

博物館のデジタルアーカイブを利用した 複数分野横断型学習システムの開発

阿部直之[†] 三石大[†]

本稿では、博物館が提供するデジタルアーカイブを利用した複数分野横断型学習システムの開発について述べる。我々はこれまで、学習者が自己の興味・関心を広げながら自発的に学習を進捗し、その結果複数の分野を横断した学習進捗を実現するために、学習者が学習対象物間の関連性に基づいて構築された複数分野に渡る意味ネットワーク上において学習を進捗する活性化拡散モデルに基づく学習プロセスを提案してきた。本稿では提案学習プロセスの実現のために、展示物間の関連性の高さ、及び学習者の興味・関心の傾向を定義し、これらに基づき次の学習対象を推薦する手法を明らかにする。また、本手法に基づく学習システムを設計、実装し、提案学習プロセスの実現可能性を明らかにする。

A Development of Learning System Using Digital Archives from Museums for Spontaneous Learning over Cross-Disciplinary Fields

NAOYUKI ABE[†] and TAKASHI MITSUISHI[†]

In this paper, we report on the development of an on-line virtual museum as a learning system over cross-disciplinary fields. It provides digital archives of its exhibits as study object based on the learning process we are proposing based on spreading activation model, which is characterized by recommending candidates to be studied by taking account of learner's interest and inter-relationships among study object, and make possible to continue the learning. In order to realize such a learning process, we clarify the method to calculate inter-relationships among objects, find interests of learners, and recommend candidates. We also design and implement a prototype system in order to investigate the viability of the proposing learning process.

1. はじめに

近年、効果的な学習の場として博物館が注目されていると同時に、博物館の所蔵する展示物をデジタルアーカイブ化し、ネットワーク上で提供する試みが多数進められている。このような博物館のデジタルアーカイブを利用することで、様々な分野を対象とした学習者の興味・関心に基づく学習が期待できる。

本研究の目的は、博物館が提供するデジタルアーカイブを利用し、展示物についての学習を行うことによって、学習者が自己の興味・関心を広げながら自発的に学習を進捗し、その結果、複数の分野を横断した学習を実現することにある。このような学習進捗を実現するために、我々は活性化拡散モデルに基づく学習プロセスを提案してきた。本稿では提案学習プロセスの実現手法を明らかにすると共に、これに基づく複数分野横断型学習システムの開発を行うことで提案学習プロセスの実現可能性を明らかにする。

本稿は5章から構成される。2章では先ず、博物館のデジタルアーカイブを利用した学習の概要を述べ、既存の学習システムについて述べる。次に、学習者の興味・関心に応じた複数分野横断型の学習について述べ、本研究で解決すべき課題について明らかにする。3章では、2章で指摘した課題を解決するために、博物館の展示物のデジタルアーカイブを利用し、学習者の興味・関心に基づいた複数分野横断型の学習を行うための活性化拡散モデルに基づく学習プロセスについて述べ、その実現手法を明らかにする。4章では、3章で提案した学習プロセスに基づく複数分野横断型学習システム「ポケット博物館」の設計、実装を行う。最後に、5章で本稿のまとめを行う。

2. 博物館のデジタルアーカイブを利用した 学習支援システム

2.1 デジタルアーカイブを利用した学習

博物館には身近なものから学校教育では知ることはできないものまで、同時に様々な分野に関する多様な展示物が多数所蔵されている。この様な博物館

[†] 東北大学大学院教育情報学研究所・教育部
Graduate School of Educational Informatics, Tohoku University

の展示物を対象として学習を行うことで、複数分野にまたがる学習を行えるだけでなく、学習者は、それまで知らなかった対象や、新たな分野へ興味・関心を広げることができると考えられる。

また近年は、博物館の所蔵する展示物のデジタルアーカイブ化が進められている。このようなデジタルアーカイブを利用することで、展示スペース等の都合により普段は展示されていない展示物を閲覧できるだけでなく、これらをネットワーク上で提供することで、家庭や学校からも閲覧することができ、学習教材として活用することができる。

