

数学と日常事象との関連を意識した ICT 活用による実験型アプローチ ー「水温の変化」の問題を題材にー

中村 好則*

(2018年2月9日受付)

(2018年2月14日受理)

Yoshinori NAKAMURA

Laboratory approach of Raising Awareness of the Relationship between Math and the Real Word through ICT
:Teaching material about problems of "change in water temperature"

要 旨

平成29年3月に新しい学習指導要領が告示された。それでは、数学的活動の意味がより明確になり、日常生活や社会の事象に関わる過程と数学の事象に関わる過程の2つの問題発見・解決の過程を意識して学習を展開することが述べられている。また、今回の改定では、ICT活用と観察や操作、実験などの活動についても必要性が指摘されている。しかし、日常生活や社会の事象に関わる過程やICT活用、観察や操作、実験などの活動は、従来の数学指導ではあまり重視されていない状況がある。そこで、本論では、数学と日常事象との関連を意識したICT活用による実験型アプローチを提案し考察する。具体的には、学習指導要領解説で詳しく記述され多くの教科書で取り扱われている「水温の変化」の問題を題材にICT(iPad, データ収集機, センサーなど)を活用し実験を取り入れた指導を提案する。

第1章 はじめに

平成29年3月に新しい学習指導要領が告示された(文部科学省2017a)。中学校数学科の今回の改訂では、「生徒が目的意識をもって主体的に取り組む数学に関わりのある様々な営み」とする数学的活動を、「事象を数理的に捉え、数学の問題を見だし、問題を自立的、協働的に解決する過程を遂行すること(下線は筆者、以下同様)」とその意味をより明確にし、数学的な見方・考え方を働かせた数学的活動を通して学習を展開し、生徒の数学的に考える資質・能力を育成することの重

要性が述べられている(p.23)。数学的活動として捉える問題発見・解決の過程には、主として日常生活や社会の事象に関わる過程と、数学の事象に関わる過程の2つの問題発見・解決の過程があり、これら2つの過程が相互にかかわり合って展開され、これら2つの過程を意識しつつ、数学的活動を行うことが大切であることが述べられている(文部科学省2017b)。また、中学校数学科においては、数学的な見方・考え方を働かせた数学的活動を通して主体的・対話的で深い学びを実現するために、その主要な側面として、「日常の事象や社会の事象から問題を見だし解決する活動」,

* 岩手大学大学院教育学研究科

「数学の事象から問題を見いだし解決する活動」、
「数学的な表現を用いて説明し伝え合う活動」の
三つを「数学的活動」としている。しかし、従来の
数学指導においては、「日常生活や社会の事象
に関わる過程」や「日常の事象や社会の事象から
問題を見いだし解決する活動」は、重視されてき
たとは言い難い状況である。このことは、例えば、
国際数学・理科教育動向調査（TIMSS2015）に
おいて、「数学を勉強すると、日常生活に役立つ
（日本74%、国際平均84%）」や「将来、自分が
望む仕事につくために、数学で良い成績をとる必
要がある（日本65%、国際平均81%）」という生
徒の割合は増加傾向にあるものの国際平均よりは
低いことが指摘されている（国立教育政策研究所
2016）ことから分かる。つまり、生徒は数学と
日常事象〔本論では、学習指導要領解説（文部科
学省2017b）で述べている日常生活や社会の事象
或いは日常の事象や社会の事象を示す〕との関連
をあまり意識できていない状況がある。

また、今回の改訂では、ICT活用と観察や操作、
実験などの活動についても指摘されており、日常
事象との関連を意識した数学的活動を構想する
ときにはこれらを考慮する必要がある。実際、学
習指導要領解説（文部科学省2017b）の「2 内容
の取扱いについての配慮事項」の項目において、「2
コンピュータ、情報通信ネットワークなどの情報
手段の活用」では、具体例として「例えば、関数
の学習で、表、式、グラフの関連を有機的に示し
たり、センサーを取り付けて動的な事象に対する
データの収集に利用したり、あるいは日常生活や
社会に関わる問題解決において方程式の解を簡単
に求めたりすることができる（p.168）」や、「3
具体的な体験を伴う学習」では「各領域の指導に
当たっては、具体物を操作して考えたり、データ
を収集して整理したりするなどの具体的な体験を
伴う学習を充実すること」とし「数学の学習で
は、観察や操作、実験などの活動を通して事象に
深く関わる体験を経ることが大切である」とある
（p.169）。また、「3 数学的活動の取組における
配慮」の「3 観察や操作、実験などの活動を通

すこと」では、「各領域の指導に当たっては、観
察や操作、実験などの活動を通して、数量や図形
などの性質を見いだしたり、発展させたりする機
会を設けること（p.173）」が述べられている。し
かし、従来の数学指導では、観察や操作、実験な
どの活動は、理科で扱えばよいという考え方や通
常の授業より多くの時間を必要とするなどの指摘
もあり、あまり取り入れられてこなかったのでは
ないだろうか。数学と日常事象との関連を意識
するためには、学習指導要領解説（文部科学省
2017b）でも強調されているようにICT活用や観
察や操作、実験などの活動（本論では、実験型ア
プローチ）を積極的に数学指導に取り入れていく
ことが必要であり重要である。

そこで、本論では、数学と日常事象との関連を
意識したICT活用による実験型アプローチについ
て考察する。具体的には、「水温の変化」の問題
を題材にICT（本論では、iPad、データ収集機や
センサーなど）を活用した実験を取り入れた指導
事例を提案する。そのために、第2章では、全国
学力・学習状況調査で扱われた「水温の変化」に
関する問題の結果を考察し、その調査結果報告書
（文部科学省・国立教育政策研究所2007&2013）
で指摘されている課題から示唆を得る。第3章で
は、大学生を対象に「水温の変化」に関する認識
を調査し、「水温の変化」の問題を題材に指導す
際の留意点を検討する。第4章では、「水温の
変化」の問題の学習指導要領解説と教科書での扱
いを考察する。第5章では、第2章から第4章の
考察結果と先行研究をもとに、「水温の変化」の
問題を題材とした数学と日常事象との関連を意識
したICT活用による実験型アプローチの指導事例
を提案する。最後に、第6章でまとめと課題につ
いて述べる。

