高等学校数学科における課題探究的な授業のデザイン：感染症課題を事例として

大谷　実・酒井　祐士

Design and Analysis of Inquiry-Based Lessons Using ICT in High School Mathematics: The Case of Epidemies of Infection Diseases

Minoru OHTANI and Yuji SAKAI

1．はじめに

(1) 研究の意図と目的

高等学校の数学教育は，探究の過程を通して数学的に考える資質・能力の育成を一層重視している．実際，新しい高等学校学習指導要領では，新科目「理数探究基礎」・「理数探究」が設けられ，また「『探究』の名称が付されていない教科・科目等についても，それぞれの内容項目に応じて，探究的な活動が取り入れられるべきことは当然である.」（文部科学省，2019：62）とされている．また，GIGA スクール構想が推進される中で，数学科の授業において ICT 等の有用な活用の在り方を検討することも喫緊の課題となっている．本稿は，高等学校数学科において ICT の有効活用も視野に入れた課題探究的な授業をデザインすることを目的とする．本稿は，金沢大学附属高等学校における公開研究会に向けて協働でデザインした感染症拡大の課題の授業計画（大谷，2021）に，実践結果と整理会の議論を加筆したものである．

(2) 研究の背景

金沢大学附属高等学校（以下同校）数学科は，高校数学において探究的・協働的で教科横断的な学びをめざした授業のデザインに取り組んでいる．同校は，金沢大学との密なる連携のもとで，新時代の高校教育の在り方を開発する文部科学省スーパーグローバルハイスクール（SGH）事業及びワールドワイドラーニング（WWL）コンソーシアム構築支援事業において，生徒がグローバルな社会課題に関心を持ち，協働をしながら，複合的な視点で事象をとらえて問題を見いだして解決するとともに，解決の過程や結果を実際の状況に照らして吟味し，一定の解決策を提案できる力を育成しようとしている．その際に，同校数学科では，オランダの「現実的数学教育」（Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2014）の考えを参考にしつつ，大学教員と連携しつつ研究を推進している（川谷内 他，2020）．現実的数学教育は，実生活に密接に関係ししかも現代社会の喫緊の課題を重視し，他教科や自然科学・社会科学の諸分野とも関連付ける．また，生徒が問題の解決に取り組む際には，個人での活動に留まらず，チームやグループで協働して問題に取り組み，議論し，結果をまとめ，発表する機会を意図的に設けながら，素朴な数学のモデルが議論を通じて洗練する過程を大切にする．また，実際の込み入ったデータを処理するために ICT 機器を積極的に利用する．同校は，現実的数学教育が我が国における高等学校の新しい方向性に基づく研究を推進する上で有望であると考え，教材や授業等を開発してきた．特に，現実的数学教育の特徴を反映している「数学 A」（de Lange, 1987）の教科書及び，それに関連する数学コンテストである「数学 A-lympiad」（Haan & Wijers, 2000）や「テスト開発中央研究所」（Cito）が

令和 4 年 10 月 1 日受理

実施している「全国共通試験」の課題を翻訳し，活用してきた．

(3) 現実的数学教育

全国共通試験問題は，ハンス・フロイデンタールの「現実的数学教育」（Realistic Mathematics Education）の思想に根ざしている．現実的数学教育は，何よりも数学は人の活動であると考え，様々な分野における専門的職業人や研究者等が数学を活用する本質をふまえつつ生徒が取り組む数学的活動を構想し，生徒が取り組む問題として実生活に密接に関係ししかも現代社会の喫緊の課題を設定する．その際，数学科の科目や内容を意図的に越えて関連付けたり，他教科や自然科学・社会科学の諸分野とも関連付けたりするよう配慮する．また，生徒が問題の解決に取り組む際には，個人での活動に留まらず，チームやグループで協働して問題に取り組み，議論し，結果をまとめ，発表する機会を意図的に設けながら，素朴な数学のモデルが議論を通じて洗練する過程を大切にする．特に，実際の込み入ったデータを処理するためにICT機器を積極的に利用する．こうして，現実的数学教育は，人の実践活動において生きて働く知識や技能，実生活や現代社会の喫緊の課題に対して数学を活用して解決策を提案する力，課題を多面的・多角的に考察する力，他者と協働・業して課題解決に取り組む力，自分の考えを数学的な表現を用いて簡潔・明瞭・的確に表現する力などを育成する機会を提供するものである．

