

令和 6 年 9 月 7 日現在

機関番号：32421

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K02927

研究課題名(和文) 小学2年から4年での図形の属性・形・性質理解をはかるプログラミング活用研究

研究課題名(英文) Study of use programmig for it is require understanding "attribute", "shape" and "properties" of figure in elementary school 2nd -4th grade

研究代表者

杉野 裕子 (Sugino, Yuko)

埼玉学園大学・人間学部・教授

研究者番号：10556640

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：プログラミングは、言語・記号的記述と、画面での図の両方をもつ。子どもは、図形を構成的に描き、画面からのフィードバックによって、言葉の意味や、図形の性質に気づくことができる。図形を描くためには「形・大きさ・向き・位置」を決める数値を入れる必要がある。これらの様々な図をみることで、多面的なイメージを形成することができる。

LOGOのタートルが内角で回転する教材を開発した。画面では、描画と言語を逐次表示するとともに、複数の図形の対比を可能にした。特に、第4学年「角度」の授業の導入の3時間で角を描くプログラミングを通して、児童は、回転量と角の形の関係について理解していった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、小学校教育において、コンピュータを使った授業が行われ、とりわけプログラミングを教えることになっているが、その具体的方法は模索中である。特に、今後は教科の目的を達成するための使い方も、その強力なひとつとして、文部科学省によって方向づけられている。

本研究は、実際に、図形の理解をするためのプログラミングと、その教材を開発し、授業実践検証において、その有用性を示したのものとして、今後の算数におけるプログラミングの方向性を示したのものとして、意義がある。

研究成果の概要(英文)：Programming has two roles as linguistic and symbolic descriptions and as dia-grams on the screen. They enable children to describe figures constructively and to understand the meaning of words used in programming and the nature of figures from the screen. For it is required for us to input numbers to set "shape, size, direction and position" programming figures which helps us to create diverse images looking at a variety of figures. So, I developed LOGO teaching material in order for turtle to turn at interior angle. This contents used in 4th grade practical arithmetic classes. Students understood lotation amount and variety of angle shape.

研究分野：算数・数学教育

キーワード：プログラミング LOGO 回転量 角度 教材開発 図形概念

第4学年角度単元内授業でのLOGO教材活用を通して

「プログラミングを活用した回転量と角概念の形成」

回転量と角学習の困難は、身の回りで角度を数値化する例や、角を視覚化する手立てが少ないことに起因する。角度によって様々な形となる角のイメージを形成し、数値と形をつなげるために、プログラミングが適している。中でも、LOGO言語はタートル(亀)の回転動画により、回転角の動的イメージ形成に適している。角の描画によって、回転の始線や終線としての辺を意識させることもできる。

本研究の目的として、回転量と角概念形成にプログラミングが適していることを、授業検証を通して見出した。

本研究は、次の5つの方法によって進めた。

回転量と角学習の困難点について考察し、角度の数値化と角の視覚化の必要性について述べるとともに、プログラミングを導入する目的を明確にした。

身の回りに回転量を数値化した例が少ない。回転量と、角の形をコンピュータの画面で見る経験を通して、イメージを多面的にすることができた。また、言語面では数値を入力してプログラミングをするため、数値を伴ったイメージとして獲得することができた。

プログラミングを活用した場合の、角概念の理解の様相を明らかにし、学習者がどの様相にあるかを特定するための枠組みとした。

角概念の理解の様相を捉える枠組み

イメージ	言語
様相Ⅱ 1面的	「角」
様相Ⅲ 多面的	<ul style="list-style-type: none"> ・「00°の角」、「直角」、「0直角」(属性である回転量に関係した表現) ・2つ以上の角の特徴の違いや同じところについて言葉で表現をする。 ・「辺をかく」、「0°回転」という命令で角を描くプログラミングをする。
様相Ⅳ 統合的	<ul style="list-style-type: none"> ・「鋭角」、「鈍角」など ・連続的な角度変化に伴った、角の形の特徴について言葉で表現をする。 ・角度に変数を用いたプログラムを作成する。

概念形成の様相を特定するために、川崎(2005,2007)の「図形概念の理解の様相モデル」とプログラミングとを関係づけた、杉野(2016)の尺度を角概念にあてはめて、角理解の枠組みを作った。

