

# ICT 活用を通じた先端実例の紹介：UCCI 数学教材について

ながはら けんたろう  
永原 健太郎

## 1・はじめに

令和元年度以降、文部科学省は個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実など、教育の質を向上させることをねらいとする「GIGA スクール構想」のもと、児童生徒1人1台端末等の ICT 環境の整備に取り組んでいる。また、新たな ICT 環境整備方針の策定について、令和7年度に向けて検討を進めることとなっている。これに当たっては、「児童生徒1人1台の ICT 端末を活用した『個別最適な学び』と『協働的な学び』の目指すべき姿」や「『個別最適な学び』と『協働的な学び』の実現のために必要となる ICT 機器とその整備の在り方」「1人1台端末の活用支援体制やデジタル教材等の整備の在り方」などといった、策定に向けた論点が存在している。(文部科学省(2022))

ここで、ICT 活用に伴って登場する「個別最適な学び」という言葉がある。これは、元々はアメリカで開発された「個別最適化」(佐藤学(2021))という概念が基になっており、令和3年1月の中央教育審議会答申(文部科学省(2021))などで登場する新しいものである。

このような流れの中で、生徒を相手に ICT を授業でどのように活用するかについては、既に日本でも様々な工夫が凝らされている。一方、「個別最適化」という概念が登場したアメリカにおいては、その具体的な方法はどのように行われているのだろうか。

本稿では、アメリカのカリフォルニア州で行われている数学と職業教育が融合した授業実践について紹介する。これは、カリフォルニア大学(University of California)学長室による入試制度(University of California, Curriculum integration)の一部で実施されている授業であり、12年生までにコースカタログに掲載されている授業の単位を取得することで、入学許可と配属コースが決まるという制度のもと開講されている数学の授業である。なお、これらのカリフォルニア大学が履修要件として認めている科目群は UCCI courses と称されるが、以降では簡単のため UCCI 科目と呼ぶこととする。本稿で紹介するのはこの中の数学で、特に応用科目という位置づけで、職業科目としても認定されている以下の3つである。

- ・ Algebra 1 with Programming (以降、Algebra 1+ と表記)
- ・ Constructing Algebra 2 (以降、Algebra 2+ と表記)
- ・ Geometry + Computer Visualization/Simulation (以降、Geometry+ と表記)

これら3科目のカリキュラムには、ICT が活用される多くの場面が記されており、インターネット上に公開されているため、誰でも閲覧することが可能である。さらに、実際にその授業を担当している現地の教師が作成した教材も一般に公開されており、著作権を侵害しない範囲で誰でも無料で利用することができる仕組みになっている。(UCCI Course resources(2023))

## 2・UCCI 科目と日本のカリキュラムの概観

上に述べた3つのUCCI科目のカリキュラムについて、日本のカリキュラムとの比較や、全体像の分析を行うが、まずは一般的なカリフォルニア州にあるハイスクールの数学において、日本のカリキュラムとは異なる特徴的な点について共有しておこう。大きな違いの1つは、例えば8年生（日本では中2～中3に相当する時期）の時点の成績によって、9年生から受けるカリキュラムが異なる点である。これは、成績が良いと新たに進んだ内容を含む授業を受けられるが、成績不良の場合は再履修、あるいは別の授業を履修するものである。日本のように一定の進度で、同一の学年全員がその科目を履修する仕組みではないため、その生徒の学力や進路に応じて、履修する時期に最大3年もの（例えば9年生と12年生が同一の科目を履修するといった）差が生じる設計になっている点も特徴的であろう。

また、カリフォルニア州のハイスクールで行われている一般的な数学の科目に「Algebra 1」、「Geometry」、「Algebra 2」がある。UCCI科目は、それぞれこれらの科目と職業教育で行われる単元を融合した関係にある。なお、「Algebra 2」は、中身の性質上「Algebra 1」を履修済みの生徒を対象としており、この順序はUCCI科目においても同様である。

ここまで大まかに日本の高校数学とのカリキュラムの違いを述べたが、このような設計は個別最適化との相性が良いと考えられる一方で、格差が固定化されるという懸念も繰り返し指摘されている（Oakes (1985)）。以降では、カリキュラム設計の仔細には立ち入らず、その中で繰り返し広げられている数学的なコンテンツの具体例に焦点化しよう。

