

数理・データサイエンス・AI に基づく 同学習環境の 2024 年度の改善と深化 — リテラシーレベルと専門を繋ぐ基礎基盤の整備 —

Improvement and deepening of the mathematical, data
science, and AI learning environment in 2024

山中 脩也, 河原 弘幸, 篠原 聡,
長 慎也, 鷹觜 莉子, 目黒 翔吾

YAMANAKA, Naoya KAWAHARA, Hiroyuki
SHINOHARA, Satoshi CHO, Shinya
TAKANOHASHI, Riko MEGURO, Shogo

要旨

明星大学では数理・データサイエンス・AI に関する教育のひとつとして、2023 年度から「明星大学データサイエンス学修プログラム（リテラシーレベル）」を実施しており、文部科学省の「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度（リテラシーレベル）」に認定されている（認定の有効期限は 2029 年 3 月末まで）。同プログラムの特徴として、複数のオンラインツールを用いた独自の学習環境を構成していることが挙げられ、その環境で得られた学習プロセスデータや運営データを自己点検することで、同プログラムやその学習環境の評価・改善を図れる。本稿は、2023・2024 年度のデータを踏まえ、同プログラムの点検結果と既に実施したいくつかの改善策をまとめるとともに、明星大学において数理・データサイエンス・AI 教育をさらに推進していくために試行した複数の施策について詳述する。

1. はじめに

数理・データサイエンス・AI に関する重要性が急速に高まっていることを受け、2021 年度から数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度が開始され [1]、明星大学も複数の教育プログラムを実施している [2]。そのひとつに「明星大学データサイエンス学修プログラム（リテラシーレベル）」（以下、DSL）があり、明星大学全学部 of 1 年次必修科目としてリテラシーレベルの数理・データサイエンス・AI 教育を提供し、各学部カリキュラムの基礎としてデータサイエンスを利活用できることを目的としている。同プログラムのグランドデザインや 2023 年度の実施報告は [3] に詳細にまとめられているが、ここでは同プログラムが持つ特徴を簡単にまとめ、本稿で述べる学習環境や学習データについて簡単に整理する。

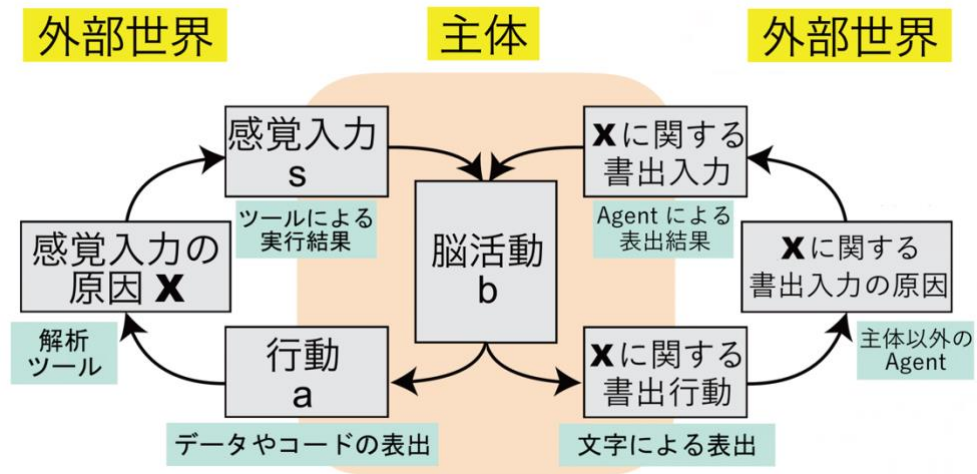


図 1：明星大学のプログラムで採用しているデータサイエンス学習環境の概念図 [3]

特徴 1：体験を中心に据えた学習モデルを採用していること【数理】

DSL では、体験を中心に据えた学習モデルである自由エネルギー原理を採用している。この原理が特に重要であるのは「行動」を伴う認識過程に関して説明可能な枠組みを提供した点にあり、その結果、「行動」と「感覚入力」（以下、本稿では知覚と表現する）の関係性が「数理的なモデル」として表現されている [4]。コンピュータ上で動作するデータ分析ツールに触れるようにデータサイエンスの学習環境を整備しているが、データ分析手法を文字や動画などで伝達するだけでは不十分と考え、自由エネルギー原理に従う「行動」と「知覚」の循環的因果の構成と維持を支援するデータサイエンス学習環境を構成している [3]。同原理についての数理的な側面については [5] などを、同原理と関連する変分自由エネルギーを採用した学習の原理や機械学習については [6] などが詳しい。

特徴 2：3つのツールを組合せて学習データを取得・分析していること【データサイエンス】

DSL では、3つのツール（演習ツール [図 2]、意見交換ツール、相互出題ツール）を組み合わせ、学習者一人一人の学習プロセスログを記録する環境を構成している。これにより、大人数が同時に学習する環境であっても、すべての学習者の行動ログを精密に記録でき、学習者自身の学習の点検や評価だけでなく、構成した学習環境において想定された行動が実施されているかの確認や、提供した学習材が想定外の行動と結びついていないかを総合的に判断することなど、学習環境で生じる学習活動に関する点検や評価を、エビデンスベースドに実施するための最低限の環境が構成されている。

<div> ↶ ↷ 🔍 ¥ % ↕ ↔ Automatic Arial 10 B <i>I</i> <u>U</u> <u>A</u> 🌈 📄 📁 ☰ ⬇ </div>										
M17		✖	✓	fx						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			点数 (点)							
2		回答者ID	A: 公園	B: オフィス	C: 駅付近		度数分布表	度数 (人)		
3			1	3	1	1	点数 (点)	A: 公園	B: オフィス	C: 駅付近
4			2	2	4	3	1			
5			3	5	5	1	2			
6			4	3	1	1	3			
7			5	2	2	5	4			
8			6	5	4	2	5			
9			7	1	1	4				
10			8	5	1	3				
11			9	3	2	5		A: 公園	B: オフィス	C: 駅付近
12			10	4	1	4	平均 (点)			