第4学年角度単元内の導入として、プログラミングを活用した授業3時間の実践検証を行った。イメージ面は画面の図、言語面はプログラミング内容と逐語データを枠組みにあてはめた結果、様相と、一部様相に移行していることが明らかになった。

角度単元の導入で使うプログラミング用教材を開発した。

第1時：三角定規の角を描くための教材

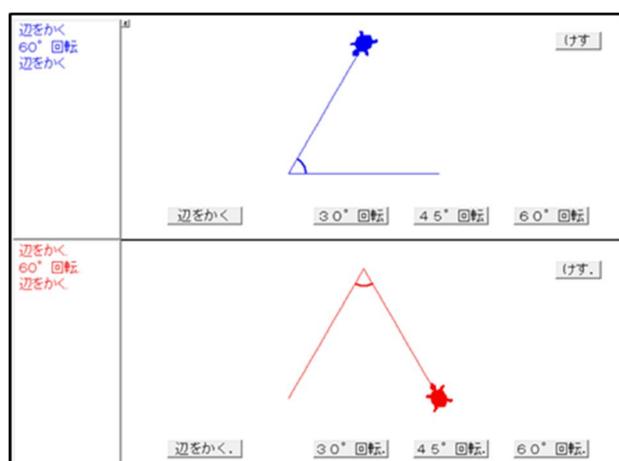
第2時：いろいろな大きさの角を描くための教材

第3時：分度器の導入へつなげるための教材

教材には、プログラミング用のボタンを配することで、授業の目標へ絞り込んだ。画面での描画と同時にプログラミング言語を逐次表示できるようにした。また、2つの角を対比して描き、その違いを発見的に見つけられるようにした。

角度単元の導入の3時間で、プログラミングを活用した授業検証を行った。イメージ面は画面の図、言語面はプログラミング内容や逐語データをもとに、学習者の理解の様相レベルを、の枠組みにあてはめて特定した。

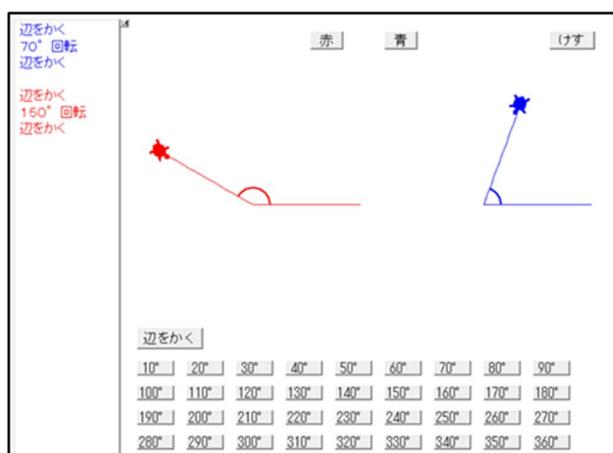
第1時：三角定規の角



T: 2つの角を見て気づいたことを挙げましょう。
 C1: 描き方は同じだけど、向きが違う。
 C2: 始めた所は違うけど、「辺をかく」「60°回転」「辺をかく」は同じ。
 C3: 言葉は同じ。
 C4: 形が同じ。
 C5: 開き具合が同じ。
 T: 開き具合を表す数字は？
 C6: 60
 T: 違うところはまだある？
 C7: 青は下に角がある。赤は上に角がある。

一重下線は同じところであり、二重下線は異なるところである。言語を見て、命令や数値は同じであることから、同じ開き具合の角であると認めている。しかしながら画面の図をみて、角の位置や向き、および描きはじめの位置が異なることに気づいた。また、正三角形の左下の底角と上の頂角という違いも認めた。これらは、60°の角に対する多面性に気づく様相へ向けた活動となる。また、角の保存概念を確かにする活動である。このように、プログラミングでは、位置や向きが異なった角を描く経験をすることができる。そのため、基線が水平でない角度の計量や、証明問題で、傾いた等しい角度を見つけるための素地形成が期待できる。

