

小学校高学年における実験データを活用した線形回帰モデルの教育実験

—変量の「抽出」から「関係性」までを見通す紙ヘリコプター製作—

稲葉 芳成¹・河崎 哲嗣²

Teaching Experiment of a Linear Regression Model by Utilization of Experimental Data in the Upper Elementary Grades

Yoshinari INABA¹ and Tetsushi KAWASAKI²

概要：本稿では、主に小学校高学年の児童を対象に公開講座にて実施した、紙ヘリコプターを用いての実験データを活用した線形回帰による問題解決の教育実験について研究報告する。問題解決は、算数・数学的活動のうちで重要なものであるが、演習書中心の問題を解くだけの活動や、授業時間内で解決可能なものに矮小化される恐れもある。問題解決の授業では本来、生徒の能動的、自発的な算数・数学的活動が求められる。本実験の教材は、参加した多くの児童・生徒に、興味・関心を持って能動的、自発的に問題解決に取り組む場を提供した。また問題解決にあたり、実在の諸量から必要な変量を抽出することは、データに基づく問題解決の第一歩であるが、どのような変量を抽出したらよいかを見極めることは小学生にとって容易でない。実践では紙ヘリコプターの飛行実験を基にして目標達成に有効な変量を抽出し、得られたデータから線形回帰により問題解決に向かう児童・生徒の姿が見られた。

検索語：問題解決、変量の抽出、線形回帰、紙ヘリコプター

1 問題の所在

現行学習指導要領では数学的活動が重視され、課題学習が教科書にも盛り込まれている。課題学習としての問題解決は、算数・数学的活動のうちで重要なものである。課題学習の数学教育での位置づけの歴史は長く、昭和20年代の生活単元学習でも「問題解決」が扱われている（注1）。問題解決の過程の定型はいくつかあるが、ポリアの4段階モデル「理解、計画、実行、検討」がよく知られている。このモデルは問題解決の場面を分類することから、問題解決のための方略を考える際や、分析の際に有用である。一方で、実際の教材開発や授業実践の場面では、教科書や演習書中心の問題を解くだけの活動や、授業時間内で解決可能なものに矮小化される恐れもある。楠ら（2005）は「問題解決の授業の大きな課題は、本来学習過程を示すはずの各段

階が、いつの間にか教師の指導過程と認識され、それが固定化されてしまっているところにある」と指摘している。授業時間が限られる為に、45分または50分の枠をこの4段階に分類すればよいような誤った認識に陥る可能性も否定できない。楠らは「問題解決の授業では本来、生徒の能動的、自発的な算数・数学的活動が求められる」としている。

また、現行指導要領でも重視された統計教育は、先の学習指導要領までで失われていた統計活用能力の育成を目指すものである。実際には、小学校や中学校では統計的なものの見方の扱いは算数や数学に留まらず、理科や社会、あるいは国語など、実際のデータを扱う他の教科が先行してそれを扱っている。時系列のグラフはその一例であり、その見方は算数・数学に先んじて社会科の教科書にも登場する（稲葉ら、2015）。

1 立命館宇治中学校・高等学校, Ritsumeikan-Uji Junior and Senior High School

2 数学教育講座, Faculty of Education, Mathematics Education

現実の社会と算数・数学の繋がりを知る上でも、身近なデータを利用した帰納的なものの見方の育成について、算数・数学教育での更なる充実が求められる。

データに基づく問題解決にあたり、実在の諸量から「問題解決に有効な変数は何か」、あるいは「どのようなデータを観測したらよいか」という、抽出すべき変量を見極めることは小学生にとって容易でない。岡森(1970)は、小学生に対する認識調査から「2量の変化の把握は中学年から意図的に教育をしないと高学年になってもこどもの認識を高めることが困難だといえる」と指摘している。

2 研究の目的

本実践は、小学校高学年（一部に中学1年生を含む）の児童・生徒に対して「紙ヘリコプターの滞空時間（飛行時間）を、実験によるデータを基にして線形回帰の手法で管理する」教材により、問題解決に関する教育実験を公開講座で行ったものである。

そこでは、2つの目的を掲げた。ひとつは、この教材の実践が、児童・生徒が興味・関心を持って能動的、自発的に問題解決に取り組む場を提供し、算数・数学の社会における有用性を認識させるものであるかを見ること。もうひとつは、この問題解決を通して、児童・生徒が紙ヘリコプターの滞空時間に係わる変量の抽出を行い、現実のデータを用いて、線形回帰により滞空時間をコントロールすることかできるかを見ることである。