## 3・数学と職業教育を組み合わせたUCCI科目で用いられる教科書の概要

紹介するUCCI科目の特徴的な点としては、内容が複合的であり、複数の「教科書」を使うことである。「Algebra 1+」では、数学的な内容に対しては標準的な「Algebra 1」の教科書、または学区承認のテキストを使うこととなっている。一方で、それらと融合させる職業教育的な内容に対しての教材は「Scratch Programming for Teens」という、8～16歳向けのプログラムを使うようになっている。また、「Geometry+」は、標準的な「Geometry」の教科書は用いず、オンライン上に公開されている教材を用いる。コンピュータ上で図形を可視化、あるいはシミュレーションをつくる際に必要となる数学的な知識と、その関連が記述されている教材が多く参照されている。「Algebra 2+」は、通常の「Algebra 2」で使われる教科書に加え、「Modern Carpentry」という、大工に関する教科書が用いられている。

このように、UCCI科目はカリキュラム設計された範囲のみで完結した教材を用いて授業が行われるわけではないため、実施する教員は各教材を適切に活用する必要が出てくる。それぞれの職業教育に関する部分に対しては、高度な専門性があり、日本の工業高校教員レベルの専門知識が要求される。

## 4・「Algebra 2+」における一部の授業の紹介

3つのUCCI科目では、数学の各単元はどのような形で現れるのであろうか。現実世界に即

した文脈で行われるため、いわゆる入試問題のように定式化された問題が登場するのではない。ここでは一例として、「Algebra 2+」において、建築の構造物の骨組み全体を計算して構築することを目標とした単元「Unit 4」に注目する。「Unit 4」では、材料の選択から始まり、床材、壁、屋根の建設など、三角形の概念を見直す必要がある作業を経て、構造物そのものを組み立てる。組立の際には縮尺模型を用いるため、反比例などの分数型を含む有利型の方程式を作成し、それを解いて縮尺を合わせるなどの活動を行う。これについて、カリキュラムからどのような活動が想定されているのかを見てみよう。

#### 1. 平面的な建築計画の下書き（図1参照）：

ここでは、以下の小課題を通し、円錐曲線と区分的に表現された関数など（関数全体の一部として、標準形式の円錐曲線が現れるなど）に関する知識をほぼ完成させる。

- (a) 図面を完成させ、最終的に作品の縮尺モデルを作成するために使用される、関連する数学的な関数を見つける。
- (b) 間取り図から縮尺模型のレイアウトを決定し、間取り図を完成させる。
- (c) 数学的な関数が（特に円錐曲線と1次関数が）理論的に正確であることを確認する。
- (d) 現れる各方程式や関数における最高次の係数、および領域を決定する。
- (e) Graphmatica, Mathematica, KMPlotなどの描画ツールで、関数をプロットする。

#### 2. 床組、および壁面の構造の構築（図2参照）：これらの課題では、生徒に対し有理型の方程式と有理型関数を紹介し、探究する。（以降、小課題は省略）

#### 3. 建物面積の計算（図3参照）：この課題では、円錐曲線を利用して構造物の面積を求めることを通して、円錐曲線に関する理解を深め、一般的な多項式関数についても復習する。

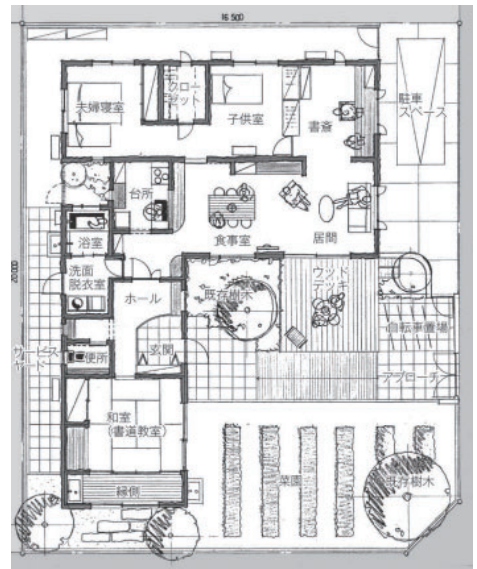


図1 平面的な建築計画の下書き [6]

