

論文

学習指導要領の変遷と失われた日本の研究開発力

西村 和雄*, 宮本 大**, 八木 匡***

*神戸大学・経済産業研究所, **同志社大学, ***同志社大学

History of Changes to the Curriculum Guidelines and the Decline in Research and Development Productivity in Japan

Kazuo Nishimura*, Dai Miyamoto**, Tadashi Yagi***

* RIEB, Kobe University / Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI)

** Faculty of Economics, Doshisha University

*** Faculty of Economics, Doshisha University

The recent decline in research and development (R&D) productivity in Japan has been pointed out in the White Paper on Science and Technology published by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology.

What trains researchers is education. In Japan, the number of high school students taking Physics II or equivalent classes remains at the 10% level, showing a significant lack of interest in science among them, and this has led to the continuing decline in the number of young researchers. Some suggest that the reduction in the number of math and science class hours, owing to the changes in the curriculum guidelines, has contributed to this lack of interest in science among students.

This paper examines the association between changes in student enrollment in math and science classes during the high school years and the number of patent applications and renewals filed when they become researchers, for different age categories classified according to the year of introduction of changes to the curriculum guidelines.

Our results identify the implications of changes to the curriculum guidelines on the decline in the number of patent applications and renewals filed by researchers in Japan.

Keywords : research and development capabilities, curriculum guideline, patent applications, math and science education

キーワード : 研究開発力, 学習指導要領, 特許出願数, 理数系教育

* 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 2-1 神戸大学社会システムイノベーションセンター

Correspondence concerning this article should be sent to: Kazuo Nishimura, Research Institute for Economics and Business Administration (RIEB), Kobe University, 2-1, Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe, 657-8501, JAPAN

Email: nishimura@rieb.kobe-u.ac.jp

1. 序論

これまでの日本の経済成長は高い人的資本を備えた研究開発者がイノベーションを生み出してきたことによって支えられてきた。しかし『平成 25 年版科学技術白書』（文部科学省、2013）では、「量的な指標である論文数について、……中国をはじめとした各国の論文数が我が国とは桁違いの勢いで増加している。この結果、我が国の世界シェアにおいては低下し、相対的な世界順位を大きく下げている」とあるように、国際的にみると近年の日本で研究開発力が低下していることが指摘されている。

特許出願数が多い4か国の90年代以降の推移をみると、日本人の特許出願数は2005年の約53万件をピークに2014年には約47万件と1割以上も減少し、こうした傾向は他国にみられない（図1参照）。また2011年まで世界第一位の出願件数を誇っていたが、現在では中国とアメリカに追い抜かれて第3位へと後退し、韓国との差も縮小している。このように特許出願という観点から日本の研究開発力は相対的に、また絶対的にも低下傾向にあることが確認できる。さらに、一人当たり国民所得や工学系論文発表数の推移も2000年代前半までは国際的にトップレベルにあったが、後半に入ると、相対的かつ絶対的なレベルが低下し、特許出願数と同様に世界のトップレベルから置いていかれるような状況にある。加えて直近の2016年の世界フォーラムによる国際競争力ランキングでも技術革新力が低下したことが指摘され、日本の研究開発力の低下は一過性のものではないことが示唆される。

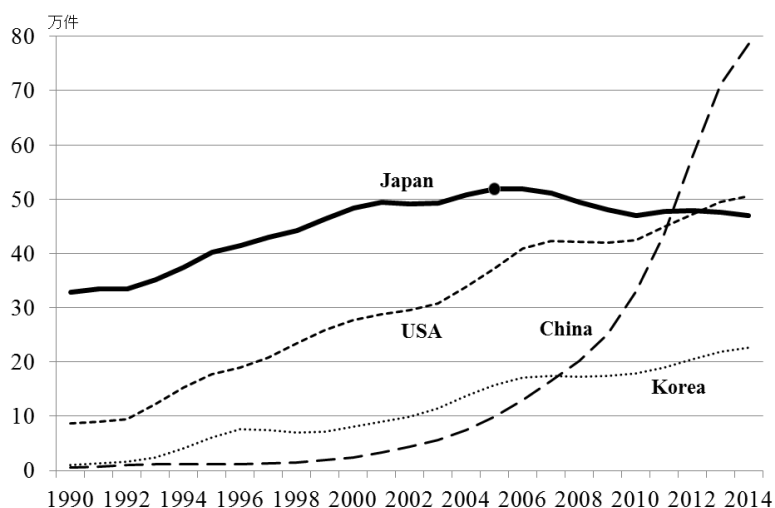


図1 出願者の出身国別特許出願総数の推移（3年移動平均値）

出所：Indicator 1: Total patent applications (direct and PCT national phase entries) by applicants' origin, WIPO statistics database.

こうした問題意識と関連して、近年、世界的に研究開発者の需給は逼迫し、とりわけ先端技術を要する産業において研究開発者が不足傾向にあり、海外から優秀な研究開発者を獲得することが容易でない状況にある¹。さらに、日本では、長い間、高校生の物理Ⅱ相当の履修率が1割台にとどまるという顕著な理系離れとともに国内の研究開発者の供給も減少傾向にある²。こうした学生の理系離れには、学習指導要領の変更にもなう理数系科目の教科軽減が学力低下だけでなく学習意欲を低下させてきたことも一因となっているとの指摘もあり、学習指導要領の変更による影響が懸念される。国内外で優秀な研究開発者を獲得することが容易でない今日的な状況を考慮すると、これからの日本にとって優秀な研究開発者の育成を検討する上で、まずは学習指導要領の影響を検証することは重要な課題である。

以上の議論をふまえ、本研究は、研究開発者の個票データを利用して、優秀な研究開発者の規定要因を明らかにすることを通じて、高い研究成果を産み出す研究開発者を育てるための政策的含意を示すことを目的とする。具体的には、研究開発者の研究成果と高校時代における理数系科目の学習状況との関係、さらには高校時代の学習状況を規定する要因を、学習指導要領の変更の影響を考慮しながら検証する。

本研究の構成は以下の通りである。次節では、本研究における研究開発力の取り扱いと教育との関係を説明し、データから各指標を概観する。3節では、高校時代の理数系科目の習得状況と研究開発者の研究成果との関係を分析する。4節では、高校時代の理数系科目の学習状況に影響を与える要因を探索し、分析結果から学習指導要領の影響についての考察を行う。最後に5節では、本研究から得られた知見をもとに政策的含意を述べる。

2. 特許関連指標からみた研究開発力

2.1. 関連文献

研究開発力とは新しい価値を生み出す、いわゆるイノベーションのインプットであり、そして特許は研究開発活動のアウトプットとして研究開発力の高さを示すと考えられる。実際に、こうした特許出願数などの特許の量的指標を研究開発力の代理変数として利用した数多くの先行研究があり、たとえばマクロレベルでは Tong and Frame(1994), Furman, Porter and Stern(2002), de Rassenfosse

¹ マンパワーグループ (2013) 参照。

² 物理の履修率の低下は日本学術会議 (2016)、国内研究者の減少は川口 (2009) を参照。なお、履修率は、教科書採択数をもとにした推計であり、実際の履修者はそれを下回ると考えられる。

and van Pottelsberghe(2009), Akhmat, Zaman, Shukui, Javed and Mushtaq Khan(2014) など, またマイクロレベルでは Mariani and Romanelli(2007)や Schettino, Sterlacchini and Venturini(2013)などが挙げられる. このように研究開発力を特許の量的指標によって代理する研究が数多く存在していることから, 本研究では研究開発力を示す指標として特許出願数と特許更新数を用い, 高い研究開発力を有する研究開発者とは特許出願数もしくは更新数が多い研究開発者であるとして議論する³.