第2章 全国学力・学習状況調査に見る「水温 の変化」の問題

「水温の変化」の問題は、全国学力・学習状況

調査でも、平成19年度と平成25年度の B 問題で取り上げられている。以下では、これら 2 つ問題の調査結果について考察する。

1) 平成19年度 数学 B5「事象の数学的な解釈と問題解決の方法(水温の変化)」

設問(1)は、熱してから10分後の温度をグラフから読みとる問題である。この正答率（正答は60℃）は93.3%であり、水温をグラフから読とることは、多くの生徒ができていえる。


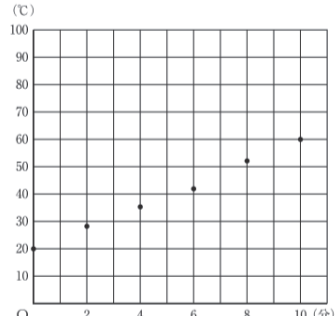
設問(2)は、水温の変化が1次関数とみなせる理由を説明する問題である。この正答率（正答例は点がほぼ一直線上に並んでいる）は32.1%であり、目的に応じて、時間と水温の関係を理想化したり、実験から得られたデータを単純化したりして1次関数とみなしてグラフの特徴を説明することに課題があることが指摘されている（文部科学省・国立教育政策研究所2007）。設問(2)の誤答については、「比例」という用語、あるいは比例のグラフの性質を用いて解答している反応率が17.6%あり、点が直線上に並んでいる特徴は捉えているものの直線ならば比例であるとして、比例と1次関

数を混同していると考えられる生徒がいることが述べられている（文部科学省・国立教育政策研究所2007）。無答率は、28.5%であった。

設問(3)は、グラフにはない80℃になる時間を求める方法を説明する問題である。この正答率（正答例は x と y の関係式を求めて $y=80$ を代入し x の値を求める）は40.2%である。水温は熱し始めてから時間の1次関数であるとみなし、水温が80℃になるときの時間と求める方法について、式や表などの「用いるもの」と「その用い方」を明示して説明できるかどうかを求めるものである（文部科学省・国立教育政策研究所2007）。グラフに示されていない水温に対する時間の求め方について、その方法を説明することに課題がある。無答率は、37.3%であった。

これらの問題の結果からは、与えられた時間と水温の数量関係を1次関数のグラフの特徴と関連付けられて捉えることや与えられた2つの数量（時間と水温）の関係を基に未知の値を求めること（求める方法を説明すること）に課題があることが分かる。それらを改善するためには、日常事象のデータを主体的に収集し、それらのデータか

5 理科の授業で、水を熱したときの水温の変化を調べる実験をしました。右下の図は、水を熱し始めてからの時間と水温の関係を、2分ごとに10分後までかき入れたものです。

次の(1)から(3)までの各問いに答えなさい。

(1) 水を熱し始めてから10分後の水温は何℃ですか。

(2) 洋子さんは、このグラフを見て、「水を熱し始めてから x 分後の水温を y ℃とすると、 y は x の一次関数とみることができる。」と考えました。「 y は x の一次関数とみることができる」のは、グラフのどのような特徴からですか。その特徴を説明しなさい。

(3) 浩志さんと洋子さんは、「このまま熱し続けると、80℃になる時間は何分後だろうか。」と話し合っています。

浩志さんと洋子さんの会話

浩志さん「こんな方法を思いついたよ。」

洋子さん「どんな方法なの。説明してみよう。」

浩志さん「 x と y の関係を表したグラフをのぼして、80℃になる時間は何分後かをよみとる方法だよ。」

洋子さん「でも、そのままグラフをのぼしても、グラフ用紙の外側になってよみとれないよ。」

水温が80℃になる時間は何分後かを求めるには、浩志さんの考えた方法のほかに、どのような方法が考えられますか。その方法を説明しなさい。

ただし、グラフ用紙をつぎたしたり、目盛りの取り方をかえてかき直したりして、グラフをのぼすことはできないこととします。

図1 平成19年度数学 B5「事象の数学的な解釈と問題解決の方法（水温の変化）」問題

ら関数関係を見出し、そのデータの関係（グラフ、式、表）を使って未知の値を対話的・協働的に求めるなどの実験を取り入れた活動を実際に体験する必要がある。なぜなら、教科書で与えられた場面では、個別的な解決（答えを求めること）が中心となり、事象と深く関わることができないからである。

2) 平成25年度 数学 B3「日常的な事象の数学化と他事象との関係(水温の問題と気温の変化)」

平成19年度の問題（図1）ではグラフだけが与えられていたが、平成25年度の問題（図2）ではグラフだけでなく表も与えられている。

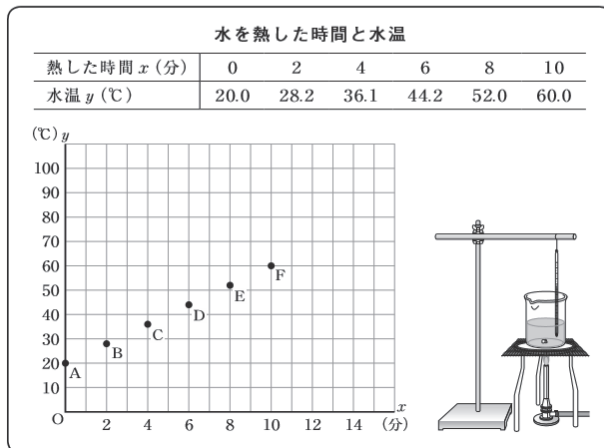
設問(1)は、熱してから10分後に水温は何度上昇したかを答える問題である。平成19年度の問題は10分後の温度を問うものであった。この正答率(正

答は40.0℃)は73.1%であり、平成19年度の正答率(93.3%)よりも低い。これは、「60(℃)」と解答(誤答)した反応率が15.6%あり、の中には10分で上がった温度を10分後の水温と誤って捉えた生徒がいることが指摘されており(文部科学省・国立教育政策研究所2013)、このことが原因の1つと考えられる。