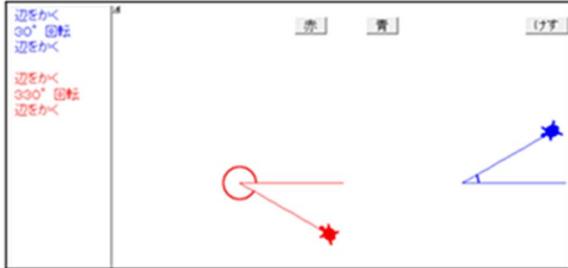
第2時：いろいろな大きさの角 鋭角と鈍角の比較



C8: 青は右に坂、赤は左に坂がある。
 C9: 70° はちょっとカクン、150° は平ら。
 T: とんがりは？
 C10: 150° はやわらかで、70° はちょっと痛そう。
 C11: 70° は内側で止まっている。150° は外側。
 C12: 角度が違うと、開きが全然違う。

鋭角と鈍角の形の違いに結び付く発言をしているのは、C8、C9、C10である。C11の発言は、平行四辺形や五角形以上が未習ならではの発言であり、鈍角をもつ形の学習は児童にとって関門となることを示唆している。

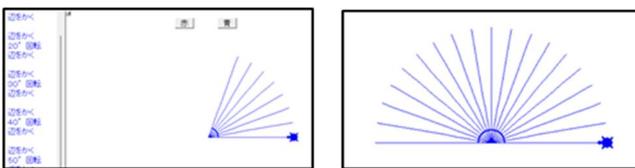
180°を超える角の特徴



このほか、発表には至らなかったが、ワークシートには、数値による形のの違いに関する気づきが多く書かれていた。「180°より上だと下に下がる。180°より下だと上に上がる」と書いた児童もいた。

角を動的にとらえることは難しく、最終の形のみを見て判断しがちである。しかしながら、言語の数値とタートルの回転した所に注意を向けることで、どこをどう回転しているかのイメージを持つことが出来た。180°を超える角は身の回りに少なく、児童にとっては新鮮な経験となった。合体できる角を見つけることは、180°を超える角度の計量で360°の補角を引き算する方法の素地となる。

第3時 分度器へつなげる

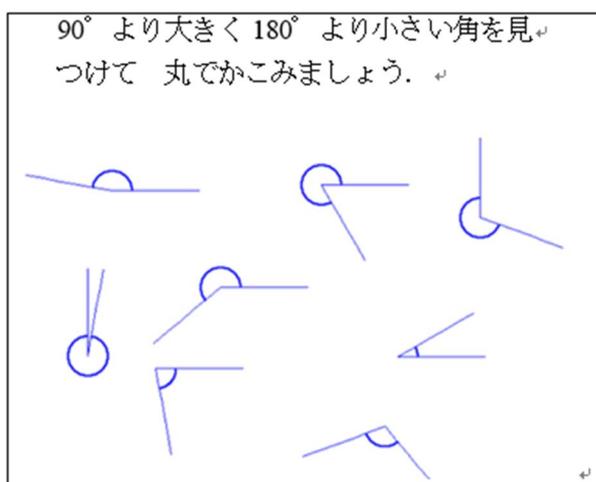


第3時では、10°ずつではあるが、連続的な角度の変化に対して、角がどうなっていくかについての言語表現が行われており、これは、様相の統合的イメージの形成へと向かっていく活動である。また、分度器の線は、角の辺が回転しながら重なっているというイメージ形成は、角の計量の素地となる。分度器は、たくさんの角の辺の集合体として、その必要性を感じてから導入した。

C18: 180° を超えると、反り繰り返える。 ♪
 C19: 180° を超えると、またとんがる。 ♪
 C20: 数が大きくなると、辺の開きが小さくなる。 ♪
 T: 印のついた所を見ましょう。 ♪
 (開き具合の捉えを修正させた。) ♪
 C21: 同じっぽく見える。 ♪
 C22: 逆になっている。 ♪
 T: どれがどう違う? ♪
 C23: 上と下になっている。 ♪
 T: 角度が違っても形が似ている角がありますね。 30° の角を 330° の隙間に入れて合体させることはできますか? ♪
 C: (首や手を回すしぐさをして肯定をする。) ♪
 T: この他にも、合体させられる2つの角をみつけましょう。 ♪
 C24: 先生、180° と180° でもいいですか? ♪
 T: すごいのをみつけているね。ほかにもみつけられるかな。 ♪
 C25: (350° と10° を描いて発表をする。) ♪
 350は、360より10少ない。 ♪