そこで、本研究ではネットワーク上で提供される博物館のデジタルアーカイブを利用し、学習者が自己の興味・関心に基づいて自発的に展示物についての学習を行い、新たに知りえた知識を基に新たな興味・関心の対象となりそうな展示物を発見し学習を行うことで、結果的に、興味・関心を広げながら複数分野を横断した学習進捗の実現を目的とする。

2.2 関連システム

現在、博物館のデジタルアーカイブを利用した学習システムが多数提案されている。例えば、展示物の静止画や解説を学習教材として提示するスミソニアン博物館の試みや¹⁾、展示物の静止画や動画等と展示物に関する問題を組み合わせることで、展示物に関するクイズの出題を行うシステムがある²⁾。また、学習者の入力したキーワードに応じて、博物館にある複数分野の展示物の中から学習対象を検索し、学習経路と共に提示するシステムがある³⁾。本システムでは、学習者の年齢から判断された学習レベルに応じて展示物から学習内容を抽出し、提示することを可能としている。

しかしながら、既存システムが提供する学習内容は、予め選別され学習の開始から終了までが決定された学習経路と共に提供され、学習の進捗は一意に固定されるものとなる。そのため、学習者が学習経路に制限されること無く自由に展示物を選択することが困難であり、もしも学習者の興味・関心が提供された学習経路以外へと変化した場合には、一度学習を終了し新たな学習を開始する必要がある。この結果、連続的な学習が途切れ、学習者の興味・関心の持続が削がれてしまう恐れがある。

また、既存システムによって提示される学習経路は特定の分野から選別された展示物によって構成されているため、学習内容が特定の分野内に限られてしまう可能性もある。このため、異なる分野の展示物へと学習を進捗することで新たな分野へと学習を進展させるような、複数分野を横断した学習進捗を行うことが困難である。

このように、既存のシステムでは学習者の興味・

関心の変化への柔軟な対応、及び複数分野を横断した学習を行うことが困難であり、この結果、学習者の興味・関心が特定の学習経路の範囲に留まってしまおうという問題があげられる。

そこで、既存システムの問題を解決し、博物館のデジタルアーカイブを利用して複数分野の展示物を対象とした自発的な学習進捗を実現するためには、学習者が自己の興味・関心に基づき複数分野の学習対象を自由に選択できるとともに、新たな興味・関心の対象となる展示物を分野に制限されること無く発見できる必要がある。逆に、このように展示物を選択し発見することができれば、学習者は連続的な学習の中で異なる分野を横断して学習を進捗し、この結果、興味・関心を持続したまま複数分野を横断して学習を進捗することが期待できる。

3. 学習者の興味・関心に応じた 複数分野横断型の学習

3.1 活性化拡散モデルに基づく学習プロセス

我々は、博物館のデジタルアーカイブを利用し、学習者の興味・関心に応じた複数分野を横断した効果的な学習のために、活性化拡散モデルに基づく学習プロセスを提案している⁴⁾。

活性化拡散モデルでは、個人の頭の中にある各概念が何らかの意味的関連性に基づき結ばれたネットワーク構造（以下、意味ネットワーク）をなすとされており、このように構成された意味ネットワーク上で、ある概念が処理されたとき、これと意味的な関連を持つ概念に対する興味・関心が活性化され、このような概念の活性化が連鎖的に広がっていくことが指摘されている⁵⁾。

これに対し、博物館の展示物は異なる複数の分野にまたがり存在するとともに、個々の展示物間に何らかの関連性があるものも少なくなく、このような展示物間の関連性に基づき、全体として複数の分野にまたがる意味ネットワークを構成することができる。すなわち、学習者がある展示物についての学習を行うことで展示物に関する概念の処理が行われた場合、活性化拡散モデルに基づき、これと関連する他の展示物へも興味・関心の活性化が広がる可能性がある。

そこで、過去の学習過程と展示物間の関連性に基づき、学習者が興味・関心を持つ可能性のある展示物を次の学習対象として提示できれば、学習者の興味・関心を広げながら、その興味・関心を持続した継続的な学習を進捗することが可能となり、結果的に複数の分野を横断した学習を行うことが期待できる。

