

e-Learning は効果的な教育方法か？

— 展望と試み —

西 山 茂

コンピューターやネットワーク機器などの情報通信投資を進めることによって経済全体の生産性が向上するとの見方は広く浸透している。中には「IT 革命」による「ニューエコノミー」が到来したとの指摘もあった。しかし、ICT 投資が他の種類の資本財とは区別された形でどの程度まで全要素生産性を上昇させてきたのかという点については意見が分かれてきた。特にインターネットの利用が浸透する中で教育部門では新しい教育方式として e-Learning が注目されつつあるが、この e-Learning が本当に教育サービスの生産性を高めるのかどうか、はっきりとした結論は得られていない。本小論は、これまでの結果を振り返ったあと、筆者による実験的な e-Learning の試みと本学において実施された授業評価アンケート結果に基づいて、表題の分析テーマにささやかな知見を加えようとするものである。

1 情報通信 (ICT) 投資は経済全体の生産性を向上させてきた

情報通信投資（以下、ICT 投資と呼ぶ¹⁾）が本当に生産性を高めるかどうかについて最初から合意が得られたわけではなかった。この問題について特に実証的分析が蓄積され始めたのは、Solow が1987年7月に New York Review of Books の中で “You can see the computer age everywhere but in the pro-

1) 国際比較では情報処理機器に通信機器を加えた ICT 投資を利用することが多いが、明らかに情報処理機器のみを対象とした結果を紹介する際は IT 投資という用語を使用する。

ductivity statistics”と指摘してからのことである。意味合いとしては「コンピューター時代の到来はどこでも確認できるが、それが生産性を高めているという統計的根拠はどこにもない」ということになるので、この指摘は「ソローの逆説 (Solow's Paradox)」と通称されてきた。実際、1948年から1973年にかけてアメリカの全要素生産性が年率1.9%で向上し、労働生産性は2.9%ずつ上昇してきたのに対して、1973年以降はそれぞれ0.2%、1.1%に低下している (Triplett [1999], pp.310)。このような変化はアメリカのみならず他のOECD 諸国でも確認されている。情報通信技術の進歩が加速するのと並行して生産性上昇テンポは鈍化してきたというわけだ。

通常、全要素生産性を測定するときはマクロ生産関数に基づいて成長会計の手法を用いる。実質 GDP を Y 、労働投入量を L 、ICT 資産を含めた資本ストックを K 、全要素生産性上昇率を α とし、一次同次のコブダグラス型生産関数を前提すると

$$Y = Ae^{\alpha t} K^{\beta} L^{1-\beta} \quad (1)$$

となるので、生産要素市場で限界生産力に応じた要素価格が形成されているとすれば、

$$\alpha = \hat{Y} - S_L \hat{L} - S_K \hat{K} \quad (2)$$

という周知の成長会計の恒等式が得られる。但し、(2)式中の S_L 、 S_K はそれぞれ労働分配率、資本分配率を表し、変数に付したハット記号 (^) は増加率を表す。

ここで資本ストックを ICT 資本 (K_c) と非 ICT 資本 (K_o) に区別するとすれば成長会計の恒等式は

$$\alpha = \hat{Y} - S_L \hat{L} - S_c \hat{K}_c - S_o \hat{K}_o \quad (3)$$

という式に変わる。いずれにしても全要素生産性上昇率は実質 GDP 成長率から投入された実質生産要素の増加で説明できる部分を差し引いた残差として測

定される点は共通している。コンピューターなどの ICT 機器については急速な処理能力の向上を反映させるためヘドニック価格指数を用いて実質化することが多いが、そうすると価格低下が強調され、その分、実質投入量の増加率 (\hat{K}_t) が高めに算出される結果となり、全要素生産性上昇率が低めに算出される一つの原因になっているとの指摘があるが、それは成長会計のこうした考え方に理由を求められる。

成長会計の手法により先ずアメリカについて ICT 投資がマクロ経済に与える生産性効果の計測が進展した。下表は1990年代の代表的な結果である。

表1 アメリカ経済の計測結果 (1)

	Oliner and Sichel (1994)		Jorgenson and Stiroh (1994)		
	1970-79	1980-92	1979-85	1985-90	1990-96
経済成長率	3.42	2.27	2.35	3.09	2.36
コンピューター分	0.09	0.21	0.15	0.14	0.12
情報通信機器分	0.25	0.35	NA	NA	NA

(注) Triplett [1999], pp.312, Table1

直ちに分かるように経済成長率に対して ICT 投資が与える影響は非常に低い度合いにとどまっている。この理由は、資本財全体に占める ICT 設備の比率が低いという点に求められる。増加率としては確かに高いが、コンピューターという資本財が単独で経済全体にプラスの影響を与えるには小額に過ぎることである。

しかしながら、最近の計測結果は様相を異にしている。

表2は、アメリカ経済について1973～1995年から1995～2000年までの期間にかけて加速した労働生産性上昇率を要因分解したものである。表2は労働生産性上昇率を分解しているが生産関数の一次同次性から GDP 総額の増加率の分解と同じ結果になる。これを見ると、計測結果間で相当の違いがあるものの、労働生産性上昇率の30%から50%程度は資本ストック増加で説明され、その大半は ICT 資本の増加によってもたらされたことが分かる。一般的に労働者1

表2 アメリカ経済に関する計測結果 (2)

