

黒板上での図形描画を支援するインタフェースの提案

秀徳祐太[†] 加藤直樹[†]

概要: 小学校算数科「図形」領域の授業では、授業者が図形を提示しながら授業を行う必要があり、黒板に綺麗に簡単に素早く図形を描画することが重要である。本稿では、授業者が黒板上に書いた図形の1辺もしくは2辺を描くと、次に続く描画を導くガイドを表示することによって、図形描画に必要な点や辺の決定を支援するインタフェースを提案し、そのインタフェースの実現可能性と有用性を検証するために実装したシステムの設計と試作について述べる。

1. はじめに

平成29年3月に公示された次期小学校学習指導要領では、「図形」領域を「図形を構成する要素などに着目して図形の性質を考察したり、それを活用したりする資質・能力を育む」領域と位置付け、現行学習指導要領の「量と測定」領域で取り扱っていた図形の面積の計算が「図形」領域に移行されている。図形の性質とそれを用いた考察や計量がより重要になっている。

黒板を用いた授業で図形を扱う場合、黒板に直接図形を描いたり、授業前に授業で使用する図形を拡大印刷した模造紙等を用いたりするが、後者は授業準備に時間や手間がかかる問題がある。一方、黒板上の決められたスペースに綺麗に素早く図形を描くことは、特に経験の浅い教員や算数に長けていない教員にとって簡単ではない。綺麗な図形を描くために黒板用のコンパスや分度器等の教具を用いると、時間がかかってしまう問題もある。

これらの問題に対しては情報通信技術を適用した機器を用いた支援が有効と期待されている。図形を提示することに対しては大型提示装置、特に提示した図形に書き込みながら説明するためには電子黒板の利用が有効である。しかし、電子黒板の普通教室における普及率が26.8%にとどまっている点[1]、黒板は板面が広いことによって、複数の情報を同時に提示できる点、必要な情報を授業中残しておき授業の流れを最初から最後まで見渡せるようにできる点などから、黒板を利用することにも十分なメリットがある。

そこで本稿では、黒板への図形の描画を、綺麗に、簡単に、素早くできるように支援するインタフェースを提案し、そのインタフェースの実現可能性と有用性を検証するために実装したシステムの設計と試作について述べる。

2. 図形描画支援インタフェースの設計

2.1 基本コンセプト

本研究では、黒板への図形の描画を、綺麗に、簡単に、

素早くできるようにすることを目標に、授業者が黒板上に図形の1辺もしくは2辺を描くと、次に続く描画を導くガイドを表示する図形描画支援インタフェースを提案する。表示するガイドは、簡単さと素早さのために、高さや向きといった図形の属性の指示をせずに描画ができるようなものとする。たとえば二等辺三角形を描画する際は、1辺を描いた後に次の1辺の端点を決定し辺を描くことが難しいことを助けるために、その端点となる点が存在しうる場所を示すガイドを表示する。

2.2 描画支援ガイドの設計

ガイドは小学校算数科で扱う図形のうち、直角三角形、正方形、長方形、二等辺三角形、正三角形、平行四辺形、ひし形、台形、円を対象とする。

ここでは説明のため、授業者が最初に引いた1辺の左端を点A、右端を点B、3つ目の点を点C、それ以降の点を点Dと表記する。

2.2.1 直角三角形の補助ガイド

直角三角形を描画する際には、1辺を描いた後に、どの角を直角にするかによって3点目を取る位置が変わる。

角Aもしくは角Bが直角となる場合は、点Cは点Aもしくは点Bを通る辺ABの垂線になるため、点Aと点Bにその垂線を表示する。角Cが直角となる場合は、点Cは辺ABが直径となる円上となるため、辺ABを直径とする円を表示する(図1)。

2.2.2 二等辺三角形及び正三角形の補助ガイド

二等辺三角形を描画する際には、1辺を描いた後に、どの辺を底辺とするか、どの2辺を等しくするかによって3点目を取る位置が変わる。

辺ABが底辺となる場合は、点Cは辺ABの垂直二等分線になるため、辺ABの垂直二等分線を表示する。辺ABが斜辺となる場合は、点Cは辺ABを半径とする円上になるため、それぞれ点A、Bを中心とし、辺ABを半径とする円を表示する。

