

スポーツデータを用いた探究的な活動

—「モデル化」のためのタブレットの効果的な活用—

数学科 神谷良明

本年度、高等学校で本格実施となった学習指導要領では、数学科に関して「現実の世界と数学の世界における問題発見・解決の過程を学習過程に反映させることを意図した数学的活動の一層の充実」を図ることや、理数科の共通目標として「様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を育成することを目指す」ことなど、教科ごとの知識・技能の修得だけでなく、探究に力点を置いた改訂となっている。

本稿は、一人1台タブレットの導入に向けた教材開発を行う中で、数学的モデル化に着目し、本校のシンポジウムで1年生を対象に実施した独自教材「スポーツデータを分析しよう」に向けて事前実践を行った2年生2クラスの考察と、シンポジウムの記録と考察である。

<キーワード>陸上競技 4×100mR データ分析 モデル化

1. はじめに

本年度、高等学校で本格実施となった学習指導要領では、数学科に関して「現実の世界と数学の世界における問題発見・解決の過程を学習過程に反映させることを意図した数学的活動の一層の充実」を図ることが求められている。また、「理数探究」のように、数学と理科を合わせた理数科の共通目標として、「様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を育成することを目指す」など、教科ごとの知識・技能の修得だけでなく、探究に力点を置いた改訂となっている。これら「現実の世界の問題解決」や探究活動における探究の過程において、数学の役割の多くは、実データを分析するところにある。特に、データを収集し処理を行い、その結果を吟味し検討することで課題解決につなげていくという過程では、「現実の世界」を定形化し、数学的モデル化していくことが探究のプロセスに欠かせないものである。このプロセスは、図1に示す「算数・数学の学習過程のイメージ」にも代表される、現実の世界と数学の世界における学習過程のサイクルを回していくためにも、数学的モデル化がとても重要な過程であると考えられる。

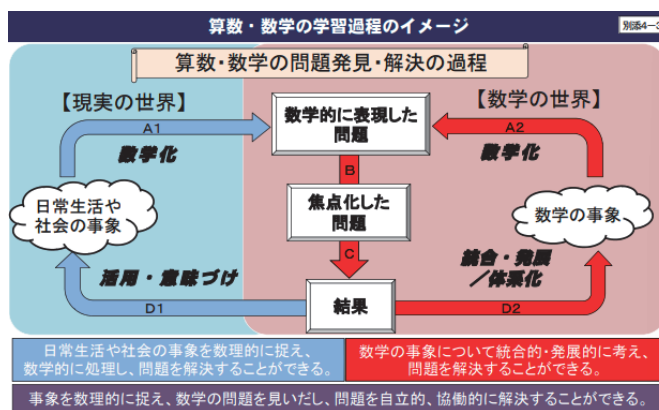


図 1 算数・数学の学習過程のイメージ

2. 数学的モデル化における ICT の役割

「数理モデル」や「数学的モデリング」とも呼ばれるが、データを扱うような課題に対して、数理モ

デルを作成する重要な手段の一つが ICT 機器である。ICT 機器を利用してデータをグラフや記述統計量にすることでデータの特徴を見やすくし、「数理的に記述した仮定（数理モデル）」を加えて分析していくことで、単純にデータを眺めているだけではできない「現象のメカニズムを客観的な方法で明らかにする」「データから未来を予測する」ことができるのが数学的モデル化である。

今回、本校1年生から一人1台の iPad の環境が整ったことで、データを収集し、表計算ソフトを用いてデータを分析するという探究の過程で iPad を効果的に活用し、数理モデルを作ることで問題解決型の授業を行うことができないかと考え、以下の教材開発を試みた。

