

学務情報処理システムにおける選択科目クラス編成支援の実現と効果 Effects of a Lecture Allocation Support System in Campus Wide Information Systems

藤本 貴之
Takayuki Fujimoto

松尾 徳朗†
Tokuro Matsuo

1. まえがき

現在、ほとんどの高等教育の現場において、選択科目が卒業要件単位として開講されている。選択科目が存在する意味は、何よりも、学生たちが自身の興味や関心を基に、主体的に学習計画を立てやすくするという点で重要であるからである。すなわち、学生は決められたカリキュラムをお仕着せに強制されるのではなく、自らの興味や関心や学習意欲を履修計画に反映させることができる。それは、選択の余地無く決定される必修科目に比べ、学生たちの授業における熱意や学習動機にも大きく影響している。選択科目を積極的に教育現場に導入する事の重要性に関する議論は、教育論・カリキュラム論などの中で様々になされてきた。しかし、ここに来て選択科目を巡る議論には大きな見落としがあったことは否めない。すなわち、選択科目を選択科目足らしめるその“選択”手法の妥当性についての言説空間である。つまり、選択科目は学生の嗜好性を反映させるために存在するもの、学校は定員、教員および時間などの様々な制約がある。もし定員を超過した場合は、受講希望の学生全てに履修許可を出す事ができない、という問題が発生する。従来、こういった場合において、学校側は「抽選・先着順・学年順」という、学生の学習意欲とは無関係な手法を用いて、機械的に決定し、そのクラス編成を行っている。そうすると、「受講者の学習意欲を考慮するため」に設置された選択科目にも関わらず、「受講者の学習意欲を無視する」という矛盾状況を生み出してしまふ。

そこで本論文では、選択科目における受講者決定/クラス編成手法について着目し、選択科目の本来の役割である「受講者の学習意欲の反映」をより高めるための手法について、多目的意志決定問題の一解法として用いられる多属性効用理論を用いて検討し、その有効性に関して評価する。

2. 選択科目の現状

2.1 選択科目の編成

選択科目制度は、19世紀のアメリカで学習者のニーズに対応することを目的としてはじまった制度である。日本においては、戦前の旧制高校における人格教育が戦後廃止された代わりに、大学における教養部が発足した[1]。大学の学生は4年間のうち前半の2年間は教養課程での教育を受け、後半の2年間で専門課程での教育を受けていた。教養部では広い学問領域を学ぶ教養教育が行われた。その後、多くの大学で教養部が廃止され、現在は大学4年間を通して同時に教養教育と専門教育を行う、いわゆる「くさび型教育課程」が実施されるようになった[2]。多くの大学では、教養課程において選択科目制度を導入しており、学生は自らの学習目的に基づき講義を選択する。専門性や嗜好性が

強く反映される大学教育では卒業要件単位科目の多くが選択科目として設置されている。選択科目は、生徒・学生たちの意見や関心を引き出し、教育現場に反映させるための最も重要な役割を担っており、選択科目の役割の拡大は、教育現場における可能性と期待の拡大でもあるだろう¹。

2.2 選択科目の分類

“選択科目”とは一般に、以下の2つに分類できる。

[1] **選択必修科目群**：「次の3科目から1科目を選択」といった形で一部学生の嗜好性考慮の余地を残す選択科目。

[2] **自由選択科目群**：「科目群の中から、20単位分選択する」等という、完全に学生の自主性に依存した選択科目。

本論文では、自由選択科目[3]について着目し、そのクラス編成手法について検討する。

2.3 選択科目問題

選択科目は本来、学生の嗜好性を反映させるために設けられた科目であるにも関わらず、空間的制約という都合上、定員を設けねばならない。また、その他にも学校側の都合上、様々な制約が発生し、受講希望者全員が受講できなくなる状況が作り出されている。しかも、科目によっては、一般的に、またはその環境において関心のある学習内容（例えば、工科系大学における理系科目など）や、講師の人間性や教授方法などにより、人気科目と不人気科目の格差が生じる。その際に人気科目に対する受講競争率は「受講可能者の方が少ない」という逆転現象さえ発生する。

