

# 工学院大学学習支援センター物理科利用による 教育効果の統計分析

高橋浩久，永井朋子，紀基樹，細谷哲雄  
露木孝尚，武藤恭之，小麥真也

## Statistical Analysis of Educational Effects by Using Academic Support Center at Kogakuin University

TAKAHASHI Hirohisa, NAGAI Tomoko, KINO Motoki,  
HOSOYA Tetsuo, TSUYUKI Takanao,  
MUTO Takayuki, KOMUGI Shinya

### 概要

2023 年度入学生の学習支援センター物理科利用者について，その教育効果とサービスの利用傾向について回帰木による統計分析を行った．結果，どの学力層でも学習支援センター非利用に比べ利用による学力上昇傾向が確認されるとともに，複数回，継続的な利用をすることでより効果が大きいことが確認された．

### 1. はじめに

工学院大学（以後本学）に設置されている学習支援センター（以後当センター）物理科は主に初年次学生，特に高校で物理を未履修だった学生や苦手意識のある学生を対象に，自由参加の講義形式による基礎講座，個別指導を実施している．特に，コロナ禍における遠隔指導の仕組みを整える中で，遠隔による個別指導や，自学自習用として CoursePower（以後 CP）上にオンデマンド教材を設置して学習支援を行っている<sup>1,2</sup>．こうした当センターの学習支援の効果は，これまで定性的な意味で語られることが多く，定量的な分析はあまりされてこなかったが，2022 年永井らにより統計手法を用いた教育効果の分析が行われるようになった<sup>3</sup>．

本研究では，永井らの決定木を用いた当センターの教育効果の分析<sup>3</sup>をより深く，詳細に明

らかにすることを試みる。すなわち、当センター物理科の利用者がどのサービスをどのように利用して学力が変化したかを調べる。そのため、入学時に実施された「習熟度調査」から 1 クォータ（以後 1Q）末に実施された「物理学及び演習 I（運動学）」試験総点の間の偏差値変化を主な目的変数とし、個別指導利用回数、基礎講座出席回数、CP 資料ダウンロード数を主な説明変数として回帰分析を行った。

その結果、23 年度における「習熟度調査」と「物理学及び演習 I」1Q 試験総点との間で、当センター物理の利用者は約 3.0 の偏差値上昇を示し、一方で非利用者では約 1.6 の減少でその差は約 4.6 となり、当センター物理科の利用が学力向上に寄与したことが明らかになった。また回帰分析により、個別指導を複数回利用することの影響が大きく、2 回以上利用することで、約 7.1 の偏差値上昇が見込まれることが分かった。また各サービスの効果を個別に回帰分析したところ、いずれのサービスも利用回数が多いことが強く影響し、偏差値上昇にも寄与すること、すなわち、当センターの継続利用による効果が高いことが明らかになった。さらに各学力層に分けて分析を行った結果、いずれの学力層でも非利用者に対して学習支援の効果があることが示された。なお、また下位層と中位層では個別指導の影響が、上位層には CP 資料ダウンロードの影響が大きく、利用方法に違いが見られた。

本論文は以下のように構成される。第 2 章において本研究で用いた解析手法について述べる。当センター利用による学力変化（教育効果）を詳細に分析した結果を第 3 章で述べ、第 4 章でその結果について考察する。最後に第 5 章で結論をまとめる。

## 2. 解析手法

本研究では、当センターが提供している 3 つのサービス（個別指導、基礎講座、CP オンデマンド教材）のどれが学力変化に影響を及ぼすかを知るために決定木分析を実施した。

### 2.1 決定木分析

決定木分析とは、ルールに合致した説明変数の分割を基にノードを分岐して木構造（樹形図）を生成し、目的変数に影響を及ぼしている説明変数を見つけ出す分析手法である<sup>4,5</sup>。なお決定木分析には、目的変数として質的変数を採用する分類木分析と、量的変数を用いる回帰木分析がある。本研究では試験間の偏差値変化やレポート点といった量的変数を用いるので、専ら回帰木分析を行う。

分岐とは、ノードサンプルをある説明変数の値で分割することであるが、一般にサンプルの分割方法は複数存在し、その中でどの分割方法を木構造の分岐として採用するかにはルールを設定しておく必要がある。分岐のルールにもいくつか種類があるが、本研究では、分岐前後で平均二乗誤差の変化を最小にする（＝最も減少させる）というルールを採用する。その詳細を説明する。分割前ノード  $n_0$ （サンプル数  $N_0$ ）を、 $n_1$ （サンプル数  $N_1$ ）と  $n_2$ （サン

プル数  $N_2$ ) の 2 つに分割したとする. 分割前ノード  $n_0$  についてサンプルの平均値とそれに対する二乗誤差  $\varepsilon_0$  を求める. 分割後ノード  $n_1, n_2$  についてもそれぞれの平均値とその二乗誤差  $\varepsilon_1$  と  $\varepsilon_2$  を求める. これらを用いて分割前後での平均二乗誤差の変化

$$\Delta\varepsilon = \left( \frac{N_1}{N_0} \varepsilon_1 + \frac{N_2}{N_0} \varepsilon_2 \right) - \varepsilon_0$$

を計算する. あらゆる分割パターンについてこのような計算を行い,  $\Delta\varepsilon$  を最小にするような分割を木構造の分岐として採用するのが回帰木分析の分岐のルールである<sup>5,6</sup>.