2．授業デザイン

(1) 社会的で教科横断的な課題の設定

課題の設定において，同校ではこれまでの学校研究において生物や保健体育科等と連携し，現実的数学教育の教材研究をする中で，これまで運動時心拍数の管理や薬の服用における血中濃度について取り上げてきた．WWL公開研究授業が2022年2月に予定されており，筆者と授業者の酒井教諭は，2019年の夏季休業中に研究授業の教材研究を開始した．その際，研究授業の素材として2003年度の「全国共通試験」の「数学A」で実施されたICT活用の問題の中から感染症拡大の問題を取り上げることとした．

(2) 学習指導案の要点

研究授業は，普通科2年生の理系コース（44名）を対象とし，科目「数学Ⅲ」の「関数と極限」（数列の極限）に位置付けた．

同校では，「教科として生徒に身につけさせたい力」と「指導上の課題とこれまでの取組」を挙げている．前者は，現実社会の事象を数学化し，その解析から得られた結果を意味づけ，現実社会の理解に活用する力を育成することである．後者に関しては，現実社会の事象を通常の授業で扱う機会が多くなく，これまでは課外でのゼミ活動として関心のある一部の生徒に対しての話題提供にとどまっている．多くはオランダの「全国共通試験」を題材としたものであり，日々の授業の一環として取り入れられるよう，教材研究を行ってきた．

指導総時数は13時間で，第一次「数列の極限（4時間），第二次「無限等比数列」（1時間），第三次「漸化式と極限」（1時間），第四次「無限級数」（1時間），第五次「無限等比級数」（1時間），第六次「いろいろな無限級数」（2時間），第七次「課題学習」（3時間）で構成した．第七次は，1時「感染症の数理モデル」，2時「感染症シミュレーション」（本時），3時「感染症シミュレーションと現実社会の対応」を扱った．本時（2時）のねらいは，感染症を数理的に捉え，流行モデルのシミュレーションを通して，現実事象の数学科について考察することができることとし，「数学的な見方や考え方」を評価の観点とした．

次に，教材選定に関して，科目「数学B」では解ける範囲の連立漸化式を扱う．また本単元では解けない隣接2項間漸化式の極限を扱う．感染症の数理モデルは，解析的に解けない連立漸化式で表されること，および，数列の極限の

知識まで前提とすることで，十分期間が経った後の感染者数・治癒者数を自然と扱えることから，本単元の発展課題としてふさわしいと考えた．また，解析的に解けない問題にICTを活用する観点からも，Excelの知識さえあれば自分でシミュレーションを行える本教材は適していると判断した．また，生徒の状況として，課題に対して真面目に取り組む生徒が多く，学習意欲は高く，医学部進学を志望する生徒も複数おり感染症などの医療系の話題への興味・関心は高いと思われる．生徒は，数学授業内でのグループ活動として，1年次に探究的・協働的な数学コンテストである「数学A-lympiad」日本予選の課題に取り組んだ経験があり，グループで協働して数学的問題を議論する素地がある．さらに，指導方針・方法としては，課題が発展的内容であることや，ICTの使用に不慣れない生徒もいるため，4人1グループでの活動とする．生徒用ノートPCを12台用意し，1グループあたり1台配布するが，個人で持参した端末の使用も推奨する．課題の説明は簡潔に留め，グループ内の協働により，互いに理解を深めるように配慮した．