3. 実践に向けた準備

1) 探究のテーマについて

スポーツデータは、現実の世界においても様々な形で分析されており、モデル化をすることで課題を解決していく研究も多く行われている。「複数の ICT を活用した関数領域における数学的モデリング」（藤原、2016）では、「陸上競技のリレーのバトンパス」を題材に、ICT が「場面を数学的モデルで表すための試行の繰り返し、及び多様な数学的モデルや思考プロセスの瞬時の共有化が容易に行われ、生徒の思考を促したり深めたりすること」を事例的に示している。この研究では、理想的なバトンパスについて考察を行っているが、「陸上競技のリレーを速く走りたい」と考えたとき、バトンパス以外にも走順やバトンの受け渡しが行われる位置を考えることで、理想的なタイムを予測するための数理モデルを改善していくプロセスを生徒が学べるのではないかと考え、テーマとした。その際、すでにあるデータではなく、データ測定し、それを活用することでより身近で現実的な課題として取り組むことができるのではないかと考えた。

2) データの測定方法

本実践に必要なデータは、100m走を走ったときの動画から得られるデータである。よりリアルな生のデータを利用するために、本校陸上競技部の生徒に協力を依頼して100m走の動画撮影を行った。撮影方法としては、図2のように、直線路の50m地点から、垂直におよそ50m離れた場所でビデオカメラおよびiPadによる撮影を行った。また、目印となるように10mごとにカラーコーンを置き、スタート合図（雷管紙の煙が見えるタイミング）からゴールまでのタイムを10mごとのラップタイムに分けて計測できるようにした。

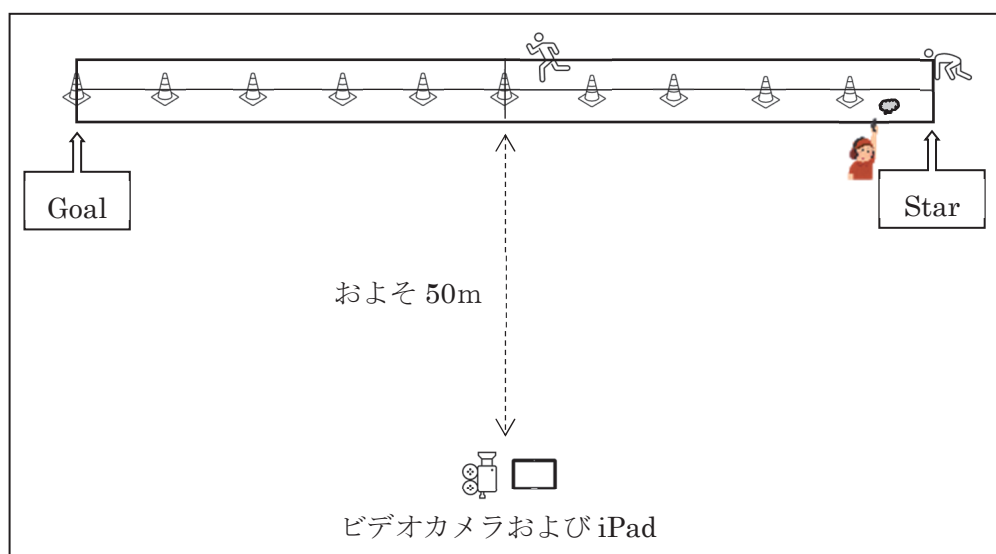


図 2 動画撮影時の方法

3) 撮影した動画の処理

動画から読み取りたいデータとしては、「各地点における通過タイム（ラップタイム）」である。走者の動きとともに時間も計測し、その後コマ送りによってデータを得るまでを一括で行う方法として、「ストップウォッチカメラ」というアプリケーションの使用を考えた。iPadを使用した撮影で、図3のように1秒当たりおよそ30コマ分の静止画を連続した動画と時間のデータを同時に得ることができたものの、撮影時に拡大する機能がなく、時間を測定する際に非常に見づらいものであった。そこで、ビデオカメラで撮影した動画に「iMovie」アプリで時間を差し込む加工を行い、図4のような処理を施した。



図3 ストップウォッチカメラで撮影した動画



図4 加工した動画

生徒には、図4の処理を施したA～Dまでの4人の動画データから、10mごとに置いたカラーコーンを通り過ぎた時のタイムを記録させ、表1にまとめる活動を3～4人のグループで行わせた。

