

# 文系大学生を対象にしたデータサイエンス教育における 数学的モデリング能力育成に向けて

松尾 由美\*・玉田 和恵\*\*

## 要 約

Society5.0の実現に向け、文系の大学生に対しても数理・データサイエンス・AI教育が求められている。専門家が提案する政策等をデータ分析によって評価・選択するために、非専門家であっても現実世界の問題を統計的仮説と結び付けて数学世界に変換し、数学的モデルを構築する数学的モデリング能力が必要不可欠である。そこで本研究では、数学的モデルの構築を支援するため「良さを変換する図」を導入した指導法を提案し、2つの授業で実践を行った。2つの実践の結果、一定の効果は見られたものの、課題の残る部分も見られた。今後行うべきさらなる改善の方向性について考察を行った。

キーワード：数学的モデリング能力、数理・データサイエンス教育、良さの変換

## 1. はじめに

Society5.0では、膨大なデータを解析し、問題解決や価値創出ができる人材が求められている。政府の「AI戦略2019」（令和元年6月統合イノベーション戦略推進会議決定）では、すべての人がAIの恩恵を享受・活用できることを目指し、高等教育では「文理を問わず、全ての大学・高専生（約50万人卒／年）が、課程にて初級レベルの数理・データサイエンス・AIを習得」することが具体目標に設定された。

高橋（2019）は、データサイエンスを「データとドメイン（データを活用する現場）を結び付け成果を出す」ことと定義し、その専門家であるデータサイエンティストは現場で起きている問題とデータを結び付けることで、合理的な判断に基づ

く意思決定を支援する役割を持つとしている。データと問題を結び付けて問題解決を図るには、数学的モデリングが不可欠である。数学的モデリングとは、現実世界の問題を解決するために、現実世界の問題を数学世界に変換し、数学的モデルに基づき数学的手法を用いて問題を解き、得られた解を現実の問題と関連付けて解釈・評価するプロセスである（三輪，1983；西村，2001）。データと問題を結び付けて問題解決を図るデータサイエンスの専門家にとって、数学的モデリングを遂行する能力は必須であると考えられる。

一方、必ずしもデータサイエンスの専門家になる可能性が高くはない文系の大学生には、数学的モデリング能力は不要だろうか。松田（2021）は、文系大学生に対するデータサイエンス教育を含む教養教育では市民教育の視点を重視し、専門家から提案された政策や製品・サービスを評価し、改善策の検討を求める力を育成すべきとしている。そして、提案された政策やサービスを評価するには、現実世界の現象を数学的な表現に変換する力が不可欠だと主張している。したがって、

2023年11月30日受付

\* 江戸川大学 情報文化学科講師 教育工学、社会心理学

\*\* 江戸川大学 情報文化学科教授 教育工学

非専門家であっても、データサイエンス教育を通じて、現実の問題をデータ分析に結びつく数学的な表現に変換してモデルを構築する数学的モデリング能力を育成することが求められる。

以上の議論から、政策・サービス等をデータ分析に基づき評価・選択する力を育てる文系大学生向けのデータサイエンス教育において、汎用的な数学的モデリングを遂行する能力（数学的モデリング能力）の育成が不可欠である考えられる。

本稿では、数学的なモデリングを遂行する能力（以下、数学的モデリング能力とする）の育成に関する研究動向を概観した上で、文系大学生を対象に数学的モデリング能力を育成するためにはどのような指導法が必要か考察する。また、数学的モデリング能力育成に着目した2つの授業実践を報告する。

## 2. 数学的モデリング能力育成に関する研究動向

我が国の数学的モデリング研究の多くは、三輪（1983）の数学的モデル化過程を参照している。三輪（1983）は、①現実世界の事象を数学的問題に定式化（変数の生成・選択及びその関係の生成・選択）し数学的モデルを構築し、②定式化した問題を解く（数学的作業）、③得られた数学的結果を現実の事象と関連づけてモデルの有効性を評価・解釈する過程であると定義した。さらに定式化において、一般化・特殊化などの数学的見方・考え方を活用して、モデルを単純化することと現実の問題の複雑さを捉えることのトレード・オフ関係の解消を図る必要があると指摘している。関係の弱い変数を無視したり省略したりしながら適切なモデルを構築するという定式化の作業は数学的モデル化過程の中で最も困難かつ重要であるとしている。また、三輪（1983）の定式化の困難さを軽減するため、西村（2001）は定式化の作業を、①一般化や特殊化等の数学的な見方・考え方を活用して、現実世界の事象を、数学を使いやすい数学的な問題場面に作りかえる段階（変数の生成・選択）と②数学的な問題場面から数学的

