出席者数予測に基づく大学講義室の利用計画法

—全学共通科目におけるシミュレーション—

METHOD OF LECTURE ROOMS USAGE-PLANNING
BASED ON THE ESTIMATION OF THE NUMBER OF STUDENTS ATTENDING LECTURE
—Simulation for university common courses—

岩田 伸一郎*, 大賀 淳史**, 宗本 順三***

Shinichiro IWATA, Atsushi OHGA and Junzo MUNEMOTO

In this study, we have lead the method to solve the problem with arranging lecture-rooms by using Genetic Algorithm with the functions, that we have derived to arrange classes to suitable lecture rooms and in right time schedule in another study. We simulated the problem with 874 lectures that should be placed in 68 rooms into three cases. In the first case, the purpose is to decrease the number of lecture rooms. In the second case, the purpose is to change the unused lecture rooms into properly used ones retaining the total area of lecture rooms. In the third case, the purpose is to change the unused rooms to used ones maintaining the total number of lecture rooms. In all cases, frequency in use of each lecture rooms could be increased, and the number of lecture rooms, which are essential to operate all lectures, could be decreased by our method.

Keywords: University common courses, Lecture room, Usage-planning, Genetic Algorithm

全学共通科目, 講義室, 利用計画, 遺伝的アルゴリズム

1. 研究の背景と目的

国立大学が法人化され、施設マネジメントは大学運営にとって益々重要な課題となっている。施設管理コストの削減や、空室および講義室などの空き時間の有効活用が、大学施設の運営にも求められている。旧国立大学施設の規模計画に関して言えば、国立大学基準面積算定式¹⁾により学生数に基づく全施設の必要面積の算定方法が定められているものの、その詳細な内訳の決定方法については明確な指針が示されていない。大学施設は、固定的な利用者を特定できる研究室、実験室、教官室などの専有空間と、利用者が流動的な講義室などの共有空間に大別することができる。前者に関しては利用者人数などに基づいて基準面積を算出することで、利用実態に応じた必要面積を合理的に配分できるのに対し、後者の規模や室数の決定に関しては基準や方法が確立しておらず、改善の余地が多い。

大学講義室の効率的な時間割作成および講義室の割当て（以下、利用計画）を困難にしている一番の要因として、出席者数予測のしづらさが挙げられる。筆者らは、現状の講義室の利用実態や学生の出席動向を分析し、各講義の「成績評価方法に基づく講義タイプ」、「講義の配置時間帯」、「履修登録者数」の3つの属性情報から出席者数予測を行う方法について発表している²⁾。本研究では、先の研究で扱った5棟の校舎に分散した大小68の講

表1 現況講義室リスト

棟名	講義室座席数(利用率%)																	室数
棟1	15 (4)	15 (8)	15 (4)	15 (4)	26 (18)	30 (0)	30 (12)	30 (0)	30 (0)	30 (36)	51 (18)	57 (20)	63 (80)	66 (20)	88 (0)	96 (20)	132 (24)	17室
棟2	54 (8)	64 (72)	77 (88)	78 (88)	78 (88)	78 (88)	80 (88)	80 (88)	90 (76)	90 (80)	97 (80)	120 (88)	120 (88)	124 (80)	124 (80)	169 (64)	169 (68)	18室
棟3	78 (78)	78 (58)	90 (80)	90 (80)	122 (84)	122 (84)	122 (72)	138 (68)	138 (76)	138 (76)								10室
棟4	88 (68)	88 (78)	88 (88)	88 (78)	88 (68)	88 (80)	88 (80)	91 (80)	237 (72)	254 (88)	258 (88)	378 (68)						12室
棟5	30 (52)	33 (44)	36 (64)	36 (56)	72 (68)	72 (32)	80 (84)	80 (68)	80 (80)	90 (92)	90 (88)	121 (68)	135 (72)					13室
計																		68室

義室(表1)で行われる京都大学の全学共通科目の874講義を、一般的な総合大学における全学共通科目の事例として取り上げる。本事例を対象とした講義室の利用計画案の作成および評価のプロセスを通して、他大学に対しても応用可能な利用計画法の基本的な考え方とその有用性を示したい。

大学講義室の利用計画では、状況に応じて様々な目的が考えられる。本研究では、「①改修を行わずに既存の講義室構成において全講義をより少ない室数で運用すること」「②既存の講義室構成の見直しを含めて利用計画を改善すること」の2つの目的に対して利用計画をシミュレーションする。これらの問題は、本事例に限らず多くの大学が共通に抱えている課題であり、これらに対して利用計画法の有用性を示すことの意義は大きい。さらに、近年、教科選択制度の導入によってクラスの解体が進む高等学校の教室利用においても同様の問題が発生していることから³⁾、

* 日本大学生産工学部 講師・博士(工学)

** 伊東豊雄建築設計事務所 工修

*** 京都大学大学院工学研究科 教授・工博

Inst., Graduate School of Engineering, Nihon Univ., Dr. Eng.

Toyo Ito & Associates, Architects, M. Eng.

Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto Univ., Dr. Eng.