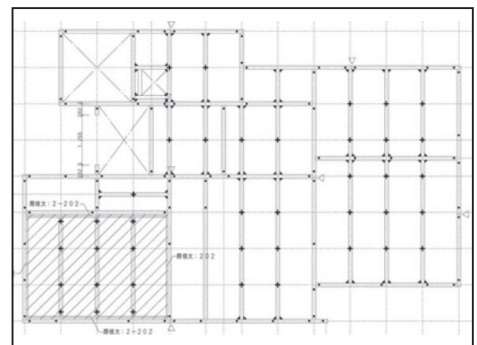


図2 床組の構造（床伏図） [7]

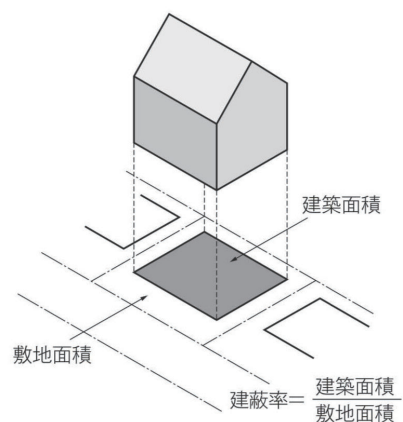


図3 建築面積の計算 [6]

4. 屋根の勾配を図式化し、屋根を作る（図4参照）：この課題では、勾配、仰角と俯角、および三角比に関して得られた知識を用いる。これらを通して、一般角を用いた三角法へ拡張される。
5. 階段の建設（図5参照）：この課題を通して三角法に関する理解を深め、1次関数を再検討する。

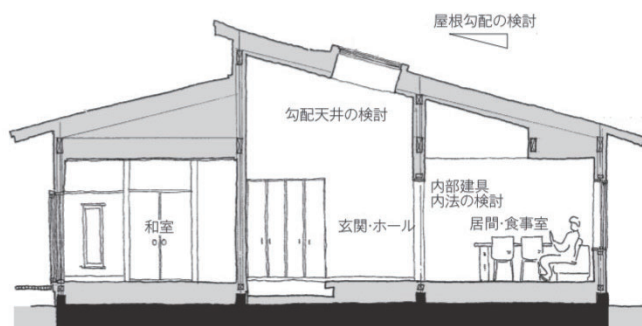


図4 屋根勾配の検討 [6]

## 5・まとめ

ここまで紹介してきた3つのUCCI科目で扱う内容は、日本においては一般的に職業教育のみで行われるものである。しかし、実際に中身を見てきて分かるように、職業教育に関する内容は、実は基礎的な数学と具体的な活用方法が、車輪の両輪のようにうまく組み合わせられて出来上がっている。全体を俯瞰すると、体系的で専門的な職業教育という位置付けよりも、職業を意識した「普通教育としての技術教育」を実施しているといった方が適しているであろう。

ICT活用においては、ある程度理想化された問題を解くことに始終するだけでなく、現実的な問題に対応した数学の活用方法も提示することができる。数学が好きな生徒がより幅広く興味を持つきっかけになるのはもちろん、それ以外の効果も期待できる。例えば、工業高校の生徒が、自分が学んでいる専門科目の内容と、数学との関連を知ることでもできる。逆に、普通科進学校の生徒が、普通教科の数学で学ぶ内容が、実は専門科目と密接につながっていることを体験することもできる。そのようにとらえれば、多くの生徒が数学を1つのキーワードとして、多様な進路選択を考えることにもつながっていく。

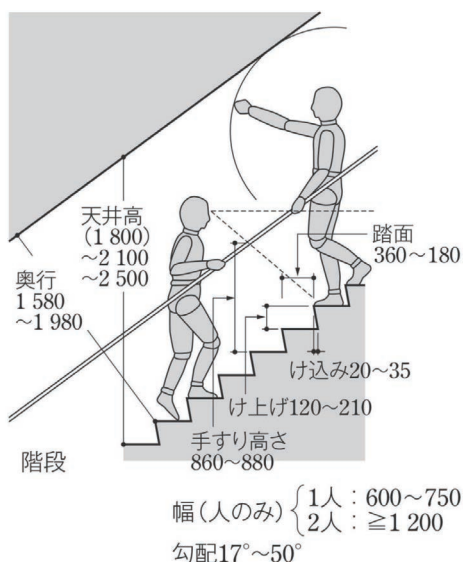


図5 階段の建設 [6]

