

<研究ノート>

AIを用いた意思決定支援システムに関する研究 —ビジネスへの応用可能性の検証のための先行論文調査—

渡部 順一
舛井 道晴

1. はじめに
2. 先行論文調査の指針
3. 事前の先行論文調査
4. 本研究先行論文調査への示唆
謝辞、参考文献

キーワード：AI (Artificial Intelligence)、合理的意思決定、満足化意思決定、Singularity
〔「特異点」、〔技術的特異点〕〕、Algorithm (アルゴリズム)

1. はじめに

(1) 背景

本稿は宮城学院女子大学より、2021年度特別共同研究費助成を受けた研究「AI (Artificial Intelligence) を用いた意思決定支援システムに関する研究—ビジネスへの応用可能性の検証—」¹ (以下、「本研究」) について、その先行論文の調査のあり方とその調査法に添った事前の先行論文調査を行っていくものである。本研究の申請書 (舛井 (2021)) では、「AI の意思決定支援システムを研究する技術系教員² とビジネス系教員³ が連携して行うものである。1978年にノーベル経済学賞を受賞したハーバート・A・サイモン (経営学系で唯一) は、AI の黎明期 (1975年チューリング賞受賞) から『意思決定』について、研究を進めて、全ての選択肢から最善のものを選び出す『合理的意思決定』と、ある一定の基準を超えたものであれば選択する『満足化意思決定』の概念を導き出した。これまでのビジネスにおける『意思決定』は、

¹ 申請者 舛井道晴 (以下、「舛井」)、研究代表者 舛井、研究者 渡部順一 (以下、「渡部」)。

² 舛井。

³ 渡部。

全ての選択肢は莫大なものとなり、順位づけて最高位のものを選び出すことは非常に難しいとされ、『満足化意思決定』にて行われてきた。近年、コンピュータのハードウェアの性能が飛躍的進歩を遂げてきており、AIに関するソフトウェアも機械学習のうちディープラーニング(深層学習)や『教師なし』学習(マシンが自ら学んでいく)の飛躍的進歩により『合理的意思決定』が成立する可能性が出てきた」と述べている。合わせて、「初めに、研究代表者、並びに、研究者は、これまでの意思決定支援システムに関する先行研究について調査を行う。また、AIがビジネスに活用されている事例も調査する」とも述べられている。

(2) 研究目的

①先行論文調査法の変化

こうした背景を踏まえた上で、筆者の一人、渡部はAIの発達によりAIを用いた調査法が浸透していくにつれて、先行論文調査も大きく変化していくのではないかと考えている。

また、本稿は「AIを用いた意思決定支援システム」の研究の一助となすために、先行論文調査を行うものであるが、先行論文をいかに選択していくかということが「意思決定」そのものとなっているのではないかと考えている。言わば、先行論文調査と「AI (Artificial Intelligence)を用いた意思決定支援システムに関する研究—ビジネスへの応用可能性の検証—」と入れ子となっていると言えるのである。

②これまでの先行論文調査

佐藤郁哉氏(以下、「佐藤氏」)は調査法に関して、様々な研究成果を発表している。たとえば、佐藤(2002)では、「Case」、あるいは、「Book Guide」として、参考書籍の調査・解析を行っている。これらの佐藤氏の調査法を踏まえて、これまで、渡部は研究のテーマ設定を行うと、それに関連する論文、あるいは、事例について、サンプル調査を行い、「解決済」となるテーマであるのか、「これまでの研究の積み重ね」となるテーマなのか、あるいは、「これまで取り組まれてこなかった研究」のテーマなのかを検討して、新規性を判断していた。新規性があると判断された場合、「いったいこれまで、何がどこまで解明されてきており、まだ解明されていない分野、あるいは、十分に論議が尽くされていない分野」について、先行論文調査に進んでいた。先行論文は、サンプル調査、その分野の一人者と言われる研究者、あるいは、実務家の著作から、主要参考論文、あるいは、主要参考書籍を選び、その論文を軸として、その論文、あるいは、書籍で取り上げられている引用件数の多いものを重要なものとして、内容の確認を行ってきた。

ただし、必要な先行論文が十分に検討されているかどうか、見解が分かれる場合がある。執筆者が充分だと思っても、査読者からは不十分とされることもある。研究に求める水準によって執筆者と査読者の間で、先行論文調査に対する、「満足化意思決定」の水準が異なっている

と言える。

③先行論文調査の方向性

ところが近年、インターネットの飛躍的進展が見られ、膨大な情報が蓄積されて Big Data (以下、「ビッグデータ」) として認識されるに従って、先行論文として取り上げる論文について、その引用数を評価項目として、順序づけをすることが可能となりつつある。執筆者、査読者が共に引用度の高い論文を共有する、言わば、「合理的意思決定」を行うことが可能になってきた。

Mayer-Schonberger & Cukier (2013) によると、「ビッグデータには厳格な定義はない。元々は、情報量が増えすぎて、研究や分析に使用するデータがコンピュータのメモリーに収まりきれなくなり、分析用ツールの改良が必要になったというのが、ビッグデータと呼ばれるようになった背景である」⁴とする。こうした分析ツールの改良の一環として、これまでの論文、あるいは、学術書の先行調査に新たな試みが生まれてきたのである。

たとえば、学術データベースでオランダのエルゼビア社⁵によって運営されている「ScienceDirect」⁶は、膨大な電子化された論文、あるいは、学術誌などにアクセスするためのプラットフォームとなっている。また、米国の Google 社⁷が提供する学術用途に特化した検索サイトである「Google Scholar」⁸においても、同じく膨大な論文、学術誌を閲覧することができる。さらに、大学に代表される高等教育機関においても数多くの研究成果が、インターネット上で閲覧することができる。Web 上のこれらのデータベース、あるいは、検索サイトに、研究のキーワードを打ち込めば、即座に、引用数の多さに応じて関連する論文の一覧を表示してくれることも可能となった。

(3) 研究計画・方法

まず、「これまでの先行論文調査」から「AIによる先行論文調査」へ移行する過渡期にあるとの仮説を立てて、その仮説に応じた「先行論文調査の指針」に基づいて、「AI」、「意思決定」、及び、「ビジネスへの応用可能性」と題して、事前の先行論文調査を行う。先行論文調査は、主として、Google Scholar による検索を行い、引用回数の多い論文を基に、一部、評価の高い書籍、あるいは、雑誌記事を組み合わせるものとする。翻訳が行われているものについては、必要に応じて、出典を明記した上で、その翻訳を活用していく。

⁴ Mayer-Schonberger & Cukier (2013)。邦訳 17 頁。

⁵ <https://www.elsevier.com/>.

