

Title	推論が知覚的正当化に与える役割
Author(s)	大久保, 亘哲
Citation	
Issue Date	2026-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	https://hdl.handle.net/10119/20470
Rights	
Description	Supervisor:水本 正晴, 先端科学技術研究科, 修士(知識科学)

修士論文

The Role of Inference in Perceptual Justification

大久保 亘哲

主指導教員 水本 正晴

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術専攻
(知識科学)

令和 8 年 3 月

Abstract

The present study investigates the debate between inferentialism and dogmatism in perceptual justification by examining learning and calibration processes in an illusion-based size judgment task with feedback. Inferentialism holds that perceptual justification depends on inferential relations among beliefs and can be revised in light of experience, whereas dogmatism emphasizes the immediate and resilient justificatory force of perceptual appearances. Although this debate has been extensively discussed in philosophy, empirical evidence directly bearing on these positions remains limited.

To address this issue, the study adopted a two-stage experimental design. In a pilot study (Study 1), the Smallest Effect Size of Interest (SESOI) was defined as an a priori criterion for interpreting results in the main experiment, thereby avoiding post-hoc evaluation based solely on statistical significance. In the confirmatory study (Study 2), participants performed a repeated size adjustment task under conditions manipulating the presence of a color-induced illusion and the availability of trial-by-trial feedback. Preregistered mixed-effects models were used to examine whether feedback was associated with systematic changes in illusion-related errors across trials.

The results showed that, in conditions where an illusion was present, a reduction in illusion-related error across trials was statistically detectable only when feedback was provided. However, this reduction was neither uniform nor complete, and illusion effects persisted throughout the task. Moreover, no comparable learning trend was observed in non-illusion conditions. Analyses of confidence judgments further revealed that calibration between confidence and perceptual accuracy was unstable and strongly dependent on outlier treatment, suggesting that reductions in perceptual error did not reliably coincide with adjustments in metacognitive confidence.

Importantly, comparison with the predefined SESOI indicated that although the observed reduction in illusion-related error was statistically detectable, it did not consistently exceed the threshold for a theoretically meaningful minimal effect. Taken together, these findings suggest that perceptual judgments can be influenced by inferential cues under specific conditions, while also highlighting the robustness of perceptual appearances emphasized by dogmatism. Rather than providing straightforward support for either inferentialism or dogmatism, the present study indicates that perceptual judgment exhibits distinct features emphasized by each position at different explanatory levels.

目次

第1章 序論	1
1.1. 研究背景	1
1.2. 研究目的	2
1.3. 研究仮説	2
第2章 パイロット実験.....	4
2.1. 実験方法	4
2.1.1. 実験参加者.....	4
2.1.2. 実験デザイン.....	4
2.1.3. 従属変数.....	7
2.1.4. 外れ値の処理.....	8
2.1.5. SESOIの計算方法.....	8
2.2. 実験結果	8
2.2.1. 記述統計.....	8
2.2.2. 基準値の分散.....	11
2.2.3. SESOIの値.....	12
2.2.4. 本実験 (Study 2) の設計.....	12
第3章 本実験.....	13
3.1. 実験方法	13
3.1.1. パイロット実験と比較した際の類似点と相違点の概要.....	13
3.1.2. 実験参加者.....	13
3.1.3. 主分析の方法.....	13
3.1.4. 外れ値処理.....	14
3.2. 実験結果	14
3.2.1. 記述統計.....	14
3.2.2. 錯視介入条件.....	16
3.2.3. 錯視非介入条件.....	17
3.2.4. 錯視介入条件における自信.....	17
3.2.5. 錯視介入条件における較正.....	18
3.3. 考察.....	18
3.3.1. 主結論.....	18
3.3.2. 錯視介入条件での較正の制限.....	19
3.3.3. SESOIに関する解釈.....	20
第4章 総合考察	21
第5章 結論	22
5.1. 本研究の結論	22
5.2. 本研究の意義	22
5.3. 本研究の限界	23
5.4. 今後の展望.....	23

参考文献.....	24
謝辞.....	25

図目次

図 1. 錯視介入・フィードバックあり条件における課題の画面	5
図 2. 図 1 への回答後に表示される、フィードバックの画面.....	6
図 3. Study 1 の錯視介入・フィードバックあり条件における 調整誤差と錯視誤差.....	9
図 4. Study 1 の錯視非介入・フィードバックあり条件における 調整誤差.....	9
図 5. Study 1 の錯視介入・フィードバックなし条件における 調整誤差と錯視誤差.....	10
図 6. Study 2 の錯視介入・フィードバックあり条件における 錯視誤差.....	15
図 7. Study 2 の錯視非介入・フィードバックあり条件における 調整精度.....	15
図 8. Study 2 の錯視介入・フィードバックなし条件における 錯視誤差.....	16

第1章 序論

1.1. 研究背景

知覚経験がいかにして信念や判断を正当化するのかという問題は、現代認識論における中心的論点の一つである。この問題をめぐっては、独断主義（dogmatism）と推論主義（inferentialism）が対立すると考えられる。

独断主義は、知覚経験が推論を介さずに即時的な正当化を与えると主張する立場である。代表的な議論として、James Pryor は、通常の下では知覚的外観それ自体が強い初期的正当化を持つと論じ、外的証拠や追加的推論を必要としないと主張した（Pryor, 2000）。この立場においては、錯視のような事例は、例外的に反証要因（defeater）が作用する状況として理解される。

一方、推論主義は、知覚判断の正当化は経験に基づく推論的過程を通じて成立・更新されるとする立場である。この見解は、Wilfrid Sellars による「所与の神話（Myth of the Given）」批判に端を発し、知覚経験それ自体は正当化を完結させるものではなく、概念的・推論的枠組みの中で位置づけられる必要があると主張する（Sellars, 1956）。さらに、John McDowell は、知覚経験が概念的内容を持つ点を強調しつつも、それが推論的文脈の中で正当化に関与することを論じている（McDowell, 1994）。

この理論的対立を実証的に検討するための有力な手段の一つが、錯視課題である。錯視は、知覚的外観が体系的に誤った判断を引き起こす状況であり、知覚経験と客観的事実との乖離が明確に観察される。このような状況において、正誤フィードバックが繰り返し与えられた場合、知覚判断が徐々に修正されるのであれば、それは知覚的正当化が推論的更新を含むことを示唆する。一方、錯視が持続する場合には、知覚的外観の即時的正当化力を重視する独断主義と整合的である。

さらに近年の認知心理学およびメタ認知研究においては、判断の正確性だけでなく、判断に対する確信度（confidence）およびその較正（calibration）が重要な研究対象となっている。特に、Asher Koriat は、確信度判断が必ずしも正確性と並行して変化するとは限らず、経験的手がかりや後続情報に基づく推論的過程を含むことを示している（Koriat, 2012）。この観点からすると、フィードバックが判断精度と確信度の双方にどのような影響を及ぼすかを検討することは、知覚的正当化の性質を理解する上で重要である。

加えて、行動データ分析においては、外れ値処理の方法が結論に大きな影響を与えることが指摘されている。特に、回答時間や誤差分布が歪んだデータに対しては、平均と標準偏差に基づく方法よりも、中央値絶対偏差（Median

Absolute Deviation: MAD) に基づく手法が頑健であるとされている (Christophe Leys et al., 2013)。本研究においても、この方法論的知見を踏まえ、事前登録において外れ値処理を設定した上で分析を行う。

