

2014年度 卒業論文

カーレースゲームにおける
脳波から計測されたリラックス度の考察

指導教員：渡辺 大地 講師

三上 浩司 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト

学籍番号 M0111365

平田雅丈

2014年度 卒業論文概要

論文題目

カーレースゲームにおける
脳波から計測されたリラックス度の考察

メディア学部

学籍番号：M0111365

氏名

平田雅丈

指導
教員

渡辺 大地 講師
三上 浩司 准教授

キーワード

レースゲーム、脳波、レベルデザイン
Mindset

賛近年脳波を利用した研究が盛んに行われている。医療などの目的だけではなくテレビゲームの分野においても利用されるようになってきている。その中で Chan はFPS ゲームプレイ時の脳波を利用し、ゲーム内での興味の度合いを調べた。そして脳波の緩急を付け、プレイヤーの興味を引き立てるレベルデザインの提示をすることに成功した。また岡庭は、カーレースゲームプレイ時の集中度に注目した。デバイスとして脳波測定機材 Mindset を利用した。結果として意図的に集中力を上げる手法の提示に成功した。しかし Chan の提示したような緩急のついたゲームデザインを行うのであれば集中力の上昇だけでは再現は厳しい。

本研究では岡庭が利用しなかった Mindset のもう1つの測定指標であるリラックス度を利用し、脳のリラックス度からゲーム内で緩急のついたレベルデザインができるかを検証した。研究手法は岡庭同様にカーレースゲームを利用しゲームプレイ中のプレイヤーの脳波を測り、ビデオカメラを用いて撮影した被験者 11 名のプレイ動画からリラックス度の上昇した部分を模索するものとした。

結果として、「直進を通った時」、「軌道が整えられた時」、「技術的向上があった時」の3点と、「各コースごとの特徴的なデザイン」などでリラックス度の上昇が認められた。これを元にコースを制作し被験者 6 人にプレイしてもらい、同じ実験手法で上記の仮説が正しいかを検証した。その結果「直線に入ったタイミング」、「難易度の緩急、または高難易度における失敗後のリカバリータイミング」にて、5割以上の確立でリラックス度の上昇を促すことに成功した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	3
第2章	脳波と機材説明	4
2.1	脳波説明	4
2.2	MindWave Mobile の解説	5
第3章	研究手法	7
3.1	コース説明	10
3.1.1	トライアルマウンテンサーキット	10
3.1.2	モンツァサーキット	11
3.1.3	筑波サーキット	12
第4章	調査結果	13
4.1	全体考察	15
4.2	コース別考察	18
4.2.1	トライアルマウンテンサーキット考察	18
4.2.2	モンツァサーキット考察	23
4.2.3	筑波サーキット考察	25
第5章	評価実験	26
5.1	検証結果	28
5.1.1	ポイント別考察	29
5.1.1.1	ポイント1	30
5.1.1.2	ポイント2	32
5.1.1.3	ポイント3	33
5.1.1.4	ポイント4	35
5.1.2	総括	37
第6章	まとめ・展望	38
	謝辞	39

参考文献	40
付録 A 章	42

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

脳の電気活動から記録されたものを脳波（EEG）と呼ぶ。近年ではこの脳波を利用した様々な研究が行われるようになった。身近な例としては進藤ら [1] による道路環境の安全性を脳波で評価したものがある。通常では、道路の安全や事故防止策を講じる場合、自動車の制御や交通ルールの変更などが取り上げられる。しかし進藤らは生理指標の観点から考える研究が少ないことと、視覚情報が脳を通して処理されることから重要な生理指標に成りえると判断した。この実験ではカメラにより撮影した運転動画を視聴し、その時の脳波を計測した。結果として、車の接近・交差点での集中度の向上やトンネル区間では飽きが生じてしまうことや、警戒標識はカーブに入ってからでは効果が薄いことなどが分かった。

また脳波実験は上記のようなものだけでなくテレビゲームにも拡大している。その 1 つに脳波を利用したゲームのレベルデザインがある。Chan[2] は FPS においてプレイヤーがどのような場面で脳波上で興味を示しているかを分析し、それらの要素を使ったレベルデザインに成功した。

また同様に生杉 [3] は、リズムゲームに脳波の分析を利用することで、プレイヤーの興味に緩急があるレベルデザインを行った。その結果、Chan の行った研究がリズムゲームでも応用可能であることを証明した。

植村ら [4] は『コンピューターゲームを評価する手法としてアンケート調査や、ソフトの売上を参考にする方法が存在するが、その多くは主観的に行われている』ことを問題として取り上げた。これを主観的要因を使わず脳波とコントローラ操作量といった客観的なデータを使い解決している。

これらの先行研究から、脳波によって得られたデータがゲームデザインにアプローチできることが実証されている。さらに岡庭 [5] はカーレースゲームにおいて脳波測定機材 Mindset[6] から解析できる集中度に注目し、難易度設定をすることが可能かを検証した。結果としてコーナー前にブラインドを設置することで難易度を上昇できることを発見した。本研究は岡庭が利用しなかった Mindset のもう 1 つの機能である、リラックス度に注目した。本来ハイスピードでコースを走るレースゲームは常に、緊張状態にあり集中度や興味度が高くなると考えられる。しかし Chan の研究でも示す様に、常に集中させるのはレベルデザインとして好ましくない。そのためカーレースゲームでも集中度やリラックス度を付けてレベルデザインする必要がある。

そこで本研究は常に集中が高いレースゲームの中でリラックスしている点について分析する。また八田原 [7] によればゲーム中の脳活動において『「初心者，中級者においては前頭前野の活動が低下するが，熟達者においては上昇する」，「熟達者の前頭前野の活動は熟達したゲームにおいて最も上昇する」』と述べている。そのため、本研究ではこれらを留意するためカーレースゲームの経験に関して事前に調査し、熟練者と初心者を区別して分析を行う。

複数の被験者にレースゲームをプレイしてもらいリラックス度が共通して高まる場面を探す。それらの共通点を分類しレベルデザインに活かす。

1.2 論文構成

まず2章で脳波についての説明を行う。3章では機材の解説を行いながら実験手法と被験者に走ってもらうコースの解説を行う。4章では実験結果とそこから分析した内容をまとめる。5章では分析によって明らかになったコースデザイン手法を実証する実験を行う。6章は総括および今後の展望について述べる。

第 2 章

脳波と機材説明

2.1 脳波説明

脳波は脳の電気活動を脳電図（EEG）によって記録したものである。脳波は基本的に 波、 波、 波、 波の 4 つから構成されており、これらの値から脳の状況を読み取ることで多くの実験に使われている。計測の際は「国際 10-20 法」[8]によって決められている図のような位置に頭皮を 10 % もしくは 20 % の等間隔で区切り計 21 個の電極を配置する。図で使われている記号名はそれぞれ電極記号 [9]を示している。配置図については 2.1 に示し、電極記号の意味については図 2.2 に示す。

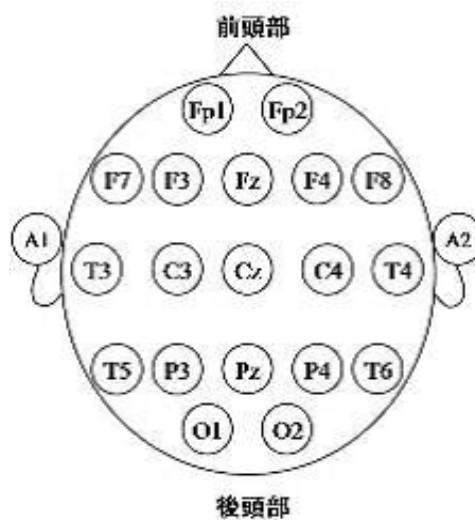


図 2.1: 電極配置

部位名称	電極記号	解剖学的部位
前頭極 (front polar)	Fp1, Fp2	前部前頭葉
前頭部 (frontal)	F3, F4	運動野
中心部 (central)	C3, C4	中心溝
頭頂部 (parietal)	P3, P4	感覚野
後頭部 (occipital)	O1, O2	視覚野
前側頭部 (anterior-temporal)	F7, F8	下部前頭部
中側頭部 (mid-temporal)	T3, T4	中側頭葉
後側頭部 (posterior-temporal)	T5, T6	後側頭葉
耳朵 (auricular)	A1, A2	
正中前頭部 (midline frontal)	Fz	
正中中心部 (vertex)	Cz	
正中頭頂部 (midline parietal)	Pz	

図 2.2: 電極記号名称

2.2 MindWave Mobile の解説

本項においては研究で実際に利用した脳波測定機材である MindWave Mobile[10] (以下「MWM」とする) について述べる。MWM とは、前述した岡庭が利用した Mindset と同様の NeuroSky 社 [11] が開発した脳波測定機材の 1 つである。本来専門的な知識を必要とする脳波測定だが、そういった知識を持たない人でも扱えるように設計されている。また本来、脳波計は沢山の電極を頭につける必要があるが、MWM では被験者の額部分に接触させるセンサーと耳に取り付けるイヤークリップだけであり、容易に測定が可能となっている。MWM で計測した脳波を、NeuroSky が独自に開発したアルゴリズム eSense を通すことにより、集中度とリラックス度の度合いを示すことができる。図 2.3 は今回利用した MWM である。



図 2.3: MindWave Mobile

1. 集中度

集中度は、高度に集中しているときや、意識的精神活動の際に生じる集中、または注意の度合いを示している。0~100 で表され注意散漫、散漫な思考、集中力の欠如、不安などにより数値が低下する。

2. リラックス度

リラックス度はユーザーの心の平穩、またはリラクゼーションの度合いを示している。この値も 0~100 の範囲で表示される。通常であれば体を動かさなかったり、目を閉じることにより、精神的なリラックス状態を生み出すことができる。不安や動揺、感覚の刺激などにより数値が低下する。

留意点として、この値は絶対値ではなく相対値となっているため、同じ値を示している場所が必ずしも同じ脳波の絶対値ではない。つまりリラックス度の高いポイントを探す場合、ただ高い数値に注目するのではなく、上昇を伴いつつ高い数値に至った場所に注目する必要がある。

第 3 章

研究手法

実験の目的はカーレースゲームをプレイ中のプレイヤーの脳波を MWM から取得し、そこからどのような場面でリラックス度が向上したかを調査することである。実験機材は次のものを用いる。

- MindWave Mobile
- パソコン
- モニター 3 台
- PlayStation3
- グランツーリスモ 5 Spec2
- イヤホン (HA-FX31-B) + 延長コード (EXC-1215A)
- モニター撮影用ビデオカメラ

まずゲーム画面をモニター 2 台に出力する。1 つはプレイヤーのゲームプレイの為、もう片方はビデオカメラでプレイを随時撮影するためである。3 つ目のモニターにはパソコンの画面を表示させ、MWM の操作とリラックス度の取得のために利用する。また今回のカーレースゲームは PlayStation3 で発売されているグランツーリスモ 5 を採用した。理由としては、コースメーカーという機能を使うこ

とでコースの制作をすることができるためである。被験者は練習プレイと基本説明を終えたあと規定の3コースを4周走ってもらい、終了しだい測定を終了するものとする。

またリラックス度の測定はささいな外的刺激やゲーム以外の要素により正確性を欠く恐れがある。そのため「コースを走行中は他人と話さない」、「イヤホンにより外的な音をできる限り遮断する」、「プレイヤーの左右にパーティションを設ける」などの配慮を行った。操作に慣れるために実験前に規定のコースを最低1周、計3周かつ最低10分の練習時間を設けた。また、操作に納得がいかない場合は任意で10分を超える練習をして良いものとした。車種は「インプレッサ セダン WRX STP10」を指定した。理由は、事前に同様の実験をした際、利用したスポーツカーでは操作が難しく扱い辛いという指摘があったため、選べる車種の中でも市販されていてなおかつ操作に慣れやすいものから選んだ。また同様の理由から岡庭の先行研究でも同じ車種を利用している。ドライビングライン非表示で被験者に余計な情報を与えないようにした。ゴースト機能という前周の自分の動きが半透明で映る機能がある。こちらは事前の設定では消すことができない。そのため表示された場合は被験者に実験中に消してもらった。自動車レースなどにおいてピットイン [12] という行為がある。これはレース中に給油やタイヤ交換などをするため用意された道に入ることである。今回実験したコースではピットインが各コースで可能である。基本的に行わないよう指示したがピットインした場合でも実験は中断せずに継続してもらおうよう事前に伝えた。また本番中に入ってしまった場合はそのタイミングの脳波はリラックス度の高低に関わらず、考察対象にしないものとする。図 3.1 に実験の様子を示す。



図 3.1: 実験風景

コースはゲーム内で用意されているオリジナルコース1つと実際に存在するコース2つの計3コースを利用した。コース名は「トライアルマウンテンサーキット」、「モンツァサーキット」、「筑波サーキット」である。

平常時の脳波との差を比較するためにゲームプレイとは別に3分間安静にしてもらい、その間のリラックス度の平均も測定した。また実験に事前にどの程度カーレースゲームに精通しているかを知るためアンケートを取った。実験のプレイヤーは健全な大学生11名を対象に行った。実験終了後に口頭で簡単な質問をした。アンケートと質問の内容は次の通りである。

