

高等教育における逆向き設計を用いた講義の検討 —教養科目「統計学」の「正規分布」に関する講義を例に—

兵藤史武*¹ 須谷弥生*² 福井夕希子*³

要 約

「逆向き設計」とは新たなカリキュラム設計の方法であり、ウィギンズ, G. (Wiggins, G.) とマクタイ, J. (McTighe, J.) により提唱され、西岡加名恵により日本に紹介された。逆向き設計は、初等教育において取り入れられつつあるが、高等教育における実践はわずかである。そこで、本稿では、「逆向き設計」を用いて、高等教育における教養科目「統計学」の「正規分布」に関する講義を構想することを目的とする。正規分布は、統計学において基礎となる確率分布であり、日常生活では身長などの分布などに現れる。このため、学生の理解が容易になるよう、身長を題材としたパフォーマンス課題を中心に講義を構想した。

1. はじめに

「逆向き設計」とは、ウィギンズ, G. (Wiggins, G.) とマクタイ, J. (McTighe, J.) により提唱され、西岡加名恵により日本に紹介された、新たなカリキュラム設計の方法である^{†1)}。西岡¹⁾によると、「逆向き設計」論とは、「カリキュラム設計にあたって、教育目標、評価方法、学習経験と指導を三位一体のものとして設計することを提案するもの」(p.21)である。そして、「『逆向き』と呼ばれる所以は、単元末・学年末・卒業時といった、教育によって最終的にもたらされる成果(『結果』)から遡って教育を設計する点、また通常、指導が行われた後で考えられがちな評価方法を先に構想する点にある」(p.21)という。

「逆向き」という言葉からもわかるように、逆向き設計論の特徴は、伝統的に行われてきた通常の授業設計とは逆の手順でカリキュラムを設計することである。では、それは、具体的にどのようなものか。西岡¹⁾は、逆向き設計論の要点を4つの段階として以下のように説明する。第一段階、求められている結果(desired results)を明確にする(p.22)。第二段階、求められている結果が達成できているかどうかを確かめる上で「承認できる証拠(acceptable

evidence)」(教育評価)を決定する(p.22)。第三段階、求められている結果、承認できる証拠に対応できる学習経験(learning experiences)と指導(instruction)を計画する(p.22)。第四段階、単元設計(「ミクロな設計」と長期的な指導計画(「マクロな設計」)を往復させながら、カリキュラム全体の改善を図る(p.23)。

西岡¹⁾によると、第一段階では、「重点的に扱う目標として、単元を通して探究する『本質的な問い(essential questions)』と、対応して身につけさせたい『永続的理解(enduring understandings)』を明確にする」(p.22)。ウィギンズとマクタイ²⁾によると、本質的な問いとは、「どのような刺激的な問いが、探究、理解、学習の転移を促進するのか?」(p.27)。永続的理解とは「重大な概念とは何か?

それらについて、どのような特定の理解が求められているのか? どのような誤解が予想されるのか?」(p.27)、という問いにそれぞれ答えるものとして構成されるという。例えば、宮本³⁾により実践された小学校の算数科の「広さ(面積)を調べよう——面積をブロックの集まりとして見て量感を養う——」という単元では、本質的な問いが「図形の面積はどのように求めればよいか?」に設定されて

*1 川崎医療福祉大学 医療福祉マネジメント学部 医療情報学科

*2 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

*3 川崎医療福祉大学 医療福祉学部 医療福祉学科

(連絡先) 兵藤史武 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail: fumitake.hyodo@mw.kawasaki-m.ac.jp

おり、それに対応する永続的理解が、「面積はすべて1cm²の正方形がもととなっており、それが何列・何行（縦×横）集まってできたものかを考えることで求められる」（p.79）、と設定されている。また、金尾⁴⁾により実践された小学校の理科の「大地のつくりと変化」という単位では、本質的な問いが「この土地（地層）はどんなはたらきによって、どのように変化し、できたのか？ それはどのように確かめられるだろうか？」と設定され、それに対応する永続的理解が「土地は流れる水のはたらき（浸水、運搬、堆積）や火山活動、地震などによって長い年月をかけて変化し、できてきた。土地のでき方や変化は、地層の構成物、広がり方や重なり方を調べることでわかる」（p.85）といったように設定されている。このように、逆向き設計論では、単に「～ができるようになる」といった「知識・技能」のような目標に留まらず、そうした知識・技能を支える、抽象度が高く汎用性のある概念理解が重点目標として設定される。

