

環境教育への学習者適応型学習支援システムの適用

An Application of Adaptive Learning Support System to Environmental Education

豊田 寿行・名古屋 孝幸

TOYOTA Toshiyuki, NAGOYA Takayuki

和文要旨：本研究の目的は学習者適応型学習支援システムを環境教育へ適用し、その評価を行うことである。学習者適応型学習支援システムを適用する利点は、ひとつは遺伝的アルゴリズムを教育内容の出題に導入して、学習者が効率的に学習することを促すこと、さらに、管理者が学習者の学習データを容易に収集することを可能にするという2点である。学習データの収集は学習者の学習内容を決定するためにも有効であるとともに学習データから有益な知見を得ることが可能となる。本研究では学習データから環境教育の分類および年齢区分に応じた正答率データを分析するとともに学習者にアンケートを実施することで環境教育へ適用した学習者適応型学習システムの可用性の評価を実施した。

【キーワード】 環境教育、学習者適応型学習支援システム、e-learning、アンケート

Abstract : The main purpose of this paper is that we apply and evaluate an adaptive learning support system to environmental education. By using this system, there are two advantages that the learners are able to obtain knowledge on environment efficiently and that the administrator acquires useful data of the learners easily. Also, it is possible for the administrator to collect valuable information from the data of the learners in order to determine the learning contents. In this research, we analyze the data of learners and estimate the availability of adaptive learning support system to environmental education.

【Keywords】 environmental education, adaptive learning support system, e-learning, questionnaire

1. はじめに

鳥取県は環境を重視した地域づくりである「環境立県」を推進している。地方自治体として環境を重視して、県民の課題として位置づけ、県の施策としてこの環境立県を強く推進しているといつて過言ではない。その実現のための方策として環境に関する様々な取り組みを行っている。表1-1にこれまでの鳥取県の環境立県の取り組みをまとめる[1]。

鳥取県は1999年3月に鳥取県環境基本計画を策定し、2000年に鳥取県庁 ISO14001の認証を取得した。また、2002年に県独自の認定制度である鳥取県版環境管理システム認定制度である Tottori prefecture Environmental Audit and Scheme (TEAS(テス)) を全国の都道府県に先駆けて創設し、環境負荷低減のための環境配慮活動

を推進している。そして、多くの中小企業、県民に環境問題への取り組みのきっかけとなる取り組みを行っている。

さらに、2005年には「鳥取県環境基本計画」を改定して、環境分野において重点的に推進する11項目についての目標および具体的な施策を明確にした。この目標および具体的な施策を鳥取県環境立県アクションプログラムという。その施策のひとつである環境教育・学習の推進に関して、「環境教育・学習参加者を20万人にします」という具体的な目標を掲げ、2007年に環境教育・学習参加者が244,305人となり、目標を達成した。

そこで、鳥取県は環境立県を推進していくにあたり、環境に対する関心から新たなフェーズに進むべき段階であると考え。環境教育は関心をもち、理解を深め、行動するサイクルが重要である。さらに、このサイクルに

おける新たなフェーズである理解を深める段階に進むべきであると考え。したがって、より環境に対する理解を深めるために環境教育のさらなる定着を目指す必要があるといえる。

本研究の目的は環境教育の定着のために田淵らの提案した学習者適応型学習支援システム[2]を環境教育へ適用して、その効果を評価することである。その際に複雑多岐にわたる環境教育を整理して、分類することによって、この学習者適応型学習支援システムに適用する。この学習者適応型学習支援システムを活用することによって、ユーザは学習の習熟に応じて学習が不十分な内容が出題されるため効率的な学習が可能となる。また、田淵らが提案した学習者適応型学習支援システムは情報技術を用いて学習する e-learning において、インターネット経由の WEB サービスを提供する方式を採用している。そして、ユーザは環境に関する繰り返し問題に取り組み、その回答・解説から自学研鑽できるシステムになっている。

同時に、学習者を年齢により分類して、各年齢区分の学習データを取得することが可能である。環境教育の内容は学習者の年齢によって学習内容に変化が必要である。たとえば、小学校においても学年によって環境教育で学ぶ内容が異なっている。さらに、環境教育では年齢に加えて地域的に内容が異なる必要がある。つまり、環境教育の学習内容は年齢に応じた学習内容の設定と地域に適合させることも重要である。ここで、本研究では年齢区分に応じて学習内容が変化する田淵らが提案した学習者適応型学習支援システムを適用する。それによって、各年齢区分の正答率等のデータを取得することが可能となり、そのデータを統計的に分析することが可能となる。その結果を分析することによって、環境教育をより効率的に行うための学習指針などの検討が可能であると考え。

2. 環境教育

本章では、環境教育の定義、日本における環境教育の変遷をまとめるとともに本研究で取り扱う環境教育の範囲を明確にし、その際に年齢に着目して研究を進めるための本研究における年齢区分を定義する。

