JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	視線追従装置を用いたリズムアクションゲームにおけるスキルの分析
Author(s)	小原，卓也
Citation	
Issue Date	2010-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8898
Rights	
Description	Supervisor:藤波努，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

目　次

第１章　はじめに　1
１．１　研究の背景 1
１．２　研究の目的と仮説 4
１．３　先行研究 4
１．４　研究の位置づけ 7
１．５　本論文の構成 7

第２章　基本的事項　8
２．１　リズムアクションゲームの説明 8
２．２　視線追従装置の説明 １３
２．３　予備実験 １４

第３章　実験手法　１８
３．１　リズムアクションゲームの設定 １８
３．２　知覚時間の設定 １９
３．３　視線追従装置の設定 ２０
３．４　本実験の流れ ２１

第４章　実験の結果　２２
４．１　評価 ２２
４．２　視線追従装置を用いた実験結果 ２７
４．２．１　視線の範囲 ２７
４．２．２　視線の分類 ３２
４．２．３　評価と視線タイプの相関 ３８

第５章　実験結果からの考察　４１

第６章　研究のまとめ　５０
６．１　結論 ５０
６．２　今後の展望 ５０

謝辞 ５４

参考文献 …… ５５

付録１：代表的な各種評価グラフ …… ５８

付録２：アンケート結果 …… ６９

図　目　次

Fig.1-1　バッティング熟達者(左)と初心者(右)のリリース時の視線 …… 6
Fig.1-2　剣道における視線 …… 6

Fig.2-1　ゲーム画面 …… 9
Fig.2-2　コントローラ外観 …… 9
Fig.2-3　Just Great 判定 …… １１
Fig.2-4　Great 判定 …… １１
Fig.2-5　Good 判定 …… １１
Fig.2-6　Bad 判定 …… １１
Fig.2-7　実 Poor 判定 …… １２
Fig.2-8　空 Poor 判定 …… １２
Fig.2-9　視線追従装置 …… １３
Fig.2-10　初心者の視線 A …… １５
Fig.2-11　初心者の視線 B …… １５
Fig.2-12　熟達者の視線 …… １６
Fig.2-13　pop ’n music における熟達者の視線 A …… １６
Fig.2-14　pop ’n music における熟達者の視線 B …… １７

Fig.3-1　知覚時間の設定 …… ２０
Fig.3-2　本実験の様子 …… ２１

Fig.4-1A　難度 A における知覚時間ごとの評価平均 …… ２３
Fig.4-1B　難度 B における知覚時間ごとの評価平均 …… ２３
Fig.4-1C　難度 C における知覚時間ごとの評価平均 …… ２４
Fig.4-1D　難度 D における知覚時間ごとの評価平均 …… ２４
Fig.4-1E　難度 B における 3 秒までの評価平均 …… ２５
Fig.4-1F　難度 A における初心者の評価平均 …… ２５
Fig.4-1G　難度 B における初心者の評価平均 …… ２６
Fig.4-2A　3 秒における初心者と熟達者の視線範囲比較 …… ２７
Fig.4-2B　0.5 秒における熟達者と初心者の視線範囲の比較 …… ２８
Fig.4-2C　0.6 秒における熟達者と初心者の視線範囲の比較 …… ２８
Fig.4-2D　熟達者の 0.5 秒における視線範囲 …… ２９

Fig.4-2E　熟達者の 0.6 秒における視線範囲 ･････････････････････ ３０
Fig.4-2F　熟達者の 0.7 秒における視線範囲 ･････････････････････ ３０
Fig.4-2G　難度ごとの停留割合 ･････････････････････････････････ ３１
Fig.4-2H　一点注視型 A･･･ ３３
Fig.4-2I　一点注視型 B･･･ ３３
Fig.4-2J　出所注視型 ･･･ ３４
Fig.4-2K　出所追いかけ型 ･････････････････････････････････････ ３４
Fig.4-2L　初心者追いかけ型 A･･････････････････････････････････ ３５
Fig.4-2M　初心者追いかけ型 B･･････････････････････････････････ ３５
Fig.4-2N　左右追いかけ型 ･････････････････････････････････････ ３６
Fig.4-2O　上下追いかけ型 ･････････････････････････････････････ ３６
Fig.4-2P　ランダム型 ･･･ ３７
Fig.4-3A　難度 A における評価と視線タイプの相関 ･･････････････ ３８
Fig.4-3B　難度 B における評価と視線タイプの相関 ･･････････････ ３９
Fig.4-3C　難度 C における評価と視線タイプの相関 ･･････････････ ３９
Fig.4-3D　難度 D における評価と視線タイプの相関 ･･････････････ ４０

Fig.5-1　初心者と熟達者の思考プロセスのモデル ･･････････････ ４３
Fig.5-2　思考プロセスの自動化 ･････････････････････････････ ４４
Fig.5-3　初心者における認知領域とチャンクの概念 ･･････････････ ４６
Fig.5-4　熟達者における認知領域とオブジェクトの合理化 A･･････ ４７
Fig.5-5　熟達者における認知領域とオブジェクトの合理化 B･･････ ４８

Fig.6-1　フーズボール ･････････････････････････････････････ ５３

Fig.7-1　初心者１の難度 A における評価推移 ･･････････････････ ５８
Fig.7-2　初心者１の難度 B における評価推移 ･･････････････････ ５８
Fig.7-3　初心者２の難度 A における評価推移 ･･････････････････ ５９
Fig.7-4　初心者２の難度 B における評価推移 ･･････････････････ ５９
Fig.7-5　初心者３の難度 A における評価推移 ･･････････････････ ６０
Fig.7-6　初心者３の難度 A における評価推移 ･･････････････････ ６０
Fig.7-7　視線 A-１の熟達者１における難度 A の評価推移･･････････ ６１
Fig.7-8　視線 A-１の熟達者１における難度 B の評価推移･･････････ ６１
Fig.7-9　視線 A-１の熟達者１における難度 C の評価推移･･････････ ６２
Fig.7-10　視線 A-1 の熟達者１における難度 D の評価推移 ･･････････ ６２
Fig.7-11　視線 A-２の熟達者２における難度 A の評価推移･･････････ ６３

Fig.7-12　視線 A-２の熟達者２における難度 B の評価推移･････････････ ６３
Fig.7-13　視線 A-２の熟達者２における難度 C の評価推移･････････････ ６４
Fig.7-14　視線 A-２の熟達者２における難度 D の評価推移･････････････ ６４
Fig.7-15　視線 B の熟達者３における難度 A の評価推移 ･････････････････ ６５
Fig.7-16　視線 B の熟達者３における難度 B の評価推移 ･････････････････ ６５
Fig.7-17　視線 B の熟達者３における難度 C の評価推移 ･････････････････ ６６
Fig.7-18　視線 B の熟達者３における難度 D の評価推移 ･････････････････ ６６
Fig.7-19　視線 C の熟達者４における難度 A の評価推移 ･････････････････ ６７
Fig.7-20　視線 C の熟達者４における難度 B の評価推移 ･････････････････ ６７
Fig.7-21　視線 C の熟達者４における難度 C の評価推移 ･････････････････ ６８
Fig.7-22　視線 C の熟達者４における難度 D の評価推移 ･････････････････ ６８

表　目　次

Table.1 Tobii Eye Tracker T120 技術仕様 ･････････････････････････ １４
Table.2 難度表 ･･･ １９

第１章　はじめに

1.1　研究の背景

現在様々な場所で多数の人間活動が活発に行われているが、その活動の種類や範囲は年々増加の一途を辿り、その熟練に必要なスキルも同時に増加している。それら活動の多くは、人間が生まれ持った能力だけで行えるものは少なく、むしろ活動を通してスキルを身につけていくことが必要となってくる。しかしながら、人間がスキルを身につけていく場合、初心者から熟達者へと習熟する過程には膨大な時間が必要となり、かつ本人はその習熟過程を自己で評価しにくいなどの問題点も多く存在する。近年、それらのスキルを習熟していく場合そのスキルにおける部分的な共通点を見出し、習熟にかかる時間の削減や他の活動への身体知の応用や人工知能への応用が期待されている。そのため、現在身体知スキルについての研究が盛んに行われている。

身体知スキルはクローズドスキルとオープンスキルに分けられることが多い。クローズドスキルとはその名の通り内に閉じており、個人の中だけで発揮することのできるスキルである。例えば、サッカーでボールをキープする能力がこれに該当する。すなわち、ものごとにおける技術力がクローズドスキルということだ。オープンスキルとは逆に状況に応じ、他人との連動やリアルタイムで移り変わる状況に応じて最適な動きを行うためのスキルである。例えばサッカーでは周囲の状況に合わせて味方にパスを出すといった能力がこれに該当する。すなわち、物事における状況判断力がオープンスキルということだ。人間はクローズドスキルとオープンスキルを連動させることによって、優れた技術力を状況に応じて使うことが出来る。その状態こそ熟達しているといえるだろう。しかしながら、オープンスキルとクローズドスキルの理解には大きな問題が存在する【古川,2008】。特にオープンスキルは状況に応じて対応を次々に変化させるという特性上、場面ごとに最適な制御を行わなければならず、色々なものの影響に左右されるため解明が難しいとされている。また、二つのスキルに共通する問題点として、スキルの暗黙性が挙げられる。熟達者は自身が身に着けたスキルを形式的に説明することはできない。また、初心者が熟達者の技を見てもその本質を理解することは非常に困難である。これらに関連し、言葉による説明も非常に難しい問題として取り上げられている。例えば、トレーナーがどれだけ言葉で説明しようが、初心者がそれを理解できるとは限らないからだ。このようにして、熟達者はスキルを身に着けているにも関わらず、その本質を言葉や文章に置き換えて相手に伝えることができないのである。更に身体制御の多様性といった問題も存在する。ベルンシュタイン問題でも指摘されている

ように、自分の手を目的の場所に持っていくだけで無数の可能性が存在している。その多くの可能性の中から最適な動きを選択することが重要だが、この最適性には個人の筋肉、関節などの身体的特徴が左右するため、個人差が非常に大きい問題として上げられている。スキルの理解にあたって個人差という要素は大きな障害であるといえる。

こういった問題点が多く挙げられる中、身体知スキルの理解を深めるには題材とする課題とそれをこなすための身体動作を単純で分かり易いものに落とし込み、それらを分析することで得た知見から共通点を探していくといったアプローチを行うことが必要となってくる。そこで、本研究では単純な動きながら熟達具度合いが分かりやすく、画面上における状況に応じ適切な処理を行うといった擬似的にオープンスキルを発揮していると考えられるリズムアクションゲームに注目することにした。人工物の多くはクローズドスキルを発揮し行われるものであると考える。アクションゲームなどで攻略法というものが存在するように、その全てが人工のプログラムで構成されているため、ステージ構成や障害物の構成などは基本的に不変的なものである。しかし、一部のビデオゲームではランダムな状況に応じてプレイヤーが対応することを求められるものが存在する。昨今行われているリズムアクションゲームというジャンルのビデオゲームは、画面上部から落下するオブジェクトをリズムに合わせて特定のボタンを入力するという単純なものである。これは楽器演奏でいう楽譜を縦にしたようなもので、リアルタイムに譜面が流れてくるピアノといってもいいものである。基本的にリズムアクションゲームでは常に決まったオブジェクトが決まった位置に表示されるのだが、その法則を変化させることもできる。リズムアクションゲームの熟達者はリズムにさえ則っていれば、それぞれのオブジェクトの位置をランダムで表示させてもパフォーマンスの高いプレイをすることができる。これは、ピアノでいえば音符の位置を毎回ランダムで表示させて一定のテンポで演奏することと同じである。

ここで、オープンスキルとは状態空間が数値などのパラメータで定義できないものとして考える。リズムアクションゲームは内部にパラメータが存在し、その状態空間は実質有限である。しかし、ランダム性と瞬間的判断を要求されるゲームの性質から、次の状況予測ができない状態で「瞬時に表示されたオブジェクトを判断し、対応するボタンを押して処理をする」といった一連の流れを行わなくてはならない。このような特性から、状態空間のパラメータは有限ではあるもののプレイヤーがそれを把握することができず、結果的にリズムアクションゲームは擬似的なオープンスキルを発揮するものであると考える。

また一方で、人間活動として現在幅広く行われているはずのビデオゲームに関するスキルの知見は少ない。特に近年では家庭用やパーソナルコンピュータ

を用いたビデオゲームが盛んに行われている。電子機器が身の回りに増える中、野外で遊ぶことが少なくなった子供達にとって、ゲームのスキルは習慣で身についていくものとなっている。更にパーソナルコンピュータスキルが仕事に必須となっている現代において、ゲームに慣れていればパーソナルコンピュータの扱いが上達し易いという声もある。また、ゲーム自体が子供達の学習におけるモチベーションの上昇に繋がるため、学習にゲームを用いて成果を挙げている例もある【Blumberg,2000】。更に、ゲームを習慣的に行う人はゲームを普段から行わない人に比べ物の認識速度や反応が早いという結果も出ている【Castel,2005】。その他、ゲームがストレスの低下を引き起こすことや、身体的な動作を含んだゲームを行うことによって肥満を解消できるといった報告もあり、実際にアメリカの小学校でコナミデジタルエンタテインメント製「Dance Dance Revolution」というゲームが授業に取り入れられ、肥満の解消に成功している事例[1]もある。しかし、一方でゲームの暴力性や精神における発達の妨げを危惧されており、バイオレンスゲームなどを行うことにより実際に暴力の衝動に駆られてしまう者や、「キレやすい」子供の原因であること【Plogsties,1997】またゲームを頻繁に行っている人物の社会適合性に問題があること【Uhlmann,2004】感性やモラルの低下【Janne B,2003】、好戦性が増す【Bruce D,2002. Larkin,2000. Griffiths,1999. Craig A,2000.Craig A,2004】などゲームの危険性も多く述べられている。

しかしながら、ゲームそのものを行うことによって発揮されるスキルやその応用性について述べている報告は少ない。近年では画面の中のキャラクターを操作するだけでなく、プレイヤー自身が体をダイナミックに動かすことで操作を行う体感ゲームというものが存在し、中でも先に挙げたリズムアクションゲームと呼ばれるジャンルのゲームは楽器さながらに体を動かすことを求められ、更にリアルタイムで流れてくる音符（オブジェクト）を認識しながら対応するボタンを入力し、正しいリズムに乗じて楽曲を演奏することを目的としたゲームである。ゲームを製作している企業が主催する全国大会も度々開催されており、全体的なプレイヤースキルも著しく上昇している。インターネットを利用し、各プレイヤーのスコア表示をゲーム中の画面でグラフとなって現れる工夫も施されており、実力の近いプレイヤーを目標にすることや仲間同士でスコアを競うといた要素が充実しており、全プレイヤーを対象とした各楽曲のクリアレート変動からも日々プレイヤースキルが向上していることが明らかとなっている。特に、トッププレイヤーはオブジェクトが 15 個/秒で流れてくるような楽曲をほとんどのミスなくこなすことができ、その卓越したスキルには目を見張るものがある。

---

[1] http://www.konami.co.jp/ja/news/topics/060126/

1.2　研究の目的と仮説

本研究では単純な動きでありながら擬似的にオープンスキルを発揮し、更に短時間で非常に多くの複雑な情報量を処理することを必要とされるリズムアクションゲームに注目して研究を行う。その際にゲームプレイに最も重要と考えられる「目」に焦点をあて、ゲームプレイ中の視線と熟達の関連性やゲームを通して得られるスキルについて考えることにした。

仮説としてゲームプレイ中の視線を測定することで、通常では他者と比べにくい視線という観点から初心者と熟達者の違いや、更には熟達者同士でも熟達の度合いによってなんらかの変化が生じているのではないかと考えた。

また本研究で扱っている、リズムアクションゲームのような即時的な反応を要する操作において、人間が単位時間当たりに行える思考の複雑性は限られていると考えられる。我々は行動を行う際にすべての行動を思考中に行っているわけではなく、行動が熟練するにつれて多くの知覚反応は無意識で行われ、思考してから行われる行動は限られるのではないかと考えた。

そこで、本研究ではゲーム中における知覚時間を操作することで初心者と熟達者それぞれの最適な知覚時間を調査し、その時間の差から知覚反応過程の自動化を行っていることを提案していきたいと考えている。またその際に被験者の視線を同時に測定し、初心者と熟達者での視線の違い、熟達者同士での習熟度による視線の違いをそれぞれ調査し有効な視線の特徴を見出すことを目的とする。また、リズムアクションゲームを習熟させることで得られるスキルを、他のオープンスキルを必要とする活動へどのように役立てていくか考えていく。

1.3　先行研究

視線追従を用いた研究は数多く存在するが、文章における視線の動きや静止画における物の個数を数えたりするものなど静的な情報を対象として研究を行っているものが多く、動的な情報を対象として扱っているものでは主にスポーツが多く挙げられる。

例えば、野球におけるバッターの視線を測定した研究があるが[Fig.1-1]、一流のバッターはピッチャーが投球モーションに入った瞬間に肘から手首にかけて集中的に視線が向くのに対して、熟練されていないバッターは視界全体に視線を分散させ、次いでピッチャーの全体を見るといった報告がある[2]。他には剣

[2] http://www.webleague.net/information/coach/qandadet.php?qandaid=1743&teachid=13

道の研究では熟達者ほど相手の面（目）を見ている割合が多いということが分かっている。試合において、経験の浅い非熟達者は胴、小手、竹刀など様々なところに視線を移しているのに対して熟達者は試合時間の 8 割以上は面に視線を向けているということが観察されている[3]。これは剣道で「遠山の目付け」と呼ばれているもので[Fig.1-2]、相手の竹刀など局所的なものを見つめずに、相手の目を中心に体全体を広くみる手法のようだ。これを用いることによって、周辺視を利用して重要な情報を広く取り込むことが可能とのことだ。また、テニスにおいても一流プレイヤーほどボールが返ってくる地点を洞察する能力が高いといわれており、これは相手にボールが渡り打ち返すまでのごく短い時間に相手のモーションや動きから視線が捉えるべきポイントを瞬時に把握し、相手のモーションから経験的にボールが帰ってくる位置を洞察しているといった考察がなされている。このように、（動的な物が対象となる場合）一流プレイヤー等の熟達者は経験的に重要なポイントに視線を集中させることで情報を読み取り、複雑な処理や素早い洞察を可能としていると考えられる。これらの事例からスポーツにおける熟達者は、それぞれのスポーツにより目的は異なる場合があるものの「視線を固定する傾向にある」という点が注目されている。

リズムアクションゲームの研究では斉藤ら【斉藤,2006】のゲームプレイ中の被験者の脳波を扱った研究が存在し、単純な条件反射に近いリズムアクションゲームでは前頭前野活動が見られなかったとされている。また音楽演奏の補助システムとして応用する実験【橋本,2009】がいくつか存在する。ゲームを行うことで培ったスキルや特徴に着目して研究しているものでは湯地ら【湯地,1995】の幼児のコンピュータゲーム遊びと感覚運動技能および空間認知技能との関係を研究したものがあり、コンピュータゲームで遊んでいる子供は目と手の協応や心的回転と関係する空間認知能力に長けていたとの報告がある。これに加えゲーム課題の成績と標準検査との成績に相関関係があることが明らかになり、ゲームを行うことで獲得したスキルを他の分野で活用できる可能性が示されている。

[3] http://gc.sfc.keio.ac.jp/class/2003_gc00001/slides/05/31.html

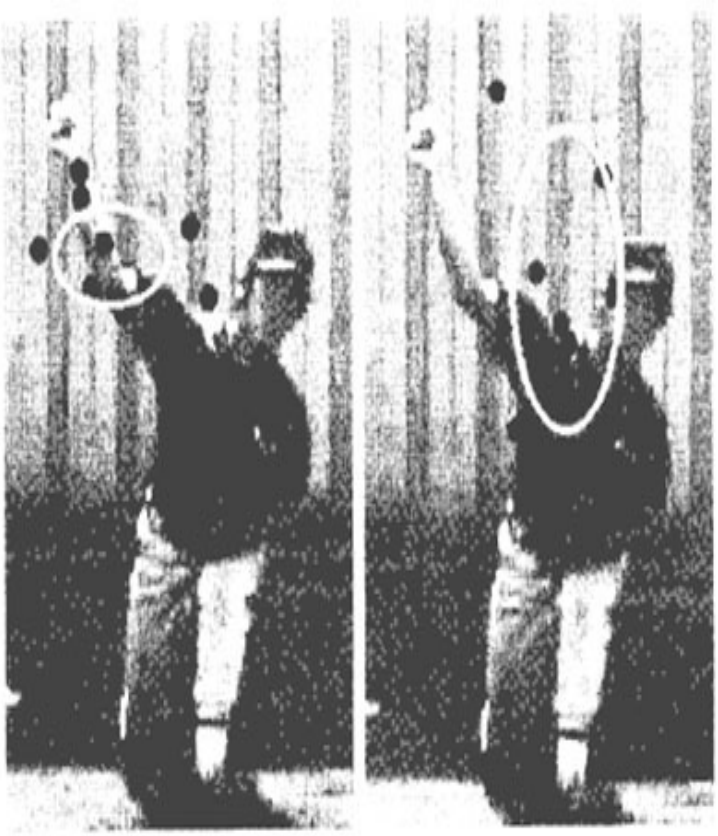


Fig.1-1 バッティング熟達者(左)と初心者(右)のリリース時の視線

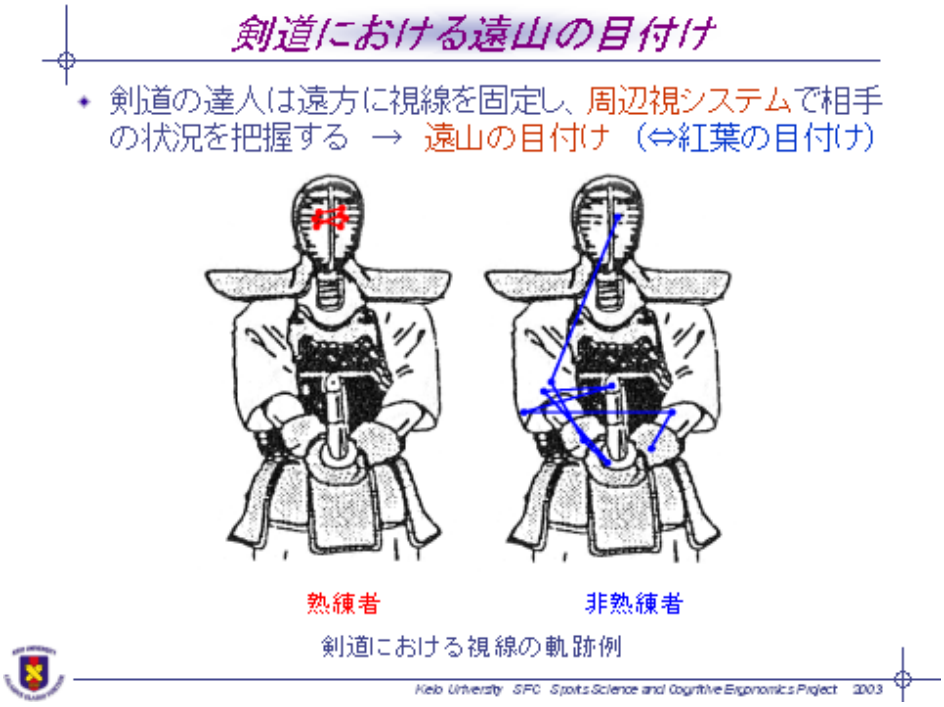


Fig.1-2 剣道における視線

1.4　研究の位置づけ

本研究では新規性として擬似的なオープンスキルを発揮していると考えられるリズムアクションゲームを視線という観点に焦点をあて測定を行い、熟達者がゲームを行う際に発揮しているスキルを分析する。また、従来の身体知研究は習熟の度合いが判断しにくかったが、リズムアクションゲームの特徴としてスコアが数値として現れるため、プレイヤーの習熟の度合いが分かりやすい。これにより初心者と熟達者という括りだけでなく、熟達者同士でもその熟達の違いを調査しやすいと言う点が挙げられる。

1.5　本論文の構成

本論文は全６章で構成されている。本章では研究の背景、目的、先行研究を記した。第２章では題材として取り上げる実験機器「リズムアクションゲーム」と視線追従装置「Tobii　Eye　Tracker　T120」についての説明を記した。第３章では本実験の具体的な手法を、第４章では実験で得られた結果を、第５章でその結果からの考察をそれぞれ記した。そして、第６章で本研究の結論と今後の展望を述べる。

２.実験機器説明

2.1　リズムアクションゲームの説明

リズムアクションゲームとは楽譜を模したプレイ画面の上部（下部や左右のものもあり）から落下（先の形式に応じる）してくるオブジェクトを、専用のコントローラ【コナミデジタルエンタテインメント社製】を用いリズムに合わせ対応する 7 つのボタン（鍵盤）とスクラッチを操作し音楽を演奏するという演奏シミュレーションゲームである。コントローラの画像及び実際のゲーム画面を模した図を下記に示した[Fig2-1][Fig.2-2]。なお、本研究ではタスクの異なるスクラッチを排除して実験を行うことにした。ゲーム性として、オブジェクト（音符）が判定ラインに達した瞬間に合わせてボタンを入力した際に、そのタイミングによって「判定」が発生し、正しいタイミングでボタン操作を入力返することにより「グルーブゲージ」と呼ばれる値が上昇しゲーム終了時に「グルーブゲージ」が規定値に達しているとステージをクリアしたことになる。

また、タイミングによる「判定」は各リズムアクションゲームにより数種類存在し、今回題材として扱った「BMS」では、Just Great, Great, Good, Bad, Poor の 5 種類が存在し、順を追うごとに評価が悪くなっていく。本論文ではタイミングによる判定を「評価判定」として定義する。

ゲームをプレイするにあたって、プレイヤーは次々に出現するオブジェクトを認識したうえで対応するボタンをタイミングよく的確に押し、できるだけ良い評価判定を目指しながらプレイを進めていくことが求められる。また、Poor は２種類あり、厳密には６種類の評価判定が存在する。(Poor の種類に関しては後述を参照)

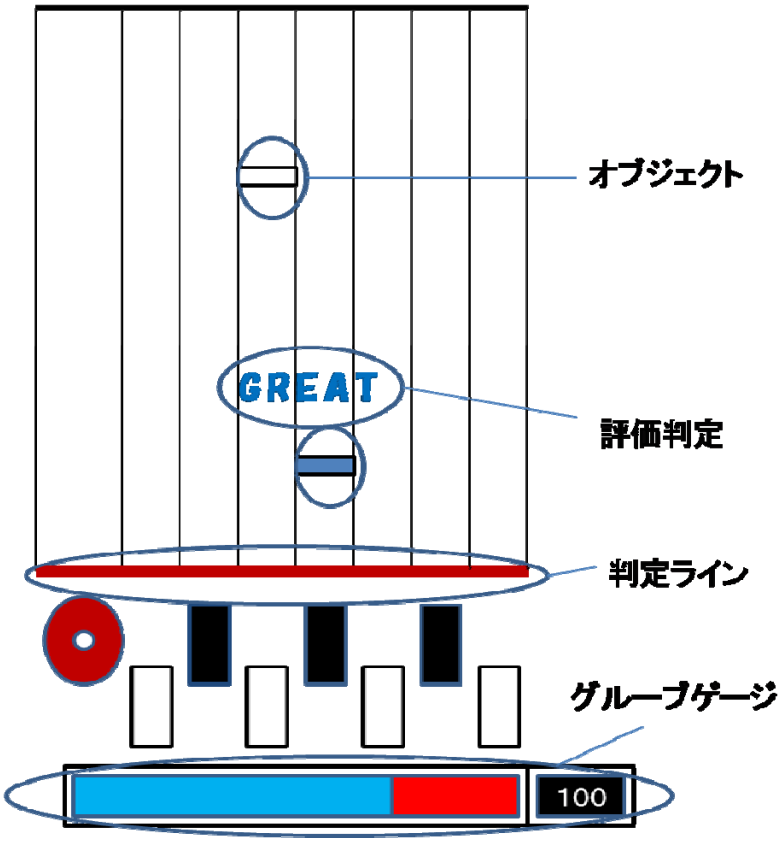


Fig.2-1　ゲーム画面

Fig.2-2　コントローラ外観

ここで、全ての評価判定についての解説を挟む。
・Just Great の評価判定は[Fig.2-3]を参照。判定ラインに対してオブジェクトが重なっている状態で対応するボタンを押すことで評価判定を得られる。約 2/60 フレーム程度の受付時間が存在する。

・Great の評価判定は[Fig.2-4]を参照。Just Great よりも上下に１フレームずつ離れた状態で対応したボタンを押すことで得ることができる。

・Good の評価判定は[Fig.2-5]を参照。Great よりも更に離れた位置でボタンを押すことにより発生する。上下共に 3 フレーム程度の猶予がある。この評価判定まではグルーブゲージを上昇させる効果を持つ。

・Bad の評価判定は[Fig.2-6]を参照。Good の持つ広い猶予から更に離れた位置でボタンを押すことにより発生する。上下共に２フレーム程度の時間を持ち、発生することによってグルーブゲージを低下させる。Bad の評価が得られるということはタイミングが非常に外れていることの目安なので、プレイヤーはタイミングを修正することを考えさせられる。

・Poor の評価判定は２種類存在し、判定ラインを通り過ぎ、更に Bad の評価判定から外れることで得られる Poor[Fig.2-7]参照。(また、ここでは便宜的に実 Poor と呼ぶ)と Bad 判定が発生する判定ラインよりオブジェクトが離れている場合、ボタンを空打ちすることで発生する Poor（[Fig.2-8]参照。便宜的に空 Poor と呼ぶ）が存在する。また、空 Poor の場合オブジェクトそのものは評価判定の発生と共に消失することはなく、オブジェクトが残り続けるため他の評価判定が発生するまでに何度も空 Poor を重ねることができる。これにより、総評価判定数が総オブジェクト数を上回ってしまう現象が生じる。実 Poor と空 Poor ではグルーブゲージの減少に差があり、前者の方が減少される量が多い。

