iPad を活用した中学校・高等学校数学科の授業開発に関する研究

坂　井　武　司
（教育学科教授）

赤　井　秀　行
（九州ルーテル学院大学講師）

大　門　耕　平
（近江兄弟社中学校教諭）

中　島　晃　貴
（近江兄弟社中学校教諭）

本研究では，iPad 等のタブレット端末の活用を前提とした数学教育として，ワイヤレスモーションセンサーと連動したアプリ「Match Graph」や関数グラフ作成ソフト「GeoGebra」を活用した授業開発を行った。数学科専攻の大学学部生を対象とした授業および中学校数学科の授業において実践し，授業に関するアンケート調査の分析を通して，iPad 等のタブレット端末を活用した授業は，主体的・対話的で深い学びの視点から効果があることを明らかにした。

キーワード：iPad の活用，数学教育，教材開発

1．はじめに

2021年度より，新学習指導要領に基づいた教育活動が中学校で本格的に実施されている。高度情報化社会に対応する情報活用能力の育成に配慮し，コンピュータや情報通信ネットワークを適切に活用した学習活動の充実や教材・教具の適切な活用等，教育活動への ICT の活用が求められている。また，GIGA スクール構想（文部科学省，2019）が示されるとともに，コロナ禍における教育の ICT 化が急速に進展し，2021年度より，多くの中学校において，１人１台のタブレット端末が配布され，その活用により，教科の学びを深め，教科の学びの本質に迫ることが求められている。

数学教育への ICT の活用として，Qubena という AI による自主学習教材を導入した中学校・高等学校の数学科のアダプティブラーニングの実践（大門耕平・坂井武司・中島晃貴，2021；平田郁美・松本拓，2021）が行われ，数学に対する意識や基礎的な学力の向上への効果が報告されている。また，数学科の協働学習場面におけるタブレットの活用による内容理解・他者理解や発信・伝達に対する積極性への有効性も明らかにされている（守部丘大・小林博典，2021）。

数学教育へのテクノロジー活用として，関数学習にグラフ電卓と距離センサーを用いた研究（佐伯昭彦 他３名，2013；佐伯明彦 他４名，2013，川上貴 他５名，2015；川上貴 他４名，2015；川上貴，2016）があり，歩く動作とグラフ表現を関連づけて捉えることにより，現象の変化やグラフの読み取り・表現の向上につながることが示唆されている。また，大学入試共通テストの試行調査において，数学ソフトウェアをモデルにした出題を受け，数学科の学習に GeoGebra を活用した研究もあり，問題発見における活用の有効性が報告されている（木山真伸，2020）。

このように，先行研究から，数学科の授業にコミュニケーションツールとして ICT を活用することにより，これまでとは異なる授業方法が可能になるとともに，e-learning システムとして ICT を活用することにより，学習方法にも大きな変化がもたらされていると考えられる。また，教材・教具として ICT を活用することにより，アナログでもできるが，デジタルな方が動的に実感をともなって事象を捉えることができ，より良い問題解決・問題発見にアップデートすることが可能になると考えられる。しかし，これまでの研究では，教材・教具としての ICT 活用とコミュニケーションツールとしての ICT 活用が連動していない場合も多い。

そこで，本研究では，iPad を活用し，教材・教具としての ICT 活用とコミュニケーションツールとしての ICT 活用を連動させた授業開発を行い，その実践を通した検証により，iPad 等のタブレット端末の活用を前提とした授業の効果を明らかにすることを目的とする。

2．iPad の使用を前提とした授業開発

⑴　事例１：ワイヤレスモーションセンサーの活用

① ICT 活用としての位置付け

これまでの距離センサーはグラフ電卓と有線接続することによりグラフ表示が可能であるため，距離

センサーで感知された動きを確認しながら歩くことはできず，表示されたグラフも，新しい計測時にはリセットされ，色々なグラフを表示・共有して学びを深めることに利用できないというデメリットがあった。そこで，本研究では，ワイヤレスモーションセンサーと Match Graph を活用した授業開発を行う。

ワイヤレスモーションセンサー（島津理化：PS-3219）は，図１に示す Bluetooth で iPad と接続可能な距離センサーである。また，図２に示す Match Graph を iPad にインストールしておくことにより，ワイヤレスモーションセンサーと連動してグラフ表示が可能である。

