

米国におけるSTEM分野の高大接続の現状分析 —カリフォルニア大学を事例として—

河野 銀子

地域教育文化学部・児童教育コース

鈴木 宏昭

地域教育文化学部・児童教育コース

平林 真伊

地域教育文化学部・児童教育コース

ミラー ジェリー

地域教育文化学部・児童教育コース

(令和2年9月29日受理)

要 旨

本研究は、STEM分野における女子の低参画状態という問題に対し、中等教育と大学の接続のあり方に着目して検討するものである。本研究では高大接続のタイプを4つに分類しているが、本稿で取り上げるのは「多元的競争／資格試験型」に該当する米国の現状である。ただし、州によって教育行財政のあり方が大きく異なる米国全体を分析するのは困難なため、「多元的競争／資格試験型」の特徴がもっとも顕著であるカリフォルニア州を分析対象とした。なお、研究方法はWEB調査である。

まず、STEM分野における女子等の参画拡大にかかる様々なレベルや方法の施策が存在することが明らかになった。次に、カリフォルニア大学の入学基準や中等教育までの州のスタンダードについて、科学と数学の現状を分析したところ、WEB上の情報に依拠する限りにおいて、大学入学基準とそれ以前のカリキュラムは接続していると判断された。また、非営利団体等が実施している女子のSTEM参画拡大のプログラムの分析からは、学校外で女子の科学的体験を増やすだけでなく、人的ネットワークを構築しながら長期的重層的に学習継続を支援していることが明らかになった。

今回のWEB調査では分析が困難な点多々あった。今後、訪問調査によって、カリフォルニアの高大接続のあり方が、女子のSTEM分野の進路選択にどのように影響するか(しないのか)、掘り下げていく。

1 本研究の目的と本稿の位置づけ

(1) 研究目的と研究方法

本稿は、科研費による共同研究「女子の理系進路選択拡大に向けたSTEM分野¹の新たな高大接続モデル」(JSPS19H01730)のうち、アメリカに関する議論を行うものである。大学で理系分野を専攻する女子が少ないことは、いわゆる西側先進諸国に共通する課題であり、各国でその解決が政策課題とされているとともに、国際的な連携が模索されている²。日本においても政策課題とされている一方、当該課題をめぐる研究蓄積は乏しい。あっても女子の個人的な心理の問題とされ、教育の問題として捉えられることは少ない。そこで、本研究では、女子の理系進路選択をめぐる国内外の先行研究を踏まえつつ、それらが扱ってこなかった制度的な側面として中等教育と高等教育の接続のあり方に着目する。進路選択を行うのは個人であるが、その選択肢を用意するのは各国の教育制度や慣行だからである。この目的に照らし、大学への入学制度が異なるタイプの国々を調査対象として研究を設計した。

本研究では、これを高大接続タイプと称し、具体的には、佐藤(2017)による分類である(A)～(D)の4類型を用いる³。それらは、(A)資格試験型、(B)競争的資格試験型、(C)一元的競争試験、(D)多元的競争/資格試験型で、それぞれ、次のような制度である。(A)は一定の学力水準に到達していれば大学に入学できる制度で、その到達度はバカロレア(フランス)やアビトゥーア(ドイツ)などの中等教育修了資格試験によって測られる。(B)は、資格試験が行われるが実際の大学入学にはその試験での得点が重視される制度である。イギリスのGCE-Aレベル(General Certificate of Education Advanced Level:中等教育上級修了資格)等が典型である。(C)は、韓国の大学修学能力試験や、中国の全国統一大学入学試験、また日本の大学入試センター試験等が該当する。

そして、米国は(D)に該当する。詳細は後述するが、SAT Reasoning TestまたはACT(American College Testing)などの年に数回受験できる民間テストの得点と高校でのGPAが条件を満たしていれば、基本的に入学できる⁴。ただし、この他にエッセイや課外活動、推薦書、AP(アドバンスプレースメント:後述)が入学可否を決める判断材料とされる大学も多くあるし、超難関校のようにこれらの各成績が上位であることを求める大学もある。高校のGPAとSAT等が基礎資格的に活用されて入学しやすい大学もあれば、それら

¹ STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)の定義は多様で、例えば、全米科学財団(NSF)の「Science」は心理学や社会科学を含み、医学等の健康分野は含まない。学問類型、教育課程等が異なる国々を扱う本研究では、「学校基本調査」(文科省)の中分類の中の「理学」「農学」「工学」をSTEM専攻とする(参:日本の大学在学者に占める女性割合は順に27.2%、44.7%、14.5%:文科省2017「学校基本調査」)。

² 例えば、G7倉敷教育大臣会合(2016年)で採択された「G7倉敷宣言」、G20教育大臣会合(2018年)およびG7教育大臣会合(2018年)における「教育大臣宣言」で国際協働の重要性が明記されているほか、国連のSGDs(持続可能な開発目標)でも触れられている。

³ 佐藤博志(2017)。「大学入試制度改革の課題と展望—諸外国及び国際バカロレアとの比較を通して—」日本教育経営学会紀要、第59号、pp.45-55

⁴ 荒井克弘・藤井光昭・倉元直樹(2002)。「SATとAAP」藤井光昭・柳井晴夫・荒井克弘編著『大学入試における総合試験の国際比較—我が国の入試改善に向けて—』、多賀出版、pp.13-36

で高スコアを獲得ことや他の要件が課されたりして入学が競争的な大学も存在する。つまり、高大接続のあり方は非常に多様であるといえる。さらに、成人を対象とする入学者選考も一般化していることから、米国における大学入学は多元的な仕組みになっている。

(2) 本稿の位置づけと研究課題

上述したように、米国の高大接続はきわめて多元的で柔軟性が高い。昨今、日本でも推薦入試やAO入試などが増えて入試の多様化が進み、一元的競争試験が高大接続の唯一のあり方ではなくなっているものの、米国と比較した場合にはその多様性や多元性は格段に低い。このように日米間の高大接続には様々な違いがあるが、大学でのSTEM分野の専攻という観点から重要なのは、米国では大学入学時に専攻分野を絞り込む必要がないという点である。日本の一元的競争試験は、学部や学科ごとに募集や入学試験が行なわれ、試験科目や配点もそれぞれに決められている。そのため、高校生にとっては志望する学部等が指定する教科・科目等が受験準備として必須となる。つまり、高校生の進路選択行動や高校での学びは必然的に専攻分野に規定されるため、柔軟性は低い。

以上のように、両国間の高大接続の制度上の差異は大きく、日本の方が専攻分野の選択時期が早い。このような違いは、女子のSTEM分野の専攻に影響するだろうか。欧米の先行研究によれば、早期の進路選択は女子の理系進路選択を阻害する(デュリュ=ベラ(1990=中野訳1993), OECD 2014)。進路選択後の学習や職業に対する具体的な情報やイメージをもたないうちに進路を選択することは、その社会の性別ステレオタイプが色濃く反映されるからである。「科学=男子」の分野とする空気の中では、男子の理系進路選択は容易だが、女子にとってはそうではないため、早期の進路分化は避ける方がよいとされている。また、日本では女子の方が多くの教科・科目に対する学びを志向し、高校での文理選択に迷ったり、選択時期が早すぎると考えたりする傾向があることが明らかになっている(Kawano, 2007)。以上を踏まえれば、大学入学時ではなく入学後に専攻を選択する高大接続方法の方が、女子のSTEM分野専攻を促進すると推測される。したがって、大学入学時に専攻分野を選択しない高大接続が一般的である米国において、女性がいかにしてSTEM分野の学士を取得していくのかを明らかにすることは、日本の女子の理系進路選択の拡大に示唆が得られる可能性がある。こうした仮説を検討するため、本研究ではインターネットによるWEB調査と現地でのインタビュー調査の実施を計画した。本稿では、米国を対象として実施したWEB調査の結果を整理する⁵。