⁶ <https://www.sciencedirect.com/>.

⁷ <https://www.google.com/>.

⁸ <https://scholar.google.com/>.

また、「本研究先行論文の示唆」においては、「先行論文調査の指針」による調査結果を概観した上で、AIが先行論文調査に果たす促進要因と阻害要因を検討する。その検討を踏まえて、本研究における「ビジネスへの応用可能性の検証」のために先行論文調査で明らかになった内容から、調査のあり方とその調査法に添った事前の先行論文調査の検討を行い、本研究先行論文調査の方向性を示していくものとする。

2. 先行論文調査の指針

(1) AIの進展による先行論文調査の変容

R. & D. Susskind (2015)によると、「長期的に見た場合、次第に性能が進化する機械が専門家の仕事を変え、社会において実用的専門知識を共有する新しい方法を生み出す」⁹ことに原因があるとする。今後は、「多くの専門家は、大量のデータの収集と分析に取り組むために、新しいツールと手法を手に入れる必要がある。それらは『ビックデータ』や『予測分析』『データマイニング』『機械学習』といった分野で開発が進んでいるものだ。重要なのは、それを何と呼ぶかではなく、新しい手法が登場しており、新しいスキルを学ぶ必要があると認識することである。専門領域ごとに、その領域に特化したシステム開発者とデータ分析者が必要とされている。彼らは各領域をよく理解し、データの収集と分析に関するエキスパートである。専門家たちは同時に、構築されたシステムから得られるアウトプットを解釈し、活用するための訓練を受ける必要がある。専門家の仕事は、自分の目で顧客を観察することから、大量に生み出され、処理されるデータを理解することへと移っていくだろう」¹⁰ということを認識する必要があるとする。その上で、R. & D. Susskind (2015)の唱える「知識エンジニアリングモデル」では、「実用的専門知識は、オンラインシステムサービスとしてユーザーに公開されるシステムの形で表される」¹¹とする。まず、第一段階として、「特定の分野に関する公式の、文書化された知識を把握する。それがシステムへと組み込」¹²むことになる。第2段階では、「専門家の頭の中から、知識という宝石を『採掘』する。AI分野では、これは『知識抽出』として知られている。人間の専門家から得た知識は、構造化されておらず、非公式なものであることが多い。つまり経験に基づいた知識なのだ。それは専門家のパフォーマンスを支えている、実用的なノウハウである。専門家はしばしば、自分たちの知識を言語化することが難しく、それは『勘』や『直感』に近いと表現する。しかし内省や『知識エンジニア (知識抽出の専門家)』の

⁹ R. & D. Susskind (2015)。邦訳 409 頁。

¹⁰ R. & D. Susskind (2015)。邦訳 157-158 頁。

¹¹ R. & D. Susskind (2015)。邦訳 301 頁。

¹² R. & D. Susskind (2015)。邦訳 301 頁。

助けを通じて、彼らは頭の中にある専門知識をモデル化できることが多い。こうした知識が公式の知識と組み合わせられ、準専門家や素人でも使うことのできるシステムとして実現される」という。

こうした新しい手法、あるいは、モデルの台頭について、Rifkin (2014) は、「進化した AI は、今や広い専門業種に採り入れられ、効率と生産性を上げ、人間の労働を削減している。eDiscovery は、膨大な証拠開示 (discovery) の法律文書を下調べできるソフトウェア・プログラムで、思考パターン、論理の道筋、概念などを、ハーヴァード卒の最優秀の弁護士も顔色を失うほどの速さで探し当て、百戦錬磨の法学者も形無しの明快な分析を披露することができる」¹³ と言う。

また、創成国際特許事務所¹⁴ が提供している「VALUENEX Radar Scope」サービスは、当該事務所のクライアントによる「すぐさま簡易な調査結果を得たい」、「まずは簡単に周辺特許の概要を知りたい」との要望に応えるものであり、「関心ある技術に関する文章（ニュース記事、特許文章のワード等）や、特許の公開番号を入力し検索すると、類似した特許 300 件を数十秒で収集」し、「関心のある特許と類似度が高いものから順に中心に配置されるレーダー表示」するものである。結果として、「競合他社の特許、自社特許の位置づけ、新規技術の概況把握などの簡易調査」に活用できる。

「eDiscovery」、あるいは、「VALUENEX Radar Scope」による試みは、先行論文調査をシステム化することによって「これまでの先行論文調査」から「AI による先行論文調査」へ移行する過渡期にあるとの仮説の例証となるものである。

(2) AI による検索と先行論文調査の親和性

MacCormick (2011) によると、Algorithm (以下、「アルゴリズム」) について、簡単に言えば、「問題を解決するために必要な手順を正確に規定したレシピ」¹⁵ であるとする。アルゴリズムの重要な特徴の一つとして、「個々のステップ (手順) は、絶対に正確でなければならず、人間の直観や推測を必要としてはならない。そうすれば、純粹に機械的なステップをプログラムとしてコンピュータに与えることができる」¹⁶ と述べている。また、もう一つの重要な特徴として、「入力は何であれ、かならず機能する」¹⁷ ことを挙げている。その上で、MacCormick (2011) は、「検索には、マッチングとランキングの 2 種類がある。第 1 (マッチング) 段階終

¹³ Rifkin (2014)。邦訳 199 頁。

¹⁴ <https://www.sato-pat.co.jp/index.html>

¹⁵ MacCormick (2011)。邦訳 12 頁。

¹⁶ MacCormick (2011)。邦訳 13 頁。

¹⁷ MacCormick (2011)。邦訳 13 頁。

了後は、マッチした数千から数百万ものページが残される。第2段階では、これらが関連性の高さ順にソートされる¹⁸と述べて、「少数のベストヒットを選択して適切な順序で表示する処理を『ランキング』と呼ぶ¹⁹と説明している。

Google社の創業者である、Lawrence PageとSergey Brinは、米国スタンフォード大学で出会い、Web上の検索システムについて研究を行った(Battelle (2005)、Levy (2011)など)。1998年には、その成果を論文「The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine (大規模なウェブ検索エンジンの解析)」²⁰として発表している。Google社の検索システムは、「PageRank」と呼ばれており、Google社の商標であり、特許も取得²¹されている。なお、スタンフォード大学が特許の権利を持っていて、Google社に独占的にライセンスされている。

