

データサイエンス教育の学修目標の達成を 評価するテストの開発と共有

(科研費24K15234「Data Science Course Hub: ボトムアップアプローチ
によるデータサイエンス教育の改善」成果発表)

小橋川雄斗^{*1*2}, 上田 浩^{*2}

*1 法政大学 大学院理工学研究科 *2 法政大学 情報メディア教育研究センター

発表の流れ

1

はじめに

2

方法

1. インストラクショナルデザイン
2. 認定制度に係る資料の調査
3. 学修目標の調査
4. テストの作成

3

結果

1. 学修目標の明確化
2. テストの作成
3. テストの共有

4

結論

AI戦略2019

「数理・データサイエンス・AI」

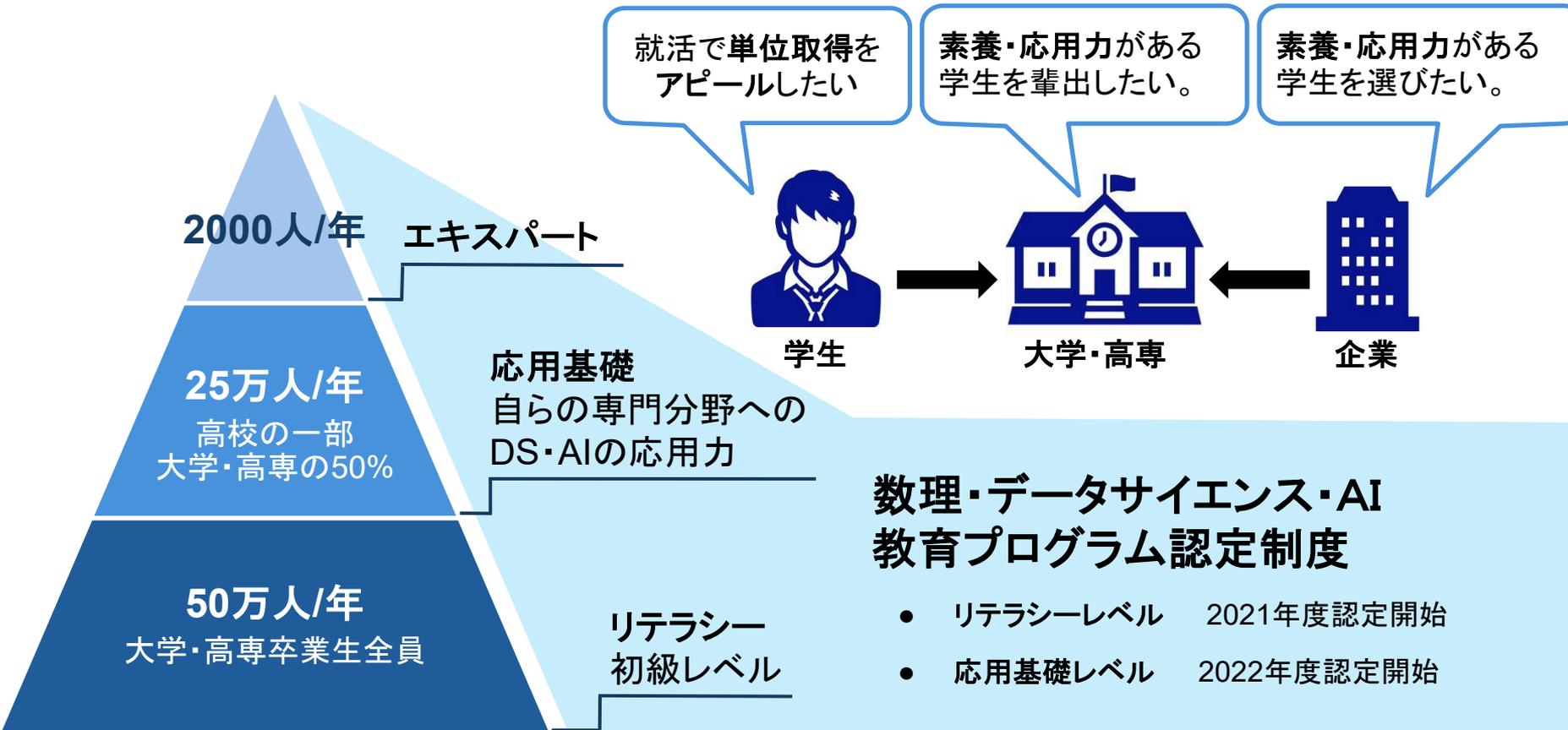


デジタル社会の「読み・書き・そろばん」

数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度

大学 (短期大学を含む)・高等専門学校の正規の課程から一定の要件を満たした優れた教育プログラムを文部科学大臣が認定/選定

▶大学等の数理・データサイエンス・AI教育への取り込みを推進



モデルカリキュラム

モデルカリキュラム

対応するレベルの教育の基本的考え方、学修目標・スキルセット、教育方法等を取りまとめている。

【学修目標】

- データ駆動型社会における脅威(リスク)について理解する。
- 個人のデータを守るために留意すべき事項を理解する。 (一部抜粋)

【スキルセット】

3.データ・AI利活用における留意事項	キーワード(知識・スキル)
3-2. データを守る上での留意事項	情報セキュリティ：機密性、完全性、可用性 匿名加工情報、暗号化、パスワード、悪意ある情報搾取 情報漏洩等によるセキュリティ事故の事例紹介

▶ このモデルカリキュラムに準拠した優れた教育プログラムが
数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度で認定される。

モデルカリキュラム対応教材

モデルカリキュラム対応教材

