

大学教員による SSH 指定校への出前授業の教育効果とその課題

—高校生に Fabricius-Bjerre の定理を発見させる授業の実践を事例として—

東京大学大学院・秋田大学 鈴木 翔
秋田大学 小林真人

【キーワード】大学教員, SSH 指定校, 出前授業, 教育効果, Fabricius-Bjerre の定理

1 問題の所在

本稿の目的は、大学教員が高校生を対象にして実施する出前授業にはどのような教育効果があるのかを出前授業の実践とそれに対する質問紙調査の分析から明らかにし、その検証を通して、大学の教育資源を活用した高大連携のあり方と実践的な課題を考察することである。

高大連携とは「高校と大学が、それぞれの教育資源を活用しつつ、連携協力して行う活動の総体」⁽¹⁾(勝野 2004)であり、1985年から1987年までの4次の臨時教育審議会の答申の理念に基づいて、その必要性が広く認識されるようになったとされてきた⁽²⁾⁽³⁾(勝野 2004, 田口 2013など)。もちろん、高大連携の形は多様であり、すべてを網羅して把握することは難しいが、今日の高大連携では、どちらかといえば、高校の教育資源を大学が活用する教育活動よりも、大学の教育資源を高校が活用する教育活動の方が一般的な取組であると考えられる。たとえば、文部科学省(2014)によれば、「大学教員による高等学校での学校紹介や講義等を実施している学校数」は2843校であり⁽⁴⁾、全国の高校数が4981校⁽⁵⁾であることを考慮すると、実に全国の過半数以上の高校が年に1回以上、大学の教育資源を活用した教育を行っていることになるからである。

その中でも、とりわけ2002年度から始められ、拡大を続けてきたスーパー・サイエンス・ハイスクール(以下SSH)やサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(以下SPP)の指定校となった学校では、他の学校に比べ、大学との連携を強化し、大学の教育資源を活用した大学教員による出前授業等を積極的に活用する傾向にある。文部科学省の狙いである科学技術教育や理科教育を高校段階から充実させるためには、専門的・学術的知識を持った大学教員との連携が不可欠だったからである。この点に関して田口(2013)は、高大連携の拡大とSSH, SPP等の拡大が同時期に生じた結果として、大学教員が高校生に直接指導し高等学校教育に触れる機会や、高校生が大学レベルの教育・研究を受ける機会等が一気に拡大していったことを指摘している⁽⁶⁾。

では、高校教員が高校生を対象にして行う正規の教育活動と、大学教員が高校生を対象にして行う教育活動の違いはどこにあるのだろうか。この点に関して中野(2016)は、本稿の分析対象でもある数学を例にとり、以下の違いを指摘している。いわく、高校段階の数学では「問題をパターンにあてはめて、公式を機械的に適用して答えを導出」(p.2)することに重点が置かれているのに対し、大学の数学は「公式を適用することより、いわば公式そのものの導出に重点がおかれ」(p.2)ているという違いがあるということである⁽⁷⁾。そのため、高校時に数学が得意だった者が大学の数学にうまく適応できなかつたり、逆に高校時は数学が不得意だった者が大学の数学にはうまく適応できたりする問題が現状のもとでは起こり得るとも指摘している。もちろん、中等教育と高等教育そのものの性格が異なる点には注意が必要だが、中野(2016)は高校数学と大学数学が同一の教科であるにも関わらず、重点が置かれている点異なるために、高大の接続がうま

く機能していない可能性があることを指摘しているということだ⁽⁸⁾。

中央教育審議会(1991)は、「教育上の例外措置」に関する提言の中で、「数学や物理などの特定の分野に関しては、特に能力の伸長の著しい中等教育段階の生徒に対して大学レベルの教育研究に触れる機会を与えることが望ましい⁽⁹⁾」としていることから、高大連携においては、かなり初期の段階から、大学教育を高校教育に寄せるというよりは、高校にいるうちから大学教育に近い経験を積ませることが必要であるという見解をとっていることが推察される。

