岡山大学算数・数学教育学会誌
『パピルス』第 27 号（2020 年）11 頁～ 20 頁

数学的モデリングを用いた授業の提案

河瀬　敦帆＊

研究の要約

日本の中学生・高校生は数学の力が国際的に高い水準にあるにもかかわらず現実世界との関連を充分理解しておらず，入学試験以外の面に数学を学ぶ意義や社会における数学の有用性をあまり感じていない生徒が多いと言われる(北澤・浜野,2000)。さらに，近年では，大学入試が「大学入試センター試験」から「大学入試共通テスト」に名前を変え，日常生活と結び付けた問題で知識を活用する能力や思考力を問うものが増えてきている。この様な近年の動向の中で，筆者は，数学的モデリングを教材として授業に取り入れることで，数学を用いた課題解決によって，生徒に数学を活用することの有用性や課題解決のプロセスを感じさせる授業を提案する。今回提案する授業の教材は，「コンビニにおける在庫の仕入れ方」である。様々な状況のモデルに対して，いくつかの仕入れ方を検討していく。その上で，授業に適したモデルについても考察していく。

Key Words：モデリング教材，在庫管理，自己相関係数

1　数学的モデリングとは

まず，数学的モデリングとは何かについて解説しておく。数学的モデリングとは，それまでの経験・観察をもとにして，ある事象が探求を要するという認識があるという前提で，図１に示すような過程の下，現実世界の問題の解決をはかるもののことである。

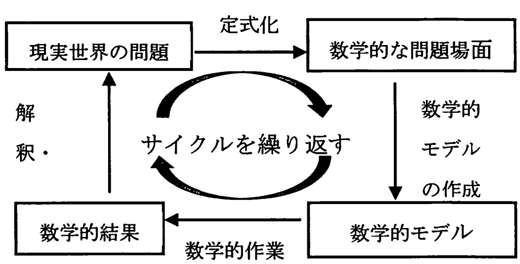


図１．数学的モデリングの過程

2　数学的モデリングの現状

数学的モデリングの世界的傾向については，池田氏(2013)による概説にその特徴が述べられている。以下に記す内容は，池田氏(2013)の記述を参考にしている。

1980 年以降，モデルに焦点を当てた数学的活動に関する研究が世界的になされるようになり，2000 年以降，様々な課題はあるものの，世界各国の国定カリキュラムの中に，モデル，モデリングが重要な構成要素として徐々に位置づけられるようになった。日本においても，学習指導要領で中学校，高等学校において，モデリングという言葉までは言及されないものの，その精神が明確に記述されるようになった。モデル，モデリングの指導に関する研究は歴史的に大きく２つの傾向があるとされている。それは以下の２つである。

・実用的な傾向
・科学的―人間的な傾向

実用的傾向では，実世界の問題の解決のために数学を用いることができる生徒の能力を全面に出しており、指導に関しては応用を孤立した特別なものとして理解し，数学的モデリングを包含しようとしているものが多い。生徒に対しては，実世界の問題を解くための能力に焦点が当てられている。

＊　岡山大学教育学研究科教職実践専攻　２回生

科学的—人間的な傾向では，実用的な傾向とは対照的に，科学としての数学とその構造を数学指導には欠かせない指針として考えており，生徒に期待する能力としては，数学化を強調しており，「リアリティー」を数学化することに焦点がおかれている。これらの活動を数学や数学外の科目を統合していく活動として述べており，この数学化は，「横方向の」数学化と「縦方向の」数学化によって区別されるようになる。「横方向の」数学化とは，「生活」の世界から「記号」の世界へと導く行為として位置づけられており，「縦方向の」数学化とは，「記号」の世界を数学的に処理したり再構築したりする行為として位置づけられている。ここでいう「生活」の世界とは，その人が「リアリティー」として感じることができる世界で，「記号」の世界とは，それが抽象化された世界である。それ故，「生活」と「記号」は相対的な関係にある。