なモデルを導く段階（変数間の関係の生成・選択）の2つの手順に分けた。

国内の先行研究の多くは、各単元で数学的モデリングを使ってどのように算数・数学を指導するかを扱っている。汎用的な数学的モデリング能力の育成を目指す数少ない研究では、三輪（1983）、西村（2001）同様、定式化の困難さを示している。御園（2019）は、数学的モデル化の過程を学んだ教員養成課程の学生を対象に、関数を使って現実世界の事象を数理化し、数学的なモデルを提案するという定式化の課題を課したところ、計算のみを記載し数学的モデルを構築していない学生や、複雑な事象を単純化しすぎて比例のみでモデル化する学生の存在を示した。川添（2022）は、数学教師と大学生に同じ教材を用いて数学的モデリングを行かせたところ、両者とも定式化の際、一般化や特殊化等数学的な見方・考え方を意識できていないことを示している。

さらにCevikbas et al.（2021）は先行研究のレビューによって、数学的モデリング能力育成に関する研究の今後の課題について、各研究の指導法においてそれぞれが様々な現実の問題のモデル化を扱っているものの個別的な取り組みにとどまっていること、今後、理論的背景のもと、能力育成に有効な現実の問題について体系的に検討する必要があることを指摘している。加えて、指導法の評価について、質的研究によるものが大半であり、今後、標準化された評価手法の開発が期待されるとしている。

## 3. 文系大学生を対象にした数学的モデリング能力育成のための指導法

これまでの先行研究を踏まえ、本稿では、文系大学生に対するデータサイエンス教育において、「統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル（松田ら、2019）」に基づき、現実世界の問題を統計分析モデルに変換し仮説を生成する数学的モデリング能力を育成する指導法について考える。「統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル」は、問題解決の手順、見方・考え方、領域固有知

識で構成されている。また、目標設定過程において、検証したい問題を統計分析ができる仮説に言い換えることを「表現の変換」とし、現実の問題を数学的問題に定式化することを求めている。

数学的モデリングを遂行する能力を育成するために、西村（2001）の2段階の定式化の手順に従い、現実の問題を①分析で扱いやすい変数に変換・選択する、②選択した変数間の関係を生成・選択すること、2段階に分けて、それぞれで数学的なモデルを構築することを目指す指導法について検討する。今回の実践では、①に焦点を当て、現実の抽象的・複雑な事象を統計分析で扱える具体的変数に変換するために、「良さの変換支援図」（玉田・松田，2022）を活用することとした。

上述の通り、専門にかかわらずすべての大学生がデータサイエンスを修得することが求められているが、実際には大学入学時点で既に数学等に対する習熟度や学修意欲に差があり、また、興味・関心も専門によって異なる大学生すべてが意欲的に学修に取り組める題材は限られている。そこで、今回の指導法では、ほぼ全ての大学生が直面する就職活動に焦点を当てた題材とする指導法を検討し、江戸川大学情報文化学科で開講されているデータサイエンスにかかわる2つの科目において実践を行った。3年生以降の学生を対象とする『データ処理概論』では、採用に関わるピープル・アナリティクス（人事に関わるデータ分析）を題材に、企業の人事担当者から依頼を受けたデータサイエンティストという立場で「採用したい人物の良さ」を、「能力」「人柄（温かさ）」の2つの観点から統計分析できる変数に変換する実践を行った。受講生が2年生中心の『統計学概論』では、3年生から本格化する就職活動に先立ち、「企業の良さ」を、「働きやすさ（待遇）」と「働きがい（仕事の内容）」の2つの観点から統計分析できる変数に変換する実践を行った。以下、実践の詳細について報告する。

## 4. 「採用したい人物」の良さを変換する指導法の実践

### 4.1. 授業の概要

2023年前期に江戸川大学で開講された『データ処理応用』で実践を行った。本授業は3年生以上を対象にした情報文化学科が開講する選択科目である。他学科生の受講も可能であるものの1名を除き、受講生は情報文化学科の3・4年生であった。