「PageRank」のアルゴリズムについては、Langville & Meyer (2006)に詳しいが、本稿に関連した内容で言えば、学術論文の引用に基づく評価に類似したAIのアルゴリズムを用いていると言えるのではないか。例えば、本稿は、「AI」、「意思決定」、及び、「ビジネスへの応用可能性」の側面から先行論文調査を行うとしているが、これらの側面に関する学術論文、あるいは、学術誌は、学術データベース「ScienceDirect」に「ビッグデータ」として蓄積されており、まずここから「マッチング」が行われる。次に、「ランキング」することとなるが、学術論文として重要度が高いものは、多くの人から引用されることが多いという考え方があり、注目されているウェブページには他のウェブページからたくさんリンクされることから、たくさんリンクされているウェブページは重要であると推測することができる²²。

「PageRank」によるWeb上のAIによる検索システムは、リンクと引用文献を結び付け、リンク数の多い学術論文、あるいは、学術誌は、先行論文調査においても重要性が高いとすることの裏付けとなるものである。

(3) 本稿における先行調査枠組み

これまでの先行論文調査は、研究者の知見の範囲内で必要と考えるものに限定されていたと仮定する。従って、先行論文調査の「ビジネスへの応用可能性」においても限定的であり、「満足化意思決定」に資するものとして取り扱われてきたと考える。

今後の先行論文調査の将来の方向性として、AIの進展により関連する全ての先行論文をマッチングし、ランキングできる「Singularity (以下、「特異点」)」の時期が訪れると仮定する。

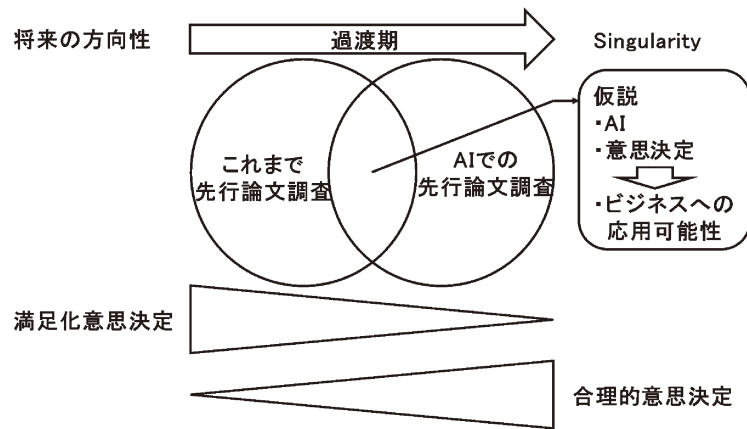
¹⁸ MacCormick (2011)。邦訳 25 頁。

¹⁹ MacCormick (2011)。邦訳 26 頁。

²⁰ Brin & Page (1998)。邦訳は渡部による。

²¹ 米国特許第 6,285,999 号。

²² もちろん、学者間で引用しあうことや、Web上のソフトウェアロボットによりリンクを自動的に張っていくことなど、故意に引用数を多くするための工夫、あるいは、技術の進展も見られる。



(出典) 渡部作成

図1 本稿における事前の先行論文調査の枠組み

その時期以降は、ビジネスにおいて「合理的意思決定」が可能になるものとする。

本稿では、現在は「過渡期」にあり、研究者の仮説に基づいて先行論文調査が行われ、ビジネスにおいて出来るだけ「合理的意思決定」に資すると思われる先行論文を選択的に調査するものと捉えていく。そのため、主に、Google Scholarを用いた「AIによる検索」によって、「AI」と「意思決定」に関する先行論文、著作、あるいは、URL²³（以下、「先行論文等」）を選びだし、その先行論文等に参考文献として取り上げられている論文、著作、あるいは、URLを本研究における事前調査の対象とみなして、「ビジネスへの応用可能性」への検討を行っていくものとする。（図1）

3. 事前の先行論文調査

(1) AIとは

① AIの歴史

「AI」という用語は、1956年に米国ダートマス大学で開催された会議（以下、「ダートマス会議」）のために、John McCarthy（以下、「マッカーシー」）によって、「『science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs（特に、コンピュータプログラムによって知性を持つ機械を作る科学技術）』²⁴として定義されたことに

²³ Uniform Resource Locator.

²⁴ What is Artificial Intelligence (2019)。渡部訳。

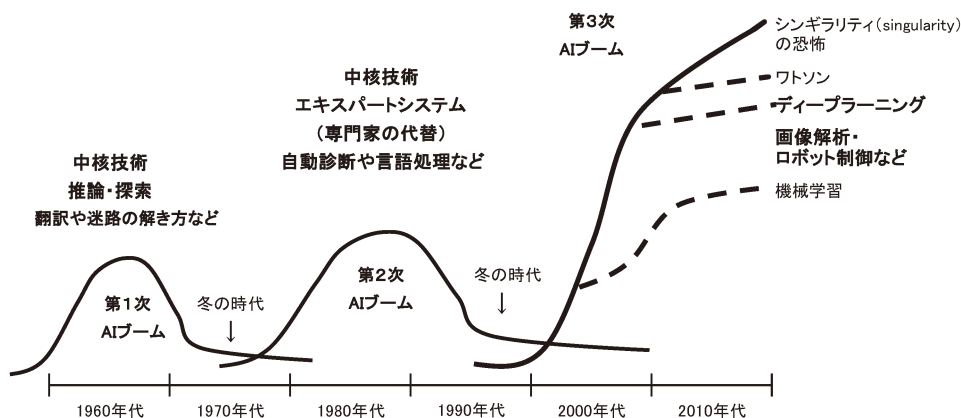
始まる」²⁵とされる。

1955年、マッカーシーは、John McCarthy、Mavin Minsky、Nathan Rochester 及び Claud Shannon とともに、大学の夏季講座の提案書「A Proposal for the Dartmouth Summer research Project on Artificial Intelligence (AI 研究のためのダートマス大学夏季調査プロジェクト提案書)」²⁶を、ロックフェラー財団に提出し採択され、翌年にダートマス会議を開催した。この提案書には、学習をはじめとする知能のさまざまな働きの過程を精確に記述することで、知能を模倣する機械を製作することが可能になる、という仮説が挙げられている他、研究の目的として、推論・記憶・計算・知覚など、知能のさまざまな働きをコンピュータで再現して、知能を理解することが謳われている (McCarthy et al. (1995)、McCorduck (1979)、Solomonoff (2018))。