前述の歴史的傾向を継承・発展する形で，モデルに焦点を当てた数学的活動に関する研究は新たな広がりを見せている。その中でも，4つの傾向を挙げる。その4つとは，

①RME 理論

②MEA 理論

③批判的数学教育，

④ICTMA，ICME 等における国際会議

である。歴史的には，実用的傾向と科学—人間的傾向といった2つの傾向が対置されていたが，最近では，RME 理論，MEA 理論，批判的数学教育が新たに生まれる一方で，それらを統合的に取り扱う国際的な傾向も生まれてきた。これらの傾向を対比させることにより，下記の5つの同異点とそれに伴う研究課題が同定されている。

[1] 実用的傾向と科学—人間的な傾向

この2つは共に数学化を強調しているが，前者では，数学の世界と数学外の世界を明確に分離し，実世界の問題から数学的モデルをつくるための数学化を強調しているのに対し，後者では，モデルを相対的に捉え，数学化するために必要不可欠となる媒介としてのモデルを強調している。

[2] MEA 理論と RME 理論

この2つは「リアリティーを数学化すること」を理念にしている点で同調しているが，異なる点も存在する。MEA 理論では，複雑で社会的な場面で意思決定していく活動に焦点を当て，RME 理論では，model-of から model-for への移行による概念構成に焦点を当てていることである。さらに，MEA 理論は一つの問題解決活動として位置づけられているが，問題解決とモデリングをどのような関係で捉えるかは今後の検討課題である。

[3] 批判的数学教育①

上記で強調されている，現実世界に埋め込まれた数学の使用を特定し，それらを批判的に考察していく活動を考えたとき，実世界の問題から始まる数学的モデリング過程の図式化，解決手順のチャート化ではもはや説明がつかない。図式化の目的を明確にすると共に，児童・生徒がモデリング過程を振り返る指導の在り方について検討を加えていく必要がある。

[4] 批判的数学教育②

上記では，社会の中で使用されている数学を批判的に分析する活動に焦点が当てられるが，社会における大人になってからの問題は，児童・生徒に「現実的」「常識」と感じられるであろうか。この点について検討を加えると共に，児童・生徒が「現実的」「常識」と考えられる方策を検討していく必要がある。

[5] RME 理論における「model-of」から「model-for」への移行

これは、小学生段階の事例を中心に領域特有の指導理論として考察されているが，中高等学校において数学化が繰り返しなされることで構成される数学的概念についても，うまく説明できるであろうか。具体化を通して概念を拡張していく活動複数のシステムを行き来しながら各々のシステムの特徴を明確化していく活動といった具合に，新

たな視点からも研究を進めていく必要がある。

3　筆者の考える「モデリング」とは

筆者の考えるモデリングは，上記の分類中では「生徒に期待される能力に関しては，数学的モデリング過程を強調しており，実世界の問題を解くための生徒の能力に焦点が当てられている」点や，「数学の世界と数学外の世界を明確に分離し，実世界の問題から数学的モデルをつくるための数学化を強調している」点，「指導アプローチに関しては，追加的な活動（応用を孤立した特別なものとして理解すること）として，数学的モデリングを包含しようとしているものが多い」という点などから，「実用的傾向」に相当する。

日本の中学生・高校生は数学の力が国際的に高い水準にあるにも関わらず現実世界との関連を充分理解しておらず，入学試験以外の面に数学を学ぶ意義や社会における数学の有用性をあまり感じていない生徒が多いと言われる(北澤高野,2000)。すなわち，数学的な知識や概念はしっかりと身に付けているにも関わらず，それで何が出来るのか，何の役に立つのかが分からないといった生徒が多く，数学は知識の習得だと考えている生徒が多い。(令和元年度教育実践研究Ⅱ成果報告会での拙稿）近年では，大学入試も「大学入試センター試験」から「大学入試共通テスト」に名前を変え，その中で試験問題の内容にも変化がみられる。出題者が問題文で示した流れに沿って解答するだけではなく問題解決のプロセスを自ら選択しながら解答する部分が含まれるようになり，複数のテキストや資料を提示し，必要な情報を組み合わせ思考・判断させたり，「日常的・身近な題材」を扱った問題で学んだ内容を日常生活と結びつけて考えさせる様なものもある。すなわち，一問一答の様に問題を解いて，知識の有無を問うという様な形から，「何を問われているのか」，「自分の知識をどう使えば問題が解けるのか」を問う様な，思考力に重きが置かれた内容に変化してきているのである。今，求められているのは，どれだけ公式を覚えたか，解き方を知っているかではなく，それらの知識をベースに，いかに自分で課題を解決できるのかという力が求められている。