2.1 用語としての環境教育

阿倍[3]によれば、環境教育 (Environmental Education) を世界で最初に使用したのは1948年の国際自然保護連合 (IUCN) の設立総会におけるトマス・プリチャードであるといわれている。その後、環境問題が注目され、

表 1-1 鳥取県の環境立県のための取り組み

年 月	事 項
1999年 3月	「鳥取県環境基本計画」策定
1999年 3月	片山元知事が ISO14001 認証取得を宣言
2000年12月	鳥取県庁が ISO14001 取得
2001年 3月	「新エネルギービジョン」策定
2001年 4月	鳥取環境大学の開設 「鳥取県廃自動車等の適正な保管の確保に関する条例」の制定
2001年12月	「鳥取県希少野生動物の保護に関する条例」の制定
2002年 3月	「地球温暖化防止に向けたアクションプログラム」の策定
2002年 4月	「鳥取県版環境管理システム認定制度 (TEAS)」の創設
2002年 7月	「鳥取県産業廃棄物処分場税条例」の制定 鳥取県衛生環境研究所の開所
2003年 4月	地域の自立を進める「鳥取県ネッサンス運動」を展開
2004年 3月	森林環境保全税を創設する条例を可決
2004年 6月	エコアジア (アジア太平洋地域環境会議) 2004を米子市で開催
2004年 9月	「鳥取県駐車時等エンジン停止の推進に関する条例」の制定
2005年 2月	「鳥取県環境基本計画」改定 「鳥取県環境立県アクションプログラム」策定
2005年 6月	とっとり環境ネットワークの設立
2006年 4月	東・中・西部の総合事務所に生活環境局を創設 環境学習推進のために各生活環境局に環境学習コーナーを設置
2007年10月	第12回北東アジア地域国際交流・協力地方政府サミットが米子市で開催、「環境交流宣言」を採択
2008年 5月	「環境先進県に向けた次世代プログラム」策定
2008年10月	「日本一の鳥取砂丘を守り育てる条例」制定
2009年 3月	「鳥取県地球温暖化対策条例」制定

1970年に世界で初めてアメリカでつくられた環境教育法によると、環境教育を、人間を取り巻く自然および人為的環境と人間との関係を取り上げ、その中でエネルギー、人口、汚染、資源の配分とその枯渇、自然保護、運輸、技術、都市や田舎の開発計画等が環境に対してどのように関わり合いをもつかを理解させる過程であると定義している。このアメリカの環境教育法について小金井[4]が雑誌「理科の教育」において1972年3月に「公害問題と理科教育」を紹介したのが日本において環境教育が用語として最初に用いられたと考えられている。

このように用語としての環境教育は1900年代半ばから使用されてきた。しかし、アメリカですでに環境教育法が制定されていたとはいえ、国際的な環境教育の出発点は1972年のストックホルムにおける国連人間環境会議である。そして国連人間環境会議の勧告に基づき環境問題担当の国連機関が設置された。その機関は環境教育のための国際会議が開催し、1975年のベオグラード環境教育専門家会議で環境教育の意義が明確になり、環境教育の国際的規範となったベオグラード憲章が作成された。この憲章では、環境教育の目的を環境とそれに関連する問題に気づき、そのことに関心をもち、そして現在の問題の解決や新しい問題を予防のために個人や集団で働くための知識、技能、態度、動機そして参加の意欲をもつ人々の世界的な数を増やすことであるとしている。この憲章から環境教育は環境問題への関心をもち、環境に関する知識を習得し、行動する人を増加させることが環境教育であることがいえる。

2.2 総合的な学習の時間

総合的な学習の時間は小学校および中学校では2002年に、高等学校では2003年よりはじまった。教科としての位置づけではなく、体験的な学習を通して総合的な指導を行う教育活動という位置づけであった。総合的な学習の時間で扱うテーマには、環境、国際理解、情報、福祉、健康などである。また、地域や学校の特色を出すことが求められている。

小学校学習指導要領[5]によると総合的な学習の時間の目標は「横断的・総合的な学習や探究的な学習を通して、自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育成するとともに、学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的、協同的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにする」とあり、特に、学習者が主体性を持つことに主眼が置かれていることがわかる。

しかし、このような教育内容に対して熟練した教員の育成することが容易ではないことは明確であり、教育機関において、環境教育にける時間や内容は教員の熟練の度合いに依存することが考えられる。したがって、学校における環境教育は教員が環境問題に求められる背景を把握し、学校教育の中でどのように取組み実践するかが重要である。また、環境教育は学校外での活動を取り入れることや家庭や地域社会と連携して行うという観点も不可欠であると考えられる。

