

# CADとVBAを活用した線形代数の学習教材

山本 通<sup>1</sup>・片伯部雅清<sup>1</sup>・田中 真樹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>機械工学科

少子化によって入学が容易な状況となったからか、小学校や中学校の教え方と高専の教え方の違いによるものか、本校では、今まで以上に一部の学生に対して、基礎教育の充実やサポートが不可欠な状況となってきている。一方、益々加速化する情報化社会において、情報教育の強化は必須となっており、本校でも、BYOD(Bring Your Own Device)の実施や情報に関するカリキュラム改訂などの準備が進められているが、教材の検討や開発も進める必要がある。そこで、学生の数学力向上を図りながら、同時に情報教育も充実させるような方法がないか検討を行い、手始めに学生が2年次に学ぶ線形代数の内容の一部を、CADで視覚化したり、VBAを使って数値計算プログラムを作成させたりするような取組みを行った。本稿では、その詳細や効果について紹介する。

キーワード：線形代数，CAD，VBA，学力低下，BYOD，ITスキル

## 1. 緒言

高等専門学校は、実践的・創造的技術者を養成することを目的とした高等教育機関で、現在は50を超える国立高等専門学校が全国に設置されている<sup>1)</sup>。本校は、これまでの実績や地理的条件(県庁所在地に設置されている)などから、中学時に学業成績が比較的優秀であった生徒が入学する傾向にある。しかし、昨今の少子化の影響で中学生総数が減少しているにも関わらず、入学定員は変更されていないため入試倍率は年々減少してきており、以前と比べると、入学が容易な状況となっており、それともなって学生の平均的な学力も低下しているように思われる。特に、本校の低学年では、微分積分や線形代数などの数学、物理や化学で、つまづく傾向があるように思われ、各教科担当教員が様々な工夫をして、学生の理解を深めようと努力している。このような学力低下に関する傾向は、本校だけでなく他の高専や大学でも問題となっているようで、さまざまな工夫や対策が進められている<sup>2-6)</sup>。

一方、情報活用能力を卒業後の進路を問わず習得させる目的で、2022年から、高校でもプログラミングを含む情報Iの授業の必修化が予定されている<sup>7)</sup>。技術者育成を目的とした高専では、当然、普通高校よりレベルの高いより実践的な教育が求められることから、全国の国立高専の上部組織である高専機構が旗振り役となり、情報教育のカリキュラム改訂に向けた活動が行われており、本校でもそれに伴うカリキュラム改訂やBYODの実施準備なども進められている。ここで、現在、本校・機械工学科では、1年次に

機械実習Iの授業でレゴを使ったプログラミング、2年次に機械実習IIでMicrosoft Officeの基本的な操作方法の習得や3DCADでの図面作成、機械工作法IでMicrosoft Excel(以下、Excelと言う)を使っての数値計算、3年次に情報工学IでC言語によるプログラミングなど、情報スキルを向上させるための授業が行われているが、現状では、低学年では情報教育に関して、十分な授業時間が確保されているとは言えない。

以上のようなことから、学生の数学力を向上させながら、情報教育も充実させるような方法がないか検討を行い、手始めに、線形代数で学ぶ内容の一部を、CADで描かせることで理解を深めたり、Excel付属のVBA(Visual Basic for Applications)を使って必要な関数のプログラミングをさせたりすることで、CAD操作のスキル向上、プログラミング教育と数学の基礎力向上が図れるか検証してみることとした。本稿では、それらの取組みについて紹介する。

## 2. ソフトウェア

### (1) 3次元CAD

ご存じのように、設計、解析、生産など、ものづくりの現場でCADが有効利用されている。本校・機械工学科でも機械技術者として最低限のスキルを身につけさせるため、CADで設計を行ったり、CAE解析を行ったり、CAMと連動させてものづくりを行ったりする授業を提供しており、2年次から、実際にCADを使う実習を取り入れている。本校機械工学科では、SOLIDWORKS<sup>®</sup>というCADを使用してお