図１　ワイヤレスモーションセンサー

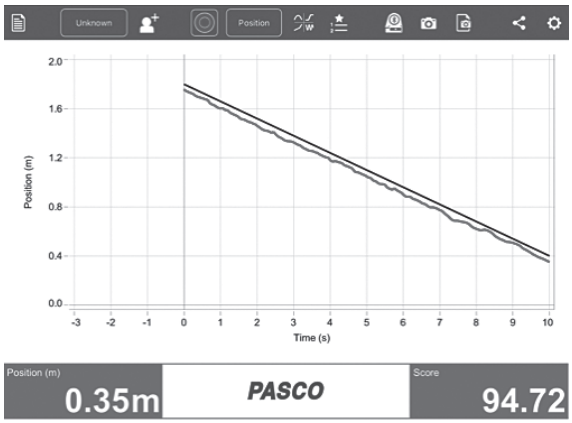


図２　Match Graph

これにより，これまでの距離センサーとグラフ電卓の組み合わせにおけるデメリットを解消することができる。つまり，ワイヤレスであるため，iPad を持って，iPad に表示されたグラフを確認しながら動くことが可能になる。また，Match Graph の画面キャプチャー機能により，表示されたグラフを iPad に全て画像保存しておくことが可能になる。このようなワイヤレスモーションセンサーと Match Graph の活用は，教材・教具としての ICT 活用であり，これまでの授業実践をアップデートすることが期待できる。また，iPad にインストールされた「ロイロノート」を活用することで，スクリーンショットしたグラフをロイロノートに貼付・送信・共有することが可能になる。このようなロイロノートと組み合わせた活用は，コミュニケーションツールとしての ICT 活用であり，協働的な学びが期待できる。

②中学校・高等学校数学科としての位置付け

Match Graph には，デフォルトとして，図３のようなグラフが設定されており，時間と位置の関係がグラフと同じようになる動き方を考える数学的活動として位置付けることができる。また，Match Graph では，ワイヤレスモーションセンサーが感知した動きをグラフとして表示するだけでなく，図４のように，時間と位置の数値を表で出力することもできるため，表の数値から式を求めることもできる。そのため，「グラフ」「表」「式」「実際の動き」を関連づけた深い学びとして位置付けることもできる。

図３の①②③⑤⑥⑦のような直線や折れ線のグラフであれば，中学校第２学年の「一次関数」の学習と関連させて授業に取り入れることができる。④のような曲線のグラフであれば，中学校第３学年の「関数 $y=ax^2$」の学習と関連させることができ，⑧⑨のような曲線のグラフも含め，関数関係を動的に捉えるという学習であれば，高等学校第１学年の「二次関数」とその発展の学習として授業に取り入れることもできる。

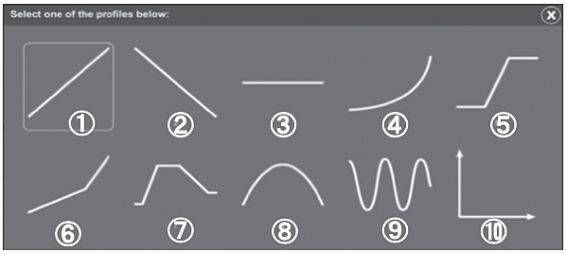


図３　デフォルトのグラフ

Set	Position
Time (s)	Position (m)
0.000	1.76
0.050	1.75
0.100	1.74
0.150	1.73
0.200	1.73
0.250	1.72
0.300	1.71
0.350	1.70
0.400	1.70
0.450	1.69
0.500	1.69

図４　時間と距離の数値の出力

Match Graphでは，デフォルトの⑩を選択することにより，自由に自分の考えた動きをグラフとして表示できるとともに，測定した時間と位置に基づき，速度に関するグラフも表示できるので，数学Ⅰの関数の発展教材や数学Ⅱの関数や微分の教材として，授業に位置付けることもできる。

③授業展開と留意点

「グラフと動き方」という小単元を高等学校第1学年の「二次関数」の単元の最後の2時間に位置付ける。第1時は中学校第2学年の「一次関数」に位置づく内容であるが，グラフの変化と実際の動きを関連づける学習は経験がなく，直線のグラフの方が曲線のグラフよりも時間と位置の関係について把握しやすいと考えられるため，直線のグラフを第1時として位置付け，第2時に曲線のグラフを取り上げる。授業展開と留意点を表1・表2に示す。なお，表中の「＊」はICT活用上の留意点を表す。

表1　事例1の授業展開（第1時）

目標：グラフの変化に着目し，時間と位置の関係が直線のグラフになる動き方を考えることができる。
〈導入：10分〉 ・Match Graphとワイヤレスモーションセンサーの使い方について理解する。 ・デフォルトにある3つの一次関数のグラフ（傾きが正・0・負の場合：①②③）と2つの折れ線グラフ（⑤⑥）について，どのような動き方になるかを予想する。
〈展開Ⅰ：20分〉 ・グループで，直線のグラフになる動き方を試行・修正する。 ＊Match Graphで表示されたグラフは全て画面キャプチャーにより，iPadに画像保存するように指示する。 ＊修正点を明確にしてから，次の試行に取りかかるように指示する。
〈展開Ⅱ：15分〉 ・グラフと動き方の関係について全体で共有する。 ＊各グループでiPadに保存した失敗と成功の場合の画像をもとに，グラフの修正と動き方の工夫について発表するように指示する。 ［右上がりのグラフ］ 時間とともにワイヤレスモーションセンサーから遠ざかる。 ［右下がりのグラフ］ 時間とともにワイヤレスモーションセンサーに近づく。 ［直線のグラフ］ ・一定の速さで動く，または，その場で停止している。 ・スタート地点が切片の値である。 ・傾きが急になると，動く速さが速くなる。
〈まとめ：5分〉 ・グラフの変化には動く向きと速さが関係していることを確認する。

