

判断ミス防止訓練に向けた意思決定課題の基礎的評価

北村 康宏* 井上 貴文* 佐藤 文紀* 中村 竜*
小野間 統子* 中川 千鶴**

Fundamental Evaluation to Decision Making Task for Development of Training Method

Yasuhiro KITAMURA Takafumi INOUE Ayanori SATO Ryo NAKAMURA
Noriko ONOMA Chizuru NAKAGAWA

To prevent the decision making errors by training and education, it is necessary to evaluate the personal decision making traits. We developed two decision making tasks by performing which we can estimate individual differences of decision making. To estimate the tendency of omission of the confirmation, we developed a decision confirmation task. Further to estimate the degree of preference of short-term gain, we developed the modified Iowa Gambling Task (work version IGT). Furthermore, we evaluated the validity of these tasks by using functional magnetic resonance imaging (fMRI).

キーワード：意思決定, fMRI, 確認の省略, 短期的メリットの重視

1. はじめに

個々の技術的なスキルの前提となるノンテクニカルスキル（意思決定, 状況認識, コミュニケーションなど）は、安全上大きな問題として注目されている¹⁾。今回対象とする意思決定は、しばしば経営上の判断という意味で使われることもあるが、ここでは心理学で使われるより広い範囲の意味を考えており、特に鉄道の現場にみられる意思決定を対象とした。近年の研究によれば、現場レベルにおいても、すべての作業において意思決定を連続的に行っていること、安全上の重要性も非常に高いことが明らかになっている¹⁾。

鉄道総研では、意思決定スキルを向上させる教育訓練手法の開発を目指し、意思決定スキルのモデル構築と、意思決定スキルの評価手法の開発を進めているところである。ここでは、これまでの成果として、そこで必要となる作業課題の開発について報告する。

さて、意思決定に関する研究は、心理学、経済学をはじめ多くの分野で取り組まれているが、その定義はおおよそ統一されており、「いくつかの可能な行動の選択肢から一つを選ぶこと²⁾」とされている。この意思決定の捉え方を作業現場における実施方にそって時系列に分割すると、①状況認識をし、②選択肢を思いついて検討し、③選択と行動に至ったあと、④実行結果を見直す、という四要素に分けることが出来る¹⁾。

そして、意思決定の失敗とは「②選択肢を思いついて検討」における判断ミスに留まらず、「①状況認識」に関する誤りや、「④実行結果の見直し」の省略など、各々の段階での誤りが含まれる。そのため本研究では、判断ミスを上記の一連の過程のいずれかで発生するものと捉え、幅広い作業場면을研究対象とした。

作業場面における意思決定は、短時間で簡便に行われることが多い。しかし、簡便な意思決定には偏りが発生して判断ミスにつながることが多いことが知られている³⁾。このような偏った意思決定を改善するためには、まず意思決定に偏りがあることを教育担当者や意思決定の実施者自身が自覚する必要がある³⁾。

しかし、自らの意思決定が偏っているかどうかを自覚することは難しく、また外部から意思決定の傾向を観察することは非常に困難であり、事故が起きた後の調査によって初めて意思決定の問題が表面化する場合が多い。

そこで本研究では鉄道作業現場の実態を反映した意思決定の作業課題の開発を目的とした。また、その作業課題が適切な課題となっているかを明らかにするために、機能的核磁気共鳴断層画像法（functional magnetic resonance imaging, 以降 fMRI）を活用して検証に取り組んだ。

2. 判断ミスの実態把握

意思決定に関わる作業課題の開発に当たっては、鉄道作業現場における実態を適切に反映する必要がある。そ

* 人間科学研究部 安全心理研究室

** 人間科学研究部 人間工学研究室

特集：安全の人間科学

ここで鉄道事業者から提供された72件の事故事例を分析したデータから278件の判断ミスを見出し、その特徴を抽出した。

判断ミスを引き起こす要因には、大きく分類すると外的な環境要因と内的な心理的要因の二側面が想定される。例えば交通心理学の分野では、外的な行動環境と内的な個人のパーソナリティ特性のそれぞれが意思決定に影響を与えることが知られており⁴⁾、どちらの要因にも着目する必要がある。そこで、外的な環境要因として、どのような作業場面が多いのかを、また内的な心理要因としてどのような傾向が多く見られるのかを検討した。

