

パンデミックから懸念される

## 教育停滞と経済損失

OECD-PISA のデータに基づく相関解析と“STREAM”の導入

# Education Loss and Financial Damage concerned by the pandemic

Correlation Analysis based on OECD-PISA score data base  
and a brief introduction to STREAMM

伊東 乾\* 石川光春\* 北川達夫\*\*

Ken ITO\* Mitsuharu ISHIKAWA and Tatsuo KITAGAWA\*\*

### 梗概

COVID-19 の世界的蔓延のため各地で都市封鎖や学校の閉鎖が進み、教育の遅滞が中長期的に経済損失に結びつくことが懸念されている。この問題に対して、従来は貧困に結び付けて予測が議論されてきた。本論考では OECD の学習到達度調査 PISA の成績分布をもとに、学力低下と経済損失を相関させるモデルを構築、検討することで、履修の時間や形態に制約が掛かるパンデミック期間中や克服の直後に、どのような科目に注力して教育の実施あるいは再建を検討すべきか、国ごと、あるいは社会ごとの実態に即して検討する最初のフレームワークを素描する。

Key words : COVID-19, OECD, PISA, education loss, GDP, marginal education accumulation

---

\*東京大学大学院情報学環 113-0032 東京都文京区本郷 7-3-1

\*\*星槎大学 〒259-0111 神奈川県中郡大磯町国府本郷 1805-2

\*Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku 113-0032 Tokyo JAPAN, Mail to: itosec@iii.u-tokyo.ac.jp

\*\* Seisa University

1805 Kouno Hongo, Oiso-machi 259-0111 Kanagawa JAPAN

## 1 パンデミック、教育喪失と経済損失

2019 年末、中国から始まった COVID-19 の世界的蔓延のため、2020 年以降、世界各地で都市封鎖が進んでいる。またこれに伴い、各国、各地域で学校の閉鎖が進み、教育喪失 Education loss が深刻な問題として認識されつつある。

OECD は対抗策として遠隔教育の重要性を指摘[1]し、各国で急ピッチの準備が進められているが、日本は発展途上国を含めた調査で遠隔学習の準備が世界最低にランキングされている[2]。

WHO などは COVID-19 の抗体療法確立に要する期間を最低 18 か月程度としているが、この見通しは充分楽観的なものであるとの指摘もなされている。一般にワクチンの確立には 5 年～10 年の年月を要する。さらにコロナ・ウイルスに関しては、ワクチンの確立が極めて困難であることが知られている。実際、世界的に流行した SARS, MERS については、2020 年時点でワクチンは確立されていない。

このような状況のもと、集団的免疫の確立に事態の打開を託すると考えるなら、少なく見積もっても 2-3 年、一般的には 5 年程度の時間を要することが避けられない。

数年単位に及ぶ社会的閉鎖状況が持続する可能性が想定され、経済の破綻も、単なる不況を超えた恐慌の発生が懸念されている。中長期的に続くパンデミックと社会の閉塞、経済破綻などは教育にも重篤な影響を及ぼすと考えられる。また教育の停滞や断絶は、中長期的に社会経済に負の影響を及ぼし続けることが予想される[3]

従来から、教育の遅滞が中長期的に経済成長の障害、ないし経済損失に結びつくことは指摘されてきたが、多くの先行研究は学力を陽に扱わず、いったん貧困に結び付けたうえで予測が議論されている[4]。

Georgia Institute of Technology の Eric DiCorrado, Kayla Kelly と Malcolm Wright は、OECD（経済協力開発機構）が 2000 年から 3 年ごとに実施している PISA（生徒の学習到達度調査）の「数学的リテラシー」成績に注目し、国ごとの成績と GDP の相関を線形回帰分析を用いて検討、興味深い試算を行っている[5]。DiCorrado らの解析は 2012 年の PISA の結果から「数学的リテラシー」のスコアだけを取り出し、すべての参加国の成績を線形回帰して係数を求めている。このような解析では、先進国と途上国、OECD 加盟国と非 OECD、あるいは農業国と工業国、資産経済中心の国家などのデータを合算するため、算出される回帰直線の傾きの意味は限定的である。また数理能力の成績だけではなく、PISA の 3 評価項目「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」「読解力」各々について解析することで、より多くの知見が得られるだろう。そこで 2018 年 PISA のデータを用いて解析を行った。本稿ではその速報として手法ならびに結果の一部を紹介する。

