

# 数学科教育法における幾何作図ソフト Cabri-Geometry II の活用

人間発達科学部 准教授 岸本 忠之

本稿は、数学科教育法Ⅱで扱っている数学ソフトの中で特に「幾何作図ソフト Cabri-Geometry II」を取り上げ、このソフトによってどのようなことが可能なのか、そして数学科教育法Ⅱにおけるテクノロジー活用に関する概要を示すこととする。(1)中学校3年生で取り上げられている「中点連結定理」を例に Cabri-Geometry II を活用した授業展開を示し、従来の指導と Cabri-Geometry II を活用した指導の違いを示した。(2)Cabri-Geometry II による作図の特徴として同じ図形でも複数の作図方法があり、講義で取り上げている線分の作図と二等辺三角形の作図に関する複数の作図方法を述べた。

キーワード：数学科教育，テクノロジー，幾何作図ソフト，教職科目

## 1. 数学科教育におけるテクノロジー活用能力育成

現行の教員養成カリキュラムにおいて、数学科教育法はⅠ～Ⅳまでである。本学における数学科教育法Ⅱはテクノロジー活用能力育成に焦点を当てて行われている。数学科教育法は、単に数学の指導法に関する理解を深めるだけでなく、テクノロジー活用能力を育成することも含んでいる。

数学科教育法Ⅱの目的は、実際にグラフ電卓や数学ソフトなどの操作実習を行うことを通して、数学教育におけるテクノロジー利用について理解を深めることである。数学科教育法においてテクノロジー活用を取り上げている理由は以下である。すなわち(1)今日、数学教育におけるテクノロジー活用は教師にとって不可欠な能力である。(2)テクノロジー活用によって、数学授業が望ましい方向へ変化することが期待される。

実際の講義概要は以下である。

- (1)数学科教育におけるテクノロジー活用の実態
- (2)幾何作図ソフトCabri-Geometry II の利用  
概要／基本操作／応用
- (3)数式処理ソフトMathematicaの利用  
概要／基本操作／応用
- (4)数学科教育におけるテクノロジー利用（指導例）
- (5)数学科教育においてテクノロジー利用の指導例作成

本稿では、講義で扱っている数学ソフトの中で特に「幾何作図ソフト Cabri-Geometry II」を取

り上げ、このソフトによってどのようなことが可能なのか、そして数学科教育法Ⅱにおけるテクノロジー活用に関する概要を示すこととする。

## 2. Cabri-Geometry II の概要

Cabri-Geometry は、1988年フランスのグルノーブル大学のラボルデ氏らによって開発された教育用ソフトである(図-1)。Cabri-Geometry は、「幾何学の指導のための情報ノートブック(Caier de Broullion Infoamtique pou l' apprentissage de la geometrie)」という意味である。

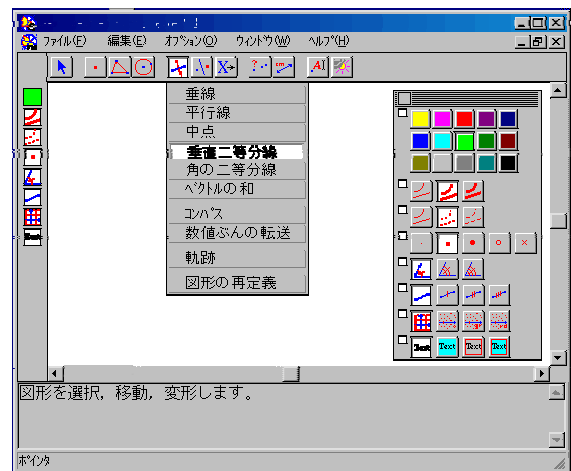


図-1 Cabri-Geometry II のウィンドウ

教師が Cabri-Geometry II を活用することによって、数学授業がどのように変化するかを示す。

中学校3年生の教科書には、中点連結定理を活用して証明する問題がある。

教科書にある問題：

四角形 ABCD の4辺 AB, BC, CD, DA の中点を、それぞれ、P, Q, R, S とすると、四角形 PQRS は平行四辺形であることを証明しなさい。