2.1 判断ミスがおきやすい作業場面

上記の判断ミス事例について、どのような作業場面であったかをKJ法(似ているもの同士を集めていき、徐々に大きなグループにする分類手法)によって分類した。その結果、6種類の場面(確認場面、事故未然防止作業場面、事故後対応場面、報告場面、事務作業場面、その他)が抽出された。278件の判断ミス事例が6つの場面のどれに該当するか検討した結果、確認場面(信号担当が進路構成したあと、見直す場面など)における判断ミス(確認を省略した)が278件中201件(72%)と最も割合が大きいことが明らかになった。確認作業は、「危険と思われる場合には再確認すること」といったように、徹底の度合い、実施の基準などが、定性的に定められていることが多く、状況に応じて適切に意思決定する必要がある。そのため、確認作業に関連して意思決定を求められる場面のエラー事例が多数を占めたと考えられる。

2.2 判断ミスがおきやすい心理傾向

意思決定の偏りを引き起こす心理傾向(認知バイアス)が判断ミスとどの程度関係しているのか検証した。複数の先行研究から、意思決定の偏りと関連が深い認知バイアスとして、以下の項目を対象とした。

- (1) 確定的・短期的メリットの重視⁵⁾
選択肢の確定的・短期的な側面に注目する傾向
- (2) 確率的・長期的メリットへの注目⁵⁾
選択肢の確率的・長期的な側面に注目する傾向
- (3) 正常化バイアス⁶⁾
異常に気づきながらも平常と同じ判断や解釈をし、事態を楽観視する傾向
- (4) 代表性ヒューリスティック⁷⁾
自分の経験を過度に一般化する傾向
- (5) 利用可能性ヒューリスティック⁸⁾
思い出しやすい情報を過度に一般化する傾向
- (6) アンカリング⁹⁾
最初に認識した情報を過度に重視する傾向

(7) 平均以上効果¹⁰⁾

自らの能力を平均より上であると過度に肯定的に捉える傾向

対象の判断ミス事例が上記の項目のどれに該当するかを検討した結果、確定的・短期的メリット(以降、短期的メリットと記す。同様に、確率的・長期的メリットを長期的メリットと記す)の重視がエラー事例の過半数以上で見出され、最も多かった(278件中205件で74%)。

3. 作業課題の開発と妥当性検証

事故分析データを基にした実態把握により、判断ミスが発生しやすい外的要因である作業場面として確認場面が、内的要因である心理傾向として確定的・短期的成メリットを重視する傾向が明らかになった。これらの結果を踏まえ、作業課題の開発に当たっては、①実態把握で得られた外的・内的要因を測定可能な課題とすること、幅広い人材に適用するために②専門的な知識がなくても実施可能なこと、本当に意思決定の作業課題となっているかを検証するために③生理的な裏づけをもつこと、を三つの方針として進めた。

①を満たす、すなわち実態把握で明らかになった「確認場面における確認の省略傾向」と「短期的メリットの重視傾向」のそれぞれを測定できる課題として「確認の要否判断課題」と「タワー作成課題」を開発した。

さらに二つの課題の双方について②を満たすために抽象的な内容で作業課題を構成し、③を満たすためにfMRIを活用して課題実施中の脳活動を測定し、意思決定に関連する脳領域が活動しているかを検討した。

3.1 確認の要否判断課題

3.1.1 確認の要否判断課題の開発経緯

判断ミスが発生しやすい確認場面を模擬した作業課題を開発した(図1)。課題は、確認場面の前段階である作業場面も併せて設定し、その作業結果について確認の要否を求めるという二段階の構成とした。

