

# ハイパー空間におけるリフレクション支援

柏原 昭博<sup>†</sup>, 長谷川 忍<sup>‡</sup>, 豊田 順一<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 大阪大学産業科学研究所 〒 567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1

<sup>‡</sup> 北陸先端科学技術大学院大学情報科学センター 〒 923-1211 石川県能美郡辰口町旭台 1-1

E-mail: <sup>†</sup> kasihara@ai.sanken.osaka-u.ac.jp, <sup>‡</sup> hasegawa@jaist.ac.jp

あらまし ハイパー空間における主体的・構成的な学習では、ナビゲーション過程に対する見通しを立てたり、振り返ったりしながら学びのプロセスを制御・維持する活動が非常に重要である。本稿では、こうしたメタ認知的活動の中でもナビゲーション過程のリフレクションに着目し、効果的な支援方法について検討する。特に、ナビゲーション中における知識構築プロセスへの意識を高め、学んできた知識の内省を促すとともに、未学習知識に対する気づきを提供する必要性を論じる。また、筆者らが開発した支援手法の概要について述べる。

キーワード ハイパー空間 メタ認知 リフレクション モニタリング支援

## Reflection Support for Learning in Hyperspace

Akihiro KASHIHARA<sup>†</sup>, Shinobu HASEGAWA<sup>‡</sup>, and Junichi TOYODA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> I.S.I.R., Osaka University, 8-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, 567-0047 Japan

<sup>‡</sup> Center for Information Science, JAIST, 1-1, Asahidai, Tatsunokuchi, Ishikawa, 923-1211 Japan

E-mail: <sup>†</sup> kasihara@ai.sanken.osaka-u.ac.jp, <sup>‡</sup> hasegawa@jaist.ac.jp

**Abstract** Self-directed learning in hyperspace requires learners to monitor their navigation process involving knowledge construction, which they have carried out so far, since what and how they have learned becomes hazy as the navigation progresses. However, it is hard for them to keep it during navigating pages. The main issue addressed here is how to help learners monitor their navigation process. Our approach to this issue is to enhance awareness of the knowledge construction process involved, to generate the adaptive postviews of their knowledge constructed, and to give them unknown awareness.

**Keywords** Hyperspace, Meta-cognition, Reflection, Monitoring Support

### 1. 序論

学習教材メディアとしてハイパーテキスト/ハイパーメディアが利用されて以来、現在に至るまでハイパー空間における学習支援方法論や支援技術はホットなトピックとして注目を集めている[1,9]。この背景には、本メディアと比べ、学習者個々に応じた柔軟な「学び」が可能であり高い学習効果を期待できること[2]、ならびにWWW( World Wide Web, 以下Webと略す)の登場によってハイパー空間で学ぶ能力の必要性および重要性が飛躍的に高まっていることなどが挙げられる。

ハイパー空間における学習の特徴は、空間内のナビゲーションを伴い、学んだ知識を構成的に積み上げていくことができる点にある[2,12]。この過程では、ハイパー空間を構成するページ間のリンクをたどりながら、学ぶべきページおよびその順序(ナビゲーションパス)を学習者自身が主体的に決め、訪れたページごとに学んだ内容を関係づけて知識を構築することができる。こうした学習プロセスでは、ページ内容の理解や理解した内容の関係づけと同時並行的に、ナビゲーションパスの見通しを立てたり、これまでのナビゲーション過程を振り

返ってどの程度学んだのかを認識すること(リフレクション)が必要となる[5]。主体性を伴う学習では、こうしたナビゲーション過程に対するメタ認知的な活動が重要な役割を担い、学習の成否を握るといえよう[6,12]。

一方、ハイパー空間が複雑すぎたり、ページ内容の理解に注意が奪われると、メタ認知的活動を維持・継続することが難しくなり[5]、しばしばナビゲーションに行き詰まりが生じる[1,9,12]。このような問題を解消するためには、メタ認知的活動を促進する方法を検討することが不可欠である。また、メタ認知的な能力を高める配慮も必要となる。