そして、この目的のために5つの観点を定めた。

- ① 参加した児童・生徒が、興味・関心をもって問題解決に取り組むこと。
- ② 算数・数学を用いた問題解決に取り組むことで、算数・数学の社会における有用性を感じる機会となること。
- ③ チームでよりよいものを作るために能動的に模索し競い合う、協働の場面が作り出されること。
- ④ 紙コプターの滞空時間を改善する際に、どの因子（変量）に着目したらよいか、飛行全体の様子や回転の様子を基に、児童・生徒が最も適切な変量を見いだすこと。
- ⑤ データに基づく帰納的なものの見方や、線形回帰の手法を児童・生徒が理解すること。

3 教育実験の内容と実践の様子

3-1 紙ヘリコプターと関数グラフ電卓の利用

教材の実践で用いた道具のひとつは紙ヘリコプター（紙コプター）である。これは、コピー用紙（PPC用紙）などを短冊形に適当な大きさに切ることができる図1のようなT字型の簡単な飛行模型である。これは教育現場では統計教育の題材として扱われ、よく知られているものとして裕元(2013)、大田(2013)、河崎ら(2013)がある。また仲村(2009)は、滞空時間の考察を自由研究の題材としている。さらに近年では、数学的モデリングの観点からの先行研究も見られ(Kawakami, 2015)、教育現場での汎用性の高い道具となっている。紙コプターは翼の長さや幅、全体の大きさ、おもりとなる脚の部分の重さなど、いくつかの構成要素がそれぞれ滞空時間に係わるために、滞空時間のデータを収集し、分析する際に統計的に多くの因子をもつ実験対象となる。これは、関数の観点から見た場合には、多くの変量を持つ実験対象となる。そして滞空時間に係わる因子のうちのいくつかに着目し、与えられた問題の解決に最適な因子（変量）を見いだす活動が可能となる。

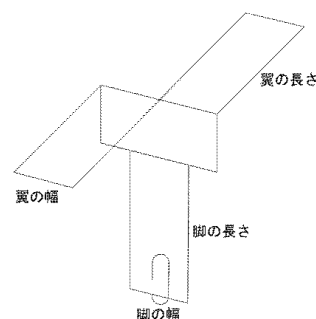


図1 紙ヘリコプター（紙コプター）

道具のもうひとつは関数グラフ電卓である。今回は、関数グラフ電卓の利用をグラフの正確性の確保とグラフ作成の時間短縮のために計画した。我が国では、教室内での関数グラフ電卓の利用は盛んとは言い難い。一方で海外に目を向けるとニュージーランドやシンガポールでは中等教育のテキスト内に標準的な電卓の操作画面が示されるなど、教室内での利用が進んでいる(注2)。また、関数グラフ電卓は、キー操作をするためのコマンド表記が英語表記であることなど、小学生が使用するために克服すべき

点もあり、その利用の可能性は丁寧な準備を前提とするものと考えられた。そこで、事前の説明の機会を設けることにした。実際には、関数グラフ電卓はメーカーの貸し出し援助があり、事前に使用法の説明会も実施し（注3）、参加者のうちの半数以上はプログラムの当日までにその操作に触れることができた。



図2 関数グラフ電卓の利用

3-2 実験データを活用した線形回帰モデルの教育実験

2015年8月に日本学術振興会の事業である、「小・中・高校生のためのプログラム ひらめき☆ときめきサイエンスKAKENHI ～ようこそ大学の研究室へ～」のプログラムのひとつが岐阜大学を会場に行われた。当日は地元や近隣からの24名が参加し、その内訳は小学5年生が13名、小学6年生が9名、中学1年生が2名であった。参加者には質問紙による事前調査を実施した。参加者24名のうち22名が事前調査に回答し、うち約8割弱が、算数(数学)は好きと回答し、約8割が、算数(数学)は役立つと回答した(巻末資料参照)。

当日のプログラムのテーマは「データから考えよう！データでつくるモデルとものづくりのヒント」であり、主たる内容は「紙ヘリコプターの滞空時間を、実験によるデータを基にして線形回帰の手法で管理する」教材を用いた教育実験であった。実践にあたっては、能動的に模索し競い合う、協働の場面をつくるために、紙コプターの製作や滞空時間の測定など、実際に手と身体を動かす時間や、変量の抽出についての検討などグループでの協働作業、そして結果の発表を含むものとした。また、以下の文部科学省(2008)に示されるように、目標を実現しようとする意識が問題に結びつき、その解決に向けた思考が本来の「問題解決」である。

児童がある目標を実現したいと思い、目標の実現のために多少の困難さが伴うというとき、その事象は児童にとっての問題となる。問題を解決するための新しい方法を作り、結果を得ようとするとき、見通しをもち筋道を立てて考えることが必要になる。