筆者は，数学的モデリングを教材として授業に取り入れ，数学を用いた課題解決の中で，現実から数式を立てて客観的に事象を考察したり，導き出した数学的結果を実際の現実事象と比較して，数式を修正したりという経験をさせることで，生徒に数学を活用することの有用性や課題解決のプロセスを感じさせる授業を提案したい。もちろん，知識や概念の習得は大変重要なことであり，それなしには何も始まらない。今回提案する数学的モデリングを用いた授業も，先に述べた知識や概念の習得に重きが置かれた授業に取って代わるものではなく，それらの授業と共にあるものだということを強く主張しておきたい（令和元年度教育実践研究Ⅱ成果報告会での拙稿)。従来の数学教材と数学的モデリングを用いた教材との決定的な違いは，目標である解決すべき「課題」が重要であるということである。この課題は，社会的に価値があるものでなくてはならない。数学的モデリングを扱う上では，前提として解決したい社会的な課題があり，それに対して数学的にアプローチをしていくというプロセスが重要である。そのため，公式を覚えるためや教科書の問題の発展，ましてや計算練習のために扱われるべきものでは決してない。数学をあくまで道具として使い，課題を解決していくために用いられるものが数学的モデリングなのである（令和元年度教育実践研究Ⅱ成果報告会での拙稿)。

4　数学的モデリングを用いた授業提案

教材観

今回の提案する授業内容は，在庫管理をヒントにしたものである。一般的に在庫管理の世界では，原材料や部品などを仕入れる量やタイミングがその後のすべてのプロセスに関係する。在庫不足（い

わゆる品切れ状態）が発生すると，それに続く生産ライン等すべてに悪影響を及ぼすので，仕入れ個数や安全在庫の個数をどの程度にするかは極めて重要な課題となる。かといって，むやみに在庫を多くすると，保管費用などが高くつく上に保管場所確保の問題を伴うので，単純に在庫が多ければよいという話にはならない。「在庫はできるだけ少なく，なおかつ在庫不足が可能な限り生じない」状況を統計的に考えることが基本姿勢となる。

今回の授業提案での具体的な話題は「コンビニでのおにぎりの仕入れ数の検討」である。この話題を選んだのは，高校生に身近なものなので，授業の話題として適切だろうと思ったからである。とはいえ，コンビニのおにぎりに関しては，以下のように一般の在庫管理の世界と比べると異なる価値観がある。

「一般の在庫管理」では，

- 在庫不足は重大な問題となる。
- 統計的な判断から安全在庫を考える必要あり。
- 毎日の仕入れ数に大きい変動があっても，一定期間（１年間等）を通して何らかの確率分布に従っていると想定される。

「コンビニのおにぎり販売」では，

- 在庫不足（売り切れ）は，むしろ売れ残りによる減収を防げるので好都合である。
- 安全在庫は，賞味期限までの時間が短いので，想定できない（用意できない）。
- 毎日の仕入れ数に大きい変動があっても，一定期間（１年間等）を通して何らかの確率分布に従っていると想定される。

ここで提案する授業での「モデルとは何か」であるが，

モデル１：年間を通しての来客数は正規分布に従う。しかし，毎日の来客数はランダムである。

モデル２：年間を通しての来客数は正規分布に従う。しかし，毎日の来客数に一定の傾向がある。

モデル３：平日と休日の来客数に差があり，休日の方が多い傾向にある。平日と休日の来客数はそれぞれ正規分布に従う。

と設定する。河瀬（2020）では，このモデル３は想定されていない。

「来客数に一定の傾向がある/ない」の判断については，

- 教師側は，準備する方法として「毎日の来客数の自己相関係数」を用いてデータを用意している（自己相関係数の定義は注１を参照）。
- 生徒側は，１年間の来客数の折れ線グラフを見て，「来客数に一定の傾向がある/ない」の判断をすることが可能である。