	Oliner-Sichel (2002)	Gordon (2002)	CEA (2001)	Jorgenson, Ho and Stiroh (2002)
労働生産性上昇率	0.89	1.44	1.39	0.92
資本ストック増加の寄与:	0.40	0.37	0.44	0.52
IT 投資分	0.56	0.60	0.59	0.44
その他投資分	-0.17	-0.23	-0.15	0.08
労働の質改善による寄与	0.03	0.01	0.04	-0.11
全要素生産性向上の寄与:	0.46	0.52	0.91	0.51
コンピューター生産部門	0.47	0.30	0.18	0.27
その他部門	-0.01	0.22	0.72	0.24

(注) Pilat, D., F. Lee and B. van Ark [2002], pp.64, Table1

人当たりの資本装備率が上昇すれば、技術水準が一定であっても労働生産性は上昇する。しかし表2をみると技術進歩によってもたらされる全要素生産性の上昇も相当の水準であり、例外的に低く見積もっている Gordon [2002] を除けば労働生産性上昇の過半は全要素生産性の上昇で説明されている。ただ全要素生産性上昇のどれだけの部分がコンピューター産業からもたらされ、どれだけがコンピューターを利用する産業からもたらされたものかになると、結果が分かっている。注目されるのは大統領経済諮問委員会 (CEA) による年次経済報告書 (CEA [2001]) が示した結果であろう。これによると、全要素生産性上昇はコンピューター産業というよりも、コンピューターを利用する産業の効率化によってもたらされたことが確認される。

このように基礎データが蓄積されるに伴い、ICT 投資の生産性上昇効果が確認されるという結果が得られている。同様の結果は、実はアメリカ以外の諸国についても得られている。最近の結果を概括した OECD [2003] (Figure2.6, pp.43) には、経済全体の全要素生産性上昇率と、その上昇が ICT 製造業、ICT 利用サービス産業、その他産業のどの部門からもたらされたのかという内訳が国別に示されている。それをみると、日本やイタリアは1990年代を通し

て ICT 製造業では僅かに全要素生産性の上昇が見られたものの、他の産業の生産性低下から全体としても全要素生産性が低下しているのに対して、フィンランド、デンマーク、ドイツ、カナダ、フランスの順に全要素生産性の上昇が加速している状況が見て取れる。特に ICT 製造業以外の産業の生産性上昇の寄与が大きいこともわかる。このことは、ICT 資本財の価格が他財に対して急速に低下してきたことから確認できる ICT 生産部門の効率化とは別に、そうした ICT 化を進めることにより他の産業全体の効率性が確かに上昇してきたという事実を確認するものである。

2 学校による教育サービス生産性は低下してきた

前節では ICT 投資が生産性上昇に及ぼす効果についてこれまでどのような測定結果が公表されてきたかを概観した。もう一つ別の特徴として、ICT 投資の偏在性があげられる。OECD [2003] (Figure1.3, pp.23) によれば、アメリカの事情ではあるが、ソフトウェアを含めた設備資産残高に占める IT 資産の比率は、特にサービス産業で目立って高い。中でも法務サービス、卸売、対企業サービスでは IT 資産が30%を超えており産業全体の平均値である11%をはるかに上回っている。製造業の平均値が5%強であることと比較すると、特にサービス産業で推し進められて来た ICT 投資の中身が浮かび上がってこよう。

その中で教育産業の IT 資産比率は25%を越えている。少し古いが Pilat-Lee-van Ark [2002] (Figure4, pp.59) では1990年代の各国について産業別 ICT 投資比率を示している。それによれば、1992年のアメリカにおいて ICT 投資比率が最も高いのは通信であり、次いで建設、保険、金融と続いている。1996年のカナダでは、通信、木材、サービス、流通、金融の ICT 投資比率が高い。1995年のオランダでは金融保険が最も高く、1998年のイギリスでは通信、金融保険の ICT 投資比率が最も高い。国ごとに産業分類が異なるなど比較が難しいところがあるが、通信、金融保険においては1990年代に集中的な ICT

投資が進められてきたことが察せられる。この中で教育産業は必ずしも目立って高いわけではなく、1992年のアメリカで産業全体の平均以上の ICT 投資を行っていることが確認されるだけである。

これらのことから教育産業では、金融保険や通信産業ほどには ICT 投資が集中的に進められてきたわけではないが、経済活動の特徴としてコンピューターやネットワーク機器、ソフトウェアに対する投資が多めになされてきたことから、ストックでみると ICT 資産が高い比率を占めていると考えられる。

ICT 投資は主としてサービス産業で集中的に行われてきた。しかしサービス産業の生産性を測定することは製造業に比べて難しい。そのため ICT 投資の生産性向上効果は早くから明瞭に測定されてきたわけではないが、CEA [2001] のようにコンピューター製造業よりもコンピューターを使用する産業における全要素生産性上昇がより高い比重を占めていることを指摘する結果も得られている。CBT や WBT の浸透、商用・非商用双方で開発されている多数の e-Learning 関係製品を見るだけでも、教育部門における ICT 設備ストックの高まりが学校教育の生産性に対してプラスの効果を及ぼしているという憶測は容易に成り立つ。

実際、文部科学省 [2005] (pp.30) によれば初等中等教育における児童10人当たり教育用コンピューター台数は、1.3台となっており、アメリカの2.1台、イギリスの1.9台、韓国の1.8台と比べると少ないが、ドイツの0.7台を大きく上回っている。小中学校のインターネット接続は100%に達し、高速機器による接続比率も70%程度、高等学校の普通教室の LAN 整備率も60%を超えている。数年前の日本の教育機関の状況を顧みると、ここ数年で集中的な ICT 投資が進められてきたことがわかる。大学など高等教育機関の ICT 化が更に押し進められていることは容易に察せられよう。