このような分岐は  $i$  番目のノード  $n_i$  の平均二乗誤差が  $\varepsilon_i = 0$  となるまで繰り返される. こうして, 最上位の分岐は母集団に最も影響を与えた分岐条件が何であったかを示し, 下位の分岐は, 分岐後ノードのサンプルの中で最も影響を与えた分岐条件を示す. 本研究では集団に大きく影響した分岐条件が何であるかを調べるため, あまり深く取らず分岐数 (木の深さ) を 2 で打ち切ることにする.

## 2.2 本研究の設定

以下で本研究の問題設定の詳細を述べる.

回帰木分析するサンプルは, 1Q「物理学及び演習 I」試験受験者かつ当センター物理科の利用者 (個別指導利用または基礎講座出席または CP 資料をダウンロードした者) であるような 322 名である. (なお後述するように, 詳細を分析するためこの母集団をさらに学力層に分けた集団に対して分析も行った.)

本分析の主な目的変数に, 「習熟度調査」と 1Q「物理学及び演習 I」試験総点 (レポート点含む) の間での偏差値変化を採用する. 偏差値の定義には日本でよく利用されている学力偏差値 (以後偏差値) を採用する. すなわち, 平均値を 50, 標準偏差を 10 とするような正規分布に従うとして試験の得点分布を標準化したもので, 試験の得点分布における平均値を  $\mu$ , 標準偏差を  $\sigma$  としたとき, 偏差値は,

$$(\text{学力偏差値}) = 50 + \frac{10 \times (\text{得点} - \mu)}{\sigma}$$

と定義される. なお本研究では偏差値の算出は以下のように行った. 本学では「物理学及び演習 I」を受講 (受験) しない学生も「習熟度調査」を受験する. そこで「物理学及び演習 I」1Q 試験を受験した 1 年生 911 名を対象に「習熟度調査」の偏差値を算出した. また「物理学及び演習 I」1Q 試験の偏差値を算出して「習熟度調査」と「物理学及び演習 I」との差により学力推移を見積もる. これにより利用者 (322 名) と非利用者 (589 名) との変化の違いを調べることもできる.

本分析の説明変数として, 主に個別指導利用回数, 基礎講座出席回数, CP 資料ダウンロード

ド数を採用する。なお、CP の説明変数として接続数（アクセス数）を用いることも可能であるが<sup>3</sup>、接続数には資料閲覧以外の数も含まれており、教育効果を調べる上では適切でない可能性がある。CP 資料ダウンロード数であれば、自学自習に活用したと解釈することができ、より適切な説明変数とみなすことができる。

以上のような設定で、1Q 間で当センター物理科の利用者が、全体の中でどれほど学力が変化し、また当センターのサービスをどのように利用したことが学力変化に影響したかを分析していく。

なお本研究では Python の scikit-learn ライブラリ標準の CART<sup>4</sup> アルゴリズムに基づいた回帰木分析のコードを実装した。

### 3. 学力変化と教育効果の解析結果

#### 3.1 試験総点への影響

まず初めに目的変数として、試験総点（レポート点を含む）との偏差値変化を採用した場合の分析結果を述べる。レポート点を含んだ評価なので、物理概念の理解力や計算力に加えて記述力を含んだ総合力を評価しているとみなせる。このときの偏差値変化の全体平均は -0.0 であり、偏差値を指標としたので当然全体ではほとんど変化はない。一方利用者と非利用者でそれぞれ平均をとったところ、利用者平均が 3.0 の上昇、非利用者平均が -1.6 で、その差は 4.6 となり、当センター物理科の利用による学力上昇が大きいことが分かった（表 1）。この効果の詳細についての回帰木分析の結果を以下で述べる。

表 1 23 年度入学生学習支援センター利用者 / 非利用者の 1 クォータ間学力変化の比較

偏差値変化	全体	利用者	非利用者	差
全学力層	-0.0 (911)	3.0 (322)	-1.6 (589)	<b>4.6</b>
上位層 習熟度偏差値 55 超	-5.1 (349)	-4.7 (83)	-5.3 (266)	<b>0.6</b>
中位層 習熟度偏差値 45 ~ 55	-0.2 (236)	1.4 (84)	-1.0 (152)	<b>2.4</b>
下位層 習熟度偏差値 45 未満	5.6 (326)	7.9 (155)	3.5 (171)	<b>4.4</b>

入学時「習熟度調査」と 1Q 末「物理学及び演習 I」試験総点との間の偏差値変化。なお、差は利用者と非利用者の変化の差であり、また括弧内は人数である。

#### a) 全サービスでの回帰木分析

当センター物理科利用者 322 名を母集団とし、当センターで実施している 3 つのサービス（個別指導利用、基礎講座出席、CP 資料ダウンロード）を全て説明変数として採用した場合の回帰木分析の結果を図 1 に示す。最上位分岐は、個別指導を 2 回以上の利用か 1 回以下か

が大きく影響した。すなわち、個別指導を複数回利用したかどうかによる影響と解釈される。2 回以上の利用では偏差値変化が 7.1 で、1 回以下では 1.6 だった。次の分岐では、個別指導 1 回以下利用したグループは CP 資料ダウンロードが大きく影響し、70 回以上ダウンロードで 13.2 の変化、69 回以下では 1.3 だった。個別指導 2 回以上利用したグループではより個別指導を利用したかどうかの影響し、5 回以上利用で 10.0 の変化、2 回以上 4 回以下の利用で 6.4 の変化だった。