だとすれば、大学教員が行う出前授業の教育効果を知るためには、高大の重点の差異が生徒にどのような影響を与えているのかを明らかにしていく必要があると考えられるが、現状、この点に着目した研究は管見の限り見当たらない。もちろん、出前授業が行われた直後にどのような教育効果があったのかを質問紙調査により把握する試み自体は広く行われているが、その多くは授業を受講した高校生のうち授業に満足した生徒の割合が比較的高い数値だったなどの単純な集計結果を根拠として、出前授業に教育効果があったという結論を導き出している(山田・高梨・黒鶴ほか 2008, 森永 2013, 宮下・平岩 2014 など)⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。確かにこれらの研究の多くには、今後の授業実践のヒントが詰まっていることは間違いないが、前述したように大学レベルの教育を高校生に経験させる一つの方策として出前授業が普及してきたという背景を踏まえれば、満足度などの単純集計のみならず他の教育効果にも目を向け、授業実践のあり方と教育効果の関連性を検討することが必要になるだろう。本稿では、このような問題意識のもと数学の出前授業を事例として、①大学教員が高校生を対象として実施する出前授業にはどのような教育効果があるのか、そして②出前授業の中でどのような経験をした生徒が教育効果を得ているのかという2つの課題の検証を通して、あらためて大学の教育資源を活用した高大連携のあり方と実践的な課題を考察していくこととする。

2 分析に用いる調査の対象者とデータの概要

本節では、分析に用いる調査の対象者と分析対象とデータの概要について説明する。本稿が分析の事例とする出前授業は、東北地方の SSH 指定校である X 高校の 1, 2 年生の理数クラスの生徒 65 名(うち欠席または早退の生徒は 4 名)に対し、当該高校の近隣にある Y 大学に所属する教員が 2016 年 3 月に 80 分程度で実施したものである。X 高校は 8 割以上の生徒が四年制大学への進学を希望する、いわゆる進学校であり、今回出前授業を行った理数クラスは、その中でも四年制大学への進学意識が高いクラスである。また X 高校と Y 大学の距離は 1km 強であり、かつ X 高校の主な進学先が Y 大学であることから、地理的な面においても、心理的な面においても、両校の関係性は近接性が高いことが想定される⁽¹³⁾。出前授業の実施にあたっては、Y 大学の教員が X 高校の数学教員や近隣の高校教員と相談した上で企画されており、授業の実施は Y 大学の教員が一人で担当している。授業のテーマは「接線と曲線」であり、進学校で行われがちな大学入試を意識した既存の定理を理解して類似の問題を解けるようになることを目的とした授業ではなく、未解決の問題を自ら発見する楽しさを実感できることを目的として実施された。

本稿の分析に用いるデータは、出前授業の 1ヶ月前に実施した「数学の意識に関するアンケート」と出前授業の直後に実施した「出前授業の事後アンケート」の 2 つであり、ともに授業を担当した Y 大学の教員が作成・実施したものである。「数学の意識に関するアンケート」の調査項

目は、主に数学に対するイメージや日常生活に関するものであり「出前授業の事後アンケート」の調査項目は、出前授業への感想に関するものである。調査対象者は3節で説明する出前授業を受講したX高校の理数クラスの1年生31名と2年生34名であり、調査票の回収方法はどちらも教室において集団自記式で行われた。本稿では、上記の2つの調査にどちらも回答した、1年生29名、2年生32名の回答を用いて分析を行っていく。早退した生徒や欠席した生徒が数名いたため、調査対象者よりも分析対象者が減少し、最終的な有効回収率は93.8%となっている。

本データの特徴は、数学の意識に関する調査項目が、出前授業実施の1ヶ月前に回答されており、調査対象者の出前授業への満足感が調査対象者の数学観へ影響を及ぼさないよう配慮されていることである。この配慮により、たとえば、数学の好き嫌いを問う質問と、直前に行われた出前授業の満足感を問う質問が同一の質問紙で行われたときに、今実施された出前授業に満足したからこそ、数学が好き(だと感じられた)といった因果関係が逆転して分析が行われるような状況をあらかじめ抑止することが可能になる。

続いて、分析に用いる変数について説明していく。まず第1節で本稿の課題として設定した「教育効果」に対応する変数を設定するために、出前授業直後に実施した質問項目を用いて分析を行った。今回の出前授業を受講した高校生が、出前授業にどのような感想を持ったのかを示したのが表1である。表1を見ると、今回の授業を受けた高校生が肯定的な回答をしている項目は、「授業が楽しかった」「授業に満足した」「授業を受けてよかった」といった項目であり、当該出前授業の全体的な満足感を測定する質問項目に肯定的な回答が集中していることがわかる。逆に肯定的な回答の割合が少ないのは、「授業の内容は、受験に関係しそうだと思った」「今日の授業の内容は、高校の学習内容を理解するのに役立った」「今日学んだことは今後高校で数学を学ぶ上で役に立つと思った」といった項目であり、高校の学習内容と出前授業の内容の違いをうまく結びつけることができず、困惑している様子が見えがえした。続いて、これら出前授業の感想に関する質問項目から、出前授業の教育効果の構造を把握するため、表1で示した質問項目に対して、プロマックス回転による因子分析(最尤法)を行った。その結果を示したのが、表2である。

