



第72回 大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム  
「教育機関DXシンポ」

2023年12月19日

## ラーニングアナリティクスによる 反転授業の効果検証と授業改善への取り組み

芝浦工業大学 工学部 機械工学科 角田和巳



SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
Established 1927

# ■ “学生の学びの心に火をともし”ラーニングアナリティクスによる教育改革

## 01 学修システムのDX

Moodle, BookRoll, LAViewをシームレスに統合。

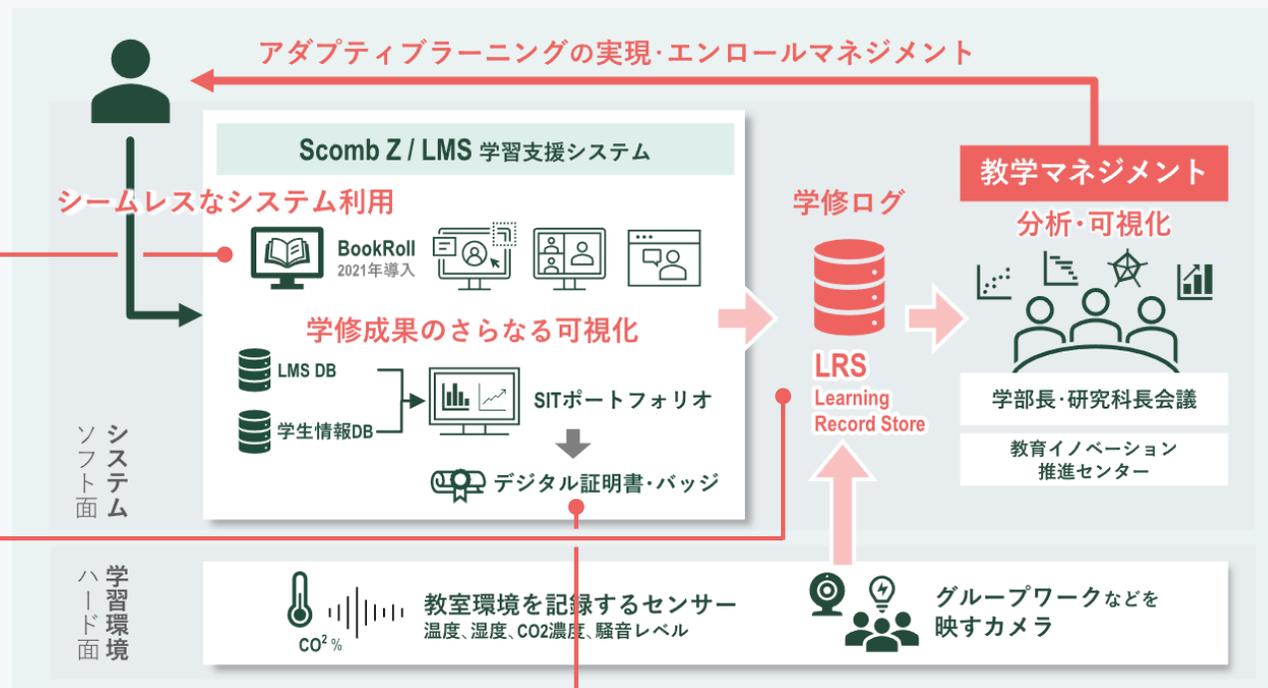
BookRoll, LAViewの導入による学習分析

## 02 学修情報のDX

学修ログに加えて教室環境などの情報もLRSに蓄積しアダプティブラーニングを実現。

## 03 学修成果のDX

SITポートフォリオによる学修成果の可視化を利用してデジタル証明書, デジタルバッジを実現。



[https://www.shibaura-it.ac.jp/about/education/good\\_practice/DX-20210702.html](https://www.shibaura-it.ac.jp/about/education/good_practice/DX-20210702.html) より引用。注釈を追記



SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
Established 1927

# ■ 本学で導入した学習分析ツール

## デジタル教材配信システム

【5.2】 Consider the steam turbine with a mass flow rate of  $\dot{m} = 0.1 \text{ kg/s}$ . Steam is expanded from  $h_1 = 3000 \text{ kJ/kg}$  and  $v_1 = 20 \text{ m/s}$  to  $h_2 = 2650 \text{ kJ/kg}$  and  $v_2 = 100 \text{ m/s}$ . Calculate the output power extracted by the turbine if the heat loss from the steam is  $\dot{Q} = 0.52 \text{ kJ/s}$ . Neglect the potential energies of the inlet and outlet flowstreams.

問題文訳： 質量流量  $\dot{m} = 0.1$  の状態から比エンタルピー  $h_1$  の蒸気がタービンに入り、蒸気が比エンタルピー  $h_2$  の状態から比エンタルピー  $h_2$  の状態まで膨張する。蒸気からの熱損失を  $\dot{Q} = 0.52 \text{ kJ/s}$  として、タービンによって取り出される出力を計算せよ。ただし、タービンの入口と出口における流れのポテンシャルエネルギーは無視できるものとする。

解答： タービンによって取り出される出力を  $W$  [W] として、タービンの入口・出口間にエネルギー保存の式を適用すれば、

$$\dot{m} \left( h_1 + \frac{v_1^2}{2} \right) - \dot{Q} = \dot{m} \left( h_2 + \frac{v_2^2}{2} \right) + W \quad (1)$$

が成立する。エネルギー保存が(1)式のように書ける理由は以下の通りである。

- 左辺の  $\dot{m}(h_1 + \frac{v_1^2}{2})$  は入口から流入した蒸気が持っている全エネルギーを表している。
- 右辺の  $\dot{m}(h_2 + \frac{v_2^2}{2})$  は出口から流出した蒸気が持っている全エネルギーを表している。
- 右辺の  $W$  はタービンによって取り出される出力を表している。

