

Title	図的表現を用いた多属性意思決定研究に関する現状と展望
Sub Title	A review and agenda for multi-attribute decision-making study using graphical representation
Author	森井, 真広(Morii, Masahiro) 井出野, 尚( Ideno, Takashi)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2021
Jtitle	哲學 (Philosophy). No.146 (2021. 3) ,p.127- 150
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	特集：岡田光弘教授 退職記念号 依頼論文・エッセイ
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000146-0127">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000146-0127</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# 図的表現を用いた多属性意思決定 研究に関する現状と展望

森井真広\* 井出野尚\*,\*\*

## はじめに

我々は日常生活において様々な意思決定を行っている。意思決定とは、一群の選択肢の中からある選択肢を採択すること、と定義されている（竹村, 1996）。通常、意思決定における各選択肢は複数の比較側面である属性を持っているが、このような意思決定場面は多属性意思決定と呼ばれる。例えば Figure 1 はデジタルカメラの意思決定場面を想定した多属性テーブルである。商品 A から商品 E までの 5 つの選択肢が横方向に配列されており、縦には有効画素数などの属性が配列されている。多属性意思決定の研究では、このような多属性テーブルをディスプレイ上などで提示し、被験者はどの選択肢が最も望ましいか（購入したいか）といった指示に沿って選択肢を決定することが求められる。

多属性意思決定場面では、複数の選択肢の提示の仕方によって、必ずしも最善の選択肢を選択していないという現象がこれまで報告されてきた。最善の選択肢の基準として期待効用が用いられてきた（例えば Payne, Bettman, & Johnson, 1993）。例えば、2 選択肢 5 属性のような選択肢が少ない意思決定場面であれば、期待効用の高い選択肢を選ぶことは容易であるが、5 選択肢 5 属性のように選択肢が増加すると、期待効用の最も高い

\* 慶應義塾大学論理と感性のグローバル研究センター

\*\* 徳山大学経済学部

	商品A	商品B	商品C	商品D	商品E
画素数	12 MP	20 MP	24 MP	20 MP	20 MP
光学ズーム	5倍	8倍	4倍	5倍	4.2倍
F値(広角)	2	2.8	2.8	1.8	1.8
焦点距離	25mm	24mm	28mm	24mm	24mm
タッチパネル	●	●	●	●	
GPS	●		●		
Bluetooth		●	●		
USB充電	●	●		●	
防水		●			●
セルフタイマー	●		●	●	●

Figure 1 デジタルカメラにおける多属性テーブルの例.

選択肢を選ぶことが困難になる (Bettman, 1970; Payne et al., 1993). 期待効用の最も高い選択肢が選ばれないといった現象は、バイアスと呼ばれ、バイアスが生まれるのは、意思決定者や選択肢数の状況に応じて、意思決定方略 (ヒューリスティクス) が異なるためであると説明される。そのため、これまで様々な意思決定方略が提案されてきた (Gilovich, Griffin, & Kahneman, 2002; Payne, Bettman, & Johnson, 1988, 1993; Takemura 2014).

## 意思決定方略の種類

最終的な決定に至るまでの選択肢の評価や採択の仕方は意思決定方略と呼ばれる。意思決定方略は補償型、非補償型に分けられる。補償型の意思決定方略では、すべての選択肢の属性情報が検討される。それにより、ある属性の評価値が低い場合であっても、別の属性の評価値が高ければそれを補う形で総合的に選択肢の評価がなされる。一方の非補償型の意思決定

方略は、属性間の補償関係がないような意思決定方略である。そのため、すべての選択肢のすべての属性を検討せずに、一部の属性のみによって選択肢の採択が行われる場合がある。

補償型の決定方略の代表的な例として、加算型の意思決定方略が挙げられる。この意思決定方略では、意思決定者は各選択肢の期待効用を計算し、その値が最も大きい選択肢を採択する。各属性の重要度（重み付け）が被験者により異なることから、その重要度を考慮し、期待効用を計算する場合は荷重加算型の意思決定方略と呼ばれる。非補償型の意思決定方略としては、辞書編纂型や EBA (Elimination by Aspects) 型の意思決定方略が挙げられる。辞書編纂型の意思決定方略では最も重視する属性において最も評価値が高い選択肢が採択される。もし、最も重視する属性において同順位の選択肢があった場合には、次に重視する属性において評価値が高い選択肢が採択されることになる。EBA 型の意思決定方略は辞書編纂型とは異なり、いわゆる消去法型の選択が行われる。ある属性において必要条件を満たしているかどうかを検討され、必要条件を満たさない選択肢は除外される。通常、最も重視する属性において必要条件を満たさない選択肢を除外し、候補が複数残る場合は次に重視する属性において必要条件を満たしているか、といった流れで最終的に採択する選択肢を決定する。非補償型の意思決定方略においては、どのような順序で選択肢あるいは属性を検討するかによって採択される選択肢が異なる場合がある。

意思決定方略は期待効用に基づく選択の相対的正確さと、認知的負荷の 2 つの評価軸によって評価することができる。この 2 つの評価軸はトレードオフ関係にある。荷重加算型の決定方略は全選択肢の全属性に基づいて期待効用が最大の選択肢を選択するために、この荷重加算型の決定方略が相対的な正確さの基準となる。Payne et al. (1993) はシミュレーションによって各決定方略における正確さと認知的負荷の関係を検討し、認知的負荷と正確さとの間のトレードオフ関係を示している。