本研究の応用範囲は広いものと考えられる。利用計画の膨大な可能性の中から目的に応じた案を効率的に絞り込むために、予測出席者数と講義室定員とのギャップを評価指標とした遺伝的アルゴリズム（以下、GA）を用いる。

1. 2. 既往研究

時間割の作成方法に関しては、情報分野における Time Tabling Problem（小・中・高の授業を想定した時間割作成問題）⁴⁾が有名である。小・中・高ではクラスという受講者単位が存在することから、必要となる教室の規模や数の算出が容易で、比較的単純な箱詰め問題に置き換えることができる。これに対し、大学の講義には共通の受講者単位が存在せず、講義室の規模や仕様も様々であるため、講義と講義室のそれぞれの属性に基づいて適正を検討しながら講義室の割当てを決定する必要がある。また、講義の出席者数は流動的で、講義の内容や学生個々の生活パターンなどの要因に左右されるところから、出席者数の予測は困難と考えられてきた。

建築分野では、大学講義室の利用計画を扱った研究は少ない。嶋村らは、千葉工業大学を事例として、共用講義室の利用率が全体的に低く、履修登録者数に基づく講義の割当てが実態にそぐわないことを明らかにするとともに、解決策として可動間仕切りによるフレキシブルな利用方法を提案している^{5)・7)}。これらの研究は講義室の使い勝手を改善することを目的とするものであるが、マネジメントの視点による改善方法の検討に踏み込んだ内容ではない。

2. 出席者数予測に基づく利用計画モデル

本研究では874講義を対象とするが、2コマ（1コマ＝90分）続けて行われる講義や複数回設置されている講義等を含めると、コマ数に換算して933コマとなる。各講義室は最大で週25コマ利用可能であることから、最低でも38室（933/25＝37.32）が必要な計算となる。

2. 1. 評価方法

講義室の利用計画の効率性を評価する一般的な指標として、稼働率と空席率が挙げられる。稼働率は講義室が1日あるいは1週間に何コマ利用されているかを評価する頻度に関する指標であり、空席率は講義室が適切な出席者数の講義に割当てられているかを評価する規模に関する指標である。どちらか一方が理想的な値となっても、それをもって有効な利用計画であると評価することはできない。稼働率は算出が容易なことからしばしば用いられる指標であり、大学講義室の稼働率に関する明確な計画理論は確立していないものの、一般的に稼働率を向上させることや時間帯ごとの偏りを小さくすることがよい利用計画であると考えられている。一方の空席率に基づいた利用計画の評価はほとんど行われておらず、講義室の割当ては実際の出席者数とは大きく異なる履修登録者数に基づいて決定されている。本研究では、2つのシミュレーションの目的も踏まえ、使用する講義室の稼働率を基本的に100%にすることを利用計画の必要条件とする。全ての講義室の稼働率を100%にすることは運用上で想定される講義変更

に対応できないリスクを伴うため、稼働率に上限を定める必要があるという考えもある。しかし、利用計画のフレキシビリティを維持するために必要な空き講義室は予備講義室として別途計画することも可能であることから、本研究ではまず全講義を行うために最低限必要な講義室を把握することが重要であると考えられる。各講義室が必然的に高稼働率となるモデルを用い、講義の割当て方法によって変化する稼働率を評価することで、稼働率と空席率が共に優秀な利用計画案を探索する。

各講義の空席率の評価方法について考える。講義室 j にある講義（講義ID = k ）を配置したときの出席者数を A_k 、講義室定員を P_j 、講義室 j で行う講義数を n_j 、全講義室数を N とする。一般的に、利用計画案が成立するためには以下の4つの制約条件を満たすことが必要である。

- ①同一時間枠に同じ教官が担当する講義が重ならない。
- ②同一時間枠にクラス指定科目⁸⁾を2つ以上割当てない。
- ③講義を配置済みの時間枠には他講義を割当てない。
- ④予測出席者数 A_k が講義室定員 P_j を超えてはならない。

予測出席者数 A_k と講義室定員 P_j を定義する。利用実態調査²⁾から、ほとんどの講義において、出席者数は講義開講後の数週間で急減し、その後横ばいに推移する安定期間（講義開講後第4週から第11週）になることや、安定期間に出席者数が一定の範囲内の振幅で変動することが明らかになっている。アメリカで普及しているGPA（Grade Point Average）による成績評価制度が日本の多くの大学でも導入されるようになり、履修登録者数は単位を取得する意思を持つ実際の出席者数に近づいていくことが予想される。安定期間における出席者数は正に単位取得意思のある学生数であり、この値に基づいて講義室の割当てを導く方法を提案することの意義は明らかである。

安定期間を対象とした実態調査から、筆者らが導いた表2の重

表2 予測出席者数を求める重回帰式

講義タイプ	毎回の出席評価	定期的な出席評価	重回帰式
Aタイプ	無し	無し	$A_k = 12.5 - 3.7x_1 - 4.7x_2 + 6.0x_3 - 0.5x_4 + 0.21x_5$
Bタイプ	有り	無し	$A_k = 22.2 - 10.4x_1 - 11.0x_2 - 1.3x_3 - 11.1x_4 + 0.13x_5$
Cタイプ	無し	有り	$A_k = -0.2 - 2.8x_1 + 3.7x_2 + 4.0x_3 + 8.8x_4 + 0.26x_5$
Dタイプ	有り	有り	$A_k = 4.7 - 10.6x_1 + 5.9x_2 - 1.5x_3 + 4.7x_4 + 0.42x_5$

※ x_1, x_2, x_3, x_4 は講義配置時間を図1に示す16種類の時間帯に分類する説明変数

x_5 は出席者数

図1 説明変数 $x_1 \sim x_5$ で区分される講義配置時間帯²⁾

回帰式を予測出席者数 A_k の予測式として用いる²⁾。これらの予測式は、出欠確認や講義時間中の演習課題といった「毎回の成績評価の有無」とレポート課題などの「定期的な出席評価の有無」の組み合わせで分類された A から D の 4 講義タイプごとに、講義の配置時間帯を示す $x_1 \sim x_4$ (図 1) と履修登録者数 x_5 の 5 つの説明変数で表される。