図 2：演習ツールの操作画面 [3]

特徴 3：学習環境に Bot を配置することで迷いづらい学習環境を構成していること【AI】

DSL の学習材の配布には、事前に想定された特定の作業を自動的に実行する AI である Bot を配置し、学習者の進捗状況に応じて適切な学習材（主に資料など）が提供されるような仕組みが導入されている。この Bot の存在により、部分的に非同期な学習を推進できるようになり、遅刻や欠席などにより、進捗が異なってしまった場合にも、どの部分まで進んでいて、どの箇所の内容が不足しているのかを把握しやすい環境と言える。

上記の学習環境の特徴を踏まえ、本稿では 2023・2024 年度のデータを用いて、既に実施したいくつかの改善点をまとめるとともに、明星大学の数理・データサイエンス・AI 教育のリテラシーレベルと専門教育を繋ぐための基礎基盤として実施した複数の施策について述べる。

2. DSL の改善と実施

2. 1. 実施に関する改善

2024 年度の DSL は、2023 年度同様、前期・後期の月・火・水・木曜日に開講した。2023 年度は 1 時限（9:00 から 10:30）に 3 教室をオンラインで結んでの開講であったが、2024 年は 3 時限（12:55 から 14:25）に大教室 1 部屋での開講に変更された。再履修の学生が履修者に加わる形となったが、各学部の履修者の振り分けなどは 2023 年度と同様に実施した。

以下、DSL の実施に関する 2024 年度の改善について、大きく 3 つの点（表出を誘導する SA/TA の組織的育成、共有前に表出内容を具現化するためのワークブックの導入、モデルカリキュラムの改訂に伴うツールの改善）に焦点を当て、記載する。

表 1：2023 年度 DSL の教員 / TA・SA の体制 [3]

		延べ人数	実人数	内訳
前期	教員	12 名	5 名	各曜日 3 名ずつ
	TA/SA	32 名	16 名	各曜日 8 名程度
後期	教員	12 名	6 名	各曜日 3 名ずつ
	TA/SA	32 名	12 名	各曜日 8 名程度

表 2：2024 年度 DSL の教員 / TA・SA の体制

		延べ人数	実人数	内訳
前期	教員	12 名	5 名	各曜日 3 名ずつ
	TA/SA	44 名	36 名	各曜日 11 名程度 (毎回 8 名程度)
後期	教員	12 名	5 名	各曜日 3 名ずつ
	TA/SA	44 名	30 名	各曜日 11 名程度 (毎回 8 名程度)

(1) 表出を誘導する SA/TA の組織的育成

DSL は、

- 学習者自身の意見交換ツールで書出ログ (他の履修者・SA/TA・教員と共有)
- 学習者自身の演習ツールにおける活動ログ

などの多くのデータが蓄積され、学習者の学びを推進・支援している。これらのログが表出されるきっかけとして、教員からの誘導だけでなく、SA/TA からの誘導も大きな効果を発揮することが経験的に知られている。しかし、2023 年度は新規開講であったことから、同プログラムを履修した学生が SA/TA を行うことはできず、データサイエンスの知見を持つ可能性の高い学部学生に依頼し、引き受けてもらっていた。ただ、SA/TA の就任依頼の多くは、教員側から候補者に対して口頭などで依頼することが多く、DSL のように全学部に及ぶ新規開講科目のような場合、候補者を見つけることが容易ではなかっただけでなく、例えば、候補者が見つかったとしても、データサイエンスに関する知識が授業の要求レベルに至らない可能性があることを懸念し、候補者側が自重してしまうことも多々あった。

このような問題点に対し、各学部の既修者に SA/TA を引き受けてもらうことを目指し、既に取得している既修者の学習プロセスデータを踏まえて、エビデンスベースドな形で、SA/TA を組織的に育成するように試みた。この結果、多くの学部で、同じ学部の既修者が

表 3：各学部における TA/SA の数の比較 (括弧内は DSL 既修の TA/SA の数)

	2023 年度	2024 年度
教育学部	2 名 (0 名)	7 名 (7 名)
デザイン学部	0 名 (0 名)	1 名 (1 名)
経営学部	0 名 (0 名)	2 名 (2 名)
経済学部	0 名 (0 名)	1 名 (1 名)
心理学部	0 名 (0 名)	6 名 (6 名)
人文学部	0 名 (0 名)	5 名 (5 名)
建築学部	0 名 (0 名)	0 名 (0 名)
情報学部	11 名 (0 名)	17 名 (9 名)
理工学部	0 名 (0 名)	4 名 (2 名)
データサイエンス学環	0 名 (0 名)	4 名 (4 名)
情報学研究科	4 名 (0 名)	2 名 (0 名)

SA/TA として学習環境内に存在することが可能となっただけでなく、各学部内にデータサイエンス的知見を持つ学生を組織的に育成するひとつの方法を構成できた。具体的には、表 1・表 2 のように、学内の TA/SA として DSL に関わる学生の実人数を倍増することができた。なお、2023 年度はすべての TA/SA に各授業の全部の回（1 授業につき 15 回）に SA/TA として参加してもらおう形としたが、多くの学生に参画してもらおうことを目的として、2024 年度は SA/TA を初めて務める学生には 1 授業につき 10 回程度に回数を制限して実施した。

また、2023 年度では一部の学部・研究科に偏っていた SA/TA の参画も、表 3 のように多くの学部・学環・研究科に広がりを見せ、教室内に学習者と同じ学部の SA/TA が存在する機会を増やすことができた。