実際の意思決定においては、複数の意思決定方略を組み合わせられて用いられていることが報告されている (Sheridan, Richards, & Slocum, 1975; Bettman, 1970; Bettman & Park, 1980). Bettman (1970) は最も典型的な二段階の決定方略として、EBA 型の意思決定方略と荷重加算型決定方略を組み合わせた意思決定方略をあげている。これは、EBA 型の意思決定方略によってある属性について基準を満たさない選択肢を候補から除外した後、残りの選択肢について荷重加算型によって比較検討を行うという方法である。Payne et al. (1993) のシミュレーション研究においても、この EBA 型と荷重加算型の意思決定方略を組み合わせた二段階の意思決定決定方略は単独の意思決定方略を用いた場合よりも認知的負荷が小さく、正確さが高いことが報告されている。

どのような決定方略を用いるかは、選択肢数や属性数に依存する。Payne et al. (1993) が行ったシミュレーションによれば、荷重加算型といった補償型の決定方略は、選択肢数や属性数の増加に伴って認知的負荷が増大することを示している。一方、辞書編纂型や EBA 型といった非補償型の意思決定方略では、選択肢数や属性数が増加しても認知的負荷はあまり変化せず、なおかつ正確さもある程度維持される。

### 意思決定方略の同定 (情報モニタリング法)

意思決定方略を同定する方法の一つとして、言語プロトコルを使用する方法がある。言語プロトコルを利用する方法には、意思決定過程における思考の発話を求める方法と、意思決定後に記憶を辿り思考プロセスを報告してもらう方法があり、それぞれ think aloud 法、retrospective 法と呼ばれることもある。これらの言語プロトコル法は特別な機材等を用いる必要がないという点において実施が容易であるが、回答内容は被験者の記憶や言語等の認知能力に依存し、また報告内容は意思決定者が「意識」した内容に限定されるという欠点がある。この欠点を補うため、近年では生理指標

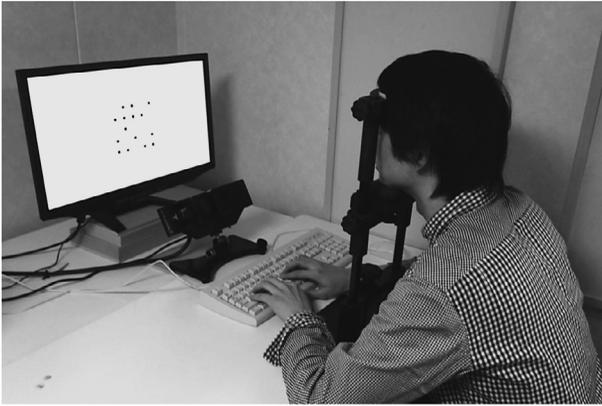


Figure 2 眼球運動測定装置を用いた実験の様子。

を用いたアプローチが導入されている。

意思決定研究において用いられる生理指標としては、皮膚電気反応や脳活動を記録する方法が挙げられるが、眼球運動測定もその一つである。これらの生理指標は意思決定者の意図的な操作が困難である点、そしてデータを数量的かつ客観的に測定できる点において優れている。さらに眼球運動測定が他の生理指標を用いた方法と比較して有効であると思われる点が2つ挙げられる。1点目に情報獲得プロセスとの関連が深いことである。眼は外部からの情報の入力を担当する器官の一つであり、情報獲得のプロセスを直接的に記録し、分析することができる。2点目に装置の装着、使用による実験への制約が小さいことである。近年の眼球運動測定技術の発展に伴い、軽量で小型な実験装置を被験者に装着する、あるいは非接触の状態でも眼球運動測定が可能になっている。Figure 2に眼球測定装置を用いた実験風景を示した。ディスプレイの手前に設置されている黒い装置が眼球運動測定装置のセンサー部分である。

## 眼球運動測定を用いた意思決定研究

眼球運動を用いた意思決定研究のさきがけは、Russo らによるものである。Russo & Rosen (1975) は 6 選択肢の中古車の意思決定場面において、視線は主に 2 つの選択肢間で推移していることを示した。また、Russo & Leclerc (1994) は、スーパーマーケットでの購買行動を想定した実験を行った。実験では、 $4 \times 4$  の配列で棚に商品を配置し、意思決定を行わせた。言語プロトコルデータに基づき、意思決定は、定位 (orientation)、評価 (evaluation)、確認 (verification) という 3 つの段階に分けられると主張し、各フェーズにおいてそれぞれ特徴的な眼球運動パターンがみられたことを報告している。

しかし先述の意思決定方略については、言語プロトコルを用いた方法 (Isen & Means, 1983, Takemura, 1993) とシミュレーションを用いた研究 (Payne et al., 1993) が中心であり、眼球運動測定を用いた意思決定研究の検討はこれまで十分に行われてこなかった。

## 本研究の目的

本稿では、我々が行ってきた眼球運動測定を用いた図的表現を用いた多属性意思決定に関する 3 つの実験について紹介を行う。実験 1 は Morii, Ideno, Takemura, & Okada (2017) として、実験 2-1 および実験 2-2 は Ideno, Morii, Takemura, Okada (2020) として発表されたものである。本研究では 3 つの実験を通して、以下の 3 点について検討を行った。

### 1. 意思決定における図的表現の効果

Jarvenpaa (1989, 1990) は多属性意思決定における図的表現を用いて意思決定における顕著性の効果 (visual salience effect) について検討を行っている。Jarvenpaa (1990) の実験では、同じ情報を数値で表現した場合と棒グラフで表現した場合を比較した。その結果、図的表現を用いた場合には、選択肢ごとの分散が高い属性など、視覚的コントラストが高い、あるいは

顕著性が高い属性の情報へ「注意」が向けられる傾向があることを示している。これ以外にも、意思決定における図的表現の効果について行った研究はいくつか存在するが(Arribas, Comeig, Urboano, & Vila, 2014; Roselli, de Almeida, & Frej, 2019), 多属性意思決定における図的表現の効果について検討を行った研究はまだ十分に行われていない。

