

## 特集

## グラフ描画ソフトウェア (GeoGebra) の活用

現代の数学教育において ICT 活用が不可欠となる中、グラフ描画ソフトは、生徒の「なぜ？」という探究心を引き出すための最も強力なツールの一つである。図形やグラフの動きを視覚化することで、従来の授業で課題となりがちだった抽象的な概念の理解を深め、面倒な計算負荷を軽減して本質的な思考時間を確保することに役立てることができる。

しかし、初めてグラフ描画ソフトに触れる先生方にとっては、ダウンロードや操作方法、そしてそれを授業にどう組み込むかという点で、一歩踏み出しがいと感じるかもしれない。

本特集では、特に優位性の高い GeoGebra の導入方法から、基本的な作図・グラフ操作、そして動点問題や統計解析といった高校数学の授業ですぐに使える実践的な活用例までを、初めて GeoGebra に触れる先生方にわかりやすく解説することを目的に作成した。

生徒たちの数学的思考と探究を深めるための一助となれば幸いである。

## 1 グラフ描画ソフトについて

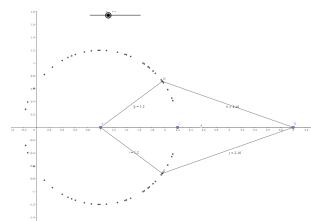
## 1.1 グラフ描画ソフトの利点

グラフ描画ソフトは、生徒が数学の概念を深く理解し、自ら探究する力を育成する上で有効と言える。その具体的な利点は以下の 2 点である。

(1) 抽象的な数学的概念の視覚化が可能になる。これにより、例えば、点や図形、値を動かすことで、図形の性質がどのように変化するのか、関数がどのように振る舞うのかを直感的に理解することができるようになる。

例 1：アポロニウスの円の点描。上部のスライダーを動かすことで、実際の 2 点間から動点までの距離の値を確認しながら、描写することができる。

<https://www.geogebra.org/classic/rsfzkp5u>

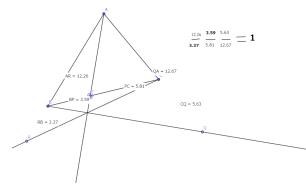
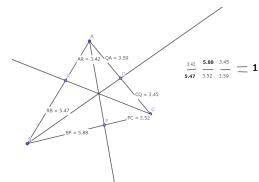


(2) 計算負荷を軽減し、思考時間や協働的な学習のための時間を確保することができる。従来の授業では図形の辺の長さを少し変

えるだけでも、計算をやり直す必要があり、本質的な思考に割く時間が少なくなってしまいがちであった。グラフ描画ソフトを用いれば、数値や座標の変化が自動的に図形として反映されるため、生徒は計算の代わりに「なぜこのようになるのか？」「他のパターンはないか？」といった、より深い思考に集中することができる。

例 2：チエバの定理について、生徒に実際に点を動かさせて値を確認する。一見すると三角形の辺上の点は辺の内部だけにあるように見えて、実は延長線上まで動かせて、「実は 3 直線の交点は三角形の中になくても大丈夫なのか？」ということに自発的に気づく生徒も出てくる。

<https://www.geogebra.org/classic/vfq3wfd>



特に例 2 のような場面では、教員からチエバの定理の拡張について説明することは可能であるが、「実際に動かす」という実験を通して、生徒から自発的な疑問を引き出すことが可能となる。グラフ描画ソフトの本質的な教育的価値は「図形を動かせる」ことそのものではなく、生徒が自ら問を発し、答えを探究したくなるような学習状況を、教員側が意図して設計できる点にあると言える。この点において、グラフ描画ソフトは、教員を「知識の伝道者」ではなく「探究のファシリテーター」として変化させるツールであるとも考えることができる。単なる ICT 推進の一環に留まらない可能性を秘めたツールの一つである。

## 1.2 グラフ描画ソフトの比較

グラフ描画についてはいくつかのソフトウェアが開発されているが、主に学校現場で目にする機会の多い GeoGebra, Desmos, GRAPESについて比較する。