(3) 本時の素材及び課題系列のデザイン

先ず，導入に際して，COVID-19（新型コロナウイルス）感染者数の推移データ（図1）を紹介し，感染症の数理モデルを参考として，感染拡大をシミュレーションする事を学習目標とした．

授業はワークシートをもとに展開する．先ず，「設定」で，感染症の一つの数理モデルを紹介し，その意味を確認する問いを出す．その後，3つの課題に取り組む．特に，課題3が本時の中心であり，定数の値をいろいろと変えてシミュレーションを行い，その結果の意味を解釈することを主な学習活動とする．

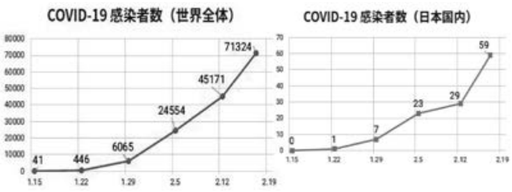

図1　COVID-19の感染者数

以下は，ワークシートの説明である．なお，以下では□と■を用いて生徒用ワークシートの参照部の始めと終わりを示すこととする．

設定

N人の集団において，ある感染症の感染者がはじめて出た週を第0週とする．第0週からn週後において，感受性がある（これから感染する可能性がある）人（Susceptible）の数をSn，感染している人（Infected）の数をIn，すでに感染，治癒するなどして免疫がある人（Recovered）の数をRnとする（$n = 0, 1, 2, \ldots$）．ここで考える感染症は次の特徴をもつ：①現在感染している人だけが，感受性がある人に感染させる能力をもつ．②感染している人は，1週間後には治癒し免疫をもつ．③免疫をもつ人は再び感染することはない．このとき，Sn, In, Rnは関係式

$$\begin{cases} In+1 = (1 - k^{In}) \cdot Sn \\ Rn+1 = Rn + In \qquad \cdots\cdots (*) \\ Sn+1 = N - In+1 - Rn+1 \end{cases}$$

にしたがって変化するとしよう．なお，(*)式はReed-Frostモデルと呼ばれる感染症の数理モデルの変型版である．kはN人の集団におけるこの感染症の「強さ」の指標であり，$0 \leqq k \leqq 1$をみたす．$k = 1$では感染拡大は起きず，$k = 0$だと免疫のないすべての人が感染する．すなわち，kが小さいほうが感染力は強い．

問　(*)式は特徴②を表現できていることを説明しなさい．■

本時案では，これに続いて，エクセルによる「感染シミュレーション.xls」を用いて，3つの課題に取り組む．

課題1

デスクトップにあるエクセルファイル「感染症シミュレーション. xls」（全国共通試験用のエクセルファイルはCitoより入手し，研究授業向けにアレンジしたもの）を開きなさい．ここでは$N = 10000$とし, $k = 0.99979$としてある．また，第0週の感染者は10人であったとして，シミュレーションしよう．

(0)「第0週の感染者が10人」であることを表現するために，セルC7（赤色のセル）の値を「10」にしなさい．すると，いろいろな値が変化することを確認しなさい．

(1) 第13週において，感染している人，免疫がある人を求めなさい．

(2) 感染拡大を防ぐために，人々にあらかじめワクチンを接種させることを考えよう．すでにワクチンを接種した人の数はR_0であると解釈できる．経済にとっては，なるべく少ないワクチンで感染拡大を防ぎたい．とくに,「週あたりの感染者数の最大値」を小さく抑えたい．週あたりの感染者数が決して1000人を超えないことを保証するためには，少なくとも何人がワクチン接種を受けるべきであるか．■

課題2

現実には，設定における特徴①，②，③をみたさない感染症もある．たとえば，感染してから治癒し免疫を得るまでに1週間以上要する感染症もある．そこで，感染者のうち毎週一定の割合g $(0 < g \leqq 1)$だけ次の週に治癒するとして，(*) 式を次のように修正したモデルを考える．

$$\begin{cases} In+1 = (1-k^{In}) \cdot Sn + (1-g)\ In \\ Rn+1 = Rn + g \cdot In \\ Sn+1 = N - In+1 - Rn+1 \end{cases} \quad \cdots\cdots (**)$$