以上の理論的・方法論的背景を踏まえると、錯視課題におけるフィードバックの効果を、判断誤差・学習過程・確信度・校正の観点から体系的に検討することは、知覚的正当化をめぐる想定される対立に対して実証的示唆を与える可能性を有している。

1.2. 研究目的

本研究の目的は、錯視課題におけるフィードバックの有無が、知覚判断の正確性および判断に対する確信度にどのような影響を及ぼすのかを検討することである。特に、以下の点に焦点を当てる。

第一に、錯視が生じる条件において、正誤フィードバックが繰り返し与えられた場合、錯視に起因する判断誤差が試行 (trial) に沿って体系的に減少するかを検討する。これは、知覚判断が経験に基づいて更新されるか否かを直接的に検証するものである。

第二に、錯視が生じない条件において、フィードバックが判断精度の改善をもたらすかを検討し、これを基準条件として位置づける。これにより、錯視条件で観察される変化が、単なるフィードバック一般の効果なのか、錯視特有の現象なのかを判別する。

第三に、錯視条件において、判断精度の変化と並行して、確信度および校正がどのように変化するかを検討する。特に、確信度が誤差の大きさと適切に対応するようになるか否かは、知覚的正当化がどの程度推論的・反省的な過程を含むかを考察するうえで重要である。

本研究は、探索的分析と確認的分析を区別する二段階の設計を採用し、Study 1 をパイロット研究として効果量および基準値を定め、Study 2 を確認的研究として仮説検証を行う。

1.3. 研究仮説

本研究では、知覚的正当化に関する理論的対立に基づき、以下の仮説を事前に設定した。

仮説 1 (推論主義に基づく予測) :

錯視が生じる条件において正誤フィードバックが与えられる場合、試行

の進行に伴って錯視に起因する判断誤差は体系的に減少する。この減少は、フィードバックによる推論的更新および学習過程を反映するものである。

また、本研究では、成り立つ場合に仮説 1 を支持する事象として、次の 3 つが挙げられる。

事象1. 錯視・フィードバックあり条件における回答の修正

事象2. 錯視あり条件と比較した際に錯視なし条件においての判断精度へのフィードバックの影響が小さい、あるいは明確でないこと

事象3. 誤差と確信度の対応関係（校正）や確信度の変化

本研究は、上に挙げた事象 1、2、3 の検証を媒介として仮説 1 を検証することで、知覚的正当化が即時的なものか、それとも経験に基づく推論的更新を本質的に含むのかという問題に対し、実証的観点から検討を加えることを目的とする。

第2章 パイロット実験

2.1. 実験方法

2.1.1. 実験参加者

今回のパイロット実験（Study 1）には、合計 70 名が参加した。参加者は、錯視介入およびフィードバックの有無に基づく 3 つの実験条件のいずれかに割り当てられた。各条件に割り当てられた参加者数は以下のとおりである。

錯視介入・フィードバックあり条件

(Illusion with Feedback) : 23 名

錯視非介入・フィードバックあり条件

(No Illusion without Feedback) : 24 名

錯視介入・フィードバックなし条件

(Illusion without Feedback) : 23 名

実験条件への割り当ては、NimbleLinks (<https://www.nimblelinks.com/>) を用いて行われた。参加者は、実験参加用リンクをクリックすることにより 3 条件のいずれかに振り分けられるよう設定されており、クリックベースで可能な限り均等に条件が分配されるよう設計されていた。ただし、参加者がリンクをクリックした後に実験を完了しなかった場合などの要因により、最終的な参加者数は条件間で完全に同数とはならなかった。

各参加者は 1 つの条件のみに参加し、条件間での重複参加はなかった。本研究では、事前に定めた特定の除外基準は設けていなかった。実験への参加は任意であり、参加者は実験開始前に研究内容についての説明を受けたうえで同意を与えた。

なお、Study 1 は、知識科学倫理審査会議（承認コード:KSEC-G20250101402）の承認を得て実施された。

2.1.2. 実験デザイン

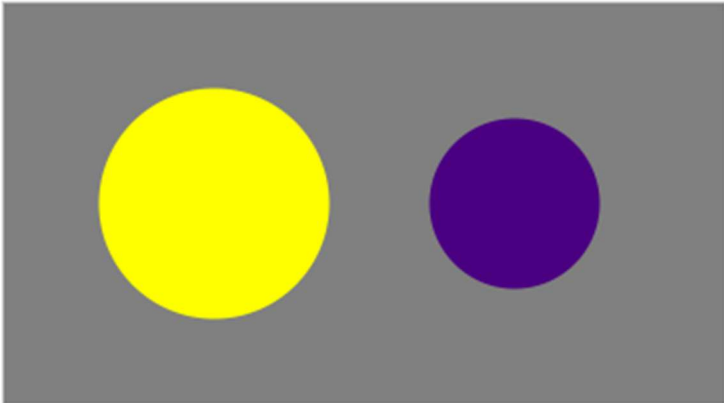
Study 1 は、錯視を誘発する刺激構成の有無と、回答に対するフィードバックの有無を操作した、3 条件からなる参加者間計画で実施された。実験条件は、錯視介入・フィードバックあり条件、錯視非介入・フィードバックあり条件、錯視介入・フィードバックなし条件の 3 つであった。

実験について、次に、「錯視介入・フィードバックあり条件における課題の

画面」と「図 1 への回答後に表示される、フィードバックの画面」を示す。

2 / 50 問目 現在のスコア: 67

下に示された2つの図形の大きさが等しくなるよう、
スライダー1の値をボタンにより調整してください。
(スライダー1の値をツマミにより調整することはできません。)
また、スライダー1の値の調整について、
自信の程度をスライダー2で評価してください。