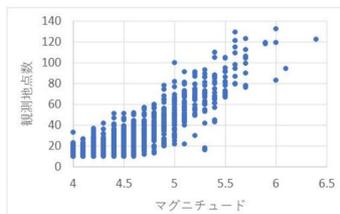
数理・データサイエンス・AI教育強化拠点コンソーシアムで公開

- スライド教材
- 講義動画

散布図と相関係数

● 散布図

- 右図のように、データの2種類の項目について2次元にプロットしたものを散布図といいます。



● 相関係数

- 2種類のデータ X_1, \dots, X_n と Y_1, \dots, Y_n に対して、 X_1, \dots, X_n の標準偏差を σ_X とし、 Y_1, \dots, Y_n の標準偏差を σ_Y とすると、相関係数 r は以下で定義されます。

$$r = \frac{(X_1 - \bar{X})(Y_1 - \bar{Y}) + \dots + (X_n - \bar{X})(Y_n - \bar{Y})}{n\sigma_X\sigma_Y}$$

- X_i, Y_i が平均から見て同じ方向に動くときに r の値は高くなるので、相関を計算することで連動性を測ることができます。
- 分母に σ_X, σ_Y があることで、 $-1 \leq r \leq 1$ となることが保証されます。

東京大学 数理・情報教育研究センター 荻原哲平 2020 CC BY-NC-SA

18

4-10 記述統計量によるデータの要約: 相関係数

記述統計量によるデータの要約

- 複数のデータが与えられた場合、それらのデータの間の関係性を知りたい場合が頻繁に生じる
- そのような目的のための最も基本的な記述統計量に**相関係数 (correlation coefficient)** がある
 - 2種類のデータ間の比例関係の大きさを計測
- 2種類のデータ x_1, x_2, \dots, x_N および y_1, y_2, \dots, y_N に対して、それらの相関係数は

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

で定義される (\bar{x} および \bar{y} はそれぞれ x_1, x_2, \dots, x_N および y_1, y_2, \dots, y_N の平均)