3.2 提案学習プロセスの実現手法

活性化拡散モデルに基づく学習プロセスでは、学

習者の頭の中に構築されるであろう複数分野に渡る意味ネットワーク上において学習を進捗する。そこで、展示物間の関連性を定義し、これを利用して複数分野に渡る展示物に対し予想される意味ネットワークを定義する必要がある。また、定義された意味ネットワーク上における学習者の興味・関心の位置を推定し、その概念の活性化の広がりや予測する必要がある。さらに、これらに基づいて学習者が自身の新たな興味・関心の対象となりそうな展示物を知ることができる必要がある。

そこで本研究では、(1) 展示物間の関連性を利用した意味ネットワークの定義、(2) 学習者の興味・関心の傾向の推定、(3) 展示物間の関連性の高さ、及び学習者の興味・関心の傾向に基づく展示物の推薦、を行うことで提案学習プロセスを実現する。

(1) 展示物間の関連性を利用した意味ネットワークの定義

活性化拡散モデルにおける意味ネットワークは、個々の対象物間の何らかの意味的関連性に基づくネットワークである。博物館の展示物は多岐に渡ると同時に、個々の展示物は種別に応じて地域や年代、文化や生態など様々な属性を持つ。このような属性を利用することで、例えば、同一の年代という属性を持つ恐竜同士には関連性を定義することができる。また、同一の属性値を持つ展示物間に限らずに、近接する年代等の類似する属性を持つ展示物間にも、近い年代に存在していた展示物という関連性を定義することが可能である。

このような関連性は必ずしも同一分野に限定されるものではなく、ある古生物が生息していた地域から産出される鉱石といった関係等、異なる分野間で関連性を定義することが可能である。このように属性の類似を利用した関連性をを用いることで、複数の分野を横断した展示物間の意味ネットワークを定義することができる。

そこで、各属性の類似度を定義し、これを利用することで、展示物間の関連性の高さを関連度として定義する。例えば、2つの展示物 E_A , E_B があり、その共通する属性として a_1 から a_n があり、各属性 a_i における類似度を $Sim_{a_i}(E_A, E_B)$ と定義できる場合、 a_i が関連性の高さに与える影響を w_{a_i} として、 E_A , E_B の関連度 $Rel(E_A, E_B)$ を次式のように定義することができる。

$$Rel(E_A, E_B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n w_{a_i} \cdot (Sim_{a_i}(E_A, E_B))^2}$$

(2) 学習者の興味・関心の傾向の推定

ある展示物に対して学習者が興味・関心を持つ可

能性の高さを推定するためには、学習者の興味・関心の高さを定義し、さらに、意味ネットワーク上における学習者の興味・関心の広がりや予測する必要がある。

まず、学習者は、興味・関心を高く持つ展示物に対して意欲的に学習することが予想される。そこで、例えば、学習者が用意された課題を行う、課題の結果が良好である等の、学習意欲の高さに応じて達すると予想される到達点を設け、学習者が達することのできた到達点から学習到達度を定義し、これを学習者の興味・関心の高さとして仮定する。例えば、学習者 u が j 回前に展示物 E_{S_j} の学習において、学習者が達した到達点に応じた点数を付与することで学習到達度 $Learn(u, E_{S_j})$ を定義できる。

また、学習者は、同じ年代に生息していた恐竜同士等の類似した特長を持つ展示物に対して同様の興味・関心をもつ可能性があると予想できる。このような展示物の特徴のいくつかは展示物の属性で表現することが可能であり、学習者は高い興味・関心を持つ展示物と類似する属性を持つ他の展示物に対しても同様に興味・関心を持つ可能性があるとして仮定することができる。そこで、学習者の興味・関心は相互に関連を持つ展示物に対して広がると仮定し、展示物間の関連性の高さが興味・関心の広がりや影響を与えるものとする。