設問(2)は、グラフを利用して80℃になるまでにかかる時間を求める方法を答える問題である。この正答率(正答例は直線のグラフをかき、 $y=80$ のときの x 座標を読む)は32.6%であり、事象を数学的に解釈し、問題解決の方法を数学的に説明することに課題がある(文部科学省・国立教育政策研究所2013)。誤答については、「用いるもの」や「用い方」のいずれか一方のみを記述している解答が29.0%であった。無答率は、33.3%である。

3 太一さんは、水を熱したときの水温の変化を調べました。そして、水を熱した時間と水温について下の表のようにまとめ、 x 分後の水温を y ℃として、グラフに表しました。

調べた結果



次の(1)から(3)までの各問いに答えなさい。

(1) 水温は、熱し始めてから10分間で何℃上がりましたか。10分間で上がった温度を求めなさい。

(2) 太一さんは、水温が80℃になるまでにかかる時間を求めるために、調べた結果のグラフにおいて、水を熱した時間と水温の関係を表す点Aから点Fまでのすべての点が一直線上にあると考えることにしました。

このとき、水温が80℃になるまでにかかる時間を求める方法を説明しなさい。ただし、実際に時間を求める必要はありません。

(3) (2)では、水を熱し始めてから x 分後の水温 y ℃について調べました。そこでは、2つの数量 x 、 y の値の組を調べ、それらの関係を表す点がグラフ上で一直線上にあると考えました。

これと同じように考えて求められるものが、下のAからEまでの中にあります。正しいものを1つ選びなさい。

A 標高と気温

求めるもの
富士山のある河口湖観光所(標高860m)の気温が23.3℃のときの富士山6合目(標高2500m)の気温

知られていること
ある地域の気温 y ℃は、地上から1万mぐらまでは、高さ x mが高くなるのにもよって、100mごとに約0.6℃下がる。

I 速さと時間

求めるもの
家から2100m離れた図書館まで分速70mで移動するときにかかる時間

知られていること
ある道のりを分速 x mで y 分間移動するとき、 x と y の積は一定である。

ウ 重さと料金

求めるもの
送りたい郵便物の重さが90gのときの料金

知られていること
重さ x gの定形外郵便物の料金 y 円は、50gまでが120円、100gまでが140円のように、重さによって決められている。

E 時刻と気温

求めるもの
日の出の気温が10℃だった日の15時の気温

知られていること
晴れの日、日の出から x 時間後の気温 y ℃は、日の出から14時ごろまでは上がり続け、その後翌日の日の出までは下がりが続ける。

図2 平成25年度 数学 B3「日常的な事象の数学化と他事象との関係(水温の問題と気温の変化)」問題

この設問は平成19年度の設問(3)と同様の問題（グラフ、式、表の活用方法の説明問題）であるが、その時（40.2%）よりも正答率（32.6%）は低い。正答例を見ると、平成19年度の問題は式を活用すること、平成25年度の問題はグラフを活用することが期待されていることが分かる。

設問(3)は、時間と水温の関係と同じ関係（1次関数）になる事象を選択する問題である。この正答率（正答は「標高と気温（ア）」）は27.5%であり、事象を理想化・単純化して、言葉で表現された事柄の数学的な意味を的確に捉え、他の事象との関係を考えることに課題がある（文部科学省・国立教育政策研究所2013）。誤答については、「速さと時間（イ）」は36.7%、「重さと料金（ウ）」は20.1%、「時刻と気温（エ）」は13.8%であった。

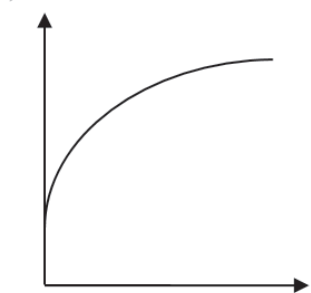
これらの問題の結果からは、日常事象に潜む数量関係を数学的に解釈することが困難であることや日常事象の経験と数学の学習内容（1次関数とそのグラフ）が関連付けられていないことが分かる。これらのことは、文章題で示された場面から数量関係を数学的に捉える活動だけでは十分ではないことを示唆しており、実際に観察や実験などを通して日常事象に潜む数量関係を数学的に捉え日常事象と深く関わる体験が必要と考える。

第3章 「水温の変化」についての大学生の認識

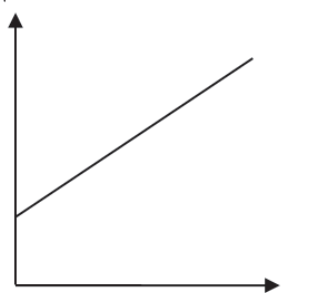
2017年4月中旬に国立大学の学生60名（2年生から4年生）を対象に、図3の「水温の変化」に

1. ヤカンのお湯を沸かし始めてから x 分後の温度を y °C とすると、 x と y の関係を表したグラフに最も近いと思うグラフを下のアからエの中から選び、そのグラフを選んだ理由を答えなさい。ただし、グラフの x 軸は時間を、 y 軸は温度を表している。

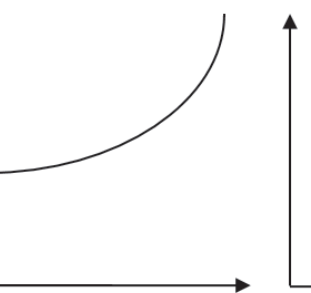
ア



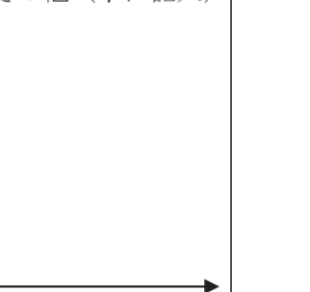
イ



ウ

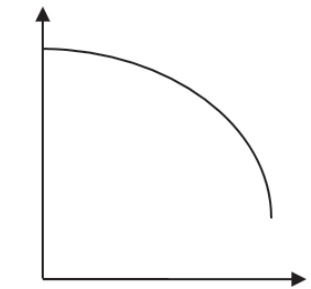


エ その他（下に記入）

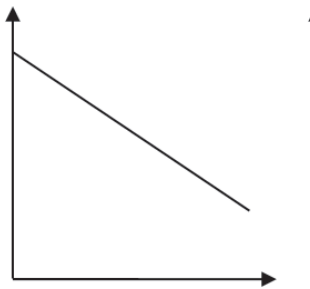


2. 沸騰したヤカンのお湯を自然に冷ますときに、冷まし始めてから x 分後の温度を y °C とすると、 x と y の関係を表したグラフに最も近いグラフを下のアからエの中から選び、そのグラフを選んだ理由を答えなさい。グラフの x 軸は時間を、 y 軸は温度を表している。