表1 通過タイム（区間タイム）の記録用紙

	区間タイム									
	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m
A										
B										
C										
D										

4. 事前実践

1) 研究課題

今回の実践では、実データを用いた分析を探究的に行う過程で、100m走のタイムを線形的に定形化することでモデル化し、数学的なもの見方・考え方を働かせ、論理的な思考から理想的なリレーの走順とタイムを導くことができるかを目的として行った。そして、モデル化以外の場面でのiPadなどのICT機器の活用を、どのような形で行うことが生徒にとってより効果的であるか、という点を研究課題とした。考察や検証を行うために、以下の5つの項目について焦点を当てた。

- ① 走順によって、リレーのタイムが変化することの仕組みを理解できたか。
- ② 動画から、正しく時間を測定することができたか。
- ③ 表計算ソフト（Numbers）を使い、正確にデータの特徴を捉えることができたか。

- ④ 足りない部分のデータを予測し、適切なデータを与えることができたか。
- ⑤ 予測したデータから、根拠を持ってリレーの走順と予想タイムを考えることができたか。

2) 事前実践の対象およびテーマ

単元としては1年生を対象とするべきところではあるが、上記の項目についてどの程度の活動までできるのか検証するため、事前実践ではすでに「データの分析」を履修済みである2年生を対象に実施した。

対 象：2年2組（文系 男子4名 女子21名）、2年3組（理系 男子2名 女子10名）

テーマ：100m走のタイムから、陸上4×100mR 競技で速く走ることができる走順を考えよう。

3) 指導計画

時	テーマ	学習活動
1	4×100mR において走順によるタイムの違いを実感しよう。	<p>導入 (10分)</p> <p>4×100mR を走ったとき、どちらのチームが速いか考えよう。</p> <p><4人のベストタイム></p> <p>A : ①10.05 ②10.36 ③10.01 ④10.10</p> <p>B : ①10.16 ② 9.96 ③10.34 ④ 9.91</p> <p>→実際にはAは 37.60、Bは 37.64 でAの方が速かった (2016年リオオリンピック A:日本 B:カナダ)</p> <p>合計タイムではBの方が速いのに、なぜリレーではAの方が速かったのか？</p> <p>展開 (40分)</p> <p>テストデータを用いて、走順によるタイムの違いを実感しよう。</p> <p>100m走のタイムが同じ4人のデータから、走順の違いによるリレーでのタイムの違いを実感する。</p> <p>→様々な要素(要因)の中から、「走順」と「位置」に着目し、データを分析する。分析の方法(Numbers ファイルの使い方)を含めて、タブレットの使い方を学ぶ。</p>
2	実データを用いたデータを分析する	<p>前時の振り返り (5分)</p> <p>リレー種目における「走順」やバトンをもらう「位置」によるタイムの違いについて確認する。</p> <p>展開 1 (35分)</p> <p>実データを用いたデータを分析する。</p> <p>用意された動画から、10m間隔のデータを抜き出し、分析に必要な要素「ラップタイム」「走速度」をNumbersにまとめる。</p> <p>→1グループ3名～4名 計8グループのグループ活動を行う。</p> <p>展開 2 (10分)</p> <p>分析したデータを全体で共有する。</p> <p>グループごとのズレを修正するため、各グループで出したデータについて共有し、クラス全体で1つのデータに絞り分析を行う。</p>

3	「走順」とバトンを受け渡す「位置」を考えよう。	導入 (5分) 前時の学習を振り返る 展開 (45分) 得られたデータから、「走順」とバトンを受け渡す「位置」を考えよう。 得られたデータをもとに、どのような加工をすると適切な分析ができるのかを考える。 → (折れ線) グラフの考察から直線回帰することで足りないデータを補い、走順について具体的な根拠を考える。
4	さらにデータが加わったとき、「走順」とバトンを受け渡す「位置」を考えよう。	導入 (5分) 前時でまとめたデータを整理する。 展開 1 (15分) 分析の結果を全体で共有する。 グループごとの分析結果を発表する。 展開 2 (20分) もう一人データが加わったとき、どのデータと入れ替え、どのような走順にすればよいだろうか。 動画データを基に 10m 間隔のデータを抜き出し、入れ替えるデータと走順について考察する。 まとめ (10分) 分析の結果を全体で共有する。