表2　事例1の授業展開（第2時）

目標1：グラフの変化に着目し，時間と位置の関係が曲線のグラフになる動き方を考えることができる。 目標2：「時間と位置の関係」と「時間と速さの関係」を関連づけて捉えることができる。
〈導入：5分〉 ・デフォルトにある2つの二次関数のグラフ（④⑧）について，どのような動き方になるかを予想する。
〈展開Ⅰ：20分〉 ・グループで，曲線のグラフになる動き方を試行・修正する。 ＊Match Graphで表示されたグラフは全て画面キャプチャーにより，iPadに画像保存するように指示する。 ＊修正点を明確にしてから，次の試行に取りかかるように指示する。 ・グラフと歩き方の関係について全体で共有する。 ＊各グループでiPadに保存した失敗と成功の場合の画像をもとに，グラフの修正と動き方の工夫について発表するように指示する。 ［曲線のグラフ］ 徐々に速くなったり遅くなったりしながら動く。
〈展開Ⅱ：20分〉 ・グループで，「時間と位置の関係」を表したグラフ（図5）に対応する「時間と速さの関係」を表したグラフを検討・選択する。 ＊「時間と速さの関係」を表した3つのグラフ（図6）を電子黒板に提示する。 ・グラフの対応について全体で共有する。 ［グラフの対応］ ・「時間と位置の関係」のグラフの変化の割合が大きくなっていくということは，「時間と速さの関係」で見ると，速さが加速することを意味している。 ・速さが加速しているということは，「時間と速さの関係」を表すグラフは右上がりになる。
〈まとめ：5分〉 ・グラフの変化には，動く速さの変化が関係していることを確認する。

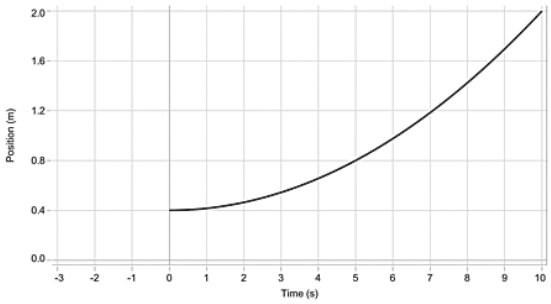


図5　「時間と位置の関係」を表したグラフ

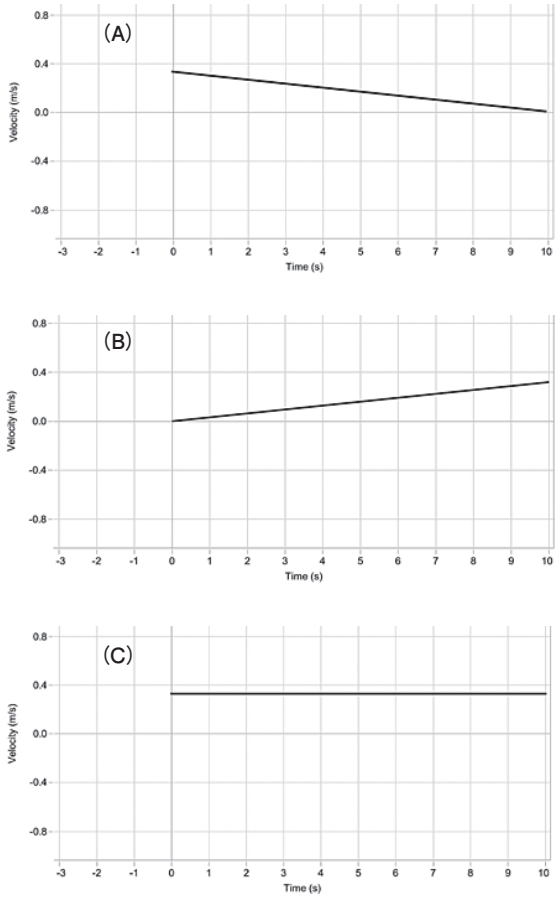


図６　「時間と速さの関係」を表したグラフ

⑵　事例２：GeoGebra の活用

①ICT 活用としての位置付け

手書きで模様を描く場合，生徒は直線や曲線を表す式を考えることはないが，関数グラフ作成ソフトを用いて模様を描く場合，生徒は表示したい直線や曲線を表す式と範囲を考える必要がある。このように既習の関数グラフを用いてコンピュータの画面上に絵を描くグラフアートというアート・パフォーマンスがある。関数グラフアートでは，美しさ（芸術性）だけでなく，数式の使い方も求められる。そこで，本研究では，関数グラフ作成ソフト「GeoGebra」を活用した授業開発を行う。

図７に示すように GeoGebra は直線や曲線を表す式と範囲を入力することにより，グラフが表示される。したがって，GeoGebra を用いてグラフで絵を描くという問題解決は，既習の関数の知識・技能を活用する場となることが期待できる。また，GeoGebra には，予め様々な式が用意されているため，中学校数学では学習しないグラフを表示することができる。したがって，新たな問題発見として，未習の式とグラフを関連づけて式の意味を読み取る学習にも発展することが期待できる。これらの GeoGebra の活用は，教材・教具としての ICT 活用である。また，GeoGebra は iPad にインストールできるので，スクリーンショットしたグラフアートをロイロノートに貼付・送信・共有することが可能である。自分とは異なるグラフアートを知ることにより，どのような関数を用いたのかについての対話的な学びが期待できる。これは，コミュニケーションツールとしての ICT 活用である。