紙ヘリコプターの滞空時間を管理するという目標の実現がそのような問題解決のひとつとなるものと考えた。

さらに、紙コプターを改善する活動を通して、ポリアの問題解決の4段階のうちの問題の「計画」や「検討」の場面で、様々な判断が求められる。その際に必要となる帰納的な考えについて学習指導要領解説算数編では以下のように記されている。

解決のための方法や結果についての見通しをもとうとするとき、一中略一 幾つかの具体例を調べて共通性を見付けるといふ帰納的な考えや、類似の場面から推測するといふ類推的な考えを用いることもある。

この教材で必要となる滞空時間データからの帰納的な判断はそのひとつである。データに線形性の傾向が見られる場合には、データを回帰分析の手法で特徴づけることができる。回帰分析の手法のうち線形回帰は直線によるもので、視覚的に見やすい。また、散布図にプロットされたそれぞれの点に近い直線を、適当な指示によって手作業により直観的に得ることもできる。したがって、線形回帰は小学生にも問題解決の場面での有効な手法となる可能性を持っている。しかし現実には、線形回帰は初等中等教育では扱われていない。それは近似直線を正確に求めるための最小2乗法の扱いが数学的に難しく(注4)、教科書の学習範囲を超えてしまうからであると思われる。実践では道具として用いた関数グラフ電卓により回帰直線を求めた。

3-3 実践の流れ

プログラムは2部構成として実施された。準備に続き、前半部をPart I とし後半部をPart II とした。Part I の主題はデータに基づく線形回帰の手法の体験でありPart II の主題は問

題解決の過程での解の改善の体験であった。以下ではそれら一連の流れを示す。

準備 (所用時間15分)

- ① チーム作り
- ② 取り組みの概要の説明
- ③ 紙コプターの紹介

Part I (所要時間100分)

- ① 紙コプターの形状のみが示された後で、チーム毎に自由な大きさとサンプル機を作成し、適当な高さから落としてみる。
- ② 飛行 (落下) の様子を観測し、どのような飛行 (落ち方) が望ましいか、どのような機体が望ましいかを考える。
- ③ 目標滞空時間を定め、その滞空時間をもつ機体の設計を行うために、サンプル機を参考にして、紙コプターの翼の長さなど、どこ (因子) を変化させればよいかを考える。
- ④ 着目した因子の量 (変量) を変化させ、いくつかの機体 (4機以上) を製作し、その滞空時間のデータをとる。
- ⑤ 関数グラフ電卓を用いてデータをプロットし、近似直線をとる。
- ⑥ 点と直線の様子を観察し、目標の滞空時間を実現すると予想できる機体のデータを得る。

Part II (所要時間50分)

- ⑦ できるだけ滞空時間の長い機体を製作する。
- ⑧ 自分たちの製作した、最も滞空時間の長い機体のデータと滞空時間の実測値を記し、その製作時の留意点や気付いたことを発表シートに書いて提出する。
- ⑨ チームの機体データ及び滞空時間を公開する。

3-4 実践の概況 (Part I)

Part I では構成したチームを基に、チーム毎に滞空時間の目標値を定めて、その時間をもつ機体作りに取り組みさせた。チームの構成は中学生の2名はそれぞれ単独で1チームとし、小学生は2名～4名で1チームとした。最初に飛行実験を行う高さを決定させた。高さは各チームでの自由設定とし、滞空時間の目標値は高さ

によって決まるものとした。具体的には目標滞空時間=高さ (cm)×0.8によって得られた3桁の数値について、はじめの1桁を秒に読み替え、以下1/100秒までの数値に読み替えるものとした。飛行実験での高さの維持には色つきの紙テープを用い、設定した高さと同じ長さの紙テープを片手に持ち、もう一方の片手で紙コプターを持つことで、飛行実験中に高さがぶれてしまうことが無いように工夫させた。当日は取り組みの流れを説明した冊子と、実験結果を記入するワークシートを配布した。

準備段階でサンプル機を製作し飛行のテストを行わせた。この段階では、見本となる機体の模擬飛行を示しただけで、機体の大きさや機体を構成する因子について具体的には説明していない。続いてその試行の様子を参考にしながら、目標の滞空時間を実現するための機体を製作させた。この後に、滞空時間を変化させる因子の決定を行わせた。観察試行の様子から、およそどの因子を変化させるのが最も適切かを予測しなければならぬが、ワークシート上には、「全体の大きさ・つばさの長さ・つばさの幅・あしの長さ・あしの幅」を示し参考にさせた。児童・生徒は、変化させる因子を決定した後に、改善点を反映した機体を製作して、滞空時間を測定していた。滞空時間の測定の際には、測定誤差を少なくするために、「複数回測定してまんなかの値 (中央値) をとる」ことや「複数回測定し、もっとも綺麗に回転したときのデータを採用する」などの工夫が見られた。そうして得られた各チームの滞空時間のデータは表1の通りであった。