そこで本研究では、複雑な属性値の情報を閾値「以上」もしくは「未満」という 2 値に落とし込むことにより、属性値を黒と白の 2 値で表現した。近年のオンラインショッピングサイト等での意思決定場面では、多数の選択肢の中から絞り込みを行う際に、「価格が〇〇円以下」や「〇〇機能を有する」のような 2 値で検索条件を追加し、選択肢の絞り込みを行うことがある。本研究では、これらの場面を想定し、属性ラベルに「〇〇 (数値) 以上」もしくは「〇〇 (数値) 未満」と閾値をつけ、各選択肢の属性値の方法を白黒の 2 値で表現し、意思決定プロセスの分析を行った。

また、実験 2 においては、白黒による図的表現の効果を、他の表現方法と比較するため、図的表現に加え、文字表現、数値表現の条件を実施し、実験結果の比較検討を行った。

## 2. 白黒 2 値表現におけるラベルの一貫性の影響

先述の数値と「以上」もしくは「未満」という言語ラベルを用いた場合、各属性にどちらのラベルを付与するかが一つの問題となる。例えば、電子機器等においては一般に重量は軽量の方がよいとされる場合が多く、数値が小さい、すなわち「未満」という条件がよい選択肢を表すことになる。しかし、バッテリー寿命や保証期間は長い(数値が大きい)方がよいとされるため、「以上」という表記がよりよい選択肢を表すことになる。

これらの属性を持つ多属性意思決定場面において、もし全ての属性に「以上」というラベルを用いれば、数量的な一貫性を保持できる(黒は以上を意味する)が、良い悪いという意味的な一貫性については保持されない(黒が良い場合もあれば、白が良い場合もある)。一方で、もし意味的な一

貫性を保持した場合、数量的な一貫性を保持できないことになる。そこで実験 1 では、数量的一貫性と意味的一貫性のラベルを使用した方が意思決定が容易であるか、反応時間や眼球運動データに基づき検討を行った。

### 3. 行列反転による意思決定への影響

メーカー等が作成する商品カタログにおいては、選択肢を横方向に配列し、属性を縦方向に配列することが多いように思われる。多肢多属性の意思決定場面に関する研究においても、選択肢を横に配列し、属性を縦に配列されることが多い。

一方で、インターネットでは、検索エンジンの検索結果の一覧は縦方向に配列されることがほとんどである。オンラインショッピングにおける商品の検索結果やランキング順の商品の掲載もほとんどの場合は選択肢が縦方向に配列される。これは、ウェブブラウザをはじめとするコンピュータのスクロール方向が一般に主に縦方向を主流としていることが関係していると思われる。

このように、選択肢と属性の行列の配置は様々な場面により異なる。眼球運動を用いた意思決定方略の検討においては、視線が選択肢内で推移したのか、選択肢間で推移したのかによって、意思決定方略を推定することになる。多属性表の行列が反転すれば、意思決定方略に対応する眼球運動の方向も反転することになる。眼球運動は垂直方向よりも水平方向の方が移動が容易であるとされている (Deng, Kahn, Unnava, & Lee, 2016)。この眼球運動の生理学的メカニズムを踏まえると、行列の入れ替えは決定方略の採択にも影響を与える可能性がある。しかし、意思決定方略に関するシミュレーション研究においては、このような行列の配置は考慮されていない。そこで本研究では、行列の反転により意思決定プロセスにどのような違いがみられるのか、実験 2-1 と実験 2-2 によって比較検討を行った。

## 実験 1 Morii, Ideno, Takemura, & Okada (2017)

### 目的と方法

実験 1 では、白黒 2 値表現におけるラベルの一貫性について検討を行うために、デジタル音楽プレイヤーの購買を想定した多属性意思決定課題を実施した。この実験には 18 人の大学生および大学院生が実験に参加した。各選択肢は、5 つの属性（重量、価格、連続再生時間、内蔵メモリ、画面サイズ）によってその性能が表され、被験者は A から E までの 5 つの選択肢の中から、最も購買したいと思われる選択肢を、キーボードのキー押しによって選択するように求められた。被験者の視線は非接触型の眼球運動測定装置 EyeLink 1000（SR Research 社製）によって記録された。

白黒の 2 値表現による図的表現の効果について検討を行うために、すべての 25 のセルは黒または白によって図的に表現された (Figure 3)。

テーブルにおける A から E のアルファベットは選択肢を表していた。5 つの属性は、テーブルの左側に記載され、各選択肢の属性値は数値と「以上」もしくは「未満」のラベルに対して合致しているか否かが白黒の形式で表現された。例えば、「重量 65 g 以上」のラベルに対して黒の属性値があれば、その選択肢の重量は 65 g 以上であることを表し、白であればその選択肢の重量は 65 g 未満である、というように表現された。属性の順序および基準となる数値については、Figure 3 の通りの順序と値で固定された。

実験 1 で用いた 5 つの属性のうち、重量と価格については属性値が小さいほど効用が高いことが想定され、残りの連続再生時間、内蔵メモリ、画面サイズについては属性値が大きいほど効用が高いことが想定された。

実験は 4 つのブロックから構成され、4 種類の属性ラベルタイプが各ブロックにおいて使用された。ブロックの実施順序は被験者間でカウンターバランスを取った。1 つのブロックは 30 試行から成り、ブロック内の試行の順序はランダム化された。