項目	GeoGebra	Desmos	GRAPES
機能	幾何学、代数、グラフ、表計算、3Dを統合	高性能なグラフ電卓 シンプルなグラフ描画に特化	国版グラフ作成に特化 日本の高校数学に合せた機能
得意分野	幾何学、動的な教材作成、代数、幾何・統計の統合学習	関数、方程式のグラフ描画、直感的な操作、協調学習	関数のグラフの正確な描画 特に微分・積分の可視化
プラットフォーム	デスクトップアプリ、Web、モバイルアプリ アプリについては統合版と分野別がある	主にWebベース（グラフドーム） モバイルアプリもあり	主にデスクトップアプリ（Windows/Mac）
開発元等	オーストリア	アメリカ	日本（友田勝久氏） 1990年代から開発
操作性	多機能で操作に習熟に時間がかかることがあるが、自由度が高い	非常にシンプルで直感的 生徒が使用する際には最も適している	グラフの表示・操作はシンプルだが、特有の操作体系を持つ
ライセンス	オープンソース	オーブンソース	基本機能は無料 教育用ツールも提供 一部制限あり

個人の肌感覚による部分も多分に含まれているが、主に教員が教材を作成する場合や生徒に自学自習の補助教材として紹介する場合は GeoGebra、主に生徒にグラフを用いた作業をさせたい場合は Desmos というように使い分けるとよい。今回は、その中でも GeoGebra について紹介したい。

## 2 GeoGebra の利用と実践

### 2.1 GeoGebra とは

GeoGebra 本来は動的数学ソフトウェアであり、単なるグラフ作成ツールの枠を超えて

た、幾何学、代数学、表計算、グラフ作成、統計学、微積分といった数学の複数の分野を、一つに統合したインターフェースである。これにより、例えば、ある図形を操作すると、それに対応する座標や方程式が自動的に変化するといった、数学的対象を複数の視点から同時に捉えることが可能になる。また、世界中で 1 億人以上の生徒や教師に利用されており、非営利ユーザーは無料で利用できるオープンソースソフトウェアであるため、有志でデータを配布しているユーザーも多く、授業内で活用できるサンプルが数多く存在している点も魅力的である。

### 2.2 GeoGebra の導入と画面表示

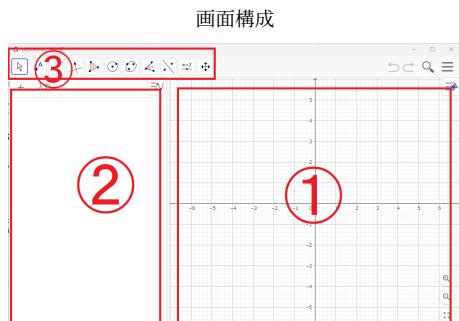
ブラウザ版は「GeoGebra 全機能版<sup>1)</sup>」にアクセスするだけで利用を開始できる。ログインは必須ではなく、作成したデータはローカルにファイルを保存することも可能である。デスクトップ版はリンク<sup>2)</sup> (Windows 用) からダウンロードできる。関数・幾何・空間・数式処理・計算電卓の各機能を個々に分けたアプリもあり、そちらはダウンロードページ<sup>3)</sup>からダウンロードできる。ブラウザ版の利点はネットワークさえあればどの端末からでも同じ環境で作業ができる点にある。逆に、ダウンロード版の利点は一度ダウンロードしてしまえばネットワークに接続せずにローカルのみで作業ができる点である。また、現在 GeoGebra には「スイート」「クラシック」と呼ばれる異なるバージョンのアプリがあるが、今回は教材作成に適している「クラシック」を用いて紹介することにする。



1) <https://www.geogebra.org/classic?lang=ja>

2) <https://download.geogebra.org/package/win-autoupdate>

3) <https://www.geogebra.org/download>



GeoGebra のインターフェースは、主に 3 つの部分から構成されている。

① グラフィックスビュー: 図形やグラフを視覚的に表示するキャンバス。

② 数式ビュー: 作図された図形や点の座標、数式、面積などが自動的に数値や式で表示される。

③ ツールバー: 作図に必要な様々なツールがアイコンで格納されている。

ここで覚えておいていただきたいことは、グラフィックスビューと数式ビューは連動しているという点である。例えば、グラフィックスビュー上で多角形の頂点をマウスでドラッグすると、数式ビューに表示されている点の座標や多角形の面積の値がリアルタイムに変化する。この機能により、生徒に「図形の動き」と「数値の変化」の間の直接的な関係を視覚的に結びつけさせることができる。

