

大学院生の統計的思考の育成：統計的思考の学習環境モデルの評価*

DEVELOPING POSTGRADUATE STUDENTS STATISTICAL THINKING IN UNIVERSITY: EVALUATION OF A STATISTICAL THINKING LEARNING ENVIRONMENT MODEL

Jing Sun, Nicholas Buys

Health Group and The Griffith Health Institute, Griffith University (AUSTRALIA)

j.sun@griffith.edu.au, n.buys@griffith.edu.au

要 旨

序論：統計教育は、実験研究に対して定量的な手がかりを実証するので、健康学科における研究者にとってはたいへん重要である。このプレゼンテーションでは、学生の統計的な推論や思考を発展させるように考案された、双方向の、大学における大学院レベルでの統計学課程のためのモデルを評価する。この研究のために使用されるモデルはSTLE（統計的思考の学習環境）と呼ばれ、学習の構成主義者理論によって支持されている。

構成主義者の学習に対する理論的取り組みでは、新しい知識や理解は既存の知識や考えに基づいており、経験の上に確立されているのだと主張している。私たちは行動から学んでいるのである。そして学ぶ際には、元々の知識はなくなる。つまり、新しい知識に統合される。最新の学習理論によると、良い教育実践は、学生に知識を構築するよう動機づける学習環境の構想で成り立っている。これには、学生が仲間と話し合ったり熟考したりするだけでなく、自分たちの学習についても考えたり推測したり、また熟考する機会を与えるような活動も含まれている。

方法：STLE のモデルは、学生の統計学に対する理解や統計的に考え判断する能力を高め、実際に統計技術を応用できるように開発された。STLE は教材、クラスにおける文化活動、討論、オンライン技術、教授法、そして評価が相互に作用する組み合わせとなっている。2010年のコーホートの90人の学生がこのモデルの6つの原則を評価するため研究に参加するよう勧められた。この原則とは、1. ツールと手順を提案することよりも、中心となる統計的考えを発展させることに重点を置く。2. 研究において仮説をたてたり検定したりする際には、学生を奨励するために、実際の、興味を与えるようなデータを使用する。3. 学生の推論や批判的な思考を発達させる手助けとなるような、クラスでの活動を使用する。4. 学生が自分たちの推論を検定し、分析データを調査し、彼らの統計学的な推論を発展させられる、適切な技術的道具の使用を統合する。5. 統計学的論点や、重要な統計的思考に重点を置いて支持されている論争が、話題にあがるようなクラス内での会話を促す。6. 指導計画と進展を見極めるだけでなく、学生が知っていることを認知し、彼らの統計

*英語版原典の翻訳・転載については、原著者より許可を得ている。

的思考の進歩をチェックできる評価を使用する。学生の研究や彼らのプロジェクトに関連した取り組みにおいて、学習や学習の応用を奨励するためには STLE 方法が有効であるということの評価するために、定性的と定量的、両方の取り組みをする混合型の研究方法が使用される。

結果：定性的インタビューと定量的調査の両方に回答した参加者たちは、STLE モデルが学生の批判的思考の発達を著しく高め、定量的な研究において学習と研究技術を高めたと述べている。

考察と結論：STLE モデルは統計学教育 において効果的な方法であり、先に述べた 6 つの主義 は、学生がデータを用いて推論したりテスト したりする、統計的推論を話し合ったり説明したりする、または、さらなる研究や取り組みにおいて統計学的原則を使用し実施することに重点を置くような授業を展開する際には重要な要素となる。