Type 1 および Type 2 は数量的一貫性を保持していた。Type 1 ではすべ

図的表現を用いた多属性意思決定研究に関する現状と展望

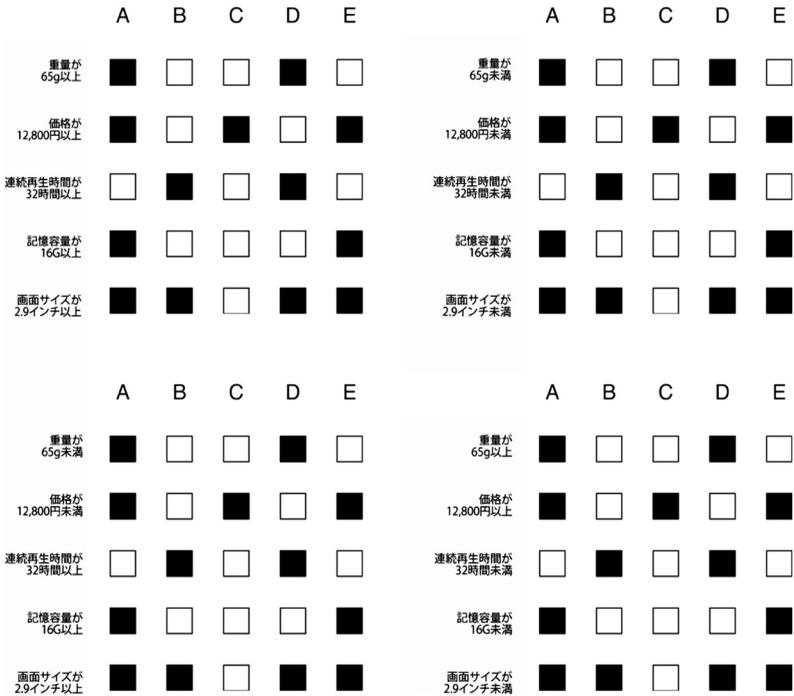


Figure 3 実験 1 で使用した 4 種類のラベルタイプを含めた刺激提示パターン。  
 (左上) Type 1 : すべての属性ラベルを「X 以上」とした。  
 (右上) Type 2 : すべての属性ラベルを「X 未満」とした。  
 (左下) Type 3 : 黒セルが常に「良い」ことを意味した。  
 (右下) Type 4 : 黒セルが常に「悪い」ことを意味した。

での属性に「数値+以上」のラベルがつけられ、Type 2 では属性に「数値+未満」のラベルがつけられた。一方 Type 3 と 4 は意味的一貫性を保持した。Type 3 では重量と価格には「数値+未満」のラベルがつけられ、連続再生時間、内蔵メモリ、画面サイズについては「数値+以上」のラベルがつけられ、いずれの属性においても黒いセルがより良いことを意味していた。Type 4 では、Type 3 とは以上と未満のラベルが逆になり、白いセ

ルがより良いことを意味していた。

## 結果

まず、刺激が提示されてから決定を行うまでの時間を回答時間と定義し、ラベルの条件ごとに回答時間の比較を行った (Figure 4)。その結果、意味的一貫性を保持した条件 (Type 3 および 4) において、数量的一貫性を保持した条件 (Type 1 および 2) よりも有意に短い傾向がみられた。さらに、意味的一貫性を保持する条件内の比較では、Type 4 よりも Type 3 において回答時間が有意に短かった。

次に、意思決定方略の分析を行うために注視のシフトパターンの分析を行った。各試行を刺激提示から選択のキー押しがなされるまでの間を試行の前半と後半に区切り、分析を行った。分析においては、被験者の注視のシフトの方向を縦、横、斜めの3つに分類した。縦の注視のシフトは同一選択肢内で生じたことを表し、横の注視のシフトは同一の属性内で生じた

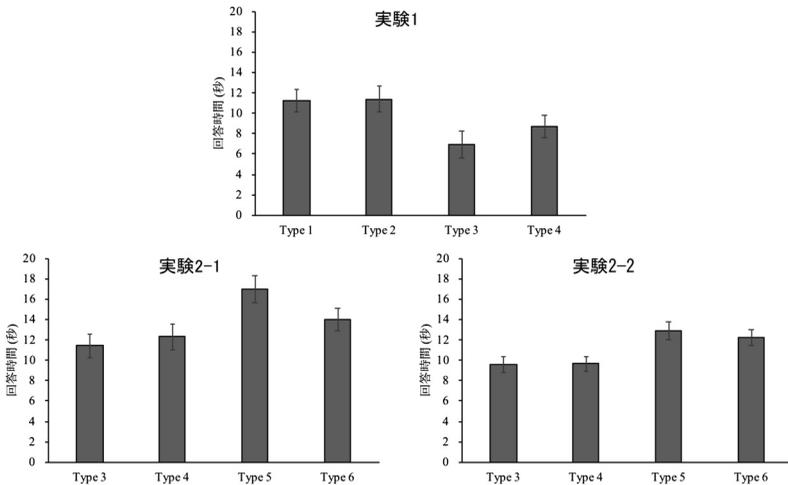


Figure 4 各実験のブロックごとの平均回答時間。エラーバーは標準誤差を表す。

ことを意味する。この注視のシフト方向は、意思決定方略を推測する上で重要な手掛かりとなる。もし補償型の決定方略が用いられていれば、各選択肢の効用を計算するために選択肢内の縦方向のシフトが多くなることが想定された。一方、非補償型の決定方略が用いられれば、ある特定の属性において選択肢の絞り込み、あるいは除外を行うために、横方向の注視のシフトが多くなることが想定された。さらに、もし被験者が多段階型の決定方略を用いていれば、試行の前半と後半で注視パターンに違いがみられることが予想された。

試行の前半後半ごとに、1 試行あたりの注視のシフト回数を Figure 5 に示した。条件間で比較すると Type 1, 2 よりも Type 3 においてシフト回数が少なく、回答時間と同様の傾向がみられた。また、シフト方向に関して縦方向よりも横方向のシフト回数が多い傾向がみられた。