- カーレースゲームをプレイしたことがあるか。

プレイしたことがあるかどうかの2択で回答を記入する。プレイしたことがある場合、可能な限り作品や継続期間を記入する。

- カーレースゲームを得意だと思うか。

思うか思わないかの2択で回答を記入する。

- 普段車を運転するか。

運転すると殆どしないに加え、運転できないの3択にした。

事後調査に関しては口頭で、実験での問題点と難易度、被験者がどこでリラックスしたと感じたかを述べて貰った。

3.1 コース説明

コースの選択に関してタイムトライアルより選択し、各コースが終了次第、被験者が次のコースを選択する。順番はトライアルマウンテンサーキット、モンツァサーキット、筑波サーキットの順である。図 3.2~3.4 は各コースを示したものである。

3.1.1 トライアルマウンテンサーキット

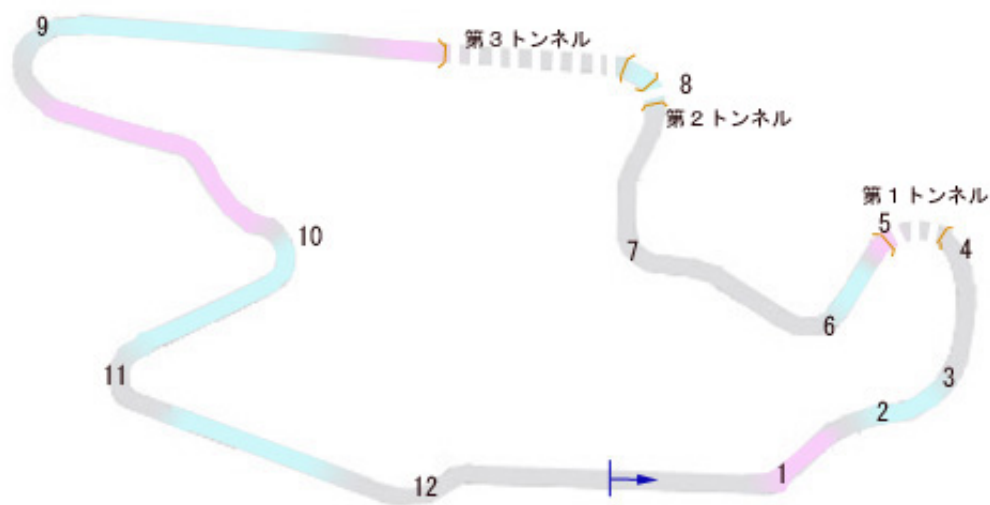


図 3.2: トライアルマウンテンサーキット
<http://www.dreamswan.com/GT5/GT5.htm>

グランツーリスモでは以前の作品から続投されているオリジナルサーキットである。木や空が良く見える景観である。高低差が非常に多いのが特徴のコースで、殆ど前方の道が確認出来ない場面などがある。ゴール手前ではスピードの出し過

ぎで転倒する危険性があるため注意が必要となる。またトンネルが多く使われていることが他のコースと違った結果を生む可能性があるため選定した。

3.1.2 モンツァサーキット

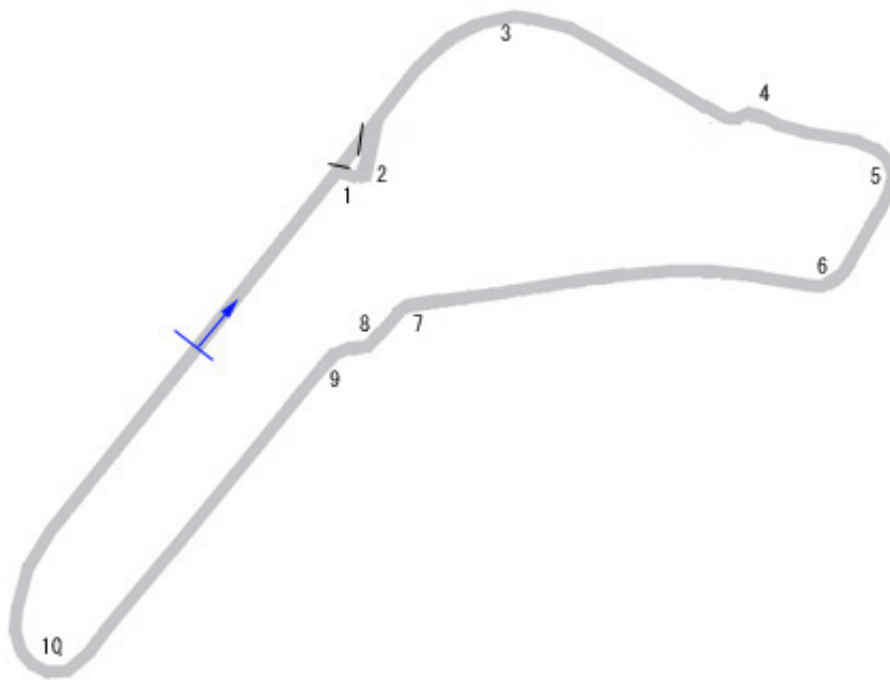


図 3.3: モンツァサーキット

<http://www.dreamswan.com/GT5/GT5.htm>

イタリア北部の都市モンツァにある歴史あるサーキットである。長いストレートが多く用意されており、スピードを出しやすい。それ故に、ブレーキのタイミングを誤りシケインに突っ込んでしまうことが多く、どこでブレーキを踏み始めるかを意識することが必須となる。ロングストレートとその後のブレーキなど実験データが比較的把握し易いため選定した。

3.1.3 筑波サーキット

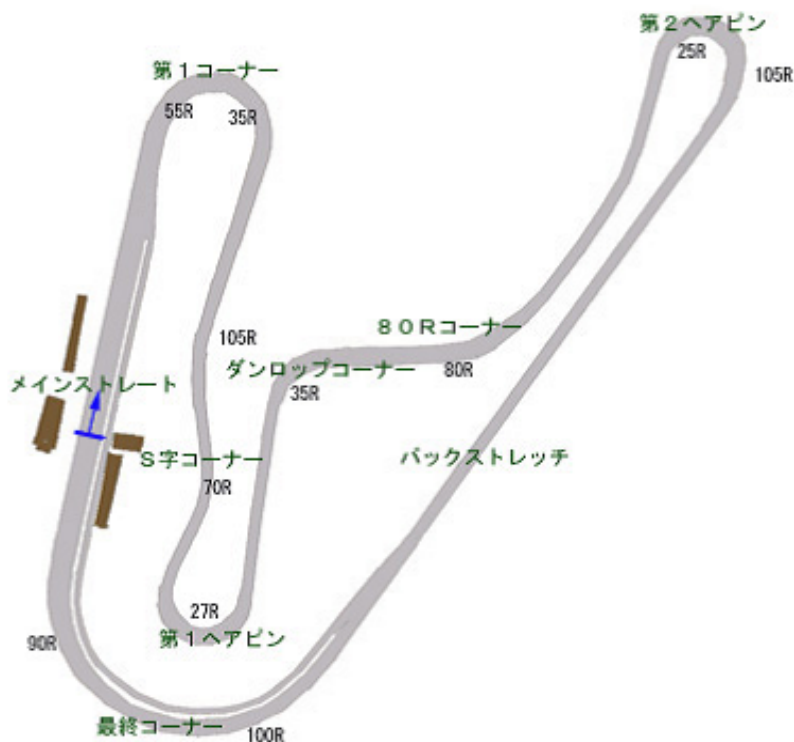


図 3.4: 筑波サーキット

<http://www.dreamswan.com/GT5/GT5.htm>

茨城県下妻市にあるモンツァ同様実在のサーキットである。コースの全長は2045.0mと比較的短く、上記の2つのサーキットと比べ比較的早く周ることができる。だが各所で適切なスピード調整が必要であり、高低差などは無いが操作に慣れていないとコースアウトしやすい。ただ視界の邪魔になるようなものなどがコース内に無く、サーキット初心者に適していることもあり選定した。

第 4 章

調査結果

まず、事前アンケートに関して全員が今までにカーレースをプレイしていたため一切していない人との差は測れなかった。次にカーレースゲームが得意かについては、全員が得意だと思わないと回答した。得意であるかどうかという質問ではよほど自信がない限り消極的な答えしか帰ってこないと考える。次に本研究で計測した脳波データの例を示す。図 4.1～4.3 は被験者 1 の各コースの脳波データである。

1 人目

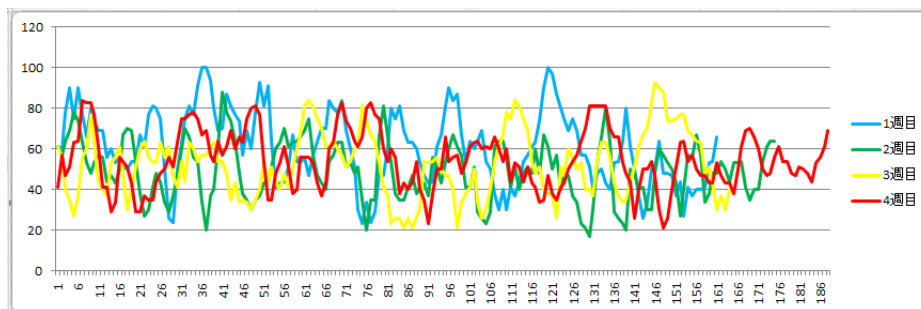


図 4.1: マウンテンサーキット

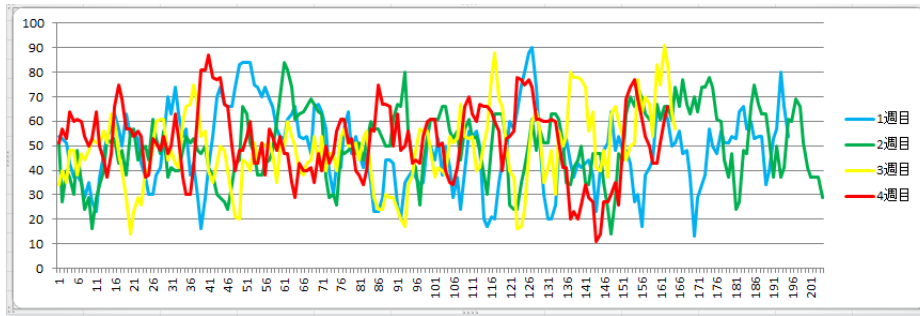


図 4.2: モンツァサーキット

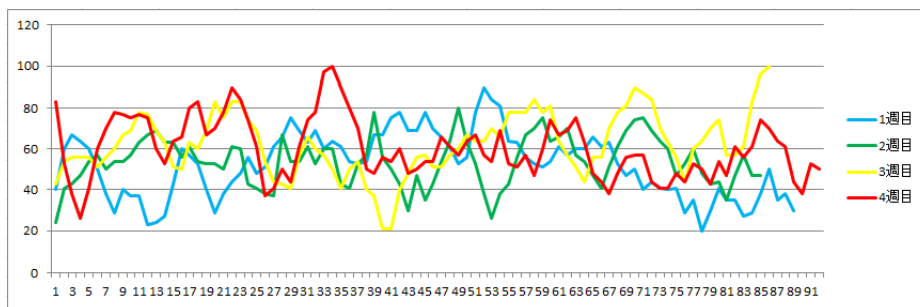


図 4.3: 筑波サーキット

グラフは横の軸が時間経過で縦の軸がリラックス度となっている。数値が高い程リラックスしている。2人目以降は巻末に付録として示す。

これらを次の3つの点に注目してリラックス度が上昇を伴いつつ高い数値に至った場面全てを動画で確認し考察した。

- リラックス度が 60 以上の数値を示した場所かつ、その上昇のトリガーを動画内で確認し、直前 3 秒のリラックス度平均より 10 以上高くなる場面。
- 上記の場所が周回を通してどう変化しているか。
- 事後調査で被験者がリラックス度の向上を感じた場面で実際に上がっているか。

4.1 全体考察

結果として一番分かりやすい結果が得られたのが直線を通った時である。直線に関しては11人11人ともリラックス度の上昇が見られた。図4.4は4週目の3人の脳波データから3つの直線区間(a),(b)(c)でのリラックスを示したものである。図4.4に関しては被験者3の区間(a)を除き直線に入ったタイミングで上昇があったのが分かる。

