



RIETI Discussion Paper Series 21-J-039

日本の理数教育と研究開発力の推移

西村 和雄
経済産業研究所

宮本 大
同志社大学

八木 匡
同志社大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<https://www.rieti.go.jp/jp/>

日本の理数教育と研究開発力の推移

西村和雄（神戸大学／経済産業研究所）*

宮本大（同志社大学）**

八木匡（同志社大学）***

要 旨

2000年代に入り、日本の研究開発力が低下しつつあることが文部科学省の科学技術白書などから指摘されてきた。自然科学系の論文発表数や特許指標も、2010年代以降は、世界のトップから引き離されつつあり、日本の研究開発力の低下は一過性のものではない。この低下の原因はさまざまであろうが、理数教育が理系研究者の質に与えてきた影響も重要な要因の1つであることには異論がないであろう。

本研究では、2016年、2020年の2度に渡る調査データを活用することで、過去50年間に渡る理数科目の授業時間数の変化の推移が研究開発者になって以降の研究開発活動に影響を及ぼしているか否かの検討を行った。具体的には、約10年ごとに変更された中学時代における理数科目の授業時間数と、研究開発者になってからの特許出願数、特許更新数、そして学会等での発表数、学術雑誌等への掲載論文数などの研究開発アウトプットとの関係を分析した。前調査の結果と今回の調査結果を比較すると、世代間の特許数の差には、年齢の違いでは説明できない変化があり、その変化は中学時代の理数科目の授業時間数と相関していることが分かった。

キーワード： 研究開発力、特許出願数、特許更新数、理数教育、授業時間数

JEL Classification Codes : I23, I28, O32

RIETIディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

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「日本の経済成長と生産性向上のための基礎的研究」（代表：西村和雄ファカルティフェロー）の成果の一部である。また、日本学術振興会の科学研究費No.20H05633 and No. 16H03598による研究支援に感謝する。上東貴志神戸大学教授、堀井亮大阪大学教授には、我々の研究に対して頂いた有益なコメントに感謝したい。

* 神戸大学経済経営研究所教授、経済産業研究所FF

** 同志社大学経済学部教授

*** 同志社大学経済学部教授

1 序論

本研究では、研究開発者の研究成果と中学時代における理数科目の学習状況との関係を分析する。2016年、2020年の4年の間隔をおいた2つの調査データを分析することで、研究成果の違いが研究開発者の就業年数によるものか、それとも世代の違いによるものかを識別する。また、回答者の世代を学習指導要領が変更される約10年毎に分け、理数科目の時間数の変化の影響も分析する。

これまで日本は高い研究開発力を背景に経済成長してきたといわれている¹。しかし文部科学省『平成25年版科学技術白書』において、近年の日本の研究開発力が国際的な比較を通して低下していることが指摘され、さらに、その後の令和元年の同白書においても状況は改善されず、研究開発力の停滞が続いていることが示されている。科学技術・学術政策研究所(2020)『科学技術指標2020』によると、自然科学系の論文発表数は、1990年代には米国に次いで2位につけるなど世界をリードする位置にいたが、2000年代には3位、2010年代には4位と年々順位を落とし、またシェアもこの20年間で8.7%から4.2%と半分以下に低下した。さらに、2000年代から2010年代の10年間の論文数は上位10か国の中で唯一日本だけが減少していることが確認できる。こうした傾向は、世界の注目度の高い研究成果の指標として用いられる「他の論文から引用される回数が多い論文(Top10%の論文)」に絞ってみると、さらに顕著である(巻末付表1参照)。

順位	1996 - 1998年			2006 - 2008年				2016 - 2018年			
	国	論文数	シェア	国	論文数	増加率	シェア	国	論文数	増加率	シェア
1	米国	202,530	28.9	米国	238,912	18.0	24.2	中国	305,927	261.7	19.9
2	日本	60,704	8.7	中国	84,587	396.6	8.6	米国	281,487	17.8	18.3
3	英国	49,920	7.1	日本	66,460	9.5	6.7	ドイツ	67,041	20.4	4.4
4	ドイツ	49,305	7.0	ドイツ	55,674	12.9	5.6	日本	64,874	-2.4	4.2
5	フランス	36,668	5.2	英国	53,735	7.6	5.4	英国	62,443	16.2	4.1
6	カナダ	24,799	3.5	フランス	40,733	11.1	4.1	インド	59,207	103.4	3.9
7	イタリア	23,508	3.4	イタリア	34,517	46.8	3.5	韓国	48,649	87.0	3.2
8	ロシア	23,061	3.3	カナダ	32,718	31.9	3.3	イタリア	46,322	34.2	3.0
9	中国	17,034	2.4	インド	29,110	97.8	2.9	フランス	45,387	11.4	3.0
10	スペイン	15,509	2.2	スペイン	26,447	70.5	2.7	カナダ	41,071	25.5	2.7

