

学習間隔に応じた得点計算法の運用評価 -リレーショナルデータモデル演習システムへの適用-

笠松 映佑¹ 岡田 信一郎²

概要: 心理学の分野では、間隔を空けない反復学習よりも間隔を空ける反復学習のほうが効果が高いとされている。そこで筆者らは、学習者に間隔を空けた反復学習を促すため、「学習間隔に応じた得点計算法」を考案し実験を繰り返してきたほか、2019年度からはデータベース操作言語であるSQLを反復学習することを目的とした「SQL実習支援システム」にもこの手法を適用し、学習者の学習間隔がそれ以前より空いたことが確認された。また、筆者らはリレーショナルデータモデルに対する理解を深めることを目的とした「リレーショナルデータモデル演習システム」の開発・改良・運用も行っているが、「学習間隔に応じた得点計算法」を「リレーショナルデータモデル演習システム」に適用すると学習者の行動がどうなるかを検証した。また、動作結果やアンケート結果をもとに考察を行う。

Evaluation of the point calculation method according to the learning interval - Application to the Relational data model exercise system -

1. はじめに

一般的に、心理学の分野では間隔を空けない反復学習よりも間隔を空けた反復学習のほうが学習効果が高いとされている。しかし、学習者は間隔を空けずに反復学習を行う傾向にあり、学習者の間隔を空けた反復学習を評価するような学習システムの例は多くはない。そこで、谷口らは効果的な反復学習を促す得点計算法を考案し、これを導入した学習システムを作成した[1]。本得点計算法は、学習間隔が1日程度の中期的な反復学習を評価するものであり、得点計算法を導入したシステムを使用した実験により、実際に学習効果が向上することが確認された。一方、本得点計算法を導入したシステムで学習期間内に学習を終えることができない学習者が多く存在したが、これを解決するため、日置らは得点配分を調整することで学習効果を落とすことなく学習完了率を上げることに成功した[2]。

関連する研究として、分散学習または分散効果の学習支

援システムへの適用には水野[3]による英単語、漢字、化学記号を学習対象とした再活性化説に基く事例、松浦[4]による物理基礎教育を対象とした事例がある。それらに対し筆者らが考案した得点計算法は、一般語の学習を対象に1日程度の中期的な学習間隔を促すことや、実際の学習間隔の決定は学習者自身の判断に委ねられていることを特徴とする。

また、筆者らはデータベース操作言語であるSQLを反復学習するための「SQL実習支援システム」の開発・改良を行い、本学工学部情報工学科2年次向け科目「データベース論」で課題として実際に使用しているが[5]、2019年度の運用からは学習者の間隔を空けた反復学習を促すために、システムに本得点計算法を導入した。その結果、前回の学習からの間隔が24-48時間(1-2日)空いている学習履歴がそれ以前の運用と比較して増加していることが確認された。

さらに、筆者らはデータベースの基礎理論であるリレーショナルデータモデルを習得させることを目的とした「リレーショナルデータモデル演習システム」の開発・改良も行っており[6][7]、「SQL実習支援システム」と同じく本学の「データベース論」の講義で課題として実際に使用し

¹ 茨城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

² 茨城大学工学部
Faculty of Engineering, Ibaraki University

ている。このシステムの目的は、情報分野専門の技術者にとって必須ともいえるリレーショナルデータベースの基礎理論となるリレーショナルデータモデルの理解向上である。当該システムは、リレーショナル代数8種類の問題と、関数従属性に基づく正規形である第2正規形からボイスコード正規形までの3種類の正規化問題の自動生成および正誤判定を行う。リレーショナルデータモデルの学習を支援するツールとしては、sAccess[8]などが提案されている。sAccessは、主に情報を専門としないデータベース初学者を対象としており、データベースへのテーブルへの操作を画面上で確認しながら対話的に行えることが特徴である。これに対し、「リレーショナルデータモデル演習システム」は、情報工学について学んでいる大学生を対象としている。