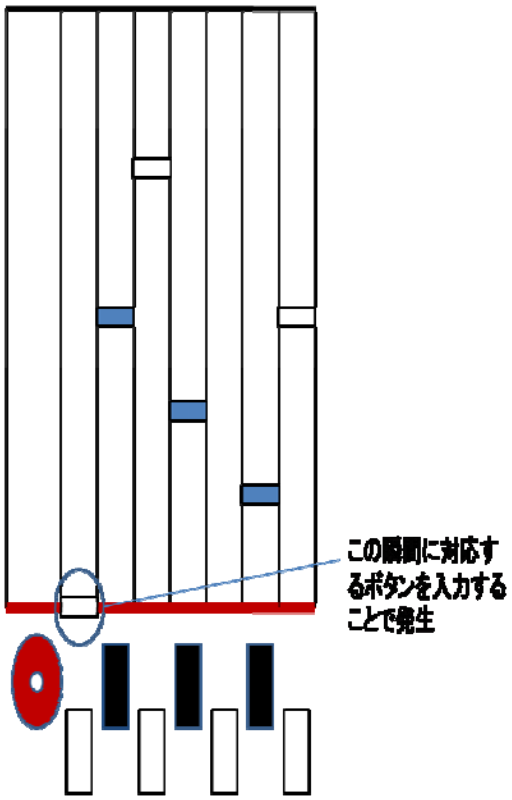


Fig.2-3　Just Great 判定

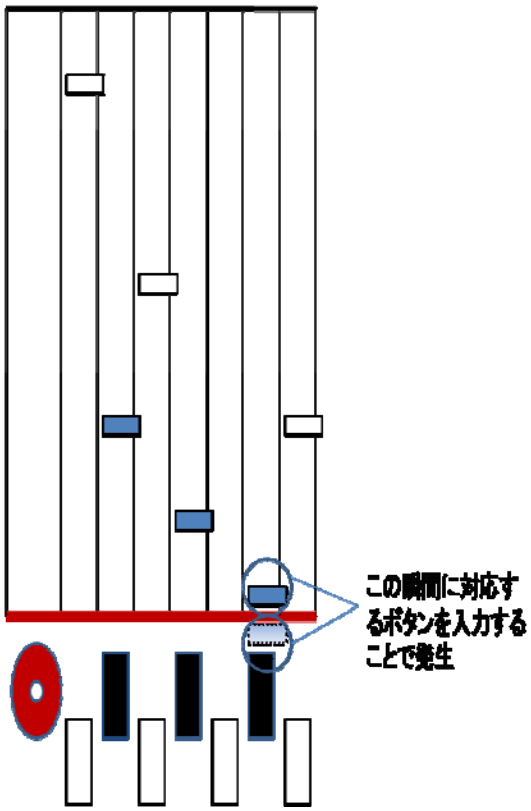


Fig.2-4　Great 判定

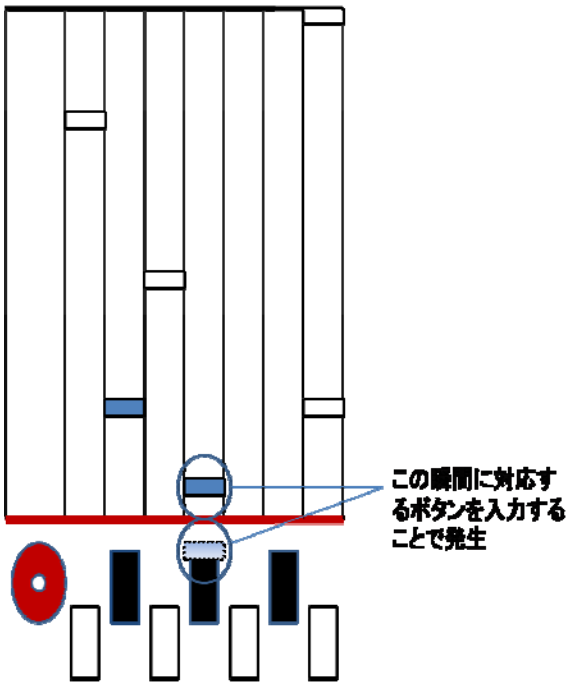


Fig.2-5　Good 判定

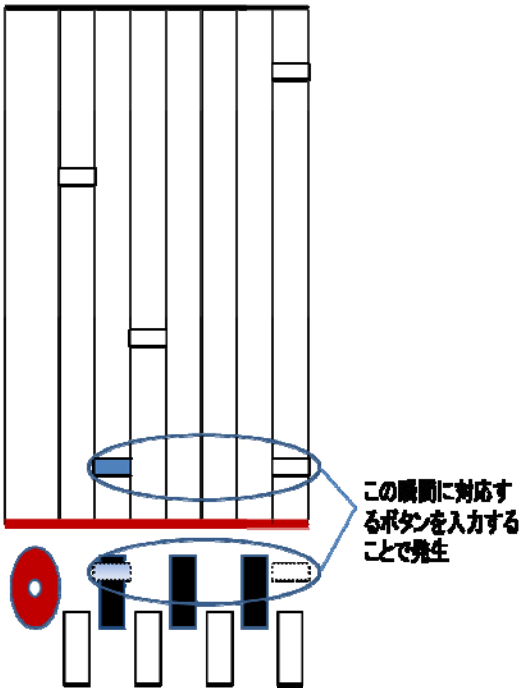


Fig.2-6　Bad 判定

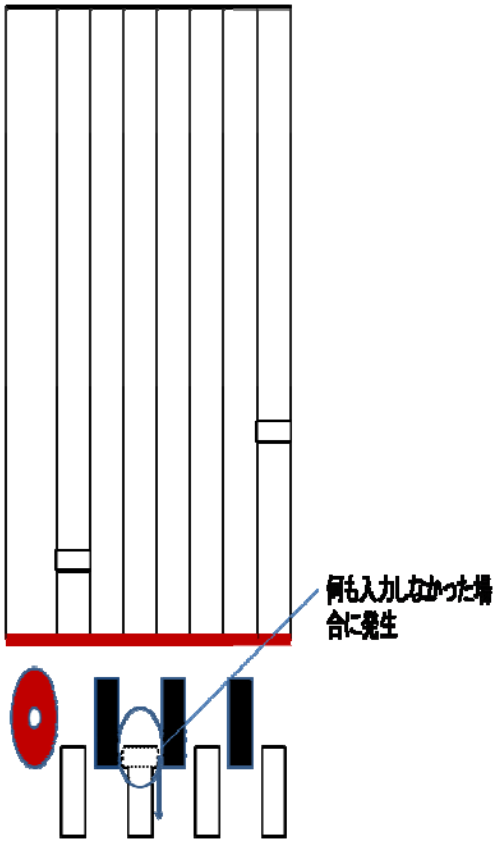


Fig.2-7　実 Poor 判定

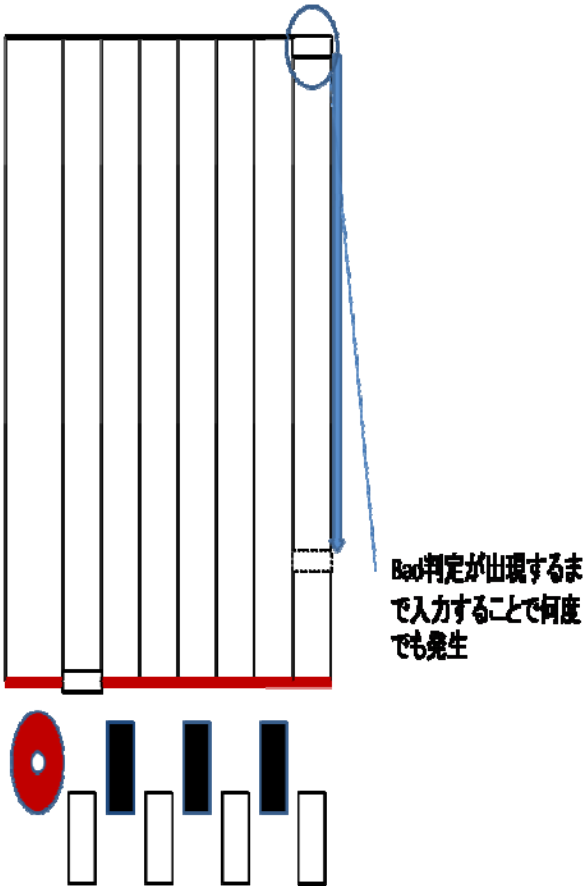


Fig.2-8 空 Poor 判定

2.2　視線追従装置の説明

「Tobii Eye Tracker T120」を仕様。画面の大きさは１７インチの液晶ディスプレイ一体型[Fig.2-9]。印刷された広告、テレビコマーシャル、買物棚、パッケージデザイン、製品デザイン、動画などの評価を客観的に行うことが可能。主に心理学研究、幼児研究、リーディングの研究、視覚研究などに使用されている。また、従来の視線追従製品のように被験者にカメラを取り付けるなどの負担をかけることなく測定を行うことができる。更にメガネやコンタクトといった要素も問題なく、被験者が疲労を感じることなく長時間の測定が行える点が特徴。技術仕様を表にまとめたものを以下に示した。

Fig.2-9　視線追従装置

Table.1　Tobii Eye Tracker T120 技術仕様　引用：
http://www.tobii.co.jp/japan/products/tobii_t60_t120_eye_trackers.aspx

技術仕様

	Tobii T120
精度	0.5度
ドリフト	＜0.3度
頭部移動可能範囲	30×22×30cm
サンプリング	120Hz
データ	左右の各種眼球データ
瞳孔検出	明/暗瞳孔検出（自動最適化）
TETディスプレイ	17インチTFT（1280×1024）
アイトラッキングサーバー	内蔵
重量	10kg以下
ユーザーカメラ	内蔵
スピーカー	内蔵

2.3　予備実験

リズムアクションゲーム「BMS」で初心者２名と熟達者１名にゲームを行ってもらい、ゲームプレイ中の視線を測定した。また、初心者の片方に練習期間を与えることで練習前や他の初心者とどのように違いが生じるかを観測した。その結果、練習期間を与えていない初心者は画面上部から落下してくるオブジェクト一つ一つを判定ラインまで見てから次のオブジェクトへ視線を移行させる[FIg2-10]という結果が観察できたのに対して、練習期間を与えられた初心者は落下してくるオブジェクトを単一として追いかけるのではなく、ある程度のオブジェクトの塊を一つとして認識し、追いかけているように観察することができた[Fig2-11]。また、上級者は視線が中央に固定されていた[Fig.2-12]。これらの結果から、スキルが習熟するにあたって視線は「単一のオブジェクトを追いかける」という動きから「複数のオブジェクトを同時に追いかける」ように

なり「視線が固定される」という段階を経るのではないかという仮説が生まれた。

次に、先の「BMS」とは少々インターフェースの違うリズムアクションゲーム「POP’N MUSIC13 カーニバル」を用い、被験者を増やして実験を行った。熟達者 7 名に視線追従装置を取り付けてゲームを行ってもらい、プレイ中の視線を測定した。動画で観察してみたところ、熟達者は視線の動く範囲が狭くなっている [Fig2-13,2-14]ということが観察できた。

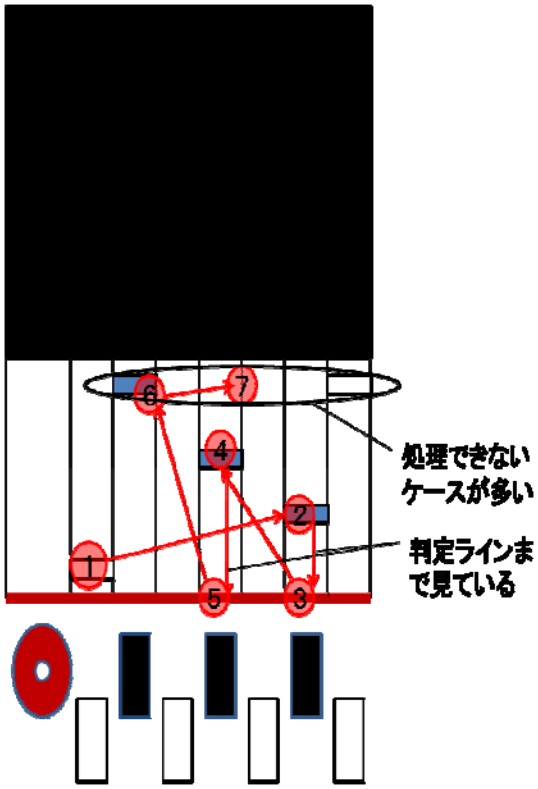


Fig2-10　初心者の視線 A

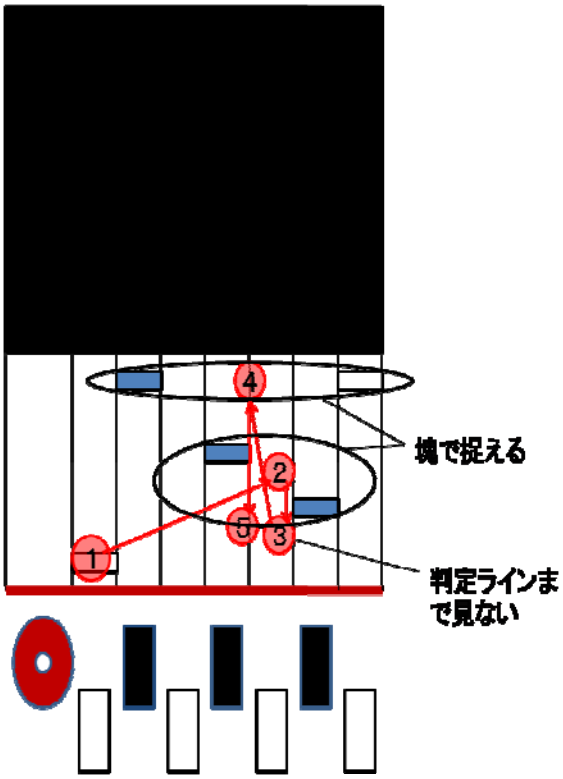


Fig2-11　初心者の視線 B

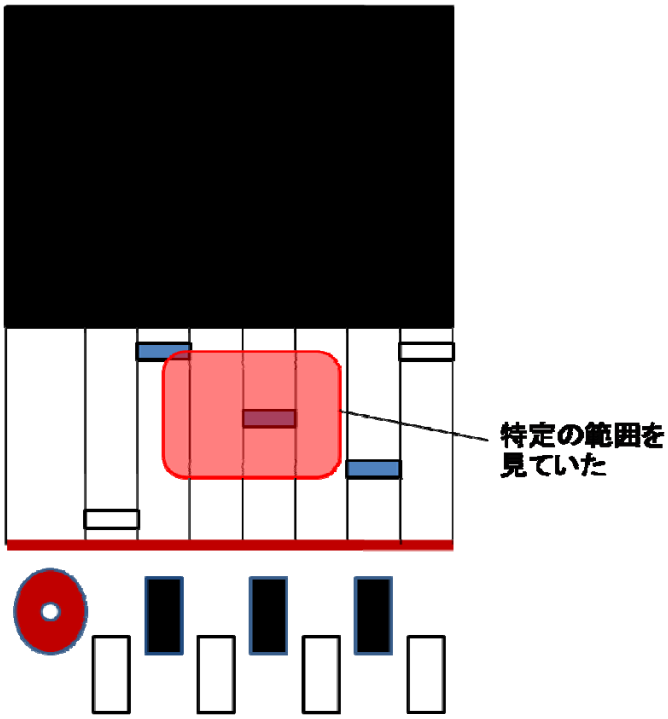


Fig.2-12　熟達者の視線

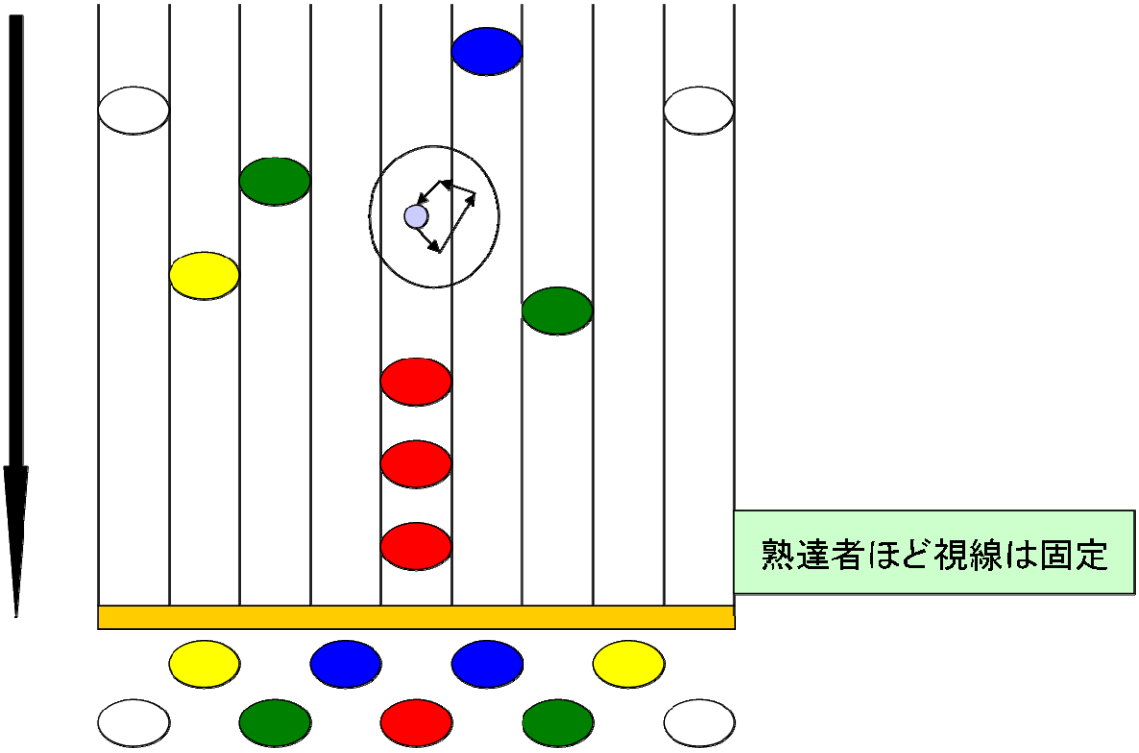
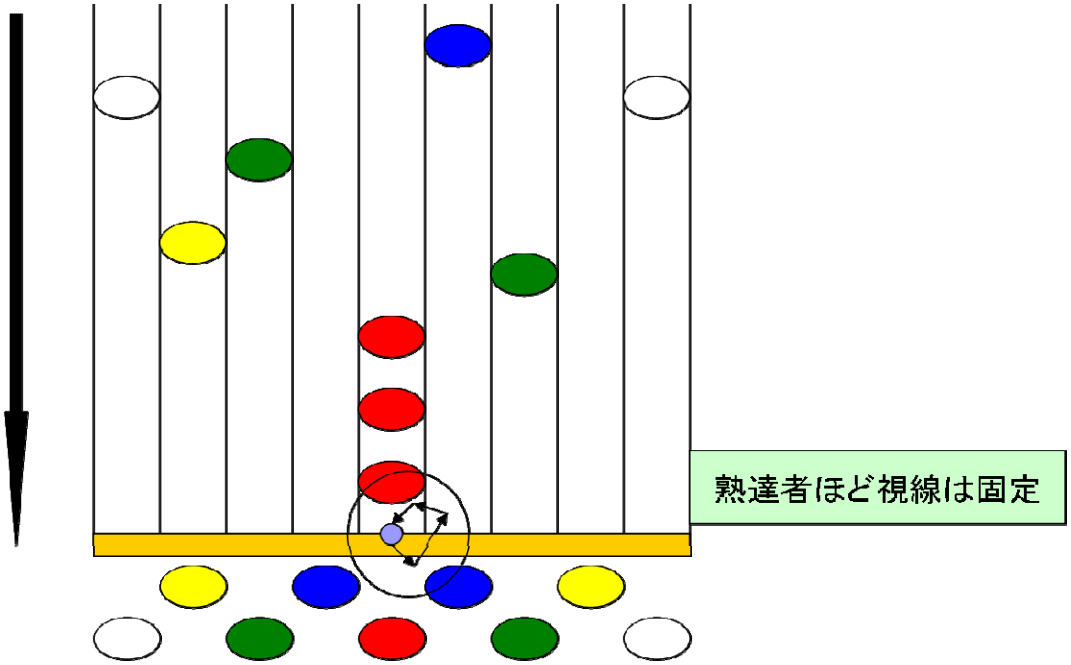


Fig2-13　pop ’n music における熟達者の視線 A



[Fig.2-14　pop’n　music における熟達者の視線 B]

オブジェクトの密度の変化と同時に視線が変化する被験者も見られ、特にオブジェクトの密度が低いときはオブジェクトを追いかける傾向にあり、密度が高くなるにつれて視線の動きが少なくなるという特徴を見せた。

しかしながら、視線の動く幅が少なくなるという特徴は共通しているものの、全ての被験者が同じような視線をしているわけではなくいくつかのカテゴリに区分けできるのではないかということが確認された。このことから視線は個人差によるものか、もしくは熟達の段階によって視線のタイプが存在するという二つの可能性が示唆された。

また、被験者の多くがパフォーマンスを向上させるために「ハイスピード」というオプションを用いていた。これは、落下するオブジェクト間の距離を視覚的に広げパフォーマンスの向上をはかる工夫で、オブジェクトの感覚が広がれば広がるほど落下するスピードは増すがこれは楽曲自体のリズムを変えるものではない。このオプションを利用することで画面に占めるオブジェクトの総数を減らし、プレイヤーはパフォーマンスの向上をはかっているのではないかと考えた。このことから、オブジェクト間の距離を広げずに画面の一部を隠すことで知覚時間を操作し、一度に画面に表示されるオブジェクトの数を減らすことでもパフォーマンスの向上をはかれるのではないかと考えた。また、その際にどの程度の知覚時間を与えることで最もパフォーマンスが高くなるのかも同時に調べることにした。

第３章　実験手法

本研究ではリズムアクションゲーム歴３年以上の熟達者 34 名とリズムアクションゲームに触れたことが無い初心者 6 名に被験者となってもらい視線追従装置を用いた実験を行った。熟達者の平均リズムアクションゲーム歴は 8 年であった。

3.1　リズムアクションゲームの設定

リズムアクションゲーム「BMS」【フリーソフト[4]】を使用。今回の実験で対象とした楽曲は「Evangelize」「Orange tea」「Absurd gaff」「Orbit」の４曲。それぞれ便宜上「難度 A、B、C、D」と呼ぶことにする。難度 A が最も簡単で平均 1 秒につき 1 個のオブジェクトが出現するものとなる。[Table.2]にそれぞれの難易度ごとの楽曲名と平均オブジェクト数を表したものをまとめる。

熟達者 34 名のうち、22 名に難度 A～難度 D 全てを行ってもらった。他の 12 名に関しては、難度 C によるスコアから見たパフォーマンス不足や被験者の体調を考慮して検討を中止した。また、初心者には難度 A、B のみを行ってもらった。

実験本番前に練習としてそれぞれの難度の楽曲を 1 度ずつ行ってもらい、楽曲とリズムを意識させてから本実験に臨んだ。ゲームの内設定として全オブジェクトをランダムに表示させる「scatter」というシステムを用いた。これによりランダムな状況を作り出すことに加え、測定が進むにつれてオブジェクトの位置を覚えるということによるパフォーマンスの向上を防いだ。このシステムを使うことによる毎回のパフォーマンスの変化を予備実験で検証した結果後述の「得点」に当てはめたところそれぞれ 15 回の試行で難度 A が平均 68.2 に対して標準偏差 1.3、難度 B が平均 329.5 に対して標準偏差 11、難度 C が平均 553.1 に対して標準偏差 40.1、難度 D が平均 482.5 に対して標準偏差 32.6 となることがわかり、「scatter」を用いずにゲーム行った場合と比較して大きな変化が見られなかったことから実験結果に支障をきたすものではないと判断した。

[4] http://www.lr2.sakura.ne.jp/index2.html

[Table.2　難度表]

難度A（易）	Evangelize(Radio Edit)	1オブジェクト/秒
難度B（普）	Orange Tea	5オブジェクト/秒
難度C（難）	Absurd Gaff	13.5オブジェクト/秒
難度D（最難）	Orbit	20オブジェクト/秒

3.2　知覚時間の設定

ゲーム画面に黒い壁を出現させることで知覚時間の設定を行い、パフォーマンスの変化を調べた。予備実験より 0.2 秒以下や 0.9 秒以上でパフォーマンスが向上した例が無かったことから、知覚時間の範囲を 0.3～0.8 秒の間に絞ってそれぞれの難易度ごとに調査を行った。また、最もスタンダードな難易度として設定した難度 B のみ 1 秒､2 秒､3 秒とそれぞれの知覚時間でプレイを行った。

初心者は難度 B 以上になるとパフォーマンス不足からどの知覚時間においても明確な差が表れなかったので難度 A、B のみを熟達者のパフォーマンスが最も高いとされた 0.5 秒 0.6 秒、及び予備実験で得られたデータを基に初心者がやりやすいと感じている 1 秒、2 秒、3 秒の知覚時間を与え、それぞれのパフォーマンスを測定した。知覚時間の設定の様子を以下の図に示す。

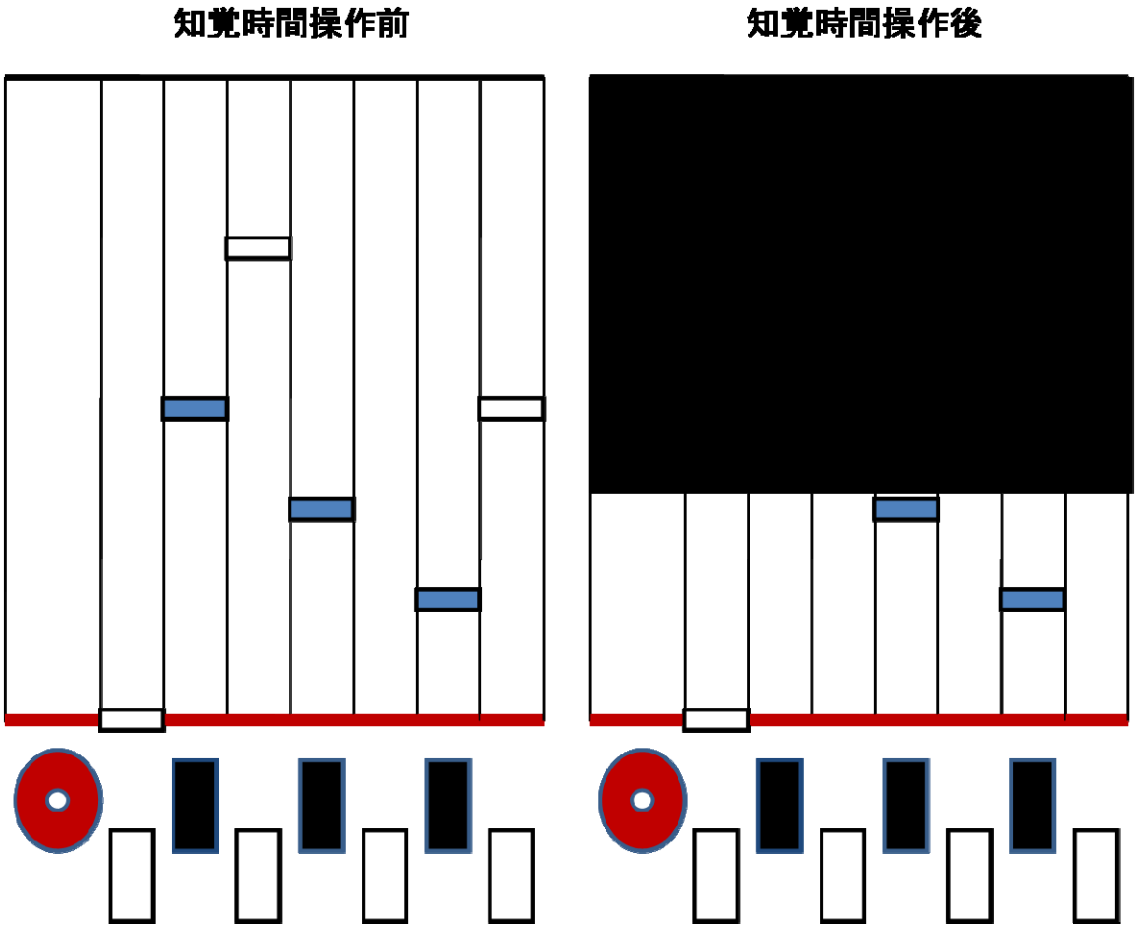


Fig.3-1 知覚時間の設定

3.3　視線追従装置の設定

視線津住装置 Tobii Eye Tracker T60/120 を用いゲームプレイ中の被験者の視線を測定した。前準備として快適な測定を行うためにトラッカーから被験者までの距離をおよそ 70cm に固定し、直立でゲームを行えるようにした。その際被験者の身長によって台座を用意し、全ての被験者が同じ条件でゲームを行えるよう調節を施した。