注) 自然科学系の論文の集計であり、増加率は著者による追加である。

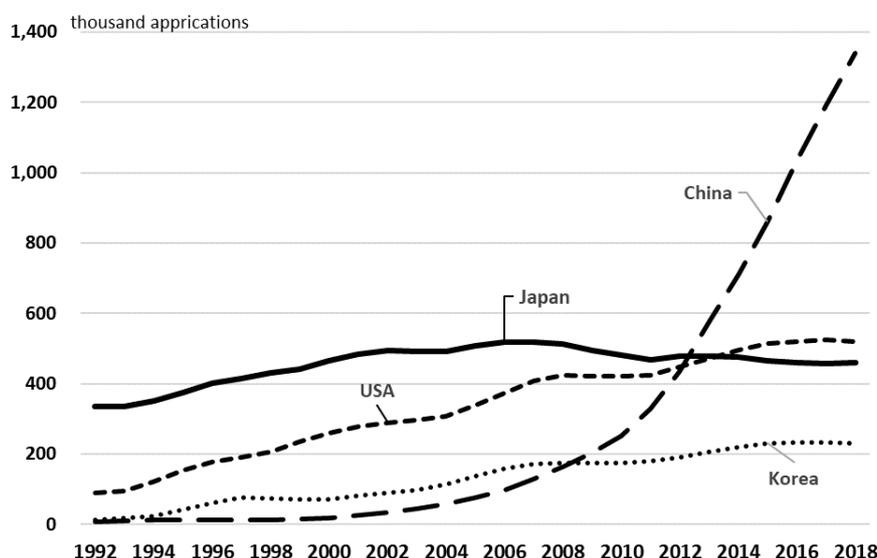
出所: 科学技術・学術政策研究所(2020)『科学技術指標2020』

表1. 国別論文数: 上位10か国

また日本の研究開発力の推移を特許の視点からも確認しておこう。日本人の特許出願数は2005年の約53万件をピークに、2018年には約46万件と1割以上も減少した(図1参照)。また2011年までは世界第一位の出願数であったが、現在では中国に大きく水をあけら

¹ 中田・電気総研(2009)

れ、アメリカにも抜かれ第3位へと後退している。この推移は先述した論文数ともリンクしており、ここでも日本の研究開発力が低下傾向にあることが確認できる。



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

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）

こうした研究開発の停滞には様々な要因が考えられるが、一つは、研究開発者数が影響していると考えられる。先の科学技術・学術政策研究所（2020）によると、最近の10年間に米国や中国の研究開発者数は20%を超えて増加している一方、日本では5%弱に留まり、相対的に、研究開発者の供給も停滞傾向にあることがわかる。こうした日本における研究開発者の供給停滞は、少子高齢化の影響もあるが、長らく高校生の物理Ⅱ相当の履修率が1割台にとどまるなど顕著な理系離れが影響している²。生徒や学生の理系離れの背景には、学習指導要領の変更にともなう理数科目の授業時間数の減少がある。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、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。

次に、研究開発力と教育の関係に注目した先行研究をみて行こう。海外の研究について、マクロレベルでは、GDPに対する教育支出と研究開発力との間には正の関係が存在することが明らかにされている³。また識字率や、中等および高等教育の入学者数といった人的資

² 物理の履修率の低下は日本学術会議（2016）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。また学力低下や学習意欲の低下は後述する先行研究レビューを参照。

³ Furman, Porter and Stern（2002）、Akhmat, Zaman, Shukui, Javed and Mushtaq Khan（2014）

本に関連する指標と研究開発者の生産性との間にも正の関係が示されている⁴。こうした研究結果は、質の高い研究開発者を育成することや、国の研究開発力を向上させることに対して教育が非常に有効であることを示している。またマイクロレベルの研究には、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数を有意に増加させることや、逆に大学院博士の学歴は特許の質に効果があることなどが明らかにされている⁵。ただしこれらの研究では教育政策との関係は必ずしも十分には検討されていない。

日本では、教育政策と研究開発力の変化を直接分析する研究は、マクロレベル、マイクロレベルのいずれにおいても、管見の限り見当たらない状況であった。ただし、学習指導要領の変更の度に、それが及ぼす様々な影響についての検証がなされ、とりわけ、ゆとり教育による教科内容の削減によって生徒の学力や学習意欲が低下したということが示されている⁶。こうした学習指導要領変更の影響に関する研究には、社会に出てからの影響を検討した西村や八木らによって行われた一連の研究がある⁷。それらが示した知見をまとめると、新しい世代になるほど学習指導要領の変更とともに、学習内容が削減され、特に理数科目の学習時間の削減が科目の得意度を下げ、それが社会に出てからの所得にも影響が及んでいること、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ことなどが指摘されている。また、本論文と問題意識を共有する研究として、2016年の調査データを用いた西村・宮本・八木（2018）がある。

本論文の構成は以下の通りである。2節では、調査データを用いて本研究で注目する各指標の状況を概観し、中学時代の理数科目の授業時間数と研究開発者の研究成果との関係を分析する。3節では、2016年調査のデータと比較し、分析結果を踏まえて学習指導要領の変更による理数科目の時間数の変化の影響について考察を行う。最後に4節では、本研究のまとめを述べる。

2 調査データを利用した研究開発力の概観

2.1 調査データからみる研究開発力に関する指標

本研究では、西村・宮本・八木（2017）でも利用した特許出願数と特許更新数といった特許指標に加えて、成果発表数や公表論文数（以下、発表・論文数）といった研究開発のアウト

⁴ de Rassenfosse and van Pottelsberghe（2009）

⁵ Mariani and Romanelli（2007）、Schettino, Sterlacchini and Venturini（2013）

⁶ たとえば1993、94年の学習指導要領の変更の影響は、浮田（2001）、荻谷・清水・志水・諸田（2002）など、また2002、03年の変更の影響は、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。