以下では、米国におけるSTEM分野を専攻する女性割合等について概観した後、調査の概要と結果を示す。

(3) 米国大学のSTEM分野に占める女性割合と改善策

① 米国におけるSTEM分野の女性割合

米国では、ジェンダーだけでなく、人種やエスニシティ等に対して平等な教育機会が与

⁵ 「女子の理系進路選択拡大に向けたSTEM分野の新たな高大接続モデル」(JSPS19H01730)の一環として、河野、鈴木、平林、ミラーが執筆を担当した。なお、本研究には、本学の後藤みな(地域教育文化学部)の他、坂無淳(福岡県立大学)、大濱慶子(神戸学院大学)が共同研究者として参画している。

えられているか否かは常に注視されており、低参画の集団がある場合には、その参画率を向上させるための施策が講じられる。それは、NSF（全米科学財団）がSTEM分野への参画が低い集団の統計を収集・公表することが法的に義務付けられているからであり⁶、この規定により“Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering”⁷という属性ごとの統計が隔年で公表されている。この統計では、all science and engineering (S&E)として、‘Psychology, biological sciences, and social sciences’、‘Computer sciences’、‘Engineering’、‘Mathematics and statistics’、‘Physical sciences’の5領域の区分がある。2016年の各分野の学士号取得者に占める女性割合は、順に、54.8%、18.7%、20.9%、42.4%、19.3%であった⁸。上述した5領域における女性割合は学士号取得者全体に占める女性割合（57%）に比して低いことから、STEM分野に関して特別な委員会が設置される等の対応がとられ、予算が措置されてきた。

比較のために、2019年3月の日本の学部卒業者に占める女性割合を関係学科別にみてみると、社会科学で36.8%、理学で28.5%、工学で15.2%、農学で45.0%であった⁹。全分野の学部卒業者に対する女性割合は46.3%だったので、いずれも全体平均を下回っている。日本では社会科学がSTEM分野とされることはほとんどないなど、日米間で専攻分野の分類方法が異なるので直接的な比較はできないが、STEM関連分野の学士号取得者に占める女性割合は米国の方が高いと考えられる。

② STEM分野における女子等の参画拡大策

それでは、過少代表グループのSTEM分野の専攻を促進するために米国でどのような施策が採られているか、概観しておこう。ここでは、内閣府委託調査『理工系分野における女性活躍の推進を目的とした関係国の社会制度・人材育成等に関する比較・分析調査報告書』（未来工学研究所, 2016）を参照し、STEM分野に女性等の低参画グループを取り込むための3つの対策を挙げる。

・ NSFによる “Broadening Participation”

科学・工学機会均等委員会（Committee on Equal Opportunities in Science and Engineering: CEOSE）が「歴史的にSTEM分野への参画が低い集団」も取り込む施策を行うようNSFに助言し、そのためには大胆な変革が必要だとした。それは、STEMに関連する組織の制度改革や組織改革を意味する。これを受けて、NSFは「歴史的にSTEM分野への参画が低い集団」も取り込む “Broadening Participation” を掲げ、低参画集団である女性等が、幼稚園から大学院まで切れ目なくSTEM科目を学び、キャリアにつなげるためのパスを、学校や大学、政府や企業の連携によって開発するプランを策定した。

⁶ National Science Foundation Authorization and Science and Technology Equal Opportunities Act (12/12/1980 Public Law 96-516)

⁷ <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf19304/data>

⁸ <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf19304/digest/field-of-degree-women>

⁹ 文部科学省「学校基本調査」（73 関係学科別状況別卒業生数）（<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00400001&tstat=000001011528&cycle=0&tclass1=000001135783&tclass2=000001135810&tclass3=000001135818&tclass4=000001135820>）

- ・STEM教育委員会（Committee on STEM Education: CoSTEM）による戦略計画

STEM教育委員会は、大統領府の国家科学技術審議会（National Science and Technology Council）の下に置かれ、5カ年ごとのSTEM教育の戦略計画を策定する組織である。2013年に発表された戦略計画の1つとして、「歴史的にSTEM分野を進路に選択する者が少なかったグループへの特別の配慮（Better Serve Groups Historically Underrepresented in STEM Fields）」が明記され、ヒスパニックや黒人、低所得者層や障がい者、女性等の参画を顕著に拡大させるという目標が掲げられた。

- ・女性と女子に関する審議会（White House Council on Women and Girls）

大統領令によって2009年に組織された女性と女子に関する審議会（White House Council on Women and Girls）の2015年報告書において、米国人口の構成比に対する科学・工学職の労働人口に占める人種・性別の構成比が明らかにされ、低参画の集団の参画拡大を促進する方策が提示された。特に、STEM科目を教える方法を変える重要性が提示された。それは、隠れたバイアスと性別ステレオタイプを除去し、よりinclusiveな環境を求めるものであった。

以上のように、米国では、連邦レベルでSTEM分野を専攻する女性等の割合を高める政策が採られている。その方策の特徴はおおよそ次の3点に要約できる。第一に、こうした施策の浸透は、1980年には科学技術機会均等法（Science and Technology Equal Opportunities Act）が制定され、法に基づいて継続的に進められてきたことに拠るところが大きいと考えられる。第二に、機会が均等かどうかの判断に、科学技術分野の職業や専攻に占める当該集団の構成比と米国の人口構成比の差が用いられていることで、実効性ある取り組みや評価を可能にしていると考えられる。そして、第三に、人口構成比を基準とする改善策として、「STEM教科を教える方法を変える」ことが提示される等、単なる数合わせの政策となっていない。

本研究にとって示唆的なのは、第二、および第三の点である。まず、第二の方法で割り出された「歴史的にSTEM分野を選択する者が少なかったグループ」に、アジア系の女性は含まれない。例えば、2010年の米国人口に占めるアジア系女性の割合は2.5%だが、STEM関連職の労働者に占める女性割合は5.0%と、人口構成比の2倍である。STEM関連職のアジア系男性比率は人口構成比の5.9倍なので、それと比べれば低参画であるが、白人女性（0.6倍）や黒人男女（0.5倍、0.3倍）、ヒスパニック男女（0.5倍、0.2倍）と比べるとアジア系女性のSTEM職への参画率は高い¹⁰。つまり、STEM分野の進学や就職を日本国内でみた場合には男女差が大きく女性の参画率が低いが、米国内でアジア系としてまとめて他のエスニックグループの女性と比べた場合には参画率は低くない。次に、第三の点に関して、男女差の是正の方策として、教科の教授方法等を視野に入れる必要があるということである。つまり、STEM分野に参画する女性の人数や割合の議論だけでは十分な手立てとならないことを意味している。

¹⁰ 数値は未来工学研究所2016より引用。

以上を踏まえつつ、本研究では米国への訪問調査を計画しているが、米国の教育行財政は各州にその権限があり、学校教育制度や教育内容も州ごと、あるいは学区ごとの違いが大きく、アメリカ全体を概観することは難しい。そこで、カリフォルニア州を事例として取り上げる。その主要な理由は次の二点である。第一に、全米でもっとも人口が多い州である上にマイノリティが多数を占めるという人口構成上の特徴があるため、高大接続のタイプとしての(D)多元的競争/資格試験型が顕著に現れると考えられる。第二に、1960年に策定された「カリフォルニア・マスタープラン」¹¹は、高等教育の需要拡大にこたえつつ高度な研究を維持する高等教育システムであり、今なお機能している。これは州内のすべての高校生に高等教育機会を保障するしくみで、編入学が前提とされている。つまり、全米のなかでも、とりわけ個々の多様な状況に応じた高等教育機会の提供に熱心な州であると考えられる。

こうした州において、高校生たちはどのように大学に入学し、入学後に専攻の選択を行っていくのだろうか。そしてSTEM分野の専攻を決定するプロセスにジェンダー差があるのだろうか。本稿ではとくに、初等中等教育の理科や算数・数学とのカリキュラム上の接続（鈴木・平林）と、学校教育外で実施されているプログラム（ミラー）に注目する。なお、カリフォルニア州の高大接続制度を理解するには、その前提となる教育制度にかかる詳細な情報を必要とするが、それらを網羅することは困難なため、日本と顕著に異なる点を文末に別表としてまとめたので参照していただきたい。

2 カリフォルニア大学における科学の入学基準

本節では、上記の米国における大学のSTEM分野に占める女性割合と改善策を踏まえて、カリフォルニア大学における科学に関する入学基準、カリフォルニア州のハイスクールの科学に関する履修状況、米国におけるK段階（幼稚園）から第12学年までの科学の教育スタンダードの特徴と日本の学習指導要領と比較について述べる。

カリフォルニア大学における科学に関する入学基準は、表1のとおり、「大学から認証された高等学校コースの履修」、「SAT教科テストの成績」、「AP（アドバンスプレースメント）またはIB（国際バカロレア）の試験の成績」、「カレッジコースの履修」の4つの基準があり、いずれかを満たしている必要がある¹²。

¹¹ Douglass, J. A. (2000). *The California Idea and American Higher Education: 1850 to the 1960 Master Plan*, Stanford University Press.