そこで、過去に学習を行った展示物に対する学習者の学習到達度、及び展示物の関連性を利用することで学習者が展示物に対して興味・関心を持つ可能性の高さを定義する。例えば、ある展示物 E_A に対する学習者 u の興味・関心度 $Int(u, S, E_A)$ は、学習者 u が過去 m 回に学習を行った全ての展示物、及びこれら展示物に対する学習者 u の学習到達度の集合である学習状況 S に対して、過去に学習を行った展示物と展示物 E_A 間の関連性を利用し、次式のように定義する事ができる。

$$Int(u, S, E_A) = \sum_{j=1}^m (Learn(u, E_{S_j}) \cdot Rel(E_A, E_{S_j}))$$

(3) 展示物間の関連性の高さ、及び学習者の興味・関心の傾向に基づく展示物の推薦

活性化拡散モデルに基づき学習を進捗するには、ある展示物に関する学習を行った後に、その展示物と関連が高く、学習者の興味・関心の対象となり得る次の学習候補としての展示物を提示することが必要である。

そこで提案手法では、学習者 u が展示物 E_A を学習した際に、次の学習候補を決定するために、各展示物 E_T の推薦優先度 $Pri(u, E_A, E_T)$ を (1) で定義

した展示物間の関連性 $Rel(E_A, E_T)$, ならびに (2) で定義した展示物への興味・関心度 $Int(u, S, E_T)$ により定義する。これは、例えば次式のように単純な積で定義することができる。

$$Pri(u, E_A, E_T) = Int(u, S, E_T) \cdot Rel(E_A, E_T)$$

4. ポケット博物館の設計と実装

4.1 ポケット博物館

今回、提案学習プロセスに基づき、博物館のデジタルアーカイブを利用した複数分野横断型学習システムとして我々は「ポケット博物館」を設計した。

ポケット博物館はオンライン博物館として展示物のデジタルアーカイブを学習対象として提供する。本システムの利用者は、複数の分野の展示物から1つを選択し、解説を閲覧することで展示物についての学習を行うことが可能である。また、本システムは展示物に関する演習問題を課題として出題し、学習結果を確認する機能をもつ。また、学習結果に応じて、利用者が展示物のデジタルアーカイブの複製をコレクションとして収集し、これを後から確認することができる。これに加えて、提案手法に基づき次の学習対象としての展示物の推薦を行う。

本システムではまず、利用者は自己の興味・関心に応じて展示物を選択し、解説の閲覧を行うことで学習を行う。学習を行った結果、利用者が展示物をコレクションに加えることを希望する場合には、解説の内容に沿った選択解答形式のクイズに挑戦し、学習結果の判定を行う。出題されるクイズは前提知識を必要とせず、解説の閲覧によって得られる知識のみで十分に正解できるものである。判定の結果、利用者がクイズに付加された収集条件を達成することで、展示物の画像データを自己のコレクションとして収集することができる。

さらに、本システムは、実現手法に基づいて展示物の推薦を行い、利用者は推薦を受けた中から次に学習を行う展示物を選択することで学習を進捗する。また、利用者は、推薦された展示物を学習せずに、改めて展示物を選びなおすことが可能である。

また、利用者は学習活動の中で収集された展示物のコレクションを学習履歴として確認することが可能であり、これを自己の学習過程の振り返りや次の学習の参考とすることができる。

4.2 システムの設計

4.2.1 ポケット博物館のシステムアーキテクチャ

我々は「ポケット博物館」を Web アプリケーションとして設計した。図 1 は設計したシステムのシステムアーキテクチャである。本システムは、Web ブラウザ、アプリケーションサーバ、及びデータベースからなる。Web ブラウザは利用者インターフェー

スとして機能し、データベースには展示物名と展示物に関する解説等のデータ、関連性の計算に用いる展示物の属性値のデータ、演習問題としてのクイズデータ、利用者の学習履歴と共に学習到達度を記録する学習過程データ、展示物間の関連度を記録する関連性データを格納する。アプリケーションサーバは、展示物提供機構、クイズ機構、推薦機構、ポケット機構、関連性計算機構の 5 つの機構からなる。

4.2.2 ポケット博物館における学習到達度

本システムにおける利用者の学習到達度を、利用者が展示物をコレクションとして収集するために行う学習行動を利用して定義した。

まず、利用者は自己の興味・関心の対象となりそうな展示物の解説を閲覧すると予想される。また、学習を行った結果、展示物に対して興味・関心を持った利用者は、自己のコレクションに展示物を加えるためにクイズに挑戦すると仮定し、また、より高い興味・関心を持つ利用者であれば、その興味・関心に応じた学習意欲の高さから収集条件を達成できるものと仮定する。