⁷ 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。

トアウトを研究開発力の代理変数として利用する⁸。調査データは2020年3月に調査会社の楽天インサイト株式会社に依頼し、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独立行政法人経済産業研究所が実施した2019年度「技術職・研究職の仕事と教育訓練に関するインターネット調査」の回答結果である。技術職・研究職のスクリーニングを行い、最終的な有効回答数は5000となっている⁹。

最初に、研究開発アウトプットに関する指標の分布を見てみよう（図2参照）。調査にお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。また発表・論文数とは、これまでのキャリアにおける学会等発表や学術雑誌等への論文掲載数（以下、発表・論文数）である。特許出願や更新をしたことがない人は、それぞれ3668人（全体の73.4%）、4248人（同、85.0%）、また発表・論文数が0である回答者は3203人（同、64.1%）であった。図2は、アウトプットが1以上の回答者（特許出願数1332人、特許更新数752人、発表・論文数1797人）であるが、すべての指標共通の特徴として、アウトプット数1~9が最も多く、アウトプット数が多くなるほど人数が減少していき、右裾の長いベキ分布に従うことが確認できる。

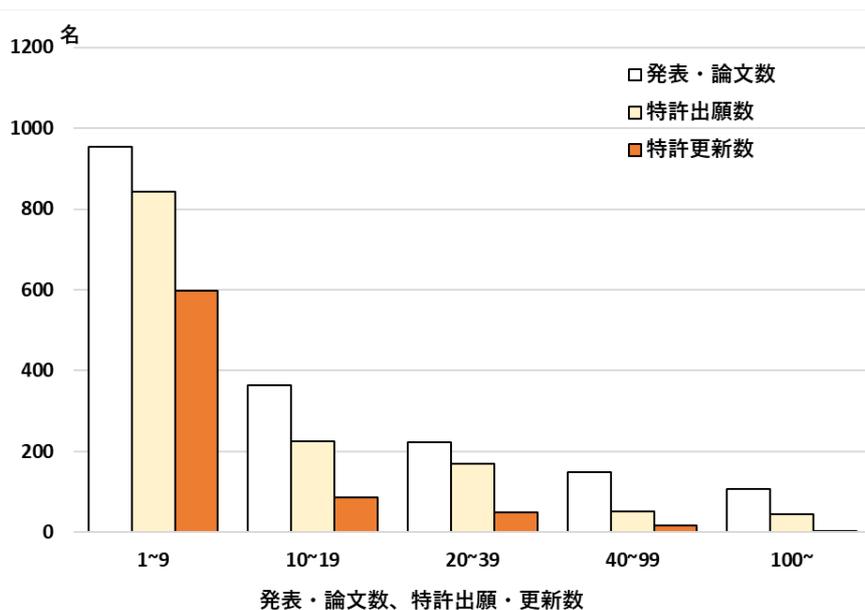
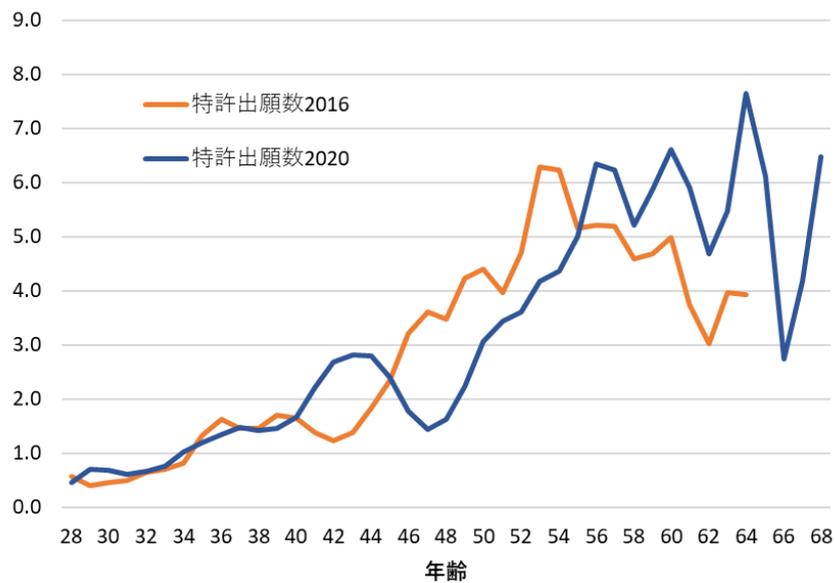


図2. 研究開発アウトプット指標の分布

⁸ 研究開発力を特許指標で検討する場合、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指摘（たとえば富田2014）があることは承知しているが、本研究で取り扱うデータには制約があることから本研究の分析では質的な情報については取り扱っていない。その代わりに、社内外での発表や論文などのアウトプットも研究開発力の代理指標とし、多様な観点から検討を行う。

