

参加者の双曲志向が組織的意思決定に及ぼす影響： Double Garbage Can Modelの開発とシミュレーション 検証

安藤, 良祐
鹿児島大学コンサルティングファーム

永田, 晃也
九州大学

<https://hdl.handle.net/2324/7172215>

出版情報 : 2023-01. Center for Science, Technology, and Innovation Policy Studies, Kyushu University
バージョン :
権利関係 :

参加者の双曲志向が組織的意思決定に及ぼす影響
-Double Garbage Can Model の開発とシミュレーション検証-

2023 年 1 月

安藤 良祐
永田 晃也

九州大学科学技術イノベーション政策教育研究センター

参加者の双曲志向が組織的意思決定に及ぼす影響 -Double Garbage Can Model の開発とシミュレーション検証-

安藤良祐（コンサルティングファーム）¹，永田晃也（九州大学）²

要 旨

本稿では、ゴミ箱モデルを拡張した Double Garbage Can Model を構築し、双曲割引傾向を持つメンバーの存在が組織的な意思決定に及ぼす影響を明らかにする。双曲割引とは、近い将来から遠い将来にかけて低減する傾向を持つ主観的時間割引率を意味し、長期的な効用を犠牲にして短期的な効用を選好する非合理的な行動を説明する行動経済学の概念である。シミュレーションの結果、双曲性を持つメンバーの存在は目先の利益を優先する組織的意思決定をもたらす、その傾向はあいまいな状況下で高まるが、組織には個人の持つ双曲性を抑制する効果もあることが示された。

キーワード：集団の意思決定、ゴミ箱モデル、双曲割引、時間選好、シミュレーション

CSTIPS Discussion Paper Series は、CSTIPS における研究成果を広く公開することにより、科学技術イノベーション政策に関する研究者及び行政機関並びに同政策のステークホルダーである企業及び一般市民等からコメントをいただくことを目的に刊行するものです。論文等に述べられている意見は、執筆者個人として発表するものであり、九州大学及び CSTIPS の公式見解を示すものではありません。

¹ ryosuke-ando@kyudai.jp

² a-nagata@econ.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

組織の存在理由を、個人が持つ認知能力の限界を克服する機能に関連づけた Simon (1947) の理論は、合理的な意思決定に伴う困難について検討するための原点であり続けてきた。組織目的とされる価値を所与の条件の下で最大化するための選択を行うことを合理的な意思決定と定義するならば、それを遂行するためには全ての代替的選択肢と、各選択に伴う全ての結果を精査した上で、最も効用の高い選択肢を採らなければならない。この「客観的合理性」としてモデル化された意思決定は、代替的選択肢やその結果に関する知識の不完全性などの制約により現実には部分的にしか実行できない。こうして達成可能な合理性に限界 (limits) が生じることを Simon は「限定された合理性」(bounded rationality) と呼び、この限界を克服する意思決定のネットワークとして組織を把握した³⁾。組織は、意思決定の階層構造 (hierarchy) を形成することによって、個人が行う意思決定よりも高度の合理性を達成できると考えられた。

しかし、組織が行う意思決定もまた合理性が限定されており、その結果が企業の倒産、不祥事等の失敗に帰結する事例は後を絶たない。そのため組織的な意思決定の合理性を限定する状況と、その状況下での意思決定の結果を解明することが新たな課題として浮上することになる。あいまいな状況下での組織的な意思決定の動態を考慮した「ゴミ箱モデル (Garbage Can Model)」を構築し、問題解決以外の結果に至るプロセスを記述した Cohen, et al. (1972) は、この課題に対応する初期の試みとして位置付けられる。Cohen らが言う「あいまいな状況」とは、選択を行う基準、問題解決をもたらす技術、参加するメンバー等が流動的な状況を意味しており、組織の内部環境と外部環境の不確実性が増大した今日において、その試みは新たな検討に値する意義を有している。

一方、限定された合理性の概念は、近年、合理性からの乖離 (アノマリ) を説明するために行動経済学の領域で提唱されてきた様々な理論枠組みの中で発展させられている。その代表的な理論として Ainslie (1975) の「双曲割引」が挙げられる。

双曲割引とは、異時点間の効用選択における時間割引率が近い将来であるほど高くなるが、遠い将来であると低くなる傾向を指す。この性質により、長期的に大きな効用と短期的に小さな効用の評価が遅滞時間によって異なる。それゆえ、当初は長期的効用を選択したものの、それぞれの時間割引率の違いから時間経過とともに短期的効用が徐々に大きくなり、結果的に短期的効用を選択してしまう選好の逆転が説明される。例えば、明日から試験勉強を始めようと予定を組んでも結局試験前まで勉強しない等、日常生活でもよく経験される事象である。双曲割引は Herrnstein (1961) におけるハトを使った行動実験から導かれ、その後の動物実験 (Mazur (1987)、Richards, et al. (1997) 等) でも確認され、生物の持つ生理的な性質であると考えられている。わが国でも池田ほか (2005) の時間割引率に関する調査から双曲割引が確認され、所得、年齢、性別によりその強さが異なるとの結果を得ている。近年では、盛本 (2009) の家計への影響に関する研究、永田 (2016) のイノベーションプロセスの普及に関する研究等で幅広く議論されている。ただし、双曲割引をめぐる従来の議論は、あくまで個人の行動に発生するアノマリの説明に止まっており、組織的な意思決定に影響を及ぼすプロセスやその結果に関する研究は十分に行われていない。

集団の時間選好については若干の先行研究があるが、その数は少ない。Milch, et al. (2009) は、フレーミング効果が集団の意思決定に与える影響を検証し、集団では個人よりも我慢強い選択をすると結論付けている。Denant-Boèmont, et al. (2016) は、個人と集団を対象として時間選好に関する 4 条件 (せっかちさ・定常性・年齢独立性・時間不変性) を実験的に測定しており、集団は個人よりも我慢強いと指摘している。また、鶴田 (2016) は、PC 上のチャットを用いて匿名性を保った集団で実験を行い、時間選好について個人的意思決定の割引因子は集団的意思決定の割引因子よりも小さいと指摘している。これらの先行研究は、いずれも個人よりも集団の方が合理的な意思決定をしやすいとしているが、基本的に個人と集団を異なる意思決定主体として扱っているため、個人の選好が集団の意思決定にどのよう

³⁾ ただし、“Administrative Behavior” 第 1 版に当たる Simon (1947) には「限定された合理性」という用語は登場していない。高橋 (2008) によると、“Administrative Behavior” では第 1 版から第 4 版 (1997) まで元の本文に「限定された合理性」は登場しておらず、初出は第 2 版 (1957) の序文であり、第 3 版 (1976) では索引の ‘rationality’ の小項目に挙げられているものの、対応する本文には登場していない。ここでは、Simon 自身が「限定された合理性」の意味内容を元の本文に含まれていたものとして扱っていることから、その初出を第 1 版としておく。

な影響を及ぼすのかは明らかにされていない。

そこで本研究では、ゴミ箱モデルに個人の選好を考慮した改良モデルを構築した上で、双曲性を持つ個人の選好が組織的意思決定に及ぼす影響がどのようなものかシミュレートし、その結果から若干の実務的含意を導出する。

2. ゴミ箱モデルと Single Garbage Can Program

Cohen, et al. (1972) のゴミ箱モデルでは、組織のあいまい性を「組織化された無秩序」と定義する。「組織化された無秩序」とは、①首尾一貫した選好システムがない、②因果関係に関する知識が明白でない、③参加者はルールや義務によって決まらず予測困難と特徴づけられる状況を示す。

