

SQL 実習支援システムにおける 反復学習回数削減法の実装と評価

高橋 正行¹ 岡田信一郎²

概要：筆者らは問題生成機能、正誤判定機能を備えた学習支援システム『SQL 実習支援システム』の開発と運用を行っている。しかし 2015 年度に得られたシステム利用後のアンケート結果では一人当たり約 100 問の問題数を多いと感じた学生が多かった。そこで、システムにおける必要以上の反復を削減する方法について検討し、学習内容が包含関係にある学習項目の反復学習回数を削減するための正答率計算法の適用を提案した。2016 年度に提案手法を実装した上で実際の授業における運用を行ったため、本稿ではそれらに評価結果を加えて報告する。

Implementation and Evaluation of a Method of Reducing Redundant Repetition Question for the SQL Exercise System

TAKAHASHI MASAYUKI SHIN-ICHIROU OKADA

1. はじめに

近年、情報システムの普及、とくに Web サービスの発達は著しく、それらのデータ管理を行うデータベースの重要性も増す一方である。オブジェクト指向や XML、いわゆる NoSQL と呼ばれるデータモデルも広く用いられるようになってきているが、現在でもデータベースの主流はリレーショナルデータモデルに基づくリレーショナルデータベースである。情報分野を専門とする技術者にとって、リレーショナルデータベースとその操作言語 SQL の学習は避けて通ることができない。

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[1] などが提案されている。sAccess はデータベース初学者、とくに情報を専門としない学習者を対象としており、データベース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ため、テーブルへの操作が直観的に理解しやすことが特徴といえる。

一方、情報分野を専門とする技術者は SQL を道具として使いこなせなければならない。SQL の複雑さはプログラミング言語に近く、プログラミング言語のように実習や演習による反復学習による習得が必要と筆者らは考えている。しかし、大学などの教育機関では、情報分野を専門とする学部や学科であっても、限られた年数で様々な技術を学ばなければならないため、SQL の学習に長い時間を割くことは難しい。そのため、学習者の自習による反復が重要となる。

そこで筆者らは、問題生成、正誤判定機能を供えた「SQL 実習支援システム」を開発し、2010 年度より実際の授業で運用を行っている [2]。SQL 実習支援システムは後述の教授戦略に基づき、学習者に適した学習項目 (SQL の文法) を自動選択し、問題生成、学習者へ出題を行う。2015 年度の実績では、76 名の学習者に対して 5178 種類の問題を生成し、一人当たり 102 問の出題を行っている。反復学習のために数多くの問題を出題する目的は達成していると考え

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

られる。

筆者らは次に実現すべき目標として、学習の効率化を検討した。SQLは学習項目間で重複する文法が多く、例えば「SELECT」句は多くの学習項目で重複する。そこで、重複する句を含む学習項目の出題回数を減らすことでより効率良く学習を行える可能性を検討、出題数を減らすための正答率計算法をシステムに実装し、運用による検証を行った。本稿ではそれらの検討、運用による検証結果を報告する。

2. SQL 実習支援システムについて

SQL 実習支援システムは、SQL の基礎問題を繰り返し学習し、確実に身につけるためのシステムである。44 の学習項目から学習者の理解状況にあった学習項目を選択し、問題を自動で生成して出題する。学習者は解答となる SQL 文を入力・実行することができ、その解答はシステムによって自動で正誤判定される。本システムは Web 上で利用可能であり、いつでも学習することができる。これによって、学習者は自らのペースで多数繰り返し学習することができ、指導者は問題作成と採点をする負担が軽減される。図 1 に本システムの表示画面の例を示す。