ここでは，教師側が事前にモデル１に該当するデータ（来客数はランダムである），モデル２に該当するデータ（来客数に一定の傾向がある），モデル３に該当するデータ（平日と休日で来客数に差がある）を用意する。ただし，「自己相関係数」「正規分布」等の用語については授業の中では触れないこととする。

場面設定：コンビニの店長として商品の在庫量を管理する（発注量）。

以下，対象となる商品の特徴

- 商品は，おにぎりを想定。
- 店舗にトラックで搬送されてから，賞味期限まで１８時間前後。
- 安全在庫がほぼ０扱いという特別なケース。
- 売り切れ次第，その日の商品の販売は終了。
- 毎日，仕入れがある。すなわち，定期発注方式。リードタイムは夕食時間帯～夜中とみなす。
- 前年度の来客数データの情報があるので，それをもとに今年度の仕入れ個数の決め方を考えることにする。

生徒の活動

目標：昨年の来客数データを基に，利益を最大にするように今年の仕入れ個数を決める。

想定される ICT 環境

- 生徒達は班ごとにパソコンが用意され，教師側が作成したエクセルの専用計算シートを使用できる状態とする。

生徒に提示されるもの

- モデル１に該当するデータ
  （来客数はランダムである），
- モデル２に該当するデータ
  （来客数に一定の傾向がある）
- モデル３に該当するデータ
  （平日と休日の来客数に差がある）
- モデル１，２，３の，年間を通じての来客数の折れ線グラフ
- 年間を通じての来客数のヒストグラム（モデル１，２，３で同じ内容となる）。
- 利益を計算するエクセルの専用シート
  （生徒が操作・入力可能とする）（図２参照）。

仕入れ個数の決め方の選択

① モデル１：来客数がランダムなデータ

- 仕入れの個数を毎日一定数にする。
- 仕入れの個数を「前の日の来客数に＋α」としたものにする。

モデル１では，結果的に仕入れ数をいろいろ変えても売り上げや売り切れ数は大きく変わらないという結論に導く。

② モデル２：来客数に一定の傾向があるデータ

- 仕入れの個数を毎日一定数にする。
- 仕入れの個数を「前３日の平均値に＋α」とする。
- 仕入れの個数を「前７日の平均値に＋α」とする。

モデル２では，仕入れの個数を「前３日の平均値＋α」としたものが良いという結論に導く。

③ モデル３：平日と休日で来客数に差がある

- 仕入れ個数を「前日の来客数に＋α」とする。
- 仕入れ個数を「前３日の来客数の平均に＋α」とする。
- 仕入れ個数を「前７日の来客数の平均に＋α」とする。
- 仕入れ個数を「平日，休日ごと数日の来客数の平均に＋α」とする。
  （平日は前５日，休日は前４日の平均）

モデル３では，仕入れ個数を「平日，休日ごと数日の来客数の平均に＋α」としたものがかなり良いという結論に導く。

5　授業の本時案

指導計画（全２時）

時	活動内容
1	状況と目標の確認。モデル１についてデータを参考に考察する。
2	モデル２，３についてデータを参考に考察する。結論を導く

月日	買いに来た人数	仕入れ数（前3日間の平均人数+α）（個）	売れた数（個）	売り切れ日数（日）	仕入れ費用（円）	保管費用（円）	売上（円）	純利益（円）
1月1日	1	20	16	0	1000	100	2400	300
1月2日	3	20	3	0	1000	100	450	-1650
1月3日	5	20	5	0	1000	100	750	-1350
1月4日	8	6	6	1	300	30	900	-430
1月5日	10	8	8	1	400	40	1200	-240
1月6日	11	10	10	1	500	50	1500	-50
1月7日	13	12	12	1	600	60	1800	140
1月8日	14	14	14	0	700	70	2100	330
1月9日	15	15	15	0	750	75	2250	425
1月10日	14	17	14	0	850	85	2100	165
1月11日	14	17	14	0	850	85	2100	165

