

# 学習者の正答率と問題の関連性によって出題率が変化する理科学習システムに関する研究 －気体の発生と性質を例として－

長崎県立大学 情報システム学部 情報システム学科 BS118038 宮崎里穂

## 1. まえがき

新型コロナウイルスの感染拡大により、多くの教育機関で ICT の活用が活発化している。また、文部科学省は、教育の質の向上や教員の業務負担軽減に向け、ICT の活用を積極的に求めている[1]。

現在活用されている学習システムに「eboard」がある[2]。このシステムには、ゲーム感覚で学習できる多岐選択式の学習システムが備わっている。しかし、このシステムは、学習者の回答状況にかかわらず、順番、もしくはランダムに出題される。学校で教師が生徒を指導する際は、生徒が間違った部分を重点的に解かせることによって理解を深めるような指導を行う。そこで、本システムにも理解度の低い問題を頻繁に出題して学習者の理解を深めるような仕組みを導入した。

本研究では、中学理科「気体の発生と性質」に関する多岐選択式の学習システムの中に、学習者の理解度によって出題率が変化する要素を組み込んだシステムを提案し、学習システムとして有効か検証を行った。

## 2. システムの構成

### 2.1 システムの概要

システムを起動すると図 1 の学習画面が表示される。図 1 中の②は問題文を、図 1 中の③は問題文に対する回答の選択肢を示す。学習者は正答だと思う選択肢を選び、クリックすることで回答する。回答すると図 1 中の⑤、⑥、⑦が表示される。図 1 中の⑤は 1 つ前に回答した問題の問題文を示す。図 2 中の⑥は 1 つ前の問題に対する学習者の回答の正誤と、解答を示す。学習者の回答の正誤については、正答であれば○、誤答であれば×が表示される。図 1 中の⑦は 1 つ前の問題に対する解説を示す。

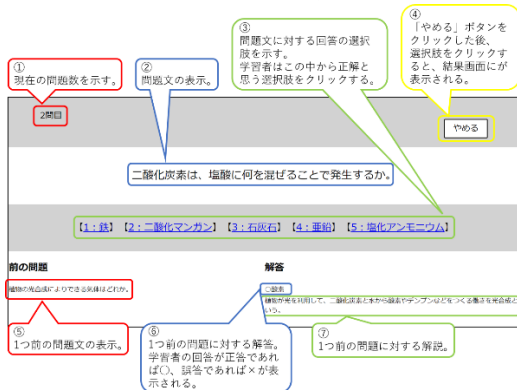


図 1 学習画面。

## 2.2 問題生成手法

本システムで出題される全ての問題には、棄却率の値を持たせている。棄却率とは問題に対する学習者の理解度の指数であり、1 から 100 の数値で表す。棄却率は、学習者が正答したか、誤答したかによって算出される。学習者が問題を解く度に棄却率を算出し、棄却率によって出題率を変化させた。この手法を「棄却率生成アルゴリズム」と呼ぶ。棄却率が低くなった問題は理解度が低くなったと判断し、棄却率が高くなった問題は理解度が高くなったと判断することができる。「棄却率生成アルゴリズム」を多岐選択式の学習システムに組み込むことで、学習者の理解度の低い問題は何度も出題し、理解度の高い問題の出題頻度を下げることができると考えた。

### 2.2.1 問題の格納方法

問題が格納されている状態を表 1 に示す。問題は二次元の配列に格納されている。表の中は格納されている問題の番号を示し、「-」は問題が格納されていないことを示す。同じ行・列には類似した問題が格納されている。例えば、2 列目には各気体の収集方法に関する問題が格納されているため、問題 2、問題 7、問題 12、問題 16、問題 21、問題 25 は関連のある問題といえる。

表 1 問題の格納方法。

	発生方法	収集方法	化学式	自然との関わり	日常での関わり
酸素	問題1	問題2	問題3	問題4	問題5
二酸化炭素	問題6	問題7	問題8	問題9	問題10
水素	問題11	問題12	問題13	問題14	問題15
窒素	-	問題16	問題17	問題18	問題19
アンモニア	問題20	問題21	問題22	問題23	問題24
塩素	-	問題25	問題26	問題27	問題28

### 2.2.2 棄却率生成アルゴリズム

棄却率が格納されている状態を表 2 に示す。棄却率は二次元の配列に格納されている。表の中は、表 1 の各問題に対する棄却率を示している。「-」は棄却率が格納されていないことを示す。学習システムでは、棄却率の低い問題が優先的に出題される。

学習者の回答状況によって変化する棄却率の様子を表 2 から表 4 に示す。棄却率が変化する前の各問題の棄却率を表 2 に示す。表 2 では、網掛けで示された棄却率 70 の問題 8 が最も棄却率が低い。よって学習システムでは二酸化炭素の化学式に関する問題である、問題 8 が出題される。