ゴミ箱モデルにおける組織的意思決定を記述する要素には問題、解、参加者、選択機会があり、その意思決定は選択機会に参加者、解、問題が投入されることで偶然に導き出される結果として記述される。March & Weissinger-Baylon (1986)、高橋 (1993、1997) で指摘されたように、あくまで意思決定を行う組織内での偶然的、かつ一時的な秩序のモデル化がゴミ箱モデルのコンセプトとなる。各要素は以下のように設定される。また、現実的に要素は完全に独立しているわけではないが、ゴミ箱モデルでは各要素は独立かつ、組織にとって外生的であると見なしている。

- ① 問題：問題は組織内外の人々の注意を引く懸念事項である。個人のライフスタイルや人類の危機等、幅広く存在する。シミュレーションでは未解決の問題は選択機会に投入され、選択機会内の問題数と負荷係数により決定に必要なエネルギーが決まる。
- ② 解：解は問題と関係なく誰かが生み出したものを指す。解を知るまで組織で解決すべき問題が何であるかわからないことが多いとされる。シミュレーションでは解係数により参加者の有効エネルギーが割り引かれ、選択機会を解決するエネルギーが決まる。
- ③ 参加者：参加者は様々な選択機会に出入りする。出入りは、選択機会の特性に依存する。また、参加者が他の選択機会に時間を使わなければならないことにも依存する。シミュレーションでは参加者は自身の持つエネルギーを選択機会に投入する。
- ④ 選択機会：組織が決定と呼べる行動を生み出すことを期待される機会を指す。契約の締結、従業員の雇用・昇進・解雇、金銭の支出、責任の分担が機会にあたる。シミュレーションでは選択機会に問題、解、参加者が投入・退出することにより決定がなされる。

Cohen, et al. (1972) ではこの4要素が用いられる。すなわち、①ゴミ箱としての選択機会が複数個あり、②選択機会に問題・解・参加者のエネルギーが投げ込まれる。この際、アクセス構造と決定構造（未分化な構造、階層的な構造、専門的な構造）により、投げ込まれるルールが定められている。また投げ込まれるタイミングも決められている。③選択機会内に解決に必要な解・参加者のエネルギーが蓄積されると決定される。ここで特にアクセス構造、決定構造がオープンであり構造的制約がないモデルを未分割版と呼ぶ。後述する高橋 (1993、1997) の Single Garbage Can Program(SGCP)はこの未分割版⁴⁾に該当する。

決定には、3つの決定タイプがある。まず、参加者によって投入された有効エネルギーが問題の必要エネルギー以上になった場合に決定となる「問題解決」。次に、選択機会に問題が発生する前に参加者が有効エネルギーを投入して決定に至る「見過ごし」。最後に問題の必要エネルギーが参加者の有効エネルギーよりも大きく、解決できずにいたが、問題が選択機会から退出したことで有効エネルギーが必要エネルギーを上回り決定となる「やり過ぎ」⁵⁾である。なお、ゴミ箱モデルで説明されるエネルギーの定義は明確に記載されていないため不明瞭であるが、例えば、組織構成員の時間、業務知識・ツール、予算等のヒト・モノ・カネの経営資源と捉えたとわかりやすい。

Bendor, et al. (2001) で指摘されたように、Cohen, et al. (1972) のシミュレーションには欠陥があり、

⁴⁾ Cohen, et al. (1972) ではアクセス構造、決定構造に加え、エネルギー配分の仮定（参加者はアクセス可能な選択機会決定に最も近い選択機会に自身の有効エネルギーを投入する）、問題配分の仮定（問題はアクセス可能な選択機会決定に最も近い選択機会に投入される）がおかれる。ただし、高橋 (1993、1997) の SGCP は未分割版のため、これらの仮定は無視できる。

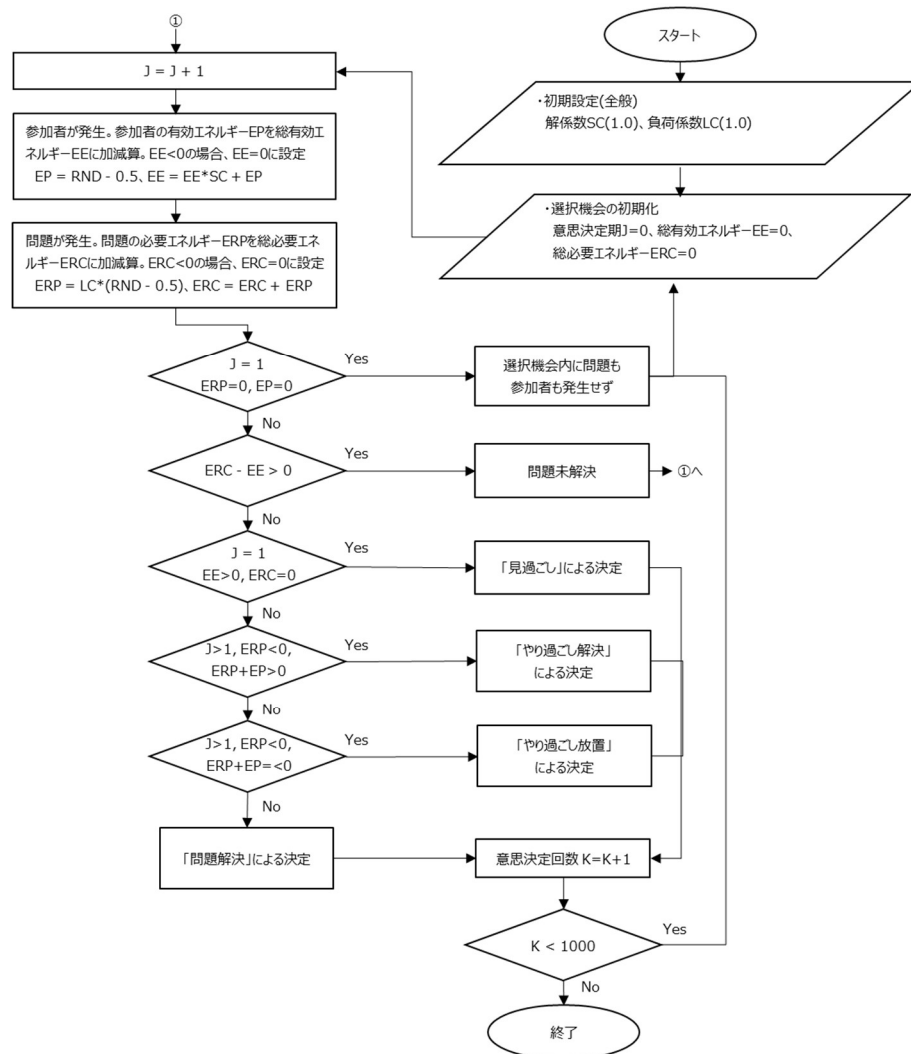
⁵⁾ Cohen, et al. (1972) では「飛ばしによる決定 (decision making by flight)」と記述されるが、わかりやすさを踏まえ高橋 (1993、1997) による意識である「やり過ぎ」を採用する。

ゴミ箱モデルが適切に表現できていない。稲水（2006、2010）は、Cohen, et al.（1972）のモデルを忠実に再現し分析したが、やはりモデルを適切に表現できていないとしている。そのような問題が指摘されながらも、ゴミ箱モデルの基本的なアイデアを発展させ、シミュレーションを精緻化する試みは継続的に行われてきた。

本稿で新たに構築するプログラムは高橋（1993、1997）の SGCP を基本としている。SGCP では、①「Single」と名付けられるとおり一つの選択機会にのみ注目すること、②参加者の出現、退出を参加者からのそれぞれ正／負の有効エネルギーで表すこと（-0.5 以上 0.5 未満の一樣乱数）、③問題の出現、退出をそれぞれ正、負の必要エネルギーで表すこと（-0.5 以上 0.5 未満の一樣乱数）によって、Cohen, et al.（1972）のモデルを簡略化している。そのため、複雑度が上がる新たなモデルの構築でも可能な限りシンプルにプログラムを構築できる⁶⁾。

