

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：32601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700909

研究課題名(和文) 潜在要因と顕在要因を考慮した個別教育改善のための意思決定機構の構築

研究課題名(英文) Construction of Decision-making Model considering Explicit and Implicit Element for Improvement of Individual Education

研究代表者

東 るみ子 (Azuma, Rumiko)

青山学院大学・社会情報学部・助教

研究者番号：80550102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では客観的に生徒一人一人の弱点を分析し、指導案を決定する意思決定手法を提案した。生徒に関する定性データ(生徒自身が評価する理解度)と定量データ(テストの点数)を用いることで顕在要因と潜在要因を考慮した上で、生徒個人に対する指導案を決定することが可能となった。定性データの分析には、人間の主観的判断を定量化できる絶対評価AHPを応用した。また、定量データの分析では、各問題における正答数から主成分分析を用いて内在する要因を抽出した。さらに本研究では、これら両要因から得られたデータを統合評価する為の手法を提案することで、従来の意思決定手法に比べより生徒の状態を的確に評価することが可能となった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed the decision-making method that is able to judge some weak point of individual student in subject objectively. Our proposed method enables to decide the point which should instruct it intensively by using qualitative data and quantitative data : evaluation questionnaire of the understanding degree and scor of quiz. The analysis of the qualitative data were applied the absolute evaluation AHP quantifiable human subjective judgment. On the other hand, in the analysis of quantitative data, we extracted implicit factors using principal component analysis (PCA) from data of whether they took how much scores in any quiz. Moreover, the evaluation of the student's current situation was be able to get more accurately by proposing the method for obtaining comprehensive evaluation in both factors.

研究分野：意思決定論

キーワード：教育改善 多変量解析 意思決定モデル AHP

1. 研究開始当初の背景

PISA (OECD 生徒の学習到達度調査) にも見られるように、近年の日本教育における学力低下が浮き彫りとなり、「ゆとり教育」の改善を求める声が強くなってきている。一方、従来の画一的な「詰め込み教育」では、落ちこぼれてしまう生徒の個性を伸ばすことが出来ず、その結果学力の格差が生まれてしまうというジレンマが存在する。そこで近年我が国では、TT (チームティーチング) といった複数の教員が協力して授業中に個別対応を行う指導法改善の取り組みが行われている。

しかしながら、TT による個別指導には生徒の個性を考慮した指導が必要不可欠であり、現状では教員の経験や知識に依存するところが大きく、負担も大きい為、客観的に指導項目を決定することは難しい。教育分野における先行研究では、生徒の点数や授業アンケート調査結果を用いて生徒の学力・理解度を分析し授業改善を図るものや、教員の指導法の改善を促す教育プログラム開発等が多く存在するが、これら研究は全体教育の改善を試みるものであり、TT を活用した個別教育に関する研究はほとんど発表されていないのが現状である。

そこで東らは先行研究として、主成分分析を用いてテストの結果から潜在的要因の分析を行い、個人の弱点部分や特性を導き出し、指導に反映させることで学習改善を試みた。しかしながら、一時期のテストの点数 (定量データ) だけで生徒の学力を測ることは難しく、日頃生徒に接する中で教員が得る各生徒の情報 (定性データ) も併せて多方面から考查する必要があり、TT による個別指導における学習改善を効果的にする為には、様々な角度からの評価が重要となる。

その為、この問題を工学的な立場から意思決定問題として捉え、定性データと定量データを用いた客観的な指導法の選択問題と

して考える必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、生徒の定量データから得られる情報を潜在要因、定性データより得られる情報を顕在要因と見なし、両要因の統合評価を行い指導案 (どの単元を重点的に指導する必要があるのかなど) を決定する意思決定機構 (図 1) を構築する。その結果、全体教育の立場との整合性を保ちながら、個々の能力に応じた客観的な指導案を提示するとともに、その指導案が教員間の合意形成を図る指標となることで、円滑かつ有効な指導改善に繋げることが目的である。

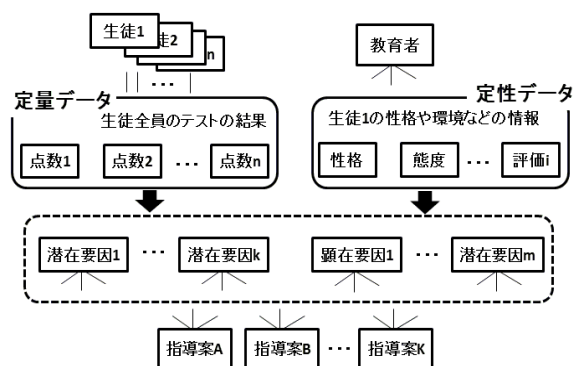


図 1: 提案意思決定機構の構造

3. 研究の方法

(1) 定性データから得られる要因を顕在要因、定量データから得られる要因を潜在要因とし、両要因の関連性に関して、階層性を基に検討を行い、構造の階層化を図る。

(2) 各生徒のテストの点数を定量データとして分析することで、点数だけでは測れない、全体から見た個々の生徒の科目に対する特徴量を抽出し定量化を図る。更に、これらの結果を潜在要因として扱い、評価項目として一対比較行列に変換する為に、従来の AHP の数学的制約を考慮し、AHP に基づいたアルゴリズムを開発する。そこで、定量データから潜在要因を抽出することが可能な主成分分