安定期間中の出席者数は一定の振幅の範囲内で増減を繰り返す。表 2 の重回帰式より求められる A_k の値に対する出席者数の増減の割合を安全率と定義し、安全率の割合い分を増したものを予測出席者数と再定義するとき、安全率を 5% とするとほぼ全ての講義において出席者数が予測出席者数よりも小さな値に納まることの実態調査で確認されている。そこで、この安全率 5% を検討の目安値と考え、安全率 0% 場合との比較を通して利用計画案作成時に予め安全率の考え方を導入することの効果についても検証する。

講義室定員 P_j として、「 $P_j = \text{最大収容人数 } C_j$ 」の場合と「 $P_j = \text{試験時収容人数 } T_j$ 」の場合の 2 通りの考え方を検証する。 C_j は講義室の座席数であるが、実際に全ての座席を使用した状態は過密な環境であり、一時的に起こり得る安全率の範囲を超えた出席者数の増加に対応することが困難となる。適度にゆとりがあり予測外の出席者の増加にも対応することができる状態を示す基準値として、 C_j とは別に各学生が隣り合わずに着席できる試験時などの最大収容人数を T_j として導入する。 T_j は C_j の 6 割程度となり、これは開講直後のピーク時の出席者数にも充分に対応できることを想定した講義室定員の考え方であると位置付けられる。

個々の講義において、講義室定員に対する講義室定員と予測出席者数の差の割合 ΔS_{kj} は以下の (1) 式のように表すことができる。

$$\Delta S_{kj} = (P_j - A_k) / P_j = 1 - A_k / P_j \quad \dots (1)$$

ΔS_{kj} を講義室 k で行われる講義 j の空席率と定義し、この ΔS_{kj} の値が 0 に近いほど、講義 k に対して講義室 j が適切に割当てられていると見なすことができる。「講義室定員 = 試験時収容人数 ($P_j = T_j$)」のとき、(1) 式は負の値と成る可能性があるが、先に説明したとおり試験時収容人数が座席数の 6 割程度の値であることと、利用計画案では ΔS_{kj} が最適化されて 0 に近づくことを考慮すると、負の値となる場合であってもあふれが生じるほどの状態となることはない。講義室 j で行う全講義の ΔS_{kj} の絶対値の総和を S_j とするとき、これを講義室 j で行う講義数 n_j で除した S_j / n_j を講義室平均空席率、全講義室における S_j / n_j の総和を S と定義し、全講義室の利用計画の適切さを評価する指標として用いる。 ΔS_{kj} の絶対値を用いているのは、全ての ΔS_{kj} の値を 0 に近づける GA の収束過程で、正負の値が打ち消し合うことによる誤評価を避けるためである。

$$S = \sum_j (\sum_k |\Delta S_{kj}|) / N_j = \sum_j S_j / n_j \quad \dots (2)$$

講義室平均空席率 S_j / n_j は「 $P_j = \text{最大収容人数 } C_j$ 」では (空席数 / 座席数) の平均値を意味し、「 $P_j = \text{試験時収容人数 } T_j$ 」では (講義の定員に満たない座席数 / 講義の定員) の平均値を意味する。また、これとは別に全講義室に対する S_j / n_j の値を平均空席率 $S /$

N を定義し、利用計画案を分析する指標の一つとして用いる。 S_j / n_j と S / N は、共に値が小さいほど空席が少ないことを意味する。

2.2 GA を用いた利用計画案作成モデル

膨大な利用計画の組み合わせの中から優秀な解を効率的に見つけ出すために GA を用いる (図 2)。874 講義の配置計画は 2 コマセットで行われる講義を考慮すると遺伝子長 888 の染色体で表現することができる。順序表現の遺伝子座には講義 ID が格納されており、遺伝子番号の順に格納されている ID 番号の講義を配置表に割当てる。講義 ID の講義データファイル (講義 ID, 講義名, 講義の種類, 講義タイプ, 履修登録者数, 教官 ID, 学年, コマ数の 8 つの属性を含む) を参照し、先に割当てられている講義に対して 2 節で挙げた①から④の制約条件を満たすコマを選別して講義を割当てる。このとき、条件に合う複数のコマの中から、講義室定員が小さく曜日と時間が早いコマに優先して講義を配置する。上記の手順により、制約条件を満たした多様な利用計画案のパターンを表すことが可能となる。同じ大きさの講義室であれば、基本的に 1 つの講義室の全コマに空きが無くなってから次の講義室に講義を割当てる手順により、使用講義室の稼働率は必然的に高い値となる。

(2) 式が GA オペレーションにおける評価関数となり、遺伝子座に格納された講義 ID に従って講義データファイルから必要な情報を引き出しながら各個体の評価値を算出する。この値の小さな利用計画案ほど次世代に残る確率が高くなる。GA オペレーションのパラメータは試行錯誤の結果、個体数 = 1000, 交叉率 = 0.6, 突然変異率 = 0.4, ジェネレーションギャップ = 0.1 と設定する。

2.3 目標値の設定

GA の試行において、収束状態を有効な解と判別する基準として、(2) 式を満たすべき目標値を設定する。

(I) 「講義室定員 = 最大収容人数 ($P_j = C_j$)」のとき

パラメータ調整時の GA 試行において、使用する講義室数の最

図 2 遺伝子コーディング

小値は46室であった。そこで、安全率0%でこの46室の座席数が2/3満たされた状態の S の値15.3(=46×1/3)を目標値とする。安全率5%の場合は、安全率0%に対してやや高めの在席率70%を想定し、13.8(=46×0.3)を目標値とする。

(Ⅱ)「講義室定員=試験時収容人数($P_j = T_j$)」のとき

同様に、GA試行における講義室数の最小値は44室となった。あらかじめゆとりが考慮されていることから、さらに低い平均空席率 S_j/N_j を目標とする。 S_j/N_j の値として、安全率0%で0.20を、安全率5%で0.15を定め、前者の目標値 S を8.8(=44×0.20)、後者の目標値 S を6.6(=44×0.15)とする。