4) 実践の概要

1 時間目では、単純な 100m 走のタイムとは違う、リレー競技の特徴やルールを知る活動を行った。オリンピックや世界選手権において輝かしい成績を残している日本男子リレーチームの代名詞は「バトンパス」であるが、バトンパス以外の要因にも気付かせるための導入を行った (図 5)。また、100m 走の記録が同じ 4 人に対して走順が変わることでタイムが大きく変わることを、テストデータを用いて実感するとともに、表計算ソフトの扱い方とデータの読み取り方の授業を行った。

2 時間目では、図 3 で示した動画から時間を測定する作業を行った。4 つの動画から、10m ごとの通過タイムを記録していくために、グループの中で分担してデータを読み取り、Numbers にまとめた (図 6)。その際、各グループで読み取ったデータの差異をなくすため全体でデータを共有し、共通のデータで分析していくようにした。



図 5 1 時間目の導入の様子



図 6 時間を測定する作業をする生徒

3時間目では、前時でまとめたデータをグループごとに分析した。「走順」を考えるうえで必要な「ラップタイム」や「走速度」を計算し、足りないデータを直線回帰させることで補いながら走順を考えた(図7)。また、その走順での合計タイムを計算させ全体で共有することで各グループにおける結果の妥当性について吟味した。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	区間タイム														
2	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m	100m-110m	110-120m			
3	A														
4	B														
5	C														
6	D														
9	区間ラップタイム														
10	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m	100m-110m	110-120m	120-130m		
11	A														
12	B														
13	C														
14	D														
17	走速度														
18	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m	100m-110m	110-120m	120-130m		
19	A														
20	B														
21	C														
22	D														

図 7 分析時に利用した表計算ソフトの画面

4時間目では、前時の分析結果を全体で共有し、どのような走順、受け渡しの位置が適当なのかについて考察を予定した。その中で、別のデータが加わったとき、どのメンバーと入れ替え、どのような走順にすることが最適なのかについて考察させることを考えた。時間の都合上、こちらの実践については行うことができなかった。

5. 事前実践の考察

事前実践の結果を、3章1節で示した5つの観点について、生徒の様子を踏まえて以下で考察する。

① 走順によって、リレーのタイムが変化することの仕組みを理解できたか。

1時間目の活動において、走順によるタイム変化が起こった際に、要因について議論させたとき、生徒から「1走の選手のスタートダッシュがよかった」という意見が上がった。また、「3走の選手のコーナーの走りがうまかった」など、走りの特徴について注目することはできた。しかし、教師側の説明で仕組みを伝えようとしすぎたため、生徒が主体的に考え探究していく過程を遮る形となってしまった。

② 動画から、正しく時間を測定することができたか。

動画から時間を測定する作業については、グループごとに役割を分担し、効率よく処理する様子が見られた。当初、どのグループも同じ動画データを分析するのだから測定した時間データも同じであろうと予想していたが、各グループ内で、「どのコマ(場面)のタイムを選ぶべきか」という議論が活発に行われ、その結果、こちらの想定以上にグループごとでの誤差が生まれた。今回、「正しく」という部分を強調してしまったため、この段階での全体のすり合わせを行い、1つのデータに絞って分析を行うことにさせてしまったが、時間を測定する上で、各グループで出た議論での「こだわり」を残し、その後の分析活動を行うことで、個々の探究活動が深まっていくのではないかと感じた。

③ 表計算ソフト（Numbers）を使い、正確にデータの特徴を捉えることができたか。

3時間目の実践では、テストデータで用いたフォーマットを使ってデータの抜き出しおよび分析を行わせた。「ラップタイム」や「走速度」は、単純な四則演算で得られることから問題なくデータを得ることができ、図8のように折れ線グラフを利用するなど、データの特徴を捉える活動に移行できた。ただ、せっかく「表計算ソフト」を使っているにもかかわらず、iPadの電卓アプリを使って計算する者も多く、表計算ソフトを使うという部分では指導上の工夫が必要である。