そこで、利用者は解説の閲覧、クイズへの挑戦、収集条件の達成の各学習行動を行った順に高い興味・関心を持つものと仮定し、利用者が行った学習行動に点数を付与した学習到達度を定義する。

例えば、利用者 u が j 回前に学習を行った展示物 S_j に対して、解説の閲覧、クイズへの挑戦、収集条件の達成の各学習行動を利用者 u が行った場合は 1、達しなかった場合は 0 とする $Browse(u, S_j)$, $Challenge(u, S_j)$, $Achieve(u, S_j)$ を定義し、 $\alpha \leq \beta \leq \gamma$ である α, β, γ を各学習行動に付与される点数として、学習到達度 $Learn(u, E_{S_j})$ を次式のように定義することができる。

$$Learn(u, S_j) = \alpha \cdot Browse(u, S_j) + \beta \cdot Challenge(u, S_j) + \gamma \cdot Achieve(u, S_j)$$

今回、仮の値として $\alpha = \beta = \gamma = 1$ を用いる。

4.3 プロトタイプシステムの実装

以上の設計に基づき、本システムのプロトタイプシステムを表 1 の環境で実装した。

表 1 実装環境
Table 1 Implemented environment

OS	Solaris 8
DBMS	PostgreSQL 7.2.3
Web Server	Apache 2.047
Programming	PHP 4.3.2

今回、対象者として小学校、及び中学校の児童、

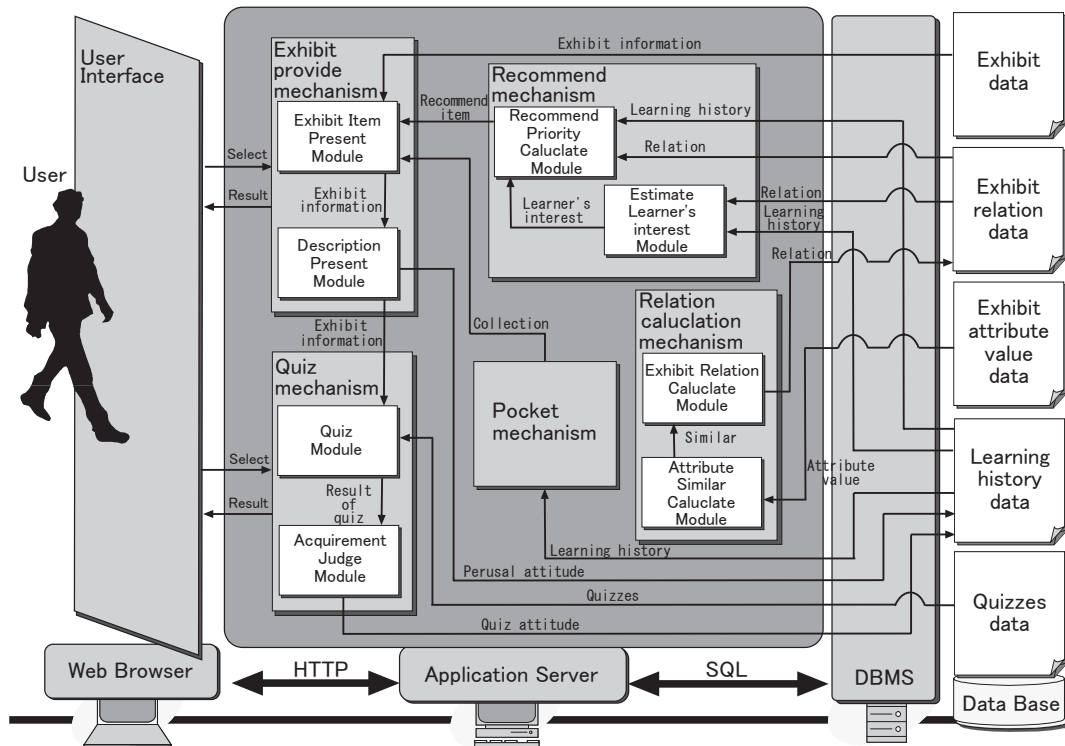


図1 システムアーキテクチャ
Fig. 1 System architecture

生徒を想定し、学習内容となるデータとして古生物分野の展示物を100件、鉱石分野の展示物を100件登録し、これに対応した演習問題を登録した。

また、複数分野に渡る意味ネットワークを定義するために、プロトタイプシステムでは古生物、鉱石の各分野に共通する属性である地質年代、及び地域を利用することで、2つの分野を横断した展示物間の関連性を定義する。そこで、展示物間の関連度を計算するために、各属性の属性値、及び類似度の定義を行った。

4.3.1 地質年代属性の属性値、及び類似度の定義

地質年代属性は同様の環境下にあったと考えられている古生物等によって分類され、時間軸に沿って定義されている。今回、各地質年代の差は等距離と仮定し、属性値を表2のように定義した。

地質年代の類似度は、例えば、古生代カンブリア紀と中生代ジュラ紀に比べ、同じ中生代のジュラ紀と白亜紀の方が似通った特長を持つ展示物が発見されることが多いように、地質年代間の属性値の差が小さいほど高くなると考えることができる。そこで、定義した属性値を利用し、地質年代間の値の差をとることによって地質年代属性の類似度を定義する。

例えば、展示物 E_A, E_B がそれぞれ属性値として V_A, V_B を持つ場合に、 V_{max}, V_{min} をそれぞれ属性値の最大値、最小値とし、地質年代属性の類似度