▲スライド教材

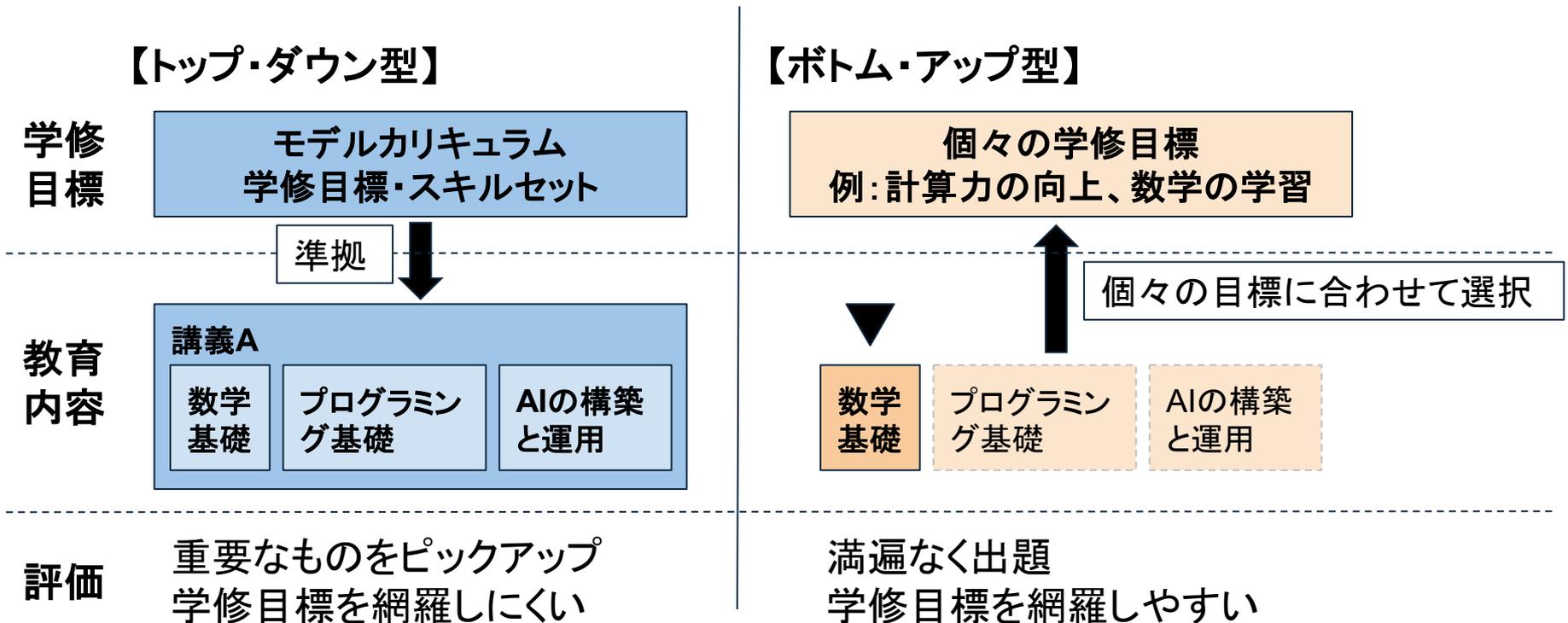
東京大学 数理・情報教育研究センター 荻原哲平
2020 CC BY-NC-SA

▲講義動画

UTokyo Online Education 統計データ解析 II 小池祐太
2018 CC BY-NC-ND

本研究の目的

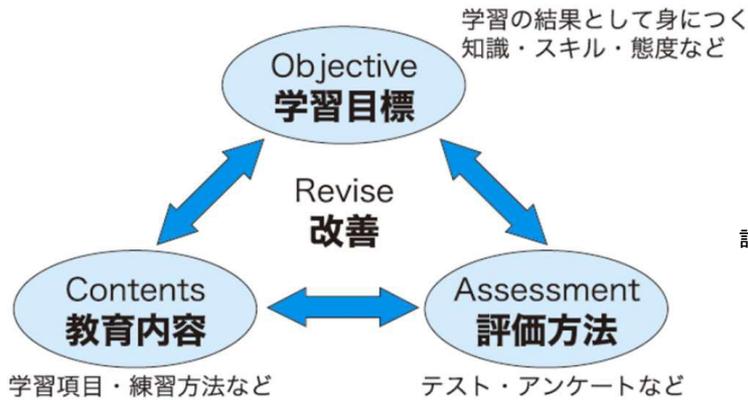
- 学修目標の達成を評価する機会を設ける。
 - 学習教材は潤沢に存在する一方で、評価の機会が不足している。
- 興味に応じてテストを受験することができるボトム・アップ型の教育コンテンツの開発