3. 既存講義室の現状評価

まず、前章で定めたモデルを用いて既存講義室の現在の利用実態を評価し、後に行う各GAシミュレーションの結果を評価するための基準とする(表3)。現在、合計68室(延床面積7,243 m²)の講義室のうち64室(延床面積6,985 m²)が使用されている。4室の未使用講義室が存在するものの、比較的満遍なく講義が配置されていると言える。しかし、(Ⅰ)「講義室定員=最大収容人数($P_j = C_j$)」のとき、講義室平均空席率 S_j/N_j はいずれの講義室においても0.6以上と高く、平均空席率 S/N は安全率0%のときは0.69、安全率5%を考慮するときは0.66となり、約3%の差が見られるものの共に空席の目立つ利用実態であることが分かる。一方(Ⅱ)「講義室定員=試験時収容人数($P_j = T_j$)」のとき、(Ⅰ)と同様に講義室平均空席率 S_j/N_j はほとんどの講義室で0.6以上となり、平均空席率 S/N は安全率を考慮しないときは0.70、安全率5%を考慮したときには0.68となり、この場合も適切な利用実態とは言い難い。

講義室平均空席率 S_j/N_j に関する記述統計量を表4に示す。(Ⅰ)「講義室定員=最大収容人数($P_j = C_j$)」および(Ⅱ)「講義室定員=試験時収容人数($P_j = T_j$)」では、共に分散の値が小さく、講義室間のばらつきが少なく一様に空席の目立つ利用実態であることが分かる。

4. 既存の講義室構成に対するシミュレーション1

既存の講義室構成にGAシミュレーションを適用する。(Ⅰ)(Ⅱ)のそれぞれの条件に対し、安全率を0%、5%とした場合の利用計画案を表5に示す。

(Ⅰ)「講義室定員=最大収容人数($P_j = C_j$)」のとき、平均空席率 S/N は安全率0%で0.33、安全率5%を考慮すると0.29となる。これは、先に行った現状評価における同値の約半分である。使用する講義室の延床面積を見ると、安全率0%では4,432 m²、安全率5%では4,609 m²となり、現状の講義室の延床面積の約60%の面積で全ての講義を行うことが可能であることがわかる。使用する講義室数は安全率0%では目標値設定の目安とした46室となり、安全率5%では1室多い47室となった。安全率によって使用される講義室の配置に若干の違いが見られるものの、規模別の利用講義室数は全く同じ結果となった(表6)。安全率に関わらず、座席数50席未満の小規模な講義室は全コマ使用されており、講義室平均空席率 S_j/N_j が小さく講義の空席が少なくなる傾向が見られる。現状評価の結果と比較したとき、座席数55座以下の小規模

な講義室における講義室平均空席率 S_j/N_j が大幅に低下しており、それに伴って席数88席以上の規模に未使用講義室が多数発生したものと考えられる。表7に S_j/N_j の記述統計量を示す。平均値は現状評価の約半分となっており、範囲や分散が大きな値となる

表3 既存講義室の現状評価

講義室ID	C_j	T_j	配置講義数	$P_j = C_j$ のとき		$P_j = T_j$ のとき	
				$rs=0\%$	$rs=5\%$	$rs=0\%$	$rs=5\%$
				S_j/n_j	S_j/n_j	S_j/n_j	S_j/n_j
1	15	15	1	0.63	0.62	0.63	0.62
2	15	15	2	0.43	0.43	0.53	0.53
3	15	15	1	0.45	0.44	0.45	0.44
4	15	15	1	0.42	0.41	0.42	0.41
5	26	20	4	0.40	0.40	0.40	0.40
6	30	20	13	0.36	0.33	0.50	0.47
7	30	20	9	0.69	0.67	0.69	0.67
8	30	20	0	0.00	0.00	0.00	0.00
9	30	20	3	0.78	0.77	0.78	0.77
10	30	20	0	0.00	0.00	0.00	0.00
11	30	20	0	0.00	0.00	0.00	0.00
12	33	18	11	0.62	0.60	0.65	0.63
13	36	20	16	0.53	0.50	0.53	0.50
14	36	20	14	0.54	0.50	0.54	0.50
15	36	20	18	0.51	0.47	0.52	0.48
16	51	34	3	0.82	0.80	0.82	0.80
17	54	36	2	0.78	0.75	0.78	0.75
18	57	38	5	0.68	0.66	0.68	0.66
19	63	36	20	0.68	0.65	0.68	0.65
20	64	36	18	0.68	0.65	0.68	0.65
21	66	39	5	0.71	0.69	0.73	0.71
22	72	42	8	0.71	0.68	0.71	0.68
23	76	48	18	0.70	0.67	0.70	0.67
24	76	48	14	0.67	0.62	0.67	0.62
25	77	44	22	0.70	0.67	0.71	0.68
26	78	58	17	0.72	0.70	0.73	0.72
27	78	58	15	0.76	0.73	0.76	0.73
28	78	58	17	0.72	0.70	0.72	0.70
29	80	50	15	0.71	0.68	0.71	0.68
30	80	50	22	0.74	0.72	0.74	0.72
31	80	50	17	0.73	0.71	0.73	0.71
32	80	50	21	0.71	0.68	0.71	0.68
33	80	50	17	0.75	0.72	0.75	0.72
34	88	55	17	0.77	0.74	0.77	0.74
35	88	55	19	0.79	0.77	0.79	0.77
36	88	55	17	0.79	0.77	0.79	0.77
37	88	55	19	0.73	0.70	0.73	0.73
38	88	55	17	0.77	0.75	0.77	0.75
39	88	55	20	0.77	0.75	0.77	0.75
40	88	55	15	0.78	0.76	0.79	0.77
41	88	55	0	0.00	0.00	0.00	0.00
42	90	50	20	0.80	0.79	0.81	0.80
43	90	60	20	0.76	0.74	0.76	0.74
44	90	60	20	0.74	0.76	0.75	0.76
45	90	54	23	0.74	0.71	0.74	0.71
46	90	54	22	0.71	0.67	0.71	0.67
47	90	54	19	0.77	0.75	0.77	0.75
48	91	55	20	0.76	0.74	0.77	0.75
49	96	64	5	0.65	0.63	0.72	0.68
50	97	61	15	0.72	0.69	0.72	0.69
51	120	76	14	0.72	0.69	0.77	0.73
52	120	80	17	0.70	0.67	0.72	0.68
53	121	80	17	0.77	0.73	0.77	0.73
54	122	68	16	0.76	0.74	0.79	0.75
55	122	68	16	0.64	0.58	0.64	0.58
56	122	68	18	0.75	0.72	0.75	0.74
57	124	78	20	0.74	0.72	0.79	0.77
58	124	78	16	0.72	0.69	0.74	0.71
59	132	78	6	0.48	0.35	0.64	0.60
60	135	90	18	0.69	0.65	0.71	0.66
61	138	92	17	0.67	0.64	0.72	0.70
62	138	92	18	0.73	0.70	0.76	0.73
63	138	92	19	0.68	0.64	0.71	0.67
64	169	100	17	0.59	0.52	0.62	0.54
65	237	127	18	0.76	0.72	0.78	0.74
66	254	144	18	0.76	0.72	0.77	0.72
67	258	146	17	0.75	0.72	0.77	0.73
68	376	200	15	0.75	0.71	0.78	0.73
計			934	44.01	42.26	45.03	43.27