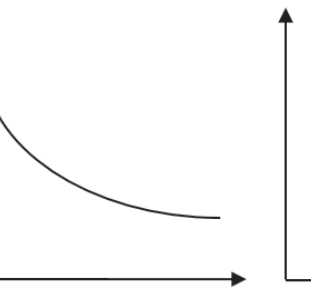
ア



イ



ウ



エ その他（下に記入）

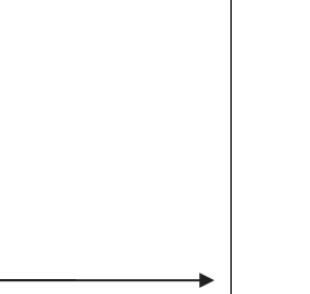


図3 「水温の変化」に関する調査問題

関する調査（図3）を実施した。

設問(1)は、水を熱したときの時間と水温のグラフを問うものである。このグラフは、中学校の多くの教科書で扱われているにもかかわらず、正しいグラフ（イ）を選択できたのはわずか30.0%の学生である。誤答で最も多かったものは、アであった（36.7%）。誤答を選択した理由を見ると、「初めはだんだんに温度が上昇し、沸点に達したところで上がり方がゆるやかになるから（ア）」や「お湯全体がぬるいため、最初に熱くなりやすく、徐々に熱くなると思ったから（ウ）」など、日常の経験（一定の熱量でお湯を沸かすこと）が数学的に正しく理解されていないことがわかる（表1）。実際の日常事象の経験と数学の学習内容（1次関数やそのグラフ）との関連を、学生は日頃から意

識することは少なく、数学と日常事象の関連の理解が希薄なことが原因の1つと考えられる。小中高校の頃から、数学と日常事象との関連を意識した学習が必要と考える。

設問(2)は、お湯を（自然に）冷ますときの時間と水温のグラフを問うものである。このグラフは、中学校の教科書では扱われていないが、正答率（ウ）は53.3%と過半数であり、設問(1)の正答率（30.0%）よりも高い。そう考えた理由を見ると、「最後には周囲の温度と同じくらいになるため（ウ）」などと日常事象との経験とうまく関連付けて考えていることが分かる。一方で、「自然に冷ますので一定の速さで温度が下がっていくと思うから（イ）」や「沸かしたときと同じように比例すると思ったから（イ）」のように誤った捉

表1 「水温の変化」に関する調査結果〔単位：人（%）、灰色のセルは正答〕

	ア	イ	ウ	エ
1. お湯の熱し方	22 (36.7)	18 (30.0)	13 (21.7)	7 (11.7)
2. お湯の冷め方	13 (21.7)	11 (18.3)	32 (53.3)	4 (6.7)

表2 「水温の変化」に関する調査結果（理由の主な記述内容）

	1. お湯の熱し方	2. お湯の冷め方
ア	<ul style="list-style-type: none"> • 水は100℃までしか温度が上がらない。温度の上がり方が常に一定でないと思うから。 • 初めはだんだんに温度が上昇し、沸点に達したところで上がり方がゆるやかになるから。 • 100℃近くになったら、それ以上温度が上がらないため。 	<ul style="list-style-type: none"> • 徐々に冷めていき、ある程度冷めてからは速いと思った。 • 自然に冷ましているの、一定の割合で温度が下がるのではなく、ある程度の時間経過してから温度が下がっていくと思われるから。 • お湯全体が熱いため、最初に冷めにくく徐々に冷めやすくなると思ったから。
イ	<ul style="list-style-type: none"> • 中学校のときの実験でこのようなグラフになった記憶がある。理科の教科書でもこのように示されていた。 	<ul style="list-style-type: none"> • 沸かしたときと同じように比例すると思ったから。 • 自然に冷ますので一定の速さで温度が下がっていくと思うから。
ウ	<ul style="list-style-type: none"> • 温かくなってからはいっきに温度が上昇すると思う。 • 水全体に火が通るまでは少し時間がかかると思うから。 • お湯全体がぬるいため、最初に熱くなりやすく、徐々に熱くなると思ったから。 • 沸騰するまでに、冷えた水を熱するには時間がかかり、あたたまってからはすぐ沸騰している気がするから。 	<ul style="list-style-type: none"> • 最後には周囲の温度と同じくらいになるため。 • 一度熱を持ったお湯はすぐに冷めずにしばらくあたたかく、冷めはじめてからはゆっくりとゆっくりと冷めると思うから。

え方をしている学生もいる。日常事象を数学的に正しく捉えることができるためには、お湯を冷ます経験（熱いコーヒーやスープを飲むときの経験など）を数学的に解釈するような体験が必要と考える。

これらの結果から、日常の経験から得られる数学的な感覚は、学生により異なり、誤った捉え方をしている場合も多いことが分かった（表2）。日常事象をただ感覚的に捉えるだけでなく、データを基に数学的な捉え方をする体験（数学的に解釈する体験）をすることが、数学の学習内容の深い理解には重要である。また、日常事象を数学的に捉える体験が、日常事象と数学との関連をより意識することにも繋がるものと考ええる。