2.4 選択科目のパラドクス問題

上述の様に、選択科目制度が内包する最大の課題は、「本当に受講を希望したい学生が受講できない」、「単位取得が容易」などといった不純な動機の学生が受講を許可される」という本末転倒な問題が発生するということがある。例えば、単位取得が容易と学生たちに思われている、いわゆる“楽勝科目”は“人気科目”となることが多い。その結果、研究や学習的な関心から本当にその科目を受講したいと考える希望者の受講率は著しく低下する。従って、本来、高い学習意欲やモチベーションを持つ学生を集める可能性を有しているにも関わらず、それを無根拠な手法によって分散させてしまう。結果的に、興味や関心のない単位取得のみを目的とした学生による学習意欲の低いクラス編成を成立させてしまうことになる。逆に、本来、当該科目に高い学習意欲を持っていたにも関わらず受講を許可されなかった学生は、やむを得ず「学習意欲があがらない他

¹高等教育だけでなく、中等教育においても、1970年代、学習指導要領の改訂（1970年、1978年）において高等学校教育課程の多様化が推し進められた。その結果、80年代には、60年代と比較して卒業単位数における必須単位数は68単位から32単位へと削減された。それとは対比的に、卒業単位数に占める選択科目の割合は20%から40%へと倍増を遂げた（黒沢2001）。近年では、生徒の個性・関心・適性を考慮した更なる選択科目比率の拡大や、そもそも学年やカリキュラムによる区分自体が存在しない「単位制高校」の登場など、ますます選択科目への期待や可能性・必要性が求められている。

†園田学園女子大学未来デザイン学部

‡宮城大学事業構想学部

の科目」の登録をせざるを得なくなる。すると、今度は、その場でも他の受講希望者との間で同様の現象が発生する。例えば、ある科目に関して意欲的に学習できる学生が受講の許可が与えられず、そうでない学生に受講許可が与えられた場合、前者は、意欲的に学習できない他の科目が割り当てられる。自由選択科目の目的は、学生の興味および関心などに基づき学習する教育カリキュラムである。つまり、科目の選択は学生の嗜好の反映が重要であるが、既存に行われている自由選択科目における多くのクラス編成においては学生の学習意欲が考慮されていない。そのため、自由選択科目本来の目的が達成されているとは言えない。このような現象を著者らは「選択科目のパラドクス」問題と呼ぶ。

3. 事前アンケート調査

「選択科目のパラドクス」という構造的な矛盾を内包する既存の選択科目のクラス編成手法について、その「満足度」に関し、現役大学生50人を対象とした質問票によるアンケート調査を実施した。

アンケート対象者は、一般的な学習環境にある都内の私立大学に在学する1〜3年生である。卒業要件全124単位中30単位程度が選択科目として配当されている。現在、その選択科目の受講者決定およびクラス編成は、抽選、あるいは学年順といった単純で機械的な手法により行われている。さらに、希望する科目を毎年登録申請し続けたにも関わらず、結局、卒業するまで一度も正式な履修ができなかった事例があったことも確認している。

アンケートでは、現在の選択科目のクラス編成手法の満足度とその妥当性について行った。質問は「現在の選択科目の受講者決定およびクラス編成の手法に満足していますか?」という設問に対して、[1]大変満足、[2]満足、[3]どちらとも言えない、[4]不満、[5]大変不満、の5段階で回答を得た。回収率は100%であった。その結果を図1に示す。