(スライダー1) 図形の大きさの調整に関する値: 0

スライダー1の値を-1する	スライダー1の値を+1する
スライダー1の値を-7する	スライダー1の値を+7する

自信が無い 自信が有る

(スライダー2) 回答内容の自己評価に関する値: 4

回答を確定

図 1. 錯視介入・フィードバックあり条件における課題の画面

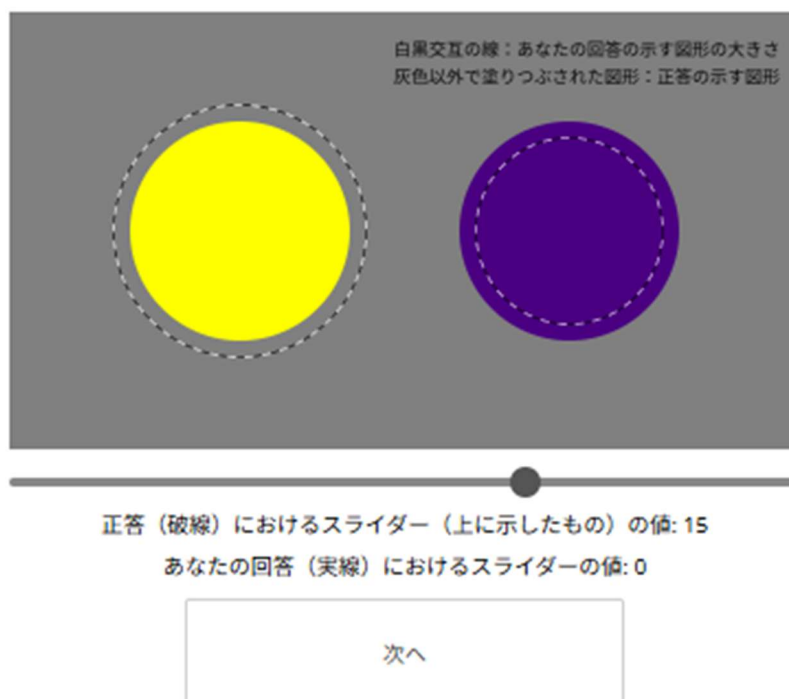
あなたの結果
左の図形 > 右の図形

図 2. 図 1 への回答後に表示される、フィードバックの画面

錯視介入条件では、2つの図形が異なる色（yellowとindigo）で呈示された（図1）。一方、錯視非介入条件では、2つの図形はいずれも同一色（yellow-yellowまたはindigo-indigo）で呈示された。フィードバックあり条件では、各試行後に直前の回答に関するフィードバックやそれまでの回答から得られるスコアが提示され（図2）、フィードバックなし条件では、そのような情報は提示されなかった。錯視介入条件において使用する色の組み合わせとしてyellowとindigoを採用した理由は、先行研究に基づく。Sato（1955）は、複数種類の色の組み合わせを用いた検討において、yellowとindigoの組み合わせが、図形の大きさ知覚において比較的大きな差を生じさせることを報告している。本研究では、この知見を踏まえ、錯視を誘発する刺激条件としてyellowとindigoの組み合わせを用いた。本研究で使用したyellowおよびindigoは、

表示色を厳密に統制するため、HEX コードにより定義された色を用いた。具体的には、yellow は#FFFF00、indigo は#4B0082 として指定された色であった。また、刺激が呈示される背景色には灰色を用い、これは HEX コードでは #808080 として定義される色であった。

課題は、各試行において画面上に同時に呈示される 2 つの図形の大きさが等しくなるよう、一方の図形のサイズを調整するものであった。参加者は調整操作を行い、試行ごとに 1 回の最終的な調整結果を回答した。各試行の調整課題終了後、参加者は自身の回答に対する自信の程度を評定した。

当該実験は Web ブラウザ上で実施され、実験プログラムは jsPsych (de Leeuw, 2015; de Leeuw et al., 2023) を用いて作成された。オンライン実験の実行およびデータ収集には jsPsychSheet (Gupta, 2020) を使用し、刺激呈示および時間制御を含む心理物理学的課題の実装には jspych-psychophysics (Kuroki, 2021) を用いた。実験は複数の試行から構成され、参加者は同一の課題構造を 30 回繰り返し経験した。各参加者は 1 つの条件のみに割り当てられ、条件間での重複参加はなかった。

2.1.3. 従属変数

Study 1 では、以下の指標を従属変数として測定・分析した¹。

- 回答時間 (response time または rt)
課題が画面に表示された後、その表示された課題に対する回答内容の全てを確定させるためのボタンが押されるまでの時間。
- 調整誤差 (adjustment error)
参加者が調整した図形の大きさを示すスライダーの値と客観的に正しい大きさを示すスライダーの値の差。
- 錯視誤差 (illusion effect)
調整誤差に関し、錯視の方向が条件間で一貫するよう符号を統一したもの。
- 調整精度 (adjustment accuracy または abs error)
調整誤差の絶対値であり、判断精度を表す指標として用いられた。
- 自信の程度 (confidence rating)
各 trial において、参加者が自身の判断に対して報告した確信度。

¹ Study 1 における測定・分析の仕様は、事前登録

(<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XFKVM>) の内容を基本とするが、事前登録に記述された処理を分析のため改善する意図により、厳密には事前登録の内容と異なる。

2.1.4. 外れ値の処理

回答時間および調整誤差に対して、Median Absolute Deviation (MAD) 法による外れ値の検出を行った。また、MAD の閾値については $k = 2.5$ とし、条件毎に個別に外れ値の検出・除外が行われた。外れ値に該当する trial は、分析から除外された。

2.1.5. SESOI の計算方法

Study 2 における判断規則を定義するため、Study 1 のデータを用いて Smallest Effect Size of Interest (SESOI) を算出した。

SESOI は、錯視介入条件における trial = 0 (baseline) の錯視誤差の分散に基づいて定義された。

具体的には、MAD 処理後の錯視条件データから baseline の錯視誤差の標準偏差 (SD) を算出し、以下の手順で SESOI を定義した。

SESOI-P :

baseline SD の 0.20 倍 ($SESOI-P = 0.20 \times SD_{baseline}$)

SESOI-S :

SESOI-P を試行の数で割った値

($SESOI-S = SESOI-P / 30$)

SESOI-P は錯視の大きさに関する最小の意味のある差を表し、SESOI-S は trial あたりの学習率に関する判断基準として、Study 2 の分析において用いられた。

2.2. 実験結果

2.2.1. 記述統計

Study 1 の結果のうち、主要な従属変数について、その（外れ値が取り除かれた後の）平均値と各サイクル数（回答時点までに経験した試行の回数）の関係は次のように示される。なお、それらの関係を示すグラフの各々において、参考のため、回帰直線と決定係数を示した。

c1 (Illusion with Feedback)

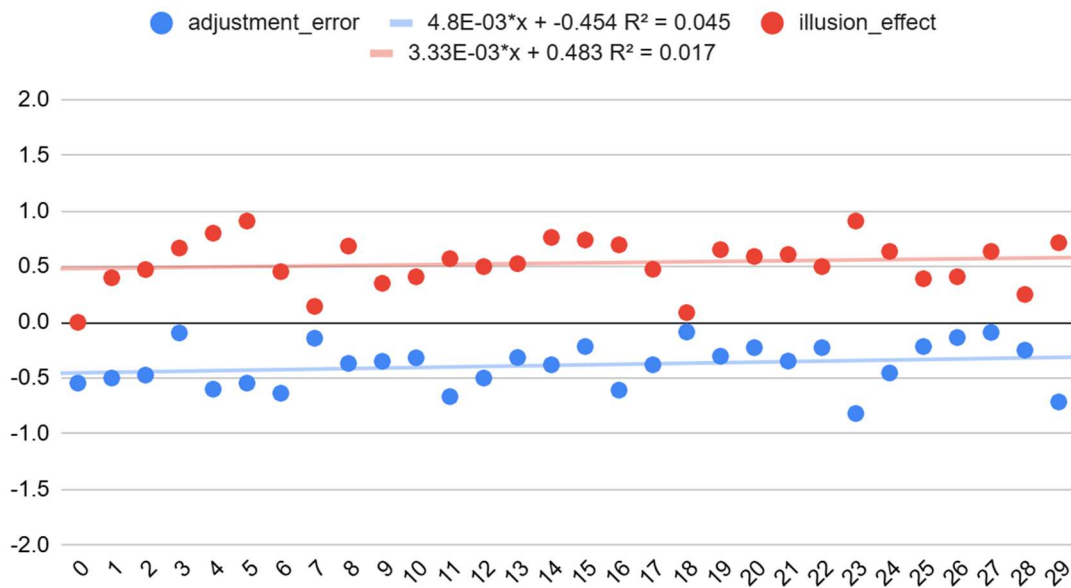


図 3. Study 1 の錯視介入・フィードバックあり条件における調整誤差と錯視誤差

c2 (No-Illusion with Feedback)