り、これから紹介する取組みは、SOLIDWORKSを使ったものとなるが、基本的なレベルの図形描画のみであるので、他のCAD (フリーで利用できるものも含む) でも同様の操作は可能と思われる。

(2) VBAとC言語

VBAは、Microsoft社のアプリケーション開発用言語であるVisual Basicをもとに、Excel、WordなどのOfficeアプリケーションにおいて、特定の処理を自動化するために開発されたプログラミング言語<sup>9)</sup>で、比較的覚えやすくweb上の記事や入門書もとても多く、初心者向きのプログラミング言語とも言われる<sup>10)</sup>。

本校・機械工学科では、3年生後期から情報工学 I という授業において、Borland C++ compiler 5.5 というCコンパイラ<sup>11)</sup>を使用して、C言語を学ばせている。大学や他高専でも、プログラミング言語としてC言語を採用している例が多く、進学時に抵抗が少ない点や、C言語を学ぶことでOSや言語の仕組みが理解しやすいなどの理由で、本校ではC言語をプログラミング言語として採用している経緯があるようである。しかし、初めてプログラムを学ぶ言語としては、コンパイル作業や文法など少しハードルが高い部分があるのも否めない。また、上記のCコンパイラでは、コマンドプロンプトに、コマンドを打ち込む作業が多く、何をやっているのか理解できないまま、授業を受講している学生も一定数いるように思われ、大きな課題であった。そこで、2年次に学習する線形代数の授業の一部の計算を、初心者向きのプログラミング言語とも言われるVBAを使用して、算出させる方法を検討した。線形代数を選択した理由は、CADでの視覚化が行いやすいため、CADとVBAで算出した値等の比較が行いやすいと考えたためである。次章以降で、それらの取組み例を紹介する。

3. 2つのベクトルのなす角度の算出

本校のシラバスによると、2年次の線形代数では、前期中間試験前の第2回目の授業で内積を学習している<sup>12)</sup>。内積は、2つのベクトルのなす角度を求めたり、関数の内積などにもつながったりする重要な項目であるので、図形的意味や使い方をマスターしておくことが求められる。そこで、CADとVBAを使い、内積について理解を深めるための教材を作成し、90分授業を想定して補講を行う。

(1) 内積

任意のベクトル $\vec{a}$ と $\vec{b}$ とのなす角度 $\theta$ が、以下の式(1)で表現されるのは周知の通りである。

$$\theta = \cos^{-1}((\vec{a} \cdot \vec{b}) / (|\vec{a}| |\vec{b}|)) \tag{1}$$

この内積の公式を授業で習ったばかりの学生に対して、次節で示すようなテキストを作成し補講を行う。ちなみに、補講前に口頭で、「内積について何か覚えていますか?」という質問を学生にしたところ、おおよそ7割程度の学生は、授業で習った覚えはあるが、公式や使用方法などについて、ほとんど何も覚えていない状況であった。

(2) VBAによる2つのベクトルのなす角度の算出

具体的に2つのベクトルを示し、それらがなす角度を以下のように、Excelで算出させる。最初は、図-1(a)に示すように、セルに計算式を打ち込む形、つまり通常のExcelでの算出をさせ、Excelの使用の確認を行う。恥ずかしながら、本校機械工学科2年生では、このようなExcelの基本操作も出来ない者も複数いると思われるので、Excelの基本的なスキルが身についているか否かを学生自身に確認させる意味もある。

その後、VBAの概要について説明し、図-1(b)のように、2つのベクトルのなす角度を算出する自作関数を作成させ、自作関数の作成手順を学ばせるとともに、自作関数の有用性についても実感させ、プログラミングの基礎を学ばせる。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		計算式をセルに入力した計算結果								
3		ベクトル1		ベクトル2		2つのベクトルのなす角度				
4		x	y	x	y	(度)				
5		6	2	10	7	16.557				

(a) 通常計算

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		自作関数を使って計算した結果								
3		ベクトル1		ベクトル2		2つのベクトルのなす角度				
4		x	y	x	y	(度)				
5		6	2	10	7	16.557				