※網掛け部分は未使用講義室

表4 既存講義室の現状評価における各統計量

講義室定員	安全率rs	度数	範囲	最小値	最大値	平均値	標準偏差	分散
$P_j = C_j$	0%	64	0.72	-0.05	0.82	0.67	0.16	0.02
	5%	64	0.69	-0.05	0.80	0.64	0.16	0.03
$P_j = T_j$	0%	64	0.42	0.40	0.82	0.70	0.10	0.01
	5%	64	0.40	0.40	0.80	0.68	0.10	0.01

表5 シミュレーション1の結果

講義室ID	C_j	T_j	$P_j=C_j$ のとき				$P_j=T_j$ のとき			
			$rs=0\%$		$rs=5\%$		$rs=0\%$		$rs=5\%$	
			配置講義数	S_j/n_j	配置講義数	S_j/n_j	配置講義数	S_j/n_j	配置講義数	S_j/n_j
1	15	15	25	0.13	25	0.06	25	0.18	25	0.21
2	15	15	25	0.10	25	0.09	23	0.21	25	0.15
3	15	15	25	0.11	25	0.08	23	0.14	20	0.11
4	15	15	25	0.09	25	0.08	24	0.15	16	0.15
5	26	20	25	0.10	25	0.07	25	0.31	25	0.34
6	30	20	25	0.15	25	0.08	25	0.31	25	0.22
7	30	20	25	0.19	25	0.09	25	0.31	25	0.35
8	30	20	25	0.14	25	0.12	25	0.24	25	0.30
9	30	20	25	0.14	25	0.12	25	0.31	25	0.23
10	30	20	25	0.15	25	0.20	25	0.41	25	0.20
11	30	20	25	0.14	25	0.13	25	0.32	25	0.37
12	33	18	25	0.18	25	0.13	25	0.46	25	0.43
13	36	20	25	0.19	25	0.15	25	0.39	25	0.44
14	36	20	25	0.24	25	0.17	25	0.39	25	0.48
15	36	20	25	0.23	25	0.19	25	0.49	25	0.47
16	51	34	25	0.13	25	0.11	25	0.54	25	0.33
17	54	36	25	0.24	25	0.30	25	0.46	25	0.49
18	57	38	25	0.46	25	0.35	25	0.52	25	0.47
19	63	36	25	0.54	25	0.34	25	0.61	25	0.56
20	64	36	25	0.61	25	0.49	25	0.60	25	0.52
21	66	39	25	0.57	25	0.50	25	0.60	25	0.58
22	72	42	25	0.60	25	0.57	25	0.61	25	0.61
23	76	48	25	0.64	25	0.63	25	0.58	25	0.55
24	76	48	25	0.70	25	0.67	25	0.64	25	0.64
25	77	44	25	0.61	25	0.62	25	0.58	25	0.64
26	78	58	25	0.64	25	0.54	25	0.59	25	0.49
27	78	58	25	0.71	25	0.64	25	0.59	25	0.49
28	78	58	25	0.61	25	0.52	25	0.56	25	0.55
29	80	50	25	0.63	25	0.63	25	0.62	25	0.53
30	80	50	25	0.70	25	0.67	25	0.69	25	0.65
31	80	50	25	0.71	25	0.66	25	0.69	25	0.63
32	80	50	25	0.72	25	0.69	25	0.65	25	0.63
33	80	50	25	0.70	25	0.64	25	0.65	25	0.59
34	88	55	25	0.57	25	0.63	25	0.64	25	0.57
35	88	55	25	0.72	25	0.64	14	0.46	23	0.62
36	88	55	25	0.72	25	0.66	0	0.00	0	0.00
37	88	55	12	0.25	1	0.01	0	0.00	0	0.00
38	88	55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
39	88	55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
40	88	55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
41	88	55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
42	90	50	2	0.01	1	0.00	0	0.00	0	0.00
43	90	60	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
44	90	60	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
45	90	54	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
46	90	54	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
47	90	54	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
48	91	55	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00
49	96	64	1	0.00	3	0.02	0	0.00	2	0.02
50	97	61	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00
51	120	76	10	0.05	13	0.05	25	0.58	25	0.52
52	120	80	0	0.00	0	0.00	17	0.63	16	0.50
53	121	80	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
54	122	68	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
55	122	68	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
56	122	68	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
57	124	78	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
58	124	78	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
59	132	78	1	0.00	3	0.01	1	0.37	3	0.18
60	135	90	2	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00
61	138	92	1	0.00	3	0.00	2	0.34	3	0.08
62	138	92	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
63	138	92	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
64	169	100	2	0.07	4	0.04	1	0.38	20	0.63
65	237	127	2	0.11	2	0.17	25	0.86	4	0.27
66	254	144	1	0.02	0	0.00	2	0.08	0	0.00
67	258	146	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
68	376	200	0	0.00	2	0.21	0	0.00	2	0.21
計			$S=15.30$		$S=13.79$		$S=19.76$		$S=18.01$	