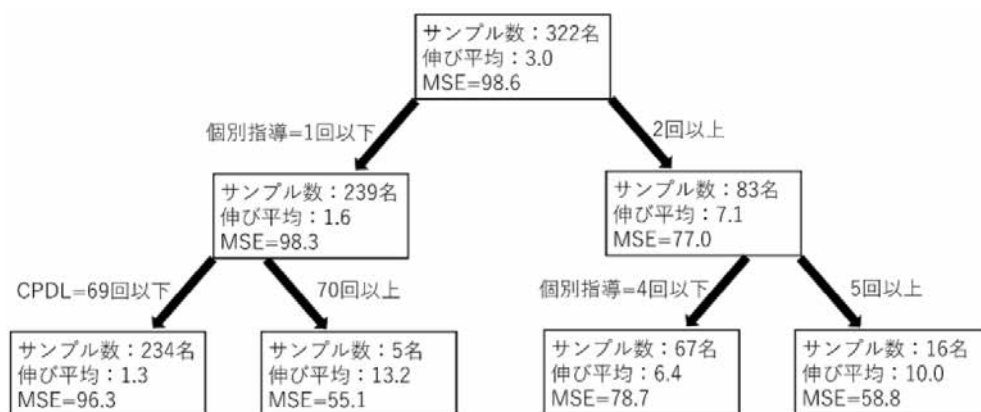


図 1 23 年度入学生学習支援センター物理利用者の 1 クォータ間学力変化についての回帰木分析

入学時「習熟度調査」と 1 Q 末「物理学及び演習 I」試験総点の偏差値変化を目的変数とし、3 つのサービス全てを説明変数とした。

## b) サービスごとの回帰木分析

続いて、各サービスの中での影響を詳細に分析するため、同じ母集団の中で 3 つのサービス（個別指導利用、基礎講座出席、CP 資料ダウンロード）から一つだけを説明変数として選んで回帰木分析を行った。

### b-1) 個別指導

説明変数を個別指導利用数のみとした場合の結果を図 2 に示す。最上位分岐は個別指導の利用 1 回以下か 2 回以上かであるが、これは全サービスを説明変数とした場合には個別指導利用回数を含んでいるので最上位分岐は同じものになる。次の分岐では、個別指導 1 回以下利用したグループは個別指導を利用したかどうかの影響し、利用（1 回）では変化が 1.6、非利用（0 回）では 1.5 だった。個別指導 2 回以上利用したグループではより個別指導を利用したかどうかの影響し、5 回以上利用で変化が 10.0、2 回以上 4 回以下の利用で 6.4 だった。この回帰木から個別指導をより多く利用するほど偏差値上昇が大きいことが分かる。

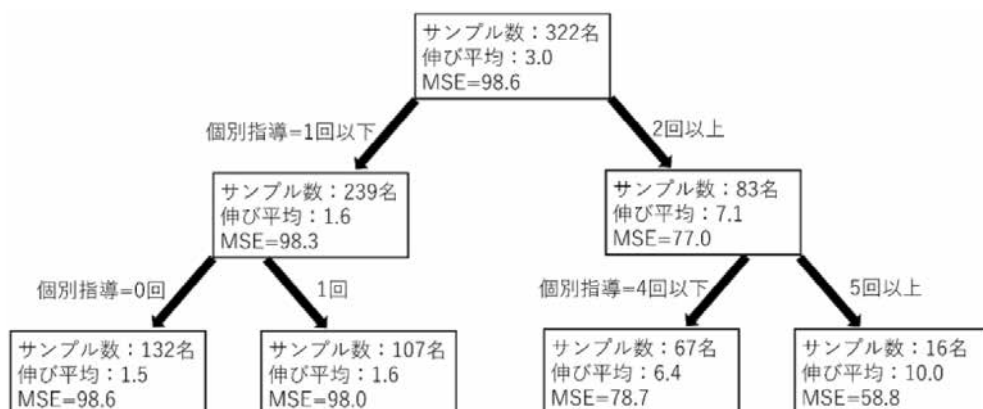


図 2 23 年度入学生学習支援センター物理利用者の 1 クォータ間学力変化についての回帰木分析

目的変数は図 1 と同じ。個別指導利用回数のみを説明変数とした。

## b-2) 基礎講座

説明変数を基礎講座出席回数のみとした場合の結果を図 3 に示す。最上位分岐は、基礎講座出席が 1 回以下か 2 回以上であるかが大きく影響した。すなわち、基礎講座に複数回出席したかどうかによる影響と解釈される。2 回以上出席で変化が 6.8、1 回以下で 2.4 だった。次の分岐では、基礎講座出席 1 回以下のグループは基礎講座に出席したかどうかの影響し、利用（1 回）では変化が 1.5、非利用（0 回）では 2.5 だった。基礎講座出席 2 回以上のグループはより多く基礎講座に出席したかどうかの影響し、6 回出席では変化が 10.6、2 回以上 5 回以下では 5.8 だった。この回帰木から基礎講座に多く出席するほど偏差値上昇が大きいことが分かる。