BookRoll

## 学習分析ツール

LAView

学習活動ログ

学号	時間 (分)	達成率	操作回数	読マーカー	算マーカー	メモの数	ブックマーク
1000000001	14	100	39	0	0	0	0
1000000002	18	100	0	0	0	0	0
1000000003	0	0	0	0	0	0	0

【5.2】 Consider the steam turbine with a mass flow rate of  $\dot{m} = 0.1 \text{ kg/s}$ . Steam is expanded from  $h_1 = 3000 \text{ kJ/kg}$  and  $v_1 = 20 \text{ m/s}$  to  $h_2 = 2650 \text{ kJ/kg}$  and  $v_2 = 100 \text{ m/s}$ . Calculate the output power extracted by the turbine if the heat loss from the steam is  $\dot{Q} = 0.52 \text{ kJ/s}$ . Neglect the potential energies of the inlet and outlet flowstreams.

メモリスト

ページ	学号	メモの内容
1	1000000001	Qの符号が間違っていた
1	1000000002	Qの符号が間違っていた
1	1000000003	Qの符号が間違っていた

教材の閲覧ログや学習活動を記録

学習活動を分析

## Learning Record Store (LRS)

# 事例紹介 1

- 予習課題の解説・学習活動状況の確認 -



SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Established 1927

## ■ 反転授業の構成





# ■ マーカー表示に基づく解答過程の分析

分析ツール

データ入出力 クラス設定 表示グラフ設定 日本語 ログアウト

【 5. 2 】 Consider the steam turbine with a mass flow rate of  $\dot{m} = 0.1 \text{ kg/s}$ . Steam is expanded from  $h_1 = 3000 \text{ kJ/kg}$  and  $u_1 = 20 \text{ m/s}$  to  $h_2 = 2650 \text{ kJ/kg}$  and  $u_2 = 100 \text{ m/s}$ . Calculate the output power extracted by the turbine if the heat loss from the steam is  $\dot{Q} = 0.52 \text{ kJ/s}$ . Neglect the potential energies of the inlet and outlet flowstreams.

問題文訳： 質量流量  $\dot{m} = 0.1 \text{ kg/s}$  の蒸気タービンがあり、蒸気が比エンタルピー  $h_1 = 3000 \text{ kJ/kg}$ 、速度  $u_1 = 20 \text{ m/s}$  の状態から比エンタルピー  $h_2 = 2650 \text{ kJ/kg}$ 、速度  $u_2 = 100 \text{ m/s}$  の状態まで膨張する場合を考える。蒸気からの熱損失を  $\dot{Q} = 0.52 \text{ kJ/s}$  として、タービンによって取り出される出力を計算せよ。ただし、タービンの入口と出口における流れのポテンシャルエネルギーは無視できるものとする。

解答 タービンによって取り出される出力を  $W$  [W] とおいて、タービンの入口・出口間にエネルギー保存の式を適用すれば、

$$\dot{m} \left( h_1 + \frac{1}{2} u_1^2 \right) - \dot{Q} - W = \dot{m} \left( h_2 + \frac{1}{2} u_2^2 \right) \quad (1)$$

が成立する。エネルギー保存が(1)式のように書ける理由は以下の通りである。

- 左辺の  $\dot{m}(h_1 + u_1^2/2)$  は入口から流入した蒸気を持っている全エネルギー、右辺の  $\dot{m}(h_2 + u_2^2/2)$  は出口から流出した蒸気を持っている全エネルギーを表している。
- 比エンタルピー（単位質量当たりのエンタルピー）は  $\text{J/kg}$ 、熱損失と出力は  $W = \text{J/s}$  で与えられているから、エネルギー保存式を記述する際には両者の単位を揃える必要がある。ここでは蒸気の質量流量  $\dot{m}$  ( $\text{kg/s}$ ) がわかっているのだから、比エンタルピー  $h$  に  $\dot{m}$  をかければ単位時間当たりのエネルギー ( $\text{J/s}$ ) に単位を揃えることができる。
- 蒸気の立場から見ると、 $\dot{Q}$  は蒸気が失うエネルギー、出力  $W$  も蒸気が出すエネルギーであるから、流入した蒸気が保有していた全エネルギー  $\dot{m}(h_1 + u_1^2/2)$  から  $\dot{Q}$  と  $W$  が引かれている。

(1) 式を変形し、与えられた数値を代入することで

$$W = \dot{m} \left( h_1 - h_2 + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2} \right) - \dot{Q}$$

$$= 0.1 \text{ kg/s} \times (3000 - 2650) \times 10^3 \text{ J/kg} + \frac{20^2 - 100^2}{2} (\text{m/s})^2 \times 0.1 \text{ kg/s} - 0.52 \times 10^3 \text{ J/s}$$

