第一工科大学研究報告
第36号（2024）pp.102-110

工科大学における数学のカリキュラム・デザインに関する基礎的検討(1)
―建築構造学との関連に着目して―

森田大輔[1]，福岡伸太郎[2]，辻潔[2]，大垣聡[2]
[1]第一工科大学　共通教育センター（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2）
[2]第一工科大学　工学部　建築デザイン学科（〒899-4395　鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2）

A fundamental study on curriculum design of mathematics in institute of technology (1): Focusing on the relationship with structural engineering of buildings

Daisuke Morita[1], Shintaro Fukuoka[2], Kiyoshi Tsuji[2], Satoshi Ogaki[2]
[1]Common Education Center, Daiichi Institute of Technology (1-10-2, Kokubu-chuo, Kirishima, Kagoshima 899-4395 Japan)
[2]Faculty of Engineering, Daiichi Institute of Technology (1-10-2, Kokubu-chuo, Kirishima, Kagoshima 899-4395 Japan)

Abstract: In recent years, curriculum management has become increasingly important in school education. In higher education, where students study more specialized content, it is necessary to emphasize curriculum management and curriculum design. The purpose of this paper is to design a mathematics curriculum with a focus on the relationship with structural engineering of buildings, using Daiichi Institute of Technology (DIT) as a case study. In order to take into account the actual situation of the students, the spiral subject structure principle and thematic approach (Vasquez, Sneider, & Comer, 2013) were used in the curriculum design. After comparing the current curriculum in DIT with examples of applications of mathematics in structural engineering of buildings, we designed a mathematics curriculum to promote an understanding of structural engineering of buildings with a focus on analysis and algebra.

Key words: institute of technology, mathematics, structural engineering of buildings, curriculum design

1. はじめに

近年，学校教育におけるカリキュラム[(1)]・マネジメントの重要性がますます高まっている．特に，資質・能力の育成を主眼に置き，「各教科等の教育内容を相互の関係で捉え，<u>学校教育目標を踏まえた教科等横断的な視点</u>で，その目標の達成に必要な教育の内容を組織的に配列」（田村，2017，p.30，傍線筆者）する「カリキュラム・デザイン」が重要視されるようになってきている．この指摘は初等教育や中等教育に対する提言として主張されることが多いが，それは高等教育には合致しないということを意味するものではない．むしろ，学生がより専門的な内容を学修する高等教育においても，カリキュラム・マネジメントやカリキュラム・デザインを重視する必要があるだろう．以下では，「具体例を提示するため」「筆者らの実務上のニーズに応えるため」という 2 点の理由から，第一工科大学（以下，本学と略記）のカリキュラムを引き合いに出しながら論じることとする．

本学は 2 学部 5 学科（航空工学科，情報・AI・データサイエンス学科，機械システム工学科，環境エンジニアリング学科，建築デザイン学科）を有する工科大学である．その中でも，例えば，建築デザイン学科で

学生が学修している建築学，特に建築構造学では，微分積分学や線形代数を積極的に用いる（e.g.，大垣，2023）など，学生に一定程度数学を習熟させる必要があると考えられる．その一方，数学に対して苦手意識のある学生が一定数いるという本学の実態もある（福永ら，2022）．それ故，工科大学における数学のカリキュラム・デザインは重要な課題として位置づけられる．しかし，筆者らが調べた限りでは，高等教育における数学のカリキュラム・デザインに関する研究は未だ少なく，研究上・実践上における課題が山積しているものと思われる．

そこで，本稿では本学を事例とし，建築構造学との関連に着目した数学のカリキュラム・デザインを行うことを目的とする．そのため，まずはカリキュラム・デザインやカリキュラム構成原理に関する先行研究のレビューを行う（第2章）．次に，建築構造学における数学の応用事例を概観した（第3章）上で，本学のカリキュラムを概観することでその問題点を明らかにする（第4章）．そして，本学での援用を想定した，建築構造学との関連に着目した数学のカリキュラム・デザインを行う（第5章）．最後に，本稿の結論を総括するとともに今後の課題を述べる（第6章）．