(2) 共有前に表出内容を具現化するためのワークブックの導入

2023 年度は DSL のテキストとして [7] をベースとしたオリジナルのテキストを作成し実施したが、オリジナルテキストを作成することにより費用面での学習者負担が増加してしまったことや、説明文のページとテキスト内に記入するページが混在していたことで、一部の学習者は表出の機会が少なくなってしまったこと、加えて同じ出版社から数理・データサイエンス・AI に関連する書籍 [8] が発売となったことを踏まえて、

2023 年度：オリジナルテキスト 1 冊の体制 から、

2024 年度：市販本 [8] と比較的安価なワークブック [9] の 2 冊体制に変更した。これにより、費用面での学習者負担も軽減されただけでなく、ワークブックは表出内容を具現化するプロセスに活用できる機会が増えることになった。

加えて、既修者の表出の中から、SA/TA が選んだ印象的な表出を、ワークブックの中に記載し、表出された内容が伝播するように半期ごとと内容を修正するようにした。具体的には、図 5 のようなページを全 15 ページほど追加し、ワークブックの活用事例の紹介などを載せることにより、学習者自身が表出した文章を教員・SA/TA が大事にするという姿勢を明確にする働きを持たせるようにした。

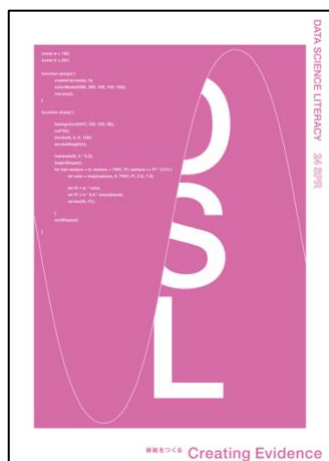
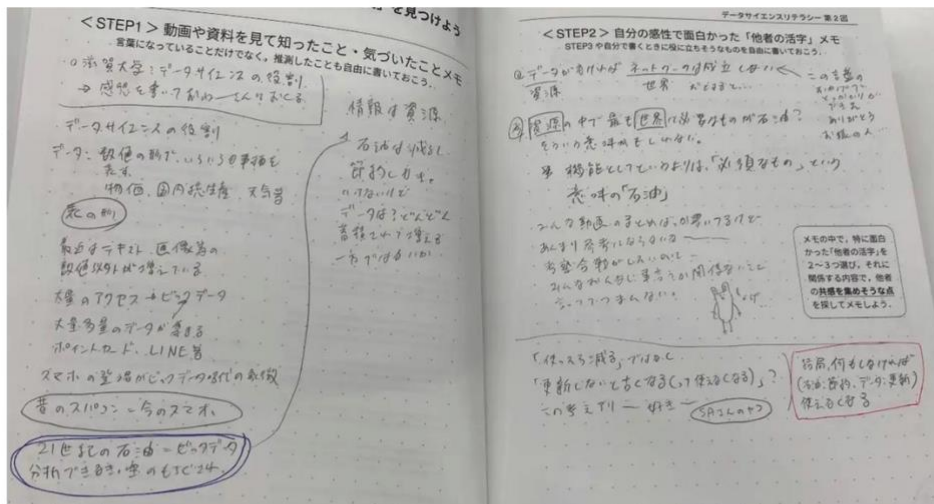


図 3：2024 年度前期のワークブックの表紙



図 4：2024 年度後期のワークブックの表紙

ワークブックの活用事例の記録



とにかく雑に（自分が読めればいい）。たくさん書こうとか、綺麗に書こうとかは絶対気にせず、その時自分が書けくべきだと思ったことがなんなのかが一目でわかるようにしている。そのため空欄のページもあるが、なんだかんだ別件のメモがわりにしたりしている。

(DSL 24SPR : MON)

最初は興味なかったことの記録

教育学部の授業、先生になりたい気持ちはあったけど、授業は聞き流しそうなの興味ないなって思ってたけど、いざ受けてみると、納得することだったり、驚いたことが多くあって、そんなことないなと思いました

(DSL 24SPR : MON)

高校までは資格というものにあまり興味を持たなかったが、大学生になって、就活を意識するようになってから資格というものに興味を持つようになった。今では簿記や mos といった資格の獲得に専念している。今後は TOEIC の勉強もしてみようと考えている。

(DSL 24SPR : TUE)

統計学。やっていく中でそうなんやあ〜という気付きを得ることができた。具体的には平均身長全国で 100 人無作為に抽出すれば別の 100 人を無作為に抽出したときと同じくらいの平均になることがおもしろいと感じた。教授の説明が早く講義で理解するのはとても難しいが。

(DSL 24SPR : WED)

パソコンです。なぜなら、大学に入り使うようになったからです。今後は MOS などの資格取得を目指したいと考えています。

(DSL 24SPR : THU)

入学前は他学部の勉強内容、特に情報系や理工系は全く興味がなかったがバイト先の友達の話聞いて意外と面白そうだなと思った。

(DSL 24SPR : MON)

読書。昔はめんどくさいから全く読んでいなかったけど、最近になって通学時間など時間ができたから読んでみたらとても面白かった。

(DSL 24SPR : TUE)

今まで環境問題や土壌について全く興味がなかったが、持続型社会と開発倫理という授業で地球温暖化について今までの知識以上のことを学んだり環境問題についての映画を見たことでそれらが自分のなかで印象に残り、いずれ配属されることになる研究室は環境分野にはいたいなと思うようになった。

(DSL 24SPR : WED)

勉強をすることです。今までは勉強が嫌いでした。しかし自分の学びたいことが学べる大学に来てから学ぶことの楽しさを知れました。自分が将来なりたいたいものや好きなことを学び、一緒にそこを目指す友達がいてすごく楽しいです。

(DSL 24SPR : THU)