(b) 自作関数を使った計算

図-1 内積を使った演習例

(3) ベクトルのなす角度のCADによる視覚化

図-2に示すように、CADで、2つのベクトル(線)を描かせて、それらのなす角度を測定させる。本校機械工学科では、2年次前期中間試験前は、授業でCADに触れた時間はほとんどない状況であり、CADの基本的な操作方法から、教える必要があるが、ベクトルを2本描かせて、その角度を求める程度ならば、新たに覚えることは少ない。むしろ、今後、CADを使用する授業が増えるため、良いスキルアップの機会だと考えられる。また、実際にExcelで算出した値と、CADで算出した値が同じになることで、内積に関する理解が深まるのではないかと期待し、CAD操作の手順をテキスト化し、それを学生に配布し、テキストに沿って、CAD操作を覚えさせる。

(4) 2つのベクトルのなす角度のプログラムによる算出およびCADによる視覚化を活用した授業と学生の反応  
内積の定義などを学生に改めて確認した後、作成したテ

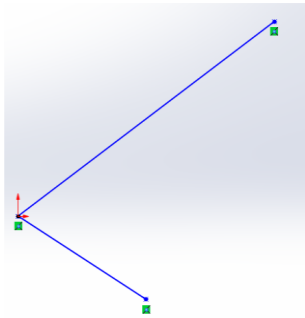


図-2 CAD から求めた 2つのベクトルのなす角度

表-1 内積教材に関するアンケートと結果

質問	はい	いいえ
内積の公式は、今回の授業を受ける前から覚えていましたか?	12	13
今回の授業を通して、内積に関する理解は深まりましたか?	25	0
今回のような授業形態は、数学などを理解するのに有効だと思いますか?	24	1

表-2 内積教材に関する自由コメント

1. 理解できました。
2. 凄くわかりやすかったです。
3. キヤド難しい。
4. 改めて Excel や SOLIDWORKS が便利だなと感じた。
5. 少し難しくすぎて時間が足りなかった。
6. 復習もできたので満足
7. Excel 等の学習は重要と感じます。ですが私個人としてはプログラムについての学習をもっと深めてほしいです。
8. 説明がわかりやすかった。

キストを配布し、2つのベクトルのなす角度を、Excelで算出させたり、CADで図を描き測定させたりして、内積への理解を深める補講を行った。その後、以下のような項目のアンケートを取った。そのアンケート内容と結果を表-1に、自由コメントの抜粋を表-2に示す。アンケート結果から、今回行った補講が概ね学生の内積学習において有効であったと読み取れる。一方、時間が足りなかったり、CAD操作に不慣れな学生もいたりするようで、教材の再検討の余地もあることが分かった。

4. 3点で構成される平面の法線ベクトル算出

本校のシラバスによると、2年次の線形代数では、前期中間試験直前の第8回目で平面の方程式を学習している。平面の方程式は、空間図形を扱ううえでの基本であり、3年次の微分積分Ⅱでは、曲面に対する接平面を計算したり、5年次には筆者の担当する計測工学(選択授業)でも最小二乗平面を扱ったりするため、確実に理解し使えるようになって欲しい内容である。そこで、前章と同様に、CADとVBAを使い、平面の方程式について理解を深めるための教材(以下、平面教材と言う)を作成し、前章と同様に、本校・機械工学科2年生に、90分授業を想定して補講を行う。

(1) 平面の方程式

平面の方程式が、以下の式(2)で表現され、 $(a,b,c)$ が平面の法線ベクトルであることは、高専2年生では、一般常識のようなものである。

$$ax + by + cz = d \tag{2}$$

また、式(2)で $(a,b,c)$ が単位法線ベクトルの時、 $d$ の図形的意味が、原点から平面までの距離であることも知っておくべき知識であると考え。これらを、前章と同様にVBAとCADを使うことで、より効果的に学習できないかを以下で検討する。