また、やり過ぎしの捉え方も SGCP では Cohen, et al.（1972）とは異なる。退出した問題の必要エネルギー以上に参加者も有効エネルギーを投入したことにより決定となる「やり過ぎし解決」と、問題の退出による必要エネルギーの低下が決定要因となる「やり過ぎし放置」を分別している。なお、高橋（1993、1997）ではシミュレーションを決定回数 1000 回で管理している。シミュレーションフローを図 1 に示す。

図 1 SGCP フロー（高橋（1993）より筆者作成）



⁶⁾ Davis, et al.(2007)ではシミュレーションはシンプル・セオリーの分析に用いられると効果を発揮すると主張する。稲水(2014)では、シンプル・セオリーとは、ほとんど正しいが現段階では構成概念の概念化が弱い、構成概念をつなげる命題がほとんどない、基礎となる理論的論理が粗いものなどと説明されている。

SGCP では負荷係数が大きくなり問題負荷が高まるほど、決定 1 回あたりに要する平均期間が長期化し、「問題解決」が減り、「やり過ごし」が増え、特に「やり過ごし放置」が増えることを確認している。これより問題負荷と「やり過ごし」の関係性が重要であると説いている。

3. Double Garbage Can Model

本研究では、SGCP を基本として、参加者の双曲志向が組織的意思決定にどのような影響を与えるのかをシミュレートするため、新たなモデル⁷⁾を構築した。将来の利益と目先の利益からの選択となる双曲割引の考慮にあたり、参加者の志向として下記の長期志向・短期志向と選好の逆転が発生する双曲志向の 3 パターンが必要となる。加えて解決パターンにも下記のとおり長期と短期の解決パターンが必要となる。

【参加者の志向】

- 長期志向
常に難度の高い長期解決を志向
- 短期志向
常に難度の低い短期解決を志向
- 双曲志向
当初は長期解決を志向するが短期解決が目前に迫ると短期解決を志向

【解決パターン】

- 長期解決
理想的な問題解決が可能だが難度の高い取り組みを要す問題解決
- 短期解決
現実的な問題解決であり難度の低い取り組みで済む問題解決

このように参加者の志向性を考慮すると、従来のゴミ箱モデルにはなかった長期解決、短期解決という 2 つの解決パターンを選択機会内に用意する必要がある⁸⁾。この解決パターンをあたかも 2 つのゴミ箱（長期・短期の選択機会）があるように見立てるため、本モデルを Double Garbage Can Model (DGCM)、プログラムを Double Garbage Can Program (DGCP) と呼称する。

DGCP では、参加者は自分自身の選好に従って、各期に一度、選択機会内の長期もしくは短期の選択機会に有効エネルギーを投入、退出させる。つまり、長期志向の参加者は長期の選択機会に、短期志向の参加者は短期の選択機会に有効エネルギーを投入、もしくは退出させる。そして双曲志向の参加者は、プログラム変数に選好の逆転期を設定することで、選好の逆転期に至るまでは自身の有効エネルギーを長期の選択機会に投入するが、選好の逆転期に達した場合、自身の有効エネルギーを短期の選択機会に投入するよう条件を組み入れる⁹⁾ことで、双曲性を模擬する。また、ゴミ箱モデルで記述するように参加者の流動的な参加も考慮する。そのため、每期発生する参加者の志向を変化させる。各期の参加者は初期設定した確率で長期・短期・双曲志向が設定されるよう乱数で決定する。例えば、参加者の割合を（長期：短期：双曲）＝（30：30：40）と設定した場合、当該期が長期志向の参加者となる確率は 30%となる。なお、参加者の出現、退出は SGCP と同様にそれぞれ正／負の有効エネルギー（-0.5 以上 0.5 未満の1様乱数）で表す。

問題は、各期に一度、選択機会内の長期と短期の機会に投入される。問題の必要エネルギーは、問題が短期の機会に投入される場合には長期の機会に投入される必要エネルギーが小さくなるように設定

⁷⁾ プログラム言語は高橋（1993、1997）にならい BASIC を使用した。

⁸⁾ 長期解決、短期解決は決定までの期間ではなく、あくまで解決の難度で決まる。

⁹⁾ 双曲志向の参加者は、選好の逆転期以後は必ず短期の選択機会から自身の有効エネルギーを投入、退出させる。

する。これは、近い将来に向けた短期的な問題解決よりも遠い将来に向けた長期的な問題解決の方が一般的に難度は高いと考えられ、多量のエネルギーが必要になると仮定するためである。なお、問題の出現、退出は SGCP と同様にそれぞれ正／負の有効エネルギー（-0.5 以上 0.5 未満の一樣乱数）で表す。決定タイプは高橋（1993,1997）による分類（問題解決、見過ごし、やり過ぎ（解決・放置））を基本とするが、見過ごし以外は解決パターン（長期・短期）に合わせた決定タイプを分別する。さらに期限内に問題解決ができない期限超過を加え、全部で 8 パターンの決定タイプを用意した。決定タイプの想定ケースを表 1 に示す。長期／短期の解決パターンについて、表 1 から考えると、高難度となる長期の解決パターンでは市場参入後の生き残り戦略等のコンティンジェンシープランも含めた計画、難度の低い短期の解決パターンでは取り急ぎの市場拡大のため、とにかく市場参入することに主眼を置いた計画と考えられる。

表 1 決定タイプと想定ケース

決定タイプ		想定ケース
問題解決		ある市場に参入するためのプロジェクト・チームのメンバーが、参入計画を進めている。途中、参入を妨げる問題が発生したが、メンバーの努力により解決し、最終的な参入の意思決定がなされる。
見過ごし		ある市場に参入するためのプロジェクト・チームのメンバーが、参入計画を進めている。参入の妨げとなる潜在的な問題はあったものの、その問題は顕在化せず、認知もされないまま、最終的な参入の意思決定がなされる。
やり過ぎ	解決	ある市場に参入するためのプロジェクト・チームのメンバーが、参入計画を進めている。途中、参入を妨げる問題が発生し、解決に向け積極的に努力するメンバーもいた。しかし、問題は自力解決されないうちに問題自体が消滅し、最終的な参入の意思決定がなされる。
	放置	ある市場に参入するためのプロジェクト・チームが、途中、参入を妨げる問題に直面する。参入に否定的なメンバーが存在し、問題に積極的に取り組むことができなかったが、時間の経過とともに問題自体が消滅してしまい、最終的な参入の意思決定がなされる。

Cohen et al. (1972) のゴミ箱モデルでは、解の流れや、組織内の探索手順の効率性の変動から同じ問題を解くために必要なエネルギーは時間によって異なると指摘しており、そのプログラムでは解係数 SC は 0 から 1 の値となるように設定し、参加者の有効エネルギーを割り引くことができる。そこで DGCP でも、有効エネルギーの割引も検討したい。SGCP では解係数 $SC=1$ と設定されるが、これは割引係数 $R=0$ の指数型割引関数と見なせる。