図 5：ワークブックに追加されたページの例（ワークブック 24AUT [9] より）

(3) モデルカリキュラムの改訂に伴うツールの改善

2024年2月に数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアムが提供する「数理・データサイエンス・AI（リテラシーレベル）モデルカリキュラム」が大幅に改訂され [10]、生成 AI に関する内容が増補された。これに対応する形で、DSL で導入されていたツールについても機能強化が図られ、共著者の長らの多大な貢献により、意見交換ツール内に生成 AI（Google Gemini）を呼び出す機能が学習環境の中に導入された（2024年4月頃）。

特筆すべき点として、この機能強化により生成 AI を簡単に呼び出せるようになり、授業内で活用しやすくなったというだけでなく、「全学生の行動ログを取得する」という DSL で採用されているシステムのポリシーに従った機能強化が達成されたことがある。同ポリシーに従った機能強化の実現により、教員だけでなく学習者自身も、これまでに生成 AI に尋ねた内容を遡って把握できるだけでなく、他者が生成 AI に訊ねた内容（プロンプト）とその回答についても、希望すれば共有することが可能なシステムとなっている。

2. 2. 実施結果

本節では、前節での改善を踏まえて DSL を実施した結果を示す。3つのツール（演習ツール、意見交換ツール、相互出題ツール）の詳細や、各項目が指す意味については [3] を参照されたい。また、2023年度と2024年度では、水曜日・木曜日に受講する学生の所属学部が入れ替わっていることに注意されたい。

表2に2023年度後期（以下、23AUT）、2024年度前期（24SPR）、同後期（24AUT）における、意見交換ツール上の各授業回の課題への取組に関する比較を示す。また、表3から表5に、23AUT・24SPR・24AUTの3つのツールに関する学習プロセスデータを示す（DS学環はデータサイエンス学環の略）。ここで、課題aとは教科書や動画から推測したことを書き出す課題であり、課題bとは演習ツールに触れた上で、そこでの内容を言語化して共有し、他者との推測の違いを見つけることを目的とした課題である。特定の期ではすべての履修者に課している課題の総数（表2の課題ab数）は変わらないが、学期ごとに見ると課題の数が変わっていることに注意したい。

当該環境の自己評価については、本稿に付録として自己点検評価報告を付記した。

表2：23AUTの学習プロセスログ（学生一人当たりの平均値）

	【23AUT：1143名】	【24SPR：1212名】	【24AUT：1186名】
課題ab数	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 12, 13, 14, 15：30題	2, 3, 4, 5, 7, 8 11, 12, 13：18題	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 10, 11, 12, 13：24題
課題a	10, 818メッセージ 756, 688文字 69.9文字/メッセージ	6, 093メッセージ 610, 687文字 100.0文字/メッセージ	12, 164メッセージ 1, 188, 355文字 97.7文字/メッセージ
課題b	2, 811メッセージ 245, 691文字 87.4文字/メッセージ	5, 436メッセージ 333, 950文字 61.4文字/メッセージ	9, 705メッセージ 612, 212文字 63.1文字/メッセージ
補足	課題bのメッセージ：少 課題a→b：25%	課題bの文字数：少 課題a→b：61%	課題bの文字数：少 課題a→b：65%

表 3：学部ごとに集約した 23AUT の学習プロセスログ（学生一人当たりの平均値）[3]

開設曜日	学部	演習ツール		意見交換ツール				相互出題ツール				
		保存回数計	更新セル数計	送信回数計	送信文字数計	付与Stamp	受領Stamp	出題ログ		回答ログ		
								出題問題数計	問題文字数計	回答回数計	コメント回数計	コメント文字数計
月1	教育学部	45.1	2467.0	55.3	2841.4	39.3	12.1	7.5	516.0	42.3	21.3	395.2
月1	デザイン学部	38.0	1819.4	51.0	2399.0	36.7	9.2	7.2	434.8	36.3	15.7	267.6
火1	経済学部	30.7	1602.7	42.5	1741.4	37.9	5.0	6.5	330.8	46.0	17.7	216.8
火1	経営学部	36.1	1476.0	44.9	1873.7	46.7	6.4	6.3	337.7	46.7	22.5	277.3
水1	文学部	34.8	1993.4	51.2	2325.4	42.3	9.4	6.0	434.9	39.3	17.8	310.0
水1	心理学部	41.3	2433.9	55.9	2644.3	45.5	8.0	7.2	563.6	43.8	23.5	444.3
木1	理工学部	37.4	1812.8	47.3	2216.9	34.0	5.7	6.6	483.6	42.8	17.7	279.6
木1	情報学部	52.8	3694.2	51.3	2889.0	38.3	5.3	8.1	831.8	47.6	14.4	287.9
木1	建築学部	35.8	2092.0	50.2	2244.1	38.7	3.9	7.0	526.2	40.7	16.1	257.6
木1	DS学環	60.0	5615.4	47.1	2501.6	31.6	3.1	5.6	549.6	34.9	19.4	486.4
	全学部平均	39.1	2136.1	50.1	2364.5	40.0	7.9	6.9	477.9	42.8	19.1	314.4