キーワード：教授；自発的学習；統計的思考；大学院統計学課程；構成主義

1 導入

大学院生への統計教育は、これが実験研究に対する定量的な手がかりを実証するため、健康学科の研究者にとっては極めて重要であった。健康関連の学科では、院生における定量的研究が、学生自ら学習を主導し、自立した研究計画を実行しなければならないという、課題を基にした学習環境にあることが多い。健康学科においては情報源が様々であり、学生に多元的な知識へのアクセスを提供する必要もあることから、統計学の講師が学生の研究の問題についてすべての質問に答えることは、めったにできないであろう。それに加えて、この情報時代の教育の目的は、学生に現実社会の問題解決するスキルを使えるよう準備させることである；しかし、教育はこの役割ができていないと批判され続けてきた。一般的に言われる理由は、大学における統計学の学習経験が現実の社会経験とはあまりにかけ離れているため、学生たちはこのふたつの環境 [1-4] の間でスキルを転換できないということである。現代の教育では、すぐに利用できる公式を提供することも、すべての健康学科の問題を解決できるような難問に統計学の手順を利用することさえも十分にできないのである。それゆえ、学生の学びは問題を基盤としたものであり、どうやって情報収集にとりかかるのかを教えるだけでなく、彼らに利用できる情報なのか熟考させるものであることがたいへん重要となってくる。これに基づくと、彼らが得たものは、ただの手順や情報以上のものになる。つまり、それは自分たちの研究や仕事で実行する能力へと応用できるように、学生の思考、行動、実行に情報を与え変化させる知識であるべきである。

問題を基盤とした統計学習は、統計学の概念を理解するという点で複雑性に満ちている。

したがって、学生が批判的思考をしていなければ、問題基盤の学習で与えられた意味解釈の過程は立証されないし、学習は妨げられる [5]。さらには、学習者として、後には常に技術を向上させる職業分野での専門家として、様々な状況に対してどのように反応するのか彼らが熟考することが重要であり、その結果彼らは統計学的手法を使いながら批判的思考や思慮深く、よく考えた上での行動を通して問題に取り組むことができるのである。

構成主義者の研究方法に従った学習に対する現代の見解では、学習には熟考と抽出を通して概念の構造を組み立てることが必要である。それぞれの学習者は自分の知識を構築しなければならないので、概念は言葉によって教師から生徒に伝えることはできない。学習は、学習者が積極的に概念 [2] の構築と組織に関わった時のみ起こるのである。統計学を教える際には、構成主義では、人はどう学ぶのかに私たちの注意を集める。そして、統計学の知識は、数学の問題や環境に積極的にかかわって生まれてくる疑問や取り組みに応じたモデルを形成している人々から結果が生じているのであって、ただ単に情報を取り込むことから生まれてくるものではないと述べている。私たちは行動から学ぶのである。学んだ時、以前得た知識は消えない。そして新しい知識と統合するのである。さらに、知識は学習者が経験し、知識 [2, 6] を構築する背景と環境に大きくかかわっている。言いかえれば、理解は経験によって形成されるのである。構成主義者は、実際の活動における認識の経験を力説する。本物であるということは、背景が現実社会の取り組みであるという意味ではない。むしろ、学習活動は実社会での慣例 [2] を表すようなタイプの取り組みを採用すべきである。

構成主義者の学習に対する取り組みが示すものは、良い教育実践とは、学生が知識を構築する動機づけとなるような学習環境を設計することにあるということである。これには、仲間と話し合ったり考えたりするだけでなく、自分たちの学習を検討し推論し熟考する多くの機会を学生に与える活動も含まれている。Jonassen, et al. [7] によると、教育の目的は、例えば批判的思考のような、より高いレベルの認知技術を教えること、そしてそれらの技術を応用する気質を育むことである。これを達成するための緻密な知力には、推論、判断、批判的思考、複雑な状況 [8, 9] の分析も含まれている。この教育目標を達成するために、大学院生の統計学課程教育に対して現代の学習理論が示唆しているものには、知識を構築し、推論し、学習の時に熟考するよう学生を刺激し、動機づけをし、影響を与える学習環境を設計することが含まれている。この教育の取り組みは、学生を引き入れ、自分たちの説明、評価、コミュニケーション、そしてこういった経験を理解するのに必要な統計モデルの応用を支持するような経験を生み出すことである。

この論文は、学生の統計学的推論と思考を発達させるよう設計された大学における、双方向の大学院レベルの統計学課程のためのモデルを評価する。この研究に使用されるモデル

は、「環境学習の統計的思考の学習環境」(STLE)と呼ばれ、学習における構成主義者理論のうえに構築されている。STLEモデルは、教育法、教材、クラスの活動、文化活動、討議、オンライン技術と評価が相互作用するように組み合わせられたものである。これには、仲間と話し合ったり考えたり、そして個別指導時間の取り組みに対する意見・感想を出すことで、学生に努力を促したりするだけでなく、考え推論し自分たちの学習について熟考する多くの機会を提供する活動もある。