## 2 “G7 - 2”の PISA Score に見る学力-GDP 相関

私たちは 2018 年に実施された PISA の成績をもとに解析を開始した[6]。Fig.1 として G7 構成国である米国、日本、ドイツ、イギリス、フランス、イタリアとカナダの「数学的リテラシー」と各国の一人当たり GDP のプロットを示す。

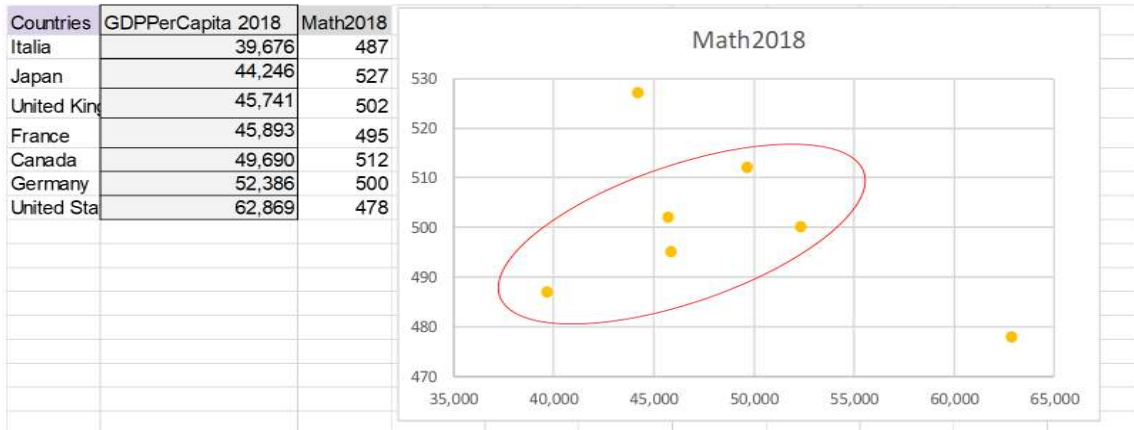


Fig. 1 G7 加盟国の PISA 数理的な能力スコアと一人当たり GDP 円内が G7-2

プロットを検討し、欧州圏 4 か国とカナダの分布を線形回帰して、PISA のスコアと GDP の相関を評価することとした。

Fig.2 は G7-2 の PISA 「読解力」のスコアと各国の一人当たり GDP をプロットし、線形回帰した結果である。回帰係数は 0.0024、また縦軸の切片は約 387 点であった。