入力欄	
初日仕入れ数（個）	20
一個の売値（円）	150
発注費用（円）	1000
一個の仕入れ値（円）	50
一個の保管費用（円）	5
仕入れ数の内のα（個）	3
売り切れ総日数（日）	48
総純利益（円）	298695
日別純利益の平均	818.34
日別純利益の分散	410892.09
同上　標準偏差	641.01

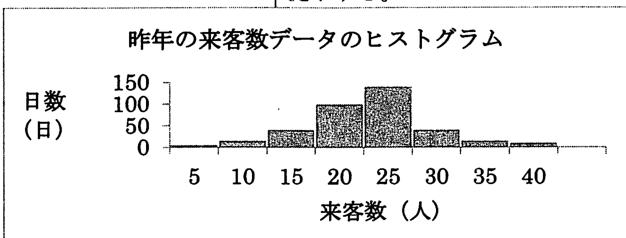
図２．生徒用エクセルシートの一部

授業の展開

第１時

学習活動	教師の指導・支援
１．コンビニの店長になったつもりで，商品の特徴や条件を確認する。	○生徒にコンビニの店長になったつもりで，話を聞くように指示する。（舞台設定の提示）

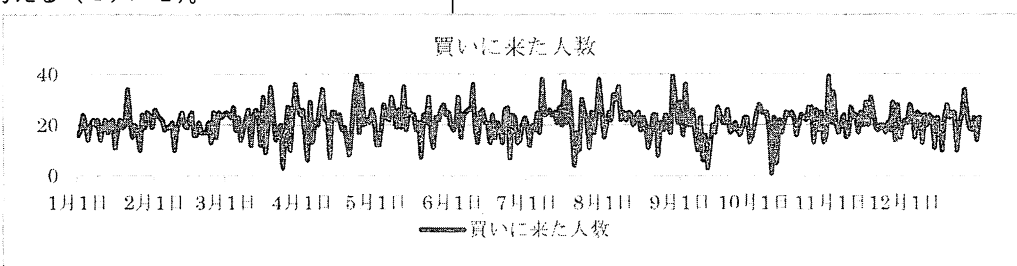
	○おにぎりの販売について考えていくことを伝えて，上記の特徴や条件を伝える。
2．昨年の来客数データを確認する。（ヒストグラム）	○昨年の来客数データがあることを伝え，ヒスグラムを提示する。



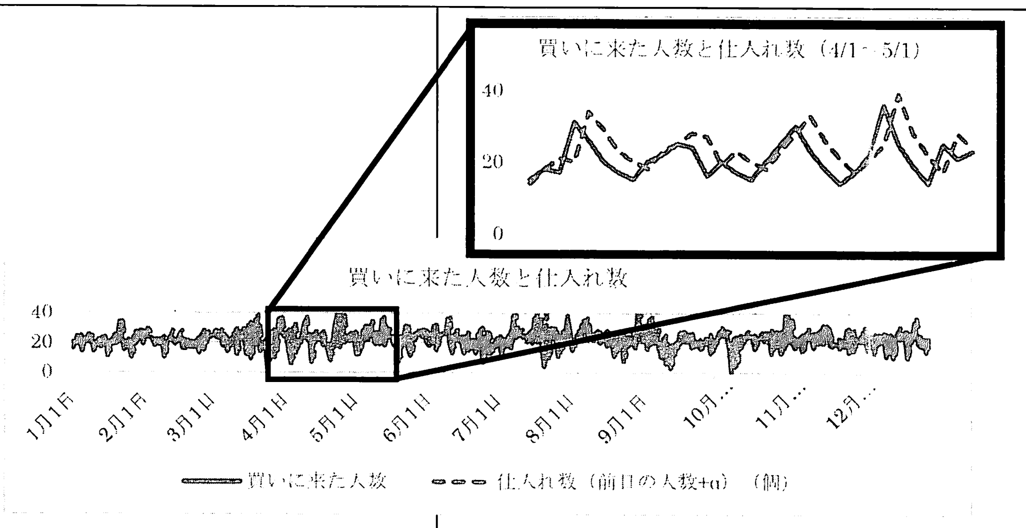
3．目標を確認する。	○「昨年は仕入れが多すぎて売れ残りが多くなり困った。今年は仕入れ個数を見直したい。」