分析の結果、5回の反転で解が収束し、固有値1以上の軸が3つ抽出された。累積寄与率は74.1%であり、この3つの軸で出前授業の効果の7割以上が説明できることになる。因子負荷量は表2に示したとおりである。表2より、第1因子は「出前授業の満足感」、第2因子は「高校数学とのレリバンス」、第3因子は「数学への探求心」を表したものと解釈した。以後、この3つの因子を参考にして、それぞれの質問項目(4件法)の数値を合算したものを出前授業の教育効果とみなし、分析を行っていく。なお表2に示したとおり、 α 係数はそれぞれ0.875, 0.827, 0.738であり、分析に用いる変数としては問題ないと考えることができる。

また今回の出前授業の実践の中で、それぞれの生徒がどのような教育経験をしたかを測る指標としては、「先生が言う前に定理を発見した」「定理を発見したいと思った」という2つの質問項目をダミー変数化して設定した。本稿では、この2つの変数が先に設定した3つの教育効果へどのような影響を与えているかを分析することにより、「授業の中でどのような経験をした生徒が教育効果を得ているのか」という課題を検証していく。本分析に用いる主要な変数は以上だが、そのほかの要因をコントロールするため、「女子ダミー」「1年生ダミー」「文化資本⁽¹⁴⁾」「月齢⁽¹⁵⁾」「通塾ダミー」「一週間あたりの学習時間(時)」「数学スコア偏差値⁽¹⁶⁾」を独立変数に投入して分析を

表 1. 出前授業の教育効果(単純集計表)

	とてもあてはまる	まああてはまる	あまりあてはまらない	まったくあてはまらない	合計	有効度数
授業の内容に興味を持った	37.7%	42.6%	16.4%	3.3%	100.0%	65
授業を受けてよかった	50.8%	41.0%	6.6%	1.6%	100.0%	65
授業が楽しかった	52.5%	44.3%	3.3%	0.0%	100.0%	65
授業に満足した	49.2%	45.9%	4.9%	0.0%	100.0%	65
授業を受けて、 数学が身近に感じられるようになった	44.3%	37.7%	14.8%	3.3%	100.0%	65
授業を受けて、 数学に対する考え方が変わった	29.5%	44.3%	21.3%	4.9%	100.0%	65
今日の授業の内容は、 高校の学習内容を理解するのに役立った	11.5%	36.1%	47.5%	4.9%	100.0%	65
今日学んだことは 今後高校で数学を学ぶ上で役に立つと思った	18.0%	45.9%	32.8%	3.3%	100.0%	65
授業の内容は、受験に関係しそうだと思った	8.2%	32.8%	52.5%	6.6%	100.0%	65
授業を受けたことで、 今後の数学の勉強に役立つと思った	20.0%	45.0%	31.7%	3.3%	100.0%	65
もっと数学を学びたいと思った	27.9%	39.3%	29.5%	3.3%	100.0%	65
大学でも数学を学びたいと思った	24.6%	41.0%	29.5%	4.9%	100.0%	65

表 2. 出前授業の教育効果(最尤法による因子分析)

	第1因子	第2因子	第3因子
	出前授業の満足感 ($\alpha=0.875$)	高校数学とのレリバンス ($\alpha=0.827$)	数学への探求心 ($\alpha=0.738$)
授業の内容に興味を持った	0.934	-0.014	-0.019
授業を受けてよかった	0.856	-0.025	-0.012
授業が楽しかった	0.799	-0.184	0.117
授業に満足した	0.740	0.158	-0.103
授業を受けて、 数学が身近に感じられるようになった	0.440	0.069	0.283
授業を受けて、 数学に対する考え方が変わった	0.056	0.919	-0.038
今日の授業の内容は、 高校の学習内容を理解するのに役立った	-0.115	0.870	0.089
今日学んだことは 今後高校で数学を学ぶ上で役に立つと思った	0.140	0.856	-0.218
授業の内容は、受験に関係しそうだと思った	-0.126	0.685	0.204
授業を受けたことで、 今後の数学の勉強に役立つと思った	0.019	0.080	0.946
もっと数学を学びたいと思った	0.026	-0.097	0.832
大学でも数学を学びたいと思った	0.368	0.137	0.371
固有値(回転後)	5.865	2.154	1.142