正三角形を描画する際には、最初に書いた1辺の長さ与其他の2辺の長さが等しくなる3点目を示したい。その点Cは上記の二等辺三角形の補助ガイドとして表示した点A、

[†] 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

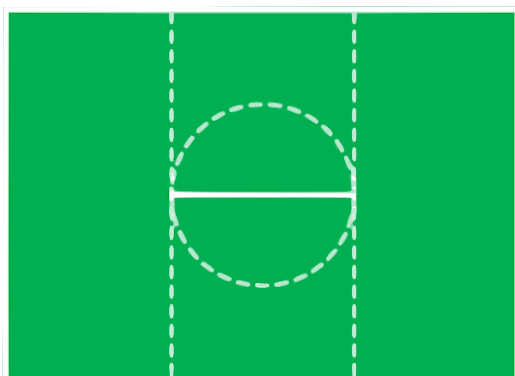


図1 直角三角形のガイド

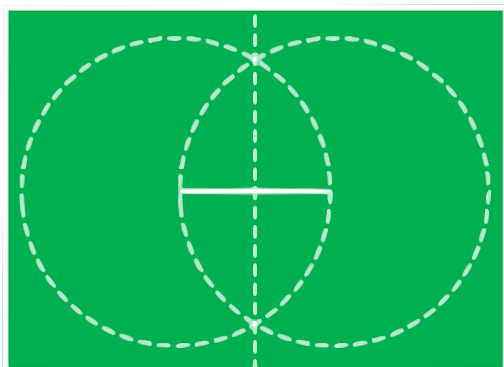


図2 二等辺三角形及び正三角形のガイド

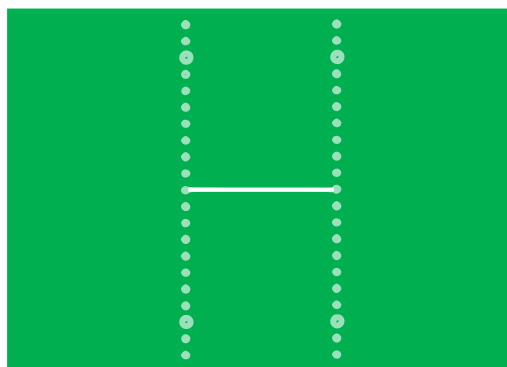


図3 正方形及び長方形のガイド

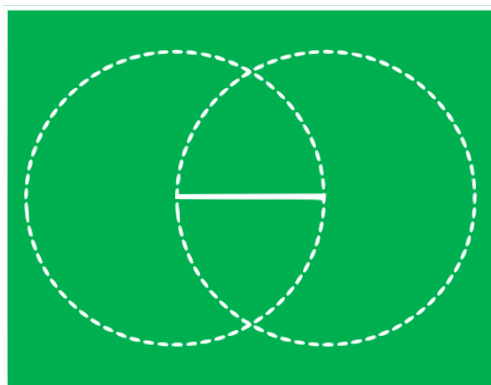


図4 円及びひし形の2辺目のガイド

Bを中心とした2つの円の交点になるため、二等辺三角形の補助ガイドと同様となる（図3）。

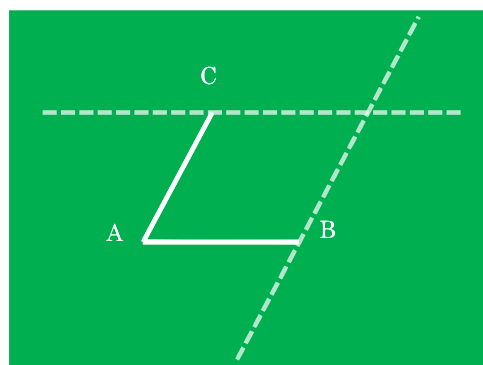


図5 2辺に対するガイド

2.2.3 正方形及び長方形の補助ガイド

正方形を描画する場合、最初の1辺を描いたときに、その辺を含む正方形の他の2点の取り方は2通りとなる。辺ADと辺BCが最初に描いた辺ABと等しい長さかつ垂直となるように点C、Dをとれば良いので、その2点を表示する。（図3）。

長方形を描画する場合、1辺を描いた後の2点が高さとなる必要がある。点C、Dは点A並びに点Bを通る辺ABの垂線上の点となるため、その垂線上の点を等間隔で表示することで高さを合わせやすいようにする（図3）。

2.2.4 円の補助ガイド

円を描画する際には、中心からの距離が等しくなるように円を構成する点をとることが難しい。

最初に描画した辺ABを描画したい円の半径とみなし、辺ABが半径となる円をそれぞれ点A、Bを中心として2つ表示する。円をなぞって描画したあとに辺ABを消すことで円のみを残すことができる（図4）。