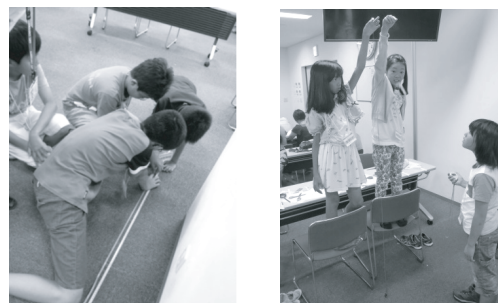


図3 左：高さと同じ長さの紙テープをとる
右：紙テープをガイドにして高さを保つ

時間が足りずにデータを2つしかとることができなかったチームもあった (チームA, G)。

理由は、機体の製作に手間取ったこと、基準とした機体や因子を変化させた機体がうまく回転しないなど、飛行状態に問題があり、測定を繰り返す場面が多かったことが挙げられた。

各チームが選んだ因子として「翼の長さ」が多かった。その理由として「翼の長さを変えると回転速度が速くなると思ったから」、「回転数が増えるから落ちる時間が長くなると思った」など回転数に着目したチームが複数であった。「脚の幅」としたチームのひとつでは基準となった機体について「翼はきれいに回っていたので、あしの長さを変えた方がいいと思った」とある。

また「機体全体の大きさ」としたチームでは機体を「大きくするほうがゆっくり落ちると思ったから」としている。これは、回転数に拘らずに「大きな機体ほど空気抵抗をよく受ける」のではないかという推測によるものであった。また「脚の長さ」としたチームは、チーム内で最も目標値に近いタイムを実現した機体を基準にして、他の機体と見比べて脚の長さの違いが大きいのではないかと考えた、と理由に挙げている。

また、Part Iにおける関数グラフ電卓の使用は操作手順を全体に適宜指示したり、チーム毎に説明を補助することにより大きな困難なく進められた。

表1 各チームの滞空時間データ（長さの単位はmm，時間表示は3桁の数値で示す）

チーム	目標時間	因子	データ1	データ2	データ3	データ4	データ5	線形回帰による目標達成予測値
A	155	翼の長さ	41	30	N/A	N/A	N/A	翼の長さ
		滞空時間	105	122	N/A	N/A	N/A	N/A
B	152	翼の長さ	40	46	45	N/A	N/A	翼の長さ
		滞空時間	118	171	154	N/A	N/A	43
C	112	翼の長さ	43	46	49	52	N/A	翼の長さ
		滞空時間	115	145	162	162	N/A	41
D	120	翼の長さ	40	45	47.5	50	N/A	翼の長さ
		滞空時間	112	118	120	122	N/A	47.5
E	160	脚の幅	10	12	14	16	N/A	脚の幅
		滞空時間	153	147	162	197	N/A	13
F	160	翼の長さ	60	50	45	40	30	翼の長さ
		滞空時間	217	189	146	131	122	45.6
G	126	脚の幅	10	20	N/A	N/A	N/A	脚の幅
		滞空時間	75	106	N/A	N/A	N/A	27
H	160	機体の大きさ*	0	5	10	15	N/A	機体の大きさ
		滞空時間	125	126	141	160	N/A	16.7
I	123	脚の長さ	20	30	40	50	N/A	脚の長さ
		滞空時間	58	108	111	53	N/A	42

*機体の大きさについて、基準となる機体に増加させる長さ（mm）を記していた

3-5 実践の概況（Part II）

Part IIでの活動では、滞空時間の長い紙コプターの製作がテーマであった。Part Iの活動が参考となるために、機体の製作は手際よく進められていた。目標実現のポイントは、滞空時間に最も大きく影響する因子が何かを予測すること、及びその適正值を見いだすことであった。そして実

際には、落ち始めからの回転が均一で綺麗なもの、飛行全体としてバランスよく綺麗に落ちるもの、回転数が多く空気抵抗を大きく受けながら落ちるもの、などが滞空時間を長くする機体であることに気付くべきであった。そして、飛行実験を繰り返す中で、多くのチームはそうした回転の様子や飛行の様子が「翼の面積に大きく係わること」に