$$SC=1/(1+R)$$

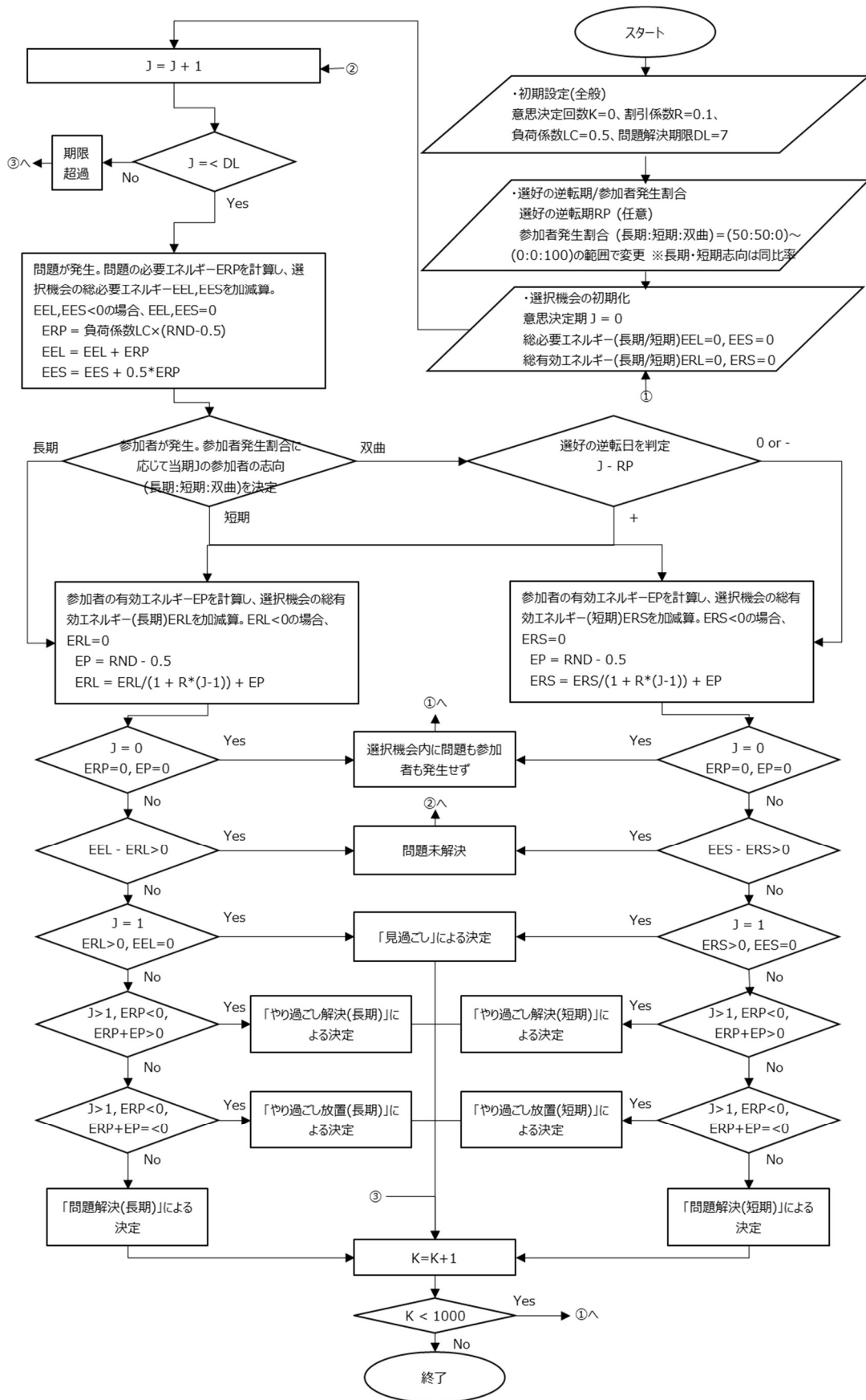
そこで DGCP では解係数 SC を以下の双曲型割引関数として定義する。

$$SC=1/(1+R*(J-1))$$

ここで J は意思決定期数を示す。このように有効エネルギーを双曲型割引関数で割り引くと仮定し、有効エネルギーが減少することによる影響も考慮する。なお、DGCP のプログラムフローを図 2 に示す。本稿の DGCP では、以下 2 つの分析を実施する。

- 分析① 双曲志向の有無
シミュレーションにおける参加者の志向（長期・短期・双曲）の発生割合を変化させ、双曲志向の参加者の存在が組織的意思決定にどのような影響を与えるか
- 分析② 双曲性の強さ
選好の逆転期を操作することによって双曲志向の参加者の持つ双曲性の強弱を変化させ、双曲性の強さが組織的意思決定にどのような影響を与えるか

図2 DGCP フロー



分析の諸条件を表2に示す。期限超過では7期を超えると決定期間超過とみなし、シミュレーションを強制終了する。短期の問題の必要エネルギーは長期の問題の必要エネルギーの1/2と定義する。ここで組織での双曲志向の参加者割合は、池田（2012）、Wong（2008）の調査から20%～80%の範囲で存在すると仮定できるが、シミュレートでは双曲志向の参加者割合を0%～100%に変化させ、その変化を確認する。また、鶴田（2016）では「個人選好の多数決で集団選好が決まる」と指摘する。DGCMはいわば多数決に近いモデルであり、現実の組織的意思決定を模擬していると十分に考えられる。

表2 シミュレーション条件

	参加者の発生割合	双曲性の強さ	シミュレート回数	割引係数	問題負荷	期限超過
①	長期:短期:双曲を 5050:0/40:40:20/30:30:40/ 20:20:60/10:10:80/0:0:100 と変化	選好の逆転期=2期	1試行の意思 決定回数 1000回を10 試行	R=0.1	LC=0.5	7期
②	長期:短期:双曲=30:30:40	選好の逆転期を0期- 7期の範囲において1 期単位で変化				

4. シミュレーション結果

4.1. 分析①

以下では、まず分析①「双曲志向の有無」の結果を示す。本分析では、双曲性の有無による影響を確認すべく、双曲性の強さである選好の逆転期を固定（2期）したまま、毎期の参加者の発生割合を変化させた。表3に決定タイプ別の平均決定回数¹⁰⁾、10試行中の決定タイプごとの最大値・最小値、決定タイプ別の構成比率、決定タイプ別の決定1回あたりに要する平均期間（決定1回あたりの期間）¹¹⁾、図3に箱ひげ図¹²⁾を整理した。

決定タイプ別に結果を確認すると、双曲志向の参加者割合が増加するのに伴い、決定回数が増加したのは長期の問題解決、短期のやり過ぎし解決・やり過ぎし放置であった。その一方で短期の問題解決、長期のやり過ぎし解決・やり過ぎし放置は減少した。双曲志向の参加者が0%と100%である場合を比較すると、長期の決定タイプが減少し、短期のタイプが増加することがわかる。ただし、双曲志向の参加者割合によらず問題解決が最も多かった。なお、見過ごしは高橋（1993）のSGCPと同様に意思決定回数の1/3となるようプログラムされるため、想定どおり330回程度となった。決定1回あたりの期間では問題解決（長期）：1期程度→問題解決（短期）：2期前後→やり過ぎし放置（長期・短期）・やり過ぎし解決（長期・短期）：3期前後の順となった。また問題解決では双曲志向の参加者割合が増えると短期では決定1回あたりの期間が長期化する傾向が見られ、やり過ぎし放置と同程度の期間となった。つまり、双曲志向の参加者割合が増えると、短期的な意思決定となる可能性が高まることに加え、長期解決よりも難度の低い短期の問題解決にも時間がかかってしまう。

この原因は以下のように考えられる。双曲志向の参加者は選好の逆転期までは長期の機会に自身の有効エネルギーを投入するため、意思決定の期間初期は長期志向の参加者割合が一時的に増加する。それゆえ、双曲志向の参加者割合が増えるにつれ決定1回あたりの期間が比較的短い問題解決では長期の決定回数は増加し、短期の決定回数は減少する。この際、双曲志向の参加者割合が増えるほど、期間初期

¹⁰⁾ 決定タイプ別平均決定回数＝10試行分の決定タイプ別決定回数の合計／10

¹¹⁾ 決定1回あたりの期間＝決定タイプ別の決定1回にかかった総期間／決定タイプ別決定回数。決定タイプ別の決定1回あたりの総期間は1試行中の意思決定回数J合算値である。1試行中の長期の問題解決の決定1回あたりの総期間が500期間、長期の問題解決の決定回数が100回であれば、決定1回あたりの期間は5期となる。