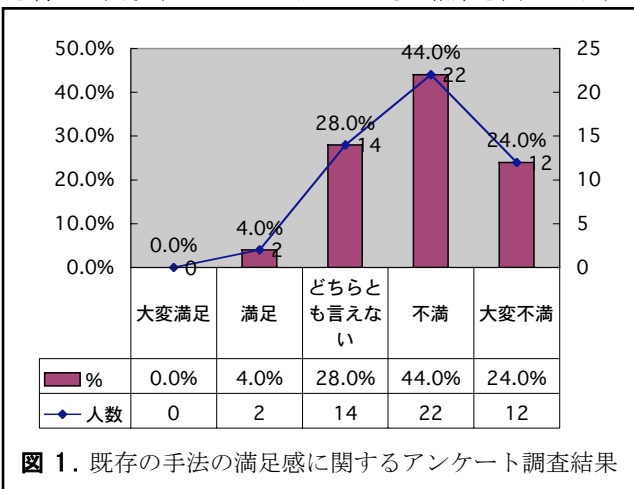


図1. 既存の手法の満足感に関するアンケート調査結果

回答結果により、大変満足／満足が4.0%だったのに対し、大変不満／不満は68.0%と7割近い結果となった。

これらの結果から、既存の受講者決定の手法が学生たちの満足度を充足出来ていないことが確認できる。また、[3]どちらとも言えない、を選択した14名に対して、その選択理由を回答してもらった結果、その大部分が「他手法が存在しない、仕方が無い」という消極的な理由であった。

他手法が存在しないため	64.3% (9名)
仕方が無い	21.4% (3名)
特に理由なし／無回答	14.3% (2名)

表1. 「どちらとも言えない」の回答内訳

4. 多属性効用理論に基づく決定手法

4.1 妥当な決定手法の条件

ここで、自由選択科目におけるクラス編成において好ましいと考えられる2つの条件について定義する。

- ・(条件1) 学生が希望した科目を履修できる。
- ・(条件2) 受講希望科目への応募者が定員を超えた場合でも、機械的な選別が行われない。

通常、大学およびその設置講義には、空間的かつ人的および時間的な制約があり、全ての講義／教育現場において(条件1)を満たすことは困難である。可能な限り(条件1)を満足することが最も理想的な条件であると言えるものの、現実性は低い。一方(条件2)は極めて高い実現可能性を有する現実的な条件であり、これを履行することがすなわち、学生の学習意欲を無根拠に損なわないための手法であると考えられる。

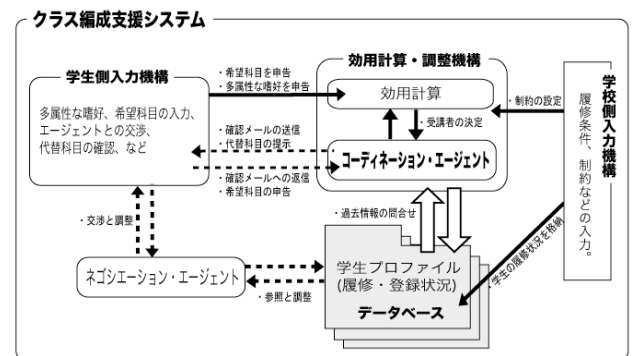


図2. 支援システムによる受講科目決定までのフロー

4.2 本手法による決定フロー

この(条件2)を満たす受講者決定及びクラス編成の手法として、著者らは、多属性効用理論に基づく嗜好性を考慮した決定手法を適用する。多属性効用理論は、多目的意志決定問題の一解法として用いられ、選択肢において2つまたはそれ以上の属性によって特徴づけられる問題などで論じられている[4][5]。多くの場合、人間の意思決定は多属的な嗜好に基づき決定されるため、多属性効用理論を本手法として導入することは妥当である。また、各学生間／学生学校間の確認・調整作業は、システムに実装されたコーディネーションエージェントによって行われる。

本手法における受講科目決定までの大まかなフローはまず、受講希望者は提示された開設科目に対して多様な嗜好性を申告し、科目の履修登録申請を行う。学校側も事前に科目の設置条件や様々な制約を入力しておく。当該学生の単位取得状況や現在の科目履修状況が「受講データベース」として格納されており、それらに基づき、計算機構が効用計算を行い、第一次の受講許可者を決定する。同時に、コーディネーションエージェントは、第一次段階で登録が仮決定された希望者宛に、続けて同一科目の履修申請を出すか／否か、についての確認メール(アジャストメント・メール)を送信する。この時、エージェントは受講者の嗜

好性や過去データに基づき、当該科目以外で受講可能でしかも受講が望ましいと思われる科目郡の一覧も送付する。学生は、提示されるこれら第二次科目群を参考に、アジャストメント・メールへの返信を決定する。返信の結果より、当該科目が定員を超過しない場合はそのまま無条件で受講が確定する。超過した場合は、上記フローを科目登録期間中であれば、決定するまで繰り返す。