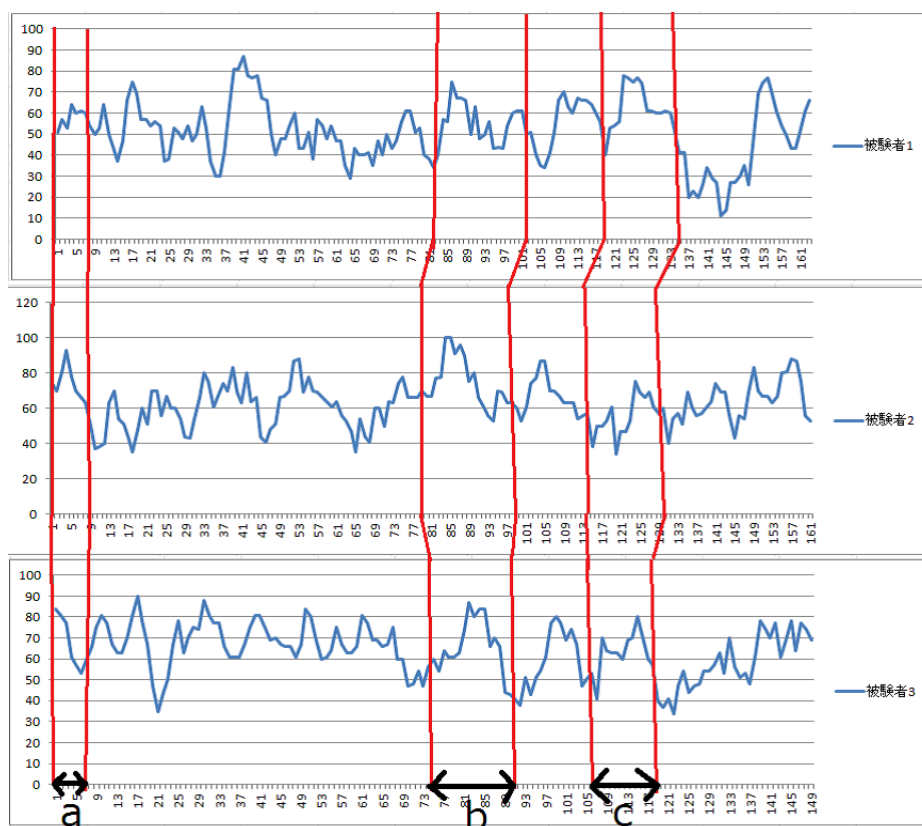


図 4.4: モンツァサーキット 4 週目

また軌道が整えられた時に関して、11人中8人のリラックス度の向上が見られた。この「軌道が整えられた時」は車の方向が一定時間まっすぐ進んでいない状態やコースアウトから復帰して直進したことを指すものとする。

図 4.5~4.7 はこれらの例でデータ開始がコースアウトや衝突したタイミングとなっている。赤い三角は軌道が整えられた瞬間である。

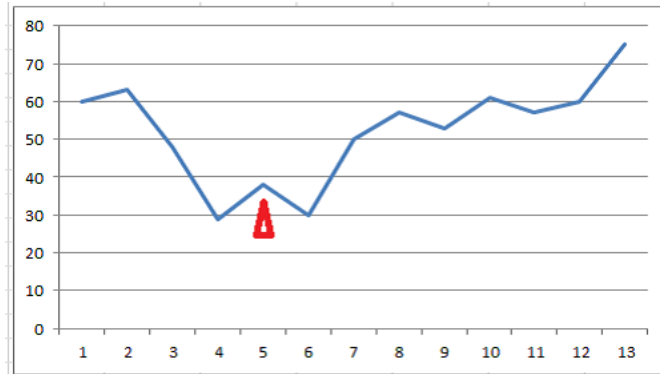


図 4.5: 被験者 2・筑波サーキット・2 週目

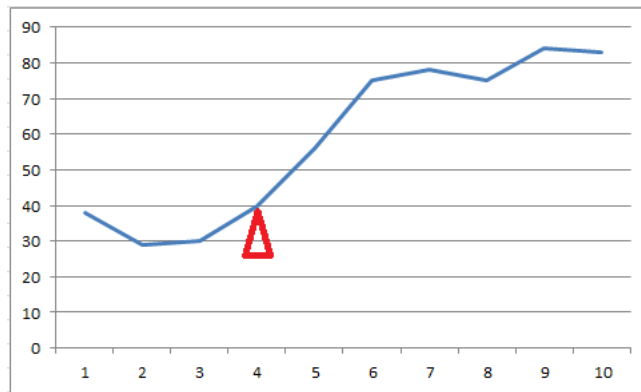


図 4.6: 被験者 6・モンツァサーキット・1 週目

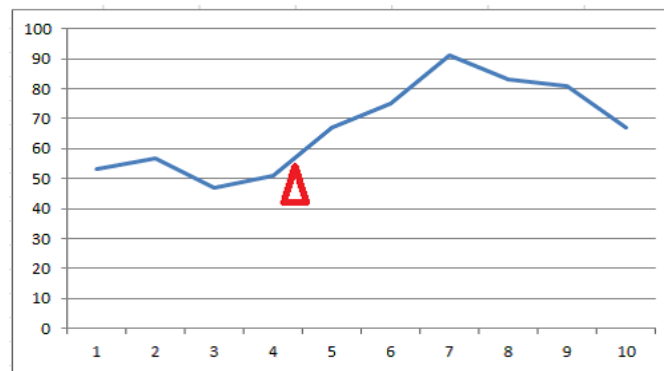


図 4.7: 被験者 7・筑波サーキット・1 週目

前回の周回より上手く出来た（技術的向上）時に関して 11 人中 6 人のリラックス度の向上が見られた。

次の図 4.8～4.10 は技術向上前がコースアウトなどをしているのに対して直後の次の周で改善された時のデータを比較したものである。全てカーブに関するデータとなっている。カーブ直前からカーブを抜けるまでの脳波である。

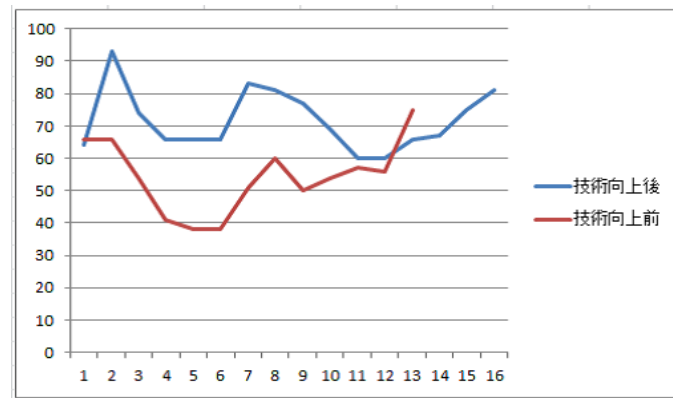


図 4.8: 被験者 3・モンツァサーキット・1、2 週目

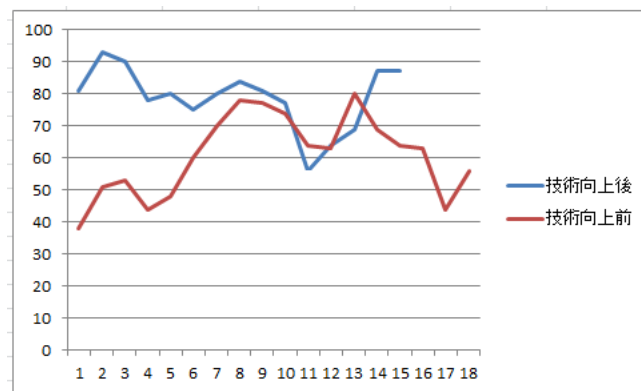


図 4.9: 被験者 4・モンツァサーキット・2、3 週目

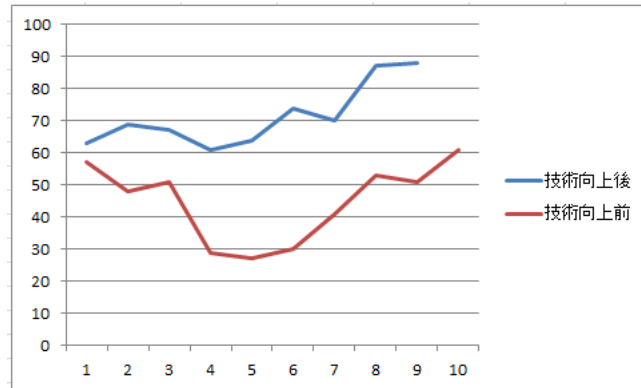


図 4.10: 被験者 9・筑波サーキット 1、2 週目

リラックス度のゲームプレイ時と平常時における高低は、11人中4人がゲームプレイによりリラックス度の向上が見られた。しかし内2人はコースによってそうでない場合が見受けられた。全てのコース平均で上昇したのは11人中2人に留まった。

4.2 コース別考察

前節で述べた通り直線、上手く曲れた場所などに対してリラックス度の上昇が見てとることができた。しかしこれらはリラックス度を測るとなった時からある程度予想のついた結果である為、複数の被験者に共通してコース上でリラックス度の上昇した部分があるかを考察した。

4.2.1 トライアルマウンテンサーキット考察

本コースで被験者間で上昇が見られた場面が2つある。ターン6からターン7のS字カーブ(以下「MT1」)と見晴らしの良い第3トンネルの後のターン9の手前(以下「MT2」)である。1つ目に関して緩やかなカーブかつ見通しのあまり良くないコーナとなっている。



図 4.11: 「MT1」の様子

このS字全体は高い数値をキープする。特に図 4.11 にある 2 つ目のトンネルが見える瞬間に関しては高い数値が出ることが分かった。「MT1」に関しては 11 人中 5 人の上昇が確認出来た。要因は立地上スピードが出せない故にやや難易度低めのカーブが最初に来ていることから、上手くカーブが曲れる状態を生み出しているからだと推測する。

図 4.12 ~ 4.14 は「MT1」通過時の脳波データである。第 1 トンネルを抜ける場所から第 2 トンネルが見えた直後までを示した。開始から 1 ~ 2 秒で「MT1」に入り最後の 2 秒は 2 つ目のトンネルに入る手前になっている。図 4.13 の被験者に関しては「MT1」に入り 10 秒前後で壁に衝突しているためか一旦リラックス度が下がっていると見られる。

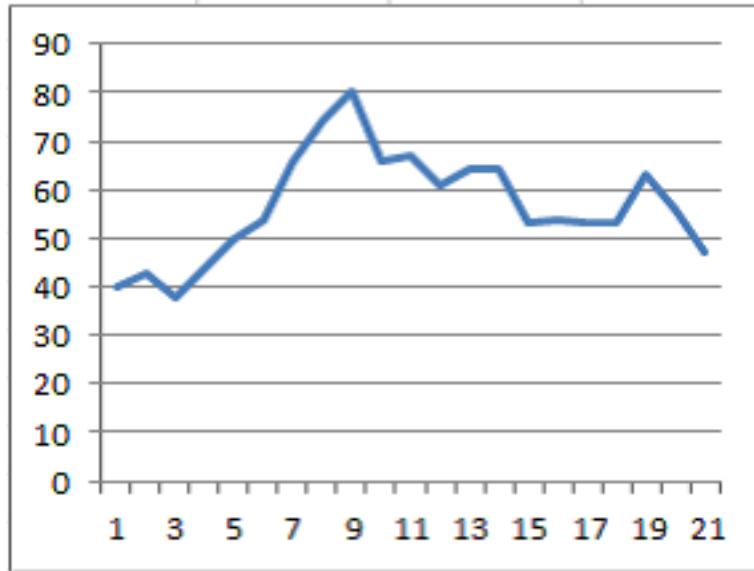


図 4.12: 被験者 4・マウンテンサーキット・4週目

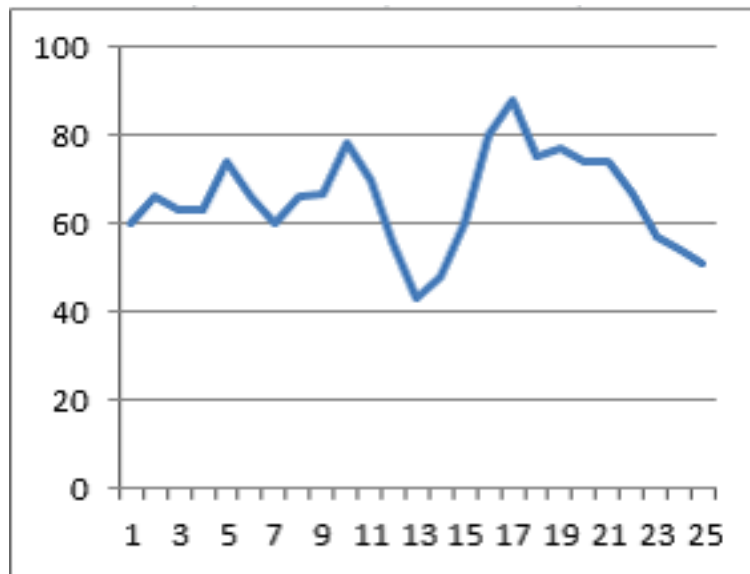


図 4.13: 被験者 5・マウンテンサーキット・4週目

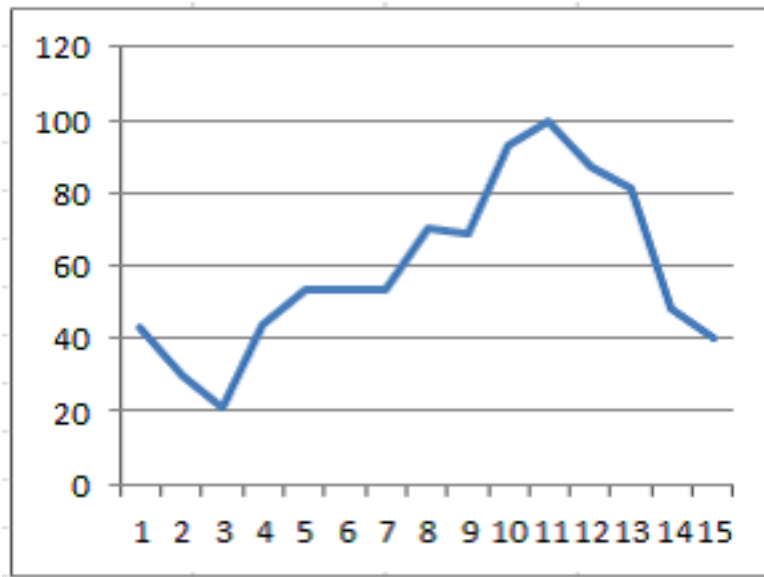


図 4.14: 被験者 7・マウンテンサーキット・1 週目

「MT2」に関しても 11 人中 5 人の上昇が確認出来た。「MT2」は直前が上り坂となっており、前方が上手く確認出来ない状態のため図 4.15 のような開けた視界が急に広がったのが上昇の理由と推測する。またこの道自体が直線であることも上昇を後押ししている。