析 (Principal Component Analysis) を応用したアルゴリズムを考案する。

一方、近年の小、中、高校生の学力の分布は非正規分布を成していることが多く、その場合、線形解析を行う主成分分析では特徴量を抽出できない為、非線形解析が可能なカーネル PCA (Kernel Principal Component Analysis) の応用も検討する。

(3) 両要因の数学的処理の相違を分析し、一対比較行列の計算法、固有ベクトルの算出法を検討することで、両要因を融合し統合評価を行う教育改善型意思決定機構を構築する。AHP では意思決定者が与える定性データを言語尺度に基づき数値化する為、本研究で扱う顕在要因も同じ処理を行い、数値化されたものとして扱うことができる。両要因から代替案の評価を行い、最終評価として双方の固有ベクトル (重み) の統合を行う。

4. 研究成果

本研究で提案した意思決定手法の流れを図 2 に示す。

まず STEP1~3 では、定性データを絶対評価 AHP を用いて評価し、一方、定量データは PCA を用いて評価を行う。

(1) 定性データから顕在要因の抽出

AHP はマルチ評価項目に対応しており、人間の主観的評価を定量化し、客観的評価が下せる為、様々な選択問題に利用されている。従来の AHP は、意思決定者が言語尺度で評価項目や代替を評価し、その総合評価を計算することで優先順位を導き出す、相対評価手法になっている。しかしながら教育における評価では、教員から見た生徒の所見を記入することを考えた場合、特定の生徒と比べてその

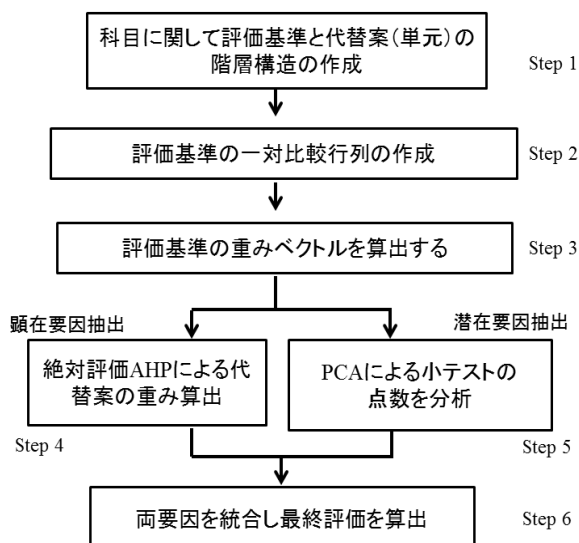


図 2：提案した意思決定モデルのフローチャート図

生徒がどうであるかというより、教員のある尺度を基準として対象の生徒を評価するということが一般的だと考える。そこで本研究では、STEP4 における定性データの評価方法として絶対評価法[1]を用いた。

絶対評価法では予め絶対評価の水準である言語尺度を決める必要がある。本研究では、授業評価などで多く用いられている 5 点法の尺度を用いた。「とても良い」「良い」「普通」「悪い」「とても悪い」の 5 つの言語尺度の一対比較値を定義し、その一対比較行列から各々の尺度の重みを算出した。評価水準間の一対比較と重みの結果を表 1、表 2 に示す。

表 1：評価水準間の一対比較

	とても良い	良い	普通	悪い	とても悪い
とても良い	1	3	5	7	9
良い	1/3	1	3	5	7
普通	1/5	1/3	1	3	5
悪い	1/7	1/5	1/3	1	3
とても悪い	1/9	1/7	1/5	1/3	1

表2：表1に基づく評価水準間の重み

言語尺度	重み
とても良い	1.000
良い	0.510
普通	0.252
悪い	0.124
とても悪い	0.065

これらの評価水準間の重みを利用して、評価基準の重み w を算出する。

次に、評価基準からみた各代替案同士の対比較行列 S を作成し、定性データに関する評価値 X_{AHP} を次のように求める。

$$X_{AHP} = Sw$$

$$X_{AHP_i} = \sum_{k=1}^n s_{ki} w_k \quad (1)$$

ここで X_{AHP_i} は、 i 番目の代替案に対する顕在的評価値を表しており、 w_k は k 番目の評価基準の重み、 s_{ki} は k 番目の評価基準からみた代替案 i の重みを表している。

(2) 定量データから潜在要因を抽出

生徒の小テストなどの点数といった定量データを用いて分析を行うために、STEP5 の処理で PCA を用いて評価を行った。PCA による処理の流れを図3に示す[2]。図3は、全生徒の各単元における小テストの点数から行列を作成し、その行列に対して PCA を施す