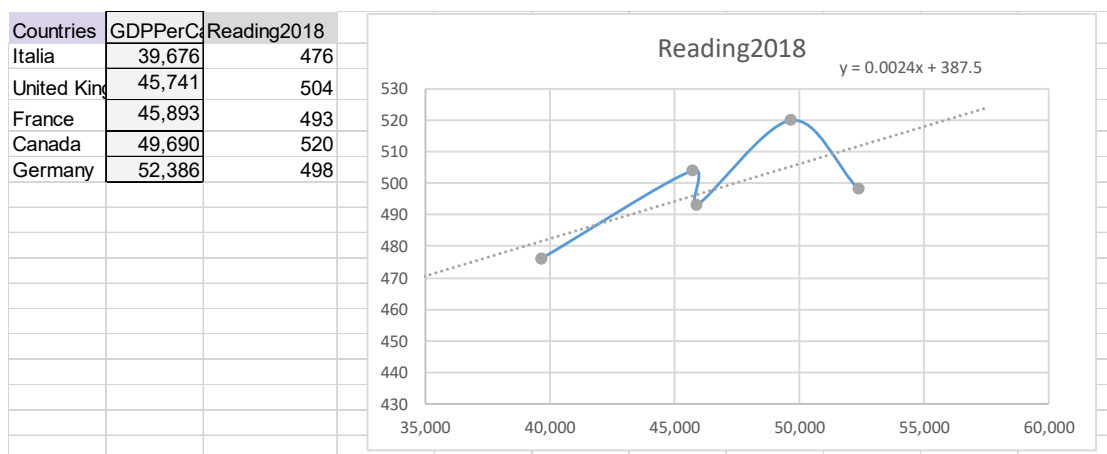


Fig. 2 G7-2 各国の PISA 読解力スコアと一人当たり GDP

回帰係数は一人当たり GDP の「金額」と「学力」の比として両者の相関を示すものである。ここから「単位投資あたりの学力伸長率」を検討することが出来るだろう。

また、グラフの縦横を逆転して考えるなら「単位学力上昇あたりの経済成長比」を見積もることもできるだろう。

このグラフの縦軸切片は、横軸すなわち一人当たり GDP がゼロになった時点での当該能力のオフセットと考えられる。

学力のゼロ GDP 極限は、社会がそれまでに蓄積した知のストックというべき量を示唆しており、もし G7-2 各国でこの成績を下回る事態が発生するなら、社会的な知的公共財に異状が見られた可能性も懸念されるだろう。

この縦軸切片は、宇澤弘文の主張する「社会的共通資本」[7]に対応する無償価値、文化的蓄積と捉えることが可能である。そのような意味でこの切片を「限界教育蓄積 marginal educational accumulation」と解釈して、以後の考察を進めたい。

相関は因果性を意味しない。ここから、相関解析の結果を投資対効果の効率の参考値としても、また学力伸長の経済成長見通しの参考値としても検討したいと考える。

Fig.3 として「数学的リテラシー」の PISA スコアに対して同様の解析を行った結果を示す。「数学的リテラシー」の回帰係数は 0.0014 程度で、読解能力よりも有意になだらかである。これは、単位投資財あたりの成績の上昇は「読解力」の方が大きい事、成績上昇の単位点あたりの経済成長は、数学的リテラシーのほうが大きいことを示唆している。

また「数学的リテラシー」の「限界教育蓄積」は 433 点ほどで、読解能力より高い値を示している。

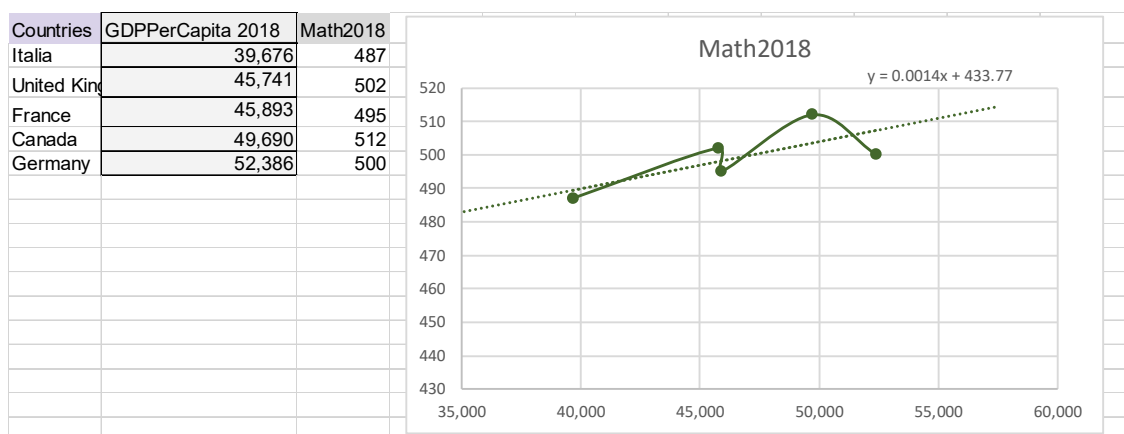


Fig. 3 G7-2 各国の PISA 数理能力スコアと一人当たり GDP

同様の解析を G7-2 の PISA 「科学的リテラシー」のスコアに適用した結果を Fig.4 に示す。回帰係数は 0.0032 程度で「数学的リテラシー」の 0.0014、「読解力」0.0024 よりも有意に急峻な勾配となっている。