図 4.15: 「MT2」の様子

図 4.16 ~ 4.18 では第 3 トンネルから視界が開けた後のカーブまでを示した。

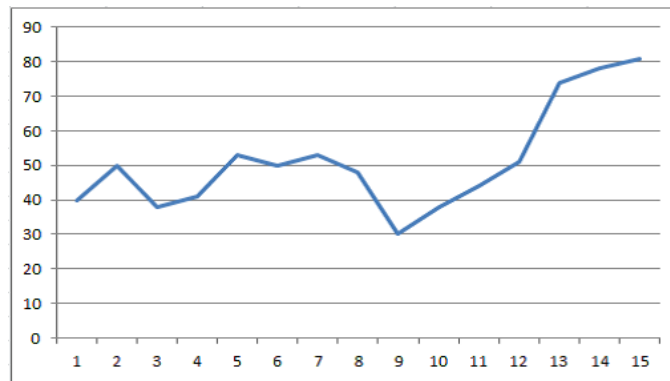


図 4.16: 被験者 3・マウンテンサーキット・2 週目

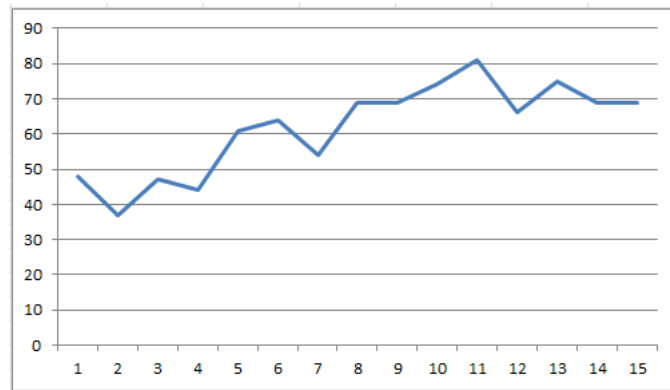


図 4.17: 被験者 5・マウンテンサーキット・4 週目

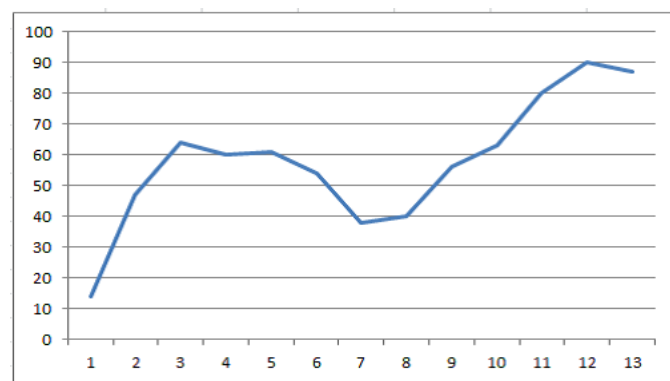


図 4.18: 被験者 7・マウンテンサーキット・1 週目

このサーキットが 3 種類のサーキットの内一番自然の豊かなステージとなっている。事後調査でのリラックス出来た場面という質問において、自然などの緑や

空の青の部分があると述べた被験者がいた。結果、その被験者は他のコース走行時より平均数値が上回る結果となった。三島ら [13] の色と脳波に関する研究において8種類の色の相対的な脳波の違いを採取した結果、性別また色ごとに脳波の変化が見られた。三島らの研究では色とリラックス度の明確な関係性について研究されていないが、コースの配色によってリラックス度の向上を促せる可能性があると考えられる。ただし本研究では色と脳波の関係性について、本題と離れてしまうためこれ以上の調査と分析は行っていない。

4.2.2 モンツァサーキット考察

モンツァサーキットは長い直線とシケインの捌きの難しさが特徴的だ。そのため4章冒頭で記述した、直線や上手く曲れたカーブに関するデータが同じような所で何度もリラックス度の上昇を示してくれた。それを除いた被験者間の共通して上がった場面は1箇所あった。コース開始後のターン1を越えた先の緩やかなカーブ(以下「MS1」)である。



図 4.19: 「MS1」の様子

MS1 では直前に非常に高難易度のシケインが用意されているほか、カーブの緩

やかさがあったかコースアウトが殆ど見られなかった。難易度の強弱の落差がとても激しいため衝突しない安心感がリラックス度の上昇に貢献した。11人中9人で最低1度以上の上昇を確認出来た。図 4.20～4.22 は図 4.19 の手前からカーブ終了までの脳波を示した。

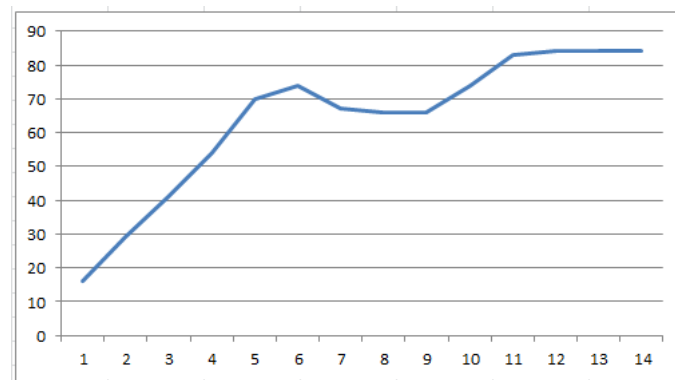


図 4.20: 被験者 1・モンツァサーキット・1 週目

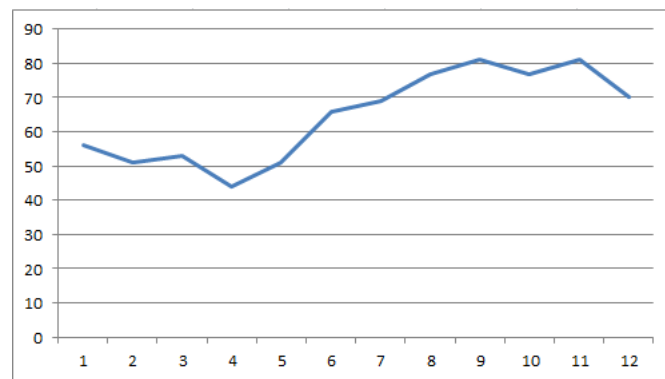


図 4.21: 被験者 3・モンツァサーキット・2 週目

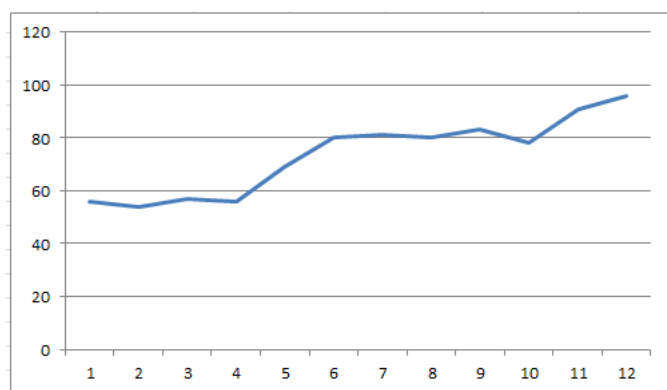


図 4.22: 被験者 7・モンツァサーキット・1 週目

4.2.3 筑波サーキット考察

筑波に関してはコースが短いためか、直線や上手く曲がれたカーブ、前周失敗した場所を成功したサンプルなど除くと被験者間で共通してリラックス度が上昇する場面が見られなかった。だが正確には部分的に共通している被験者は存在した。共通場面がないとしたのは被験者数が 11 名であるため 2、3 人の共通で結論づけるのは早計と考えたからである。

第 5 章

評価実験

4章の実験においてリラックス度の上昇を促す要因をいくつか絞ることに成功した。次にこの仮説を基にしたコースを制作し期待している場面で上昇するかどうかを実際に図り、仮説が正しいかどうかを検証する。利用したのは同ゲームに搭載されているコースメーカーという機能である。この機能は実際に自分でコースを制作することができる。かつ制作したコースを実際に走ることができる機能だ。今回コースを制作した際に利用した仮説は以下の4つである。

1. 直線
2. 難易度の緩急
3. 直線上の坂道
4. 低難易度のS字

上記の番号順にポイント1~4と命名する。これらの4つを取り入れたのが図5.1のコースである。

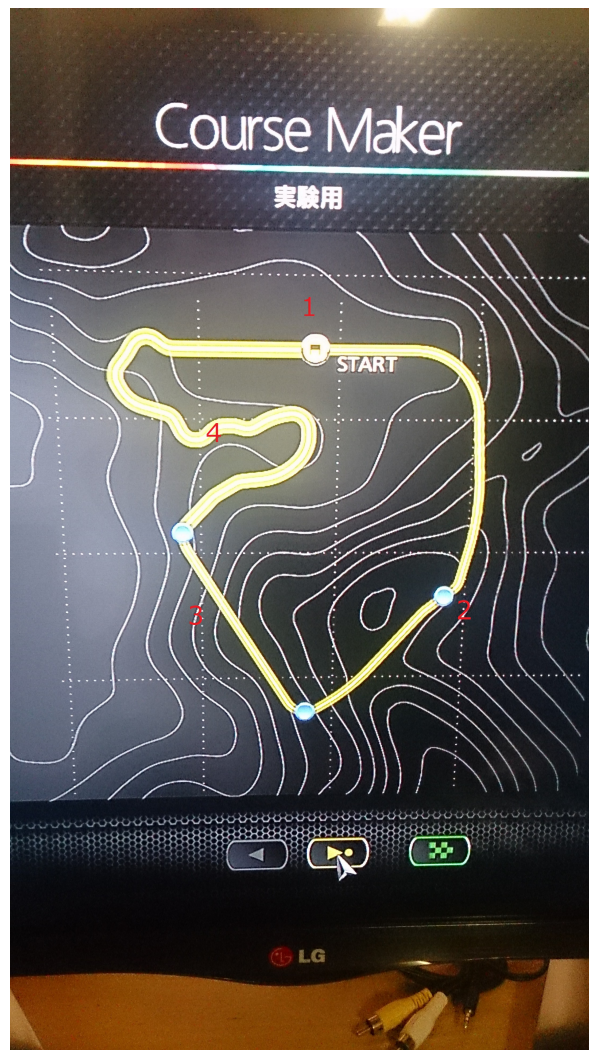


図 5.1: 実験用コース

ポイント番号と図 5.1 に示してある番号は検証する仮説を再現した場所となっている。各場所の詳細と結果は次節にて説明するものとする。

実験は前の実験で利用したアンケートに答えてもらったあと、今回は健常な大学生 6 名を対象にし、実験用コースを 4 週してもらった。実験環境や手順、コース条件に関しても一切変更点を加えず、同じ機材にて測定を行った。終了後に口頭でする質問の内容も一緒である。また事前調査のアンケートに関しては、前の実験をした被験者に関しては免除した。

5.1 検証結果

図 5.2 は被験者のリラックス度を示したものである。

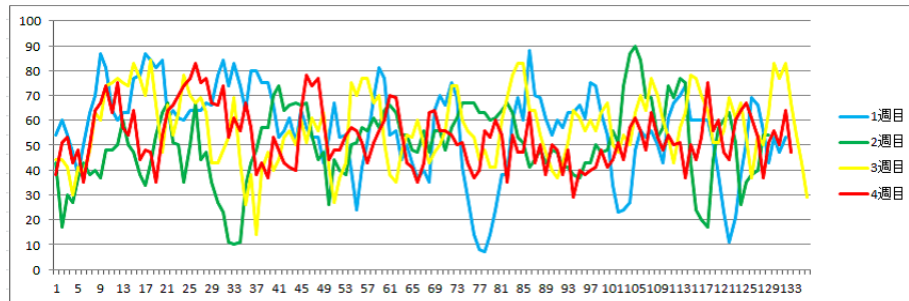


図 5.2: 被験者 1・実験用コース

他の被験者のデータは巻末に付録として示す。

平常時とプレイ時のリラックス度についてこちらでは 6 人中 1 人がプレイにより上昇した。前回の実験でもそうであったが、相対的なデータであるため正確性に欠けるが、ゲームプレイ時より平常時の方がリラックス度は高い傾向にあるのは間違いない。

事前調査は全員がゲームプレイ経験ありだが、得意ではないと回答。また運転を普段するかどうかゲームプレイ時のリラックス度の個人差として結果に影響しなかった。八田原が示した熟練者と初心者での脳活動の差に関しては、今回グランツーリスモ 5 に精通していない、ないし未プレイの被験者のみだったので、プレイングの実力差で脳波の区別は行わなかった。事後アンケートに関して難易度は 6 人中 3 人が難しいと回答した。他の 3 人は部分的に難しい、簡単などの意見があった。前の研究では全員が難しいと述べていたのでコースの難易度としては比較的下がったと考えられる。個人的にリラックスを感じた場面に関しては基本的には前の研究同様、直線という声が多かった。また「ラストスパート」、「緩やかなカーブ」など、特定の部分を述べる被験者もいた。前回の実験に関しても同様に特定の場면을上げる被験者はいたが、必ずしも上昇が見込めるとは限らなかった。また今回特定の部分を述べた被験者の該当部分を見ても同様に必ず上昇