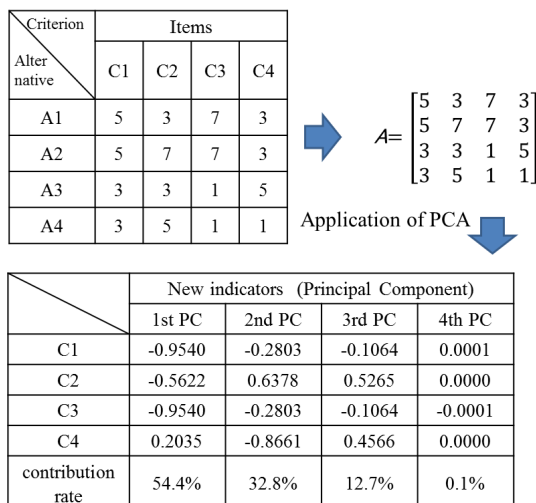


図3：PCAによる処理の一例

ことで、新しい主成分を抽出するとともに、各主成分における各単元の重みが抽出できることを表している。

従来のようにテストの点数をそのまま利用する場合、ある生徒の評価値は式(2)のように総和 Y や平均を用いる手法が一般的である。

$$Y = x_1 + x_2 + \dots + x_i \quad (2)$$

x_i は代替案(単元) i に関する小テストの点数になる。

一方、PCA で処理をした分析結果を用いた評価の場合、分析結果より得られた固有値に属する固有ベクトル から、以下に示すような線形結合で表わすことができる。

$$z_{ji} = v_{j1} x_1 + v_{j2} x_2 + \dots + v_{ji} x_i \quad (3)$$

j は主成分を表しており、 v_{ji} は第 j 主成分における代替案 i の重みを表している。ここで、(2)式と(3)式の違いは、(3)式では点数 x に重み係数 v が施されている線形結合になっていることである。すなわち、PCA を施すことにより、各小テスト に対する重要度 が得られることになる。また、(2)式は一つの評価結果しか求められないのに対して、(3)式では主成分(j)毎に評価結果を得ることが可能となる。よって本手法では、(3)式を第 j 主成分における各代替案の潜在的評価値とみなし分析を行った。

$$X_{PCAi} = v_{ji} x_i \quad (4)$$

(3) 両要因を考慮した意思決定機構の構築

図2のSTEP6では、最終評価を行うために、顕在評価値と潜在評価値を統合した最終評価値 X_i を次式で定義した。

$$X_i = X_{AHPi} \cdot X_{PCAi} \quad (5)$$

これにより式(5)で算出した各単元の最終評価値を、生徒の理解度の指標として用いることで、生徒が重点的に学ぶ必要がある単元を把握することができ、また生徒の弱点を考慮した教材選びを行うことができる。

更に今後普及し続けるデジタル教材においても、生徒の学習履歴から本手法を用いて評価を行うことで、ある科目を学習する上で、どの単元、あるいはどのような箇所を克服すれば、この科目において理解度が上がるのかを生徒自身にも提示することができ、自学自習への一助となる可能性も秘めている[3]。

参考文献

[1] Saaty, T. L. : Absolute and relative measurement with the AHP. The most livable cities in the united states. In Socio-Economic Planning Sciences, Elsevier (1986).

[2] Rumiko Azuma, Shinya Nozaki : A Study of Decision-making Model Considering Priorities based on Two Kinds of Evaluation, Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence , pp.30 , Feb - 2013.

[3] 東るみ子, 早乙女理恵, 宮里智樹 : 学習者からみた大学におけるデジタル教材の評価と課題, 日本 e-Learning 学会誌, Vol.14 , 2014 .

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

東るみ子, 早乙女理恵, 宮里智樹 :

“ 学習者からみた大学におけるデジタル教材の評価と課題 ”, 日本 e-Learning 学会誌, Vol.14 , 2014 (査読有).

[学会発表] (計 3 件)

Rumiko Azuma, Shinya Nozaki : “ Development of a Model based on Evaluation considering Explicit and Implicit Element in Multiple Criteria Decision Making ”, Proceedings of the 3rd International Conference on Operations Research and Enterprise Systems, Mar - 2014, Angers France.

Yui Miyagi, Hayao Miyagi, and Rumiko Azuma : “ Preference Order in Group Decision-Making Through Fuzzy Partial Order Relations ”, Proceedings of the 8th International Conference on Information Technology and Applications, Jul-2013, Sydney Australia.

Rumiko Azuma, Shinya Nozaki : “ A Study of Decision-making Model Considering Priorities based on Two Kinds of Evaluation ”, Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence , pp.30 , Feb - 2013, Barcelona Spain.

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

東るみ子 (AZUMA, Rumiko)

青山学院大学・社会情報学部・助教

研究者番号 : 80550102

(2) 連携研究者

(3) 研究協力者

野崎真也 (NOZAKI, Shinya)

琉球大学・工学部・准教授

研究者番号 : 00390568

早乙女理恵 (SAOTOME, Rie)

琉球大学大学院・理工学研究科・博士後期課程

宮里智樹 (MIYAZATO, Tomoki)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号 : 00010898