そこで、本研究ではハイパー空間における学習を、ページ内容の理解や理解した内容の関係づけを含めたナビゲーションとそれを制御・維持するメタ認知的な活動とに区別し、学習者自身が明示的にメタ認知的活動を行うことができる支援環境の設計・開発を進めてきた[7,8,10]。本稿では、メタ認知の中でもリフレクションを取り上げ、その支援方法について述べたい。

ハイパー空間におけるナビゲーション過程のリフレクションは、(1)ナビゲーション過程のモニタリング、(2)構築した知識の再構成に分けて考えることができる[8]。

ハイパー空間では、ナビゲーションが進むにつれて、記憶の限界のため何を・どのように学んできたのかが不明瞭になりやすい[12]。また、学習目的の達成度も不明瞭となり、学習者自身がたとえ目的を達成できたと思っても、見落としがあり、知識が不完全なまま学習を終えてしまうことが起こる[5]。そのため、(1)ではナビゲーション中におけるページ間の関係づけやページ内で学んだ内容を確認することで、どのように知識を構築してきたかを内省し、学習目的の達成度などを確認することになる[2,5]。特に、知識構築プロセスは、ナビゲーション目的(ページ間の関係付けの目的)に依存することから、ナビゲーション目的に注意を向けることが必要となる[2]。したがって、モニタリングの支援を考える場合、ナビゲーション目的を含めて知識構築プロセスに対する意識を高め、構築してきた知識の内省を促すことが重要なポイントといえよう。また、知識の不完全さ(未学習の知識)に対する気づき(Unknown Awareness)を与えることも支援上重要となる[8]。

(2)では、モニタリングの結果を踏まえて、ページ間の関係や学んだ内容を修正することで積み上げた知識の再構成が行われる。しかしながら、こうした再構成は自発的には起こりにくく、認知的負荷が高い。そのため、意識的に知識の再構成を行わせるような環境を提供することが不可欠である[2,11]。

本稿では、これらのうちナビゲーション過程のモニタリングに着目して、リフレクション支援について考える。本研究では、これまでにWeb上に公開されている既存の学習リソースを題材として、ナビゲーション過程のモニタリングを支援するインタラクティブヒストリ(Interactive History: IHと略す)[7]およびAdaptive Postviewer[8]を開発している。IHでは、ハイパー空間で訪れたページの履歴にナビゲーション目的を注釈としてつけさせることによって、知識構築プロセスへの意識を高める工夫をしている。Adaptive Postviewerでは、IHで生成されるナビゲーション過程の履歴情報をもとに、学んだページ間の関係を知識マップとして視覚化するとともに、ページごとに学んだ内容を適切に推定して知識マップ上に表示する機能を備えている。この機能により、ナビゲーション中に構築してきた知識の構造(概要)および内容に対する内省を促すことを可能にしている。また、学習者自身で知識の不完全さに気づくように、IHで生成された他の学習者の履歴情報と学習者自身の履歴情報とを比較するIHComparatorを開発している。本稿では、リフレクション支援のあり方を検討しながら、これらの支援手法について説明する。

なお、Web上に既存の学習リソースを題材としている理由は、ページ間の意味的な関係が学習者にとって不透明な場合が多く、ページ間の関係づけや知識の積み上げを学習者自身が行う必要性が高いため、ナビゲーション過程のリフレクションが必然的に重要になると考えられるためである。

## 2. ハイパー空間における学習

ここでは、ハイパー空間での学習過程を概観し、必要となるリフレクション支援について考察する。

### 2.1 学習プロセス

ハイパー空間では、ある学習目的を達成するべくナビゲーションが進められるが、ページをたどる際はランダムではなく、学習目的のサブゴール(ナビゲーション目的と呼ぶ)が立てられ、それを満たすページを探すように行われる。ハイパー空間において構築される知識は、このナビゲーション目的に大きな影響を受けると考えられる[2]。例えば、現在のページから次のページを学ぼうとする場合、「未知の用語を調べるため」か、あるいは「さらに詳細な説明を見るため」かで、同一ページ間でも学ばれる知識の関係づけは異なったものになるであろう。このように、学習者はあるページ(始点ページ)で学んだ知識をいかに洗練・展開するかをナビゲーション目的として、それを満たすページ(終点ページ)を見つけることでナビゲーションを進めると考えることができる。つまり、ナビゲーション目的はページ間を関係づける目的と見ることもできる。