はしないという結果となった。ただし直線に関しては、その限りではなかった。原因は直線は実際にリラックス度の上昇傾向がある上に、リラックス度の上昇しやすい場所という質問に関して一番出易い答えだったからであると思われる。被験者が感じたリラックスの上昇は実際に脳波に現れているかどうかに関して、結論を断言できる程の結果は得られなかった。

5.1.1 ポイント別考察

各被験者および各周回での時間軸上のポイントの位置はそれぞれ異なってくる。そのため前の実験同様、動画から比較するポイントのタイムを算出しグラフから切り出して比較するものとした。図 5.3 は被験者 4~6 の 1 週目のゴール地点手前のポイント 1 から 2 週目の区間を比較したものである。区間 (a) ~ (d) はそれぞれポイント 1~4 に該当する。(a) は直線の始まりから終わりまで (b) はカーブの前後 (c) は坂道の頂上前後 (d) は S 字区間となる。

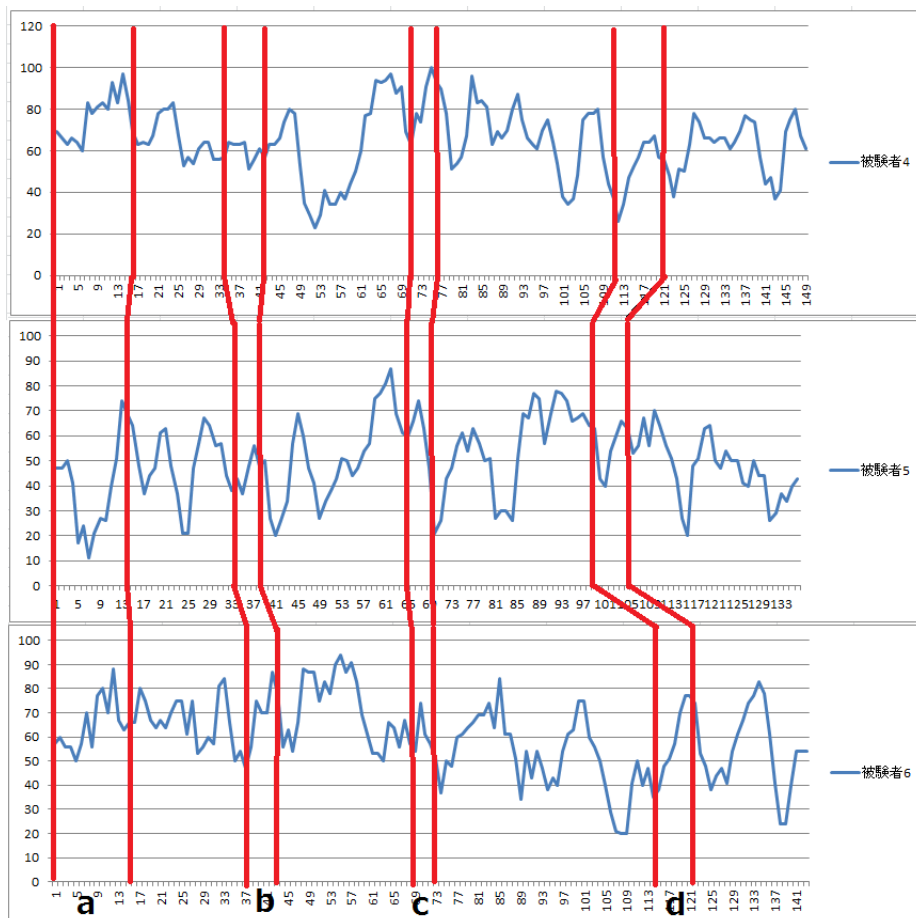


図 5.3: 被験者 4~6・実験用コース・2 週目

5.1.1.1 ポイント 1

ポイント 1 は長い直線を再現した。場所はコースの終盤と序盤を繋ぐ、スタートラインを挟んだ場所にある。図 5.4 はポイント 1 の様子である。



図 5.4: ポイント 1 の様子

ポイント 1 はスタートにある特性上始まってすぐにここを迎えることになる。今回は 1 週目のポイント 1 のサンプルにおいては排除して考察した。結果 6 人中 6 人が最低 1 回の上昇を確認出来た。以降のポイントの考察でもそうだが、上昇が見込める構成にしたため、どの程度の確立で上がっているかに重点を置く。6 人で 4 週走り、内 1 週目を除外するため 18 週のサンプルがあり内、上昇が見られたのは 13 個となった。つまり約 7 割近くの直線でリラックス度の上昇が見られた。図 5.5 は被験者 1~3 の 4 週目のポイント 1 に入る 3 秒前からの脳波である。黒線 (a) はポイント 1 に入ったタイミングである。図 5.5 の被験者のように直線走行中常に高い数値のキープをするのではなく、直線に入った直後などに一気に高い数値を出すケースが多く見られた。つまり直線を走ることがリラックス度の上昇に起因するのではなく、直線に入った、直線を走れるという認識がリラックス度を生むと考えられる。

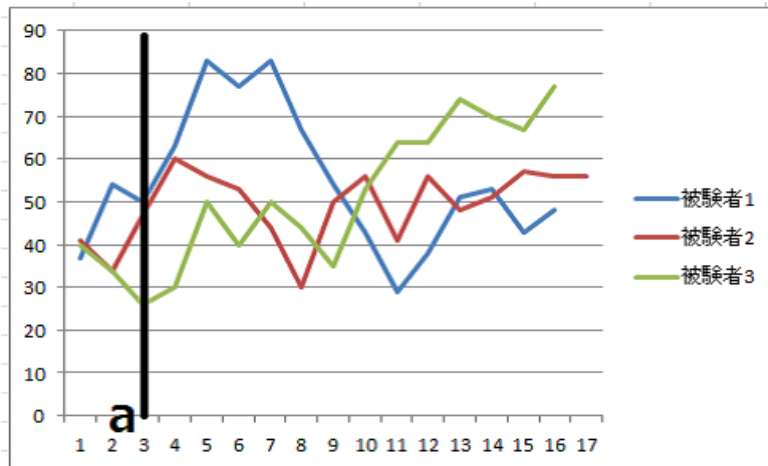


図 5.5: 被験者 1~3・実験用コース・4 週目

5.1.1.2 ポイント 2

ポイント 2 は難易度の緩急を付けたコースになっている。モンツァサーキットにあった MS1 に比べると高難易度ではないが効果が見られた。図 5.6 はポイント 2 の様子である。



図 5.6: ポイント 2 の様子

結果としてこちらも 6 人中 6 人が最低 1 回の上昇を確認出来た。また 24 週中 12

回とちょうど半分確認することができた。ポイント2のリラックス度の上昇の要因は高難易度コーナーでの失敗によりリラックス度が低下したことであると推測する。図5.7はポイント2の一例である。青印は高難易度と設定した場面で体勢を崩し、赤印は低難易度場面に入った場面である。コースアウトはしていない。4章で述べた軌道を整えられた場面での上昇にも言えるが、軌道が崩れたタイミングでの低下も起因している。

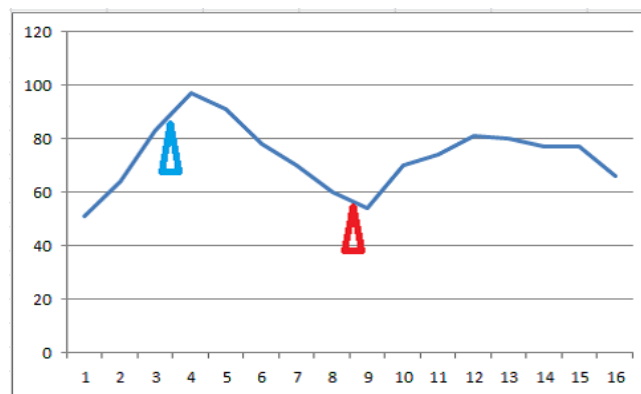


図 5.7: 被験者 4・実験用コース・1 週目

5.1.1.3 ポイント3

ポイント3はトリアルマウンテンサーキットにあったMT2を再現した。形状は直線となっている。上り坂から始まり下り坂で終わる山状の区間である。直線上の坂道を登った後の頂上における視界の広域化の効果を検証した。図5.8はポイント3の頂上での様子である。



図 5.8: ポイント 3 の様子

こちらは 6 人中 5 人の上昇が見られ、24 週中 11 週で効果が見られた。

図 5.9 は、被験者 1 のポイント 3 における上り坂の始まりから下り坂終わり直後にあるカーブ突入までを 4 週分示したものである。被験者の、どの周回のリラックス度においても下り坂の終わりに下がる傾向があった。また 11 週のサンプル中 8 個が頂上付近で一番リラックス度が上がった。注意として図 5.9 からわかるとおり被験者 1 の 4 週目は前述したリラックス度の相対的な向上の条件を満たしていないのでサンプルには含まれていない。ここで図 5.9 として使ったのは例として取り上げるためである。

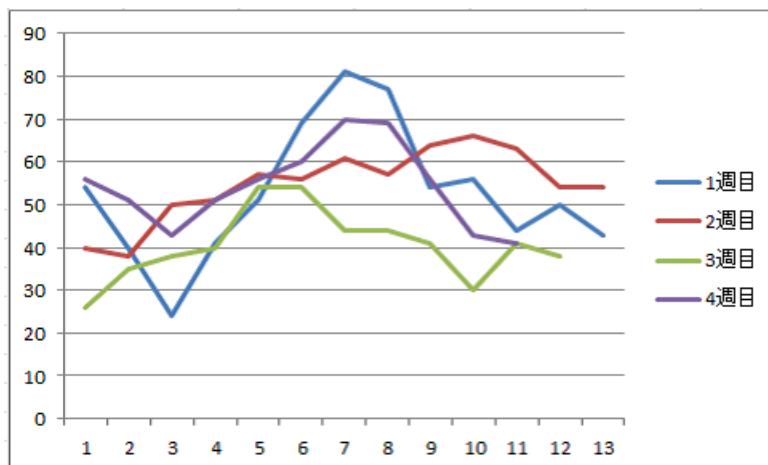


図 5.9: 被験者 1・実験用コース

5.1.1.4 ポイント 4

ポイント 4 はトリアルマウンテンサーキットの MT1 の S 字を再現した。直前で急なカーブを設けることで低速を促し、低難易度で曲りやすいことを目的とした。図 5.10 はポイント 4 の様子である。