この問題は、最初から結論が与えられていて、それを証明するものである。生徒がこの問題に興味・関心を持つことは難しい。

教師は、テクノロジーを活用すれば、以下のような問題を設定して数学授業を展開できる。

テクノロジー活用を前提とした問題：

四角形 ABCD の4辺 AB, BC, CD, DA の中点を、それぞれ、P, Q, R, S とすると、四角形 PQRS はどんな図形になるだろうか。

生徒は、Cabri-Geometry II を活用して、作図条件に従って作図すれば、図中に変化するものと変化しないものを観察できる (図-2,-3)。

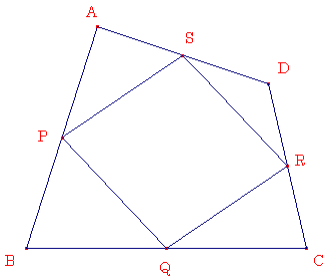


図-2 四角形 PQRS の変化の様子(1)

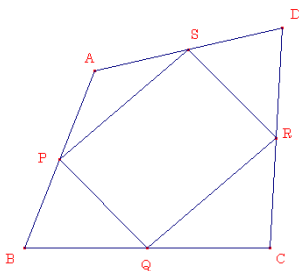


図-3 四角形 PQRS の変化の様子(2)

生徒は Cabri-Geometry II において、作図条件に合うように図形を動かすことができる。このような問題において、生徒は、四角形 PQRS は長方形、平行四辺形、ひし形などと予想する。そして生徒は、本当に「四角形 PQRS は平行四辺形なのだろうか」という疑問を持ち、証明したいという動機が生じると言える。

生徒は以下のように原問題を発展させることも

できる。

発展問題 1：

四角形 PQRS が長方形になるは、四角形 ABCD がどのような図形のときですか？

発展問題 2：

四角形 PQRS がひし形になるは、四角形 ABCD がどのような図形のときですか？

発展問題 3：

四角形 PQRS が正方形になるは、四角形 ABCD がどのような図形のときですか？

教科書による従来の指導と Cabri-Geometry II を活用した指導との違いは以下である。

(1)証明できない生徒でも自分の考えを持つことができる

生徒の中には、中点連結定理を十分に理解していないものもいる。しかしこの問題では、生徒は自分なりに四角形 PQRS はどのような図形になるか予想できる。多くの生徒が数学授業に参加できる。

(2)図形の中で変化する性質と変化しない性質が分かる

Cabri-Geometry II において、作図条件に従って動かしたとき、変化する性質と変化しない性質がある。生徒は、変化する性質と変化しない性質を視覚的に理解できるので、図形の作図条件に目を向けることができる。

(3)推測や証明の必要性を理解できる

教科書のような問題では、結論が既に示されているので、生徒はその結論を証明しなければならないという意識が弱い。しかし Cabri-Geometry II を活用した問題では、生徒はまず予想する。そのため生徒はその予想が果たして正しいのかどうかを確認したいという意識が生じやすい。

(4)発展的な問いを連続させることができる

教科書にある問題は、それ自体で完結している。しかし Cabri-Geometry II を活用した問題では、生徒は、平行四辺形以外にも、長方形、平行四辺形、ひし形になる条件を調べることができる。生徒は発展的に問いを連続させることができる。

(5)問題作りができる (原問題の条件変更)

Cabri-Geometry II を活用すれば、生徒は簡単に作図できるので、四角形以外にも、三角形、五角

形, …のように原問題を変化させることができる. 生徒自身で問題を作ることができる. 生徒は, 問題作りを通して, 「問題は教師から与えられるものである」という信念を持たないようになることが期待される.

### 3. 数学科教育法Ⅱの概要

数学科教育法Ⅱでは, Cabri-GeometryⅡに関して, 概要を説明したあと, 基本操作を行い, 操作に慣れたところで, 応用操作を行っている(図-4). またレポートとして「数学教育におけるテクノロジー活用の指導例作成」という課題も課している.



図-4 講義の様子

学生が Cabri-GeometryⅡによる作図の特徴を理解できるように, 1つの図形に関して複数の作図方法を取り上げている. 紙と鉛筆による作図であれば1つの図形でも, Cabri-GeometryⅡによる作図では, 図形自体が作図条件に合わせて変化するので, 作図条件に従って異なる図形ができる. 以下にある図形に関する複数の作図方法を示す.