また、本研究では、こうした始点ページから終点ページに至る過程を基本ナビゲーションプロセスと呼び、複数の基本ナビゲーションプロセスを積み重ねることで知識が構築されると考えている[6,7]。なお、基本ナビゲーションプロセスでは、始点ページの次にたどるページが必ずしも終点ページになると限らないため、ナビゲーション目的を保持したり、その間に他のナビゲーション目的が立てられて複数の基本ナビゲーションプロセスを同時に進行しなければならない場合もある。

一方、ハイパー空間では、学習が進むにつれてこれまでのナビゲーション過程が不明瞭になりやすく、知識の構築に行き詰まりが生じる[2]。これを回避するためには、自分自身のナビゲーション過程をモニタリングすることが必要不可欠である[5]。このモニタリングでは、構築してきた知識および学習目的達成の状況を把握することが重要となる。このためには、訪れてきたページだけでなく、ナビゲーション目的およびページごとに学んできた内容の関係づけに注意を向ける必要がある。また、主体的学習では、しばしば学習目的を達成する上で学ぶべきページを見落とししてしまうことが起きやすいため、知識の不完全さに注意する必要がある。しかしながら、ナビゲーションを行いながら、こうしたモニタリングを維持・継続することは容易ではない[5]。

以上のことを踏まえると、ハイパー空間におけるナビゲーション過程のモニタリング支援では、以下に掲げるポイントが重要になると考えられる。

- (1) 知識構築プロセスに対する意識をいかに高めるか
- (2) 構築した知識の内省をいかに支援するか
- (3) 未学習知識に対する気づきをいかに与えるか  
(Unknown Awarenessの提供)

このような観点から、リフレクション支援について考えてみたい。その前に、これまでのリフレクション支援について振り返っておこう。

### 2.2 リフレクション支援

これまでに提案されているリフレクションの支援方法は、(1)ナビゲーション履歴(訪れたページの時系列)を用いる方法、(2)ハイパー空間の地図を用いる方法、に大別することができる。前者は、ナビゲーション過程の見