また、②の考察でも触れたように、個人またはグループでの探究を深めていくとすれば、Numbersで与えるフォーマットも、生徒が主体的に学び、深めていける形式に変更する必要がある。

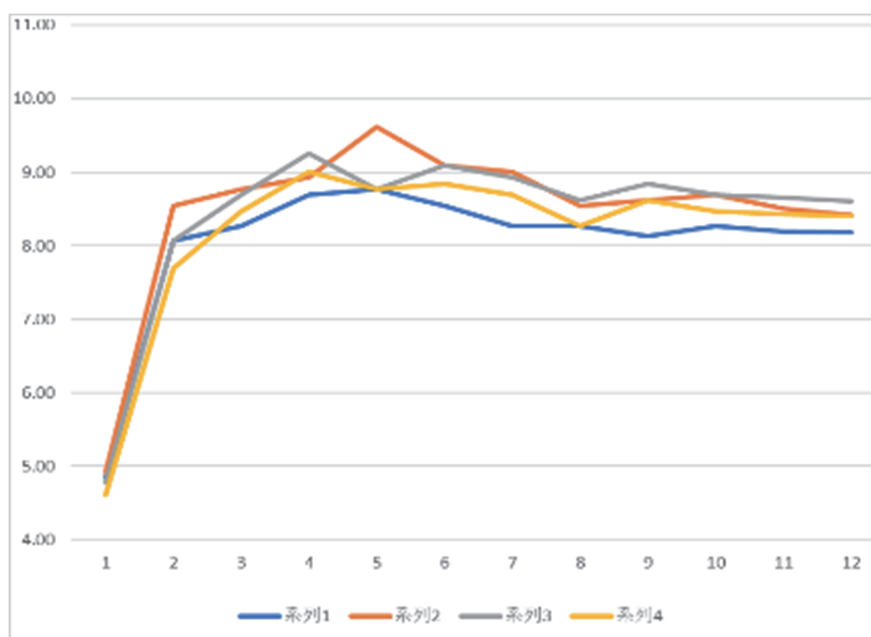


図8 走速度のグラフ

④ 足りない部分のデータを予測し、適切なデータを与えることができたか。

足りない部分のデータ、今回であれば各走者の加速局面を含めた100m以降のタイムについて補うことを考えた。この場面では、図8のように折れ線グラフでモデル化し、ある場面からは線形的な記録が得られると予測させて分析させることを想定した。また、時間短縮と簡単さを実感させるため、当初はExcelのオートフィル機能を使って簡単に求める（補う）ことを想定していたが、iPadとの互換性からNumbersに切り換えたことでこの機能は使えなくなった。ただ生徒からは、走りの特徴をしっかりと理解し「〇〇m以降はだいたい速さが一定だから、平均的に同じように下がっていくのでは」という発言があり、100m以降のタイムを予想し求めることができていた。しかし、そのデータが適切（妥当）であるかという議論は少なく、これらを確認させる指示も必要である。

⑤ 予測したデータから、根拠を持ってリレーの走順と予想タイムを考えることができたか。

④で得られたデータから、どのような根拠を持って走順を考えたのかを評価する場面である。そのためには、リレー競技という特殊な環境の理解が必要であるが、この事前実践の段階で、走順に関してはデータの特徴をとらえた分析を行うことができていたものの、各グループから出てきた予想タイムについての多くは、このリレー競技という環境の理解が不十分で、予想タイムが4人の合計タイムよりも遅くなるというグループが多くあった。導入時の発問や、テストデータ分析における工夫も必要であると感じた。また、バトンを受け渡す位置についても考えさせる予定であったが、考える要素が多くなり目的とは違う活動になる恐れがあったため、今回は走順のみ考えさせることとした。