目標：昨年の来客数データを基に，利益を最大にするように今年の仕入れ個数を決める。

4．どのような決め方があるか考える。	○「どのような決め方があるだろうか？」 （一定数，前の日の来客数に+α，前３日の平均など）
5．来客数がランダムである場合について考える（モデル１）。	○（モデル１）の来客数を折れ線グラフで提示する。



6．基本となる式を確認する。	○基本となる関係式を確認する。 純利益＝売り上げ―経費 売り上げ＝販売個数×150（1 個の販売価格） 経費＝仕入れ個数×50（1 個の仕入れ値） +仕入れ個数×5（保管費用）+1000（発注費用）
7．改めて，純利益を大きくしていく方法を決めていくことを確認する。	○「式の純利益が大きくなるような仕入れ方を考えていこう」
8．エクセルファイルを見ながら，色々な仕入れの仕方を試して，その時の純利益を確認する。	○用意したエクセルファイルを見せる。
9．仕入れ数を前日の来客数に+３にしエクセルでグラフと純利益を確認。	○「では，仕入れ数の決め方を仕入れ個数を「前日の来客数+３」とする。

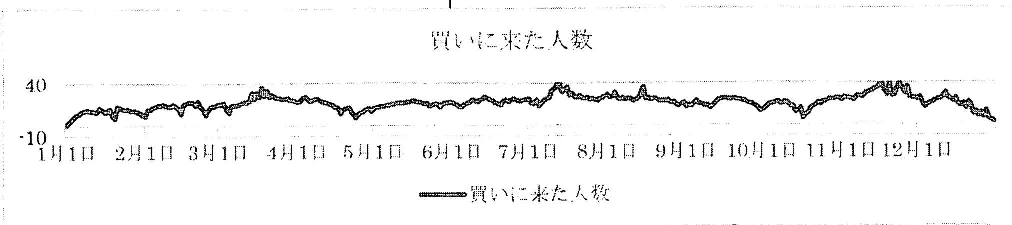


	純利益　187,620 円
10. 仕入れ数を全日の来客数に+αにしてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○「前日の仕入れ数+αで，αを他の数にするとどうなるかな？」※色々なケースを調べて純利益を記録。
11. 毎日，仕入れ数を毎日２０個に固定してエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○「では，仕入れ数の決め方を別の方法にしてみよう。」「毎日，２０ 個ずつ仕入れたら純利益は何円になるかな？」　純利益　225,900 円
12. エクセルで毎日の仕入れ数を２０個以外にして確認。	○「毎日の仕入れ数を２０個以外にした場合はどうなるか？」※色々なケースを調べて純利益を記録する。
13. 仕入れ数を前３日の来客数の平均人数に+３にしてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○「次は，仕入れ数を「前３日の来客数の平均人数に+３」としてみよう。」　純利益　224,735 円
14. 今までのケースの純利益を見比べてみて，来客数が毎日ランダムな場合はどのような仕入れ方をしても，純利益は大きく変わらない。という事実を確認する。	○どのケースを比べても，純利益は大きく変わらない。このことから，来客数が毎日ランダムな場合はどのような仕入れ方をしても，純利益は大きく変わらない。
15. 次回やることの確認。	○「次回は，来客数にパターンがある場合を考える」（より現実的なデータで考える。）

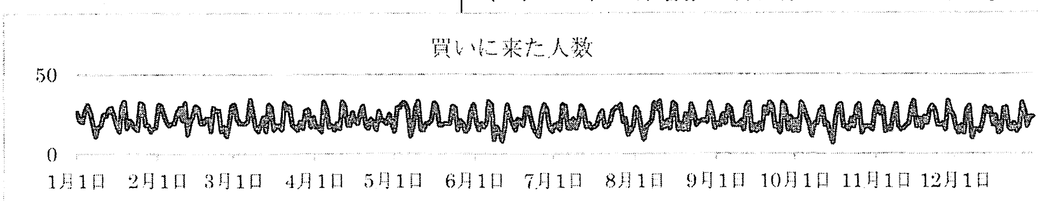
第２時

学習活動	教師の指導・支援
１．前回の復習。	○前回のエクセルなどを使って何を考えていたかを確認する。その際，来客数がランダムなデータではどのような仕入れ方をしても，純利益はあまり変わらなかったことを改めて確認する。
２．来客数にある程度の傾向がある場合に	○（モデル２）の来客数を折れ線グラフで提示す