¹² <https://admission.universityofcalifornia.edu/admission-requirements/freshman-requirements/subject-requirement-a-g.html>.

表1 カリフォルニア大学における入学基準（科学）

大学から認証された 高等学校コースの履修	大学進学を目指す中等学校であるプレパトリー・スクールにおいて、生物学、化学、物理学といった3つの科目のうち2つ以上の基礎的知識を含む科学を2年間履修していることのほか、学際的もしくは地学の1年間のコースワークが必須となる。
SAT教科テストの成績	生物学が540点以上、 化学が530点以上、 物理学が530点以上
AP(アドバンスプレイスメント)またはIB(国際バカロレア)の試験の成績	AP試験で、生物学、化学、物理学(B、C、1または2)及び環境科学の2つ科目で3～5の成績が必要とされる。IBでは、生物学、化学、物理学の上級レベルの2つの科目で5～7の成績が必要とされる。
カレッジコースの履修	毎年、少なくとも30時間の実験室活動を含む物理学や生物学のような自然科学における少なくとも3学期分(4クォーター)のコースでC以上の成績が必要となる。

カリフォルニア州の科学教育の基本的な枠組みであり、カリフォルニア州のハイスクールの卒業資格要件を定めたカリフォルニアフレームワーク（2018）では、ハイスクール段階において、少なくとも科学に関するコースを修得することが求められているという。1つのコースの履修で求められている期間は、1年間もしくは2学期間であり、2つのコースには生物系科目と物理科学系科目が含まれていなければならない（California Department of Education, 2020）。内ノ倉（2018）によれば、一般的に、生物系科目は、生物学／生命科学であり、物理科学系科目は、日本の理科の科目としては、物理、化学、地球科学に相当する。この2科目の修得は、一定の履修期間と必修の内容領域を満たしていれば、複数の領域を組み合わせた統合科目でも問題ない。全米レベルで見た場合、ハイスクールの卒業資格要件としての科学の修得科目については、履修期間を明示している州とそうではない州があるものの、必修科目としては、生物学／生命科学が挙げられる傾向が見られるようである。カリフォルニア州のように2科目の修得を求めている州はむしろ少数であり、全米の4分の3の州では、科学3科目の修得を求めているのが現状である（内ノ倉 2018）。カリフォルニア大学における入学基準では、科学に関する科目のうち2科目以上の科目履修を求めているため、カリフォルニア州のハイスクールの卒業資格要件と合致するものである。

SAT（大学進学適性試験）は、カレッジボードが主催する標準テストである。SAT Reasoning Testは、英語の読解とライティングや数学からなり、それ自体には科学は含まれていない。科目テスト（SAT: Subject Tests）¹³として「物理」「化学」「生物」がある。この試験のうち「物理」の問題については、運動方程式を用いた計算問題などといった定量的問題はなく、物体の運動の状態を説明するなどといった定性的問題が多く、全体的に平易であるといわれている（鈴木・吉永・斉藤, 2020）。

¹³ 200点から800点のスケールで評価される。

現在、米国の多くの進学校では、Advanced Placement (AP) コースが開講されている。APとは、中等学校の生徒に大学レベルの授業を受ける機会を与え、試験の結果に基づいて、大学入学後に単位を認定し、あるいは上級コースの受講許可を与えようとするものである。この授業に対応したAPテストは全国一斉共通テストであり、そのスコアの信頼性は比較的に高いといわれている。例えば、物理では、AP Physics 1, AP Physics 2、およびより高度なAP Physics Cがある。AP Physics 1とAP Physics 2は代数ベースで、Physics Cは微積分を扱う。また、全米で統一的に実施されるAPテストの難易度は、日本の大学一般入試の問題に比べると平易であるといわれている。

カリフォルニア大学によって認証された高等学校の科学コースの内容は、大学レベルの研究に必要な資質・能力を発達させる意図をもって設計されたものであり、米国研究協議会 (National Research Council) のフレームワークや次世代科学スタンダード (Next Generation Science Standards; 以後、NGSSと略記) によって特定された科学と工学の8つの実践である「科学的・工学的実践」(Science and Engineering Practice; SEPs) に関するものでもある (NGSS Lead States, 2013)。この実践とは、科学者が自然界に関する理論やモデルを構築する際に用いるものであり、工学者がシステムをデザインして構築する際に用いる資質・能力であるといわれている。

3 次世代科学スタンダード (カリフォルニア州版) における科学の取扱い

上述した科学の入学最低基準で示された「科学的・工学的実践」は、米国のNGSSにて明記されている。NGSSは、主に3つの次元によって構成されている (鈴木, 2014)。それらは、第1に、具体的な教科内容である「学問領域で核となる考え方」(Disciplinary Core Ideas; DCIs)、第2に、全ての科学領域を通して応用できる概念であり、児童・生徒が自然界を理解し、それぞれの領域や学年を超えて適用可能な概念である「領域横断概念 (Crosscutting Concepts; CCs)、そして、「科学的・工学的実践」である。「学問領域で核となる考え方」をこれまでのスタンダードと比べると、科学だけでなく工学的な内容を含む点に変更がみられる。具体的には、「物理科学」、「生命科学」、「宇宙地球科学」、「工学・技術・応用科学」の4つの内容領域によって構成され、K段階 (幼稚園) から第12学年の間で計120個のコア・アイデアを同定している。NGSSにて設定している8つの科学的・工学的実践は、以下の表2のとおりである。

表2 NGSSにおける8つの科学的・工学的実践

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ①発問する(科学)・問題を定義する(工学)。 ②モデルを生成・活用する。 ③探究活動を計画して実行する。 ④データを分析して解釈する。 ⑤数学を用いて、数学的に考える。 ⑥説明を構築する(科学)、解をデザインする(工学)。 ⑦証拠に基づきアーギュメントを行う。 ⑧情報を入手して、評価し、コミュニケーションする。 |
|---|

上述された科学的・工学的実践は、これまでの日本の理科教育で習得することが強調されてきた科学的探究スキルに類似していることが分かる。しかし、NGSSにおいてそれらが科学的探究スキルではなく、科学的・工学的実践とされたゆえんは、「科学的な探究活動のスキルだけでなく、それぞれの実践に固有の知識を必要とすること、及び、科学や工学が協働的な実践の中で行われていることを強調するためである」という。NGSS（カリフォルニア州版）によれば、カリフォルニア州のハイスクール（第9-12学年）段階の「学問領域で核となる考え方」の4つの学問領域において、「核となる考え方」を示している。例えば、物理学の「核となる考え方」は次の表3とおりでである。一方で、日本の理科教育の教育内容を規定している高等学校学習指導要領によると、日本では、内容構成の柱として、「エネルギー」と「粒子」の概念を位置づけ、表4と表5のとおり配列している（文部科学省, 2019）。

これらの内容を比較してみると、日本の理科の科目である物理で学習する力学や波動など同様の内容が取り上げられている。その一方で、NGSSでは、物理化学④「情報伝達のための技術における波動とその応用」において波動の内容とともに情報技術の内容を取り扱うなど日常生活の関連性などが明示されており、その内容構成が特徴的であるといえる。また、大学が入学希望者に求めるスキルやコアコンピテンシーといった大学入学基準が、カリフォルニア州の科学スタンダードと深く関連付けられて設定されていた。このことは、大学に入学する生徒が、大学での科学または科学関連の分野での研究を円滑に実施するための適切な接続を目的としているものと思われる。