次に, 教育と研究開発力の関係についての先行研究をみて行こう. すでに挙げた先行研究と重なるが, マクロレベルでは Furman, Porter and Stern(2002)や Akhmat, Zaman, Shukui, Javed and Mushtaq Khan(2014)らは, GDP に対する教育支出が高い国ほど研究開発力が高いことを示し, 教育は国家の研究開発力を高める重要な要因であると強調している. また de Rassenfosse and van Pottelsberghe(2009)は, 識字率, 中等および高等教育の入学者数といった指標を合成した人的資本指標を作成し, それが高い国ほど研究開発者の生産性は高く研究開発力が高まるとの知見から, 質の高い研究開発者を育成する教育政策の重要性を指摘している. またマイクロレベルの個票データを用いた研究には, 教育政策と特許指標との関係についての研究は見当たらないが, 研究開発者の学歴と特許指標との関係を検証した研究がある. たとえば欧州各国の研究開発者を対象として, 大学院博士の学歴をもつものは他の学歴保有者と比べて特許の質に対して効果はみられないが, 特許の量を有意に増加させるという結果を示した Mariani and Romanelli(2007)や, 逆に大学院博士の学歴は特許の量には効果がないが特許の質には効果があることを示したイタリアの研究開発者を対象とした Schettino, Sterlacchini and Venturini(2013)が挙げられよう.

このようにマクロレベルでは教育に関するマクロの指標が研究開発者のアウトプットである特許に影響を及ぼすことを明らかにしており, 教育政策が研究開発力を決定するうえで重要である一方で, マイクロレベルでは, 単に学歴を用いた分析に過ぎず, 教育政策に関する要因との関係は十分に検討されているとは言いがたい状況にある. また, 日本においては特許情報を用いた企業レベルや個人レベルの分析が数多く行われているものの, 教育政策との関係に焦点をあてた研究は管見の限り見つからなかった.

次に, 日本では特許などの研究開発力と教育政策との関係を分析した研究は

³ ただし研究開発力を検討する場合, 特許出願数などの量的情報だけでなく, 特許引用などの質的情報も考慮して多面的に検討することが必要であるとの富田 (2014) の重要な指摘もあるが, 本研究ではデータの制約もあり, 質的な情報について取り扱わない.

見当たらないが、学習指導要領変更の影響については、学習指導要領が新しく改訂されるたびに検討され、教科軽減によって生徒の学力や学習意欲が低下しているとの結果が示されている。たとえば 1993、94 年の学習指導要領改訂の影響については、浮田 (2001)、荻谷・清水・志水・諸田 (2002) など、また 2002、03 年の改訂の影響は、大根田・鈴木・傍士 (2004)、阪本 (2005)、鈴木・伊東 (2007) など、そして 1980 年代以降、30 年にわたって実施されてきた「ゆとり教育」政策の影響を検討した八巻 (2012) などが挙げられる。

ただし、こうした学習指導要領の影響に関する研究の多くは生徒の学力や学習意欲への影響を検討するものであり、学習指導要領の変更による教科軽減が社会に出てからどのような影響を及ぼしているのかまで検討した研究は、西村・平田・八木・浦坂らの研究グループが行った一連の研究に集約される。これらの研究では学習指導要領が新しい世代になるほど教科軽減にともない、理数系科目の学習時間の短縮が科目の得意度を下げ、そして、それが所得に影響を及ぼすこと、また学習指導要領の世代間で理数系の能力形成に差異が生じ、それが労働市場における評価の差につながるなどが明らかにされている⁴。

2. 2. 分析データと特許関連指標の分布

ここでは本研究で利用する調査データを用いて特許関連指標の分布をみていこう。調査データは 2016 年 3 月に、NTT コム オンライン・マーケティング・ソリューション株式会社のリサーチサービス「NTT コム リサーチ」を通じて、技術職もしくは研究職に就いている人、いわゆる研究開発者を対象として、インターネット調査「技術職・研究職の意識に関するアンケート調査」を実施したものである。配布数は 153272、プレ調査回収数 17440、本調査回収数 5241、納品数は 4132 であった。技術職・研究職のスクリーニングのため、回収率は 3.4% と低くなっており、最終的な有効回答数は、4,129 となっている。最初に、本研究の分析対象となる研究開発者の属性をみておこう（記述統計量は巻末の付表 1 を参照）。まず平均年齢は 48.6 歳で、現在勤めている企業での勤続年数は 16.6 年であった。また女性の割合は 11.0% で、学歴別では大学（学部）卒が 52.6%、大学院の修士修了・博士修了がそれぞれ 16.4%、5.0% と大学卒以上が 74.0% である。

次に、特許出願数および更新数の分布を見てみよう（図 2 参照）。調査にお

⁴ ゆとり教育政策の影響を示した研究としては、浦坂・西村・平田・八木 (2008) が、また理数系科目の学習効果については、西村・平田・八木・浦坂 (2013)、数学の効果については、浦坂・西村・平田・八木 (2002)、そして理科の効果については、浦坂・西村・平田・八木 (2012) によって詳細に分析されている。

ける特許出願数と更新数は、これまでの研究開発者のキャリアにおいて特許を出願もしくは更新した総数である。図には含まれないが、特許出願や更新をしたことがない人は、それぞれ 3028 人（全体の 73.3%）、3476 人（同、84.1%）であった。そして 1～9 が次に多く、出願数、更新数ともに数が増えるほど人数が減少していき、ベキ分布に従うことが確認できる。

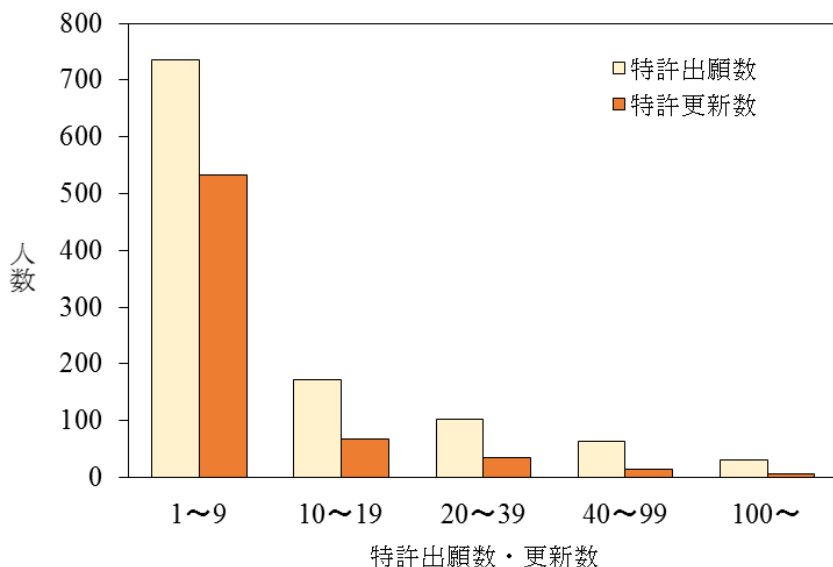


図2 特許出願数と更新数の分布

さらに、年齢別の特許出願数および更新数の平均値分布をみていこう（図3参照）。特許出願数および更新数はいずれも 40 代後半期を境に前後で平均値および分散が大きくなる。