では、教育部門における ICT 投資は他産業と同じように仕事の効率性を高め、より質の高いサービスを供給できるようになっているかといえ、必ずしも肯定的な研究結果が得られてはいない。Gundlach-Wossman-Gmelin [2001] では、生徒1人が支払う教育価格の GDP デフレーターに対する比率、つまり

教育の実質価格の推移と全要素生産性上昇率の推移を比較するというどちらかといえば単純な手法によって、学校教育の生産性の動きを測定している。それによれば、1970年から1990年代半ばにかけて、カナダが3.1%、フランスが3.6%、ドイツが3.3%、イタリアが4.4%、日本が4.1%、イギリスが2.8%、アメリカが2.2%という平均年率で学校教育の全要素生産性が低下しているという結果が得られている。

全要素生産性は資本と労働を一定にしたときにそれだけの率で生産物が増減するという値である。教職員1人が利用できる設備機器が増加し資本装備率が上昇していることによって生産性は上昇しているので、結果として教職員1人当たりのサービス生産性が低下しているということと同じではないが、所与の設備、教職員を有する学校を単位として考えると、全要素生産性上昇率がマイナス値ということは学校のサービス生産性が低下してきていることを意味している。同様の結果は1980年から1990年代にかけての東アジア諸国（香港、日本、フィリピン、シンガポール、韓国、タイ）についても、概ね再確認されている（Gundlach-Woessmann [2001]）。

更に、Lakdawalla [2001] では ICT 分野の技術革新の中で ICT スキルの高低に伴う賃金格差拡大が進む中で、相対的に割高になったハイスキルな人材雇用が特に初等中等教育で停滞し、その結果、教える側の人材の品質が低下し、人材劣化による教育生産性の停滞が進行した点を分析している。他方、Ashenfelter-Rouse [1999] では、高能力ゆえに教育を受けるのではなく、能力とは独立に教育効果が認められること、学校教育の効果は生徒の能力、家族的な背景などと独立して確かに認められることが再確認されている。

学校教育の場で ICT 投資を行う中で、提供している教育サービスの品質は向上しているのか、そのサービスは効果的に提供されているのか、サービス生産のコストは十分効率化されているのかという問題に対して、これまで肯定否定両面で様々な結果が得られており、明瞭な知見が得られているとは到底言えない。この点を分析し正確に事実を認識しておくことは、教育機関における今後の ICT 投資、e-Learning の活用形態を考える上で極めて大きな意味を有し

ている。

次節以降では、この2、3年において筆者が試みた実験を素材にしながら、*e-Learning* が新しい効果的な教育方法として位置づけられうるのかどうかという点について、特に学生による授業評価アンケートの集計結果を用いて分析してみたい。

3 *e-Learning* 基盤整備とコンテンツ作成の試み

筆者が在籍する大学院商学研究科アントレプレナーシップ専攻では教育方式の柱の一つとして *e-Learning* をあげている。最近2年間、筆者が担当する授業で提供している *e-Learning* は、共通にサービスを提供している基盤システム (LMS: Learning Management System) と授業内容に直接に関係したコンテンツ配信の二つから成り立っている。前者のLMSは学内開発されているものであり、主として掲示板機能、教材配布機能、レポート管理機能、クイズ機能を提供している。後者のコンテンツ配信サービスは、まだ十分に予定された機能を実現しているわけではないが、これまで筆者が開発してきたWEBアプリケーションをサーバー上で稼働させて提供しているものである。

LMSが提供するサービスはいずれも *e-Learning* システムとしては標準的なものであるので後述することにして、先にどのような内容のコンテンツ配信を行っているかを紹介したい。

配信しているURLは <http://nisiyama2.ih.otaru-uc.ac.jp/elhome/Main.html> である。このアドレスに接続すると図1に示されている画面が得られる。図1からも分かるように、現在配信中のサービスはモンテカルロ実験など統計シミュレーション機能 (*e-Xperiment* と呼んでいる)、対話機能を備えた *e-Book* 配布機能、講義をストリーム配信する *e-Lecture* 機能から成っている。

これら三つのコンポーネントの概略について説明しておこう。最初の統計シミュレーション機能としては、現時点で4メニューを選択できる。「データ抽出」では母集団分布を指定して希望するサイズの無作為標本を抽出する実験を行え

統計分析のためのe-Learningコーナー
e-Learning for Statistical Data Analysis

このe-Learningコーナーは、まだ実験段階ですが、現在以下のサービスを提供しています。

1. シミュレーション実験 (eXperiment)

ここでは様々な統計シミュレーションを行います。統計シミュレーションとは、実際に試してみようとするば、人・時間・コストがかかるデータ収集をパソコンで実験的に実行し、どのような結果が得られることが多いのか、その分布の形や分布の中心(=平均)、ばらつき(=分散、標準偏差)を観察する数値実験です。

現在利用できるのは、

メニュー	説明
データ抽出	指定した個数の無作為データを抽出します。母集団としては、バイネリ分布、一様分布、正規分布、サイコロの目の分布を選択できます。各分布について、パラメータを指定します。抽出後、標本平均と標本分散を算出し、ヒストグラムを描きます。
平均の標本分布	一定数のデータ抽出を反復する時に得られる統計量の分布を観察します。今のところ、標本平均(=データの平均)の分布を見ることが出来ます。
最小二乗法	母集団から一定数のデータ X, Y を抽出し最小二乗法で回帰分析を行います。反復ごとに回帰分析結果がどのようにばらつくか、回帰係数の標本分布を見るものです。実験方式は Y の値が固定的、 X, Y とも確率的の場合が可能です。 X, Y とも確率的な場合は相関係数の算出も、目的に応じて観察することが出来ます。