測定方法は「両目検出」、停留の条件を

●ディスプレイ…17 インチ　1280×1024

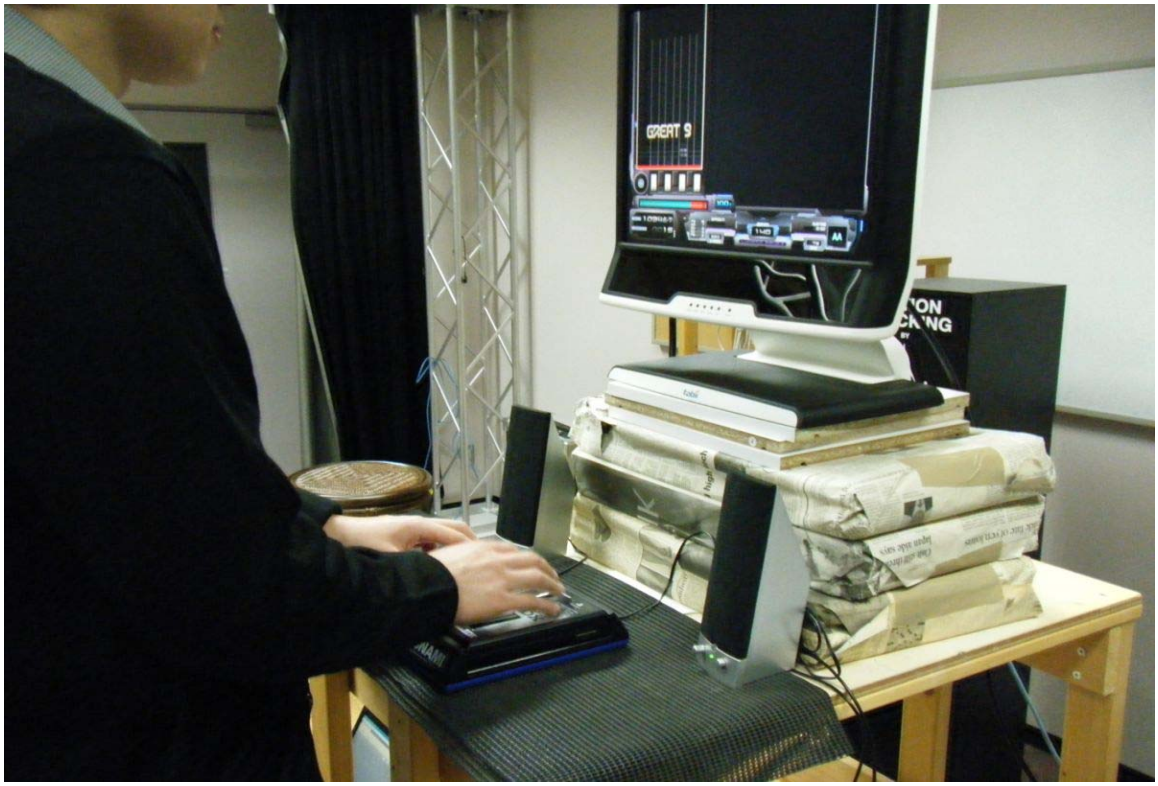
●停留の定義…半径 50 ピクセル以内を 100msec 以上見つめる

として停留を定義した。これは、オブジェクトの横幅が約 100 ピクセル～120 ピクセルであった点と、予備実験を行った際に初心者と熟達者の停留の様子が動画から確認しやすかった点を考慮して設定した。本実験前にはキャリブレーシ

ョンを行い、それぞれの被験者に 10 秒程度の確認テストを行った。

3.4　本実験の流れ

測定の順番は基本的に難度 A から順に行い、知覚時間の測定は[1 秒、0.6 秒、0.8 秒][3 秒、0.7 秒、0.4 秒][2 秒、0.5 秒、0.3 秒]のように 1 クールで 3 回の測定を行い、それを 3 クールに分けて行った。それぞれのクール間に 10 分の休憩を設け、疲れによるパフォーマンスの低下を防いだ。また、被験者ごとにクール内の知覚時間は[x 秒、0.y 秒、0.z 秒]といったような方法で毎回組み替えて行った。例をあげると 1 クールを[3 秒、0.5 秒、0.3 秒]といったように、最初の測定を 1,2,3 秒のうちからランダムで測定を行い、あとの 2 回は 0.3〜0.8 の中からランダムに選択した。なお、1,2,3 秒で測定を行ったのは初心者との比較用に測定した難度 B のみである。
本実験の終了後にそれぞれの被験者にアンケートを実施しリズムアクションゲーム歴や体感としての最適知覚時間、実験の感想などを伺った。以下に本実験中の様子を画像で示す[Fig.3-2]。



[Fig.3-2　本実験の様子]

第４章　実験結果

4.1　評価

被験者のパフォーマンスを分かりやすくするために、試行結果から独自の計算式により得点を与えた。最も良い評価である Just Great の数を 2 点、次いで良い Great を 1 点、Good を 0 点、Bad と空 Poor を-１点、実 Poor を-2 点として計算を行った。これより以下の数式を利用した。

(2*Just Great 数)+(GREAT 数)+(-BAD 数)+(-空 POOR 数)+(-2*実 POOR 数)

この式によってそれぞれの試行に対して評価を与える。これらの得点をそれぞれの被験者にプレイしてもらった難易度と知覚時間毎に算出し、平均値を出したものが[Fig4-1～4-4]である。このグラフから分かるように、難度 A では 0.3 秒を除きそれぞれの知覚時間ごとに明確な差は現れていないものの、難度Ｂにおける知覚時間操作前である 3 秒の知覚時間と、特にパフォーマンスが高い 0.6 秒の知覚時間におけるパフォーマンスは大きな差がある。
また、帰無仮説「知覚時間 0.6 秒と 3 秒におけるパフォーマンスの差が無い」を立て t 検定にかけることで P(T<=t)0.000877 の値を得ることができ、帰無仮説は棄却される。よって、知覚時間 0.6 秒と 3 秒に差があることがわかる。また、グラフからでも差があることが容易にみてとれる。[Fig.4-5]

0.3~0.8 間の知覚時間では、難度 A において 0.5 秒の評価が最も高く[Fig4-1]、難度Ｂは 0.6 秒[Fig4-2]、難度Ｃは 0.6 秒[Fig4-3]、難度 D は 0.5 秒[Fig4-4]というように 0.5～0.6 秒に集中している。ただし、難度Ｄのみ難度Ｃである程度の成績をおさめた者のみを対象にして試行したため、知覚時間におけるパフォーマンスに関しては独立したものとして考えることにする。

それぞれのグラフから特に 0.3 秒は評価が低くプレイヤーが満足にプレイを行えないことが伺える。これは、人間の反応時間を考えるとおよそ 50msec 程度しか処理を行う時間が与えられないためであろうと考えられる。本ゲームにおいて人間がものを認識するのにかかる約 250msec 秒を除き、250msec~350msec の余裕を設けることがパフォーマンスの向上に繋がることが分かる。難度 A~C において 0.5 秒と 0.6 秒の差は少ないが、難度 D のみ大きな差が見られ、難度が上がるにつれて知覚時間におけるパフォーマンスの違いが明らかになってくることが伺える。また、これは密度が上がるほど知覚時間は短い方が有効との可能性を示唆している。

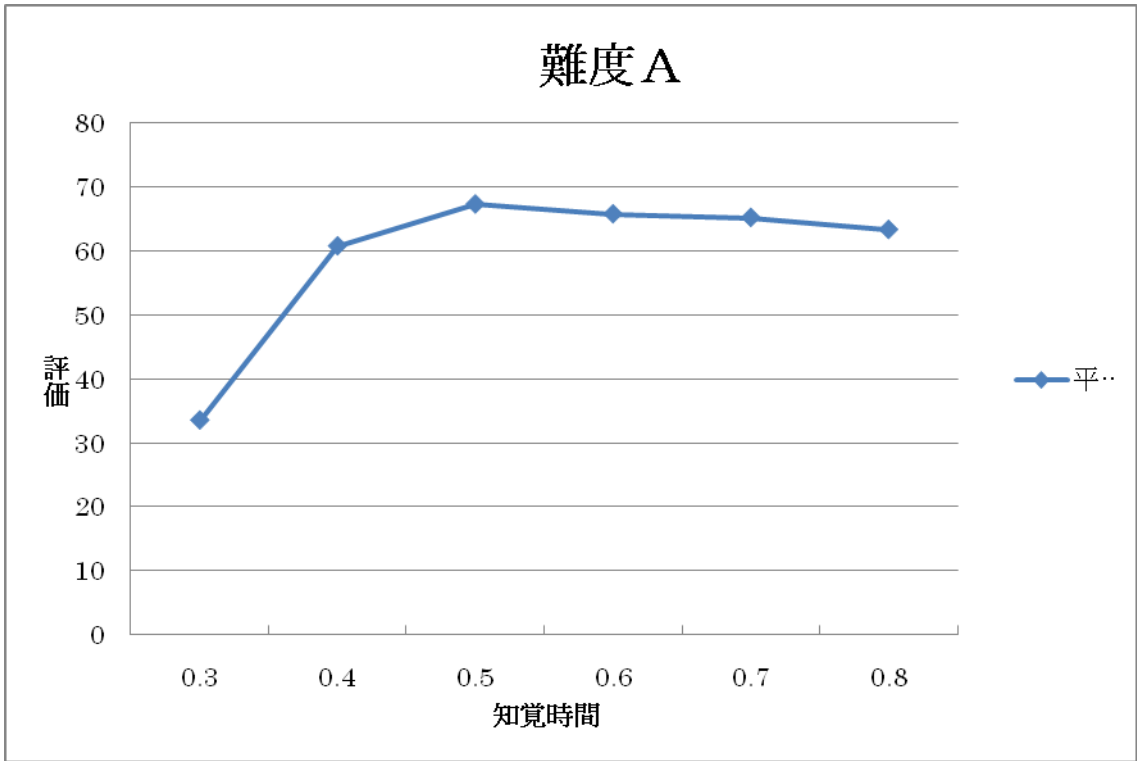


Fig.4-1A　難度 A における知覚時間ごとの評価平均

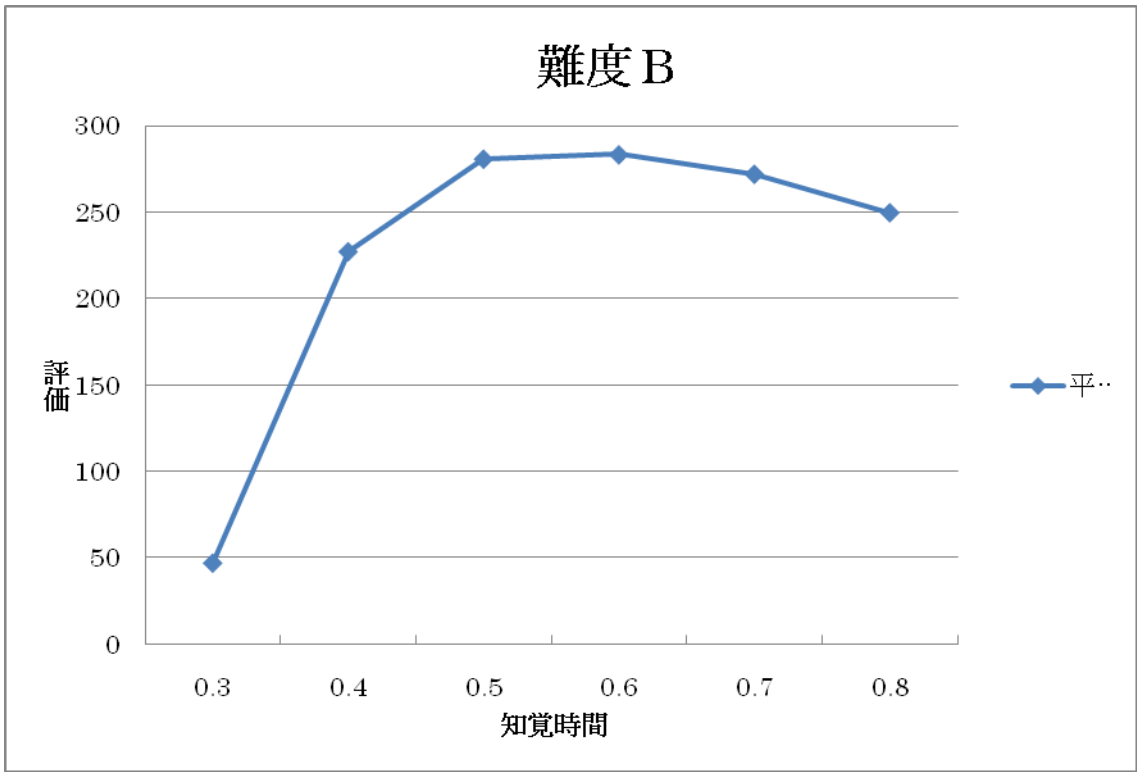


Fig.4-1B　難度 B における知覚時間ごとの評価平均

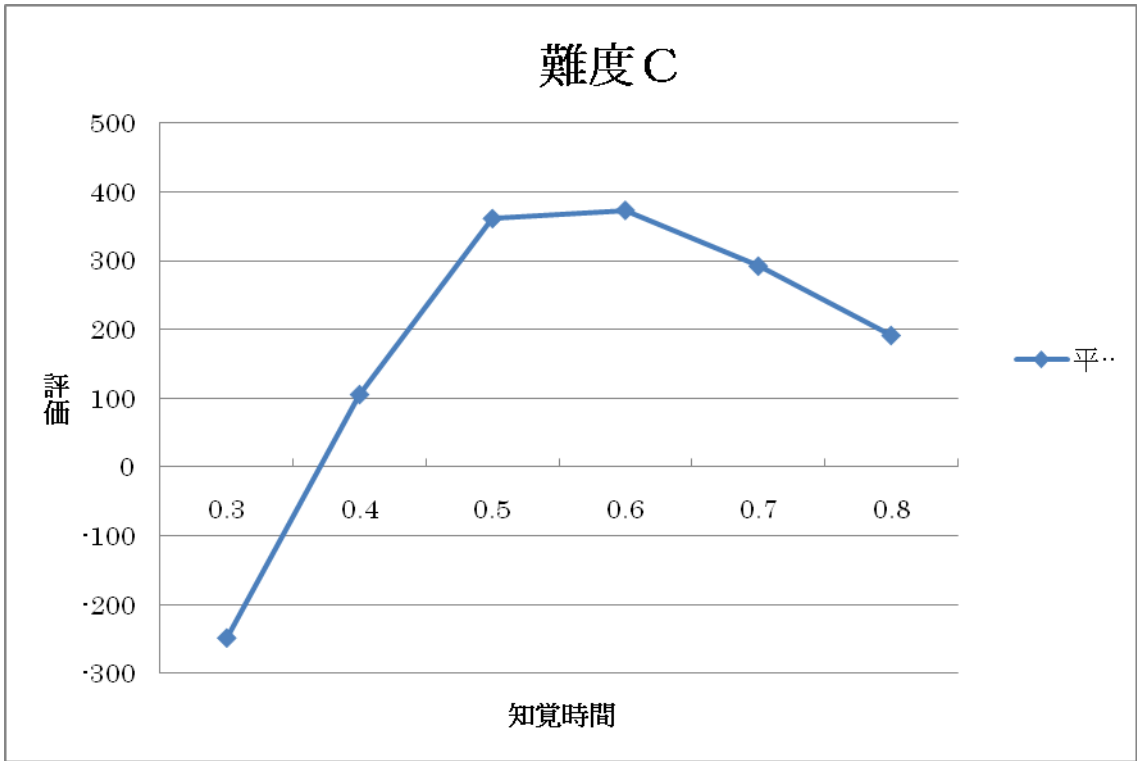


Fig.4-1C　難度Cにおける知覚時間ごとの評価平均

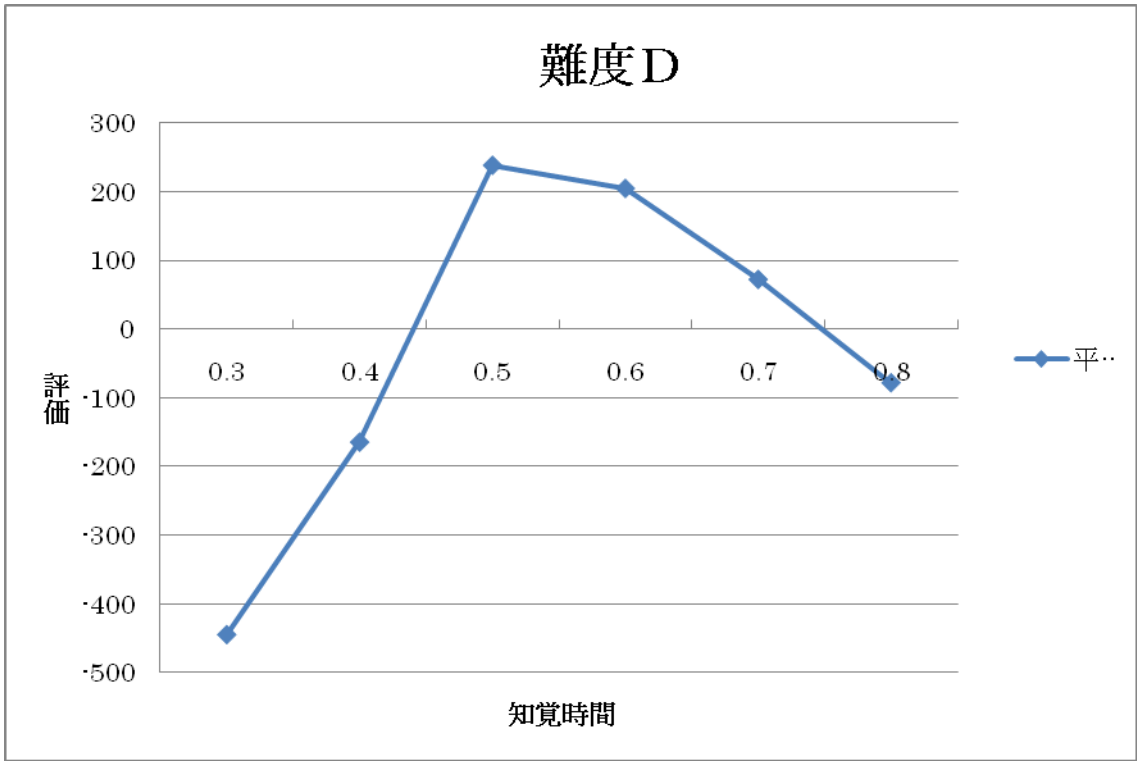


Fig.4-1D　難度Dにおける知覚時間ごとの評価平均

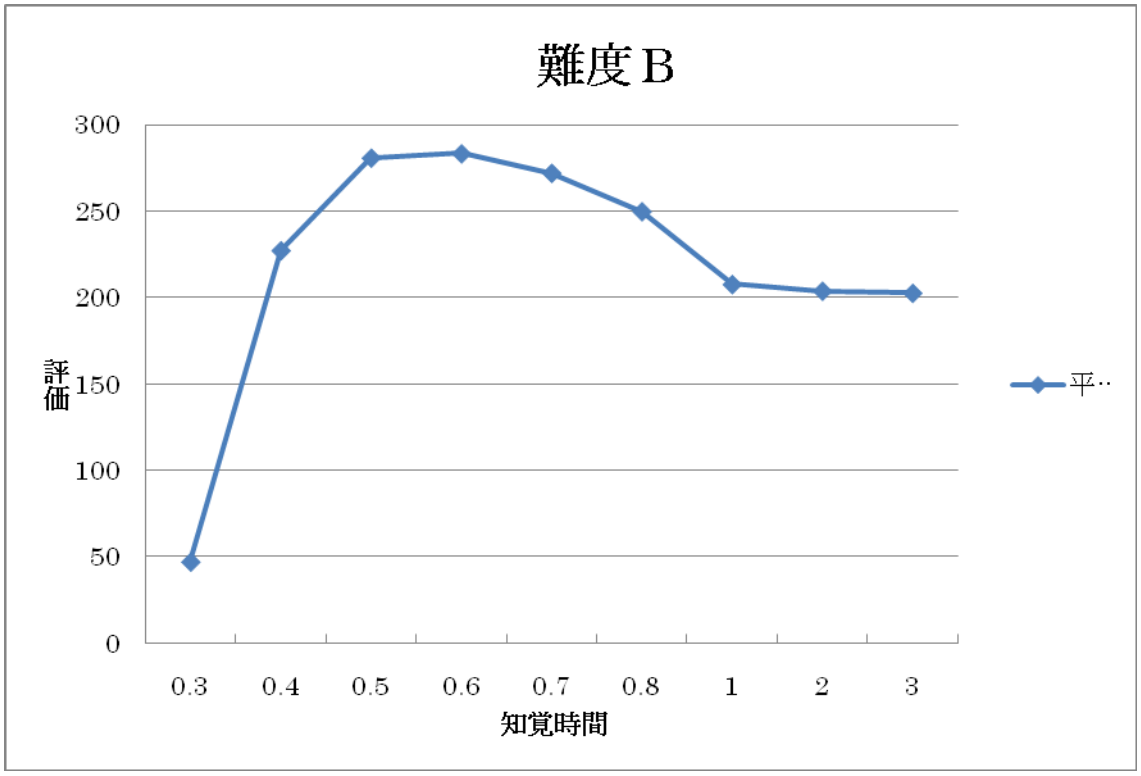


Fig.4-1E　難度 B における 3 秒までの評価平均

次に初心者の評価を求める。初心者は 2 秒という知覚時間が最も評価が高くなっており、熟達者とは逆に 0.5 秒や 0.6 秒でのパフォーマンスは低くなることが明らかとなった。以下に初心者の難度 A[Fig.4-1F]、難度 B[Fig.4-1G]それぞれの知覚時間ごとの評価をまとめたグラフを示す。

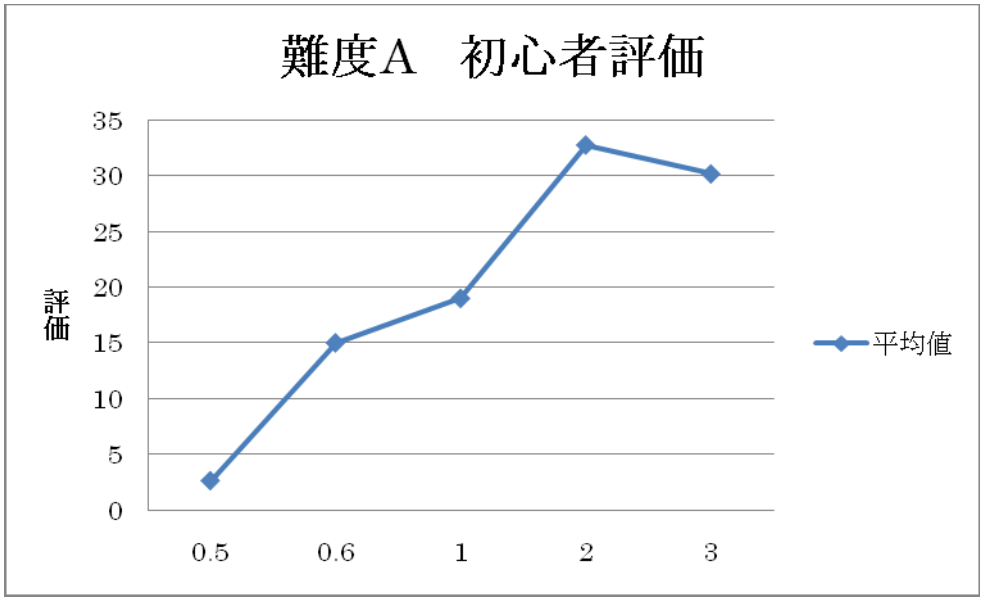


Fig.4-1F　難度 A における初心者の評価平均

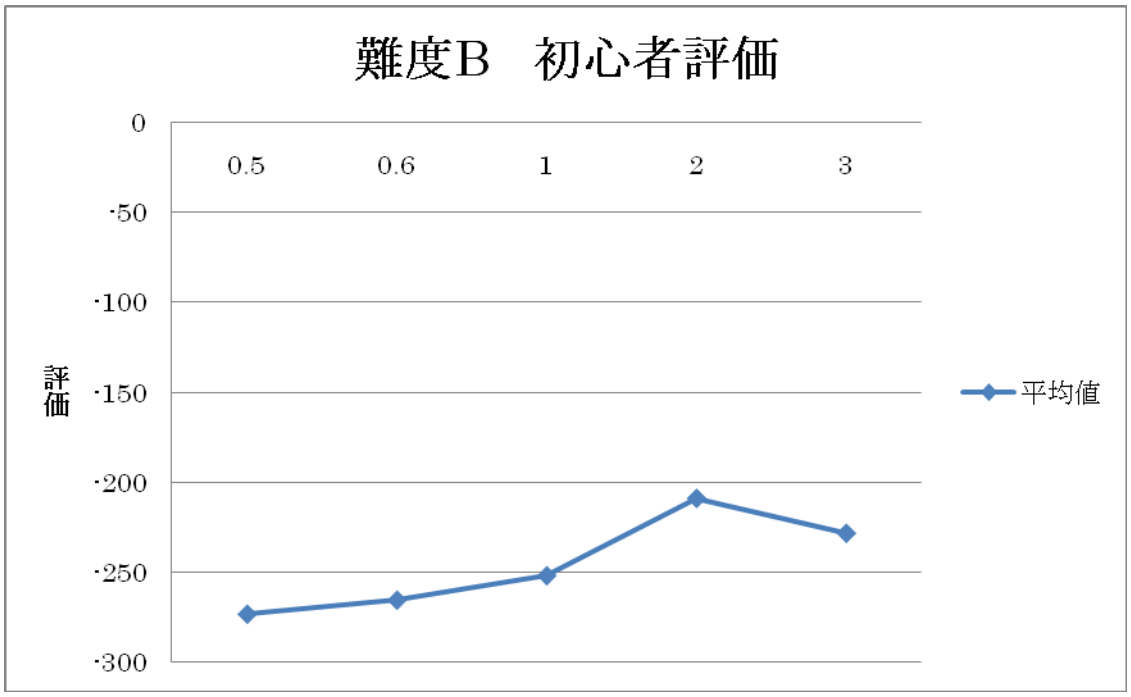


Fig4-1-G　難度 B における初心者の評価平均

難度 A、B 共に知覚時間ごとに大きな差が見られる。全ての初心者が「0.5 秒や 0.6 秒は知覚時間が短くてプレイし難い」といった感想をあげていた。また、最もパフォーマンスが高かった 2 秒に関しては「知覚時間が長すぎず短すぎず丁度良い」といった感想を多く得ることができた。3 秒は次いで評価が高いものの、長すぎる知覚時間はやり難くなるということを初心者でも感じていることが分かった。

4.2 視線追従装置を用いた実験結果

4.2.1　視線の範囲

視線追従装置を用いることで、被験者の垂直視線位置と水平視線位置、停留回数の測定を行った。しかし、熟達者 34 名のうち 3 名ほどが視力などの影響で装置が目を認識することができず、測定を行えなかった。また、残りの 31 名のうち多くが高い品質で視線を測定できたのだが、10 名ほどが本実験前の視線追従テストの際にはしっかり視線が検出できていたのに、本実験ではほとんど測定できていないといったケースが相次いだ。これらの事例や実際に撮影した動画から、単に測定に失敗していたのではなくリズムアクションゲームを行う際に生じる特殊な視線の存在が浮かび上がってきた。視線の種類に関しては後述する。

正常に測定結果が出た被験者の視線位置平均から標準偏差を用いそれぞれの差分を求めることで視線範囲を割り出したところ、初心者は熟達者に比べ視線の範囲が広域であることが示された。初心者と熟達者における視線のばらつきを表したものをグラフに示す[Fig.4-2A～4-2C]。