試行の前後半および注視の縦横のシフトの傾向について分析するため

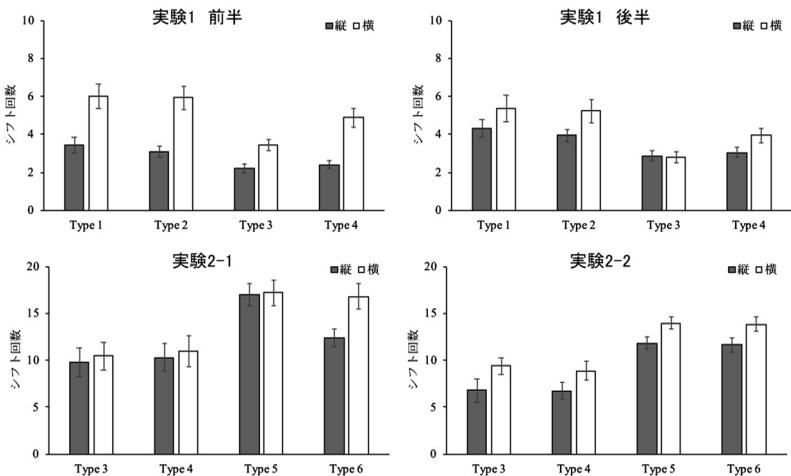


Figure 5 実験ごとの注視のシフト回数。エラーバーは標準誤差を表す。実験 1 は試行の途中で前半と後半を分けており、実験 2-1 と実験 2-2 は 1 試行内の注視のシフト回数を表している。

に、Payne (1976) による変移性スコアを算出した。このスコアは縦方向と横方向のシフト回数の差分を縦方向と横方向のシフト回数の和で除したものであり、値が +1 に近いほど縦方向の選択肢ベースの視線の推移が多く、値が -1 に近いほど、横方向の属性ベースの視線の推移が多いことを表す。条件ごとの変移性スコアを Figure 6 に示した。Type 3 の後半を除き、値が 0 より小さかったことから、縦方向よりも横方向の注視のシフトが多く、属性に基づいた選択肢間の比較がより有意であることが示された。実験条件および前後半の 2 要因について分散分析を行った結果、それぞれの要因について有意な主効果がみられた。試行の前半よりも後半において値が高かった。また、条件間で比較すると、Type 3 において他のタイプよりも値が高かった。

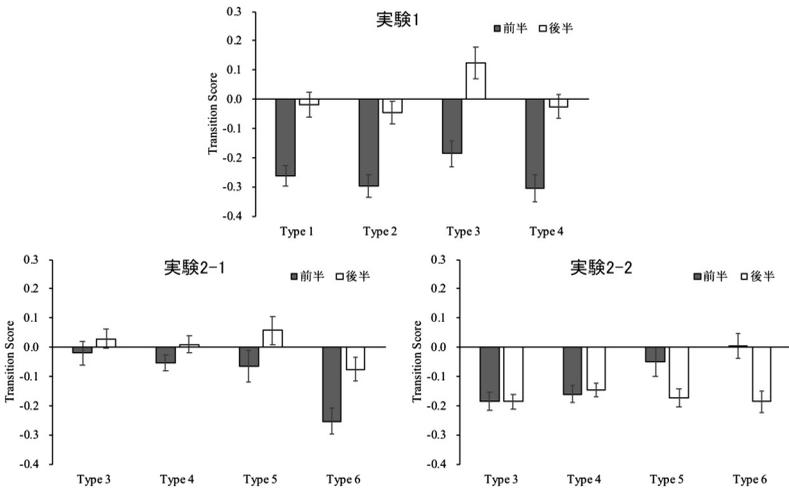


Figure 6 実験ごとの注視のシフト回数の変移性スコア。エラーバーは標準誤差を表す。

## 考察

数量の一貫性を保持した Type 1, 2 よりも意味的一貫性を保持した Type 3, 4 においてより短い時間で決定が行われた。さらにいずれのタイプにおいても試行の前半と後半において異なる眼球運動パターン傾向がみられた。前半では横方向への注視のシフトが多く、後半では縦方向の注視のシフトの割合が前半よりも増加した。これらの結果を踏まえると、被験者は 2 段階の意思決定方略を用いていた可能性があり、試行の前半においては、ある特定の属性の元に選択肢の絞り込みを行っていると解釈できる。これは EBA 型や辞書編纂型のような非補償型の決定方略を用いて選択肢の絞り込みを行っていた可能性がある。一方、試行の後半においては、前半よりも縦方向への注視のシフトが増加した。これは、前半において絞り込みが行われ、残された選択肢について、補償型の決定方略を用いて選択肢の比較もしくは確認を行い、最終的な決定を行っていたと解釈することができる。

また、意味的一貫性を保持した Type 3, 4 の比較においては、Type 3 の方がより早い決定が行われた。これは顕著性が関係している可能性があり、良いことをより顕著性が高い黒で表現した方が、意思決定がしやすいと解釈できる。

## 実験 2 Ideno, Morii, Takemura, & Okada (2020)

### 目的と方法

実験 2 では、行列の入れ替えの効果について検討するため、実験 1 と同様に選択肢を横に配列し、属性を縦に配置した実験 2-1、実験 2-1 の行列を反転させた実験 2-2 を行い、両者の結果を比較することによって行列入れ替えの効果について検討を行った。実験 2 には 48 名の大学生および大学院生が参加し、実験 2-1 および実験 2-2 に 24 人ずつがランダムに割り当てられた。

