平成30年度教員免許状更新講習

GeoGebra 入門

北海道教育大学釧路校会場平成30年12月2日

配布物一覧

- 本テキスト
- 未来の学びコンソーシアム小学校プログラミング教育必修化に向けてリーフレット
- geogebra-intro.pdf
- link.html
- pa.txt

講習内容 小学校段階でのプログラミング教育を念頭に置き、特に図形の処理に優れる 数学ソフトウェアの「GeoGebra」を中心に、入門的な講習を行う。講習では、処理系の 導入、初等幾何的および解析幾何的な作図の方法、画像としての保存方法を扱い、また、 関連して、自動定理証明や統計的な話題にも触れる。

到達目標

(1) GeoGebra で基本的な作図ができる。

(2) 基礎的な算数・数学の課題に関する考察を GeoGebra を利用して行える。

講習計画

- 8:50- 9:00 オリエンテーション
- 9:00-10:30 GeoGebra 入門と平面図形の基本的な作図
- 10:40-12:10 動的幾何入門
- 12:10-13:10 休憩・昼食
- 13:10-14:40 空間図形の基本的な作図
- 14:50-15:20 自動定理証明、統計的処理
- 15:30-16:30 修了認定試験
- 16:30-16:45 アンケート記入、連絡事項

受講者内訳

小学校 2 名、中学校 7 名、高等学校 10 名、合計 22 名

	目次	
1	はじめに	4
2	プログラミング教育・コンピュータの活用	5
2.1	学習指導要領	5
2.2	プログラミング教育 1	2
3	GeoGebra とそのインストール 2	4
3.1	GeoGebra とは 2	4
3.2	GeoGebra のインストール	6
3.3	動作確認	8
4	GeoGebra の基本操作 3	1
4.1	各部名称	1
4.2	作図の基本操作	4
4.3	グラフィックスビューの基本操作	6
4.4	メインメニューの基本操作3	6
4.5	初めての動的幾何	7
5	より進んだ作図 4	0
5.1	点の色の意味(自由点・半自由点・従属点)4	0
5.2	残像	1
5.3	軌跡	4
5.4	アニメーション 4	5
5.5	練習問題	6
6	入力バー 5	4
6.1	点の入力	5
6.2	数値の入力	5
6.3	関数	7
6.4	陰関数	9
6.5	領域	0

7	より進んだ入力バーの活用 6	1
7.1	定義域を限定した関数	1
7.2	パラメータを含む関数	1
7.3	LocusEquation 命令 6	5
7.4	区分求積法	6
7.5	複素数平面	7
7.6	極座標	8
7.7	媒介変数表示された関数	9
8	表計算ビュー 7	'1
8.1	初めての表計算ビュー	2
8.2	ヒストグラム	'4
8.3	箱ひげ図	6
9	CAS 7	8
9.1	方程式・不等式の求解	8
9.2	因数分解・展開	0
9.3	グラフの交点8	1
10	その他の機能 8	4
10.1	自動定理証明	4
10.2	空間図形ビュー	6
10.3	スクリプト	8
10.4	タートルグラフィックス	9
11		1
		-
11.1	9 多 多 の の の の の の の の の の の の の	1
$11.1 \\ 11.2$	9 移動ツールボックス 9 点ツールボックス 9	1
11.1 11.2 11.3	9 移動ツールボックス	1 2 2
11.1 11.2 11.3 11.4	シール一員 9 移動ツールボックス 9 点ツールボックス 9 直線ツールボックス 9 重線ツールボックス 9 9 9 9 9 9 9 10 9 11 9 12 9 13 9 14 9 15 9 16 9 17 9 17 9 17 9 17 9 17 9 17 9 17 9 18 9 19 9 19 9 10 9 11 9 12 9 13 9 14 9 15 9 16 9 17 9 17 9 17 9 17 9 17 9 <tr< td=""><td>1 2 2 3</td></tr<>	1 2 2 3
$ 11.1 \\ 11.2 \\ 11.3 \\ 11.4 \\ 11.5 $	シール一員 9 移動ツールボックス 9 点ツールボックス 9 直線ツールボックス 9 重線ツールボックス 9 多角形ツールボックス 9	1 12 12 12 13 13
11.1 11.2 11.3 11.4 11.5 11.6	シール一員 9 移動ツールボックス 9 点ツールボックス 9 直線ツールボックス 9 重線ツールボックス 9 多角形ツールボックス 9 ワリールボックス 9 9	1 12 12 13 13 13
11.1 11.2 11.3 11.4 11.5 11.6 11.7	シール一員 9 移動ツールボックス 9 点ツールボックス 9 直線ツールボックス 9 重線ツールボックス 9 多角形ツールボックス 9 内ツールボックス 9 毎 9 タ 9 点 9 9 9 6 9 6 9 9	1 2 2 3 3 3 4

11.9	鏡映ツールボックス	94
11.10	スライダーツールボックス	95
11.11	平行移動ツールボックス...........................	95
12	オブジェクトのいろいろな状態の変更	95
12.1	4 通りの変更方法	95
12.2	オブジェクトやラベルの表示・非表示....................	96
12.3	色、塗り、点の形・大きさ、線の種類・太さ	97
12.4	名前	97
13	おわりに	97
参考文南	Ŕ	98



最近学習指導要領に「プログラミング的思考」という単語が現れました。小学校ではプ ログラミング教育が2020年度から全面実施となります。「プログラミング的思考」とは何 か、学校では何を教えればよいのかといった疑問があると思います。単純には、文部科学 省のウェブサイトに実践例が徐々に掲載されつつありますので、指導にあたってはまずこ こを参考にすることになると思います。

文部科学省ウェブサイト、プログラミング教育 (http://www.mext.go.jp/a_ menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm) から辿れる 未来の学びコンソーシアム (https://miraino-manabi.jp)

本講習では、プログラミング教育にはどういう力を伸ばすねらいがあるのかなど、「プロ グラミング的思考」についての概説をします。

次に、プログラミング以外のコンピュータの活用について概説します。中学校・高等学校においてのプログラミング教育は、「技術」や、すべての生徒が学ぶようになる「情報」で扱われることが多いと思われますが、数学の学習指導要領解説でもコンピュータの活用が多く触れられています。

本講習ではこれらを踏まえて、授業での活用を念頭に置き、動的数学ソフトウェアである GeoGebra の入門的な解説を行います。

GeoGebra は Markus Hohenwater が開発したフリーソフトウェアであり、もともと は幾何の機能が中心でしたが、今では算数・数学に関わる機能は何でもと言って良いくら い含まれています。GeoGebra は世界中の教育現場で使われており、また、他の幾何ソフ トウェア、数学ソフトウェアと比べて活発に開発が行われており、将来性も十分です。実 際、学習指導要領解説には、GeoGebra とは明記されていませんが、GeoGebra で書かれ た図が多数掲載されています。



小学校、中学校、高等学校の先生方が受講されていることもあり、各受講者の求めるものに 100% ぴったりの内容とはいきませんが、この講習が、わずかでも日頃の教育活動の お役に立てばさいわいです。

2 プログラミング教育・コンピュータの活用

ここでは、プログラミング教育やコンピュータの活用について概説します。



まず、学習指導要領解説で内容として示されているもの(つまり学習指導要領から引用 して枠で囲まれている部分)について、コンピュータやプログラミング教育が明記されて いるものを、いくつか拾ってみます。ここで言う学習指導要領、学習指導要領解説は、い わゆる新学習指導要領(小学校、中学校は平成29年告示のもの、高等学校は平成30年告 示予定のもの)です。以下の引用で、単に「中学校」などと記してあるものは、「中学校学 習指導要領解説数学編」などの意味です。

以下の引用をおおざっぱにまとめると、算数・数学の学習指導要領に現れるコンピュー タという単語は、小学校、中学校、高等学校と進むにつれ、増えていきます。

2.1.1 中学校

中学校の学習指導要領で、内容にコンピュータという単語が見られるのは、「データの 活用」です。もちろん「データの活用」においてコンピュータは有効に使えますが、他の 内容、特に図形の関係する内容についてもコンピュータが有効に使えると思います。これ については、学習指導要領解説で触れられていますので、GeoGebraを用いた実例として 後述し、ここでは、学習指導要領で内容として示されているものを掲げるに留めます。

図2 中学校 第1学年 D データの活用 D (1) データの分布
D(1) データの分布について、数学的活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。
ア 次のような知識及び技能を身に付けること。
(ア ヒストグラムや相対度数などの必要性と意味を理解すること。
(1) コンピュータなどの情報手段を用いるなどしてデータを表やグラフに整理すること。
イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。
(ア) 目的に応じてデータを収集して分析し、そのデータの分布の傾向を読み取り、批判的に考察し判断すること。
(用語・記号)
範囲 累積度数

図 3 中学校 第 2 学年 D データの活用 D (1) データの分布







2.1.2 高等学校

高等学校の学習指導要領で、内容にコンピュータという単語が見られるのは、以下の部 分です。

● 数学 II「図形と方程式」

- 数学 III「極限」
- 数学 A「図形の性質」
- 数学 B「統計的推測」
- 数学 C「平面上の曲線と複素数平面」

この他にも学習指導要領解説では、図形の関係するもの、グラフの関係するもの、統計に 関係するものと、幅広くコンピュータの活用が指摘されています。これらも、GeoGebra を用いた実例として後述し、ここでは、学習指導要領で内容として示されているものを掲 げるに留めます。

(2) 図	じと方程式
(2) 🗵	形と方程式
Þ	形と方程式について,数学的活動を通して,その有用性を認識するとともに,次
の事	項を身に付けることができるよう指導する。
P	次のような知識及び技能を身に付けること。
(⑦ 座標を用いて、平面上の線分を内分する点、外分する点の位置や二点間の距離
	を表すこと。
(,	() 座標平面上の直線や円を方程式で表すこと。
() 軌跡について理解し、簡単な場合について軌跡を求めること。
(:	前単な場合について、不等式の表す領域を求めたり領域を不等式で表したりす
	ること。
イ	次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。
() 座標平面上の図形について構成要素間の関係に着目し、それを方程式を用いて
	表現し、図形の性質や位置関係について考察すること。
(,	 () 数量と図形との関係などに着目し、日常の事象や社会の事象などを数学的に扱
	え、コンピュータなどの情報機器を用いて軌跡や不等式の表す領域を座標平面上
	に表すなどして、問題解決に活用したり、解決の過程を振り返って事象の数学的
	な特徴や他の事象との関係を考察したりすること。

図 6 高等学校 数学 III (1) 極限

(1) 極限

(1) 極限
 数列及び関数の値の極限について、数学的活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

- ア 次のような知識及び技能を身に付けること。
 - (7) 数列の極限について理解し、数列 {*rⁿ*}の極限などを基に簡単な数列の極限を 求めること。
 - (イ) 無限級数の収束,発散について理解し,無限等比級数などの簡単な無限級数の 和を求めること。
 - (ウ) 簡単な分数関数と無理関数の値の変化やグラフの特徴について理解すること。
 - (エ) 合成関数や逆関数の意味を理解し、簡単な場合についてそれらを求めること。
 - (オ) 関数の値の極限について理解すること。
- イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。
 - (ア) 式を多面的に捉えたり目的に応じて適切に変形したりして、極限を求める方法 を考察すること。
 - (イ)既に学習した関数の性質と関連付けて,簡単な分数関数と無理関数のグラフの 特徴を多面的に考察すること。

(ウ)数列や関数の値の極限に着目し、事象を数学的に捉え、コンピュータなどの情報機器を用いて極限を調べるなどして、問題を解決したり、解決の過程を振り返って事象の数学的な特徴や他の事象との関係を考察したりすること。

[用語·記号] ∞

図7 高等学校数学A(1)図形の性質

図形の性質

(1) 図形の性質

図形の性質について,数学的活動を通して,その有用性を認識するとともに,次の 事項を身に付けることができるよう指導する。

- ア 次のような知識及び技能を身に付けること。
 - (ア) 三角形に関する基本的な性質について理解すること。
 - (イ)円に関する基本的な性質について理解すること。
 - (ウ) 空間図形に関する基本的な性質について理解すること。
- イ 次のような思考力,判断力,表現力等を身に付けること。
- (7) 図形の構成要素間の関係や既に学習した図形の性質に着目し,図形の新たな性質を見いだし,その性質について論理的に考察したり説明したりすること。
- (イ) コンピュータなどの情報機器を用いて図形を表すなどして、図形の性質や作図
- について統合的・発展的に考察すること。

(2)	統計的な推測	
(_)	統計的な推測について、数学的活動を通して、その有用性を認識すると	:ともに次の
Į	項を身に付けることができるよう指導する。	
7	次のような知識及び技能を身に付けること。	
	(ア) 標本調査の考え方について理解を深めること。	
	(イ) 確率変数と確率分布について理解すること。	
	(ウ) 二項分布と正規分布の性質や特徴について理解すること。	
	(エ) 正規分布を用いた区間推定及び仮説検定の方法を理解すること。	
/	′ 次のような思考力,判断力,表現力等を身に付けること。	
	(7) 確率分布や標本分布の特徴を,確率変数の平均,分散,標準偏差な	とを用いて
	考察すること。	
	(イ) 目的に応じて標本調査を設計し、収集したデータを基にコンピュー	-タなどの情
	報機器を用いて処理するなどして、母集団の特徴や傾向を推測し判断	it るととも
	に,標本調査の方法や結果を批判的に考察すること。	
[月]語・記号] 信頼区間, 有意水準	