さらに、別の視点からの問題として、総合的な学習の

時間が2002年および2003年に開始されたことにより、教育機関において環境教育を受けている世代と受けていない世代が存在している。それに伴って、世代によって環境に対する知識および関心の格差が生じている可能性が考えられる。つまり、教育機関において総合的な学習、環境教育の効果が高いのであれば、その結果として世代間の格差が生じていると考えられる。もし仮に、環境に対する知識および関心の世代間格差があるのであれば、世代に応じて環境に関する教育および知識の習得すべき内容およびその指針は異なる必要があると考えられる。したがって、次に、環境教育に関して年齢に着目して分析を行う。

2.3 年齢に合わせた環境教育

環境教育は年齢に応じて適切な教育内容があると考えられる。たとえば、[5]の文部科学省による「小学校学習指導要領解説：総合的な学習の時間編」も年齢に合わせた学習内容を明確に示すもののひとつであるといえる。このような教育上の指針ともいうべきものが明確である場合は、当然のことながら教育内容が明確であるため教育がしやすいと考える。しかし、地域の特徴に依存した教育内容など、地域ごとに異なる内容も環境教育には含まれている。この場合、全国的に統一した指針ではカバーできない内容が存在するといえる。

一方、教育を行う上で通常の学校教育の考え方と同様に年齢に合わせた教育という考え方が必要であることはいうまでもない。しかし、本研究で適用を試みるシステムにおいても、10歳であれば、この内容を学習するといった、いわば、年齢と学習内容が1対1対応である必要はないと考える。つまり、ある年齢ごとに区分するけれども、その年齢区分に応じた学習内容を限定してデータの取得を行うのではなく、学習内容を限定せずに年齢区分に応じてデータを取得すること念頭にしている。

したがって、年齢に合わせた環境教育の内容が存在し、必要であることは明らかであるが、学習内容を年齢に応じて区分して限定することは行わない。本研究では、環境教育に関する学校教育の受講の有無などから次のように年齢区分を定める。この区分を設定する理由として、総合的な学習の時間が小学校および中学校では2002年に、高等学校では2003年より実施されたことにより、教育機関において環境教育を受けている世代と受けていない世代が存在しているため、それに伴って、年齢層によって環境に対する知識および関心の格差があると考えられる。本研究で設定する年齢層の区分を表2-2に示す。ただし、環境教育の受講の有無の境界値となる年齢は実験実

表2-2 年齢の区分

年齢区分
小学生以下
中学生および高校生
18歳～27歳
28歳～64歳
65歳以上

施時のものである。

表2-2のように、小学生以下、中学生および高校生、18歳から27歳、28歳から64歳、65歳以上の5つに分けた。小学生以下は総合的な学習の時間を受けている年齢である。中学生および高校生も総合的な学習の時間を受けている年齢である。また、高校生は総合的な学習の時間が開始されたとき小学生低学年であったことから、高校生以下は環境に関する教育を学校で受けるのが当たり前であると認識している世代であると考えている。次に、18歳から27歳は総合的な学習が小学校、中学校、高校に在学中に突然始まった世代である。一方、28歳から64歳は総合的な学習の時間を経験したことがない世代である。つまり、学校教育として環境教育が行われていない世代ということになる。最後に、65歳以上は一般的に定年退職している年代である。

本研究における学習の実施では、特に小学生以下は漢字の読みという制約があり、内容自体を理解するためにも親子での利用を前提として考えている。

2.4 環境教育の範囲と分類

環境教育は多種多様であり、何らかの基準に基づいて分類する必要がある。さもなければ、際限がなくなり、議論をすることができない。また、教育内容の優先順位をつけることも重要であり、その点からも本研究では環境教育の範囲を明確に示す。そこで、図2-1に本研究

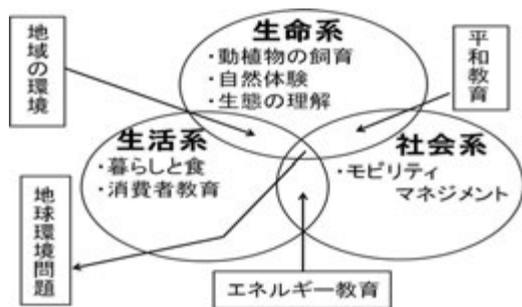


図2-1 環境教育の範囲

で対象とする環境教育の範囲と分類を示す。

図2-1は[6]の27ページの図を参考にして、環境教育の範囲に関する図を本研究での議論を行う目的で修正を行ったものである。ここで、環境教育の範囲を限定することおよび分類することが不可欠であると考えてるのは以下の理由からである。

- 環境教育は複雑多様であり、人間が社会生活を行う上で必要なあらゆることがテーマとなりうる。しかし、その全てを取り上げることが不可能であるため
- 環境教育の内容を単純に限定するという観点ではなく、分類することが重要であると考えているため
- 適用する学習支援システムに適合させるために限定および分類する必要があるため
- 適用する学習支援システムにおいて、単に教育するツールという観点のみならず、被教育者の学習が不十分である内容を明確にするためのデータの取得を行うため