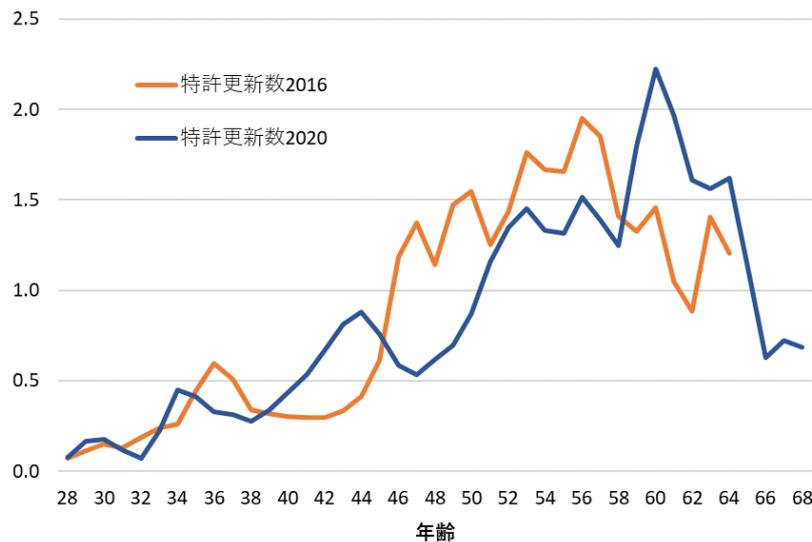
⁹ 西村・宮本・八木（2018）で利用した4年前の調査データは、2016年3月に、NTTコム オンライン・マーケティング・ソリューション株式会社のリサーチサービス「NTTコム リサーチ」を通じて、技術職もしくは研究職に就いている人、いわゆる研究開発者を対象として、インターネット調査「技術職・研究職の意識に関するアンケート調査」を実施したものである。技術職・研究職のスクリーニングを行い、最終的な有効回答数は4,129である。

次に、2016年の調査データも利用して、年齢別の特許出願数（前後3か年移動平均）の推移をみてみよう（図3.1参照）。オレンジ色のグラフは2016年に調査した4年前のデータであり、紺色のグラフが今回の2020年に調査したデータである。まず2016年調査データの推移からみていくと、20～30歳代では多少の上下はあるものの年齢とともに特許出願数が増加し、43歳あたりから50歳前半にかけて出願の数が急激に増加していることが確認できる。一方、2020年調査データの推移をみると、30歳代後半にやや大きな盛り上がりがあるが、特許出願が急激に増加する時期は47歳あたりからで、その増加は50歳代中盤まで継続している。両調査間には4年のラグがあり、それぞれ急激に出願数が増加する推移にも4年程度のラグがあり、この推移は両調査でほぼ重なっていることが示唆される。



注) 数値は年齢別の平均値であり、前後の年齢との3か年移動平均を取っている

図3.1 年齢別の特許出願数の推移：2016年・2020年調査データ



注) 数値は年齢別の平均値であり、前後の年齢との3か年移動平均を取っている

図 3.2 年齢別の特許更新数の推移：2016年・2020年調査データ

グラフが右上がりなのは、年齢効果と世代による特徴の違いが合成されたものである。もし、年齢効果のみで右上がりなのであれば、2つのグラフは重なるはずであるが、2020年のグラフの方が右にずれているように見える。実際、2016年のグラフを右に4年ずらして、2020年のグラフとの相関係数を測定したところ0.923と極めて強い相関が示され、二つのグラフがほぼ同じ形をしていて、4年のラグをもって重なることが確認できる¹⁰。グラフが、世代による単なる年齢効果以上の違いを表していることが推測される。なお特許更新数のグラフでも同様の状況が見て取れる(図3.2参照)。

2.2 中学校における学習指導要領の変遷と理数科目の授業時間

ここでは研究開発者の人的資本蓄積の基本となる学校教育における理数科目の状況に注目する。取り上げる指標は中学校時代の3年間に受けた理数科目の授業時間数である。理数科目の授業時間数は、学習指導要領が変更される度に、約10年毎に変化してきた。ここで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を古い順に、特徴を表すキーワードをもとに「学習系統性(中学時代の該当年度1962~71年)」、「教育現代化(1972~80年)」、「ゆとり(1981~92年)」、「新学力観(1993~2001年)」、「生きる力(2002~2011年)」と呼ぶこととする¹¹。

¹⁰ 更新数の同様な相関係数は4年ずらして重ねた場合に0.895であった。

¹¹ 授業時間授業時間の推移については、国立教育政策研究所の学習指導要領データベース <https://www.nier.go.jp/guideline/> で確認できる。特に、中学の時間数については、
 学習系統性：昭和33年度告示、昭和37(1962)年度施行<https://www.nier.go.jp/guideline/s33j/index.htm>
 教育現代化：昭和44年度告示、昭和47(1972)年度施行<https://www.nier.go.jp/guideline/s44j/index.htm>
 ゆとり：昭和52年度告示、昭和56(1981)年度施行<https://www.nier.go.jp/guideline/s52j/index.htm>

表2をみると、中学時代において1981年からの「ゆとり」以降、学習指導要領の変更にともない、理数科目の授業時間が減少していることが確認できる。理科では、「教育現代化」までは中学時代の3年間に420時間あったが、それ以降、350時間、315時間、さらに「生きる力」の290時間へと、3度の学習指導要領の変更に伴い、30%ほど授業時間が削減されることとなった。また数学でも「教育現代化」の420時間から「生きる力」までに315時間と25%削減されている。

ここで改めて表2の対象年齢をみると、各学習指導要領の年齢層の中心は、学習系統性は60歳代、教育現代化は50歳代、ゆとりは40歳代、新学力観は30歳代、生きる力は20歳代となっており、年齢階級別の研究開発アウトプットの推移を見た図3の年齢階級とほぼ重なっている。すなわち、中学時代の理数科目の授業時間も現在の40歳代を中心とする「ゆとり」以降に大きく削減され、40歳代と50歳代の間で段差が生じている。