2. カリキュラム・デザイン，カリキュラム構成原理に関する先行研究のレビュー

本章では，カリキュラム・デザインやカリキュラムの構成原理について，検討を行うこととする．現在の高等学校の学習指導要領では，「生徒や学校，地域の実態を適切に把握し，教育の目的や目標の実現に必要な教育の内容等を教科等横断的な視点で組み立てていくこと」「教育課程の実施状況を評価してその改善を図っていくこと」「教育課程の実施に必要な人的又は物的な体制を確保するとともにその改善を図っていくことなどを通して，教育課程に基づき組織的かつ計画的に各学校の教育活動の質の向上を図っていくこと」をカリキュラム・マネジメントと定義している（文部科学省，2019，p.20）．この中でも1点目を田村（2017）はカリキュラム・デザインと呼称し，その重要性を主張している．そして，田村（2017）はカリキュラム・デザインには3つの階層があると指摘している．まず，1つ目は「教育目標を踏まえ，つなぐグランド・デザイン（全体計画）」である．このグランド・デザインを作成するにあたっては，「子供の実態，学校や地域の特性，保護者や地域の願いなどを明らかにした上で，どのような子供の育成を目指すのかを明らかにし，教育目標を鮮明にする必要」（ibid.,p.33）がある．大学などを対象とした高等教育においては，ここでの教育目標というのはディプロマ・ポリシーに該当するであろう．そのように読み替えれば，ここでの田村（2017）の指摘は高等教育にも援用ができると考えられる．2つ目の階層は「全単元を俯瞰し，関連付ける単元配列表」である．ここでは，「各教科等で行われる一つ一つの単元が，1年間でどのように実施されるのかを俯瞰する単元配列表」（ibid.,p.33）の作成が想定されている．そして，3つ目の階層は「学びの文脈を大切にした単元計画」である．ここでは，「子供の興味・関心と教師の願いとを丁寧に擦り合わせ，そこに生まれる教材や学習対象，学習活動を用意すること」（ibid.,p.35）が重要となってくる．このように，第2，第3の階層では単元に重きが置かれる．その一方，一般的に，単元という考えは高等教育では用いられず，また講義の回数も半期で15回と，初等教育・中等教育とは大きく異なっている部分もある．そのため，さしあたり本稿では第1の階層である「教育目標を踏まえ，つなぐグランド・デザイン（全体計画）」の検討を目指すこととする．

数学と建築構造学との架橋を企図したグランド・デザイン（全体計画）を検討するにあたっては，数学教育におけるカリキュラム構成原理に関する研究も参考になるものと思われる．また，中原（2008）は目的，内容編成，指導方法という観点から，数学教育におけるカリキュラムの構成原理をそれぞれ構築している．その中でも，本稿に大きくかかわると思われるのが，以下に示す内容編成に関するカリキュラム構成の原理である．

B1. 系統主義 vs 経験主義
B2. 論理主義 vs 心理主義
B3. 歴史主義 vs 現代主義
B4. 累積主義 vs 構造主義

B5. 集約主義 vs 螺旋主義

B6. 画一主義 vs 柔軟主義

B7. 分科主義 vs 統合主義

図１　内容編成に関するカリキュラム構成原理
（中原，2008，pp. 21-22）

この中でも，本稿の課題意識と近しいと思われるのが「B7. 分化主義 vs 統合主義」である．分化主義とは「数学の各分野の独立性を重視する立場」，統合主義とは「数学の各分野の統合や融合を重視する立場」であるが，これらはあくまで数学という教科内容に限った話である．中原（2008）は「他の教科との関連で言えば，数学は数学で一つの教科として内容を編成していくのがよいとする考え方と，他の教科との統合を考えるのがよいといった教科の枠を越えて統合化を進めるという考え方もある」（p.22）と指摘し，教科等横断について言及している．

また，教科等横断に関連して，Vasquez, Sneider, and Comer（2013）は，STEM（Science，Technology，Engineering，Mathematics）教育における教科間の統合の度合いを４つに分類している．１つ目は，各教科で個別に概念とスキルを学習する Disciplinary アプローチであり，各教科が最も分化した状態である．２つ目は Thematic または Multidisciplinary アプローチと呼ばれるもので，共通の主題やテーマに関して行うが，各教科で個別に概念とスキルを学習するものである．３つ目は，２つ以上の教科から深く結びついた概念とスキルを学習する Interdisciplinary アプローチである．そして，４つ目は実世界の課題やプロジェクトに取り組むことで，２つ以上の教科の知識やスキルを活用し，学習経験を形成する Transdisciplinary アプローチであり，これが最も統合的な段階であるとされている．