$$= 35000 \text{ J/s} - 480 \text{ J/s} - 520 \text{ J/s}$$

$$= 34000 \text{ J/s} = 34 \text{ kW} \quad \dots \text{答}$$

と求まる。

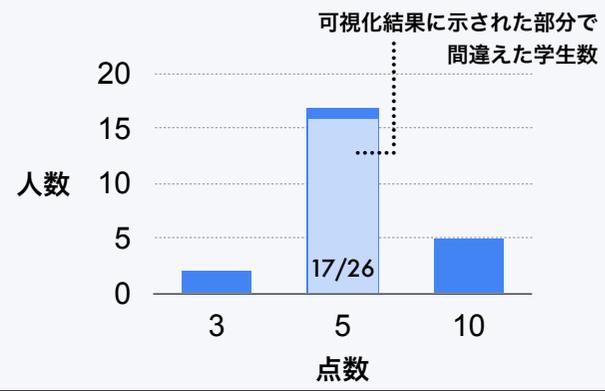
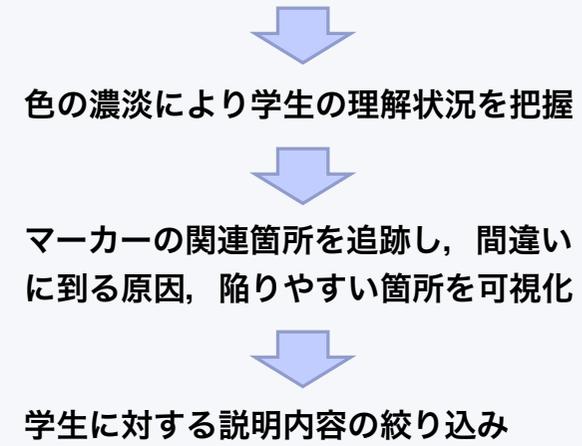
単語の解釈が不十分