20 歳（1995 年度生まれ）以上 45 歳（1970 年度生まれ）以下の標本における平均特許出願数が 1.39 であり、平均特許更新数が 0.33 となっている。48 歳（1967 年度生まれ）以上 65 歳（1950 年度生まれ）以下では、それぞれ 5.00 と 1.60 となっている。

実際にステップワイズ Chow テストによる構造的な変化の有無を検定してみると、特許出願数および更新数ともに 46 歳と 47 歳の間を中心として前後に違いが存在することが示された。つまり 40 代前半より若い研究開発者は 40 代後半より年長の研究開発者と比べて特許出願数や特許更新数が減少し、特許を指標としてみたとき、若い研究開発者の研究開発力が低下していることが示唆される。大学院修士終了後に研究開発者として就業するとした場合、こうし

た年齢・世代間の格差の要因は20年ほど前まで遡って検討する必要があることになる。

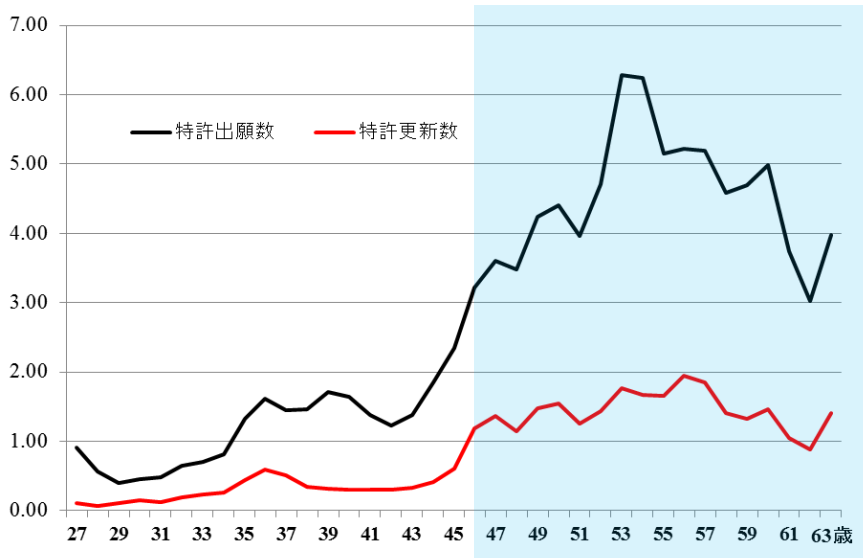


図3 年齢別の特許出願数および更新数（3年移動平均値）

2. 3. 中等教育における学習指導要領の変遷と理数系科目の習得状況

ここでは研究開発者の人的資本蓄積の基本となる理数系科目に注目して、中等教育における学習指導要領の変遷と高校時代の理数系科目習得状況との関係を考察する。取り上げる学習指導要領は本研究の分析対象の年齢構成を考慮して、1960年代から2000年代に実施された5つとする。それぞれの学習指導要領のキーワードを用いて、古い順に「学習系統性」、「教育現代化」、「ゆとり」、「新学力観」、「生きる力」とする。

次に、高校時代の理数系科目は物理と数Ⅲに絞り、それぞれについて科目の選択状況、さらに選択者については科目の不得意か得意かの学習状況にわけ、つまり科目非選択者、科目選択者で不得意、科目選択者で得意の3グループを設定する。なお物理および数Ⅲの得意・不得意については、選択した科目の得意度を6つの選択肢から回答者の主観として選ぶ設問の回答結果を利用する。科目が不得意とは「かなり不得意だった(=1)」「不得意だった(=2)」「どちらかというとなり不得意だった(=3)」のいずれかを選択したもの、また得意とは「どちらかというとなり得意だった(=4)」「得意だった(=5)」「かなり得意だった(=6)」と回答したものである。

表 1 より、物理を選択していないのは 23.4%，また選択者のうち、得意と答えたのは 45.2%，不得意と答えたのは 31.3%であった。一方の数Ⅲは物理に比べて、非選択者が 27.7%と多く、一方で選択者のうち得意と答えたものが 41.6%と少なかった。また不得意であったのは 30.7%と物理と同程度であった。

表 1 高校時代の理数系科目の学習状況

N=4112	物理		数Ⅲ	
	回答数	%	回答数	%
非選択者	963	23.4	1139	27.7
選択者	不得意	1289	1261	30.7
	得意	1860	1712	41.6

次に、科目選択者における得意度の 6 つの選択肢の回答分布をみると、物理、数Ⅲそれぞれの平均値は 3.74, 3.64 であり、得意であると回答する人（回答番号 4 以上）が過半数を占めているが、分布形状は概ね正規分布に近いことが確認できる（図 4）。

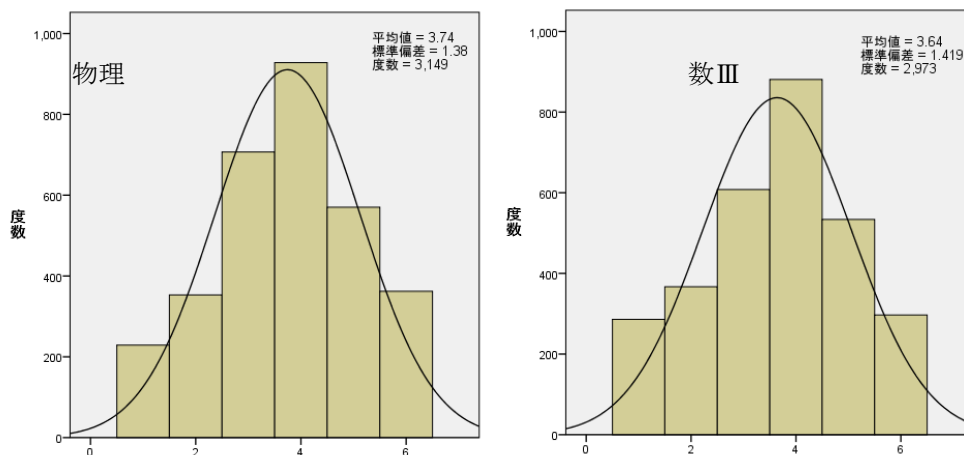


図 4 高校時代の理数系科目の得意度分布

では、この科目の得意度と学習指導要領の関係をみていこう。まず高校では「学習系統性」が 1963 年に始まり、最後の「生きる力」が 2003 年に実施されている。それぞれの学習指導要領を受けた対象者の年齢は「学習系統性」が

59 歳以上，一方，「生きる力」が 28 歳以下となっている。

表 2 には，受けた学習指導要領の世代ごとに物理と数Ⅲの得意度の平均値を示した．対象者の現年齢の上限，例えば，「ゆとり」における 49 歳は，その指導要領の教科書で初めて 3 年間通して学んだ学年の現年齢である．さて，得意度は，物理では「学習系統性」の 3.952，数Ⅲでは「教育現代化」の 3.715 が，それぞれ最も高く，より若い世代になるほど得意度が低くなる．また，となり合う世代間で平均値の差を検定したところ，統計的に有意な差があるのは，物理，数Ⅲともに「教育現代化」と「ゆとり」の間であり，「教育現代化」世代よりも新しい世代では相対的に得意度が低くなることがわかった．