6. シンポジウムにおける実践

1) 考察を受けた変更点と準備

指導計画については、第5章の考察でも示した通り、使用する表計算ソフトが Numbers では不自由を感じたこと。また、実際に行う1年生は Google Classroom が整備されていたことから、準備としては第4章で示したものを基本とし、動画データや分析フォーマットの配付といったデータ等の提供では Google Classroom を活用し、生徒が分析する表計算ソフトは、Google スプレッドシートに変更して実践を行った。

また、事前実践の考察でも触れたとおり、2時間目以降の活動において走順の違いにおけるタイムの違いをより実感させるために、「各走者のバトンの受け渡しの位置は、テイクオーバーゾーンの入り口から20m進んだ地点とする」という条件を加えた。

2) 実践の概要

本実践を行うにあたり、該当の1年生は一人1台の iPad が手元にはあるものの、iPad で表計算ソフトを使うということについては初めてであるため、実践の前の練習として、教科書の練習問題（数研出版：高等学校 数学 I P189 練習 14）を使って、図9のようにスプレッドシート内で、分散や相関係数について計算させる活動を行った。この段階では、難しい関数については触れず、表計算ソフト内での四則計算の方法といった簡単な説明にし、教科書の流れ通りに計算することでまずは表計算ソフトに慣れる、という活動とした。この時間では、表計算ソフトに慣れるとともに、iPad がデータを分析するツールに成り得るという認識を持たせることができた。

11月2日 (水) 用 ☆ ☰ ☰

ファイル 編集 表示 挿入 表示形式 データ ツール 拡張機能 ヘルプ 最終編集: 11 時間前

100% 123v デフォルト 10 B I S A

P16 f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	練習14 (教科書P189)													
2	下の表は、6人の生徒に10点満点の2種類のテストA, Bを行った結果である。A, Bの得点の相関係数を求めよ。													
3														
4														
5														
6		①	②	③	④	⑤	⑥							
7	テストA	5	7	5	4	3	6							
8	テストB	4	1	3	5	9	2							
9														
10	Aの得点をx, Bの得点をyとすると													
11														
12	番号	1	2	3	4	5	6							
13	x	5	7	5	4	3	6							
14	y	4	1	3	5	9	2							
15	xの偏差													
16	yの偏差													
17	xとyの偏差の積													
18	xの偏差平方													
19	yの偏差平方													
20														
21														

<数式・関数>
足し算:「+」(「=SUM(指定範囲)」)
引き算:「-」
掛け算:「*」
割り算:「/」
平方根:「=SQRT(指定セル)」

	平均値	分散	標準偏差
x			
y			
xとyの共分散			
相関係数			

練習14 練習14 (開数を使った場合) 練習14 (散布図) 演習問題3

図9 スプレッドシートの画面

1時間目では、授業計画で「タブレットの使い方を学ぶ」としていた部分をやめ、iPad上で配布して足りないデータを予測させていたものを、足りないデータまですべて入った状態の一覧表を紙面で配付し、手計算で走順によるタイムの違いについて考察させた。これにより、事前実践でリレー競技に対する理解を深めること以外に、タブレットの使い方など考える要素が多くなり煩雑になってしまったことが解消され、生徒が主体的に考えていく活動に移行することができた。

2時間目の活動では、全体でタイムをすり合わせすることはせずに、グループごとのこだわりを残し、誤差を認める形でデータの測定を行わせた。また、この段階でデータをモデル化し、足りない部分を予

測する方法についてグループ内で議論させた。一部のグループで、部分的に平均値をとり、さらにその平均の平均をとる方法で予測していたが、多くのグループは図8で示したような折れ線グラフや棒グラフからタイムを予想しており、数理モデルを作ることで問題解決をするという仕組みができた。

グループでのこだわりを持たせたことで、3時間目の活動は事前実践よりも活発な議論ができていた(図10)。全体で共有する際も、Google Classroomとスプレッドシートを利用したことで、リアルタイムで記録の集約と共有をすることができた(図11)。時間設定が甘く、全グループの記録の集約と発表をすることができなかつたことは反省点である。