5. クラス編成アルゴリズム

5.1 モデル

本節では、学生に割り当てる講義に関して、本論文で用いる受講割当のために定義および仮定を示す。本定義は、クラス編成アルゴリズムにおいて用いる。

割当計算には、希望する講義の受講に関する満足度を表す指標として、経済学的に“効用”の概念を導入する[6]。すなわち、学生の満足度も高い場合、効用も高い。まず設置科目とそれに対する受講希望者の一般的な関係が成立する前提として、

- 同一の講義が異なる曜日または時限に開講されない。
- 学生を $S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n\}$ と定義する。 s_i は i 番目の学生である。
- 準備された (= 開講される) 講義を $A = \{a_1^1, a_2^1, \dots, a_k^1, \dots, a_m^1\}$ と定義する。ここで、 a_k^1 は k 番目の講義であり、上添え字 t_k は講義 k が開講される曜日および時限を表す。但し、 $t_k \in T$ であり、 T は開講可能な曜日および時限の集合である。
- $V_i^{a_k}$ は学生 i の k 番目の講義に対する評価値である。但し、 $1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$ とする。本評価値は、多属性なベクトルとして表現される。ベクトルの属性は、学生の講義に対する嗜好である。
- 講義選択の集合を $G = \{(G_1, \dots, G_n) : G_i \subseteq G\}$ と定義する。 G_i は学生 i に対する講義の割当である。
- 講義 a_k に関して、属性の数が l あるときの h 番目の嗜好の属性に対する評価値を $v_{i,h}^{a_k}$ とする。 $1 \leq h \leq l$ である。特に、 h 番目の嗜好を p_h とする。
- 学生 i の評価値 $V_i^{a_k} = f_i(v_{i,1}^{a_k}, \dots, v_{i,h}^{a_k}, \dots, v_{i,l}^{a_k})$ となる。ここで関数 f は多様な嗜好を総合する関数である。特に本論文では、多属性線形効用関数を導入する。

ここで、学校側の教育的な配慮に関して考える。以上の評価値のみで講義の割当を行っても、前節で説明したように好ましくない目的による受講も含まれてしまう。学校側は、好ましくない属性を決定することになる。好ましくない属性に関して、学校側が多属性効用関数に基づく学生の評価値計算において、影響を少なくすることができる。

- 学校側は、教育的な配慮に基づき、学校が指定した属性値の影響を抑制した効用関数を決定することが可能である。つまり、 h' 番目の属性の嗜好が好ましくない目的である場合、学生 i のその属性に関する評価値 $v_{i,h'}^{a_k}$ に定数 $c_{h'}$ をかけた値 $c_{h'} v_{i,h'}^{a_k}$ で表される。この場合、学生 i の講義 a_k に対する評価値は、システムに入力された後に、 $V_i^{a_k} = \sum_{h=1}^k v_{i,h-h'}^{a_k} + c_{h'} v_{i,h}^{a_k}$ に修正される。

- 学生は学校側が設定した値 C を知ることはできない。
- 学生 i が講義 a_k を受講した際の効用を $u_i^{a_k}$ とする。 $u_i^{a_k}$ は、学生 i が希望するそれぞれの講義に対して評価値をつけ、実際に受講が許可された講義ごとに対する満足度を示している。
- 学生の効用 $u_i^{a_k}$ は複数の科目の評価値付けに関して、実際に割り当てられた講義に関する評価値 $V_i^{a_k}$ で定義する。つまり、 $u_i^{a_k} = V_i^{a_k}$ である。
- 学生 i の受講に関する効用は $u_i = \sum u_i^{a_k}$ である。
- クラス編成の投票に参加している学生全員の効用 U は、それぞれの学生の効用の和で表される。

以降、学校側の配慮に関して特に記述しない場合の学生の評価値は、既に以上の効用関数で修正されたものを指す。

5.2 クラス編成アルゴリズム

履修者全員の満足度(効用)の和 U が最大になる組み合わせに基づき講義割当を決定することが好ましいと考えられる。しかし、割当法は学生の人数および講義の数が増加すれば、指数関数的に計算量が增大する。時間割に関する制約を考えない場合でも、必然的に探索空間は大きくなってしまふ。そこで、経験的手法により実用性を考慮して割当計算の計算量を考慮する必要のないクラス編成アルゴリズムを以下の【Step. 1~5】に示す。