符号の間違い

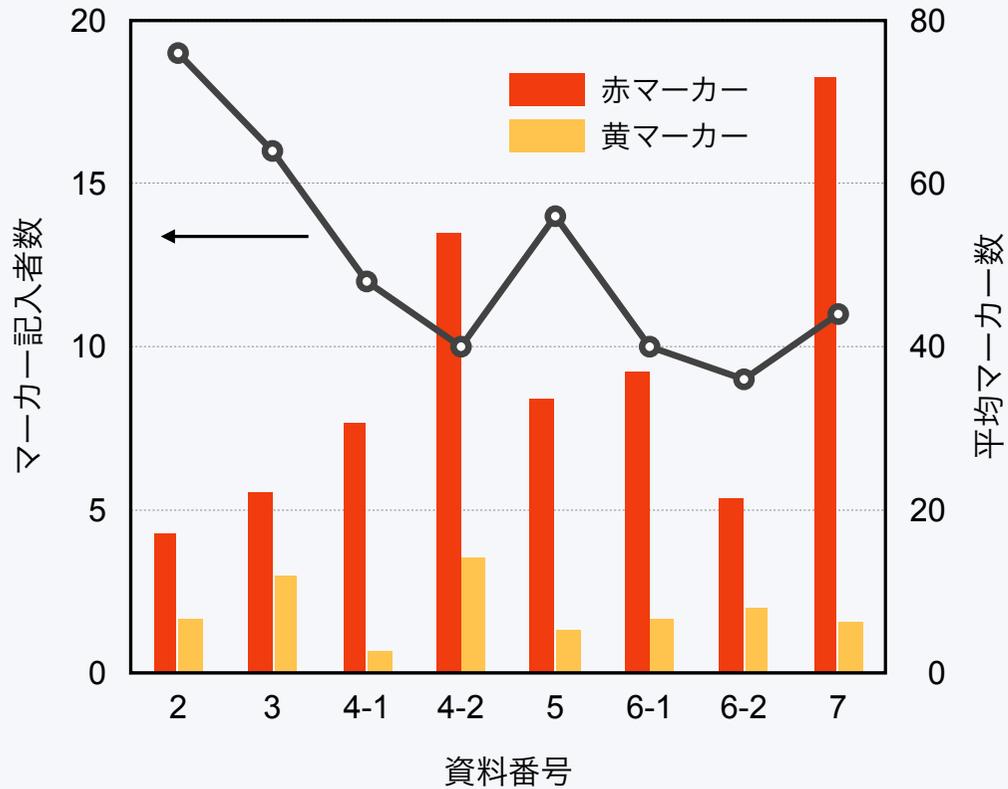
関係式の理解が不十分

符号の間違い

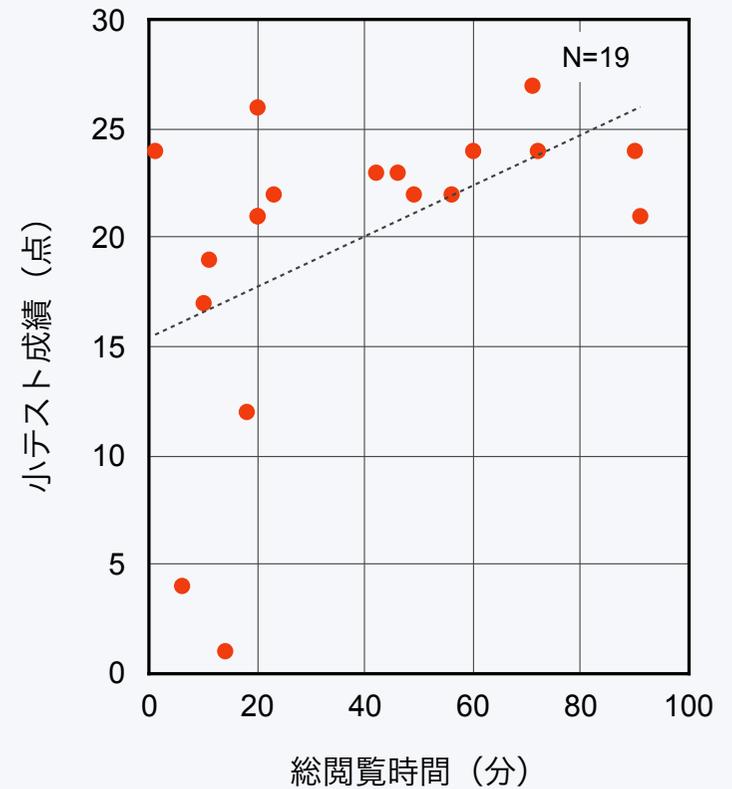
## BookRoll上での学修活動を可視化



## ■ 学習活動の分析



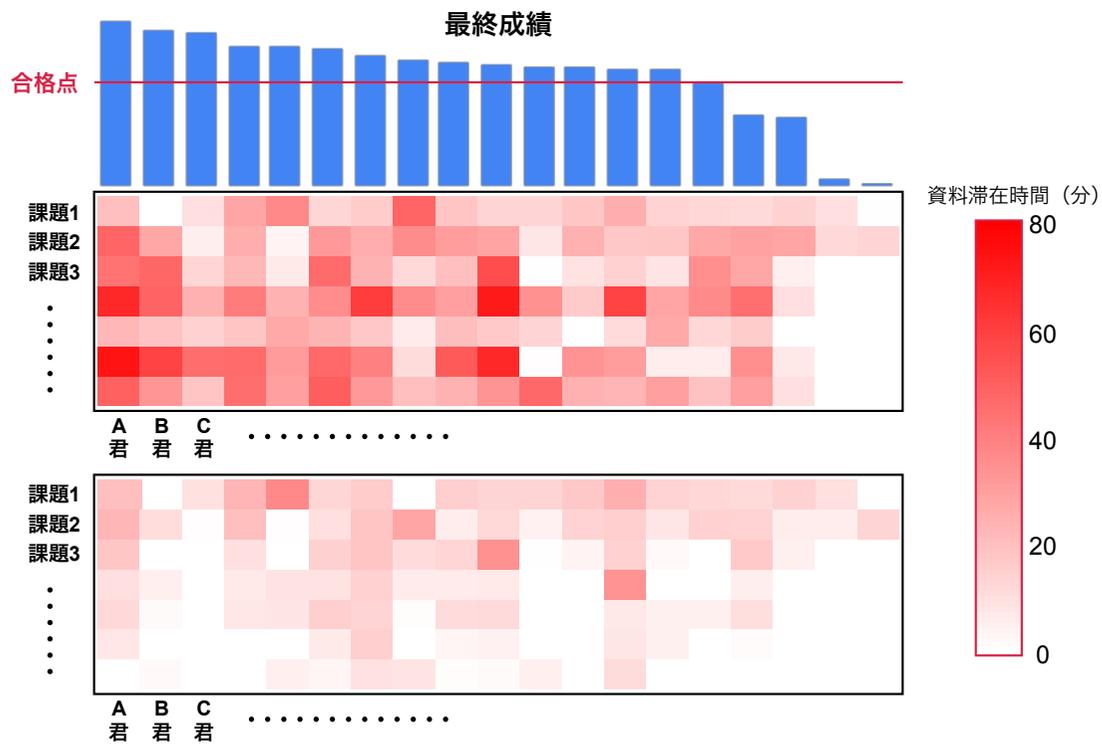
【各資料に記録された学習活動の比較】



【学習活動の効果】

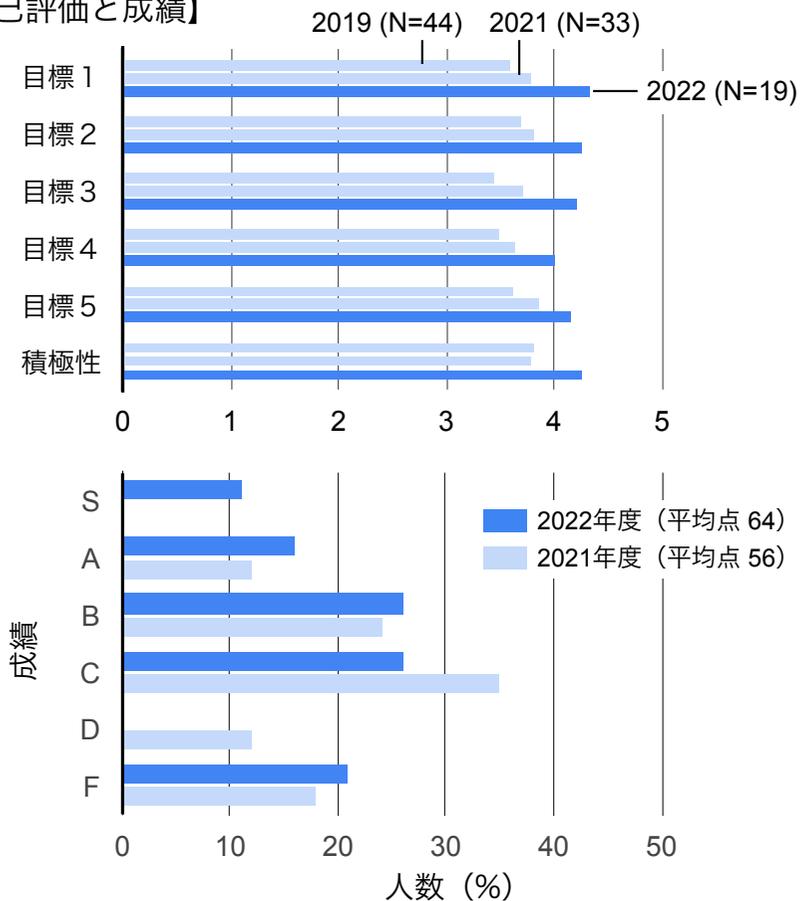


# 資料滞在時間の可視化と学修成果



(上) 最終滞在時間 (下) 予習時滞在時間

## 【自己評価と成績】



## 事例紹介 2

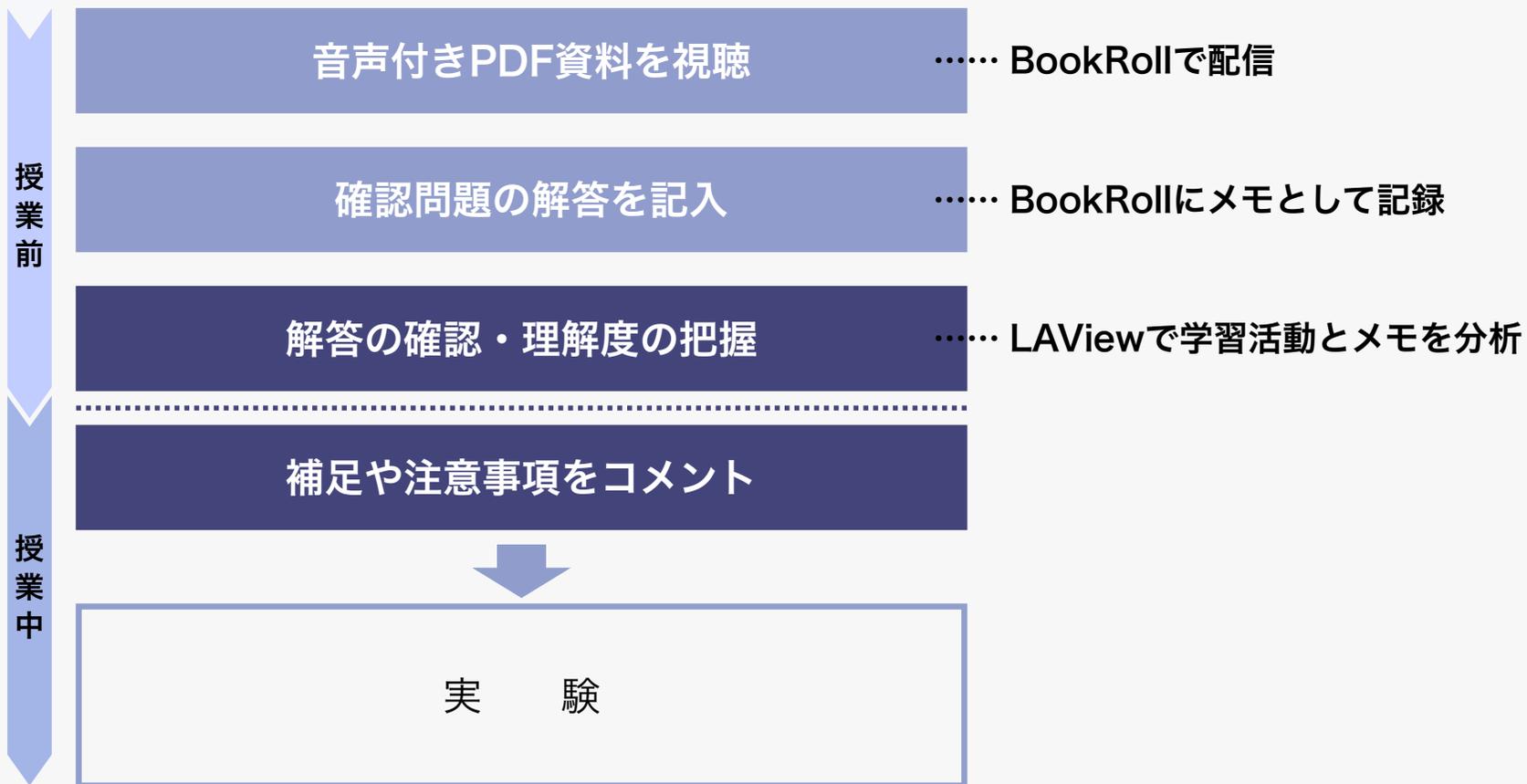
- 実験科目での予習（音声付きPDFの利用） -



SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Established 1927

## ■ 授業の流れ



# 予習資料の構成

0:58

0:54

2:04

0:48

0:55

1:00

音声再生時間 : 6:39

■ p.1 実験目的

- 運動している流体中
- 本実験では、一様な
- 測定結果を理論値と

■ p.2 ビトー管

- ビトー管
- $v =$
- 流れに対
- 今回のは

■ p.3 実験装置