教える過程では、学生の思考は研究の問題から始まり、指示によって導かれ、仲間のグループ活動に参加する機会と同様に自分たちの知識を構築する機会も与えられる。これは、学生の統計学の理解や、統計的に考え推論する能力、そして統計技術を実際に応用するために開発された。

この研究で主に提起されている問題は、STLE教育法は学生の批判的思考を発達させ、研究に着手する能力を増加させるのかどうかである。

2 方法論

2.1 方法

統計学での学生の批判的思考を促進させ、研究に着手する能力を増大させ、統計学課程において社会的相互作用を促進させることについて、STLEの方法の有効性を評価するために縦断的デザインと混合型取り組みを、この研究では採用した。統計教育におけるSTLEの方法実行の過程での学生の意見を調査するために、個別のインタビュー形式が使用された；そして調査は、STLEの方法に関するデータと、学生の批判的思考と研究を行う能力の増大との関係性について、そして社会的相互作用についてデータを集めるために利用された。

2.2 参加者

一流大学である大都市の大学の統計学課程の学習が終了するあたりで、学生たちから被調査母体が選ばれた。これらの参加者は、理学療法、医療科学、福祉事業、公衆衛生、看護、産科学、薬学、歯学を含めた保健指導の分野において優等生、あるいは大学院生であった。定性的データの収集においては手ごろな被調査母体を使用した。前期から5人の学生と現在の学期から5人の学生がインタビューに応じた。優等学生と大学院生たちは、個別に対応され、手書きでアンケート用紙に記入するよう依頼さるか、もしくは、サーベイ・モンキー・ウェブサイトのオンライン経由で記入を完了するようeメールで指示された。90人の学生の被調査母体が得られた。全体で、定量性調査での回答は合計34人分の使用可能な回答があった。オーストラリアでは、ほとんどの地方の教育機関にはよくあることだが、回答者の60パーセントがオーストラリア人の国内在住者であり、40パーセントは中国、インド、インドネシア、マレーシア、台湾、香港、スウェーデン、カナダ、サウジアラビア

など国々から来た留学生たちであった。学校中でも大体同じ位の数に相当しており、性別による割合もほぼ同じであった。

2.3 「統計的思考の学習環境」の設計

STLE モデルは、学生が統計学を理解し統計学的に考え推論する能力を高め、実際に統計技術を応用できるように開発された。STLE は、課程の教材、授業での活動文化、討論、オンライン技術、教授法と評価を相互作用できるように組み合わせたもので、このモデルには 6 つの原則がある：1. ツールと手順を提案することよりも、中心となる統計的思考を発展させることに重点を置く。2. 研究において仮説をたてたり検定したりする際には、学生を奨励するために、実際の、興味を与えるようなデータを使用する。3. 学生の推論や批判的な思考を発達させる手助けとなるような、クラスでの活動を使用する。4. 学生が自分たちの推論を検定し、分析データを調査し、彼らの統計学的な推論を発展させられる、適切な技術的道具の使用を集約する。5. 統計学的論点や、重要な統計的思考に重点を置いて支持されている論争が、話題にあがるようなクラス内での会話を促す。6. 指導計画と進展を見極めるだけでなく、学生が知っていることを認知し、彼らの統計的思考の進歩をチェックできる評価を使用する。

2.4 「統計的思考の学習環境」の測定

定性的なデータ収集においては、STLE の方法についての学生の意見や、彼らの批判的思考にそれがどの程度関係したのか、また、彼らの研究プロジェクトを始める能力がそれによってどの程度向上したのかを明らかにするため、幾分系統立てたインタビューの質問がされる。定量的データ収集においては、STLE と、学生の批判的思考と研究を始める能力の向上、そして社会的相互作用との間の関係を把握するために STLE 方式のアンケートが使われる。