表2 変化前の棄却率。

	発生方法	収集方法	化学式	自然との関わり	日常での関わり
酸素	72	80	78	96	77
二酸化炭素	71	74	70	76	75
水素	84	94	80	92	88
窒素	-	87	76	86	81
アンモニア	90	82	73	91	95
塩素	-	93	80	85	92

出題された問題 8 に正答した場合、棄却率は表 3 のように変化する。網掛けで示している問題 8 の棄却率のみが上昇し、それ以外の棄却率は変化しない。また、正答した問題の棄却率は「元の棄却率+20」で求められる。表 2、表 3 の場合、問題 8 の元の棄却率は 70 のため、「70+20=90」という計算結果により、棄却率は 90 に変化する。

表3 正答した場合。

	発生方法	収集方法	化学式	自然との関わり	日常での関わり
酸素	72	80	78	96	77
二酸化炭素	71	74	90	76	75
水素	84	94	80	92	88
窒素	-	87	76	86	81
アンモニア	90	82	73	91	95
塩素	-	93	80	85	92

出題された問題 8 に誤答した場合、棄却率は表 4 のように変化する。まず、①で示した問題 8 の棄却率が減少する。また、問題 8 は二酸化炭素の化学式に関する問題である。問題 8 に誤答した場合、学習者の苦手分野は「二酸化炭素の特徴」と「各気体の化学式」であると考えられる。学習者の苦手分野の出題率を上昇させるため、網掛けで示した「二酸化炭素」と「化学式」に関する問題である、問題 3、問題 6、問題 7、問題 8、問題 9、問題 10、問題 13、問題 17、問題 22、問題 26 の棄却率が減少する。誤答した問題の棄却率と、誤答した問題と関連する問題の棄却率は「元の棄却率×0.8」という計算で求められる。小数点以下の数字が出た場合は切り捨て、整数で表す。表 3、表 4 の場合、問題 8 の元の棄却率は 70 のため、「70×0.8=56」という計算結果により、棄却率は 56 に変化する。

表4 誤答した場合。

	発生方法	収集方法	化学式	自然との関わり	日常での関わり
酸素	72	80	62	96	77
二酸化炭素	56	59	① 56	60	60
水素	84	94	64	92	88
窒素	-	87	60	86	81
アンモニア	90	82	58	91	95
塩素	-	93	64	85	92

### 3. 評価

#### 3.1 調査方法

本システムの有効性を確かめるためにアンケート調査により評価を行った。被験者は 18~22 歳の大学生である。

#### 3.2 アンケート項目

表 5 にアンケート項目を示す。

表5 アンケート項目。

質問	質問事項
質問 1	本システム使用前、中学理科「気体の発生と性質」について学習したことがありましたか。
質問 2	本システムを使用後、中学理科「気体の発生と性質」について理解できましたか。
質問 3	あなたが正解した問題と関連のある問題が何度も出てきたと思いますか。
質問 4	あなたが間違えた問題と関連のある問題が何度も出てきたと思いますか。
質問 5	あなたが間違えた問題が出てくる頻度はどうでしたか。
質問 6	本システムは中学理科「気体の発生と性質」の学習に役立つと思いますか。
質問 7	本システムは使いやすかったですか。
質問 8	中学理科「気体の発生と性質」以外の学習手段として、本システムは有効だと思いますか。
質問 9	その他意見・感想等ありましたらお書きください。

### 3.3 アンケート結果

質問 4 の結果、21 名中 19 名が「思う」、2 名が「少し思う」と回答した。この結果から、「間違えた問題と関連性のある問題の出題頻度を上げる」という棄却率生成アルゴリズムの効果が認められた。質問 6 の結果、21 名中 15 名が「思う」、6 名が「少し思う」と回答した。この結果から、本システムは中学理科「気体の発生と性質」の学習に役立つことがわかった。質問 8 の結果、21 名中 16 名が「思う」、4 名が「少し思う」と回答した。この結果から、本システムは中学理科「気体の発生と性質」以外の学習にも役立つことが分かった。

### 4. あとがき

本研究では、中学理科「気体の発生と性質」に関する多岐選択式の学習システムの中に、学習者の理解度によって出題率が変化する要素を組み込んだシステムを提案し、アンケート調査によりその有効性が確認できた。

しかしながら、間違えた問題を出題する頻度についてはさらに調節する必要があると考えているが、これについては今後の課題としたい。

### 参考文献

- [1]文部科学省ホームページ、地方自治体のための学校の ICT 環境整備推進の手引き、  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1412284.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1412284.htm)(2022/01/28)  
 [2]eboard、<https://info.eboard.jp/>(2022/01/28)