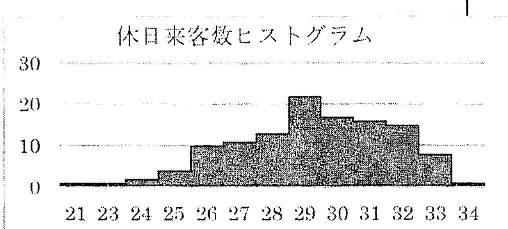
ついて考える（モデル２）。	る。より現実的なデータであることを伝える。

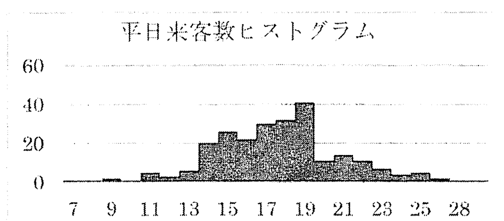


３．ヒストグラムはランダムな来客数の場合と同じになることを確認する。	○来客数のヒストグラムを提示する。 （前回提示したヒストグラムと同じ）
４．前回と同様に仕入れの仕方を確認していく。仕入れ数を全日の来客数に+３にしてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○前回と同じ仕入れ方をエクセルを使って試していく。 仕入れ個数を「前日の来客数に+３」としてみる。 純利益　294,670 円
５．仕入れ数を前３日の来客数の平均人数に+３にしてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○「次は，仕入れ数を「前３日の来客数の平均人数+３」としてみよう。」仕入れ個数を「前３日の来客数の平均人数に+３」としてみる。　純利益　298,695 円
６．仕入れ数を前７日の来客数の平均人数に+3 としてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○仕入れ数を前７日の来客数の平均値人数+３としてから，エクセルで提示する。純利益を記録する。 純利益　286,135 円
７．３つの仕入れ方を比べて，「前３日の来客数の平均人数+3」が純利益が一番多いということを確認する。	○（モデル２）では，「前３日の来客数の平均人数+3」とした仕入れ方が最も利益が多いと結論づける。
８．（モデル３）の来客数を折れ線グラフで確認する。	○「次は，さらに別のモデル，休日と平日で来客数に違いがあるモデルを考えてみよう」 （モデル３）の来客数を折れ線グラフで提示する。



９．平日と休日の来客数ヒストグラム確認	○平日と休日の来客数のヒストグラムも提示する。





１０．（モデル１，２）と同様に仕入れの仕方を確認していく。仕入れ数を全日の来客	○（モデル１，２）とエクセルを活用して同じ仕入れ方を試していく。仕入れ個数を「前日の来客数に+３」と

数に+３にしてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	してみる。　純利益　218,565 円
11. 仕入れ数を前３日の来客数の平均人数に+３にしてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○「次は，仕入れ数を「前３日の来客数の平均人数+３」としてみよう。」仕入れ個数を「前３日の来客数の平均人数に+３」としてみる。　純利益　203,855 円
12. 仕入れ数を前７日の来客数の平均人数に+3 としてエクセルで折れ線グラフと純利益を確認。	○仕入れ数を前７日の来客数の平均値人数+３としてから，エクセルで提示する。純利益を記録する。 純利益　227,760 円
13. 平日と休日の来客数が違うということに注目をして，新たに仕入れ方を考えてみる。	○「この３つの仕入れ方はどれも利益があまり高くないな」「平日と休日の来客数に違いがあることに注目をして仕入れ方を考えてみよう」
14. 仕入れ個数を「平日，休日ごと数日の来客数の平均に＋１」としてエクセルを使って利益を求める	○「平日と休日それぞれで平均を出してそれを仕入れ数の基準にしてみよう」(平日は前５日，休日は前４日の平均) 仕入れ個数を「平日，休日ごと数日の来客数の平均に＋１」として，エクセルで提示する。純利益を記録。 純利益　308,600 円
15. まとめをする。 ・仕入れ方と純利益の一覧を確認する。 ・今までの，純利益などの結果を基に，仕入れ数の決め方はどの方法が良いかを結論を出す。	○まとめ ・第１時と２時を通して，これまで扱った仕入れ方と純利益の一覧表（表１）を提示する。 「より現実的なデータである（モデル２），（モデル３）の場合は，仕入れ個数を毎日定量にするのではなく，それぞれ「前３日の来客数の平均人数+3」，「平日，休日ごと数日の来客数の平均に＋１」とした方が純利益が良いことが分かる。」 よって，結論は今年の仕入れ方の決め方は， 前年度の来客数が ・ランダムな場合は，どの仕入れ方でも大きな違いはない。　（モデル１） ・一定の傾向がある場合は，仕入れ方を「前３日の来客数の平均人数+3」とすると利益が一番多い。　（モデル２） ・平日と休日で違いがある場合は，仕入れ方を「平日，休日ごと数日の来客数の平均に＋１」とすると利益が一番多い。　（モデル３）
・現実的なモデルほど難しくなるということを知る。	○良い純利益を得るためには，より現実的なモデルほど複雑な仕入れ方を考えなければいけないということにも触れておく。