1000

Contraction

図4 風洞

■ p.4 測定方法

1. 平板表面
2. 測定位置
3. 全圧孔と
4. ビトー管

表1 測定

y (mm)
0.2
0.4
0.6
0.8
...

■ p.5 測定結果

境界層方程式

■ p.6 境界層

支配方程式 (連続)

Mass :

Momentum :

境界層方程式

■ p.7 予習内容の確認

予習教材と指導書を参考にして、1~3の回答をメモに記入してください。

1. ビトー管による流速測定の方法と、今回の実験でビトー管による測定値から流速を計算する方法について説明してください。( )
2. 主流速度を $U=5\text{m/s}$ 、流速の測定位置を $x=100\text{mm}\sim 400\text{mm}$ の範囲に設定して実験を行う場合、本実験で実現されるレイノルズ数の範囲(代表速度 $U$ 、代表長さ $x$ )を計算してください。( )
3. 実験では流速分布を測定して、その結果から速度境界層の99%厚さ $\delta$ を求めます。このときの $\delta$ の求め方を説明してください。( )

( )の中にメモを貼り付けてください。

メモリスト

データ出力 説明

ビトー管を用いることにより全圧 $p_0$ と静圧 $p$ の差圧を測り、流速の式  $V=K\sqrt{2(p_0-p)/\rho}$  に代入することで求めることとし、流体の粘性を考慮して修正係数 $K$ による測定結果