これは単位投資財あたりの成績上昇率は「科学的リテラシー」が「数学的リテラシー」「読解力」より大きい事を示唆している。逆にいえば成績上昇の一単位あたりの経済成長は G7-2 のこのデータに関する限り、「読解力」が最も大きく、「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」がこれに次ぐ、と解釈することが出来る。

また「科学的リテラシー」の「限界教育蓄積」は 347 点ほどで、三つの評価項目のなかで最も低い値を示している。

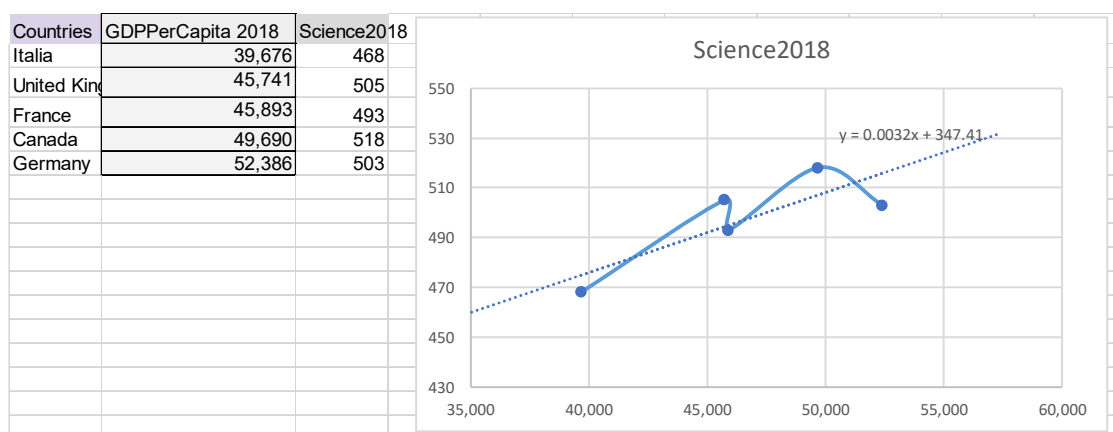


Fig. 4 G7-2 各国の PISA 自然科学能力スコアと一人当たり

これらの結果を一つにまとめたものを Fig.5 に示した。

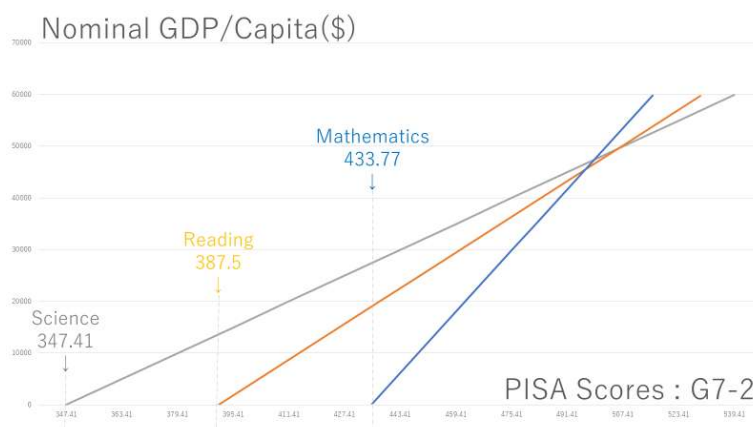


Fig. 5 G7-2 各国の PISA 各スコア回帰直線のゼロ GDP 外挿

解析全体を簡単に解釈してみよう。OECD は「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」「読解力」について次のように定義している。

- \* 数学的リテラシー：・様々な文脈の中で数学的に定式化し、数学を活用し、解釈する個人の能力。
- \* 科学的リテラシー：思慮深い市民として、科学的な考えを持ち、科学に関連する諸問題に関与する能力
- \* 読解力：・自らの目標を達成し、自らの知識と可能性を発達させ、社会に参加するために、テキストを理解し、利用し、評価し、熟考し、これに取り組むこと。