### 4.2. 授業構成

本授業では統計分析を用いた問題解決のサイクルを2つのテーマの中で経験しながら学修する設計となっていた。特に、目標設定過程に重点を置き、問題を解決するために統計分析をどのように活用すればよいのか、考えさせる内容とした。本授業は全14回で構成されている。1～5回においてデータサイエンスの重要性や「統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル」や統計分析に関する基礎知識を確認した上で本指導法は第6～10回に実施した。なお、第11～14回は、統計分析の結果から広域通信制高校においてICT活用チューターを普及させるための提案をするという別のテーマについて扱った。

### 4.3. 良さの変換を支援する指導法の内容

受講生は、5回（1回100分）の授業を通して、企業に依頼を受けたデータサイエンティストの立場に立ち「統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル」を活用し、「良い人材を採用する」という答えのない問題解決を行う体験をする。本指導法（第6～10回）の各回の授業計画を表1に示す。以下、各回での指導法の詳細について記述する。

#### 4.3.1. 企業が求める人材の整理（6回）

各自、企業の採用サイトで求める人材像について調べ、その内容をGoogle Classroomで回答するよう受講生に求めた。受講生を5～6名程度のグループに分け、ほかの人の回答を見ながら、グ

表1 本指導法の授業計画

回	指導内容	学生の活動
6	数学的な見方・考え方・「良さ」を変換する図	様々な企業が求める人材に関する情報収集・整理
7	分析用データの変数	今回の課題で求められる人材像の整理と各要因の関係の検討
8	表現の変換・データクレンジング	測定変数と人材像の関係の整理, 仮説の設定(表現の変換)
9	相関係数・回帰分析	仮説の検証・分析
10	合理的判断のための枠組み・当該分析手法の問題点(外れ値・選抜効果)	分析結果の解釈・レポートの作成

ループごとに企業が求める人材の良さを、「人間の特性の良さを変換する図(図1)」で整理するよう求めた。「ステレオタイプ内容モデル」(Fiske, Cuddy, Glick, & Xu, 2002)によれば、「温かさ」(人柄の良さ, 親しみやすさ)と「能力」(頭の良さ, 行動力の有無)の組み合わせが他者に対する評価の基準とされている。そこで、「良さを変換する図」では, 最も内側を「温かさ」「能力」の次元で分け, 内側から外側に向かって, 抽象的なレベルから具体的なレベルになるように, 順に, 性格・特性レベル, 行動・スキルレベル, 具体的な経験・行動を配置するものとした。また要因間の関係について矢印でつなぐよう求めた(図2)。