具体的には、まず文字探索を5回実施する作業段階と、実施した文字探索での回答の確認を実施するか否かを判断する、要否判断段階の二段階から構成される。

文字探索は、コ、ウ、テ、ツの4文字を探すものとした。3×3の9文字の中から、ターゲットとなるコ、ウ、テ、ツの文字が複数あるかを制限時間内に判断する。

確認の要否判断段階では、直近の5回の文字探索の回答について確認をするかどうかを問う確認の要否判断画面が提示される。確認をすると判断した場合には、実際には回答を確認する作業は発生しないが、確認の手間が

かかる状況を模擬して、誤回答の有無に関わらず2問の新たな文字探索作業が追加される。この設定により、現実場面で作業者が確認を面倒あるいは無駄と認識してしまう状況を模擬した。

一方、確認をしないと判断した場合、直近の5回の文字探索の回答に誤りがあった場合にのみ、新たな文字探索作業が10回追加され、誤りがなかった場合には追加されない。この設定は、作業自体にミスがなく進捗した場合に確認を省略しても支障がなく、ミスが発生したときにのみ、確認の省略が大きな悪影響を及ぼすという状況を模擬している。

いずれの場合も、確認の要否判断後に文字探索作業の追加回数が提示される。なお文字探索作業の追加は、作業課題の途中で画面上に示されるものの、実際には行われぬ。どのような意思決定を行った場合でも実際の総試行数は5回の文字探索とその後の確認の要否判断のセットが合計25回繰り返された時点で終了となる。

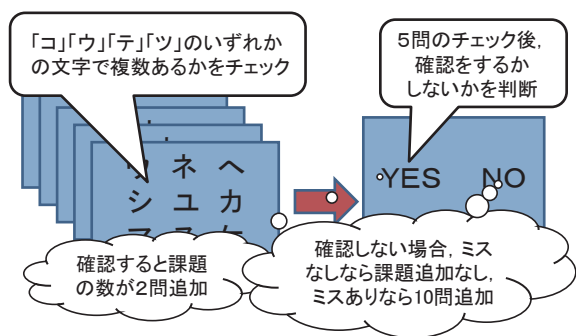


図1 確認の要否判断課題（1試行分）

3.1.2 確認の要否判断課題の妥当性の検証

(1) 目的

上記のように事故分析結果を基に、確認場面を模擬した作業課題を開発したが、本課題が意思決定を必要とする作業課題になっているか、妥当性を検証する必要がある。そこで、一般の参加者を対象とする実験を実施し、確認を省略する意思決定が発生しうるかを検証した。さらに課題実施中の脳活動を fMRI にて測定し、生理的な妥当性検証にも取り組んだ。

(2) 方法

(a) 参加者

20代から40代までの一般参加者15名（男性7名、女性8名、平均年齢34.5歳）

(b) 実験課題

実験用の作業課題は presentation (Neurobehavioral Systems 製) で作成した。文字探索画面の提示時間は制限時間が3秒で確認の要否判断画面では10秒とした。文字探索画面で無回答の場合には誤答扱い、確認の要否判断画面で無回答の場合には文字探索画面が

10画面追加される教示を行った。

確認の要否判断画面に取り組む条件（実験条件）は、3.1.1項で記したとおりである。

また、fMRI測定において、意思決定に取り組んでいるときにだけ現れる脳活動を識別するために、意思決定以外の脳活動、すなわち視覚的な要因、ボタン押し等の運動の要因が実験条件と同一となる作業を設定し、その条件を統制条件とした。実験条件実施中の脳活動から統制条件実施中の脳活動の差分をとることで、意思決定の活動のみを確認するためである。統制条件では、実験条件と同様に文字探索画面が提示され、確認の要否判断画面において、YES-NOの一方の単語が明るく、もう一方の単語が暗く提示されるようにした。参加者は明るく示された単語に該当するボタンを押すように指示された。