G7-2 のように高度に工業化が進んだ社会に関しては、仮にもっとも産業が衰退した場合、その立て直しに最初に有効なのは「殖産興業」に直結する「科学的リテラシー」を教育の中心に据えることと解釈することが出来る。ここで重視されるのは、比較的単純な 1 対 1 に対応する関数関係と考える事が出来るかもしれない。

だが、その経済成長高率には限界がある。社会が一定程度、豊かになった状態では、文意の読解力、複数の意味の読み分けといったより高度な力、労働経済学の J.ヘックマンが「非認知能力」[8]として挙げるような定量化しにくい能力が、より高度な成長を可能にすると解釈することが可能である。

これらの効率に勝って、高度な成長を可能とするのが「数学的リテラシー」すなわち社会全体が物事を抽象化して思考し、理解、判断、行動できる知的な能力、2020 年代に即応して端的に記すなら、電子計算機等を駆使するべく、問題を抽象化し、プログラム構成を検討、計算を実行し結果を吟味のうえ、判断、次の行動に結びつけてゆくような力の醸成が有効と考えられる。

### 3 PISA から STREAM へ：次世代人材育成への戦略的倫理

社会の限界教育蓄積という観点から検討するなら、蓄積の乏しい時点で教育投資の経済効率が低いのは「数学的リテラシー」と考えられる。「読解力」はそれよりも投資効率は低く、「科学的リテラシー」の養成はもっとも多くの投資が求められるが、必ずしもその涵養は容易ではないことが示される。

20 世紀末、ネットワーク化の時期以降、新たな世代の人材育成において STEM=Science、Technology、Engineering and Mathematics の重要性が、とりわけ米国国立科学財団

National Science Foundation, NSF を中心に指摘されるようになった[9]のは、G7-2の限界教育蓄積結果を考える上で興味深い。そこでは“STE-”すなわち「科学的リテラシー」によるキックオフと「-M」すなわち「数学的リテラシー」による成長の高度化が同時に主張されていることが、このような分析と並行して考えることで解釈される。

しかし、両者を結ぶ中間に、より複雑で多義的、あるいは戦略的でもありうる、必ずしも定量化されにくい「非認知能力」のような側面が重視されるようになり、2010年代、とりわけ階層学習モデルを多用する（第三次）AIブームの到来以降、そのような戦略フレームを案出できる人材として STEAM = Science, Technology, Engineering と Art「藝術」そして Mathematics の併用を重視する “STEAM教育”の重視が指摘されるようになった[10]。

並行して進むAIや自動運転技術など、高度自律システムの発展は、技術的に可能なイノベーションが必ずしも公共の福祉に直結せず、場合によりそれに反する可能性も生み出すことを、コンピュータ・ビジョンによる社会監視とプライバシーの抵触など様々な事例から浮き彫りとすることになり、AIをめぐる ELSI の議論が世界的に議論されるようになる。

2019年、筆者らはミュンヘン工科大学のクリストフ・リュトゲらとともに STREAMM の概念を提出した[11]。ここでは Science, Technology, とともに Reflection 熟慮 Ethics 倫理 Arts, Mathematics とともに“Musica”の概念が導入される。

Musica は古典的な自由七学科 Artes Liberales において基礎的な言語能力に関係する基礎三学科 Trivium すなわち 文法 Grammatica 修辞 Rhetorica 弁証法 Dialectica と、理数に関わる応用四学科 Quadrivium すなわち 算術 Algebra 幾何 Geometrica 天文 Astronomia と並んで記された最後の科目で、「音楽」と訳される場合が多いが、天文学以外のあらゆる「変化する量の均衡に関係し」「かつ唯一倫理とかかわる」[12]とされ、その名詞形 Museum は博物館と訳されるよう、ミューズの諸学すなわちアリストテレスらが「第二哲学」と呼んだ自然哲学[13]全般を横断して思考する総合的な基礎教養を示すものとして捉える考え方に他ならない。

COVID-11 パンデミックに際して、新たな人材育成を検討するうえでは個人の熟慮から対話を通じた社会的な「熟議」、倫理的検討、そして神羅万象を深く捉え、それらに倫理的な眼差しを透徹する Musica の観点は決定的に重要であり、これについては別論にて詳述する。