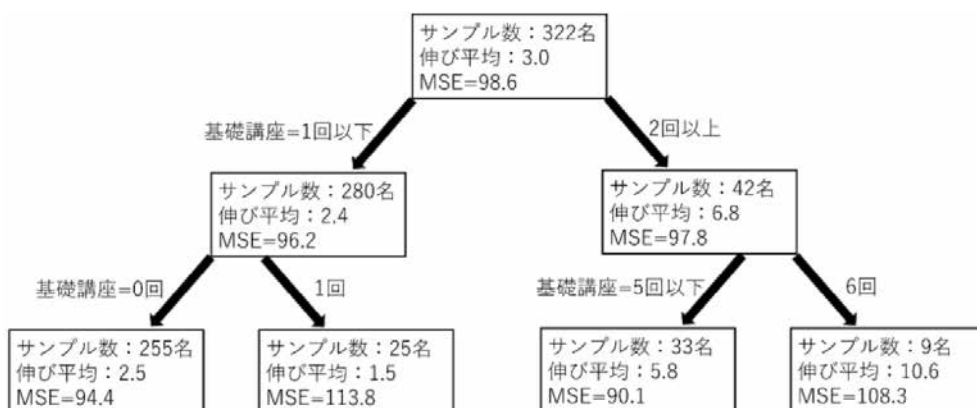


図 3 23 年度入学生学習支援センター物理利用者の 1 クォータ間学力変化についての回帰木分析

目的変数は図 1 と同じ。基礎講座出席回数のみを説明変数とした。

## b-3) CP 資料ダウンロード

説明変数を CP 資料ダウンロード数のみとした場合の結果を図4に示す。最上位分岐は、ダウンロードが 66 回以下か 67 回以上であるかが影響した。すなわち、資料を複数ダウンロードした影響と解釈される。資料ダウンロード 67 回以上で変化が 11.2 で、66 回以下では 2.7 だった。次の分岐では、CP 資料ダウンロード数 66 回以下のグループではダウンロード数 40 回以上 66 回以下で 5.6 変化し、39 回以下で 2.5 変化した。CP 資料ダウンロード数 67 回以上のグループではダウンロード 129 回以上で 19.9 変化し、67 回以上 128 回以下では 9.1 変化した。この回帰木から CP 資料ダウンロード数が多いほど偏差値上昇が大きいことが分かる。

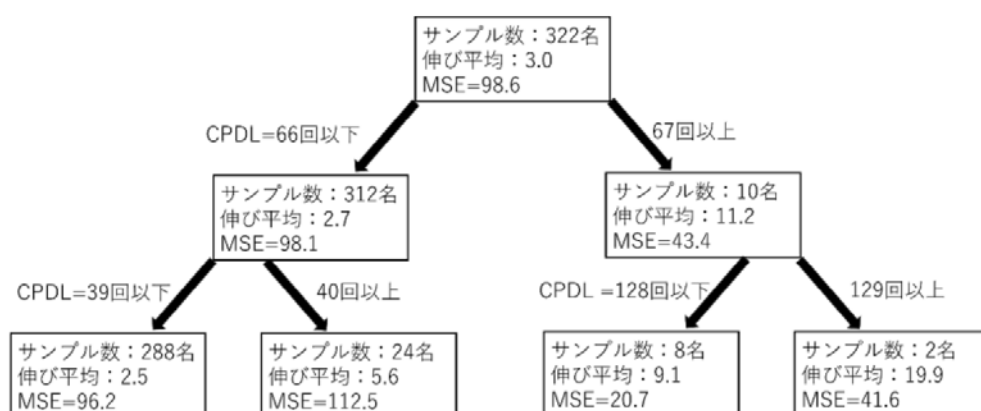


図4 23年度入学生学習支援センター物理利用者の1クォータ間学力変化についての回帰木分析

目的変数は図1と同じ。CP 資料ダウンロード数（CPDL）のみを説明変数とした。

## 3.2 マーク点への影響

ここまでは習熟度調査と試験総点間の偏差値変化を目的変数としたが、1Q 末実施のマーク試験点（以後マーク点）との間の偏差値変化を目的変数とした場合を議論する。1 度限りのマーク試験であるため、物理概念の理解やその定着、また計算力を抽出して評価しているとみなせる。全体の偏差値変化は偏差値の特性から平均 -0.0 であった。利用者については平均 1.6 の上昇で、非利用者については平均 -0.9 でその差は 2.5 であり、マーク点についても当センター物理の利用による学力上昇効果があった（表2）。この効果の詳細についての回帰木分析の結果を以下に述べる。

表 2 23 年度入学生学習支援センター利用者 / 非利用者の学力変化の比較

偏差値変化	全体	利用者	非利用者	差
全学力層	-0.0 (911)	1.6 (322)	-0.9 (589)	2.5
上位層 習熟度偏差値 55 超	-4.1 (349)	-4.9 (83)	-3.9 (266)	-1.0
中位層 習熟度偏差値 45 ～ 55	-0.2 (236)	0.4 (84)	-0.5 (152)	0.9
下位層 習熟度偏差値 45 未満	4.6 (326)	5.7 (155)	3.5 (171)	2.2