¹²⁾ 箱ひげ図では、分析①は参加者の割合別、分析②は選好の逆転期別に10試行分の決定タイプごとの決定回数をプロットした。

の長期志向の参加者は短期志向の参加者に比べて明らかに増加する。そのため、高難度であるはずの長期の問題解決では決定1回あたりの期間が短縮化する。その一方で短期の問題解決は期間初期に決定されにくく、選好の逆転期2期以降に決定に至りやすいため、低難度にも関わらず決定1回あたりの期間は伸びる。やり過ぎし解決・放置も期間後期に短期志向が選好されやすい状況で決定が行われやすい。そのため、短期の決定回数は増加し、長期の決定回数は減少する。

4.2. 分析②

次に、分析②「双曲性の強さ」の結果を示す。本分析では、双曲性の強さによる影響を検証すべく双曲志向の参加者発生割合を固定（長期：短期：双曲=3:3:4）し、選好の逆転期を変化させた。結果は分析①と同様に表4、図4に整理した。

決定タイプ別では、全体的に選好の逆転期が短くなるにつれて長期の決定タイプが減少し、短期の決定タイプが増加した。決定タイプ別では、問題解決は選好の逆転期が1期から2期への変化で、長期・短期の決定回数割合は（長期、短期）＝（9.9%、29.9%）から（20.5%、18.8%）と逆転する。同様にやり過ぎし解決・やり過ぎし放置では選好の逆転期3～4期を境に割合が逆転した。これより、解決パターンによって特定の期を境に決定タイプの割合が逆転する特異な選好の逆転期があることを発見した。この特異な選好の逆転期以後のそれぞれの解決パターンの決定回数はほとんど変化しない。双曲志向の参加者は長期志向、短期志向の選択は選好の逆転期で切り替わるため、選好の逆転期が大きいほど長期志向を選択する期間が長くなり、長期の解決パターンが増加する。ただし、期間中に発生する選択機会内の問題の総エネルギーの大きさには上限と下限が発生するため、特異な選好の逆転期を過ぎた後も長期の決定回数は増加を、短期の決定回数は減少を続けるのではなく、ある決定回数に収束していく。

決定1回あたりの期間は選好の逆転期が大きくなるに従い、長期の決定タイプの期間は短縮、短期の決定タイプの期間は延びると考えたが、特異な選好の逆転期以降は期間の長さが逆転することが分かった。この原因は、選択機会の総有効エネルギーと総必要エネルギーに応じて決定タイプごとに必要な決定期間の上限・下限があるためと考えられる。長期の決定タイプでは、選好の逆転期が短いと期間初期では長期志向の参加者が多いため、決定1回あたりの期間が必要な決定期間の下限まで低下する。選好の逆転期が長いと期間終期でも長期の決定タイプが選択されやすいため、決定1回あたりの期間は延びる。短期の決定タイプの決定1回あたりの期間では、選好の逆転期が小さいと期間初期では短期志向の参加者が少ないため、必要な決定期間の上限まで上昇する。上限に達した後は決定1回あたりの期間は減少していく。この要因として、選好の逆転期が大きくなると短期の決定割合が少なくなること、選好の逆転後の双曲志向の参加者ではなく純粋な短期志向の参加者が期間初期に意思決定する可能性が高くなることが考えられる。このように選好の逆転期によって長期と短期の意思決定傾向が大きく異なる。

表3 双曲性の有無（詳細表）

メンバの選好割合				タイプ別決定回数（10試行平均）																					
				問題解決						見過ごし	やり過ぎし解決						やり過ぎし放置						期限超過		
				長期			短期				長期			短期			長期			短期					
長期	短期	双曲		Max	Min		Max	Min			Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min	
50	50	0	決定回数	160.4	175	146	219.4	239	192	328.5	69	84	55	82.7	90	74	57.1	64	48	56.6	70	45	26.3	37	19
			割合	16.0%			21.9%			32.9%	6.9%			8.3%			5.7%			5.7%			2.6%		
			決定1回あたりの期間	1.4	1.5	1.4	1.7	1.8	1.5	0.0	3.0	3.3	2.8	3.1	3.2	2.9	2.6	2.9	2.4	2.7	2.9	2.4	8.0		
40	40	20	決定回数	181	200	167	201.3	218	185	337.1	55.1	67	49	93.4	102	82	41.2	50	25	64.9	76	58	26	32	17
			割合	18.1%			20.1%			33.7%	5.5%			9.3%			4.1%			6.5%			2.6%		
			決定1回あたりの期間	1.3	1.4	1.2	1.8	1.9	1.7	0.0	3.0	3.1	2.8	3.1	3.2	2.9	2.6	3.2	2.3	2.7	2.9	2.4	8.0		
30	30	40	決定回数	195.1	211	179	184.7	207	165	333.3	41.2	56	32	111.3	121	102	34.3	44	29	74	90	61	26.1	35	18
			割合	19.5%			18.5%			33.3%	4.1%			11.1%			3.4%			7.4%			2.6%		
			決定1回あたりの期間	1.2	1.3	1.1	2.0	2.1	1.9	0.0	2.9	3.1	2.7	3.0	3.2	2.7	2.6	2.9	2.5	2.6	2.8	2.5	8.0		
20	20	60	決定回数	217.7	236	201	172.5	207	155	334.6	25.7	31	17	114.6	132	98	20.1	25	10	93.2	115	75	21.6	26	14
			割合	21.8%			17.3%			33.5%	2.6%			11.5%			2.0%			9.3%			2.2%		
			決定1回あたりの期間	1.1	1.2	1.1	2.3	2.4	2.1	0.0	2.9	3.3	2.6	3.0	3.1	2.7	2.7	3.0	2.3	2.6	2.8	2.5	8.0		
10	10	80	決定回数	230.6	256	215	156.2	171	139	337.1	12.9	19	8	135.4	150	123	10.4	17	8	98.6	114	88	18.8	22	13
			割合	23.1%			15.6%			33.7%	1.3%			13.5%			1.0%			9.9%			1.9%		
			決定1回あたりの期間	1.1	1.1	1.0	2.5	2.6	2.4	0.0	2.8	3.5	2.4	3.0	3.1	2.8	2.6	3.0	2.1	2.7	2.8	2.3	8.0		
0	0	100	決定回数	247.9	273	225	144.8	165	121	335.3	0	0	0	148.5	160	137	0	0	0	109.8	141	96	13.7	17	10
			割合	24.8%			14.5%			33.5%	0.0%			14.9%			0.0%			11.0%			1.4%		
			決定1回あたりの期間	1.0	1.0	1.0	2.9	3.0	2.7	0.0	0.0	-	-	2.9	3.1	2.8	0.0	-	-	2.6	2.7	2.5	8.0		