学習指導要領 (実施期間)	対象年齢	理数科目の授業時間数		
		理科	数学	合計
学習系統性 (1962-71)	61歳以上	420	385	805
教育現代化 (1972-80)	52~60歳	420	420	840
ゆとり (1981-92)	40~51歳	350	385	735
新学力観 (1993-2001)	31~39歳	315	385	700
生きる力 (2002-11)	30歳以下	290	315	605

注) 対象年齢は、中学1年生から3年間、該当する学習指導要領のもとで学んだ年齢層を示している。

表2. 中学時代における理数教育の授業時間数：学習指導要領別

2.3 中学時代の理数科目の授業時間数と研究開発者のアウトプットとの関係

本節では先述した「技術職・研究職の仕事と教育訓練に関するインターネット調査」から得た個票データを用いて、研究開発者の研究開発アウトプットと中学時代の理数科目の授業時間数との関係を検証する。

被説明変数は、社会人となって以降の特許出願数と特許更新数に加えて発表・論文数を用いる。ただし、すべての被説明変数は、就業年数が長い人ほど多くなるという特徴（以下、就業年数効果と呼ぶ）をもつことから、こうした就業年数の影響をコントロールするために社会人となってから以降の通算就業年数で除した就業年数1年あたりの数値を利用する。次に、説明変数は、学習指導要領別の中学時代の理数科目授業時間数を用いる（記述統計は

新学力観：平成元年度告示、平成5（1993）年度施行<https://www.nier.go.jp/guideline/h01j/index.htm>

※理科の授業時間は315~350で学校が選択可能 最低でも315時間は実施しているということで315にした。

平成10年度告示、平成14（2002）年度施行<https://www.nier.go.jp/guideline/h10j/index.htm>

巻末の附表2を参照)¹²。被説明変数が図2で示した通り、べき分布に従っていることから、推定方法は0を下限とするタイプIのトービットモデルを用いる。なお、モデルの推定においては、属性のコントロール変数として、女性、学歴、業種、入社直後の職種、企業規模を説明変数に加えて分析しているが、分析結果の議論に直接関係しないこともあり、紙面の都合上掲載を割愛している。

表3～5で、特許出願数、特許更新数、そして発表・論文数を被説明変数とする分析結果をそれぞれ示している。その結果、すべての研究開発のアウトプットにおいて、理科、数学、理数合計の授業時間数が正の相関をもつことがみられ、就業年数1年あたりの研究開発のアウトプットに対して、中学時代の理数科目の授業時間数が影響を及ぼしていると考えられる。そのほか属性の効果については、女性ダミー変数に有意な負の相関が検出され、男性に比べて、女性の研究開発者の研究開発アウトプットが少ないことが示された。また学歴の効果について、大学卒ダミー変数、修士修了ダミー変数、および博士修了ダミー変数に、すべて有意な正の相関が見いだされ、大学未満の学歴の研究開発者と比べた場合、より学歴が高い研究開発者ほど研究開発のアウトプットが増えることが明らかになった。

	特許出願数／就業年数					
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
女性ダミー	-0.2169	0.0939 **	-0.2869	0.0940 **	-0.2230	0.0941 **
大卒ダミー	0.3802	0.0538 ***	0.3826	0.0539 ***	0.3829	0.0538 ***
修士ダミー	0.7626	0.0633 ***	0.7157	0.0630 ***	0.7539	0.0633 ***
博士ダミー	1.0297	0.1125 ***	0.9643	0.1125 ***	1.0134	0.1126 ***
中学時代授業時間数:						
理科	0.0046	0.0005 ***				
数学			0.0047	0.0009 ***		
理数合計					0.0029	0.0003 ***
定数項	-1.8959	0.1963 ***	-2.0380	0.3610 ***	-2.3766	0.2677 ***
1/σ	0.8800	0.0179 ***	0.8863	0.0181 ***	0.8821	0.0180 ***
サンプルサイズ	4996		4996		4996	
χ ² 乗	1758.7		1691.1		1739.8	
Pseudo R ²	0.2467		0.2372		0.2441	

注) 業種、担当技術領域、企業規模をコントロールして分析を行っているが、それらの分析結果は省略している。Significant at: +0.1 level; *0.05 level; **0.01 level

表3. 分析結果1：特許出願数／就業年数

¹² 特許出願数、特許更新数の説明変数としては、中学時代の理数科目授業時間数以外に、高校時代の物理、数学IIIの得意度が考えられる。しかしながら、2016年の調査データを用いた分析では、物理・数学IIIの得意度を説明する上において、中学時代の理数科目授業時間数が統計的に有意であった。そのため、本分析では高校時代の物理・数学IIIの得意度を説明変数から除去し、理数科目授業時間数のみを用いることとした(西村・宮本・八木(2017)参照)。

特許更新数／就業年数						
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
女性ダミー	-0.1927	0.0677 ***	-0.2267	0.0678 ***	-0.1982	0.0679 ***
大卒ダミー	0.1824	0.0360 ***	0.1845	0.0360 ***	0.1836	0.0360 ***
修士ダミー	0.3504	0.0415 ***	0.3317	0.0413 ***	0.3466	0.0415 ***
博士ダミー	0.4867	0.0695 ***	0.4614	0.0693 ***	0.4806	0.0695 ***
中学時代授業時間数:						
理科	0.0019	0.0003 ***				
数学			0.0018	0.0006 ***		
理数合計					0.0012	0.0002 ***
定数項	-1.0628	0.1274 ***	-1.0668	0.2339 ***	-1.2524	0.1733 ***
1/σ	0.4773	0.0134 ***	0.4788	0.0135 ***	0.4779	0.0134 ***
サンプルサイズ	4996		4996		4996	
χ ² 乗	1114.2		1083.4		1105.0	
Pseudo R ²	0.2909		0.2829		0.2885	