このとき，感染してから治癒するまでに平均して$1/g$週間かかることになる．

(1) エクセルファイル「感染症シミュレーション. xls」で，各変数の値を$I_0 = 10$, $R_0 = 0$, $k = 0.99979$, $g = 0.5$, $N = 10000$としなさい．このとき得られるグラフやいろいろな値を課題1 (g=1) のときと比べ，総感染者数の増減，感染症が流行している期間の変化，週あたりの感染者数の最大数，流行のピークの時期の変化を考えなさい．

(2) (1) のとき，週あたりの感染者数が決して1000人を超えないことを保証するためには，少なくとも，も何人がワクチン接種を受けるべきか．

課題3

修正したモデル (**) を用いて，I_0, R_0, k, g, Nの値をいろいろ変えてシミュレーションしてみよう．得られた結果をみて気づいたことを記しなさい．また，その結果の意味を考えなさい．■

課題3に取り組む際に，ワークシートでは，I_0, R_0, k, g, Nの値を3組定めて値を求め，変動のパターンを考察するように促す．そして，授業の最後にA4用紙の半分程度の紙幅で,「この授業で感じたこと，考えたこと，わかったこと・わからなかったこと」を自由に記述する．また，発展課題を提示し，次時への繋がりをつける．

発展課題

関係式 (**) を用いて「現実の感染症」をシミュレーションしたいと考えたとき，いくつか考えなければならないことがある．次の点について考察しなさい．

(1) kの値はどのように決めればよいだろうか．つまり，感染症の「強さ」とはどのように評価すればよいのだろうか．

(2) その感染症は関係式 (**) で本当に表現できるのだろうか．たとえば，特徴①，②，③をみたさない感染症にはどのようなものがあるだろうか．そのような感染症のシミュレーションをするためには，関係式 (**) をどのように修正すればよいだろうか．■

問(2)に関して，疾病の中にはまた，免疫をもつようにならないものもある．そのような疾病では，すべてのnに対してIn=0である．治癒した人の中には，すぐに感受性をもち，再び

病気になる人もいる．もし，私たちは１週間の療養で治癒する（つまり g=1）と仮定すれば，私たちは次のような連立漸化式（***）を得る．

$$\begin{cases} In+1 = (1 - k^{In})\ Sn \\ Sn+1 = N - In+1 \qquad \cdots\cdots\ (***) \end{cases}$$

このモデル２でも，初期値 I_0=10，S_0=9990 と仮定する．ワクチン接種が行われないので，感染拡大はモデル１とは全く異なる展開をたどる．

モデル２で用いる Excel ファイル「感染拡大 2.XLS」も準備していた．ここでも，k = 0.99979 とする．市シート C 列では，患者の数が 3362 に増大し，その後は一定，すなわち均衡状態になることがわかる．この現象が，モデル１（免疫をもつ場合）との顕著な相違である．長期的に見なら，罹患者は増えない．

k の値に依存して，モデル２では次の異なる状況が生じることがわかる．

・均衡値まで上昇する（上述の場合）

・0 に落ち込む．

・均衡値の付近で振動し始める．

第二の場合と第三の場合が起きるような k の値を検討すると，$k \geqq 0.999903$ であるような k の値，例えば k = 0.999915 で，患者の数が 0 に減少する．また，$k \geqq \leqq 0.999708$ であるような k の値，例えば k = 0.998751 で，患者の数が均衡値付近で振動することになる．