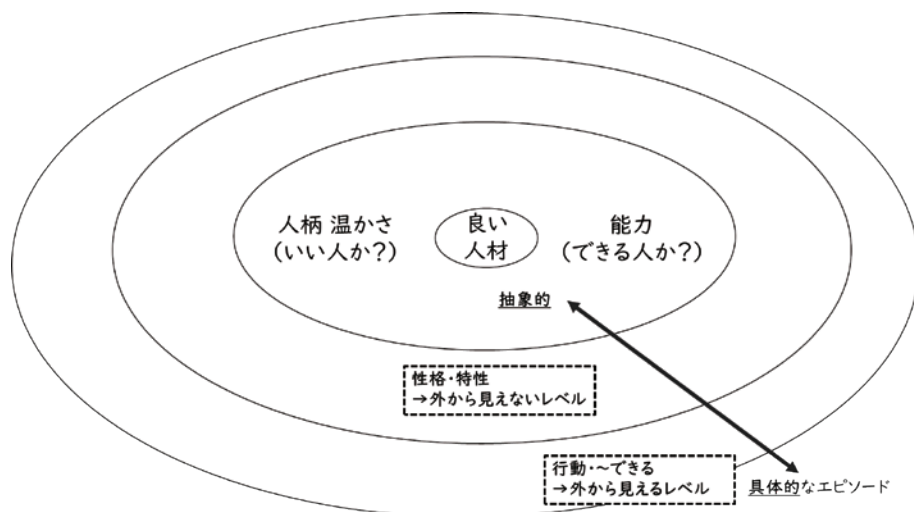


図1 人間の特性の良さを変換する図

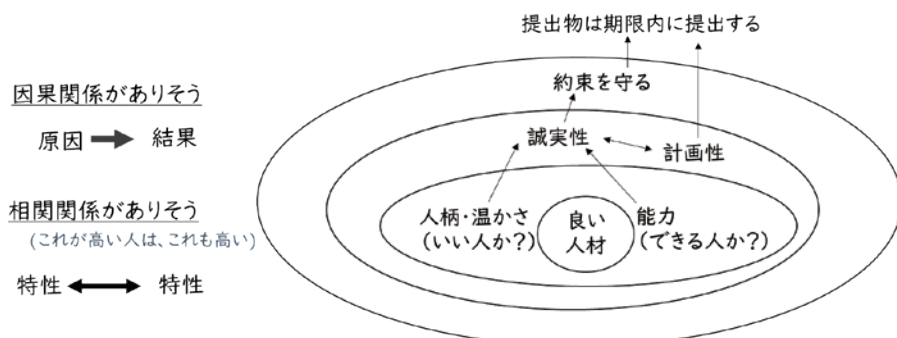


図2 良さの関係について考えさせる教示



積極的に自分から仕事を見つけて動けるけど、勝手に暴走しないで周りと相談しながら仕事を進める人が欲しい」という声をよく聞く

## 5. 「企業の良さ」を変換する指導法の実践

### 5.1. 授業の概要

2023年後期に江戸川大学で開講された『統計学概論』で実践を行っている。本授業は2年生以上を対象にした情報文化学科が開講する選択科目である。他学科生の受講も可能であり、履修登録をした76名のうち6名を除き、70名は情報文化学科の2~4年生であった。なお、情報文化学科では1年生次の必修科目において、「問題解決の縦糸・横糸モデル」を学んでおり、モデルにおける問題解決の手順及び見方・考え方に関する知識は既に有していることが期待される(玉田・松田2017)

#### 4.3.3. 表現の変換・仮説の設定(8回)

作成した図を見ながら、関連がありそうな変数を見つけ、仮説を考えるよう求めた。

#### 4.4. 実践の結果

実践を行った結果、概ねどのグループも図を用いて要因を整理できた。受講生が作成した図の一部を図3に示す。

一方で、作成した図を見て、統計分析に結び付く表現に変換するところにまだ苦戦している姿が見られた。今後、図から統計分析の言葉を変換する指導法について検討する必要がある。

表3 本指導法の授業計画

回	指導内容	学生の活動
1・2	データサイエンスの必要性・統計分析を活用した問題解決の縦糸・横糸モデル	統計分析の問題解決の縦糸・横糸モデルを学修し、トレード・オフの具体的な例について考える。
3	問題解決に必要な見方・考え方	自身の考える「良い企業」について発表し合う。調べた良さを良さの変換図を用いて整理し、多様な良さに気付く。
4	データを集めるときの注意点(母集団・標本抽出)	就活生が調べる企業情報はどのように集められたのか調べ、情報の偏りや解釈の際の注意点を考える。
5	データの種類(尺度水準・量的変数・質的変数)・データの加工	企業データを加工し、加工次第で、実施できる統計分析や検討できることが異なることに気付く。
6~9	データの分布(度数分布表・ヒストグラム)、代表値(平均値・中央値・最頻値)、データのばらつき(分散・標準偏差・四分位範囲・箱ひげ図)	企業データの度数分布表やヒストグラムを作成し、データの分布を確認した上で、適切な代表値について考える。代表値やデータのばらつきから、どのような基準で「良い企業」を選べばよいのか考える。
10	2つの質的変数の関係性の検討(クロス集計表)	企業データの関係性についてクロス集計表を作って検討する。
11・12	2つの量的変数の関係性の検討(散布図・相関係数)	企業データの関係性について散布図を作成したり相関係数を算出して検討する。
13	分析結果の解釈(相関と因果の違い、層別相関、データバイアス)	分析結果を解釈する。
14	総括・振り返り	これまでの分析の結果に基づき、志望企業を選ぶ際にどのような企業を選べばよいのか考える。

## 5.2. 授業構成

本授業は、データ分析を活用して問題解決するために必要な基礎的素養として、統計分析や問題解決に関する知識や技術を身に着けることを目的としている。そのため、「統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル」に沿って、「良い企業に就職する」という問題解決を経験しながら、統計分析を学修する設計となっていた。特に、目標

設定過程に重点を置き、問題を解決するために統計分析をどのように活用すればよいのか考えさせる内容とした。本授業は全14回で構成されている。1~2回においてデータサイエンスの必要性や、「統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル」を解説し、第3回以降の授業でモデルに沿って就活生の立場でデータを分析して「良い企業を選ぶ」経験をする内容とした。分析対象とする企業データは、「女性の職業生活における活躍の