表 2 高校時代の理数系科目の得意度（学習指導要領別）

	高校		得意度			
	実施年度	対象者の 現年齢	物理		数Ⅲ	
			平均値	度数	平均値	度数
学習系統性	1963	59歳～	3.952	557	3.672	494
教育現代化	1973	50～58	3.879	1100	3.715	975
ゆとり	1982	38～49	3.605	1139	3.613	1126
新学力観	1994	29～37	3.458	301	3.526	310
生きる力	2003	～28歳	3.347	49	3.231	65

このような学習指導要領間で生じる科目得意度の差異には様々な原因が考えられるが，高校時代の科目の習得においては，その基礎を勉強する中学時代の学習の影響を受けると考えて良いであろう．より広範に学習指導要領の影響を捉えるために中学校までさかのぼってみていこう．表 3 をみると，中学時代において「教育現代化」以降，学習指導要領の変更にともない，理科と数学の授業時間が減少し，科目教科の軽減化の進行が確認できる．理科では「教育現代化」から「ゆとり」，数学では「新学力観」から「生きる力」の変更の際，それぞれ授業時間数が 70 時間と最も大きく削減されている．「生きる力」世代は最も理数系科目の授業時間数が少なく，最も多い「教育現代化」世代に比べて理科は約 70%，数学は 75%の水準まで低下していた．

表3 中学時代の理数系授業時間数（学習指導要領別）

	中学時代			
	学習指導要領		理数系授業時間数	
	実施年度	現年齢	理科	数学
学習系統性	1962	57歳～	420	385
教育現代化	1972	48～56	420	420
ゆとり	1981	36～47	350	385
新学力観	1993	27～35	315	385
生きる力	2002	～26歳	290	315

注) 理数系授業時間数は、中学3年間で受ける時間数。

3. 研究開発者の研究成果と高校時代の理数系科目の学習状況との関係

ここでは研究開発者の特許出願数や更新数が高校時代の理数系科目の習得状況や学習指導要領の各指標とどのような関係にあるのかを検証する。

被説明変数は特許出願数および更新数である。また、説明変数について、理数系科目の習得状況は表1で分けた3グループを利用し、選択者で不得意と回答したグループを基準として、科目の非選択者ダミーと選択者の得意ダミーを用いる。また学習指導要領の違いを考慮するために学習指導要領別の中学理数系授業時間数も説明変数として加える。なお高校時代の理数系科目の得意度と中学時代の理数系科目の授業時間数の相関関係が存在すると考えられるが、ここでの分析では科目の選択・非選択および得意か否かのダミーによるグループ分けであるため授業時間数と相関関係については問題のない水準であったため説明変数として同時に利用している⁵。このほか属性のコントロール変数として、年齢、女性、学歴、業種、入社直後の職種、企業規模を利用する。なお被説明変数として用いる特許出願数および更新数は、先述の通り、ベキ分布に従うことから、推定方法にはトービットモデルと、特許出願、更新の有無を被説明変数とするプロビットモデルによって分析を行う。

表4にトービットモデル、表5にプロビットモデルの結果を示した。まずトービットモデルの結果からみると、物理、数Ⅲともに選択かつ得意であることが非選択者や選択かつ不得意者と比べて出願および更新数を増加させる。さらに数Ⅲの非選択者は選択かつ不得意者よりも出願および更新数が減少して

⁵ 各グループダミーと授業時間数との相関関係について、最も高い相関でも絶対値で0.169であった。各相関係数については巻末の付表2を参照。

いた。また、中学時代の理数系授業時間は多いほど特許出願数が増える傾向が示された。ただし、中学時代の理数系授業時間の効果の統計的有意性は弱く、直接的に研究成果を高める効果は強いわけではない。その他の変数について、年齢は正の効果を示し、年齢が高いほど出願数や更新数が増える。また学歴が高いほど出願数や更新数が増え、海外における先行研究と同様の結果が得られた。

最後に、プロビットモデルによる分析結果をみておくと、中学の理数系授業時間が特許更新数においても正の効果を示した以外、おおむねトービットモデルによる分析結果と同じであった。

以上の結果から高校時代の物理および数Ⅲが得意であることは優秀な研究開発者となるための規定要因と考えられる。

表4 トービットモデルによる分析結果

被説明変数	特許出願数		特許更新数		特許出願数		特許更新数	
	物理				数Ⅲ			
	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4	
	coef.	s.e.	coef.	s.e.	coef.	s.e.	coef.	s.e.
(定数)	-127.544	13.719 **	-88.983	10.523 **	-124.429	13.682 **	-86.872	10.489 **
年齢	0.650	0.118 **	0.402	0.088 **	0.657	0.117 **	0.400	0.087 **
女性D	-0.748	2.986	-0.725	2.306	-1.694	2.960	-0.809	2.289
学歴: 短大・高専卒以下基準								
大学D	5.625	2.049 **	4.287	1.609 **	3.524	2.085 +	2.903	1.638 +
修士D	13.963	2.520 **	7.372	1.942 **	10.924	2.564 **	5.384	1.974 **
博士D	25.478	3.734 **	16.393	2.773 **	22.712	3.757 **	14.624	2.786 **
高校理数系科目の学習状況1: 選択・不得意基準								
物理・非選択者D	-0.641	2.331	1.759	1.762				
物理・選択者・得意D	7.724	1.714 **	4.602	1.312 **				
数Ⅲ・非選択者D					-10.461	2.273 **	-4.669	1.761 **
数Ⅲ・選択者・得意D					3.665	1.657 *	3.134	1.252 *
中学の理数系授業時間	0.036	0.021 +	0.022	0.016	0.040	0.021 +	0.024	0.016
産業	○		○		○		○	
担当職務	○		○		○		○	
企業規模	○		○		○		○	
1/σ	32.316	0.721 **	20.877	0.614 **	32.240	0.719 **	20.833	0.612 **
サンプルサイズ	3996		3996		3996		3996	
χ ² 乗	1127.6 **		731.2 **		1144.4 **		742.0 **	
Pseudo R ²	0.085		0.093		0.086		0.095	

表5 プロビットモデルによる分析結果

被説明変数	特許出願数		特許更新数		特許出願数		特許更新数	
	物理				数Ⅲ			
	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4	
	coef.	s.e.	coef.	s.e.	coef.	s.e.	coef.	s.e.
(定数)	-3.920	0.456 **	-4.256	0.506 **	-3.856	0.456 **	-4.186	0.506 **
年齢	0.016	0.004 **	0.016	0.004 **	0.017	0.004 **	0.016	0.004 **
女性D	0.024	0.095	-0.034	0.110	-0.020	0.094	-0.046	0.109
学歴: 短大・高専卒以下基準								
大学D	0.242	0.066 **	0.258	0.077 **	0.175	0.067 **	0.192	0.079 *
修士D	0.605	0.084 **	0.450	0.094 **	0.508	0.086 **	0.355	0.096 **
博士D	0.812	0.129 **	0.637	0.141 **	0.728	0.130 **	0.552	0.142 **
高校物理の学習状況1: 選択・不得意基準								
物理・非選択者D	-0.052	0.075	0.087	0.085				
物理・選択者・得意D	0.289	0.057 **	0.261	0.064 **				
数Ⅲ・非選択者D					-0.336	0.073 **	-0.207	0.084 *
数Ⅲ・選択者・得意D					0.144	0.056 *	0.185	0.062 **
中学の理数系授業時間	0.001	0.001 +	0.001	0.001 +	0.001	0.001 *	0.001	0.001 +
産業	○		○		○		○	
担当職務	○		○		○		○	
企業規模	○		○		○		○	
サンプルサイズ	3996		3996		3996		3996	
χ^2 乗	1237.2 **		765.3 **		1249.8 **		774.6 **	
Pseudo R2	0.265		0.218		0.268		0.220	