(2) 3点で構成される平面のCADによる視覚化

図-3に示すように、CADで、3つの点を描かせて、その3点で構成される平面を作成させる。この時点で、CADの内部では、法線ベクトル情報も持っており、CADによっては、プロパティなどから法線ベクトル情報を確認できるが、本

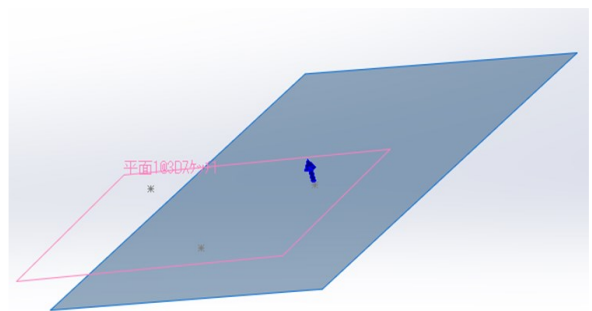


図-3 異なる 3点で構成される平面

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		ベクトル1			ベクトル2			法線ベクトル		
3		x1	y1	z1	x2	y2	z2	xn	yn	zn
4		-5	5	-3	3	10	4	0.6042986	0.1329457	-0.785588
5		3	出席 番号	4	出席 番号	5	-3			

図-4 外積を使った演習例

**法線ベクトル算出**

	X	Y	Z
1点目	50	20	-60
2点目	30	-20	-40
3点目	-20	30	-55

計算開始      終了

上の3点で構成される平面の法線ベクトルは

	X	Y	Z
	0.12143534	0.39466488	0.91076511

図-5 異なる 3 点で構成される平面の法線ベクトルを算出するユーザーフォーム

校で使用しているCADでは、その情報がユーザー側では、見ることができない仕様のようなのである。したがって、作成した平面に単位法線ベクトルを描く手順を資料化し、それに沿って各学生にCAD上で平面の単位法線ベクトルを描かせる。

### (3) VBAによる法線ベクトルの算出

CADで描いた異なる3点から2つのベクトルを抽出し、この2つのベクトルから外積を使って、CADで描いた平面の法線ベクトルを求めることができるのは周知の通りである。そこで、平面を構成する2つの異なるベクトルを代入することで、その平面の単位法線ベクトルを算出する自作関数をVBAで作成させる。その演習例を図-4に示す。また、余裕のある者には、コマンドボタンやテキストボックスを使って、図-5に示すようなユーザーフォームを作成させる。

### (4) 3点で構成される平面の法線ベクトル算出およびCADによる視覚化を活用した授業と学生の反応

前期中間試験前に、平面の方程式の定義などを改めて確認した後、作成した平面教材に沿って、補講を行った。補

表-3 平面教材に関するアンケートと結果

質問	はい	いいえ
このような授業形態は、有効だと思いますか？	11	0
今回の授業を通し、平面の方程式に関する理解は深まりましたか？	9	2
内積と平面の方程式について、公式も含めて、今、説明できますか？	8	3

表-4 平面教材に関する自由コメント

1. 時間が無かったので平面の方程式が理解しきれなかった。
2. 少し難しかったです
3. ありがとうございます
4. わかりやすかったです。
5. 楽しかったです

講対象の本校・機械工学科2年生の学生は前章でも述べたように授業でほとんどCADを使用していない状況であったが、CADによる平面作成までは操作が単純なため、大きな問題もなく終わることができた。しかし、作成した平面に単位法線ベクトルを描く工程で、多くの学生が意図した通りに法線ベクトルを描けない事象が発生した。

これは、使用したCADに多くの学生が慣れていないことが大きな要因ではあると思うが、使用したCADが平面の法線ベクトルを容易に描く仕様でないことも要因の1つであると考えられる。筆者も、これまで複数のCADの使用経験があるが、平面の法線ベクトルを描くだけで、今回ほどの作業が必要なCADを使用した経験はなく、提案したような授業を行うには、より適したCADを選定する必要もあると考える。以上のように、CADで作成した平面に単位法線ベクトルを描く工程で学生からの支援要請が多発したため、VBAに関する説明を駆け足で行うことになってしまった感があった。