図1 統計分析のための e-Learning コーナー

る。母集団分布としては正規分布、一様分布、 $0-1$ 分布、さいころの目の分布から選ぶことができる。「標本分布／平均値」は中心極限定理を観察するために設けている実験コーナーである。母集団分布を選択すると、標本サイズと抽出の反復回数を指定することができる。正規母集団であれば小標本であっても5000回程度まで抽出を反復させれば得られる標本平均のヒストグラムは正規分布に従うことが観察される。しかし、 $0-1$ 分布から得られる標本平均であれば、標本サイズを100個以上、できれば1000個というオーダーにまで増やして反復実験を行わないと標本平均の分布型が正規化されないことが観察できる。中心極限定理は、特に伝統的統計学の授業では触れないわけにはいかない重要な事柄であるが、ともすると内容が余りにも数理的になりすぎるので、基本段階では「平均値は正規分布するだけ覚えておきなさい」という具合に素通りしているのが現実の授業の実態ではあるまいか。中心極限定理で何が結論できるのかという点を理解するのに統計シミュレーションは有効な手段であ

る。残りの「最小二乗法」と「標本分布／回帰」は上の二つの回帰分析版である。

二番目のメニューである e-Book では、現在、拙著「基礎の徹底 統計学」を e-Text 化した PDF ファイルを配布中である。この e-Book には PDF のしおり機能、ハイパーリンク機能が利用されてはいるが、動画による解説画面は埋め込まれていない。現在、新しいタイプの教科書が続々と開発提案されてきているが、反応速度、操作性を両立させながら、各種教育資源を PDF というファイル形式に統合するのは、なお機能的に不十分なところを感じる。

三番目のメニューである講義のストリーム配信であるが、現在は Windows 標準の WMV ファイルを Windows Media Player あるいは Real Player をクラ

練習問題の解答

こんな形で解答してください

1. 帰無仮説を正しいとして限界値を決めてください。
2. 対立仮説が正しいときに限界値を超えない確率を求めてください。これが第2種の過誤をおかす確率です。

H_0 の F で

限界値 = $60 + 1.645 \times 0.447 = 60.74$

$$\begin{aligned}
 \beta &= P(\bar{X} < 60.74 | H_1) \\
 &= P\left(Z < \frac{60.74 - 62}{0.447}\right) \\
 &= P(Z < -2.82) \\
 &= 0.0024 \\
 \therefore \text{検出力} &= 1 - 0.0024 \approx 0.998
 \end{aligned}$$

$\sigma = 0.447$
 $\frac{\sigma}{\sqrt{20}} = 0.1$
 $1.645 \times 0.1 = 0.1645$

$\mu = 60$
 \bar{X}_{20}
 Z

Copyright (C) LizTech Co., LTD

図2 MST 講義の再生

イアントに想定して配信するのに加えて、MST 講義も併せて配信中である。

MST というのはイーステージ社が販売しているマルチメディア型 WEB コンテンツ作成ソフトウェアの名称である。この MST で収録した講義ファイルを ASP スクリプトで包んで WEB サーバーに転送するという形をとるのであるが、多少の欠点として動画再生のために ActiveX が必要となる点が挙げられる。そのため再生は Windows 機に限定され、最初に再生するときには所要の ActiveX がダウンロードされるのでセキュリティ管理が厳格なパソコンでは再生が不可能である。とはいえ、ホワイトボードで板書しながら解説する教室内の授業がほぼ再現できるので、いわばバーチャルクラスルーム機能が提供されている。

映像を加えることもできる。現在提供している講義コンテンツの再生時間は延べ約 5 時間である。1 本辺りの講義は平均 5 分程度と短い。e-Learning を通した講義配信は長くとも 15 分程度に切り分けたほうが良いとの結果が先行事例からも報告されている (坂本昂 [2003])。学生から感想を聴取したり自身でも試みてみたが、寧ろより短い 5 分乃至 10 分程度の視聴時間の方が e-Learning としては適当と感ぜられる。

コンテンツ配信としては以上のような構成だが、これらは全て 1 台のパソコンで Windows Server 2003 上の IIS によって実現されているサービスである。開発言語は、したがって、ユーザーインターフェースの記述は ASP.NET となり、内部動作の開発は主に Visual Basic .NET で行った。一部の数値演算にはオープンソースライブラリである MATH.NET を利用している。更に、グラフ描画には商用製品である Xceed 社 “Chart for .NET” を使用した。今のところ Internet Explorer Ver.6 以外のブラウザを使用すると画面に乱れが生じることがある。

こうしたコンテンツ配信は、今のところ一方的なサービス提供にとどまっているが、e-Learning に欠かせない双方向的な通信には基盤システムの掲示板機能を利用している。筆者の授業では、特に、掲示板を通じたディスカッションボードを大いに活用している。

一般に *e-Learning* を通して知識の効率的伝達を実現するためには、講義配信機能と掲示板機能が中核的な役割を受け持つ点は既に坂元昂 [2003] でも報告されているところだが、同時に掲示板を有効に利用するには運用が非常に難しい点も指摘されている。経験を有し、かつ授業とはやや距離を置いた *e* モデレーターの必要性は、筆者が運用する掲示板においても同様に感じられる。

以上概括したように、現在提供している *e-Learning* サービスはなお十分な水準に達しているわけではないが、量的には既に相当の内容を提供していると思われる。