4. 高校時代における理数系科目の得意度の要因分析

優秀な研究開発者を規定する要因を議論するために、ここでは研究成果に影響を及ぼしていた高校時代の理数系科目の得意度の規定要因を探索する。特に、学習指導要領が新しくなるたびに減少する中学時代の理数系科目の授業時間数の効果に注目する。また研究開発者本人が高校時代に理数系科目にどのように取り組んでいたのかについても検討する。この取り組みについて「ほぼ毎回予習と復習をした」、「頻繁に塾や予備校に通い、そこで勉強した」そして「わからないことを高校の先生に頻繁に質問した」の3項目を取り上げ、該当するか否かを4点尺度で物理と数Ⅲについてそれぞれ回答する設問の回答結果を利用している。このほか通っていた高校の特徴や研究・技術者になることを意識し始めた時代も加えて検証を行う。推定方法は、6段階の得意度に対する回答を被説明変数とする順序プロビットモデルを用いる。

分析結果は以下の通りである（物理：表6，数Ⅲ：表7参照）。まず中学の理数系授業時間について、物理の得意度は理数系授業時間総数、理科時間数、数学時間数のすべてにおいて統計的に有意な正の効果をもたらし、また数Ⅲの得意度は

数学時間数のみが正の効果を示した。つまり学習指導要領の教科軽減、とりわ
表6 高校時代における物理の得意度

被説明変数	物理の得意度(6点尺度)					
	coef.	s.e.	coef.	s.e.	coef.	s.e.
閾値						
1/2	1.365	0.576 *	0.708	0.408 +	1.771	0.723 *
2/3	2.500	0.575 **	1.842	0.407 **	2.905	0.722 **
3/4	3.722	0.577 **	3.063	0.408 **	4.127	0.723 **
4/5	5.067	0.580 **	4.408	0.412 **	5.472	0.726 **
5/6	6.311	0.584 **	5.652	0.417 **	6.716	0.729 **
女性D	-1.135	0.128 **	-1.144	0.128 **	-1.129	0.128 **
年齢	0.006	0.005	0.000	0.007	0.015	0.004
研究・技術者を考え始めた時期：高校生以上基準						
小学生	0.509	0.095 **	0.511	0.095 **	0.508	0.095 **
中学生	0.221	0.089 *	0.221	0.089 *	0.220	0.089 *
中学の理数系授業時間						
理科・数学・総時間数	0.003	0.001 **				
理科時間数			0.005	0.002 **		
数学時間数					0.006	0.002 **
科目の学習取り組み						
授業の予習や復習	0.357	0.039 **	0.357	0.039 **	0.358	0.039 **
高校の先生に質問	0.086	0.041 *	0.085	0.041 *	0.085	0.041 *
塾・予備校に通って勉強	0.020	0.042	0.019	0.042	0.020	0.042
出身高校の特徴						
科学的興味をひく授業	0.101	0.027 **	0.101	0.027 **	0.101	0.027 **
先生へ質問のしやすさ	0.115	0.024 **	0.115	0.024 **	0.114	0.024 **
サンプルサイズ	3149		3149		3149	
$\chi^2(10)$	411.8 **		410.5 **		411.2 **	
疑似 R2 (Cox&Snell)	0.123		0.122		0.122	

け理数系科目の学習軽減が高校時代に学ぶ理数系科目の得意な生徒を減少させていることが示された。

また、高校時代に「授業に対する予習や復習を行うこと」そして「わからないことを先生に質問すること」を頻繁におこなっていた人ほど理数系科目の得意度が高かった。一方で塾や予備校に通って勉強することの効果は確認できなかった。次に、「科学的興味・関心をひく授業が多い」、「勉強でわからないことを先生に気軽に聞ける」という特徴をもつ高校で学んだ人ほど得意度が高い。さらに、技術者や研究者になることを考えはじめたのが小学生もしくは中学生など相対的に早い時期であった人ほど理数系科目の得意度が高くなる傾向が示された。

表 7 高校時代における数Ⅲの得意度

被説明変数	数Ⅲの得意度(6点尺度)					
	coef.	s.e.	coef.	s.e.	coef.	s.e.
閾値						
1/2	-0.054	0.588	-0.496	0.414	0.565	0.733
2/3	0.976	0.587 +	0.533	0.413	1.595	0.733 *
3/4	2.011	0.587 **	1.568	0.413 **	2.630	0.734 **
4/5	3.367	0.590 **	2.924	0.416 **	3.987	0.736 **
5/6	4.688	0.593 **	4.245	0.420 **	5.309	0.739 **
女性D	-0.644	0.117 **	-0.648	0.117 **	-0.636	0.117 **
年齢	-0.002	0.005	0.000	0.007	0.001	0.004
研究・技術者を考え始めた時期： 高校生以上基準						
小学生	0.161	0.096 +	0.164	0.096 +	0.158	0.096
中学生	0.122	0.092	0.123	0.092	0.122	0.092
中学の理数系授業時間						
理科・数学・総時間数	0.001	0.001				
理科時間数			0.001	0.002		
数学時間数					0.003	0.002 +
科目の学習取り組み						
授業の予習や復習	0.515	0.037 **	0.516	0.037 **	0.515	0.037 **
高校の先生に質問	0.093	0.041 *	0.092	0.041 *	0.094	0.041 *
塾・予備校に通って勉強	-0.010	0.037	-0.011	0.037	-0.010	0.037
出身高校の特徴						
科学的興味をひく授業	0.058	0.028 *	0.057	0.028 *	0.059	0.028 *
先生へ質問のしやすさ	0.062	0.026 *	0.062	0.026 *	0.061	0.026 *
サンプルサイズ	2973		2973		2973	
$\chi^2(10)$	340.944 **		340.0 **		342.7 **	
疑似 R2 (Cox&Snell)	0.108		0.108		0.109	

以上の分析結果から、まず高校の物理と数Ⅲの履修選択および得意度と研究開発者の特許出願数や更新数でみた研究成果との関係を検証したところ、物理および数Ⅲを選択し、それらが得意であるものは他のグループよりも研究成果が高いとの結果を得た。また、中学時代に受けた理数系科目の授業時間が少ない、つまり学習指導要領が新しい世代ほど研究成果が低かった。上記の結果を受け、高校の物理と数Ⅲの得意度の要因分析をおこなったところ、主として4つの要因が浮かび上がった。一つ目は、中学校で受けた理数系科目の授業時間が少ない人、つまり学習指導要領が新しい世代ほど物理や数Ⅲが不得意となる傾向が示された。二つ目は、高校時代の学習の取り組みも影響し、「授業に対する予習や復習を行うこと」そして「わからないことを先生に質問すること」を頻繁に行っていた人ほど得意度が高かった。ただし「塾や予備校に通い、そこで勉強すること」の効果は検出されなかった。三つ目として「科学的興味・