第二段階では、第一段階を受けて評価方法を設定する。西岡¹⁾によると、特に、「『逆向き設計』論では、『本質的な問い』や『永続的理解』に対応させてパフォーマンス課題を用いることが提案されている」（p.22）という。例えば、先ほど挙げた宮本³⁾による小学校の算数科の事例では、本質的な問いと永続的理解に対して、「複合図形の面積を求める問題と答えをつくって友達と問題を出し合いましょう」（p.79）、というパフォーマンス課題が、金尾⁴⁾による小学校の理科の事例では、「博物館の学芸員の方から、『ボーリング試料から本田小学校の土地がどのようにしてできたのかを解き明かし、本田小学校のみんなに伝えてほしい』とメッセージをもらいました。本田ミニミュージアムとして展示物を作って発表しましょう」（p.85）、というパフォーマンス課題が設定されている。このように、評価に対応する目標が知識・技能に留まらないことから、一問一答式などのある程度決まった解答のあるテストではなく、パフォーマンス課題を用いたパフォーマンス評価のような、児童・生徒の思考過程、探究過程を可視化できる評価方法が提唱されていることも、逆向き設計論の特徴の一つである。

第三段階は、具体的な学習活動や指導に焦点を当てる段階である。西岡¹⁾によると、具体的には、「『WHERE TO』で略記される7点を重視することが提案されている」（p.23）という。「WHERE TO」とは、「単元がどこへ（Where）向かっているのかの見通しを与えること、すべての学習者を惹きつける（Hook）こと、学習者に課題に対応できる力を

身につけさせ用意させる（Equip）こと、修正する（Revise）機会や自己評価（self-Evaluate）する機会を与えること、学習者の多様性に対応できるよう調整する（Tailor）こと、全体を組織する（Organize）こと」（p.23）である。

最後の第四段階では、カリキュラム全体の改善が図られる。西岡¹⁾によると、これは、「単元設計（『ミクロな設計』）と長期的な指導計画（『マクロな設計』）を往還させながら、カリキュラム全体の改善を図る」（p.23）段階である。1つの授業や単元に集中すると、長期的な指導計画を忘れてしまいがちであるが、一貫性のある長期的な指導を行うためには、ミクロな設計とマクロな設計を往還させてカリキュラム全体の継続的な改善を行うことが必要となる。

ウィギンズとマクタイ²⁾が目指すのは、「どうすれば私たちは、より多くの生徒が学習するように求められていることを真に理解する可能性を——私たちの意図的設計によって（by design）——高めることができるのだろうか？」（p.4）という問いについて探究することである。

逆向き設計は、小・中学校のカリキュラム設計に取り入れられ始めているが^{5,6)}、高等教育で逆向き設計の考え方を取り入れた実践報告はわずかである。しかしながら、高等教育においても逆向き設計論が重要視する、抽象度が高く汎用性のある概念理解が求められることに変わりはない。

高等教育での実践例としては、李⁷⁾の報告がある。そこでは、幼稚園・保育園における教育・保育に関する科目「教育保育課程論」の、指導計画の作成に関する学習においてパフォーマンス課題を用いている。たとえば、指導計画に関するすべての要素を学修した後に、これらを総合運用することを求めるパフォーマンス課題として、「『子どもの姿』に基づいて一つの指導計画（月案）を作成し、それを黒板やホワイトボードに発表する」（p.212）ことを課している。このような実践の結果、学習内容に対する理解と定着への有効であり、知識や技術に対する応用力の養成を図るためのパフォーマンス課題の導入と開発が必要であると主張している。

筆者は医療福祉系の高等教育機関において、教養科目の1つである「統計学」を担当している。これまで、知識と技能の習得に重きをおいて講義を展開してきたが、逆向き設計を導入することで、応用力をも含んだ、より深い学びがもたらされると考えられる。また、医療福祉の領域では統計学が必要とされる分野が多いため、この科目に対する理解の質を向上させることは、将来専門分野を学ぶ学生のために重要であると考えられる。そこで、本稿では、高