問題は、教育サービスの提供において、*e-Learning* という媒体を通じた知識伝達が、十分に評価され機能しているのかという点である。そもそも現在推進されている *e-Learning* は教育のサービス生産性を高めているものだろうか。同じ水準の教育成果をより短時間に達成しているものだろうか。あるいは従来と同じ費用の下でより高い教育成果を達成しつつあるものだろうか。だとすれば、*e-Learning* は確かに生産性を上昇させていると考えられる。それが事実なら、*e-Learning* は学生に対して一定の時間的、知識的な便益を与えているわけであるから、誰よりも履修する学生が *e-Learning* に対して肯定的な評価を下すはずである。

そこで、最近実施された学生による授業アンケート調査の集計結果を分析してみることしよう。

4 教育サービスに占める *e-Learning* の効果分析

上のような *e-Learning* を活用することによって、筆者の担当する授業を履修する学生達は何らかの差別化をそこに認めてきたであろうか。差別化が認められているとして、それは学生の高い満足に結びつくものになっているだろうか。もしそうであれば、確かに *e-Learning* という新しい教育方式は、仮に教育活動統計に表れていないとしても、観察される事実として教育の生産性を上昇させていると判断しても良いであろう。本節ではこの問題をとりあげる。

まず学生による授業評価結果を概観しておこう。表3は末尾に掲載している授業評価アンケートを平成16年度に実施した時の結果を用いて、各項目について科目ごとの平均値を求めたものである。下から2行目の太字になっている行が筆者の担当科目である。表3に示されている結果は全て同学期に開講された必修科目の結果であり、各科目とも同一の学生集団が回答したものである。但し、掲載の便のため一部項目を省いている。また「ディスカッション」には「討論」という新たな名称を付した。詳細は表下の(注)に掲げている原資料を確認されたい。

表3 アンケート実施状況(平成16年度)

準備	シラバス	話し方	黒板	教材	授業	討論	e-Learning	課題	満足度
4.25	4.22	3.66	4.13	4.09	3.84	3.72	3.38	3.97	3.75
4.21	4.18	4.68	4.29	4.15	4.21	3.94	3.71	4.18	4.18
4.31	4.16	3.88	4.06	4.06	4.13	3.97	3.06	3.78	4.06
4.30	4.39	4.21	4.27	3.91	3.91	3.58	3.88	3.79	3.61
3.97	3.94	4.06	4.09	3.79	3.47	3.24	3.91	3.85	3.53
4.32	4.03	4.29	4.24	3.97	4.09	3.53	4.12	4.09	3.79
3.74	3.88	3.28	3.94	3.88	3.59	3.28	3.56	3.39	3.41

(注) 小樽商科大学教育開発センター「ヘルメスの翼に—小樽商科大学FD活動報告書第3集」平成18年3月, 133頁, 表6.5

表3を見ると、確かに筆者の授業に関してe-Learningの評価が他科目に対して高くなっており、筆者が提供しているe-Learningサービスに対して履修者はプラスの価値を認めていると判断される。問題はこの要素が授業に対する高い満足度を形成する要因になっているかどうかを分析することである。

授業を構成する属性としてはe-Learning以外にも多くの側面があり、アンケートは各側面の評価を収集するものである。ところが、授業が分かりやすいという点と教材がわかりやすいという点は相互に関係しているし、学生の満足度は表2に掲げた各側面から独立にそれぞれ影響を受けて形成されるというよりも、たとえば「丁寧な準備」、「分かりやすさ」、「授業後のフォロー」という

ような少数の因子によって形成されているかも知れず、表3の結果を見るだけでは結論は得られない。

そこで最終的な結果である「満足度」を省き、授業の属性を構成する「準備」から「課題」までの9項目をとり出し、平成16年度に開講された全授業科目（19科目）の結果から、項目間の相関行列を求めたものが表4である。

表4 質問項目間の相関行列（平成16年度）

	準備	シラバス	話し方	黒板	教材	授業	討論	eLearning	課題
準備	1.000	0.479	0.130	0.070	0.556	0.609	0.442	0.240	0.434
シラバス	0.479	1.000	0.076	0.053	0.366	0.308	0.250	0.200	0.339
話し方	0.130	0.076	1.000	0.698	0.128	0.062	0.071	0.037	0.104
黒板	0.070	0.053	0.698	1.000	0.046	0.024	0.045	0.039	0.065
教材	0.556	0.366	0.128	0.046	1.000	0.619	0.484	0.259	0.442
授業	0.609	0.308	0.062	0.024	0.619	1.000	0.598	0.252	0.511
討論	0.442	0.250	0.071	0.045	0.484	0.598	1.000	0.264	0.425
eLearning	0.240	0.200	0.037	0.039	0.259	0.252	0.264	1.000	0.331
課題	0.434	0.339	0.104	0.065	0.442	0.511	0.425	0.331	1.000

(注) 小樽商科大学教育開発センター「ヘルメスの翼に—小樽商科大学FD活動報告書第3集」平成18年3月、132頁、表6.4

表4から分かるように各要素の間には互いに正の相関がある。このような正の相関関係は最終結果である「満足度」を含めても同様である。とはいえ、相互に正の相関があるからといっても、ある変量が別の変量にプラスの影響を与えていることを意味しないという点は、多変量データを観察するときの鉄則である。三つの変量X、Y、Zの間に互いに正の単相関係数が求められたとしても、変量XがZに対してマイナスの影響を与えているケースは可能性として排除できない。表4に示されている各項目の単相関係数は、それだけではほとんど何の意味も伝えない。ただ、相関行列が分かっているということは各変量の標準値の間の共分散構造が判明しているということであるから、互いの相互関連についてかなりの含意が得られることも確かである。