3. 建築構造学における数学の応用事例

建築学において共通科目で学ぶ「線形代数学」や「微分積分学」で習得した知識は，「建築構造学」で必要となる．本章では，林（1997）や柴田（2003）を参考にしながら，学士課程の学生が学ぶ建築構造学やそこでの数学の応用事例について概観する．本学では，建築構造学を学ぶ学生は，１年生の後期に「構造力学Ⅰ」を履修することを皮切りに，そこから順に２年生の前期に「構造力学Ⅱ」，３年生の前期に「構造力学Ⅲ」，３年生の後期に「RC 構造」「鋼構造」，４年生の前期に「耐震防災特論」，そして４年生の後期に「特殊構造特論」と履修していくこととなる．無論，大学によって科目名が違っていたり，扱われる内容に若干の違いが生じていたりするが，基本的な内容に大きな差はないものと考えられる．建築構造学の導入段階では，「力学の基礎」や「骨組構造物」の内容を取り扱う．主に，数学のベクトルの考え方を基に，力について学んでいくが，力の合成や分解において，三角関数を使う必要がある．また，代表的な骨組みの一つであるトラス構造について学ぶ．こちらでも同様に三角関数を用いる為，三角関数について理解するとともに，三角関数を道具として使えるようになっていることが求められる．軸材に働く力を図示したのが，以下の図２である．

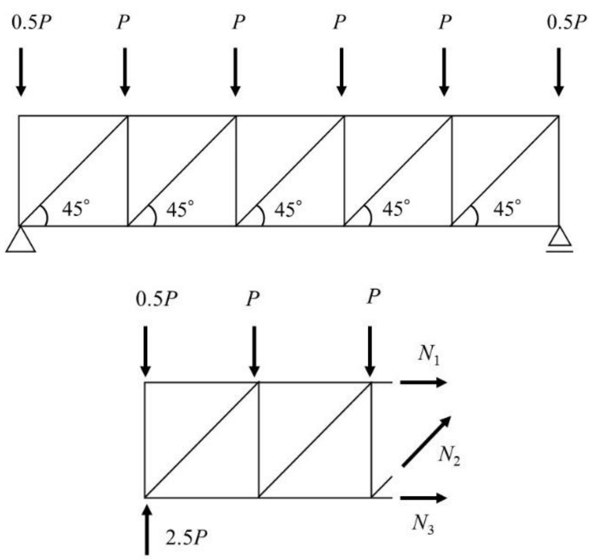

図２　トラス構造を構成する軸材に働く力の例示

他に，建築物の構造部となる梁（はり）について，「単純梁」という初歩的な骨組みモデルを基に力学計算を学ぶ．外力（荷重 q）が加わると，単純梁は変形・湾曲し，たわみ（変形量 y）や，たわみ角 θ が生じる．また，この湾曲した梁の曲線を弾性曲線またはたわみ曲線という．この際，はり部材内部には，せん断力 Q，曲げモーメント M という力や力に関する要素が生じる．これらの関係を図示したのが，次頁の図３である．

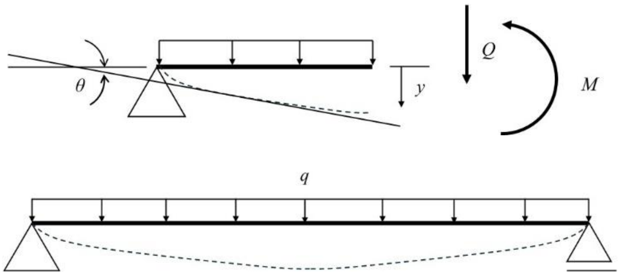

図3　荷重が作用した単純梁の変形と部材内部に生じる力の様子

これらの因子は，曲げ剛性EIとともに，相互に以下のような関係性があり，微分積分式を用いて示すことが可能である．

荷重　$$\frac{d^4y}{dx^4}=\frac{q}{EI}, q=EI\frac{d^4y}{dx^4}$$

せん断力　$$\frac{d^3y}{dx^3}=-\frac{Q}{EI}, Q=EI\frac{d^3y}{dx^3}=-\int q\,dx$$

曲げモーメント　$$\frac{d^2y}{dx^2}=-\frac{M}{EI},$$
$$M=EI\frac{d^2y}{dx^2}=-\int\int q\,dx\,dx$$