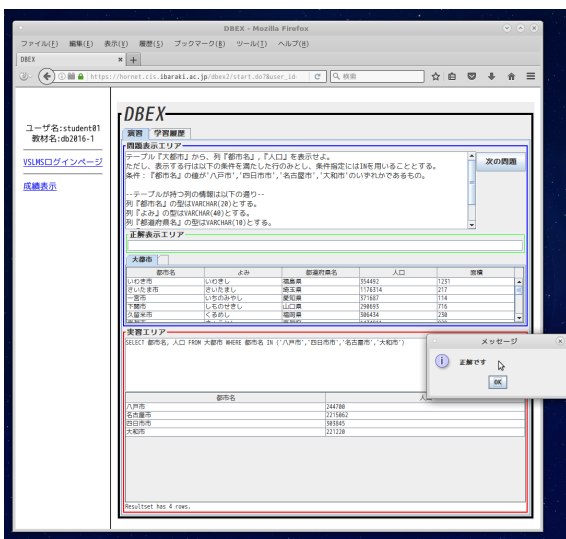


図 1 SQL 実習支援システムの表示画面例

なお、本システムは以下の機能で構成される。

(1) 学習項目決定機能

学習者ごとの学習進度に応じて、次に学習すべき学習項目を推論し、決定するための機能。

(2) 類題生成機能

学習項目決定機能から渡された学習項目と、サーバー上のサンプルテーブルデータを参照し、問題文と正解例を生成する機能。

(3) SQL 実行機能

タブレット上で学習者が実際に SQL を入力し、デー

タベースを操作できる機能。

(4) 正誤判定機能

類題生成機能から渡された正解例と、学習者から受け取った解答を比較し、正誤判定を自動で行う機能。自動で正誤判定できない場合は指導者へ判定を依頼する。

(5) 学習履歴管理機能

正誤判定機能から渡された学習者の解答や判定結果といった学習情報を、データベースへと保存する機能。

本システムは茨城大学工学部情報工学科の科目『データベース論』で 2010 年度から課題として運用されており、現在はさらに最適化するための改良を行っている。

3. 学習項目間の内容重複

本システムには教授戦略と呼ばれる学習の順序が存在し、その順序に沿って学習項目から出題してきた。図 2 に現在のシステムで使用されている教授戦略を示す。

また、従来のシステムでは、それぞれの学習項目ごとに

- (1) 2 問以上の問題を解く。
- (2) 正答率が 60% 以上となる。
- (3) 出題数が 5 問より多くなった場合は、新しいものから 5 問で (2) を満たす。

の条件を満たし、その学習項目に合格しなければ次の学習項目へは進めないものとし、学習項目間の関係は出題する順序のみを考慮してきた。図 3 に合格するための条件と、次の学習項目へ進むための条件を示す。

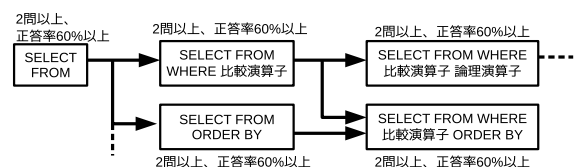


図 3 学習項目の合格条件と次の学習項目への遷移条件

しかし図 3 で示す「SELECT FROM」の学習内容は「SELECT FROM WHERE 比較演算子」などに含まれており、「SELECT FROM WHERE 比較演算子」を学習したときはその中で使用している「SELECT FROM」も同時に学習しているはずである。例えば図 2 の教授戦略の中の「SELECT FROM」は 30 の学習項目に含まれており、最低でも 62 回の繰り返しになる。同様に「SELECT FROM WHERE 比較演算子」は 10 の学習項目で含まれており、最低でも 22 回の繰り返しになる。ここでは学習者が過剰な反復を行っている可能性がある。

「SELECT FROM」の学習項目は 1 回は正解する必要があるものの、2 回目以降の学習は「SELECT FROM WHERE 比較演算子」などで代替が可能であると考えら