#### (1) 線分の作図

・位置や長さが変化する線分 (図-5)

- ① 2点 [A, B] をとる [点]
- ② 2点 [A, B] を結ぶ [線分]

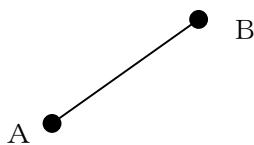


図-5 位置や長さが変化する線分

・定点を通り長さが変化しない線分 (図-6)

- ① 与えられた点Oを中心とし, 円周上の任意の点を使って円を作図する [中心と円周上の点による円]

- ② 円周上に点Aをとる [図形上の点]
- ③ 中心Oと②でとった点Aを結ぶ [線分]
- ④ 円と円を作図するために使用した点を非表示にする [図形表示]

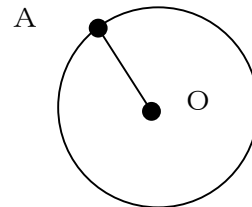


図-6 長さが変化しない線分

・ある線分をはずれても高さが消えない線分(図-7)

- ① 2点 [B, C] を通る直線を作図する [2点による直線]
- ② 点Aをとる [点]
- ③ 点Aを通る垂線を作図する [垂線]
- ④ 垂線と直線との交点Dを作図する [交点]
- ⑤ 線分AD, BCを作図する [線分]
- ⑥ 垂線, 直線を非表示にする [図形表示]

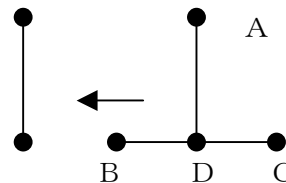


図-7 高さが消えない線分

#### (2) 二等辺三角形の作図

二等辺三角形にもいくつかの作図方法がある.

・高さが変化する二等辺三角形 (図-8)

- ① 底辺BCを作図する [線分]
- ② 線分BCの垂直二等分線を作図する [垂直二等分線]
- ③ 垂直二等分線上に点Aをとる [図形の上の点]
- ④ 線分AB, ACを作図する [線分]
- ⑤ 垂直二等分線を非表示する [図形表示]

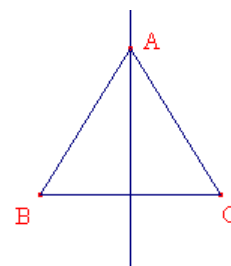


図-8 高さが変化する二等辺三角形

- ・頂点が動かない二等辺三角形 (図-9)
- ①中心Aと円周上の点により円を作図する [中心と円周上の点による円]
- ②円周上の点 [B, C] をとる [図形上の点]
- ③線分AB, AC, BCを作図する [線分]
- ④円, 円周上の点を非表示にする [図形表示]

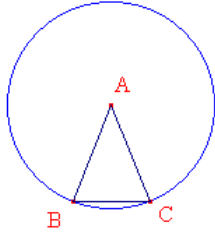


図-9 頂点が動かない二等辺三角形

- ・底辺が動く二等辺三角形 (図-10)
- ①線分BCを作図する [線分]
- ②点Cを中心にして, 適当なところに点Dをとり円を作図する [中心と円周上の点による円]
- ③②と同じ半径の円を描くために, まず線分BCの中点Xを作図する [中点]
- ④点Dの点Xに対する対称点Eを作図する [対称点]
- ⑤点Bを中心にして, 点Eを円周上の点として, 円を作図する [中心と円周上の点による円]
- ⑥②と⑤で作図した円の交点をAとする [交点]
- ⑦線分AB, ACを作図する [線分]

- ⑧円や交点を非表示する [図形表示]

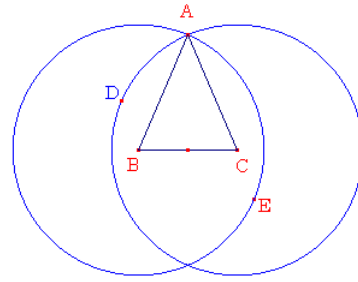


図-10 底辺が動く二等辺三角形

参考文献

蓮井 敏(1998). 「数学科教育法」におけるひとつの教育実践. 京都産業大学論集・自然科学系列・I・27,149-158.

樋口禎一・橋本吉彦(1994). 数学科教育法—中学・高校数学における基礎・基本—. 牧野書店.

杉山吉茂・澤田利夫・橋本吉彦・町田彰一郎 (編) (1999). 数学科教育—中学・高校—. 学文社.

数学教育学研究会 (編) (2001). 新版 数学教育の理論と実際<中学校・高校>. 聖文新社.

吉田 稔(2003). 算数・数学科教育法と教科専門とのかかわりについての一考察—教育学部において培うべき数学的経験と教育的経験との関連を念頭において(多様な教育実践の探究)—. 教科教育学研究・21,231~258.