プロマックス回転後の因子負荷量を記載

表 3. 分析に使用する変数の記述統計量

	有効度数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
出前授業の満足感	61	4.000	16.000	12.721	2.882
高校数学とのレリバンス	60	1.000	13.000	7.567	2.702
数学への探求心	61	1.000	10.000	6.754	2.219
女子ダミー	65	0.000	1.000	0.477	0.503
1年生ダミー	65	0.000	1.000	0.477	0.503
文化資本	64	-1.382	2.139	0.000	1.008
月齢	65	1.000	12.000	6.538	3.696
通塾ダミー	65	0.000	1.000	0.169	0.378
一週間あたりの学習時間(時)	61	0.000	30.000	13.311	7.492
数学スコア偏差値	64	28.612	75.867	50.000	10.000
先生が言う前に定理を発見したダミー	61	0.000	1.000	0.164	0.373
定理を発見したいと思ったダミー	61	0.000	1.000	0.639	0.484

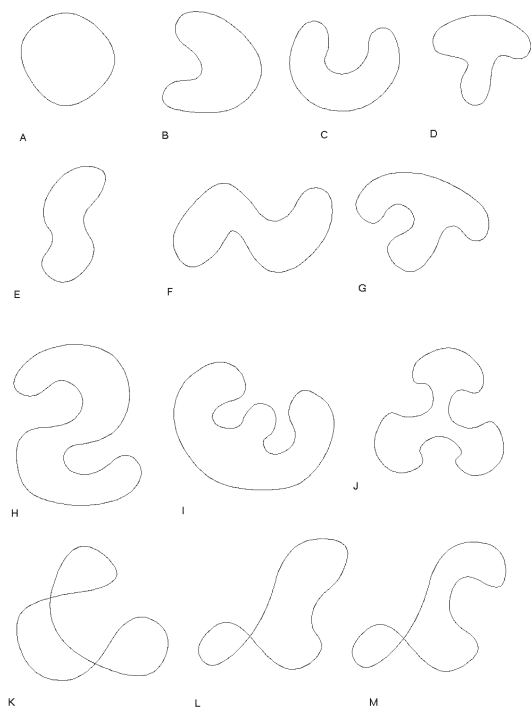


図1. 「閉じた曲線」の描画例

行っていく。記述統計量は表3に示したとおりである。

3 出前授業の対象者と授業の概要

授業の概要については、以下で説明するように(1)～(6)の手順で行われた。

(1) 閉じた曲線を描いてみよう

はじめに、担当教員は授業の導入として、ループ状につながっており、線上のどの点から出発したとしても、同じ点に戻ってくる曲線⁽¹⁷⁾のことを「閉じた曲線」と呼び、生徒に自分でいくつか「閉じた曲線」を描いてみることを提案する。すると、生徒たちは、おおよそ図1のA～Mのような曲線を描く。

(2) 特別な接線を数えよう

次に生徒たちが自ら描画した「閉じた曲線」に対し、接線を引いてみるよう提案する。現行の学習指導要領では、中学1年生の「図形B」において、接線は「円の接点

を通る半径に垂直である」という定義がされているが、この定義は円以外には適用されず、また生徒たちはこれまで円以外に接線を引いた経験がほとんどないため、周囲の生徒や教員とあらためて接線の定義を確認することになる。接線の定義の確認を終えると、生徒たちは接線が無限にあることに気づき、自分で描画した「閉じた曲線」に多くの接線を記入していく。そしてこのあと担当教員から、接線には特別な接線が存在し、2箇所まで曲線と接する接線が「双接線」と呼ばれていることが説明される⁽¹⁸⁾。

(3) 曲線の上の特徴点を数えよう

次に曲線上にある曲線の特徴を表す点が2つあることが説明される。1つ目の特徴的な点は、線と線が交差する「交点」(図中ではDと表記)であり、もう1つの点は「変曲点」(図中ではIxと表記)と呼ばれる点で、曲線上を点が移動したときに、曲がり方が進行方向に対して右曲がりか、あるいは左曲がりかが切り替わる点であることが説明される。

(4) 変曲点と特別な接線(双接線)を数えて、関係性を調べよう

続いて、交点がない「閉じた曲線」の中に、双接線と変曲点がいくつずつあるのかを数えさせ、両者の数には関係があるのか、それともないのかを予想させる。この段階では、両者の数を対応させて表にまとめてみるとわかりやすいことを伝え、もし関係ないと考えるならば、曲線を修正して一方の数だけを増やした曲線を描くことが可能かどうかを調べてみるように提案する。すると、簡単な形をした「閉じた曲線」(図2参照)を描いた生徒は、両者の関係性を「(双接線の数) = (変曲点の数) ÷ 2」であると予想するが、表中に双接線と変曲点の数を記入していくと、複雑な