表3 次世代科学スタンダードにおける物理学の「核となる考え方」

物理学① 物質とその相互作用 A：物質の構造と性質 B：化学反応 C：原子核反応
物理学② 運動の安定性：力の相互作用 A：力と運動 B：相互作用と種類 C：物理システムの安定性と不安定性
物理学③ エネルギー A：エネルギーの定義 B：エネルギーの保存とエネルギーの伝達 C：力とエネルギーの関係 D：化学的プロセスと日常生活におけるエネルギー
物理学④ 情報伝達のための技術における波動とその応用 A：波動の性質 B：電磁放射 C：情報技術と機器の使用

表4 日本の高等学校の「物理基礎」の内容構成（文部科学省、2019、p.16）

エネルギーの捉え方	エネルギーの変換と保存	エネルギー資源の有効利用
<ul style="list-style-type: none"> 運動の表し方 ・物質量の測定と扱い方 ・運動の表し方 ・直線運動の加速度 	<ul style="list-style-type: none"> 波 ・波の性質 ・音の振動 	
<ul style="list-style-type: none"> 様々な力とその働き ・様々な力 ・力のつり合い ・運動の法則 ・物体の落下運動 	<ul style="list-style-type: none"> 熱 ・熱の温度 ・熱の利用 	
<ul style="list-style-type: none"> 力学的エネルギー ・運動エネルギーと位置エネルギー ・力学的エネルギーの保存 	<ul style="list-style-type: none"> 電気 ・物質と電気抵抗 ・電気の利用 	
		<ul style="list-style-type: none"> エネルギーとその利用 ・エネルギーとその利用
		<ul style="list-style-type: none"> 物理学が拓く世界 ・物理学が拓く世界

表5 日本の高等学校の「化学基礎」の内容構成（文部科学省、2019、p.17）

<ul style="list-style-type: none"> 化学と物質 ・化学の特徴 ・単体と化合物 ・物質の分離・精製 ・熱運動と物質の三態 		
<ul style="list-style-type: none"> 物質の構成粒子 ・原子の構造 ・電子配列と周期表 	<ul style="list-style-type: none"> 物質と化学結合 ・イオンとイオン結合 ・分子と共有結合 ・金属と金属結合 	
<ul style="list-style-type: none"> 物質と化学反応式 ・物質 ・化学反応式 		
	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応 ・酸・塩基と中和 ・酸化と還元 	
<ul style="list-style-type: none"> 化学が拓く世界 ・化学が拓く世界 		

以上のように、カリフォルニア大学における科学の大学入学基準は、カリフォルニア州の初等・中等教育のカリキュラム・スタンダードとほぼ対応している。その内容構成にみ

られる特徴も含めて、大学の科学関連の教育・研究に連なっていることが考えられる。先述したように、米国では大学入学時に専攻分野を決定する必要はないが、ここまで検討した科学の学習内容はすべての入学者に求められていることになる。つまり、大学入学後にはどの分野を専攻することになるとしても、本節で述べた科学の学習内容を修得している必要があることになる。

4 カリフォルニア大学における数学の入学基準及び教育内容の概観

本節では、カリフォルニア大学における数学の入学基準、教育内容・スキル・コンピテンシーに関するガイドライン、米国における各州共通基礎スタンダードの特徴と日本の学習指導要領との比較について述べる。

(1) カリフォルニア大学における数学の入学基準

カリフォルニア大学における数学の基準は、科学と同様に4つの基準がある。それらは、①大学から認証された高等学校のコースの履修、②SAT教科テストの成績、③APまたはIBの試験の成績、④カレッジコースの履修である。①では、大学入学前の3年間で、初等代数学、高等代数学、平面・空間幾何学を履修する必要がある。②のSATの得点は、初等・高等代数学を2年間履修した上で、レベル1が570点以上、レベル2が480点以上である。③のAPの成績は、統計学については初等・高等代数学を履修した上でGPA 3～5¹⁴の成績が必要であり、微分積分学ABまたはBCについては、2年間の履修をした上でGPA 3～5の成績が必要である（幾何学は必要でない）。そして、IBの成績は2年間の履修をした上で、数学の上級レベルの科目で7点満点中の5～7の成績が必要である（幾何学は必要でない）。④では、初等代数学、幾何学、高等代数学、または三角法について、3学期分（4クォーター）のコースでC以上の成績が必要である。高校数学と大学数学をつなぐ初等代数学の授業（intermediate algebra）を含む少なくとも3学期分（4クォーター）のコースでは、2年間の履修をした上で、C以上の成績が必要である（幾何学は必要でない）。

(2) 通常コース及び優良コースの評価基準とガイダンス

数学のコースには、通常コースと優良コースの2種類が設定されている。すべてのコースにおいて、生徒たちは大学の初年次レベルの学習を行う準備をする必要がある。そして、内容を習得するのに必要な特定のスキルだけでなく、他の学問分野のコースワークに関与するために量的思考や分析を行う能力を身につける必要がある。

優良コースでは、通常コースよりもさらに難易度の高い学習が行われ、次の基準を満たす必要がある。

- ▶ すべての科目に共通した評価基準
- ▶ 必須の活動として、大学進学前の数学を3年間履修すること
- ▶ 数理解析（微分積分学の前学習）のレベル以上にあること（三角法、対数、指数関数の数学的発展を含む数理解析は、優良コースの単位として承認される）

¹⁴ GPAについては「別表」を参照のこと。

- ▶ 数学における優良コースでは、教育と評価の深度がAPとIBの基準と同等である限りは、異なる教室で区別して計画される
- ▶ 微分積分学: 大学進学前の数学を4年間履修する必要があり、微分積分学のAPのコースと十分に同等である場合には、優良レベルのコースとしての資格を与える
- ▶ 統計学: 数学を3年間履修する必要があり、統計学のAPのコースと十分に同等である場合には、優良のコースの単位として承認する

(3) コースの教育内容に関するガイドライン

すべてのコースの教育内容は、数学における各州共通基礎スタンダード (Common Core Standards for Mathematical Practice) に基づいている (スタンダードの詳細については5.で述べる)。

コースは、代数学1・幾何学・代数学2という従来の一連の科目、あるいはそれらのトピックを一体的に取り扱う他の配列を扱う。さらに、総合的なコース、代数学、幾何学や他のコースの組み合わせもある。

数学の基礎必修科目を含む数学的概念を用いるコースでは、第11、12学年 (日本の高校2、3年生に相当) が適格者となる。このようなコースでは、科学や専門職の技術教育と連結した応用数学を取り入れている。例えば、三角法や線形代数、微分積分学の前学習 (解析幾何学と数理解析)、微分積分学、離散数学、確率と統計、コンピューターサイエンスを含むがこれらに限定されるものではない。

(4) スキルに関するガイドラインとコアコンピテンシー

コースでは、学生たちが次のスキルを身につけることを求めている。

- 1 幅広い現象を分析したり理解したりできるように数学的知識を応用すること
- 2 適用される概念と技術の背後にある目的の理解に基づいて、類似した問題を把握したり、粘り強く解決したり、結論を説明したりするために数学を使うこと
- 3 推論または構造のパターンを見つけて用いること、推測を行い検証すること、多様な表現 (例えば、記号、図、グラフ) とアプローチ (例えば、演繹、数学的帰納法、既知の結果と結びつける) を試みること
- 4 抽象化と一般化を行い、結論が正しいかどうか検証すること
- 5 身の回りの世界を理解するための数学的モデルを用いること

そして、身に付ける必要のあるコンピテンシーは次の通りである。

- 1 数学は単に定義やアルゴリズム、定理を覚えたり適用したりするものではなく、首尾一貫としていて強固に組織された知識の体系であり、幅広い現象について考えたり理解したりする方法を与えるものであるという見方
- 2 類似した問題を把握したり解決したりするために数学を使うということに時間をかけ、考える態度

- 3 数学は現実をモデル化したものであり、身の回りの世界を理解するために数学的モデルを用いる能力を身につける必要があるという見方
- 4 簡潔と明瞭、思考の節約、一般性、客観性といった、数学特有の目標についての認識
- 5 公式や計算アルゴリズムの操作、それらのモチベーションとデザインの理解、おおよその結果の予測、そしてそれらの計算に関する信頼と流暢さー必要に応じて、頭の中で行ったり、紙やテクノロジーを用いたりする