関心をひく授業が多い」「勉強でわからないことを先生に気軽に聞ける」という特徴や校風をもつ高校で学んだ人ほど得意度が高かった。さらに四つ目として、相対的に若いときに研究者や技術者になることを意識していた人ほど得意度が高かった。

こうした一連の分析結果において注目すべきは、学習指導要領の変更ごとに行われた教科学習の軽減化指標となる中学時代の理数系時間数の効果である。学習指導要領ごとの時間数の変化と高校時代の理数系科目の得意度（世代平均値）の関係を図5に示した。図から理科時間数と物理の得意度、数学時間数と数Ⅲの得意度が連動していることが見て取れる。

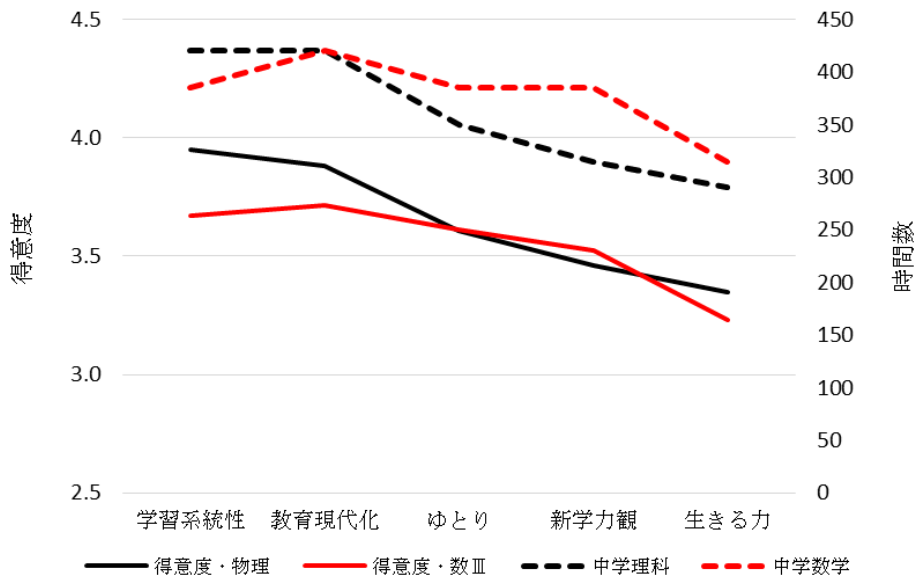


図5 高習指導要領別の中学理数系授業時間と高校時代の理数系科目の得意度

さらに、この中学時代の理数系科目の軽減化は高校時代の得意度を經由して間接的に研究成果に影響を及ぼすだけでなく、特許出願数に直接的にも影響を及ぼしていた。年齢別に特許指標と中学の理数系授業時間数を示したところ、学習指導要領の改訂ごとの授業数軽減と特許数の減少がよく対応していることが見て取れる（図6参照）。年齢が高く研究開発者として経験の長いことが特許出願や更新を行う機会を増やし、その結果、年齢が高い人ほど特許出願や更新数が多くなるといった年齢の効果を考慮しても、依然として、中学の理数

系授業時間数は特許出願数や更新数に対して有意な正の影響を及ぼしている。なお47歳以下の「ゆとり」において45歳あたりまで高い特許成果が出ている点については45歳以上の技術者は、小学校では、「ゆとり」ではなく「教育現代化」の授業を受けていたことが影響しているものと考えられる。

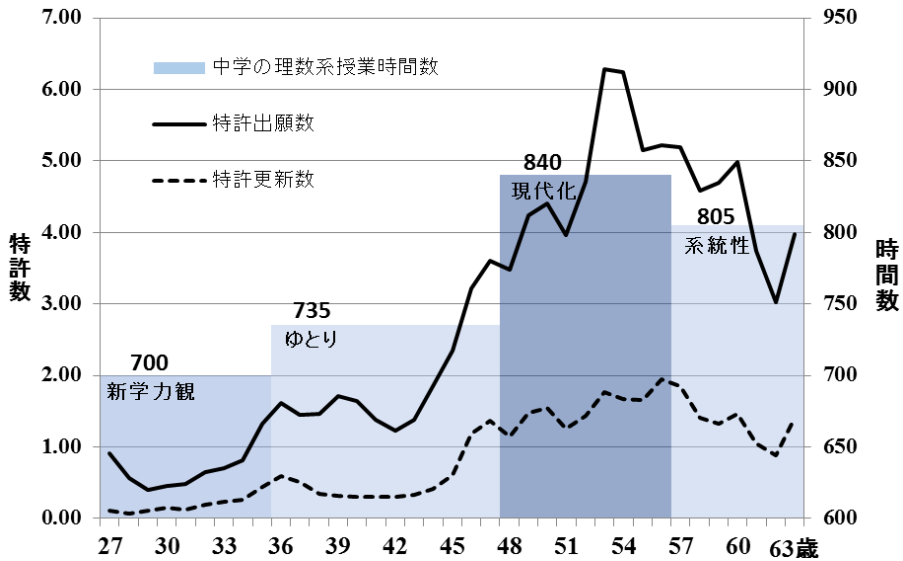


図6 学習指導要領別の中学理数系授業時間と特許指標（年齢別）

5. 研究開発力と理数系教育

中等教育における理数系科目の習得は優秀な研究開発者になるための重要な要素である。そうであるにもかかわらず学習指導要領の変更にともない、世代を追うごとに理数系科目の軽減化が図られたことは、これからを担う若い世代の研究開発者の人的資本蓄積を停滞させ、さらには研究開発者個人の研究開発力を低下させていた。そして1980年代の「ゆとり」をキーワードにした学習指導要領の変更以降の30年にも及ぶ長期的な理数系科目の軽減化は、今日の日本の研究開発力の低下の一因となったと考えられる。それゆえ、今後、優秀な研究開発者を育成していくためには、長期的に教育の質量ともに向上させる学習指導要領の変更が求められる。本研究の分析では、学習指導要領の質的な情報はなため質的な改善についてはおいておくが、2012年から実施されている直近の学習指導要領の変更では中学校の理数系授業時間が605時間から770時間に増えており、こうした量的な改善は望ましい対応と考えられる。