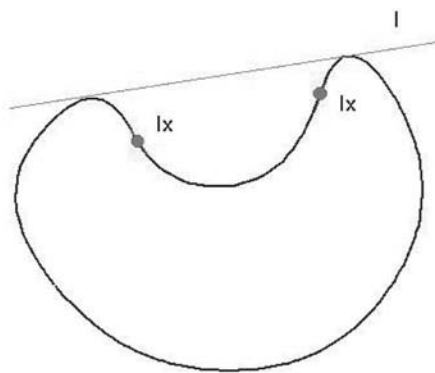


図2. 簡単な形をした「閉じた曲線」の双接線と変曲点

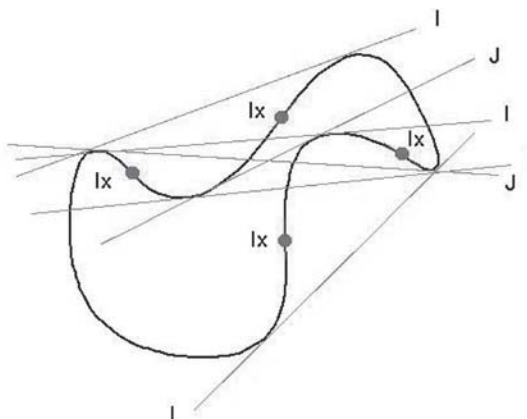


図3. 複雑な形をした「閉じた曲線」の双接線と変曲点

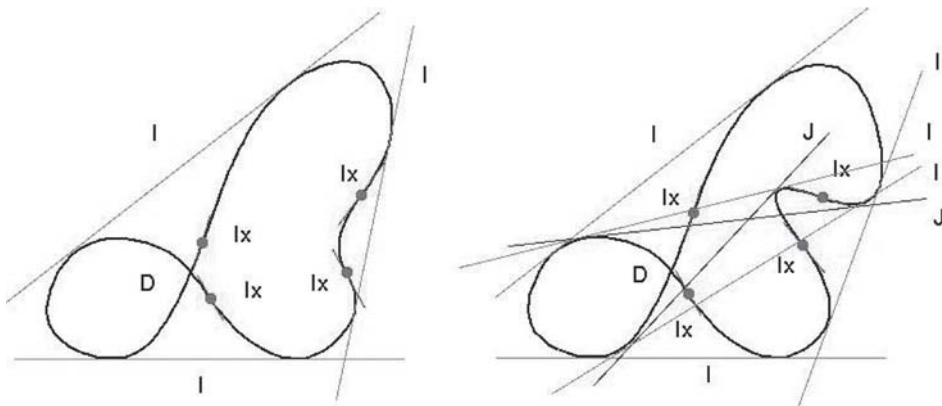


図4. 交点を持つ「閉じた曲線」の双接線と変曲点

「閉じた曲線」(図3参照)の場合には予想した関係式が成り立たなくなることを発見する。

ここで担当教員が、どのような「閉じた曲線」の場合に予想した「(双接線の数)=(変曲点の数) \div 2」が成り立たなくなるのかを考えることを提案する。そして、十分に考える時間を与えた上で、担当教員が双接線を2つのタイプに分類した上で関係性を調べてみることを提案する。

1つ目は、図2中のIのように2箇所の接点の付近において曲線が片側にある双接線であり、これをI型とした。2つ目は、図3中のJのように接点の付近において曲線が両側にある双接線であり、これをJ型とした。以上の場合分けを用いて、修正した予想式を立てるよう指示した。すると、2割弱の生徒は、「(I双接線の数)-(J双接線の数)=(変曲点の数) \div 2」が成り立つことを発見した。さらに、もし交点を持つ場合(図4参照)も考えると、「(I双接線の数)-(J双接線の数)=(交点の数)+(変曲点の数) \div 2」という関係式によって、両者の関係性を表すことができることを発見した生徒もいる。

(5) Fabricius-Bjerre の定理

最後に、この80分の授業の中で2割弱の高校生が発見できたこの関係式は、「Fabricius-Bjerreの定理」(1962)と呼ばれており⁽¹⁹⁾、1962年になってから発見された比較的新しい定理であることを伝える。すると、生徒たちは、曲線、接線、変曲点といった古典的な素材しか扱っておらず、加えて自分たちでも発見できたような定理が最近になるまで誰にも発表されていなかったことに驚きの声を上げる。