たわみ角　$$\frac{dy}{dx}=-\int\frac{M}{EI}dx=\theta$$

たわみ　$$y=-\int\int\frac{M}{EI}dx\,dx$$

また，4年生の前期にある「耐震防災特論」では，耐震構造の解析について取り扱うが，ここでは，線形代数で学ぶ行列についての理解が必須となっている．耐震構造は，建物自体の構造部（柱や梁など）を強くし，地震の揺れに耐えるよう設計された構造を指す．建築構造物の揺れ（振動）について把握する場合，解析が可能な力学モデルに置き換える必要がある．例えば，1層ラーメン骨組みは，図4のように単質点系モデルに表すことができる．また，質量をm，剛性をk，地動を$\ddot{y}_0$とし，減衰を考慮しない場合，地動に対する運動方程式は図4のように表される．

$$m\ddot{y}+ky=-m\ddot{y}_0$$

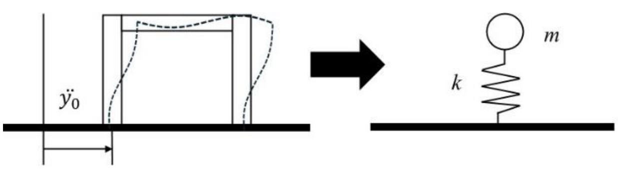

図4　単質点系モデル

同様に，3層ラーメン骨組みの場合は，3質点系モデル（図5）に表すことができる．1層目の質量をm_1，2層目の質量をm_2，3層目の質量をm_3，1層目の剛性をk_1，2層目の剛性をk_2，3層目の剛性をk_3，地動を$\ddot{y}_0$とすると，地動に対する運動方程式は，非減衰の場合，以下で示される．

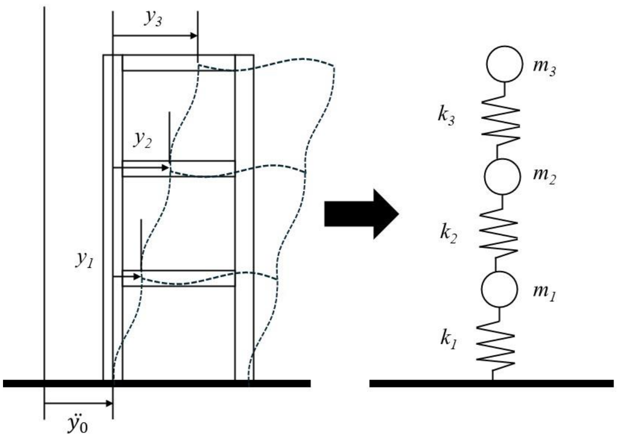

図5　3質点系モデル

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} = -\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}\ddot{y}_0$$

これは，「耐震防災特論」の講義において，初期の段階に取り組むが，内容が進むと，行列以外にも，微積分での方程式も取り扱われる．

4. 本学におけるカリキュラムの実態

これまでは一般的な大学における建築構造学の内容を概観してきたが，本章では具体的に，本学における数学や建築構造学に関わるカリキュラムの実態について概観していく．本学では，共通総合教育科目の中に数学に関する科目をいくつか設けている．また，

本学では新入生入学時に試験を行い，その点数に応じてクラスを分けており，そのクラスに応じて履修する科目が変わってくる．また, 既に 3 章で言及した通り，建築デザイン学科では，構造力学Ⅰ，構造力学Ⅱ, 構造力学Ⅲ, 構造デザイン, RC 構造, 鉄骨構造, 建築材料・構造実験などといった科目（以下，建築系科目と総称）で, 微分積分学や線形代数といった数学をしばしば用いる．これらの科目を整理したものが以下の表 1 である．