その後、「ブーム」と「冬の時代」を繰り返し、1950-1960年代の「第1次AIブーム」では「翻訳や迷路の解き方など推論・探索などが、1980年代の「第2次AIブーム」では、専門家の代替となるようなエキスパートシステムなどが主要な研究テーマであった。現在は、Web上への膨大な「ビッグデータ」の蓄積やコンピュータサイエンスの飛躍的な進歩に基づいて、「第3次AIブーム」が訪れている (松尾 (2015)、日経ビジネス (2019)、渡部 (2020・2022))。

② AIの目指す方向性

渡部 (2020) では、1956年のダートマス会議の当初から、「AIは『人間の能力を代替』す



(出典) 松尾 (2015) 61 頁、並びに、日経ビジネス (2019) 33 頁より、渡部作成

図2 第3次AIブーム

²⁵ What is Artificial Intelligence (2019).

²⁶ McCarthy, Minsky, Rochester, and Shannon (1955)。渡部訳。

る概念として、IA (Intelligence Amplification: 知識増幅) は『人間の能力を拡張』する概念として捉えられる」として、2つの方向性があることを指摘している。

初めの概念は、Kurzweil (2005) によって、「Singularity (以下、「技術的特異点」)²⁷として唱えられている。Kurzweil (2005) は、「これから数十年のうちに、情報テクノロジーが、人間の知識や技量を全て包含し、ついには、人間の脳に備わった、パターン認識力や、問題解決能力や、感情や道徳に関わる知能すらも取り込むようになる」²⁸ 最初の時点を「技術的特異点」として論じている。そして、万物の長であった人類は、「テクノロジーと人間がハイブリッド化した新たな生命の形態に道を譲る」ことになるとしている。IA については、Bostrom (2014) が、人間の価値観を守る「Super Intelligence (超絶知能)」について論じている。Bostrom (2014) は、機械がすべて人間に置き換わるのではなく、「機械に人間の精神を移植したり、人間の肉体に科学技術を施したりすることによって誕生する新しいタイプの種族—トランスヒューマン、あるいは、ヒューマニティ・プラス」として、「新しい能力を持ったより進化した人類が生まれる」としている。

なお、AI、あるいは、IA が将来目指す方向性については、Kurzweil のように技術を主要な専門知識とする研究者と未来社会を技術の側面から描写する SF 作家、あるいは、Bostrom のように哲学を主要な専門知識とする研究者の間で論争が続いており、必ずしも意見の一致をみているわけではない。

③機械学習アルゴリズム

人工知能という言葉すら存在していなかった頃、Alan Turing はすでに機械の自己学習に言及していた。Turing (1948・1950) によれば、「知識をいちいちプログラム言語に変換するよりも、機械に学習能力を持たせる方がはるかに効率的だ」という。「機械が周囲の状況や自らのいる場所、自らの行動を観察し、それによって知識や技術を獲得する能力を持つ」ことを論じていた。

Ganascia (2017) は機械学習アルゴリズムの種類は豊富にあるとした上で、「数は多くとも、実はアルゴリズムのタイプは三つしかない。一つ目は、『教師あり学習』アルゴリズムで、入力データの分類を教師が機械を教育しながら学ばせる。二つ目は、『教師なし学習』アルゴリズムで、機械が自分で学習する。三つ目は『強化学習』アルゴリズムで、機械の一連の行動に対し、一定の報酬や罰を与えて最適な行動を学習させる」と論じている。そして、トロント大学 Geoffrey Everest Hinton 氏の研究チームがディープラーニングの機械学習システムを考案するに至った。

²⁷ 本稿「2. (3)」で取り上げられている「Singularity (以下、「特異点」)」と区別するために、Kurzweil (2005) が唱えている「Singularity」は、「技術的特異点」として論じている。

²⁸ Kurzweil (2005)。邦訳 18 頁。

結果として、膨大な先行論文を基に、AIが自ら与えられたテーマに添った特徴を見出し、AIがその特徴をさらに高度化してその論文の重要度を判定することが可能となったのである。

(2) 意思決定

① John von Neumann

John von Neumann (以下、「ノイマン」)は、Neumann & Morgenstern (1944)において、意思決定の問題を「ゲームの理論」と称される数学モデルとして取り扱うことを提唱し、現在では、経済学研究の中心的テーマの一つに挙げられるようになってきている。また、現在のコンピュータの動作原理であるプログラム内蔵方式の「ノイマン型コンピュータ」も提唱した(Macrae (1992))。その上で、Ganascia (2017)によると、「機械の性能が急激に上昇することによって、テクノロジーの発展が行きつくかもしれない局面を説明するために、数学的な意味で理解されていた『特異点』という単語を用いた」²⁹と言う。言わば、「AIを用いた意思決定支援システム」研究の最初の一人として、認識出来よう。

② Herbert A. Simon

Herbert A. Simon (以下、「サイモン」)は、「満足化と最適化との間の区別が重要であるか、否か」³⁰について、「社会科学は合理性の扱いについて、深刻な分裂状態に悩まされている」³¹と論じた上で、「一方の極では、経済学者が非常識なほどの全能の合理性が経済人にあるとしている。経済人は、完全に矛盾のない選好体系をもっており、それによって、彼にとって開かれている代替的選択肢から選択することがいつも可能になっている。さらに、彼はいつも、これらの選択肢がどういうものであるかを完全に知っており、どの選択肢がもっともよいかを知っており、どの選択肢がもっともよいかを判断するために行うことのできる計算の複雑さに関する制約はなにもない」³²とする。その上で、サイモンは「合理的意思決定」とは、「行動する主体が、決定の前に、行動の代替的選択肢をパノラマのように概観し、個々の選択に続いて起こる諸結果の複合体全体を考慮し、全ての代替的選択肢から一つを選び出す基準としての価値システムを用いる、ことによって、みずからの全ての行動パターンへと形づくることである」³³と述べている。一方、他方の極では、「人間は自分で思っているほどには合理的でないということを示すことに励んでいた」³⁴として「限定的合理性」について論じている。「実際の行動は、客観的合理性に、少なくとも『合理性は、各選択に続いて起こる諸結果についての完全