第4章 「水温の変化」の問題の学習指導要領解説と教科書での扱い

「水温の変化」の問題は、中学校第2学年の関数領域の1次関数の単元で扱われる。学習指導要領解説数学編（文部科学省2008）では、「具体的な事象の中から取り出した二つの数量の関係が、観察や実験などを基にし、一次関数であるとみなせる場合、そのことを根拠として変化や対応の様子を考察したり予測したりすることができる。例えば、水を熱した時間と水温の関係を調べる実験を基にグラフを作成し、グラフの点の並びから数量の関係を理想化したり単純化したりしてとらえ、二つの数量の関係を一次関数とみなし、一次関数の式を求め、それを基にして水がある温度になるまでの時間を予測し、その根拠を説明することができる。また、実験結果と予測を比較し、説明し伝え合う活動を通して、その食い違いの原因を考えたり、よりよい予測のための手立てを工夫したりすることもできる（p.100）」とあり、さらに「具体的な事象の中から観察や操作、実験などによって取り出した二つの数量について、事象を理想化したり単純化したりすることによって、それらの関係を一次関数とみなし、そのことを根拠

として変化や対応の様子を考察したり予測したりすることができる。例えば、水を熱した時間と水温の関係を調べる際、実験を基にグラフを作成して考察する。ここで、実験によるデータの点がグラフではほぼ一直線上に並んでいることを基にして、一定の熱量で加熱しているなどと理想化したり、熱した時間だけで水温が決まると事象を単純化したりすることによって、二つの数量の関係を一次関数とみなす。その上で、一次関数を式に表し、それを基にして水がある温度になるまでの時間を予測し、その根拠を説明する。また、実験の結果と予測を比較・検討し、伝え合う活動を通して、結果と予測に違いがある原因について考えたり、よりよい予測のための手立てを工夫したりすることもできる（p.119）」とある。学習指導要領解説（文部科学省2008）で詳しく述べられていることもあり、「水温の変化」の問題は、多くの教科書で扱われている。

例えば、東京書籍の教科書（藤井ら2015）では、「水温の変化」の問題が何度も取り上げられている（図4から図8）。図4の問題は、時間と温度の関係を与えられたデータ（表）から考察するものである。データは与えられてものであり現実味（Reality）に欠ける。学習指導要領解説（文部科学省2008）では実験を推奨しているが、教科書では文章題において実験結果（データ）が与えられているだけである。実験による実際のデータを使った考察が必要なのではないだろうか。図5から図7の問題は、1次関数になること（図5では「1分ごとの水の温度の変化は一定であると考える」、図6では「 $y=5x+20$ となる」、図8では「 y は x の1次関数になります」）が与えられている。図4から図7までのような問題の考察だけで「水温の変化」が1次関数になることを生徒は十分に納得できるのだろうか。図8は、お湯を沸かす場面とは異なる場面（保冷する場面）である。お湯を沸かす場面と関連する場面（保冷する場面）を考察することは、お湯を沸かす場面の時間と水温の関係のより深い理解には必要なことと考える。

また、1次関数になる事象の理解には、1次関数

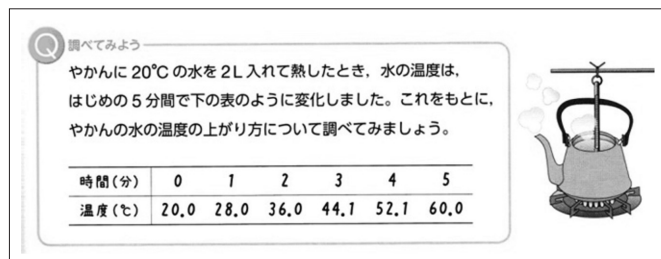


図 4 中学校第2学年 東京書籍 p.55

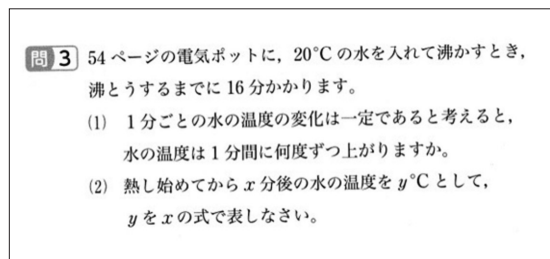


図 5 中学校第2学年 東京書籍 p.57

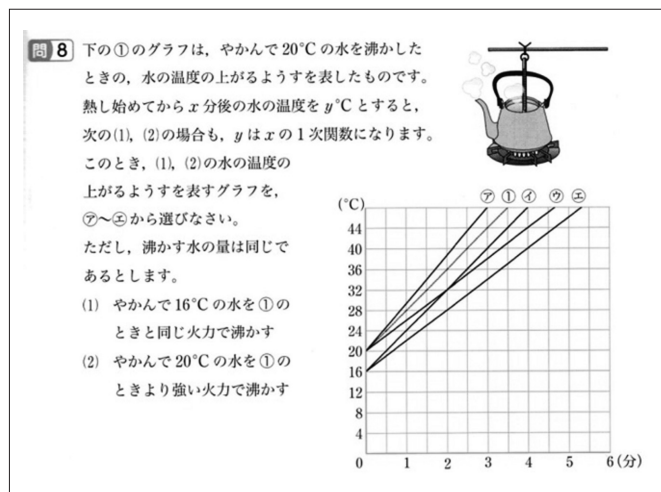


図 7 中学校第2学年 東京書籍 p.65

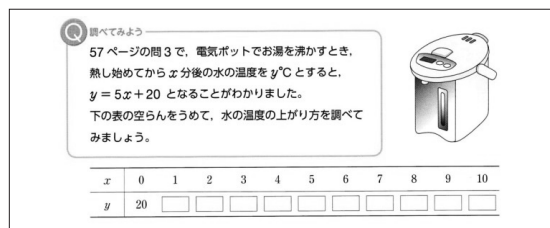


図 6 中学校第2学年 東京書籍 p.58

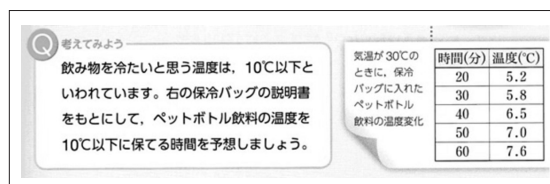


図 8 中学校第2学年 東京書籍 p.79

にならない事象も扱うことがさらに深い理解に繋がるものと考え。一定の温度で熱することや一定の温度で冷やすこと（保冷）だけでなく、自然に冷やす事象も扱うことが考えられる。自然に冷やす事象の場合、時間と水温の関係を表す関数は未習なので、どのように授業を構想するかには配慮が必要である。