研究方法

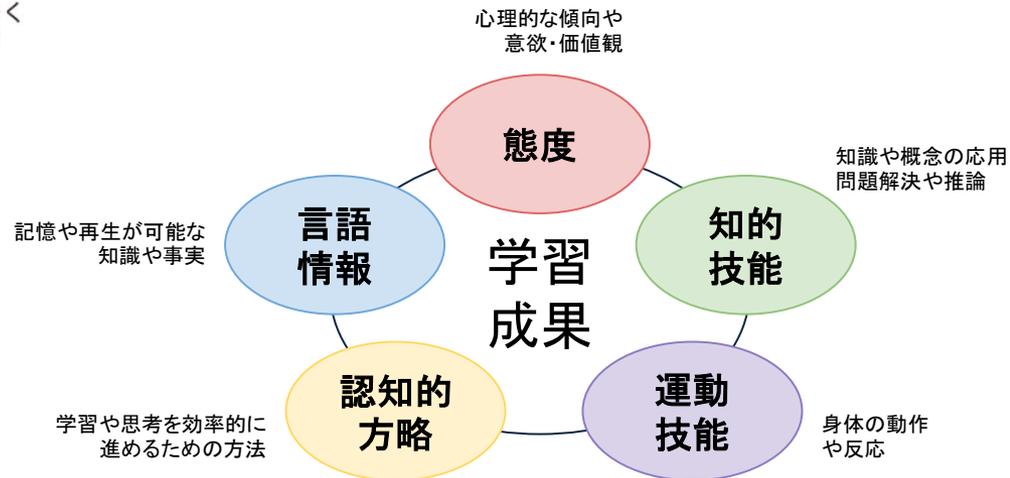
- 学修目標・評価の明確化

【インストラクショナルデザイン】



鈴木克明, 2006

【ガニエの学習成果の5分類】



- 実問題・実課題に対応できるような実践的な問題へ

- 知識を問う問題から知的技能を問う問題へ



豚汁のレシピは
...
調理方法は
...

言語情報



塩分を控え目にし
たいから...
食物繊維を増やし
たいから...