図 9 高等学校 数学 C (2) 平面上の曲線と複素数平面

(2) 平面上の曲線と複素数平面

(2) 平面上の曲線と複素数平面
平面上の曲線と複素数平面について、数学的活動を通して、その有用性を認識する
とともに、次の事項を身に付けることができるよう指導する。
ア 次のような知識及び技能を身に付けること。
(7) 放物線, 楕円, 双曲線が二次式で表されること及びそれらの二次曲線の基本的
な性質について理解すること。
(イ)曲線の媒介変数表示について理解すること。
(ウ) 極座標の意味及び曲線が極方程式で表されることについて理解すること。
(エ) 複素数平面と複素数の極形式, 複素数の実数倍, 和, 差, 積及び商の図形的な

意味を理解すること。 (オ) ド・モアブルの定理について理解すること。



- (ア) 放物線, 楕円, 双曲線を相互に関連付けて捉え, 考察すること。
- (イ) 複素数平面における図形の移動などと関連付けて、複素数の演算や累乗根など の意味を考察すること。
- (ウ)日常の事象や社会の事象などを数学的に捉え、コンピュータなどの情報機器を 用いて曲線を表すなどして、媒介変数や極座標及び複素数平面の考えを問題解決 に活用したり、解決の過程を振り返って事象の数学的な特徴や他の事象との関係 を考察したりすること。
 [用語・記号] 焦点、準線

2.1.3 小学校

小学校の学習指導要領の算数に関係する部分で、コンピュータという単語が見られる箇 所は、プログラミング教育と関連する正多角形の作図が中心です。学習指導要領解説で は、内容の取扱いの箇所に現れています。

図10 小学校第4章指導計画の作成と内容の取扱い2内容の取扱いについての配慮事項

算数科においては、「例えば第2の各学年の内容の〔第5学年〕の「B図形」の(1) における正多角形の作図を行う学習に関連して、正確な繰り返し作業を行う必要が あり、更に一部を変えることでいろいろな正多角形を同様に考えることができる場 面などで取り扱うこと。」と示されている。

正多角形の学習では「正多角形は円に内接すること」を基に定規とコンパスなどを 用いてかくことを指導する。コンピュータを用いると、「正多角形は全ての辺の長さ や角の大きさが等しいこと」を基に簡単にかつ正確にかくことができる。また、辺 の長さや角の大きさを適切に変えれば、ほかの正多角形もすぐにかくことができる。

辺の長さ分だけ線を引き、角の大きさ分向きを変え、これらのことを繰り返すこ とで正多角形がかける。正方形は90度向きを変えればよいが、正六角形は何度に すればいいのかを考えていく。線の動きを示す指示として「線を引く」「〇度向き を変える」「繰り返す」などの最小限の指示を指定することで、正多角形をかくこ とができるのである。

算数科ではこのような活動を行うことで、問題の解決には必要な手順があること と、正確な繰り返しが必要な作業をする際にコンピュータを用いるとよいことに気 付かせることができる。



小学校ではプログラミング教育が2020年度から全面実施されます。中学校、高等学校 と比べ、色々な意味でインパクトが一番大きいのは小学校と言って良いと思います。ここ では、特に小学校におけるプログラミング教育とは何か、その中でもプログラミング的思 考とは何かを概説します。

次の図は、「新学習指導要領(小学校及び中学校/平成29年3月告示)~情報教育・ ICT 活用関連部分のポイント~」と言う、9ページからなるスライドの一部です。



プログラミング教育に関する、文部科学省が提供する資料をいくつかあげます。まず、 文部科学省のプログラミング教育のページです。

文部科学省ウェブサイト プログラミング教育

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm



ここから辿れる資料を以下にいくつかあげます。

未来の学びコンソーシアム

https://miraino-manabi.jp

小学校を中心としたプログラミング教育の情報を集めているサイトです。運営に関わる のは、文部科学省、総務省、経済産業省、および、いわゆる有識者からなる委員会です。

正多角形をビジュアルプログラミング言語を用いて描くなど、小学校での事例もここに いくつかあります。(例えば、「正多角形をプログラムを使ってかこう(杉並区立西田小学 校)」https://miraino-manabi.jp/content/111)

また、本日は、「未来の学びコンソーシアム 小学校プログラミング教育必修化に向け て」というパンフレットを資料として配布しています。

小学校プログラミング教育の手引 比較的短い 44 ページからなる資料で、ねらいとして以下が記されています。

教師の皆さんがプログラミング教育に対して抱いている不安を解消し、安心して取 り組んでいただけるようにすることが本手引のねらいです。このため、本手引で は、学習指導要領や同解説で示している小学校段階におけるプログラミング教育に ついての基本的な考え方などを、より具体的にかつ分かりやすく(できる限り専門 用語を用いずに)解説しています。

本手引を参照していただくことによって、プログラミング教育のねらいやどのよう な授業が期待されているのかをイメージしていただけるものと考えています。

以下の引用では、「小学校プログラミング教育の手引」を単に「手引」と記します。

図 13 手引「はじめに」より

プログラミング教育は子供たちの可能性を広げることにもつながります。 プログラミングの能力を開花させ、創造力を発揮して、起業する若者や特許 を取得する子供も現れています。子供が秘めている可能性を発掘し、将来の 社会で活躍できるきっかけとなることも期待できるのです。

このように、コンピュータを理解し上手に活用していく力を身に付けるこ とは、あらゆる活動においてコンピュータ等を活用することが求められるこ れからの社会を生きていく子供たちにとって、将来どのような職業に就くと しても、極めて重要なこととなっています。諸外国においても、初等教育の 段階からプログラミング教育を導入する動きが見られます。

こうしたことから、このたびの学習指導要領改訂において、小・中・高等 学校を通じてプログラミング教育を充実することとし、2020 年度から小学 校においてもプログラミング教育を導入することとなりました^{*1}。

図 14 手引「はじめに」より



「情報活用能力」を構成する資質・能力 (「情報活用能力」は、各教科等の学びを支える基盤)



興味深いのは、コンピュータを使わないプログラミング教育に言及していることです。 児童にコンピュータを用いてプログラミングを体験させることが必要であるという主旨で はありますが、この言及があることで、プログラミング的思考を習得するには必ずしもコ ンピュータは必要ないとわかります。

図 15 手引「第2章小学校プログラミング教育で育む力」より

このほかにも、カリキュラム・マネジメントを通じてプログラミング教育 を進めていくに当たっては、以下に述べるように何点か留意すべき点があり ます。

ア コンピュータを用いずに行う指導の考え方

コンピュータを用いずに行う「プログラミング的思考」を育成する指導に ついては、これまでに実践されてきた学習活動の中にも見いだすことができ ます。ただし、学習指導要領では児童がプログラミングを体験することを求 めており、プログラミング教育全体において児童がコンピュータをほとんど 用いないということは望ましくないことに留意する必要があります。コンピ ュータを用いずに「プログラミング的思考」を育成する指導を行う場合には、 カリキュラム・マネジメントによって、児童がコンピュータを活用しながら 行う学習と適切に関連させて実施するなどの工夫が望まれます。

小学校のプログラミング教育で必ず例としてあげられるのが、正多角形の作図です。手 引でも触れられています。

図 16 手引「第3章 各教科等の目標・内容を踏まえた指導の考え方」より

A 学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの

A-① プログラミングを通して、正多角形の意味を基に正多角形をかく場面 (算数 第5学年)

図形を構成する要素に着目し、プログラミングを通した正多角形の かき方を発展的に考察したり、図形の性質を見いだしたりして、その 性質を筋道を立てて考え説明したりする力を確実に育みます。

ここでは、正多角形について、「辺の長さが全て等しく、角の大きさが全 て等しい」という正多角形の意味を用いて作図できることを、プログラミン グを通して確認するとともに、人にとっては難しくともコンピュータであれ ば容易にできることがあることに気付かせます。

(学習の位置付け)

この学習は、正多角形の単元において、正多角形の基本的な性質や、円と 関連させて正多角形を作図することができることを学習した後に展開するこ とが想定されます。

(学習活動とねらい)

学習活動としては、例えば、「辺の長さが全て等しく、角の大きさが全て 等しい」という正多角形の意味を用いて正多角形を作図するといった課題を 設定し、定規と分度器を用いた作図とプログラミングによる作図の双方を試 みるといったことが考えられます。

はじめに、正六角形などを定規と分度器を用いて作図することを試みさせ、 手書きではわずかな長さや角度のずれが生じて、正確に作図することは難し いことを実感させます。

次いで、プログラミングによる正方形の作図の仕方を学級全体で考え、個 別又は少人数で実際にプログラミングをして正方形が正確に作図できること を確認した上で、プログラミングによる正三角形や正六角形などの作図に取 り組みます。

児童は、手書きで正方形を作図する際の「長さ□ cm の線を引く」、「(線 の端から)角度が 90 度の向きを見付ける」といった動きに、どの命令が対 応し、それらをどのような順序で組み合わせればよいのかを考え (プログラ ミング的思考)、また、繰り返しの命令を用いるとプログラムが簡潔に書け ることに気付いていきます。

そして、「正三角形をかこうとして 60 度(正六角形をかこうとして 120 度) 曲がると命令すると正しくかくことができないのはなぜか」、「なぜ正三角形 のときは 120 度で、正六角形のときは 60 度でかけるのか」といった疑問を もち、他の児童と話し合い試行錯誤することによって、図形の構成要素に着 目して、正多角形の角の大きさと曲がる角度との関係を見いだしていきます。 また、正三角形や正六角形だけでなく、正八角形や正十二角形など、辺の数 が多い正多角形も繰り返しの回数や長さ、角度を通して考えてかいていきま す。

さらに、「辺の長さが全て等しく、角の大きさが全て等しい」という正多 角形の意味を用いて考察することにより、今までかいたこともない正多角形 をかくことができることとともに、人が手作業でするのは難しかったり手間 がかかりすぎたりすることでも、コンピュータであれば容易にできることも あるのだということに気付くことができます。



この項の最後に、「手引」から問答集を抜粋します。

図 17 手引「Q&A」より

- Q1 学習指導要領に例示された算数、理科、総合的な学習の時間だけでプログラミン グ教育を実施すればよいのでしょうか?
- A 1 プログラミング教育は、学習指導要領の算数、理科、総合的な学習の時間に例 示しているところですが、様々な教科・学年・単元等で取り入れることが可能です。ま ずは、本手引で紹介している指導例や「未来の学びコンソーシアム」のWebサイトに 掲載している実践事例なども参考として、取り組んでいただきたいと考えています。そ の上で、各学校の創意工夫により、様々な単元等で積極的に取り組むなど、発展さ せていくことが望まれます。
- Q2 授業を効率的に実施するため、教師が実演を示し、児童にはワークシートを用いて 自分の考えをもたせるようにしたいのですが、よいでしょうか?
- A 2 児童が「コンピュータを活用して」自らが考える動作の実現を目指して試行錯誤を 繰り返す「体験」が重要であり、学習指導要領では児童がプログラミングを体験するこ とを求めています。児童の発達の段階等によっては、教師が実演する形式の授業を 行うことも考えられますが、その場合は、適切なカリキュラム・マネジメントによって、児 童がコンピュータを活用しながら行う学習と適切に関連させて実施することが望まれま す。

なお、児童がコンピュータを活用して学習する場面において、児童が見通しをもって 学習に取り組むことができるよう、教師が実演を示したり、ワークシートに考えをまとめ させたりすることは、授業を効率的に進める上でも有効なものと考えられます。

- Q3 タブレットPC等の整備が十分ではないので、当面はコンピュータを用いない取組としたいのですが、よいでしょうか?
- A 3 コンピュータを用いずに「プログラミング的思考」を育成する指導は、これまでの実践 にも見いだすことができ、今後とも取り入れていくことは考えられます。ただし、児童が 「コンピュータを活用して」自らが考える動作の実現を目指して試行錯誤を繰り返す 「体験」が重要であり、学習指導要領では児童がプログラミングを体験することを求め ていますので、プログラミング教育全体において児童がコンピュータをほとんど用いないと いうことは望ましくないことに留意する必要があります。

学校におけるICT環境が十分ではない場合、必要な整備を早急に進めるととも に、それまでの間も、ほとんどの小学校では既に整備されているコンピュータ教室等のI CT環境を効率的に活用することも含め、適切なカリキュラム・マネジメントによって、児 童がプログラミングを体験する学習活動を計画的に実施することが望まれます。

- Q4 学習指導要領に例示された算数や理科の単元で効率的にプログラミングに取り組 めるようにするためには、総合的な学習の時間などを活用してプログラミング言語にあ る程度は習熟させる必要があるのではないでしょうか?
- A 4 小学校段階におけるプログラミング教育は、児童がプログラミング言語を覚えたり、 プログラミングの技能を習得したりすることをねらいとするものではありません。ただし、学 習指導要領に例示している単元その他において効率的にプログラミングに取り組める ようにするため、必要に応じ、あらかじめプログラミングを体験させ、プログラミング言語 やコンピュータの操作等に慣れ親しませることは有効と考えられます。なお、そうした学 習活動を例えば総合的な学習の時間で行うに当たっては、それのみで学習が完結す ることにならないよう、総合的な学習の時間の目標を実現するにふさわしい探究的な 学習のプロセスの中に適切に位置付けて実施することが求められます。
- Q 5 プログラミングなどICT活用が得意な教師と、そうではない教師がいますが、プログラ ミング教育をしっかりと実施するには、どんな工夫が必要でしょうか?