そして担当教員は、この定理が発見されたことによって、コンピュータでは認識しづらい変曲点が数えられるようになり、コンピュータが物体を識別する一助となること、また、この定理を応用して高層天気図から等高線のくぼみを認識し、ジェット気流の蛇行の数や規模を判定することが期待されている(江澤 2012など)ことを伝える⁽²⁰⁾。これにより、生徒は定理と実社会が結びついていることを理解していった。

最後にまとめとして、数学が未だに発展を続ける生きた学問であり、実はみんなの生活や社会や文明と結びつく可能性を持った未解決問題が無尽蔵に残されていることを伝えた。したがって、数学を学ぶということは、既存の公式や解法を覚えることだけではなく、未知の問題に取り組む楽しさややりがいがあることだということが説得力をもって説明された。

4 分析

本節では、前節で設定した3つの教育効果が出前授業の中のいかなる経験から生み出されたのかを分析していく。2つの経験がそれぞれの教育効果に与える影響を示したのが、表4～6である。

(1) 出前授業の満足感

まず表4を見ると、どのモデルにおいても「定理を発見したいと思った」という経験が満足感へ有意な影響を与えていることがわかる。一方で「先生が言う前に定理を発見した」という経験は授業の満足感へとは結びついていないことがわかる。また数学スコア偏差値が負の影響を与えていることから、もともと高校で数学に苦手意識を持っている生徒が、従来持っていたイメージとは異なる大学数学に触れたことによって、出前授業への満足感が高められたことが想定できる。

(2) 高校数学とのレリバンス

次に高校数学とのレリバンスの規定要因を示した表5を見ると、どちらの経験も影響を与えていないことがわかる。ここでは、有意な影響を与えているのは統制変数として設定した通塾ダミーだけであることから、出前授業の内容と高校数学を関連づけて考えるのは、塾に通っていることで、大学受験を意識していることによるものであることが想定される。

(3) 数学への探求心

最後に表6より、数学への探究心の規定要因を確認する。表6を見ると、すべてのモデルで、先生が言う前に定理を発見したダミーと定理を発見したいダミーの両者が有意な正の影響を与えていることが確認できる。これらの分析結果を踏まえて、次節では知見の整理と考察を行う。

5 知見の整理と考察

本稿では、一つの出前授業の事例と質問紙調査の分析から、①大学教員が高校生を対象として実施する出前授業にはどのような教育効果があるのか、②出前授業の中でどのような経験をした

表 4. 出前授業の満足感の規定要因 (重回帰分析)

	モデル 1		モデル 2		モデル 3	
	B	β	B	β	B	β
女子ダミー	-0.638	-0.111	-0.334	-0.058	-0.263	-0.046
1年生ダミー	0.292	0.051	-0.654	-0.114	-0.677	-0.118
文化資本	0.295	0.101	0.229	0.079	0.205	0.070
月齢	-0.085	-0.109	-0.138	-0.177	-0.133	-0.170
通塾ダミー	0.082	0.010	-0.168	-0.021	-0.310	-0.038
一週間あたりの学習時間 (時)	-0.039	-0.102	-0.058	-0.151	-0.058	-0.151
数学スコア偏差値	-0.084	-0.290 *	-0.089	-0.309 *	-0.091	-0.314 *
先生が言う前に定理を発見したダミー	0.830	0.101			0.565	0.069
定理を発見したいと思った			2.310	0.390 **	2.270	0.383 **
(定数)	17.980	***	17.844	***	17.830	***
調整済み R2 乗値	0.013		0.130		0.116	
-2対数尤度	267.386		260.324		260.026	
AIC	285.386		278.324		280.026	
有効度数	56		56		56	

(***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, †: p<0.1)

表 5. 高校数学とのレリバンスの規定要因 (重回帰分析)

	モデル 1		モデル 2		モデル 3	
	B	β	B	β	B	β
女子ダミー	-0.077	-0.014	-0.087	-0.016	0.070	0.013
1年生ダミー	-0.373	-0.070	-0.813	-0.152	-0.832	-0.155
文化資本	0.240	0.085	0.294	0.104	0.227	0.081
月齢	-0.083	-0.115	-0.115	-0.159	-0.103	-0.143
通塾ダミー	2.024	0.267 *	2.144	0.283 *	1.854	0.244 †
一週間あたりの学習時間 (時)	-0.002	-0.005	-0.015	-0.040	-0.013	-0.036
数学スコア偏差値	-0.013	-0.049	-0.011	-0.043	-0.015	-0.057
先生が言う前に定理を発見したダミー	1.332	0.176			1.186	0.156
定理を発見したいと思った			1.116	0.203	1.009	0.183
(定数)	8.399	***	8.396	***	8.354	***
調整済み R2 乗値	0.004		0.008		0.009	
-2対数尤度	255.304		255.094		253.782	
AIC	273.304		273.094		273.782	
有効度数	55		55		55	