図2-1からわかるように環境教育は取り扱うテーマが極めて多様である。そこで大きな枠組みとして、環境教育は生命系、生活系および社会系の大きく3つに区分することができる。そして、生命系、生活系および社会系のそれぞれの3つが相互に関係しあっている部分が存在し、(社会×生活)、(生命×生活)、(生命×社会)および(生命×生活×社会)の4つの範囲も検討する必要がある。ここで、(A×B)、(A×B×C)はそれぞれAとBの共通部分、AとBとCの共通部分を意味するものとする。たとえば、(社会×生活)は社会系と生活系の共通部分を表す。

3. 学習者適応型学習支援システム

環境教育は実際に触れて体験することが理解度および教育効果が高いことは明確である。しかし、実際に体験することが、時間的、物理的および経済的に困難である場合が存在する。たとえば、博物館や動物園に珍しい生き物や展示があったとする。現地まで行き自分の目で見て、触れて、体験することによって環境への親しみを増すことが環境教育として最善である。しかし、前述のように時間的、物理的および経済的に困難であることが多々ある。そのような機会教育の場面の減少を防ぐ面で、インターネット経由でWEBサービスとして提供できるe-learningシステムの活用は効果的である。学習者はインターネット環境を利用してホームページにアクセスし学習が可能となるため、時間的な制約がなく、好きな時に学習できることの教育効果は大きいといえる。

しかしながら、従来のe-learningシステムは、学習者

の属性や知識レベルに関係なく、全ての学習者に対して同一の教材を配信するシステムが中心となっており、学習者ごとに最適な問題を提供することが困難である。そのため、学習者の理解度を逐次測定し、問題を動的に学習者に提示することで、学習者の能力水準に近い問題を動的に配信する学習者適応型 e-learning システムが提案されている ([8]、[9])。これらの学習者適応型学習支援システムは、学習者の学習状況に応じた出題が可能であるが、そのために、配信する各問題の難易度をあらかじめ設定する必要がある。しかしながら、問題の難易度の適切な設定が困難な状況では、そのようなシステムの適用は難しい。また、各問題の難易度は全ての学習者に対して一様とは限らない。そのため、学習者ごとに、あるいはなんらかの属性によりクラス分けされた学習者区分ごとに各問題の難易度が設定されるべきである。

これらの問題の解決策として、田淵ら[2]は学習者をいくつかの学習者区分に分類し、区分ごとの学習者の回答状況から各区分に対する各問題の難易度を測定し、その結果にしたがって各区分に適切な問題を割り当てる学習者適応型学習支援システムを提案した。田淵らが提案したシステムは、あらかじめ用意した3択式の問題集合の中から、学習者ごとに適切な問題を選んで出題を繰り返すものである。より具体的には、学習者を年齢区分等の属性により k 個の区分にクラス分けし、配信する教材としてあらかじめ kn 個の問題からなる集合を用意し、その k 分割を求めることで各学習者区分に n 個の問題を割り当てる。その際、それまでの回答状況により定まる各問題の学習者区分ごとの難易度にもとづいて問題の割り当てを決定することで、学習者区分ごとに適切な問題を割り当てる。これにより、学習者区分ごとに適切な問題を動的に出題することが可能となる。また、学習者の利用結果にもとづいて問題の難易度を動的に決定するため、従来の学習者適応型学習支援システムのように、各問題の難易度をあらかじめ設定する必要がない。また、各学習者区分に問題を割り当てる問題は集合分割問題として定式化されるが、この問題は NP- 困難な最適化問題であり、高速な計算機を用いても計算に非常に時間がかかる。そこで、田淵らは遺伝的アルゴリズムにより集合分割問題を高速に求めることでこの問題を解決している。遺伝的アルゴリズムとは、生物の遺伝のメカニズムを模倣したアルゴリズムの設計方法である。NP- 困難な最適化問題に対する近似解を得るために用いられる手法であり、得られる解の精度に保障はないが、多くの場合は最適解に近い解が得られるため、近年盛んに研究されている手法である。NP- 困難な最適化問題や遺伝的

アルゴリズムの詳細については、たとえば文献[10,11]を参照されたい。

本研究では、田淵らによって設計された学習者適応型学習支援システムを環境教育に適用し、その有用性を検証することを目的とする。田淵らによって提案された学習支援システムを適用することで、効率的な環境教育を学習者に提供し、その学習効果を評価することが可能となるとともに、学習者の学習のデータを収集し、環境教育の特に教育内容に反映するための分析を行うことが可能になると考える。具体的には、2.3節で述べたように、環境に関する知識レベルは学習者の年齢ごとに異なることが予想されるため、あらかじめ各問題の難易度を設定することは困難である。しかしながら、田淵らのシステムを用いることで、問題の難易度をあらかじめ設定することなく、逐次取得した正答率によって学習者にとって適切な問題を動的に出題することができる。この点は、本研究において田淵らのシステムを採用した大きな理由のひとつである。また、学習者の区分を年齢層による区分とすることで、年齢区分ごとに正答率等のデータを取得することが可能であり、そのデータから統計的に分析することが可能となる。さらに、得られた分析結果によって、各世代において教育が不十分であるテーマ等の知見を得ることが可能となる。