図3 双曲性の有無（箱ひげ図）

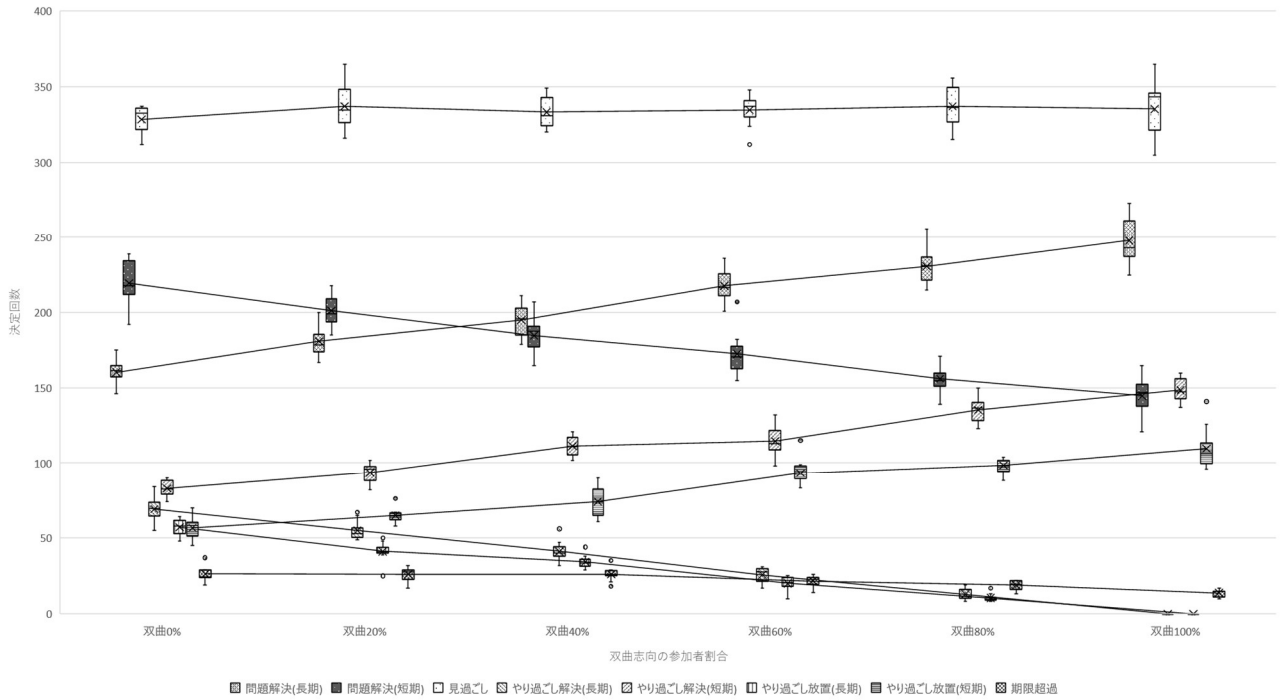
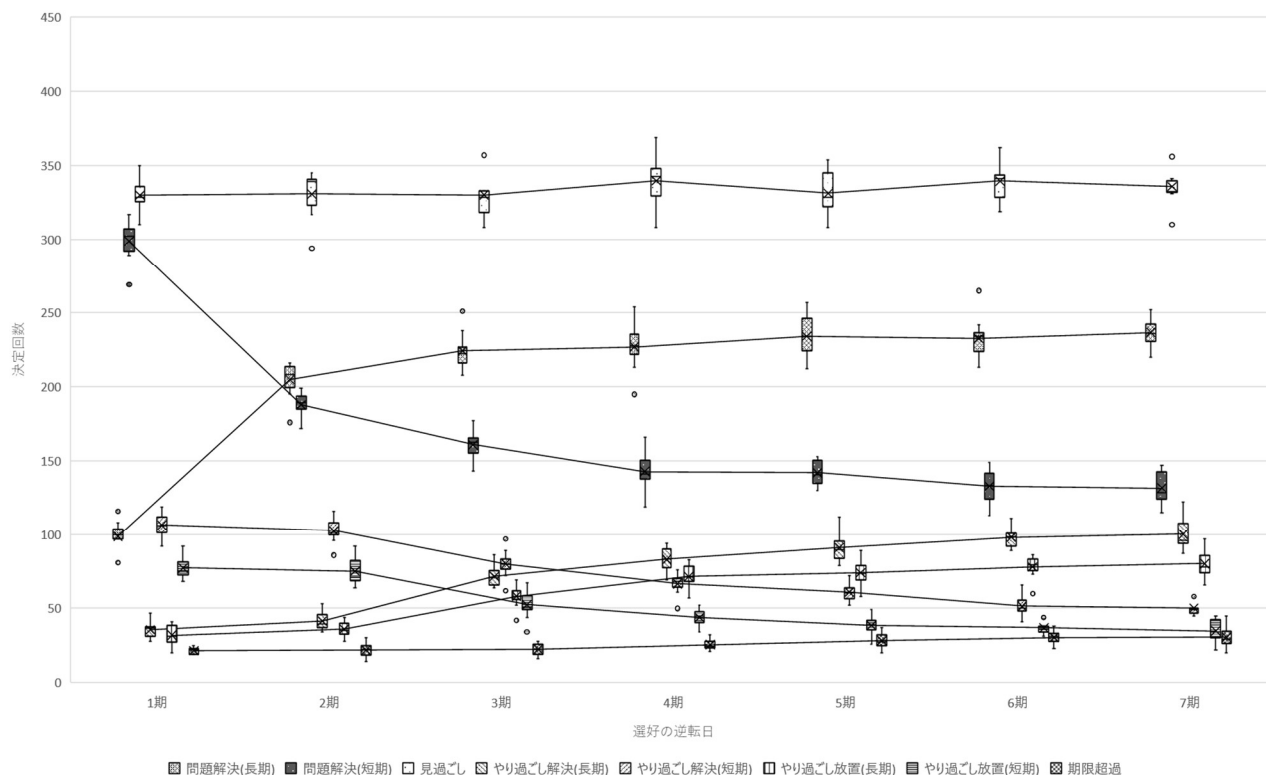


表4 双曲性の強さ（詳細表）

選好の逆転日		タイプ別決定回数（10試行平均）																						
		問題解決						見過ごし	やり過ぎし解決						やり過ぎし放置						期限超過			
		長期			短期				長期			短期			長期			短期						
Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min					
1	決定回数	98.7	116	81	298.9	317	269	329.9	35.5	47	28	106.5	119	92	31.9	41	20	77.2	92	68	21.4	25	19	
	割合	9.9%			29.9%			33.0%	3.6%			10.7%			3.2%			7.7%			2.1%			
	決定1回あたりの期間	1.4	1.6	1.3	1.6	1.7	1.5	0.0	2.9	3.3	2.5	3.0	3.1	2.9	2.6	2.8	2.5	2.7	2.8	2.5	8.0			
2	決定回数	204.8	216	176	187.8	199	172	330.7	41.4	53	34	102.5	116	86	36	44	28	74.9	92	64	21.9	30	14	
	割合	20.5%			18.8%			33.1%	4.1%			10.3%			3.6%			7.5%			2.2%			
	決定1回あたりの期間	1.2	1.3	1.1	2.0	2.1	1.8	0.0	3.0	3.3	2.6	3.1	3.5	2.9	2.7	3.0	2.3	2.7	3.0	2.5	8.0			
3	決定回数	224.3	251	208	160.9	177	143	330.1	71.7	86	64	80	97	62	58.2	69	42	52.4	67	34	22.4	28	16	
	割合	22.4%			16.1%			33.0%	7.2%			8.0%			5.8%			5.2%			2.2%			
	決定1回あたりの期間	1.3	1.4	1.2	2.1	2.3	2.0	0.0	2.6	2.7	2.4	3.5	3.9	3.3	2.4	2.6	2.2	3.0	3.3	2.7	8.0			
4	決定回数	227	254	195	142.8	166	119	339.7	83.1	94	69	66.6	76	50	71.4	83	57	43.9	52	34	25.5	32	21	
	割合	22.7%			14.3%			34.0%	8.3%			6.7%			7.1%			4.4%			2.6%			
	決定1回あたりの期間	1.3	1.4	1.2	2.0	2.2	1.8	0.0	2.7	2.8	2.5	3.6	3.8	3.3	2.4	2.5	2.3	3.1	3.4	2.8	8.0			
5	決定回数	234.2	257	212	142	153	130	331.2	91	112	79	60.8	72	52	74	89	58	38.4	49	26	28.4	37	20	
	割合	23.4%			14.2%			33.1%	9.1%			6.1%			7.4%			3.8%			2.8%			
	決定1回あたりの期間	1.4	1.5	1.3	1.9	2.0	1.8	0.0	2.7	2.8	2.6	3.6	4.0	3.3	2.5	2.8	2.4	2.9	3.2	2.6	8.0			
6	決定回数	254.9	265	213	146	149	113	374.8	106	111	79	58.7	72	41	86.8	89	60	40.4	45	31	32.4	38	20	
	割合	23.2%			13.3%			34.1%	9.6%			5.3%			7.9%			3.7%			2.9%			
	決定1回あたりの期間	1.4	1.6	1.4	1.8	1.9	1.7	0.0	2.8	3.0	2.7	3.6	4.2	3.3	2.6	2.8	2.4	2.8	3.2	2.6	8.0			
7	決定回数	236.7	252	220	131.6	147	115	335.9	100.1	122	87	50.1	60	45	80.2	97	66	34.8	45	22	30.6	45	20	
	割合	23.7%			13.2%			33.6%	10.0%			5.0%			8.0%			3.5%			3.1%			
	決定1回あたりの期間	1.5	1.6	1.4	1.7	2.0	1.6	0.0	3.0	3.1	2.8	3.3	3.7	2.8	2.6	2.9	2.4	2.8	3.2	2.5	8.0			