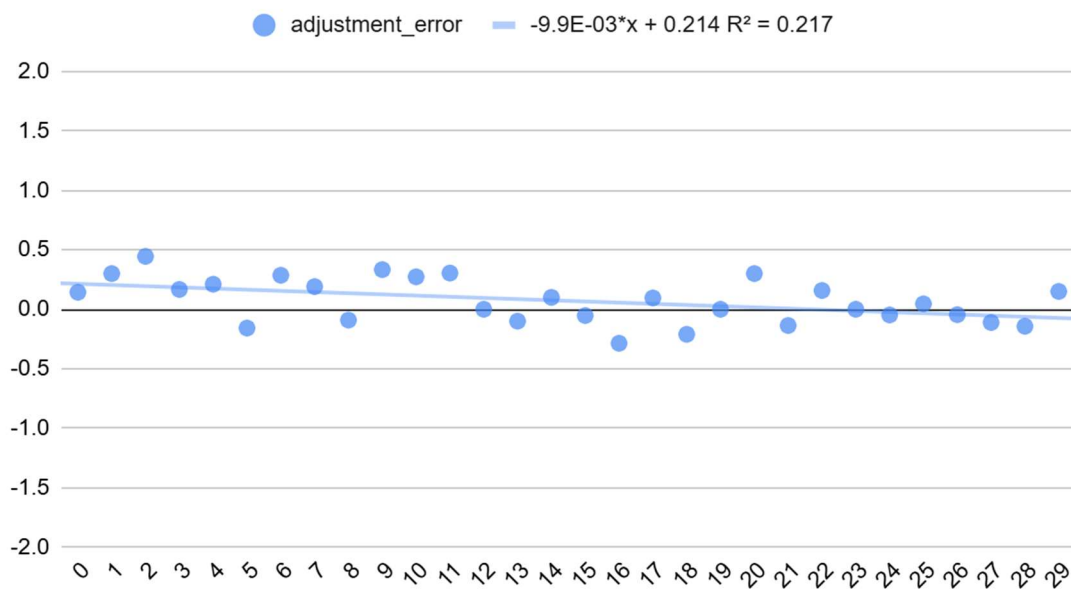


図 4. Study 1 の錯視非介入・フィードバックあり条件における調整誤差

c3 (illusion without feedback)

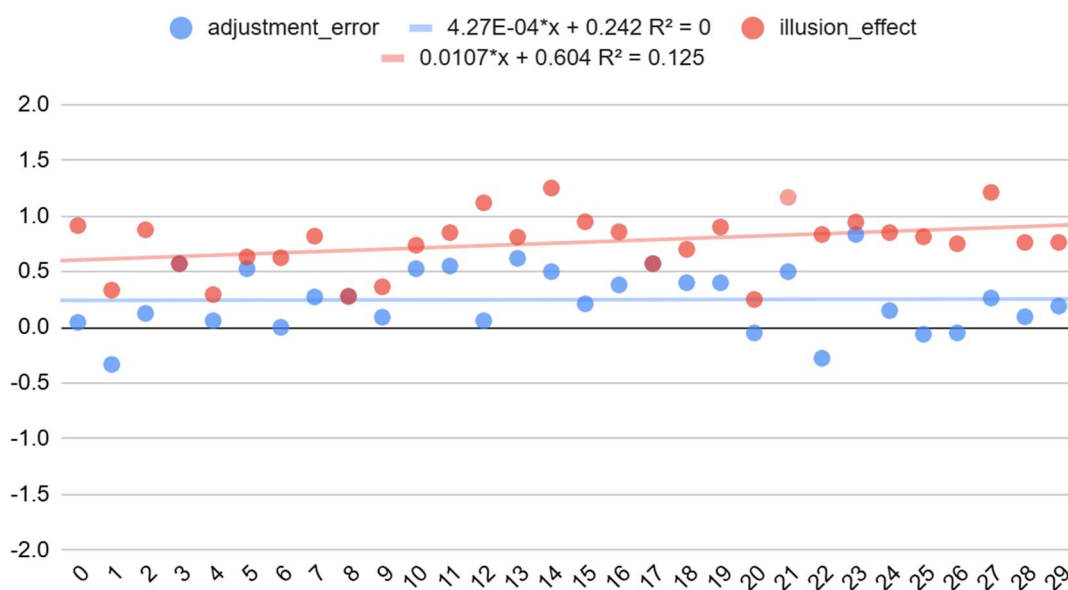


図 5. Study 1 の錯視介入・フィードバックなし条件における調整誤差と錯視誤差

Study 1 における task 試行の総行数は 2,100 試行であり、条件別の内訳は以下の通りであった。

錯視介入・フィードバックあり条件：690 試行

錯視非介入・フィードバックあり条件：720 試行

錯視介入・フィードバックなし条件：690 試行

以降の分析では、錯視効果の分散および SESOI の算出を目的として、錯視介入条件（錯視介入・フィードバックあり条件および錯視介入・フィードバックなし条件）をプールしたデータを用いた。

錯視介入に属する task 試行は合計 1,380 試行であった。これらの試行に対し、回答時間および調整誤差の両指標について Median Absolute Deviation (MAD, $k = 2.5$) に基づく外れ値除外を適用した結果、1,132 試行が分析対象として残存した（除外率 17.97%）。

MAD 適用後の錯視介入データにおける回答時間の記述統計量は以下の通りであった。

試行数：1,132

平均回答時間：16,544 ms

標準偏差：6,260 ms

一方、錯視非介入・フィードバックあり条件における回答時間は、生データのままで極端に大きな分散を示した（例：最大回答時間は 1,462,355 ms）。この点については、主として外れ値に起因するものであり、結果の解釈は補助的な位置づけとした。

2.2.2. 基準値の分散

SESOI の算出にあたり、錯視介入条件における trial = 0（最初の試行）時点の錯視誤差の分散を基準値とした。また、SESOI を算出する際、Study 1 における上述の外れ値の処理とは異なり、錯視介入条件をプールしたデータに対し、回答時間と調整誤差の両方について MAD による外れ値の除外を行った。なお、その外れ値の除外により 46 試行中 40 試行が除外されており、主として回答時間の極端に大きい試行が除外されたと確認された。このことを踏まえ、基準値の安定性に関わる結果の評価を、後述の Study 2 に関する考察において扱う。

2.2.3. SESOI の値

Study 2 における判断規則を定義するため、Study 1 のデータに基づき Smallest Effect Size of Interest (SESOI) を算出した。

2.1.5.において定められる SESOI-P と SESOI-S について、実際の値は以下の通りである。(SESOI-P と SESOI-S は有効数字 2 桁で示す。)

baseline SD (illusion_effect, trial = 0) : 1.03

SESOI-P : 0.21

SESOI-S : 0.0069

これらの SESOI の値は、Study 2 において錯視誤差の減少や学習傾向を評価する際の判断規則として用いられた。

2.2.4. 本実験 (Study 2) の設計

Study 2 におけるサンプルサイズおよび試行回数 (trial 数) は、事前登録された仮説を検証するために、Study 1 のパイロットデータから得られた分散構造および効果量の見積もりに基づいて決定された。

Study 1 はパイロット実験として位置づけられており、その主目的は、錯視誤差の分散および学習傾向の大きさを把握し、Study 2 における事前決定サンプルサイズを合理的に定めることであった。