本研究では、以下の条件のもとで田淵らのシステムを適用した。各種パラメータは、田淵らが提案したものをそのまま利用しているが、問題文や各学習者区分に割り当てる問題の最適化の間隔は本研究用に設定したものである。

- (1) 学習者の区分は、(ようちえん・ほいくえん・小学生)(中学生・高校生)(18才~27才)(28才~64才)(65才~)の5個であるものとする。
- (2) あらかじめ用意する問題数は100問とし、各年齢区分に対して20問を割り当てるものとする。
- (3) 年齢区分ごとの各問題の難易度には、その年齢区分に属すユーザのその問題に対する正答率を使用する。
- (4) 遺伝的アルゴリズムでの初期世代で生成する実行可能解の数は100個とし、世代数は100とする。
- (5) エリート戦略によって選ぶ個体数は10個とする。
- (6) 各区分に対する問題の割り当ては5分ごとに最適化する。

問題、問題の割り当て、および回答結果は、それぞれ問題集合データベース(問題集合DB)、問題配置データベース(問題配置DB)、および回答結果データベース(回答結果DB)にそれぞれ格納される。学習者に対する処理の流れは次の通りである。学習者がシステムに

接続して自分の年齢区分を選択すると、問題配置データベースと問題集合データベースから学習者の区分に該当する問題が抽出され、学習者が閲覧しているページへ出力される。学習者が回答すると、回答結果が回答結果データベースに挿入され、学習者が閲覧しているページに解答および解説が表示される。10問もしくは20問を回答すると、学習者が閲覧しているページに正解数が表示される。

4. 学習者適応型学習支援システムの評価

本章では、本研究で環境教育に適用した田淵らの学習者適応型学習支援システムの評価を行う。評価の観点として、システムの可用性を最重要の評価基準として、具体的には、本システムを活用することによって取得することができるデータから有益な知見を得ることができるかどうかと実際にシステムの使用感などの評価である。前者は、実際に取得したデータを使用して解析を行い、分析を行い、知見をまとめる。後者は、アンケートを実施した結果から評価を実施する。

4.1 取得したデータ

適応したシステムを利用して得られたデータを加工してその一部が図4-1である。

図4-1 取得したデータ

図4-1より、取得したデータは、出題された問題の数、問題番号（図4-1ではクイズの番号）、回答の可否、回答者の年齢層、環境教育の範囲、時間の6項目である。問題番号の数字の意味は割り当てた1～100の番号の問題番号を意味する。

次に、取得したデータの属性データをまとめる。本システムで学習した年齢ごとの人数を以下の表4-1にまとめる。ここで、この人数は積算人数であり、同じ学習者が繰り返し学習をした場合、その回数ごとにカウント

している。よって、たとえば10問の学習中に何らかの理由で10問全てを回答していなくても、1人の学習者とカウントされることを意味する。

表4-1 世代ごとの学習者数

	学習者数 (人)
小学生以下	79
中学生および高校生	51
18歳から27歳	121
28歳から64歳	97
65歳以上	85

4.2 環境教育の範囲および分類に関する正答率の分析

環境教育の範囲の正答率を世代ごとに分析する。ここでは、正答率が良いと判断できる閾値についての議論は様々考えられるが、ひとつの基準として正答率が60%であればよい水準であると考えて分析を行う。正答率の良し悪しは問題の程度に依存することは明らかであり、個別の問題に関する議論は本研究では取り扱わない。問題の作成は2.4節で議論した環境教育の範囲に着目して独自に問題を作成した。しかし、先に述べたように本研究で適用するシステムに対して、問題は全て分類されて入力してあるため、その回答のデータもその分類ごとに集計が可能であることもこのようなシステムを適用する利点である。そのため取得したデータを用いて、問題を分類したカテゴリーに関する議論を行う。もちろん、本システムは各問題の正答率を求めるためのデータを取得が可能である。

各年齢区分の正解率を表す図4-2より、動植物の飼育に関しては、28歳以上の正解率が極端に低い。また、ほとんどのカテゴリーにおいて、小学生以下と65歳以上の正解率が他の年齢区分と比較して極端に低いことがわかる。

次に、各年齢区分に対しての分析を行う。小学生以下は79人が問題数で693問を回答した。小学生以下であるため、当然のことながら、未就学児童を含んでいる。そのため正答率が低いと考えられる。データの取得に際して、小学生以下は可能な限り、保護者とともに学習を行ってもらえるように一声かけて学習に参加をしてもらった。その結果として、動植物の飼育、自然体験、生態の理解、暮らしと食、消費者教育、モビリティマネジメント、地域の環境、平和教育および地球環境問題の全10カテゴリーの正答率が60%に満たなかった。これは、出