等教育における教養科目「統計学」の重要項目である「正規分布」に関する講義を、逆向き設計を用いて構想することを目的とする。

2. 講義の概要

対象科目の「統計学」は教養科目に位置する科目であり、統計学に関する基礎事項を扱う。度数分布や平均値などの記述統計の基礎事項から始めて、推測統計である区間推定と仮説検定の基本的な考え方の理解を目標としている。履修者に統計学に関する基礎知識は仮定していない。数学の素養としては、四則演算と平方根の計算ができれば十分であり、微分積分の知識を必要とする数理統計には踏み込まない。

講義のテーマには、統計学において極めて重要な確率分布である正規分布を選んだ。正規分布は身長や誤差など、一般社会でデータを扱う際、様々な場面に現れる一方、学問的にも中心極限定理により統計学の根幹をなす概念として位置づけられる。この講義においても、後に学ぶt分布やカイ二乗分布などの他の主要な確率分布や、推測統計学を理解する上で大切であるため、正規分布に関する理解が本講義全体に対する理解度に大きく影響すると考えられる。この講義では、正規分布に関して、関数の具体的な表示や、解析的な性質には、比較的高度な内容となるためあえて触れず、実生活への応用を強調する。

これまでは、正規分布の基本性質と、正規分布の性質を用いた度数や相対度数の求め方について説明した後、それに基づいた問題演習を行う、という一般的な数学系の科目の講義形式をとっていた。これらで測れる学生の理解度は「知識・技能」のみにとどまる。3章では、より高次元の理解を目指して、逆向き設計を用いて講義を再設計する。

3. 逆向き設計を用いた講義の構想

講義の構想にあたっては、西岡らにより作成された「単元設計テンプレート」を参照した^{†2)}。単元設計テンプレート⁵⁾とは、逆向き設計論を踏まえて作成された、単元設計用のテンプレートであり、逆向き設計論の第一段階と第二段階が埋め込まれている点に特徴がある。このテンプレートを参考にしながら作成した、講義の目標、本質的な問い、永続的理解を含む講義の設計図が以下の図1である。本稿では、高等教育における1コマ分の講義を構想するため、「単元」の代わりに「題材」という用語を用いた。また、高等学校までの学習指導要領に記載されている教科の「見方・考え方」、評価の際に用いる3

つの観点別基準評価は講義の構想の手助けとなるため、そのまま使用した。

3.1 講義の流れ

講義は以下のように展開される。

3.1.1 パフォーマンス課題の提示

本講義全体を通して探究するパフォーマンス課題を提示する。提示するパフォーマンス課題は、以下である。「いろいろな国の身長のデータの分布がどのようなになっているか考えてみよう。180cmの人は日本では背が高いといわれるが、どれくらい高いのだろうか？また、他の国ではどうなのだろうか？考えてみよう。これらは、どのような情報があれば求めることができるのか、また、それはなぜなのかを説明しよう」。身長は、誰にとっても身近なトピックである。正規分布の中で、親しみやすい身長に関する課題を作ることにより、学生が取り組みやすいように工夫した。身長に関しては、実際に自分の身長について調べる方法もあるが、倫理的な観点を加味して、180cmという高さを指定して課題を作成した。

3.1.2 正規分布の説明

正規分布を発見したとされるガウスが正規分布を発見するに至ったエピソードを基に、正規分布の概要について説明する。続いて、正規分布のグラフを書き、正規分布の特徴を説明する。また、そのグラフの面積を計算して、面積からデータの相対度数を算出できることを説明する。

3.1.3 演習

まず、以下の図2に示す問題1-1(図2-問題1-1)に関して以下のように演習を行う。(i) 正規分布に非常に近いもの(データ1)、単峰対称型であるが正規分布ではないもの(データ2)、正規分布とは全くことなるもの(データ3)の3つのデータを提示する。学生は、3つのデータのヒストグラムとグラフをそれぞれ書く。その後、データ1, 2, 3それぞれのヒストグラムとグラフを重ね合わせて、得られた3つのグラフを比較する。(ii) 3つのグラフを比較して気づいたことを書き出す。その後、気づいたことを全体で共有する。教員は、学生の気づきを踏まえながら、データ1が正規分布であることを、正規分布の特徴に再度言及して説明する。問題1-1の段階では、正規分布と正規分布ではないデータを比較することにより、正規分布についての理解を深めることを目的とする。