2.2.5 ひし形の補助ガイド

ひし形を描画する際には、最初の1辺を描いた後にその辺と等しい長さになるように隣り合う辺を描き、残りの2辺がどちらも向かい合う辺と平行になるように描く。

点Cは辺ABを半径とする円上になるため、それぞれ点A、Bを中心とし、辺ABを半径とする円を表示する（図4）。

辺ACが引かれた後、最後の点Dは点Cを通り辺ABと平行な線と、点Bを通り辺ACに平行な線の交点となるため、その2つの線を表示する（図5）。

2.2.6 平行四辺形及び台形の補助ガイド

平行四辺形を描画する際は、ひし形と同様に隣り合う2辺を描いた後に、向かい合う2辺の組がどちらも平行となるように残りの点をとる。

2辺AB、ACを描いた後、点Dは点Cを通り辺ABと平行な線と、点Bを通り辺ACに平行な線の交点となるため、その2つの線を表示する。

台形を描画する際には、隣り合う2辺を描いた後に、向かい合う2辺の組のどちらかが平行となるように残りの点をとる。

2 辺 AB, AC を描いた後, 点 D は, 点 C を通り辺 AB と平行な線もしくは点 B を通り辺 AC に平行な線になるため, その 2 つの線を表示する (図 5)。

2.3 表示ガイド切り替え

前節で設計したガイドはほぼ同じ表示要素からなるため, 基本的に, すべてのガイドを同時に表示する。なお, 描いた線が 1 本の場合は, ひし形, 平行四辺形, 台形以外のガイド (図 7), 2 本の場合は, ひし形, 平行四辺形, 台形のガイドだけを表示する。

ただし, すべてのガイドを表示すると見にくい, わかりづらいことも考えられる。そこで, 表示するガイドを切り替えられるようにもする。切り替えは, 授業内で描く図形が一意に決まっている場合のためにシステムを起動した時と, 決まっていない, 決めるのが面倒な場合のためにシステム利用時のどちらでもできるようにする。後者においては, 操作時に操作部分を見なくても操作できるトグル型と, 素早く目的のガイドを表示できるように図形を選択する型の両方を用意する (図 7)。

2.4 実装方法の設計

2.4.1 基本方針

前節で記したガイドの表示には黒板に投影できる状態で設置してあるプロジェクタ型大型提示装置を用いる。また, 表示するガイドを決定するには黒板に描いた線を認識する必要がある。そのために黒板面をカメラで撮影する。



図 6 1 辺に対するガイド

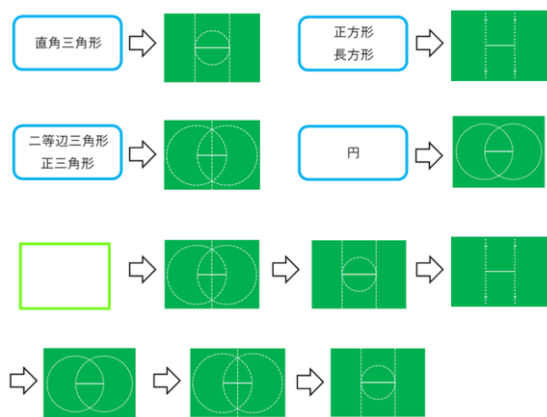


図 7 選択型とトグル型

2.4.2 白線検出

白線検出の実装には, 差分抽出, 色抽出, 輪郭抽出, 直線検出, 色空間の変換処理を用いる。

白線検出までの画像処理として, まず授業者が図形の辺となる白線を描く直前の黒板の画像と描いた直後の黒板の画像を RGB 色空間として取得する。それぞれの画像に対して HSV 色空間に変換する。この処理によって, 彩度や明度による白線の抽出が可能となる。この画像同士を差分検出処理にかけると, この処理によって, 白線を描く直前と直後の画像で変化した部分が求められる。

次に, 授業者が線を描いた直後の画像を色検出にかけると, 線が描かれた後の画像内の白色の部分抽出し, この画像と差分検出の結果として得られた画像の一致部分を求めることで, 線が描かれた後に増えた白い部分を取得する。

さらにこの画像に輪郭検出をかけることで, 線が描かれた後に増えた白い部分の輪郭を取得する。その輪郭情報に対して直線検出を行うことで, 線が描かれた後に増えた白い直線部分を求めることができる。

以上の処理を行うことによって得られる, 線が描かれた後に増えた白い直線部分を黒板に引かれた白線とみなすことで, 授業者がチョークで引いた白線の検出を可能としている。