表 1　建築デザイン学科（2023 年度）において主に数学を扱う科目の一覧（※は必修科目）

学年・ターム	A クラス	B，C，D クラス	建築系科目
1 年前期	微分積分学※	基礎数学	
1 年後期	応用微分積分※ 線形代数 工業数学（微分積分学）	基礎微分積分学※ 工業数学（微分積分学）	構造力学Ⅰ※
2 年前期	確率論・統計学		構造力学Ⅱ※ 構造デザイン
2 年後期	幾何学 応用統計学		建築材料・構造実験
3 年前期			構造力学Ⅲ
3 年後期			RC 構造※ 鉄骨構造※
4 年前期			耐震防災特論
4 年後期			特殊構造特論

このように，建築系科目は 1 年後期から履修が始まり, その内容は静定構造物の反力の算定（構造力学Ⅰ），静定架構（梁，ラーメン，トラス等）の応力解法（構造力学Ⅱ），不静定構造物の応力解法（構造力学Ⅲ),「広さ・長さ・高さ」の観点から捉える構造デザイン（構造デザイン), RC 架構の使用限界状態（許容応力度設計）と終局限界状態（終局強度設計体系）の各理論（RC 構造），鋼材の基礎知識や鉄骨構造設計法（鉄骨構造），コンクリート・木材・鋼材の強度試験（建築材料・構造実験）など多岐に渡っている．本学では，幾何学や統計学に関する講義も関連されているが，以下では特に建築系科目と親和性の高い微分積分学や線形代数について言及することとする．

微分積分学や線形代数に関する科目配置について，運用上における問題点も散見される．例えば, 本学では習熟度別で講義を行っているが，線形代数に関する授業は A クラスの学生に対してのみしか開講されておらず，それ以外のクラスの学生が履修することは原理的にできないこととなっている．さらには, 線形代数に関する講義は半期分しか開講されていないため，行列に関する基礎的な事項しか学修することができず，固有値や固有ベクトルなどといった事項に触れることができないと想定される．また, 微分積分学に関する科目についても,「単純梁」における計算例にあるように，常微分方程式について理解しておくことが望ましいと考えられる．しかし，シラバスを見る限り, 本学の数学カリキュラムでは, 工業数学で若干扱われる程度である．そのため, 半期という比較的長期的なスパンの中で, 微分方程式を扱い, 多くの解法に触れておくことが望ましいと考えられる．

5.　建築構造学との関連に着目した数学のカリキュラム・デザイン

これまでの検討を踏まえ，本章では建築学との関連に着目した数学のカリキュラム・デザインを行うこととする．なお，田村（2017）や中原（2008）も言及していた通り, カリキュラム・デザインを行うにあたっては，そのカリキュラムが目指す教育目標を明確にする必要がある. 本稿においては, その教育目標は建築デザイン学科のディプロマ・ポリシー（DP）である．以下では, 建築デザイン学科の DP の達成における数学や建築構造学の位置づけを明らかにしたうえで, 数学のカリキュラム・デザインを行うこととする．まず，建築デザイン学科の DP は次のようにな

っている．

建築デザイン学科では，インテリア・建築・地域・都市分野の専門基礎知識を教授し，アクティブ・ラーニングや地域貢献活動を通じて，発想力や実践力を磨き，家具，インテリアから住宅，公共施設，複合商業施設等の建築物や地域・都市計画に関わる課題を，自ら発見・分析し，解決策を企画・提案・実現できる創造力と活力に富む人材を育成することを目的とし，所定の課程を修めて124単位以上を取得したうえに，必修等の条件を満たし，下記の要件を備えた者に学士（工学）の学位を授与する．

1. 一級建築士の受験資格を定めた建築士法第14条第一号の規定に基づく，国土交通大臣の指定する建築に関する科目を60単位以上取得していること．
2. 上記の建築技術者として活躍できる基本的な技術・知識に加え，更に社会が求める以下の専門技術別の知識・能力を習得していること．
   (1) 時代をリードする快適で創造性あふれる空間を提案するために，問題の分析解決の建築的提案が行え，ITを活用したプレゼンテーションができること．（建築デザイン分野）
   (2) 成熟社会で需要が倍増するリフォーム・リノベーション市場で，デザインで新たな価値を創造・増大させる提案が行え，ITを活用したプレゼンテーションができること．（インテリアデザイン分野）
   (3) 情報化社会の中で，時代のニーズに対応し，3D・CADやBIM（Building information Modeling）に対応でき，ITを活用したプレゼンテーションができること．（VRデザイン分野）
3. 建築に関わる地域社会や産業界の多様な問題や課題に積極的に取り組み，地域社会の人々とのコミュニケーションを通じて問題発見や解決を行えること．
4. 卒業認定にあたっては，次の評価を行うものとする．
   (1) 卒業年次の後期に修得単位数から卒業判定を行い，その結果を認定評価する．
   (2) 卒業論文について，卒業研究審査会において評価を行う．