気付いていた。その上で、単純に空気抵抗を大きくしようと思えば翼の面積を大きくし過ぎると、機体はバランスを崩してしまうため、各チームは試行を繰り返し、最良と思われる機体を製作した。

最も長い滞空時間（滞空時間測定値 / 飛行の高さ）を実現したのは「チームC」であった。その機体は翼長がどのチームよりも長かったが、飛行の状態もバランスを崩さないものであり、

飛行の様子の披露では、ゆっくり回転しながら空気抵抗を感じさせた。

表2の「留意点・気付いたことなど」を併せて観ると、滞空時間の長い飛行を実現した、いくつかのチームでは、翼の面積、特に翼の長さに着目し、機体のバランスをとりながら綺麗に回転して落ちるものを目指した様子が窺える。特に「チームD」ではその考察の様子が記されている。

表2 各チームの製作した滞空時間ができるだけ長い機体と、製作上の留意点など

チーム	飛行の高さ	滞空時間	翼長	翼幅	留意点・気付いたことなど
A	194	139	40	17	つばさの長さを長くする あしの太さを細くする
B	190	168	62	23	つばさの長さを長くしていくほど時間が長くなっていった
C	140	318	100	30	紙コプターの一部を変えるだけでタイムが変わることが分かりました。例えば、つばさの長さを mm 単位で変えるなど。
D	150	295	90	20	とにかく細長くしたらゆっくりになった できるだけつばさの面積を大きくした 太さより長さを大切に 紙コプターがまわっているときに見える円の大きさを大きくした 課題は落ちはじめの 10cm だけ早く落ちてしまうこと
E	200	185	75	35	はねの先を長くするとたくさん回転する
F	200	282	80	15	真ん中を持って落とすと長くとぶ つばさを広げすぎずに落とすと長く飛ぶ
G	160	137	50	25	あしの太さなどより、つばさの方が太く大きい方が良い
H	200	267	55	38	どこか一部の長さを変えると落ちるスピードも変わる。 大きくするほどゆっくり落ちていく
I	151	185	95	30	羽（つばさ）を曲げた方がいい 足の長さを長くしすぎると早く落ちる

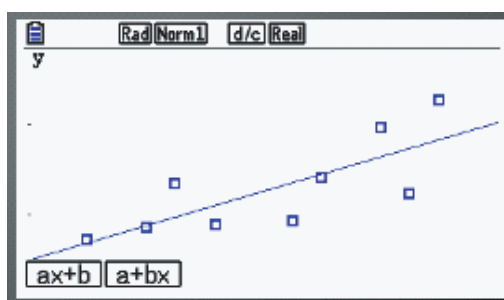


図4 各チームの翼の長さ（滞空時間測定値/飛行の高さ）の散布図画面

4 結果についての考察

4-1 教育実験についての補遺

データの線形回帰を考えることは一般的に小学生にとっては難しい。算数の授業では第4学年で折れ線グラフを学習するが、データ間が直線で結ばれていることに慣れているために、得られたデータをグラフ化しても手作業ではそれらの点を単純に直線で結んでしまいがちである。

また比例関係が直観的に見えないデータから、データの間関係を推測させる活動には習熟していないと考えた。紙コプターでは、因子のとり方によって線形性が大きく崩れるデータとなることもある。実際の飛行実験では、因子の多くにおいて線形性は限られた範囲しか保証されない。それは、紙コプターが薄い紙で製作され、飛行の安定性が崩れるためである。例えば翼の長さ

は機体のバランスにもよるが80mmを超えると回転が安定せずに滞空時間は短くなりがちとなる。脚の長さを変化させた「チームI」では長さを変化させていくうちに機体のバランスが崩れて最後のデータは著しく線形性を崩している。今回の問題設定では、目標滞空時間を、飛行実験の高さに0.8を乗じることで、線形性がなるべく保てるように工夫している。

4-2 教育実験の結果について

参加者には、質問紙により事後調査を実施した。以下では当初の観点に沿って結果を記す。

① 内容に対する興味・関心について

事後調査において「参加しての感想」「内容の感想」はそれぞれ1名を除いて「たいへんよかった」「おもしろかった」となった。当初掲げた観点のひとつである「参加者の興味・関心」は概ね満たされたものとする。

② 算数・数学の良さについて

プログラムの体験を通じて、算数や数学の有用性やその考えのよさに気付くことを狙いとした。「算数(数学)は役立つか」の質問について、事前調査と事後調査では、わずかに事後調査において肯定的な回答が増加し、あまり役に立たないという回答はゼロとなった。この点は若干の意識の変容が観られるに留まった。