## 謝辞

本稿でまとめたUCが行っている活動については、関西女子短期大学の西美江教授、ならびに大阪工業大学の辰巳育男教授よりご紹介いただいた。また、建築関係の図については、東京工業大学附属科学技術高等学校の小林謙祐教諭に、日本における建築に関する図についてご教示いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 文部科学省 (2022), 学校における ICT 環境整備の在り方に関する有識者会議  
[https://www.mext.go.jp/kaigisiryō/content/20221219-mxt\\_shuukyo01-000026553\\_004.pdf](https://www.mext.go.jp/kaigisiryō/content/20221219-mxt_shuukyo01-000026553_004.pdf)
- [2] 文部科学省 (2021), 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して (答申) 【概要】  
[https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt\\_syoto02-000012321\\_1-4.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_1-4.pdf)
- [3] 佐藤学 (2021), 第四次産業革命と教育の未来 ポストコロナ時代の ICT 教育, 第 5 章: 岩波書店
- [4] Oakes, J. (1985), Keeping track: how schools structure inequality. New Haven: Yale University Press.
- [5] UCCI Course resources(2023), <https://ucci.ucop.edu/resources/course-resources.html>
- [6] 吉村英祐他 11 名 (2014), 工業 362 建築計画, 第 2 章: 実教出版
- [7] 家づくりを応援する情報サイト (2023), [https://polaris-hs.jp/zisyo\\_syosai/yukahuse.html](https://polaris-hs.jp/zisyo_syosai/yukahuse.html)

### 【参考】日本の中等教育における数学との比較

3 つの UCCI 科目で改めて扱われる数学的な事項について, 日本の中等教育段階数学の内容と比較した。また, 「Algebra 1+」と「Algebra 2+」については, 簡単な科目の概要も付した。○「Algebra 1+」では, 基本的な 1 次関数, 指数関数, 2 次関数を学んだあとは, それらを使った統計モデルを理解する目的で, IF 文や, LOOP などの, 簡単なプログラミングも行われている。ICT を活用する前提で, 手計算が主流の日本の高校では扱われない線形回帰, 最小二乗法にも触れられている。【扱われる単元: 1 次関数 (中 3), 等差数列 (数 B), 連立方程式 (中 2), 指数関数 (数 II), 2 次関数 (数 I), データの分析の代表値 (中央値 (小 6), 四分位数 (中 2), 四分位範囲 (中 2), 平均値 (小 6), 分散 (数 I), 標準偏差 (数 I)), ヒストグラム (中 1), ドットプロット (小 6), 箱ひげ図 (中 2), 散布図 (数 I), 線形回帰 (高校まででは直接扱わない), 最小二乗法 (高校まででは直接扱わない)】

○「Geometry+」では, ゲーム (平面や立体) や Solidworks という, 産業分野で使われている 3 次元 CAD ソフトを通して, 幾何的な構造を具体的に学ぶ内容となっている。【扱われる単元: 小学校までで扱う基本的な図形とその性質, 三角形の相似 (中 3), 座標平面 (中 1), 平行移動 (中 1), 反射 (ここは物理?), 鋭角の三角比 (高 1), 30, 45, 60 度の三角比 (高 1), 立方体の表面積 (中 1), 立体の体積 (小 5), 空間の座標 (数 B), 三平方の定理 (中 3), ベクトル (数 C), 無向グラフ (数 C), 空間内における回転行列 (高校まででは扱わない)】

○「Algebra 2+」【扱われる単元: 3 次以上の多項式関数 (数 II, 数 III), 関数の最大値・最小値 (数 I), 円錐曲線 (数 C), 有理関数 (数 III), 空間の座標 (数 B), 区分的に定義される関数 (中 3 でも扱っているが, 明示的ではない), 区分的な 1 次関数 (中 3 でも扱うが, 明示的ではない), 勾配 (数 I), 仰角 (数 I), 俯角 (数 I), 有理型方程式 (明示的に扱われるものではない), 無理関数 (数 III), 逆関数 (数 III), 指数関数 (数 II), 対数関数 (数 II), 数列 (数 B), 数列の和 (数 B), 組立除法 (数 II), 多項式の割り算の筆算 (数 II), Steinmetz による複素数と回路の関係 (工業科目の電気回路で行うが, 数学では扱わない導入方法)】

(東京工業大学 講師)