²⁹ Ganascia (2017)。邦訳 25 頁。

³⁰ Simon (1981)。邦訳 48 頁。

³¹ Simon (1997)。邦訳 135 頁。

³² Simon (1997)。邦訳 135 頁。

³³ Simon (1997)。邦訳 144 頁。

³⁴ Simon (1997)。邦訳 136 頁。

な知識と予測を必要とする。実際には、結果の知識は断片的なものである』、『これらの諸結果は将来のことであるため、それらの諸結果と価値を結び付ける際に想像によって経験的な感覚の不足を補わなければならない。しかし、価値は不完全にした予測できない』、及び、『合理性は、起こりうる代替的行動の全てのなかから選択することを要求する。実際の行動では、これらの可能な代替的行動のうちのほんの二、三の行動のみしか心に浮かばない』という三つの点において及ばない³⁵と、述べている。

こうした「経済人」と「人間（ヒト）」との意思決定の違いは、Kahneman (2011), Thaler (2015) らによって、意思決定の問題を「行動経済学」と称される心理学的要素を内包したモデルとして取り扱い、現在では、「ゲームの理論」と同様に、経済学研究の中心的テーマの一つに挙げられるようになっている。

(3) 満足化意思決定

サイモンは、「組織を観察したことがある人々にとっては、組織における人間の行動は、完全に合理的ではないとしても、少なくとも大部分は合理的であることが意図されている」³⁶とも述べている。また、「ヒト」には、「最低これだけのことが満たされていれば良いという意思決定を行うための判断基準があり、その判断基準の閾値を超えれば、意思決定がなされる」³⁷とする。

こうしたことから、本稿では、「限定的合理性」ではなく、「満足化意思決定」として論じている。

(3) ビジネスへの応用可能性

渡部 (2022) では、NEW Economy が台頭してきたと指摘した上で、「1990年代後半以降、それまでの『モノ』づくりを中心とした『OLD Economy』から『知識』主導型の産業に転換する『NEW Economy』に進展していく中で、アメリカ合衆国では、『GAF A (Google, Amazon, Facebook, Apple)』と呼ばれる情報技術産業における巨大かつ最も支配的な企業が誕生し、これらの企業が提供するビジネスモデル『プラットフォーム』を活用しなければ日常生活にも支障が出るのではないと言われるまでになっている」³⁸と論じている。

Moazed & Johnson (2016) では、「プラットフォーム」について、「複数のユーザーグループや、消費者とプロデューサーの間での価値交換を円滑化するビジネスモデルだ。この交換を実現させるために、プラットフォームは、ユーザーとリソースからなり、好きなときにアクセ

³⁵ Simon (1997)。邦訳145頁。一部編集。

³⁶ Simon (1997)。邦訳136頁。

³⁷ 杉本 (1997)。

³⁸ 渡部 (2022)。233頁。

スできるスケール化可能な大型ネットワークを作る。また、プラットフォームは、ユーザーが交流し、取引ができるコミュニティと市場を作る。インターネットが普及し、その処理能力が高まるにつれて、プラットフォームは急増している。プラットフォーム企業は、プロデューサーと消費者を結びつけ、価値を交換するのを可能にする³⁹と論じている。

AI 白書編集委員会 (2022) は、「意思を決定するためには一般に複数の要素を勘案する必要がある⁴⁰」とした上で、「AI による『判断』に焦点を当てて、データを解析した結果に基づく判断=意思決定する技術、および強化学習、マルチエージェント強化学習などの最新技術動向を紹介⁴¹している。ここで、『判断』とは、複雑な制約があるなかで、何らかの評価関数を最大にするように、意思決定する。意思決定の対象は、単独の行動や、組み合わせ (マッチング) や順番の決定 (プランニング) である⁴²と論じている。また、AI 白書編集委員会 (2022) は、「実世界の意思決定においては、判断に必要な情報が完全に与えられている状況が望ましい。しかし、現実的にはそのような状況は限られ、意思決定は必要な情報が欠けた不完全な情報をもとに行われることがほとんどである。例えば企業経営で、他社の内部情報、金融市場の状況を完全に把握して戦略的意思決定を行うのは不可能であり、(中略) AI によって意思決定を行う方法論の研究が行われている⁴³と論じられている。

こうした事前の先行論文調査から、「AI」や「意思決定」システムにより、「合理的意思決定」システムが次第に重要性を増していくものと推察される。

4. 本研究先行論文調査への示唆

(1) 概要

Google 社の「PageRank」システム、あるいは、「ディープラーニング」によって、AI を用いた意思支援システムが確立されつつあり、先行論文が合理的意思決定に基づき選択され、その重要度に応じてランク付けが可能となる世界がやってこようとしている。そうなれば、その研究テーマの前提条件となる、これまでの研究成果が誰にとっても同じ内容のものが等しく閲覧できるようになる。場合によっては、その研究テーマは研究者が目指している方向と同じ方向性なのか、あるいは、研究者の少ない特定の分野なのか、あるいは、今日的に重要なものなのか、それとも、些細なことなのか、AI によって判定される世界がやってこよう。

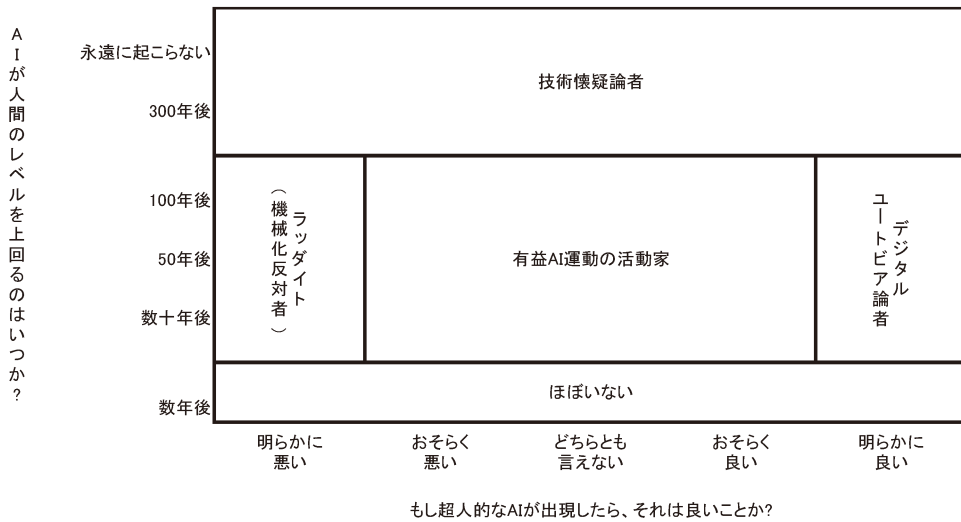
³⁹ Moazed & Johnson (2016)。48-49 頁。

⁴⁰ AI 白書編集委員会 (2022)。111 頁。

⁴¹ AI 白書編集委員会 (2022)。111 頁。

⁴² AI 白書編集委員会 (2022)。111 頁。

⁴³ AI 白書編集委員会 (2022)。111 頁。



(出典) Tegmark (2017)。邦訳 52 頁。タイトルは、筆者

図3 技術的特異点を超える超人的なAIはいつ出現するか

ただし、Tegmark (2017) が指摘するように、その世界の出現の時期については、様々な意見があり、現在は統一された見解はないことに留意する必要がある。(図3)