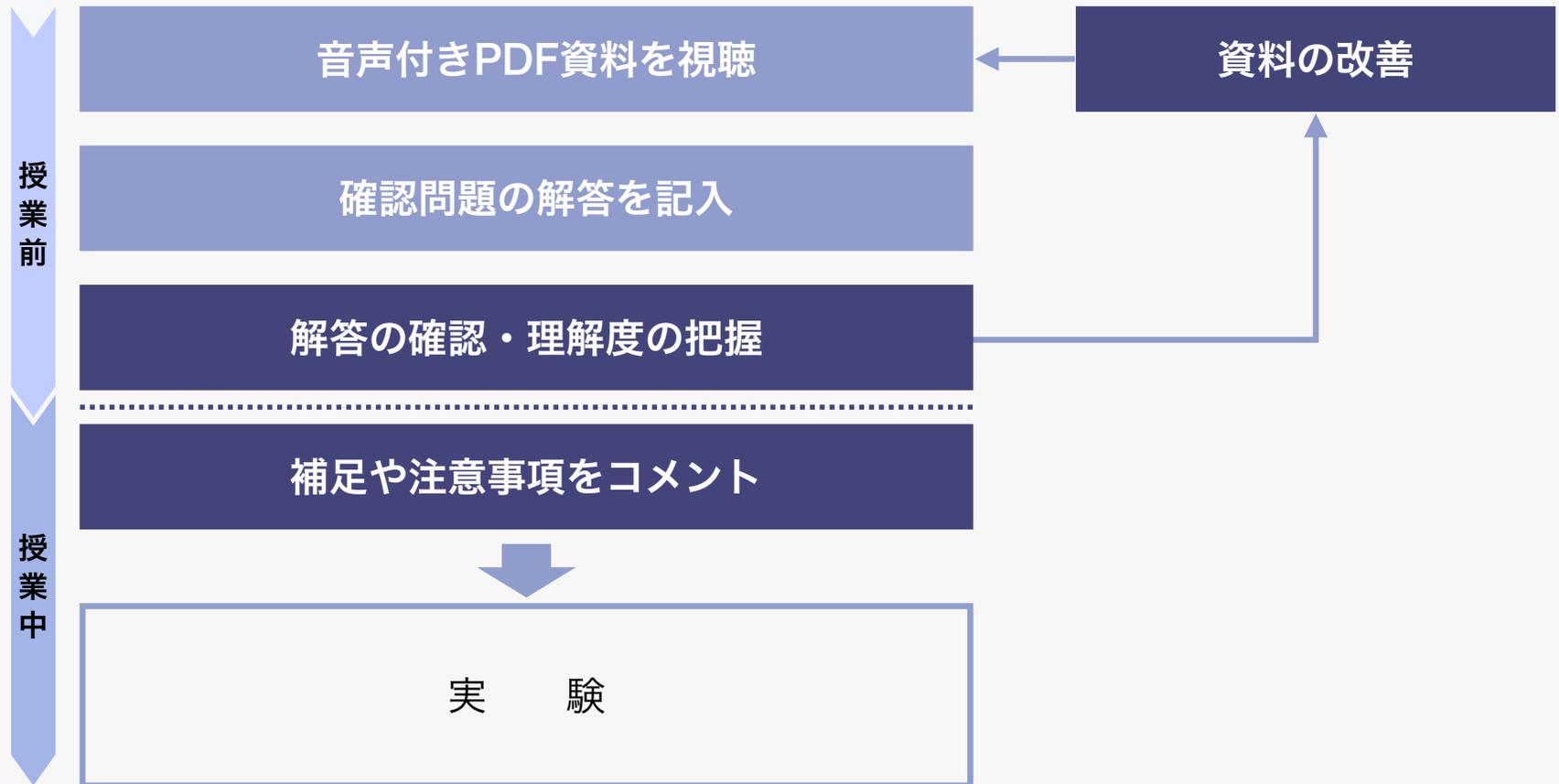
境界層厚さ $\delta$ は境界層内流速が一樣流速の99%になる位置から $\delta$ を求める。その後、Blasiusの解と比較して実験結果

実験時の気温を $20^\circ\text{C}$ と仮定すると、粘性係数は指導書(3)度を  $\rho=1.20\text{kg/m}^3$  とすると、レイノルズ数は  $Re=Ux/\nu$   $x=100\text{mm}\sim 400\text{mm}$  の範囲で変化するとき、測定される