次に，患者数が均衡値に接近していくような状況を調べる．その際に，この均衡値が 5000 よりも大きくなりうるかどうかを調べてみる．モデル２の再帰関係から，感受性の変数 Sn を消去し，次の漸化式を得る．

$$In+1 = (1 - k^{In})\ (1000 - In)$$

ここで，あなたは k = 0.99979 のとき，In と In+1 の間の関係のグラフで考察することができる．先に指摘した均衡点である 3362 がこのグラフから読み取れ，それはグラフと対角線との交点である．図２は，I_0 = 1000 とし，web グラフで n=0 から n=4 までの値を書き込んだものである．

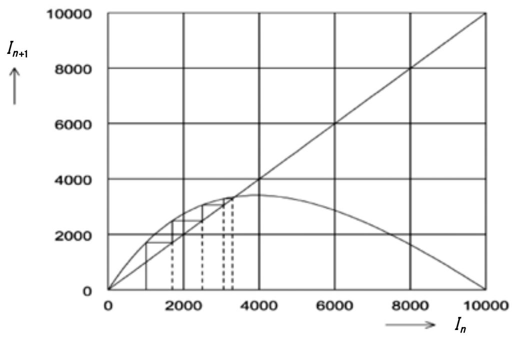

図２　終息する場合の均衡値の近似

もし I が均衡値で，$In = I$ ならば，$In+1 = I$．もし，$I > 5000$ ならば，Sn = 10000- In <5000．

$In+1 = (1 - k^{In})\ Sn \leqq Sn$ となり，もし均衡点 $I > 5000$ かつ $In = 5000$ ならば，$In = I > 5000$ で，かつ $In < Sn < 5000$ となる．それゆえ，I >5000 は不可能である．

（4）本時の展開の大要

本時は，「導入」（5 分），「展開 1」（12 分），「展開 2」（10 分），「展開 3」（18 分），および「まとめ」（5 分）とした．展開について表１に大要を示す．

表１　本時の展開の大要

学習内容	学習活動	留意点
展開１：課題１感染症のシミュレーションとワクチン接種の効果	４人グループで Excel シートを用いて，シミュレーションに慣れる．適宜，グループ間の考えを共有する．	グループで話し合いながら，Excel シートの使用に慣れるよう促す．結果を得ているグループを指名し，解答を共有する．
展開２：課題２モデルの修正とワクチン接種の効果	定数 g の値を変えたとき，シミュレーション結果に起こる変化を捉え，その結果を吟味する．	定数 g の値を小さくすると，感染者数が増えるなど「たちの悪い」感染症になることに気付かせたい．
展開３：課題３定数の値の変化と結果の解釈	いろいろな定数の値を変えたとき，シミュレーション結果に起こる変化を捉え，その結果を吟味する．	R_0 は実質的に N を小さくする効果があること，k を固定したまま N を大きくするとあっという間に感染が蔓延することを共有する．

３．研究授業の実際

(1) 公開研究は，2月22日（土）に公開で開催されたが，翌週には全国一斉休校となった．偶然にも，2020年度末に新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大が始まり，我が国でもダイヤモンド・プリンセス号での感染拡大が危惧され始めた頃であり，本素材はリアルな社会課題であった．

当日，生徒は4人1グループで活動し，配布したノートPC 1台に加え，個人で持参したPCや携帯端末の使用も推奨した（図1）．

図3　教室の配置

課題1 では，Excelファイル「感染症シミュレーション. xls」で，N = 10000，k = 0.99979とし，第0週の感染者が10人としたときの，I_{13}とR_{13}を求めるとともに，感染拡大を防ぐためにワクチンを接種をおこない，週あたりの感染者数の最大値が1000人を超えないような接種人数R_0を考えた．図2は，感染者が10人としたときの画面表示の一部である．