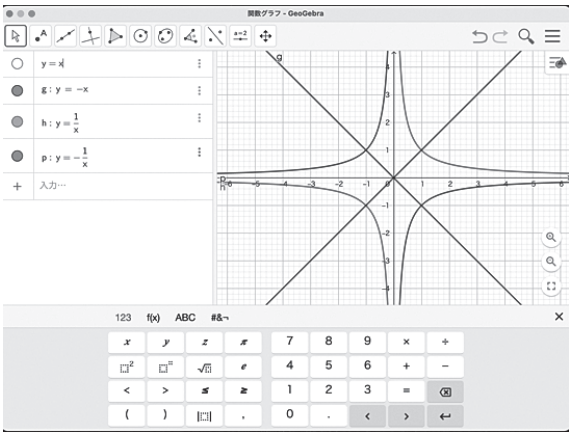


図７　GeoGebra

②中学校・高等学校数学科としての位置付け

使用できるグラフを既習の関数グラフに限定したグラフアートであれば，一次関数までは中学校第２学年，関数 $y=ax^2$ までは中学校第３学年，二次関数までは高等学校第１学年，高次関数・三角関数・指数関数・対数関数・円の方程式とグラフまでは高等学校第２学年の学習に位置付けることができる。

一方，使用できるグラフを既習の関数グラフに限定しない場合は，どの学年でも実施可能であるが，式の意味を考えることなく，グラフを表示しているだけにならないように，未習の関数であっても，自分のイメージに合うグラフにするために係数を変化させるなど，式とグラフの関係を発見する学びになる工夫が必要である。

③授業展開と留意点

「比例，反比例の式とグラフの関係」という小単元を中学校第１学年の「関数」の単元の最後の１時間に位置付ける。式の変化によりグラフがどのように動くかを関連付ける学習は手作業では時間がかかるため，多くを学習することが困難である。そこで，関数グラフ作成アプリ GeoGebra を用いることにより，式とグラフの関係についての理解を深めることを目的とする。授業の前半においては，GeoGebra の利用方法を学び，式とグラフの関係，式の変化によるグラフの変化を体験することにより，式とグラフの関係の理解を深めることを目的とする。授業の

後半においては，「グラフアートコンテスト」として，生徒それぞれがGeoGebraを使って，グラフアートを作成する課題に取り組む。グラフアートを作成するにあたっては，GeoGebraに予め用意されている式とグラフを資料として提供する。対象校が一人１台のiPadを所有する学習環境があるため，グラフアートの作成は授業時間ではなく，課題として課外の時間に作成することとした。作成されたグラフアートは，ロイロノートで回収し，その後廊下に掲示することで学び合いの機会を提供する。授業展開と留意点を表３に示す。なお，表中の「＊」はICT活用上の留意点を表す。

表３　事例２の授業展開

目標：式とグラフの関係を理解し，式を変化させることにより，様々なグラフをかく経験を通して，式の示す意味について考えることができる。
〈導入：10分〉 ・比例，反比例の表をもとに，それぞれがどのような式で表され，また，どのようなグラフになるかについて復習する。 ・比例，反比例の式について，比例定数 a の値を正の数，負の数とした時にどのようなグラフになるかを確認する。
〈展開Ⅰ：15分〉 ・関数グラフ作成ソフトGeoGebraの使い方について理解する。 ・比例，反比例の式を入力することにより表が作成されるプロセスを理解する。 ・スクリーンに表示された比例，反比例のグラフと同じグラフをかくための式を予想し，GeoGebraに式を入力し，結果を確認する。 ※教師の使用するiPadをスクリーンに映し出し，説明を行う。 ※スクリーンを用いて操作方法を説明する。 ※例題を示し，実際に入力させることにより，結果を確認する。
〈展開Ⅱ：15分〉 ・「グラフアートコンテスト」の目的を理解する。 ・比例定数を変化させることにより，グラフが変化することを理解し，課題に取り組む。 ・比例の式の応用として，$y=ax+b$ の式の b の値を変化させるごとに切片が変わることを理解する。 ・応用として，$x^2+y^2=r^2$ が円を表す式であることを知り，r の値を変化させることにより，円の半径を変化させることができることを理解する。 ※GeoGebraで表示できるグラフアートを紹介し，式でグラフを表示させることに興味を持たせる工夫をする。 ※既習の比例，反比例だけではなく，切片を示す式や円の式など未習の式とグラフについてもGeoGebraで紹介し，発展的な学習を意識させる。
〈グラフアートへの取り組み：10分〉 ・GeoGebraを用いてグラフアートを作成する。 ・かきたいグラフをイメージし，それを実現するために工夫を考える。 ・式を自由に修正することにより，様々なグラフが結果として表示される体験を通して，式とグラフの関係の理解を深める。 ※GeoGebraで用いる式については，既習のものでも未習のものでも可能とする。 ※作成したグラフアートには，工夫したことやねらいについてメモをさせる。 ※１週間の間に，課外の時間を用いてグラフアートを作成し，ロイロノートで提出することを説明する。