本稿では学習間隔に応じた得点計算法をリレーショナルデータモデル演習システムに導入し、運用結果およびアンケート結果をもとに考察を行う。また、その考察をもとに今後の方針についてまとめる。

2. 学習間隔に応じた得点計算法について

2.1 想定する学習

本得点計算法は以下のような反復学習を行う学習システムにおいて使用することを想定して考案されたものである。

- ・この学習システムでは学習項目ごとに問題が出題される。
- ・学習者は出題された問題に解答し、正答した場合に得点を得ることができる。
- ・そのようにして得た得点が一定の基準点を超えたとき、その学習項目における学習が完了したと判断される。

2.2 学習間隔に応じた得点計算法

反復学習を行う学習システムにおいて、学習者は間隔を空けない反復学習をする傾向にあり、その場合は反復学習の効果が低くなってしまふ。そこで谷口らは効果的な反復学習を促す得点計算法を考案した。これは、同じ学習項目の繰り返しにおいて前回の学習からの経過時間に応じ、問題解答時に得られる得点が増加するものである。その得点の変化を表すグラフを図1に示す。前回の学習から1日の間は得られる得点が経過時間に比例して最大1.0点まで増加し、学習間隔が1日から3日の間では得られる得点は1.0点で一定となるが、学習間隔が3日を超えると得られる得点は前回の学習から時間が経過すればするほど減少して行き、7日以降は0.0点となる。

学習者が問題に正解すると、図1によって算出された得点を得られ、その得点は学習項目ごとに積み重なっていく。これを累積ポイントと呼ぶ。図2はある学習項目における累積ポイントの変化をグラフ化したものである。図2のように問題に正解したときに学習間隔に応じた得点が加算さ

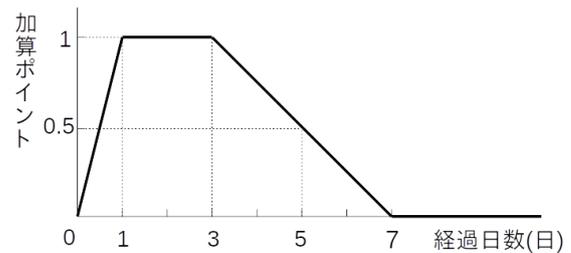


図1 加算ポイントの変化

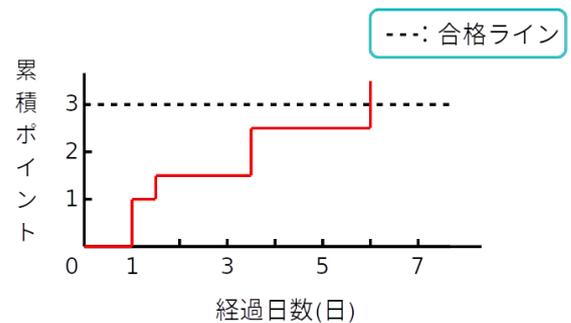


図2 累積ポイントのグラフ

れ、累積ポイントが一定の基準点（ここでは3.0点とする）を超えるとその学習項目の学習は完了したと判定される。学習者は基準点を超えるまでその学習項目の学習を繰り返すが、いつ学習するかは学習者に任される。

さらに、日置は学習者が問題に正解できず加算ポイントの上昇にかかる時間が長くなった結果、学習期間内に学習を終えられない学習者が出たことを受けて、この手法の得点上昇開始位置（初期値）を0から0.2、あるいは0.3に変更する改良案を提案した。これにより、設定された初期値から得点が上昇するようになり、たとえ問題に誤答した直後に正答した場合でも得点を得られるようになった結果、従来手法より学習が完了しやすくなった。

3. リレーショナルデータモデル演習システムについて

リレーショナルデータモデル演習システムは、リレーショナルデータモデルを学習するために筆者らが開発した演習システムであり、「和演算」「差演算」「商演算」「共通演算」「直積演算」「射影演算」「選択演算」「結合演算」の8種類のリレーショナル代数に関する問題、「第2正規化」「第3正規化」「ボイスコード正規化」の3種類の正規化に関する問題の自動出題及び自動採点を行うことができる。本システムはJavaFXアプリケーションとして実装されている。学習者は、個人がそれぞれ所有するPCにシステムをダウンロードし実行する。11種類の学習項目から学習したいものを選択し、自らのペースで繰り返し学習を行うことができる。