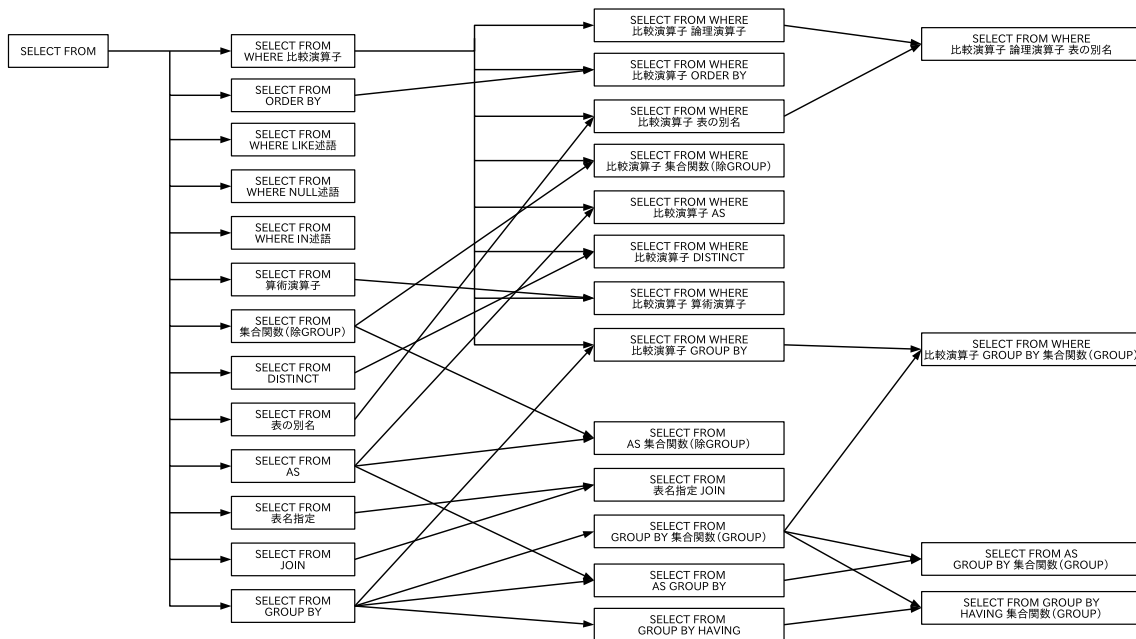


図 2 教授戦略 (SELECT FROM を使用しているものを抜粋)

れる。また、さらに「SELECT FROM WHERE 比較演算子」は「SELECT FROM WHERE 比較演算子 ORDER BY」に包含されていると考えていくと、全 44 項目中、24 項目は他の学習項目に包含されている。これらの学習項目では反復回数を削減できる可能性があると考えた。

4. 2015 年度における運用結果

以上を踏まえて 2015 年度の学習履歴とアンケート結果を確かめる。

2015 年度は 10 月 27 日から 11 月 20 日の 25 日間で SQL 実習支援システムの運用を行っており、学習履歴の研究利用に同意した学習者から 76 人分の学習履歴を得た。結果は表 1 に表す通り、総問題数が 7751 問で、一人当たり約 102.0 問、平均合格項目数は 41.7 項目であった。

表 1 2015 年度の集計結果

集計結果	2015 年度
学習者数 (人)	76
総問題数 (問)	7751
一人当たりの出題数 (問)	102.0
平均合格項目数 (項目)	41.7

同じく研究利用に同意した学習者を対象としたアンケート結果から「問題数は適切でしたか?」という設問を抜粋したものが表 2 で、回答者の 51.0%が多かったと回答し、47.1%がちょうど良かったと回答している。

これは、問題数が多かったと回答した学習者が回答者全体の半数を超えていたことを示しており、この点からも削減の意義はあると考えられる。

表 2 2015 年度のアンケート結果

アンケート結果	2015 年度
問題数が多かったと回答した学習者 (%)	51.0
問題数がちょうど良かったと回答した学習者 (%)	47.1

5. 反復回数削減法の概要

そこで、例えば「SELECT FROM」で一度正解した後は、学習内容が包含関係にある学習項目を包含関係にしたがつて、正答率計算の範囲に含めるという反復回数削減法を検討した。

図 4 は提案手法における学習項目の合格条件と次の学習項目への遷移条件である。

本手法では、例えば「SELECT FROM WHERE 比較演算子」に正解した場合は「SELECT FROM」も正解したものとみなし、「SELECT FROM WHERE 比較演算子 ORDER BY」に正解した場合は「SELECT FROM WHERE 比較演算子」と「SELECT FROM ORDER BY」、「SELECT FROM」も正解したものとみなす。

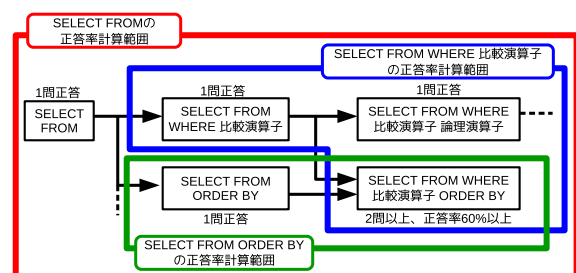


図 4 提案手法における正答率計算範囲の例

まず、実際に運用する前に 2015 年度の学習履歴を使用

表 4 学習履歴の例 (一部抜粋)

出題された学習項目	正誤	SELECT FROM	SELECT FROM DISTINCT	SELECT FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT
SELECT FROM	×	0		
SELECT FROM	○	0.5		
SELECT FROM	○	0.66(clear)		
SELECT FROM DISTINCT	×		0	
SELECT FROM WHERE 比較演算子	○			
SELECT FROM DISTINCT	○		0.5	
SELECT FROM DISTINCT	○		0.66(clear)	
FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT	○			1.0
FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT	○			1.0(clear)