入学時「習熟度調査」と1Q末「物理学及び演習Ⅰ」マーク点との間の偏差値変化。なお、差は利用者と非利用者の変化の差であり、また括弧内は人数である。

### c) 全サービスでの回帰木分析

当センター物理科利用者 322 名を母集団とし、マーク点との間の偏差値変化を目的変数に変更した上で、全サービスを説明変数として選んだ場合の回帰木分析の結果を図 5 に示す。最上位分岐は、試験総点の場合と異なり、基礎講座出席 1 回以下か 2 回以上かどうか、すなわち、基礎講座に複数回出席したかどうかが大きく影響した。なお、2 回以上の利用では偏差値変化が 5.9 で、1 回以下では 1.0 だった。次の分岐では、基礎講座に 1 回以下出席したグループには CP 資料ダウンロードが大きく影響し、71 回以上ダウンロードで 16.9 の変化、70 回以下では 0.8 だった。基礎講座に 2 回以上出席したグループでも CP 資料ダウンロードが大きく影響し、15 回以上ダウンロードで 7.7 の変化、14 回以下では 2.1 だった。この回帰木から、基礎講座に複数回出席するか、CP 資料を多くダウンロードすることで大きく偏差値上昇したことが分かる。

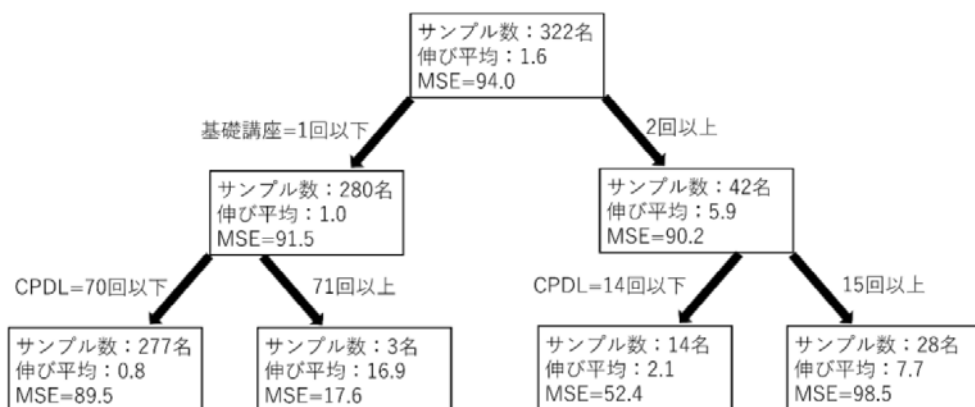


図 5 23 年度入学生学習支援センター物理利用者の 1 クォータ間学力変化についての回帰木分析

入学時「習熟度調査」と1Q末「物理学及び演習Ⅰ」マーク点の偏差値変化を目的変数とし、3つのサービス全てを説明変数とした。

なお試験総点の場合と比べて個別指導利用の影響が明らかに小さくなっている。質問対応を基本とする個別指導と体系的に解説を行う基礎講座の性質の違いが、授業内容に習熟しているかどうかを測る期末試験の結果に影響したと思われる。

### 3.3 レポート点への影響

「物理学及び演習Ⅰ」ではレポート課題が課されており、運動学について自ら初期条件を設定した上で運動を論じることが要求されている。自ら問題設定をすることや図示することに不慣れな学生が多いため、当センター物理科ではレポート課題に関する質問が圧倒的に多い。したがって、レポート点への寄与が予測される。そこで目的変数にレポート点を採用した場合の回帰木分析を行った。なお、習熟度調査からの変化ではなく、レポート点への直接の影響を調べる意味で、レポート点の素点をそのまま目的変数として採用した。レポート点の全体平均は21.0点、利用者平均22.5点でこちらも当センター物理科利用による効果があった。この効果の詳細についての回帰木分析の結果を以下に述べる。

#### d) 全サービスでの回帰木分析

当センター物理科利用者322名を母集団とし、レポート点を目的変数に変更した上で、全サービスを説明変数として選んだ場合の回帰木分析の結果を図6に示す。最上位分岐は、個別指導利用が0回か1回以上かどうか、すなわち、個別指導を利用したかどうか大きく影響した。なお、1回以上の利用ではレポート点平均は24.0点で、0回では20.4点だった。次の分岐では、個別指導利用0回のグループではCP資料ダウンロードが影響し、9回以上ダウンロードで18.8点、8回以下では21.9点だった。個別指導利用1回以上のグループでは個別指導を複数回利用したかどうかの影響し、2回以上利用で24.8点、1回の利用で23.3点だった。この回帰木から個別指導を利用せずにCP資料ダウンロードした場合に、レポート点への影響に逆転現象が起きており、CP資料ダウンロードがレポート点を上昇させることに寄与しなかったことが分かる。一方個別指導をより多く利用するとレポート点を大きく上昇させている。