また本研究の知見から高校生の勉強への取り組みについてもみておこう。「ほぼ毎回予習と復習をした」、「頻繁に塾や予備校に通い、そこで勉強した」そして「わからないことを高校の先生に頻繁に質問した」の3項目の回答結果を学習指導要領別にまとめたところ、次のような世代間の違いが確認できた(表8参照)。まず「ほぼ毎回予習と復習をした」ことが該当する傾向は、ゆとり前の世代(学習系統性と教育現代化)のほうが強く、特に数Ⅲでは統計的に有意な差があった。一方、「頻繁に塾や予備校に通い、そこで勉強した」と「わからないことを高校の先生に頻繁に質問した」の2項目はゆとり以後の世代(ゆとり、新学力観および生きる力)のほうが該当する傾向が有意に強かった。こうした世代間の違いが、科目の得意度に対する取り組みの効果に、どのように影響を及ぼしたのかについてはより詳細な検討が必要であるが、たとえば新しい学習指導要領の世代ほど基礎学力が低いために予習復習を行うことが難しく、その結果、塾や予備校に頼る、もしくは高校の先生に頻繁に質問するという取り組みにつながっているのかもしれない。また、得意度に対して塾や予備校に通って勉強することの効果がみられなかったのは、ゆとり前の世代では、比較的学力の低い人が塾や予備校に通っていた傾向が強かったのが、近年、ゆとり以後の世代では受験競争の激化に伴い、基礎学力の高い人の多くも塾や予備校に通うようになったことが影響している可能性がある。

表8 高校の理数系科目に対する取り組み方について(学習指導要領世代別)

	物理			数学Ⅲ		
	ほぼ毎回予習と復習をした	頻繁に塾や予備校に通い、そこで勉強した	わからないことを高校の先生に頻繁に質問した	ほぼ毎回予習と復習をした	頻繁に塾や予備校に通い、そこで勉強した	わからないことを高校の先生に頻繁に質問した
ゆとり前の世代	2.05	1.36	1.74	2.38	1.50	1.75
学習系統性	2.10	1.33	1.80	2.44	1.42	1.79
教育現代化	2.03	1.37	1.71	2.34	1.54	1.73
ゆとり以後の世代	2.00	1.54	1.81	2.26	1.78	1.86
ゆとり	2.00	1.52	1.77	2.24	1.72	1.80
新学力観	1.92	1.62	1.88	2.34	1.97	2.00
生きる力	2.35	1.67	2.24	2.35	1.89	2.40
合計	2.03	1.45	1.77	2.32	1.64	1.81

注) 各項目の数値は、該当するか否かの4点尺度の回答の平均値であり、数値が大きいほど該当する傾向が強いことを意味する。また太字は世代間で統計的に有意な差(5%水準)があることを

示す。

このほか授業の予習や復習の励行、生徒がわからないところを質問できるような状況を作り上げることは重要である。また小学生や中学生などの早い段階から技術者や研究者になることを意識することが理数系科目を得意にし、優秀な研究開発者を生み出すことにつながる。さらに研究者や技術者になることを考えるきっかけとなった事柄についての質問に対して図7のように「理科・科学の実験」、「読書」「受けた授業内容」などが多くの回答を得ていることを併せ考えると、初等教育から理科・科学に興味をもたせる実験や読書を行うことで研究開発者という職業の存在を喚起することも優秀な研究開発者を育成するには効果的であると考えられる。

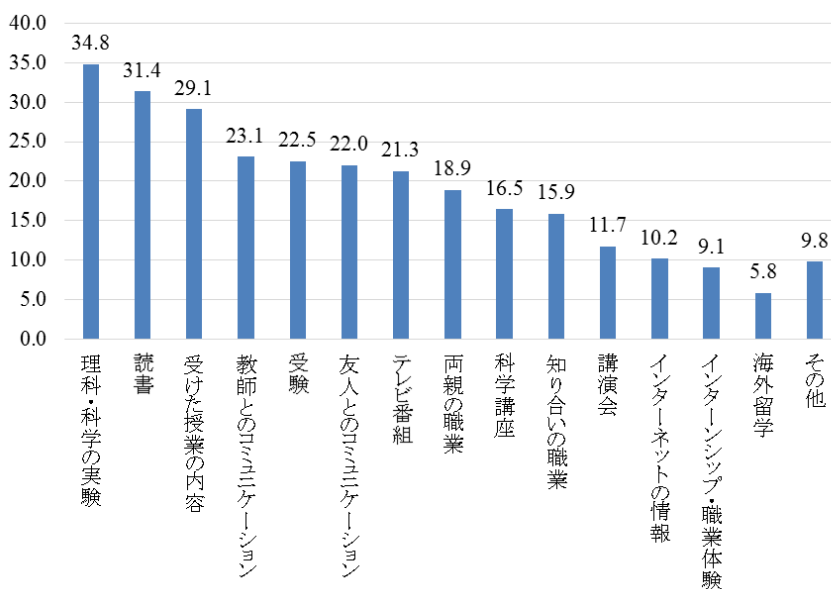


図7. 研究開発者になろうと考えたきっかけの出来事（複数回答）

6. 結語

近年みられる日本の研究開発力の低下は、一過性のものではなく、過去 30 年以上に渡り繰り返された学習指導要領の改定が関係しているとも考えられる。そこで、本研究では、学習指導要領の変更を考慮しながら高校時代におけ

る理数系科目の学習状況と、研究開発力を示す指標としての特許出願数や特許更新数との関係を分析した。

具体的には、学習指導要領が変更された年で年代を分け、高校時代における理数系科目の学習状況と、技術者になってからの特許出願数と特許更新数の関係を年代ごとに分析した。その結果、中学時代の3年間ゆとり教育を受けた47歳以下の世代と、それより上の世代では、特許出願数と特許更新数に大きな違いがあった。また、中学時代の数学と理科の時間数が高校時代における数学や物理を得意とする度合いと関係し、数学や物理が得意であるものは相対的に研究成果が高いことが示された。それによって、新しい世代ほど、中学時代の理数系科目の授業時間数が少なく、理数系科目を不得意として、技術者になってからの研究成果が少ないことが分かった。学習指導要領の変更のたびに、理数系科目の授業時間の減少が、研究開発者として必要な人的資本の蓄積を停滞させてきたと考えられる。

山内・長岡・米山（2011）によると、2004年に特許の料金体系が特許の出願から取得にかかる固定費を上昇させる一方、更新等の維持費を低下させることで価値が低い特許出願を抑制し、価値の高い特許出願を促進することが示され、本研究が研究開発者の成果として取り扱う特許出願や更新数は、特許制度の変更やそれに伴う企業の知財戦略の変化によって影響を受けると考えられる。また私立校卒業者に対する学習指導要領の変更の影響について、授業時間数の減少は、学習指導要領における指導内容の削減と対応している。指導内容の削減は、公立校、私立校に等しく影響するものである。また我々の分析データでは、私立卒業者の割合は、小学校が1.7%、中学校が6.9%、高校が20.7%であり、高校の理数系科目の得意度に影響すると考えられる小中の私立校卒業は10%に満たない状況であった。これらの点から公立校、私立校の違いは、本研究の分析に大きな影響を与えるものではないと考えられる。

本研究では、こうした特許制度の変更や私立卒業が及ぼす経路については考慮していないものの、中等教育における理数系の授業時間数が理数系科目の得意度に影響を及ぼし、その得意度がさらに特許数に影響を及ぼすという教育効果の経路が明確に示されたものと考えられる。理数系教育は、長期的な技術開発力に対して重要な影響を与えてきており、日本の経済競争力の根幹に関わっているという過言では無いであろう。高等学校までの学校教育が長期間に亘って一国の経済競争力に負の影響を与え続けてきたことの意味は大きい。学習指導要領の改定は、本来、長期的な視野に立って、十分な教育効果の検証を基に、行われなければいけないはずのものである。