※網掛け部分は未使用講義室

表6 シミュレーション1における規模別講義室数

規模	座席数	既存講義室	(I) 講義室定員=最大収容人数		(II) 講義室定員=試験時収容人数	
			$rs=0\%$		$rs=5\%$	
			15	15	15	15
1	50未満	15	15	15	15	15
2	50以上100未満	35	26	26	21	21
3	100以上150未満	13	4	4	5	5
4	150以上	5	4	4	4	4

表7 シミュレーション1における各統計量

講義室定員	安全率 rs	度数	範囲	最小値	最大値	平均値	標準偏差	分散
$H=C$	0%	46	0.72	0.00	0.72	0.33	0.27	0.07
	5%	47	0.69	0.00	0.69	0.29	0.26	0.07
$H=T$	0%	43	0.86	0.00	0.86	0.46	0.19	0.04
	5%	43	0.63	0.02	0.65	0.42	0.18	0.03

結果が得られた。

(II)「講義室定員=試験時収容人数 ($P_j=T_j$)」のとき、平均空席率 S/N は安全率0%の場合は0.46、安全率5%の場合は0.42となり、共に(I)の場合よりも0.13だけ大きな値となった。使用する講義室の延床面積は、安全率0%では4,203 m²、安全率5%では4,294 m²となり、使用する講義室数はともに43室となった。未使用講義室に関しては、(I)と同様に座席数88席以上の規模に集中して発生するに傾向が見られる。講義室平均空席率 S_j/n_j の記述統計量に関しては、(I)よりも分散の値の低下が見られる。

5. 講義室構成の見直しを考慮したシミュレーション2

既存講義室の構成に対するシミュレーション1では、最も講義室数が多い50席以上100席未満の規模の講義室の利用度が低くなり、50席以上150席未満の規模の講義室において使用しない講義室が多数発生する結果が得られた。このことから、配置される講義やその予測出席者数に対して、そもそも講義室数やその規模が適切に用意されていないと判断すべきである。大学教育では、いわゆるマスプロ教育から少人数制の教育へと移行する傾向が見られ、従来の大人数用の講義室を中心とした講義室構成では講義の割当てに支障が生じはじめていた大学も少なくなく、既存講義室の構成の見直しを含めて利用計画を検討することが、今後益々重要な課題になると考えられる。そこで、校舎の改修工事などを想定した既存の講義室構成の見直しを行い、この新たな講義室構成に対してGAシミュレーションを適用して利用計画案を導くことを試みる。ここでは、延床面積一定を条件とする講義室構成の見直しを行う利用計画を考える。

既存講義室の現状評価およびシミュレーション1において、安全率5%の有無によって使用する講義室の室数およびその内訳に際立った傾向の違いが生じないことが確認できたことから、シミュレーション2では出席者数の変動に対する順応性の高い安全率5%の場合のみについて考察する。

講義室構成の見直し方法として、既存講義室の中で利用頻度が低い大規模な講義室を2分割あるいは3分割し、利用頻度の高い小規模な講義室に改修することを考える。このような講義室構成の見直しは講義室以外の施設への影響が少なく、比較的低コストで対応することができる現実的な改善策である。シミュレーション1の結果を踏まえ、表8に示す講義室構成の変更を行う。シミュレーション2の対象となる講義室数は全体で9室増の77室となり、延床面積は端数の関係で1%以内の面積増減を許容したことから22 m²増の7,265 m²となった。安全率5%の場合の試行結果を表9に、講義室平均空席率 S_j/n_j に関する記述統計量を表10に示す。

(I)「講義室定員=最大収容人数 ($P_j=C_j$)」のとき、講義室平

表8 講義室構成の変更(合計面積一定)

変更講義室リスト				新設講義室リスト				規模 既存 変更後		
C_j	T_j	面積	削除	C_j	T_j	面積	新設 増加	1	15	26(+11)
88	55	84	3	51	34	84	2	2	35	41(+16)
122	68	145	3	36	20	68	3	3	13	6(-7)
124	78	125~127	2	51	34	84	3	2	5	4(-1)
138	92	129	2	15	15	34	2	2	室数	68
258	146	216	1	51	34	84	2	2	面積	7,243
				36	20	68	4	2		7,265
				51	34	84	1	2		