３．iPadの使用を前提とした授業の実際

⑴　事例１に関する大学生を対象とした授業

事例１に関する授業は，数学科専攻の大学学部生を対象とした授業において，試験的に実施された。第１時の直線のグラフになる動き方を考える場面では，時間と位置の関係から，直線になるのは速さが一定であると予想し，等速で動くことを意識した活動が行われた。デフォルトのグラフとのずれを修正するために，当初は感覚的に修正を繰り返していた。しかし，デフォルトのグラフの読み取りを通して，10秒で約1.4m動くことから，３秒で40cmのあたりまで，６秒で80cmのあたりまでというように，動く人，時間をカウントする人，３秒ごとに到達する地点に立つ人，iPadで動きを確認する人など，グループで役割分担をしながら，分析的に動きを考えるようになってきた。また，モーションセンサーをスタート地点として固定し，人やものを動かすことを想定していたが，壁をスタート地点として，モーションセンサーを動かすグループもあった。
第２時の曲線のグラフになる動き方を考える場面では，第１時において分析的に動きを考えた学びを生かして，図８のように曲線のグラフを分析して取り組む姿が見られた。このような活動を通して，曲線になるのは速さが一定ではないことを改めて実感していた。

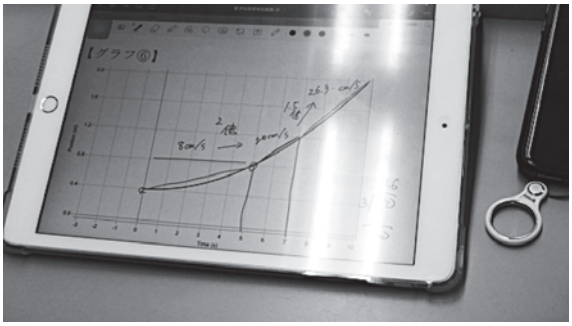


図８　グラフの分析的な考察

第１時と第２時を通して，iPadに画面保存したグラフを確認しながら，修正のための工夫が適切であったかを確認する場面も多く見られた。また，各グループの発表においても，iPadに保存した失敗と成功の場合の画像をBefore・Afterとして示すことにより，動きの工夫について，分かりやすい説明となっていた。

第２時の「時間と位置の関係」を表したグラフと「時間と速さの関係」を表したグラフの関連については，「時間と位置の関係」を表したグラフが右上がりの曲線になっていることと，１秒ごとの位置の差が大きくなっていることを関連づけて捉え，速さ

がはやくなっていると判断し，「時間と速さの関係」を表したグラフとして（A）のグラフを選択していた。また，直線のグラフは速さが一定であったことから，「時間と速さの関係」を表したグラフは横ばいの直線になるため，（C）のグラフはあり得ないと判断していた。

大学生を対象とした授業であったため，「時間と位置の関係」を表した曲線のグラフを二次関数と見なし，微分すると一次関数になるので，比例定数が正より，（A）のグラフを選択するグループもあった。

⑵　事例２に関する中学生を対象とした授業

事例２に関する授業は，授業設計通り，中学校第１学年の「関数」の単元において実施された。第１時の導入における比例，反比例の表，式，グラフの関係についてクイズ形式で出題をすることにより活発な参加がみられた。しかし，この活動においては，表から導き出される式を見出し，それが示すグラフを考える活動にとどまり，式の変化がグラフにどのような変化を与えるかについて考えることはできなかった。

導入時の課題であった式の変化とグラフの関係については，教師が提示する比例定数の変化によってグラフがどのように変化するかを予想する活動により，理解を深めることができていた。また，教師がグラフを提示し，それと同じグラフをかくためにはどのような式が必要かを問う活動においては，当てはまる式を即座に入力する生徒もいたが，比例定数の値にいろいろな数字を入れることにより，正しい式を見出そうとする生徒もいた。

GeoGebra を用いて，式を変化させる取り組みでは，比例定数を変化させた式を複数入力することにより，比例や反比例のグラフを複数表示しながら，グラフアートを作成していた。また，図９・図10のように，比例，反比例だけではなく，発展的な内容を伝えることにより，色々なグラフアート作品が生み出された。さらに，予め用意されている様々な例を参考として，かきたいグラフアートをイメージし，それを実現するために試行錯誤する活動が見られた。式を変化させることにより，グラフが変化することを直感的に感じることができることが活動をより活発にし，式とグラフの関係の知識を活用する活動となっていた。授業および課外での共同作業に取り組む生徒もおり，共同学習としても活発な活動が見られた。