(2) 促進要因

Moore (1965) は、「集積回路あたりの部品数が毎年 2 倍になる」とする予測を発表した。また、Buchanan (2001) も科学技術の進歩も「指数関数」的に飛躍すると論じている。たとえば、IBM⁴⁴ が開発した質問応答システム・意思決定支援システム Watson (以下、「ワトソン」) は、2011 年 2 月に「IBM チャレンジ」として行われた米国の人気クイズ番組「Jeopardy!」で、2 名の人間代表者との対戦で優勝した⁴⁵。「Jeopardy!」というクイズ番組の枠組みではあるが、人間の能力を上回る結果を残したのである。結果として、AI やデータ分析を広く実務に活用しようとする「データドリブン思考」⁴⁶ の普及など、近い将来において、必要に応じて先行論文調査、あるいは、ビジネスデータの調査がタイムタグなしに行われ、その調査がすぐにビジネスに反映される社会がやってくる可能性が高くなってきていると言えよう。

⁴⁴ International Business Machines. <https://www.ibm.com>.

⁴⁵ Baker (2011).

⁴⁶ 川本 (2022)、Diamond ハーバード・ビジネス・レビュー (2019)。

(3) 阻害要因

Rosenblat (2018) は、Uber⁴⁷ は、「プラットフォーム上のすべてのドライバーと乗客からデータを集め、分析し、このデータの一部を、たとえばドライバーに対してはサーージ料金設定のマップというかたちで、また乗客に対しては利用できるドライバーのマップというかたちで、ユーザーのスマートフォンに表示する。また、乗客からのリクエストの仲立ちをし、それを配車というかたちでドライバーに送ったり、両者に代わって支払いの管理をしたりしている」⁴⁸とする。

続けて、Rosenblat (2018) は、「2009年から2014年頃までの初期の上昇機運に乗っている頃、Uberはシェアリング・エコノミーを代表する存在となり、労働の未来に関するフォーラムやメディア、学術および政策エコノミーにおいて広く称賛された」⁴⁹ものの、Uberは、「どのようにアルゴリズムを利用して、そのアプリやポリシーを通じて、ドライバーと乗客の両方から利益を奪い取っている」⁵⁰のではないかとの疑念を抱いている。

結果として、Uberだけがビッグデータを収集し、自社に優位な形での「アルゴリズム」でAIを構築して運用している可能性があり、「AIを用いた意思決定支援システム」が特定の企業の利益向上にのみ使われる危険性を内包していると言えよう。

(4) 本稿の示唆

本稿では、「本研究」について、その先行論文の調査のあり方とその調査法に添った先行論文の事前調査を行ってきた。本研究における「ビジネスへの応用可能性の検証」のために先行論文調査で明らかになった内容を示し、調査のあり方とその調査法に添った先行論文の事前調査の検討を行い、本研究の方向性を検討してきた。

今後の先行論文調査の将来の方向性として、AIの進展により関連する全ての先行論文をマッチングし、ランキングできる「特異点」の時期が訪れると仮定する。その時期以降は、ビジネスにおいて「合理的意思決定」が可能になるものと示唆してきた。例えば、Google社の「PageRank」システムが完璧なものとなれば、テーマが同じであれば、どの研究者が先行論文調査を行っても、学術論文としての重要度のランキングは同じものとなる。

まだ、本研究に取り組む時点においては、先行論文調査は、過渡期にあり、「特異点」に達していないので、我々は、我々の仮説によって、先行論文調査が行われ、ビジネスにおいて出来るだけ「合理的意思決定」に資すると思われる先行論文を選択的に調査するものと捉えてい

⁴⁷ Uber Technologies. <https://www.uber.com>.

⁴⁸ Rosenblat (2018)。邦訳 162 頁。

⁴⁹ Rosenblat (2018)。邦訳 247 頁。

⁵⁰ Rosenblat (2018)。邦訳 162 頁。

くことしかないことを明らかにした。

さらに、AIを駆動するアルゴリズムが恣意的な意思決定を行う可能性に言及した。本研究に係る論文では、AIに留まらずそのアルゴリズムの内容まで検討する必要性⁵¹についても指摘している。

(5)「本研究」の方向性について

本研究と本稿の事前の先行論文調査は、入れ子となっているという興味深い内容であり、本研究においても、本稿での示唆を取り入れながらさらに本研究の内容を深めていきたい。

今後、ビジネスの世界において、AIを用いた意思決定支援システムは普及していくものと思われるが、二つの課題が生まれるのではないかと懸念している。

第一は、システムが運用されれば、データが蓄積されてビッグデータとなり、「教師なし」学習でさらに、AIを用いた意思決定システムが「合理的意思決定」に近づいていくが、最初のAIの設計は現在のところ、「人間（ヒト）」が設計せざるを得ず、そこには恣意性が入り込む余地がある。したがって、AIを用いた意思決定システムが本当に客観的なものかどうかは、最初のAIの設計のアルゴリズムを検討するしかなく、特許、営業秘密等にて企業側に有利な法制度の下では検証が難しいと言える。

第二は、ビジネスの世界において、AIを用いた意思決定支援システムを活用することが、本当に「ヒト」にとって有益なものかどうかということである。ビジネス展開において、テクノロジーが中心となる世界が訪れようとしており、結果として、Frey & Osborne (2013)が指摘するように、「ヒト」の働き方も大きく変化していくことが予想されている。Steiner (2012)、O'Neil (2016)、あるいは、Avent (2016)のように、この二つの課題について、ビジネスだけではなく、これまでの「ヒト」の営みを大きく変化させるものとして、警鐘を鳴らす研究者も少なからず生じている。