表 4：学部ごとに集約した 24SPR の学習プロセスログ（学生一人当たりの平均値）

開設曜日	学部	演習ツール		意見交換ツール				相互出題ツール				
		保存回数計	更新セル数計	送信回数計	送信平均文字数	付与Stamp	受領Stamp	出題ログ		回答ログ		
								出題問題数計	問題平均文字数	回答回数計	コメント回数計	コメント文字数計
月3	教育学部	40.5	2506.2	76.1	4162.9	17.8	12.4	2.5	227.5	18.1	4.8	140.5
月3	デザイン学部	31.5	1974.9	71.4	3839.8	14.9	13.7	2.4	185.8	15.5	3.8	109.9
火3	経済学部	32.8	2167.6	70.5	3327.1	6.2	9.5	2.7	176.6	14.8	3.6	58.4
火3	経営学部	40.1	2674.3	68.9	3692.0	4.7	10.5	2.8	208.4	17.3	4.1	62.4
水3	理工学部	28.8	2381.4	77.5	4108.2	10.6	8.8	2.5	230.9	16.9	3.9	89.5
水3	情報学部	35.0	2713.6	68.5	3966.1	7.7	10.6	2.9	286.3	18.5	5.2	117.9
水3	建築学部	33.9	2015.5	77.3	3495.6	7.8	7.5	2.9	247.3	15.3	3.8	71.9
水3	DS学環	31.1	2625.6	85.7	4186.3	8.8	12.4	2.8	205.4	9.8	3.6	57.0
木3	文学部	34.5	2008.8	68.9	3139.5	6.3	7.7	2.7	222.9	17.3	4.5	101.2
木3	心理学部	42.5	2708.3	71.1	3538.7	7.9	11.2	3.0	294.6	17.8	4.0	102.8
	全学部平均	36.1	2364.2	72.7	3728.8	10.1	10.3	2.7	227.8	17.0	4.3	99.5

表 5：学部ごとに集約した 24AUT の学習プロセスログ（学生一人当たりの平均値）

開設曜日	学部	演習ツール		意見交換ツール				相互出題ツール				
		保存回数計	更新セル数計	送信回数計	送信平均文字数	付与Stamp	受領Stamp	出題ログ		回答ログ		
								出題問題数計	問題平均文字数	回答回数計	コメント回数計	コメント文字数計
月3	教育学部	44.23	3271	90.1	5236.78	2.46	5.69	2.96	279.49	18.54	4.01	103.8
月3	デザイン学部	35.36	2595.02	84.93	4444.31	4.11	6.22	2.93	242.31	17.82	3.11	76.51
火3	経済学部	36.26	2621.16	80.19	4113.36	2.83	8.23	2.69	241.59	18.06	5.04	94.92
火3	経営学部	39.91	2748.9	79.77	4010.67	3.76	8.03	2.96	242.26	19.32	5.1	86.17
水3	理工学部	29.54	2470.78	76.05	4429.66	2.15	4.49	2.78	264.21	18.55	4.52	97.23
水3	情報学部	37.93	2489.7	73.31	4832.14	2.2	4.2	2.92	313.68	19.92	6.11	138.46
水3	建築学部	29.21	2313.3	70.38	3987.68	2.29	4.91	2.77	236.84	16.63	4.59	80.21
水3	DS学環	44.82	2439.27	82	5199.36	4.91	7.09	2.55	249.36	17.82	5.18	130.91
木3	文学部	35.31	2451.59	80.55	4577.23	3.67	8.72	2.64	240.1	17.58	5.11	107.82
木3	心理学部	45.76	3673.52	93.21	5437.78	4.93	11.33	3.06	304.99	21.03	6.91	151.87
	全学部平均	38.2	2790.3	82.19	4641.71	3.08	6.95	2.84	262.54	18.54	4.87	104.56

3. リテラシーレベルと専門を繋ぐ基礎基盤の整備

前章で述べた DSL はリテラシーレベルのプログラムであるが、同プログラムだけで履修者の専門分野に数理・データサイエンス・AI の知見を活かしていくには、実践面・理論面の両方の面で時間が足りず、同プログラムの後に、その内容をさらに深められるようなカリキュラムが整備されることが望ましいと考えられる（図 6 を参照）。一方で、そのようなカリキュラムの整備が進んだとしても、これまでの DSL の実施結果などから、数理・データサイエンス・AI を活用するための基礎的な知識・スキルに関連する、

(1) 統計基礎をはじめとした数学に関する基礎知識

(2) プログラミング基礎をはじめとしたコンピュータに関する基礎知識

については、高校数学や高校情報などの基礎的なレベルから大学レベルの内容までの学習歴を大学側で把握しておく必要性を感じたことから、2024 年度までにこれら二つについて、学習を進めることができる機会を試行した。本章ではその内容について詳細に述べる。

3. 1. 数学の基礎知識に関する施策

2024 年度の情報学部複数の数学系科目において、それらの科目の基礎となる高校数学範囲に関するデジタルバッジ獲得プログラムを試験的に導入にしてみた。2024 年度は、基礎情報数学・基礎代数学・基礎解析学にて試行されており、ここでは大学数学を導入する「前提条件としての高校数学」の範囲に対し、既修・未修を問わず、大学側で履修者の学習歴を主体的に収集することを目的として次のように実施した。

3. 1. 1. 情報学部における数学デジタルバッジ獲得プログラムの概要

(1) デジタルバッジの定義

数学デジタルバッジ獲得プログラム（以下、本プログラム）のデジタルバッジは、情報学部の数学寺子屋が発行手続きを行う、学習証明である。

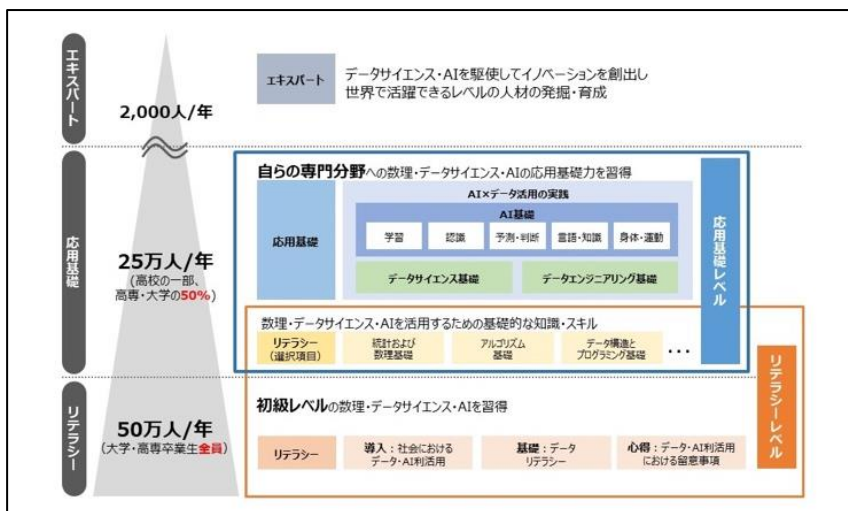


図 6：MDASH の教育プログラムに求められる内容 [1]