これは、4 つのスケール（批判的思考教授法、問題基盤の課程設計、情報収集を基本とした課程内容、生徒の学習を刺激する方法）に沿った、STLE の取り組みを測る 20 項目の自己申告型のアンケートである。参加者は、6 点式 リカートスケールによって、それぞれの項目に自分たちの賛成の度合いを点数化する：1 確かにそうである 2 幾分反対である 3 少し反対である 4 少し賛成である 5 ある程度賛成する 6 大いに賛成である。この手段の有効性において、4 つのスケールの信頼性に対するクロンバックの アルファはそれぞれ、0.89,0.86,0.85 と 0.82 であった。この手段の有効性をさらに支持するため、20 個の質問によって説明される全体的な分散を検定するために因子分析が行われた。20 個の質問は STLE の取り組みに対して 78.18% の高レベルの分散を説明していることがわかった。高レベルの信頼性と有効性はそれ自体 STLE の取り組みを測るものとして有用であることを示してきた。そして、このようにして調査の質問に答えるため、現在の研究においても採用

された。STLE のスケールに加え、学生の批判的思考や研究に着手する能力の向上、そして社会的相互作用についての質問もまた、6 点式 リカートスケールで尋ねられた。

2.5 分析

STLE の取り組みに対する学生の意見のパターンに見識を得るために、学生の批判的思考や研究に着手する能力の向上、そして社会的相互作用において 3 つの質問が STLE の 4 つのスケールで行われた。学生たちが、この STLE 環境においてどのように批判的な思考を発達させているのか突き止めるため、STLE と、批判的思考、学習の発展、社会的相互作用の促進におけるそれぞれの不定の結果との関係を分析するために、回帰分析が使われた。

2.6 結果

回答者のスケール上の点数は、それぞれのスケールを構成する項目に対する平均点によって計算された。

表 1 は、総合的な点数と性別に分けた点数における、それぞれのスケールに対する平均値と偏差値の概観を示している。

表 1 : STLE における総合的点数と性別で分けた点数, 批判的思考, 学習, 社会的相互作用

	総合的点数	男子	女子
	M(SD)	M(SD)	M(SD)
批判的思考教授法	5.18(0.57)	5.16(0.58)	5.19(0.58)
問題基盤の課程設計	5.03(0.78)	4.70(0.89)*	5.27(0.61)
調査を基本とした課程内容	5.08(0.56)	5.09(0.51)	5.08(0.61)
学習を刺激する教授法	5.70(0.46)	5.64(0.50)	5.75(0.44)
批判的思考	5.26(0.71)	5.07(0.73)	5.40(0.68)
学習の発展	5.20(0.84)	5.07(0.91)	5.30(0.80)
社会的相互作用の獲得	4.91(1.02)	4.85(1.09)	4.95(0.99)

表 1 は、熟考方法、問題を基盤とする課程、調査を基本とする課程内容、学習意欲を刺激する方法の平均点において、一貫して高得点を取っていることを示している。学生の批判的思考の発達や研究に着手する能力の向上もたいへん高くなっている。これは、この課程で学生の社会的相互作用が 5 点以下のものの比較となっている。男子学生と女子学生とでは、問題を基盤とした課程において統計的に重大な相違があり、この要因が問題を基盤とした課程設計のスケールと、学生の批判的思考、研究に着手する能力の向上と社会的相互作用の向上との関係についての回帰モデルとして統制されるだろう。

表2はデータセットから生じた4つのスケールの相関関係を表している。

表2. STLEの取り組みの4つのスケール感の相関係数

	教授法	課程設計	課程内容	学生の動機づけ
教授法	1			
課程設計	0.62***	1		
課程内容	0.77***	0.64***	1	
学生の動機づけ	0.36***	0.47***	0.48**	1

** P < 0.01, *** P < 0.001

この表は4つのスケール間の中位から高い相関関係を示している；とりわけ批判的思考教授法と問題を基盤とした課程設計の間に高い相関関係が示されているように、特に注目すべきは、これらの数字が、この構成物が環境理論を学ぶ構成主義者にとって重要であるという理論上の仮定の裏付けとなる点である。；そして、批判的思考教授法と調査を基盤とした課程内容に示されるように；また、批判的思考教授法と学生の学習を動機づけする方法との間にあるものと比較されるように