C: 扇子に見える。ラケットに見える。 ♪
 ... (中略) ... ♪
 C26: (80° に対して) ぎり直角。 ♪
 C27: (90° に対して) これや! 直角。 ♪
 C28: (100° に対して) 斜めった。 ♪
 C29: (100° に対して) 左に開いた。 ♪
 T: (120° の次に、わざと140° を描く。) ♪
 C: あれ! 130° 飛ばした。 ♪
 T: (130° の位置を予想させてから、描く。) ♪
 ... (中略) ... ♪
 T: (180° まで重ねて) 何の形に見えますか? ♪
 C: 円の半分。半円。 ♪
 T: 140° の角の辺はどれでしょう。 ♪
 C: 目が痛い。(前で代表児童が指さす。) ♪
 T: 大変ですね。ここに何度ですと数字が書いてあると楽ですね。 ♪
 C (180° まで重ねて描いた図のワークシートに角度の数値を記入する。) (0° の考察をする。) ♪
 T: (分度器を紹介し、ワークシートに重ねさせる。) ♪
 ... (分度器の特徴の学習へ) ... ♪

プログラミングを活用した処理群と、活用しなかった対照群で、単元末に実施したテストの差異
 単元末テストでは、プログラミングを経験した処理群の正答率は、全問題で対照群より大きく、特に 180° を超える角では、差が顕著であった。



結果は、全ての問題で、処理群の方の正答率が高い。 ~ の角の選択問題は、対照群では見慣れない向きの角が選択できていない誤答が多い傾向にあった。 ~ での正答率の差は、実際に画面などで描いた経験に起因する。 の測定では、分度器の回転が反対の目盛りを読んで 50° とする誤答が、対照群で目立った。また、正答率が下がる 180° を超える角の測定では、処理群と対照群の正答率の差が 10 ポイント以上開いている。 や の、 360° に近い角については、その傾向が顕著であり、プログラミングによる角の描画の経験は正答率に貢献している。

参考文献

川寄道広(2005)。直感的側面に着目した図形指導過程の研究。数学教育論文発表会論文集,38,379-384。
 川寄道広(2007)。図形概念に関する認識論的研究。日本数学教育学会誌。臨時増刊。数学教育学論究,88,13-24。
 杉野裕子(2016)。プログラミングを活用した図形概念形成についての研究 - 教材コンテンツ開発と授業実践を通して -。風間書房。

単元末テストにおける正答率(%)

問題	処理群	対照群
① 30° の角の選択	82.2	57.7
② 60° の角の選択	64.4	47.7
③ 90° の角の選択	41.1	37.8
④ $0^\circ \sim 90^\circ$ の角の選択	65.6	59.5
⑤ $90^\circ \sim 180^\circ$ の角の選択	42.2	37.8
⑥ $180^\circ \sim 270^\circ$ の角の選択	53.3	32.4
⑦ $270^\circ \sim 360^\circ$ の角の選択	44.4	32.4
⑧ 2 直角の描画 (定規のみ)	92.2	65.8
⑨ 3 直角の描画 (定規のみ)	73.3	51.4
⑩ 4 直角の描画 (定規のみ)	85.6	53.2
⑪ 40° の測定 (右 1 辺水平)	90.0	87.4
⑫ 130° の測定 (左 1 辺水平)	81.1	72.1
⑬ 210° の測定 (水平辺なし)	51.1	39.6
⑭ 120° の測定 (下に開く)	82.2	68.5
⑮ 330° の測定 (右 1 辺水平)	72.2	43.2
⑯ 300° の角の作図 (基線なし, 定規と分度器)	54.4	28.8

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 杉野裕子	4. 巻 54
2. 論文標題 回転量と角についての概念を形成するためのプログラミング教材の開発 - 回転量理解の困難性とその解決へ向けて -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会 周期研究大会発表収録	6. 最初と最後の頁 237, 240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉野裕子	4. 巻 53
2. 論文標題 回転量を認めるためのプログラミングと図形学習 - 回転量の数値化や変数化がもたらすもの -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会 秋期研究大会発表集録	6. 最初と最後の頁 277, 280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	飯島 康之 (Iijima Yasuyuki) (30202815)	愛知教育大学・教育学部・特別教授 (13902)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------