定に関する実験計画として、理化学研究所脳科学総合研究センターの¹⁾ fMRI を使用した将棋のプロ棋士の脳活動に関する研究では、観測するに当たって次の 3 つの条件を考慮する必要を述べている。

- (1) あるテーマに関して知識を持っている相当数の被験者とこれに対する対象群を集める。
- (2) 被験者に思考をさせ、持続させていかなければならない。
- (3) 測定データに合わせて被験者が何を考えていたかを説明しそれを第三者が検証できる必要。

一番目と二番目はともかく、三番目の第三者の検証は非常に困難な問題であり、夢と睡眠脳波に関する研究で、夢の内容を被験者に聞きながら計測した波形と夢の映像の関連を調査するのとおなじである。将棋の場合では、少なくとも被験者と同じ棋力を有する者による検証を要し、直感やひらめきに関する瞬時の事象に関する観測には、棋譜との関連付け、時間軸との照合等の大変な作業を伴うのも経験している。さらに、実際の脳の動きと映像との遅れの問題を考慮する必要もあろう。なおまた、実際の対局では、その場面になる相当以前に予見的にそのあたりはすでに読んでいたということも考慮に入れねばならない。そこで、通常一般の研究では実際にタスクとして選ばれるのは、詰め将棋や次の一手、必死課題の解決等における脳活動について脳波測定装置やMRIにより測定されている。MRI 装置は脳内の部位特定観測に有利である。

理化学研究所（前出）の将棋プロジェクト[将棋棋士の直感の脳科学的研究]（2011）によればプロ棋士の脳で特異的に活動する領域がありその一つは盤面を見て瞬時に駒組みを認識するときに活動する大脳皮質前頭葉の楔前部で、もう一つは最適な次の1手を直感的に導き出す過程での大脳基底核の尾状核を同定することに成功し、また、楔前部と尾状核が連動して活動していると報じている。

また、医療関連の報告には、東京大学付属病院の笠井清登教授（精神神経科）や群馬大学の福田正人準教授（神経精神医学）が光トポグラフ装置を使用して鬱病の診断に利用していると日経新聞（April-1-2009）の記事がある。記事によれば、健康状態の人と鬱病の人は言語テストでの血流の増加する時間の遅れから判別可能とのことである。これらの報告は、何れもある程度回答の準備されている、または、予期されている回答を得る可能性が高いともいえる短時間の実験に基づくものである。

本研究は、囲碁の対局者の対局中、脳内血流量の変化を NIRS(光トポグラフ)を使用して観測と推論を試みたものである。囲碁は盤面が広いのでルールは簡単なのだが部分戦と全体との調和の具合で序盤中盤終盤と結構複雑なゲームであり、記憶の想起、蓄積された知識の読み出し、展望、予測、ひらめきなど、人の知能活動の活性化された部分を観察するのに適している。この実験におけるタスクとしては、今回あまり前例の無い実際の対局、所要時間約 30 分間（開始から投了まで）を選択した。

3 研究目的

ヒトの高次脳機能の解明は昨今では比較的広く行われている研究課題であるが、いずれも実験室レベルでの極めて限定的な状況におけるもので、本研究のように自然な環境下で評価を行おうとするものはきわめて少ない。一般には自然な環境下での被験者を取り巻く状況の定量的評価は困難であるが、実際の囲碁対局を課題の対象とすることで局面の評価による客観的な指標の取得を目標にした。

ゲームの対戦中、対戦者は、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。本間⁴⁾は、ゲームの中で、右脳 Fp2 と左視覚野 O₁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、金子¹⁾¹⁰⁾はゲームを通じて脳に刺激を与えることで認知症の予防や治療に役立つという。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できれば確かめたい。また、ひらめきの感覚があった時の脳内血流量の変化はどうかも同様確かめたい。従い本研究は、ゲームの中で、視覚からの情報に対して、右脳、左脳、左視覚野、右視覚野の脳内での各部位の作業について、対局者の脳内血流量の変化で観察することにした。

4 計測方法

囲碁の対局を通じて、対局者の脳活動を NIRS（光トポグラフ）装置を使用して測定し、その解析を行っ

た。対局は対局時計を使い持ち時間各 8 分秒読み 20 秒。1 局 30 分以内の終了予定で初手～投了までを連続収録し合計 4 局行った。被験者は 21～23 歳の男子学生でいずれも有段者である。NIRS 装置へのプローブの装着は脳波計測国際 10-20 方法にしたがった。また、これを観察するのに対局開始から投了まで、その変化を時間の経過と共に局面も同時に観察するためビデオカメラを併用して、盤面と NIRS のデータの時間軸（サンプリングタイム 0.095 秒）との照合を行った。