A 5 小学校プログラミング教育は、プログラミングやICTに関する高度な専門性が求めら れるものではありません。まずは、本手引を参考に、学校全体で、小学校プログラミン グ教育のねらいを確認いただくとともに、教師自らがプログラミングを体験し、プログラミ ングはそれほど難しいものではないということを実感していただきたいと思います。その上 で、本手引の指導例や「未来の学びコンソーシアム」のWebサイトの実践事例等も参 照しながら、無理なく取り組める単元等から実施し、徐々にプログラミング教育を実施 する単元等を広げていくことが考えられます。

また、プログラミング的思考は、これまで各教科等の指導で育成を目指してきた論 理的思考力とつながっているものであり、経験豊富な教師がもつその指導のノウハウも 生かせるものと思われます。

小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ) ここ からは、文部科学省のプログラミング教育のページから辿れるその他の資料のうち、実際 に見なくても内容を知っていれば良さそうなものをいくつかあげます。

まず、「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラ ミング教育に関する有識者会議」が、平成28年6月16日に報告した、「小学校段階にお けるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」があります。これは、学 習指導要領におけるプログラミング教育の理念の基盤になっているものです。

「プログラミング的思考」の定義もここで初めて与えられており、それがそのまま小学 校学習指導要領解説に掲載されています。 図 18 小学校 第4章 指導計画の作成と内容の取扱い2 内容の取扱いについての配慮事項

「プログラミング的思考」とは、自分が意図する一連の活動を実現するために、 どのような動きの組み合わせが必要か、どのように改善していけばより意図した活 動に近づくのかということを論理的に考えていく力の一つである。

また、特に注意すべき、かつ、興味深いのは、

コーディングを学ぶことが目的ではない。

アルゴリズム(目的を達成するための手順)の理解を深めることが大事だ。

と繰り返し注意喚起していることです。さらに、ただ楽しいだけではだめなこと、主体 的・対話的で深い学びに貢献すべきであること、また、最近の「プログラミング塾」のよ うな過熱ぶりが見当違いであることなども指摘しています。

学習指導要領や学習指導要領解説ではそのトーンは薄まってしまいましたが、この理念 は常に頭に入れておく必要があります(周囲の先生方にも是非お伝えいただきたいです)。 本来は「プログラミング教育」よりも「アルゴリズム教育」の方がぴったりくる呼称で した。

次の図は、「新学習指導要領(小学校及び中学校/平成29年3月告示)~情報教育・ ICT 活用関連部分のポイント~」と言う、9ページからなるスライドの一部、「とりまと め」のまとめの部分です。参考まで掲げます。

図 19 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ)



教育委員会等における小学校プログラミング教育に関する取組状況等 プログラミング 教育に関して、北海道の現状も掲載されています。プログラミング教育について特に取組 をしていない教育委員会が 57% であり、さらに、北海道では全国的にも最も割合が高く 82% となっています。

図 20 取組状況等「第2章小学校プログラミング教育で育む力」より

図表3 取組状況のステー	-ジ分類
--------------	------

ステージ	取組状況	選択肢
ステージ0	特に取組をして	「①プログラミング教育の情報を収集している。もしくは特に取組
	いない。	はしていない」
ステージ1	担当を決めて検	「②教育委員会内で、プログラミング教育の担当を決めて今後の取
	討中。	組を検討しているが、実施はしていない」
ステージ2	研究会や研修を	「③教育委員会主導の取組は実施していないが、一部の教員がプロ
	行っている。	グラミング教育の研究会などを行っている」
		「④教育委員会主導で、プログラミング教育の研究会などを行って
		いる」
		「⑤所管する小学校教員に対して、プログラミング教育の研修を行
		っている」
ステージ3	授業を実施して	「⑥教育委員会主導もしくは学校主導で、一部の小学校でプログラ
	いる。	ミング教育の授業を実践している」
		「⑦小学校全校でプログラミング教育の授業を実践している」

図表 4 取組状況のステージ分類 (n=722)





「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」報告書(平成26年度) 初 等・中等教育は国によってさまざまではありますが、多くの国でプログラミング教育が、 それぞれの形で導入されています。ここでは1例だけ、フランスの教科書を紹介します。 これらの教科書では、GeoGebraが採用されています。

図 21 上記報告書フランスの部分より 最終的な目標 ≪後期中等教育》 [FR06] 教育省の数学でのデジタル活用教育に関する資料では、生徒がアルゴリズムを使った活動を行 えるようにすることが目的としてあげられ、以下のように解説されている。 「*アルゴリズムの手法は数学の活動の中で不可欠な要素である。プログラムで提示されている*

「アルゴリズムの手法は数学の活動の中で不可欠な要素である。プログラムで提示されている のは自然言語の明確な形式化であり、結果として計算機上でソフトウェアとして使用される。こ れは生徒にアルゴリズムを体系化する基本的原理に習熟させるための、すなわち変数の代入や計 算形式を管理させるためのものである。また数学やそれに関係する問題(機能、幾何学、統計、 確率、理論)だけでなく日常生活の分野にも関係してくる。アルゴリズムやプログラムを開発す ることは生徒にとってよい訓練になり、検証やコントロールの体系立った練習になる」



3 GeoGebra とそのインストール

3.1 GeoGebra とは

GeoGebra は Markus Hohenwater が開発したフリーソフトウェアであり、例えば学校の授業のような、非商用目的であれば無料で利用できます。もともとは平面幾何の機能が中心でしたが、今では、関数のグラフ、表計算や統計、空間図形などの機能も実装されて、「数学」ソフトウェアと呼ばれています。

図 22 GeoGebra ホームページ



GeoGebra は動的であることが1つの特徴です。図形の一部を変更したときに芋づる式 に変更が波及する別の部分も同時に自動的に変更され、かつ、図形の方程式が表示されて いれば、それも変更されます。反対に、方程式を変更しても、影響を受ける図形が同時に 自動的に変更されます。

また、非常にきれいな画像が得られることも別の特徴です。作成した図形は、png や pdf で画像にすることができ (pdf は平面図形のみ)、特に pdf だと拡大・縮小しても品質 が落ちません。

GeoGebra 以外にも、無料・有料の幾何ソフトウェアがあります。

- GC: http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/iijima/gc_rc/
- 関数グラフソフト GRAPES: http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/%7Etomodak/ grapes/index.html
- Cinderella.2 (シンデレラ2)日本語版: https://sites.google.com/site/ cinderellajapan/
- Cabri: https://cabri.com/en/

日本では従来 GC や GRAPES が有名でしたが、徐々に GeoGebra を利用する方も増え てきています。日本の学習指導要領解説にも GeoGebra で描かれた図が載っており、日 本での普及も確実と思いますが、コミュニティが確立しているわけではないので、現在は 普及の途中段階といえます。また、GeoGebra の開発は活発で、世界中に開発者・翻訳者 がいて、将来性も十分と言えます。

最後に参考となるウェブサイトや書籍をあげます。

- GeoGebra ホームページ: https://www.geogebra.org/?lang=ja
- GeoGebra 日本: https://sites.google.com/site/geogebrajp/
- 作図で身につく双曲幾何学: GeoGebra で見る非ユークリッドな世界: 阿原一志,
 共立出版 (2016)

和書は恐らく上の1冊のみであり、和書に限らず書籍が非常に少ないのですが、これはラ イセンスが理由です。研究目的ではない場合、書籍に図を載せるだけであってもかなりの 額で契約を結ぶ必要があり、これが理由で、日本でのGeoGebraの入門書の出版がありま せん。こっそりGeoGebraで作った図を載せている書籍はいくつかありますが、学習指 導要領解説ですら、契約を結んでいなければ限りなくクロに近いグレーです。

GeoGebra のインストール 3.2

GeoGebra のホームページから「アプリのダウンロード」のリンクを辿ります。

•• <> (www.geogebra.org/dowi	load C	00
≡ Geø	Gebra		C	L III ログイン
iOS,Androi 環境なしで ス)	d, Windows, Mac, Chromebook, Linux k Web版よりも高速に動作。(クラシック 関数グラフ グラフrfc成専用アプリ(開数グラフ、方程式の探 を データのプロット)	:インストールす: 5・6は同一機能	5GeoGebra。インストール後 5 は従来型ユーザーインタ 空間図形 空間図形専用アプリ(立方体、多面は のの意味の意味、多な)	をは、ネット マーフェイ ¹
ダウンロ・	-ド 開始 (WEB版)	ダウンロー	で	(WEB版)
	幾何 平面図形専用アブリ(点、直線、多角形、円、角、 変換、軌跡、等々)	Ċ	全機能統合版・クラシック 6 全機総統合アプリ(関数グラフ、平面 形、CAS、統計、確率)	a幾何、空間図
ダウンロ・	-ド 開始 (WEB版)	ダウンロー	ド開始	(WEB版)
AR	拡張現実 拡張現実専用アプリ(タブレットで撮影した現実の 世界に、GeoGebraで作成した空間図形を挿入して	¢	全機能統合版・クラシック5 全機総統合アプリ()関数グラフ、平面 形、CAS、統計、確率)	i殘何、空間図

このページからは、6 種類の GeoGebra が利用できます。

\mathbb{N}	関数グラフ	グラフの描画に特化した「単機能」版
	空間図形	空間図形の描画に特化した「単機能」版
	幾何	平面図形の描画に特化した「単機能」版
Ċ	全機能統合版・クラシック 6	関数グラフ、空間図形、幾何の「単機能」版 に加え、統計や数式処理などの機能も含む
	拡張現実	拡張現実専用版
Ċ	全機能統合版・クラシック 5	クラシック 6 と機能は同等でインターフェイ スが異なる

さらに、それぞれに対して、

- ダウンロード版:自分のコンピュータにインストールする。使用時のインターネット接続は不要。
- ウェブ版:インストール不要でブラウザの上で実行する。使用時にインターネット 接続が必要。

の2つがあります。

加えて、ダウンロード版の派生として「ポータブル版」があります。これは、自分のコ ンピュータにインストールするのではなく、例えば USB メモリに置いておけば、それだ けで実行できるものです。インターネット接続がなく、かつ、ソフトウェアのインストー ルが簡単にできない環境でもポータブル版で GeoGebra が利用できます。

上記ダウンロードのページの下部にある「他のダウンロード (ポータブル版など)」のリ ンクを辿ると、ポータブル版がダウンロードできます。タブレット用の GeoGebra もこ こから取得できます。

図 24 ポータブル版へのリンク

		拡張現実 拡張現実専用アプリ(タプレ 世界に、GeoGebraで作成し 観察)	ットで撮影した現実の った空間図形を挿入して	Ċ	全機能統合版・クラシック5 全機能統合アプリ(関数グラフ、平面幾何、空間図 形、CAS、統計、確率)
	ダウンロー	\$		ダウンロード	
	タブレット・ App Store Google Play Microsoft Store	スマホ向けアプリ	詳細については 他のダウンロード(ボー 埋め込みアプリケーショ アプリケーションの API	タブル版など) ン	ボータブル版は ここをクリック
	GeoGebra		アプリ		教材集
	この教材について チーム ニュースフィード パートナー		関数グラフ 幾何 空間図形 アプリのダウンロード		授業用数材集 グループ チュートリアル ヘルプ
	# ##: E # #		利用規約 プライバシー ミ	テイセンス	Facebook Twitter YouTube
図は、リンク先の	ペー	ジのやや	下の方	ri geogebra org/en/F	eference-GeoGebra Installation 🖉 ,
				a.geogeora.org/entre	
Ge	COGebra Clo following offline	ISSIC 6 versions of GeoGebra Cla classic & This version incl	ssic 6 are avail udes: Graphing, CAS,	ポー	タブル版はここ
Ge The www Wir	COGebra Clo following offline w.geogebra.org/c	ISSIC 6 versions of GeoGebra Cla classic & This version inclu	ssic 6 are avail udes: Graphing, CAS,	<i>#</i>	タブル版はここ
Ge The www Wir • Gr • Gr • Gr	eoGebra Cla following offine w.geogebra.org/c ndows eoGebra Classic eoGebra Classic eoGebra Classic	UNE OF CONTRACT OF	ssic 6 are avail udes: Graphing, Chor & (offline installer file, g (runs from USB memory (for Windows 8 tablets,	tonmended for y sticks for exam updates automat	タブル版はここ all Windows versions, updates automatically) be, does NOT update automatically] ically)
Ge The <u>www</u> Wir • <u>Gr</u> • <u>Gr</u> • <u>Gr</u>	coGebra Clo following offline w.geogebra.org/c ndows eoGebra Classic eoGebra Classic c	ISSIC 6 versions of GeoGebra Cla classic & This version incli c 6 Installer for Windows & Portable for Windows & 6 In the Windows Store #	ssic 6 are avail udes: Graphing, Chry & (offline installer file, p (runs from USB memory (for Windows 8 tablets,	rt- ommended for y sticks for exam updates automat	タブル版はここ all Windows versions, updates automatically) se, does NOT update automatically] ically)
Geo The www Wir • Gr • Gr Mar • Gr	eoGebra Classi eoGebra Classi eoGebra Classi eoGebra Classic c c eoGebra Classic	USBIC 6 versions of GeoGebra Cla lassic Ø. This version incli c 6 Installer for Windows 6 Portable for Windows § 6 in the Windows Store Ø c 6 in the Mac App Store	ssic 6 are avail des: Graphing: Credit (runs from USB memory (for Windows 8 tablets, 9) frecommended, updat	R- commended for y sticks for exam updates automatically	タブル版はここ all Windows versions, updates automatically) de, does NOT update automatically] ically)