(***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, †: p<0.1)

表 6. 数学への探求心の規定要因 (重回帰分析)

	モデル 1		モデル 2		モデル 3	
	B	β	B	β	B	β
女子ダミー	0.248	0.055	0.401	0.090	0.620	0.139
1年生ダミー	1.230	0.274 *	0.341	0.076	0.270	0.060
文化資本	-0.078	-0.034	-0.094	-0.041	-0.167	-0.073
月齢	0.005	0.008	-0.060	-0.098	-0.043	-0.070
通塾ダミー	-0.256	-0.040	-0.213	-0.033	-0.645	-0.101
一週間あたりの学習時間 (時)	0.006	0.020	-0.012	-0.041	-0.013	-0.043
数学スコア偏差値	-0.015	-0.068	-0.018	-0.078	-0.023	-0.100
先生が言う前に定理を発見したダミー	1.988	0.311 *			1.726	0.270 *
定理を発見したいと思った			2.373	0.513 ***	2.249	0.487 ***
(定数)	6.388	***	6.282	***	6.238	***
調整済み R2 乗値	0.042		0.167		0.221	
-2対数尤度	255.906		230.042		225.070	
AIC	273.906		248.042		245.070	
有効度数	56		56		56	

(***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, †: p<0.1)

生徒が教育効果を得ているのかという2つの課題の検証を行ってきた。その結果、得られた知見は以下の点である。

まず本分析の対象者においては、従来から出前授業の教育効果とされてきた授業の満足感のほかにも2つの教育効果が発見された。その1つは、高校数学へのレリバンスであり、もう1つは数学への探究心である。これら3つの教育効果に影響を与える出前授業の経験の効果に着目すると、授業の満足感には「定理を発見したいと思った」という経験のみが、そして数学への探究心においては「先生が言う前に定理を発見した」と「定理を発見したいと思った」という経験の両者が影響を与えていることが明らかになった。また高校数学へのレリバンスには、2つの経験が有意な影響を与えていないことも明らかになった。

本稿の分析で明らかになったこれらの知見を踏まえ、最後に大学の教育資源を活用した高大連携の実践的な課題を考察していこう。まず出前授業を実施する際に、従来の質問紙調査で把握されてきたように単に出前授業への満足感を高めたいという目的で行うとすれば、自らも定理を発見したいと思わせるような動機づけを中心とした授業構成にすることにより、満足感を高めることが可能になると考えられる。本稿の分析対象とした出前授業実践を例にすれば、おそらく第3節(5)で示したような数学には未解決な問題がたくさんあり、その問題解決は社会に大きな貢献をもたらすことなどを伝えることを中心とした出前授業が効果的であるように思われる。

そして、もう一つの教育効果であった数学への探究心を養いたいと考えるのであれば、定理を発見したいという動機づけだけではなく、自らも授業の中で定理を発見するというような「自分にもできる」と思わせられるような経験が必要になってくるだろう。しかしながら、現実的にその両者の経験をどの生徒にも経験させることができるように出前授業を実践することにはいくつかの課題が生じてくることが推察される。その1つは、定理の発見に関する難易度の問題である。すなわち、80分という限定された時間の中で誰もが発見できるよう十分な説明を行うのは難しいだろうし、十分な説明をした上で誰もが思いつくような定理を発見したことが教育効果に繋がりうるかどうかはわからないということである。さらにいえば、何割程度の生徒が発見できるような定理を授業の題材として扱えばよいのかということや、定理を発見することの難易度がどの程度であれば、「自分にも定理を発見できた」という達成感を得ることができるのかということも、本稿の分析からは明らかにできないため今後検討の余地がある。もし今後、同一の問題関心のもとで分析を行うとするならば、以上のような実践的な課題に応えられるよう、今回のように1回限りの出前授業の教育効果を検証するのではなく、同一の題材をもとにして手順や説明の仕方を変えた授業実践を行い、その教育効果を比較検討するような分析が必要になってくるだろう。