知的技能



発表の流れ

1 はじめに

2 方法

1. インストラクショナルデザイン
2. 認定制度に係る資料の調査
3. 学修目標の調査
4. テストの作成

3 結果

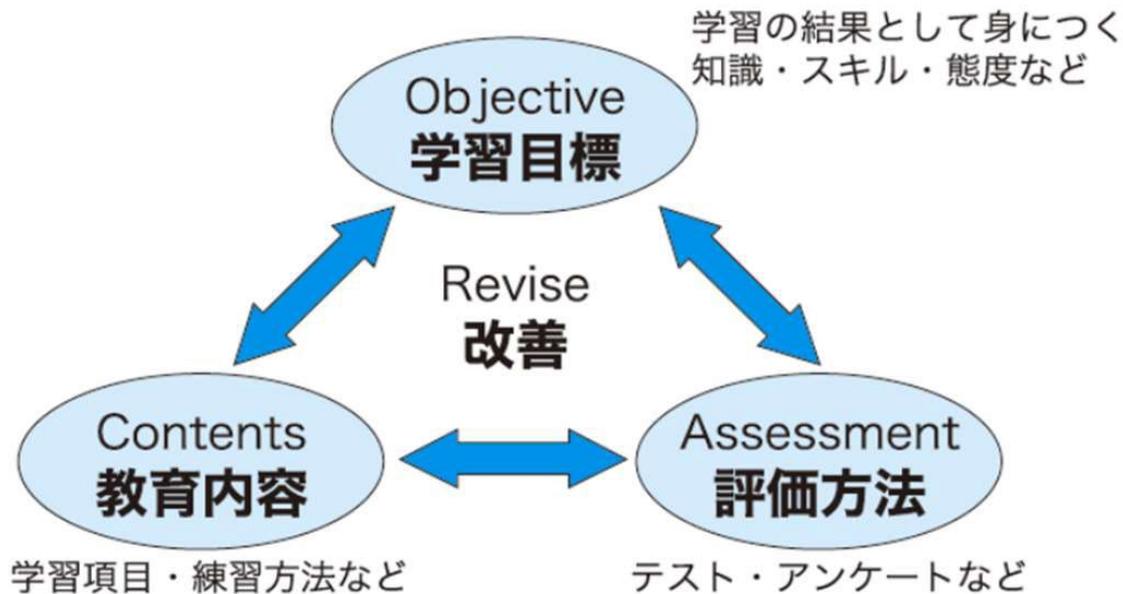
4 結論

インストラクショナルデザイン

インストラクショナルデザイン

- 教育活動の効果・効率・魅力を高めるための手法を集大成したモデルや研究分野
- 上記を応用して教材を作成したり、授業・研修を実施するプロセス

学習目標、評価方法、教育内容は互いに密接に関連しており、相互に改善することで教育の質を高める。



資料の調査

数理・データサイエンス・AI教育教科拠点コンソーシアムにて公開されている4つの資料を調査した。

資料名	公開日
データサイエンス教育に関するスキルセット及び学修目標 第1次報告	2019年11月
モデルカリキュラム (リテラシーレベル)	2020年4月
データサイエンス教育に関するスキルセット及び学修目標 第2次報告	2021年6月
モデルカリキュラム (応用基礎レベル)	2021年3月

▶第2次報告を基にテストを作成する方針を立てた。

モデルカリキュラムと第2次報告の比較

モデルカリキュラム (リテラシーレベル・応用基礎レベル)

- 各大学・高専の教育目的、分野の特性、個々の学生の学習歴や習熟度合い等に合わせてスキルセットを選択・抽出する。
- 柔軟性を持たせるため、学修目標が抽象的である。

第2次報告

- 習得すべきスキルのイメージが湧くように具体性が意識されている。
 - 第2次報告は第1次報告の内容を包含しつつ、応用基礎に加えてエキスパートへの橋渡しのため、より高次のスキルセットを網羅している。
- ▶ 第2次報告を基に、テストを作成する。

学修目標の調査

第2次報告に記載の学修目標について、以下の調査を行った。

例: バイアスのあるサンプルが誤った予測や分類、結果の解釈に繋がった例を挙げられる。 知識問題 MOODLEテスト作成済み

1. ガニエの5つの分類に従い、求められる言語情報(知識)・知的技能を明確化

- 必要な知識
 - 誤った予測や分類、結果の解釈に繋がった事例

1. 公開されている東京大学のスライド教材から学修目標の対応箇所を調査

- 対応する教材：リテラシーレベル教材3-1. p22~24

1. 学修目標で問われた内容に対する解答例を作成した。

- 解答例：AmazonのAI人事アルゴリズム。過去の雇用パターンを学修し、応募書類をランク付けしていたが、雇用が男性に偏っていたため、アルゴリズムがそれを学修し、女性に関連するキーワードではマイナスの評価、男性が用いがちな表現にはプラスの評価を与えていた。

Moodleでの問題作成

解答例を基にMoodle上で問題を334問作成し、学修目標の大分類ごとの小テストを作成した。

- いずれも、自動採点が可能なタイプのみ採用

▼計算問題

以下の2つの2次元ベクトル \vec{x} と \vec{y} の内積を計算せよ。

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 3.4 \\ 2.6 \end{pmatrix} \vec{y} = \begin{pmatrix} 8.8 \\ 7.4 \end{pmatrix}$$

$$(\vec{x}, \vec{y}) = ?$$

答え:

▼穴埋め問題

【知識問題】

コンピュータでは限られたビット数で多くの数を扱うために

正負を区別する 符号 ビットと

数値の有効桁数を表す 仮数 部、

数値の有効桁数を表す部に対して2の何乗するか決める 部に分けられる。

▼選択問題

【知識問題】

コンピュータは計算処理を有限の桁数で行う。そのため、計算処理には誤差が生じる。

下記の計算を行った場合に生じる問題として適切な選択肢を選べ。

絶対値の大きい数字と小さい数字同士において、加算または減算を行う。	<input type="text" value="選択 ..."/>
浮動小数点数の計算において、絶対値が近い数値同士の減算を行う。	<input type="text" value="選択 ..."/> オーバーフロー 桁落ち 情報落ち アンダーフロー
8ビット符号なし整数同士の計算結果が256以上になる。	<input type="text" value="選択 ..."/>
8ビット符号あり整数同士の計算結果が小数になる。	<input type="text" value="選択 ..."/>