ここからも伺えるように，まず建築デザイン学科の学修を通して，「インテリア・建築・地域・都市分野の専門基礎知識」を獲得させるようにする必要がある．このような状況に鑑みると，数学はあくまでも上記のような専門基礎知識の理解を補助するという位置づけにあるといえる．以上より，Vasquez et al.（2013）のいうThematicアプローチに従って，カリキュラム・デザインを行うことが適切であると考えられる．

また，1章でも言及したような本学の学生の実態に鑑みると，初年次で数学の内容を一定程度扱ったとしても，その後の学修内容の理解が十分に担保されないという可能性も懸念される．そこで，本稿では，図1で言及されていた「B5. 螺旋主義」に着目する．螺旋（スパイラル）主義とは，「同じ内容を質を変えて，繰り返し的に指導することを重視する立場」（中原，2008，p.22）である．例えば，図形の合同などを学習する際に「まず小学校では直観的，操作的に，それから中学校では論理的，体系的に，というように発展させていく，スパイラル的な形でカリキュラムを編成していく」といったことが考えられる．したがって，1〜2年次で微分積分学や線形代数に関する基礎的事項を学修する一方，構造力学に関する科目の中で微分積分学や線形代数を積極的に用いることが必要であり，それが専門基礎知識の獲得に寄与するものと考えられる．

そして，数学に関する科目について，幾許かの提案を行う．まずは，線形代数に関する科目をAクラスの学生だけの履修とするのではなく，全ての学生を対象に開講すべきである．一部の学生のみを対象とすることは，それだけで建築構造学へのアクセスを制限することになりかねない．また，線形代数に関する科目が履修できないために，建築構造学に対する理解が十分に果たされないということも起こり得る．また，4章でも言及した通り，線形代数が1年の後期のみしか開講されていないことも問題視する必要が

ある．そこで，1年後期に「代数学Ⅰ」を，2年前期に「代数学Ⅱ」を全ての学生向けに開講することを提案したい．一般的に，2023 年度に入学した学生は，高等学校で行列を学習していない(2)．そこで，「代数学Ⅰ」ではベクトルの学び直しや行列に関する基本的な演算を扱い，「代数学Ⅱ」では一次変換や固有値・固有ベクトルなどを扱うことで，建築構造学とのなめらかな接続を図りたい．これに伴い，A クラスでは「微分積分学」「応用微分積分」，それ以外のクラスでは「基礎数学」「基礎微分積分学」とそれぞれ講義名を変えていたが，これを「基礎数学」「基礎微分積分学」に統一させるとともに，新たに「微分方程式」を開講することを提案したい．3 章でも言及した通り，構造力学を学ぶ初期段階においても三角関数をはじめとする初等関数については，それ相応の理解が必要である．初等関数に関する基礎的事項を「基礎数学」（1 年前期）で扱い，「基礎微分積分学」（1 年後期）では 1 変数関数の微分積分を扱うといった流れが想定される．さらに，「微分方程式」(2 年後期）では常微分方程式の基本的な解法を扱うことが望ましい．そして，これらの事項を建築構造学に関する科目の中でも適宜扱うことで，数学・建築構造学両者に対する理解が深められるのではないだろうか．なお，建築構造学の初学者にとって，そこで用いられている式の意味が十分に理解できないといったことも想定される．そこで，「式を読む」（三輪，1996；杉山，1990）といった学修活動が重要になると考えられる．それぞれの式がどのような事象を表しているかを明らかにすることによって，式に対する理解だけでなく，事象そのものに対する理解も深まるといったことが期