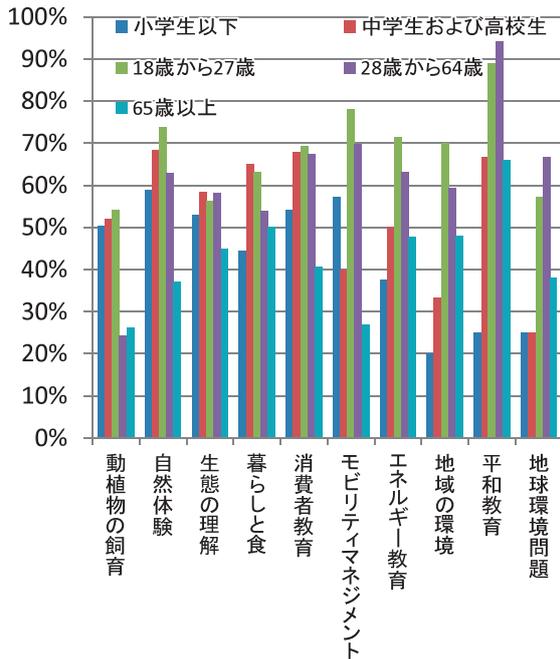


図4-2 年齢区分ごとの正解率

題される問題の集合は全年齢区分で共通であり、小学生以下にとって問題が難しかった面も考えられる。

次に、中学生および高校生は51人が499問を回答した。動植物の飼育、生態の理解、モビリティマネジメント、エネルギー教育、地域の環境および地球環境問題の6項目の正答率が60%に満たなかった。特に、モビリティマネジメント、地域の環境および地球環境問題の正答率がとりわけ低いことがわかる。

そして、18歳から27歳の121人が1366問を回答した。動植物の飼育、生態の理解、地球環境問題の項目の正答率が60%に満たなかった。しかし、これらも若干60%に達していないだけであり、どの分野も正答率は50%を超えていることがわかる。

さらに、28歳から64歳の97人が662問を回答した。動植物の飼育、生態系の理解、暮らしと食および地域の環境の4項目の正答率が60%に満たなかった。動植物の飼育の正答率が極端に低いのが特徴的である。

最後に、65歳以上の85人が522問回答した。動植物の飼育、自然体験、生態の理解、暮らしと食、消費者教育、モビリティマネジメント、エネルギー教育、地域の環境および地域の環境の9項目の正答率は60%に満たなかった。平和教育に関しての正答率が高い。

4.3 各年齢区分の正答率の分析

前節では、各年齢区分の学習内容ごとの正解率に着目して得られたデータを分析した。ここでは、各世代の正

答率の平均に着目をして、今回得られたデータから、母集団の正答率を推定する。

まず、表4-2に各年齢層の正答率の平均を示す。表4-2より、18歳から27歳の正答率の平均は75.18と最も高く、65歳以上の平均は45.02で最も低いことがわかる。

表4-2 各世代の正答率の平均

世 代	正答率の平均
小学生以下	52.96
中学生および高校生	64.73
18歳～27歳	75.18
28歳～64歳	59.34
65歳以上	45.02

表4-2の正答率の平均は、提案するシステムの利用者の正答率の平均であり、母集団の平均ではない。したがって、本研究のシステムを利用した人の平均点である標本平均から母集団正答率の区間推定を行う。区間推定は、採取した標本データをもとに、その標本データが抽出されたもとの母平均、母分散などの値を求めることである。実際に、95%の信頼区間で区間推定を行った計算結果が表4-3である。

表4-3 各年齢区分の95%信頼区間

世 代	母集団の正答率の平均点の範囲
小学生以下	[49.58, 57.01]
中学生および高校生	[60.50, 68.90]
18歳から27歳	[72.91, 77.49]
28歳から64歳	[55.76, 63.24]
65歳以上	[44.81, 45.19]

次に、これまでの分析を踏まえて、仮説を立て、検定を行う。仮説を検定するとは、母集団について仮定された命題を、標本データに基づいて検証することである。今回適用したシステムから得たデータである表4-2の値を母集団の正確なデータと仮定する。

これまで述べてきたように、本研究における学校教育において環境教育を受けている年齢区分である中学生および高校生および18歳から27歳の年齢区分の正答率の平均は学校教育において環境学習を受けていない28歳から64歳および65歳以上の年齢区分より正答率の平均が高いことが取得したデータから読み取れる。このことから、学校教育の一環として、総合的な学習の時間において環

境に関する教育を受けている世代は、その教育を受けていない世代と比較して、環境に関する知識が定着しているのではないかと推測ができる。そこで、次の命題に対して仮説が正しいかどうかの検定を行う。