- ChatGPTに文案を作成させた。

● 生成系AIによる模範解答及びダミー解答の作成

○ 正答例

- 個人のデータの匿名化を行っても、再識別が可能であるため、深刻な倫理的問題が引き起こされる可能性があります。匿名化されたデータでも、他のデータセットと照合することで個人が特定されるリスクがあります。これにより、プライバシーの侵害やデータの悪用が発生する可能性があり、データの取り扱いには慎重な配慮が必要です。

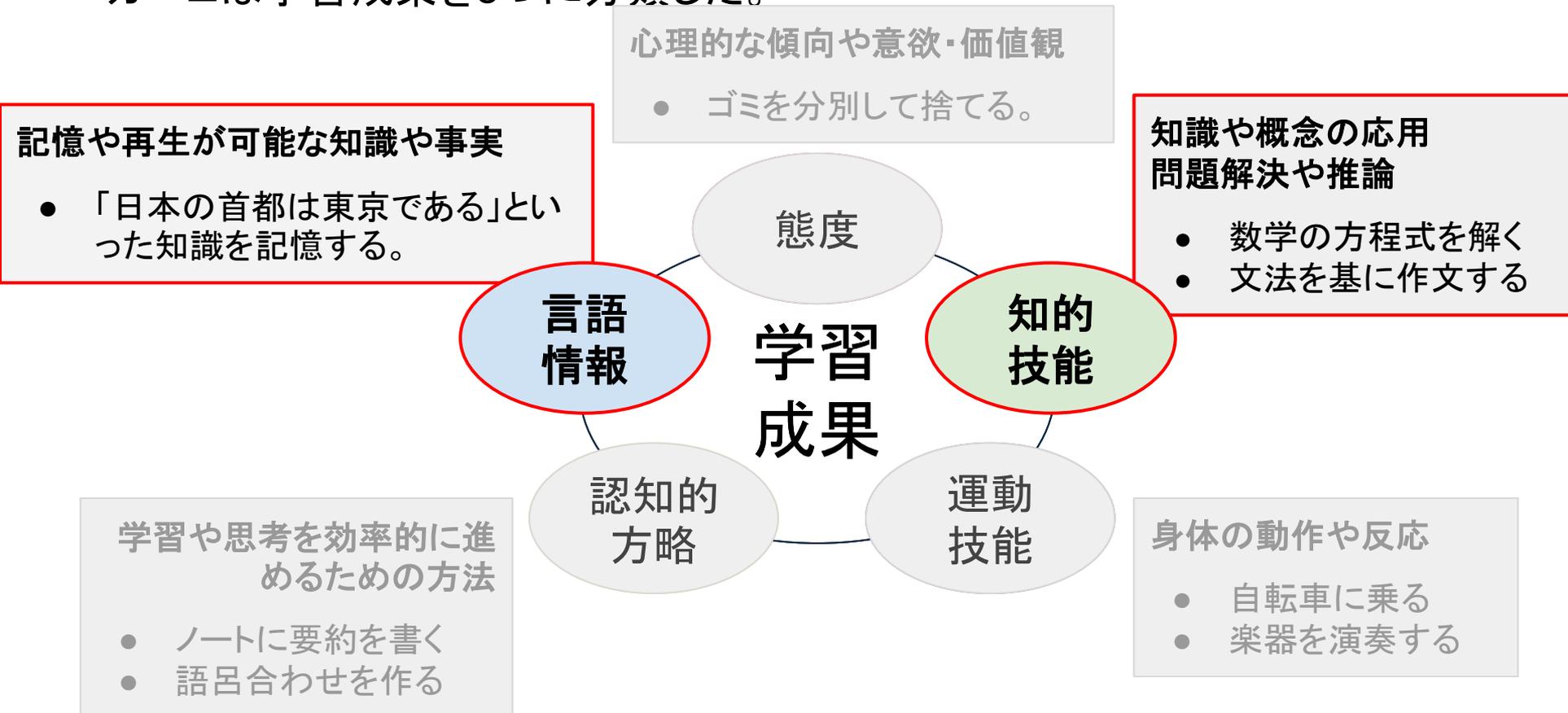
○ 誤答例

- 個人のデータを匿名化すれば、再識別のリスクは完全に排除され、プライバシー侵害の問題は起こりません。

ガニエ - 学習成果の5分類

学習者が習得すべき能力に応じて、適した評価方法は変わる。

ガニエは学習成果を5つに分類した。



知識を問う問題から知的技能を問う問題へ

学修目標を読み解き、知的技能を問う学修目標に変えた。

言語情報を問う学修目標(覚えているかどうかを問うだけ)