次に、正規分布のグラフ下の面積の計算の方法を説明した後、図2に示す問題1-2(図2-問題1-2)に関して演習を行う。ここでは、求めた面積がデータの相対度数を近似していることを、データ1を例に確

1	題材名：正規分布		
	見方・考え方 データの分布を正規分布という数学の対象としてとらえ、データを数理的に処理できる。		
2	題材の目標 ・正規分布の特徴について理解し、世の中の多くのデータの分布に正規分布が現れることを知る。 ・グラフ下の面積がデータの割合を表していることを理解すると共に、その求め方に関しても理解する。 ・正規分布が数学の関数を用いて表現されていることを理解し、社会への数学の1つの応用事例として正規分布を捉える。		
	観点別評価基準		
	(主体的に学習に取り組む態度) 一見複雑に見えるデータが、単純なパラメーターによって近似できることの不思議さ・面白さに気づき、実際に様々なデータへの適用を試みている。	(思考・判断・表現) 正規分布に従うデータについて、実際のデータの詳細を知ることなく、平均値と標準偏差のみからデータの分布を理解し、考察できる。	(知識・技能) ・正規分布の特徴を述べることができ、それに従うデータの具体例を挙げることができる。 ・コンピューターを用いてグラフを描画できる。 ・正規分布に従うデータの度数や相対度数は、グラフ下の面積から求められること、その求め方を理解している。
	「本質的な問い」 正規分布とはどのような分布であるか？ また、正規分布であることから、データに関してどのような情報が得られるか？		【知識・スキル】 ・正規分布の形状の特徴 ・グラフの描画 ・正規分布に従うデータの具体例
	「永続的理解」 正規分布は単峰釣鐘型の分布であり、測定誤差や身長など、世の中の多くの分布に現れる。さらに、データ数が膨大であっても、正規分布である事がわかれば、分散と平均値という2つの指標のみから分布の様子を詳しく知ることが出来る。これは正規分布が数学の関数で表現できるためである。		・正規分布のグラフ下の面積の求め方 ・正規分布のグラフ下の面積から求めた値と実際のデータの相対度数との関係
3	【パフォーマンス課題】 「いろいろな国の身長データの分布がどのようにになっているか考えてみよう。180cmの人は日本では背が高いといわれるが、どれくらい高いのだろうか？ また、他の国ではどうなのだろうか？ 考えてみよう。これらは、どのような情報があれば求めることができるのか、また、それはなぜなのかを説明しよう。」		

図1 講義の設計図

かめる。これにより、データを実際に数えることなく、データの度数を求めることができることを実感できるようにする。また、正規分布のグラフ下の面

積の計算をすることで、データの相対度数を算出できることを押さえる。

次に、図2に示す問題2(図2-問題2)を出題する。

問題 1-1

データ 1, データ 2, データ 3 について, 以下の問いに答えなさい.

- (1) これらのデータの平均と分散を求めなさい.
- (2) これらのデータのヒストグラムを作成しなさい. また (1) で求めた値からそれぞれの正規分布を書きなさい. そして, 両者を重ねて比較しなさい.
- (3) 正規分布に該当するのはどのデータか, 理由とともに説明しなさい.

問題 1-2

問題 1-1 のデータ 1 は日本の成人男性の身長データである. 以下の問いに答えなさい.

- (1) データから 180cm 以上の相対度数を求めなさい.
- (2) 180cm 以上の部分に関して, 正規分布のグラフ下の面積を求め, (1)の値と比較しなさい.

問題 2

アルゼンチン, オランダ, スリランカの男性の身長(cm)の平均と標準偏差は次の通りである.

アルゼンチン	平均 175.5, 標準偏差 7.4,
オランダ	平均 183.8, 標準偏差 7.1,
スリランカ	平均 163.9, 標準偏差 6.9.