Study 1 においては、錯視介入条件 (錯視介入・フィードバックあり条件および錯視介入・フィードバックなし条件) を対象として、回答時間および錯視誤差に対する MAD ($k = 2.5$) に基づく外れ値除外を行った後、trial の進行に伴う錯視誤差の変化を混合効果モデルによって記述した。その結果、Feedback×Trial の交互作用に対応する効果は-0.015程度と小さく、したがって単一試行あたりの変化量については比較的小さいことが示唆された。

単一試行あたりの変化量は比較的小さいことについては、小さな知覚の補正が積み重なることで大きな影響を与える可能性が見られたことから、その変化が有意であるかを検証する価値があるとみられた。このような trial-level の変化を安定して検出するためには、被験者数を十分に確保することが必要であると判断された。そこで Study 2 では、有意水準を 5%とした上で、Feedback×Trial の交互作用の有意性に関する検定力を 0.8 以上とするため、Study 1 の参加者数 (各条件約 23 名) を大きく上回る水準として、各条件 70 名を目標とするサンプルサイズを事前に設定し、試行回数を 50 とした。

第3章 本実験

3.1. 実験方法

3.1.1. パイロット実験と比較した際の類似点と相違点の概要

本実験 (Study 2) においては、実験デザインや従属変数をパイロット実験である Study 1 と同様に設定したが、各グループに割り当てられる実験参加者の数や分析方法を Study 1 とは異なるように設定した。

そのことより、以下において、実験参加者の数や分析方法についての説明を与える。

3.1.2. 実験参加者

Study 2 には、合計 211 名が参加した。参加者は、錯視介入およびフィードバックの有無に基づく 3 つの実験条件のいずれかに割り当てられた。各条件に割り当てられた参加者数は以下のとおりである。(目標に参加者数が達していないことを踏まえ、主検定についての検定力が 0.8 以上であることを確認した後分析に移っている。)

錯視介入・フィードバックあり条件：65 名

錯視非介入・フィードバックあり条件：76 名

錯視介入・フィードバックなし条件：70 名

実験条件への割り当ては、Study 1 と同様の方法で行われた。

なお、Study 2 は、知識科学倫理審査会議 (承認コード:KSEC-G20250101402) の承認を得て実施された。

3.1.3. 主分析の方法

本研究の主分析では、錯視介入条件における調整成績の変化を検討するため、線形混合効果モデルを用いた分析を行うこととした。従属変数には錯視誤差を用い、固定効果としてフィードバックの有無 (Feedback)、試行順序 (trial)、およびそれらの交互作用項を含めた。主分析モデルは以下のとおりである。(主分析モデルに関する次の記述における `illusion_effect` は錯視誤差のことを表す。)

$$\text{illusion_effect} \sim \text{Feedback} \times \text{trial} + (1 | \text{Participant})$$

ここで、Feedback はフィードバックの有無を表す要因、trial は試行の進行を表す連続変数である。Participant は参加者を表し、参加者ごとの切片をランダム効果としてモデルに含めた。本分析は、あらかじめ定められたこのモデルに基づいて実施されるものとした。

3.1.4. 外れ値処理

Study 2 における外れ値の処理については、事前登録 (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XFKVM>) において事前に定められた手続きを基とした²。外れ値の同定には、Median Absolute Deviation (MAD) 法を用いた。外れ値検出は、比較毎に、比較対象となるデータの集まりを合わせた上で、回答時間および以下のように定められる従属変数に対してそれぞれ独立に適用された。錯視非介入・フィードバックあり条件の関わる比較においては、回答時間と調整誤差を対象として MAD を適用した。一方、錯視介入条件間の比較（錯視介入・フィードバックあり条件と錯視介入・フィードバックなし条件の比較）においては、錯視誤差を対象として MAD を適用した。MAD に基づく外れ値判定では、中央値からの偏差に基づいて MAD を算出し、定数 $k=2.5$ を用いて外れ値を同定した。判定された外れ値は、対応する分析から除外された。また、外れ値処理の選択が分析結果に与える影響を検討するため、主たる確認的分析については、MAD に基づく外れ値除外を行った場合と、外れ値除外を行わなかった場合の双方で分析を実施する感度分析を行うこととした。

3.2. 実験結果

3.2.1. 記述統計

Study 2 の結果のうち、主要な従属変数について、その平均値と各サイクル数（回答時点までに経験した試行の回数）の関係は次のように示される。なお、それらの関係を示すグラフにおいて、参考のため、回帰直線を示した。

² 事前登録 (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XFKVM>) に記述された処理を分析のため改善する意図により、厳密には事前登録の内容と異なる処理を行っている。