5 数学における各州共通基礎スタンダード

各州共通基礎スタンダード（Common Core State Standards、以下CCSS）とは、州知事連合（National Governors Association Center for Best Practices）および州教育協議会（Council of Chief State School Officers）によって提案され、2010年に発表された米国における統一カリキュラムである。1989年と2000年に提案されたスタンダードでは全米数学教師協議会（NCTM）が主導したのに対し、CCSSでは連邦政府が積極的に介入し、トップダウン的に作成された。CCSSにはEnglish Language ArtsとMathematicsがある。以下では、高橋（2012）、渡辺（2012）、大塚ら（2014）を参照し、数学における各州共通基礎スタンダード（Common Core State Standards for Mathematics、以下CCSSM）に焦点を当て、その概要を紹介する。

CCSSMでは、小・中学校のスタンダードと高等学校のスタンダードでは、内容の構成に違いがある。小・中学校のスタンダードでは、学年ごとに学習内容を領域で整理している。小学校算数（第1～5学年）では、「数えることと基数」、「操作と代数的思考」、「10進法に基づく数と操作」、「分数とその計算」、「測定とデータ」、「図形」の6つの領域で構成されており、中学校数学（Middle School:第6～8学年）では、「割合と比例」、「数体系」、「式と方程式」、「図形」、「統計と確率」の5つの領域で構成されている。

一方、高等学校数学（High School:第9～12学年）では、学年ごとではなく、表6で示した6つの関連した概念カテゴリーというグループごとに示されている。ただし、モデリングのカテゴリーは、他のカテゴリーの内容と関連して取り扱われるべきものであるという考えから、特定の内容は記載されていない。

表6 CCSSMにおける高等学校数学の概念カテゴリーと内容（渡辺、p. 34）

数と量	代数	関数	図形	統計と確率	
<ul style="list-style-type: none"> ・実数 ・量 ・複素数 ・ベクトルと行列 	<ul style="list-style-type: none"> ・式の構成を知ること ・多項式と有理式の計算 ・方程式を作ること ・方程式・不等式を使って考えること 	<ul style="list-style-type: none"> ・関数を解釈すること ・関数を作ること ・一次、二次、指数モデル ・三角関数 	<ul style="list-style-type: none"> ・合同 ・相似、直角三角形と三角比 ・円 ・図形の性質を式を使って表すこと ・図形の測定と次元 ・図形を使ってのモデリング 	<ul style="list-style-type: none"> ・量的データと分類データ(頻度)を解釈すること ・推測することと結論を説明すること ・条件の確率と確率の法則 ・確率を使って結論を導くこと 	モデリング

上記の各学年に配分された内容の目標 (Standards for Mathematical Content) とは別に、各学年の発達段階に応じてあらゆる場面で追及していくべき算数・数学で身につけさせたい事柄 (Standards for Mathematical Practice) が整理されている (表7)。これらは、小学校、中学校、高等学校の各学年を通して長い時間をかけて育まれる能力である。

表7 Mathematical Practice

1. 問題の意味が分かり、それらを解く中で目的を貫く
2. 抽象的に、量的に推論する
3. 生き残りうるような理屈を構成し、他者の推論を批評する
4. 数学をつかってモデル化する
5. 戦略的に適切なツールを使う
6. 正確さを求め続ける
7. 構造を探求し、それを活用する
8. 推論を積み重ねる中で、規則性を求めてそれを表現する

6 日本の高等学校数学科の内容とカリフォルニア州における数学の内容との比較

日本では、平成30年に高等学校学習指導要領が改訂された。新学習指導要領では、平成29年に改訂された小学校・中学校とともに、子どもたちが未来社会を切り拓くための資質・能力をより一層確実に育成することを目指している。資質・能力とは「①知識及び技能」、「②思考力、判断力、表現力等」、「③学びに向かう力、人間性等」の3つの柱で整理されるものであり、高等学校数学科では「数学的に考える資質・能力」として、教科の目標で表8のように示されている (文部科学省、2019)。

表8 高等学校数学の目標 (文部科学省、2019、p. 32)

数学的な見方・考え方を働かせ、数学的活動を通して、数学的に考える資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 数学における基本的な概念や原理・法則を体系的に理解するとともに、事象を数学化したり、数学的に解釈したり、数学的に表現・処理したりする技能を身に付けるようにする。
- (2) 数学を活用して事象を論理的に考察する力、事象の本質や他の事象との関係を認識し統合的・発展的に考察する力、数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力を養う。
- (3) 数学のよさを認識し積極的に数学を活用しようとする態度、粘り強く考え数学的論拠に基づいて判断しようとする態度、問題解決の過程を振り返って考察を深めたり、評価・改善したりしようとする態度や創造性の基礎を養う。

なお、数学的活動とは、事象を数理的に捉え、数学の問題を見だし、問題を自立的、協働的に解決する過程を遂行することである。詳述すると、大きく分けて二つの過程がある。第一は、日常生活や社会の事象などを数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決し、解決過程を振り返り得られた結果の意味を考察する過程である。第二は、数学の事象から問題を見だし、数学的な推論などによって問題を解決し、解決の過程や結果を振り返って統合的・発展的、体系的に考察する過程である。これらの過程は、図1のようなイメージ図で表される。

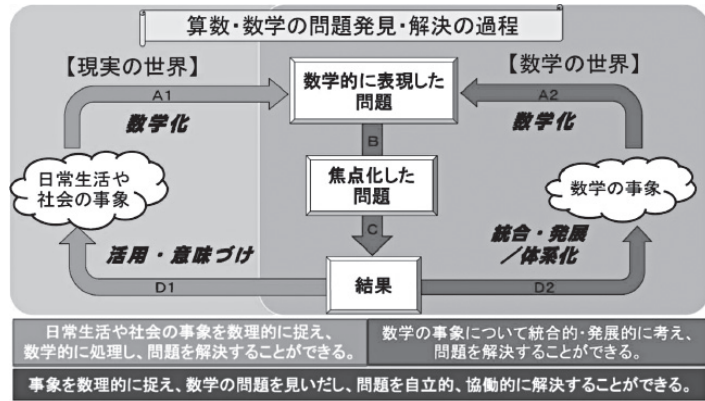


図1 算数・数学の学習過程のイメージ (文部科学省、2019、p. 26)

そして、高等学校数学科は「数学Ⅰ」、「数学Ⅱ」、「数学Ⅲ」、「数学A」、「数学B」、「数学C」の6科目で編成されており、各科目の内容は表9の通りである (文部科学省、2019)。なお、必修科目は「数学Ⅰ」のみであり、他の科目は生徒たちの進路や興味・関心等にに応じて履修される。

表9 高等学校数学科の各科目の内容 (文部科学省、2019)

数学Ⅰ	数学Ⅱ	数学Ⅲ	数学A	数学B	数学C
(1)数と式 ・数と集合 ・式 (2)図形と計量 ・三角比 ・図形の計量 (3)二次関数 ・二次関数とそのグラフ ・二次関数の値の変化 (4)データの分析 ・データの散らばり ・データの相関 ・仮説検定の考え方 [課題学習]	(1)いろいろな式 ・式 ・等式と不等式の証明 ・高次方程式など (2)図形と方程式 ・直線と円 ・軌跡と領域 (3)指数関数・対数関数 ・指数関数 ・対数関数 (4)三角関数 ・角の拡張 ・三角関数 ・三角関数の加法定理 (5)微分・積分の考え ・微分の考え ・積分の考え [課題学習]	(1)極限 ・数列の極限 ・関数とその極限 (2)微分法 ・導関数 ・導関数の応用 (3)積分法 ・不定積分 ・定積分 ・積分の応用 [課題学習]	(1)図形の性質 ・平面図形 ・空間図形 (2)場合の数と確率 ・場合の数 ・確率 (3)数学と人間の活動 ・数量や図形と人間の活動 ・遊びの中の数学 [課題学習]	(1)数列 ・数列とその和 ・漸化式と数学的帰納法 (2)統計的な推測 ・確率分布 ・正規分布 ・統計的な推測 (3)数学と社会生活 ・数理的な問題解決 [課題学習]	(1)ベクトル ・平面上のベクトル ・空間座標とベクトル (2)平面上の曲線と複素数平面 ・平面上の曲線 ・複素数平面 (3)数学的な表現の工夫 ・数学的な表現の意義やよさ [課題学習]