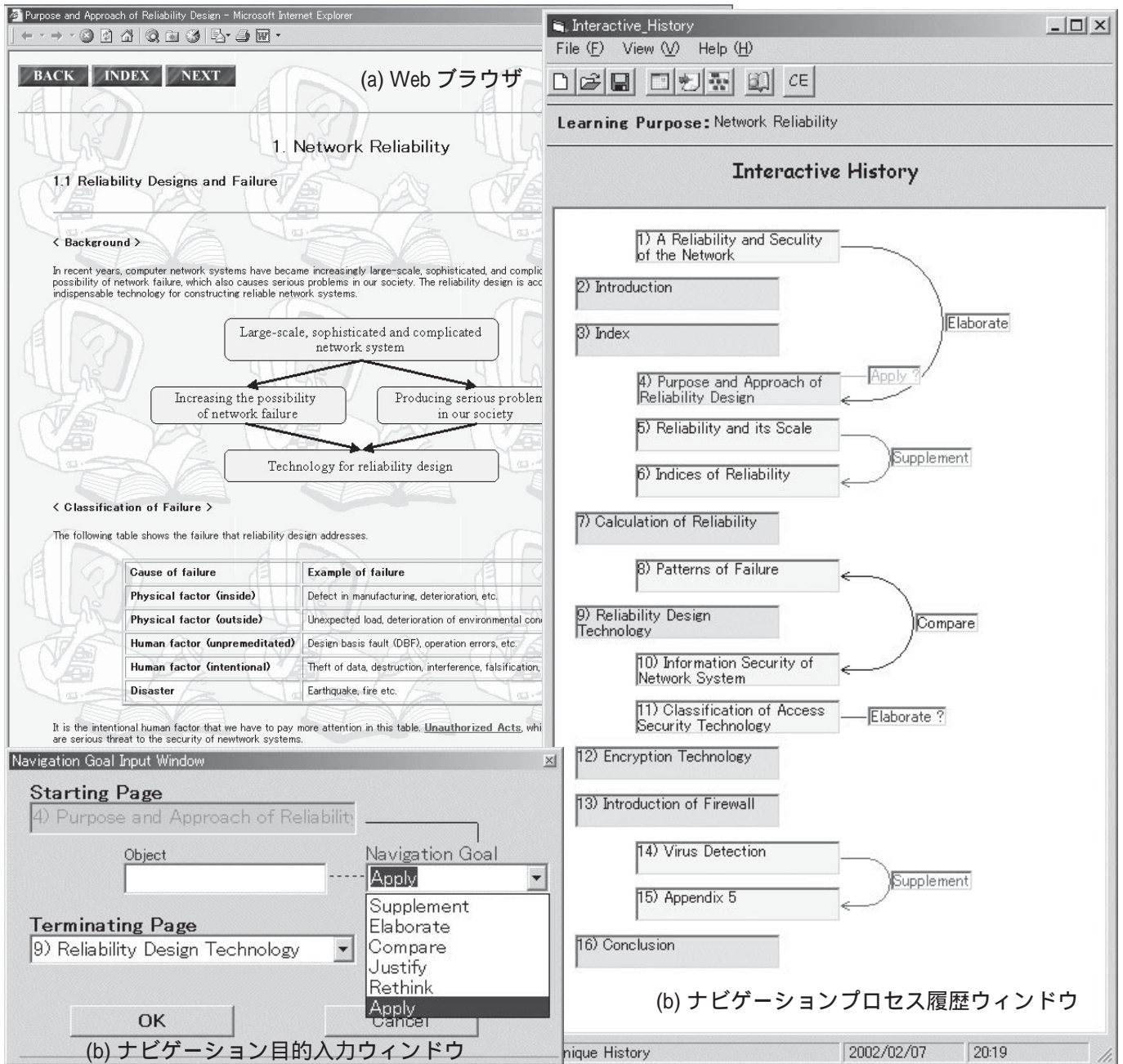


図1 IHのユーザインタフェース

直しを促すことを目的としており、IEのようなWebブラウザの履歴情報がその代表例である。しかしながら、ナビゲーション目的に関する情報が明確に表現されていないため、知識構築のプロセスを学習者が見直すには適しているとはいえない。後者は、地図上で学習者が学んだ部分を表示することによって、構築してきた知識への内省を促すことを意図しており、ハイパー空間に内在する教材構造を表す概念地図(Concept map)がその代表例である[4]。こうした概念地図では、ページ間の意味的關係が明記されているため、学習者は訪れたページ間の関係を見直すことが可能である。しかしながら、教材として記述された通りに学習者がページ間を関係づけるとは限らず[3]、またWeb上に既存の学習リソースの多