本研究においては、AIを用いた意思決定支援システムのビジネスにおける応用可能性について、その功罪を、アルゴリズムまで検証し、明確に示していくことが重要になると考えている。

(謝辞)

本稿は宮城学院女子大学より、2021年度研究テーマ「AI (Artificial Intelligence) を用いた意思決定支援システムに関する研究—ビジネスへの応用可能性の検証—」(申請者 舛井道晴、研究代表者 舛井道晴、研究者 渡部順一)として、「特別研究助成(特別研究費)」の支援を

⁵¹ Fry (2018)。

受けた研究成果の一環として執筆されている。ご支援をいただいた宮城学院女子大学に深く感謝の意を捧げるものである。

参考文献

①書籍

- ・佐藤郁哉 (2002) 『組織と経営について知るための実践フィールドワーク入門』 有斐閣。
- ・Vijtor Mayer-Schonberger & Kenneth Cukier (2013), *Big Data, A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*, Eamon Dolan / Houghton Mifflin Harcourt (斎藤栄一郎訳 (2013) 『ビッグデータの正体—情報の産業革命が世界のすべてを変える』 講談社)
- ・Jeremy Rifkin (2014), *The Zero Marginal Cost Society – The Internet of Things, The Collaborative Commons, And The Eclipse of Capitalism*, St. Martin's Press (柴田裕之訳 (2015) 『限界費用ゼロ社会—モノのインターネット>と共有型経済の台頭』)
- ・Richard Susskind & Daniel Susskind (2015), *The Future of the Professions – How Technology will Transform the Work of Human Experts*, Oxford University Press (小林啓倫訳 (2017) 『プロフェッショナルの未来—AI、IoT時代に専門家の生き残る方法』 朝日新聞出版)
- ・John Battelle (2005), *The Search – How Google and Its Rivals Rewrote the Rule of Business and Transformed Our Culture*, Portfolio (中谷和男訳 (2005) 『ザ・サーチ—グーグルが世界を変えた』 日経 BP 社)。
- ・Steven Levy (2011), *In the Plex – How Google Thinks, Works, and Shapes Our Lives*, Simon & Schuster (仲達志、池村千秋訳 (2011) 『ネット覇者の真実—追われる立場から追う立場へ』 阪急コミュニケーションズ)。
- ・John MacCormick (2011), *Nine Algorithms that Changed the Future – The Ingenious Ideas that Drive Today's Computers*, Princeton University Press (長尾高弘訳 (2012) 『世界でもっとも強力な9つのアルゴリズム』 日経 BP 社)。
- ・Amy N. Langville & Carl D. Meyer (2006), *Google's Pagerank and Beyond – The Science of Search Engine Ranking*, Princeton University Press (岩野和生、黒川利明、黒川洋訳 (2009) 『Google PageRankの数理—最強検索エンジンのランキング手法を求めて』 共立出版)。
- ・Pamela McCorduck (1979), *Machine Who Think – A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence*, W. H. Freeman (黒川利明訳 (1983) 『コンピュータは考える—人工知能の歴史と展望』 培風館)。
- ・松尾豊 (2015) 『人工知能は人間を超える—カーディープラーニングの先にあるもの』 角川 EPUB 選書)
- ・Ray Kurzweil, R (2005), *The Singularity Is Near – When Humans Transcend Biology*, Viking Press (井上健監訳 (2007) 『ポスト・ヒューマン誕生—コンピュータが人類の知性を超えるととき』 NHK 出版)。
- ・Nick Bostrom (2014), *Superintelligence – Paths, Dangers, Strategies*, Oxford University Press (倉骨彰訳 (2017) 『スーパーインテリジェンス—超絶 AI と人類の命運』 日本経済新聞出版社)。
- ・Jean-Gabriel Ganascia (2017), *Le mythe de la Singularité – Faut-il craindre l'intelligence artificielle?*, ÉDITIONS DU SEUIL (伊藤直子他訳 (2019) 『虚妄の AI 神話—「シンギュラリティ」を葬り去る』 ハヤカワ・ノンフィクション文庫)。
- ・John von Neumann & Oskar Morgenstern (1944), *Theory of Games and Economic Behavior, 1st Edition*, Princeton University Press.
- ・Norman Macrae (1992), *John von Neumann*, Pantheon (渡部正、芦田みどり訳 (2021) 『フォン・ノイマンの生涯』 ちくま学芸文庫)
- ・Herbert A. Simon (1997), *Administrative Behavior, 4th Edition*, The Free Press (二村敏子、桑田耕太郎、高尾義明、西脇暢子、高柳美香訳 (2009) 『新版 経営行動—経営組織における意思決定過