以下の問いに答えなさい.

- (1) 正規分布の特徴を述べなさい.
- (2) 各国の身長の分布のグラフを書きなさい.
- (3) (2)で書いたグラフにおいて 180cm 以上の人が属している部分を図示しなさい.
- (4) 各国において, 180cm の人は上位何パーセントに位置していると考えられるか, 答えなさい.
- (5)元データを用いずとも, 分布の位置を示せるのはなぜか, 説明しなさい.

図2 学生に提示する課題

学生はこれまでの説明と演習を踏まえて, 自力で課題に取り組む. この問題2は, パフォーマンス課題を具体的に提示した, 本講義における中心的な演習課題である. 講義後にこの演習課題の提出を求める

ことにより, 学生の理解度を測ることとする.

3.2 ルーブリック

課題に対応するように作成したルーブリックを表1に示した. 講義後に提出された課題をルーブリッ

表1 ルーブリック

レベル	記述語
5	4を満たしており、正規分布が数学の関数で表現できることを理解した上で、分散と平均値という二つの指標のみから分布の様子を推測することができる。
4	3を満たしており、正規分布の性質を利用してデータの相対度数を答えることができる。
3	2を満たしており、正規分布のグラフ下の面積を計算できる。
2	1を満たしており、さらに、平均身長と標準偏差からデータの分布を描くことができることを理解している。
1	正規分布の視覚的な特徴を理解している。

クに従って評価した上で、学生にフィードバックを行う。

4. 考察

これまで筆者が行ってきた講義で目指していたものは、図1の観点別評価基準における知識・技能の習得にとどまっていたといえる。逆向き設計に基づき、この講義における「永続的理解」・「本質的な問い」について考察した結果、知識や技能の水準を超えて、正規分布の便利さや、その背景にある数理について、学生に考え気づかせることにまで踏み込んだ講義を設計することができた。

それを実現するためには、教室で一方の講義をおこなうだけではなく、コンピューターを用いて学生が自ら図形を描画したり、グループで議論したりするようなアクティブラーニングを取り入れる必要があった。実際にグラフをコンピューターで描画することで、その直観的な性質や、2つのパラメータからグラフが決定されることを理解できる。また、そのような関数が身長などの身近なデータをよく近似していることを視覚的に実感した上で、正規分布のグラフ下の面積と、データの相対度数が適合していることを定量的に確かめることができる。これらを通して、統計学の知識を得るだけでなく、曲線のグラフ下の面積を求めることの意義や、一見複雑なデータが2つのパラメータを使った関数で近似されてしまうという数学の奥深さを体感することで、数理的な対象への好奇心が刺激される事が期待される。またグループワークを通して、これらのことを他人と共同で行うことで、コンピューターの操作に関する得手不得手が補われると共に、考えを共

有することで、理解や気づきが深まると考えられる。

今回構想した講義は、身長という身近な題材から始まり、正規分布という抽象的な概念の理解を目指している。李⁷⁾は「質の高い学生主体の活動を通して教育内容の定着を図っていくためには、教材は典型的・代表的・具体的な事例であることに加え、学生にとって身近なものにする必要がある」(p.215)と述べており、筆者の帰結と合致している。また、この講義を設計するにあたっては、身近な題材の選定やアクティブラーニングの導入などで、これまでの講義に比べて多くの試行錯誤が必要であった。李⁷⁾が続いて述べている通り、逆向き設計に基づく講義の設計には、教材の精選が必要となり、教材研究により多くの時間を費やす必要がある。

逆向き設計は考案されてからまだ日が浅いことに加え、高等教育では多岐にわたる専門的な内容を多数の受講者に教授することが多く、そのような場合、永続的理解について評価するような教材を作成することは困難であろう。本稿で構想した講義は、大人数の受講者がいても、ある程度対応できるように構成されているが、グループワークの後に、学生の気づきを踏まえながら講義を展開することは難しくなる。上記の理由と教材研究の困難さが、高等教育での逆向き設計の普及の遅れの要因の一つであると考えられる。