図 5.10: ポイント 4 の様子

ポイント 4 では 6 人中 6 人の上昇が確認できたが上昇した周回数 24 週中 10 週と

いう結果になった。リラックス度の上昇した数はポイント中最も少なかった。図 5.11～5.13 はポイント4での脳波で、赤線はS字区間を示したものである。

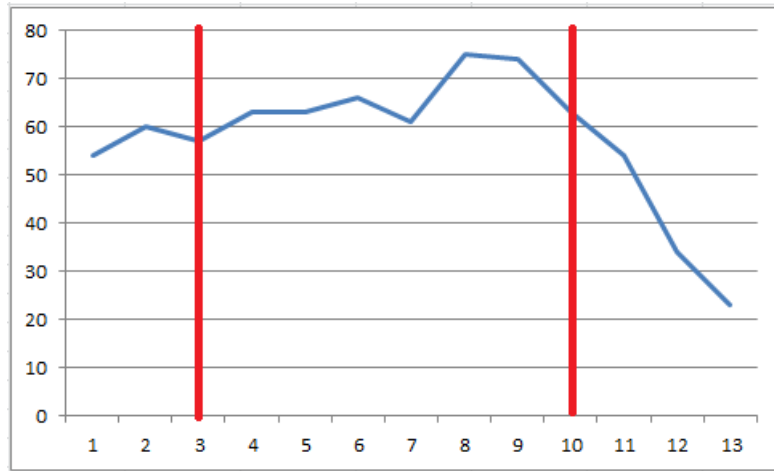


図 5.11: 被験者1・実験用コース・1週目

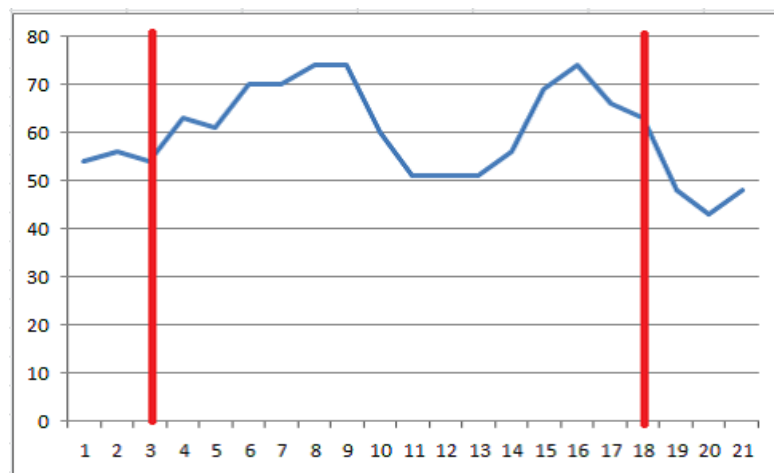


図 5.12: 被験者2・実験用コース・1週目

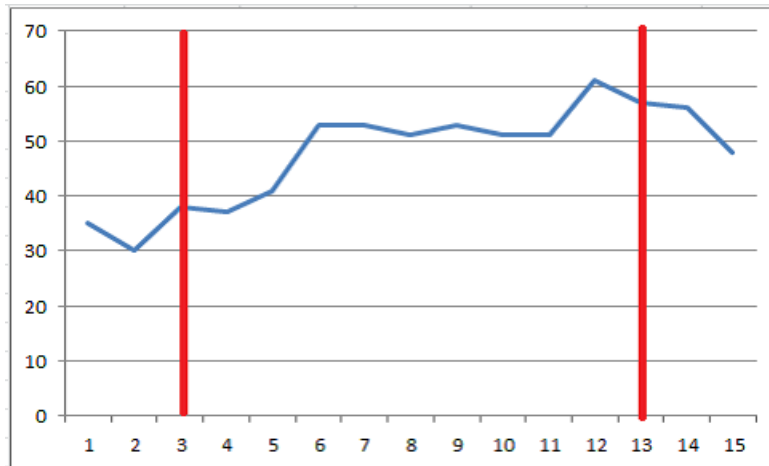


図 5.13: 被験者 2・実験用コース・3 週目

5.1.2 総括

事前の実験からリラックス度の上昇を起こす要因に仮説を立て、今回の実験ではその仮説を取り入れたコースを制作し、再度リラックス度の計測を行った。結果としてコース上の直線によってリラックスの上昇を促すことが分かった。効果として7割近いリラックス度の上昇が促せた。次に強かったのは難易度の緩急を持たせることで、難易度を意図的に緩急を付けた場面において半分で上昇を確認できた。ただしこの上昇の原因は高難易度場面での失敗によってリラックス度の低下したことが大きく起因しているとみられる。他の二つの要素である、坂道を利用した視界の広域化と、低難易度のS字に関してどちらも全ポイントの半分以下の数の上昇が確認できた。広域化に関しては被験者によっては一切リラックス度の上昇が見られなかった。この二つに関しては4割近い上昇が確認できた。技術的向上に伴うリラックス度の上昇に関してはこの実験ではほぼ確認ができなかった。

第 6 章

まとめ・展望

実験の結果、ゲームのプレイに伴い脳波に基づいたリラックス度の値が変化していることが分かった。またその変化のうちリラックス度の上昇に着目した際、ゲーム内の一定のタイミングで上がりやすくなることが判明した。最終実験のコース検証によって 50 %以上の確立でリラックス度を上昇させられると認められたのは「直線に入ったタイミング」、「難易度の緩急、または高難易度における失敗後のリカバリータイミング」であった。これにより緩急のついたゲームの制作において、リラックス度を利用する際の一つの指標として脳波により数値的な裏づけを取ることになった。

だが岡庭のような集中度を利用したものに比べるとリラックス度の計測は結果が得られにくく、集中度の方が指標として向いている結果となった。しかしリラックス度においてもゲーム内での変動を伴い、そこから上昇のトリガーを発見することができた。

展望として、リラックス度を実際にゲーム上に取り入れることにより、プレイヤーがよりいっそう楽しむことができたかどうかまで調査するのが望ましい。またリラックス度を利用した他のジャンルのゲームの分析にも期待したい。

謝辞

本研究を進める上で、ご指導、ご助言を頂いた、渡辺大地講師、三上浩司准教授、Mindset の利用にあたり操作説明、ご相談をさせて頂いた照井先輩、研究室で常に支えてくれたゲームサイエンス、院生、被験者の皆様に謝意を表します。

参考文献

- [1] 進藤翔太. 道路環境の安全性の脳波による評価. 卒業論文・計画マネジメント・皆川研究室, 1992.
- [2] Kenneth Chan. Measuring interest in linear single player fps games. 修士論文, 2011.
- [3] 生杉直也. プレイヤーの脳波分析によるリズムゲームのレベル設計支援. 卒業論文, 2011.
- [4] 植村恭平・松下宗一郎. ゲームプレイの客観評価に関する検討脳波とコントローラ操作量の相関について. 一般社団法人情報処理学会, 全国大会講演論文集, 2012.
- [5] 岡庭浩司. レースゲームにおける脳波の変化に基づく難易度設定の研究. 卒業論文, 2011.
- [6] . Mindset 取扱説明書. http://developer.neurosky.com/docs/lib/exe/fetch.php?media=mindset_instruction_manual_jp.pdf. 参照: 2015-2-13.
- [7] 八田原慎悟. テレビゲームの熟達における脳活動の分析. 修士論文・情報処理学会論文誌・関西学院大学大学院 理工学研究科, 2008.
- [8] MindWave Mobile. 脳波測定マニュアル. <http://eeg.cloudcomputing-navi.com/denkyoku.html>. 参照: 2015-2-13.

- [9] . 奈良臨技生理機能検査部門「脳波の手習い」シリーズ. http://naraamt.or.jp/Academic/kensyuukai/2005/kirei/nouha_mon/nouha_mon.html. 参照: 2015-2-13.
- [10] MindWave Mobile. 脳波測定ヘッドセット MindWave Mobile 簡単使い方マニュアル. http://cdn.internal.co.jp/assets/files/support/MindWaveMobile/pdf/MindWaveMobile_manual.pdf. 参照: 2015-2-13.
- [11] . NeuroSky. <http://www.neurosky.jp/>. 参照: 2015-2-13.
- [12] コトバンク. 「ピットイン」デジタル大辞泉の解説. <https://kotobank.jp/word/%E3%83%94%E3%83%83%E3%83%88%E3%82%A4%E3%83%B3-610961>. 参照: 2015-2-13.
- [13] 三島孔明. 色彩に対する脳波の経時的特性に関する研究. 社団法人日本造園学会, 1992.