- 程の研究』ダイヤモンド社)。
- ・ Herbert A. Simon (1981), *The Sciences of the Artificial 2nd Edition*, The MIT Press (稲葉元吉、吉原英樹訳 (1987) 『新版 システムの科学』 パーソナルメディア)。
 - ・ Daniel Kahneman (2011), *Thinking, Fast and Slow*, Farrar Straus & Giroux (村井章子訳 (2014) 『ファスト & スロー—あなたの意思はどのように決まるか? (上)・(下)』 ハヤカワ・ノンフィクション文庫)。
 - ・ Richard H. Thaler (2015), *Misbehaving — The Making of Behavioral Economics*, W W Norton & Company (遠藤真美訳 (2019) 『行動経済学の逆襲 (上)・(下)』 ハヤカワ・ノンフィクション文庫)。
 - ・ 杉本徹雄編著 (1997) 『消費者理解のための心理学』 福村出版。
 - ・ Alex Moazed & Nicholas L Johnson (2016), *Modern Monopolies — What It Takes to Dominate the 21st-Century Economy*, St Martins Printing (藤原朝子訳 (2018) 『プラットフォーム革命』 英治出版)。
 - ・ AI 白書編集委員会編 (2022) 『AI 白書 2022』 角川アスキー総合研究所。
 - ・ Max Tegmark (2017), *Life 3.0 — Being Human in the Age of Artificial Intelligence*, Knopf (水谷淳訳 (2020) 『LIFE 3.0—人工知能時代に人間であるということ』 紀伊國屋書店)。
 - ・ Mark Buchanan (2001), *Ubiquity, The Science of History...Why the World Is Simpler Than We Think*, Crown (水谷淳訳 (2009) 『歴史は「べき乗則」で動く—一種の絶滅から戦争までを読み解く複雑系科学』 ハヤカワ・ノンフィクション文庫)。
 - ・ Stephen Baker (2011), *Final Jeopardy — Man vs Machine and the Quest to Know Everything*, Houghton Mifflin Harcourt (土屋政雄訳 (2011) 『IBM 奇跡の“ワトソン” プロジェクト—人工知能はクイズ王の夢をみる』 早川書房)。
 - ・ 河本薫 (2022) 『データ分析・AI を実務に活かす データドリブン思考』 ダイヤモンド社。
 - ・ Alex Rosenblat (2018), *Uberland — How Algorithms are Rewriting the Rule of Work*, University of California Press (飯嶋貴子訳 (2019) 『Uberland ウーバーランド—アルゴリズムはいかに働き方を変えているのか』 青土社)。
 - ・ David Berlinski (2000), *The Advent of the Algorithm — The idea That Rules the World*, Houghton Mifflin Harcourt (林大訳 (2001) 『史上最大の発明アルゴリズム—現代社会を造りあげた根本原理』 早川書房)。
 - ・ Hannah Fry (2018), *Hello World — Being Human in the Age of Algorithms*, W. W. Norton & Company (森嶋マリ訳 (2021) 『アルゴリズムの時代—機械が意思決定する世界をどう生きるか』 文藝春秋)。
 - ・ Christopher Steiner (2012), *Automate, How Algorithms Took Over Our Markets, Our Jobs, and the World*, Portfolio (永峯涼訳 (2013) 『アルゴリズムが世界を支配する』 角川 EPUB 選書)。
 - ・ Cathy O’Neil (2016), *Weapons of Math Destruction — How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*, Crown (久保尚子訳 (2018) 『あなたを支配し、社会を破壊する、AI・ビックデータ』 インターシフト)。
 - ・ Ryan Avent (2016), *The Wealth of Humans — Work, Power, and Status in the Twenty-First Century*, St Martin’s Press (月谷真紀訳 (2017) 『デジタルエコノミーはいかにして道を誤るか—労働力余剰と人類の富』 東洋経済新報社)。
- ②論文誌・雑誌
- ・ Sergey Brin and Lawrence Page (1998), *The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine*, *Seventh International World-Wide Web Conference* (1998)。
 - ・ 日経ビジネス (2019) 「はじける? AI バブル 失敗の法則」 日経ビジネス 2019年5月20日号、24-39頁。
 - ・ 渡部順一 (2020) 「デジタル時代の新潮流—AI とヒトの共創による一考察」 『日本経営学会誌 (第44号) (経営学論集第90集)』 63-71頁、日本経営学会。
 - ・ 渡部順一 (2022) 「デジタル時代の新潮流—国の技術力の遅れ」 『日本言語文藝研究 (第22号)』、231-255頁、台湾日本語文藝研究学会、
 - ・ Alan Turing (1948), “Intelligent Machinery — National Physical Laboratory Report”, in B. Meltzer et

- D. Michie (eds), *Machine Intelligence*, Vol.5, Edinburgh University Press, 1969, 107-127 頁。
- ・ Alan Turing (1950), “Computing Machinery and Intelligence”, *Mind*, vol.59, No.236, 1950, 433-460 頁。
 - ・ Gordon E. Moore (1965), Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics*, Vol.38, No.8, 114-117 頁。
 - ・ Diamond ハーバード・ビジネス・レビュー (2019) 「データドリブン経営」『Diamond ハーバード・ビジネス・レビュー』2019年6月号、18-88 頁。
- ③参考 URL
- ・ 特許業務法人創成国際特許事務所。2022年8月19日閲覧。
<https://www.sato-pat.co.jp/index.html>
 - ・ IBM (International Business Machines)。2022年8月9日閲覧。<https://www.ibm.com>
 - ・ ScienceDirect。2022年8月10日閲覧。<https://www.sciencedirect.com/>
 - ・ Google。2022年8月10日閲覧。<https://www.google.com/>
 - ・ Google Scholar。2022年8月10日閲覧。<https://scholar.google.com/>
 - ・ What is Artificial Intelligence (2019), *The Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behavior*。2019年6月14日最終閲覧。
<http://aisb.org.uk/public-engagement/what-is-ai>。
 - ・ John McCarthy, Mavin Minsky, Nathan Rochester, and Claud Shannon (1955), *A Proposal for the Dartmouth Summer research Project on Artificial Intelligence*。2022年8月25日閲覧。
<http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>。
 - ・ Grace Solomonoff (2018), Ray Solomonoff and Dartmouth Summer Workshop on Artificial Intelligence, 1956, *Oxbridge Research*。2022年8月25日閲覧。
<http://raysolomonoff.com/dartmouth/dartray.pdf>。
 - ・ Carl Benedikt Frey & Michael A. Osborne (2013), The Future of Employment - How Susceptible are Jobs to Computerisation?, *The Oxford Martin Programme on Technology and Employment*。2022年8月31日閲覧。
https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- ④その他
- ・ 舛井道晴 (2021) 「AI (Artificial Intelligence) を用いた意思決定支援システムに関する研究—ビジネスへの応用可能性の検証—」『特別共同研究費申請書』宮城学院女子大学特別研究助成。

A Study of the Decision - Making Support System Using AI —The Research of Preliminary Papers Survey for Applicability to Business—

Jun-ichi WATANABE

Michiharu MASUI

Key Word : AI — Artificial Intelligence — , rational decision-making, satisfaction decision-making Singularity — Technology Singularity — , Algorithm

Our research group received support from Miyagi Gakuin Women's University in 2021 for the research project "A Study of the Decision - Making Support System Using AI".

Until now, "decision-making" in business has been carried out by "satisfaction decision-making" because all options have become enormous and it is extremely difficult to rank and select the best one. In recent years, the performance of computer hardware has made dramatic progress, and software, especially AI (Artificial Intelligence), as well. We think it is becoming possible for AI to facilitate "rational decision-making".

The purpose of this paper is to conduct a survey of previous papers and obtain guidelines for the present paper, Study of the Decision — Making Support System Using AI.

Currently, it is appropriate to set a direction based on a hypothesis, as in this article, and conduct a survey of previous papers based on that hypothesis. But an AI-based decision-making support system is being established, and a world is about to arrive in which previous papers are selected based on rational decision-making and can be ranked according to their importance, for example, PageRank in Google, or matching-ranking system in deep leaning. In other words, it is becoming the time that we reach Singularity.

Decision-making support systems using AI are currently in a transitional period, but if a rational decision-making system is constructed in the future, it will be necessary to study the algorithms that drive AI.