ロイロノートで提出された作品は，図11のように，ロイロノート上で共有したが，多くの生徒が興味を持って閲覧していた。

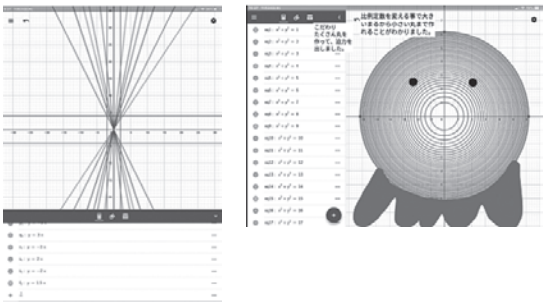


図９　比例定数や半径を変えた作品

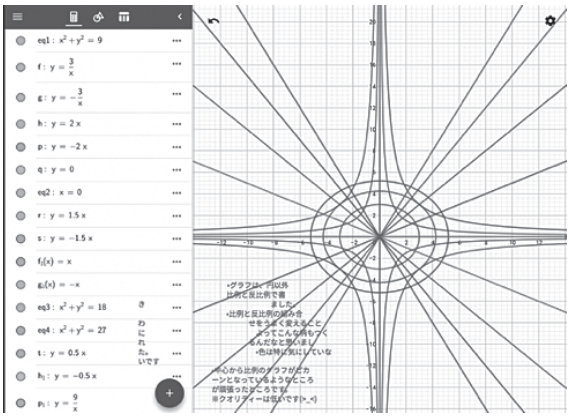


図10　比例・反比例・円の式に工夫をした作品

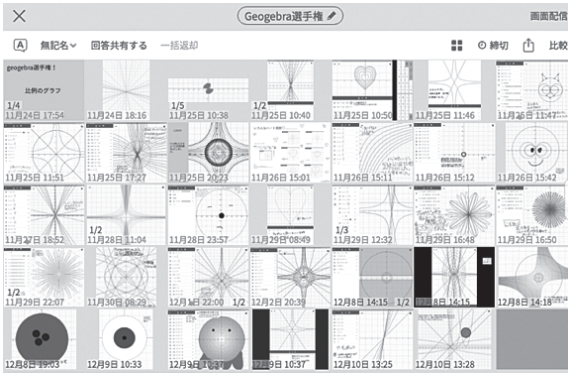


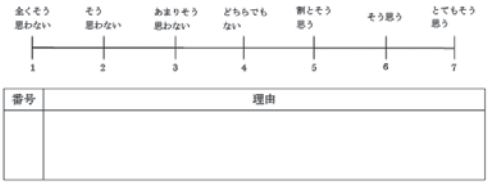
図11　提出された作品

４．アンケート調査と結果の分析・考察

⑴　事例１に関するアンケート項目

Match Graph をインストールした iPad とワイヤレスモーションセンサーを活用した効果を検証するために，以下の７項目について，７段階評価による選択式とその理由に関する記述式のアンケート調査を実施した。なお，項目２～項目７の選択肢と回答欄は項目１と同じであるため省略する。

【項目１】今回の活動は楽しかったですか。



【項目２】今回の課題は難しかったですか。
【項目３】動きとグラフの関係を考えて活動に取り組むことができましたか。
【項目４】動きとグラフの関係を理解することができましたか。
【項目５】前の取り組みをもとに，どのように改善すればよいかについて，話し合うことができましたか。
【項目６】他のグループの試行錯誤の過程をイメージしながら，発表を聞くことができましたか。
【項目７】他の数学の内容でも，ICT を活用して学習したいですか。

⑵　事例１に関する結果の分析・考察

項目１～項目７の選択肢の回答に関する平均値と標準偏差を算出し，iPad とワイヤレスモーションセンサーを活用した効果があるのかについて判断するために，比較値と平均値の差の検定である１標本の t 検定を行った。７段階尺度の中央値である４点を比較値として，T 値を算出した。なお，回答者数が10人であるため，自由度は９であり，片側検定における有意水準５％の臨界値は1.83である。平均値（M），標準偏差（SD），T 値を表４に示す。表４より，項目２以外の全ての項目の平均値は，比較値の４点から有意な差があることが分かる。

項目２に関して，数学科専攻の大学学部生を対象とした場合，課題の難易度は適切であったと考えられるが，高校生に実施する場合，難易度が高く感じられる可能性がある。しかし，項目１に関して，体験的な活動の楽しさを実感できると考えられるため，高校生を対象とした場合も問題ないと考えられる。また，項目１の「モーションセンサーの動きの特性を理解して，それを考えながら自分たちがどのように動けば画面のグラフ通りになるのかを考えたり，より正確性を求めるためにどうするかを考えたりするのが楽しかった。」という回答から，モーションセンサーと iPad を活用したことが，活動の楽しさの実感とともに，主体的な学びにつながると考えられる。

項目３の「何度も試していくうちに動きとグラフの関係を考えられるから，その時その時の傾きを考えながらすることができた。」という回答や，項目４の「近づけば y 軸方向の値が小さくなり，遠くなると y 軸方向の値が大きくなるということをグラフから理解し，速度を上げたり下げたりすることにより，表したい形に近づけた。」という回答から，iPad に表示されたグラフを確認しながら試行錯誤する活動が，動きとグラフの関係について思考・判断したり理解したりする深い学びにつながったと考えられる。