図 10 グループ活動の様子



図 11 スプレッドシートでの集約と共有

4時間目は、当初の計画とは切り替えて全グループの発表を行い、どの走順とタイムが妥当であるか、ということについて議論をさせた。走順については2通りの走順に落ち着き、いずれについても生徒たちの納得が得られていた。予想タイムについては、全体で共有することで他のグループとの違いから分析の仕方の誤りに気付くグループもあり、内容の理解を深めることができた。

3) 分科会における研究協議会より

本実践(3時間目)は、愛知教育大学附属高等学校「第40回高校教育シンポジウム」にて授業公開し、その後に研究協議会を行った。以下は、協議会におけるご意見とアンケートの感想の一部を抜粋したものである。

- ・生きたデータを扱うことで、生徒たちが自由な発想で議論しており、活発な活動を見ることができました。
- ・1年生ですでにスプレッドシートが使えるので、他教科で活用できることが良い。
- ・生徒にどの程度ICTの使い方を指導すべきか難しいとあらためて感じました。
- ・自由度の高い授業で面白かったです。生徒が意見を言い合っていて理想的な授業でした。
- ・足りないデータを予測する部分をもう少し詳しく生徒のグループの声が聞けると良かったかと思いました。(発表の時間やそこへの質問の時間がもう少し欲しかったかなと)
- ・プロジェクタ、Classroomを用いた授業の準備とオリジナル教材の用意、とても素晴らしい授業ありがとうございました。
- ・数学的な見方・考え方を育む仕掛けのあるすばらしい授業だと思います。

7. まとめと今後の課題

本実践では、スポーツデータとして陸上競技から得られた生のデータをモデル化し、リレー競技に必

要な足りないデータを予測して問題を解決していく教材を開発し、その授業展開と生徒の学習の様相についてまとめた。陸上競技をテーマとしたため、リレー競技という専門的な知識を理解させる過程の工夫に難しさはあったものの、問題解決のための議論は、生徒がそれぞれのこだわりを持って活発に行うことができた。この過程における「答えが一つに決まらない」という点については、学びを深めていくうえで重要な役割を担うと考える。また、探究活動の初歩段階ではあるものの、データを眺めるだけでなく、グラフなどを活用して数学的にモデル化をする上で、生徒自身が iPad を用いて簡単にグラフを作る（モデル化する）ことができたことは、効果的に ICT 機器を活用することができたのではないかと考える。

iPad を使い、生のデータを数学的にモデル化することはできた一方で、今回の実践では「足りないデータ」や「予測されたリレーのタイム」を出したことで終わってしまい、より深めていく活動まで行うことができなかった。特に、今回の実践は「走順と予想タイム」という点に重点を置き分析を行ったため、かなり条件を縛った形での活動としていた。「次走者の走り出しのタイミング」や「バトンの受け渡し位置」という観点を加えることで探究的な活動を深めていくことができるものの、そのためにはより複雑で高度なモデル化が必要となる。段階的にモデル化の方法を変えていくことで、探究のサイクルを回しながら新たな課題を解決していくことができるが、探究の各段階において、ICT 機器をどのようなタイミングでどのような使い方をすることが生徒にとって効果的で有用であるかについて考えていくことが今後の課題である。

8. 謝辞

本実践を行うにあたり、教材の着想から授業設計についてご指導いただきました、愛知教育大学数学教育講座の飯島康之先生、教材の整備や授業記録に尽力していただいた愛知教育大学教職大学院の早稲倉啓吾君、下村将斗君、岩永英志君にお礼申し上げます。

引用および参考文献

文部科学省（2018）：「高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編」

https://www.mext.go.jp/content/1407073_05_1_2.pdf

藤原大樹（2016）：「複数の ICT を活用した関数領域における数学的モデリング」

東京理科大学数 学教育研究会「数学教育」第 58 巻第 1 号、pp.115-120

江崎貴裕（2020）：「データ分析のための数理モデル入門 本質をとらえた分析のために」

日本陸上競技連盟 科学委員会 公式サイト

<https://www.jaaf.or.jp/about/resist/t-f/>