実験 1 との主な相違点は以下の 4 点である。(1) 実験 1 における Type 1 と 3, Type 2 と 4 を統合し, 数値が大きいことが「良い」ことを意味することが想定される属性のみを用いた。さらに図的表現以外の条件と比較するために数値と文字を組み合わせた条件 (Type 5) と 2 値による数値条件 (Type 6) を追加した。(2) 属性選定の刺激カテゴリをデジタル音楽プレイヤーからデジタルカメラに変更した。これは, デジタル音楽プレイヤーでは, (1) の条件を満たす属性を 5 つ選定することが困難であったためである。(3) 実験 1 では, 属性の配置の順序を固定していたが, 実験 2 では試行ごとに位置が変化した。これは, 黒いセルのまとまりの効果についても検討を行ったためである。(4) 刺激作成の理由から, 各ブロックの試行数を 30 から 32 に変更した。

実験 2 はデジタルカメラの購買を想定し, 使用した属性は保証期間, 最大光学ズーム, フラッシュ範囲, 有効画素数, 電池寿命の 5 つであった。いずれの属性も値が大きい方が選択肢の効用が高いことが想定された。ここでは, 実験 2 で用いた 4 つのラベルの条件を Type 3 から Type 6 と呼ぶこととする (Figure 7)。

Type 3 および 4 は実験 1 の条件と同等であり, Type 3 においてはすべての属性に「〇〇以上」というラベルがつけられ, 黒で表された属性値の効用が高いことを意味した。Type 4 はすべての属性に「〇〇未満」というラベルがつけられ, 白で表された属性値の効用が高いことを意味した。Type 5 は文字条件として, ラベルには属性名のみが記載され, 各選択肢の属性値のセル内に「〇〇以上」もしくは「〇〇未満」の文字が文章で表記された。Type 6 では, 数値と単位が属性値の欄に示された。

実験は 4 つのブロックから構成され, 各ブロックでは Type 3 から 6 のいずれかのラベルタイプが使用された。ブロックの実施順序は, Type 3 から 5 の実施順序についてカウンターバランスが取られ, Type 6 についてはいずれの被験者においても最後のブロック (第 4 ブロック) で実施され

図的表現を用いた多属性意思決定研究に関する現状と展望

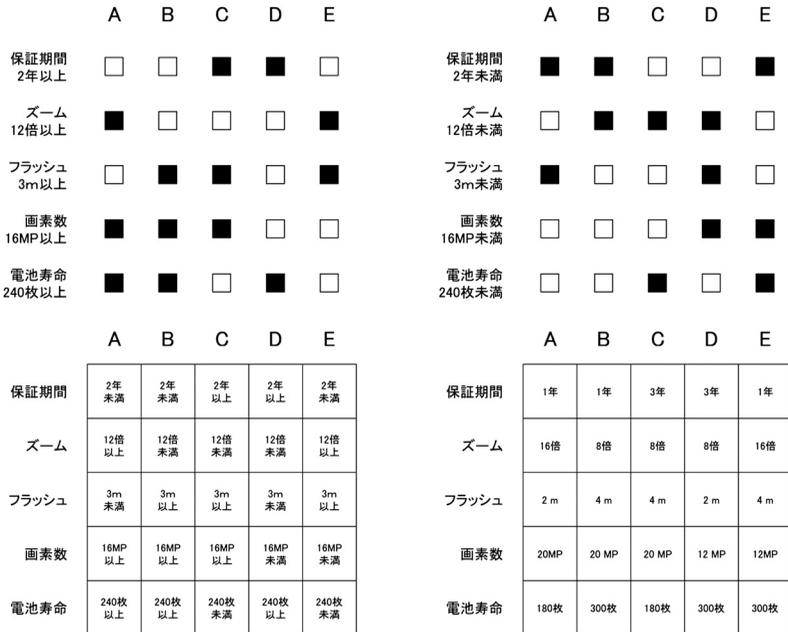


Figure 7 実験 2-1 で用いた 4 種類の刺激提示パターン。実験 2-2 においては、この行と列を反転させた形式の提示パターン（選択肢を縦方向、属性を横方向に配列）が用いられた。

(左上) Type 3：すべての属性ラベルを「X 以上」とした。黒が「良い」ことを意味する。

(右上) Type 4：すべての属性ラベルを「X 未満」とした。白が「良い」ことを意味する。

(左下) Type 5：閾値と単位に加え、「以上」もしくは「未満」の文字をセル内に記載した。

(右下) Type 6：具体的な数値と単位をセル内に記載した。

た、各ブロックは 32 試行から成り、ブロック内の 32 試行の順序はランダムにされた。

## 結果

実験 2 では、実験 1 と同様に回答時間、注視のシフト回数、注視のシフト回数の変移性スコアについて分析を行った。結果のグラフについては Figure 4 から 6 に実験 1 の結果と合わせて示している。

まず回答時間については、選択肢を横に配列した実験 2-1 よりも縦に配列した実験 2-2 において全体的に回答時間が短くなる傾向がみられた。さらにラベルタイプごとに比較をすると、実験 2-1 および実験 2-2 のいずれにおいても、図的表現を用いた Type 3 および 4 において、数値と文字を入れた Type 5 や 2 値の数値を入れた Type 6 よりも短い傾向がみられた。この結果から、図的表現を用いた場合、数値や文字による表現よりも意思決定にかかる時間が短くなり、選択が容易になる可能性が示された。なお、黒と白を反転させた Type 3 と Type 4 の間では差はみられなかった。

次に、注視のシフト方向について分析を行った。注視のシフト回数について、前後半での違いはみられなかった。そのため、実験 2-1 実験 2-2 の注視のシフト回数については前後半に分けずに 1 試行あたりの回数を示している (Figure 5)。また、注視のシフトの変移性スコアについては実験 1 と同様に前後半に分けて分析を行った (Figure 6)。実験 2-1 および実験 2-2 の注視のシフトの傾向をみると、Type 3 と 4 においては前半と後半でほとんど違いがみられず、Type 5 と 6 においては若干の差がみられた。