注) 業種、担当技術領域、企業規模をコントロールして分析を行っているが、それらの分析結果は省略している。Significant at: +0.1 level; *0.05 level; **0.01 level

表 4. 分析結果 2 : 特許更新数／就業年数

発表・論文数／就業年数						
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
女性ダミー	-0.0440	0.1659	-0.1340	0.1656	-0.0523	0.1663
大卒ダミー	0.4646	0.1001 ***	0.4649	0.0998 ***	0.4672	0.1000 ***
修士ダミー	1.3547	0.1249 ***	1.2942	0.1239 ***	1.3427	0.1247 ***
博士ダミー	2.6273	0.2399 ***	2.5407	0.2387 ***	2.6041	0.2396 ***
中学時代授業時間数:						
理科	0.0057	0.0010 ***				
数学			0.0055	0.0018 ***		
理数合計					0.0035	0.0007 ***
定数項	-3.1115	0.3961 ***	-3.1774	0.7118 ***	-3.6748	0.5364 ***
1/σ	2.0622	0.0362 ***	2.0604	0.0361 ***	2.0616	0.0362 ***
サンプルサイズ	4996		4996		4996	
χ ² 乗	1103.6		1078.4		1096.4	
Pseudo R ²	0.0976		0.0953		0.0969	

注) 業種、担当技術領域、企業規模をコントロールして分析を行っているが、それらの分析結果は省略している。Significant at: +0.1 level; *0.05 level; **0.01 level

表 5. 分析結果 3 : 発表・論文数／就業年数

3 1年あたりの年齢階級別特許数の分析

表3～5では、就業年数効果をコントロールするために、各研究開発のアウトプット指標を就業年数で除し、就業年数1年あたりの数値に変換した。その結果、中学時代の理数科目の授業時間数が正の影響を及ぼしていた。中学時代の理数科目の授業時間数は、学習指導要領の変更に伴い変化してきた。すなわち、学習指導要領の変化が、研究開発者になってからの研究開発アウトプットの量に影響している可能性がある。

そこで、本研究で利用した3つの研究開発アウトプットの年齢階級別の分布をみていこう（図4参照）。図4は、特許出願数を就業1年あたりの平均数を利用して、年齢階級ごとに平均したものである。20歳代から30歳代への世代の変化には就業年数の増加に伴うアウトプットの増加傾向がみられるが、30歳代と40歳代の世代の間では就業年数が増えているにもかかわらず、ほとんどアウトプットに変化が見られない。同様に、50歳代と60歳代の世代の間でもアウトプットに変化が見られない。ところが、40歳代から50歳代へは、短破線部分で見られるように、特許出願数が急激に増加していて、40歳代以前と50歳代以降では段差が生じているとみることができる¹³。発表・論文数をみると、特許出願数ほど明確ではないものの、40歳代から50歳代への変化は同様に急激である。ただし特許更新数に関しては、先の二つの指標のような明確な違いは確認できなかった。