例:「統計の分析手法を説明できる。」



知的技能を問う学修目標(実際に知識を活用できるか確認する)

例:「収集したデータに対し、適切な統計の分析手法を活用できる。」

- 計算問題は知的技能を問う問題が作成しやすい。
 - 数値をランダムで変更すればよい。
- 誤答(事例)を作成するのにコストがかかる。
 - ▶ ChatGPTで解答の文案を大量に作成

発表の流れ

1 はじめに

2 方法

3 結果

1. 学修目標の明確化

2. テストの作成

3. テストの共有

4 結論

学修目標の明確化

- モデルカリキュラム(リテラシーレベル、応用基礎レベル)

柔軟性を持たせるため、学修目標が抽象的である。

- データ・AIを利活用する際に求められるモラルや倫理について理解する。

- 第1次報告、第2次報告

習得すべきスキルのイメージが湧くように具体性が意識されている。

- 情報社会で生活する上でのマナー、モラル、倫理の意義や、法を遵守することの重要性を理解している。
- 現代情報社会では技術革新のスピードが非常に早く、法規や制度の対応が間に合わないケースがあること、そのために個人のモラルや倫理に基づく正しい対応が期待されることを理解している。

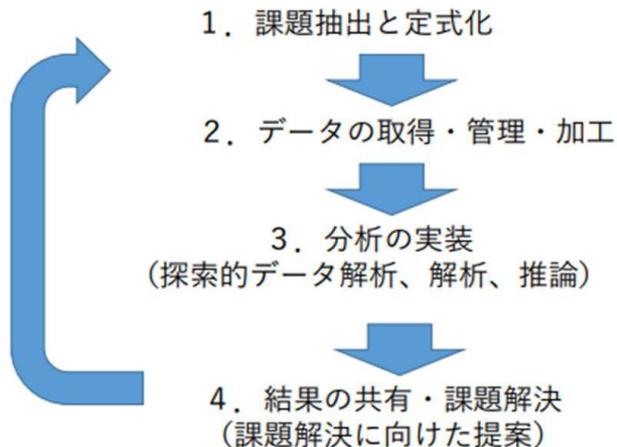
学修目標の明確化

- 第1次報告、第2次報告

何を理解すべきかが曖昧 - 言語情報(知識)と知的技能

「データサイエンスのプロセスの各ステップの重要性を理解している。」

1. 各ステップの目的: ~するために重要
2. 各ステップが欠けた場合に起こり得る問題: ~しないために重要
3. 各ステップの内容: ~することが重要



問題の作成

学修目標の大分類・中分類とMoodle上で作成した問題数(合計334問)

問題のカテゴリ	問題数	問題のカテゴリ	問題数
1. データサイエンスを学ぶ意義 1-1. データ駆動型社会 1-2. データに基づく課題解決、意思決定の支援 1-3. データサイエンスのサイクル 1-4. データサイエンスの様々な事例	計 22 問 5 問 2 問 7 問 8 問	5. 統計基礎 5-1. 確率と確率分布 5-2. データ収集法と確率構造 5-3. 推測統計 5-4. ベイズ理論 5-5. 計算統計	計 89 問 29 問 10 問 29 問 10 問 11 問
2. データの法規・倫理 2-1. 情報倫理、情報セキュリティ 2-2. データに関連する法律・規制 2-3. データサイエンスの倫理	計 25 問 5 問 8 問 12 問	6. 数学基礎 6-1. 線形代数 6-2. 微積分 6-3. 数列 6-4. 演習	計 60 問 42 問 4 問 13 問 1 問
3. データの記述・可視化	計 26 問	7. 計算基礎 7-1. 情報、コンピュータの仕組み 7-2. データ構造 7-3. アルゴリズムとプログラミング	計 44 問 20 問 11 問 13 問
4. データの取得・管理・加工 4-1. データ取得とオープンデータ 4-2. データ管理とデータ形式 4-3. データの前処理	計 37 問 5 問 22 問 11 問	8. モデリングと評価 8-1. モデリングによる課題解決 8-2. 教師あり学習 8-3. 教師なし学習 8-4. 時系列データ 8-5. 生存時間解析 8-6. 質的データ解析 8-7. テキストデータ解析 8-8. モデルの評価 8-9. 因果推論 8-10. 深層学習・ニューラルネットワーク	計 56 問 5 問 21 問 2 問 4 問 4 問 3 問 3 問 7 問 6 問 1 問