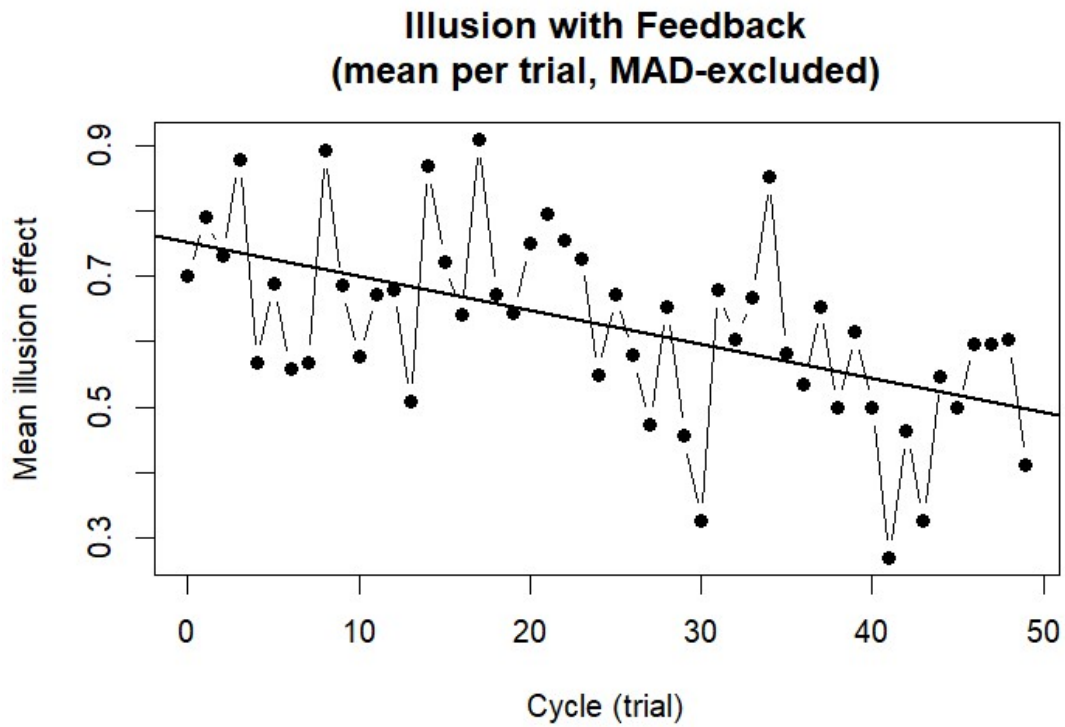


図 6. Study 2 の錯視介入・フィードバックあり条件における錯視誤差

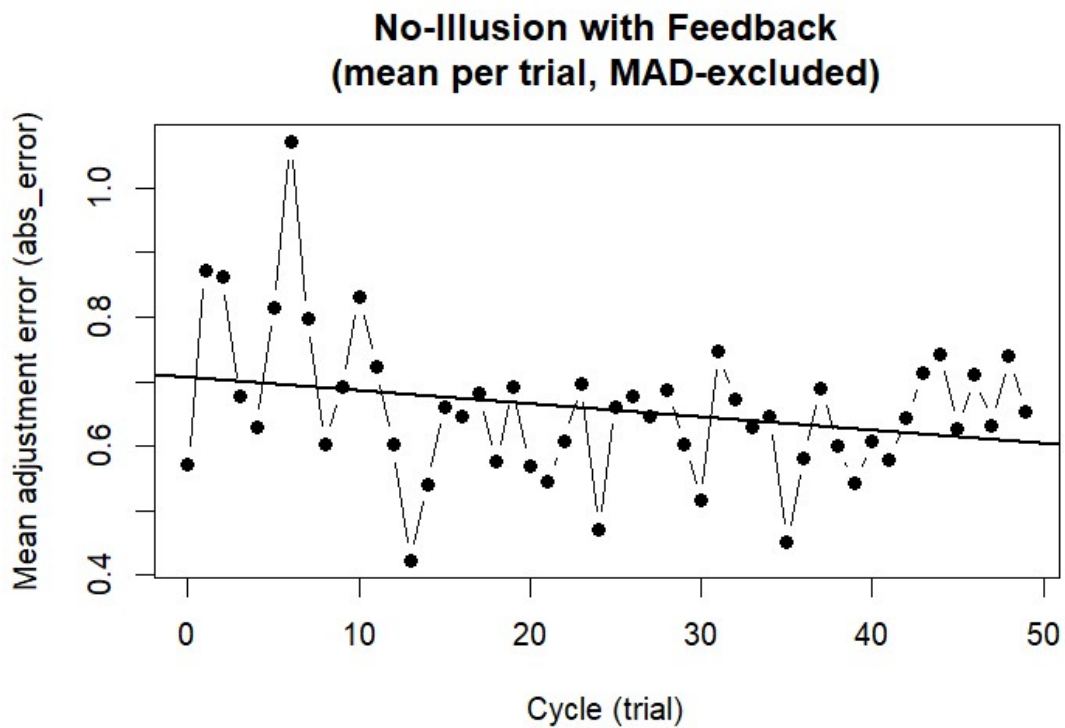


図 7. Study 2 の錯視非介入・フィードバックあり条件における調整精度

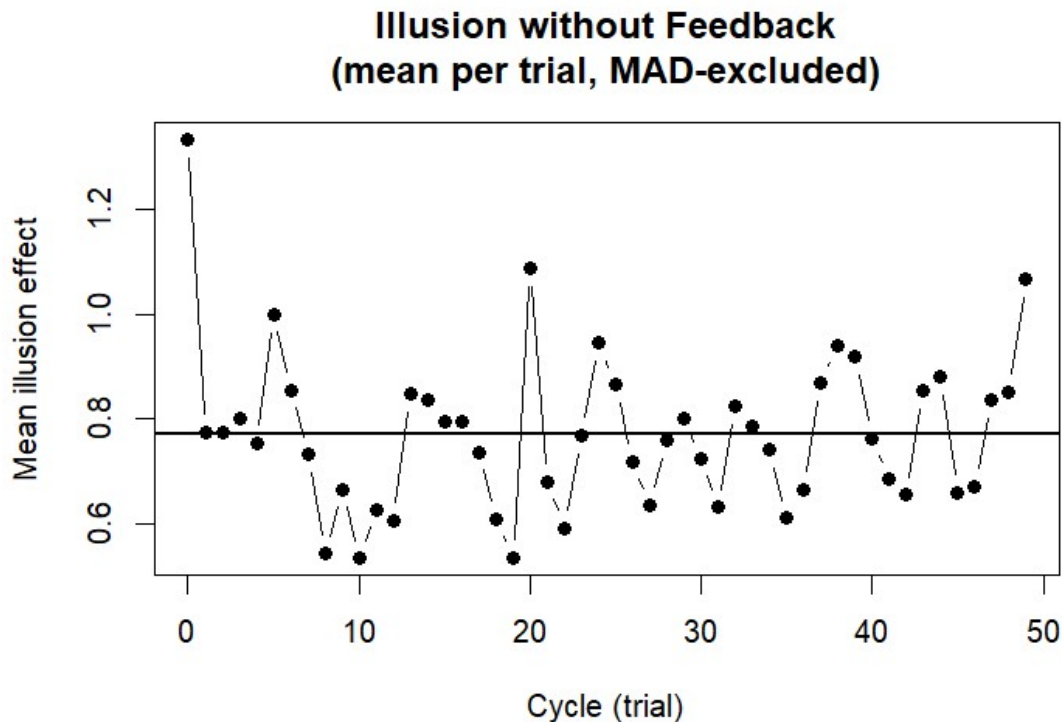


図 8. Study 2 の錯視介入・フィードバックなし条件における錯視誤差

3.2.2. 錯視介入条件

錯視介入条件においては、膨張色と収縮色を用いた判断課題に対し、フィードバックの有無と試行の進行が、錯視量の変化とどのように関連するかを検討した。錯視量は、錯視誤差を用いて分析した。まず、外れ値を MAD ($k=2.5$) により除外したデータ（主分析）に基づき、

$$\text{illusion_effect} \sim \text{Feedback} \times \text{trial} + (1 \mid \text{Participant})$$

の混合効果モデルを適用した。その結果、 $\text{Feedback} \times \text{trial}$ の交互作用が有意であった ($\text{Type III ANOVA: } F(1, 5162) = 9.66, p = .0019$)。交互作用項の 95%信頼区間は負の値のみを含んでおり (95%CI[-0.0100, -0.0023])、フィードバックが与えられた条件において、試行の進行に伴い錯視量が減少する傾向が示された。

条件別に trial 傾きを推定したところ、フィードバックあり条件では錯視量が有意に減少する傾向が認められた (90%CI[-0.00732, -0.00260])。一方、フィードバックなし条件では trial 傾きの信頼区間が 0 を跨いでおり (90%CI[-0.00105, 0.00344])、系統的な変化は確認されなかった。

trial = 0 におけるベースラインの錯視量については、両条件ともに錯視効果の存在が確認された（フィードバックなし:95%CI[0.620,0.847]；フィードバックあり:95%CI[0.612,0.851]）。このことは、課題開始時点において錯視が十分に生起していたことを示している。

なお、外れ値を除外しない NoExcl データに基づく感度分析では、Feedback×trial の交互作用は有意ではなく、信頼区間も 0 を跨いでいた（95%CI[-0.00949,0.01325]）。したがって、錯視量の減少は MAD に基づく主分析においてのみ一貫して確認された。このため、錯視量の試行間変化に関する主要な記述は、外れ値を除外した後のデータに対する主分析の結果を踏まえたものとなる。

3.2.3. 錯視非介入条件

錯視非介入条件では、錯視を誘発しない色刺激を用いた課題において、試行の進行が判断精度の向上をもたらすかを検討した。判断精度は、方向性をもたない調整精度を用いて評価した。MAD により外れ値を除外したデータに対し、

$$\text{abs_error} \sim \text{trial} + (1 | \text{Participant})$$

の混合効果モデルを適用した。（abs_error は調整精度を表す。）その結果、trial の主効果は統計的に有意な水準に至らなかった。

(F(1,3192)=2.73,p=.098)。trial の係数は負であり

(Estimate=-0.00180)、試行の進行に伴う誤差の減少傾向が示唆されたが、95%信頼区間は 0 を跨いでいた（95%CI[-0.00393,0.00033]）。この結果は、錯視が存在しない条件において、trial の進行に伴う誤差の減少が統計的に明確ではなかったことを示している。