表 5 学習履歴の例 (一部抜粋) の検証

出題された学習項目	正誤	SELECT FROM	SELECT FROM DISTINCT	SELECT FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT
SELECT FROM	×	0		
SELECT FROM	○	0.5		
SELECT FROM (削除)	-	-	-	-
SELECT FROM DISTINCT	×	0.33	0	
SELECT FROM WHERE 比較演算子	○	0.5		
SELECT FROM DISTINCT	○	0.66(clear)	0.5	
SELECT FROM DISTINCT (削除)	-	-	-	-
FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT	○		0.66(clear)	1.0(正答数不足)
FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT	○			1.0(clear)

して、この反復回数削減法の検証を試みた。検証の方法は、二つの手順に分けて行った。例えばサンプルとして用意した表 4 のような架空の学習履歴の場合、一問正答した学習項目は出題されないため、3 問目の「SELECT FROM」と 7 問目の「SELECT FROM DISTINCT」の履歴を予め削除することで、表 5 のように学習履歴を作り直した。ただし、9 問目の「SELECT FROM WHERE 比較演算子 DISTINCT」を包含している学習項目はないので、削除していない。次に、作り直した学習履歴を本手法の正答率計算範囲を用いて再計算した。結果、76 人分 7751 問 (一人当たり 102 問) の学習履歴から問題数 5725 問 (一人当たり 75.3 問) の学習履歴となり、26% の削減となった。一方、合格項目数は-10 から+2 の範囲で増減はあったものの、平均では 41.67 項目から 41.72 項目となり、ほとんど変化がなかった。以上のことから、反復回数削減法を適用しても全ての学習項目に充分合格可能であると考えた。[3]

表 3 2015 年度の学習履歴を元にした検証結果

集計結果	2015 年度
学習者数 (人)	76
総問題数 (問)	7751
一人当たりの出題数 (問)	102.0
平均合格項目数 (項目)	41.2

なお、検証の際に全ての学習項目に合格できない可能性がある学習の順序がある。例えば、学習項目 A に一度だけ正答し、A と A を包含する学習項目 B と C 以外は合格している状態を考える。(図 5)

図 6 の順序で正誤判定された場合、B と C の学習項目は新しいものから 5 問のうち、3 問に正解しているので合格となるが、A の学習項目はその条件を満たさず合格となら

ない。よって、B と C に包含された学習項目である A が B と C の学習項目に合格した後も合格していない可能性があった。そこで全ての学習項目に合格していることを常に確かめ、合格していない学習履歴があった場合は出題することにした。

6. 実装と 2016 年度の運用結果

2016 年度は提案手法を SQL 実習支援システムに実装した [4]。

また、2016 年 10 月 25 日から 11 月 18 日の 25 日間で運用を行い、学習履歴の研究利用に同意した学習者から 47 人分の学習履歴を得た。表 6 は、運用で得られた学習履歴の一部である。この表から、各学習項目が提案手法に従って合格判定されている様子が確認できる。集計結果は表 7 で示すように、総問題数が 3411 問、これは一人当たり約 72.6 問となり、平均合格項目数は約 41.2 項目であった。