表１．仕入れ方と純利益一覧

モデル	仕入れ方	純利益
来客数がランダム（モデル１）	毎日一定で２０個	225,900
	毎日の来客数に+３	187,620
	前３日の来客数の平均に+３	224,735
来客数に一定の傾向がある（モデル２）	毎日の来客数に+３	294,670
	前３日の来客数の平均に+３	298,695
	前７日の来客数の平均に+３	286,135
来客数に平日と休日で違いがある（モデル３）	毎日の来客数に+３	218,565
	前３日の来客数の平均に+３	203,855
	前７日の来客数の平均に+３	227,760
	平日，休日ごとの平均に+１	308,600

６　まとめ

上記までのことから，現実から遠くシンプルなモデルでは仕入れ方も単純に考えることが出来，逆に現実に近い代わりに難しいモデルでは，仕入れ方も複雑に考えなければならなくなる。そのため，数学的モデリングの授業に慣れていない生徒，経験の少ない生徒にはモデル１やモデル２を用いて，数学的モデリングを体験したり，数学を日常に活用されることを経験するための授業が良いと考えられる。また，モデリングに慣れている生徒，十分な経験のある生徒にはモデル３を用いて，生徒に数学的モデリングをしっかり活用させたり，更なる思考を促すための授業が良いと考えられる。このように，対象とする生徒や目的に合わせて，授業に用いるモデルは選択していく必要があると私は考えている。

Ⅶ．今後の課題

数学的モデリングの現状や世界的な動向など，様々な研究や理論で知らないことや理解しきれていないことが多くあるので，論文や先行事例の研究によって数学的モデリングの理解を深めていきたい。今回提案した授業では，学習評価について考え切れていなかったので，さらにその部分を練っていきたいと考えている。また，今回の授業は，教員側主導の場面が多く生徒自身が自主的に活動する場面が少ないので，今後は新たな授業の提案として，生徒自身が主体的に自分の考えで数学的モデリングを行っていける場面を含めた授業や教材を考えていきたいと思っている。

注記　１）自己相関係数

時系列データ{x(t)}において，次の相関係数をk期離れた自己相関，またはk次の自己相関係数という。

…	$x(t-1)$	$x(t)$	$x(t+1)$	$x(t+2)$	…
…	$x(t-k-1)$	$x(t-k)$	$x(t-k+1)$	$x(t-k+2)$	…

参考文献

池田敏和(2013). モデルに焦点を当てた数学的活動に関する研究の世界的傾向とそれらの関連性. 日本数学教育学会誌, 95(5), 2-12.
石村貞夫・デズモンドアレン(1999). すぐわかる統計用語. 東京図書.
河瀬敦帆(2020). 数学的モデリングにおける課題の重要性. 令和２年度教育実践特別研究昼間報告会レジュメ集, 21-30.
西村圭一(2001). 数学的モデル化の授業の枠組みに関する研究. 日本数学教育学会誌, 83(11), 2-12.

（令和２年１１月１５日）