また今回の分析は、特定の高校生に向けた特定の分野の実践であり、どのような高校生に対しても同様の教育効果が見られるとは限らない。今回得られた知見を一般化するためには、様々なタイプの高校であらゆる実践を行って、その効果を比較していくことが必要になるだろうし、今回の分析結果はSSH指定校のように理数系教育に力を入れている高校特有の効果である可能性も棄却できない。加えて、今回の出前授業では授業の構想段階から高校教員と大学教員が協働的に比較的スムーズに相談が行えたという背景もあるため、教員同士の連携の効果も今後検証していく必要がある。さらに出前授業で得られた教育効果が今後の高校生活の中で、どの程度残存するのかという点に関しても、今回収集したデータの分析からは明らかにできてはいない。

ただし、このような多くの課題を残してはいるものの、これまでの出前授業の教育効果に関する研究ではほとんど着目されてこなかった多様な教育効果のあり方や、個々の生徒の授業の経験の差異を視野に入れた本稿の分析は、今後の高大連携のあり方に一定の貢献をなしたとも考えられる。数多くの高校で大学教員が出前授業を実践しているという現状を踏まえ、早急に残された課題を検証していきたい。

【注】

- (1) 勝野頼彦, 2004, 『高大連携とは何か——高校教育から見た現状・課題・展望』学事出版, p.68.
- (2) 勝野(2004)。
- (3) 田口哲男, 2013, 「高大連携——課題とその方策」高崎経済大学産業研究所編『高大連携と能力形成』日本経済評論社, pp.17-43.
- (4) 文部科学省, 2014, 「高等学校教育の改革に関する推進状況(平成25年度版)」p.105. (URL : http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/02/_icsFiles/afieldfile/2014/02/04/1343732_2.pdf) (アクセス日: 2016年12月29日)
- (5) 文部科学省生涯学習政策局政策課編, 2014, 『平成25年度 学校基本調査報告書——初等中等教育機関 専修学校・各種学校』日経印刷。
- (6) 田口(2013)。
- (7) 中野史彦, 2016, 「高校数学と大学数学」『じっきょう数学資料』第73号, pp.1-5.
- (8) 中野(2016)。
- (9) 中央教育審議会, 1991, 「新しい時代に対応する教育の諸制度の改革について(答申)」
- (10) 山田洋一・高梨里子・黒鷲英輝・鈴木勲, 2008, 「高大連携科学実験講座に関するアンケート調査について」『宇都宮大学教育学部紀要第2部』第58号, pp.7-14.
- (11) 森永武人, 2013, 「高大連携教育における生徒の内発的動機付けに関する研究」『日本私学教育研究所紀要』49号, pp.105-108.
- (12) 宮下治・平岩史恵, 2014, 「大学との連携を取り入れた高等学校理科授業の効果に関する実践研究」『愛知教育大学教育創造開発機構紀要』第4号, pp.1-7.
- (13) X 高校の公式ホームページによれば、昨年度の四年制大学の合格者のうち、約2割の生徒はY大学への合格者である。なお調査対象校等の匿名性を担保するため、URL は掲載しないこととする。
- (14) 所有材を問う質問の中から「地球儀」「ピアノ」「美術品」の有無と「蔵書数」を問う質問をカテゴリカル主成分分析で統合して作成した。寄与率は45.8%である。
- (15) 4月生まれ=12, 5月生まれ=11, 6月生まれ=10, …, 3月生まれ=1として設定した。
- (16) 「放物線 $y=x^2+mx+3$ と直線 $y=3x-1$ がちょうど2点で交わるような m の範囲を求めることができる」「13m の高さの電柱の影が8m であるとき、地表と太陽のなす角度 θ の満たす式が作れる」「 a を整数、 b を正の整数としたとき、 a を b で割ったときの商、余り、 a, b の関係を式で表すことができる」などの問題を解く自信があるかを問う質問(4件法)を9つ設定し、それらをカテゴリカル主成分分析で統合(寄与率は46.3%)し、偏差値化した。
- (17) ここでいう閉じた曲線とは、「閉曲線」と呼ばれるものと同一の意味である。
- (18) もちろん3箇所以上で閉じた曲線に接する接線も考えられるが、そのような接線が存在する図形は形状が複雑であり generic (一般的) な図形でない、すなわち、曲線を少し動かすと3点以上で接する接線はなくなってしまふ図形であるため、今回の授業では取り扱わないものとした。
- (19) Fabricius-Bjerre, F., 1962, "On the Double Tangents of Plane Closed Curves", *Math. Scand.* 11, pp.113-116.
- (20) 江澤尚, 2012, 「パノラマビューによるジェット気流の解析」平成24年度秋田大学工学資源学部情報工学科卒業論文。