GeoGebra における作図は上記③のツールバーからツールを選択するところから始まる。

③ツールバー



左から順に

1. 移動ツール

すでにグラフィックスビューにある点や図形を移動する際に使う。手書きペン機能もある。

2. 点ツール

点を作成する。自由に点を置くこともでき

るが、図形同士の交点や 2 点間の中点、グラフの極値等、条件を満たす点を自動で作成することもできる。

### 3. 線 (2 点間) ツール

2 点を通る直線・半直線・ベクトルを作成できる。

### 4. 作図ツール

特定の条件をもつ直線・曲線を作成できる。垂線・平行線・垂直二等分線・角の二等分線・接線・軌跡等が該当する。

### 5. 多角形ツール

多角形や正多角形を作成できる。

### 6. 円ツール

円や扇形が作成できる。

### 7. 二次曲線ツール

楕円・双曲線・放物線等が作成できる。

### 8. 計測ツール

すでにある図形の角度・距離・面積・傾き等を表示することができる。

### 9. 移動・変換ツール

線・点対称や平行移動を行うことができる。

### 10. 挿入ツール

グラフィックスビューの中に文章を挿入したり、定数を変えるためのスライダーを表示できる。

### 11. グラフィックツール

画面の縮小・拡大等や図形の表示・非表示の変更等ができる。

多機能ですべて使いこなそうとすると複雑ではあるが、まずは簡単に使える点ツールや線 (2 点間) ツールを触ってみることをおすすめする。

## 2.3 基本的な使い方 (チュートリアル)

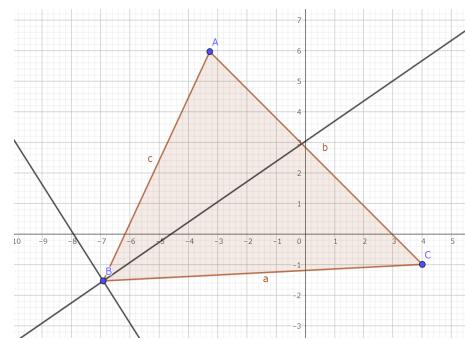
チュートリアル用の課題を用意した。まずは同じように操作をして、慣れてみていただきたい。

### 2.3.1 チュートリアル 1: 三角形の内接円の作図

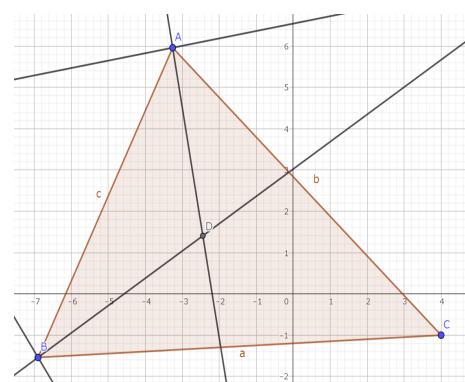
①多角形ツールで三角形を作図する。多角形ツールから「多角形」を選択し、3 点をク

リックする。ここで、3点目を選択したあとに、最初にクリックした点に戻る(1周する)ことで三角形が完成する。(四角形以上を作成したい場合は、同様に最後に最初に選択した点に戻るようとする。)

②内心を作成する。作図ツールから「角の二等分線」を選択する。角の二等分線は2直線を選択すると自動で角の二等分線を作成するので、2辺を選択する。

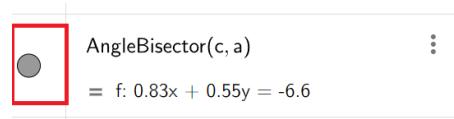


上図のように、内角と外角の二等分線両方が引かれることになる。同様にして、他の2辺の角の二等分線を作成する。次に、点ツールから「2つのオブジェクトの交点」を選択する。これは、2つの図形やグラフの交点を作成するツールである。先ほど角の二等分線を2本選択し、内心を作成する。

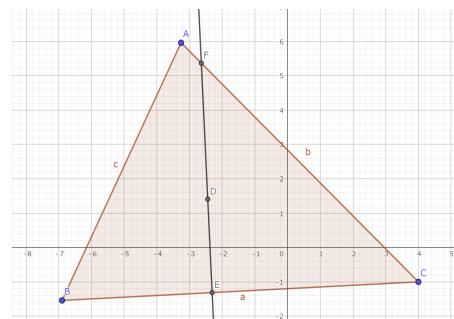


この後の作図では二等分線は必要ないので、非表示にして良い。二等分線を右クリックして設定を選択し、「オブジェクトの表示」を変更したり、数式ビューの中で当該直線の左側にある○を押すことで非表示にできる。