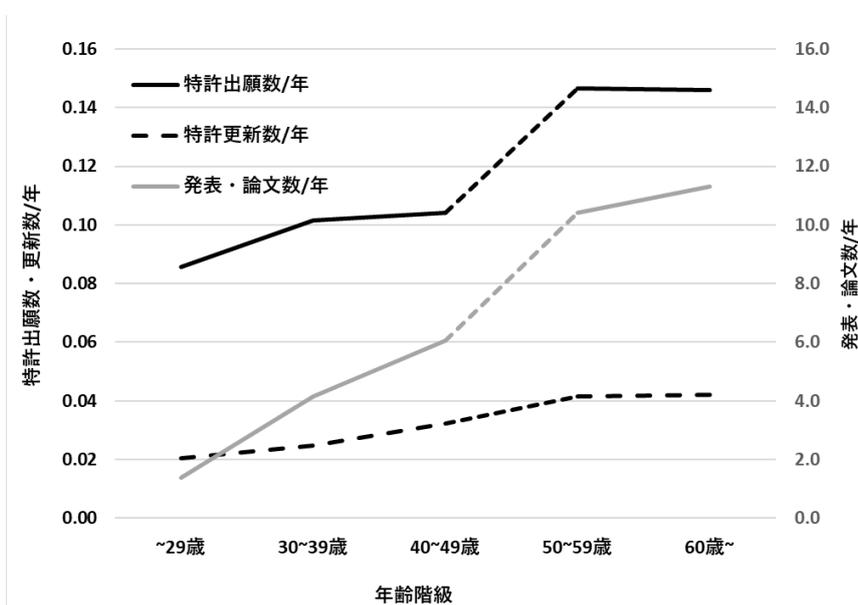


図4. 年齢階級別の研究開発アウトプットの推移

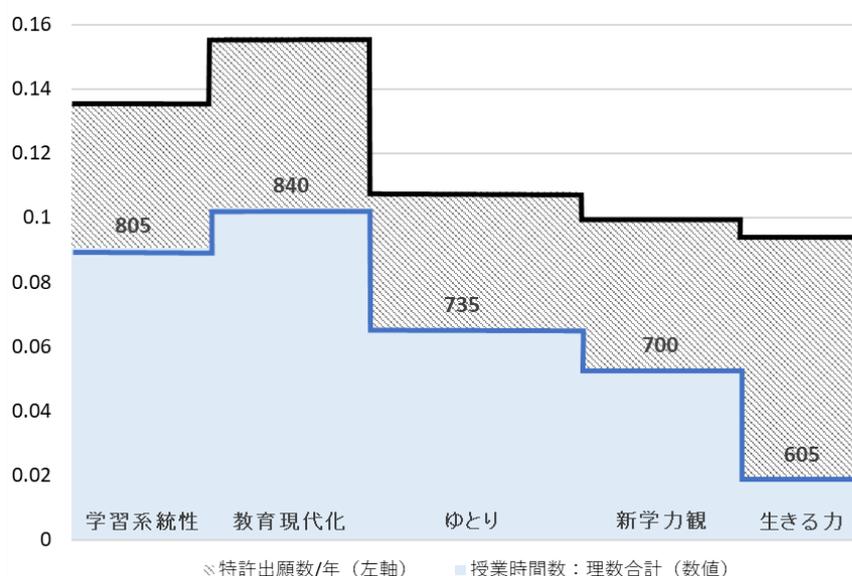
次に、就業年数1年あたりの特許出願数と中学時代の理数科目の授業時間（理数合計）を学習指導要領別に見ていこう。図5は、就業年数1年あたりの特許出願数の棒グラフ（斜

¹³ このような構造的変化は、前回の調査でも、就業年数当たりのデータではなかったが46歳と47歳の間で存在した。

線)と理数科目の授業時間数の棒グラフ(水色)を重ね合わせたものである。それぞれの数値は、中学3年間を同じ学習指導要領で学習した世代の平均値となっている。グラフの横軸は年齢であるが、学習指導要領との関連を明記するため、各学習指導要領に対応する年齢層で区切っており、横軸の年齢層の横幅は、各学習指導要領の期間と回答者の年齢に応じて調整している¹⁴。

この図をみると、「学習系統性」から「教育現代化」への変更に伴い授業時間数が増加しているのに対して特許出願数も増加している。そして教育現代化以降の授業時間数の減少とともに特許出願数も減少していることが確認でき、二つの変数間の推移がリンクしていることがわかる。

この点は上述したように、表3～5の特許出願数、特許更新数、そして発表・論文数決定モデルにおいて、理数合計の授業時間数が統計的に有意に正になっている点と整合的となっている。また、学習指導要領別の特許出願数と理数科目の授業時間数との推移が重なることは、研究開発者のアウトプットが就業年数や年齢とともに高まるのではなく、40歳代と50歳代の間、つまりは「ゆとり」以降と「教育現代化」以前のコーホート間で研究開発のアウトプットレベルに差異が生じ、学習指導要領の変更に伴う理数教育の軽減が研究開発者になってからの研究開発アウトプットに影響していると推測される。ゆとり教育以降の理系教科内容の量的軽減は研究開発にプラスの影響を与えず、今般の日本の研究開発力の停滞の一因となっている可能性がある。



注) 特許出願数は就業年数1年あたりの数値。また授業時間数は理科と数学の合計。

¹⁴ 中学時代の1年生で受けた授業の学習指導要領は、古い順にそれぞれ10年、9年、12年、9年、10年の期間実施されているが、本研究で利用したデータにおいて、最も古い「学習系統性」を受けた回答者は61歳から69歳までしかいないため9年分(本来は61-70歳)、また最も新しい「生きる力」は23歳から30歳となるため8年分(本来は21-30歳)の幅としている。

それぞれの数値は、中学3年間を同じ学習指導要領で学習した世代の平均値となっている。授業時間数の推移のグラフと特許出願の推移のグラフを重ねている。グラフの高さの数値は積み上げではない。

図5 学習指導要領別の特許出願数と理数科目の授業時間数の推移

4 結論

本研究は、学習指導要領の変更に伴う中学時代の理数科目の軽減と研究開発力を示す指標との関係を検討した。具体的には、学習指導要領が変更された年で世代を分け、中学時代における理数科目の授業時間数と、研究開発者になってからの特許出願数、特許更新数、そして発表・論文数との関係について就業年数の影響をコントロールしながら分析を行った。その結果、中学時代の3年間に「ゆとり教育」以降の学習指導要領の下で理数科目の授業を受けた40歳代以下の世代と、50歳代以上の世代では、研究開発成果の指標に違いがみられた。また、中学時代の数学や理科の授業時間数が研究成果の指標と正の相関をもつことが明らかとなった。

このことは、新しい学習指導要領で学んだ世代ほど、中学時代の理数系科目の授業時間数が少なく、研究開発者になってからの研究成果が少なくなっていることを意味し、学習指導要領の変更のたびに理数科目の授業時間が減少したことが、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。さらに、その結果が、近年の日本における研究開発力の低下の一因になっているとも考えられる。研究開発者の人的資本の蓄積に関しては、単に中学時代の理数系科目の授業時間のみではなく、小学校、高等学校のカリキュラムの変更、大学の入学制度と科目履修制度の変化も影響を与えていて、中学校の理数系科目の授業時間がそれらの代理変数となっていると考えられる。また、小・中・高校生の理数系科目に対する興味・関心が低下していることも重要な要因である。中学校の理数系科目の授業時間数が生徒の興味・関心に影響するとともに、小学校のカリキュラムも生徒の理科への興味・関心を左右している（西村、宮本、八木（2017））。このため、今後、学習指導要領の改訂を通じて研究開発力を改善するとすれば、中学校だけでなく、小学校から大学にかけての理科教育のあり方に関して、検討していく必要がある。