表3 事前・事後調査結果の一部

算数(数学)は役立つか?	たいへん役立つ	少し役立つ	あまり役立たない	まったく役立たない
事前調査 (N=21)	18	2	1	0
事後調査 (N=23)	22	1	0	0

③ 協働の場面について

参加した小学校の児童は紙コプターの製作から、測定作業、目標達成のための改善すべき因子の検討など、チームで協力しながら作業を進めた。中学生2名はそれぞれが1名チームであったが、紙コプターの滞空時間の測定場面ではお互いの協力が観られた。Part IにおいてもPart IIにおいても目標達成のために、すべてのチーム内で様々な議論が交わされていた。特に紙コプターを「どのような大きさで、どのようなも

のを製作すべきか」という点では、互いの紙コプターの比較をしながら意見交換を重ねていた。単に協力して作業するだけでなく議論や意見交換が交わされる場が提供されていた。

④ 滞空時間を変化させる紙コプターの因子(変量)を見いだす活動について

滞空時間を変化させる因子を参加者が「何を根拠にどのように選んだか」という点について、ワークシートの記述や活動中のチーム内での意見の様子からは、例えば「翼の長さ」を因子とした理由として回転数に着目するなど、飛行観察から論理的に関係すると思われるものを選択している。

また、チーム内のサンプル飛行の結果から因子を決定したチームもあり、事実に基づき因子を決定している姿が一部のチームにあった。紙コプターの飛行実験を繰り返し行えるため、有効な因子をいくつかの候補から絞り易かったのであろう。選んだ因子の有効性については、滞空時間の長さを考える際に、翼の面積に大きく係わることに多くのチームが気付き、実際に滞空時間をコントロールしていた。

⑤ データに基づく帰納的なものの見方や、線形回帰の手法の理解について

データを基にした帰納的なものの見方の理解を測る目的で、事前・事後調査の一部として図5のような設問を解答した。小学5年生には文意を理解することが難しいと考えられ、題意の説明を聞いてグラフを利用して考えながら取り組んだ。与えられたデータが比例関係を持たないことから、難度は高かったようである。

「動物名の四角ワクの中に『あなたや知り合いの人』の名前を書いてください。その人に翼を付けて空を自由に飛べるようにすると、『体重』と『翼の面積』の数値も入れて下さい」

動物名	体重 (g)	翼の面積 (cm ²)
ツバメ	16	135
ヒバリ	32	150
ホシガラス	176	460
ミヤマガラス	575	1285
ミサゴ	1950	3143
コウノトリ	3300	4880
オジロワシ	4500	7000

『体重』と『翼の面積』にはどんな関係がありますか？
(関数グラフ電卓や手で描いた) グラフを使って考えましょう。手書き用グラフ用紙は裏面にあります。

図5 2つの変量から比例関係を考える問い

事前調査で参加者のうち体重と翼の面積について妥当な数値を入れることができたのは4名であり、事後調査では10名であった。事前・事後調査を共に提出した22名についての事前・事後で妥当な数値を記入できたかできなかったかを分割表とした検定の結果は $p=0.041$ であり有意な差が見られる。

表4 事前・事後調査の結果

	事後調査○	事後調査×
事前調査○	4	0
事前調査×	6	12

$N=22$ $p=0.041$ (McNemar's Test)

* 妥当な数値を入れた場合を○とする

また、同時に実施した「動物の1分間の心拍数」と「平均寿命」の関係についてデータを穴埋めさせる設問では、この2つの量が反比例の関係にあることを1名の児童が理解していた。データに基づき帰納的にその特徴をよくつかんで予測する力をもつ児童がいることを示すものである。

5 まとめ

5-1 実践上の課題

このプログラムでの教育実験は、全体の時間が3時間を超えるものとなった。この内容をそのまま一般的な授業の一部として教室に持ち込むことは困難で、縮小や分割が避けられない。

関数グラフ電卓の利用によって近似直線を得たことは、時間短縮にも大きく係わっている。関数グラフ電卓が利用できない環境では、さらに多くの時間を要するものと予測される。関数グラフ電卓の利用の目的のひとつは、短時間に回帰直線を得ることにある。利用の目的を特化し、単なる計算やグラフ描画のツールとしての利用を考えることは、授業の効率化という面で積極的な意味を持つ。しかしコマンド表記がすべて英語であるため、操作上のキー表示内容の理解の克服は課題である。本実践では事前にメーカー側の協力を得て講習会を実施できたことで、事後調査に見られるように「便利だが難しい」という参加者が半数弱あったものの「難しくて使い方がよくわからなかった」という参加者はいなかった。各学校でそのような講習会