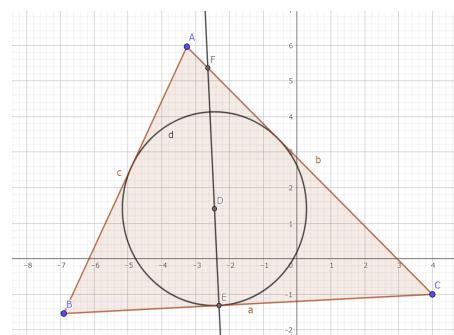
ただし、削除してしまうと、交点まで消えてしまうので注意していただきたい。再度表示したい場合は、数式ビューの○を押すと表示できる。



③内心から辺への垂線を下ろして、垂線の足を作成する。作図ツールから「垂線」を選択する。これは点と直線を選択することで、選択した点を通り、直線に垂直となる垂線を作図できる。先ほど作成した内心と1辺を選択し、垂線を作図する。ここでは、垂線の足は作図されないので、オブジェクトの交点としてそちらも作図する。2と同様に「オブジェクトの交点」から垂線と辺を選択し、垂線の足を作図する。



④内接円を作図する。円ツールから「中心と円周上の1点で決まる円」を選択する。中心と先ほど作図した垂線の足を選択し、内接円を作図する。



補足：座標軸や格子は設定で消すことが可能。また、三角形の色を変更したり、濃度を変更したりも可能。

基本的には紙とペンを用いて作図を行う作業をそのまま処理することが可能であるため、一度操作に慣れればかなり複雑な作図も可能になる。

### 2.3.2 チュートリアル 2:動点問題のシミュレーションと面積変化

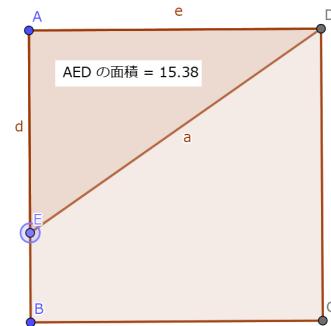
多角形の辺上で動く点と、それにともなう図形の面積変化を表現するための図形を作図する。今回は正方形の辺上で動く点を作成する。

①多角形ツールの「正多角形」を使って正方形 ABCD を作図する。グラフィックスビュー上に 2 点を選択して線分を作成した後に、頂点の数を入力すると、線分を 1 辺とする正多角形が作成できる。正方形を作成する場合は「4」を入力する。数式ビューでその頂点を確認する。

②動点 E を、長方形の辺 AB 上に配置する。点ツールから「オブジェクト上の点」を選択し、辺上に点を作成する。移動ツールで点 E を選択してからドラッグすると、その辺の上でのみ動くように制御される。

③「多角形」ツールで、動点 E を頂点とする三角形を作図する。今回は三角形 AED を作図する。

④点 E を動かすことで三角形 AED は変化し、その面積は数式ビューに表示される。また、グラフィックスビューに表示する場合は、計測ツールから「面積」を選択し、三角形 AED を選択することで表示することができる。



生徒は点を動かしながら面積の変化を確認し、「どのようにすれば面積を最大化させか」といったような課題に対して、実験的に取り組むことができる。

### 2.3.3 チュートリアル 3:定数によって変化する2次関数

関数グラフは数式ビューに直接数式を打ち込むことでかくことができる。変数は  $x$  と  $y$  を使用する。 $y = x^2 + 1$  のグラフを作成したい場合は、数式ビューにそのまま「 $y = x^2 + 1$ 」と入力することで作成できる。数式内には三角関数や指數・対数、その他数学記号が使用できる。

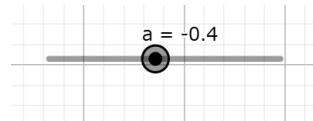
ここで「 $y = x^2 + ax + 1$ 」 $(-5 \leq a \leq 5)$  のグラフを作成する。 $x, y$  以外の定数をある範囲で変化させたい場合、あらかじめ定数の範囲を設定する方法と、先にグラフを用意して後から定数の範囲を定める方法がある。