本研究が取り上げている2002年の学習指導要領「生きる力」のあと、国際的な学力調査において日本の学力低下が顕著となり、ゆとり教育への批判が高まり、2012年に変更された学習指導要領では「脱ゆとり教育」への転換を受け、中学時代の理数科目の授業時間数が増加するに至った。「脱ゆとり教育」以降で学んだ最初の世代は現在ようやく20歳を過ぎたばかりで、研究開発者としてまだ社会に出ていないため「脱ゆとり教育」の影響を検討できない状況にある。しかし、この2012年の中学時代の数学時間数の増加が2015年の国際数学・理科教育動向調査の数学スコアの上昇と関係していることが黒川・秋葉（2020）によって明らかにされていること、さらに本研究の結果に基づけば、近年の理数教育の改善は研究開発者の成果改善につながることを期待できるといえよう。

以上の議論から、過去から将来行われる理数教育は、長期的な研究開発力に対して重要な影響を与えており、それは一国の経済成長の根幹にも関わっている。中学校の学校教育が長期間に亘って一国の経済成長に負の影響を与え続けてきたことの意味は大きい。学習指導要領の変更は長期的な視野に立って、十分な効果の検証を下に行われなければならない。

【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.
- 科学技術・学術政策研究所 (2020) 『科学技術指標 2020』
- 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.
- 黒川直樹・秋葉まり子 (2020) 「教育制度の変化が学業成績に与えた影響について : TIMSS2003~2015 を用いた分析」 『弘前大学教育学部紀要』 Vol.123, pp.69-78.
- 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.
- 中田喜文・電機総研編 (2009) 『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.
- 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
- 西村和雄・宮本大・八木匡 (2017), 「学習指導要領の変遷と失われた日本の研究開発力」, 経済産業研究所、2017年3月 DP 17-J-015
- 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

- 文部科学省編 (2013) 『平成 25 年版科学技術白書』
- 文部科学省編 (2019) 『令和元年版科学技術白書』
- 八卷俊憲 (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(66), 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.

付表1 国別 Top10%の論文数：上位 10 か国

順位	1996 - 1998年			2006 - 2008年			2016 - 2018年				
	国	論文数	シェア	国	論文数	増加率	シェア	国	論文数	増加率	シェア
1	米国	30,791	44.0	米国	35,516	15.3	36.0	米国	37,871	6.6	24.7
2	英国	5,880	8.4	英国	7,086	20.5	7.2	中国	33,831	412.7	22.0
3	ドイツ	4,619	6.6	中国	6,598	721.8	6.7	英国	8,811	24.4	5.7
4	日本	4,237	6.1	ドイツ	6,079	31.6	6.2	ドイツ	7,460	22.7	4.9
5	フランス	3,432	4.9	日本	4,461	5.3	4.5	イタリア	5,148	66.1	3.4
6	カナダ	2,939	4.2	フランス	4,220	23.0	4.3	オーストラリア	4,686	87.9	3.1
7	イタリア	1,955	2.8	カナダ	3,802	29.4	3.9	フランス	4,515	7.0	2.9
8	オランダ	1,755	2.5	イタリア	3,100	58.6	3.1	カナダ	4,423	16.3	2.9
9	オーストラリア	1,539	2.2	スペイン	2,503	110.0	2.5	日本	3,865	-13.4	2.5
10	スイス	1,247	1.8	オーストラリア	2,493	62.0	2.5	インド	3,672	115.5	2.4

注) 自然科学系の論文の集計であり、増加率は著者による追加である。Top10%とは、他の論文に引用されている回数で順位付けした上位 10%の論文を指し、世界から注目される質の高い論文であるとみなされる。

出所：科学技術・学術政策研究所『科学技術指標 2020』

付表2 記述統計

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
特許出願数/就業年数	4996	0.1255	0.4619	0	10
特許更新数/就業年数	4996	0.0357	0.1694	0	3.33
発表・論文数/就業年数	4996	0.3312	1.2101	0	21.9
特許出願数	5000	3.2986	13.0070	0	200
特許更新数	5000	0.9428	4.7365	0	100
発表・論文数	5000	7.8304	28.1099	0	400
就業年数	4996	26.159	10.434	0	51
男性ダミー	5000	0.9292	0.2565	0	1
女性ダミー	5000	0.0708	0.2565	0	1
高卒ダミー	5000	0.1350	0.3418	0	1
専門学校卒ダミー	5000	0.0826	0.2753	0	1
短大卒ダミー	5000	0.0542	0.2264	0	1
大卒ダミー	5000	0.5326	0.4990	0	1
修士ダミー	5000	0.1726	0.3779	0	1
博士ダミー	5000	0.0222	0.1473	0	1
理科授業時間数	5000	370.74	43.788	290	420
数学授業時間数	5000	391.77	23.544	315	420
理数合計授業時間数	5000	762.51	63.545	605	840