次に、本システムの画面例を示す。リレーショナル代数



図 3 リレーショナル代数に関する問題の画面例



図 4 正規化に関する問題の画面例

に関する問題の画面例は図 3 に、正規化に関する問題の画面例は図 4 に示す。

4. 学習間隔に応じた得点計算法のリレーショナルデータモデル演習システムへの導入

石川は、学習者の間隔を空けた反復学習を促すため学習間隔に応じた得点計算法を「SQL 実習支援システム」に導入し、実際の「データベース論」の授業課題として 2019 年 10 月 9 日から 25 日に運用を行った。このとき、81 名の学生が学習履歴や定期試験の得点率のデータの利用に同意した。

この結果、前年度の運用と比較して前回の学習からの間隔が 24-48 時間 (1-2 日) 空いている学習履歴の割合が大きく増加するという結果が得られた。(図 5) また、アンケートで学習間隔に応じて得られる得点が変わることについて自由記述形式で調査を行った結果、「時間を空けつつ、一定に行えるため、記憶の定着が良いと思う」や「間隔を開けることで分かったつもりになっている部分分が分かって良かった」など、本手法に対して肯定的な意見が多く見られた。

これを踏まえ、同じく「データベース論」の授業課題として利用されている「リレーショナルデータモデル演習システム」にも本得点計算法を導入した。導入にあたり、一つの学習項目の学習が完了したと判定される基準を、「3 問以上の正解、または 6 問以上解いた場合に直前に解いた 5 問の正答率が 60% (正解数が 3 問) 以上である」から「累積ポイントが 3.0 以上である」に変更したほか、システムにログインした時に学習者が 11 種類の学習項目から学習

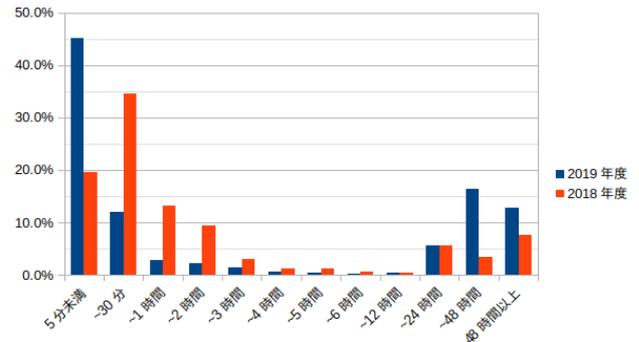


図 5 SQL 実習支援システムの 2018 年度と 2019 年度の学習間隔比較

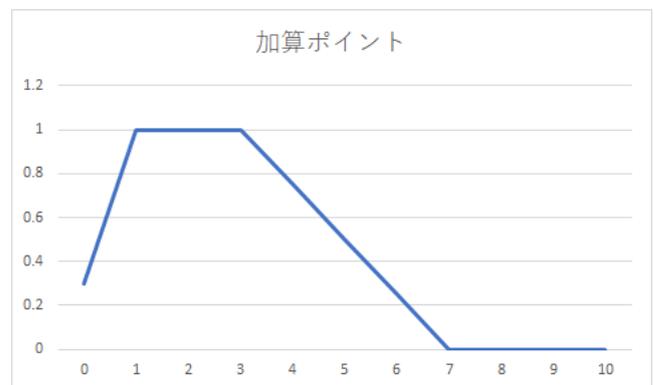


図 6 本システムにおける加算ポイントのグラフ

したい項目を選択できるようにした。加算ポイントの初期値に、日置が新たに考案し改良した手法のうちから 0.3 を採用したうえで、正答したときに得られる加算ポイントが 1.0 となるのは前回の学習から 24-72 時間 (1-3 日) 空けて学習したときとした。本システムで導入する得点計算法のグラフを図 6 に示す。