(2) デジタルバッジの種類

デジタルバッジには、下記の種類が存在する。

(2-1) 単元ごとの MC 獲得によるデジタルバッジ（(6) を参照）

「すべてのマイクロクレデンシャル（(3) を参照）」を獲得することで得られる。

例：＜集合と論理＞バッジ

(2-2) 科目ごとに指定される MC 獲得によるデジタルバッジ（(7) を参照）

各科目の「教員が指定したマイクロクレデンシャル」を獲得することで得られる。

例：＜基礎情報数学：集合と論理＞バッジ，＜基礎代数学：集合と論理＞バッジ

いずれも関連するマイクロクレデンシャルの獲得により得られるものであるが、それぞれの獲得アルゴリズムが異なることに注意されたい。

(3) マイクロクレデンシャルの定義とデジタルバッジとの関係性

マイクロクレデンシャル（以下 MC）は UNESCO により次のように定義されている [11]。

- (3-1) 学習者が知っていること，理解していること，またはできることを証明する，対象が重点化された学修成果の記録である。
- (3-2) 明確に定義された基準に基づいた評価（assessment）を含み，信頼できる提供者によって授与される。
- (3-3) 単独で価値を持ち，さらに他の MC または MC の一部を構成したり，それらを補完したりすることができる（既習の認定も含める）。
- (3-4) 関連する質保証が求める基準を満たす。

MC とデジタルバッジの関係は，大学における「単位」と「学位」の関係と類似している．大学では「単位」を取得し規定された課程を修了したことを証明するものが「学位」となるが，本プログラムでは「MC」を取得し規定された課程を修了したことを証明するものが「デジタルバッジ」となる．

(4) MC の獲得方法の詳細

(4-1) 獲得テストによる「MC を獲得する基準」

原則，出題された問題を「すべて」正解する必要がある．ただし，部分点を与えることができる出題であった場合，部分点を取得した分だけ，下記の「(イ) ノート提出による MC を獲得する基準」の問題数が免除される．

(4-2) ノート提出による「MC を獲得する基準」

MC に対応して範囲指定された小単元の「問題数の半分」の問題に取り組む（小単元の問題数が n の時， $\text{ceil}(n/2)$ 個の問題に取り組む）．ただし，獲得テストにて，部分点の獲得がある場合は，指定された問題数から，部分点の獲得分だけ免除される．1 題につき，「具体的な解答の導出」と「背景にある理論との関係の明確化」を，指定されたフォーマットのノートを提出する（図 7 参照）．

(4-3) 担当教員の指示により「MC を獲得する基準」

担当教員の指示により MC を獲得する基準が示されることがある．その場合はその指示に従う．



図 7：数学デジタルバッジプログラムでの 2024 年度のノート

(5) MC の獲得の期限

担当教員の指示に従う。

(6) MC の範囲指定

デジタルバッジは、下記の学習材の単元に基づいて発行される。

- 数学 I・A 基礎問題精講 六訂版，上園信武，旺文社，2022
- 数学 II・B+ベクトル 基礎問題精講 六訂版，齋藤正樹，旺文社，2023
- 数学 III・C 基礎問題精講 五訂版，上園信武，旺文社，2024

当該学習材の内容によって小単元に分け、小単位ごとに MC を発行する。なお、小単元の問題数は「5 から 9」とする。

(7) 科目ごとに指定される MC 獲得によるバッジの種類（2024 年度版）

(7-1) 基礎情報数学バッジ

<基礎情報数学：集合と論理>バッジ	【単位取得に原則必須】
<基礎情報数学：数列>バッジ	【単位取得に原則必須】
<基礎情報数学：2 次方程式>バッジ	<獲得により加点>
<基礎情報数学：確率>バッジ	<獲得により加点>
<基礎情報数学：複素数と方程式>バッジ	<獲得により加点>
<基礎情報数学：ベクトル>バッジ	<獲得により加点>

(7-2) 基礎代数学バッジ

＜基礎代数学：集合と論理＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎代数学：図形と計量＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎代数学：数列＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎代数学：三角関数＞バッジ	【単位取得に原則必須】

(7-3) 基礎解析学バッジ

＜基礎解析学：集合と論理＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎解析学：図形と計量＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎解析学：三角関数＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎解析学：指数関数と対数関数＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎解析学：微分法と積分法＞バッジ	【単位取得に原則必須】
＜基礎解析学：いろいろな関数＞バッジ	＜獲得により加点＞
＜基礎解析学：極限＞バッジ	＜獲得により加点＞
＜基礎解析学：微分法＞バッジ	＜獲得により加点＞
＜基礎解析学：積分法＞バッジ	＜獲得により加点＞

3. 1. 2. 数学デジタルバッジ獲得プログラムの実施結果

ここでは 2024 年前期終了時点の各科目の数学バッジ獲得状況に関する結果を示す。

[1] 2024 年度前期の獲得テストによる結果（2024 年 7 月 16 日まで）

(1) 基礎情報数学バッジの獲得状況 ＜獲得者/受験者＞

＜基礎情報数学：集合と論理＞バッジ	:	42 / 153
＜基礎情報数学：数列＞バッジ	:	129 / 153

(2) 基礎代数学バッジの獲得状況 ＜獲得者/受験者＞

＜基礎代数学：集合と論理＞バッジ	:	42 / 153
＜基礎代数学：図形と計量＞バッジ	:	69 / 153
＜基礎代数学：数列＞バッジ	:	87 / 153
＜基礎代数学：三角関数＞バッジ	:	54 / 153