- 「学校教育において環境教育を受けた中学生、高校生および18歳から27歳の年齢区分は学校教育において環境教育を受けていない28歳から64歳および65歳以上の年齢区分より環境に関する知識が高い」

そこで、環境に関する知識が高いか低いかを評価するために適用したシステムで取得したデータを活用する。ここで正解率の高低が環境に関する知識の高低と解釈するものとする。

取得したデータが正規分布に従うとする。このとき帰無仮説が、 $H_0: \mu = 72.39$ 、対立仮説は $H_1: \mu < 72.39$ に対して検定を行う。

学校教育において環境教育を受けていない28歳から64歳および65歳以上の世代の正答率の平均は $\bar{x} = 53.13$ であり、推定したサンプル標準偏差は $s = 49.92$ である。さらに、28歳以上の世代の取得したデータ数は $n = 1184$ である。さらに、中学生、高校生および18歳から27歳の年齢区分の正答率の平均は $\mu_0 = 72.39$ である。

ここで、

$$\sigma_x = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{49.92}{\sqrt{1184}} = 1.45$$

さらに、

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma_x} = \frac{53.13 - 72.39}{1.45} = -13.28$$

ここで、 t 分布表より、 $t_{0.05}(1184) = -1.645$ 、さらに、 $t_{0.01}(1184) = -2.326$ である。先に、求めた $t = -13.28$ であるため、 $t_{0.05}(1184) > t$ かつ $t_{0.01}(1184) > t$ である。したがって、有意水準 1% で帰無仮説 $H_0: \mu = 72.39$ は棄却される。

つまり、有意水準 1% で、学校教育において環境教育を受けた中学生および高校生および18歳から27歳の世代は学校教育において環境教育を受けていない28歳から64歳および65歳以上の世代より環境に関する知識が高いといえる。

このように田淵らによって提案された学習者適応型学習支援システムを活用することによって、容易に学習者のデータを取得することが可能であり、取得したデータから学習内容などを検討するために有益な知見を得ることが可能であることを示すことができた。また、総合的な学習の時間における環境教育の効果があることを明確に示すことができた。環境教育に対して、適用したシステムを活用することはデータの取得を容易に可能にす

ることに加えて、学習内容の指針を策定するためにも有益であることがわかった。さらに、学習内容が的確に定まることによって学習者は効率的に学習することが可能であり、その教育効果も高まる可能性があると考えられる。

4.4 学習に対するアンケート結果の分析

次に、適用したシステムを使って学習をした学習者に対してアンケートを実施した。このアンケートの主眼は学習者の率直な感想を調査することにより、システムの活用に関する具体的な方策を学習者から得ることおよび可用性について検討することを目的にして実施した。全年齢区分に対してアンケートを実施したが、ここでは特に特徴的であったと考える事例について取り上げる。

ここで取り上げる例は家庭における学習の実施のケースであり、数日間をかけて適用したシステムによって繰り返し学習を自宅で行い、アンケートに回答してもらった。そのアンケートの対象は親子とし、親子一緒に学習をしてもよいし、それぞれが実施してもらってもよいものとした。ここで家庭での学習で対象を親子とした理由は、適用したシステムを活用する利点としてネットワーク環境があれば、場所および時間を問わず、学習が可能である点と環境に関する学習を親子で実施することが効果的ではないかと考えたためである。

4.4.1 アンケート概要

アンケートを実施した方法について述べる。1家庭あたりアンケートを1セット渡して親子で適用したシステムを使っての学習をお願いした。ファイルには、アンケートに協力をお願いする旨の挨拶文、本システムの使い方の説明、保護者用アンケート、子供用アンケート（記入は保護者の方をお願いした）を一括りにして配布して、記入後、回収するという形で行った。

4.4.2 アンケートの分析

4組の親子に3日間から5日間、システムを利用して学習を行ってもらい、アンケートに回答してもらった。アンケートに回答してくれた親の年齢は33歳から40歳で子供の年齢は9歳から16歳であった。16歳を除いて、全て小学生の高学年であった。

最初に、適用したシステムを用いての学習方法の容易さに関しては、全ての親子ともに使用することは簡単であったと回答した。その理由として、3択式であったことおよび日常的にパソコンの操作に慣れていたためであると考えられる。やはり、繰り返し学習を継続させるためには、学習者にとって単純な操作性にする必要がある。また、学習の内容、つまり問題の難易度に関しては、簡単な問題もあったし、全くわからない問題もあったという回答

が多かった。この点も出題側の狙いと合致した。つまり、難しい問題だけでは学習者のやる気を失わせる。また、間違った問題は解説を読んで学び、繰り返し学習をすることが狙いであるため良いレベルの問題設定であったと考える。