を持つことが容易かどうかは不明である。

実施形態として、本実践では協力講師1名および大学院生複数名がアシスタントとして配置されていた。授業者のみで多くのチームの活動をコントロールすることは容易でなく、活動の観察も困難である。従ってチームティーティングや補助的な要員を複数配置することが必須であると思われる。さらに今回のプログラムには事前調査から見て、算数・数学が好きな児童・生徒が集まったことで、実践が滞りなく進行した可能性も否めない。算数・数学に対する意識や理解度の異なる児童や生徒を対象として、同様に実施可能な教材であるかどうかの検証はできていない。

また、変量の抽出に係わり、この教材では線形性が見やすいものであったが、グラフが双曲線をなす反比例など、他の関係をもつ場合についての実験や考察は今後の研究課題である。

5-2 教育実験の評価について

目的のひとつであった「この教材の実践が、児童・生徒が興味・関心を持って能動的、自発的に問題解決に取り組む場を提供し、算数・数学の社会における有用性を認識させるものであるかを見ること」に対する評価について、観点の考察の①、③、④の結果から、この教育実験で用いた教材が、多くの児童・生徒にとって興味・関心を持って能動的、自発的に問題解決に取り組む数学的活動の場としての意味を持っていたと考える。しかし、問題解決の場面を通じて、算数・数学の社会における有用性を再認識させることができたかについて、上記の観点の考察の②では、若干の意識の変容を知るに留まり、参加者全体の傾向としてそれを明確に裏付けるものとならなかった。

続いて「この問題解決を通して、児童・生徒が紙ヘリコプターの滞空時間に係わる変量の抽出を行い、現実のデータを用いて、線形回帰により滞空時間をコントロールすることかできるかを見ること」に対する評価について、観点④の結果から、事実に基づく考察により問題解決に有効な因子を抽出する一部の児童・生徒の姿が見られた。また2チームを除いて実験データから線形回帰による目標達成予測値を導いてい

たこと、及び観点の考察⑤の結果により、変量の関連性や、線形回帰について一部の児童・生徒の理解が見られた。

以上のように本教育実験の目的についてはその一部が達成されたが、十分に検証できない点も残された。

－ 付記 －

プログラムの実施に際しては事前からの関数グラフ電卓の貸し出し、並びに事前講習会の実施など(株)カシオ計算機のご厚意に感謝申し上げます。

また協力講師の岐阜県立可児高等学校教諭の松井真也氏に、この場を借りて感謝申し上げます。

－ 注釈 －

注1：1951年学習指導要領数学科編（試案）には「もののよさを知るためには、その数学的内容が、生徒にとって有意義な問題の解決 — 中略 — に役だつことが、よくわかるような具体的な経験をとおさなくてはならない。」の記述がある。

注2：一例としてシンガポールでは国家試験での電卓利用が認められており、使用できる電卓の機種のリストも公表されている。

<https://www.seab.gov.sg/content/calculator/GuidelinesCalculators.pdf>

注3：関数グラフ電卓の使用法についての説明会を7月下旬に実施した。説明には基本操作とデータリストの入力方法、及びグラフの作成に特化した説明が行われた。

注4：一般的に最小2乗法を扱うには多変数関数の取り扱いや偏微分の知識が必要である。

また最小2乗を考える対象として、各点との近似直線との距離、x座標の差、y座標の差など複数あり、小学生には取り扱いが困難である。

－ 引用・参考文献 －

- 1) 稲葉芳成・小島亮太・山路健祐・河崎哲嗣 (2015), 「初等・中等教育における時系列データ分析の教育内容に関する研究(その1) —時系列データの扱いの概観および教育実践の可能性—」, 近畿数学教育学会誌第28号, pp.1-13.
- 2) 大田誠 (2013), 「統計的な眼を鋭くするための教材と指導の工夫」, 新興出版社啓林館授業実践記録, <https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/tea/chu/jissen/sugaku/201307/index.html>.
- 3) 岡森博和 (1970), 「関数教育について(第1報)」, 大阪教育大学紀要第19巻第V部門, pp.75-85.
- 4) T. Kawakami(2015), "Combining Models Related to Data Distribution Through Conjecturing and Validation: Paper Helicopter Experimentation with Year 5 Students", Conference abstract in ICTMA17.
- 5) 河崎哲嗣・稲葉芳成・紀平武宏・前迫孝憲 (2013), 「日本の中等教育における統計的モデリングを志向した実践研究」, 大阪大学教育学年報第18号, pp.3-15.
- 6) 楠博文 ほか (2005), 「確かな学力を伸ばす算数科における問題解決の授業と習熟度別指導の在り方」, 岡山県教育センター研究紀要第257号, pp.1-29.
- 7) 仲村日和 (2009), 「よく飛ぶ紙コプターの条件をさがせ!」, 毎日新聞社自然科学観察研究会主催自然科学コンクール2009年度特別賞作品, http://www.shizecon.net/sakuhin/50es_aki.html
- 8) 松元新一郎 (2013), 「中学校数学科 統計指導を極める」, 明治図書.
- 9) 文部科学省 (2008), 『小学校学習指導要領解説算数編』, 東洋館出版社.