5. まとめ

統計学は現代の社会において極めて重要な学問である。統計学から得られた知見を利用することで、様々な事柄について、より客観的な判断を下すことができる。また、統計学は日常生活との結びつきを

持っているが故に、高等教育における統計学の講義は、データに対する批判的な見方(統計リテラシー)を育成するという観点でも重要である。統計を用いたものの見方は、データの提示のされ方、読解の方法に大きく左右される。日常的に統計が用いられるようになってきているからこそ、データを読むとはいかなることなのかについての理解を深めることができるよう、講義を展開できれば理想的であろう。この

ような水準には、知識・技能を養成することを目標とするだけでは到達することはできない。逆向き設計を用いることで、そのような講義に必要な要素を多く盛り込むことができた。

今後は、本稿で構想した講義案をもとに講義を行い、学生からのフィードバックを得ながら、継続的に講義の改善を行っていきたい。

注

- †1) ウィギンズとマクタイ²⁾によると、そこでのカリキュラムには、評価、具体的な指導の設計も含まれている (p.4).
†2) これらのシートは、京都大学大学院教育学研究科のホームページ⁸⁾からも入手できるようになっている。

文 献

- 1) 西岡加名恵：教科と総合学習のカリキュラム設計—パフォーマンス評価をどう生かすか—。図書文化、東京、2016。
- 2) G. ウィギンズ, J. マクタイ著, 西岡加名恵訳:理解をもたらすカリキュラム設計—「逆向き設計」の理論と方法—。日本標準、東京、2012。
- 3) 宮本真希子：算数科 広さ(面積)を調べよう—面積をブロックの集まりとして見て量感を養う [第4学年]—。奥村好美, 西岡加名恵編, 「逆向き設計」実践ガイドブック—『理解をもたらすカリキュラム設計』を読む・活かす・共有する—。日本標準、東京、78-83, 2020。
- 4) 金尾貴徳：理科 大地のつくりと変化—地域の自然から学び, 実感のともなった理解へ [第6学年]—。奥村好美, 西岡加名恵編, 「逆向き設計」実践ガイドブック—『理解をもたらすカリキュラム設計』を読む・活かす・共有する—。日本標準、東京、84-89, 2020。
- 5) 奥村好美, 西岡加名恵編:「逆向き設計」実践ガイドブック—『理解をもたらすカリキュラム設計』を読む・活かす・共有する—。日本標準、東京、2020。
- 6) 西岡加名恵編:「逆向き設計」で確かな学力を保障する。明治図書出版、東京、2008。
- 7) 李霞:高等教育の「講義」におけるアクティブラーニング導入の試み—「逆向き設計論」に基づくパフォーマンス評価の取り組み—。滋賀短期大学研究紀要, 45, 195-216, 2020。
- 8) 京都大学大学院教育学研究科 E.FORUM: 教員研修用ワークシート。 <https://e-forum.educ.kyoto-u.ac.jp/seika/worksheet>, [2020]。(2022.3.15 確認)

(2022年5月31日受理)

Examination of Lectures Using Backward Design in Higher Education: An Example of a Lecture on “Normal Distribution” in the Liberal Arts Course “Statistics”

Fumitake HYODO, Yayoi SUTANI and Yukiko FUKUI

(Accepted May 31, 2022)

Key words : Understanding by design, backward design, mathematics education, statistics, normal distribution

Abstract

“Backward Design” is a new method of curriculum design, proposed by G. Wiggins and J. McTighe, and introduced to Japan by K. Nishioka. Although Backward Design is being adopted in primary education, there is only little practice of it in higher education. Thus, the purpose of this paper is to conceptualize a lecture on “Normal Distribution” for the liberal arts course “Statistics” in higher education using Backward Design. A normal distribution is a fundamental probability distribution in statistics, and appears in everyday life, for example, in height. Therefore, in order to facilitate students’ understanding, the lecture is designed around a performance task on the subject of height.

Correspondence to : Fumitake HYODO

Department of Health Informatics
Faculty of Health and Welfare Services Administration
Kawasaki University of Medical Welfare
288 Matsushima, Kurashiki, 701-0193, Japan
E-mail : fumitake.hyodo@mw.kawasaki-m.ac.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.32, No.1, 2022 275 – 282)