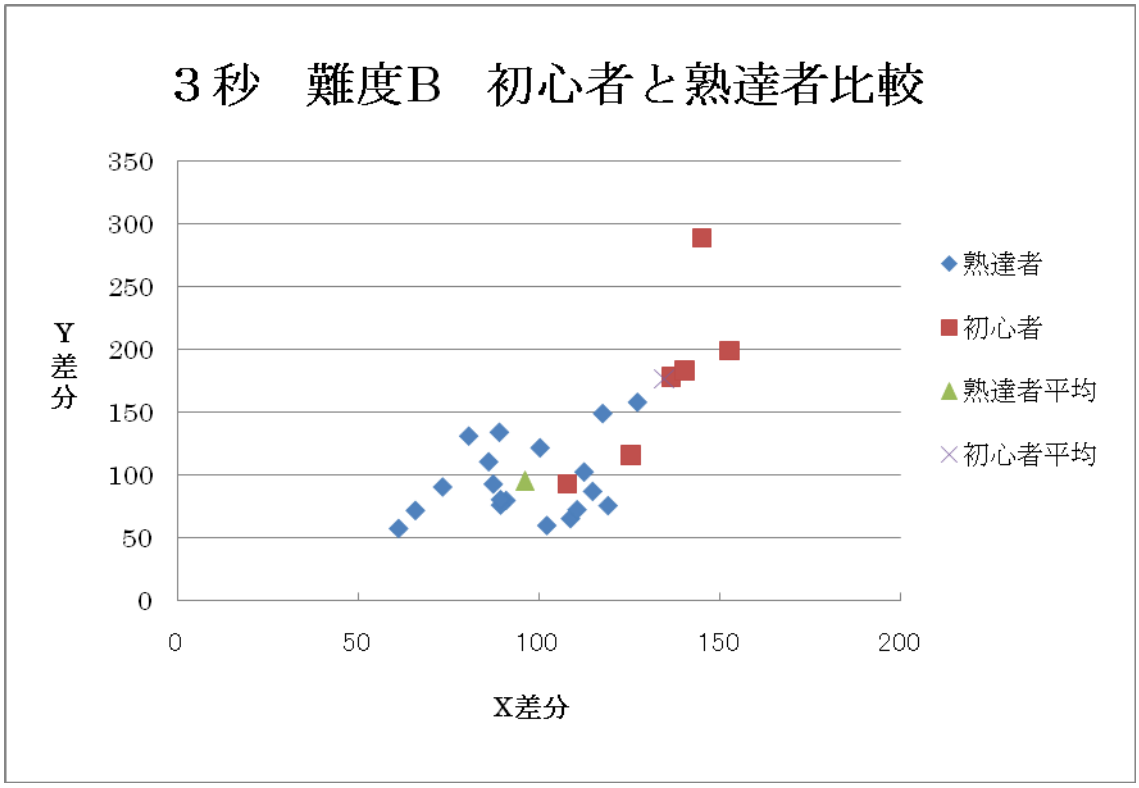


Fig.4-2A　3 秒における初心者と熟達者の視線範囲比較

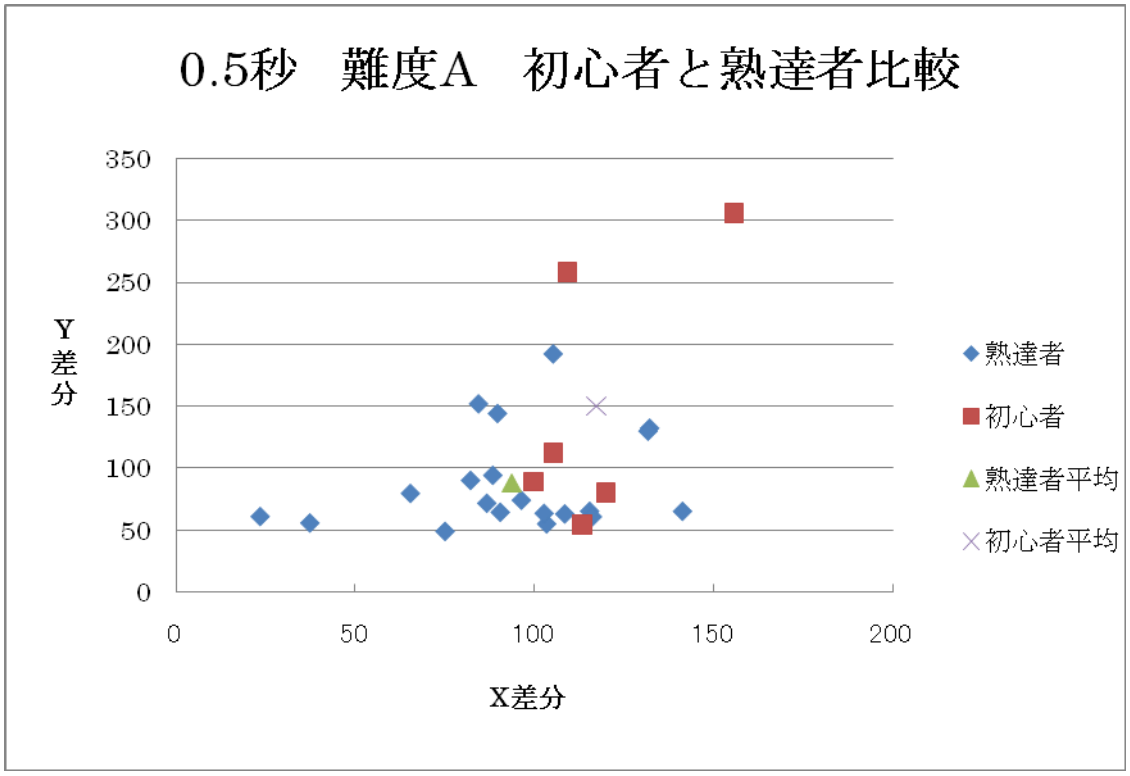


Fig.4-2B　0.5 秒における熟達者と初心者の視線範囲の比較

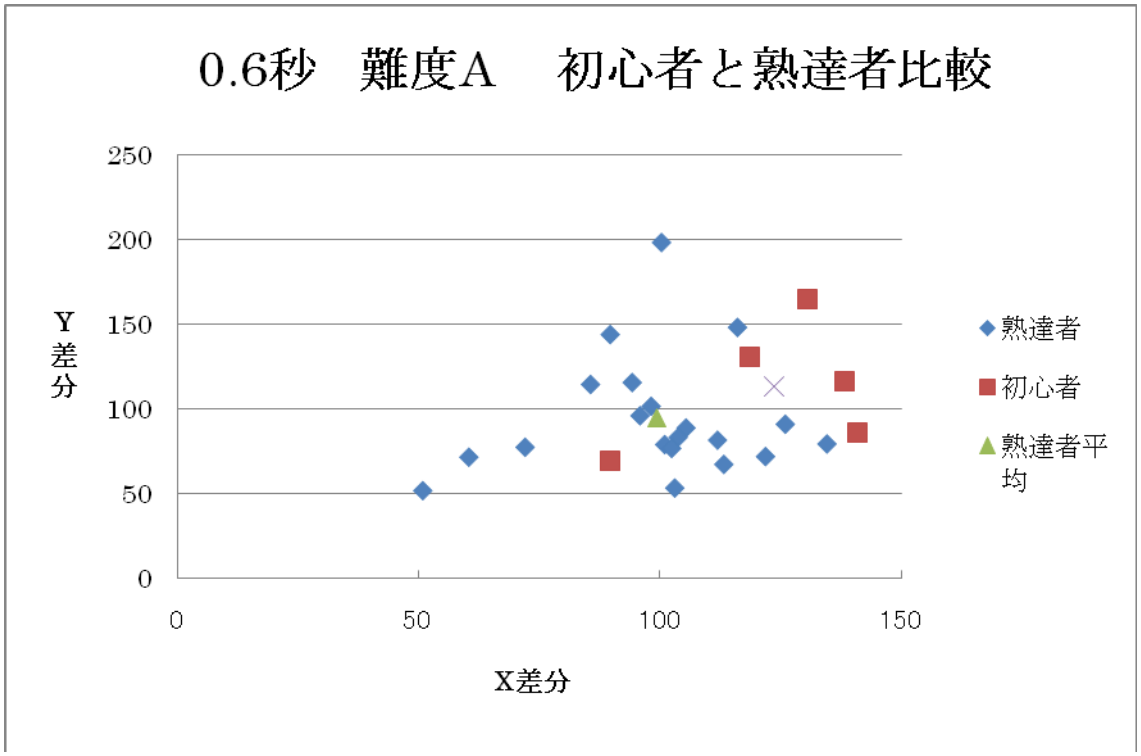


Fig.4-2C　0.6 秒における熟達者と初心者の視線範囲の比較

これらのグラフから、3 秒での試行は知覚時間も長いため初心者は Y 方向の範囲が広いことが伺える。また、0.6 秒の知覚時間では初心者の視線は熟達者に大分近くなったが、Y 方向の範囲を絞っているため必然である。X 方向に関してはやはり熟達者より範囲が広いことが伺える。0.5 秒では被験者によりばらつきが出ており、アンケートなどから初心者の多くが「0.5 秒は知覚時間が短い」と思っていることが明らかとなり、0.5 秒時の得点などから混乱状態にあったことが推測できる。それに対し熟達者は知覚時間の変化に夜よる視線範囲の変動が少ないことが分かる。

また、熟達者の特にパフォーマンスの高かった同知覚時間における難易度による視線の変化をグラフで示す[Fig.4-2D~Fig.4-2F]。なお、二人分のデータのみ突出していたため、分かりやすくするためにデータを削った。

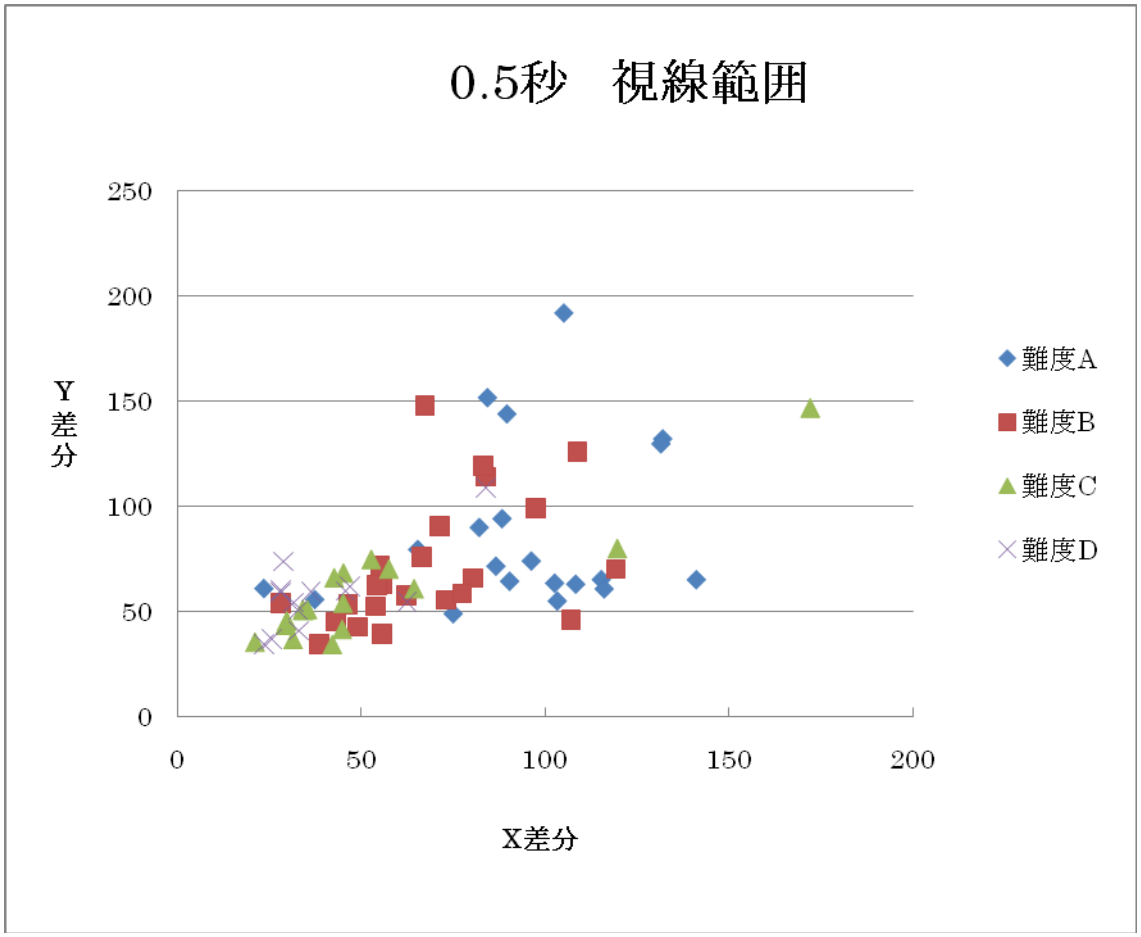


Fig.4-2D　熟達者の 0.5 秒における視線範囲

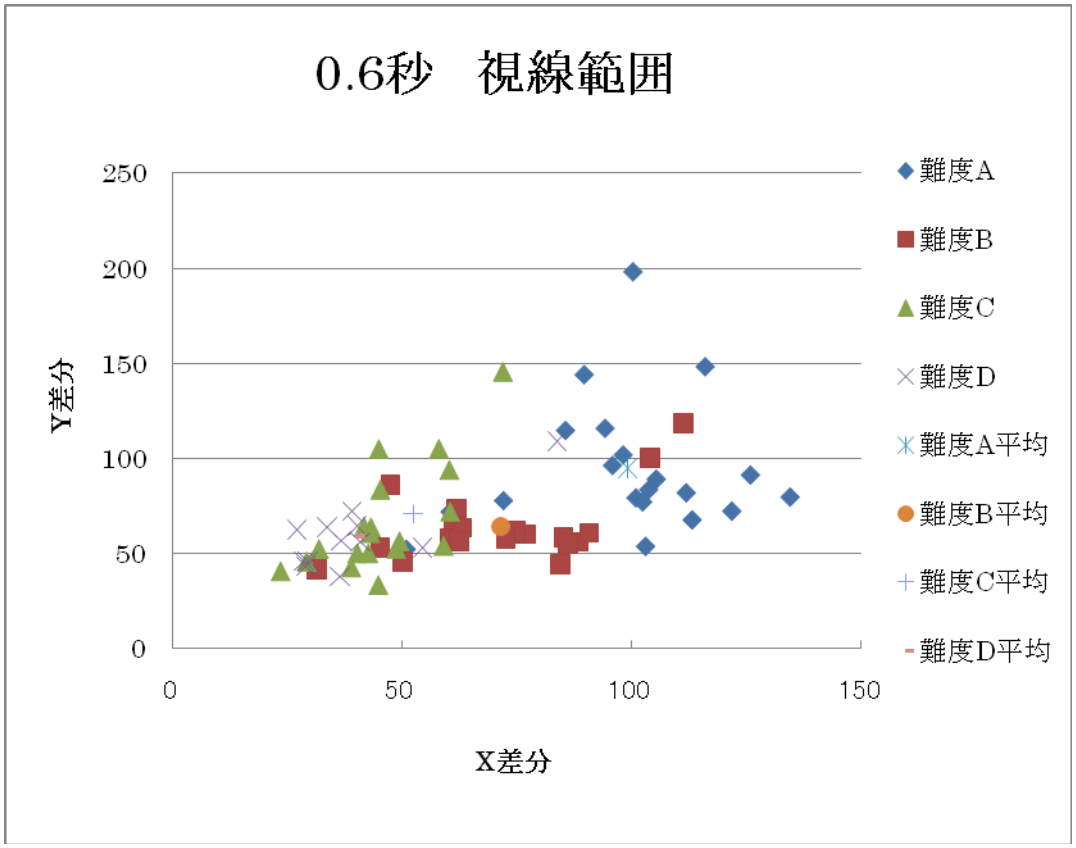


Fig.4-2E　熟達者の 0.6 秒における視線範囲

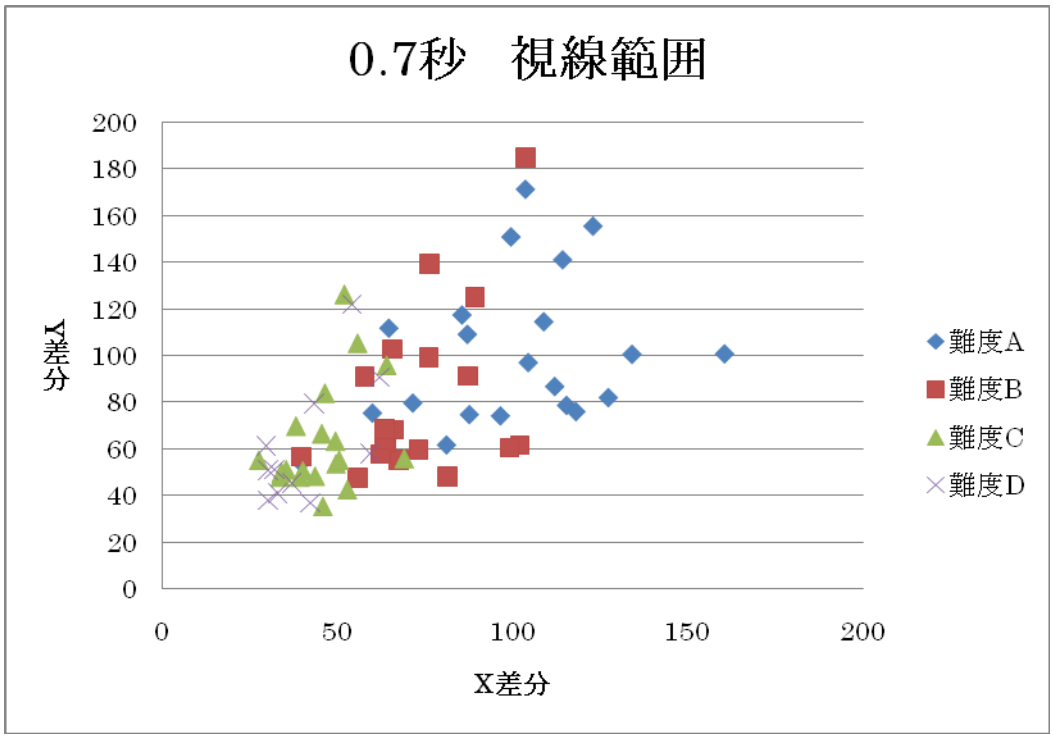


Fig.4-2F　熟達者の 0.7 秒における視線範囲

これらのグラフから、難度が上昇するに連れて熟達者の視線は固定傾向に向かっているのが分かる。特に、X 方向の範囲が縮小されている。この結果からオブジェクト数が少ない場合は一つ一つを追いかけている熟達者も多いが、密度が高くなるにつれて次第に視線の範囲が狭くなっていることが示唆される。また、停留カウント数と停留時間から割り出した停留割合を利用して、各難度と知覚時間ごとに平均停留割合をあらわしたものをグラフに示す[Fig.4-2G]。グラフから、難度が高くなるにつれて停留の割合が増えていることが分かる。

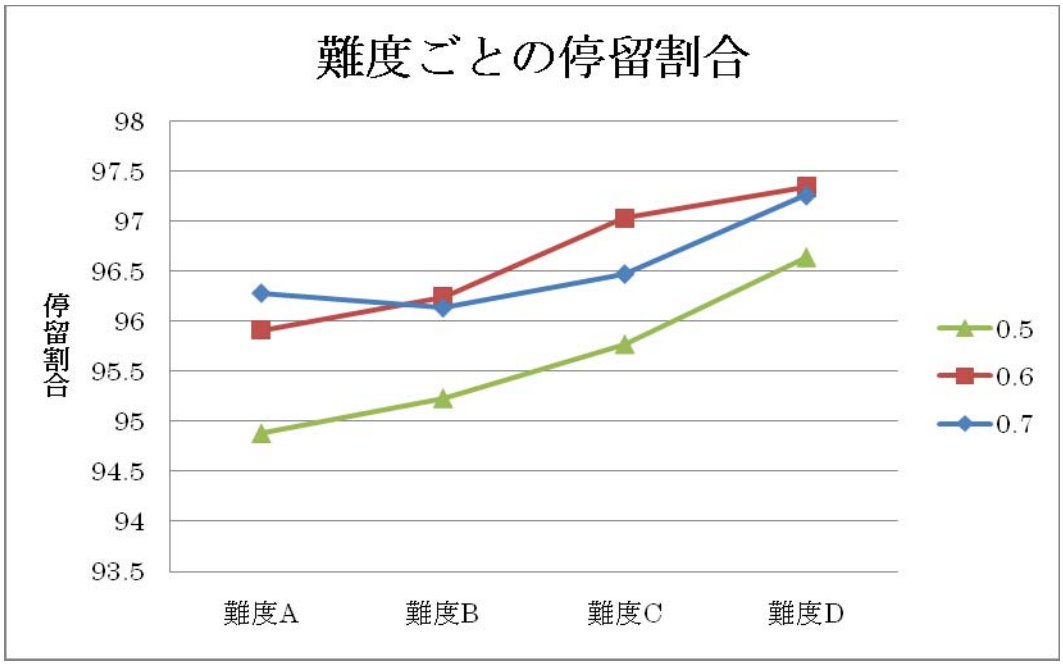


Fig.4-2G　難度ごとの停留割合

4.2.2　視線の分類

動画や視線データなどから被験者の視線は視線 A,B,C の 3 つに分類できると考えられる。

●視線 A-1
一点注視型[Fi.g4-2H,4-2I]参照
　・視線 A-2
　　出所注視型[Fig.4-2J.4-2K]参照

●視線 B
追いかけ型[Fig.4-2L～4-20]

●視線 C
ランダム型[Fig.4-2P]参照

以下にそれぞれの詳細を記す。

[視線 A-1] 一点注視型
　ゲーム画面内のある一点を注視して見続けてプレイを行う視線タイプ。見続ける点は被験者により差はあるものの、多くの被験者がプレイ画面の中心を注視していることが分かった。多くの被験者がこの視線タイプでプレイを行っている。難度が上昇するにつれて、後述の追いかけ型から一点注視型に変化する被験者も多い。
　動画と照らし合わせたデータから停留割合 98%以上の被験者を一点注視型として定義する。視線データの取れた被験者 30 名のうち 10 名がいずれかの知覚時間及び難易度で一点注視型の視線を見せている[Fig.4-2H,4-2I]。

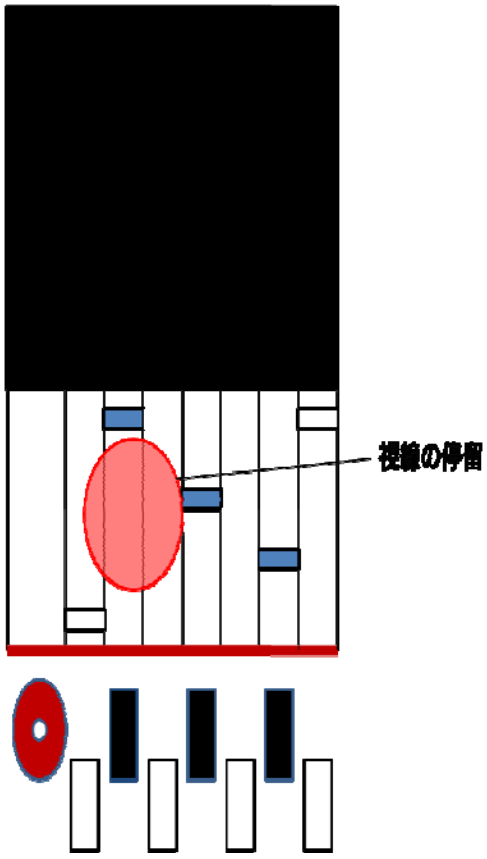


Fig.4-2H　一点注視型 A

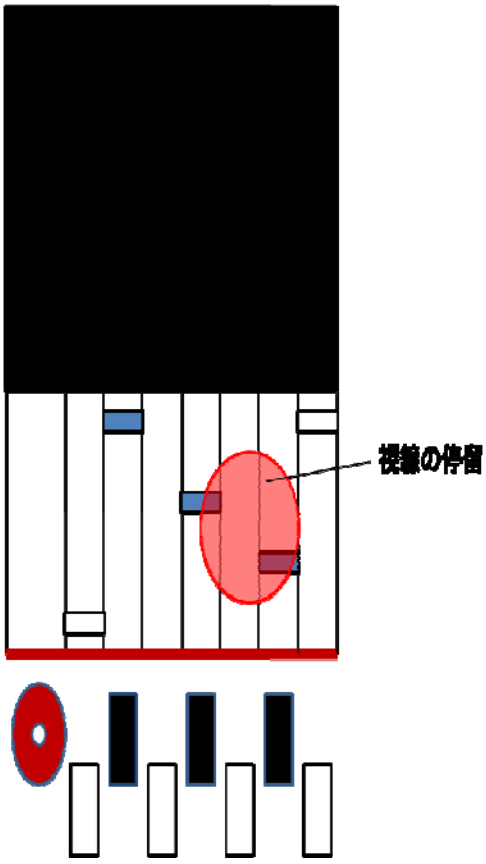


Fig.4-2I　一点注視型 B

[視線 A-2] 出所注視型

多くの被験者がゲーム画面中心、もしくは判定ライン付近の下部に視線を注視させている中、オブジェクトの出所のみを注視してプレイしている被験者が確認できた。一人のみなので比較をすることが難しいが、他の被験者に比べて知覚時間における影響を最も受けていないと示唆されるデータをとることが出来た。本人によれば全て曲のリズムのみでプレイを行っており、オブジェクトが落下する速度と位置が分かればプレイを行うことができると語っていた。1 名のみこの視線タイプの被験者が見られた。基本的には一点注視型に近い視線[Fig.4-2J]だが、オブジェクトの密度が低いときには停留時間が短くなり、オブジェクトを追いかけている[Fig.4-2K]のではないかと考えられる。

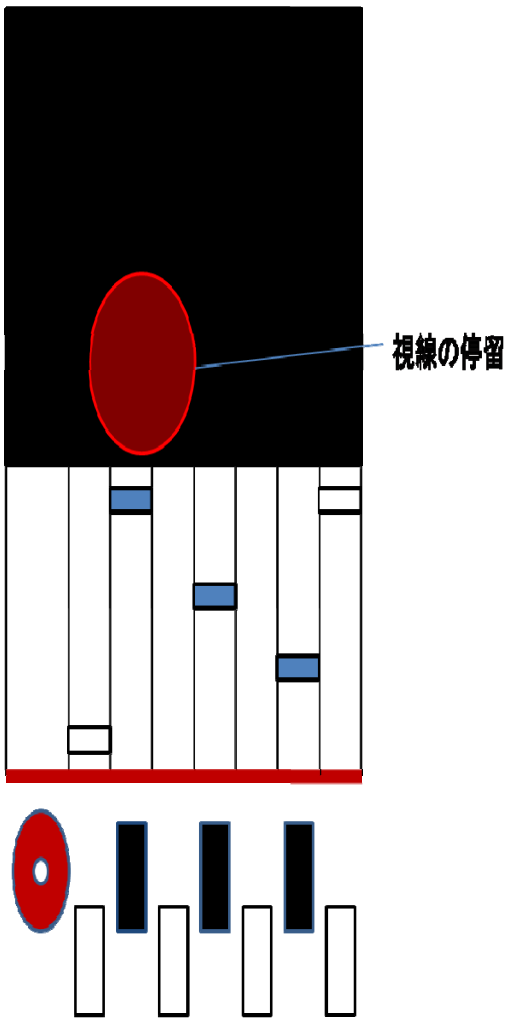


Fig.4-2J　出所注視型

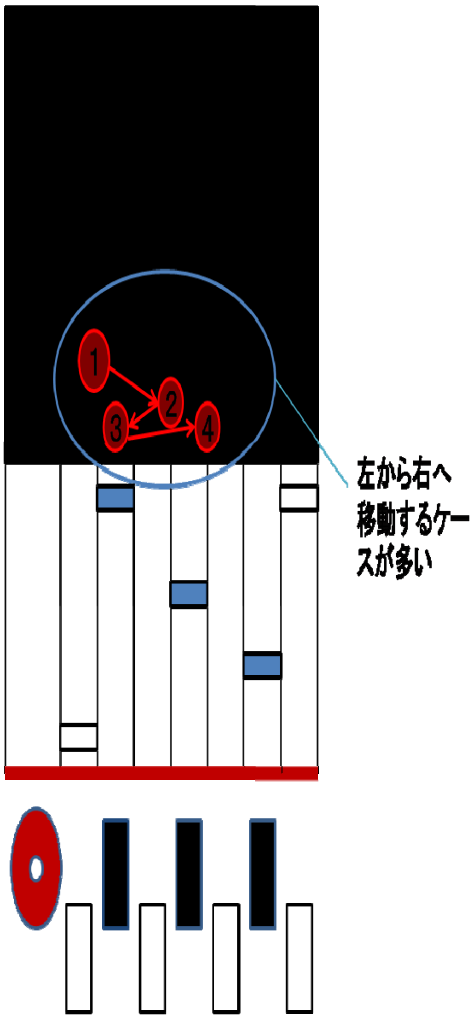


Fig.4-2K　出所追いかけ型

[視線 B]追いかけ型

　初心者のケースと熟達者のケースがあり、それぞれ異なる特徴を見せる。初心者はほぼ全てがこのパターンの視線[Fig.4-2L,4-2M]でプレイを行っていると考えられる。オブジェクトが画面に表示されると視線はそのオブジェクトと同時に下降し、判定ラインまでオブジェクトと同時に視線を動かして、ボタンを押し次のオブジェクトへと視線を移行する。その際、オブジェクトは徐々に処理する数が多くなるため、次のオブジェクトに視線が移行した際には、そのオブジェクトは既にある程度距離を進めており、どんどんと後手に回ってしまう。そのため、情報の処理が限界に到達してしまいプレイに支障が生まれてしまう。予備実験で見られた特徴から、初心者がある程度習熟すると１つのオブジェクトを凝視せずにある程度の塊を１つの工程として処理していることが示

唆される。[Fig.4-2M]また、判定ラインまで凝視せず、おのずと視線の移動する距離の短縮を行う。

熟達者の追いかけ型はオブジェクトを追いかけているように見える点は同じだが、視線範囲から初心者より更に無駄な動きを省いている傾向が見られる。動画とデータから「左右によく動く視線タイプ[Fig.4-2N]」と「上下によく動く視線タイプ[Fig.4-20]」に分類される傾向にある。中には上下左右に視線が細かく動くケースもある。それら全ての熟達者に共通している点は初心者に比べ移動する視線範囲が短い点である。例えば、縦方向追掛け型の場合落ちてくるオブジェクトに合わせて縦に視線が上下するのだが特定の範囲を上下移動し、およそゲーム画面の中心を移動することが多い。従って、オブジェクトを最初から最後まで見ることはなくすぐさま次のオブジェクトへ移行することが出来処理にかかる負担を少なくしていると予想される。これらは、X 差分平均の値が高いものは左右に良く動く視線タイプ、Y 差分平均の値の高いものは上下に動くタイプと見ることができる。ただ、オブジェクト密度が高くなると、追いかけ型被験者の何割かが難度C，Dにおいて一点注視型に移行していくことが確認されている。視線データが取得できた 30 名全員がこの追いかけ型をいずれかの知覚時間及び難度によって発揮している。データが取得できており、停留の割合が 98%未満の被験者は全てこの追いかけ型である