－ 資料 －

表5 事前調査結果

参加した理由	先生の勧め	内容に興味	友人に誘われて	その他
人数	5	11	2	4

算数(数学)は好き?	好き	嫌い	どちらともいえない
人数	17	0	5

算数(数学)は役立つ?	たいへん役立つ	少し役立つ	あまり役立たない	まったく役立たない
人数	18	2	1	0

なぜ算数(数学)を勉強する	将来に役立つ	考える練習	受験に必要	もの知りになる	楽しいから	特になし
人数 (複数回答可)	19	10	9	4	4	1

算数(数学)の答えはひとつか	ひとつ	いくつかある	たくさんある	自由に考えられる
人数	5	5	3	7

グラフ電卓の使用経験	よくつかう	講習会に参加	ない
人数	3	11	6

自由回答 算数(数学) についての 感想	<ul style="list-style-type: none"> ・考え方がいくつもあっておもしろい ・楽しくて将来に役立つ ・難しいのもあるけど、どの勉強も楽しい ・答えを出すのは難しいけど、出たら楽しい ・いろいろな図形があったしいろいろ学べた ・難しい、基本がわかっていないとわからない ・計算の仕方がいろいろあって楽しい ・いろいろな求め方があっておもしろい ・むつかしくてもあきらめなければとけることがあるかもしれない ・楽しいしよくわかる ・算数はんたんにかくじつにできる方法を考えることが楽しい
-------------------------------	---

表6 事後調査結果

参加しての感想	たいへんよかった	少しよかった	あまりよくなかった	まったくよくなかった
人数	22	1	0	0

内容の感想	おもしろかった	少しおもしろかった	あまりおもしろくなかった	まったくおもしろくなかった
人数	22	1	0	0

算数(数学)は役立つ?	たいへん役立つ	少し役立つ	あまり役立たない	まったく役立たない
人数	22	1	0	0

算数(数学)の答えはひとつか	ひとつ	いくつかある	たくさんある	自由に考えられる
人数	4	4	7	8

グラフ電卓の感想	かんたんで便利	便利だが難しい	難しくて使い方がよくわからなかった
人数	12	11	0

自由回答 「目標のタイムで落下する紙コプター」を作る時、どのような点を重視して考えたか?	<ul style="list-style-type: none"> ・できるだけ羽の面積を大きくすることでいこう力がつくから、おそくするには羽の面積を多くすればよい ・いちばんちかいタイムの紙コプターをおてほんにして他のものと何がちがうのかを比べること ・大きさなどを重視した ・足の長さで羽にちょうどいい足の考えた ・つばさの長さをできるだけ長くした ・なるべくおそく落ちるようにできるだけゆっくりのために長くした ・おそくなるようにがんばった ・できるだけ長くゆっくりに落ちるようにした ・色々な点から考えた ・足のふとさについて考えてつくった ・ながさをちゆういしたけれどできとうに作ったものが一番とんだ ・大きくするとゆっくりになる ・つばさの長さをできるだけ長くかえると秒数かわるのでと考えた ・つばさの長さやばば、落とし方 ・あしの長さ ・つばさをどのようにかえるか ・つばさの長さのびちようせいをたくさんやりました ・つばさの長さ ・どうしたらゆっくりに落ちてどうしたらはやく落ちるか考えた ・目標タイムぴったりでやろうとがんばった
自由回答 プログラムについての感想	<ul style="list-style-type: none"> ・いろいろつくって考えることができて楽しかった ・同じものをつくることの大変だという感想を持ちました ・こんな体験をしたからしょう来にも役立つと思った ・実験の時間が長かったりして分かりやすかったからよい ・紙コプターを作るだけでもいろいろ考えがあった ・とてもおもしろかった ・とても楽しかった。グループのみんなで楽しくやれたので楽しかった。 ・すごくおもしろかった ・いろいろ考える事でたくさんの方が分かりとても楽しかった ・たのしかったのでまたやってほしい ・これからもやくだつようなことが学べて良かったと思う ・むつかしいと思った ・今後にもずっといかしていきたい