ここまで述べてきたカリフォルニア大学への入学に関連した数学の内容や身に付けるべきスキル、コンピテンシー等を日本のものと比較すると、両者には大きな差はないことが分かる。日本の学習指導要領では、スキルやコンピテンシーはリスト化されていないものの、教科目標で示された資質・能力や、数学的活動の説明で現れているように、数学において必要とされる特有のスキル等を生徒たちが身に付けることを意図していることが分かる。

両者で異なるのは、日本の高等学校数学科の「数学A」で設定されている「数学と人間の活動」である。この内容には、「数学史的な話題、数理的なゲームやパズルなどを通して、数学と文化との関わりについての理解を深めること」が含まれている。江戸時代に吉田光由が著した「塵劫記」にある問題を扱ったり、数理的なゲームやパズルである「三目並べ」や「ハノイの塔」の必勝法を考えたりすることを通して、統合的・発展的に考察する力や、事象を論理的に考察する力を身に付けるとともに、数学と文化や人間の活動との関わりについて理解を深めるのである。このように、数学を文化の側面から捉え、学習内容に位置付けているのは日本の特徴であると考えられる。

以上の検討から、カリフォルニア大学が示す数学の大学入学基準は、カリフォルニア州の初等中等教育のカリキュラム・スタンダードとほぼ接続しており、大学初年時での学習準備として位置づけられていると考えられた。また、日米間の数学カリキュラムの比較からは、日本の特徴も浮かび上がった。ただ、これらは紙面の文言から読み取れるものであり、両者で実際にどのような指導が行われているかは明確でない。そのため、実際にカリフォルニア大学の関係者にインタビューを行い、データを収集することが求められる。

7 米国における女子と若い女性のSTEM促進プログラム

前節まで、大学でのSTEM分野専攻に影響を与えられと考えられる科学と数学について、大学入学時に要求される水準や、高校までの学習内容に注目して論じてきた。しかし、米国では学校以外にもSTEM分野の知識やスキルを体験する機会が多くあり、しかも中には大学進学と関わっているプログラムもある。ここでは、それらの中から女子等のSTEM分野の進路選択を促進するプログラムに着目する。

まず、これらのプログラムの全体的な特徴として、次の3点を挙げるができる。第一に、それらのプログラムは以前よりも女子に良いサービスを提供するよう努めている。次に、STEMに対する女性の関心を高めようとしている。そして最後に、STEMに対する女子の自信を高めようとしている。具体的には、若い女性の参加と関与が最大限になるように、さまざまなイベント、キャンプ、ハンズオンワークショップが設計され、地方、州、および国家レベルで実施されている。本稿では、これらのSTEMアウトリーチプログラムの中から2つの成功例を紹介する。一つ目はポッセ財団¹⁵のプログラムで、二つ目はGirls Who Code¹⁶のプログラムである。いずれの場合も、とくに高校生レベルの女子にどのように有益かに着目していく。

¹⁵ Posse Foundation. <https://www.possefoundation.org/>

¹⁶ Girls Who Code. <https://girlswhocode.com/>

(1) ポッセ財団

ポッセ財団は1989年に設立された非営利団体で、ハーバード大学で教育の博士号を取得した後、ニューヨーク市の公立学校システムのカウンセラーとしても働いた経験を持つデボラ・ピアルによって創設された。ポッセは、伝統的な大学入学者選考プロセスでは見落とされる可能性がある都市部の有能な公立高校生を支援することを目的としている。現在、アトランタ、ベイエリア、ボストン、シカゴ、ヒューストン、ロサンゼルス、マイアミ、ニューオーリンズ、ニューヨーク、ワシントンD.C.の10都市にオフィスを構えており、各都市にポッセの奨学生を受け入れる大学が複数ある。

同財団は、大学生や退役軍人を対象とするプログラムも実施しているが、ここでは高校生を対象とするプログラムを紹介し、とくにSTEM分野専攻を希望する生徒を対象とするプログラムについては詳述する。

① ポッセ奨学生プログラム

まず、ポッセ奨学生事業について述べる。この事業は、財団の「明日のリーダーを訓練する」という使命に基づき、第11、12学年を対象に、多様なバックグラウンドをもつ生徒や、低参画率のグループから積極的に募集している。生徒が審査プロセスを経て「ポッセ奨学生」になると、パートナー機関（大学）での授業料をカバーする4年間の奨学金が支給される。ポッセの目標は以下の通りである。

- ・トップカレッジや大学が多様なバックグラウンドを持つ優秀な若いリーダーを募集できるプールを拡大する。
- ・これらの教育機関があらゆる背景をもつ人々を、より受け入れやすくするようインタラクティブなキャンパス環境の構築を支援する。
- ・ポッセ奨学生が学業に専念し卒業できるようにし、労働市場においてリーダー的地位に就けるようにする。

② ポッセSTEMプログラム

次に、ポッセSTEM事業について述べる。このプログラムは、STEMを専攻する低参画率グループの学生数を増やすことに焦点を当てている。プログラムは2008年にボストン郊外のブランダイス大学で始まり、現在、ボストン、シカゴ、ヒューストン、ロサンゼルス、マイアミ、ニューヨークの6つの主要都市から、11の機関¹⁷への学生募集が行われている。カリフォルニアでは、ロサンゼルスとベイエリアで募集され、州内外で提携している大学のいずれかで学ぶ。これらすべての生徒は都市部の公立高校から、学校またはコミュニティベースの組織からの推薦を経て選考される。

具体的にポッセSTEMプログラムをみていこう。プログラムには、①募集と選考（採用）、②プレカレッジトレーニング、③キャンパスプログラム、④キャリアプログラム、⑤ポッセ・アクセスの5つの主要な要素がある。

それぞれについて、簡単に説明する。①採用段階では、提携機関の管理者とポッセのスタッフが候補となる高校生を評価する。面接を含む一連の審査プロセスの後、教育機関毎

¹⁷ ブランダイス大学、プリンマー大学、デビッドソン大学、フランクリン&マーシャル大学、ミドルベリー大学、ポモナ大学、スミス大学、ミシガン大学、ウィスコンシン大学マディソン校、ウェルズリー大学、テキサスA&M大学

に10人の生徒が選ばれる。彼／彼女らは「ポッセ奨学生」と呼ばれる。②奨学生は8か月の大学進学前トレーニングセッションに参加する。毎週のワークショップは、学術的な成功だけでなく、入学が見込まれる教育機関において学生リーダーとして活躍することも企図されている。③キャンパスプログラムの一環として、ポッセのスタッフが提携機関を年に数回訪問し、奨学生の様子を把握している。さらに、オンサイトで毎週メンターと会う機会が提供される。④キャリアプログラムとしては、学生の就職支援が行われている。多くのインターンシップやその他のサポートが提供される。⑤ポッセ・アクセスとは教育機関向けに設計されたオンライン・データベースで、提携機関がポッセ奨学生にノミネートされたが選ばれなかった生徒の情報にアクセスできる。

ポッセ STEMプログラムは少数の学生しか採用しないが、2018年のレポートでは、2008年から2017年までの10年間の成功が強調されている。594人の学生の多くは、賞、フェロシップ、および助成金（全米科学財団からのものを含む）を得ており、90%以上のポッセ奨学生が所属機関を卒業した。印象的なのは、ほとんどが大学第一世代（大学に通った家族をもたない）学生であるなど、過少代表グループの出身であることだ。一部の学生はSTEM以外の専攻に変更したが、約80%がSTEMの学士を取得して卒業し、44名は大学院で研究を続けた。