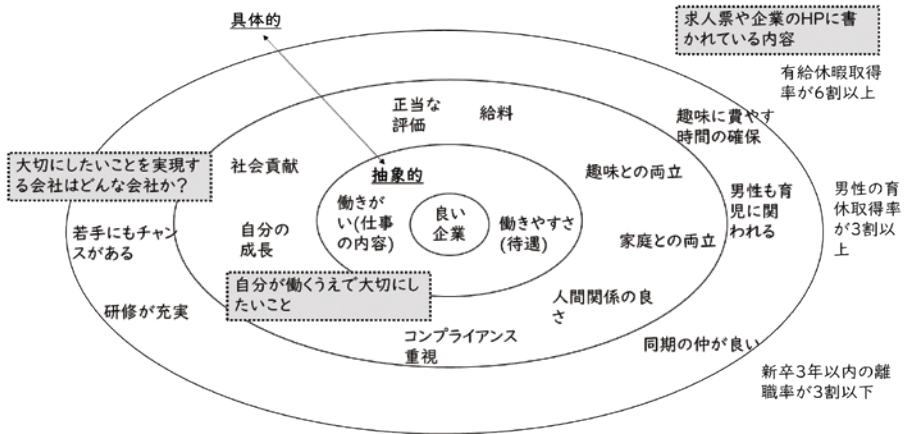


図4 企業の良さを変換する図

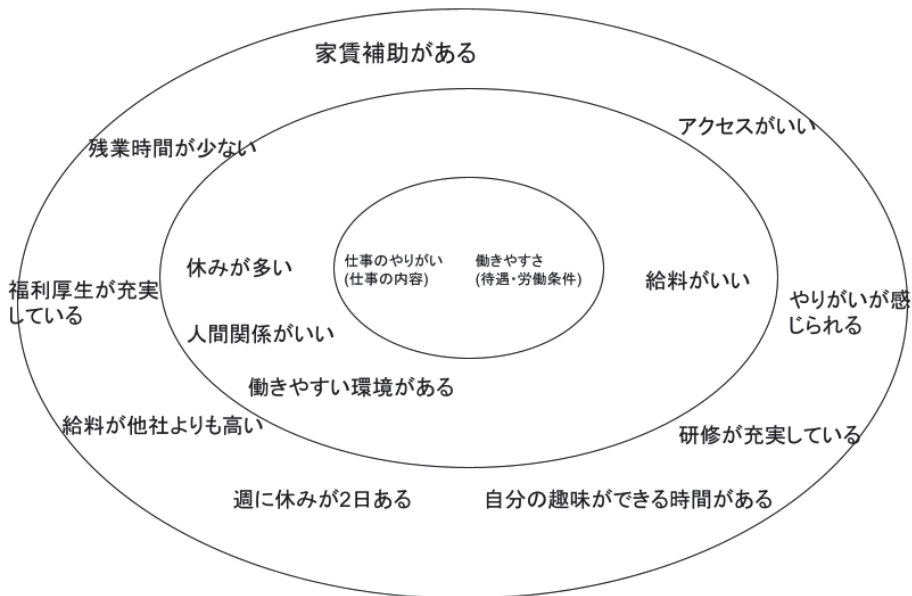


図5 受講生が作成した企業の良さの変換

推進に関する法律（女性活躍推進法）」により義務化された女性の活躍に関する情報の公表を行うために厚生労働省が提供する「女性の活躍推進企業データベースオープンデータ（2023年10月30日時点）」を用いた。各回の授業計画を表3に示す。本稿執筆（2023年11月末）時点で、第9回まで終了している。

### 5.3. 良さの変換を支援する指導法の内容

第3回の授業時に「良さの変換支援図」を用いて良さの変換について指導した。自分が就職したいと思う「良い企業」について、Google Classroomで回答するよう受講生に求めた。ほかの人の回答を見ながら、各自、企業の良さを、「企業の良さを変換する図（図4）」で整理するよう求めた。「企業の良さ」は「働きやすさ（待遇）」と「働きがい（仕事の内容）」の2つの観点から、「自分が働くうえで大切にしたいこと」→「大切にしたいことを実現する会社はどんな会社か」→「求人票や企業のHPに書かれている内容（例：育児休暇取得率）」と抽象的なレベルから具体的なレベルで考えるよう教示した。