脳活動を調べる方法として EEG、PET、MRI、NIRS などいろいろある。PET¹⁾ や MRI⁵⁾ . 脳磁波計測装置³⁾ は脳活動の活発な部位の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、被験者の身動きの自由度が要求される。竹本⁵⁾ は MRI、PET、MEG の装置 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装置 (MRI、PET、MEG) とプローブを頭にセットするだけで被験者が少々動いても測定可能な NIRS (光トポグラフ) 装置との違いである。また、装置 (MRI、PET、MEG) 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。渡辺⁸⁾ も竹本¹³⁾ とおなじことをその著書の中で詳細に述べているが、NIRS はその点でも有利である。他に MRI、PET、MEG では被験者は仰臥位置での観測、測定になる。本研究の実験では予想されるゲーム予定時間が 30 分ほどであるので被験者の負担が少ない装置を使用する必要がある。NIRS 装置は被験者の身動きが比較的自由であり、仰臥位置に固定する必要もない。加えてデータに外乱、アーチフェクトが入りにくい。ただし欠点もある。頭蓋骨下ほぼ 2 センチメートル位までの血流しか取り出せないし絶対量の測定はできないが、出来るだけ自然の環境で対局してもらう主旨に従い、観測装置には NIRS (島津製作所 OMM3000) を使用した。

5 結果

実験から、被験者 8 名の前頭部の右脳 (Fp₂) の活動は左脳 (Fp₁) に比べて顕著であり、また後頭部左視覚野 (O₁) の活動は右視覚野 (O₂) と比較してはるかに大きいことが観測された。通説では、対局中対局者は、ゲームの進行に伴う状況判断と次の手の決定を右脳で行うとされてきたが、この通説を裏付ける結果とともに、左視覚野の反応も顕著である現象も確認された。また、この結果は将棋対局と違いトータルヘモグロビン、酸化ヘモグロビン、還元ヘモグロビンの値すべてで Fp₂ が O₁ より大きかった。考えられる理由は、時間制限のため通常は 19 路盤を使用するところを慣れない 9 路盤を使用した為らしくまったくとは言えないまでも別のゲームの感があり勝手が違って、19 路盤での記憶や知識がほとんど役に立たない状態で Fp₂ が働いたと観測された。囲碁ゲームは途中での形勢判断が重要なゲームであるが時間制限が厳しく判断をする余裕が無かった故かまた、O₁ からアシストを受ける過去の記憶や知識の蓄積がほとんど無い中 Fp₂ が状況判断と意思決定したことになり、結果としてゲームは右脳が形勢判断と次の手の決定をしていたと推論された。また、脳内血流量の変化から、相互に情報を交換しているものと推定される時間帯もあり、なお、形勢の優劣、気力、気分、対局相手の圧力など、局面に応じた環境状態により (Fp₂) と (O₁) が瞬時の間一時休憩することが局面との照合により観察された。その血流の変化が、頻繁に O₁ がマイナス表示になるときは、危機感、同様に頻繁に Fp₂ がマイナス表示になるときは絶望状態を表すとも観察された。

また、同じ血流の増加でも酸化ヘモグロビンの増える人と、還元ヘモグロビンの増える人があることが観察されたが被験者の棋力や利き手との関係については不明である。

Key words : NIRS . Go-game. Brain blood flow

Acknowledgement

Many thanks to all those who collaborated on this study

References

- 1 Ouchi, Y., Kanno,T., Yoshikawa, E., Futatsubashi, M., Kaneko, M (2005) Neural substrates in judgment process while playing go: a comparison of amateurs with professionals, *Cognitive Brain Research* 23: 164-170
- 2 Ito, T., Matsubara, H. and Grimbergen, R (2002) Cognitive science approach to shogi playing processes (1) —some results on memory experiments. *Information Processing Society of Japan* 43: 2998-3011.
- 3 Honma, S (1990) *The Human Brain* 119-153: Asakura Book Store Japan (in Japanese)
- 4 Nakatani,H (2010) *Century of the brain* 12: 53-54 . Kuba Puro Publish co. Japan (in Japanese)
- 5 Ookuma,T (2000) *Step by step - Decipherment of human brain wave-* : Igaku shoin, Tokyo Japan (in Japanese)
- 6 Kawashima,R (2006)*Training for the human brain*, publisher of N.H.K 21: 12-14, 52-60 (in Japanese).
- 7 Haida H (2006) Implication of a signal from brain optical topography, *MEDIX* 36: 17-21
- 8 Maehara,G. Taya, S. Kojima, H.(2007) Changes in hemoglobin concentration in the lateral occipital regions during shape recognition: a near-infrared spectroscopy study. *Journal of Biomedical Optics* 12 (6): 062109 (1~8.)
- 9 Maki, A (2006) *Point and lines of optical topography -from Brain Science Toward Human Science-* Hitachi Review Japan 88: No 05 440-441. 58-65 (in Japanese)
- 10 Sakakibara,M, yoshioka.T (2004) *Odyssey to Brain Research* 91-98: Kyoritsu publish co Japan (in Japanese)
- 11 Sakatani,K. Kato,Y. Simizu, K (1999) *Study for Brain Activity Using by Optical Topography.* Japan Soc. of ME&BE 37:
- 12 Takeda,T (2003) *Brain Engineering* ; Corona Publishing co., Ltd Japan (in Japanese)
- 13 Takemoto, K., Seki, H., Makiuchi, M. and Takahashi, H.(1999) *Near-infrared sensing applications for human body.* Publisher of Science Forum Japan 191-201: (in Japanese)
- 14 Watanabe, E (2007) *Measurements of brain function by near infrared spectroscopic-topography,*
- 15 Yamada,Y (2001) *Advanced Technologies for Radiation Therapy and Measurement.* IEE Japan; 159-175:
- 16 Habu,Y (2010) *Century of the brain* 12: 12-27 . Kuba Puro Publish co. Japan (in Japanese)
- 17 Shinagawa,Y (1985) *Haw to train and use your right side Brain* ; 48-51: Goma books (in Japanese)