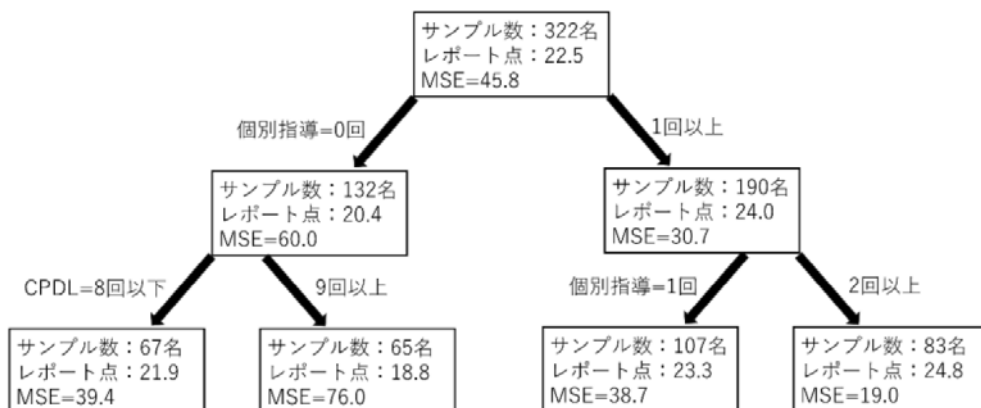


図 6 23 年度入学生学習支援センター物理利用者のレポート点についての回帰木分析

「物理学及び演習 I」のレポート点を目的変数とし、3つのサービス全てを説明変数とした。

### 3.4 学力層毎の分析

当センターは、学習環境や入試形態の多様化を受け、大学の授業レベルに不安を感じる学生、さらには高校レベルの内容に不安な学生に対してフォローアップする役割を担っている。したがって学力的に下位層への貢献が期待されている訳ではあるが、実際には、中・上位層も学習支援センターを利用している。そこで、

- 下位層 = 「習熟度調査」偏差値 45 未満
- 中位層 = 「習熟度調査」偏差値 45 以上 55 以下
- 上位層 = 「習熟度調査」偏差値 55 超

のように定義した上で、それぞれの層の利用効果も分析した。ここではいずれも目的変数として試験総点との偏差値変化を採用した。

#### e-1) 下位層

下位層に当たるのは全体の 316 名であり、そのうち 155 名が当センター物理科を利用した。表 1 に示すように下位層全体の試験総点までの偏差値変化は 5.6 だった。そのうち利用者の偏差値変化が 7.9、非利用者では 3.5 の変化で、その差は 4.4 だった。

学力下位層の当センター物理科利用者 155 名を母集団とし、試験総点との間の偏差値変化を目的変数に戻した上で、全サービスを説明変数として選んだ場合の回帰木分析の結果を図 7 に示す。最上位分岐は、個別指導を 2 回以上利用したか 1 回以下か、すなわち、個別指導を複数回利用したかどうかが大きく影響した。なお、個別指導 2 回以上の利用では偏差値が 11.1 変化し、個別指導 1 回以下では偏差値が 6.6 だった。次の分岐では、個別指導 1 回以

下利用のグループでは基礎講座に多数参加したかどうかの影響し、基礎講座 5 回以下の出席で 6.2 の変化、6 回の出席で 19.5 の変化だった。個別指導 2 回以上利用のグループではより多く個別指導を利用したかどうかの影響し、5 回以上の利用で 14.5 変化し、2 回以上 4 回以下の利用で 10.4 だった。この回帰木から、下位層に対しては主に個別指導を複数回利用することの影響が大きく、それにより偏差値上昇したことが分かる。

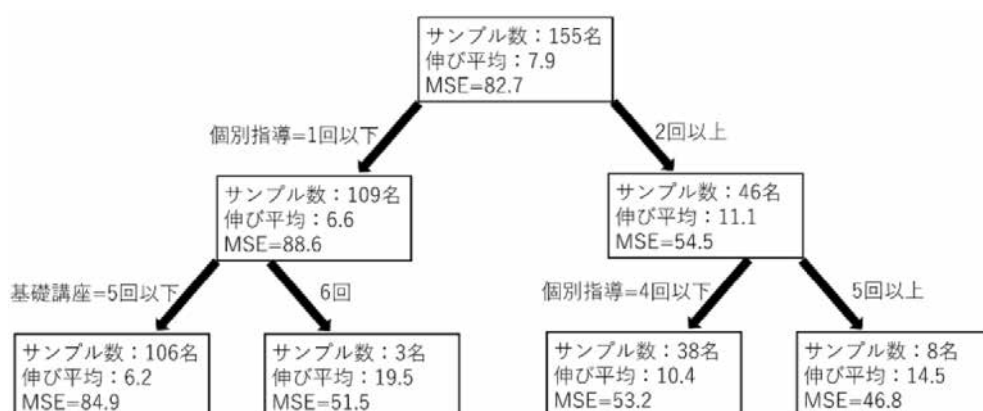


図 7 23 年度入学生学力下位層（習熟度偏差値 45 未満）のうち学習支援センター物理利用者の 1 クォータ間学力変化についての回帰木分析

目的変数と説明変数は図 1 と同じ。

#### e-2) 中位層（「習熟度調査」偏差値 45 以上 55 以下）

中位層に当たるのは全体の 236 名であり、そのうち 84 名が当センター物理科を利用した。表 1 に示すように中位層全体の試験総点までの偏差値変化は  $-0.2$  だった。そのうち利用者の偏差値変化が 1.4、非利用者では  $-1.0$  で、その差は 2.4 だった。