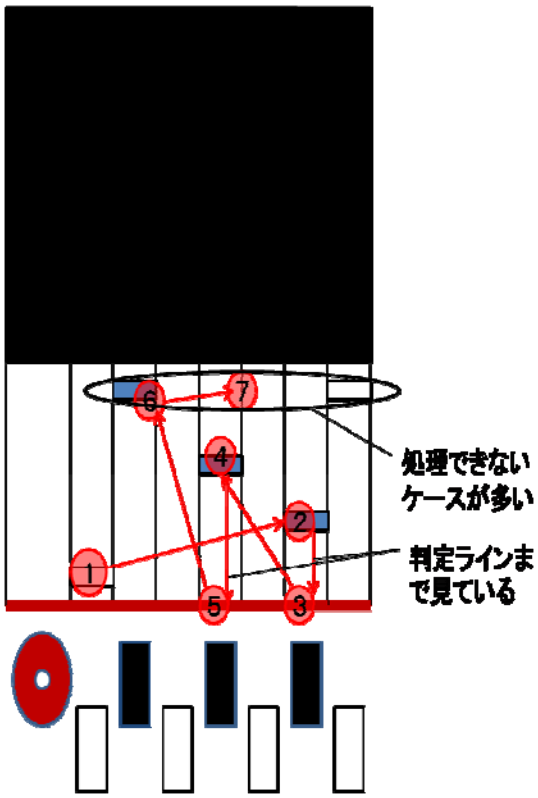


Fig.4-2L　初心者追いかけ型 A

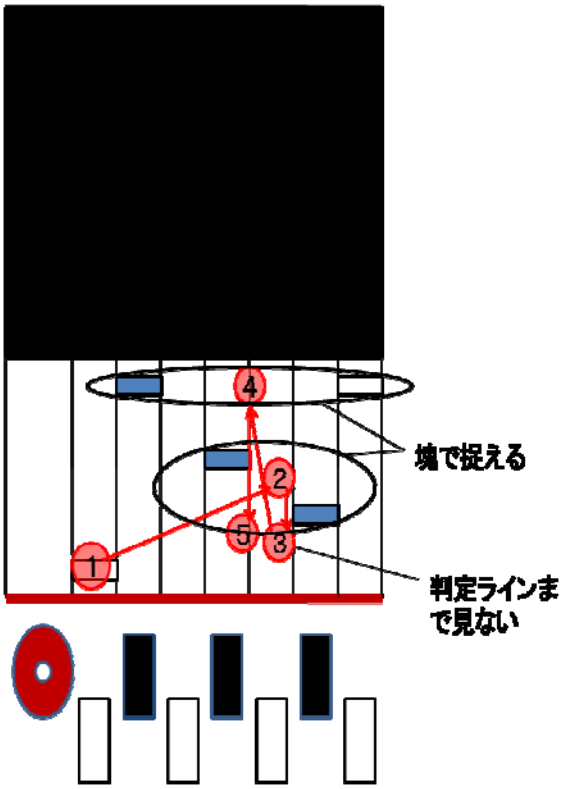


Fig.4-2M　初心者追いかけ型 B

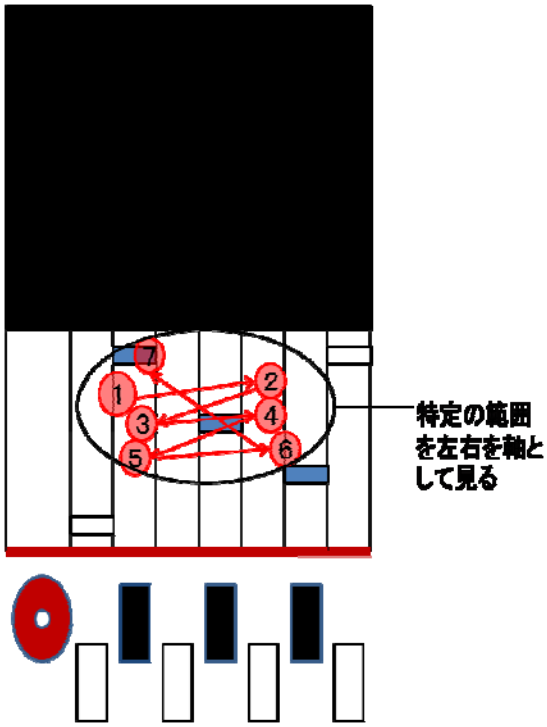


Fig.4-2N　左右追いかけ型

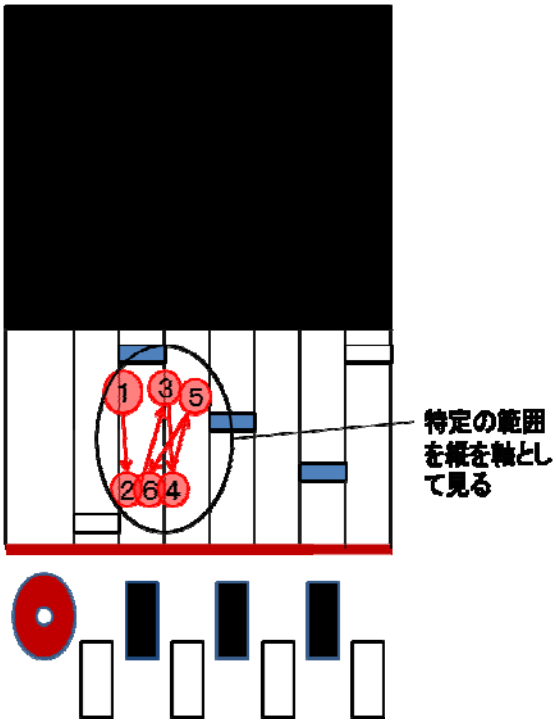


Fig.4-20　上下追いかけ型

[C]ランダム型

被験者のうち 6 名が動画において変わった動きの視線を見せる現象が確認できた[Fig.4-2P]。視線が規則性を持たずにランダムに移動を繰り返し、画面外から視線が外れるためデータ欠けしている箇所が多く、データから定義することができなかった。また、事前のキャリブレーションテストでは 3 名を除き全員が視線データを取得できていたことから、リズムアクションゲームにおける特殊な視線である可能性も否定はできない。この視線タイプを持つ被験者は平均的にパフォーマンスの高い者が多い。

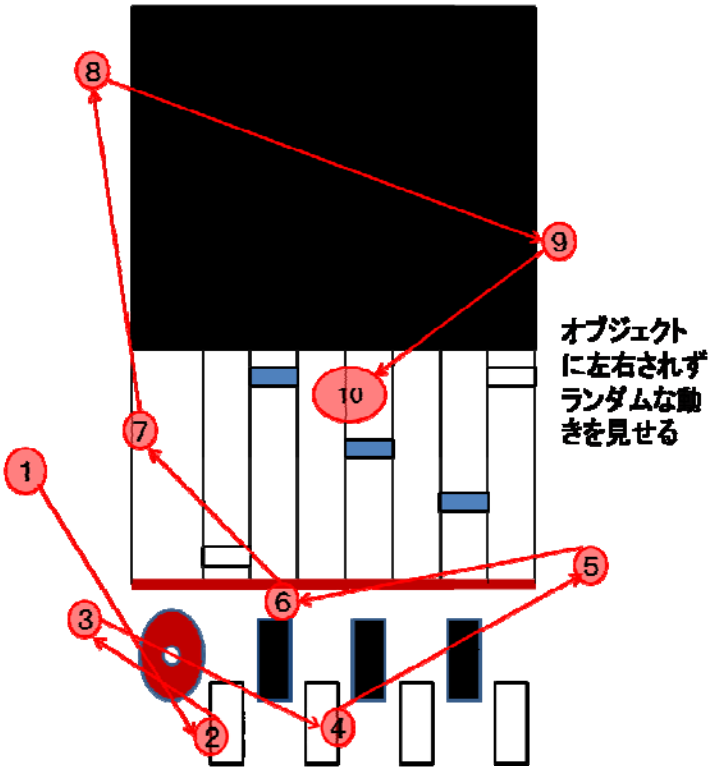


Fig.4-2P　視線タイプ：ランダム型

4.3　評価と視線タイプの相関

一点注視型を発揮した被験者は評価から全体に散布していることが分かった。ランダム型を発揮した被験者は総じて評価が高く、相対的に追いかけ型のみの被験者は評価が低い傾向にあることが明らかとなった。

しかし、ランダム型の被験者はデータの取得できていない他の被験者とデータの質が似ている点が多く、難度の高い楽曲を行った際に身を乗り出すことでうまくデータが取れていないだけの可能性もある。以下に評価と視線タイプの相関を示す図を挿入する。なおここからは、便宜上一点注視型と出所注視型を「視線 A」追いかけ型を「視線 B」ランダム型を「視線 C」とそれぞれ明記する。

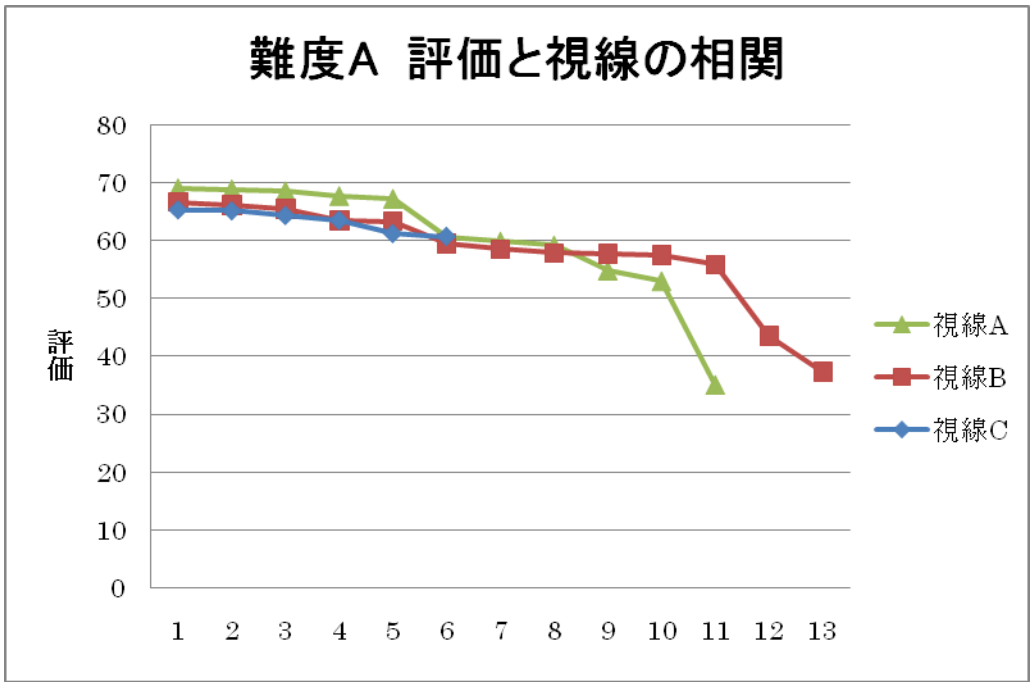


Fig.4-3A　難度 A における評価と視線タイプの相関

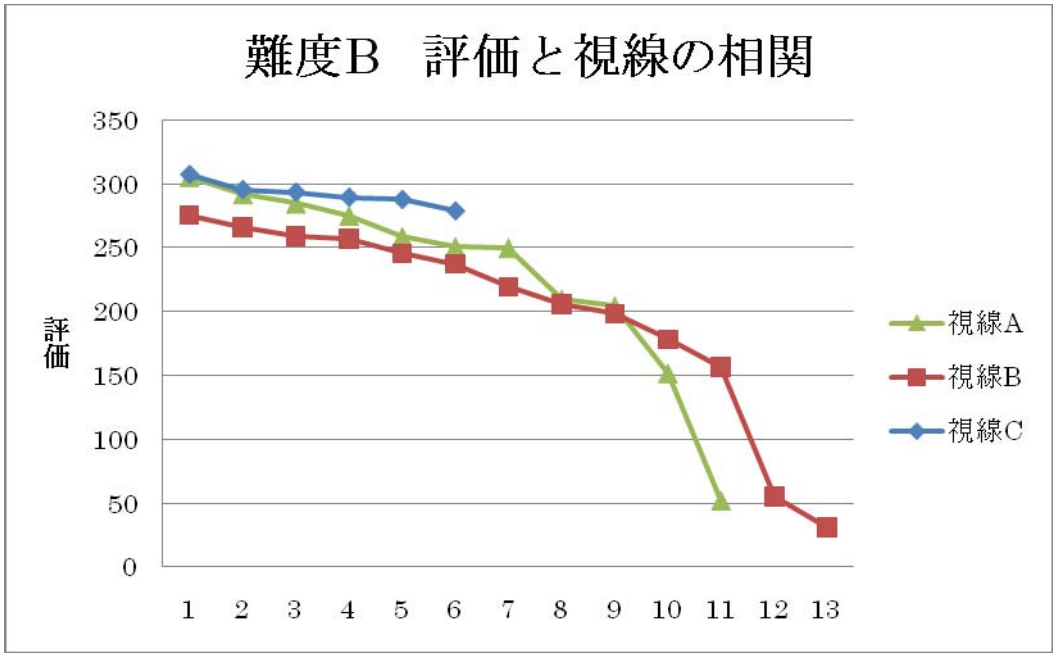


Fig.4-3B　難度 B における評価と視線タイプの相関

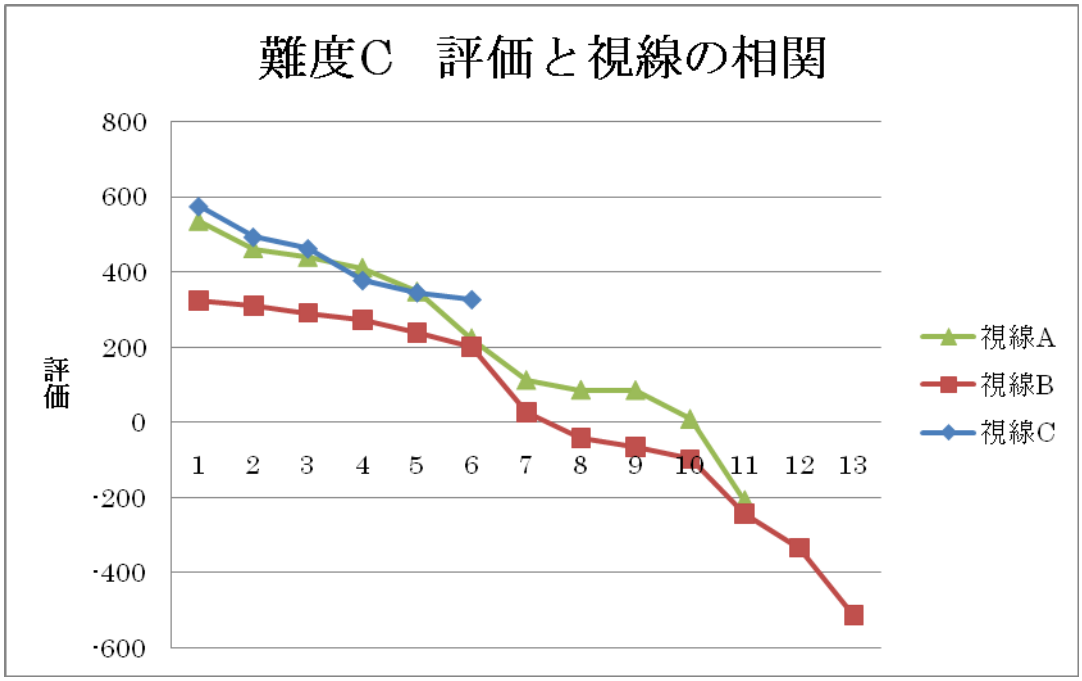


Fig4-3C　難度 C における評価と視線タイプの相関

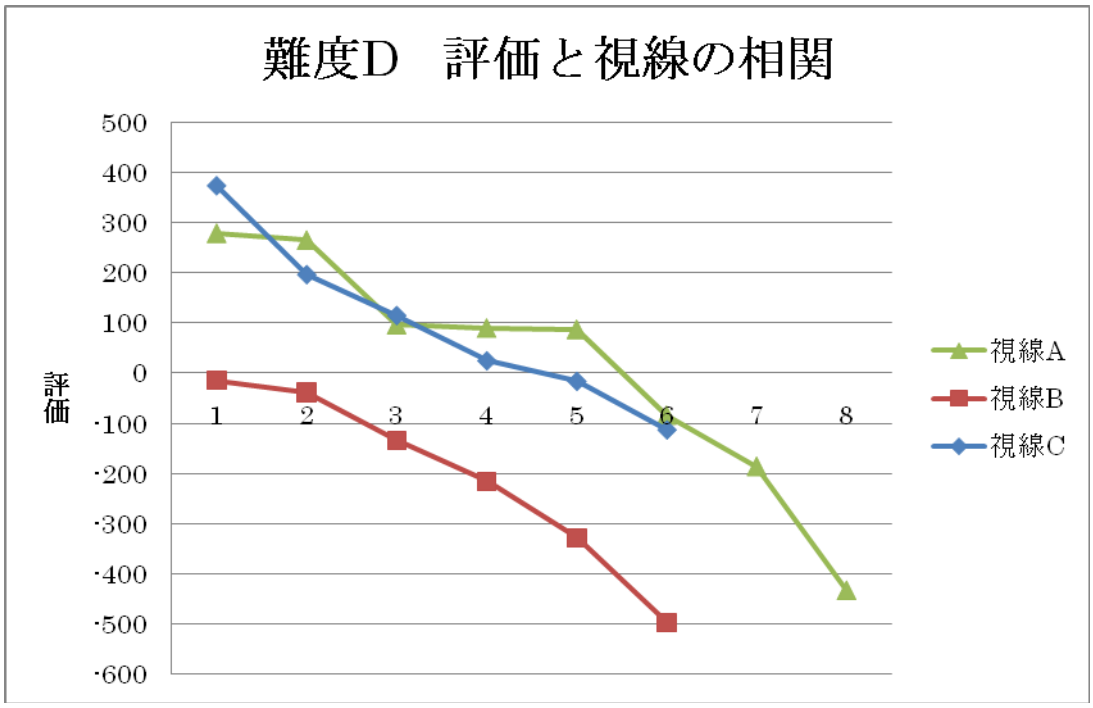


Fig.4-3D　難度 D における評価と視線タイプの相関

縦軸はその難易度における評価をあらわしており、横軸は視線タイプ内での評価を元にした順位をあらわしている。難度 A のグラフ[Fig.4-3A]ではどの視線タイプもほぼ拮抗しているのに対し、難度 B[Fig.4-3B]難度 C[Fig.4-3C]難度 D[Fig.4-3D]と難度が高くなるにつれて視線 B の評価が他と比べて下がっているのがよくわかる。また、視線タイプ C は平均的に総じて評価の高い者が多い。視線タイプ A と B の被験者はどの習熟度にも存在するが、難度が高くなるにつれて、視線タイプ A の評価が高くなる傾向にある。

第五章　実験結果からの考察

リズムアクションゲームでは、熟達者が最大限のパフォーマンスを得るために約 0.5 秒から 0.6 秒という知覚時間が必要であるということが分かった。人間がものを知覚するまでには約 250msec 程度かかると言われていることから、単なる反射ではなく、250msec から 350msec 程度の余裕を持たせてやることが必要である。また、約 20 オブジェクト/sec という非常に処理量の多いものもこなすことが可能である。この場合、プレイヤーは約 50msec でそれぞれのオブジェクトに対応しているということになる。しかしながら、先にも挙げたとおり人間が注意して物体を見るのに要する時間は約 250msec と言われている。【Mangun G,2003】この認識測度が事実であるならばいかなる人間も密度の高い難易度をプレイすることは不可能である。しかし、事実として多くのプレイヤーが 13.5 個オブジェクト/sec の難易度 C で高いパフォーマンスを見せており、20 個オブジェクト/sec の難易度 D でも数人がほぼ完璧にプレイをこなして見せた。

そこで、藤波ら（2006）が仮説として反応は意識を超えたスピードで行われており、後から意識がリアルタイムであるように再構成されている、という提案を行っている【藤波】。しかし、その仮説ではなぜ熟達者のみが反応できるのかというものを説明するには不十分である。ここで重要となるのが「無意識化された行動（自動化）」である。人間のスキルは熟練するにつれて次第に多くの思考や手順が無意識化されていく。例えば、人間が自転車をこぐ際に「重心を取りつつ左足を上げて、ペダルに力を入れると同時にバランスを取り、右足を…」という思考を行っているわけではない。熟練された行動の多くは無意識で行われており、意識的に行われるものはわずかである。

本研究で扱ったリズムアクションゲームでは熟達者は 0.5 秒から 0.6 秒間の間に最もパフォーマンスが高くなるものであることが分かっている。そして、初心者は 2 秒以上の知覚時間を与えないと満足にプレイを行うことができない。このことから、思考に必要な時間が短くなっていることが分かる。また、熟達者は総じて視線の範囲が狭いことや停留の割合が長いことなどから、多くのスポーツなどと同じように視線を固定し周辺視を用いて全体を見ていることが予想できる。このことから、熟達者は密度の高い楽曲をプレイする際、画面に見えるオブジェクト全体を「形」として捉え、その視覚的な情報である「形」と対応するボタンを指に覚えこませることで、一連の処理を自動化しパフォーマンスの向上をはかっているのではないだろうかと推測をした。つまり、リズムアクションゲームを習熟させるということは、ゲームを行ううえで必要な知覚反応過程のいくつかを自動化することではないだろうか。

また人間は一度に７±２チャンク（チャンクとはまとまりとして捉えられる

単位）までのものしか覚えることができないというマジックナンバー７±２という概念が存在する。これはGeorge A. Miller(Miller,1956)による短期記憶の概念で、物事を短期的に記憶する場合、まとまりとして捉えることによって情報を少なくしているというものである。例えば 8519072149 という 10 桁の数字の羅列がある場合、10 個の情報があるので 10 チャンクの情報量を記憶しなければならない。これは、７チャンクの概念から外れてしまっているので非常に覚えにくい。だが、1236669876 という数字の羅列だった場合「123」「666」「9876」と 3 チャンクにまとめてしまうことで情報量を減らすことができる。これは数字だけに留まらず、文字列や画像の処理などにおいても有効であるとされている。この概念から、リズムアクションゲームにおいても特定のオブジェクト同士をひとつのまとまりとして認知し、チャンク数を減らすことによって情報量を減らしているのではないかと推測した。また、リズムアクションゲームにおいては情報を認知するために「オブジェクトがどの位置にあるか」など必要な知覚反応過程があり、一度の認知を終えるまでに初心者は熟達者と比べて多くの時間を必要とする。そのため、快適にプレイを行うために熟達者は 0.5 秒の知覚時間で充分なところを初心者は 2 秒も必要とするのではないだろうか。ここで、一度の認知にかかる時間を「認知間隔」と定義する。

更に熟達者が知覚時間を短くすることによってパフォーマンスを向上させることができるのは、画面上に表示されるオブジェクトの総数を減らすことにより、チャンク数を減らしていることが原因ではないかと考えた。そこで、初心者と熟達者の思考のプロセスをモデル化したものを提案してみる。

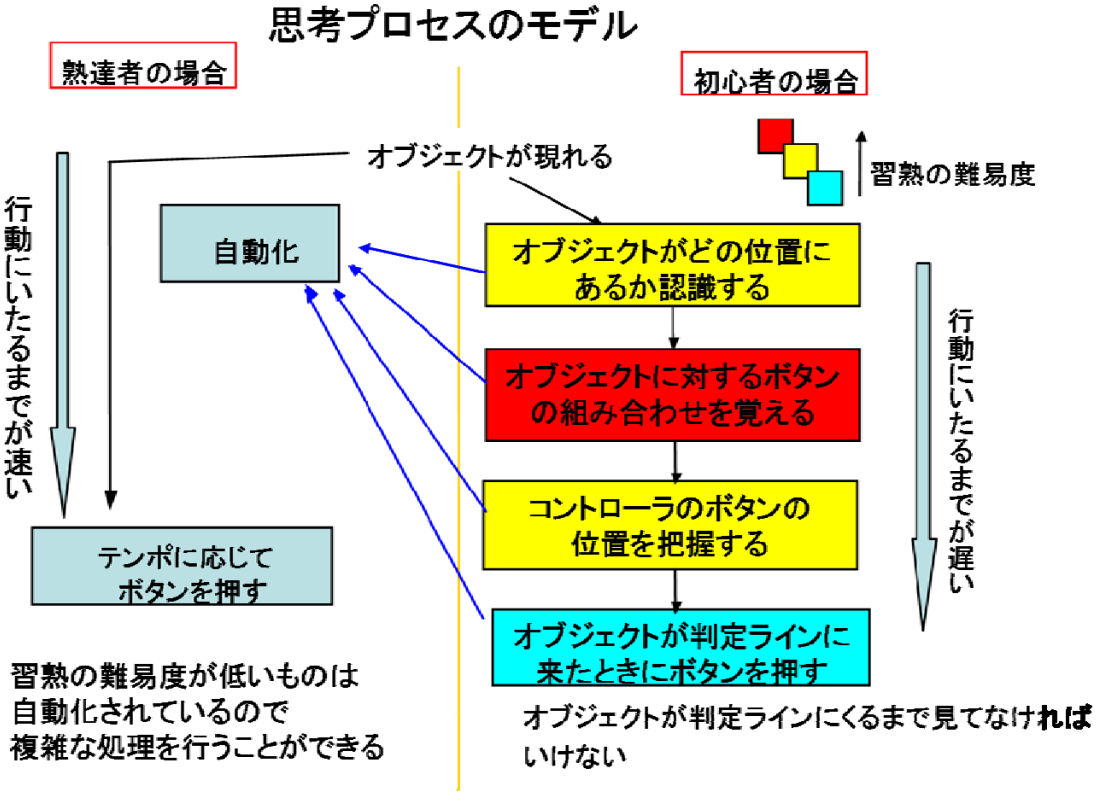


Fig.5-1　初心者と熟達者の知覚反応過程のモデル

[Fig.5-1]では初心者はプレイをするために多くの知覚反応過程を行っているために、オブジェクトが画面に表示されてから対応するボタンの位置を把握し、そのボタンを入力するまでに多くの時間がかかってしまう。また、知覚反応過程が複雑なために、速いテンポや複雑なオブジェクトの配列には一回の認知間隔の中で多くの処理が必要となってしまうために混乱してしまう。しかし、熟達者の場合は、思考におけるいくつかのプロセスを自動化しているため、複雑な処理に対応できると考えられる。おそらく「オブジェクトがどの位置にあるか」「コントローラのボタンを探す」「オブジェクトが判定ラインに来た時にボタンを押す」ことの自動化は早い段階で行われると考える。これは、それらの作業における状態空間が常に一定であるためである。作業が自動化されることで認知間隔も短縮化され、スムーズにゲームを行うことができるのではないだろうか。熟達者が習熟度に左右されず総じて 0.5 秒～0.6 秒において高いパフォーマンスを発揮するのは、先の 3 つの作業を自動化したことによる認知間隔の短縮化によるものではないかと考える。つまり、最適知覚時間とは認知間隔と同意なのではないだろうか。

そして、特に習熟に時間が必要になってくるのは「オブジェクトに対してどのボタンが対応しているのかを考える」ことの自動化である。他の作業はパラメータが決定されているが、この作業は楽曲によって変化するうえ、無数の組み合わせが存在するため習熟が難しいものであると考えられる。「オブジェクトに対してどのボタンが対応しているのかを考える」という知覚反応過程を自動化するためには、1チャンク（単位）毎にオブジェクトの単位配列を覚え、その配列に対するボタンを押すための指の組み合わせを覚えることが必要になってくる。ここで、知覚反応過程を自動化することによってどういった効果があるのかまとめたものを図で表す[Fig.5-2]。

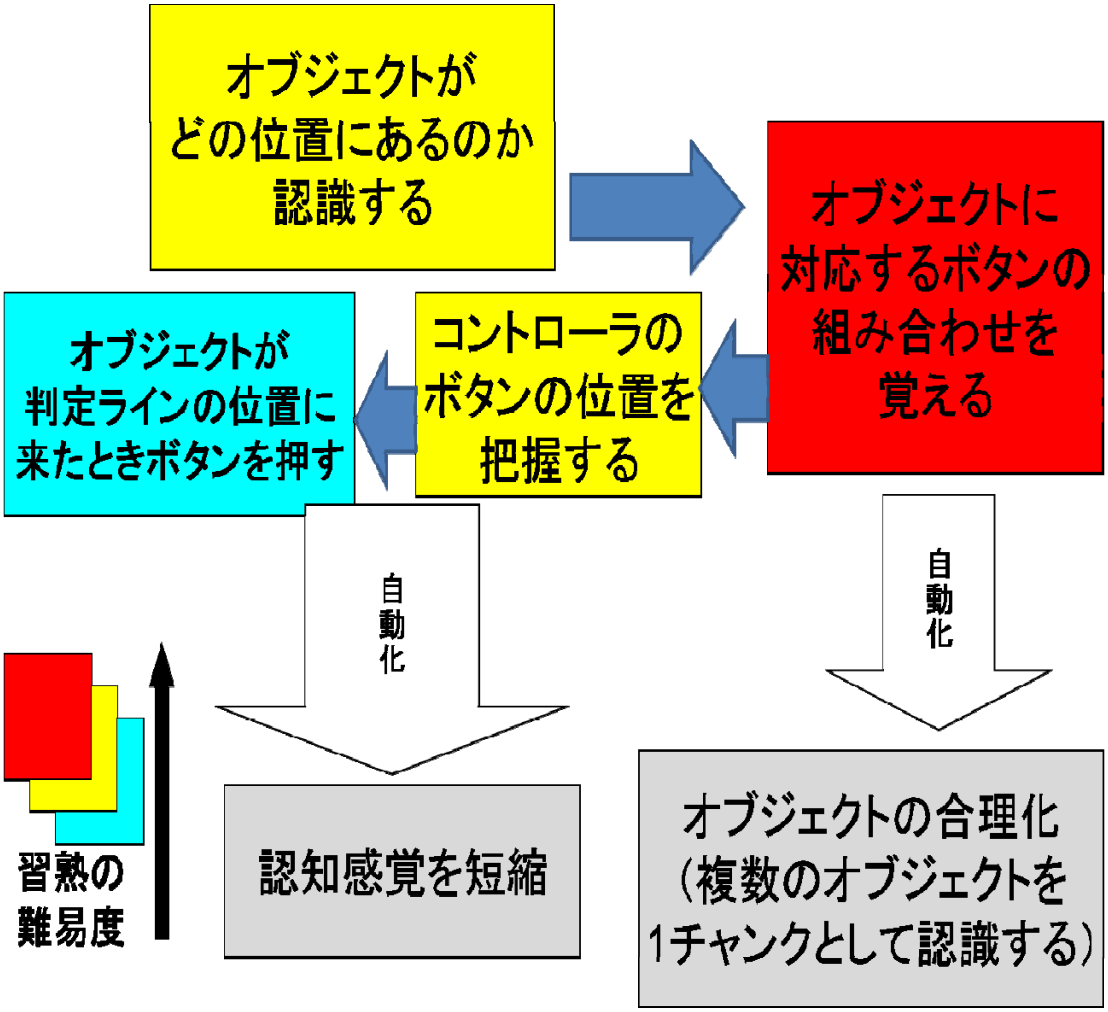


Fig.5-2　知覚反応過程の自動化の概念図

今回題材として扱った「BMS」では7つのボタンを採用しており、同時に押すためのボタンの組み合わせは2^7で128パターン存在する。これが難度Aのよ

うに 1 オブジェクト/秒のような楽曲の場合は、そのうちの約 7 パターン程度を覚えるだけなので、数回の試行や、場合によっては一度の演奏で満足なプレイを行うことも可能である。しかし、難度 C 以上になると 13.5 個/秒以上でオブジェクトを認識しなければならないため、一回の認知間隔の中にオブジェクトが出現する割合も増える。全 128 パターンのうち、5 つ以上の同時押しは出現する機会が少ないことを考慮しても、難度の高い楽曲をこなすにはおよそ 80 パターンの単位配置とボタンを入力する指の組み合わせを覚えなくてはならない。このようにして複数のオブジェクトを 1 チャンクとして認識することを「オブジェクトの合理化」と呼ぶことにする。オブジェクトの合理化を行うことで 1 チャンクを演奏できるようになるが、更に演奏を続けるためには 1 チャンクだけではなく、一回の認知間隔の中で複数のチャンクを処理していかなければならない。仮に一回の認知間隔の中に 3 チャンクの情報だとしても 80^3 で 510,000 パターンもの処理方法を覚えなくてはならないため「オブジェクトに対してどの鍵盤を押せばよいのか考える」という知覚反応過程の熟練は難度が高くなればなるほど熟達に多くの時間を要する。例として、ゲームを行う際の認知間隔と処理に必要なチャンクの概念を[Fig.5-3]に表す。