本講習では、「全機能統合版・クラシック6」のウェブ版を用います。

ただ、全機能版ではない「単機能」版も、シンプルな見た目やタブレット向きのインター フェイスが魅力的です。動作確認を兼ねて、今だけ幾何の「単機能」版を使ってみます。

```
練習1(三角形の等積変形).次の手順で三角形の等積変形の図を描いてみましょう。
(1)幾何の「単機能」版 GeoGebraの、ウェブ版を開始する。
(2) ▲ 直線ツールで直線 AB を引く。
(3)「もっと他のツール」をクリックする。
(4) 直線 AB に平行で点 C を通る直線を、 ▲ 平行線ツールで引く。
(5) 点 C を通る直線上に ▲ 点ツールで点 D を作る。
(6) ▲ 多角形ツールで三角形 DAB を作る。
(7) ▲ 面積ツールで三角形 DAB を作る。
(8) ▲ 移動ツールにして、点 D を動かしてみる。
2 つ注意点をあげておきます。まず、点 C は ▲ 点ツールであらかじめ作成して
```

もよいですが、 📂 平行線ツールで何もない所をクリックしても自動的に作成されます。

また、点 D を移動すると直線上から外れてしまう場合は、点 D を作図するときに 直線から外れた所をクリックしてしまったことが理由です。

		≅ www.geogebra.org/geometry Č
	= Ge@Gebra 幾何	<
	<u> </u>	5
	基本ツール (A) (A) (A) (A) (A) (A) (A) (A) (A) (A)	C D ABD の面積 = 7.7 B
使用ツール例:	🖍 直線、 뤔 点、 📂 🎙	- 行線、 խ 多角形、 💕 面積

ッールを選択すると、しばらくの間画面下方にヘルプが出ますので、何をどの順でク リックすればよいかなどがわかります。また、その順序と逆順でも作図が可能な場合もあ ります。



練習 2 (同位角・錯角).次のような、同位角や錯角が等しいことを確認できる図を 作成してみましょう。角度ツールで表示された角度の数値が見えづらい場合は、数 値をドラッグすると一定の範囲を移動できます。



次は円周角の定理を確認してみます。これは学習指導要領解説にも例示されています。

図 26 中学校 第3学年 B 図形 B (2) 円周角と中心角の関係

して,弧 AB を除いた円周上であれば,一つの弧に対する円周角の大きさは,その 弧に対する中心角の大きさの半分であるという関係を推測することができる。また, 決めた弧 AB を除いた円周上に点Qをとり同様に測ることを通して,一つの円にお いて同じ弧に対する円周角の大きさは等しいことも推測できる。その際,コンピュー タなどを利用して,同一円周上の点を動かしたときの円周角と中心角の関係を直観 的に捉えてから分度器等で測り推測することも考えられる。

練習 3 (円周角).次のような、円周角が等しいことが確認できる図を描いてみましょう。



4 GeoGebra の基本操作

さて、本講習ではこれ以降は、「全機能統合版・クラシック 6」のポータブル版を使用す ることとします。ダウンロード版、ポータブル版、ウェブ版とも、操作方法は同様です。 これらは単に「全機能版」と呼ぶことにします。

, 4.1 各部名称

「全機能版」を開始すると、次のような画面が現れます。



画面上の主な部品について簡単に説明をします。

- ① 数式ビュー: 作図されたオブジェクトの一覧が表示されます。
- ② グラフィックスビュー: ここに作図します。
- ③ ツールバー: 図形描画のためのツールが並んでいます。「単機能版」と異なり、ツールのアイコンをクリックすると、ツールのアイコンが並ぶツールボックスが表示されますので、そこから目的のツールを選びます。
- ④ 入力バー: 命令をキーボードから入力します。
- ⑤ メインメニュー: クリックすると、アプリケーションのメニューが開きます。保存、 開く、印刷(印刷プレビュー)、画像として保存(としてダウンロード...)などはこ こです。

=	<u> </u>		ファイル
		+	新規
	3	Q	開く
	2	٦	保存
_	-		画像のエクスポート
	-1-	<	共有
		<u>+</u>	としてダウンロード
-6 -5	<i>→</i>	ē	印刷プレビュー
	-1-	/	編集
	2	Ø	パースペクティブ
	-2	A	表示
	-3	ф	設定
Q	4	%	ツール
Q		?	ヘルプ
	-5-	0-7	ログイン
	-6		

⑥ 数式ビューのメニュー: クリックすると、横へメニューが開きます。

	GeoGebra全機能/				
	• • • •	=2 ↔			
E fx 🗱	EN				
+ λ.h					

新たに現れたアイコンをクリックすると、オブジェクトの一覧の体裁を変更できます。

⑦ グラフィックスビューのメニュー: クリックすると、横へメニューが開きます。

a全機能版			
	5 C 9,	\equiv	
		<u> </u>	

オブジェクトを選択した上で、新たに現れたアイコンをクリックすると、オブジェ クトの色、大きさ・太さ、塗りなどの見た目を変更できます。

オブジェクトを何も選択していないときは、グラフィックスビューに軸やグリッドを表示するか、 移動ツールで点を動かしたときグリッドの交点に吸い寄せる かどうかなどを変更できます。

- ⑧ アンドゥ・リドゥ: アンドゥとリドゥです。
- ⑨ ホームボタン: グラフィックスビューで表示されている範囲を初期状態に戻します。
 迷子になったときに便利です。
- ⑪ 拡大・縮小ボタン: グラフィックスビューの拡大・縮小をします。
 ♥ ズームイン
 ツール・
 ♥ ズームアウトツールでも拡大・縮小ができます。
- ① 全画面ボタン: GeoGebra を全画面表示にします。

4.2 作図の基本操作

次に GeoGebra における基本操作をまとめます。既に「単機能版」であらかた習熟しているかも知れません。

移動: 承 移動ツールを選び、オブジェクトをドラッグすると移動します。ESC キーを 押しても移動ツールに切り替わります。ただし、「従属オブジェクト」は移動でき ません。従属オブジェクトとは、2 直線の交点など、他のオブジェクトに依存して 定まっているオブジェクトです。従属点は黒色で表示されています。

また、デフォルトでは点を移動するとグリッドに吸い付くようになっています。 この機能はグラフィックスビューのメニューなどから変更できます。

選択: 💦 移動ツールを選び、オブジェクトをクリックすると選択できます。Ctrl+ ク リックで複数のオブジェクトを選択できます。

また、マウスの右ボタン(普段使わない方)でグラフィックスビューをドラッグ すると、矩形領域が作成され、その中のオブジェクトがすべて選択されます。



数式ビューのオブジェクトをクリックしても選択できます。値が書かれている場

所をクリックすると、入力するモードになってしまうので、左側の四角い部分のうち、丸いボタンではない部分をクリックするのが良いです。グラフィックスビュー で図形が入り組んでいる場合、数式ビューで選択すると便利です。

削除: オブジェクトを選択した状態で、delete キーや back space キーを押すか、右ク リックで現れるコンテキストメニューから削除を選ぶと、オブジェクトが削除され ます。



削除されたオブジェクトに従属しているオブジェクトも同時に削除されることに 注意して下さい。例えば、線分 AB があったとき、点 A を削除すると線分も削除 されます。この場合、点 B は削除されずに残ります。

表示・非表示: 補助線など補助的なオブジェクトは、不要になったら見えなくすること ができます。オブジェクトを選択した状態で、右クリックで現れるコンテキストメ ニューから「オブジェクトの表示」を選ぶ、あるいは、数式ビューでオブジェクト の左にある丸い部品をクリックすると表示・非表示を切り替えられます。







グラフィックスビューの状態を変更する主な操作を説明します。

スクロール: 🛛 移動ツールを選んでいるときにグラフィックスビューをマウスの左ボ タン (普段使う方) でドラッグすると、グラフィックスビューがスクロールします。

- 拡大・縮小: マウスホイールでグラフィックスビューを拡大・縮小できます。 この他にグラフィックスビュー右下にあるボタンや、 € ズームインツール・ ズームアウトツールを用いてもグラフィックスビューを拡大・縮小できます。
- 軸・グリッド: 何も選択していないときのグラフィックスビューのメニューに、軸やグ リッドのの表示・非表示を切り替えるアイコンがあります。また、点を移動すると きグリッドに吸い付くかどうかを切り替えるアイコンもあります。



左から順に、 軸の表示・非表示、 グリッドの表示・非表示、 ホームボタン、 点のグリッドへの吸い付き方、 設定ビューを開く、 各ビューの表示・非表示

✔ 4.4 メインメニューの基本操作

メインメニューのうち、よく使う項目のみ説明します。
- 保存・開く: メインメニューのファイルの所にあります。保存する際、GeoGebra アカ ウントにログインを促されますが、ログインせずに続けることもでき、自分のコン ピュータに保存できます。
- 印刷: グラフィックスビューを印刷します。グラフィックスビューを矩形選択していれ ばその部分が印刷されます。
- 画像ファイル作成: メインメニューのファイルの所にある、ウェブ版だと「… 形式でダ ウンロード」、ダウンロード版だと「としてダウンロード」を選ぶと png や pdf で 画像ファイルが保存できます。グラフィックスビューを矩形選択していればその部 分が画像になります。

また、メインメニューのファイルの所にある「画像のエクスポート」を選ぶと、 png 形式でクリップボードにコピーできます。png でよいならば、この方法は手軽 です。

, 4.5 初めての動的幾何

ここでは GeoGebra の特徴の1つである、動的幾何の「動的」とは何であるかを説明します。

🌔 多角形ツールで三角形を作図してみます。



このとき、数式ビューには、点オブジェクトならば座標、線分ならば長さ、多角形なら

ば面積が表示されます。そして、三角形の頂点1つを移動すると、三角形が変形します が、同時に、数式ビューに表示されている辺の長さや三角形の面積が変化します。これが 動的の意味です。

さらに、数式ビューの点オブジェクトをクリックすると、座標を変更できるようになり ます。ここで点の座標を変更すると (これを再定義と呼びます)、やはり即座にグラフィッ クスビューの三角形が変形します。双方向に動的であることが GeoGebra の特徴です。

練習 4 (中点連結定理)・三角形 ABC を作図し、辺 AB と辺 AC の中点をそれぞれ
 D, E とし、線分 DE を作図します。このとき、線分 BC と線分 DE が平行であり、
 長さの比が 2:1 であるというのが、中点連結定理でした。



三角形 ABC を変形させても、上の2性質が保たれることを動的幾何を用いて体験してみて下さい。 ▲ 点ツールの所に ・ 中心または中点ツールが、 ▲ 直線ツールの所に * 線分ツールがあります。
また、 * 距離または長さツールや * 2つのオブジェクトの関係ツールを用いることで、上の2性質が保たれるという予想をより補強できると思います。
使用ツール例: ▲ 多角形、 ・ 中心または中点 ▲ 線分、 ★ 長さ、 * 員係

練習 5 (三平方の定理). 三平方の定理が成立することを動的幾何で体験してみて下 さい。









直線や曲線を作図すると黒色、多角形を作図すると茶色と決められた色で描画されますが、点を作図したときは3種類の色があります。

A	濃い青: 自由点。	▶ 移動ツールで動かすとき 2 次元の自由 度を持ち、どこへでも自由に動かせます。
C	薄い青: 半自由点。	▶ 移動ツールで動かすとき一定の制約のもと動かせます。直線や曲線の上のみを動く1
		次元の自由度を持つ点と、多角形の内部のみ を動ける点の 2 種類があります。
F	黒:従属点。	▶ 移動ツールでは直接は動かせません。2 直線の交点などです。他のオブジェクトが移 動するに伴って動くことしかありません。

作図した後に、色を変更することはできます。また、対称移動などで作図した場合、新 しい点は従属点ですが元の点の色を引き継ぐことがあります。

▲ 点を付ける / 外すツールを用いると、直線上のみを動く半自由点を、直線上への束 縛から解放して自由点にしたり、その逆を行ったりできます。



オブジェクトのコンテキストメニューから、「残像の表示」にチェックを入れると、オ ブジェクトが移動したときに残像が残ります。



残像は図形オブジェクトではなく、グラフィックスビューのスクロールやズームを行っ た場合には残像は消えます。また、メインメニューの「表示」から「再描画」を実行して も残像が消えることになっていますが、実際にはメインメニューを表示させた段階でグラ フィックスビューが少しずれるので、そこで再描画が起こり残像は消えます。

練習 8 (垂心の軌跡). 三角形 ABC とその垂心 M を考えます。 頂点 A が辺 BC と 平行に動くとき垂心 M (下図では点 E) はどのように動くか、動的幾何を用いて調



高等学校学習指導要領解説では、クローゼットの扉の通過範囲が触れられています。



さらに次のような例も考えられる。

右図のような,バスや家のクローゼットの扉に用いられる「折り戸」の可動領域(通過領域)を考察させる。このことを通して,微分法の有用性を実感させることが考えられる。 考察に当たっては,右下図のように,OP=PQ=a(一定)を満たす線分OPとPQが,点Qがx軸上を原点から 点(2a,0)まで動くとき,どのような領域を通過するか という問題の設定が重要になる。