項目５の「画面保存することで前回と比較できた。」「グラフがずれた原因について，グループ内で協議する時間を設け，問題点を洗い出してからもう一度トライすることができていた。」という回答や，項目６の「実際のグラフとともに説明してくれた。」「自分も試したものと似ている形であれば自分たちのものとの相違点を意識しながら発表を聞けた。」という回答から，iPad を活用することにより，対話的な学びを促進すると考えられる。

項目７の「教科書だけでは伝わりにくいものはたくさんあると思う。数学で言うと，空間図形や二次関数などである。これらの内容についてはもっと ICT を使っていきたいと思う。」という回答から，ICT の活用に好意的な印象であることが分かる。この要因として，ICT を活用することにより，協働的・対話的な活動を通して理解や思考が深まるという ICT 活用のよさを実感することができたことが考えられる。

表４　事例１に関するアンケート結果

	M	SD	T 値
項目１	6.20	0.87	7.57*
項目２	4.00	1.00	0
項目３	6.00	1.48	4.04*
項目４	6.10	0.70	9.00*
項目５	5.80	1.17	4.63*
項目６	5.50	1.02	4.39*
項目７	6.20	1.17	5.65*

⑶　事例２に関するアンケート項目

GeoGebra をインストールした iPad を活用した効果を検証するために，Google アンケートを用いて，以下のような10項目の調査を実施した。なお，項目２～項目10の選択肢は項目１と同じであるため省略する。

【項目１】GeoGebra を使った授業は楽しかった。
１．全くそう思わない　２．そう思わない
３．あまりそう思わない　４．どちらでもない
５．割とそう思う　６．そう思う

７．とてもそう思う

【項目２】GeoGebra での学習はわかりやすかった。

【項目３】GeoGebra を使うことは難しかった。

【項目４】GeoGebra を使うことで式とグラフの関係が理解できた。

【項目５】GeoGebra を使うことで，式を変化させることによりグラフが変わることを理解できた。

【項目６】式とグラフの関係を考えて GeoGebra を活用することができた。

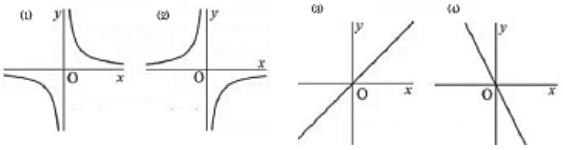
【項目７】GeoGebra でグラフをかくとき，どのように改善すれば良いかについて話し合うことができた。

【項目８】他の人の作品を見たとき，どのようにして作成したかを考えた。

【項目９】GeoGebra を使って，さらにいろいろなグラフをかきたいと思った。

【項目10】他の数学の内容でも，iPad のアプリを使った学習をしたい。

また，関数の理解に関する調査として，以下のような５項目の調査も実施した。なお，項目②～項目④の選択肢は項目①と同じであるため省略する。



【項目①】⑴のグラフを表す式はどれでしょう。

１．$y=-ax(a>0)$　　２．$y=\frac{a}{x}(a>0)$

３．$y=ax(a>0)$　　４．$y=-\frac{a}{x}(a>0)$

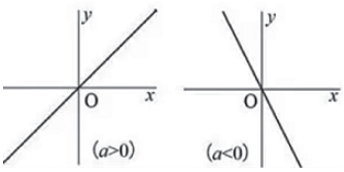
【項目②】⑵のグラフを表す式はどれでしょう。

【項目③】⑶のグラフを表す式はどれでしょう。

【項目④】⑷のグラフを表す式はどれでしょう。

【項目⑤】以下のグラフの傾きを変化させるためには，式のどの部分を変えれば良いでしょう。

１．y　２．a　３．x



⑷　事例２に関する結果の分析・考察

項目１～項目10の選択肢の回答に関する平均値と標準偏差を算出し，GeoGebra をインストールした iPad を活用した効果があるのかについて判断するために，比較値と平均値の差の検定である１標本のｔ検定を行った。７段階尺度の中央値である４点を比較値として，Ｔ値を算出した。なお，回答者数が133人であるため，自由度は132であり，片側検定における有意水準５％の臨界値は1.66である。平均値（M），標準偏差（SD），Ｔ値を表５に示す。

表５　事例２に関するアンケート結果

	M	SD	T 値
項目１	4.49	1.75	3.21*
項目２	4.23	1.76	1.52
項目３	5.05	1.75	6.91*
項目４	4.51	1.69	3.46*
項目５	4.90	1.81	5.74*
項目６	4.51	1.82	3.22*
項目７	3.74	1.73	−1.76
項目８	4.26	1.75	1.68*
項目９	4.14	1.95	0.79
項目10	5.51	1.59	10.87*

表５より，項目１，項目３，項目４，項目５，項目６，項目８，項目10に関する平均値は，比較値の４点から有意な差があることが分かる。

項目３の結果から，GeoGebra を使うことに難しさを感じている一方で，項目１の結果から楽しさも感じており，GeoGebra を使った授業は主体的な学びにつながると考えられる。これは，GeoGebra が式を入力するだけで簡単にグラフ表示することができ，係数を変化させることによりグラフの変化も捉えやすいことが影響していると考えられる。また，項目１と項目10の相関係数は0.4であり，楽しさの実感は，iPad のアプリの活用に好意的な印象を持っていることと関係していると考えられる。