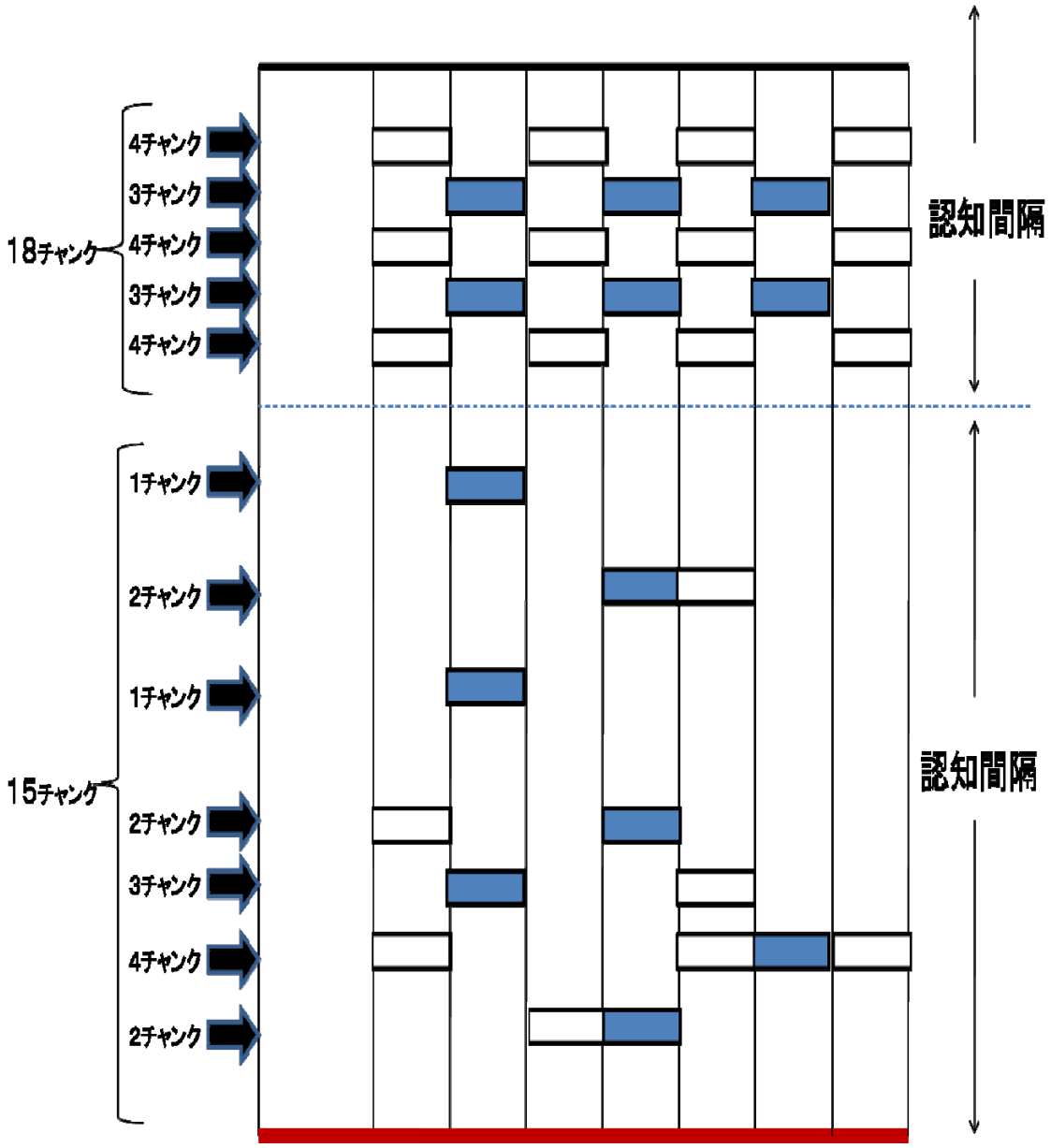


Fig.5-3　初心者における認知間隔とチャンクの概念

[Fig.5-3]は初心者の認知間隔とチャンクの概念を図で表したものである。知覚反応過程の自動化が行われていないため認知間隔が広く、そのため処理しなければならないチャンク数も多い。また、オブジェクトの合理化が行われていないため複数のオブジェクトを 1 チャンクとして認識できず、結果的に多くの情報を処理せねばならずゲームを満足に行うことができない。

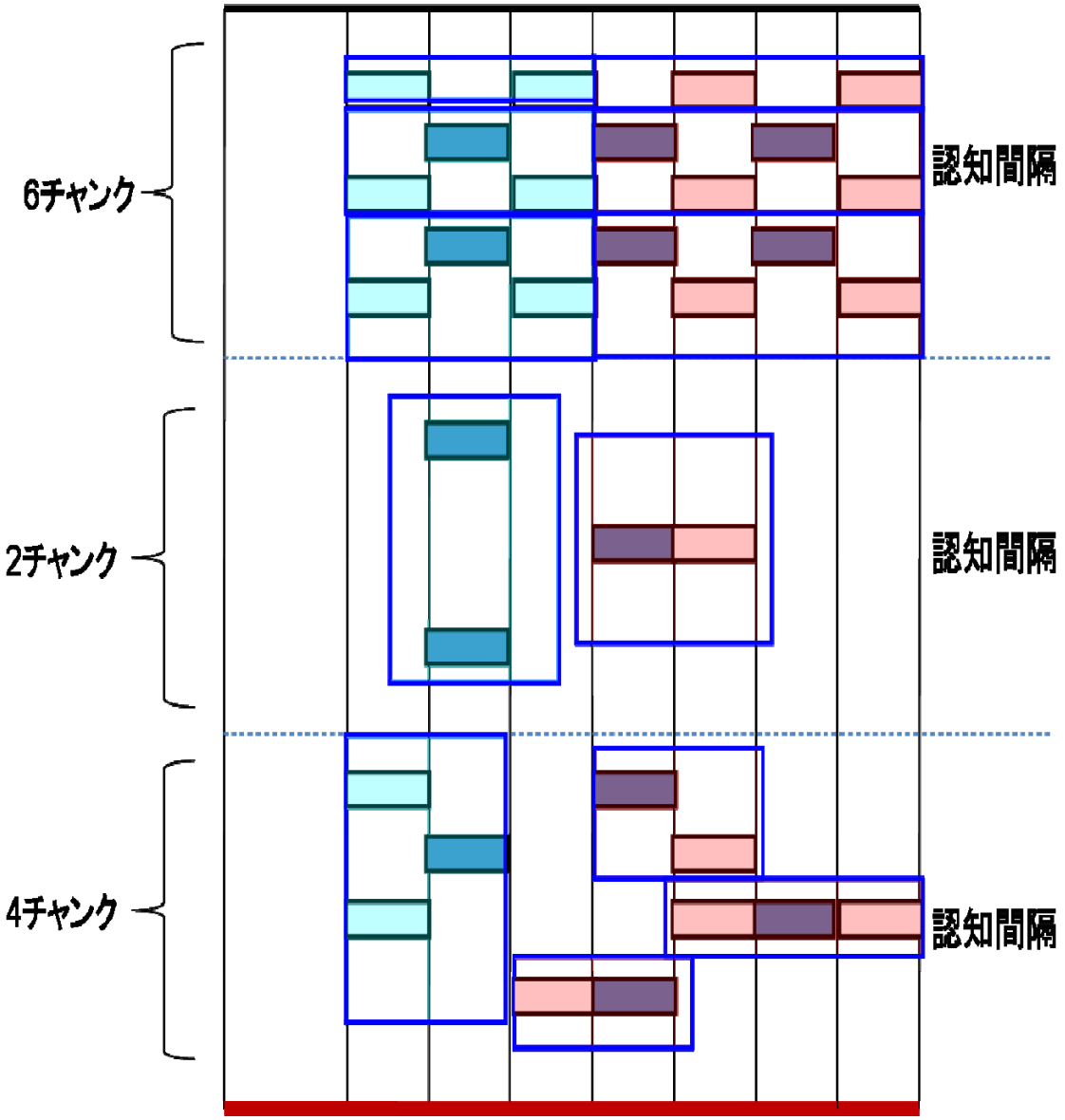


Fig.5-4　熟達者における認知間隔とオブジェクトの合理化 A

熟達者は知覚反応過程のうち「オブジェクトの位置」「コントローラのボタンの位置」「判定ラインの位置」といった単純なものは全て自動化されているため、認知間隔が短縮され初心者より処理に必要なチャンク数を減らすことができる。また、オブジェクトの合理化がある程度されているため、少ないチャンク数としてオブジェクトを処理できるので、ゲームを満足に行うことができる。[Fig.5-4]では左右に分割した組み合わせを描いているが、このパターンは人によって様々であり、その人にとって覚え易い形で覚えていることが推測できる。

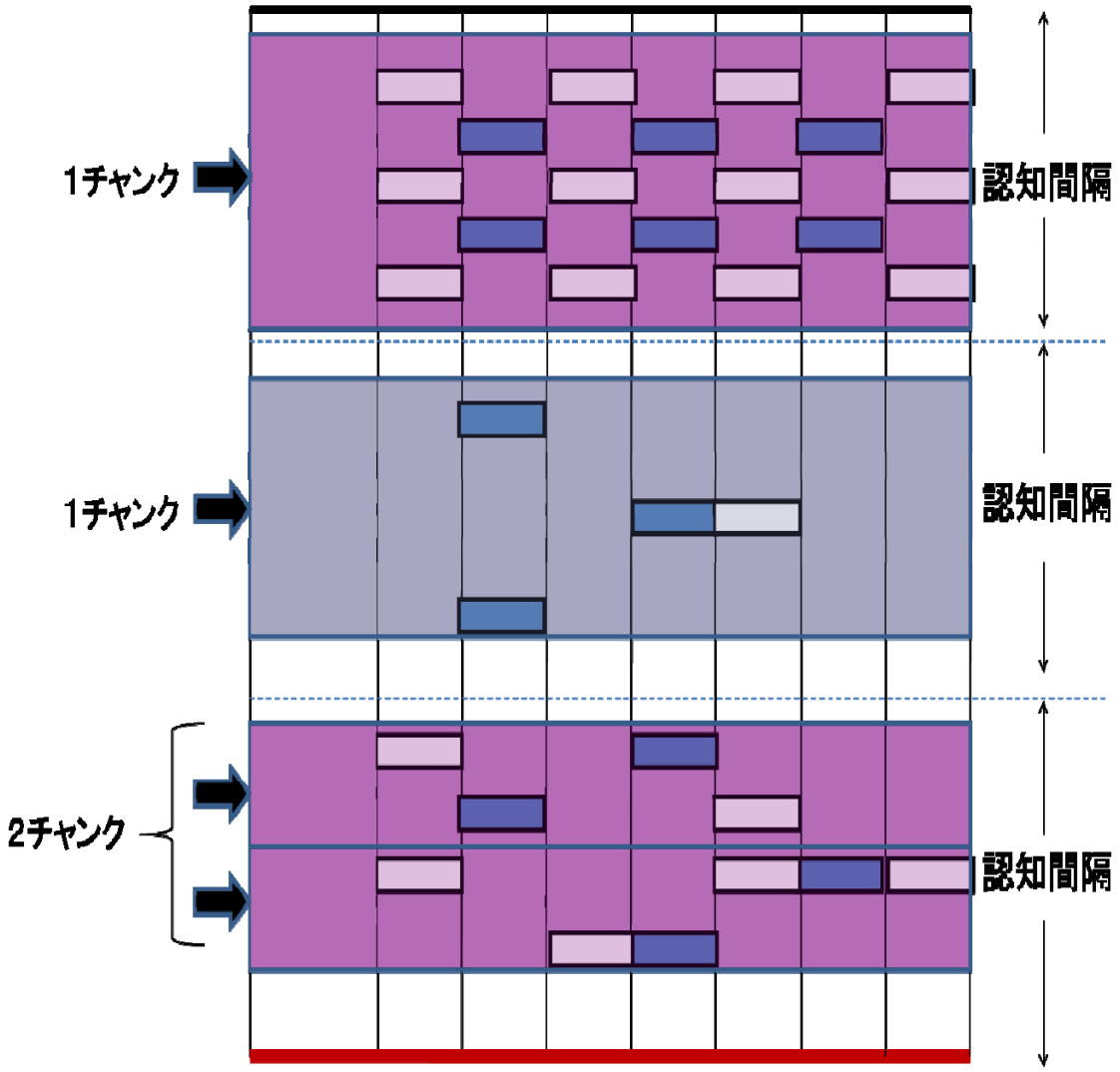


Fig.5-5　熟達者における認知間隔とオブジェクトの合理化 B

[Fig.5-5]では多くのオブジェクトの合理化をしている熟達者の制御の様子を表した。この場合、同じオブジェクトが連続しているなど形の覚え易いケースや同時にボタンを押す数が少ないものは 1 チャンクとして認識し、合理的にゲームを行うことができる。

ここで、リズムアクションゲームにおけるオブジェクトの合理化というプロセスを他の活動で例えてみると「状況に応じて最適な対応を行う」ということである。例えば、サッカーにおいて自分がボールを持っている場合だけをとって考えてみても、それだけで無数の状況を考えることが出来る【近藤,2000.近藤,2004】。ディフェンダーの数、配置、行動…などの全ての状況の組み合わせにはっきりとした数値を出すことは出来ない。それでも熟達したプレイヤーは何度も練習を繰り返すことにより、似たような状況に対する適切な行動を体に

覚えこませることによって瞬間的な判断を可能としている。これらは野球、剣道、テニス、または介護の現場などのオープンスキルを必要とする場面で見られ、この状況の数を表すパラメータが決定できないということがオープンスキルの理解の難しさの主な要因である。そしてこれは、リズムアクションゲームにおける知覚反応過程の自動化と共通点があると考えられる。

次に、リズムアクションゲームを習熟させることによって学習できることを考えてみる。本研究ではリズムアクションゲームを行うことで初心者と比べ熟達者の多くが視線の範囲を狭くしていることが明らかになった。また、オブジェクトの密度が高くなることで視線範囲をさらに狭くさせ、停留時間が拡大される傾向にあることも分かった。これらの習熟の傾向や最適知覚時間である500msec の存在、またマジックナンバーからの考察を重ねると、リズムアクションゲームでは特定のものを目で追いかけるのではなく全体を流れや画像として把握しその状況における最適な方法で処理を行っているのではないかと考えることができる。このようなスキルが即座に他のフィールドで同じように役に立つとは考えにくい。しかしその経験を生かして、全体を見ることを必要とされるような他活動のスキルにおいて他者に比べ、速くコツを掴むことができるようになる可能性は否定できない。今後は他活動とリズムアクションゲームを用いた比較研究を行っていく必要があるだろう。

最後に、評価と視線タイプの相関の章で平均的に高い評価を得た視線Ｃ（ランダム型）についてだが、初心者に比べ熟達者は視線が狭くなり合理的な視線の動きを行うという一連の流れに反している。被験者は事前のキャリブレーションテストで信頼度の高いデータ（データ欠損が 20%以内）を取得しており、データの取得ミスという可能性は低い。また、被験者の視力に関係している可能性はあるが、Tobii 社によると「メガネ、コンタクトの類は測定結果に影響を与えない」とのことである。視線Ｃを持つ被験者はいずれも視力が低かったが全員がコンタクトやメガネを用い実験に臨んでいた。現段階では何故視力Ｃを持つ被験者のデータが平均的に高い評価を持ち合わせているのかを解明することはできないが、リズムアクションゲームにおける特有の視線である可能性は否定できない。

第６章　研究のまとめ

6.1　結論

視線追従装置を用い、リズムアクションゲームプレイ中における視線の動きを測定することで、プレイヤー本人ですら意識をしていなかった「どこを見てプレイしているのか」ということに対する答えを得ること、そしてリズムアクションゲーム未経験の初心者と熟達者の視線比較を行うことができた。その結果、初心者はオブジェクトを追いかけるように視線を巡らせており、結果として徐々に情報の処理が追いつかなくなっていることが分かった。逆に熟達者はそのほとんどが初心者と比べ視線の動く範囲が狭くなっており、難度が高くなるにつれて停留の割合が増えるなど合理的な視線に移行していることが明らかとなった。これは、多くのオープンスキルを必要とするスポーツなどにも見られる現象である。

しかしながら、熟達者は皆が同じような視線傾向になるとは限らず、個人差によって 3 つのグループに分けられる。視線が一点を注視する視線Ａの被験者はパフォーマンスが高い傾向にあることが分かり、オブジェクトを追いかけるのみの視線Ｂの被験者はパフォーマンスが低い傾向にあることが分かった。また、ランダムに視線を移動させながらゲームを行う、リズムアクションゲーム特有の視線Ｃが存在する可能性が示唆された。

更にリズムアクションゲームを行う際に熟達者は初心者に比べ短い知覚時間において高いパフォーマンスを発揮できることから、知覚反応過程を自動化しゲームを行っている可能性が示唆された。知覚反応過程の自動化こそがリズムアクションゲームにおける習熟と同意であると考えられる。

6.2　今後の展望

本研究では視線が固定傾向であればパフォーマンスが高くなるということを明らかにしたが、視線Ｃ（ランダム型）の存在を考える必要がある。データがうまく取れていなかった可能性も否めないが、習熟の段階として存在している可能性は否定できない。その点も含めもう一度視線タイプ C を持つ被験者を詳しく調査してみたいと考えている。

また、リズムアクションゲーム熟達者はインターフェースの違う他リズムアクションゲームへの適応が早いと感じられる、また河上ら【河上,2007】の数当てゲームにおける実験結果から、ビデオゲーム経験者は複数の物体を認識し処

理するなどの類似性が見られる他のシステムの成績に優位性が見られることが示唆されている。また、湯地らの研究【湯地,1995】からコンピュータゲームを行うことで、感覚運動能力と空間認知能力の相関が明らかとなっている。これらのことから、本ゲームが同じジャンルの枠内のみのスキルに留まらず、開けたスキルである可能性を持っていることが期待できる。そして、オープンスキルを持つとされる活動と照らし合わせて、スキルの共通点から習熟にかかる時間の削減が行えるのかどうかを調査していきたい。

また、リズムアクションゲームで培ったスキルを他活動で役立てる方法としてコーディネイショントレーニングに活用するという提案を行いたい。近年スポーツ科学では選手の運動能力の高さをコーディネイション能力が高いと表現するようになった。コーディネイション能力とはスポーツなどの身体を動かす際に必要な基礎能力であり、身体を状況に応じて適切に動かすための脳、神経、筋肉のスムーズな連動であるとされている。コーディネイション能力は多くのスポーツで重視されている概念で、主に 7 つの能力に大別される。以下にそれを示す。

(i)　定位能力
スポーツに置けるボール、味方などの動いている物体と自分の位置関係を関連付けながら動きの変化を調節することを可能とする能力。

(ii)　変換能力
状況に応じて動作を切り替える際にスムーズな動きを可能とする能力。

(iii) リズム能力
耳による音や音楽や物事を真似するときの目からの情報を身体の動きで表現することを可能とする能力。また、イメージを身体の動きで表現する能力。

(iv)　反応能力
一つ、ないし複数の合図による正確な対応動作を可能とする能力。音によるものから視覚的なものや触覚的なものまで様々。

(v)　バランス能力
空中における制御や歩いているときの全身バランスを保つこと、また崩れた体制を素早く立て直すことを可能とした能力。

(vi)　連結能力

体の間接や筋肉の動きを無駄なくスムーズに連動させる能力。

(vii) 識別能力
手や足、頭部の精密な動きを制御する際の視覚との連動を高め、ボールの扱いやハンドル操作などの道具の扱いを補助する能力。

また、これらのコーディネイション能力を開発するために行われているのがコーディネイショントレーニングである。コーディネイショントレーニングは鍛える能力によって様々なものが存在するのだが、例えば定位能力は鬼ごっこやかくれんぼ、反応能力はジャンケンや缶蹴り、識別能力はお手玉、といったように主に昔遊びを推奨している。しかしながら、これら活動の多くは広い場所と多くの人材が必要となり、環境によっては簡単に行えるものではない。お手玉のように一人で場所も使わないコーディネイショントレーニングも存在するが、ほとんどのものが単調で飽き易く満足なトレーニングを行うことは難しい。また、近年では室内で行うことのできるコーディネイショントレーニング機材としてフーズボール[Fig.6-1]などが作成されているが、これを行うためにもある程度の人材が必要である。

そこで、リズムアクションゲームをコーディネイショントレーニングの 1 つとして提案していきたいと考えている。それは、本研究で実験後にアンケートをとったところ被験者の多くが「リズムアクションゲームは楽しい」といった感想を書いていたのがきっかけである。初心者の方もそう思っていることが明らかとなり「これから暇があれば始めてみたい」といった意欲を示した。また、「他にも色々な楽曲を聴きたい」といったようにリズムアクションゲームで演奏できる楽曲に興味を示す初心者もいた。このように、一人で行うことができる上に継続意欲の沸きやすい「楽しみ要素」が含まれている点がリズムアクションゲームの特徴である。これは、特に単独で行うコーディネイショントレーニングにとって欠けていると思われる部分であり、需要のある点であると考える。

コーディネイション能力の中でリズムアクションゲームを行う際に必要であると考えられるのは先に挙げた反応能力、識別能力、リズム能力である。リズムアクションゲームの熟達者たちは視覚的に捉えたオブジェクトを合図とし、そのオブジェクトに対応したボタンをリズムに合わせて入力することを瞬間的に行うことができる。そのパフォーマンスの高さから、これら 3 つの能力が培われている可能性は十分にある。今後はリズムアクションゲームの熟達者が優れたコーディネイション能力を有しているのだろうか、という点に着目した研究を行っていきたいと考えている。もし、リズムアクションゲームの熟達者間

でコーディネイション能力の共通点が見えてくれば、リズムアクションゲームをベースとしたコーディネイショントレーニングの開発を行うことができ、問題点であるトレーニングの単調さや多くの人員、広い場所を必要とする問題の解決を期待できるのではないだろうか。

Fig.6-1 フーズボール

謝辞

私がこの研究に着手すると決めたとき、未知の分野に挑む好奇心と不安が大きく膨らんでいったのを覚えています。ゲームを研究の題材とすることで問題となる学術的意義や背景など、様々な場面で頭を悩ませながら取り組んできました。
そんな私の後押しをしてくれ、研究の指導からプライベートな相談まで常に真剣に接してくださった藤波努准教授、中間審査で貴重なアドバイスをくださった國藤進教授、西本一志教授、金井秀明准教授には心より感謝しています。また、研究室の仲間達との交流によって心を強く持ちながら研究に取り組めたことは僥倖でした。彼らには初心者として実験を手伝ってもらうこともあり、とても助かりました。
そして、予備実験と本実験に参加していただいた熟達者 35 名の被験者の方々は私が 8 年間の大学生活で培った宝物とも言うべき素晴らしい知人達です。彼らなくして今回の研究は成り立ちませんでした。本当にありがとうございます。
最後に、私の大学生活をずっと支援してくれた家族と常に心の支えとなってくれた富田美佳氏に精一杯の感謝の気持ちを込めて今回の謝辞を贈ります。

参考文献

【Blumberg,2000】
[Fran C. Blumberg. **The Effects of children's Goals for Learning on Video Game Performance.** *Journal of Applied Developmental Psycology, Volume 21, Issue 6, November-December2000, Pages641-653*]

【Bruce D,2002】
[Bruce D. Bartholow and Craig A. Anderson. **Effects of Violent Video games on Aggressive Behavior: Potential Sex Difference**, *Journal of Experimental Social Psychology, Volume 38, May 2002, Pages 283-290*]

【Castel,2005】
[Alan D. Castel, Jay pratt and Emily Drummond. The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficieniy of visual search. Acta Psycologica, Volume 119,Issue 2, June 2005, Pages 217-230]

【Craig A,2000】
[Craig A. Anderson, and Karen E. Dill. **Video Games and Aggressive Thoughts, Feelings, and Behavior in the Laboratory and in life.** *Journal of Personality and Social Psychology, Volume 78, Issue 4, April 2000, Pages 772-790*]

【Craig A,2004】
[Craig A. Anderson. **An update on the effects of playing violent video games.** *Journal of Adolescence,Volume 27, Issue 1, February 2004, Pages 113-122*]

【Griffiths,1999】
[Mark Griffiths. **Violent video games and aggression: A review of the literature.** *Aggression and Violent Behavior, Volume 4, Issue 2, Summer1999, Pages 203-212*]

【Janne B,2003】
[Janne B. Funk, Debra D. Bushman, Jennifer Jenks ando Heidi Bechtoldt.

Playing violent video games, desensitization, and moral evaluation in children. *Journal of Applied Developmental Psycology, Volume 24, Issue 4, September 2003, Pages 413-436*]

【Mangun G,2003】
[Mangun G., Zani A., and Provervio A. M. Neural Machine of attention.TheCognitive Electrophysiology of Mind and Brain,(2003)*Pages 247-258]*

【Larkin,2000】
[Marilynn Larkin. Violent video games increase aggression. *The Lancet, Volume355, Issue 9214, 29 April 2000, Page 1525*]

【Miller,1956】
[George A. Miller. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Journal of The Psychological Review, 1956, vol. 63, pp. 81-97*]

【Plogsties,1997】
[H.-R. Plogsties. A case of video geme induced convulsions. Journal of the Neurological Scienceses, *Volume 150, Supplement 1, Septmber 1997, Page S301*]

【Uhlmann,2004】
[Eric Uhlmann and Jane Swanson. Exposure to violent video gmaes increases automatic aggressiveness. *Journal of Adollescence, Volume 27, Isseu 1, Februaly 2004, Pages 41-52*]

【近藤 1980】
[近藤明彦、眼―頭位協調運動の検討――オープン・スキル系スポーツをモデルとして――　体育研究所記要　20(1)　*pp.37-50 1980*]

【近藤,1986】
[近藤明彦、オープン・スキルの指標としての眼―頭位の協応をともなった反応時間の発達　体育研究所記要　26(1)　*pp.47-56 1986*]

【斉藤,2006】
[東京電機大学、斉藤恵一、**テレビゲームと脳活動-機能的MRIによる研究-**　バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌　Vol8,NO.1, *pp93-98(2006)*]

【橋本,2009】
[橋本祐輔、**音楽音響信号を対象とした指揮演奏システムの開発**　情報処理学会研究報告.EC,エンタテインメントコンピューティング　(2009)*pp.43-50*]

【藤波,2006】
[藤波努、**個人と組織に見られる巧みさの発達と進化**、知識発見技術による身体スキルの言語化　平成１７年度中間成果論文集　2006年3月　*Pages8-24]*

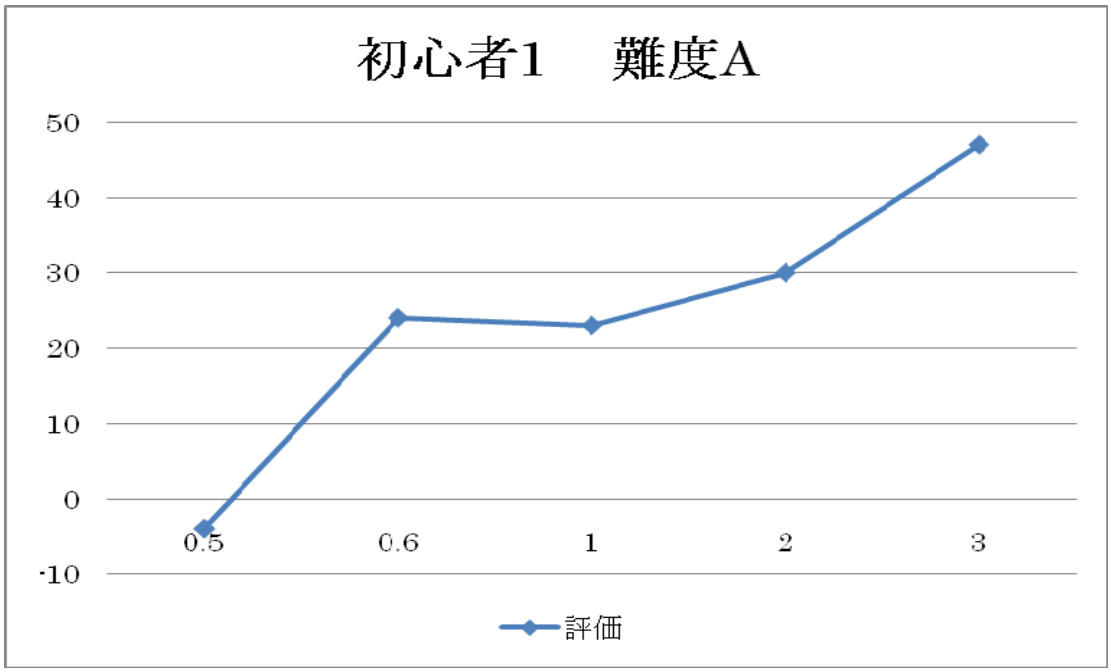
【古川,2008】
[古川康一、知の科学　スキルサイエンス入門―身体知の解明へのアプローチ　古川康一編　*pages12-16*]

【湯地,1995】
[広島大学大学院、湯地宏樹、**幼児のコンピュータゲーム遊びと感覚運動技能および空間認知技能との関係**　(1995)*pp.141-149*]