第5章 「水温の変化」を題材にした ICT 活用による実験型アプローチ

本章では、前章までの考察と先行研究をもとに「水温の変化」を題材とした ICT 活用による実験型アプローチを提案する。「水温の変化」を題材とした ICT 活用による実験型アプローチは、例えば、鹿野（1997）がある。鹿野（1997）の実践では、高校生 1 年生を対象に「温度の下がり方」について、グラフ電卓とデータ収集機（CBL）、温

度センサーを活用し実験している。この実践では、ICT（グラフ電卓と CBL、温度センサー）を活用することで、短時間で実験ができること、数学的モデル化のプロセスを経験できることなどの効果を挙げている。この実践は、20 年前であり、最近では、グラフ電卓を使わなくとも、iPad などの汎用的な機器でデータ収集と分析ができるようになった。特に、グラフ電卓の画面は小さく、グループ内で画面を共有するには見づらい。一方、iPad は画面も大きく、グループ内で画面を共有し、対話的・協働的に考察するには適している。また、iPad は、グラフ電卓よりも操作が簡単で感覚的に操作が可能である。そこで、今回は、タブレット iPad（Graphical Analysis 4）、データ収集機（LabQuest Stream）、温度センサー（TMP-BTA）を活用することとする（図 9）。データ収集機（LabQuest Stream）は、Wi-Fi 環境は必要なく、Bluetooth 接続が可能である。提案する授業の学習指導案は表 3 の通りである。中学校第 2 学年

を想定し、1次関数の単元の「1次関数と見なすこと」での授業を構想する。授業は、4名で1グループを編成し、各グループに、タブレットiPad (Grphical Analysis 4)、データ収集機 (LabQuest Stream)、温度センサー (TMP-BTA)、ビーカー、加熱器具を配布する (図9)。グループ毎に実験を行い、対話的・協働的に考察することを意図している。そうすることで、日常事象(「水温の変化」)に深く関わる体験ができるものとする。

導入では、実験①「お湯の沸き方」を行う。お湯を沸かすときの時間と水温のグラフはどうなるかを予想し、そのグラフをワークシートに記入後、実験に入る。実験では、リアルタイムにグラフが表示される。何分後に沸騰するかを予測し、その予測結果と理由をグループで協議しワークシートに記入する。例えば、図10のようなグラフを得た場合には、125秒で60℃であるから、このまま上がっていくと、約240秒で100℃になると予想できる。理由は、「時間と水温のグラフは1次関数のグラフになるから」と言う答えが期待できる。回帰機能で回帰直線を求めると (図11),

$$y=0.32993x + 18.622$$

である。これに $x=60$ を代入すると、 $y=59.78825$ 、 $x=240$ を代入すると、 $y=97.8052$ となり、予測がほぼ正しいことが分かる。ここで、各グループの結果を発表する。グループ毎に水の量が異なるので、数値が異なることに留意する。また、得られたグラフ (図10) は、自動で目盛りが調整される (オートスケール) ので、そのことにも注意が必要である。

次に、実験②「お湯の冷め方」である。1度沸騰させたお湯を自然に冷ましなが、時間と水温の関係を考える。実験①と同様に、実験②で得られる水温と時間のグラフを予想し、予想したグラフとその理由をグループで協議しワークシートに記入する。記入が終わったグループから実験に入る。例えば、図12のようなグラフを得ることができる。この例では、測り初めは沸騰していても100℃ではない。グラフの結果から、直線 (1次

関数) にはならないことがわかる。回帰機能で回帰曲線を求めると (図13), 最もグラフに近い曲線は,

$$y=97.312x^{(-0.046381)}$$

であるが、この関数は未習であるため、深入りはしない。ここで、ニュートンの冷却法則「温度の時間に関する変化の割合は、その温度と周囲の温度との差に比例する」を説明し、得られたグラフと比較する。式よりも、ニュートンの冷却法則の意味と経験を関連付けることを重視する。ここでは、「水温と周囲の温度差が大きいほど速く冷め、温度差が小さくなるほどゆっくり冷めること」がデータ (グラフ) から理解できることを重視する。

最後に、実験③「冷水の温まり方」をする。冷蔵庫で冷やした水を自然に放置したら、時間と水温の関係はどうなるかを考える。実験①や実験②と同様に、実験③で得られる時間と水温のグラフを予想し、予想したグラフと理由をグループで協議しワークシートに記入する。記入が終わったグループから実験に入る。例えば、図14のようなグラフを得ることができる。この例では、徐々に温度が上がっていくが直線ではないことが分かる。回帰機能で回帰曲線を求めると (図14), 最もグラフに近い曲線は,

$$y=Ae^{-(x-B)^2/(2C^2)}+D,$$

$$A=-41.757, \quad B=-113.11,$$

$$C=-78.17, \quad D=19.841$$

であるが、未習であるため、深入りはしない。実験②の場合と同様に考えることができ、「水温と周囲の温度差が大きいほど速く温まり、温度差が小さくなるとゆっくりと温まること」がデータ (グラフ) から理解できることを目標とする。この理解が日常事象の経験とグラフの特徴 (図14) を関連付けることに繋がるものとする。