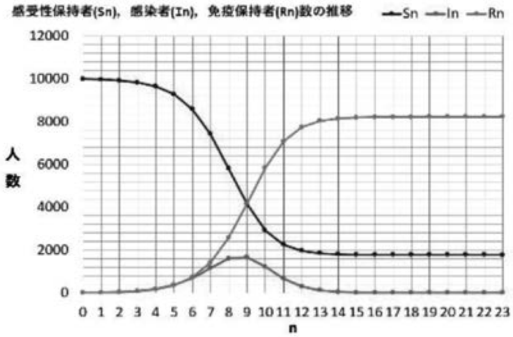

図4 「感染シミュレーション. xls」の表示

課題2 次に，より現実的設定として，特徴②をみたさないもの，例えば，感染してから治癒し免疫を得るまでに1週間以上要する感染症を考え，感染者のうち毎週一定の割合g $(0 < g \leqq 1)$ だけ次の週に治癒するとし，修正モデル（**）を考えた．

他の変数は変えずg = 0.5とした場合をg=1の場合と比べて，総感染者数の増減，感染症が流行している期間の変化，週あたりの感染者数の最大数，流行のピークの時期の変化，そして，週あたりの感染者数が1000人を超えないようなワクチン接種者の人数を調べた（図3）．

図5　シミュレーションの様子

課題3 修正モデル（**）を用いて，I_0, R_0, k, g, Nの値を（3組程度）変えて各自またグループでシミュレーションし，それをうけて「この授業で感じたこと，考えたこと，わかったこと・わからなかったこと」を自由に記述した．また，次時の発展課題を紹介し，次時への繋がりをつけ，終了した．

発展課題 他種の感染症をシミュレーションしたいと考えたとき，kの値，つまり感染症の「強さ」（基本再生産数）はどのように評価すればよいか．また，特徴①，②，③をみたさない感染症にはどのようなもの（免疫をもつようにならないものや，免疫を長くもつもの等）が想定され，それをシミュレーションするためには，（**）をどう修正すればよいか．なお，次時はコロナ感染拡大による全国一斉休業により，実施されなかった．

４．生徒の視点

本校では研究協力者に，授業中の生徒の活動の様子から３名の生徒を選んでもらい，整理会で各生徒の考えを聴く機会を設けている．授業整理会は，公開研究会の研究協力者（西大和学園中・高等学校光永文彦 氏）が授業参加から指名した３名の生徒の参加のもとで実施された．本稿では，３名の生徒をＡ（男），Ｂ（女），およびＣ（女）と表記する．以下に，授業中のワークシートの記述，授業整理会での参観者からの生徒への質問に対する答え，またを取り上げる（なお，生徒Ａのワークシートは当日回収することができなかった）．

(1) ワークシートの記述

生徒Ｂと生徒Ｃは，課題１について，エクセルのセルを正確によみ $I_{13}=118$，$R_{13}=8034$ と解答した．またワクチンの本数は 1464 人と解答した．

課題２つにいては，生徒ＢもＣも「総感染者数は 8224 人から 9840 人に増加する」，「感染が流行している期間は，19 週から 24 週に長くなる」，「週あたりの感染者数の最大数は 1667 人から 4174 人に増加する」，「流行のピークは第９週から第８週になる」と正しく求めている．また，ワクチンは少なくとも 4724 人が接種すべきであるとしている（なお，「1000 人を超えない」について，ちょうど 1000 人と 999 人と２通りの解釈にもとづく解答もあった）．

課題３については，生徒Ｂは２つの場合を試み，３つの変数を変更している．「$\underline{I_0=1}$, $R_0=0$, $k=0.99979$, $\underline{g=0.5}$, $\underline{N=1200}$ のとき総感染者数 12739 人」，「$\underline{I_0=10}$, $R_0=0$, $k=0.99979$, $\underline{g=0.2}$, $\underline{N=1000}$ のとき」．この場合，総感染者数は記載していない．生徒Ｃは，g, k, R_0 の値を一つずつ変えたときに，伴って何がかわるかに影響に注意を向けている．「$I_0=10$, $R_0=0$, $k=0.99979$, $\underline{g=0.25}$, $N=1000$ のとき，g の値↓↓→２人しか感染しない人がいない．28.0←治癒まで．流行期間 42 週，流行期間の最大値 6209 人」，「$I_0=10$, $R_0=0$, $\underline{k=0.5}$, $g=1$, $N=1000$ のとき，k の値↓↓，10000 人全員かかる．流行期間３週，なおるまで 7.0 日，（流行期間の最大値）990 人」，「$I_0=10$, $\underline{R_0=1000}$, $k=0.99979$, $g=1$, $N=1000$ のとき，10 人かかる．7.0 日←なおるまで．１週←流行期間，（流行期間の最大値）10 人」と書いている．