図 4 双曲性の強さ（箱ひげ図）



4.3. シミュレーション結果の頑健性確認

シミュレーション結果の頑健性を確認するため、負荷係数を変更しシミュレーションを実施した。本分析では参加者の割合を（長期:短期:双曲）＝（50:50:0）、（10:10:80）とし、それぞれで負荷係数を軽負荷（LC＝0.1）、重負荷（LC＝1.0）と変化させた。それ以外の条件は分析①②と同一である。表 5 に結果を示すとおり、問題負荷が軽負荷時（LC＝0.1）では双曲志向の参加者割合が増加しても長期・短期の解決パターンの割合に大きな変化は見られないが、分析①と同様に決定タイプ別では長期の問題解決、短期のやり過ぎし解決・やり過ぎし放置が増加した一方で、短期の問題解決、長期のやり過ぎし解決・放置は減少した。問題負荷が重負荷時（LC＝1.0）でも同様の傾向となるが、問題解決の割合は大幅に低くなり、期限超過が増加する。また問題負荷によらず問題解決の割合は最も高かった。さらに双曲志向の参加者割合が多いと、短期のやり過ぎし放置となる割合が高くなる。問題負荷が同じ場合を比較すると、双曲志向の参加者が存在しない場合は問題負荷が重くなっても短期の決定タイプの割合は変わらないが、双曲志向の参加者割合が存在する場合では短期の決定タイプが増えることがわかった。

以上の分析から、シミュレーション結果はある程度の頑健性があると判断できる。整理すると以下のとおりである。

1. 双曲志向の参加者が多くなるほど、組織全体としては短期の決定タイプが増加し、長期の決定タイプは減少する。決定タイプ別では、やり過ぎし解決・放置でも長期は減少し短期は増加するが、逆に問題解決では長期が増加し短期は減少する。決定 1 回あたりの期間では、全体としては短期の決定タイプが長期化し、短期の意思決定でも決定までに時間がかかる。決定タイプごとでは決定 1 回あたりの期間を見ると問題解決（長期）→問題解決（短期）→やり過ぎし放置（長期・短期）・やり過ぎし解決（長期・短期）の順に長期化する。
2. 双曲志向の参加者の双曲性が強まると、組織全体として短期の決定タイプが増加し、長期の決定タイプが減少する。決定タイプ別に特異な選好の逆転期があり、その前後で決定 1 回あたりの期間の長さが増減する。
3. 双曲志向の参加者が存在する場合、問題負荷が重くなるほど、長期の決定タイプが減少し、短期

の決定タイプが増加する。特に短期のやり過ごし解決・放置の割合が増加する。

表 5 問題負荷の影響

問題負荷	メンバの選好割合				タイプ別決定回数 (10試行平均)																					
					問題解決						見過ごし	やり過ぎし解決						やり過ぎし放置						期限超過		
												長期			短期			長期			短期					
	長期	短期	双曲		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min		
0.1	50	50	0	決定回数	217.1	243	197	232.6	246	218	339.6	69.2	90	62	72.2	88	49	30.7	39	25	35.6	45	29	3	6	1
				割合	21.7%			23.3%			34.0%	6.9%			7.2%			3.1%			3.6%			0.3%		
				決定1回あたりの期間	1.5	1.6	1.4	1.5	1.6	1.5	0.0	2.8	3.1	2.6	2.7	2.9	2.5	2.5	2.7	2.2	2.4	2.7	2.1	8.0		
				決定回数	300.9	324	275	156.1	177	140	332	13.5	17	11	129.9	146	111	5.9	9	2	58	72	41	3.7	6	1
	10	10	80	割合	30.1%			15.6%			33.2%	1.4%			13.0%			0.6%			5.8%			0.4%		
				決定1回あたりの期間	1.1	1.1	1.0	2.4	2.5	2.2	0.0	2.7	2.9	2.4	2.7	2.9	2.6	2.2	2.5	2.0	2.5	2.6	2.2	8.0		
1	50	50	0	決定回数	97.3	107	88	180.8	202	161	336.2	48.5	62	40	68.8	82	61	92.4	107	71	94.8	116	78	81.2	101	66
				割合	9.7%			18.1%			33.6%	4.9%			6.9%			9.2%			9.5%			8.1%		
				決定1回あたりの期間	1.3	1.5	1.2	1.7	1.9	1.5	0.0	2.9	3.3	2.6	3.3	3.5	3.0	2.9	3.2	2.7	3.0	3.2	2.9	8.0		
				決定回数	150.6	166	134	125.6	143	114	334	11	19	3	115.3	139	98	18.9	24	14	177.8	193	158	66.8	79	56
	10	10	80	割合	15.1%			12.6%			33.4%	1.1%			11.5%			1.9%			17.8%			6.7%		
				決定1回あたりの期間	1.0	1.1	1.0	2.5	2.7	2.3	0.0	2.7	4.0	2.3	3.2	3.4	3.0	2.7	3.1	2.3	2.9	3.0	2.7	8.0		

5. まとめとディスカッション

本稿では、組織的意思決定における双曲志向の影響に関するシミュレーション結果から、若干の実務的含意を導出する。

シミュレーション結果を解釈する際には、以下の点に留意しておく必要がある。本稿のシミュレーションでは、双曲志向を持つ参加者の割合をコントロールすることによって、組織的意思決定に及ぼす影響を観測した。しかし、冒頭で述べた動物行動学の知見を踏まえると、双曲志向は参加者ごとに有無を識別できるものではなく、現実には多かれ少なかれ誰にでもある生理的な傾向であり、それ故に行動経済学では合理的選択からのアノマリをもたらし本質的な問題として取り上げられてきたのである。この認識を前提にすると、我々のモデルにおける双曲志向を持つ参加者の割合とは、それぞれの参加者が持つ双曲志向の強度を意味するものとして理解されなければならない¹³⁾。以下では、この前提に立って、シミュレーション結果を解釈する。

今回のシミュレーション結果から、あいまいな状況下での組織的意思決定では双曲性が強まり、また双曲性が強いほど、目先の利益を優先する決定となりやすいことがわかった。加えて、その意思決定には時間を要することが示された。つまり、参加者が持つ双曲志向は、組織にとって自滅的な意志決定をもたらすと言える。

集団の時間選好に関する先行研究の多くは、集団では個人より将来を意識した我慢強い意思決定が行われやすいという結果を提示してきた。我々のシミュレーション結果では、双曲志向の参加者割合（すなわち参加者が双曲的な意思決定を行う傾向）が20%～80%の範囲にあるとき、組織が長期的な問題解決を行う割合は全体の20%～25%であることが示された。この結果は、組織的な意思決定においては個人の持つ双曲志向が抑制されることを示唆しており、先行研究の知見と整合的である。

一方、現実にはあり得ない想定であるが、双曲志向の参加者がいない場合（すなわち参加者の双曲志向が皆無である場合）では長期の問題解決は15%程度に止まった。この結果は、参加者が持つ双曲志向には、長期的な意思決定を可能にする側面があることを示唆している。しかし、他方において参加者の双曲志向は、短期的な意思決定が全体の35%～40%程度を占める状況をもたらしている。すなわち、参加者の双曲志向は、組織に長期的な意思決定よりも、短期的な意思決定をもたらす頻度が高いということを示している。とりわけ問題の退出が決定要因となるやり過ごしでは、参加者の双曲志向が増大するほど、短期のやり過ごしが増加した。つまり平易な意思決定であっても自力での意思決定ができず、問題が退出しなければ決定できない極めて受動的な意思決定となる可能性が高まることを示唆している。