付表 1 記述統計

	度数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
特許出願数	4129	0	250	3.325	14.27
特許更新数	4129	0	150	1.019	5.982
年齢	4129	20	65	48.55	9.528
女性ダミー	4129	0	1	0.110	0.313
高卒ダミー	4129	0	1	0.124	0.330
専門学校卒ダミー	4129	0	1	0.076	0.264
短大・高専卒ダミー	4129	0	1	0.056	0.229
大卒ダミー	4129	0	1	0.526	0.499
修士修了ダミー	4129	0	1	0.164	0.370
博士修了ダミー	4129	0	1	0.050	0.218
高校時代の物理の得意度	3146	1	6	3.744	1.380
物理：非選択ダミー	4109	0	1	0.234	0.424
物理：選択・不得意ダミー	4109	0	1	0.313	0.464
物理：選択・得意ダミー	4109	0	1	0.452	0.498
高校時代の数Ⅲの得意度	2970	1	6	3.639	1.419
数Ⅲ：非選択ダミー	4109	0	1	0.277	0.448
数Ⅲ：選択・不得意ダミー	4109	0	1	0.307	0.461
数Ⅲ：選択・得意ダミー	4109	0	1	0.416	0.493
中学の理数系授業時間数	4129	605	840	781.3	53.68
中学の理科授業時間数	4129	290	420	385.2	40.21
中学の数学授業時間数	4129	315	420	396.0	18.22
研究者・技術者になることを意識した時期					
小学生	4129	0	1	0.122	0.327
中学生	4129	0	1	0.151	0.358
高校時代の科目の学習取り組み					
物理：授業の予習や復習	3146	1	4	2.026	0.927
物理：高校の先生に質問	3146	1	4	1.774	0.946
物理：塾・予備校に通って勉強	3146	1	4	1.446	0.819
数Ⅲ：授業の予習や復習	2970	1	4	2.320	0.995
数Ⅲ：高校の先生に質問	2970	1	4	1.808	0.988
数Ⅲ：塾・予備校に通って勉強	2970	1	4	1.643	0.957
出身高校の特徴					
科学的興味をひく授業	4109	1	6	2.464	1.393
先生への質問のしやすさ	4109	1	6	3.152	1.586

付表 2. 高校時代の学習状況変数と中学理数系科目の授業時間数の相関関係

高校時代の学習状況	中学の理数系科目の授業時間数		
	理科・数学計	理科	数学
非選択ダメー	-0.150	-0.169	-0.092
物理 選択・不得意ダメー	-0.025	-0.027	-0.019
物理 選択・得意ダメー	0.151	0.169	0.096
非選択ダメー	-0.035	-0.046	-0.012
数Ⅲ 選択・不得意ダメー	-0.013	-0.008	-0.018
数Ⅲ 選択・得意ダメー	0.044	0.049	0.027

謝辞

本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「日本経済の持続的成長のための基礎的研究」の一環の成果であり、また、JSPS 科学研究費基盤 S #15H05729 および基盤 B #16H03598 の支援を受けた研究成果である。

参考文献

- 浮田裕 (2001), 「学習指導要領が高校物理教育にもたらしたもの：新学習指導要領への提言」, 『物理教育』 Vol.49(3), pp.273-276.
- 浦坂純子・西村和雄・平田純一・八木匡 (2002), 「数学学習と大学教育・所得・昇進—『経済学部出身者の大学教育とキャリア形成に関する実態調査』に基づく実証分析」, 日本経済研究, No.46, pp.22-43.
- 浦坂純子・西村和雄・平田純一・八木匡 (2008), 「ゆとり教育政策による格差拡大効果と企業による雇用可能性」, Journal of Quality Education, Vol.1, pp.19-27.
- 浦坂純子・西村和雄・平田純一・八木匡 (2012), 「高等学校における理科学習が就業に及ぼす影響：大卒就業者の所得データが示す証左」, 『評論・社会科学』 Vol.99, pp.1-14.
- 大根田裕・鈴木康志・傍士輝彦 (2004), 「学習指導要領改訂が計算力に及ぼす影響に関する調査・研究：4年目の報告」, 『日本数学教育学会誌』 Vol.86(6), pp.2-10.
- 荻谷剛彦・清水睦美・志水宏吉・諸田裕子 (2002), 『調査報告「学力低下」の実態」, 岩波ブックレット.
- 川口健一 (2009), 「日本の技術力を支える技術者の未来」中田喜文・電機総研編『高付加価値エンジニアが育つ 技術者の能力開発とキャリア形成』日本評論社, pp.145-162.
- 阪本孝志 (2005), 「新学習指導要領の研究 (第2報)：「教育内容の削減」が「学習

- 意欲」に及ぼす影響について」、『大阪体育大学短期大学部研究紀要』 Vol.6, pp.39-50.
- 鈴木勝・伊東敏 (2007), 「学習指導要領改訂の影響」, 『大学の物理教育』 Vol.13(1), pp.9-11.
- 富田秀昭 (2014), 「企業の技術力と R&D、特許関連指標」『広島大学経済論叢』 Vol.37(3), pp.73-87.
- 西村和雄・平田純一・八木匡・浦坂純子 (2013), 「理数系科目の学習に対する労働市場の評価」, 広島大学高等教育研究開発センター『大学論集』 Vol.44, pp.3-15.
- 日本学術会議 (2016) 「提言 これからの高校理科教育のあり方」 科学者委員会・科学と社会委員会合同広報・科学力増進分科会
- マンパワーグループ (2013) 『深刻な人材不足の到来—持続可能なワークフォース確保のための対策』.
- 文部科学省編 (2013) 『平成 25 年版科学技術白書』
- 山内勇・長岡貞男・米山茂美 (2011) 「特許制度の改正が企業の審査請求行動に与える影響—審査請求可能期間の短縮と特許料金体系の改定—」文部科学省科学技術政策研究所 Discussion Paper No.77.
- 八巻俊憲 (2012) 「ゆとり教育」政策とは何だったのか：その理科教育との関連」, 『日本科学教育学会年会論文集』 Vol.36, pp.321-322.
- Akhmat Ghulam, Zaman Khalid, Shukui Tan, Javed Yasir, Mushtaq Khan Muhammad, (2014), 'Relationship between educational indicators and research outcomes in a panel of top twenty nations: Windows of opportunity', *Journal of Informetrics*, Vol.8(2), pp.349-361.
- de Rassenfosse Gaetan and van Pottelsberghe de la Potterie Bruno, (2009), 'A policy insight into the R&D-patent relationship', *Research Policy*, Vol.38(5), pp.779-792.
- Furman Jeffrey L., Porter Michael E. and Stern Scott, (2002), 'The determinants of national innovative capacity', *Research Policy*, Vol.31(6), pp.899-933.
- Mariani Myriam and Romanelli Marzia, (2007), "'Stacking" and "picking" inventions: The patenting behavior of European inventors', *Research Policy*, Vol.36(8), pp.1128-1142.
- Schettino Francesco, Sterlacchini Alessandro and Venturini Francesco, (2013), 'Inventive productivity and patent quality: Evidence from Italian inventors', *Journal of Policy Modeling*, Vol.35(6), pp.1043-1056.
- Tong Xuesong and Frame J. Davidson, (1994), 'Measuring national technological performance with patent claims data', *Research Policy*, Vol.23(2), pp.133-141.