３つの課題を通して，生徒Ｂと生徒Ｃは学習感想として，次のように述べている（図 6, 図 7）．生徒Ｂは，最初，３変数漸化式自体に戸惑いつつも，シミュレーションを通して，流行期間や感染者数を求められることに興味を持つとともに，現実にはありそうもない値も出ることから，より現実に近い現象を表すモデルはより複雑であると感じている．

生徒Ｃは，変数の値のわずかな変化が他の変数の値に大きく影響することに興味を示すとともに，人口の違いによる拡大の様子の違いに不思議に思っており，授業者のねらいに関心を向けている．また，実際の感染症では，より考慮すべき点があり，他の視点からのシミュレーションをさらに考えてみたいと思っている．

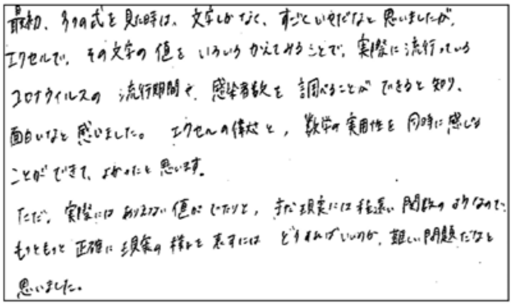
最初、3つの式を見た時は、文字しかなく、すごいいやだなと思いましたが、
エクセルで、その文字の値をいろいろかえてみることで、実際に流行っている
コロナウイルスの流行期間や、感染者数を調べることができると知り、
面白いなと感じました。エクセルの偉大さと、数学の実用性を同時に感じる
ことができて、よかったと思います。
ただ、実際にはありえない値が出たりと、まだ現実には程遠い関数のようなので、
もっともっと正確に現象の様子を表すにはどうすればいいのか、難しい問題だなと
思いました。

図６　生徒Ｂの自由記述

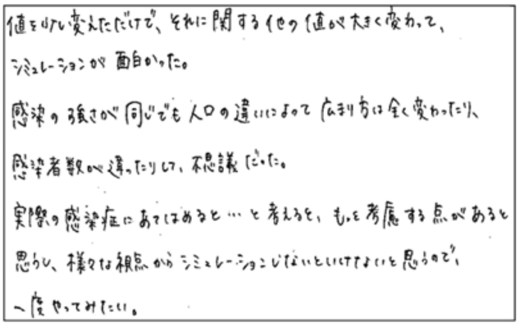
値を少し変えただけで、それに関する他の値が大きく変わって、
シミュレーションが面白かった。
感染の強さが同じでも人口の違いによって広まり方は全く変わったり、
感染者数が違ったりして、不思議だった。
実際の感染症にあてはめると…と考えると、もっと考慮する点があると
思うし、様々な視点からシミュレーションしないといけないと思うので、
一度やってみたい。

図７　生徒Ｃの自由記述

(2) 研究協力者が抽出した生徒

3名の生徒を選んだ理由は，生徒Aは複数のグラフを同時に表示し比較していたこと，生徒BはExcelに加え携帯の電卓機能を並行して用いていたこと，生徒Cは楽しそうに極端な変数の値を試みていたことであった．生徒Aは「グラフの視覚性を利用しそのグラフのピークを考えることで，変数の働きが考えやすくなるのでは」と考えていた．生徒Bは，「全員が感染したり，感染しなかったりできないか」と考えていた．そして，生徒Cは「普段から授業で携帯が使用できることと，最初の式の指数部分の意味が解らなかったので，その特徴を具体的に考えてみたかった」と述べている．