(c) 実験手続き

参加者は、事前に課題とfMRIに関する十分な説明を受けた。実験参加に関する同意書に署名をした後で、fMRIの磁力の影響を考慮した検査用の衣服に着替え、fMRI内にて課題に取り組んだ。参加者はまず統制条件を実施した後、5分間の休憩を挟み、実験条件を実施した。

(3) 結果

(a) 判断課題の結果

確認の要否判断画面で確認をしないと回答した数（省略回数）は、平均13.47回（標準偏差4.56）であった。省略回数は参加者によって最小6回から、最大21回までとなり、判断傾向の幅の広い観測結果が得られた。

(b) fMRIの結果

確認の要否判断画面に取り組んだときのfMRIデータを解析したところ、島皮質および補足運動野の活動が明らかになった。図2は実験参加者15名分の脳活動を集団解析によって平均化した画像である。

島皮質は、短期的・直感的な違和感等に基づいて判断をする領域であることが先行研究¹¹⁾で知られており、自らの作業経験に基づいて短時間で判断を下すと

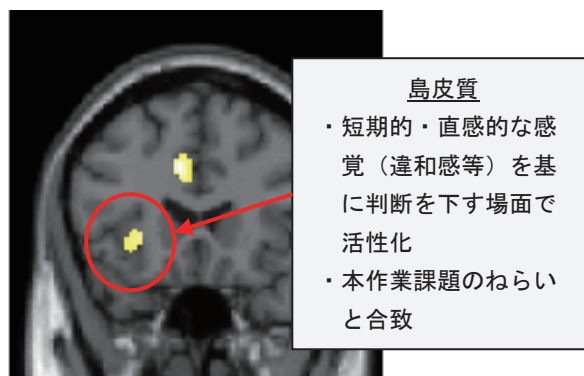


図2 確認の要否判断課題実施中の平均脳機能画像

特集：安全の人間科学

いう本課題のねらいと合致する結果であった。

(4) 考察

本課題を一般参加者が実施したところ、確認の省略の傾向を観測することが可能であることが示された。また、fMRI による脳機能画像の測定によって、本課題が想定した意思決定場面を模擬できていることが示され、妥当性の高い意思決定課題の作成に成功したことが明らかになった。

その一方で、本課題はコ、ウ、テ、ツの文字が複数あるかを判断する文字探索作業での自分の回答に対する確信度（どれだけ自信を持って回答したか）によって、その後の確認をするか否かの意思決定が変化するという特徴があるため、確認をしないという判断が文字探索作業での自分の回答に対する確信度によるものなのか、確認そのものを省略する傾向によるものなのかがはっきりしない。今後、より詳細に意思決定スキルを測定するためには、この点を改良する必要がある。

将来的な改善案としては、文字探索作業で回答をするごとに、その回答の確信度も入力させることである。この改良によって、確信度と確認の省略をそれぞれ独立に測定することが可能となる。

今後は、上記のような改善案を踏まえこの課題による意思決定スキル評価手法の開発へと進捗する予定である。

を考慮する場面へと改変するために、ギャンブル場面からタワーの建設場面へと変更した。その変更に伴い、増減するものも、金銭ではなく積み上げるタワーの高さとし（単位を \$ → m へ変更）、メーカーを選ぶことでタワーの高さが増減する内容へと変更した（図3）。増減の割合はオリジナルの IGT と同様である（表1）。課題の実施者には、ブロックのメーカーを選ぶ必要があること、各メーカーが一度に積み上げられる高さはそれぞれ異なっていること、しばしば崩落が発生するが、その頻度と大きさもメーカーによって異なることが伝えられる。これらの情報を基に、試行錯誤をしながら出来るだけ高いタワーを積み上げることが求められる。