付録 A

2人目

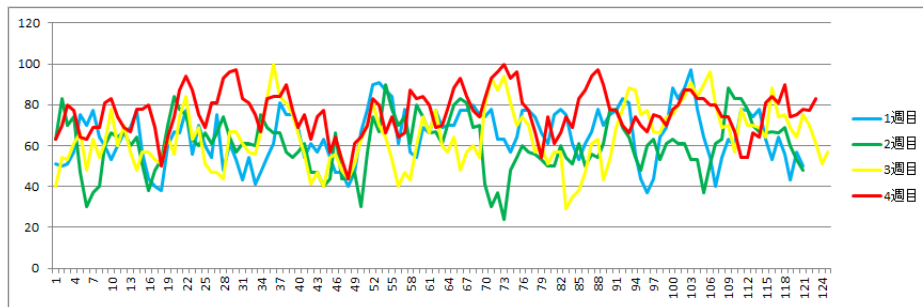


図 A.1: マウンテンサーキット

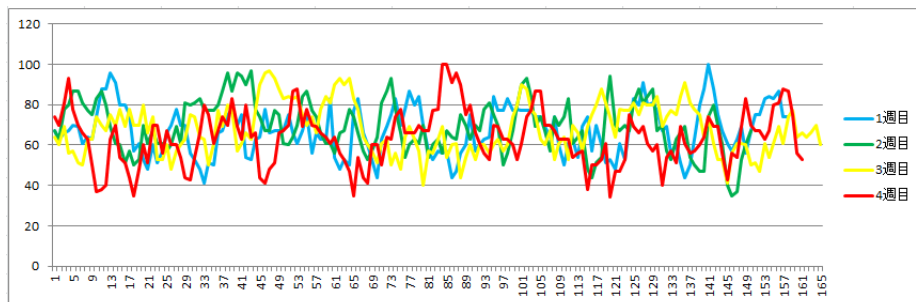


図 A.2: モンツァサーキット

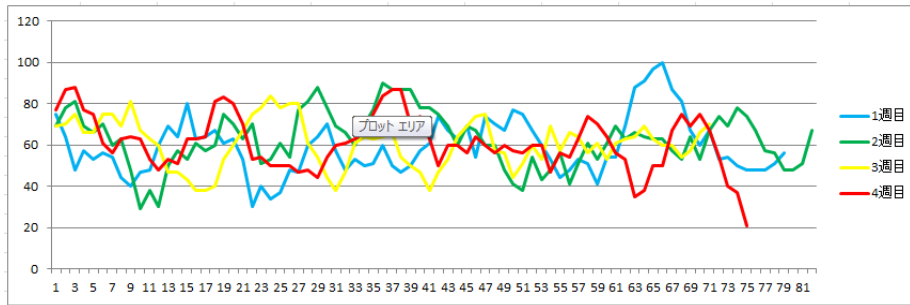


図 A.3: 筑波サーキット

3人目

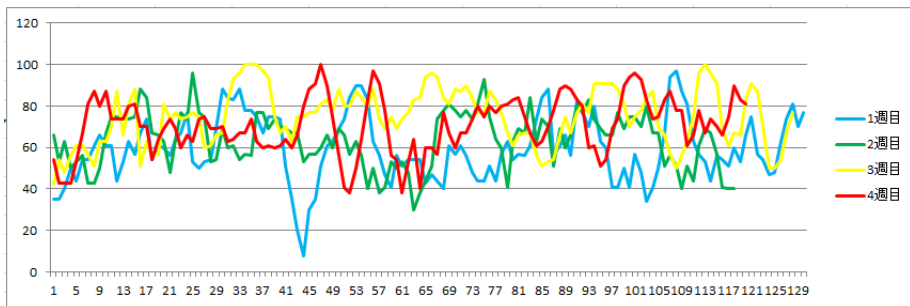


図 A.4: マウンテンサーキット

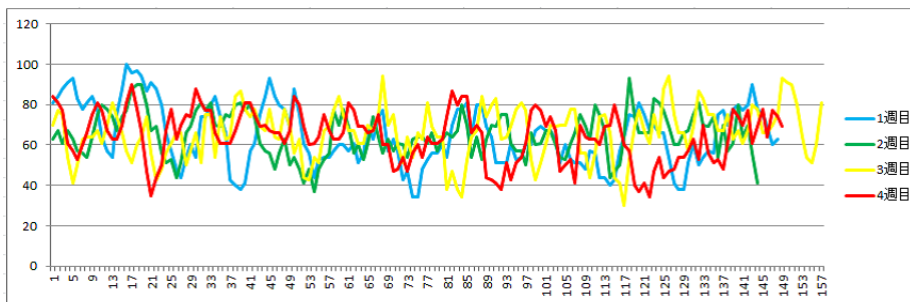


図 A.5: モンツァサーキット

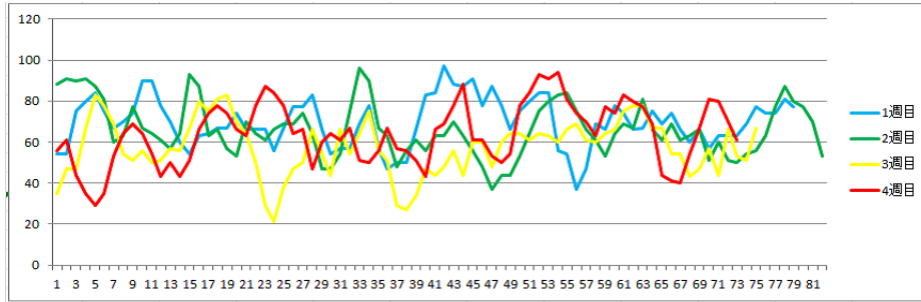


図 A.6: 筑波サーキット

4人目

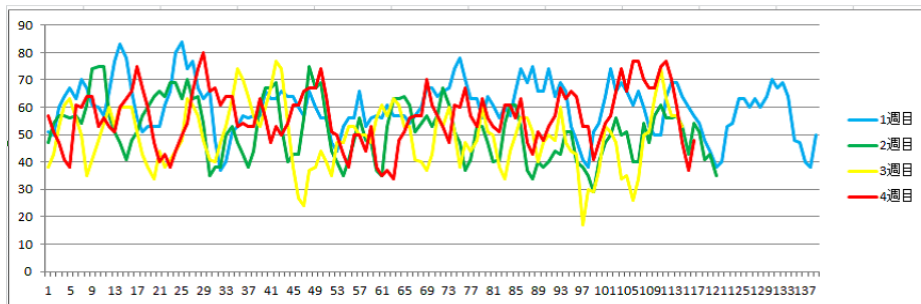


図 A.7: マウンテンサーキット

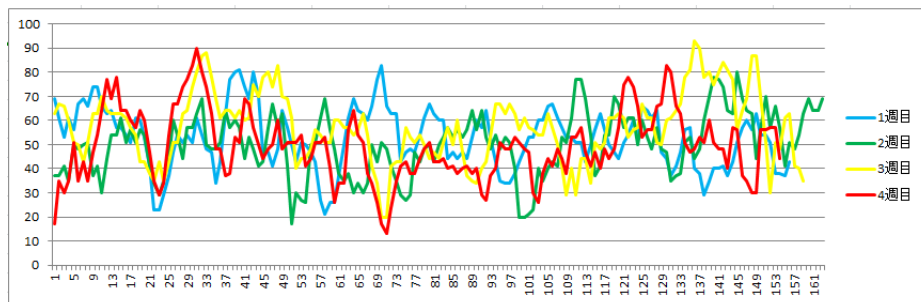


図 A.8: モンツァサーキット

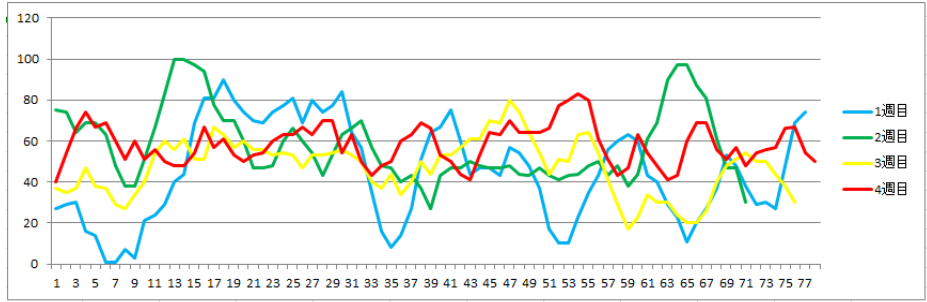


図 A.9: 筑波サーキット

5人目

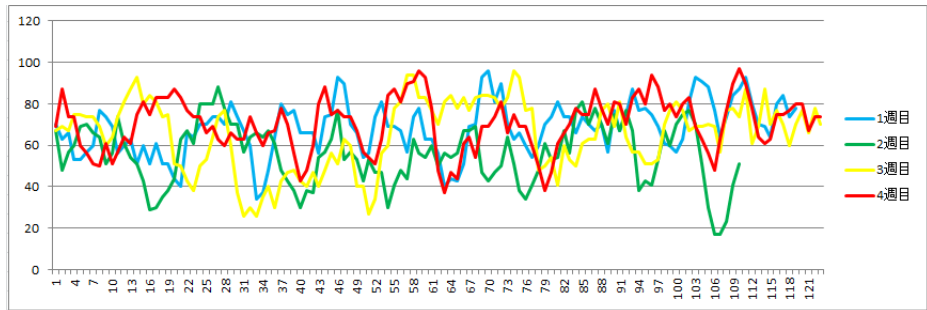


図 A.10: マウンテンサーキット

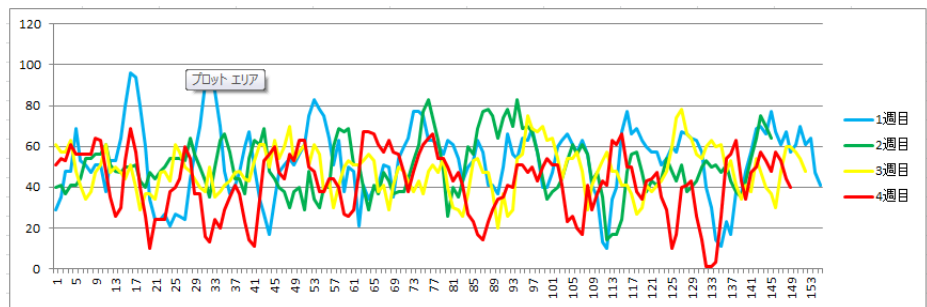


図 A.11: モンツァサーキット

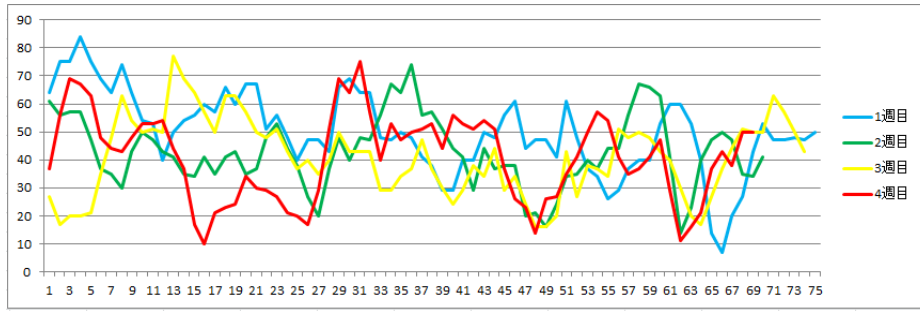


図 A.12: 筑波サーキット

6人目

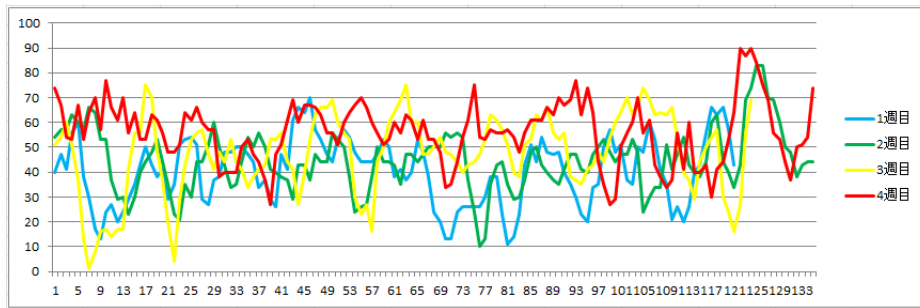


図 A.13: マウンテンサーキット

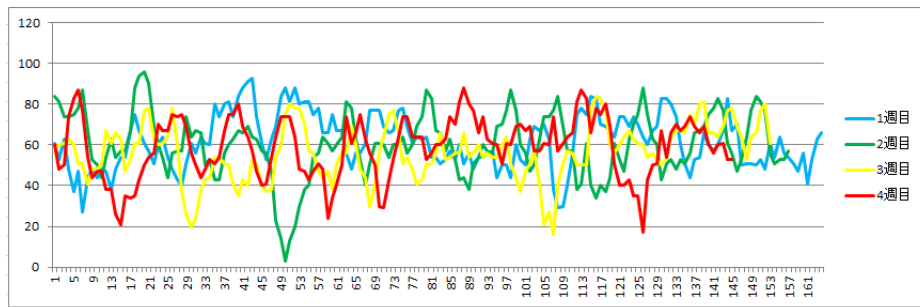


図 A.14: モンツァサーキット

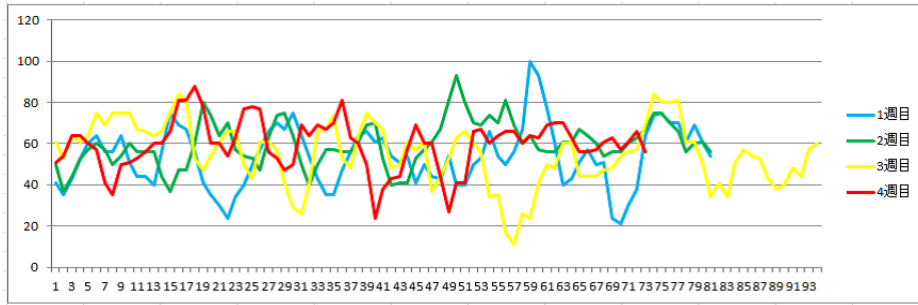


図 A.15: 筑波サーキット

7人目

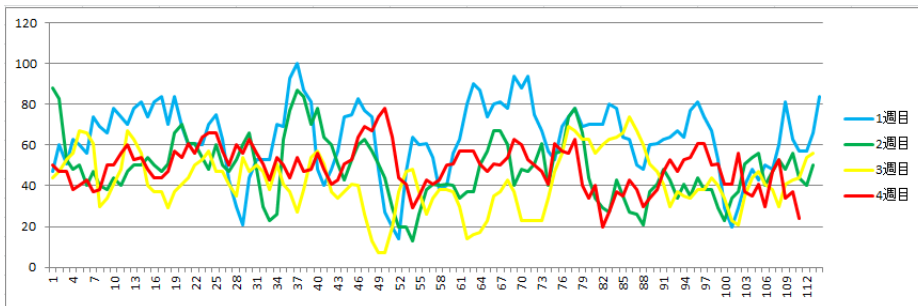


図 A.16: マウンテンサーキット

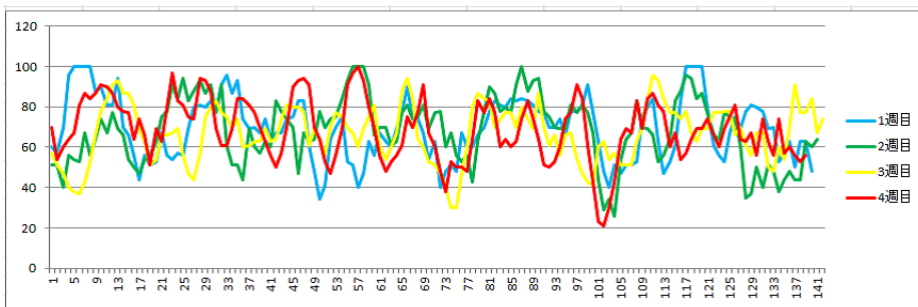


図 A.17: モンツァサーキット

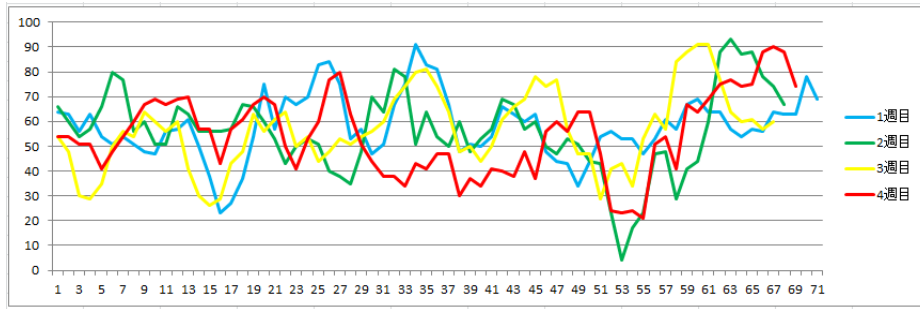