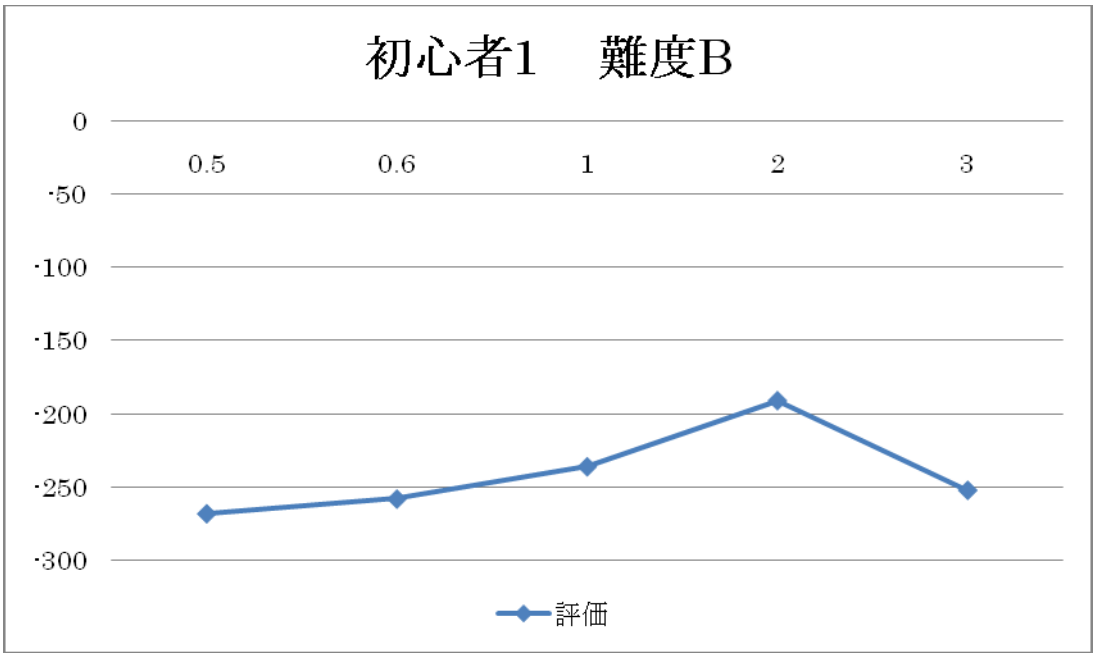
【河上,2007】
[北陸先端科学技術大学院大学、河上聖人、**正誤判定を用いた学習機能に関する考察**　人工知能学会第21回全国大会予稿集(2007)*1H3-01*]

付録１：代表的な各種評価グラフ

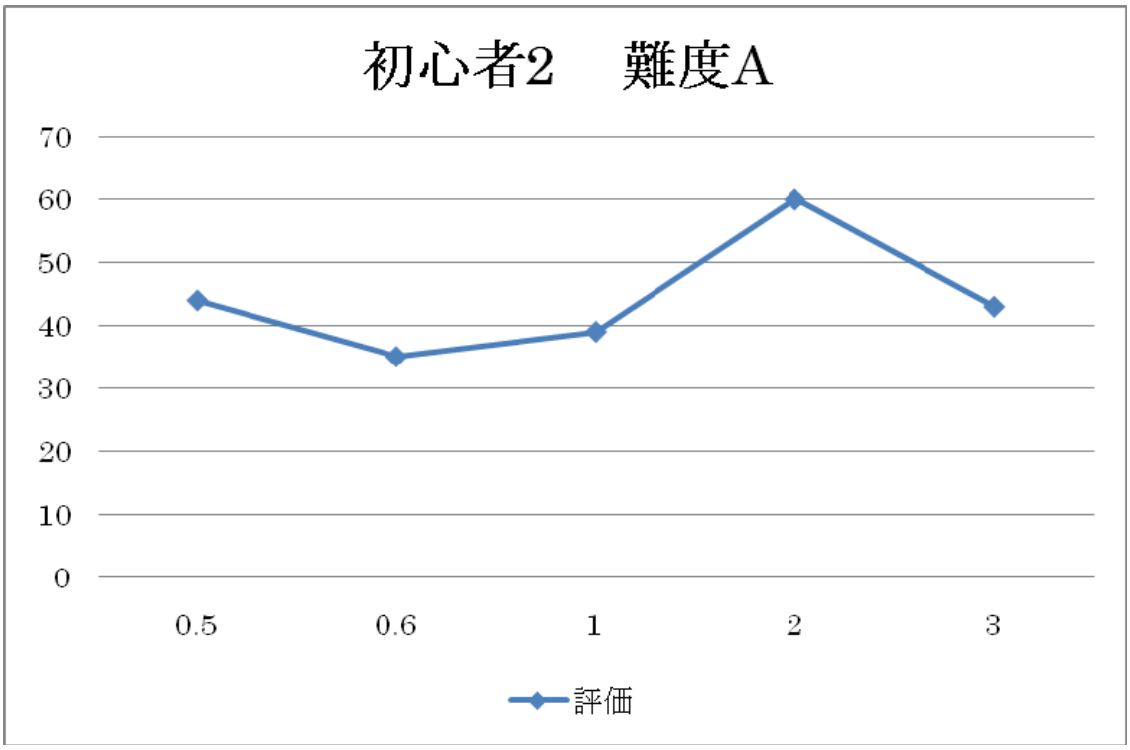
初心者と熟達者の難度ごとの評価グラフから代表的なものを示す。



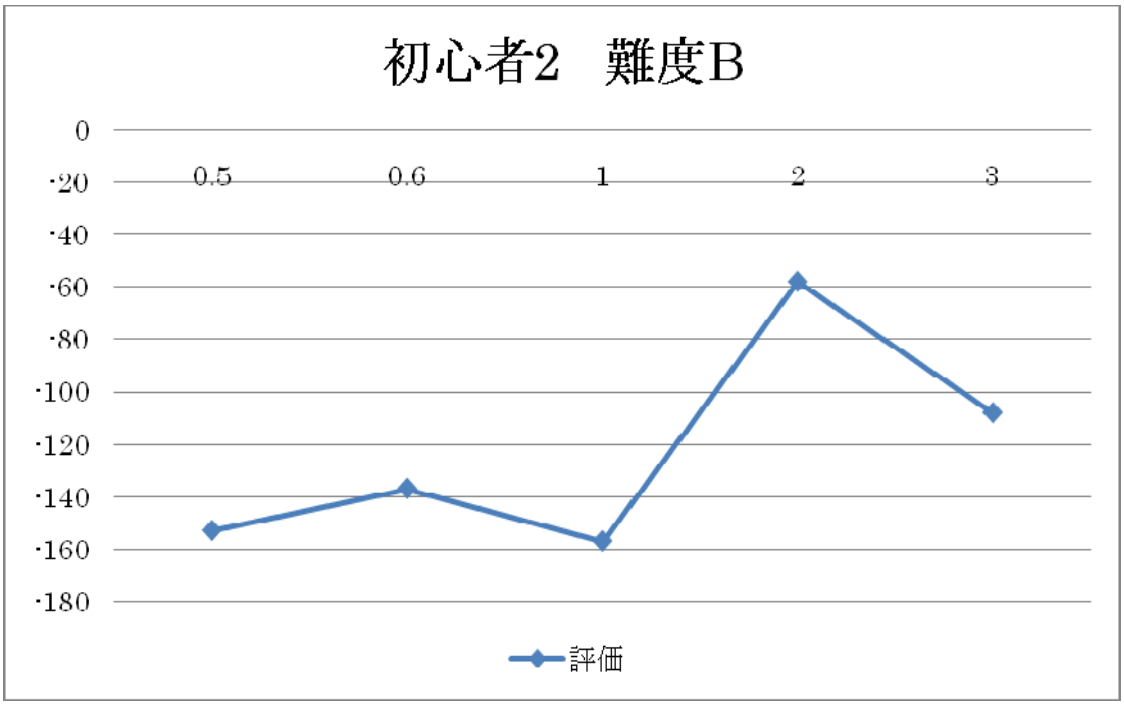
[Fig.7-1　初心者１の難度Ａにおける評価推移]



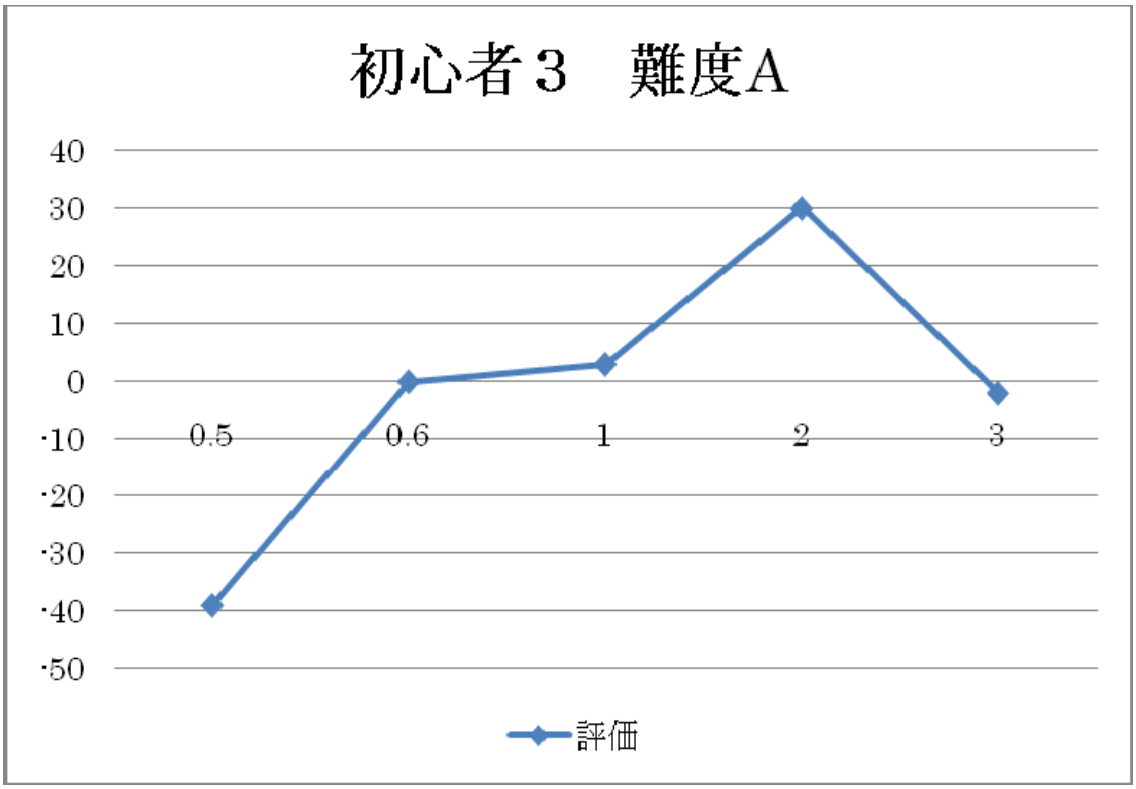
[Fig.7-2　初心者１の難度Ｂにおける評価推移]



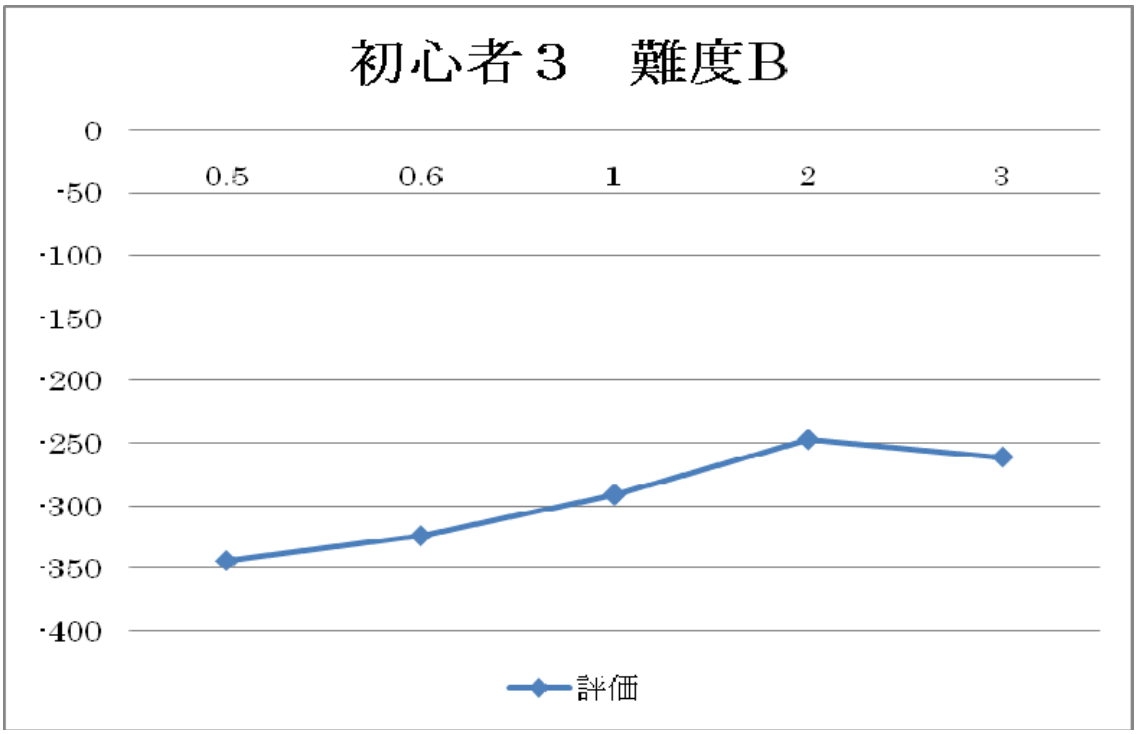
[Fig.7-3　初心者２の難度Ａにおける評価推移]



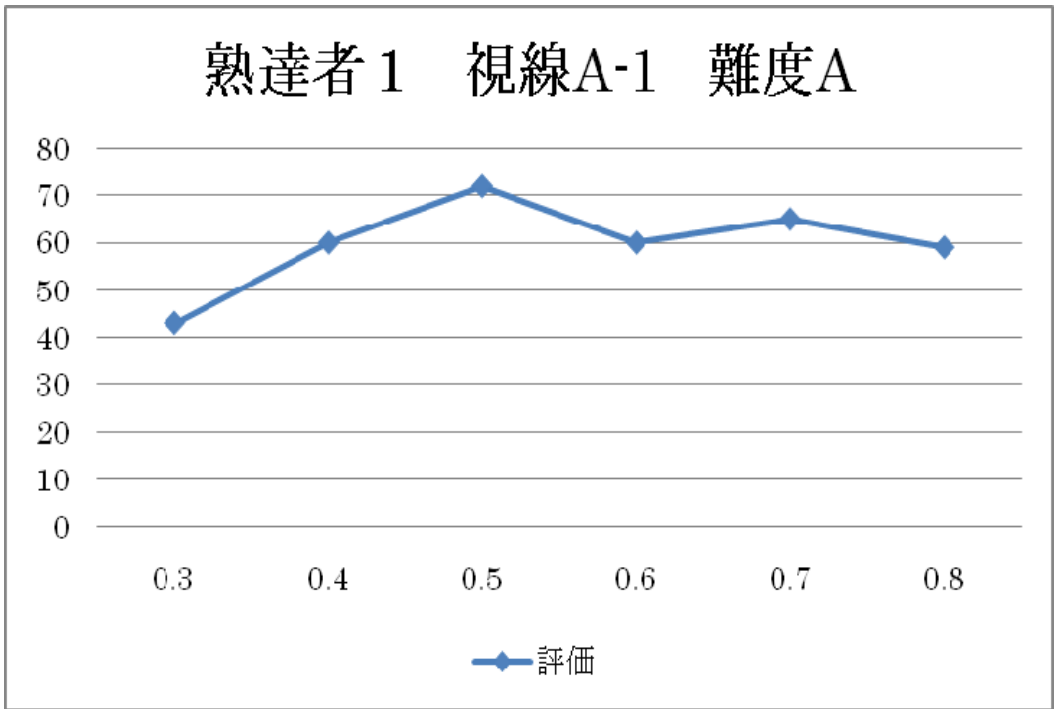
[Fig7-4　初心者２の難度Ｂにおける評価推移]



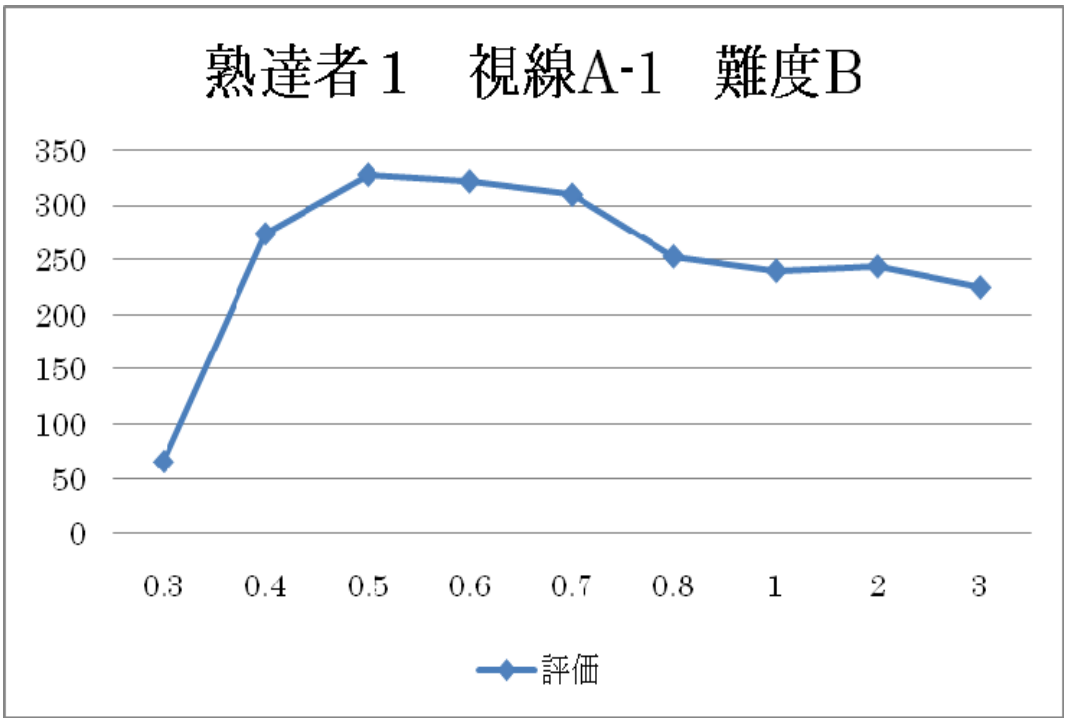
[Fig.7-5　初心者３の難度Ａにおける評価推移]



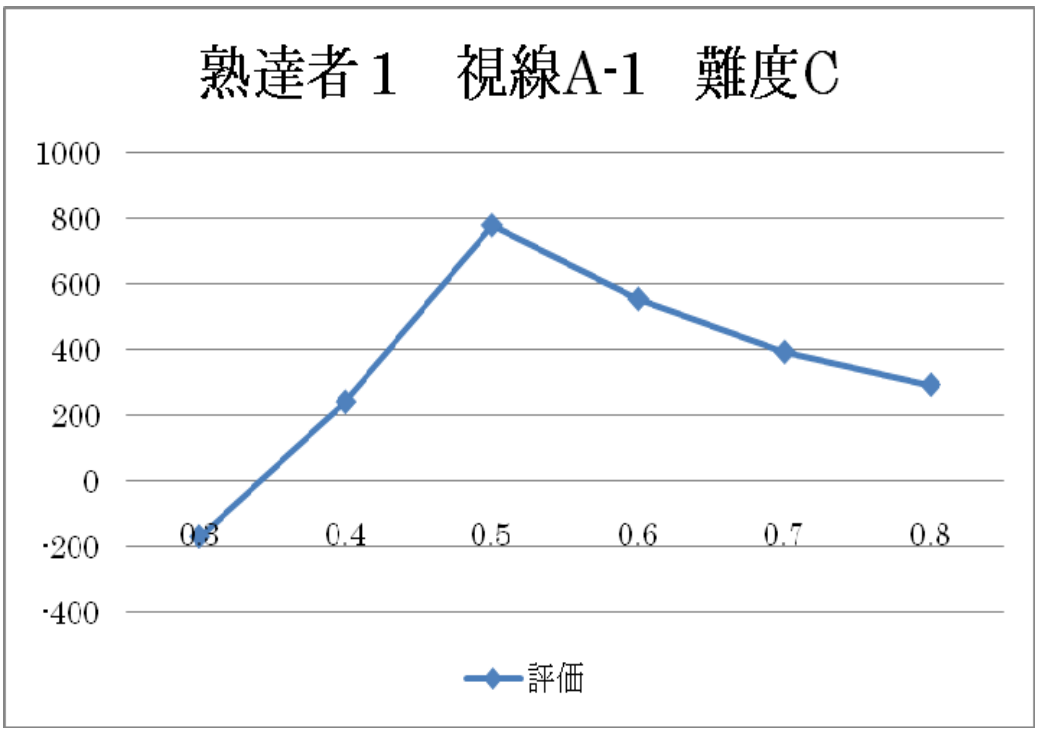
[Fig.7-5　初心者３の難度Ｂにおける評価推移]



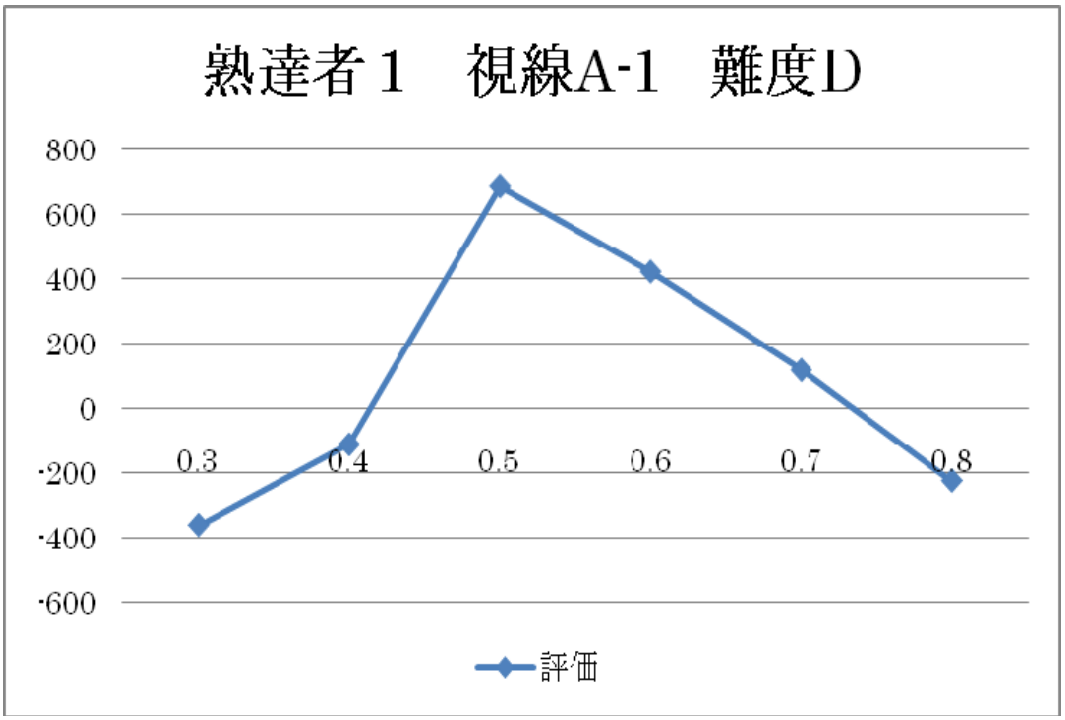
[Fig.7-7　視線 A-1 の熟達者 1 における難度 A の評価推移]



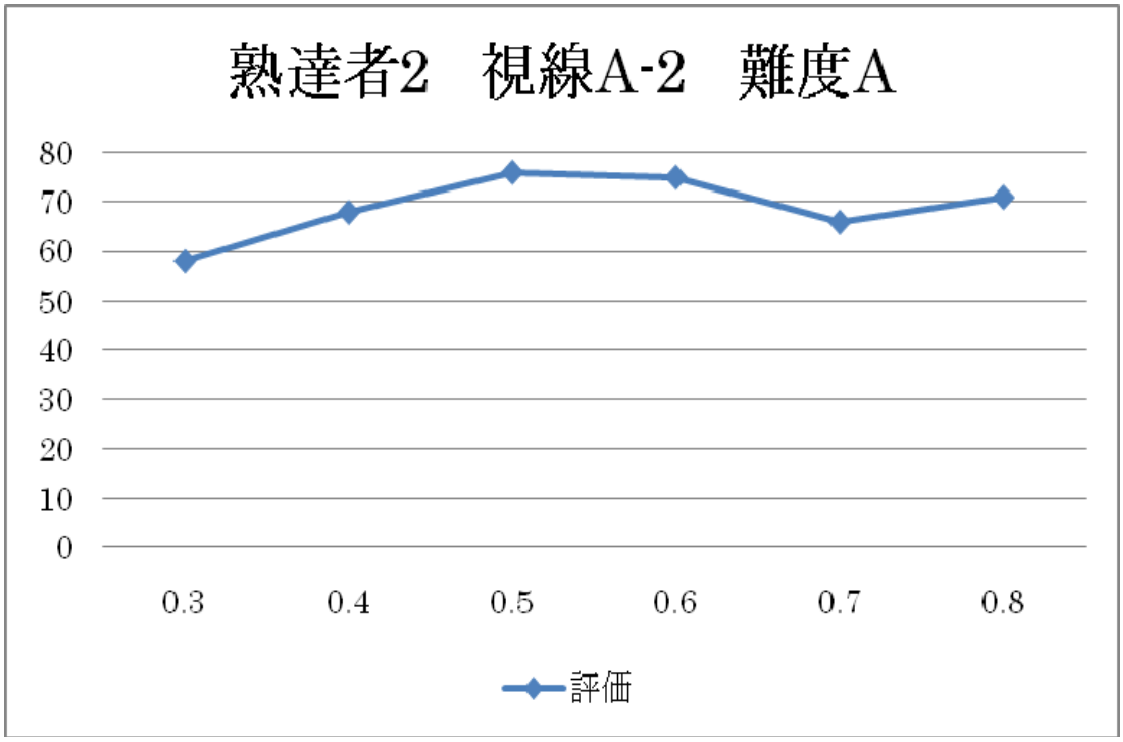
[Fig.7-8　視線 A-1 の熟達者 1 における難度 B の評価推移]



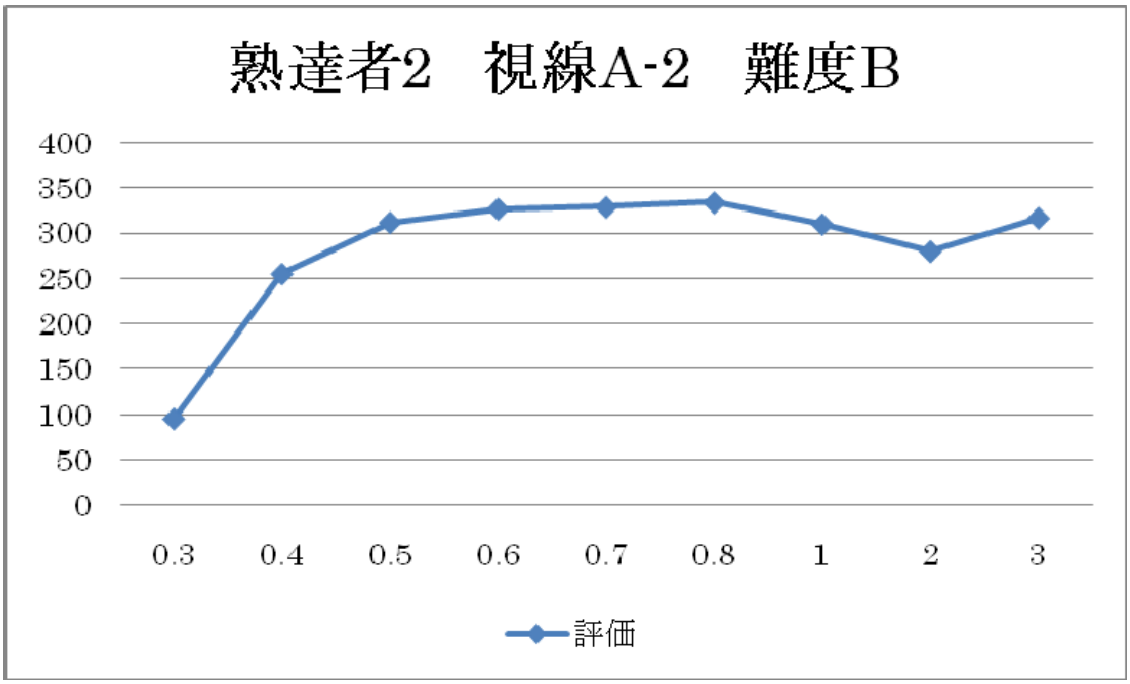
[Fig.7-9　視線 A-1 の熟達者 1 における難度 C の評価推移]



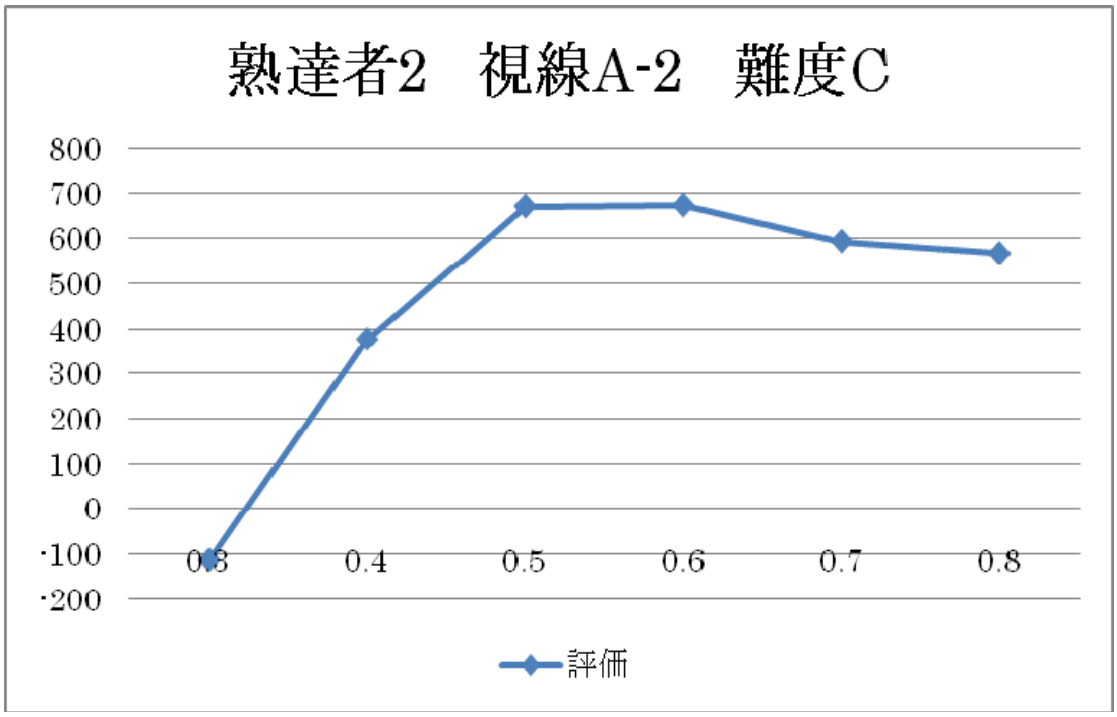
[Fig.7-10　視線 A-1 の熟達者 1 における難度 D の評価推移]