ところで、このプログラムは女性に限定したものではないが、奨学生の60%以上が女性であった。また、STEMパートナー機関の30%近くを女子大学が占めている。こうした数値を先にみた全学士取得者に占める女性割合やSTEM分野における同割合と比較すると、この事業で支援を受けた奨学生たちが良好な結果をおさめているといえる。したがって、ポッセ財団のSTEM事業は女性のSTEM分野の専攻を促進していると考えられる。

以上を踏まえ、ポッセ STEMプログラムの成功要因として考えられる点をあげておきたい。まず、選考プロセスでは、面接担当者はリーダーシップの可能性のある学生を採用しようとしている。奨学生に対してただ卒業するだけでなく、リーダーシップや他の人にも刺激を与える態度を求めている。米国では、入学から6年以内に学士号を取得（および同等資格の取得）する割合が6割程度であるため¹⁸、優秀な学生モデルとなることを期待していると考えられる。第2に、8か月のトレーニングプログラムの効果が高いことが挙げられる。これにより、奨学生は大学教育を受けるための厳格な学習準備ができ、入学後に深刻な問題を抱えることが少なくなると考えられる。そして最後に、様々なサポートシステムが大きな役割を果たしている。奨学生同士が支え合うだけでなく、同じ大学にいる他の期のポッセ奨学生集団による励ましが受けられる。

以上のように、ポッセ奨学生は、大学入学前の準備、入学後の学習継続や学生生活の支援等に対する組織的後ろ盾を得ることができる。大学に関する諸資源に恵まれない過少代表グループ出身の学生は、こうした切れ目のない手厚い支援によって大学へ入学し、STEM分野を専攻していくことができる。他方、大学にとってもメリットがある。過少代表出身、かつSTEM専攻に意欲的な学生の募集や支援を外部化できるからである。ポッセ

¹⁸ https://www.nasfaa.org/news-item/11388/ED_Reports_Examine_Graduation_Rates_Financial_Aid_and_For-Profit_Enrollment_Trends

財団は教育機関ではないが、その活動は高校と大学を接続する機能をもつものとなっていた。

(2) Girls Who Code (GWC)

ここでは、2012年にレシュマ・サウジャニによって開始された非営利団体 Girls Who Code (GWC) についてみていく。設立者は法律や公共政策を学んだインド系アメリカ人女性で、弁護士、政治家、社会活動家等として活躍し、コンピューターサイエンス分野の女性数を増やすために必要な経験を女子に与えることを目的としてGWCを設立した。GWCは米国を拠点としているが、カナダ、英国、インドにも拠点をもち、①クラブ、②カレッジグループ、③サマーイマージョンの3つの主要プログラムを無料で提供している。以下で、各プログラムについて詳述する。

① クラブ

第3学年から5学年、または第6学年から12学年のいずれかを対象として設定されているプログラムで、週末、放課後、夏休みに実施される。参加者は、自分を将来のコンピューターサイエンティストと見なすように促す「シスターフッド」(女性同士の連帯)の一部となり、仲間やロールモデルと協力し合う。内容は、プログラミング言語の基本のコーディングと学習に重点が置かれ、生徒には、コンピューターサイエンスにおける実際の地域課題に関するプロジェクトが与えられる。彼女らはチームの一員としてプロジェクトを完了する。カリフォルニア州には400以上のクラブがある。

② カレッジグループ

カレッジグループとは、キャンパスでコミュニティを構築して、選択した専攻分野でお互いをサポートする仕組みのことで、通常の学期中、週に1回開催される。参加者は18歳以上、かつ、大学で勉強している者である必要がある。グループのメンバーは、専門家や企業の代表者と対話して、将来の雇用機会のためのネットワークを構築できる。このプログラムはまた、リーダーシップスキルを育成し、若い女性が大学のことに積極的に参加できるようにするためにも機能している。

③ サマーイマージョン

サマーイマージョンは、第11、12学年の女子生徒を対象とした7週間のコンピューターサイエンスプログラムで、コーディングの基本や、ロボット工学、ビデオゲーム、アート、ストーリーテリングについて、実践的なプロジェクトを通じて学ぶことができる。このプログラムは、ニューヨーク、ロサンゼルス、シカゴ、ワシントンD.Cなどの多くの主要都市で提供されている。参加者には、使用するコンピューターが与えられ、一部の学生は、旅費に相当する奨学金を受けられる。イマージョンに参加するために事前の経験は必要ないが、エントリーは競争的なものとなっているという。カリフォルニア州では、ロサンゼルスとサンフランシスコのバイエリア周辺で13のサマーイマージョンプログラムが実施されている。

近年、マサチューセッツ州のウスター工科大学(WPI)が、Girls Who Codeの修了者を対象とした奨学金プログラムを開始したことが話題となった。同大学で女子がコンピューターサイエンスを学ぶことを支援するこのプログラムでは、2016年以降、年間5名に計10万ドルの奨学金が用意されている。

このように、GWCは、コンピューターサイエンス分野において女性を増やすという使命を成し遂げているように見える。このプログラムで卒業した女子の90%がコンピューターサイエンスの専攻や副専攻に進んだ。ビジネス誌「ファスト・カンパニー」によれば、コンピューターサイエンスや関連分野に従事するGWCの参加者は、全米平均の15倍であった。成功要因として、若いころから始め、仲間やロールモデル、メンターとのネットワーク支援や、失敗から学ぶことを教えていることなどが考えられる。創設者でCEOであるレシユマ・サウジャニの著書“Brave, Not Perfect”における考えが、GWCの学習者にも浸透しているのかもしれない。

GWCは前述したポッセ財団以上に女子にフォーカスしているが、ポッセのプログラムのように直接大学への接続機能を果たしてはいない。しかし、高校や大学に在学中の女子のコンピューター学習を人的ネットワークの構築によって支援している点に共通性がみられる。ここに、女子のSTEM分野への進路選択拡大のプログラムが、STEMの学習機会だけでなく、同年代や先輩、また企業や専門家等とのネットワークを築き、そのコミュニケーションを通してSTEMへの意欲や学習継続する仕掛けを重要視していることがうかがわれる。そして、プログラムを通して得た技能や知識をただ個人の利益とするのではなく、社会に還元できるリーダーの役割を担うような支援を行うことで、好循環を生み出すことが狙われていると考えられる。

以上、米国における女子のSTEM分野への進路選択を促進するプログラムの成功例を見てきた。それぞれのプログラムに特徴があったが、いずれも女性が創設した非営利団体であり、しかも彼女らはSTEM関連職ではない点が共通していた。2例では推測の域を出ないが、米国では、STEM分野における女子・女性等の過少代表は、STEM分野の内部問題ではなく、社会的問題として認識されていると思われる。こうした認識は、新たな支援事業や支援団体の興隆や、現在の事業の継続性そのものを支える基盤となるであろう。

8 まとめにかえて

本稿では、女子の理系進路選択拡大に向けたSTEM分野の新たな高大接続モデルを探るため、多元的競争／資格試験型の高大接続モデルである米国に着目して検討してきた。とくにカリフォルニア州にフォーカスして、初等中等教育の理科や算数・数学と大学入学基準とのカリキュラム上の接続の現状を分析するとともに、女子のSTEM分野への進路選択支援プログラムについて2つの成功例をみてきた。その結果、得られた主な知見は下記の通りである。

第一に、カリフォルニア大学の入学基準で求められている理数系科目の知識内容にかかる要件を検討したところ、アドミッションにおいてACTは用いられておらず、SATのみが用いられていることがわかった。第二に、大学入学基準とカリフォルニア州の初等中等教育の理科や算数・数学のカリキュラムについて、日本との比較も行いながら検討したところ、両者には共通点も多いものの、カリフォルニアの科学の方が定性的問題が多いことや、日本の数学の方が文化的な側面から捉える傾向があること等、それぞれの特徴が見出せた。第三に、入手できた情報に基づいて分析する限り、大学入学基準として示される科学や数学の内容と州の教育のスタンダードに示された内容は、接続しているようであった。

第四に、非営利団体等による女子のSTEM分野の選択支援プログラムの中には、大学と提携するなどして実質的に高大接続機能を果たしているものがあつた。そして第五に、成功しているプログラムは、学校外で女子に科学的体験を提供するだけでなく、大学進学への経済的支援をともない、また大学入学準備や入学後の学習継続等を人的ネットワークの構築によって長期的、重層的に実施していることが明らかになった。