(3) 参観者から生徒への質問と回答

授業整理会では3つの質問があった．(1) 本時の授業全体の感想に対して，生徒Aは「普段より現実的で，実際の最近テレビとかでも話題になっていて，また世界の感染症の実際のグラフなどをみて，どうやったら式があてはまるのかを考えてみたかった.」，生徒Bは最近のニュースなどをみて，漠然と増えているんだなと思っていたけど，実際複数の数量の関係性がわかってよかったなと思った.」，生徒Cは「1つの値をちょっと変えただけで，大きく他の値が変化したのはおもしろかった。また，変数の関係について，意見交換できてよかった」と述べている．(2) 課題3に取り組む中で考えていたことに関して，生徒Aは「変数が沢山値がりわからなくなるから，一つだけ値を変えてみた．この値をこうしたいというのではなくて，値を変えたらグラフがどうなるのかを一番注目してやりました.」，生徒Bは「私の班は楽しく取り組んで，感染者数を全員にしたい，ワクチンを多く使って誰も感染者しないようにした．現実的なことをもっと考えた方がよかった.」，生徒Cは「nを大きくしてやってみて，全員感染ということが多くて，それって実際の社会ではなくて，そうなったときに，このモデルでどこが悪かったのかとか考えた.」と述べている．(3) 今後シミュレーションしたいことに関して，生徒Aは「今回はkという値が一番あやふやで，実際に1日に出会う人数とか，学校で1人か罹ったら何人かかるかというシミュレーションしてみたい.」，生徒Bは「感染症は実際もっと複雑で3つの式で表せることではないと思う．今回は1万人でやったけれども，実際は，感染症となると外国から観光客とか来たりして，数学の授業では難しいかもしれないが，実際のことを考えてみたい.」，生徒Cは「私も似たようなのですけど，実際に考えなきゃいけない要因というのはあると思うんですが，実際に近づけるにはどうしたらいいのかを考えたい.」ということであった．

4．おわりに

本稿は，高等学校数学科においてICT課題の有効活用も視野に入れた課題探究的な授業をデザインすることに関わり，金沢大学附属高等学校におけるWWL研究大会における感染症拡大を題材とする研究授業の概要と，実施の態様，そして，授業整理会に参加した3名の抽出生徒の視点を取り上げた．今後は，他の生徒のワークシートで記載した視点に加え，教師や参観者の授業組織の視点も交え，多元的な分析を進めていきたい．

引用・参考文献

de Lange, J. (1987). *Mathematics insight and meaning.* Utrecth: Rijkuniversiteit.

Freudenthal, H. (1987). Mathematics starting and staying in reality. In Wirszup, I. (ed.), *Developments in school mathematics education around the world: Proceeding of UCSMP International Conference on Mathematics Education* (pp. 279-294). Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics.

Haan, D. de & Wijers M. (eds.), (2000). *10 years of Mathematics A-lympiad: the real world mathematics team competition.* Utrecht University.

川谷内哲二 他 (2020). 高校数学における探究的・

協働的で教科横断的な学び：RME アプローチへの金沢大学附属高校の取り組み．日本数学教育学会誌・数学教育，102 (3)，12-23.
文部科学省（2019）．高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説・総則編．東洋館出版社.
大谷実（2021）．高等学校数学科における課題探究的な授業のデザイン：感染症課題を事例として．日本数学教育学会・第 54 回秋期研究大会発表集録，185-188.
Van den Heuvel-Panhuizen, M. & Drijvers, P., (2014). Realistic Mathematics Education. In S. Lerman (ed.), Encyclopedia of Mathematics Education (pp.521-525). Springer.

付記

本研究は科学研究費補助金（課題番号 18K18635, 20H01741）の助成を受けて行われた.