明らかに,線分OPの通過領域は半径aの円の内部である。 一方,線分PQの通過領域の境界線を求めるためには,線分P

QをPの側に延長した半直線とy軸との交点をRとして、つねにQR=2aを満たすような







使用ツール例: 🔥 点、 🔀 交点、 💽 中心と円周上の1点で決まる円、 💽 中心 と半径で決まる円、 🥒 線分、 🧈 長さを指定した線分



高等学校学習指導要領解説では、軌跡や領域について、コンピュータ等を利用して(厳密な証明とは別に)直観的にも理解できるようにすることが大切だと書かれています。

図 28 高等学校 数学 II (2) 図形と方程式
軌跡について理解し、簡単な場合について、軌跡を求めるとともに、不等式の表す領域を
求めたり領域を不等式で表したりすること (ア(ウ)(エ))
図形を与えられた条件を満たす点の集合としてみる考え方についての理解を深める。
方程式を満たす点の集合が座標平面上の軌跡を表すことを理解し、軌跡が直線や円また
はそれらの一部となるような簡単な場合について、実際に軌跡を求めることができるよう
にする。指導に当たっては、コンピュータなどの情報機器を用いて、軌跡を確認したり、
条件を変更したときに軌跡がどのようになるかを予想し検証したりする活動を通して、条
件と得られる軌跡の関係を直観的にも理解できるようにすることが大切である。
また、不等式を満たす点の集合が座標平面上の領域を表すことを理解し、領域の境界線
が直線あるいは円となるような簡単な場合について、幾つかの不等式で表される領域を求
めたり、逆に、領域を不等式で表したりすることができるようにする。
$\mathcal{O}(\mathcal{O}), \mathcal{O}(\mathcal{O}), \mathcal{O}$

自由度1の半自由点Aと、この点に依存している従属点Bがあるとき、点Aが動いたときの点Bの軌跡が考えられます。残像を表示することでも軌跡が見えますが、 軌跡ツールを使うと、オブジェクトとして軌跡を得ることができます。さらに、後述の LocusEquation命令で、軌跡の方程式も求められます。

軌跡を作図するには、具体的には、 🛵 軌跡ツールを選び、まず描画点 (上の例だと点 B)、次に駆動点 (上の例だと点 A) の順にクリックすると軌跡が作図されます。

練習 10 (垂心の軌跡再び). 三角形 ABC とその垂心を考えます。頂点 A が辺 BC と平行に動くときの垂心の軌跡を作図して下さい。



5.4 アニメーション

自由度1の半自由点は、束縛されている直線や曲線の上を自動で動かすことができま す。これをGeoGebraではアニメーションと呼んでいます。1点を動かすだけでは面白み がありませんが、その点に従属している図形も一斉に動きます。

アニメーションを開始するには、自由度1の半自由点のコンテキストメニューから「ア ニメーション」を選びます。下右図では垂心の残像を表示してアニメーションさせてい ます。



アニメーションを停止するには、動いている半自由点のコンテキストメニューから再び 「アニメーション」を選ぶか、グラフィックスビュー右下の停止ボタンを押せばよいです。



練習 11 (折り目問題 1). 長方形の紙があります。紙の右下の頂点 A を長方形の上側の辺の点 P に合わせて折り目を付けます。P の位置を変えながら何度も折り目をつけると、折り目全体はどのような図形になるか、動的幾何を用いて調べてみて下さい。



練習 12 (折り目問題 2). 長方形の紙に円が描かれています。紙の右下の頂点 A を 円周上の点 P に合わせて折り目を付けます。P の位置を変えながら何度も折り目を つけると、折り目全体はどのような図形になるか、動的幾何を用いて調べてみて下 さい。



練習 13 (折り目問題 3). 長方形の紙に円が描かれています。ただし、円は紙からは み出るほど大きく、紙には一部のみが描かれていて、紙の右下の頂点 A を内部に含 んでいます。点 A を円周上の点 P に合わせて折り目を付けることを、P の位置を変 えながら繰り返すと折り目全体はどのような図形になるか、動的幾何を用いて調べ てみて下さい。





高等学校学習指導要領解説には、図形の性質を予想したり確かめたりするという視点か ら、幾何に関するソフトウェアに意義があると書かれています。

図 29 高等学校 数学 A (1) 図形の性質

コンピュータなどの情報機器を用いて図形を表すなどして、図形の性質や作図について統 合的・発展的に考察すること(イ(1))

ここでは,幾何に関するソフトウェアなどを用いて,図形の性質を予想したり確かめ たりしてその性質が成り立つ理由を探り,コンピュータを利用する意義を理解できるよう にする。また,図形の性質や作図について統合的・発展的に考察する力を培う。ア(ウ)と 関連付けて空間図形を任意に回転移動させることができるソフトウェアなどを利用して, 空間図形のどの要素に着目するか,どの方向から見るかといった洞察力を培うことも考え られる。

作図については、中学校では、第1学年で角の二等分線、線分の垂直二等分線、垂 線、円の接線などの「基本的な作図の方法とその活用」を取り扱っている。このことを踏 まえ、ここでは、円の外部の1点を通る円の接線の作図、線分を与えられた比に内分する 点や外分する点の作図、正五角形の作図、3本の平行な直線1,m,n上のそれぞれに頂点 をもつ正三角形の作図、与えられた三角形に内接する正三角形の作図などを取り扱うこと が考えられる。指導に当たっては、作図の技能そのものよりも、どのような性質に着目し て作図を行うべきか方針を立てたり、作図の過程を振り返って、作図した図形上の点がす べて条件に適しているか、条件を満たす場合が他にないかを図形の性質に立ち返って確認 したりすることが大切である。その際、コンピュータなどの情報機器を用いるなどして、 作図の方針を立てたり、考えた作図がどのような状況においても成立する普遍的なもので あるかを考察したりすることも考えられる。

さらに、作図においても、条件を見直し、統合的・発展的に考察することが大切である。例えば、3本の平行な直線1,m,n上のそれぞれに頂点をもつ正三角形の作図について考えた後に、3つの同心円のそれぞれに頂点をもつ正三角形の作図を考えたりすることや、与えられた三角形に内接する正三角形の作図について考えた後に、与えられた四角形に外接する正方形の作図を考えたりすることも考えられる。

ここには具体的に例が示してありますので、それぞれ練習問題として掲げてみます。

練習 15 (円の接線). 定規とコンパスを使っているつもりで、接線ツールなどを直接は使わずに、GeoGebraを用いて円に外部の1点から接線を引いて下さい。







練習 18 (平行な3直線上に頂点がある正三角形).3本の平行な直線 *l*, *m*, *n* がある とします。このとき、3直線それぞれに頂点のある正三角形を、どのように作図で きるか、GeoGebraを使って考察して下さい。



練習 19 (3 つの同心円上に頂点がある正三角形).3 つの同心円 C_1, C_2, C_3 がある とします。このとき、3 つの円周上それぞれに頂点のある正三角形をどのように作 図できるか、GeoGebra を使って考察して下さい。

上図では平行な3直線のときと同様に、2点E,Fを円周上にとり、正三角形 EFG		
をとりあえず作図し、点Gの軌跡を描いています。これをもとに求める正三角形の		
作図方法を考察できます。		
また、「???」となっているのは、「多角形1」が文字化けしているものです。		
使用ツール例: 🛃 点、 🔀 2 つのオブジェクトの交点、 🗾 2 点を通る直線、		
🛛 🎦 2 点を結ぶ線分、 📂 平行線、 ▶ 多角形、 🚺 正多角形、 💽 中心と円周上		
の 1 点で決まる円、 💽 中心と半径で決まる円、 📐 軌跡		

練習 20 (三角形に内接する正三角形). 三角形 ABC があるとき、これに内接する正 三角形をどのように作図できるか、GeoGebra を使って考察して下さい。

A f ??? 1 f ??? 1 F C P P P P P P P P P P P P P		
辺 AC 上に点 D、辺 AB 上に点 E をとり、正三角形 DEF の作図を目指します。点 D やっ F が頂点に一致するときは、正三角形の 1 辺 DF が三角形 APC の 1 辺の一		
D や点 E か頂点に一致するときは、止ニ用形の I 辺 DE かニ用形 ABC の I 辺の一 部になりますので、線分 DE と線分 DF のなす角が 60° になるように作図するだけ		
です (上左図)。		
点 D も点 E も頂点と一致しない場合は前の練習問題のように、とりあえず正三		
角形 DEF を作図してみます。そして、点 D を固定して点 E を動かしたときの点 F		
の軌跡を1F凶してみると、且縁になることかわかります。これをもとに氷める止二 角形の作図方法を老家できます		
使用ツール例: 🍙 点、 🔀 2 つのオブジェクトの交点、 📈 2 点を通る直線、		
🖌 2 点を結ぶ線分、 🔀 垂線、 📂 平行線、 🔀 垂直二等分線、 🛹 角の二等分		
線、 խ 多角形、 🎼 正多角形、 📐 軌跡		
● 6 入力バー		

ここまではマウスのみでの作図が中心でしたが、この節では式などをキーボードから入 力して作図することを解説します。式は、入力バーに入力します。





点の座標を

入力バー: (1, 2)

と入力すると、点が作図されます。点の名前がアルファベット順に自動で付くのは、マウ スで作図しているときと同じです。

点の名前を自分で指定したいときは、

入力バー: A = (1, 2)

のようにします。この際、既に存在するオブジェクトの名前を使用した場合、そのオブ ジェクトが上書きされます。既存のオブジェクトを変更したいときはこの機能(「再定義」 と呼びます)を利用します。

点の名前は通常大文字のアルファベットです。下のように小文字で名前を付けると、ベ クトルが作図されます。



あるいは名前を指定して

のように数値を入力バーに入力すると、数値オブジェクトが作成されます。数値は、数式 ビューに現れた「スライダー」で増減できます。



また、デフォルトではグラフィックスビューに表示されていませんが、グラフィックス ビューにスライダーを表示させることもできます。



また、スライダーの値の範囲は、設定ビューで変更できます。

GeoGebra全機能版		
	5 C Q I	Ξ
	基本 スライダー 色 位置 上級 数式 スクリプト記述	× ¢
4	最小: 最大: 增分: -5 5	:: A
	□ 固定された □ 乱数 水平な 🕏	N
2	速度: 1 反復:	
	 ✓ JUX 330 ▼ 図 数式ビューでスライダーを表示 	

▲■1 入力ボックスの挿入ツールを用いると、数値をキーボードで変更するための入力 ボックスをグラフィックスビューに表示させることができます。グラフィックスビューを クリックしたときに現れるダイアログで、「リンクするオブジェクト」に目的の数値オブ ジェクトを指定するとよいです。





高等学校学習指導要領解説では、関数のグラフについて、コンピュータの活用が指摘されています。

図 30 高等学校 数学 II (3) 指数関数・対数関数

また、コンピュータなどの情報機器を用いるなどして、いろいろな指数関数の式とグラ フの関係を考察することを通して、グラフについての理解を深めたり、二次関数のグラフ の平行移動と式の関係に着目し、統合的・発展的に考察したりできるようにすることも考 えられる。

上の引用箇所では指数関数、二次関数に言及していますが、三角関数、対数関数、無理関 数についても同様の指摘があります。こうした関数を描く方法を説明します。

入力バー: 2x - 3

のように x の式を入力すると、そのグラフが作図されます。誤解がなければ、2 と x の間に掛け算記号は不要です。このとき、自動的に関数名 (f(x) など) が付きますが、

入力バー: g(x) = 2x - 3

と自分で指定(あるいは再定義)することもできます。また、

のような x と y を用いた方程式で入力することもできます。



指数を入力するときは、

入力バー: h(x) = x² + 2 x + 1

と「^」を用いて入力します。一度「^」をタイプすると指数の入力が始まりますが、また 元のレベルに戻るには右矢印キーをタイプします。つまり、上の二次関数の $x^2 + 2x$ の部 分は、



と入力します(実際には見易くするために適宜スペースを狭んでいます)。

多項式関数だけではなく、次のような三角関数、指数関数、対数関数、分数関数、無理 関数などが入力できます。

sin(x), cos(x), tan(x), sqrt(x) exp(x) (e という名前のオブジェクトがない場合 e^x も可能です。) log(x) (自然対数。入力後は ln(x) と表示されます。) log(a, x) (底 *a* の対数。入力後は log₂(x) と表示されます。)



円周率 π などの特殊な文字は、画面左下のキーボードのアイコンをクリックしてオンス クリーンキーボードを表示させると、入力できます。度数法で用いる「度」の記号もここ から入力できます。また、円周率 π は pi と入力してもよいです。



陰関数のグラフも作図できます。普通に、

入力バー: x² + y² = 1

のようにします。





グラフを作図するために方程式を入力できましたが、それを不等式にするだけです。

入力バー: x² + y² < 1

のようにします。



イコール付きの不等号は、

入力バー: y >= x^2

のように不等号の後にイコールを付けて表します。ただ、入力後は、

入力バー: y ≥ x²

のようにイコールを1本の線で表した不等号で表示されます。



境界を含む場合は境界の曲線は実線で、含まない場合は点線で表示されます。



入力バーで、「Function」という命令を使います。 $f(x) = x^2 - x \ (-1 \le x \le 1)$ であれば、次のように入力します。



Function 命令で入力した後は、数式ビューでは If 命令を用いた式に置き換えられて います。



数値オブジェクトを利用すると、パラメータを含む関数を作図できます。

 $f(x) = x^2 + 2ax + a \quad (a i t 実数)$

というパラメータ付き関数のグラフを作図してみます。まず、

入力バー: a = 1

と数値オブジェクトaを定義します。次に、

入力バー:
$$f(x) = x^2 + 2ax + a$$

と関数を定義します。現在 a は 1 ですから、グラフィックスビューには、 $y = x^2 + 2x + 1$ のグラフが表示されていますが、a の値をスライダーで変更すると、f(x)もグラフもそれにつれて変化します。