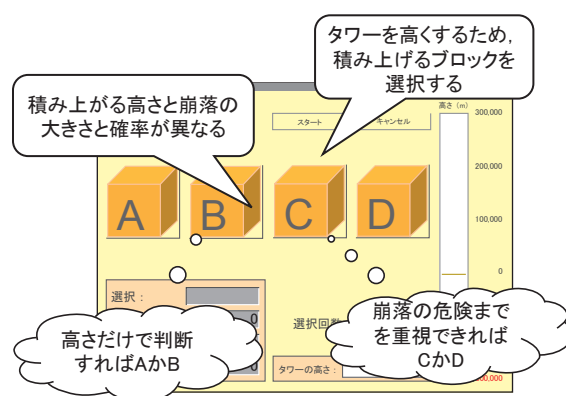


図3 タワー作成課題の画面

3.2 タワー作成課題

3.2.1 タワー作成課題の開発経緯

長期的なメリットよりも短期的なメリットを重視する意思決定場面を再現するに当たって、意思決定研究で最も幅広く活用されているアイオワギャンリング課題 (Iowa Gambling Task を略し、以降は IGT と記す) を参考にした¹³⁾。

この課題は4組のカードをまとめた山を用い、賭けに類するゲームを実施する課題である。各組のカードには、それぞれ1枚選択するごとに即時に賞金額と、その後特定の確率で発生する罰金額が提示される。参加者は100回の試行を通じて、得られる金額が最大になるよう求められる。即時に得られる賞金に焦点を当てて選択すると長期的には損となり、罰金が発生する確率と金額にまで焦点を当てて選択すると長期的には得をするように、課題全体がデザインされている。

この課題は、実態把握で明らかになった「確定的・短期的成果への注目」という傾向を測定するためには有効であるが、その一方で、鉄道の作業場面で求められるのは作業の内容、量、タイミング等についての判断であり、金銭のやり取りを判断する場面は多くはない。そのため、金額が増減する課題ではなく作業の進捗量が増減する課題への改変を試みた。

IGT の構造を活かしつつ、意思決定者が作業量の増減

表1 各選択肢の内容

	得られる高さ	崩落量と確率	期待値 (10回)*
メーカー A	10,000m	平均 25,000m 50%	-25,000m
メーカー B	10,000m	125,000m 10%	-25,000m
メーカー C	5,000m	平均 5,000m 50%	+25,000m
メーカー D	5,000m	25,000m 10%	+25,000m

*期待値 (10回) : 10回選択した場合に得られる高さ

3.2.2 タワー作成課題の妥当性検証

(1) 目的

事故分析結果を基に、短期的メリットを重視する傾向を測定する課題を開発したが、本課題が意思決定の課題になっているか、妥当性を検証する必要がある。そこで、一般の参加者を対象とする実験を実施し、短期的メリットを重視する意思決定が発生しうるかを検証した。さらに課題実施中の脳活動を fMRI で測定し、生理的な妥当性検証も行った。

(2) 通常の IGT との比較と判断課題の結果

上記のような改変によって、そもそも IGT の持つ意

思決定課題としての特徴が変質していないかを明らかにするため、双方の課題を実施し、結果に違いが生じないかを検討した。その結果、短期的なメリットが高いが長期的なデメリットがある選択肢（選択肢 A と B）を選んだ回数に有意な差はなく、二つの課題に大きな違いがないことが明らかになった ($t=0.95, p=0.34$)。

また、選択肢 A と B の選択回数を合わせた「短期的なメリットが高いが長期的なデメリットがある選択肢」を選んだ回数の平均は 52.4 回（標準偏差 18.21）であり、参加者によって最小 4 回から最大 95 回まで判断傾向の幅の広い観測結果が得られた。

(3) fMRI を使った妥当性検証

タワー作成課題が意思決定（短期的メリットと長期的メリットの判断）を要する課題であるかを検証するため、課題実施中の fMRI データを取得して、意思決定に関わる領域が活動しているかどうかを検証した。

(a) 参加者

20 代から 40 代までの一般参加者 15 名（男性 7 名、女性 8 名 平均年齢 34.5 歳）

(b) 実験課題

課題は presentation (Neurobehavioral Systems 製) で作成し、課題実施中にだけ現れる脳活動を fMRI により測定するために統制条件を設定した。統制条件では、3.1.1 項と同様に 4 つの選択肢のいずれかの外枠を明るく提示した。参加者には明るく示された選択肢に該当するボタンを押すように指示した。また、得られる高さや崩落の大きさの桁数を調整し、二桁小さい値とした。