また、行列を入れ替えた実験 2-1 と実験 2-2 を比較すると、変移性スコアが反転していないことがわかる。実験 2-1 では値は全体的に 0 に近く、縦方向と横方向のシフト回数にあまり差がない傾向があった。一方、実験 2-2 においてはいずれの条件においても (Type 6 の前半を除き) 値がマイナスであり、横方向のシフトが多い傾向がみられた。

## 総合考察

3つの実験の結果を踏まえ、本研究の目的として挙げた以下の3点について考察を行う。

### 1. 意思決定における図的表現の効果

実験2においては、白黒による図的表現の効果を、数値を用いた条件と比較した。その結果、図的表現を用いた Type 3 および 4 においては数値を用いた Type 5 や 6 よりも回答時間が短い傾向がみられ、図的表現を用いることによって意思決定がより容易になったと解釈することができる。

また、2値の数値表現を用いた Type 6 では、他のタイプと比較して試行の前半と後半において注視のシフトパターンが顕著に異なっていた。実験 2-1 および実験 2-2 のいずれにおいても、後半と比較して前半では属性ベースの選択肢間の注視のシフトがより多く、後半においては選択肢ベースの注視のシフトが増加した。Type 6 ほど顕著ではないが、同様の傾向が Type 5 においてもみられた。これらの結果から、数値表現を用いた Type 5 や 6 においては二段階の意思決定方略を用いていることが示唆された。その一方で、実験2における Type 3 と 4 においては、前半と後半で注視のシフトパターンはあまり変化しておらず、単独の意思決定方略を用いていることが示唆された。

一方で、実験1においては、Type 3 と 4 を含むいずれの条件においても前半と後半で注視のシフトパターンが変化しており、二段階の意思決定方略を用いていることが示唆された。Type 3 と 4 に関して実験1と実験2で意思決定方略の多段階性が異なっていたことについては、多属性表の属性の順序を固定していたかどうかに関係していた可能性がある。実験1では属性の順序を固定していたため、被験者にとって重要属性を見つけることは容易であったと考えられる。一方、属性の順序が試行ごとに変化した実験2では、Type 3 と 4 においては属性値に黒か白の四角形の表記のみであったため、それが何の属性であるかを確認するためには、属性ラベルへ

視線を向ける必要があった。もし属性ラベルへ視線を向ければ、実験 2-1 の横方向、実験 2-2 の縦方向の注視のシフトが実験 1 よりも増加するはずであるが、そのような傾向はみられなかった。これらの結果から、実験 2 においては、属性ラベルへ視線を向けることによる負荷の増大を避けるため、属性を確認せずに選択肢ベースで黒（もしくは白）のセルを数え、その数が最多なものを選択するような加算型の意味決定方略が用いられやすくなった可能性が考えられる。

## 2. 白黒 2 値表現におけるラベルの一貫性の影響

実験 1 において、数量的一貫性を保持した Type 1, 2 よりも意味的一貫性を保持した Type 3, 4 においてより短い時間で決定が行われた。この結果から、意味的一貫性を保持した場合に意思決定がより容易になると解釈することができる。さらに Type 1 から 4 までいずれのタイプにおいても試行の前半と後半において異なる注視のシフトパターンがみられ、特に Type 3 においては、試行の後半において横方向よりも縦方向の注視のシフトが多かった。これは、黒いセルの数が多い選択肢の効用が高くなるため、縦方向に黒いセルを数えるという加算型のような補償型の意味決定方略を採用しやすかったのではないかと解釈できる。

また意味的一貫性を保持した Type 3 と 4 の比較においては、実験 1 では Type 3 の方がより早い決定が行われたことから、白いセルを数えるよりも黒いセルを数える方がより早く処理を行うことができると解釈でき、これには顕著性が関係していると考えられる。一方で実験 2 の Type 3 と 4 の比較においては、回答時間についても注視のシフトパターンについても大きな差はみられなかった。実験 2 においては属性の配列が試行ごとで変化しており、回答時間が実験 1 よりも長かったことから、意思決定がより困難であったことが推測できる。実験条件の影響により、顕著性の効果が弱まった可能性が考えられる。

### 3. 行列反転による意思決定への影響

実験 2-1 および実験 2-2 では、行列を反転させる効果について検討を行った。実験の結果、いずれのラベルタイプにおいても、選択肢を横方向に配列した場合（実験 2-1）よりも、縦方向に配列した場合（実験 2-2）の方が、回答時間が短く、注視のシフト回数が少なくなる傾向がみられた。この行列の反転による結果の違いは、これまでのシミュレーションによる意思決定方略の研究では考慮されてこなかった点であり、行列の入れ替えのみによって意思決定プロセスが変化するということが重要な点である。

行列の入れ替えによって回答時間や意思決定プロセスが変化した要因としては、眼球運動は垂直方向よりも水平方向の方が移動が容易であるという、眼球運動の生理学的要因が関係している可能性がある。コンピュータやスマートフォンの使用において、横書きの文章を縦方向にスクロールしながら読むことに日頃から慣れ親しんでいると言える。特に検索エンジンやオンラインショッピングにおいては検索結果が縦方向に並べられることが多く、実験 2-2 のように選択肢が縦方向に配列されるものとの接触頻度が高い。その結果として、情報探索が容易になり、より早く意思決定を行うことができたという可能性が考えられる。商品カタログ等においても選択肢を縦に配列することで、消費者の意思決定を支援することも期待できる。ただし、本実験において回答時間が短かったことは、必ずしも良い意思決定を行えたことを意味するわけではない。実際に選ばれた選択肢が期待効用に沿ったものであったかなど、選択の質を評価する指標を用いてさらなる検討を行っていく必要があると考えられる。

### 今後の展望

本稿で紹介した 2 つの研究から導ける仮説は、(1) 白黒 2 値で属性値を表現した場合、良い属性の数をカウントすることが容易であることと、(2) 属性の位置を固定した場合（実験 1）と、数値で表現した場合（実験 2 の

	A	B	C	D	E
保証期間	1年	1年	3年	3年	1年
ズーム	16倍	8倍	8倍	8倍	16倍
フラッシュ	2 m	4 m	4 m	2 m	4 m
画素数	20MP	20 MP	20 MP	12 MP	12MP
電池寿命	300枚	300枚	180枚	300枚	180枚

Figure 8 数値とハイライトを組み合わせた多属性テーブルの例.