表2 地質年代属性の属性値
Table 2 Attribute value at geological age

地質年代名		属性値
先カンブリア代		0
古生代	カンブリア紀	1
	オルドビス紀	2
	シルル紀	3
	デボン紀	4
	石炭紀	5
	ペルム紀	6
中生代	三畳紀	7
	ジュラ紀	8
	白亜紀	9
新生代	古第三期	10
	新第三期	11
	第四期	12

$Sim_{age}(E_A, E_B)$ を次式のように定義することができる。

$$Sim_{age}(E_A, E_B) = 1 - \frac{|V_A - V_B|}{V_{max} - V_{min}}$$

$Sim_{age}(E_A, E_B)$ の値の範囲は0~1とし、値が大きいほど類似度が高いとする。

定義した属性値、及び計算手法を利用することで、

カンブリア紀とジュラ紀の類似度 0.416...に比べ、ジュラ紀と白亜紀の類似度 0.916...のほうが高くなるように、地質年代間の大まかな類似度を計算することができる。

4.3.2 地域属性の属性値、及び類似度の定義

地域属性の属性値として、展示物の発見された地域の緯度・経度の代表値を用い、発見された詳細な地域が記載されていない展示物については、発見国の首都の緯度・経度の代表値を用いる。このとき、北緯及び東経を正、南緯及び西経を負とする。

地理属性の類似度は、例えばアメリカのネヴァダ州のラスベガスと日本の東京に比べ、同じ日本国内の東京と京都の方が気候や地形、地質等が似通っているように、2つの地域間の距離が近くなるほど高くなると考えられる。そこで、2つの地域の類似度を属性値を利用した角距離によって定義する。

例えば、展示物 E_A, E_B がそれぞれ属性値として緯度 ζ_A, ζ_B と経度 λ_A, λ_B を持つ場合に、緯度の最大値、及び最小値を ζ_{max}, ζ_{min} 、経度の最大値、及び最小値を $\lambda_{max}, \lambda_{min}$ とし、地域属性の類似度 $Sim_{area}(E_A, E_B)$ を次式のように定義することができる。

$$Sim_{area}(E_A, E_B) = 1 - \frac{d}{d_{max}}$$

ここで d 、及び d_{max} は次の式で表される。

$$\begin{aligned} \cos d &= \sin \zeta_A \cdot \sin \zeta_B \\ &\quad + \cos \zeta_A \cdot \cos \zeta_B \cdot \cos(\lambda_A - \lambda_B) \\ \cos d_{max} &= \sin \zeta_{max} \cdot \sin \zeta_{min} \\ &\quad + \cos \zeta_{max} \cdot \cos \zeta_{min} \cdot \cos(\lambda_{max} - \lambda_{min}) \end{aligned}$$