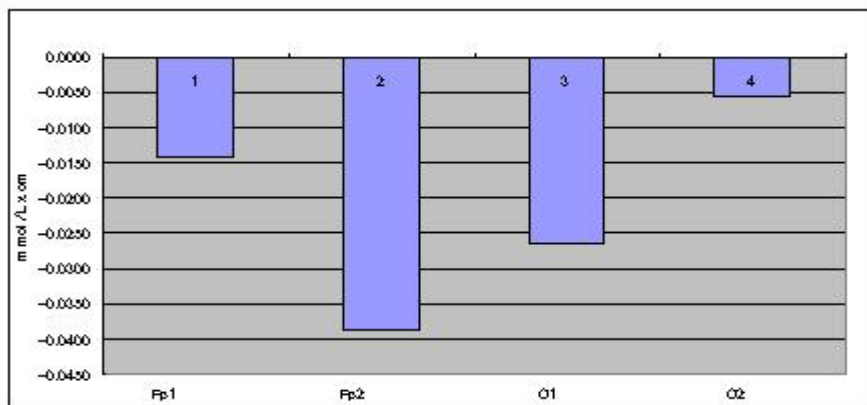


Fig 1 Total Hb Fp1,Fp2,O1,O2, (Go-game)

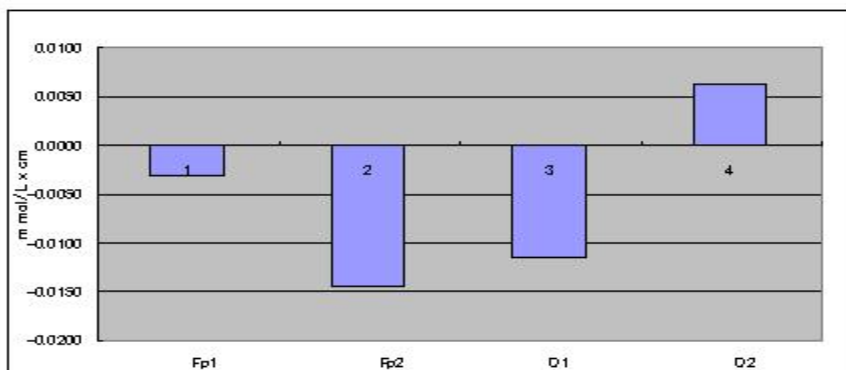


Fig 2 Oxy Hb Fp1,Fp2,O1,O2, (GO-game)

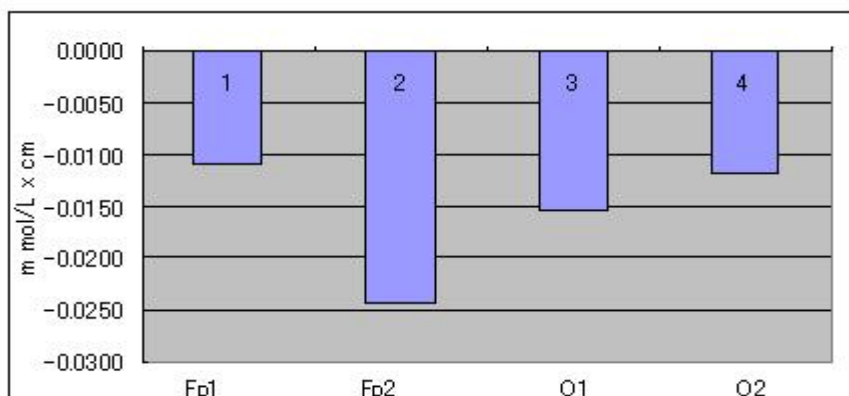


Fig 3 Deoxy Hb Fp1,Fp2,O1,O2, (GO-game)