3.2.4. 錯視介入条件における自信

錯視介入条件において、判断に対する自信評定の変化を補助的に検討した。分析には

$$\text{confidence} \sim \text{Feedback} \times \text{trial} + (1 | \text{Participant})$$

の混合効果モデルを用いた。

外れ値の処理に関し、NoExcl（外れ値の処理を行わない条件）、MADbase（3.1.4 で定められた値のみに対して外れ値の処理を行う条件）、MAD（3.1.4

で定められた値に加え自信の値についても外れ値の処理を行う条件) の3つを定め、以下において用いる。それらの条件のいずれにおいても **Feedback×trial** の交互作用は有意ではなく、**95%信頼区間**はいずれも0を跨いでいた。

また、**trial** の主効果についても一貫した有意な減少傾向は認められなかった。

これらの結果から、錯視量の変化に比して、自信評定は試行を通じて大きく変化しなかったことが示唆される。なお、これらの分析は **preregistration** において主判断基準として位置づけられていないため、理論的結論の根拠とはせず、補助的結果として扱う。

3.2.5. 錯視介入条件における較正

最後に、錯視介入条件において、判断誤差と自信の関係(較正)を補助的に検討した。

分析には

`confidence~|illusion_effect|+trial+Feedback+(1|Participant)`

のモデルを用いた。

外れ値を除外しない **NoExcl** データでは、`|illusion_effect|` が自信に対して有意な負の効果を示した ($\text{Estimate}=-0.0497, p<.001$)。すなわち、錯視誤差が小さい試行ほど自信が高いという較正関係が確認された。

一方、**MADbase** および **MAD** データでは、`|illusion_effect|` の効果は有意ではなく、**95%信頼区間**も0を跨いでいた。このことは、較正関係が一部の極端な試行に依存していた可能性を示している。

したがって、錯視介入条件における自信の較正については、外れ値処理に強く依存する結果であり、事前登録された確認的結論には用いず、感度分析および補助的所見として解釈する。

3.3. 考察

3.3.1. 主結論

本研究の **Study 2** は、知覚的正当化における **inferentialism** と **dogmatism** の対立を、錯視課題におけるフィードバックを通じた回答内容の推移という観点から検討した。

主分析の結果、**Feedback×trial** の交互作用が有意なものとして確認された。また、錯視介入・フィードバックあり条件においては、試行が進むことに応じ

た錯視誤差の減少を示す傾きがみられ、その傾きの 95%信頼区間について 0 以上の値を含まないことが確認された。加えて、錯視介入・フィードバックなし条件では、視介入・フィードバックあり条件において見られた錯視誤差の減少傾向は明確には確認されなかった。これらの結果より、少なくとも事前に定めた主分析の枠組みにおいては、フィードバックが錯視に基づく誤った判断の修正を導くと結論づけられる。

ただし、上述の結論の基となる実験結果は外れ値処理の方法について頑健でないと思われる。外れ値を除外しない感度分析では、Feedback×trial の交互作用が有意でなく、その交互作用の信頼区間は 0 を跨いでいた。

また、錯視非介入条件では、試行に伴う判断精度の改善は統計的に明確ではなかった。この結果は、フィードバックが常に安定した学習効果をもたらすわけではない可能性、あるいは錯視が存在しない状況において初期成績が高く改善の余地が限定的である可能性と整合的である。

これらを総合すると、本研究の結果は、錯視が介入しない状況と比較して錯視が介入する状況においてフィードバックによる判断の改善が生じることを示す一方で、その効果は限定的であり、知覚的外観の影響が依然として強く残存していることを示している。

3.3.2. 錯視介入条件での較正の制限

錯視介入条件における自信と誤差との関係（較正）に着目すると、重要な制限が明らかとなった。補助分析において、外れ値除外を行わない NoExcl データでは、自信が誤差の大きさと強い負の関係を示し、判断成績に応じた較正が存在するように見えた。しかし、事前登録の手続きに従い MAD に基づく外れ値処理を行った分析では、この関係は消失し、信頼区間は 0 を跨いだ。

この結果は、錯視介入条件における較正の証拠が、少数の極端な試行に依存していた可能性を示唆する。すなわち、confidence と誤差の対応関係は、全体として安定した学習・較正過程の反映というよりも、外れ値的な反応によって駆動されていた可能性が高い。

この点は、錯視状況においては、参加者がフィードバックを受け取ったとしても、自身の判断がどの程度誤っているかを安定的にモニターし、それに応じて confidence を調整することが困難であることを示している。したがって、本研究の結果は、錯視が存在する場合、誤差の縮小と confidence の較正が必ずしも並行して進行しないという、dogmatism 的な立場が想定する、知覚的外観の強固さと整合的な側面を含んでいる。

3.3.3. SESOI に関する解釈

本研究では、Study 1 のデータに基づいて SESOI (Smallest Effect Size of Interest) を定義し、Study 2 の結果解釈における補助的な値として用いた。具体的には、錯視介入条件の trial = 0 (baseline) における錯視誤差の分散を基準に、SESOI-P (全体として意味のある錯視低減量) および SESOI-S (1 試行あたりの最小関心効果量) を算出した。

考察において SESOI を参照することは方法論的に問題ない。なぜなら、本研究では SESOI が事前に定義された解釈基準として用いられており、事後的に結果を都合よく評価するための閾値ではないからである。ただし、SESOI は有意性判定の代替ではなく、効果の実質的な大きさを評価する補助的基準として解釈されるべきである。

Study 2 においては、観察された錯視介入条件での傾き (-0.00496) が 0 を下回ることが確認され、また、その 90%信頼区間の上限値は SESOI-S (約 0.0069) を絶対値とする負の値よりも大きい。よって、錯視誤差の減少が統計的には確認できるものの、その程度の大きさが理論的・実践的に意味のある最小効果量を上回るとは限らないと考えられる。

したがって、Study 2 の結果は、「フィードバックによる錯視低減が全く存在しない」と結論づけるものではないが、同時に、「錯視による偽である信念の正当化が推論によって十分に克服された」と結論づけることも正当化しない。SESOI を用いた解釈は inferentialism と dogmatism のいずれかを単純に支持するのではなく、両者の緊張関係をより精緻に描写するための基準として機能している。

なお、SESOI の基準値を計算するための trial = 0 に対する外れ値の除外について、trial = 0 に該当する 46 試行のうち 40 試行が除外されたことから、SESOI の計算における標準偏差の推定には不確実性が伴う可能性がある。しかし、該当する値の信頼区間に SESOI の値が含まれることにより Study 2 の結論が支持されるため、SESOI の値の一定範囲での変化が Study 2 の結論に影響を与える可能性は低いと考えられる。

第4章 総合考察

本研究は、知覚的正当化における *inferentialism* と *dogmatism* の対立を、錯視課題におけるフィードバックを通じた学習および較正の過程という観点から検討した。Study 1 では、Study 2 における結果解釈の基準として SESOI を設定し、効果の大きさを事前に評価する枠組みを整えた。その上で Study 2 では、錯視介入条件において、試行の進行に伴う錯視誤差の変化がフィードバックの有無とどのように関連するかが検討された。