また、決定タイプごとに決定1回あたりの期間を算出した結果、長期の問題解決：1期程度、短期の問題解決：2期前後、やり過ごし解決（長期・短期）・やり過ごし放置（長期・短期）：3期前後であっ

¹³⁾ 双曲志向の有無を参加者ごとに特定できるというモデル上の前提を現実には敷衍すると、恰も双曲志向を持つ個人を特定し、排除することによって経営状況を改善できるかのような、誤った（むしろ危険な）解釈を帰結させる虞があるため、この留意点は極めて重要である。

た。特に参加者の双曲志向が増大すると、長期の問題解決は決定1回あたりの期間が短く、短期の問題解決では長くなる傾向が見られた。前述のとおり参加者の双曲志向が増大するほど短期の意思決定頻度が高くなるという結果を併せて考えると、この点は、意思決定が思うようにならず期限超過直前まで時間とコストをかけても、結果的に問題や参加者に翻弄され、合理性から乖離した意思決定となる可能性が高くなることを示唆していると解釈できる。このように時間軸を考慮した観点からみても、参加者の双曲志向は、組織に自滅的な意思決定をもたらすばかりでなく、その経営資源を浪費させるという負の側面を持つことが窺える。

先行研究は個人と集団を異なる意思決定主体として観察してきたため、両者の比較に基づいて個人よりも集団の方が我慢強い意思決定を行う傾向があるという事実発見を行うことはできても、個人の持つ双曲志向が集団の意思決定にどのような影響を及ぼすのかという論点に踏み込むことはできなかった。これに対して本研究のシミュレーションでは、組織は参加者の双曲志向を抑制する効果を持つが、参加者の持つ双曲志向の増大は、組織に目先の利益を選択させる自滅的な意思決定や資源浪費をもたらす可能性があり、その可能性はあいまいな状況下で高まるという相互関係を示すことができた。

当然のことながら、我々のシミュレーション結果は、いかにして自滅的な意思決定を回避することができるかという課題を提起することになるが、この課題に対応するための手掛かりは、組織には個人の双曲志向を抑制する効果があるというシミュレーション結果に既に含まれている。何故、組織には双曲志向の抑制効果があるのかは、別途、経験的なデータに基づく検討を要する論点であるが、少なくとも今回のシミュレーション結果からは、組織を構成する参加者は異なる時間志向性を様々な強度で保有しており、そのような多様な参加者の意思決定行動が、多かれ少なかれ個人が持っている双曲性を互いに抑制する効果をもたらしていると推論することができる。すなわち、組織が長期的な課題に関する意思決定を行う際には、多様な価値観を持つメンバー間の相互作用関係を活性化させることが肝要であり、この決定方式は組織を取り巻く状況があいまいな時ほど重要性を持つと言えるであろう。

我々の分析では、組織研究におけるシミュレーションの方法的な有効性を新たに確認することができたが、課題も明らかになった。今回のDGCPによる分析では、高橋（1993、1997）のSGCPと同様に未分化な構造を取り扱っており、問題、解、参加者の選択機会への制約条件となる決定構造、アクセス構造は考慮していない。一般的な企業では、最終的な意思決定は役員層で行われることが一般的だが、今回のモデルではそのような組織構造等を考慮していない。個人の選好による組織的意思決定への影響を考慮する上では、リーダー、管理者等の個人的な選好を加味する必要があるため、組織構造の考慮は今後の検討事項である。また、シミュレーション結果のリアリティについては、実際の企業を対象とした調査や、行動実験によるデータを用いた検証を行うことが課題として残されている。今後はこれらの課題を検討することを通じて、組織的な意思決定に係るダイナミクスの解明をさらに進めることとしたい。

【参考文献】

- Ainslie, G. (1975). Specious reward: A behavioral theory of impulsiveness and impulse control. *Psychological Bulletin*, 82(4), 463-496.
- Bendor, J., Moe, T. M., & Shotts, K. W. (2001). Recycling the garbage can: An assessment of the research program. *American Political Science Review*, 95(1), 169-190.
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A Garbage Can Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, 17(1), 1-25.
- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- Denant-Boèmont, L., Diecidue, E., and L'Haridon, O. (2016). Patience and time consistency in collective decisions. *Experimental Economics*, Springer Verlag(Germany), 20(1), 181-208.
- Eisenhardt, K. M., & Zbaracki, M. J. (1992). Strategic Decision Making. *Strategic Management Journal*, 13, 17-37.
- Herrnstein, R. J., (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 267-272.
- 池田新介(2012).『自滅する選択』東洋経済新報社.
- 池田新介・大竹文雄・筒井義郎(2005).「時間割引率 - 経済実験とアンケートによる分析」『大阪大学 21世紀 COE プログラム アンケート調査と実験による行動マクロ動学 ディスカッションペーパー』74, 1-36.
- 稲水伸行 (2006) . 「マルチエージェントシミュレータを使ったゴミ箱モデルの再検討」『行動計量学』33(2), 144-157.
- 稲水伸行 (2010). 「未分化な組織構造と問題解決・意思決定：ゴミ箱モデルのシミュレーション分析」『組織科学』43(3), 72-85.
- 稲水伸行(2014).『流動化する組織の意思決定 エージェント・ベース・アプローチ』東京大学出版会.
- Lynn, L. H. (1982). *How Japan Innovate: A Comparison with the U. S. in the Case of Oxygen Steelmaking*. Westview Press (遠田雄志訳『イノベーションの本質』東洋経済新報社, 1986 年) .
- March, G., & Weissinger-Baylon, R. (1986). *Ambiguity and Command*. Pitman Publishing Inc (遠田雄志・鎌田伸一・秋山信夫訳『「あいまい性」と作戦指揮』東洋経済新報社, 1989 年).
- Mazur, J. E. (1987). An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. In M. L. Commons, J. E. Mazur, J. A. Nevin, & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analyses of behavior, Vol. 5. The effect of delay and of intervening events on reinforcement value* (pp.55-73). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Milch, K. F., Weber, E. U., Appelt, K. C., Handgraaf, M. J. J., and Krantz, D. H. (2009). From individual preference construction to group decisions: Framing effects and group processes. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 108, 242-255.
- 盛本晶子(2009).「双曲割引と消費行動—アンケートデータを用いた実証分析」『行動経済学』2, 49-59.
- 永田晃也 (2016) . 「ハイク・サイクルと双曲割引」九州大学ビジネス・スクール編『新たな事業価値の創造』(pp.47-67). QBS 出版.
- Richards, J. B., Mitchell, S. H., De Wit, H., and Seiden, L. S. (1997). Determination of discount functions in rats with an adjusting-amount procedure. *Journal of the experimental analysis of behavior*, 67(3), 353-366.
- Simon, H. A. (1947). *Administrative Behavior: A study of decision-making processes in administrative organization*. John Wiley & Sons
- 高橋伸夫 (1993).『組織の中の決定理論』朝倉書店.
- 高橋伸夫 (1997).『日本企業の意思決定原理』東京大学出版会.
- 高橋伸夫 (2008). 「「限定された合理性はどこに—経営学輪講 Simon(1947, 1957, 1976, 1997)」『赤門マネジメント・レビュー』7(9), 687-706.
- 鶴田まなみ(2016).「集団的意思決定における時間選好—経済実験—」『Discussion Papers In Economics And Business』16-11, 1-47.
- Wong, W. (2008). How much time-inconsistency is there and does it matter? Evidence on self-awareness, size, and effects. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 68, 645-656.