続いて、補講後に行ったアンケートの内容と結果を表-3と表-4に示す。アンケート結果から今回行った補講が、前章で紹介したテキストと同様に、概ね有効であったと考えられる。一方、現状のテキストではCAD利用時の質問対応に時間がかかる可能性が高いため、90分授業では、ボリュームが過大であることも分かった。

## 5. 結言

学生の数学力を向上させながら、情報教育も充実させることを目的として、線形代数で学ぶ内積と平面の方程式を題材に、テキストを作成し、それに沿って補講を行った。本取組みで得られた結果や今後の課題等を以下に示す。

1) CADで異なる2つのベクトルを描かせ、それらのなす角度が、手計算やVBAで作成した自作関数で算出した値と同じになるか確認させた。授業後に行ったアンケートでは、回答してくれた学生全員から内積に関する理解が深まったとの回答を得た。一方、時間が足りなかったり、CAD操作に不慣れだったりする学生もおり、一部に検討の余地があることも分かった。

2) CADで異なる3点から平面を作成させ、さらにその平面から単位法線ベクトルを描かせ、それがVBAで作成した自作関数で算出した値や手計算の値と同じになるか確認させようと補講を行った。しかし、CADで単位法線ベクトルを描く部分で、多くの学生が混乱し、想定した以上に時間がかかることが分かった。今後は、CADの操作手順を紙で配布するだけでなく、操作手順の動画も準備するなどの対応を考えたい。

3) 今回のような授業形式は時間がかかったり、CADやプログラミングに関する質問対応で人手が必要であったりするため、通常授業で行うには無理があると考えた。しかし、数学で習った内容について復習や再確認ができるだけでなく、CADやプログラミングに関する知識や技能も向上させることもできることから、有効な教育方法ではないかと考えている。一方、これらの教育手法について今回は受講者へのアンケートで、概ね高い評価を得ることができたが、教育効果については確認できておらず、検討の余地がある。

## 参考文献

- 1) 篠崎烈, 坂本武司, 石橋大作, 中島正寛: 機械加工や測定の基礎を学ぶ高専の機械実習教育, 精密工学会誌, 86, 6, pp.485-488, (2019)
- 2) 堤厚博, 太田和彦: 数学教育における視覚化を用いた試み—フーリエ級数の視覚化による数式の理解度向上—, 平成28年度工学教育研究講演会, pp.52-53, (2016)
- 3) 阿部孝之: 低学年における数学の成績不振者の問題点に対応した授業改善について, 木更津工業高等専門学校紀要, 50, pp.50-55, (2017)
- 4) 小林昭三: 物理教育の現状と問題点—学力低下問題と科学教育システム—, 大学の物理教育, 2, pp.30-35, (2001)
- 5) 齊藤亜由子, 若生昌光, 磯部浩一, 渡部英昭, 今田良徳, 宮脇和人: 体験型学習を取り入れた高専における機械工学初年次教育の試み, 工学教育, 67, 3, pp.78-83, (2019)
- 6) 穴田有一: 大学初年次物理学の学修における基礎知識の定着, 大学の物理教育, 24, 1, pp.19-23, (2018)
- 7) 渡部信一: AI研究からわかる「プログラミング教育」成功の秘訣, 大修館書店, pp.1-6, (2019)
- 8) 牛山直樹ら: よくわかる3次元CAD SOLIDWORKS入門 2014/2015/2016対応, 日刊工業新聞社, (2016)
- 9) 金城俊哉: はじめての最新 Excel VBA [決定版] Excel2019/Windows10 完全対応, 秀和システム, p.12, (2020)
- 10) リプロワークス: スラスラ読めるExcel VBAふりがなプログラミング, インプレス, p.11, (2018)
- 11) 砂田紀一郎: はじめてのCプログラミング基本マスター編, 秀和システム, pp.19-21, (2007)
- 12) 武口博文: 線形代数, 大分工業高等専門学校webシラパス, 2021.

(2021.9.30受付)