Study 2 の結果は、錯視が存在する条件において、フィードバックが錯視誤差の変化と関連しうることを示した点で、知覚的正当化における推論の役割を重視する *inferentialist* な見解と一定の整合性を有している。特に、試行を通じた錯視誤差の減少が観察されたことは、知覚判断が経験的の手がかりに応じて変化しうる側面を持つことを示している。

一方で、本研究の結果は、推論による更新が全面的に生じたことを示すものではない。錯視誤差の減少は一様ではなく、錯視の影響は試行を通じて依然として残存していた。また、*confidence* の較正については、外れ値処理に依存する不安定な結果が示されており、参加者が自身の誤りを一貫してモニターし、それに基づいて確信度を調整していたとは言い難い。これらの点は、知覚的外観が強い正当化力を持ち続けるとする *dogmatist* な立場が強調する特徴と整合的である。

本研究では、統計的有意性のみに基づいて結果を解釈するのではなく、Study 1 に基づいて事前に定義された SESOI を、効果の実質的な大きさを評価するための補助的基準として用いた。その結果、錯視誤差の減少は統計的には検出可能であったものの、理論的に意味のある最小効果量を確実に上回るとは断定できなかった。このことは、本研究の結果が *inferentialism* あるいは *dogmatism* のいずれかを絶対的に支持するものではなく、知覚判断が異なる説明水準において、両理論がそれぞれ強調する特徴を示しうることを明らかにしている。

第5章 結論

5.1. 本研究の結論

本研究は、知覚的正当化における *inferentialism* と *dogmatism* の対立を、錯視介入やフィードバックの有無が判断に与える影響の推移という観点から検討した。Study 1 では、Study 2 における実験参加者数の目安を定め、Study 2 における結果解釈の基準として *SESOI* を事前に定義した。これに基づき、Study 2 では、錯視が存在する条件において、フィードバックの有無が試行の進行に伴う錯視誤差の変化とどのように関連するかが検討された。

その結果、錯視介入・フィードバックの条件下に限り、課題の進行に伴う錯視誤差の減少が統計的に検出された。このことは、知覚的判断が経験的・推論的の手がかりの影響を受けて変化しうることを示している。一方で、その効果は外れ値処理に関して頑健でなく、特に判断に対する自信の較正については、外れ値処理に強く依存する不安定な結果が示された。また、錯視の影響はフィードバックの有無に依らず試行を通じて残存していた。

これらの結果から、本研究は、*dogmatism* と比較して *inferentialism* が支持されることを結論づける。ただし、この結論は *inferentialism* と *dogmatism* のいずれかを絶対的に正しいとするものではなく、知覚判断が異なる条件および説明水準において、両理論がそれぞれ強調する特徴を示しうることを示唆している。

5.2. 本研究の意義

本研究の第一の意義は、知覚的正当化に関する哲学的対立を、錯視課題とフィードバック操作という実験的枠組みによって検討した点にある。

また、統計的有意性のみには依拠するのではなく、事前に定義された *SESOI* を用いて効果の実質的な大きさを評価した点は、単に「有意か否か」に基づいて理論的結論を導くのではなく、どの程度の効果であれば理論的に意味があるとみなせるのかを明示的に検討した点で、方法論的意義を持つ。

加えて、本研究は、錯視に基づく誤差の縮小と判断に対する自信の較正が必ずしも並行しない可能性を示し、知覚的正当化の過程が単一の学習機構によって説明できないことを示唆した。この点は、知覚経験・推論・メタ認知の関係を再検討するうえで一定の示唆を与える。

5.3. 本研究の限界

本研究には少なくとも以下の限界がある。

第一に、Study 1 に基づいて算出した SESOI は、Study 2 の結果解釈における補助的基準として有用である一方、その基準値の安定性には限界がある。とりわけ、課題において 1 番目に与えられた回答における外れ値除外の影響が大きく、分散推定には不確実性が伴う可能性がある。そのため、SESOI に基づく解釈は慎重に行う必要がある。

第二に、本研究で観察された錯視誤差の低減傾向は、外れ値処理の方法に感度を持っていた。主分析では効果が検出された一方、外れ値を除外しない感度分析では同様の結果は明確ではなかった。したがって、本研究の所見は頑健性に一定の制約を持つ。

第三に、本研究で用いたフィードバック操作は、参加者が実際にどのような推論過程を経て判断を更新したのかを直接的に測定するものではない。そのため、観察された行動変化が基とする認知過程については、慎重な解釈が求められる。

第四に、本研究は特定の錯視刺激、特定の課題構造、およびオンライン実験環境に基づいている。そのため、得られた結果が他の種類の知覚課題や異なる実験環境に一般化できるかについては、今後さらに検討が必要である。

5.4. 今後の展望

今後の研究では、本研究で用いたもののような課題構造を人間以外のシステムに適用する可能性が考えられる。例えば、人々がもつとされる信念に対応するものを大規模言語モデル (Large Language Model, LLM) に対し仮定したうえで今回人々に対し実施した実験と同様のものを LLM に対し実施しその結果を人間に関するものと比較することが考えられる。そのように人間のもつ信念のうち比較的知覚に近いものに対する推論的な手がかりの影響とその影響の人間以外のシステムにおける対応概念を比較することには、知的なシステムにおける人間の立ち位置の解明に貢献する点での価値が期待される。

参考文献

- de Leeuw, J. R. (2015). jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a Web browser. *Behavior Research Methods*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0458-y>
- de Leeuw, J. R., Gilbert, R. A., & Luchterhandt, B. (2023). jsPsych: Enabling an open-source collaborative ecosystem of behavioral experiments. *Journal of Open Source Software*, 8(85), 5351. <https://doi.org/10.21105/joss.05351>
- Gupta, S. K. (2020). jsPsychSheet: A simple JavaScript library that uses jsPsych and Google Sheet for running behavioral experiments online. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3866316>
- Koriat, A. (2012). The self-consistency model of subjective confidence. *Psychological Review*, 119(1), 80–113.
- Kuroki, D. (2021). A new jsPsych plugin for psychophysics, providing accurate display duration and stimulus onset asynchrony. *Behavior Research Methods*, 53, 301–310. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01445-w>
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., & Licata, L. (2013). Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764–766.
- McDowell, J. (1994). *Mind and World*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pryor, J. (2000). The skeptic and the dogmatist. *Noûs*, 34(4), 517–549.
- Sato, T. (1955). The effect of color on the perception of size. *Tohoku Psychologica Folia*, 14(3–4), 115–129. <https://tohoku.repo.nii.ac.jp/records/129925>
- Sellars, W. (1956). Empiricism and the philosophy of mind. In *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 1 (pp. 253–329).

謝辞

本論文の執筆にあたり、丁寧な指導をしてくださった水本正晴准教授（主指導教員）に深く感謝いたします。また、中分遥准教授（副指導教員）及び藤波努教授（副テーマ指導教員）からは研究について助言を頂き感謝しております。加えて、橋本敬教授並びに日高昇平准教授には、修士論文の推敲に役立つコメントを頂き、感謝申し上げます。本研究の実施にあたり、実験に参加いただいた皆様にお礼申し上げます。最後に、水本研究室の皆様には、実験の設計に際し改善に繋がる意見をいただき、ありがとうございました。