5. システムの運用と結果

5.1 運用

本得点計算法を実装したリレーショナルデータモデル演習システムを実際の授業の課題として運用評価を行った。

本システムの運用期間は 2021 年 12 月 3 日から 24 日の 21 日間とし、対象者は本学情報工学科で開講している「データベース論」の講義を受講している 2 年次を中心とした学生とした。なお、学習者は運用開始より前に、リレーショナルデータモデルに関する説明を「データベース論」の講義内で受けている。

運用の結果、データの研究利用に同意した 59 名分の学習履歴が得られた。また、システムの運用終了後にはデータの研究利用に同意した学習者を対象にアンケートを実施し、44 名からの回答を得た。なお、2022 年 2 月 8 日に定期試験を実施したが、その結果は集計時期の関係上、本予

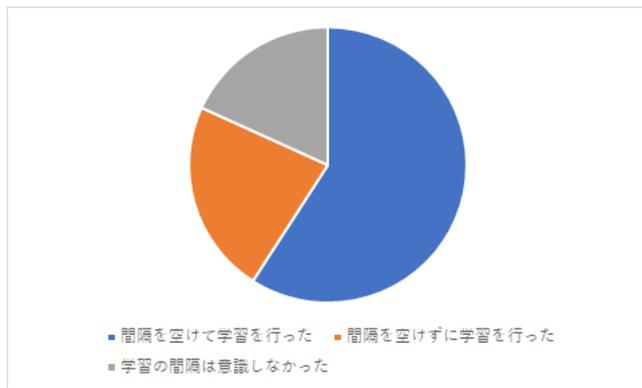


図 7 学習間隔に関するアンケート結果

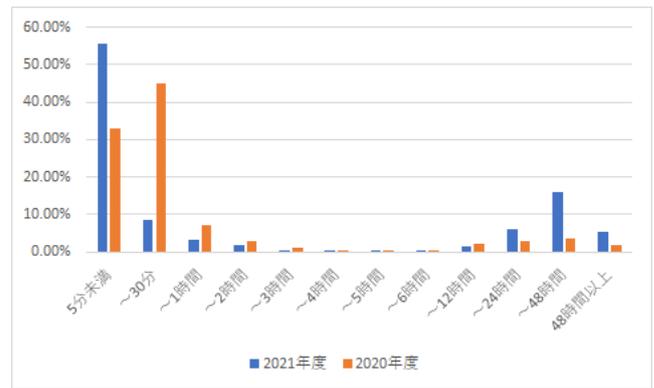


図 8 2020 年度と 2021 年度の学習間隔の比較

表 1 2020 年度と 2021 年度の運用結果の比較

	2020 年度	2021 年度
学習者数 (人)	56	59
総問題数 (問)	2689	4261
一人あたりの出題数 (問)	48.0	72.2

稿では扱わない。

5.2 結果

表 1 は 2020 年度と 2021 年度の運用結果の比較である。一人あたりの出題数は 2020 年度の 48.0 問から 2021 年度は 72.2 問となり、50.4%の増加となった。

一人当たりの出題数が増加したことについて、考えられる理由としては、一度問題を解くと、正答したかどうかにかかわらずその学習項目の学習間隔が 0 に戻ってしまい、誤答した直後に正解したとしても獲得できるポイントが 0.3 にとどまってしまうため、学習項目の学習が完了したと判定される水準に届くまでに多くの出題回数を要してしまったり、運用が終了する直前に駆け込みで間隔を空けずに学習することですべての学習項目の学習を完了させたものがいたりしたことである。

システム運用後に行ったアンケートで、「このシステムでは学習間隔に応じて得られる得点が変わりますが、あなたはどのように学習を進めましたか」と調査した結果、回答者のおよそ 60%にあたる 26 名が「間隔を空けて学習を行った」と回答した。一方、「間隔を空けずに学習を行った」と回答した者が 10 名、「学習の間隔は意識しなかった」と回答した者が 8 名いた。(図 7)