さらに、スライダーは数式ビューにある再生ボタンでアニメーションさせられるので、 自動で図形を変化させることもできます。下の図では、残像を表示しています。



また、このような関数の有限な区間での最大値・最小値を求めることもよくあります。 例えば、 $-1 \leq x \leq 2$ での最小値を考えてみます。この区間に限定した関数は、Function 命令を用いて

入力バー: Function(f, -1, 2)

で定義できました。必要であれば、色や太さを変えて強調します。区間を指定した最小値は、Min 命令を用いて、

入力バー: Min(f, -1, 2) (点 A と名前がついたとします)

で求められます。ただし、結果は実数ではなく、最小値を与える点の座標であることに注 意が必要です。

$$h(a) = (-1 \leq x \leq 2$$
における $f(x) = x^2 + 2ax + a$ の最小値)

とおき、y = h(a)のグラフを手軽に見るには、

入力バー: (a, y(A)) (ここでの y は点の y 座標を求める関数)

と定め、この点の残像を描けばよいです。



y = h(a)のグラフの概形を知るだけならば残像で十分ですが、配布資料などできれい な図が欲しい場合は、 ふ 軌跡ツールで軌跡を求めることもできます。そのためには、x軸上に自由度1の半自由点 (点 C とします)をとり、数値オブジェクトaをa = x(C)と 定義して (ここでの x は点の x 座標を求める関数)、点 C を駆動点として (a, y(A))の 軌跡を求めるとよいです。

さて、高等学校学習指導要領解説にも、係数を変化させたときの二次関数のグラフの変 化について言及があります。

図 31 高等学校 数学 I (3) 二次関数

二次関数の値の変化やグラフの特徴を理解するとともに、二次関数の式とグラフとの関係 について、コンピュータなどの情報機器を用いてグラフをかくなどして多面的に考察する こと(ア(ア), イ(ア))

中学校では、関数 $y = ax^2$ を取り扱っているが、ここでは、一般の二次関数 について考察する。二次関数のグラフについては、関数 $y=ax^2$ のグラフの平行移動を取り扱った後で、 $y=a(x-p)^2+q$ の形に変形し、グラフの対称軸(直線x=p)や頂点(p, q)に着目して、関数 $y=ax^2$ のグラフとの位置関係を調べたり、コンピュータなどを活用して様々なグラフをかき、 その特徴を帰納的に見いだしたりする活動が考えられる。指導に当たっては、表、式、グ ラフを相互に関連付けて多面的に考察できるようにすることが大切である。例えば、コン ピュータなどの情報機器を用いるなどして、 $y=ax^2+bx+c$ のa、b、cの変化に伴う、グラ フの変化を考察することが考えられる。

なお,ここで,関数概念の理解を深める意味から,記号 f(x)を使用することも考えられる。

練習 21 (二次関数). a, b, cを数オブジェクトとして作成した後、二次関数 $y = ax^2 + bx + c$ を定義して、係数の変化に応じてグラフがどう変化するかがわかる図 を作ってみて下さい。





Function のような命令は多数ありますが、本講習ではごく一部だけ触れることにしま す。画面左下のキーボードのアイコンをクリックしてオンスクリーンキーボードを表示さ せ、「横3点」のアイコンをクリックすると、GeoGebra で使える命令の一覧があります。 ここでは LocusEquation 命令を例にとります。

以前も見た例ですが、三角形 ABC とその垂心 M を考えます。頂点 A が辺 BC と平行 に動くとき垂心 M の軌跡を作図します。



数式ビューを見ると、

loc1 = Locus(F, A)

のような式があると思います (Locus も命令です)。



ここで、入力バーに

と入力すると軌跡の方程式が得られます。



また、入力の途中でヘルプが表示されるので、命令をうろ覚えでも助けになります。複 雑な軌跡の場合、LocusEquation命令で方程式が求まらないこともあります。

7.4 区分求積法

区分求積法についてもコンピュータの活用が指摘されています。

図 32 高等学校 数学 II (5) 微分・積分の考え

不定積分及び定積分の意味について理解し、関数の定数倍、和及び差の不定積分や定積分 の値を求めるとともに、微分と積分の関係に着目し、積分の考えを用いて直線や関数のグ ラフで囲まれた図形の面積を求める方法について考察すること(ア(ウ)、イ(ウ)、[内容の 取扱い](1))

微分の逆の演算としての不定積分について取り扱う。また、不定積分の性質を基に、関数の定数倍、和及び差の不定 積分を求めることができるようにする。定積分の指導に当たっては、具体的なイメージを与えるために、面積を求める例 などと関連付けて導入することが大切である。例えば、区間 $a \le x \le b$ で $f(x) \ge 0$ のとき、関数 y = f(x) のグラフ、直線 $x = a, x = t (a \le t \le b)$ 及び x 軸で囲まれる部分の面積を S(t) と



すると, $\dot{S}(t)=f(t)$ であることが分かり,定積分が面積を表していることを導くことができる。

他に,区分求積法の考えに基づいて定積分を定義することも考えられる。この場合は, コンピュータなどの情報機器を用いて直観的に理解できるよう工夫する。 これは、微分の逆として不定積分を定義するのではなく、区分求積で定積分を定義することを、積分法の出発点とする場合についての指摘です。

しかし、数学 III まで含めると、区分求積法と極限を関連させる場合や、調和級数 $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots$ の発散を示す場合など、区分求積法の図は必要になります。曲線 $y = -x^3 + 3x^2$ の下側の面積について、区分求積の図を GeoGebra で描いてみます。

入力バー: f(x) = -x³ + 3x² 入力バー: LeftSum(f, 0, 3, 10)

(LeftSum は、区分求積の長方形を作図する命令で、長方形の左肩が曲線に載 るように高さを決めます。引数は順に、関数、区間の開始値、区間の終了値、長方 形の数です。)



LeftSum と同様の命令として、RightSum, UpperSum, LowerSum もあります。



数学 C の複素数平面の学習においては、演算の図形的意味が重要であり、特に単位円周 上の複素数はド・モアブルの定理や累乗根につながります。GeoGebra では、 A 点ツー ルの代わりに Z 複素数ツールでグラフィックスビューをクリックすると、点の代わりに 複素数が作図されます。どちらも点として描画されていますが、演算については違いがあ ります。

演算	点どうしの演算結果	複素数どうしの演算結果
和・差	ベクトルとしての和・差	複素数の和・差 (ベクトルと見ても同じ)
積	ベクトルとしての内積	複素数の積
商	複素数の商	複素数の商

「点/点」は解釈のしようがないので、複素数と扱ってしまっているようです。

練習 22 (複素数)・複素数平面の単位円周上の複素数 z_1 と、その 2 乗、3 乗の点を 作図し、 z_1 が単位円周上を動くときの、 $(z_1)^2$, $(z_1)^3$ がどう変化するか観察して下 さい。



使用ツール例: 🔁 複素数、 💽 中心と円周上の 1 点で決まる円、 💽 中心と半径 で決まる円

7.6 極座標

図 33 高等学校 数学 C(2) 平面上の曲線と複素数平面

たりすることが考えられる。また、アルキメデスの渦巻線r=0などについても対応表にし たがって極座標グラフ上に点をプロットしたり、式とグラフを相互に関連付けて考察した り、コンピュータなどの情報機器を用いるなどして曲線をかいたりすることで、極方程式 の意味やよさについての理解を深めることも考えられる。ただし、曲線の極方程式は生徒 には分かりづらいところもあるので、極方程式のよさを感じ取ることのできる曲線を取り 扱うようにすることが大切である。

GeoGebra で極座標は

(r; θ)

と、セミコロン区切りで表します。ここではあまり深入りせずに、極方程式で表された曲 線をいくつか描いてみます。



上図の黒い閉曲線の方がカージオイドです。

7.7 媒介変数表示された関数

図 34 高等学校 数学 C(2) 平面上の曲線と複素数平面

曲線の媒介変数表示について理解すること(ア(イ))

平面上の曲線Cが一つの変数,例えば t を用いて x=f(t), y=g(t) の形に表されたとき, この表し方を曲線Cの媒介変数表示といい,変数 t を媒介変数という。このとき,2つの 変数 x,y は,独立して変化するものではなく,tを媒介としていることから,tの値を一つ 決めることによってそれに対応する x,y の値の組が一つに決まる関係であることを理解で きるようにする。また,放物線や楕円などの二次曲線を媒介変数で表示するだけでなく, 媒介変数表示以外では表すことの難しい曲線として,例えばサイクロイド曲線を取り上げ, 媒介変数を用いればいろいろな曲線を式で表せることなど,媒介変数表示のよさを理解で きるようにすることが考えられる。

サイクロイド曲線を取り扱う際には、コンピュータなどの情報機器を用いるなどして、 円が定直線上をすべることなく転がる様子やその円周上の点の動く様子を観察するなどし

て、半径 a の円が直線上をすべることなく θ だけ回転したとき、円の中心は x 軸方向に a θ だけ平行移動していることや、円周上の点の座標は θ を用いて $x=a(\theta-\sin\theta), y=a(1-\cos\theta)$ と表せることなどを理解できるようにすることが大切である。簡単な曲線につい ては、対応表にしたがって点をプロットしてかくことも有用である。また、サイクロイド 曲線は、その一部が最速降下曲線(曲線に沿って物を転がしたとき最も速く転がり落ちる 曲線)の特徴をもつことなどを紹介することも考えられる。

GeoGebra では、媒介変数表示で表された曲線は、Curve 命令で描けます。ここでは、 アステロイド

$$\begin{cases} x = \cos^3(t) \\ y = \sin^3(t) \end{cases} \quad (0 \le t \le 2\pi)$$

を描いてみます。

入力バー: Curve(cos(t)³, sin(t)³, t, 0, 2pi)

(引数は順に、*x* 座標の式、*y* 座標の式、媒介変数名、媒介変数の開始値、媒介 変数の終了値)



また、円が直線上をすべることなく転がりサイクロイドを描く様子を観察するための図 も次のように作ることができます。ただし、これは作図に手間もかかるので、出来たもの を生徒に見せるだけになろうかと思います。



8 表計算ビュー

統計的内容が重視されるようになってきましたが、コンピュータの活用に関し、グラフ やヒストグラム、あるいは、プログラミング教育との関連について学習指導要領解説に次 のような記述があります。

図 35 小学校 第4章 指導計画の作成と内容の取扱い2 内容の取扱いについての配慮事項

特に、今回の改訂では、統計的な内容を各学年で充実させているが、データを表 に整理した後、いろいろなグラフに表すことがコンピュータなどを用いると簡単に できる。目的に応じて適切にグラフの種類や表現を変えることで、結論や主張点が より明確になる。このようなコンピュータなどを用いてグラフを作成するよさに触 れることも大切である。

図 36 中学校 第 2 学年 D データの活用 D (1) データの分布

コンピュータなどの情報手段を用いること(アの(イ), イの(ア)) ヒストグラムや相対度数などの必要性と意味を理解することの指導においては,

手作業でこれらを作成したり求めたりすることが重要な意味をもつことに留意す る。一方で、手作業でデータを処理することが難しい場合もある。例えば、大量の データを整理する場合や大きな数、端数のある数を扱う場合、あるデータから多様 なヒストグラムをつくる場合などである。このような場合には、コンピュータなど を利用して作業の効率化を図ることが大切である。それにより、処理した結果を基 にデータの傾向を読み取ったり考察し判断したりすることに重点を置いて指導でき るようにする。 図 37 高等学校 数学 A (2) 場合の数と確率

また、本科目の「(2) 場合の数と確率」を含め統計的な内容は、共通教科情報の「情報 I」の「(3) コンピュータとプログラミング」のモデル化やシミュレーションとの関連 が深く、生徒の特性や学校の実態等に応じて、教育課程を工夫するなど相互の内容の関連 を図ることも大切である。

さて、GeoGebra にも表計算の機能があります。敢えて GeoGebra を使わずとも Excel などを使えば済むことが多いですが、グラフィックスビューと連携ができることが利点です。



表計算ビューは「全機能版」を普通に起動した場合は表示されていません。メインメ ニューの「表示」の所から「表計算・統計」を選ぶと表示されます。あるいは、数式ビュー やグラフィックスビューのメニューの中、「縦3点」のアイコンをクリックしても、同等 のメニューがあります。

	< ↓ ▶ ⊙ €	
🗄 🖍 🌣		ΞN
+ 入力.	╳ 閉じる	
	×= 数式処理(CAS)	=
	💣 グラフィックス 2	
	▲ 空間図形	
	14 表計算・統計	
	▲ 確率計算器	
	□ 作図手順	
		-


セルに数値を入力して和を計算するなど、表計算ソフトウェアの基本的機能は備わって いますが、Excel よりも使える関数はかなり少ないです。

画面左下のキーボードのアイコンをクリックしてオンスクリーンキーボードを表示させ、「横3点」のアイコンをクリックすると、GeoGebraで使える命令・関数の一覧があります。