(3) 基礎解析学バッジの獲得状況 ＜獲得者/受験者＞

＜基礎解析学：集合と論理＞バッジ	:	42 / 153
＜基礎解析学：図形と計量＞バッジ	:	36 / 153
＜基礎代数学：三角関数＞バッジ	:	2 / 153
＜基礎代数学：指数関数と対数関数＞バッジ	:	51 / 153
＜基礎代数学：微分法と積分法＞バッジ	:	4 / 153

[2] 2024 年度前期のノート提出の結果（2024 年 8 月 2 日まで）

総提出枚数	:	710 枚
提出学生数	:	133 名
学生 1 人当たりの平均提出数	:	5.3 枚

3. 2. プログラミングの基礎知識に対する施策

プログラミング科目は情報学部をはじめとした理工系学部を中心に展開されてきており、DSL の開講に先だって、同様のポリシーを持つプログラミング科目が 2019 年度から情報学部で開講されている（当該科目の詳細については [12] を参考にされたい）。また、2020 年度からは教育学部の授業に、2023 年度からは DS 学環の授業に展開され、必ずしもプログラミングを専門としない学生に対しても、その学習環境が受け入れられつつある。本節では、2023 年度から実施している、教育学部と DS 学環で共同して実施しているプログラミング科目での事例を、数理・データサイエンス・AI を活用するための基礎基盤として多くの学部を展開する前のひとつの試行として、紹介したい。

3. 2. 1. 教育学部と DS 学環の協働によるプログラミング科目の概要

教育学部で開講されているコンピュータ概論と、DS 学環で開講されているプログラミング演習は、同期と非同期を組み合わせたプログラミング学習環境を構成し、それぞれの学部・学環の学生が相互に交流をしながら学習を進めている。ここで同期と非同期を組み合わせたプログラミング学習環境とは、演習ツールである Bit Arrow、意見交換ツールである Slack、相互出題ツールである作問システムと行ったシステムを学習環境に導入した上で、同期的に学習を進めるべき箇所と非同期でも学習を進められる箇所を明確に区分した上で、授業時間内・外で実施する内容を決定できる学習環境のことを指す（図 8 参照）。この仕組みを導入することで、相対的に短い授業時間であっても、効率的に学習を進めることが可能となるだけでなく、学習者の主体的な参画を誘導することができる。

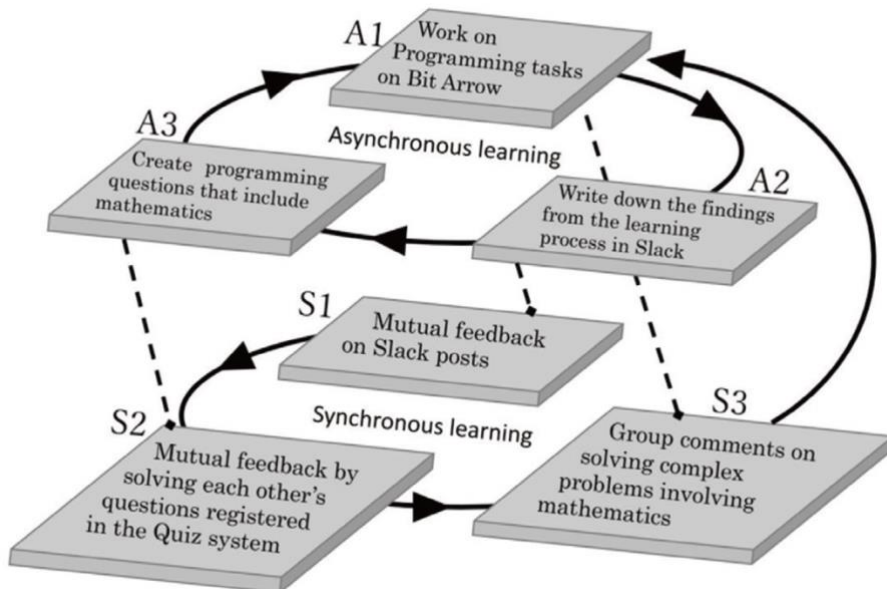


図 8：同期と非同期を組み合わせた学習環境での学習プロセス [13]

3. 2. 2. 教育学部と DS 学環 でのプログラミング科目の実施結果

表6に演習ツールである Bit Arrow 上の実行回数データを、表7に相互出題ツールである作問システム上で取得したスコアデータを記載する。なお、教育学部と DS 学環が協働してプログラミング科目を実施するのは、DS 学環が開講した 2023 年からとなるが、参考までにここでは教育学部が単体で実施していた 2022 年のデータ(*)についても併記している。また、ここに記載されているデータについては、教育学部の学生のデータのみであることに注意されたい。

表6には授業内・外での実行回数の平均値が記載されており、実行回数のほとんどが授業外での実行であることが分かる。これは同期しながら学習する内容については主に相互出題ツールが活用され、非同期に実施する内容については演習ツールを活用することが多いためである。なお、非同期学習の実施にあたっては、非同期学習を進めるための自己評価用チェックリストが共有され、学生はそれをみながら非同期学習を進めることができる（授業中にそのチェックリストを確認する時間を設けている）。

教育学部と DS 学環 でのプログラミング科目の試行は、プログラミングを専門としない学生に対してプログラミング基礎を提供する科目の開講に向け、多くの示唆を与える。それは一般的には講義のような形で実施することの多いプログラミングという内容に対して、非同期学習の時間を用意し、学習者がひとりでコンピュータに向き合う時間と環境を提供することと、それらを言語化して他の学習者と共有するという環境を構成することにより、講義により取られていた時間を、行動と知覚の時間に振り分けることが可能となり、体験を中心に据えた学習モデルに従った学習が推進される方法のひとつを示している。