表9 シミュレーション2の結果

講義室ID	Q_j	T_j	rs=5%			
			$P_j=Q_j$ のとき		$P_j=T_j$ のとき	
			配置講義数	S_j/n_j	配置講義数	S_j/n_j
1	15	15	25	0.12	25	0.24
2	15	15	25	0.11	25	0.18
3	15	15	25	0.09	25	0.14
4	15	15	25	0.11	23	0.14
5	15	15	25	0.09	20	0.11
6	15	15	20	0.09	10	0.08
7	26	20	25	0.21	25	0.22
8	30	20	25	0.17	25	0.33
9	30	20	25	0.14	25	0.36
10	30	20	25	0.15	25	0.30
11	30	20	25	0.18	25	0.31
12	30	20	25	0.16	25	0.26
13	30	20	25	0.18	25	0.22
14	33	18	25	0.18	25	0.43
15	36	20	25	0.22	25	0.38
16	36	20	25	0.24	25	0.42
17	36	20	25	0.24	25	0.44
18	36	20	25	0.20	20	0.44
19	36	20	25	0.22	0	0.00
20	36	20	25	0.29	0	0.00
21	36	20	23	0.23	0	0.00
22	36	20	0	0.00	0	0.00
23	36	20	0	0.00	0	0.00
24	36	20	0	0.00	0	0.00
25	36	20	0	0.00	0	0.00
26	36	20	0	0.00	0	0.00
27	51	34	25	0.23	25	0.28
28	51	34	25	0.39	25	0.45
29	51	34	24	0.35	25	0.45
30	51	34	0	0.00	11	0.37
31	51	34	0	0.00	0	0.00
32	51	34	0	0.00	0	0.00
33	51	34	0	0.00	0	0.00
34	51	34	0	0.00	0	0.00
35	51	34	0	0.00	0	0.00
36	54	36	21	0.37	25	0.51
37	57	38	25	0.52	25	0.41
38	63	36	25	0.63	25	0.54
39	64	36	25	0.45	25	0.56
40	66	39	25	0.52	25	0.57
41	72	42	25	0.62	25	0.58
42	76	48	25	0.56	25	0.54
43	76	48	25	0.41	25	0.48
44	77	44	25	0.53	25	0.54
45	78	58	25	0.63	25	0.60
46	78	58	0	0.00	25	0.62
47	78	58	0	0.00	25	0.56
48	80	50	2	0.01	22	0.54
49	80	50	0	0.00	0	0.00
50	80	50	0	0.00	0	0.00
51	80	50	0	0.00	0	0.00
52	80	50	0	0.00	0	0.00
53	88	55	22	0.59	23	0.54
54	88	55	1	0.01	0	0.00
55	88	55	0	0.00	0	0.00
56	88	55	0	0.00	0	0.00
57	88	55	0	0.00	0	0.00
58	88	55	0	0.00	0	0.00
59	90	50	1	0.00	0	0.00
60	90	54	0	0.00	0	0.00
61	90	54	0	0.00	0	0.00
62	90	60	0	0.00	0	0.00
63	90	60	0	0.00	0	0.00
64	90	90	0	0.00	0	0.00
65	91	55	0	0.00	0	0.00
66	96	64	2	0.01	2	0.02
67	97	61	1	0.00	0	0.00
68	120	76	25	0.57	25	0.49
69	120	80	25	0.75	23	0.59
70	121	80	3	0.05	0	0.00
71	132	78	3	0.09	3	0.25
72	135	90	0	0.00	0	0.00
73	138	92	3	0.08	4	0.15
74	169	100	4	0.09	17	0.58
75	237	127	2	0.27	4	0.27
76	254	144	0	0.00	0	0.00
77	376	200	2	0.21	2	0.21
計			S= 12.55		S= 16.71	

※網掛け部分は未使用講義室

表10 シミュレーション2の記述統計量

講義室定員	安全率s	度数	範囲	最小値	最大値	平均値	標準偏差	分散
$P_j=Q_j$	5%	48	0.75	0.00	0.75	0.26	0.20	0.04
$P_j=T_j$	5%	44	0.59	0.02	0.62	0.38	0.17	0.03

均空席率 S/N は 0.26 となり、シミュレーション1の結果よりもさらに 0.03 程度低くなり、使用する講義室数は1室増の48室となった。使用する講義室の延床面積は 4,426 m² となり、シミュレーション1と比べてさらに約 200 m² もの余剰空間が発生した。座席数 60 席以下の小規模講義室に未使用講義室およびゆとりが発生していることが大きな特徴として挙げられる。

(II)「講義室定員=試験時収容人数 ($P_j=T_j$)」のとき、シミュレーション1よりも講義室平均空席率は 0.04 低い 0.38 となり、利用する講義室数は1室増の44室で延床面積は 4,070 m² となった。現状の利用実態からは、講義室数で 20 室、延床面積で 2,915 m² が削減されたことになる。(I)と比較したとき、未使用講義室数は座席数 50 席以上 80 席未満の中規模講義室で減少し、50 席以下の小規模および 80 席以上の大規模講義室で増加している。講義室平均空席率 S_j/n_j の範囲は 0.59 で、分散の値は 0.03 と講義室間の平均在席率のばらつきが小さく、一様にバランスよく講義室平均空席率が低下していることが分かる。

6. まとめ

本研究では、「成績評価方法に基づく講義タイプ」、「講義の配置時間帯」、「履修登録者数」の3つの講義属性情報から出席者数の予測式を導き、この式による予測出席者数と講義室定員を基にGAを用いて空席率を最小化することで利用計画案を決定する手法を提案した。そして、この手法の有用性を実証するために、既存の講義室構成を前提条件とする場合と講義室構成を見直す場合の2通りのシミュレーションを行った。現状の講義室構成に対するシミュレーション1では、出席者数に適した講義室を利用して個々の講義室の稼働率を高めることで、多くの余剰空間を生み出すことができることを示した。講義室構成の見直しを考慮したシミュレーション2では、延床面積一定という条件下で講義室構成を見直し、その新たな講義室構成に対して利用計画法を適用することで、シミュレーション1よりもさらに講義室の稼働率を向上させて必要講義室数および必要面積を削減できることを示した。個々の講義室を高稼働率かつ低空席率で使用するにより講義室数や延床面積の削減する本研究の利用計画法は、本事例の問題に対してだけでなく、同様の問題を抱えている多くの他大学や大学新設時における講義室計画に対しても有効で応用可能であると考えられる。