$Sim_{area}(E_A, E_B)$ のとり得る値の範囲は 0~1 とし、値が大きいほど類似度が高いとする。

定義した属性値、及び計算手法を利用することで、日本の東京とアメリカのネヴァダ州ラスベガスの類似度 0.554...に比べて、同じ日本国内の東京と京都の類似度 0.989...のほうが高くなるように、地域間の大まかな類似度を計算することができる。

4.3.3 プロトタイプシステムの実行

実装したシステムの実行画面を図 2、図 3 に示す。図 2 は学習者に対して展示物の項目を提供している画面であり、図 3 は学習者に対して展示物間の関連性に基づき、学習履歴に応じて推薦を行っている画面である。実装したプロトタイプシステムを実行した結果、学習者が展示物の関連性を利用して自由に展示物を選択することができ、個々の分野の内容を学習しながら、結果的に2つの分野を横断した学習が行えることが確認された。これらの結果から提案学習プロセスの実現可能性を確認した。



図 2 展示物項目提供画面
Fig. 2 Learning item presentation scene



図 3 展示物推薦画面
Fig. 3 Learning item presentation scene

5. まとめと今後の課題

本稿では、博物館の展示物のデジタルアーカイブを利用し、学習者の興味・関心に応じた複数分野横断型の学習の実現を目的とし、活性化拡散モデルに基づく学習プロセスについて述べ、これを実現するために、展示物間の関連性の高さを考慮し、学習者が興味・関心を持つ可能性の高い展示物を次の学習対象候補として推薦することで学習を進捗する手法を明らかにした。また、提案手法に基づく複数分野横断型学習システムの実装を行うことで、提案学習プロセスの実現可能性を明らかにした。

今後の課題として、今回実装を行ったプロトタイプシステムでは、同じ中生代の白亜紀とジュラ紀間の類似度と、中生代白亜紀と新生代古第三期間の類似度が同一になってしまう等、地質年代の各代間の差異には対応できていない。また、地域属性においても、地続きの地域間の類似度と海や山で隔られた地域間の類似度の違いといった、地形的な差異によ

る類似度の変化に対応できていない。また、地域名のない場合は該当国の首都の緯度・経度をとるが、その場合、面積の広い国では大きな誤差が発生してしまう可能性がある。以上から、今回定義した手法では厳密な類似度は表現し切れていないため、これらの点を今後検討していく必要がある。これに加え、地質年代、地域以外の属性を利用した類似度の定義、及びこれを利用した展示物間の関連性の定義手法を検討する必要がある。また利用者の学習時間等、利用傾向全体から見た興味・関心の高さの推定手法、及び時間の経過による学習者の興味・関心の減少などへの対応の検討を行っていく必要がある。

今後、これらの課題を解決し、新たな分野の展示物のデータを入力し、本システムを実際の教育場面において利用することで提案学習プロセスの有効性の評価を行っていく予定である。

参 考 文 献

- 1) The National Museum of Natural History
<http://www.mnh.si.edu/>
- 2) 梅田恭子, 原崇, 安田孝美, 横井茂樹: 高速通信回線を活用したオンラインクイズシステムの提案と開発, 情報処理学会, コンピュータと教育, No.060-4 pp. 25-33 (2001).
- 3) 岩崎公弥子, 復本寅之介, 安田孝美, 横井茂樹: 個別性に応じた「Museum On Demand」システムの提案と試作, 情報処理学会, コンピュータと教育, No.063 pp. 59-66 (2002).
- 4) Naoyuki Abe, Yuki Higuchi, Takashi Mitsushishi, Roberto Okada: A Proposal of Pocket Museum which Supports Self-Learning of Cross-Disciplinary Fields, *Proc. of E-Learn 2004 Conference*, pp.2521-2526
- 5) Collins, A. M., Loftus, E. F.: A spreading-activation theory of semantic processing, *Psychological Review*, 82, 407-428 (1975).