

(課程博士・様式7)

# 学位論文要旨

専攻：共同教科開発学

氏名：杉野 裕子

論文題目：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—

論文要旨：本研究は、学校数学において、児童・生徒がプログラミングを活用することによって、図形概念を形成する環境と授業原理を構築するために行うものである。従って、次のように研究目的を定め、3つの方法によって進めた。

プログラミングが図形概念形成に有用であることについて理論的に示し、開発したプログラミング用教材を用いた授業実践により、図形概念形成に関わる活動を抽出することによって検証をする。

方法1：先行研究の整理を通して、図形概念の特徴を明確にする。一方、LOGOプログラミングが図形概念を理解する上で優れている点と問題点を明らかにし、解決方法を見出す。

方法2：現行カリキュラムの算数・数学の授業においてプログラミングを活用する環境構築として、プログラミング用教材コンテンツを、LOGO言語を用いて開発する。

方法3：小学校での授業実践を通して、児童のプログラミングや発話プロトコルなどから、図形概念形成に関わる活動を抽出するといった質的検証を中心に進める。併せてテストやアンケートも行う。

概念は、経験によって獲得され、言語をはじめとするシンボルによって、個人の中に形成されていく。中でも図形概念は、数学的な言語・記号で表現されるとともに、形象的なイメージも併せもつという特徴がある。一方、van Hieleは、図形概念は水準を追って発達することを、科学研究によって明らかにした。このような図形概念の2面性と発達について、数学・認知・心理学・教育学といった視座から追究したものとして、川寄(2005, 2007)の「図形概念の理解の様相モデル」があり、本研究の基盤とする。しかしながら、川寄のモデルでは、コンピュータやプログラミングの活用は想定されていない。そこで、プログラミングからの接近によって、川寄のモデルでは明確にされていない、図形のイメージについて、精緻化を試みるとともに、「プログラミング形態の変化」と「川寄のモデル」との関係を示し、両者は刺激し合って発達するものと捉える。

プログラミングは、プログラムにおける言語記述(代数的なもの)と画面の図(幾何的なもの)の2面を有し、両者がコンピュータ内で繋がっていることにより、これまで個人の思考の中で行われた両者間の翻訳を担う。中でも特に着目した点は、プログラミング言語では、変数が扱えることである。変数を使ったプロシージャが、図形概念をひとつにまとめる。変数にいろいろな数値を代

入ることによって、さまざまな図形の「形」・「大きさ」・「向き」・「位置」を画面で実在するものとして見るができる。コンピュータによる数多くの試行もあいまって、図形の多面的イメージや統合的イメージ形成に有用であり、川寄が示したイメージをさらに詳しく分類することができる。

LOGO 言語は数学学習のために開発され、動的なタートルの存在によって、図形概念の理解に適している。しかしながら、ユークリッド幾何への対応ができないことと、プログラミング言語の汎用性の広さから、学校数学には定着しなかった。これらの問題点を克服する方法として、本研究において、ユークリッド幾何に対応できる擬似プリミティブを開発と併せて、プログラミング教材をコンテンツにすることで、解決をはかった。単元や課題ごとに、使用する命令のみをボタンにおき、キーボード入力を極力減らした。ボタンの命令には算数用語を中心においた。また、画面では、言語と図が逐次表示され、両者が残るようにすることで、図形について形と言語の両面からの検討や対比ができるようにした。

開発したコンテンツを使って、5年「正多角形」、6年「拡大・縮小」単元、および未習である、「平行四辺形の隣り合う角の大きさ」の授業を実践した。授業は、既習事項によって、筆者自身がプログラミングを教える時間と、担任教諭によって単元での学習を教える時間を設け、一般の教師や児童でも、プログラミングを活用した授業が成立することを立証した。合計21時間の授業は、同じ単元を2回以上繰り返す中で、児童の活動と担任教諭の要望を取り入れながら、PDCA サイクルに載せて、教材コンテンツの開発・改良や授業構成の改良を進めた。

「正多角形」の学習では、教科書にはない、6つの正三角形を合成する方法や、辺や角の大きさを決める方法で、正六角形の描画をした。この過程で、児童は言語の意味やイメージを多様にする活動をした。

「拡大・縮小」の単元では、やはり教科書にはない、すべての辺と角の大きさを指定して、元の図形を拡大したり縮小したりする経験をした。このことによって、拡大図と縮図の性質について言語で表現するテストでは、正答率がかなり高くなった。また、画面でいろいろな形、いろいろな倍率の拡大図や縮図を多く見る経験は、拡大・縮小に対するイメージを多面的にするものである。この単元に先立って、変数を用いたプロシーダを扱った。変数は既習であるが、実際に変数に数値を代入して、画面で結果をみることによって、変数の意味や機能について実感的に理解をするとともに、拡大・縮小という行為を統合する方向へと向かわせることができた。変数プロシーダを使った遊びを取り入れた自由描画では、独自の発想で、楽しみながら発見や発展的な活動をした。

「平行四辺形の隣り合う角の大きさ」を自分で見つけて、平行四辺形を描く課題は、6年のほとんどの児童が完成させることができた。しかし、練り上げの場では、帰納的に角度を変えて描いた方法と、演繹的に、既習の四角形の内角の和と平行四辺形の角度の性質から導き出した方法に2分され、それぞれのよさについて吟味することができた。また、情意面に関するアンケートでは、ほとんどの児童が、「楽しかった」「またやりたい」「勉強になった」という、正反応を示した。

今後は、他の学年での研究も進め、図形概念形成過程での活動を明らかにし、プログラミング活用を一貫したものとして位置づけていく。