また、インターフェイスでも削られている部分があるので、困りそうなものを列挙して おきます。

- セル範囲の選択で、シフト + クリックが使えない。
 対策:ドラッグで範囲指定する。
- Excel でコピーしたものを、GeoGebra の表計算ビューに貼り付けたいとき、右ク リックで現れるメニューから貼り付けてもできない。Ctrl-V ならば可能だが、グ ラフィックスビューに画像も貼り付けられてしまう。
 対策: Excel でコピーしたものを一旦メモ帳に貼り付け、タブ区切りテキストにし てから、それをコピーして GeoGebra に貼り付ける。
- 現在ウェブ版では正しく動作しない機能もある。
 対策:ダウンロード版を使う。

GeoGebra の特徴としては、数式ビューに一覧されているオブジェクトは、そのまま表 計算ビューで式の一部に使えることがあげられます。下の例では、直角三角形の各辺の上 に立てた正方形を、表計算ビューに式として設定し、三平方の定理が確認できるようにし ています。





グラフィックスビューにヒストグラムを表示することができます。度数分布表からヒス トグラムを作成する方法と、生データから直接ヒストグラムを作成する方法があります。 まず、度数分布表が表計算ビューにあったとします。

0	2	(0 以上 10 未満の度数が 2)
10	5	(10 以上 20 未満の度数が 5)
20	8	(以下同様)
30	6	
40	3	
50		

左の列の範囲を選択して^(1,2) リストの作成ツールでリスト 11 を作成します。次に右の列 の範囲を選択してリスト 12 を作成します。このとき、11 よりも 12 の方が要素が 1 つだ け少ないことになります。そして、入力バーで 入力バー: Histogram(11, 12)

と入力すると、グラフィックスビューにヒストグラムが表示されます。



ヒストグラムの縦横の長さが大きく異なると、極端に縦長、横長の図になってしまうの で、グラフィックスビューのコンテキストメニューから「フィットするようにズーム」を 選べば、ちょうど収まるように縦軸・横軸の比率を変更してくれます。



次に、生データからヒストグラムを作る方法です。表計算ビューに、下の画面写真の左 に示したような、階級の境界の値と生データが入力されているとします。第1列の数値 からなるリストを11、第2列を12とします。通常は12の要素の方がだいぶ多いはずで す。そして、入力バーで 入力バー: Histogram(11, 12, false)

と入力すると、グラフィックスビューにヒストグラムが表示されます。3つ目の引数の 「false」は、度数が3なら、棒の高さも拡大縮小なしに3にするという意味です。

0	37												
					志言	+笛,統計 -	GeoGebra						
10	11		• ~ + > 0 0			<u>1=2</u> ↔					+		Q ≡
20	33		$I1 = \{A1, A2, A3, A4, A5, \exists N \}$	B		ĒĒ	EIT	Î					
30	19		→ {0, 10, 20, 30, 40, 50}		A	B 37	c	5 -]			
40	23		$l2 = \{B1, B2, B3, B4, B5, B6, \overset{\bullet}{B7}$	2	10	11		4 -					
		{	→ {37, 11, 33, 19, 23, 37, 19	4	30	19							
50	37		a = Histogram (I1, I2, false)	5	40	23		3 -					
	10	1 🔍	3 (/ / / /	6	50	37							
	19		\rightarrow 150	/		19							
		{		8		19		2	_			-	1
	19	+	入力	9		10							
	10]		10		3							
	10]		11		49		1.					
	10			12		7							
		{		13		44				a=	150		
	3			14		24							, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
	<u> </u>	ļ		15		22		0		20		40	60
	49							I					
	7												
	44]											
	24]											
	22												
		-											

8.3 箱ひげ図

中学校・高等学校では箱ひげ図を学びます。そのうち中学校ではコンピュータの活用に ついても言及されています。

図 38 中学校 第 2 学年 D データの活用 D (1) データの分布



四分位範囲や箱ひげ図を用いて,複数の集団のデータの分布の傾向を比較して読 み取り,批判的に考察したり判断したことを説明したりすることができるようにす る。

指導に当たっては、日常の事象を題材とした問題などを取り上げ、それを解決す るために必要なデータを収集し、コンピュータなどを利用してデータを整理し、四 分位範囲を求めたり箱ひげ図で表したりして複数の集団のデータの傾向を比較して 読み取り、その結果を基に説明するという一連の活動を経験できるようにすること が重要である。例えば、中学生の体力は以前に比べて落ちているといえるかどうか について考える。データとしては、生徒にとっての考察のしやすさから、同じ学校 の中学校2年生男子の体力テストの結果を用いることができるであろう。そこで、 ハンドボール投げに焦点化し、2000年、2005年、2010年、2015年のデータから箱 ひげ図(図1)を作成するなどして分布の傾向を比較して読み取り、これを基に、「中 学生の体力は前に比べて落ちているといえるかどうか」について考察する。具体的



GeoGebra を用いて、表計算ビューにあるデータの箱ひげ図をグラフィックスビューに 描くことができます。

表計算ビューに、下の画面写真の左にあるようにデータが入力されているとします。1 列目のデータと2列目のデータからリストツールでリストを作り、それぞれ11、12とし ます。入力バーで

入力バー:	<pre>BoxPlot(1,</pre>	0.3,	11)
入力バー:	BoxPlot(2,	0.3,	12)

(BoxPlot の引数は順に、箱ひげ図を描く <math>y座標、箱ひげ図の高さの半分、データ)

と入力すると、グラフィックスビューに、これら2つのデータの箱ひげ図が表示されま す。箱ひげ図オブジェクトの値は平均です。

119	123				表	計算・統計 – Gec	oGebra
119	121	R	• ~ + > 0 0			<u>a=2</u> ↔	$ \exists c \circ d \equiv $
119	117		$I1 = \{A1, A2, A3, A4, A5, \exists N$	B) - E = H	
125	120	·	→ {119, 119, 119, 125, 116, 1 :	1	A 9	B 123	
116	124		$12 = \{B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 \\ \rightarrow \{123, 121, 117, 120, 124, 13, 120, 124, 120, 124, 120, 124, 120, 124, 120, 120, 120, 120, 120, 120, 120, 120$	3	119	121	
119	120		a = BoxPlot (1, 0.3, 11)	5	116	124	
122	119		→ 120	7 8	22 2	9 5	a = 120
121	115		b = BoxPlot (2, 0.3, I2)	9	118	22 24	116 118 120 122 124
118	122	+	入力	12	123		-2
120	124			14 15	122		-
123				14			
121							
122							
122							
116							

練習 23 (箱ひげ図). 紙テープを目分量で 10cm と思う所で切り、短冊状のものを 15 本作って下さい。その後、実際にその長さを測って、表計算ビューに入力し、箱 ひげ図を描いてみて下さい。



CAS とは数式処理システム (computer algebra system) のことです。有名な市販ソフ トウェアとしては Mathematica などがあります。GeoGebra にも CAS が組み込まれて いて、方程式の厳密解を求めたり、因数分解、展開などの数式の計算をしたりできます。



CAS ビューを表示するには、メインメニューの「表示」から、「数式処理 (CAS)」を選びます。



上の図は、式を1つ入力した後の図ですが、番号付きのセルが上から順に並んでいて、 一番下のセルは入力バーのように命令を入力するセルです。1つのセルの中の上の行は入 力で、その下の矢印のある行は計算結果です。

では、方程式 $x^3 - 3x = 0$ を入力して、Solution 命令を使ってその解を求めてみます。

CAS 入力バー [1]: x³ - 3x = 0 (= 0 はなくてもよい) CAS 入力バー [2]: Solutions(\$1) (\$1 は番号 1 のセルを指す記号)



このように、方程式の解が近似値ではなく厳密に求まります。ただし、次数が上がると求 まらないことがあります。

簡単なものならば、三角関数などが混じっている方程式も解けます。

理由は不明ですが Solve 命令だと一般解を求めてくれるようです。同様に、不等式も解けます。

$$| \begin{array}{c} x + \frac{1}{x} > 4 \\ \rightarrow x + \frac{1}{x} > 4 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 2 \\ 0 \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{solve} (\$1) \\ \rightarrow \left\{ 0 < x < -\sqrt{3} + 2, x > \sqrt{3} + 2 \right\} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3 \end{array}$$



Factor 命令で、多項式を有理数係数の範囲で因数分解できます。

CAS 入力バー [1]: x² - x - 2 CAS 入力バー [2]: x⁴ + 4 CAS 入力バー [3]: Factor(\$1) CAS 入力バー [4]: Factor(\$2)



Expand 命令で展開もできます。

9.3 グラフの交点

グラフの交点を厳密に求めることができます。Intersect 命令を用いて、直線 y = xと放物線 $y = x^2 - x - 1$ の交点を求めてみます。

CAS 入力バー [1]: y = x CAS 入力バー [2]: y = x² - x - 1 CAS 入力バー [3]: Intersect(\$1, \$2)

関数のセルの左にある丸いボタンを押せば、グラフィックスビューにグラフを表示でき ます。



グラフィックスビューでグラフを移動すると、解も動的に変更されます。また、グラフ 上に交点の座標を表示することも、上に続けていくつかの命令が必要ですが可能です。





FormulaText 命令の結果を、セル左部の丸いボタンをクリックしてグラフィックス ビューに表示すると、テキストオブジェクトが作成されます。



このままだと、テキストオブジェクトが交点の位置にはないので、
 移動ツールで移
 動すればよいです。

さらに、グラフが移動しても追随するようにもできます。まず、グラフィックスビュー で 🔀 交点ツールを用いて 2 交点を作図します (点 A と点 B とします)。次に、交点座標 のテキストオブジェクトの設定ビューを開き、「位置」タブの「開始点」に、対応する点 を指定します。

GeoGebra			
		5 C 9	\equiv
4	基本数式	テキストの挿入 色 位置 上級	×
3	開始点	ā: (2.48, 1.74)	- +
2	口面	面- 日 :位置	
			∎×= N
$\langle \rangle$			

すると、グラフが移動しても、テキストオブジェクトが指定した点に、動的に追随するようになります。



三角形の 3 中線が 1 点 (重心) で交わることなど、図形の性質を証明する機能が GeoGebra にはあります。ただし回答してくれるのは結果だけであり、証明の過程を答え てくれるわけではありません。

三角形の中線を2本作図し、その交点Gを作図します。



ここで、もう1本の中線hを引くと、点Gを通過します。これが、たまたまなのか、どんな三角形に対しても成立するのかを調べることができます。

a²b 2 つのオブジェクトの関係ツールで G と h を選択すると、次のようなダイアログ

が表示されます。



「数値的」とは、現在の点 G の座標や直線 h の方程式をもとに、直線上にあるかを判断 したという意味です。「もっと表示…」をクリックすると、三角形の頂点 A, B, C をどこ に動かしても点 G が直線 h 上にあることを、「常に真」という表示で知らせてくれます。



2つのオブジェクトの種類によっては、平行・垂直や、長さが等しいことなども判定して

くれます。



高等学校学習指導要領解説では、空間図形についてコンピュータの活用に触れられています。

図 39 高等学校 数学 A (1) 図形の性質 コンピュータなどの情報機器を用いて図形を表すなどして、図形の性質や作図について統 合的・発展的に考察すること(イ(イ)) ここでは、幾何に関するソフトウェアなどを用いて、図形の性質を予想したり確かめ たりしてその性質が成り立つ理由を探り、コンピュータを利用する意義を理解できるよう にする。また、図形の性質や作図について統合的・発展的に考察する力を培う。ア (ウ)と 関連付けて空間図形を任意に回転移動させることができるソフトウェアなどを利用して, 空間図形のどの要素に着目するか、どの方向から見るかといった洞察力を培うことも考え られる。

GeoGebra では空間図形が扱えます。メインメニューの「表示」から「空間図形」を選ぶと空間図形ビューが表示されます。x軸、y軸、z軸は、順に、赤、緑、青で表示されています (RGBの順)。



空間図形ビューを移動するには次のような操作をします。

- ドラッグすると、回転
- シフトキーを押しながらドラッグすると、平行移動

• マウスホイールで、ズーム

ここでは網羅的な解説はせず、立方体を平面で切断した断面の形を見ることを目標に ツールの使い方等を解説します。

ゴ方体ツールを選び、原点と (2,0,0) あたりをクリックすると、立方体が作図されます。

次に、入力バーで

入力バー: (2, 3, 3)

とすると点が作図されます。 ✓ 直線ツールで原点と今作図した点を結ぶ直線 (f としま す)を作図します。さらに、直線 f 上に自由度 1 の半自由点 (K とします)を作図します。 次に、 ▲ 直交平面ツールで直線 f に垂直で点 K を通る平面を作図します。



最後に、 (金) 2 曲面の交線ツールで立方体と平面の交線を作図します。 点 K を移動する と、交線が変化します。



ここまでは、直線fに垂直な平面での切断面を見てきましたが、直線f自体の方向を変 えるためには、点(2,3,3)の移動が必要です。空間の点を、平面である画面での操作で 思った方向に動かすには工夫が必要ですが、GeoGebra では、水平移動モードと鉛直移動 モードを切り替えて点の移動を行います。これらのモードは、点をクリックする度に切り 替わります。