学力中位層の当センター物理科利用者 84 名を母集団とし、試験総点との間の偏差値変化を目的変数に、全サービスを説明変数として選んだ場合の回帰木分析の結果を図 8 に示す。最上位分岐は、個別指導を 2 回以上利用したか 1 回以下か、すなわち、個別指導を複数回利用したかどうかが大きく影響した。なお、個別指導 2 回以上の利用では偏差値が 5.3 変化し、個別指導 1 回以下では偏差値が  $-0.1$  だった。次の分岐では、個別指導 1 回以下利用のグループでは基礎講座に複数回出席したかどうかの影響し、基礎講座 1 回以下の出席で  $-0.8$  の変化、2 回以上の出席で 4.7 の変化だった。個別指導 2 回以上利用のグループでは CP 資料ダウンロードをしたかどうかの影響し、1 回以上ダウンロードで 6.2 の変化、ダウンロード 0 回で 2.7 の変化だった。この回帰木から、中位層ではまずは個別指導を複数回利用したことが影響し、次いで基礎講座や CP 資料のダウンロードが影響した。このことから複数のサービスを使い分けながら多く利用することで偏差値上昇したことが分かる。

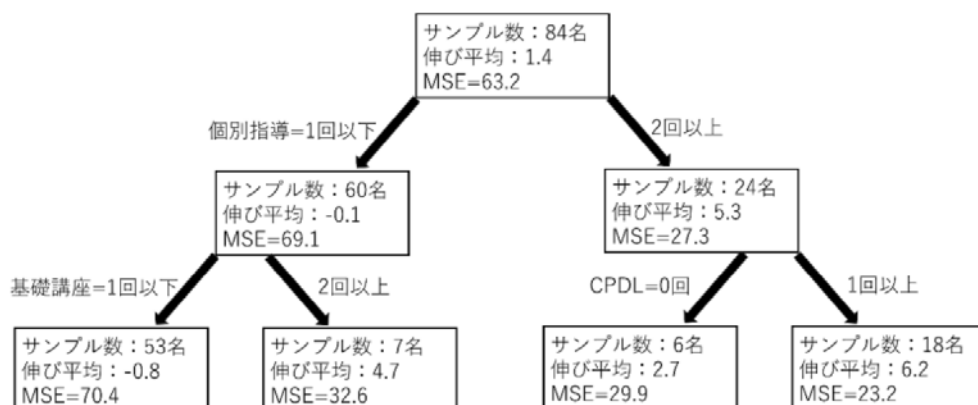


図 8 23 年度入学生学力中位層（習熟度偏差値 45 以上 55 以下）のうち学習支援センター物理利用者の 1 クォータ間学力変化についての回帰木分析

目的変数と説明変数は図 1 と同じ。

### e-3) 上位層（「習熟度調査」偏差値 55 超）

上位層に当たるのは全体の 349 名であり，そのうち 83 名が当センター物理科を利用した．表 1 に示すように上位層全体の試験総点までの偏差値変化は  $-5.1$  だった．そのうち利用者の偏差値変化が  $-4.7$ ，非利用者では  $-5.3$  で，その差は  $0.6$  だった．上位層の偏差値はそもそも上がりにくい，むしろ下降する傾向があるが，当センターの利用により下降幅が小さくなり，わずかながら利用効果があったことが分かる．

学力上位層の当センター物理科利用者 83 名を母集団とし，試験総点との間の偏差値変化を目的変数に，全サービスを説明変数として選んだ場合の回帰木分析の結果を図 9 に示す．最上位分岐は，CP 資料ダウンロードを多数回したかどうかが大きく影響した．なお，ダウンロード 38 回以上の利用では偏差値が  $-9.5$  の変化，37 回以下では  $-4.3$  だった．次の分岐でも CP 資料ダウンロードを多数回したかどうかの影響し，CP 資料ダウンロード 37 回以下のグループでは，ダウンロード 29 回以下で  $-4.5$  の変化，30 回以上で  $0.4$  の変化だった．CP 資料ダウンロード 38 回以上のグループでは，46 回以上ダウンロードで  $-3.5$  の変化，38 回以上 45 回以下で  $-15.5$  の変化だった．

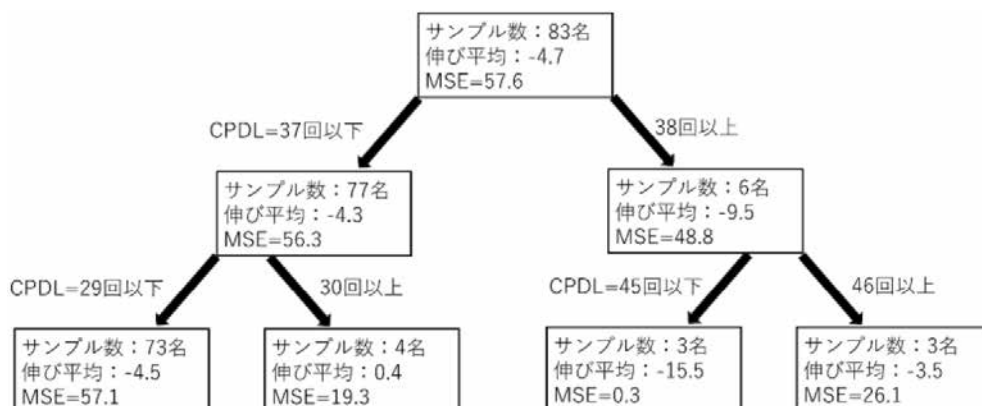


図9 23年度入学生学力上位層（習熟度偏差値55超）のうち学習支援センター物理利用者の1クォータ間学力変化についての回帰木分析

目的変数と説明変数は図1と同じ。

上位層では利用傾向が大きく異なり、全てCP資料ダウンロードが影響した。最上位の分岐でCP資料ダウンロード回数と偏差値変化の関係に逆転現象が起きたが、次の分岐はいずれもCP資料ダウンロード回数に応じた偏差値変化を示した。