問題の作成

留意点

- 問題は全て自動採点
 - 採点の基準を統一する目的
- 難易度が同程度且つ同形式の問題を出題
 - 問題の流出などによる不平等を防ぐ目的

【計算問題】 計算問題の数値がランダムに設定される機能

<p>問題 5 未解答 最大評点 1.00 🚩 問題にフラグを付ける ⚙️ 問題を編集する</p>	<p>以下の2進数の減算について計算せよ。 また、解答は半角数字で記入せよ。 例：252(10) = 10101010(2)</p> <p>1010(2) - 11(2) = ?(2)</p> <p>答え: <input type="text"/></p>	<p>問題 5 未解答 最大評点 1.00 🚩 問題にフラグを付ける ⚙️ 問題を編集する</p>	<p>以下の2進数の減算について計算せよ。 また、解答は半角数字で記入せよ。 例：252(10) = 10101010(2)</p> <p>1111(2) - 101(2) = ?(2)</p> <p>答え: <input type="text"/></p>	<p>問題 5 未解答 最大評点 1.00 🚩 問題にフラグを付ける ⚙️ 問題を編集する</p>	<p>以下の2進数の減算について計算せよ。 また、解答は半角数字で記入せよ。 例：252(10) = 10101010(2)</p> <p>1110(2) - 100(2) = ?(2)</p> <p>答え: <input type="text"/></p>
---	--	---	---	---	---

【ランダム問題】同形式の問題がランダムで出題されるランダム問題の機能

<p>問題 8 未解答 最大評点 1.00 🚩 問題にフラグを付ける ⚙️ 問題を編集する</p>	<p>【知識問題】 限られた人のみが対象のデータにアクセス可能となる性質を何というか。</p> <p>解答: <input type="text"/></p>	<p>問題 8 未解答 最大評点 1.00 🚩 問題にフラグを付ける ⚙️ 問題を編集する</p>	<p>【知識問題】 システムが障害などで停止することなく、継続して稼働できる性質のことを何というか？</p> <p>解答: <input type="text"/></p>	<p>問題 8 未解答 最大評点 1.00 🚩 問題にフラグを付ける ⚙️ 問題を編集する</p>	<p>【知識問題】 データを最新かつ正しい状態で維持され、欠損や不整合がないことを保証する性質を何というか？</p> <p>解答: <input type="text"/></p>
---	---	---	--	---	--

テストの共有

- 作成したテストは研究センターが運用するLMSでの試用が可能
 - ゲストアクセスとゲストID の発行で対応



Moodle : <https://el.media.hosei.ac.jp/course/view.php?id=3>

【検討中】

- 本学データサイエンスセンター、他大学での利用
- 学認SP (Service Provider) としての公開
 - 他の学認参加大学からのアクセスを可能に

発表の流れ

- 1 はじめに
- 2 方法
- 3 結果
- 4 結論

結論

1. 背景と目的

- 学修目標を評価する機会の不足
- ボトム・アップ型の自学自習支援コンテンツの開発

2. 方法

- 学修目標の明確化
- Moodleでの問題作成
- 生成系AIで解答の文案作成

3. 成果

- 334問作成
- 学修項目ごとに分類した小テストの作成

4. 今後の課題

- 内容の充実
- 本学教育プログラムでの運用