Type 5 と 6) では、2 段階の意思決定方略が用いられやすくなる点である。

今後の課題として、(1) より 2 段階の意思決定方略を取りやすい多属性テーブル、すなわち選択肢数がより多い条件での実験的検討を行い、図的表現を用いた場合の絞り込みのしやすさについて検討を行う必要がある。

また、本研究においては、図的表現を用いることで意思決定にかかる時間が短くなることが示された。本研究で用いた図的表現は、単なる黒もしくは白の四角形に限定されたが、これらの図的表現と数値を組み合わせたことも可能である。Figure 8 は数値とハイライトを組み合わせた多属性テーブルの例である。このような表現方法は既に一部の商品カタログや Web サイトにおいては既に利用されているものであるが、これらの表現方法も意思決定を支援する上で効果的なものであることが本研究の結果からも示唆される。今後はこれらの条件を追加し、その効果について検討を行いたい。

また、本研究では以上もしくは未満の閾値となる値を実験者側で設定したが、実際の意思決定場面において、選択肢を絞り込むために設定する閾

値は、意思決定者により個々に異なるはずである。これらの閾値を意思決定者が任意に操作でき、かつそれをハイライト等の図的表現を用いることができれば、さらなる消費者の意思決定支援を期待できる。これらの実験で得られた知見に基づき、消費者の意思決定支援に繋がる商品検索システムや選択肢の比較ツールの提案や実装に繋げたい。

### 謝辞

本研究は岡田光弘先生を代表とする研究プロジェクトの元で遂行されたものであり、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業、新学術領域研究(JP23120002)、基盤研究B(JP26284005, JP17H02265)、慶應義塾大学次世代研究プロジェクト推進プログラムの支援を受けて行われた。本プロジェクト2013年12月に急逝された大久保重孝氏が岡田光弘先生とともに始動させたものであり、それを継続し展開したものである。また、研究の遂行にあたって、共同研究者である早稲田大学竹村和久先生と竹村研究室の皆様から多くの助言を頂いた。ここに記し、謝意を表する。

### 引用文献

- Arribas, I., Comeig, I., Urbano, A., & Vila, J. (2014). Statistical formats to optimize evidence-based decision making: A behavioral approach. *Journal of Business Research*, 67(5), 790–794.
- Bettman, J. R. (1970). Information processing models of consumer behavior. *Journal of Marketing Research*, 7(3), 370–376.
- Bettman, J., & Park, C. (1980). Effects of Prior Knowledge and Experience and Phase of the Choice Process on Consumer Decision Processes. *Journal of Consumer Research*, 7(3), 234–248.
- Deng, X., Kahn, B. E., Unnava, H. R., & Lee, H. (2016). A “wide” variety: Effects of horizontal versus vertical display on assortment processing, perceived

- variety, and choice. *Journal of Marketing Research*, 53(5), 682–698.
- Gilovich, T., Griffin, D., & Kahneman, D. (Eds.). (2002). *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. Cambridge university press.
- Ideno T., Morii M., Takemura K., & Okada M. (2020) On effects of changing multi-attribute table design on decision making: An eye-tracking study. In: Pietarinen AV., Chapman P., Bosveld-de Smet L., Giardino V., Corter J., Linker S. (eds) *Diagrammatic Representation and Inference. Diagrams 2020. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12169. Springer, Cham.
- Jarvenpaa, S. L. (1989). The effect of task demands and graphical format on information processing strategies. *Marketing Science*, 35, 285–303.
- Jarvenpaa, S. L. (1990). Graphic displays in decision making—The Visual Saliency Effect. *Journal of Behavioral Decision Making*, 3, 247–262.
- Morii, M., Ideno, T., Takemura, K., & Okada, M. (2017). Qualitatively coherent representation makes decision-making easier with tables: An eye-tracking study. *Frontiers in Psychology*, 8, 1–12.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1988). Adaptive strategy selection in decision making. *Journal of Experimental Psychology*, 14(3), 534–552.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1993). *The Adaptive Decision Maker.*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Roselli, L. R. P., de Almeida, A. T., & Frej, E. A. (2019). Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. *Operational Research*, 19(4), 933–953.
- Russo, J. E., & Rosen, L. D. (1975). An eye fixation analysis of multialternative choice. *Memory & Cognition*, 3(3), 267–276.
- Russo, J. E., & Leclerc, F. (1994). An Eye-Fixation Analysis of Choice Processes for Consumer Nondurables. *Journal of Consumer Research*, 21(2), 274–290.

- Sheridan, J. E., Richards, M. D., & Slocum, J. W. J. (1975). Comparative analysis of expectancy and heuristic models of decision behavior. *Journal of Applied Psychology*, 60(3), 361–368.
- Takemura, K. (1993). Protocol Analysis of Multistage Decision Strategies. *Perceptual and Motor Skills*, 77(2), 459–469.
- Takemura, K. (2014). *Behavioral decision theory. Psychological and mathematical descriptions of human choice behavior*: Springer Japan.