#### 4. 考察

レポート点を含んだ試験総点には、図1が示すように個別指導の複数回利用が大きく影響し、図2から図4の回帰木分析からは、各サービスの利用回数が増えると偏差値変化が大きくなることが分かる。このことから当センターの継続的利用が非常に効果的であると結論できる。

詳細を調べると、マーク点の回帰木分析（図5）は基礎講座の複数回出席が大きく影響したことを示し、試験総点とは異なる分岐が最上位に来了。この試験総点とマーク点の違いはレポート点による違いであり、図6が示すレポート点についての回帰木分析は、個別指導の利用の有無が大きく影響している。自ら問題を設定し論理立てて述べることは、高校等の教育環境によってはあまり学ぶ機会が無い場合がある。そこで当センターの個別指導を利用してその方法を学んでいる様子が窺え、ゼミ形式の指導の効果が現れていると言える。

また興味深いことに、図6のようにCP資料利用のレポート点への影響は小さく、図5のマーク点では基礎講座による分岐の次にCP資料の利用が影響を与えていることは、CP資料ではレポート問題設定の方針が汲み取れなかった可能性がある一方、設定が与えられた問題を解くことに関しては、講義形式の基礎講座やCP資料の解説から問題の解法を学んでいるようである。実際にCP資料を多数回ダウンロードした学生の大きな学力向上が目立つ。

すなわち当センター物理科は、レポートには個別指導で論理力向上に寄与しており、期末マーク試験には基礎講座を通じた体系的解説と CP 資料の解説を通じて学力向上に寄与していると解釈することができる。

先に述べたように、自ら問題を設定するレポートの書き方を学んだかどうかは、これまでの教育環境に大きく依存することから学力上位層でも苦手とする学生が多い。また大学物理と高校物理のギャップに悩む学生はどの学力層にも一定数いる。このことから学力下位層だけでなく上・中位層の当センター利用者も多い。表 1 の結果が示すように、全ての学力層において試験総点との偏差値変化に利用者と非利用者との間で差があることを示し、物理が苦手な学生に対してだけでなく、得意な学生に対しても当センターの学習支援の効果があった。

また利用方法についても、図 7 と図 8 が示すように中・下位層には個別指導の影響が大きい一方で、図 9 が示すように上位層には CP 資料ダウンロードの影響が現れ、学力層によって利用方法が異なった。ここに学生の能力や事情に応じた利用のされ方が浮き彫りになった。また上位層においては、CP 資料を多くダウンロードすれば学力が向上したとは一概には言えない結果であった。ダウンロードすることが学習することとは直接結び付けられないことと利用数が少ないことから早計な判断はできないので今後も継続的な調査が必要だろう。

いずれにせよ、当センター物理科は学生の多様なニーズに合わせつつ学生の総合的な学力向上に貢献していると結論できる。

## 5. まとめ

2023 年度入学生の工学院大学学習支援センター利用者が入学時点から 1 クォータ末までに当センターの 3 つのサービス（個別指導、基礎講座、コースパワー資料）をどのように利用して学力変化したかを回帰分析により調べた。結果、当センター利用者は各サービスの継続的な利用により非利用者に比べて学力が向上した。それには、試験総点、特にレポート点には個別指導の影響が、期末試験のマーク点には基礎講座とコースパワー資料が大きく影響したことが分かった。

また、3 つの学力層に分けて分析したところ、中・下位層と上位層で利用方法が異なり、学生の能力やニーズに合った利用のされ方をした。そのような利用のされ方に違いがあっても、どの学力層においても試験総点の偏差値変化には利用者と非利用者との間で差があり、全ての学力層に教育効果があった。

### 謝辞

センター長の熊ノ郷直人先生には、学習支援センターの利用状況を分析する環境を整備していただくとともに内容に関する議論をしていただきました。数学科の奥田喬之先生には統計的手法についてご教示ならび

に議論をしていただきました。心より御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 永井朋子, 紀基樹, 細谷哲雄, 松本拓也, 高橋浩久, 武藤恭之, 工学院大学研究論叢, **58-2** (2021) 1.
- 2) 永井朋子, 紀基樹, 細谷哲雄, 高橋浩久, 松本拓也, 武藤恭之, 大学の物理教育, **27** (2021) 110.
- 3) 永井朋子, 紀基樹, 細谷哲雄, 高橋浩久, 露木孝尚, 武藤恭之, 大学の物理教育, **28** (2022) 94.
- 4) 元田浩, 津本周作, 山口高平, 沼尾正行, 『データマイニングの基礎』オーム社 (2006).
- 5) L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen, and C. J. Stone, *Classification and Regression Trees*, Wadsworth International Group (1984).
- 6) 福田剛志, 森本康彦, 徳山豪著, 『データマイニング』共立出版 (2001).

(たかはし ひろひさ 学習支援センター 講師)

(ながい ともこ 国際医療福祉大学 小田原保健医療学部 講師)

(きの もとき 学習支援センター 講師)

(ほそや てつお 学習支援センター 講師)

(つゆき たかなお 学習支援センター 講師)

(むとう たかゆき 教育推進機構 准教授)

(こむぎ しんや 教育推進機構 准教授)