まず上の 9 要素間の相関行列に対して主成分分析を施し相互に独立な 9 個の成分に変換してみることにしよう。以下はその結果である。変数記号は表 4 に示された要素順に並んでいるので容易に意味がとれるであろう。なお、以降の分析を含めデータ解析には R Ver.1.9.1 を使用した。

```

Loadings:
      Comp.1 Comp.2 Comp.3 Comp.4 Comp.5 Comp.6 Comp.7 Comp.8 Comp.9
prep      -0.419          0.245 0.181 -0.221 0.225 0.670 0.349 0.246
syllabus  -0.307          0.170 0.809          -0.366 -0.216 -0.157 -0.131
talk      -0.115 -0.694          0.394 -0.583
board          -0.704          -0.436 0.543
text      -0.416          0.164 -0.105 -0.260 0.458 -0.669          0.229
plain     -0.436 0.104 0.157 -0.299          0.105 0.202 -0.648 -0.460
discussion -0.381          -0.441          -0.748 0.258 0.110
eLearn    -0.243          -0.903 0.126 -0.316
homework  -0.378          -0.207          0.879 0.141          0.110

Importance of components:
      Comp.1 Comp.2 Comp.3 Comp.4 Comp.5
Standard deviation 1.8760325 1.2908372 0.9368333 0.91045061 0.75565809
Proportion of Variance 0.3910553 0.1851401 0.09751741 0.09210226 0.06344657
Cumulative Proportion 0.3910553 0.5761954 0.67371283 0.76581508 0.82926166
      Comp.6 Comp.7 Comp.8 Comp.9
Standard deviation 0.7133013 0.65356578 0.56228839 0.53341336
Proportion of Variance 0.0565332 0.04746092 0.03512980 0.03161442
Cumulative Proportion 0.8857949 0.93325577 0.96838558 1.00000000

```

一部ブランクになっている箇所があるのは、微小な値を表示しない設定にしているためである。各主成分の分散を示す相関行列の固有値は

```

[1] 3.5194981 1.6662606 0.8776567 0.8289203 0.5710192 0.5087988 0.4271482 0.3161682
[9] 0.2845298

```

である。習慣的に採用されている選択基準である「1以上の固有値」をとるとすれば、9要素の中から2個の因子に着目すればよいことがわかる。その2因子が因子負荷行列 Loadings の列の Comp.1と Comp.2に該当している。

一般に主成分分析の実態的な解釈は困難を極めることが多いが、第1主成分を見ると因子負荷がすべて負値である。主成分自体に実質的な意味はないので係数の符号をすべて逆転しても分析上の意味は変わらない。Comp.1の係数をすべて正值とすれば、第1主成分は板書 (BOARD) 以外の要素をほぼ単純平

均して得られる指標に一致する。但し、係数の中では準備 (PREP), 教材 (TEXT), わかりやすさ (PLAIN) が比較的大きく、話し方 (TALK) や *e*-Learning (eLearn) は比較的小さい。第2主成分はほぼ話し方 (TALK) と板書 (BOARD) から計算されている。この場合も係数を正負逆転すると解釈が容易だが、わかりやすさ (PLAIN) の係数の符号だけ逆であるのは、やや理解の難しいところであろう。これはわかりやすさ (PLAIN) と話し方 (TALK), 板書 (BOARD) のバランスを比較しているという履修者側の視線として受け取るべきであろう。いずれにしても主成分分析の前提から各成分は相互に独立なので、Comp.1とComp.2は授業の属性の中の独立な二つの側面を伝えている。あえて名称を付するとすれば第1主成分は「準備から課題までを含めた総合的魅力」ということになろうし、第2主成分は「総合的魅力では測れないタイプの授業現場の面白さ」という解釈になろう。

主成分分析で確認されることは *e*-Learning は総合的指標の中にはプラス要因として含まれる — この点は表3から示唆される点とも整合的である — の、独自の属性として学生から受け取られているわけではないという点である。付言すれば、データに対する説明力は低いものの第3主成分が *e*-Learning にほぼ対応する成分と思われる。係数は正負逆転させて解釈するほうがよい。

主成分分析から得られる各因子軸を原点周りで直交回転して、各因子の因子負荷係数の違いが際立つようにする分析法が因子分析である。主軸を回転させる際に得られる各因子の間に相関を認めない直交回転と、相関を認める斜交回転があるが、ここではオーソドックスな直交回転をバリマックス法で施すことにしよう。抽出する因子は主成分分析の結果から高々3個も考慮すれば十分であろう。ここでは抽出因子数に関する検定は行わないことにする。

結果は以下のとおりである。

Loadings:	Factor1	Factor2	Factor3
prep	0.662		0.355
syllabus	0.300		0.777
talk		0.994	
board		0.699	

text	0.700		0.203	
plain	0.871			
discussion	0.679			
eLearn	0.319		0.143	
homework	0.578		0.208	
		Factor1	Factor2	Factor3
SS loadings		2.679	1.493	0.843
Proportion Var		0.298	0.166	0.094
Cumulative Var		0.298	0.464	0.557

最下行の Cumulative Var に示されているように 3 因子で説明できる割合は 50% 台であり必ずしも高くはないが、主成分分析の結果と照応すると、アンケートの各項目の回答は 3 個の共通因子によって形成されていると解釈できる。