グループ毎に、3つの実験の結果から分かったこと (1次関数になる場合と、1次関数にならない場合の違いなど) をグループで協議しワークシートにまとめ、発表する。

表3 学習指導案

数科学習指導案		
<p>1) 題 材 名：水温の変化</p> <p>2) 指導目標：お湯が沸くときや冷めるときの時間と水温の関係をグラフを利用して捉え、そのグラフの特徴と日常事象の体験を関連付けて理解できる。</p> <p>3) 指導計画：(1) 1 次関数 ① 1 次関数 ② 1 次関数の値の変化 ③ 1 次関数のグラフ ④ 1 次関数を求めること (2) 1 次関数と方程式 ① 2 元 1 次方程式のグラフ ② 連立方程式とグラフ (3) 1 次関数の利用 ① 1 次関数と見なすこと（本時） ② 1 次関数のグラフの利用 ③ 1 次関数と図形</p> <p>4) 対象学年：中学校第 2 学年（5 名×8 班=40 名）</p> <p>5) 準 備 物：タブレット iPad（Grphical Analysis 4）、データ収集機（LabQuest Stream）、 温度センサー（TMP-BTA）、ピーカー、加熱器具〔生徒用 8 セット、教師用 1 セット〕</p>		
	主な学習活動	指導上の留意点
導入 10 分	<p>1 実験①「お湯の沸き方」</p> <ul style="list-style-type: none"> グループ毎にお湯を沸かすときの時間と水温のグラフを予想し、実際に実験で確かめる。 Grphical Analysis 4 の回帰直線を求める機能を活用して、関数の式を求める。 グループ毎に予想とその理由、どのような式になったかを発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> お湯の沸かすときの時間と水温との関係は、既習事項である。1 次関数になることを実験を通して確認する。 LabQuest Stream と Grphical Analysis 4 の使い方はここで説明する。 Grphical Analysis 4 で回帰直線を求める。
展開 40 分	<p>2 実験②「お湯の冷め方」</p> <ul style="list-style-type: none"> 沸騰したお湯を冷ますときの時間と水温のグラフを予想する。その予想の理由についても話し合う。 お湯の冷め方を実験で確かめる。 回帰曲線を求める機能を使って、関係式を求める。 ニュートンの冷却法則について説明する。 <p>3 実験③「冷水の温まり方」</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷蔵庫で冷たくした水を冷蔵庫からだし、そのままにすると、時間と水温のグラフはどのようなになるかを予想し、その理由も考える。 実験で確かめ、回帰機能で関係式を求める。 	<ul style="list-style-type: none"> 生徒の反応は、既習である 1 次関数や反比例のグラフが予想される。 お湯の冷め方は、右下がりの直線にはなっていないこと（1 次関数ではないこと）を確認する。 ニュートンの冷却法則とは、「温度の時間に関する変化の割合は、その温度と周囲の温度との差に比例する」ことである。 T は物体の温度、C は室温、t は時間、k は比例定数、T0 は t=0 のときの物体の温度とすると、 $T-C=(T-T_0)e^{-(kt)}$ が成り立つ。
終結 10 分	<p>4 まとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> 3 つの実験から分かったことをグループ毎にまとめ、発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> 1 次関数になる場合と、1 次関数にならない場合の違いは何か気づく。