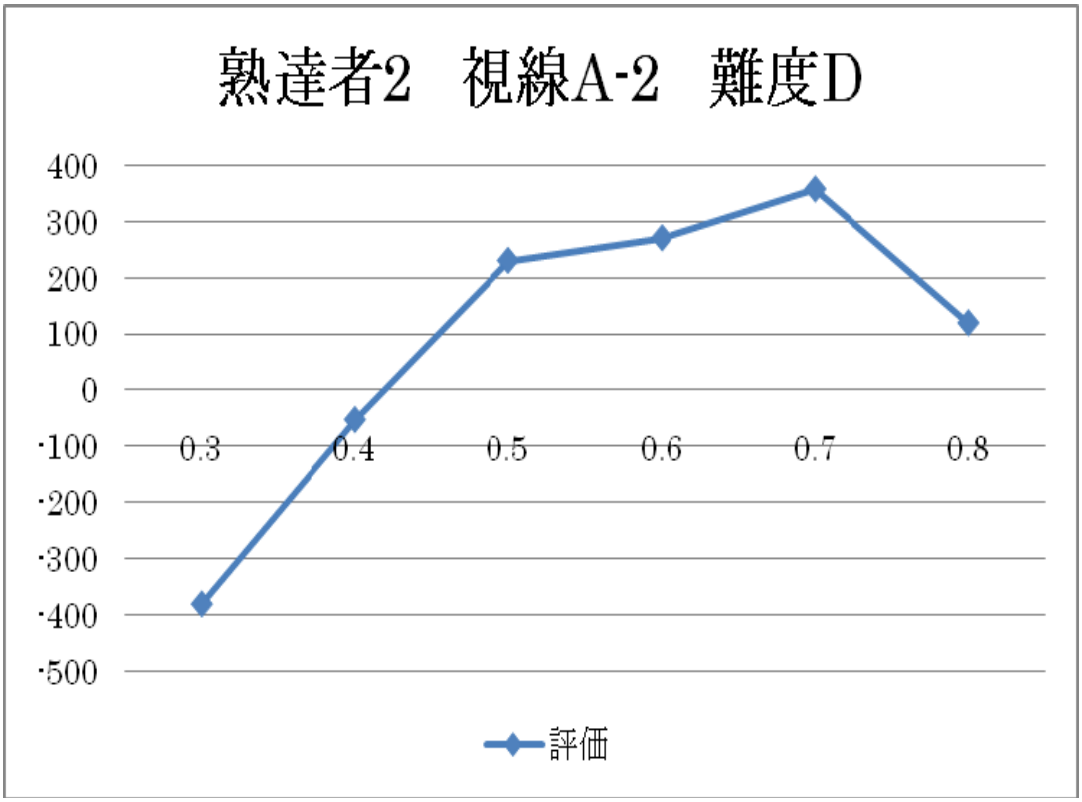
[Fig.7-11　視線 A-2 の熟達者 2 における難度 A の評価推移]



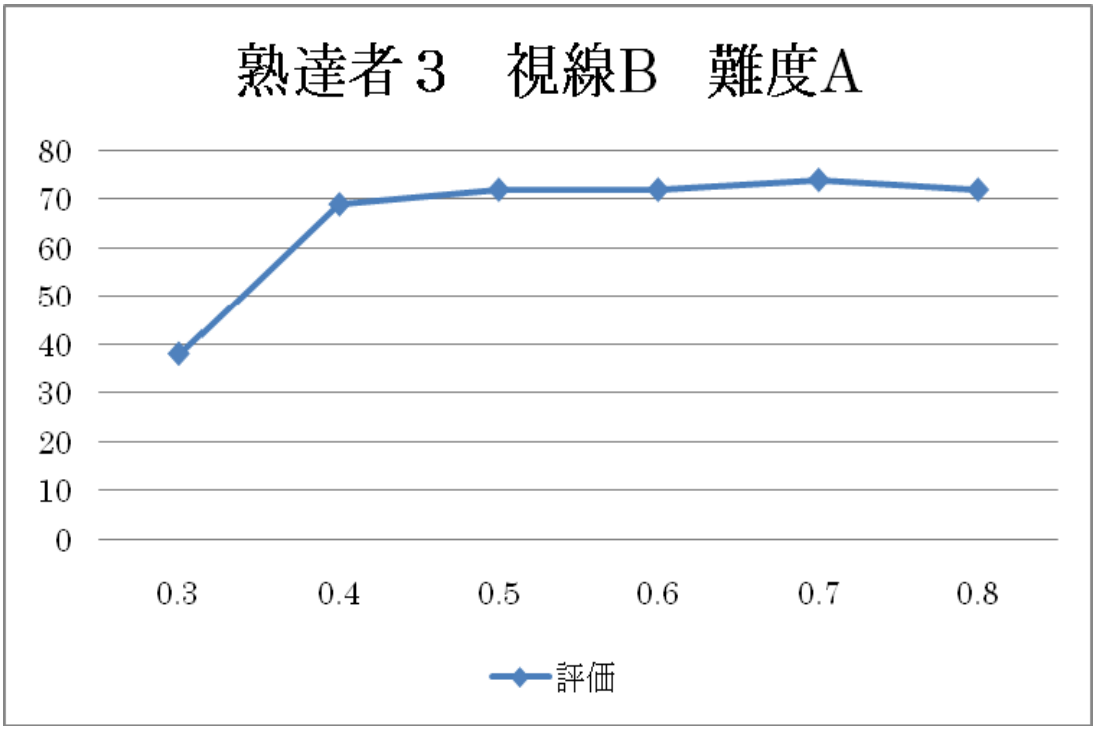
[Fig.7-12　視線 A-2 の熟達者 2 における難度 B の評価推移]



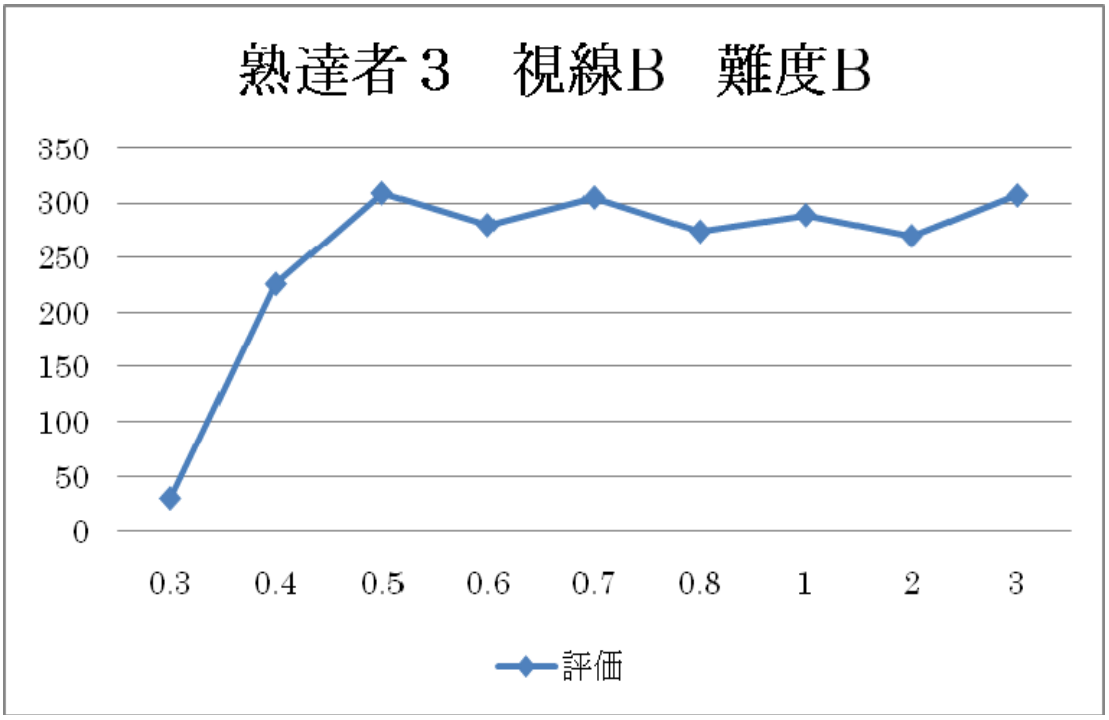
[Fig.7-13　視線 A-2 の熟達者 2 における難度 C の評価推移]



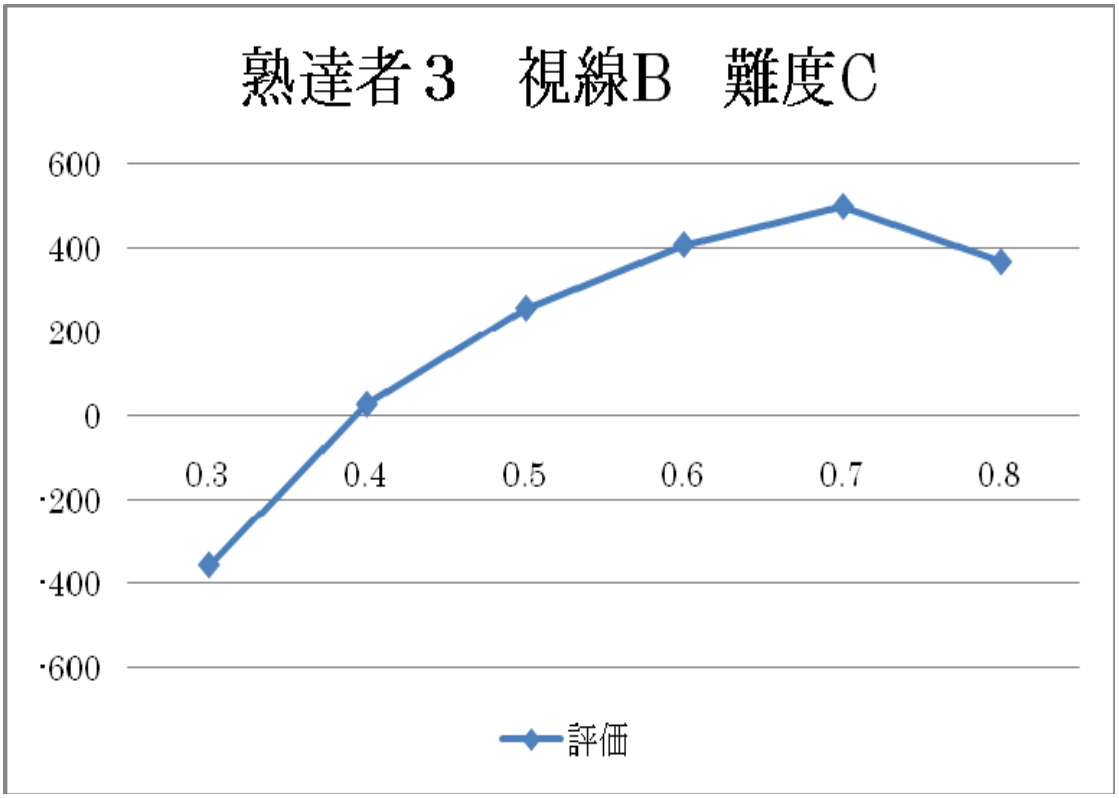
[Fig.7-14　視線 A-2 の熟達者 2 における難度 D の評価推移]



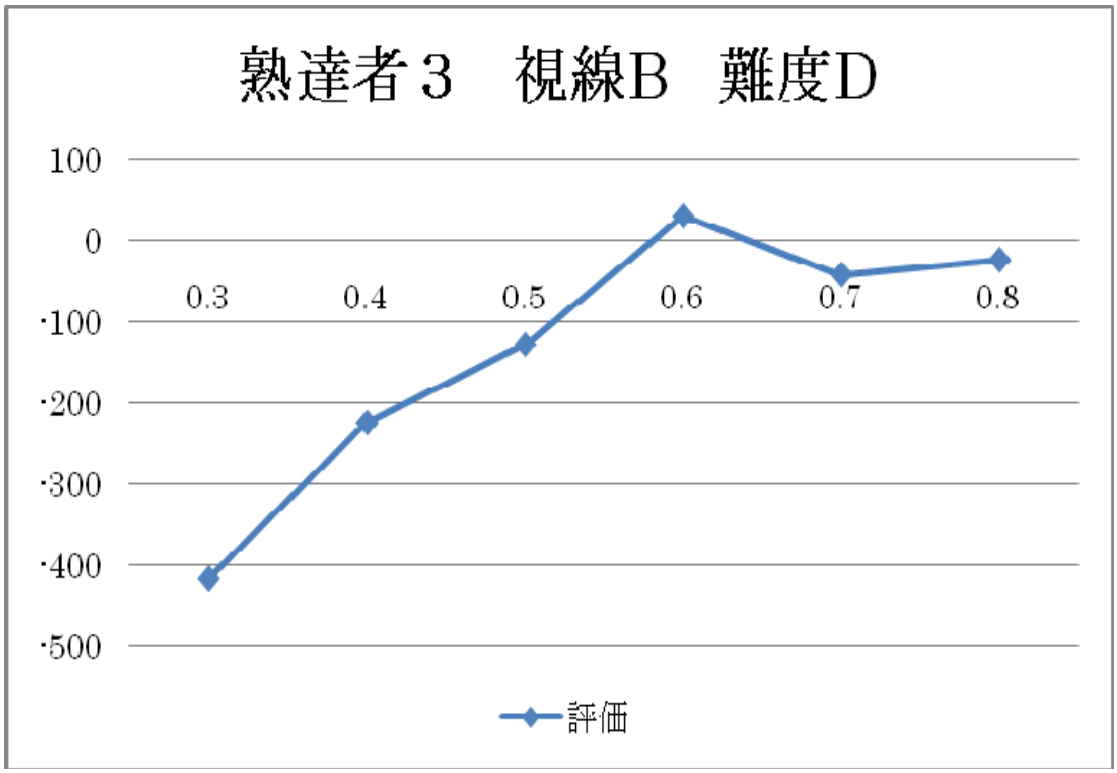
[Fig.7-15　視線 B の熟達者 3 における難度 A の評価推移]



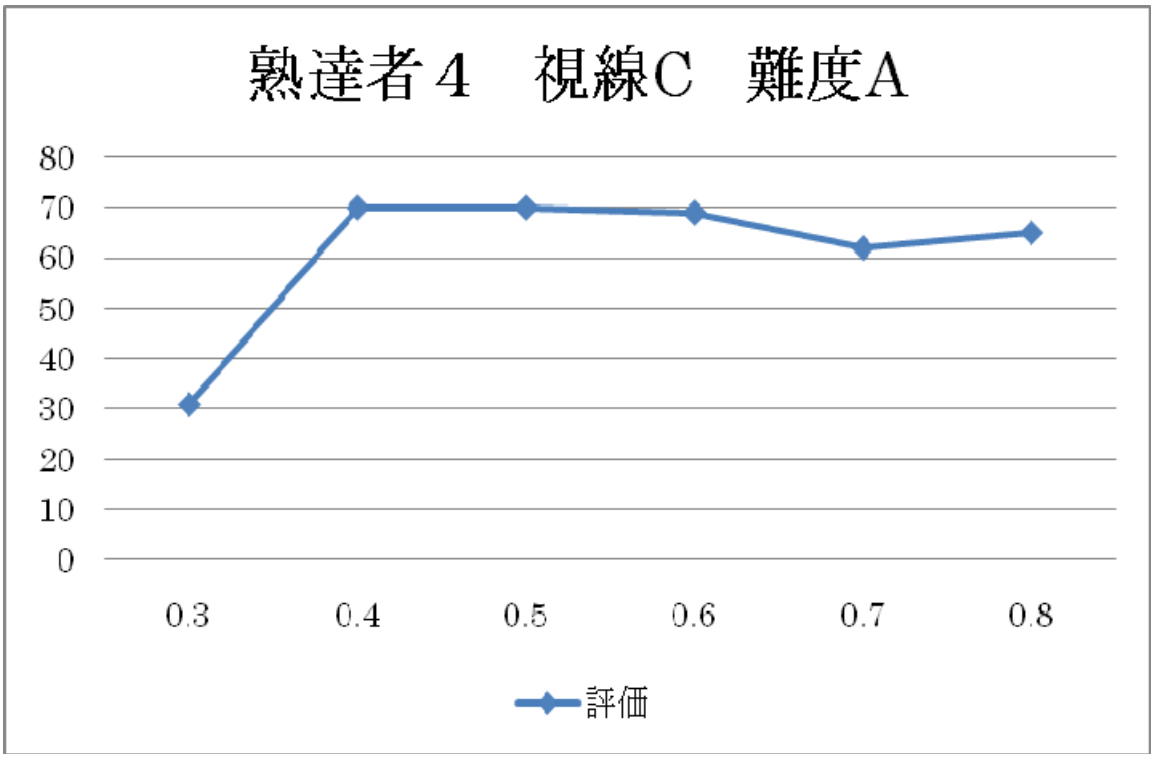
[Fig.7-16　視線 B の熟達者 3 における難度 B の評価推移]



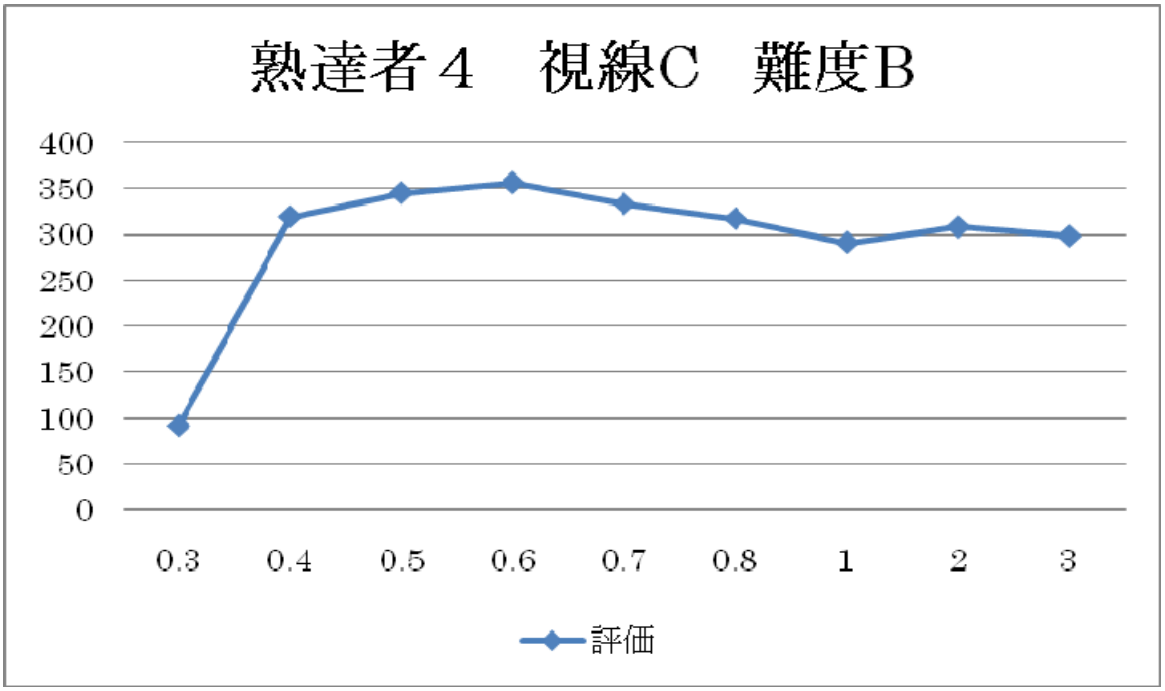
[Fig.7-17　視線 B の熟達者 3 における難度 C の評価推移]



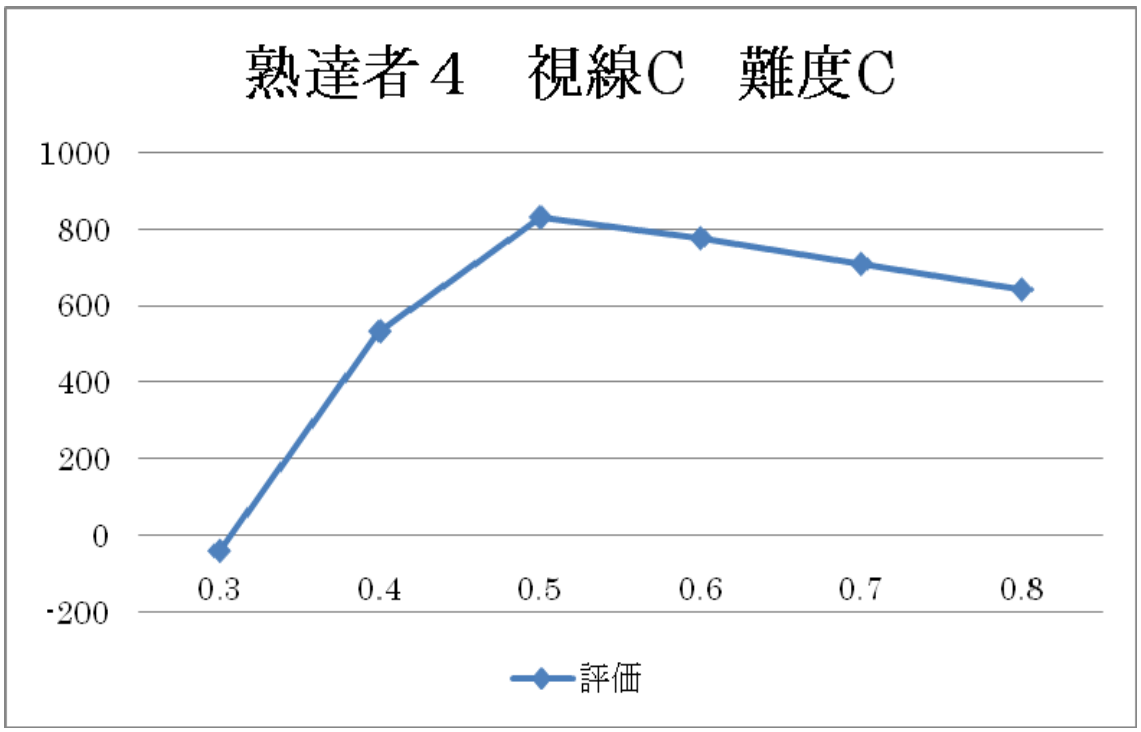
[Fig.7-18　視線 B の熟達者 3 における難度 D の評価推移]



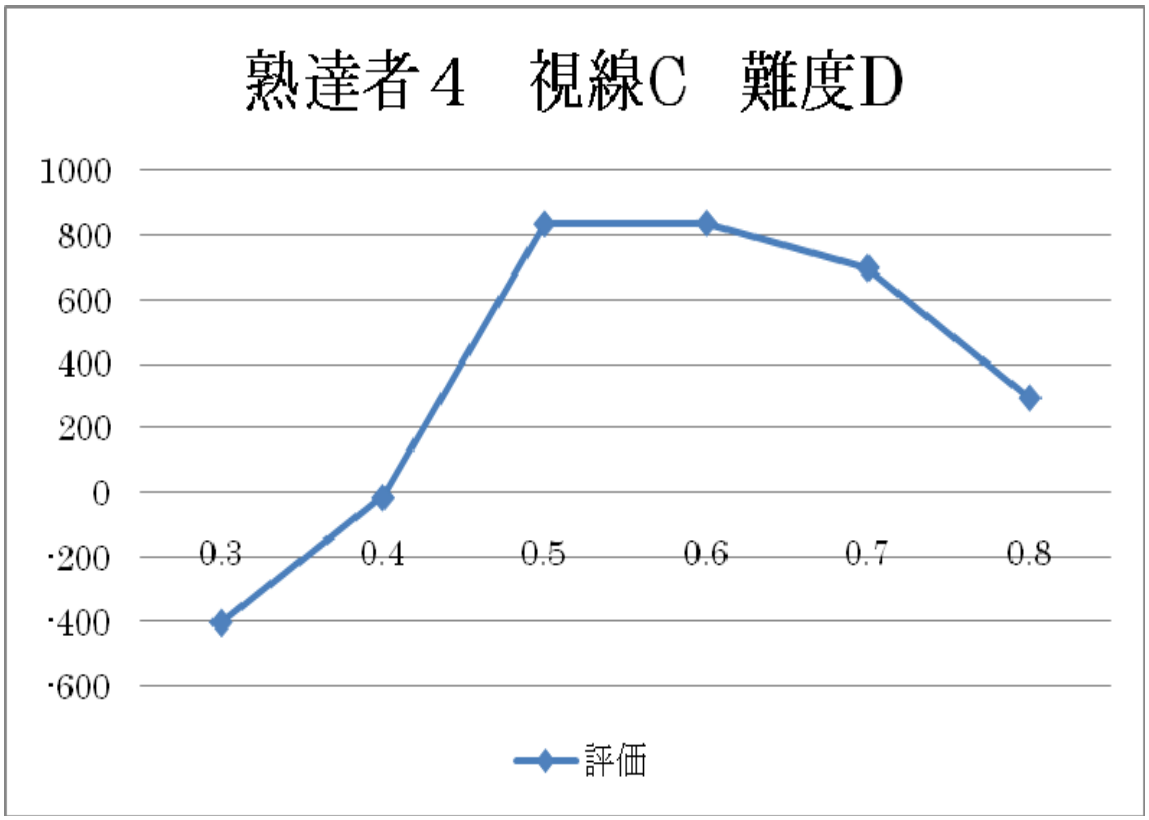
[Fig.7-19　視線 C の熟達者 4 における難度 A の評価推移]



[Fig.7-20　視線 C の熟達者 4 における難度 B の評価推移]



[Fig.7-21　視線Ｃの熟達者４における難度Ｃの評価推移]



[Fig.7-22　視線Ｃの熟達者４における難度Ｄの評価推移]

付録２：アンケート結果

本実験は熟達者 34+1 名と初心者 6 名に協力してもらった。その際にアンケートを実施した。アンケート項目は４種類で「最もプレイしやすかった知覚時間」「演奏しやすかった難度」「どこを見てプレイしていると感じたか」「実験を終えての感想」をそれぞれ答えてもらった。下記に、アンケート結果を記す。

「最もプレイしやすかった知覚時間」では
・熟達者
0.5 秒×15 人
0.6 秒×12 人
0.7 秒×8 人

・初心者
2 秒×5 人
3 秒×1 人

という結果となった。0.3 秒、0.4 秒、0.8 秒、1 秒、2 秒、3 秒をやりやすいと感じた熟達者はいなかったようだ。初心者は 2 秒という声が多かった。被験者の感じたやりやすさはデータとしてあらわれているものとほとんど同じであるため、やりにくさを体感的に感じ取れるということが分かる。

「演奏しやすかった難度」では
・熟達者
難度 A×9
難度 B×20
難度 C×6

・ 初心者
難度 A×6

という結果となった。熟達者は主に難度 B をプレイしやすいと感じた人が多かったが、その理由として「音楽がリズムに乗りやすい」「音楽が好き」「適度な難易度」といった意見が多かった。音楽性が好みに合うことでプレイしやすいと感じることができるのはリズムアクションゲームの特徴の一つであるとい

える。また、難度 A をプレイしやすいと感じた人は「忙しくないから」「狙いをつけやすく、スコアを獲得しやすいから」といったように、ゲーム性としての単純さからプレイしやすいと感じていたことが分かった。難度 C をプレイしやすいと感じていた人は「一定のリズムを常に叩き続けることで集中できる」「オブジェクトの密度が高いほうが集中できる」といったように、難しいからこそ集中力が増し、プレイしやすいといった意見が見られた。

初心者は全員が難度 A で統一されていた。難度 B は全員が満足に行える状態ではなかったので当たり前だが「難度 B の楽曲は良かった」といった意見も見られ、満足にプレイを行えなくても楽曲の良さを意識していることが分かった。

「どこを見てプレイしていると感じたか」では

・ 熟達者

画面の中心×15 人
判定ライン付近×12 人
よく分からない×8 人

・ 初心者

画面の中心×5 人
判定ライン付近×1 人

という結果となった。熟達者も初心者も画面中央か判定ラインを見ているように感じているが、視線追従装置を使用してみると初心者の全てがオブジェクトを一つ一つ判定ラインまで追いかける動きを見せていた。そして、熟達者は多くが視線を中央に固定させていた。このことから、視線とは意識的なものではなく無意識的に合理的な動きを行っている可能性が高いと考えられる。

最後に感想で答えてもらった内容を記す。

・お疲れ！楽しかった～
・ 難しくて思わず笑った
・ 難度 B の楽曲が良かった。音源を下さい。
・ 楽しかった！一時間があっという間だった。
・ また呼んでください。
・ 難しかった！

- もっと練習して上手になりたい
- とても面白い！
- 目を開けているのが大変でした
- 自分が思っていた以上に時間が経っていて驚いた
- Eye Tracker に感動
- リズムアクションゲームをはじめてみようと思った
- 目の動きが分かって面白かった
- お腹が空いた
- 難度 D が難しい
- 最後の曲は拷問
- 後半疲れが…
- 楽器を演奏している気分になれた！