第 1 因子だけから形成されているのは、分かりやすさ (PLAIN) と討論 (DISCUSSION) である。教材 (TEXT) は第 3 因子からも影響されているが主に第 1 因子から決定されている。逆に、話し方 (TALK) や板書 (BOARD) は第 1 因子とは無関係である。準備 (PREP) も第 1 因子に比重がかかっている。これらから第 1 因子は「分かりやすさ」と解釈してもよいだろう。第 2 因子は主成分分析と同様の解釈でよいだろう。話し方 (TALK) と板書 (BOARD) 以外に第 2 因子が形成している指標はない。第 2 因子は教室での面白さに直結する因子に該当する。第 3 因子は「シラバスとの即応性」と名づけられよう。実際、第 3 因子が主に形成している指標はシラバス (SYLLABUS) だけである。要約すると、学生は「丁寧に準備され分かりやすいかどうか」、「授業の現場での面白さ」、「シラバスに即した順序良さ」を思い返しなが、アンケートに回答しているものと推察される。この中で e-Learning は第 1 因子と第 3 因子によって形成されている。何であれインターネットを活用すればよいわけではなく、コンテンツは分かりやすく、シラバスとも即応した順序のとれた内容でなければ評価されないことが窺われる。但し、因子負荷係数は小さい。その二乗和である共通度は 0.12 であり、取り出した共通因子は e-Learning への回答の 12% を説明できるに過ぎない。

主成分分析からある程度推察はできたものの、因子分析からも e-Learning は主要な共通因子から説明されないことが確認できた。実は、平成 17 年度前期

の授業評価アンケート結果をデータとして用いると、以下の結果が得られる。この結果は、上と同様に相関行列に基づいて得られた。相関行列は「平成17年度授業評価アンケート集計結果と分析（前期）」（本学教育開発センターアントレプレナーシップ専攻教育開発部門，平成17年9月，4頁，表4）による。

Loadings:

	Factor1	Factor2	Factor3
prep	0.455	0.395	0.455
syllabus	0.177	0.245	0.951
talk	0.499	0.430	0.165
board	0.231	0.731	0.242
text	0.496	0.645	0.236
plain	0.720	0.357	0.142
discussion	0.689	0.146	
eLearn	0.500	0.310	0.185
homework	0.746	0.273	0.264

	Factor1	Factor2	Factor3
SS loadings	2.587	1.672	1.385
Proportion Var	0.287	0.186	0.154
Cumulative Var	0.287	0.473	0.627

平成17年度データを対象とするこの結果を見ると第3因子までの説明力が0.627まで上がっており、平成16年度に対する結果に比べて、より良好である。第1因子は課題の適切さ（HOMEWORK）、分かりやすさ（PLAIN）、討論（DISCUSSION）で比較的大きな負荷を有している。e-Learningも第1因子から主に決まっている。分かりやすさと深い関係があるという点は16年度の結果と共通しているが、今回は「理解の容易さ」とでも言えようか。第2因子は、やはり板書（BOARD）で高い負荷を示しているが、話し方（TALK）はそれほどでもなく、教材（TEXT）における負荷が上がっている。第2因子は「授業での面白さ」と言うよりは「教材の分かりやすさ」と解釈しても良さそうである。授業での話しよりも書かれた教材との関連性が高まっている点は注意を要する。第3因子がシラバスとの即応性に対応している点に変わりはない。全ての因子からe-Learningの指標が形成されているという結果は16年度のデータからは得られなかったもので、大変興味深い結果といえる。e-Learning（eLearn）の共通度が0.38にまで上がっている点も重要である。他と共通し

た授業要素として *e-Learning* が評価され始めていることが、この変化から窺われる。

このように16年度、17年度で結果にやや違いが生じたのは、対象となる授業数に違いがあることにもよろう。つまり、16年度の結果は年度中に開講された19科目全てを対象としているが、17年度の結果は同年度前期に開講された17科目のみを対象としている。対象となる授業範囲が異なれば、結果として得られる授業属性も変わるのが当然であるが、それでもなお、両年度の結果は驚くほど近似している。

要約すれば、新しい教育方法としての *e-Learning* は、それ自体としては学生から評価されているが、授業の魅力の説明する共通因子から評価が形成されていると、はっきりとは言えず、今のところ「便利なものがある」、「面白いものがある」といった初期段階ないし試行的状況にあることを否定できない。とはいえ、方向としては *e-Learning* が共通因子から説明される度合いは上がっており、授業に対して求められる一要素として位置づけられつつあるという解釈も可能である。即ち、*e-Learning* の充実が授業への満足に結びつく可能性を窺うこともできる。このようにまとめられよう。

5 考 察

経済全体の中で ICT 投資が労働生産性や全要素生産性を高めてきたという点は今日ではほぼ確認されている。但し、ICT 効果はサービス部門に偏在している。そのサービス業の実質生産水準の測定は品質調整の技術的困難もあって大変難しい。とはいえ、ICT 投資により従来1日を要した事務作業が半日で済むようになれば、同一水準のサービスを提供する労働コストが半分になるので確かに労働生産性は上昇していると確認できる。サービス価格が市場で形成されていれば、こうした生産性の上昇は付加価値の上昇として現れ、賃金・企業利潤という要素所得の上昇として計測されるはずである。