項目８の結果から，ロイロノート上でグラフアートを共有したことにより，発展的に他の作品の作成方法を考えるという深い学びのきっかけになったと考えられる。また，項目４～項目６の結果からも，式とグラフの変化や関係を理解したり，理解したことを活用したりできたと感じており，GeoGebra を使った授業は深い学びにもつながると考えられる。

また，項目①～項目⑤の正答率に関して，項目①は89.4％，項目②は80.1％，項目③は80.3％，項目④は81.6％，項目⑤は68.3％であった。項目①～項目⑤の理解の程度と項目４～項目６の実感の程度の関係について，項目①～項目⑤の正答率が80％以上と80％未満，項目４～項目６の得点の平均値が，少なくとも「思う」に該当する５点以上と５点未満という観点から，４つのカテゴリーに属する人数を調べた結果を表６に示す。

表６　４つのカテゴリー分類の結果

	５点以上	５点未満	合計
80％以上	54	43	97
80％未満	11	25	36
合計	65	68	133

表６より χ^2 値を算出すると6.62であり，自由度１における臨界値は3.84であるので，項目①～項目⑤の理解の程度の違いにより，項目４～項目６の実感の程度に違いがあると考えられる。したがって，GeoGebra を用いたグラフアートの作成を通して深い学びにつなげるためには，活用できる程度に，その素地となる関数の理解が不可欠であると考えられる。

５．おわりに

本研究では，iPad 等のタブレット端末の活用を前提とした数学教育として，ワイヤレスモーションセンサーと連動した Match Graph や GeoGebra を活用した授業開発を行った。また，数学科専攻の大学学部生を対象とした授業および中学校数学科の授業において実践し，授業に関するアンケート調査の分析を行った。分析・考察の結果，iPad 等のタブレット端末を活用した「関数」の授業は，以下の３点について，主体的・対話的で深い学びの視点から効果があることを明らかにした。

①数学的活動の楽しさを実感でき，主体的な学びにつながる。

②画面保存することで前回と比較できることにより，対話的な学びにつながる。

③実際の動きや式とグラフを関連づけながら試行錯誤することにより，グラフの変化やグラフとの関係について思考・判断したり理解したりする深い学びにつながる。

今後の課題は，対話的な学びに焦点を当て，対話の方法としてのタブレット端末の活用と対話の内容の質的変化の関係について明らかにすることである。

文献

平田郁美・松本拓（2021）：「AI 活用数学自習教材 Qubena を使ったアダプティブ教育の効果測定」，『共愛学園前橋国際大学論集』，No. 21，pp. 133－148.

川上貴・鐘ヶ江滉一・青山雄太郎・森山誠仁・大森智史・永淵幸輝（2015）：「グラフ電卓と距離センサーを活用した「速さ」の導入に関する検討―「速さ」未習の児童の「文脈化」に着目して―」，『2015年度数学教育学会春季年会発表論文集』，数学教育学会，pp. 69－71.

川上貴・米田重和・浦郷淳・立石耕一・石井豪（2015）：「「歩く」事象に基づいた算数科「速さ」の導入指導―グラフ電卓と距離センサーを活用して―」，『日本科学教育学会研究会研究報告』，日本科学教育学会，Vol. 30，No. ２，pp. １－６.

川上貴（2016）：「グラフ電卓と距離センサーを活用した算数科「速さ」の導入指導の留意点―大学公開講座の取組から―」，『西九州大学子ども学部紀要』，第７号，pp. 57－66.

木山真伸（2020）：「生徒の理解を促すための ICT の活用」，『イプシロン』，Vol. 62，pp. 99－104.

文部科学省（2019）：「GIGA スクール構想の実現について」，https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm（2021年12月20日閲覧）.

守部丘大・小林博典（2021）：「Society5. 0に向けて必要となる資質・能力を身につけるためのタブレット活用―デジタルとアナログを効果的に織り交ぜた数学科の授業モデルの検討―」，『宮崎大学教育学部紀要』，第96号，pp. 15－25.

大門耕平・坂井武司・中島晃貴（2021）：「数学教育におけるアダプティブラーニングを用いた効果についての研究：アダプティブラーニング教材 Qubena を用いた教育実践」，『京都女子大学教職支援センター研究紀要』，第３号，pp. 135－143.

佐伯昭彦・末廣聡・中谷亮子・土田理（2013）：「現象の変化とグラフを関連づける表現力の育成に関する事例研究―歩く動作と「時間と距離のグラフ」の関係を考察する遠隔協同学習―」，『数学教育学会誌』，数学教育学会，Vol. 53，No. ３・４，pp. 107－119.

佐伯昭彦・土田理・末廣聡・中谷亮子・松嵜明雄（2013）：「歩く事象の変化とグラフを関連づける表現力を高めるための実験授業―他者を意識した「グラフの伝書」作り―」，『日本数学教育学会誌』，日本数学教育学会，第95巻，第11号，pp. ２－10.