また、問題の問題数は1セット10問ということに対しては、ほとんどの方が適切な問題数と回答した。10問以外の回答は1セット20問という回答であった。適用したシステムの1セットあたりの出題数は変更可能であり、今回も1セットが10問および20問の2つを作成した。

また、適用したシステムを活用して、繰り返し学習する意欲が湧いたかとの質問には全員意欲が湧いたと回答があった。その理由として、問題が少しずつ変わっていくからとのコメントが複数あった。この点は問題の難易度の設定が困難な場合にもその時点での学習者にとって適切な問題を割り当てることができる田淵らの学習者適応型学習支援システムの特徴が表れていると考えられる。したがって、学習者に対して、適用したシステムを活用して環境教育を行うことが学習者の意欲を高めつつ、継続的に学習を実施することに有益であるといえる。

さらに、1日に1セットを10問としたときに何セット学習するのが良いかという点には全員が3セット以上を回答した。つまり、1セットを5分として、1日に15分程度なら繰り返し学習できるということではないかと考える。

次に、親から見た子どもの反応として子供は楽しそうに興味深く学習を行っていたという回答を得た。また、可能な限り親子での学習を依頼したため、全員が親子で一緒に考えて学習することが良かったと回答した。適用したシステムでは、問題の出題がシステムの仕様の関係から文字数の制限があり、漢字の使用を余儀なくされた。したがって、小学生以下は漢字がハードルとなると考えた。しかし、逆に結果として、親子での学習を促進することに結びつき、親子で学習することによって親子のコミュニケーションの観点からも有意義であったと考える。

さらに、このようなシステムを使って親子学習会が近所で行われた場合、参加しますかという質問にははいといいえが半々であった。いいえの理由として、自分の時間で学習したい、自宅で学習したいという回答が得られた。やはり、学習する機会を設けても、休日であれば別のことをしたい、自分は自分の時間という傾向があるのは当然であると考えられる。しかし、学習するならば自分の好きな時間に自宅で可能であれば、学習したいという意見であることもわかった。その観点からも適用したシステムの活用場面は多大にあるのではないかと考える。

5. おわりに

環境教育は多種多様であり、学習する上で際限がないともいえる。しかし、環境教育を何らかの基準に基づいて分類することによって、学習する内容をより明確にすることができると考えた。その際に、環境教育の機会を向上させることが環境に関する意識の向上につながり、さらに、田淵らのシステムは単に学習システムとしての活用だけではなく、学習者の利用状況および学習の程度に関するデータを収集することが可能であることが重要である。このデータを分析することによって環境教育の施策への反映を行うことができるといえる。

また、様々なインターネットのサイトと有機的に結びつけることによって、学習者を増加させることができる。その活用の方法は多岐にわたると考える。今回得られたデータから特に環境教育の観点から特筆すべきことは、学校教育としての環境教育を受けていない世代の環境への知識が低いことを明確に示すことができた。その世代への施策が行政として不可欠ではないかと考える。本研究で行った親子で適用したシステムを利用して学習を行うことはその解決策のひとつではないかと考える。

今後の課題としては、適用した田淵らのシステムは環境教育に対して、学習システムとしての機能および有益なデータの取得が可能であることは実証できた。また、アンケートにおいても使用感に関する否定的な回答はなかった。しかし、デザイン性ということに関してはデザインの専門家による洗練されたものがよりよいことは間違いないといえる。デザイン性も学習者の意欲を高めるために検討を要すると思われる。

参考文献

- [1] 鳥取県ホームページ（環境立県推進課）、
<http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=17852>
- [2] 田淵宏太、陰山大貴、名古屋孝幸、豊田寿行、EQUAL SUM SUBSET に対する遺伝的アルゴリズムを用いた学習者適応型eラーニングシステムの開発、情報処理学会第73回全国大会講演論文集（分冊4）、pp. 511-512、2011。
- [3] 阿部治：“環境教育をめぐる用語の整理”、学校保健研究、33巻4号、1991。
- [4] 小金井正己：“アメリカの環境教育”、理科の教育、1972。
- [5] 文部科学省：“小学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間編”、文部科学省、2008。
- [6] 社団法人日本環境教育フォーラム：“日本型環境

- 教育の知恵”、小学館、2008。
- [7] 環境省ホームページ“環境と開発に関するリオ宣言”、http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref_05_1.pdf
- [8] 稲葉、松永、中村：学習者特性適応型 e-learning の構築・実験、情報科学技術フォーラム講演論文集、7(4)、pp. 55-58、2008。
- [9] 延原、小山、三宅、庄司、劉、横田：学習者の理解度に対応した適応型 e-learning システムの考察、日本データベース学会 Letters Vol. 3、No. 2、pp. 85-88、2004。
- [10] M. Sipser 著、太田他訳：計算理論の基礎 3。複雑さの理論、共立出版、2000。
- [11] 薪原将文：ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム、産業図書株式会社、1994。
- (受付日2012年8月27日 受理日2012年12月17日)