(c) 実験手続き

参加者は、事前に課題と fMRI に関する十分な説明を受けた上で、fMRI 内にて課題に取り組んだ。

(d) fMRI の結果

課題実施中の fMRI データを解析したところ、右上前頭回および中側頭回の活動が明らかになった（図 4）。右上前頭回は、曖昧な状況下で意思決定を行う際に活性化することが知られており¹⁴⁾、参考にした IGT 実施時に活性化することも知られている領域である。

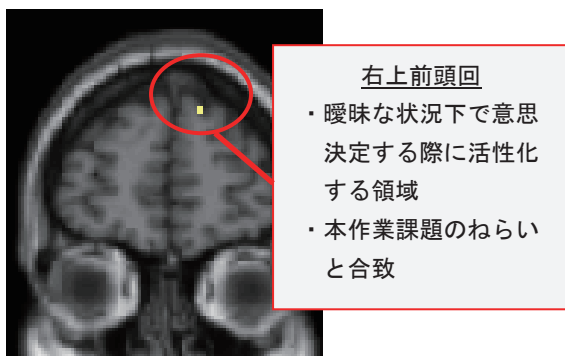


図4 タワー作成課題実施中の平均脳機能画像

この結果は、崩落の発生が確率的で曖昧な本課題の特徴に合致しており、また改変によっても先行研究で実施されてきた意思決定課題の特徴を保持していることを示している。

(4) 考察

本課題の一般参加者による実施結果から、短期的なメリットを重視する傾向を測定可能であることが示された。また、fMRI による脳機能画像の測定によって、本課題が想定した意思決定場面を模擬できていることが示され、妥当性の高い意思決定課題の作成に成功したことが明らかになった。

短期的メリットを重視する選択肢を採用した理由については、その選択肢のデメリットを理解した上でその選択を実施した可能性と、そもそもデメリット自体を正しく認識できていない可能性の双方が考えられる。

これらの知見を踏まえ、意思決定スキルの評価手法を開発する際には、個々人のより詳細な意思決定過程を評価できるデータを取得できるような調整を実施する必要がある。具体的には、各選択肢の長期的メリットと短期的メリットを表示する条件を設けるなどが考えられる。

4. まとめ

本研究では、278 件の事故分析結果から判断ミスが発生しやすい作業場面と心理傾向を抽出し、判断ミスが発生する作業場面としては確認場面が多数を占めること、心理傾向としては短期的なメリットを重視する傾向が多くを占めることを明らかにした。これらの結果を踏まえ、対応する 2 種類の意思決定課題の開発に取り組んだ。確認場面を模擬した課題として確認の要否判断課題を、短期的メリットを重視する傾向を測定可能な課題としてタワー作成課題を開発した。

2 種類の意思決定課題において、それぞれ確認の省略、短期的メリットの重視傾向が測定できるかを心理実験の手法にて検証した。さらにその際の脳活動を fMRI によって測定し、課題の特徴に合致した意思決定領域が活動しているかを検証した。実験データと fMRI データはいずれも、開発した課題が適切であることを示しており、意思決定課題として妥当であることが明らかになった。

これらの課題によって、実作業で判断ミスの発生につながりやすい意思決定場面が模擬され、その場面における危険な意思決定を実施する傾向を見出すことが可能となった。

5. おわりに

本研究では新たな取り組みとして fMRI を活用した脳活動の測定を実施した。fMRI の導入により、課題実施

特集：安全の人間科学

中の実験参加者がどのような認知機能（心の働き）を使用しているのかを検証することが可能となる。

課題の妥当性を評価する際には、課題成績の検討に加えてアンケート結果を参照することが多いが、アンケートは実験参加者が意識的に回答内容を操作することが比較的容易である。また過去を振り返って回答するため、課題実施時に考えた内容と乖離する可能性がある。しかし生理データに基づいた本手法は、実験参加者が意図的に操作することが困難であり、さらに、そのデータは回答中のリアルタイムの状態を反映しているため、非常に有効な手法である。