【Step. 1】 学生は、受講したい科目を選択する。学生 i は、それぞれの嗜好 h に関して講義 a_k に対する嗜好に対する評価値 $v_{i,h}^{a_k}$ を入力する。 $V_i^{a_k}$ が先述した多属性効用関数に基づき決定される。

【Step. 2】 学生ごとに、ある時限の講義に対する評価値が最大となる割当が行われる。つまり $\max_k V_i^{a_k}$ となる講義が割り当てられる。

【Step. 3】 ある講義において、予め決められた学生収容数に関する制約に基づき、受講者の決定を行う。受講者の決定はある講義への【Step. 2】における学生の割当において、学生の評価値を大きい順にソートし、収容可能人員までに受講許可を与える。

【Step. 4】 受講許可を与えられなかった学生に対して場合分けを行う。まず、簡単のためある学生 i にとって k 番目に大きい評価値を $V_i^{a_k}$ とする。次の2つの場合に分ける。
(1) $V_i^{a_1} - V_i^{a_2} \leq q$, (2) $V_i^{a_1} - V_i^{a_2} > q$. ただし、 q は管理者(学校)が決定した妥協に関する閾値である。ここで、一般的に次の流れで判別される。

Input: $V_i^{a_k}, (1 \leq k \leq m)$,

Output: Determination of allocation

Function Determination

begin

$k = 2$

while $(k < m)$ {

if a_k is available,

if $V_i^{a_1} - V_i^{a_k} < q$

then Lecture a_k is allocated to the student.

else [step5]

else $k++$

}

end

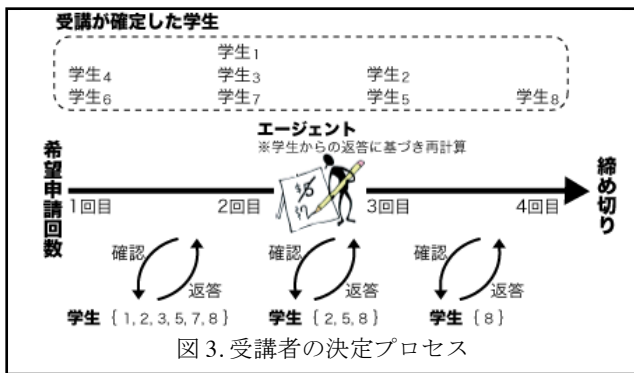
(1) の学生に対しては、2番目に希望した科目が割り当てられる。もし、2番目の科目に関して定員が充足していれば、上に示したアルゴリズムに基づき判定される。

(2) の学生に対しては、[Step. 5]に移る。

[Step. 5] 学生に対して、メールが送信され学生がシステムから示された代替案などに基づき、逐次的に受講科目を決定する。

5.3 決定プロセス

経験的に、履修者全員の満足度(効用)の和 U が最4.において、受講者の決定に至るまでのフローを示した(図2)が、決定までの全体のプロセスの概要を以下に述べる(図3)。ユーザの効用が、決定に関する閾値以上となった場合に希望者の受講は決定され、一方、閾値以下の場合には受講許可を担保し、確認・交渉に移る。本システムにおいて、コーディネーションエージェントと呼ばれるエージェントが実装されており、効用計算およびユーザへの確認メールの送受信を受け持つオブジェクトである。ユーザの効用が決定に関する閾値以下となった場合、まず、コーディネーションエージェントはユーザに、第一段階目の受講担保決定に基づき、確認メールを送信する。当該学生は一科目だけ選択科目を利用していない場合は少なく、大部分が複数科目にエントリーしている。当該科目以外の全科目ですぐに受講決定なされた場合を除き、このコーディネーションエージェントからの確認メールは受講が決定されていない時限ごとに受け取る。学生はエージェントからの確認を参照し、当該科目の「受講(yes)」および「撤回(no)」を示す返信を送付する。返信の切時刻は管理者(=学校)により設定される。返信を行わない学生に関しては、「受講(yes)」であると判断するものとする。