また、学習間隔に応じて得られる得点が変わることについて自由記述形式で調査した結果、「忘却曲線を考えるととてもいいと思う」や「間隔をあけて学習することで定着しやすくなる」、「やる気につながる、一度に終わらせたりしないで継続的な学習をしようと思える。」など、本手法に対して肯定的な意見が多く寄せられた。

5.3 学習間隔の調査

本得点計算法を導入したことにより学習者の学習間隔が変化したかどうかを検証する。図 8 は 2020 年度と 2021 年度の学習間隔を集計しグラフ化したものである。このグラフを見ると、前回の学習からの間隔が 24-48 時間つまり 1-2 日空いている学習履歴が大きく増加していることがわかる。また、得られる得点が 1.0 点に近づく、前回の学習から 12-24 時間空いている学習履歴も増加していることがわかる。よって、学習効果が高いとされている学習者の間隔を空けた反復学習を促すことは、リレーショナルデータモデル演習システムにおいても達成できたのではないかと筆者は考えている。

なお、前回の学習からの間隔が 5 分未満となっている学習履歴も増加しているが、これは先述したように運用終了直前に駆け込みで集中的に学習した者がいたことや、アンケート回答者の 40%程度に上った、間隔を空けずに学習したり間隔を意識しなかったりした者の学習履歴があることが影響していると考えられる。

6. まとめ

本研究では、筆者らが開発を行っている学習間隔に応じた得点計算法をリレーショナルデータモデル演習システムに導入し、運用を行った。

本得点計算法導入前である 2020 年度と比較すると、前回の学習からの間隔が 1 日から 2 日である学習履歴が大きく増加するなど、学習者が間隔を空けて本システムを利用していることが見えた。この点から学習者の間隔を空けた反復学習を促すという目的は達成できたと言える。

また、学習者一人あたりの総問題数は 2020 年度と比較して 50.4%増加した。これは、誤答した学習項目の学習間隔がそのたびに 0 に戻ってしまうことで学習項目の学習が完了したと判定される水準になかなか到達できない結果、到達までに多くの回数を要していたり、運用終了直前に駆け込みで間隔を空けずに学習した者がいたりしたことが影響を与えたと考えている。

今後は、システムの運用を続けさらなるデータの集計を行いたいと考えている。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21K12171 の助成を受けたものです。また本学情報工学科の学生の協力を得ました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 谷口岳紀, 岡田信一郎, “効果的な反復学習のための学習間隔に応じた得点計算方法の検討と Android タブレットを用いた検証”, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-CE-131, No.5, pp. 1-7, 2015.
- [2] 日置千仁, 岡田信一郎, “効果的な反復学習を促す得点計算法の学習失敗への対策とその検証”, 情報処理学会研究報告, vol.2018-CE-146, no.2, 2018.
- [3] 水野りか, “効果的な分散学習に関する認知心理学的知見の CAI への応用-遠隔教育用 CAI への適用とシミュレーションによる実証-”, 信州大学工学部紀要 83, pp.1-10, 2000.
- [4] 松浦執, “分散型反復学習アドバイスを活用した e-learning による初等物理の学習促進”, 論文誌 IT 活用教育方法研究, vol.8, no.1, pp.16-20, 2005.
- [5] 石川大輔, 岡田信一郎, “学習間隔に応じた得点計算法の運用評価-SQL 実習支援システムへの適用-”, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-CE-153, No.11, pp.1-6, 2020.
- [6] 岡田信一郎, 阿部孝昭, 山縣大輔, “リレーショナルデータモデル演習システムのための正規化問題生成機能の開発と運用評価”, 情報処理学会研究報告, Vol.2017-CE-138, No.17, pp. 1-7, 2017.
- [7] 田島新, 岡田信一郎, “リレーショナルデータモデル演習システムのための正規化問題生成機能の改良”, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-CE-159, No.18, pp.1-3, 2021.
- [8] 長瀧寛之, 中野由章, 野部緑, 兼宗進, “データベース操作の学習が可能なオンライン学習教材の提案”, 情報処理学会論文誌, vol.55, no.1, pp2-15, 2014.