図 A.18: 筑波サーキット

8人目

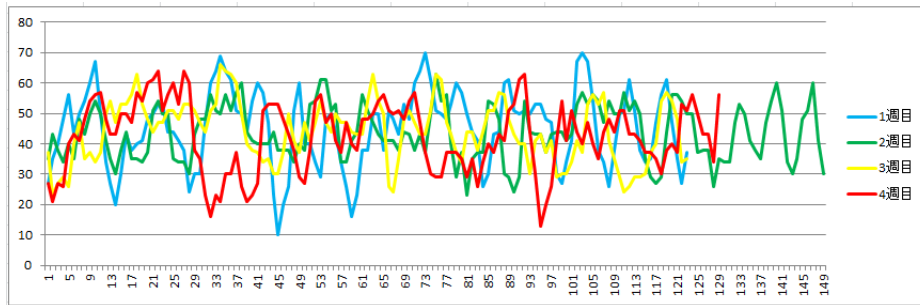


図 A.19: マウンテンサーキット

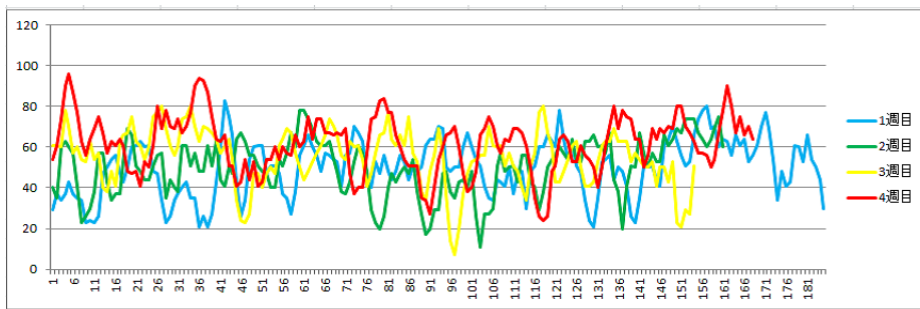


図 A.20: モンツァサーキット

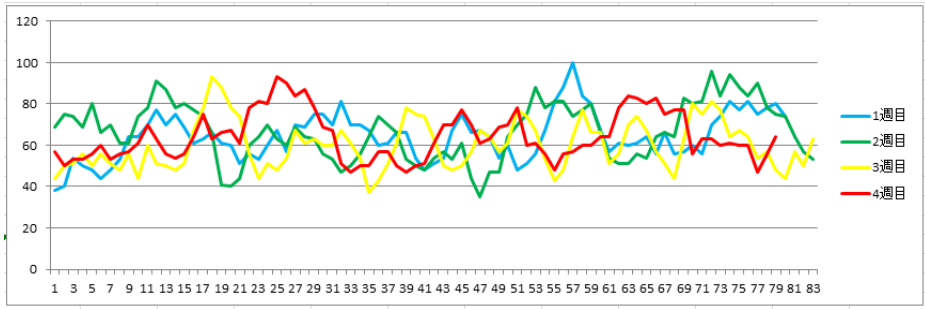


図 A.21: 筑波サーキット

9人目

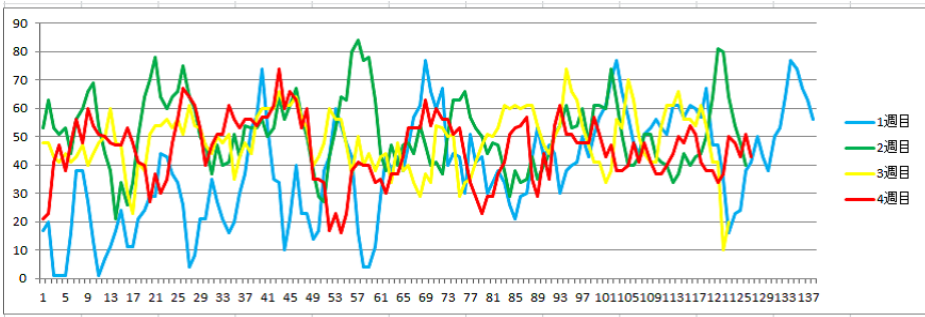


図 A.22: マウンテンサーキット

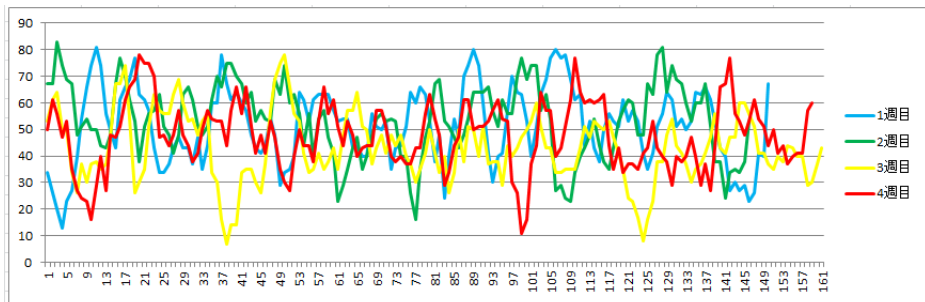


図 A.23: モンツァサーキット

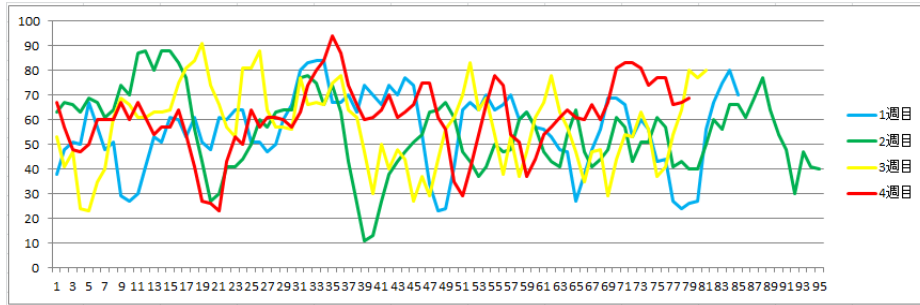


図 A.24: 筑波サーキット

10人目

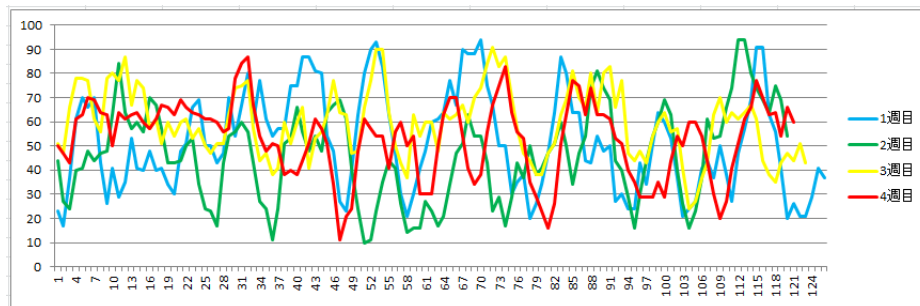


図 A.25: マウンテンサーキット

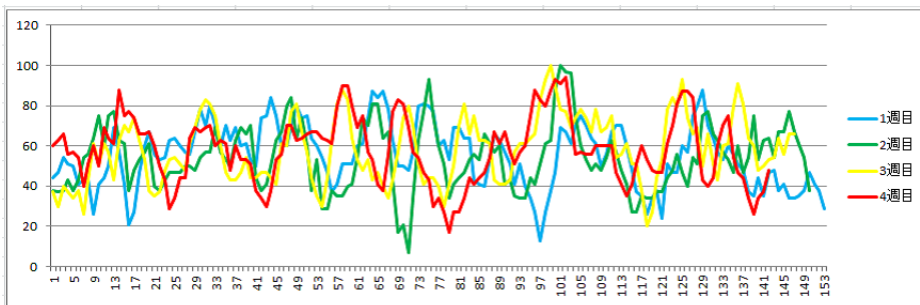


図 A.26: モンツァサーキット

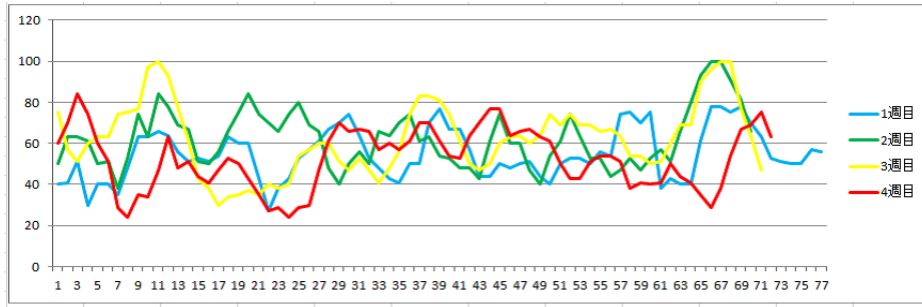


図 A.27: 筑波サーキット

11人目

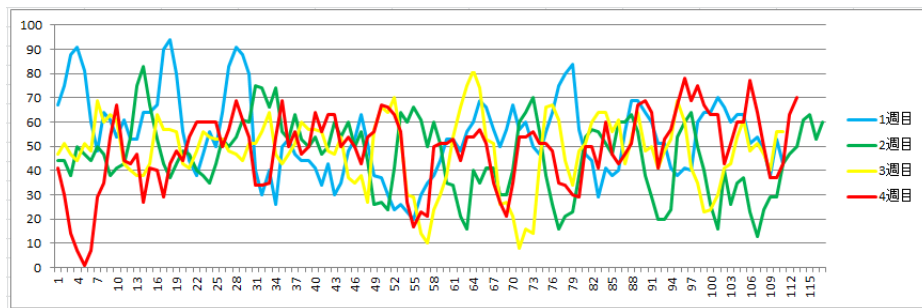


図 A.28: マウンテンサーキット

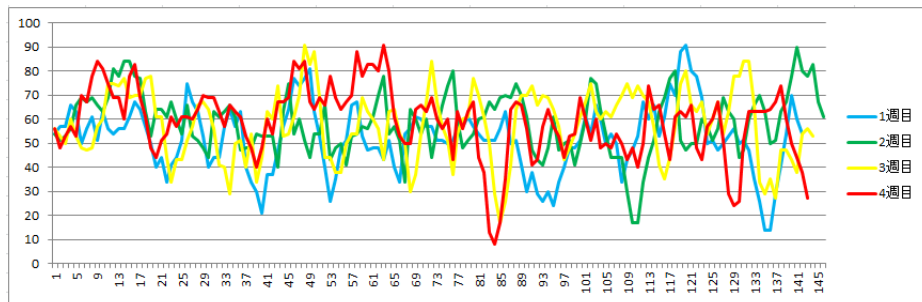


図 A.29: モンツァサーキット

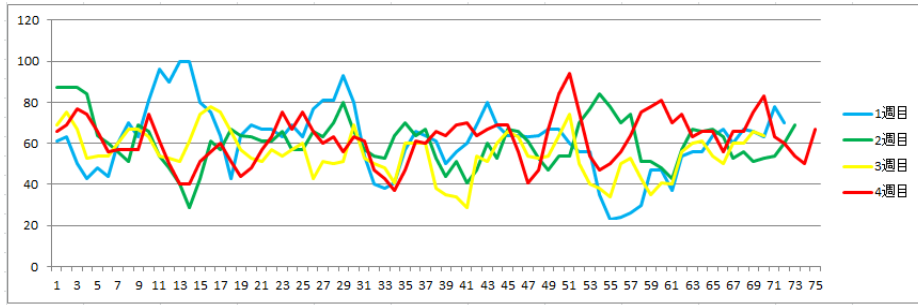


図 A.30: 筑波サーキット

検証実験

2人目

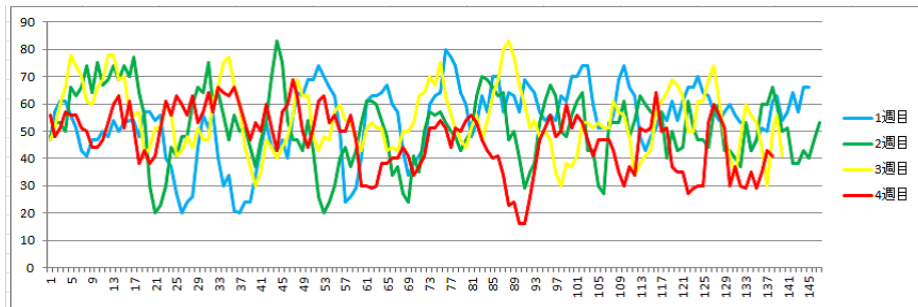


図 A.31: 被験者 2・実験用コース

3人目

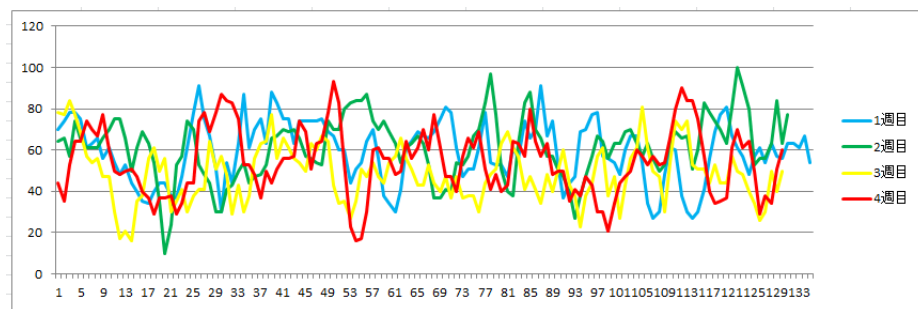


図 A.32: 被験者 3・実験用コース

4人目

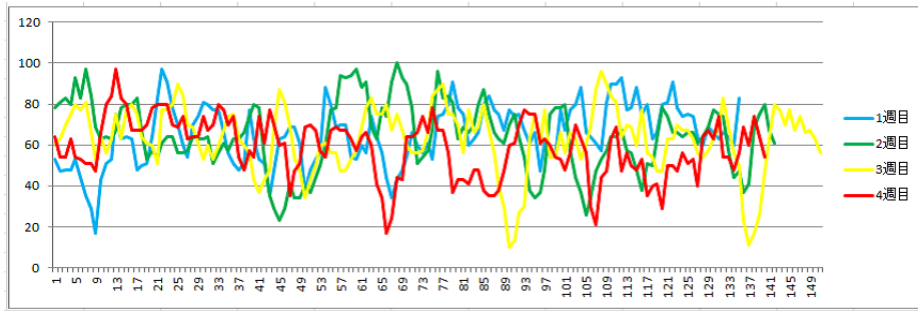


図 A.33: 被験者 4・実験用コース

5人目

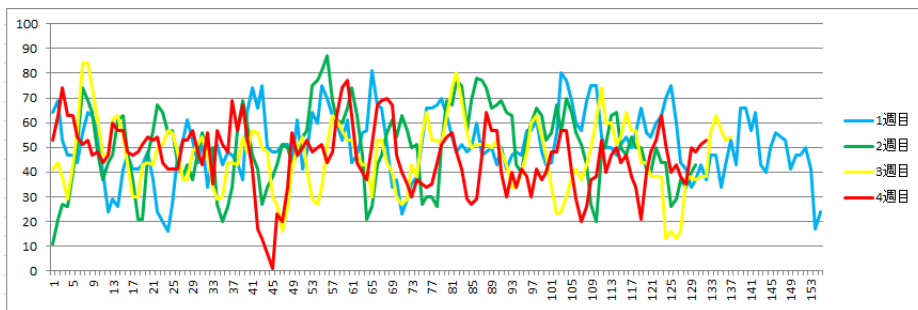


図 A.34: 被験者 5・実験用コース

6人目

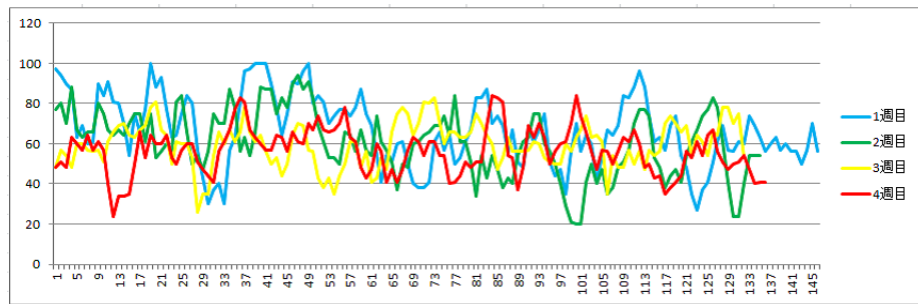


図 A.35: 被験者 6・実験用コース