3. 図形描画支援システムの試作

提案する図形描画支援インタフェースの実装可能性の検証, 及び評価のために, インタフェースを実装した図形描画支援システムを試作した。

3.1 ターゲット環境

黒板面を撮影する web カメラとしてロジクール社の Webcam Pro 9000 を用いた。黒板面にガイド等を表示するためのプロジェクタ型の大型提示装置としてリコー社の WX4141N を使用した。Web カメラとプロジェクタを接続したパーソナルコンピュータの OS は Windows10 とした。

3.2 操作方法

3.2.1 授業前の操作

授業前に行う支援インタフェース使用のための準備を簡単に素早くできるように, パソコン上でマウスのみの操作で行えるようにした。ここで行う操作は, 表示するガイドの指定, キャリブレーション, 色検出のためのチョークの色の指定である。

(1) 表示ガイドの指定

前節 2.3 で記した通り, 必要であれば, システム起動時に表示するガイドを選択する。

(2) キャリブレーション

本システムでは, 描いた線に合わせてガイドを表示するために, カメラからの入力とプロジェクタからの出力の座標系を合わせる必要がある。カメラやプロジェクタ

の配置は授業を行う教室によって変わるため、それに対応させるための設定を行う。

(3) チョークの色の指定

教室の明るさ等によって、チョークの白線検出に用いる画像内の白線が持つ HSV 色空間における色相、彩度、明度の数値も変わるため、授業前に制御用のパソコンに映した黒板面の画像内にある白線をクリックすることで教室に合わせて白線の持つ値を事前に取得、調整を行う。

3.2.2 授業中の操作

授業中の操作は、授業の進行をなるべく妨げないように、携帯型デバイスから指示する方法によって、チョークを持ったまま行えるようにした。

(1) 白線描画の画像取得

前節 2.4.2 で述べた通り、授業者が描画した白線の検出には、線を描く直前と直後の黒板面の画像が必要となる。ここを自動化することは現状難しかったため、授業者が描画する図形が平行四辺形、台形、ひし形以外の場合は最初の 1 辺、平行四辺形、台形の場合は 2 辺、ひし形の場合は最初の 1 辺と次の 1 辺の 2 回とも、描く直前と直後で、それぞれ携帯型デバイスの画面上に配置した描画開始・終了ボタンをタッチすることで黒板面の画像を取得する合図とした。描画開始と描画終了を同時に選択する場面がないためボタンはトグル型として、描画開始と描画終了の表記が切り替わるようにした (図 8)。

(2) 補助ガイド表示切り替え

前節 3.2.1 で述べた表示ガイド指定によって、複数の補助ガイドを分けて表示することを選択した場合、描画時に表示ガイドを切り替える必要がある。

この切り替えは、携帯型デバイスの画面上に配置したボタンに対するタッチ操作でガイドの表示切り替えを行えるようにした (図 8)。無地のボタンはタッチ操作を行うたびに表示されるガイドが切り替わるトグルボタンである。片手で持った際に親指との距離が近い画面下部に配置することで画面を見ずに表示切り替えの操作が行えるようにした。一方画面上部に配置したボタンは図形の種類ごとに分けて、画面を見ながら表示したいガイドを素早く決定できるよう

にした。また、全表示と書かれたボタンでは全種類のガイドを表示し、非表示と書かれたボタンでは非表示にできる。

4. おわりに

本研究では、小学校算数科の授業を対象とし、黒板への図形の描画を、綺麗に、簡単に、素早くできるようにすることを目的として、授業者が黒板上に図形の 1 辺もしくは 2 辺を描くと、その後の描画を導くガイドを表示する図形描画支援インタフェースの提案と、実現可能性と有用性の検証のためにこのインタフェースを実装したシステムの設計と試作を行った。

ガイドは小学校算数科で扱う図形のうち、直角三角形、正方形、長方形、二等辺三角形、正三角形、平行四辺形、ひし形、台形、円を対象とし、高さや向きといった図形の属性の指示をせずに描画ができるように設計し、その表示を切り替える機能を実装した。

今後は提案したシステムの評価実験を通し、システムを使用して描いた場合と、しないで描いた場合に対して、図形を描くための点の決定が簡単にできたか、描いた図形が綺麗であったか、図形を描くことにどれほど時間がかかったかを比較し、提案したインタフェースの有用性を検証する。それをもとに、より簡単に、綺麗に、素早く図形を描くことのできる図形描画支援インタフェースと操作方法の設計を行う。また、小学校算数科で扱う図形である多角形についてのガイドの設計も進める。

参考文献

- [1] 文部科学省：学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (2018)



図 8 図形選択方法