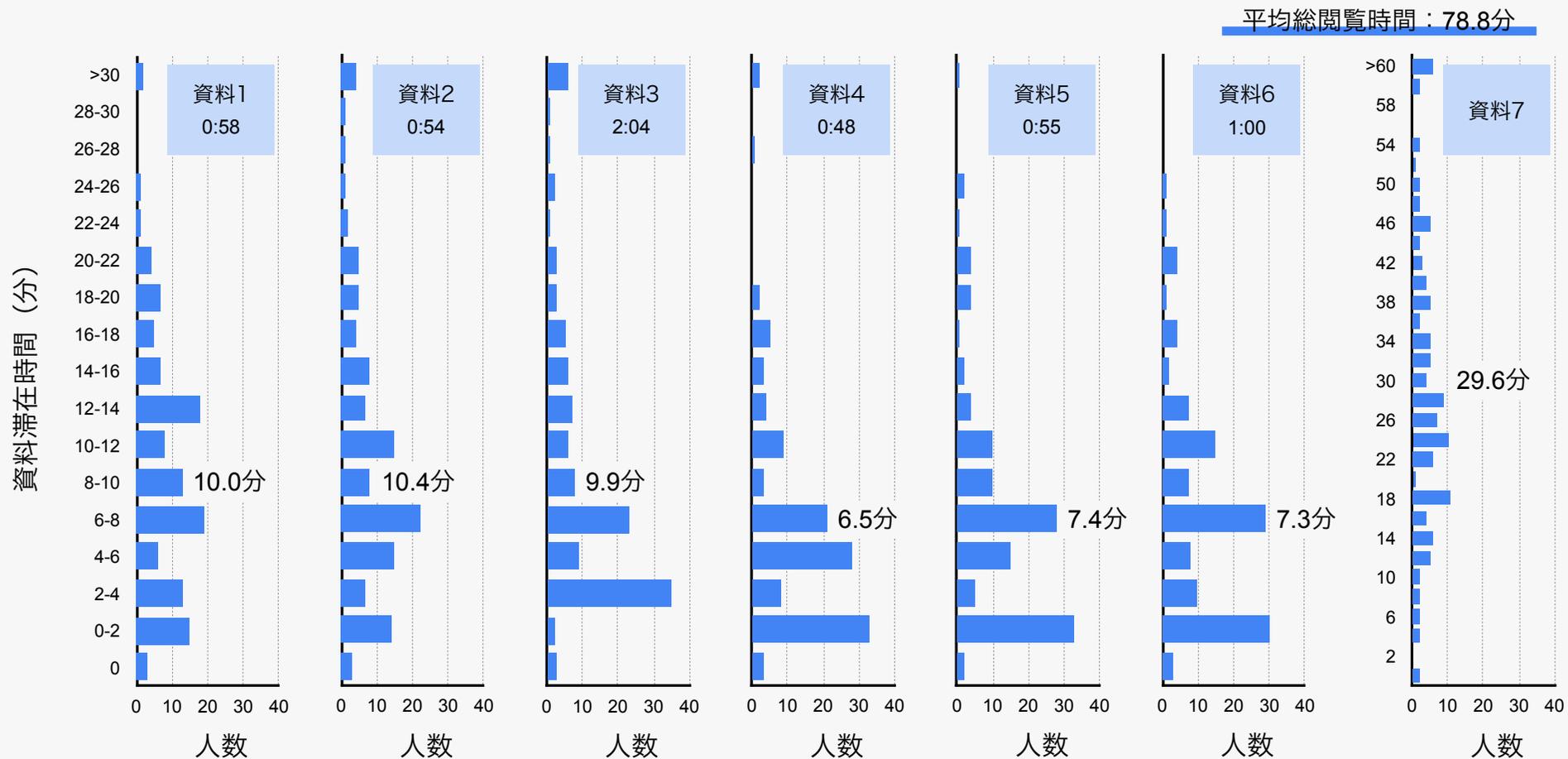
LAVIEWでメモを出力



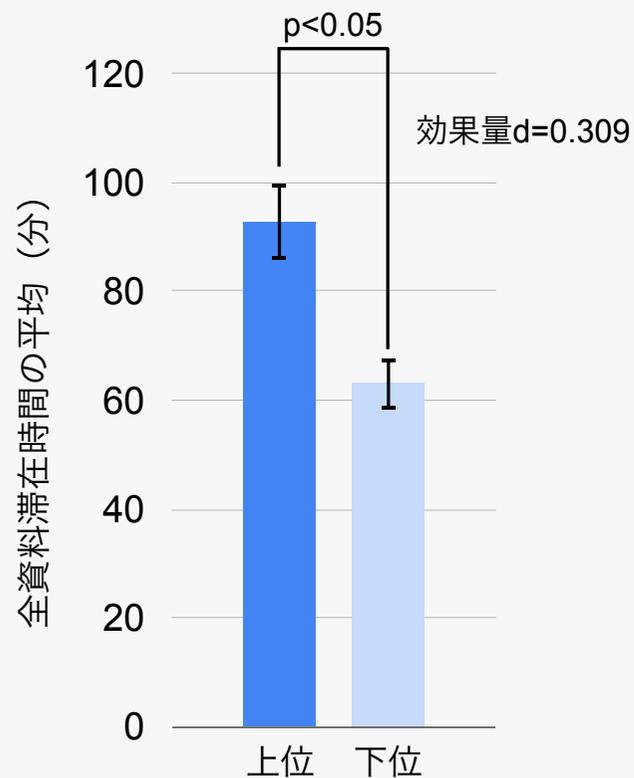
## ■ 分析結果のフィードバック



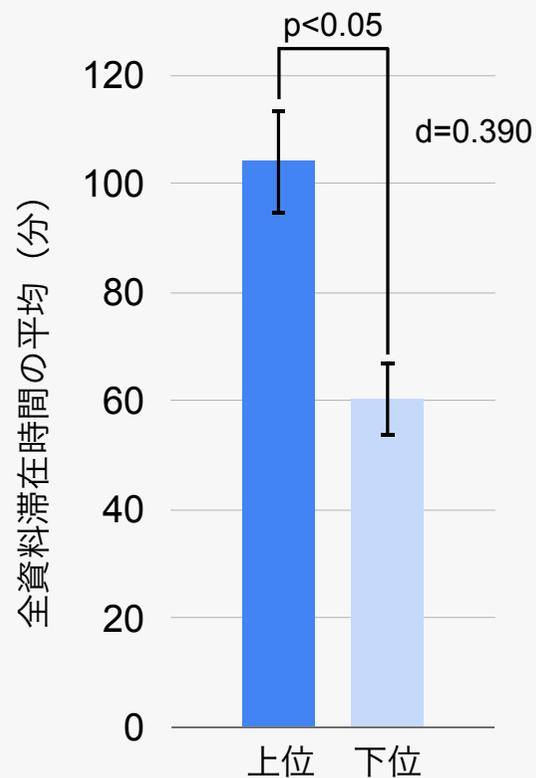
## ■ 資料ごとに見た資料滞在時間の分布



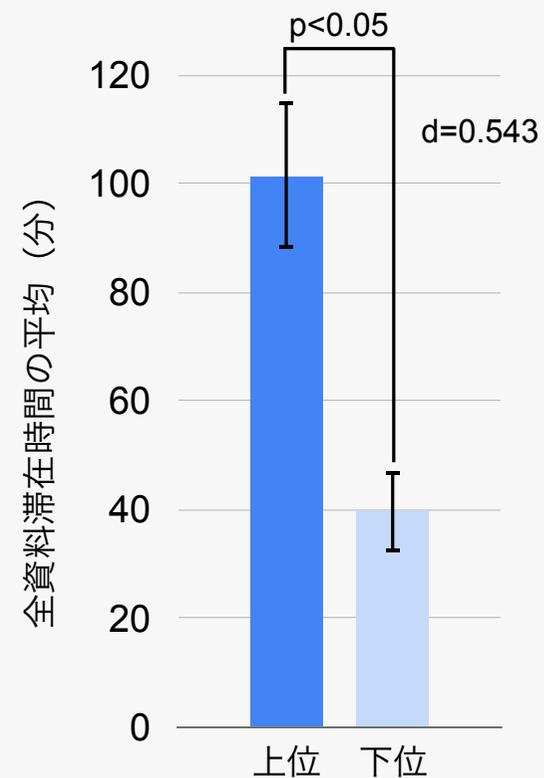
## ■ 資料滞在時間の平均値に関する比較



上位62名・下位62名



上位40名・下位40名



上位20名・下位20名



## ■ ラーニングアナリティクスの導入効果

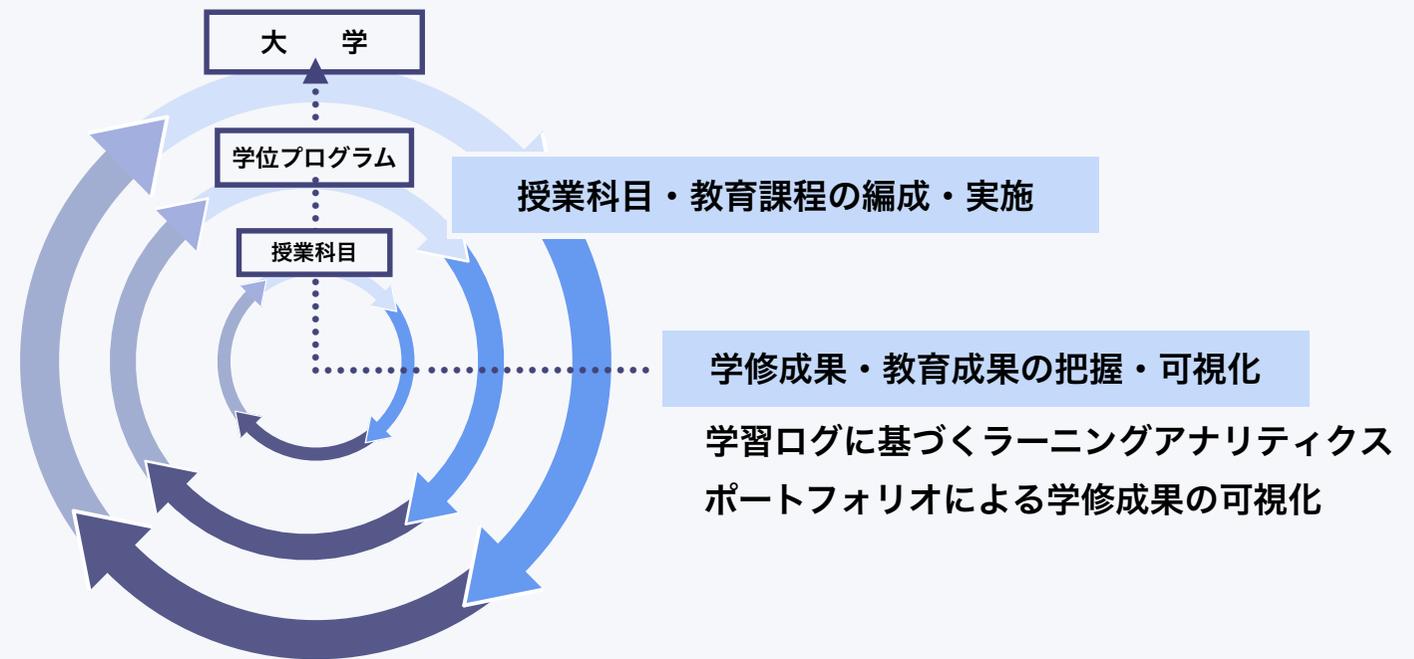
- ▶ 学習分析システムの導入により、授業中や予習段階における学習活動を分析・可視化することが可能となった。
- ▶ BookRollに記録されたマーカーを分析することにより、学習者が不正解に至る過程を可視化できることが示された。
- ▶ 資料滞在時間の分析から、成績上位者と下位者の間では資料滞在時間の平均値について有意差が認められることが示唆された。
- ▶ マーカー数やメモの内容から教材の適切性を判断することができ、指導内容の改善に寄与する情報を取得することができた。



## ■ 学習データとデジタル技術による教学マネジメントの強化

シームレスな学修システムを活用して  
学修成果の可視化と学習ログの蓄積  
を進める

ラーニングアナリティクスに基づいて  
授業レベルと学位プログラムレベルの  
整合をとりながら教育改革を展開する



SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Established 1927