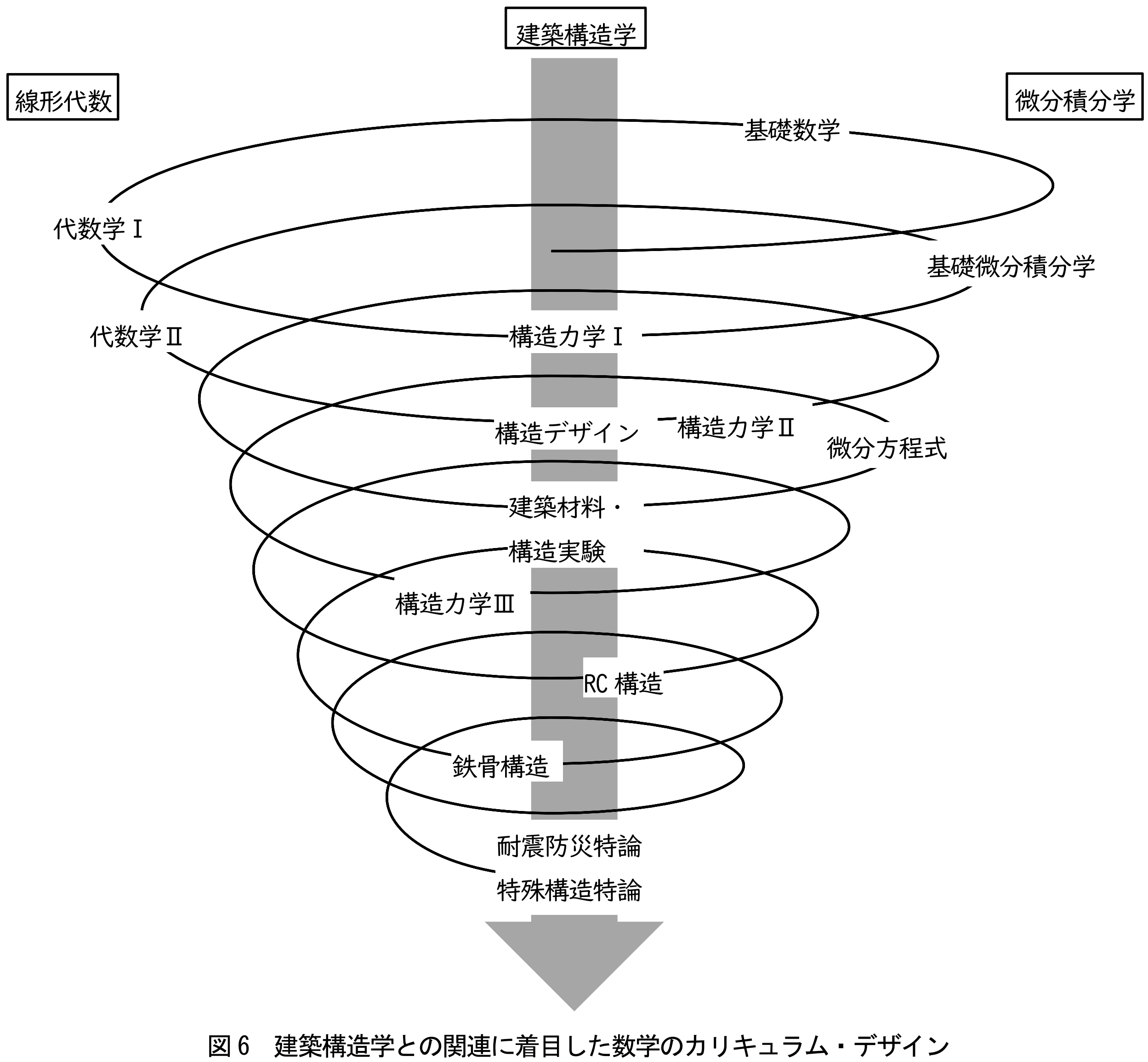

図 6　建築構造学との関連に着目した数学のカリキュラム・デザイン

待される．

以上の議論を総括した上で，カリキュラム・デザインを図式化したものが前頁の図 6 である．図の右部が微分積分学に関する内容，左部が線形代数に関する内容であり，それらをスパイラル的に扱いながら建築構造学を学び，最終的には耐震防災特論や特殊構造特論の理解を目指すカリキュラム構想となっている．