このことが教育部門においては当てはまらない。そもそも多くの国で学校は

主として営利法人ではなく非営利法人によって営まれており、教育の価格も市場で形成されてはいない。GDP統計における生産水準の測定も、したがって、販売サイドではなく投入コストから推計されている。端的に言えば、学校が消費する1年当たりの消耗品数量、雇用する教職員数が増加すれば、実質教育サービスは上昇することになる。一人当たりの消耗品数量が増加すれば労働生産性は上昇することにもなる。こうした測定方法をとる限り、学校教育の生産性上昇を統計データから確認することは極めて難しい。しかしながら、*e-Learning* を活用することにより、予復習の便宜が向上し、従来は1月を要した内容を半月で終えることができれば、学生の学力はそれだけ向上するか、あるいはその分を他の活動に振り向けることにより、学生の効用水準は上がることになる。やはり、ICT投資の生産性上昇効果は存在すると考えるのが適当であろう。では、なぜ今回のデータ分析の結果にそのことが十分明瞭に現れなかったのか。

一つの理由としては、今のところ *e-Learning* は基盤システムを通じたサービス提供が主であり、個別授業ごとに差別化されたコンテンツが配信されている状況ではない。そのために、授業科目間の相関行列を分析しても期待される結果が得られなかったという可能性はある。いずれにせよ、今後基盤システムの拡充を超えて提供される個別授業のコンテンツの増加を待って、改めて分析されるべき課題であろう。

本小論では、授業アンケート結果から得られた相関行列から簡単な因子分析を行い、学生が授業を評価するときの共通因子を探索した。次の論点となるのは、「分かりやすさ」、「授業現場での魅力」、「シラバスに沿った順序良さ」といった共通因子が、どのように授業の満足度、あるいは推薦の意思に結びつくかという因果関係の分析であろう。分かりやすさ (PLAIN) とシラバスに沿った順序良さ (SYLLABUS) の二つから潜在因子である「理解の容易さ」が形成され、それとは別の独立因子として「授業現場の魅力」が働いて、満足度が形成され、満足度が高くなって初めて推薦したいという意思が芽生える、というのはある年のデータに対する一つの解釈であり、別の解釈も可能である。こう

した分析を行うのが次の順序ではあるが、編集部から与えられた紙幅の制約もあり、この論点は稿を改めてとりあげることにした。

(資料) ビジネススクール (大学院商学研究科アントレプレナーシップ専攻)
「授業評価アンケート」の質問項目

I 教員の教授法について

1. 授業は十分に準備されたものでしたか？
2. 授業はシラバスに沿っていましたか？
3. 教員の話し方は明瞭で聞きやすかったですか？
4. 黒板やOHP, パワーポイントの字や図は見やすかったですか？
5. 教員は、教材(テキスト, プリント, ケースなど)を効果的に使用していましたか？
6. 教員は、授業内容を理解しやすいように配慮していましたか？
7. ディスカッションは適切に運営されていましたか？
8. e-Learning システムは効果的に活用されていましたか？
9. 課題の設定と授業の関連は適切でしたか？
10. あなたは、友人や後輩に、この授業を進めたいと思いますか？
11. あなたは、この授業に満足しましたか？

II オプション質問

III 自由記述欄

(注) 各質問項目は5段階評価で回答するもの。オプション質問は個々の授業担当教員が独自に質問する項目である。

参考文献

1. 小樽商科大学教育開発センター「ヘルメスの翼に—小樽商科大学FD活動報告書」, 第3集, 平成18年3月
2. 小樽商科大学教育開発センター・アントレプレナーシップ専攻教育開発部門「平成17年度授業評価アンケート集計結果と分析(前期)」, 平成17年9月, 未刊
3. 坂本昂 [2003]: 監修, 中原淳・西森年寿: 編著「eラーニング・マネジメント—大学の挑戦—」, オーム社, 平成15年
4. 文部科学省 [2005] 編「データから見る日本の教育」, 平成17年
5. Ashenfelter, O. and C. Rouse [1999] "Schooling, Intelligence, and Income in America: Cracks in the Bell Curve", NBER Working Paper, No.6902, 1999/1
6. Gordon, R.J. [2002] "Technology and Economic Performance in the American Economy?", NBER Working Papers, No.8771, National Bureau of Economic Research, 2002/2
7. Gundlach, E., L. Woessmann and J. Gmelin [2001] "The Decline of Schooling Productivity in OECD Countries", Economic Journal, 111, C135-C147, 2001/5
8. Gundlach, E., L. Woessmann [2001] "The Fading Productivity of Schooling in East Asia", Journal of Asian Economics, 12, 401-417, 2001
9. Lakdawalla, D. [2001] "The Declining Quality of Teachers", NBER Working Paper, No.8263, 2001/4
10. OECD [2003] "ICT and Economic Growth - Evidence From OECD Countries, Industries and Firms", OECD, 2003
11. Oliner, S.D. and D.E. Sichel [1994] "Computers and Output Growth Revisited: How Big Is The Puzzle?", Brooking Papers on Economic Activity, 2, 1994
12. Oliner, S.D. and D.E. Sichel [2002] "Information Technology and Productivity: Where are We Now and Where Are We Going?", Finance and Economics Discussion Series, No. 2002-29, Federal Reserve Board, 2002/5
13. Pilat, D., F. Lee and B. van Ark [2002] "Production and Use of ICT: A Sectoral Perspective on Productivity Growth in the OECD Area", OECD Economic Studies, No.35, 2002/2
14. Triplett, J.E. [1999] "The Solow productivity paradox: what do computers do to productivity?", Canadian Journal of Economics, Vol.32, No. 2, 1999/4
15. United Council of Economic Advisers (CEA) [2001] "Economic Report of the President 2001", 2001/2