表 7 2016 年度の集計結果

集計結果	2016 年度
学習者数 (人)	47
総問題数 (問)	3411
一人当たりの出題数 (問)	72.6
平均合格項目数 (項目)	41.2

また、システムの運用後に実施したアンケートの結果は表 8 で示す通りで、問題数が適切であったかという設問

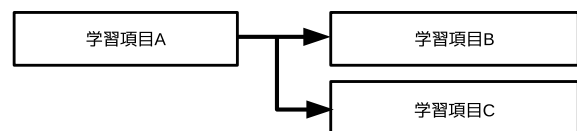


図 5 全ての学習項目に合格できない可能性がある学習項目の関係

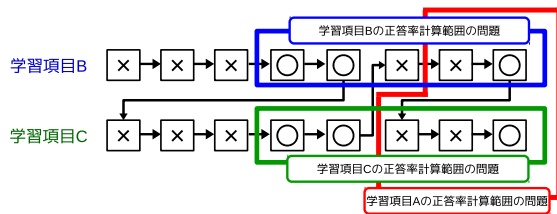


図 6 学習項目 A に合格できない可能性がある解答順序

に対して、回答者の 24.3% が多かったと回答し、75.7% がちょうど良かったと回答している。

表 8 2016 年度のアナケート結果

アンケート結果	2016 年度
問題数が多かったと回答した学習者 (%)	24.3
問題数がちょうど良かったと回答した学習者 (%)	75.7

7. 評価

表 9 は 2015 年度と 2016 年度の運用結果の比較である。一人当たりの出題数は 102.0 問から 72.6 問となり、2016 年度は 2015 年度の運用結果から 29% の減少であった。一方、平均合格項目数は 2015 年度は 41.7 項目であったが、2016 年度は 41.2 項目とほとんど同じであった。また、システムの利用後に行ったアンケートでは、問題数が適切であったかという設問に対して、2015 年度は回答者の 47.1% がちょうど良かったと回答しているが、2016 年度は 75.7% がちょうど良かったと回答している。また、問題数が少なかったと回答した学習者は 2.0% から 0.0% とほとんど変わらなかった。

システム利用後から 2 ヶ月程度が経過した後に行った定期試験の SQL に関する問題の成績は表 10 で示す通りであった。2015 年度は 2016 年 2 月 9 日に実施し、77.0% であったのに対し、2016 年度は 2017 年 2 月 7 日に実施し、

78.1% と大きな変化は見られなかった。

よって、今回実装した反復回数削減法によって

- 学習回数の削減に成功した。
- 合格した学習項目数に変化は見られなかった。
- 定期試験の結果に大きな変化は見られなかった。

という点から、学習効果を下げずに、反復回数削減に成功したと言える。

8. まとめ

本稿では、筆者らが開発・運用している SQL 実習支援システムに対し、2015 年度に提案した反復回数削減法を適用し、運用結果を報告した。29% の出題数削減に成功したが、合格した学習項目数と定期試験には大きな変化が見られず、学習効果を下げないままに削減に成功した。この手法を用いても合格項目数に大きな変化はないことが確認できた。今後は成績評価を確認した上で運用を繰り返し、削減の影響を確かめる必要がある。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 松本拓也, 岡田信一郎, 石井智佳, 柿沼有希: SQL 実習支援システムのための教授戦略生成法, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-CE-108, no.4(2011).
- [3] 高橋正行, 岡田信一郎: SQL 実習支援システムのための反復学習回数削減法の検討, 2016 年電子情報通信学会総合大会, D-15-37(2016).
- [4] 高橋正行, 岡田信一郎: SQL 実習支援システムにおける反復学習回数削減法の実装と運用, 2017 年電子情報通信学会総合大会, D-15-5(2017).

表 6 提案手法が動作している学習履歴 (抜粋)

出題された学習項目	正誤	SELECT FROM	SELECT FROM WHERE IN 述語	SELECT FROM WHERE 比較演算子
SELECT FROM	×	0		
SELECT FROM	○	0.5		
INSERT INTO	○			
SELECT FROM WHERE IN 述語	×	0.33	0	
SELECT FROM ORDER BY	○	0.5		
SELECT FROM AS	○	0.66(clear)		
INSERT INTO INSERT の列名指定	○			
SELECT FROM WHERE 比較演算子	○			1.0(正答数不足)
中略				
SELECT FROM WHERE 比較演算子 ORDER BY	×			0.5
中略				
SELECT FROM WHERE 比較演算子 AS	×			0.33
SELECT FROM WHERE 比較演算子 集合関数 (除 GROUP)	○			0.5
SELECT FROM WHERE 算術演算子	○			
SELECT FROM WHERE 比較演算子 ORDER BY	○			0.66(clear)
中略				
SELECT FROM WHERE IN 述語	○		0.5	
中略				
SELECT FROM WHERE IN 述語	○		0.66(clear)	

表 9 2015 年度と 2016 年度の運用結果の比較

集計及びアンケート結果	2015 年度	2016 年度
学習者数 (人)	76	47
総問題数 (問)	7751	3411
一人当たりの出題数 (問)	102.0	72.6
平均合格項目数 (項目)	41.7	41.2
問題数が多かったと回答した学習者 (%)	51.0	24.3
問題数がちょうど良かったと回答した学習者 (%)	47.1	75.7
問題数が少なかったと回答した学習者 (%)	2.0	0.0

表 10 定期試験における得点率の比較

成績評価	2015 年度	2016 年度
学習者の平均得点率	77.0	78.1