#### ①先に定数の範囲を設定する場合

挿入ツールから「スライダー」を選択する。選択すると、グラフィックスビューをクリックできるようになるので、スライダーを置く場所をクリックする（後から変更可能）。

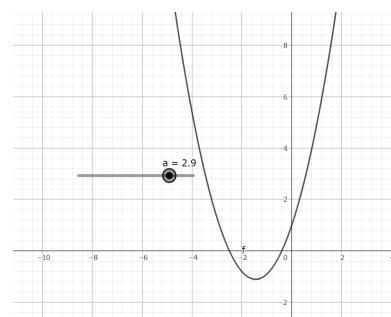


名前は自分で用意したい文字に変更可能。今回は  $a$  とする。区間は最小値と最大値、増分を設定できる。増分とは、スライダーのメモリを 1 動かしたときの値の変量を指す。増分の値が小さければ小さいほどグラフは滑らかに変化する。後から変更もできるので、一度設定した後に、「もう少し滑らかに動かしたいな」となった場合は値を小さくする。OK を押すとこのようなスライダーが表示される。



このスライダーは数式ビューにも同じものが用意され、グラフィックスビュー内で邪魔にならたら非表示にして数式ビューから操作することも可能である。

次に、 $a$  を使った関数を用意する。数式ビューに「 $y = x^2 + ax + 1$ 」と入力すると、先ほどのスライダーの値を反映したグラフが作成できる。



スライダーの値を変化させるとグラフも移動する。また、数式ビューのスライダー右側には再生マークがあり、自動でスライダーを動かしたアニメーション調にすることもできる。

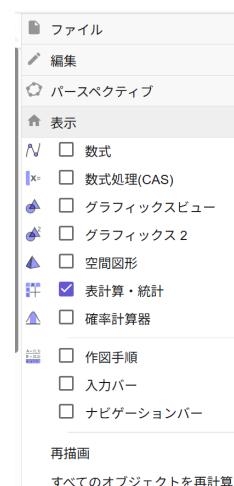
## ②先にグラフを用意する場合

スライダーを用意せずに、数式ビューに「 $y = x^2 + ax + 1$ 」を入力する。数式ビューに  $x, y$  以外の文字を使用して関数を入力した場合、当該の文字のスライダーを自動的に作成してくれる。この手順で作成した場合、グラフィックスビューには表示されず、数式ビューにのみ表示され、変域も自動で設定される。右クリックから設定を変更することで、グラフィックスビューに表示したり、変域を変更することが可能である。

### 2.3.4 チュートリアル 4: 表計算ビューでのヒストグラム作成

GeoGebra は図形・グラフを作成するだけではなく、多くの機能を有している。ここでは表計算ビューからヒストグラムを作成する。

①メニューから「表示」→「ビュー」→「表計算・統計」を選択し、表計算ビューを表示する。

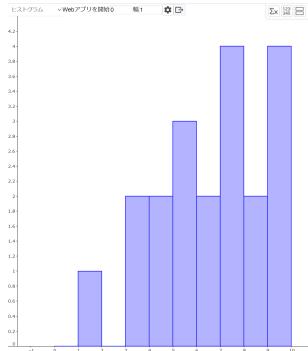


② A1 セル以下に、分析したい数値データ

を縦に入力する。

	A	B
1	9	
2	8	
3	9	
4	10	
5	3	
6	5	
7	6	
8	7	
9	3	
10	7	
11	6	
12	4	
13	5	
14	5	
15	4	
16	7	
17	1	
18	8	
19	7	
20	10	
21		
22		

③入力したデータ範囲（例：A1 から A20）を選択し、ツールバーの「一変数解析」ツールを選択する。ポップアップウィンドウで「解析」をクリックすると、ヒストグラムが自動的に作成される。



オプション機能を使うことで、階級の幅や色など、表示に関する様々な設定を変更で

きる。

#### 2.4 作成したファイルの保存と共有

作成したファイルはローカルに保存が可能である。右上の「≡」から「…形式でダウンロード」を選択し、「.ggb」ファイル形式でダウンロードすれば、再度開くことで続きからの作業を行うことができる。また、「.html」形式でダウンロードすれば、生徒に配布しブラウザ上で表示することも可能である。

### 3 最後に

本特集では、グラフ描画ソフトが単なる技術ツールではなく、数学の授業を生徒主体の探究的な学びへと変化させる教育ツールであることを強調したい。その価値は、生徒を煩雑な計算から解放し、数学の本質的な思考に時間を割けるようにする点にある。

しかしながら、強力なツールである一方で、あくまでも授業「サポート」として位置付けることが重要であると考える。生徒が考察や実験ではなく、操作そのものに熱中したり、論理の飛躍や循環論法といった生徒が陥りやすい思考の誤りに気づけなかったりすることのないように、生徒を正しい方向性へ導く授業設計が求められる。