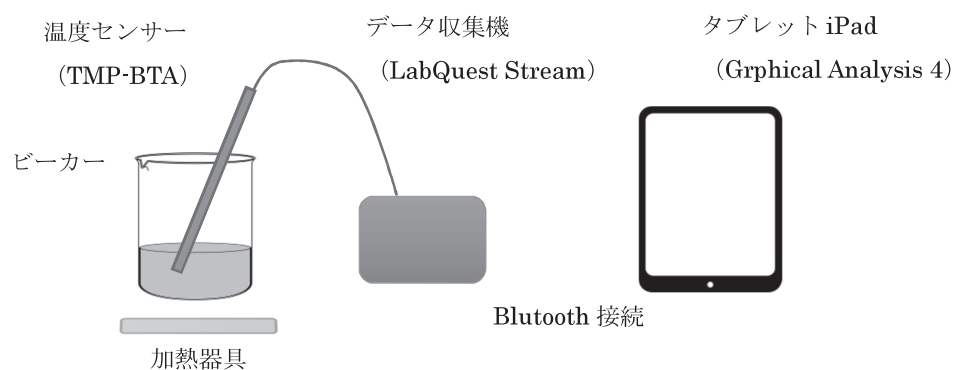


図9 「水温の変化」の ICT を活用した実験

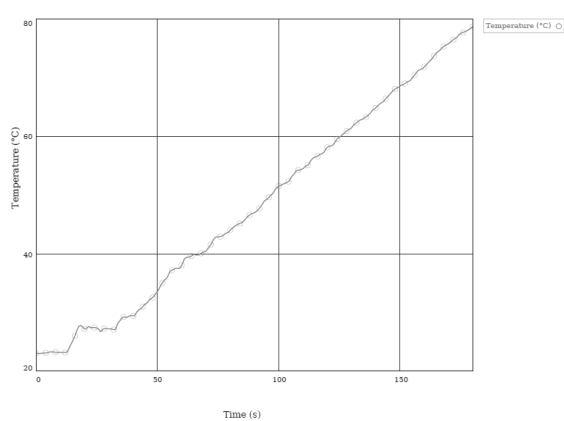


図10 水温の変化（加熱）

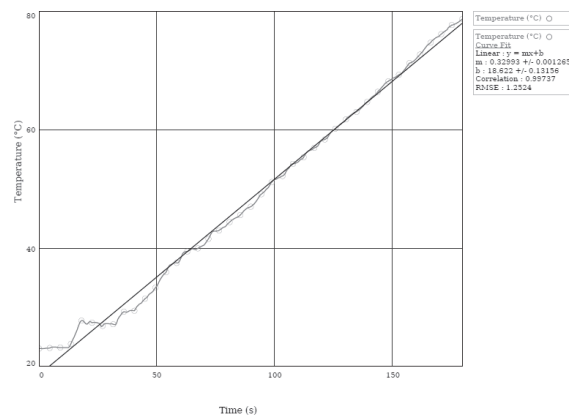


図11 水温の変化（加熱，回帰曲線）

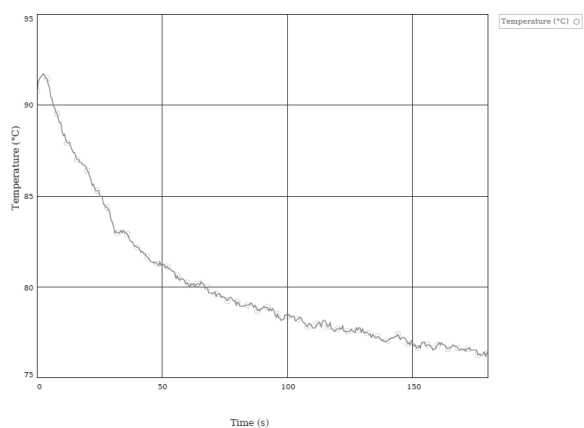


図12 水温の変化（冷却）

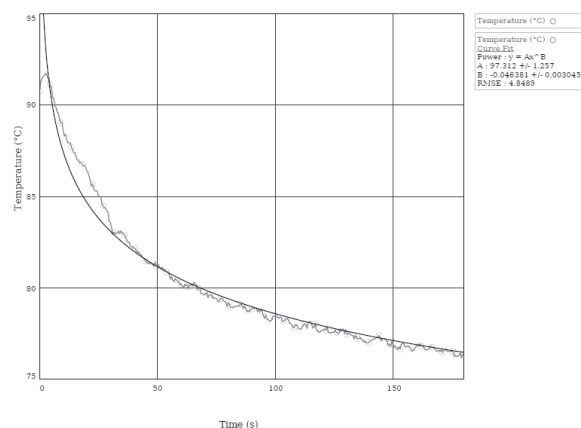


図13 水温の変化（冷却，回帰曲線）

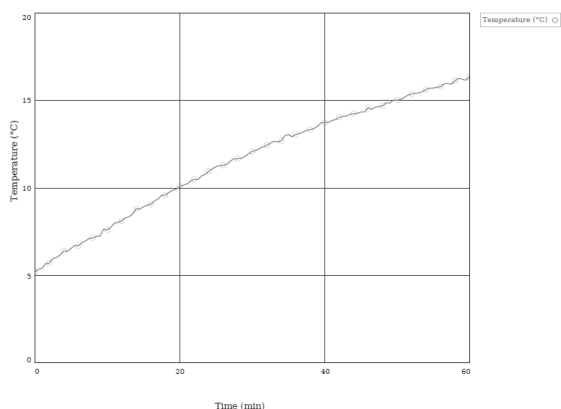


図 14 水温の変化（冷水）

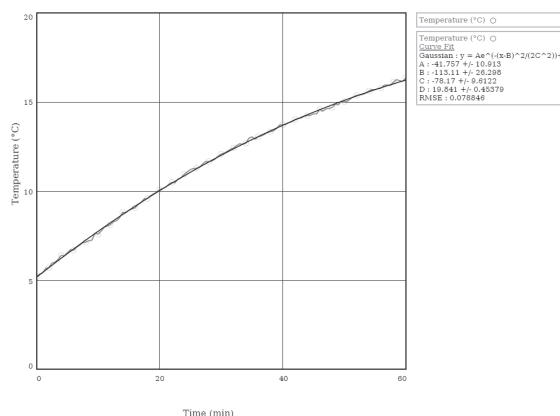


図 15 水温の変化（冷水，回帰曲線）

第6章 まとめと課題

本論では、「水温の変化」の問題を題材にICT活用による実験型アプローチを提案し考察した。「水温の変化」の問題は、学習指導要領解説（文部科学省2008）に具体例として詳しく記述され、多くの教科書で取り上げられていた。にもかかわらず、全国学力・学習状況調査（文部科学省・国立教育政策研究所2007&2013）でも多くの課題が指摘され、学生も時間と水温の関係について正しく理解していない状況が見られた。これらの改善のためには、時間と水温の変化を具体的なデータをもとに対話的・協働的に考察し、日常事象の体験と数学の学習内容（1次関数とそのグラフ）を関連付け日常事象に深く関わることができる主体的な活動が必要であることが示唆された。そこで、本論では、タブレット iPad（Grphical Analysis 4）、データ収集機（LabQuest Stream）、温度センサー（TMP-BTA）のICTを活用した指導事例を提案した。提案した指導事例の予備実験では、①ICTを活用することで、短時間でデータの収集とグラフ化ができ、時間と水温の数量関係の考察に授業時間の多くを使うことが可能であること、②ICTを活用することで、学習指導要領解説（文部科学省2017）で述べられている観察や操作、実験などの活動（実験型アプローチ）が、数学指導におい

ても手軽に実現可能であるということなどの可能性が示唆された。ただし、これらのICT機器の整備が必要であり、ICT環境の整備は喫緊の課題と言える。今後に期待したい。

また、提案した指導事例は、予備実験のみで実際に生徒を対象に実践を行っていない。今後は、実際に中学校において実践し、具体的な効果を分析することが課題である。

〈注記〉

本研究は、平成29年度岩手大学研究力強化支援経費「深い学び」研究の一部である。

〈引用・参考文献〉

- 藤井齊亮，俣野博ほか38名『新編新しい数学2』東京書籍，2015，pp.54-89.
- 鹿野敏一「コーヒーはどんなふうに冷めていくの？」佐伯昭彦，磯田正美，清水克彦編『テクノロジーを活用した新しい数学教育』明治図書，1997，pp.100-107.
- 国立教育政策研究所『国際数学・理科教育動向調査（TIMSS2015）のポイント』
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2016/12/27/1379931_1_1.pdf（2017.12.15. 最

終参照), 2016

文部科学省『中学校学習指導要領解説数学編(平成20年9月)』教育出版, 2008, p.100.

文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年3月)』, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afiedfile/2017/06/21/1384661_5.pdf (2017.12.15. 最終参照), 2017a.

文部科学省『中学校学習指導要領解説数学編(平成29年7月)』, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afiedfile/2017/07/25/1387018_4_1.pdf (2017.12.15. 最終参照), 2017b.

文部科学省・国立教育政策研究所『平成25年度全国学力・学習状況調査報告書中学校数学』, http://www.nier.go.jp/13chousakekkahoukoku/data/research-report/13-j-math_2.pdf (2017.12.15. 最終参照), 2013, pp.104-110.

文部科学省・国立教育政策研究所『平成19年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書』, http://www.nier.go.jp/tyousakekka/gaiyou_chuu/19chuu_houkoku_4_2.pdf (2017.12.15. 最終参照), 2007, pp.213-218.