表3は、STLEの4つの各スケールと、学生の批判的な統計学思考の発達、学習の向上、そして社会的相互作用との関係における、回帰分析の結果を表している。学生の批判的思考の発達と回帰分析における学習の向上と、STLEのそれぞれに対する取り組みとの関係を分析するために、STLEの基準のそれぞれの側面に対して合計点が使用された。0.05未満の確率レベル、0.20を越える回帰係数、そして0.40を越える相関関係は統計的に重要な影響を持っているとみなされ、その結果は以下の表に示されている。

表3 STLEの取り組みと学生の批判的思考、社会的相互作用の発達の間関係

変数	学生の批判的思考と定量的スキル				学生の学習と研究			
	回帰係数 (95%CL)	相関係数	P値	R ²	回帰係数 (95%CL)	相関係数	P値	R ²
教授法	0.99 (0.70-1.21)	0.79	0.001	61%	1.71 (0.86-1.47)	0.81	0.001	64%
課程設計	0.59 (0.34-0.84)	0.65	0.001	42%	0.73 (0.45- 1.02)	0.68	0.001	46%
課程内容	0.85 (0.51-1.20)	0.68	0.001	46%	1.08 (0.69-1.49)	0.71	0.001	51%
学生の 動機づけ	0.80 (0.32-1.27)	0.52	0.01	27%	0.86 (0.28-1.44)	0.47	0.01	22%

表 3 続き

学生の社会文化的経験

変数	回帰係数(95%CI)	相関関係	P 値	R ²
教授法	0.67(0.14-1.19)	0.43	0.01	18%
課程設計	0.28(-0.19-0.4)	0.21	0.28	4%
課程内容	0.68(0.05-1.31)	0.37	0.04	15%
動機づけ	0.02(-0.78-0.82)	0.01	0.97	0

注. P < 0.05 は統計的に有意な結果を示している.

上の表に示されるように、批判的思考教授法、問題を基盤とした課程設計、調査を基盤とした課程内容、そして学習を促す手法も含めて STLE の取り組みのあらゆる局面が、学生の批判的思考や研究に着手する能力の向上と著しく関連している。これは、STLE のそれぞれ 4 つのスケールと、この課程の学生の社会的相互作用の間の関係を、低レベルから特に重要性のない関係まで比較したものである。

定性的データは、この取り組みは、批判的思考を明確に促進していると学生自身が感じているという、さらなる証拠を与えている：

・「私は使用されている取り組みは良いものだと思います。行動の仕方について、私は以前より好奇心が旺盛になったかもしれません。それに、物事に対して違った角度から取り組み、研究、特に定量的研究で何をすべきかさらに徹底的な理解ができたと思います。また、生徒の参加や、この課程の他の学生の参加を促すことについては、私たちの課程には様々な背景があり、この取り組みはたいへん興味深く、クラスでの討論も白熱します。それで、クラスの人たちはみな自分の研究計画に取り組み、それでみんなが学んだことを自分の計画に関連付けるのです。そして今度は問題を提起するのです。だから、とても面白いです。ひきつける授業でしたし、そのトピックについて誰もが実に知識欲旺盛なので多くの学生が参加しました。」

・「私にとって、定量的研究で使われたその取り組みは、定量的研究の技術に関する知識を学ぶのに、たいへん役に立ちました。また、私はこの知識と技術を、将来行う計画である研究プロジェクトで試してみるつもりです。」

定量的データに関する熟考はまた、STLE の取り組みが、生徒の学習を高め、研究と調査のスキルを向上させたことも示している。

・「はい。もちろん、そうです。申し上げたように、私はこの課程を取る前は研究に関する経歴はなにもありませんでした。そして、当然私の研究技術はとても向上しています。今ではどんな論文でもレポートでも読むことができますし、それを判断することができます。」

批評もできますし、会議で発言だってできます。結果の妥当性や信頼性も... そうなんです。とにかくこの取り組みは実際良いのです。」

・「はい、この取り組みによって私の研究スキルは目覚ましく改善されました。まず、物事を容易に分析できるという自信ができました。また、定量的研究の明確な理解ができましたし、問題をどのように処理するのかという、明確で簡潔なプランを企画する能力ができました。私が毎日学んできた技術を利用するため、これは本当に私にとって役立っています。」