以上のような知見が得られた一方、WEB調査の限界もみえた。カリフォルニア大学のアドミッションの特徴の概略は把握できたが、今回の情報からは、それらの要件設定の有効性を十分に検証することができない。例えば、得られた知見の第二と第三の関係など、高大間の教育内容の接続の具体像を捉えることに限界があつた。第1節で述べたように、STEM科目の教え方(おそらくカリキュラムや教材開発や指導方法を含む)は女子がSTEM分野に引き付けられるか否かに影響すると考えられるため、この点はさらに掘り下げる必要がある。また、州のスタンダードとして示された内容が、高校の卒業要件とどの程度合致しているのか、高校卒業要件と大学入学基準の間に乖離はないのか、等についてもさらなる情報が必要である。さらに、高校や大学の外部組織を経由した高大接続という新たな発見はあつたものの、それが当事者である女子学生や大学側にどう受容されているのかを知ることはできなかった。

これらの点を重視して、カリフォルニアにおける高大接続のあり方が、女子の理系進路選択とどのように関連しているのか、現地での実態調査を実施することによって明らかにしていきたい。

※本稿の執筆分担箇所は次の通りである。河野(1節、8節)、鈴木(2、3節)、平林(4、5、6節)、ミラー(7節)

※本研究はJSPS科研費19H01730の助成を受けている。

別表

- ・義務教育6～18歳(退学、早期卒業、ホームスクーリング等あり)は無料。
- ・学区の裁量は大きい(5-3-4制/6-2-4制/6-6制の選択、始業終業や休日、学期、授業内容や進度、教科書の選定等)。
- ・高校に学級や担任、HRはなく、入試もない。
- ・進路指導は専門のカウンセラーが行う。
- ・公立生徒の43%は英語学習者で(英語が母語でない)、16歳から運転免許取得。
- ・選択科目が多く、Honors, Advance Placement Course などがあり、AP test = 結果により大学の単位として認定される。
- ・高校卒業要件(必修科目&合計単位数)も学区ごとに異なるが、一般に大学入学要件の方が厳しい。
- ・州の評価基準がある。

・大学進学には、Academic GPA が必要（1～4）。Honors, AP, IB は1点加点されるため、GPA 5 がありえる。
 （以上、カリフォルニア州教育省HPおよび『カリフォルニア子女教育ハンドブック』より抜粋。）

引用・参考文献

- California Department of Education (2020) Science Graduation Requirement.
<https://www.cde.ca.gov/ci/gc/hs/hsgscience.asp> (2020.08.31最終確認)
- CHARTING A COURSE FOR SUCCESS: AMERICA'S STRATEGY FOR STEM EDUCATION
<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf> (2020.08.31最終確認)
- Common Core State Standards Initiative (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*,
http://www.corestandards.org/assets/CCSSI_Math%20Standards.pdf (2020.08.31最終確認)
- Duru-Bellat, Marie (1990) . L'ecole des Filles; Quelle formation pour quels roles sociaux?. = 1993, 中野知律訳『娘の学校—性差の社会的再生産』,藤原書店.
- Girls Who Code.. Home. Retrieved September 02, 2020, from <https://girlswhocode.com/>
- Kawano Ginko (2007) . 'Choice and Confusion' of Japanese Female Students: Focus on Choosing The Humanities or Sciences at High School, 女性科学者の会・学術誌, 7(1) 36-42.
- 南カリフォルニア日系企業協会 (2018) . 『カリフォルニア子女教育ハンドブック』
- 文部科学省 (2019) . 『高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説 理科編理数編』, 実教出版, pp.16-17.
- 文部科学省 (2019) . 『高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説 数学編 理数編』, 東京: 学校図書株式会社.
- 内閣府委託調査 (2016) . 『理工系分野における女性活躍の推進を目的とした関係国の社会制度・人材育成等に関する比較・分析調査報告書』, 未来工学研究所.
- NGSS Lead States (2013) . Next Generation Science Standards, The National Academies Press.
- NSF INCLUDES special reports to the Nation II.
<https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20099/nsf20099.pdf> (2020.08.31最終確認)
- OECD ed. (2014) . Closing the Gender Gap: Act Now. = 2014, 濱田久美子訳『OECDジェンダー白書 今こそ男女格差解消に向けた取り組みを!』, 明石書店.
- 大塚慎太郎・小泉友香・榎本哲士・平林真伊 (2014). 「算数・数学の評価に関する海外の研究・実践の動向: Common Core State Standardsに準拠した評価問題の分析」『調査研究シリーズ』, 第58号, pp. 70-82.

- Posse Foundation. Home. <https://www.possefoundation.org/> (2020.09.2最終確認)
- 鈴木久男・吉永契一郎・斉藤準 (2020) 「アメリカの物理教育と高大接続」, 『物理教育』, Vol.68, No.1, pp.46-49.
- 鈴木宏昭 (2014) . 「米国の次世代科学スタンダードにおける"Nature of Science"の内容構成:—科学的・工学的な実践及び領域横断的な概念との関連に着目して—」, 日本科学教育学会研究会研究報告, 29 (2), pp.53-56.
- 高橋昭彦 (2012). 「米国における統一カリキュラムへの模索: Common Core State Standards」, 『日本数学教育学会誌』, 第94巻, 第1号, pp. 19-22.
- 内ノ倉真吾 (2018) . 「アメリカ・カルフォルニア州における科学教育改革の展開—州科学スタンダードの開発・導入に着目して—」, 平成27年度～平成29年度 科学研究費補助金 (基盤研究 (B)) 「教科と内容構成新ビジョンの解明—米国・欧州・STEM・リテラシー教育との比較より」 (研究代表者 長洲南海男) 最終報告書, pp. 91-100.
- University of California. <https://hs-articulation.ucop.edu/guide/a-g-subject-requirements/c-mathematics/> (2020.08.31 最終確認)
- Wai-Ling Packard, B. (2016) . Successful STEM Mentoring Initiatives for Underrepresented Students: Research Based Guide for Faculty and Administrators. Stylus Publishing, LLC.
- 渡辺忠信 (2012). 「米国における統一カリキュラムへの模索: Common Core State Standards: 高校数学」, 『日本数学教育学会誌』, 第94巻, 第1号, pp. 31-34.
- Worcester Polytechnic Institute. (2016, May 14) . Girls Who Code Goes to College. [https://www.wpi.edu/news/commgwc#:~:text=Worcester%20Polytechnic%20Institute%20\(WPI\)%20is,their%20computer%20science%E2%80%93related%20studies.](https://www.wpi.edu/news/commgwc#:~:text=Worcester%20Polytechnic%20Institute%20(WPI)%20is,their%20computer%20science%E2%80%93related%20studies.) (2020.09.2最終確認)

Summary

An analysis of the current articulation between high schools and universities in STEM fields in the US: The case of the University of California

KAWANO Ginko¹⁾, SUZUKI Hiroaki²⁾,
HIRABAYASHI Mai³⁾ and MILLER Jerry⁴⁾

This research project focuses on the articulation between secondary education and universities to address the problem of low participation of girls in the STEM field. In this study, although the types of articulation between high schools and universities are classified into four types, this paper has selected the current situation in the United States, which falls under the category of “multidimensional competition/qualification test type.” However, since it is difficult to analyze the situation in the entire United States, where education administration and finance systems differ greatly from state to state, we focused on California, which has the most prominent characteristics of “multidimensional competition/qualification examination type.” The research method was a web survey.

First, it became clear that there are various policies and measures to increase the participation of girls in the STEM field. Next, we analyzed the current state of the admission standards of the University of California for science and mathematics and the state standards curriculum up to secondary education. Examination of the websites suggested an articulation between high school curricula and university admissions. Furthermore, we concluded that the promotion of women’s STEM participation programs conducted by nonprofit organizations not only increased girls’ scientific experience outside of school but also provided human networking support.

There were many difficult points to analyze in this web survey. In the future, a visit-based survey will delve into how California’s high school connections will (or will not) affect women’s career choices in the STEM field.

- 1) Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
- 2) Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
- 3) Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
- 4) Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University