6. 本稿の結論と今後の課題

本稿では，工科大学における数学のカリキュラム・デザインの一例として，本学建築デザイン学科での学修に着目し，建築構造学との関連に着目した数学のカリキュラム・デザインを試みた．その結果は，前頁の図 6 に示す通りである．このように，各講義の関連を体系的に整理し，カリキュラムに位置づけることは学生の理解を促すだけでなく，実際に講義を行う著者らにとっても有益なものである．このような形でカリキュラムを検討することは，高等教育におけるカリキュラム・マネジメントを行う上でも肝要である．

今後の課題として，大きく次の 3 点が挙げられる．1 点目は，本稿で設計したカリキュラムの妥当性の検討である．本稿では建築デザイン学科のディプロマ・ポリシーに依拠しながら数学のカリキュラム・デザインを行ったが，前述の通り，本学は他に 4 つの学科を有している．そのため，他学科で扱われている内容も包含した形でカリキュラムを構成することがより望ましい．2 点目は，より広義なカリキュラムの検討である．本稿では意図されたカリキュラムの設計に留まっているが，カリキュラム・マネジメントにおいては，それだけでなく，講義の具現化やそれに伴うシラバスの修正，学生の学修状況をどう評価するかといった点も含まれる．そして，それらを踏まえたカリキュラムの再デザインを行うことが肝要である．3 点目は，2 点目と関連するが，高大接続といった観点からのカリキュラムの検討である．本学には，工業系の高等学校から進学してくる学生が一定数存在するという実態がある．そのような学生の多くは高等学校で数学をほとんど履修していないため，大学進学後に高等学校の数学を講義内で扱うことで各学科の専門科目との接続を企図しているが，それによって「カリキュラムにおいて，学校や教師，生徒に過大な負担がかかっている状態」であるカリキュラム・オーバーロード（白井，2020，p.203）といった問題が起こりかねない．各高等学校とのカリキュラムの接続や教職員間の連携，各種研修の充実など，多角的な視座からカリキュラム・マネジメントを行い，生徒・学生の負担感を減らすとともに，学びの質を改善することが肝要である．

注

(1) 国際到達度評価学会（IEA）は，意図されたカリキュラム，実施されたカリキュラム，達成されたカリキュラムという 3 つの層でカリキュラムを捉えているが，本稿ではとりわけ意図されたカリキュラムに着目し，そのデザインを目指すこととする．

(2) 現行の高等学校学習指導要領（文部科学省，2018）は 2022 年度から年次進行で実施されることとなっている一方，それ以前に高等学校に入った生徒は旧学習指導要領に基づいた教育を受けているが，そこでは行列は学習内容として位置づいていなかった．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K18926 の助成を受けたものです．

引用・参考文献

福永知哉・山田猛矢・松田翔太・野田幸平（2022）．新入生アンケート調査による数学が苦手な学生の問題点と改善方法の実施報告．第一工科大学研究報告，34，136–141．https://daiichi-koudai.repo.nii.ac.jp/records/1125

林貞夫（1997）．SI 対応 建築構造力学．共立出版．

三輪辰郎（1996）．文字式の指導序説．筑波数学教育研究，5，1–14．http://hdl.handle.net/2241/00136409

文部科学省（2018）．高等学校 学習指導要領（平成 30 年告示）．東山書房．

中原忠男（2008）．数学教育におけるカリキュラムの構成原理．環太平洋大学研究紀要，1，19–27. https://doi.org/10.24767/00000244

大垣聡（2023）．層状構造物の弾塑性振動における降伏層せん断力比：塑性歪エネルギー比関係の推定精度向上について. 第一工科大学研究報告, 35, 69–74. https://daiichi-koudai.repo.nii.ac.jp/records/2000051

柴田明徳（2003）．最新 耐震構造解析〈第 2 版〉．森北出版.

白井俊（2020）. OECD Education 2030 プロジェクトが描く教育の未来 : エージェンシー, 資質・能力とカリキュラム．ミネルヴァ書房.

杉山吉茂（1990）.「式をよむ」ことについて．学芸大数学教育研究，2，17–25. http://hdl.handle.net/2309/149690

田村学（2017）．カリキュラム・マネジメント入門. 東洋館出版社.

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.