### 5.4. 実践の結果

実践を行い、受講生が作成した「企業の良さを変換する図」の一部を図5に示す。自分が働くうえで大切にしたいことについては思いつくものの、それを実現する会社のイメージや公表されている企業データについて具体化して考えられる受講生はわずかであった。本授業の受講生は、まだ就職活動を意識していない2年生が中心であり、自身が働くことや企業が公表しているデータが意味する内容について具体的に思い描くことが難しかった可能性がある。今後、良さの変換支援図を活用して抽象的な良さ⇔具体的な良さを自在に変換できるようになるために、どのような指導が必要なのか検討することが求められる。

## 6. まとめ

本稿では、数学的モデルの構築の中で特に、現

実の問題を分析で扱いやすい変数に変換することを支援するため「良さを変換する図」を導入した指導法を提案し、情報文化学科が開講する3年生以上を対象とする『データ処理応用』と2年生以上を対象とする『統計学概論』の2つの授業で実践を行った。『データ処理応用』では、企業の求める「人材の良さ」について、受講生の多くは調べた企業が求める良い人材と具体的な変数の対応付けはできたものの、作成した図から統計分析の仮説を発想することが難しかった。今後、統計分析につながる仮説を立案するために、どのように数学的モデリングを指導すればよいのか検討する必要がある。

一方、2年生が受講生の中心である『統計学概論』では、「企業の良さ」について抽象的なイメージから具体的なデータを対応付けて考えることに課題が残った。今回の指導法では、大学生の多くが直面する就職活動を題材としたが、受講生が低学年の場合、就職活動を開始しておらず、企業に関する知識や働くことに関するイメージが不十分である可能性がある。今回の指導法を行うにあたり、必要な前提知識を整理する必要があるかもしれない。

加えて、両実践においても、先行研究（御園，2019；川添，2022）で課題となっていた数学的なモデル構築に必要な見方・考え方の活用法をどのように修得すればよいのかについては扱っていない。数学的モデリングを遂行する際、どの場面でどのような見方・考え方が必要なのか整理した上で、どのように指導すればよいのか検討する必要があると考える。

さらに、各受講生の達成度をどのように評価するのかについても課題が残る。Cevikbas et al. (2021) が指摘するように客観的指標による評価手法の開発が今後求められる。

### 参考文献

- Cevikbas, M., Kaiser, G., & Schukajlow, S. (2021). A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: State-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. *Educational Studies in Mathematics*, 109, 205-236.



- Fiske, S. T., Cuddy, A. J. C., Glick, P., & Xu, J. (2002). A model of (often mixed) stereotype content: Competence and warmth respectively follow from perceived status and competition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82(6), 878-902.
- 川添充 (2022). 数学教師と大学生の数学的モデリング能力の差異と教師教育への示唆 日本科学教育学会第46回年会論文集, 45-46.
- 厚生労働省 (2023). 女性の活躍推進企業データベースオープンデータ (2023年10月30日時点) <https://positive-ryouritsu.mhlw.go.jp/positivedb/opendata/> (参照日:2023年10月30日)
- 西村圭一 (2001). 数学的モデル化の教材開発とその授業実践に関する研究—高等学校数学科を中心に— 学芸大数学教育研究, 13, 125-134.
- 松田稔樹 (2021) 新・逆向き設計手法に基づき検討した指導すべき見方・考え方. 日本科学教育学会第45回年会論文集, 309-312.
- 松田稔樹, 竹村徳倫, 玉田和恵 (2019) 問題解決の縦糸・横糸モデルに基づく統計教育の改善 (1). 日本教育工学会研究会報告書, JSET19 (1), 495-502
- 御園真史 (2021). 小学校教員免許取得を目指す学生に数学的モデリングを体験させることの意義に関する一考察 日本科学教育学会第45回年会論文集, 55-58.
- 三輪辰郎 (1983). 数学教育におけるモデル化についての考察 筑波数学教育研究, 2, 117-125.
- 高橋威知郎 (2019). 文系のためのデータサイエンスがわかる本. 総合法令出版株式会社, 東京
- 玉田和恵・松田稔樹 (2017) 問題解決力を育成するための見方・考え方の指導. 日本教育工学会第33回全国大会講演論文集, 815-816
- 玉田和恵・松田稔樹 (2022). 問題解決において「良さ」を分析するための指導法 日本教育工学会第43回全国大会講演論文集, 367-368.
- 統合イノベーション戦略推進会議 (2019). AI戦略 2019～人・産業・地域・政府全てにAI～<https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistratagy2019.pdf> (参照日:2023年11月30日)