マウスポインタを点に載せたとき、4方向に矢印が出ていれば水平移動モードで、*xy*平 面に平行な方向にのみ移動します。



また、上下2方向に矢印が出ていれば鉛直移動モードで、*z*軸に平行な方向にのみ移動 します。





GeoGebra でもある程度のプログラムが作成できます。ただし、ビジュアルプログラム 言語ではないので、小学校段階で扱うのは無理があると思います。しかし、入力バーに入 力できる命令を順に書くだけのプログラムでしかないので、入力バーを使えるならば、プ ログラムが書けるとも言えます。

プログラムはいろいろな所に書けますが、おすすめはボタンオブジェクトです。 IM ボタンツールでグラフィックスビューをクリックすると、下のようなダイアログが表示されます。

ボタン				
見出し:				
GeoGebra Script:				

このダイアログの「見出し」欄には、ボタンに表示される見出しを指定します。「GeoGebra Script」欄には、入力バーに入力できる命令を、1行に1命令ずつ順番に書きます。 例えば、ここに、

と入力すると、ボタンをクリックすると三角形が作図されます。何度も同じ作図をするな らば、このようなボタンを作っておくと便利です。

図 40 手引「第3章 各教科等の目標・内容を踏まえた指導の考え方」より



小学校のプログラミング教育でも言及されている、正多角形の作図を行えます。タート ルグラフィックスとは、タートルがペンを持って移動しながら図形を描くというイメージ で、前進、右へ 45° 向きを変える、のような命令を繰り返して作図します。

命令	意味
<pre>t = Turtle()</pre>	タートルを取得
TurtleForward(t, 距離)	前進
TurtleLeft(t, 角度)	左へ回転
TurtleRight(t, 角度)	右へ回転
TurtleDown(t)	ペンを下げて書けるようにする
TurtleUp(t)	ペンを上げる

これらの命令を入力バーに入力すると作図が可能ですが、命令をまとめて、ボタンに記述するのがよいと思います。前項のように、ボタンを作成し、その「GeoGebra Script」欄に、

```
t = Turtle()
TurtleForward(t, 3)
TurtleLeft(t, 90°)
TurtleForward(t, 3)
TurtleEft(t, 90°)
TurtleForward(t, 3)
TurtleLeft(t, 90°)
TurtleForward(t, 3)
TurtleForward(t, 3)
```

と入力します。ただし、上のスクリプトのように、「度」などのキーボードから直接入力 ない文字がある場合、ボタン作成時のダイアログではスクリーンキーボードが使えないの で、ボタンの設定ビューの「スクリプト記述」欄に入力すると良いです。



作成したボタンをクリックすると、グラフィックスビュー右下に再生ボタンが現れるの で、再生を開始すると正方形が作図されます。

上のプログムでは、同じ命令群を4回反復していますが、このような場合は、Repeat 命令が使えます。正方形を書くプログラムは下のように短くできます。

t = Turtle()

```
Repeat(4, TurtleForward(t, 3), TurtleLeft(t, 90°))
```

さらに、正方形ではなく正6角形ならばどこをどう変えれば良いかなどの活動をすることになります。ただ、繰り返しになりますが、小学校段階であれば「Scratch」などのビジュアルプログラム言語を用いるのが良いです。

11 ツール一覧

ツールバーにあるすべてのツールの簡単な説明を記します。



	11.2 点ツールボックス	
•	点	点や交点を作成する。
•	オブジェクト上の点	直線・曲線や多角形の上のみを動ける点を作成
		する。
\checkmark	点を付ける / 外す	オブジェクト上の点にする、解除する。
$\left \right\rangle$	2 つのオブジェクトの交点	交点を作図する。
•	中点または中心	2 点の中点や、円などの中心を作図する。
۰Z	複素数	複素数を複素数平面に作図する。
$\wedge \downarrow$	極値	曲線の極値を与える点作図する。
f	根 (x軸との共有点)	曲線と x 軸との共有点を作図する。
—		
\checkmark	11.3 直線ツールボック	ス
×*	2 点を通る直線	直線を作図する。
~	2 点を結ぶ線分	線分を作図する。
a •	長さを指定した線分	ある点を始点とする指定された長さの線分を作図
		する。
•~	2 点を通る半直線	半直線を作図する。
Z	点を結ぶ折れ線	線分いくつかを連結した折れ線を作図する。
•••	2 点を結ぶベクトル	ベクトるを作図する。

始点を指定したベクトル ある点を始点とする指定された長さのベクトルを 作図する。

•

11.4 垂線ツールボックス

垂線	指定した直線に垂直で、ある点を通る直線を作図する。
平行線	指定した直線に平行で、ある点を通る直線を作図する。
垂直二等分線	2点あるいは線分の垂直二等分線を作図する。
角の二等分線	3点で決まる角、あるいは、2直線のなす角の二等分線を
	作図する。
接線	接線を作図する。
極線または直径	極線または直径を作図する。
最良近似直線	点のリストを元に、近似曲線を作図する。
軌跡	指定した点が、指定した駆動点が直線や曲線上を動いたと
	きの軌跡を作図する。
	垂線 平行線 垂直二等分線 角の二等分線 接線 接線 または直径 最良近似直線 軌跡

11.5 多角形ツールボックス

多角形	多角形を作図する。
正多角形	正多角形を作図する。
剛体多角形	最初の2頂点で平行移動と回転できる多角形を作図する。
ベクトル多角形	最初の頂点で平行移動できる多角形を作図する。
	多角形 正多角形 剛体多角形 ベクトル多角形

11.6 円ツールボックス

\odot	中心と円周上の 1 点で決まる円	円を作図する。
\bigcirc	中心と半径で決まる円	円を作図する。
\bigcirc	コンパス	2 点をクリックして半径を決定し、次の
		クリックで中心を指定し円を作図する。
\bigcirc	3 点を通る円	円を作図する。
,	直径の両端の2点を通る半円	半円を作図する。
••	中心の弧上の 3 点で決まる円弧	円弧を作図する。
\bigcirc	弧上の3点で決まる円弧	円弧を作図する。
4	中心と扇形上の2点で決まる扇形	扇形を作図する。
\heartsuit	扇形上の3点で決まる扇形	扇形を作図する。

\frown				
\mathbf{V}_1	11.7 楕円ツールボ	ックス	, x	
\odot	楕円	2 焦点	と楕円上の点を	を指定して楕円を作図する。
• • •	双曲線	2 焦点	を双曲線上の点	気を指定して双曲線を作図する。
	放物線	2 焦点	した放物線上の点	気を指定して放物線を作図する。
\bigcirc	5 点を通る 2 次曲線	5 点の	位置に応じ、権	『円、双曲線、放物線を作図する。
0-			,	
	11.8 用度ツール小	ックス	•	
	角度		3 点または2 重	直線で決まる角度を表示する。
4.	大きさを指定した角度	£	指定した大きる	さの角度を作成する。
cm 🖌	距離または長さ		線分などの距离	誰を表示する。
cm ²	面積		多角形などの詞	面積を表示する。
	傾き		直線の傾きを剥	表示する。
{1,2}	リストの作成		リストを作成す	する。
2 a=b	2 つのオブジェクトの)関係	自動定理証明る	を実行する。
	関数の分析		区間を指定して	て関数のグラフを分析する。
O -				
	11.9 鏡映ツールボ	ックス		
•	直線に関する鏡映			直線に関する鏡映を作図する。
••	点に関する鏡映			点に関する鏡映を作図する。
	円に関する鏡映			円に関する鏡映を作図する。
	角度を指定して点の回	回りにオ	ブジェクトを	回転移動する。
	回転			
• *	ベクトルに沿ってオス	ブジェク	トを平行移動	平行移動する。
k .0	倍率と中心となる点を	E指定し	てオブジェク	拡大・縮小する。
	トを拡大			



12.1 4通りの変更方法

オブジェクトの色や太さなどの状態を変更するには、大きく分けて4通りの方法があり ます。

- コンテキストメニュー (オブジェクトを右クリック)
- グラフィックスビューのメニュー (グラフィックスビュー右上)
- 設定ビュー (コンテキストメニューやメインメニューから「設定」を選ぶ)
- ツールの利用

本講習では、それぞれを網羅的に解説することはやめ、変更したいことをどう実現できる かという「逆引き」方式で、主なものを解説します。

	コンテキスト メニュー	グラフィックス ビューのメニュー	設定ビュー	ツール
表示・非表示	\bigcirc		\bigcirc	\bigcirc
ラベルの表示	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc	\bigcirc
色		\bigcirc	\bigcirc	
面の塗り		\bigcirc	\bigcirc	
点の形や大きさ		\bigcirc	\bigcirc	
線の太さ		\bigcirc	\bigcirc	
残像	\bigcirc		\bigcirc	
名前の変更	\bigcirc		\bigcirc	

12.2 オブジェクトやラベルの表示・非表示

コンテキストメニューで、「オブジェクトの表示」や「ラベルの表示」を選ぶと、オブ ジェクトやラベルの表示・非表示が切り替わります。



また、
オブジェクトの表示 / 非表示ツールや AA ラベルの表示 / 非表示ツールを選ん
で、オブジェクトをクリックすることでも同じことができます。

設定ビューにもこれらを設定するチェックボックスがあります。ラベルについては「見 出し」欄に入力したテキストをラベルとして表示させることもできます。



色を変更したいオブジェクトを選択した状態で、グラフィックスビューのメニューを操 作すると色を変更できます。多角形の場合は、塗りの透過率も変更できます。

左から順に、	左から順に、	
点の色・透過率、	面の色・透過率、	
点の種類・太さ、	線の種類・太さ、	
ラベルの表示・非表示、	ラベルの表示・非表示、	
オブジェクトの固定、	オブジェクトの固定、	
設定ビューを開く、	設定ビューを開く、	
各ビューの表示・非表示	各ビューの表示・非表示	

12.4 名前

コンテキストメニューの「名前の変更」や、設定ビューの「名前」欄でオブジェクトの 名前を変更する場合、既にある名前に変更すると、元々あったオブジェクトの名前が別の ものに (依存関係も含めて) 変更され、その上で目的のオブジェクトの名前が指定したも のに変更されます。

これは入力バーでの再定義と動作が異なるので注意して下さい。

13 おわりに

プログラミングに必要な能力としては、例えば以下のものがあげられます。

目的達成に必要なことがらを、一連の手順に整理できる(アルゴリズムの作成)

- 具体例で検証できる(動作検証、アルゴリズム作成の手掛り)
- ●場合を網羅できる、例外に気付ける(正しい条件の記述)
- 困難を分割できる(関数定義、意味のあるまとまりを考える)

これらは、数学で要求される論理的な思考力の中でも重要なものばかりです。

- 目的達成に必要なことがらを、一連の手順に整理できる(解答や証明を文章に表現できる)
- 具体例で検証できる(検算、帰納的推論)
- ●場合を網羅できる、例外に気付ける(隙のない論理)
- 困難を分割できる(長い解答や証明を表現・理解できる)

「プログラミング的思考」が導入されることとなり、賛否いろいろな意見があると思 いますが、その趣旨に肯定的な立場からすると、「プログラミング的思考」は本当に重要 で、算数・数学のみならず多くの教科で有用で、社会に出た後も有益であると、本心から 思います。数学は役に立たないというよく耳にする意見に対して、算数・数学の教員であ れば、そんなことはないという気持ちを本音として持っていると思いますが、それと同じ です。ただ、実際にどのような授業をすれば、「プログラミング的思考」が身に付き、そ れを様々な場面で活用できるのかは、今はまだ非常に難しい問題です。本講習が少しでも 参考になればさいわいです。

プログラミングに限らず、コンピュータ等の情報機器は、活用の機会がどんどん増える ことは間違いありません。象徴的なのは、児童・生徒のノートをタブレット端末で撮影し、 すぐにスクリーンに写すという使い方です。タブレット端末やスマートフォンを先生方が 日常的に利用しているため、導入へのハードルが低く、「やらされている」のではなく単 に便利だから積極的に使ってみたというケースが多いと思います。本講習で、GeoGebra 導入のハードルが少しでも低くなり、使ってみようと思えたなならばさいわいです。

参考文献

- [1] 小学校学習指導要領 算数編, 文部科学省, 平成 29 年 3 月
- [2] 中学校学習指導要領 算数編, 文部科学省, 平成 29 年 3 月
- [3] 高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編,文部科学省,平成 30 年 3 月 (文部科学 省ウェブサイト)

- [4] 小学校学習指導要領解説 算数編, 文部科学省, 平成 29 年 7 月
- [5] 中学校学習指導要領解説 数学編, 文部科学省, 平成 29 年 7 月
- [6] 高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編,文部科学省,平成 30 年 7 月 (文部科学 省ウェブサイト)
- [7] 文部科学省ウェブサイト プログラミング教育, http://www.mext.go.jp/a_menu/ shotou/zyouhou/detail/1375607.htm
- [8] 未来の学びコンソーシアム, https://miraino-manabi.jp
- [9] GeoGebra ホームページ, https://www.geogebra.org/?lang=ja
- [10] GeoGebra 日本, https://sites.google.com/site/geogebrajp/
- [11] GC, http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/iijima/gc_rc/
- [12] 関数グラフソフト GRAPES, http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/%7Etomodak/ grapes/index.html
- [13] Cinderella.2 (シンデレラ2)日本語版, https://sites.google.com/site/ cinderellajapan/
- [14] Cabri, https://cabri.com/en/