・「これによって私の研究技術は確かに改善したと信じています。この課程に入る前は、わたしには研究の経歴は全くなかったため、定量的研究について何も知りませんでした。だから、もし自分が定量的研究をしたいと思えば、研究をどのように計画すべきか、データをどうやって集めるのか、そのデータをどう分析したらいいのか私にはわかりません。自分が研究技術を高められたという点で、私はこれが実に効果的であると思います。」

・「私は学ぶと同時に実践もしたので、私にとって、とてもためになると思います。」

3 議論と結論

現在のデータでは、STLE は大学院生の批判的統計思考が一般的に増加するのに役立ち、学習を高めたということを示している。思慮深い教授法、問題を基盤とした課程設計、そして調査に基づいた課程内容が、学生の批判的思考を著しく向上させ、学習と研究技術の発達を高めたということが見出された。前の項でも述べたとおり、この大学の課程の学習プログラムにおける健康関連の学科の優等生と大学院生は、この特定の統計学課程を取っている。課程設計と課程内容は、彼らの研究方法、大学院研究プロジェクトと課程の研究に特有であり、個人の研究と定量的スキルに関連のある側面をさらに論じている。学生の批判的思考はこれらの問題を基盤とした、また調査を基盤とした統計学習を通して著しく向上したことを示している。

STLE の取り組みと学生の批判的思考発達とのハイレベルな関係を比較すると、STLE の取り組みの4つのスケールと、学生の社会的相互作用との間の関係は低い。このことは、統計学の学習は、社会的相互作用 [1, 2] というよりもむしろ、統計学の背景と環境において起こるためなのかもしれない。これは、認識の取り込みという点において道理にかなっている。Jonassen, et al. [7] は、学生の思考は問題の研究に始まり、次に問題を熟考するための討論が続くと述べている；研究の問題提示、討論と熟考は、思考の連続で成り立っており、定量的研究においては、最新の研究から批判的思考と思慮深い行動へと導くと述べている。この研究では、STLE の取り組みによって、学生は統計的な考え方や経験に基づく分析方法について、意味を構築することができるということを明確にしている。このことは、中心となる学生の統計的概念、学生が研究で仮説を立てて検定するという取り組みができるような本物の動機づけができるようなデータセットの使用、学生が自分たちの推理を検定し分

析データを調査し彼らの統計学における思考や推論を発展させる統計ソフト使用の統合などを通して起こるものである；重要な統計的考えを熟考するクラスでの会話を促すこと；そして最終的に実際の調査データセットを学生が知りえたことを理解し、彼らの統計的思考の発達を見守るための評価へと組み入れること。このようなことから、STLEの取り組みはかなり効果的と言える。

参考文献

- [1] Brown JS, Collins A, Duguid P. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*. 1989; **18** (1): 32-42
- [2] Duffy TM, Jonassen DH. Constructivism: New implications for instructional technology. In: Duffy TM, Jonassen DH, eds. *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*. Hillsdale, Nj: Lawrence Erlbaum Associates 1992:1-16.
- [3] Hiebert J, Carpenter TP, Fennema E, Fuson K, Human P, Murray H, et al. Problem solving as a basis for reform in curriculum and instruction: The case of mathematics. *Educational Researcher*. 1996; **25** (4): 12-21
- [4] Sternberg ER. Teaching critical thinking: Are we making critical mistakes? *Phi Delta Kappa* 1985; **25** (4): 12-21
- [5] Song HD, Grabowski BL, Koszalka TA, Harkness WL. Patterns of instructional-designfactors prompting reflective thinking in middle-school and college level problem-based learning environments. *Instructional Science*. 2006; 34 (1): 63-87.
- [6] von Glasersfeld E. Introduction: Aspects of Constructivism. In: Fosnot C. T, ed. *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*. New York Teacher College Press. 1996:pp. 3-7
- [7] Jonassen DH, Peck KL, Wilson BG. *Learning with Technology: A Constructivist Perspective*. Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall 1999
- [8] Savery JR, Duffy TM. Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*. 1995; **35** (5): 31-8
- [9] Williams B. Developing critical reflection for professional practice through problem-based learning. *Journal of Advanced Nursing*. 2001; 34 (1): 27-34
- [10] Greeno JG. On claims that answer the wrong questions. *Educational Researcher*. 1997; **26** (1): 5-17