再び PISA の解析に立ち戻り、極めて暫定的な仮説的結論をまとめるなら

1 COVID-19 パンデミックのような災害に直面した際、G7 のような高度に発達した先進国で教育水準の低下による社会全体の地盤沈下を防ぐうえでは、最低線「科学的リテラシー」を重視するべきと考えられる。

2 経済復興を念頭に置くとき、投資効率が高いのは「数学的リテラシー」である。

3 比較的単純な関数関係に基づく「科学的リテラシー」の効率が限界に達した際、「読解力」の涵養は、同様の技術的背景を擁する集団のなかで基幹競争力を獲得する重要な鍵となる。

これらがどの程度妥当であるかは、同じ G7-2 の 2018 年以前のデータのほか、さまざまな国家グループにおいて限界教育蓄積や学力と経済力の相関を検討する必要がある、続報を準備している。本稿は基本的な考え方の明示を主眼に公刊するものである。

## References

[1] [https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=126\\_126988-t63lxosohs&title=A-framework-to-guide-an-education-response-to-the-Covid-19-Pandemic-of-2020&fbclid=IwAR30NWO6UVVvI0ZiQB9zooRvcEODoBtqwtjr6oFGYuRMx3YVAangIO5zQvk](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=126_126988-t63lxosohs&title=A-framework-to-guide-an-education-response-to-the-Covid-19-Pandemic-of-2020&fbclid=IwAR30NWO6UVVvI0ZiQB9zooRvcEODoBtqwtjr6oFGYuRMx3YVAangIO5zQvk)

[2] 背景として、「対面指導の原則」に代表される日本特有の制度上の問題の存在を指摘しておくべきであろう。こうした政策的諸問題については別途検討することとする。

[3] 1966-76 年まで継続した中華人民共和国の「文化大革命」による教育喪失は、最短で見積もっても 1990 年代まで、実際には 2003-06 年ごろまで、負の影響を及ぼし続けたと考えられている。

[4] 例として

Aloysius Mom Njon “The effects of educational attainment on poverty reduction in Cameroon” (2010)

[http://web.econ.keio.ac.jp/staff/tets/kougi/tiu/2018/reading/article1382023375\\_Njong.pdf](http://web.econ.keio.ac.jp/staff/tets/kougi/tiu/2018/reading/article1382023375_Njong.pdf) ならびに前記論文のリファレンス等を挙げておく。

[5] Eric DiCorrado, Kayla Kelly & Malcolm Wright “The Relationship Between Mathematical Performance and GDP per Capita “, Georgia Institute of Technology 2015  
[https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/54222/the\\_relationship\\_between\\_mathematical\\_performance\\_and\\_gdp\\_per\\_capita\\_1.bk-2.pdf](https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/54222/the_relationship_between_mathematical_performance_and_gdp_per_capita_1.bk-2.pdf)

[6] データを整理してくれた大塚一輝君に感謝する。



- [7] Hirofumi Uzawa “Economic Analysis of Social Common Capital” Cambridge University Press(2008)
- [8] James Heckman “Giving Kids a Fair Chance: A Strategy that Works” MIT Press, (2013)
- [9] Mark Sanders “STEM, STEM Education, STEMmania”. The Technology Teacher 68 (4): 20-26 (2009).  
<https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>
- [10] “What is STEAM education?” <https://educationcloset.com/what-is-steam-education-in-k-12-schools/>
- [11] ミュンヘン工科大学に Facebook 社の寄付により AI 倫理研究センター IEAI <https://ieai.mcts.tum.de/> の設立が公表されるのと並行して準備、発表したもの。関係書籍を近刊の予定である。
- [12] プラトン「国家」第三部の記述による。Πλάτων “Πολιτεία”(375 Ca. B.C) Plato " Res Publica" (The Republic / Politeia) 邦訳 プラトン「国家」藤沢令夫訳 岩波文庫(1979)
- [13] Αριστοτέλης “Φυσικῆς ἀκρόασιως” 邦訳 アリストテレス「自然学」 出隆、岩崎允胤訳 岩波書店 (1968)