表6：演習ツールでの実行回数データ

	2022(*)	2023	2024
参加者数（教育学部のみ）	37	41	56
全参加者の実行回数	53,711	74,039	66,017
文法エラーとなった実行回数の割合	28.0%	26.0%	17.1%
参加者1名ごとの実行回数の平均値	1,451.6	1,805.8	1,178.9
授業内での実行回数の平均値	237.4	186.9	140.1
授業外での実行回数の平均値	1214.2	1618.9	1038.8

表7：相互出題ツールでの実行回数データ

		2022(*)	2023	2024
解答によるスコア	平均値	24.0	17.2	23.2
	標準偏差	7.5	4.9	7.0
作問によるスコア	平均値	12.2	11.7	12.1
	標準偏差	3.5	5.4	4.6

4. 終わりに

本研究では、2024 年度に実施された DSL の改善点の列举と、実施報告を行なった。また、数理・データサイエンス・AI 教育のリテラシーレベルと専門教育を繋ぐための試行についても述べた。DSL で得られたデータから、SA/TA の組織的育成、ワークブックの導入、ツールの改善を行うとともに、改善された学習環境にて 2024 年度もデータを獲得した。また、数学やプログラミングの基礎について学習機会の試行を行なった。今後も取得できるデータをしっかりと取得しつつ、そこで得たデータを踏まえ、環境の改正や整備を進めていきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K03011 の助成を受けたものです。また、明星大学教育新構想事業 (2024) の支援を受けております。

参考文献

- [1] 数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度, 文部科学省,
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm (2025 年 3 月 1 日参照)
- [2] 明星大学の数理・データサイエンス・AI 教育, 明星大学,
<https://www.meisei-u.ac.jp/johokokai/mdash.html> (2025 年 3 月 1 日参照)
- [3] 河原 弘幸ら:「明星大学版データサイエンスリテラシー」のグランドデザインと 2023 年度の実施報告, 明星大学研究紀要 情報学部 第 30 号 (2024)
- [4] 吉田正俊, 田口茂: 自由エネルギー原理と視覚的意識, 日本神経回路学会誌 25 巻 3 号 pp. 53-70 (2018)
- [5] 乾 敏郎, 阪口 豊: 自由エネルギー原理入門: 知覚・行動・コミュニケーションの計算理論, 岩波書店 (2021)
- [6] 杉山 聡: 妥協しないデータ分析のための 微積分+線形代数入門, ソシム (2024)
- [7] 学生のためのデータリテラシー, FOM 出版 (2021)
- [8] はじめて学ぶ 数理・データサイエンス・AI, FOM 出版 (2023)
- [9] 河原 弘幸ら: 根拠をつくる Creating Evidence [24AUT], mir.ai terrace (2024)
- [10] 数理・データサイエンス・AI (リテラシーレベル) モデルカリキュラム, 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム,
http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/model_literacy.html
(2025 年 3 月 1 日参照)
- [11] UNESCO, Towards a common definition of micro-credentials,
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381668>
(2025 年 3 月 1 日 閲覧)
- [12] 鷹觜 莉子ら: 自由エネルギー原理に従う循環的因果性の構成を支援するプログラミング学習環境の構築, 明星大学研究紀要 情報学部 第 29 号, (2022)
- [13] S. Kitajima *et al.*: Development of a Programming Learning Environment based on the Free-Energy Principle, 明星大学大学院教育学研究科年報 10, 1-16 (2025)

付録：自己点検評価報告

名称：明星大学データサイエンス学修プログラム（リテラシーレベル）

年度：2024

科目：データサイエンスリテラシー

自己評価報告：

総合評価

3つのツール（演習ツール、意見交換ツール、相互出題ツール）によって、すべての履修者の学習プロセスデータが取得できていることや、その学習プロセスデータをツールごと・学部ごとに分析した上で、履修者の評価だけでなく、学習環境の評価を行い、改善点を検討していることは評価できる。2023年度のデータと比較しても、使用されるツールの重心に変化があったようだが、演習ツール・意見交換ツールでの活動が増加していることや、2024年度の複数の改善点の結果が表れていることも評価できる。

一方、意見交換ツールにおける他学習者とのやりとり（主に付与 Stamp など）や、相互出題ツールにおける活動に、多くの時間を割くことができていないことは課題のひとつである。特に、相互出題ツールに他学習者とのやりとり（回答ログのコメント回数計やコメント文字数計）の量が減っていることは、問題の出題回数の機会が減ったことを差し引いたとしても、その原因を探り、対策を行う必要がある。

学部毎分析の評価

得られている学習プロセスデータから、同期間かつ同時間の履修者同士であっても、所属している学部ごとに分析をしてみると、大きな差が生じてしまっている場合がある。例えば、月曜日の実施においては、前期・後期ともに教育学部とデザイン学部の演習ツールや相互出題ツールの表出量に差が大きく表れている。また、火曜日の実施では経済学部と経営学部の演習ツールの表出量に、水曜日では建築学部とそれ以外の学部の演習ツールの表出量に、木曜日の実施では人文学部と心理学部の演習ツールや意見交換ツールの表出量に差が大きく表れている。初年次科目のため、入試科目の選択分布等にも依存している可能性があるが、2023年度でも同様の傾向が出ているものが存在していることから、3つのツールでの数値の差を縮めるような対策を講じることができると良い。これは既に毎回の授業で実施している「毎週の累計データ」のフィードバックをより高解像度にして履修者に提供することや、履修者自身の学習プロセスデータを、（個人情報のをぞいた）他履修者の情報と組合せてフィードバックするなどが挙げられる。

以上