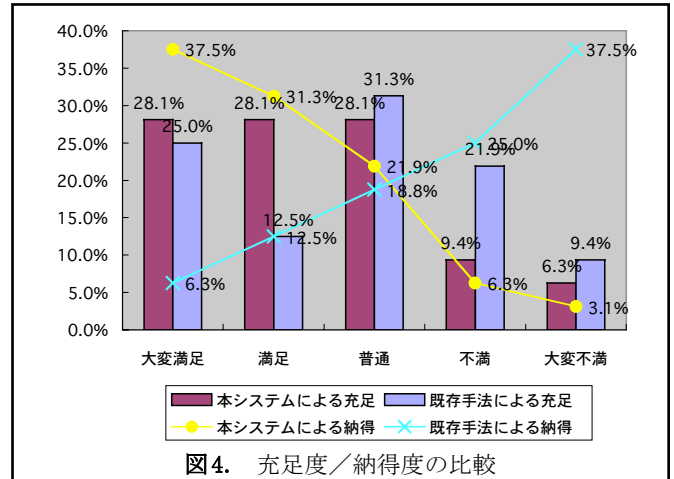


6. 被験者実験

提案するアルゴリズムおよび交渉プロトコルに基づき構築したシステムを利用し、3回、合計4回32名による実験を行った。被験者は共に、通常の学修環境下にある、都内にある私立大学の学部1~3年生である。全員が本システムを初めて実験日当日に接するという状況を作った。実験開始前に、参加者全員に、現在自分自身の選択科目のクラス編成状況を思い出してもらい、その内、「何科目が希望の科目であったか(充足度)」、また「その時の決定手法に納得しているか(納得度)」についてのアンケートを収集した。[1]大変満足, [2]満足, [3]どちらとも言えない, [4]不満, [5]大変不満, の5段階で回答してもらった。

実験は8人1グループで実施した。実験の開始前に10分間の操作方法に関する簡単なレクチャーを行った。実験終了

後、被験者32名全員に質問票によるアンケート調査を実施し、その結果を分析した。アンケートは、全決定科目の内、何科目が自分の要望とおりになったか(充足度)、要望とおりになったかどうかは別として、その決定手法が納得ゆくものであったかどうか(納得度)、という2設問を[1]大変満足, [2]満足, [3]どちらとも言えない, [4]不満, [5]大変不満, の5段階で評価した。



従来手法の充足度/納得度と本システムによる充足度/納得度の比較は図4示す。

被験者実験の結果から、充足度に関しては、従来手法(37.5%)と本システム(56.2%)とでは18.7%の改善が見られた。そして、その決定が納得できるものであったかどうか、という点においては、従来手法の18.8%という納得度に対し、本システムに関しては、68.8%が納得するという結果となり、50%の改善を見ることができた。

7. おわりに

本論文では、選択科目の目的に基づき、効果的なクラス編成手法および支援システムを構築した。提案したクラス編成アルゴリズムの特長は、効果的なクラス編成が可能な点、学校側は教育的な配慮に基づき学生の受講を操作できる点の2点が挙げられる。更に、一意的な決定アルゴリズムだけでなく、希望が反映されない場合、受講希望者が再申請可能な手法を提案した。一意的なアルゴリズムを用いた場合、講義の選択回避や学生の都合が考慮されることは困難である。しかし、本システムにおいては、ユーザとコーディネーションエージェントが交渉でき協調的に受講科目が決定できるため、開講後の受講放棄による空席の発生が抑えられると考えられる。

文献

- [1]京都大学高等教育研究開発推進センター編(2003), 大学教育学, 培風館
- [2]文部科学省(2002), 大学における教育内容などの改革状況について
- [3]Glathorn, A. A., (1994), Developing A Quality Curriculum, ASCD
- [4]細江守紀, 今泉博国, 慶田収(2000), 現代マイクロ経済学, 勁草書房
- [5]石谷久, 石川真澄(1992), 社会システム工学, 朝倉書店
- [6]Varian, H.R., (1990), Intermediate Microeconomics: A Modern Approach, 2nd ed., W.W.Norton & Company