全ての講義室を高稼働率に設定することは、全ての講義が予定通りに行われる場合には大きなメリットとなるが、その反面として急な変更に対応するフレキシビリティを低下させることになり、必ずしも好ましいことばかりではない。本研究では、2段階的に講義室運用のフレキシビリティを確保するための予備講義室を計画するという考え方のもとに利用計画法の妥当性を述べているが、さらに実用的な手法として確立させるためには、これらの予備講義室の規模や室数の決定方法に関して検討することが必要であると考えている。また、講義室構成の見直し方法自体を講義室割当てと同時に最適化できる手法へと発展させることも今後の課題である。

表14 シミュレーション結果 一覧

		講義室定員(Pj)	安全率rs (%)	利用講義室数(座席数別)				利用講義室数	面積(m ²)	平均在席率 S_j/n_j	S_j/n_j 分散
				(0~50人)	(50~100人)	(100~150人)	(150人~)				
既存 構成	現状 評価	最大収容人数 C_i	0	12	34	13	5	64	6,985	0.33	0.02
		最大収容人数 C_j	5	12	34	13	5	64	6,985	0.36	0.03
		試験時収容人数 T_i	0	12	34	13	5	64	6,985	0.30	0.01
		試験時収容人数 T_j	5	12	34	13	5	64	6,985	0.32	0.01
	室数 削減	最大収容人数 C_i	0	15	24	4	3	46	4,432	0.67	0.07
		最大収容人数 C_j	5	15	26	3	3	47	4,609	0.71	0.07
		試験時収容人数 T_i	0	15	20	5	3	43	4,203	0.54	0.04
		試験時収容人数 T_j	5	15	21	4	3	43	4,294	0.58	0.03
構成 変更	面積 一定	最大収容人数 C_i	5	21	19	5	3	48	4,426	0.74	0.04
		試験時収容人数 T_i	5	18	19	4	3	44	4,070	0.62	0.03

注

注1) クラス指定科目とは、1クラスあるいは数クラス単位で受講することを指定された科目である。各学生は、あらかじめ自分の所属するクラスが決められており、複数回設置されている同一内容の講義を、基本的にクラスで指定された時間に受講する。多くの学部や学科で必修に指定されている語学などの基礎的な科目が一般的にクラス指定科目となっている。

注2) 表2の出席者数予測式は、京都大学全学共通科目を対象とした実態調査データから導いている。出席者数については、大学の規模、教育方針、校風などの影響も考えられることから、厳密には本予測式は本事例に対してのみ適用可能である。ただし、「講義の規模」、「出席の評価方法」、「講義配置時間帯」と学生の出席動向の関係については、一般的な総合大学における全学共通科目で同様の傾向が見られると推測され、本予測式は他大学における出席動向の概要を知る上でも十分に価値あるものと考えられる。

参考文献

- 1) 文部省大臣官房文教施設部：国立学校施設実態調査実施要領別冊資料 国立学校建物基準面積算出表，2000
- 2) 朴鑽銜，楯列哲也，大賀淳史，宗本順三，岩田伸一郎：受講変動パターンを考慮した大学講義室の利用計画の研究その1- 講義の受講者数変動パターンによる受講者数の推計 -，日本建築学会大会学術梗概集，F-1 分冊 p. 1365, 2004. 9
- 3) 金尚本，竹下輝和，志賀勉，李志民：普通科高等学校における選択制によるクラスの解体状況と必要講義室の算定- 教育の多様化・弾力化による

る高等学校に関する建築計画的研究（その1），日本建築学会計画系論文集，第479号，pp. 87-96, 1996. 1

- 4) D. Abramson and J. Abela. : A parallel genetic algorithm for solving the school timetabling problem, Technical report, Division of Information Technology, C. S. I. R. O., 1991
- 5) 大嶋辰夫，嶋村仁志：共用講義室の使われ方に関する実情と問題点- 大学施設の効率的利用に関する研究（その1）-，日本建築学会大会学術梗概集，E-1 分冊 pp. 443, 2002. 8
- 6) 嶋村仁志，大嶋辰夫：共用講義室の利用効率向上のための実現課題- 大学施設の効率的利用に関する研究（その2）-，日本建築学会大会学術梗概集，E-1 分冊 pp. 445, 2002. 8
- 7) 岡田光正，高橋鷹志：新建築大学大系13 建築規模論，彰国社，1988. 2
- 8) 岡田光正：建築計画学12 施設規模，丸善，1970. 9
- 9) 京都大学：京都大学自己点検・評価報告書Ⅱ，2000
- 10) 島田博司：大学授業の生態誌-「要領よく」生きようとする学生，玉川大学出版部，2001. 6
- 11) 今後の国立大学等施設の整備充実に関する調査研究協力者会議：知の拠点- 大学の戦略的施設マネジメント- 施設マネジメントの基本的視点と具体的な実施方策 -，文部科学省，2003. 8
- 12) 今後の国立大学等施設の整備充実に関する調査研究協力者会議：「知の拠点」を目指した大学の施設マネジメント- 国立大学法人（仮称）における施設マネジメントの在り方について -，文部科学省，2002. 5.
- 13) 有本章編：大学のカリキュラム改革，玉川大学出版部，2003. 9

(2005年12月8日原稿受理，2006年6月27日採用決定)