その一方で、この手法を実施したことにより、その限界も明らかになった。今回の考察は、脳に関する先行研究の幅広い調査と実験手続きの内容を踏まえた一つの解釈である。例えば島皮質の特徴について、「短期的・直感的な感覚（違和感等）を基に判断を下す場面で活性化」と記したが、この知見は実験結果と十分な先行研究を踏まえた上で妥当なものと考えられるが、異なる作業や心理状態に対してこの部位が活動しないことを表しているわけではない。意思決定とは異なる研究領域では、例えば視覚・聴覚・触覚など五感との関連性が示されているため、単純に脳活動を測定した場合には、ほとんどの研究においてこの部位が活性化することが示されている。脳の大きさには物理的な制約があるが、人間の行動や思考の自由度は高いことを考慮すると、一つの部位が一つの機能にのみ特化して活動するとは考えづらい。特定の脳部位の活動が現れた際に、想定した認知機能に対応している活動であると解釈できるか否かは、実験で得られた行動指標、実験参加者の報告、実験手順の厳密な実施の可否、先行研究との比較などの複数の視点から慎重に確認する必要がある。

また作業課題は、開発予定の意思決定スキルモデルの構成要素を踏まえた上で、より詳細な内容の評価が可能な指標の改良や、新しい作業課題の開発が必要になると予想される。

これらの点を踏まえ、今後は、意思決定スキルのモデル化、および個々の意思決定スキルを測定可能なソフトウェアを開発する際に、本課題を活用する予定である。

文献

- 1) R・フィリン, P・オコンナー, M・クリトウン (著) 小松原, 十亀, 中西 (訳): 現場安全の技術, 海文堂, pp. 57-94, 2012
- 2) 繁樹算男 (著) 中島義明 (編): 意思決定, 心理学辞典, 有斐閣, pp. 28-29, 1999
- 3) 相馬正史, 都築誉史: 意思決定におけるバイアス矯正の研究動向, 立教大学心理学研究, 56, pp. 45-58, 2014
- 4) 蓮花一己: 運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ, 国際交通安全学会誌, 26 (1), pp. 12-22, 2000
- 5) 竹村和久, 藤井聡: 意思決定の処方, 朝倉書店, p. 135, 2015
- 6) 矢守克也: 再論—正常化の偏見, 実験社会心理学研究, 48 (2), pp. 137-149, 2009
- 7) 楠見孝 (著) 山本真理子 (編): 代表性ヒューリスティック, 社会的認知ハンドブック, p. 208, 2010
- 8) 楠見孝 (著) 山本真理子 (編): 利用可能性ヒューリスティック, 社会的認知ハンドブック, p. 206, 2010
- 9) 楠見孝 (著) 山本真理子 (編): 係留と調節, 社会的認知ハンドブック, p. 210, 2010
- 10) 伊藤忠弘: 社会的比較における自己高揚傾向—平均以上効果の検討—, 心理学研究, 70 (5), pp. 367-374, 1999
- 11) Emeran A. Mayer: Gut feelings: the emerging biology of gut-brain communication. *Nature Reviews Neuroscience*, 12, pp. 453-466, 2011.
- 12) A. Bachara, A.R. Damasio, H. Damasio, W.L. Anderson: Insensitivity to future consequences following damage to Human prefrontal cortex, *Cognition*, 50, pp. 7-15, 1994.
- 13) A.L. Krain, A.M. Wilson, R. Arbuckle, F.X. Castellanos, and M.P. Milham: Distinct neural mechanisms of risk and ambiguity: A meta-analysis of decision-making., *Neuro Image*, 32, pp. 477-484, 2006.
- 14) A.L. Glenn, A. Raine, R.A. Schug: The Neural Correlates of Moral Decision-Making in Psychopathy., *Molecular Psychiatry*, 14, pp. 5-6, 2000.