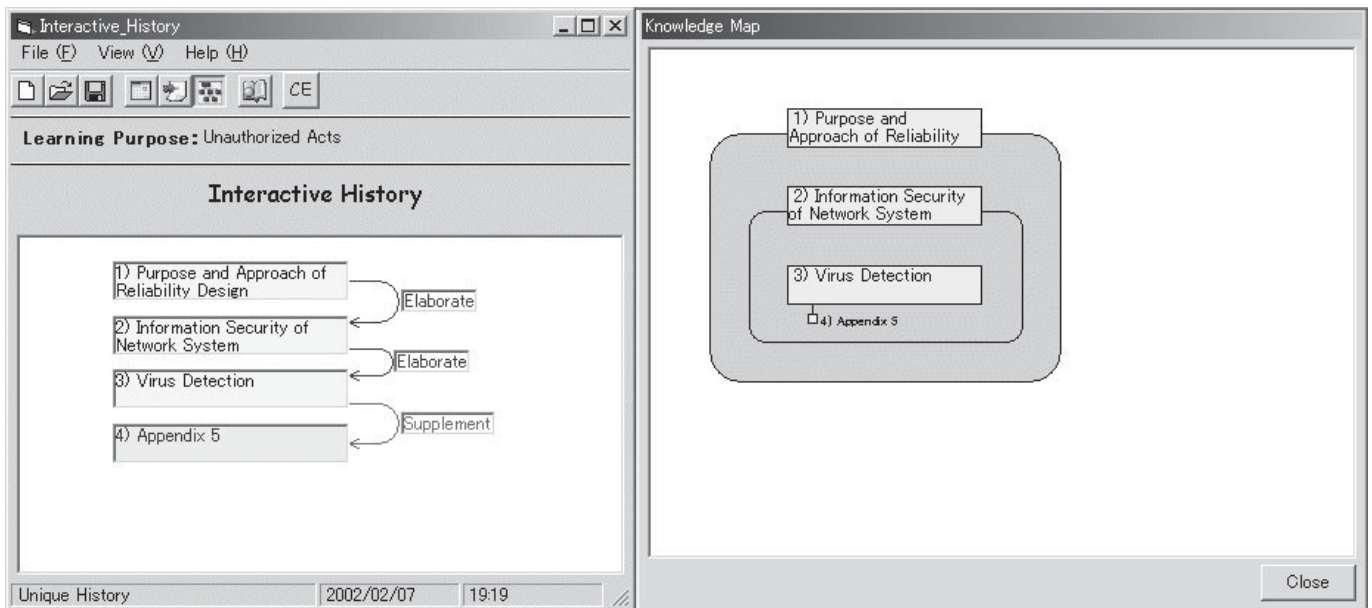
くは概念地図を持たないためこの種の支援手法が適応できない場合も多い。

以上の考察を踏まえて、本研究では、知識構築プロセスに対する意識を高めて構築してきた知識の内省を促し、さらにはUnknown Awarenessを提供することができる支援方法を開発している。

### 3. モニタリング支援

#### 3.1 Interactive History

IHでは、ハイパー空間で生じたナビゲーション目的および知識構築プロセスに対する意識を高めるために、基本ナビゲーションプロセスを反映した履歴(ナビ



(a) ナビゲーションプロセス履歴の例

(b) 知識マップの例

図2 Adaptive Postviewerによる知識マップ生成

ゲーションプロセス履歴と呼ぶ)を生成する。具体的には、Webブラウザ上での学習者によるナビゲーションに応じて、訪れたWebページの時系列を生成するとともに、あらかじめ分類したナビゲーション目的のリストから所望の目的を任意のページ間に注釈(Annotation)として学習者につけさせ、基本ナビゲーションプロセスを記録する機能を実現している。また、ナビゲーション後にナビゲーションプロセス履歴を再構成することも可能である。

図1にIHのインタフェースを示す。この図では、「コンピュータネットワークの信頼性について学ぶこと」を学習目的に、図1(b)に示すように、いくつかのナビゲーション目的を立て、基本ナビゲーションプロセスを遂行している様子を示している。Webブラウザで閲覧したページは、ページタイトルとともに図1(b)に示すように、時系列でナビゲーションプロセス履歴ウィンドウに表示される。このウィンドウでは、必要に応じてナビゲーション目的とその始点・終点ページを入力することができる。具体的には、図1(c)に示すナビゲーション目的の入力ウィンドウを用いる。この図では、*Purpose and Approach of Reliability Design*を始点ページとし、そこで学んだ知識の適用(*Apply*)をナビゲーション目的として*Reliability Design Technology*を終点ページとした基本ナビゲーションプロセスを記録しようとしている。

こうしたナビゲーション目的および基本ナビゲーションプロセスを記録させることを通して、知識構築プロセスに対する学習者の意識を高めることができると考えられる。

### 3.2 Adaptive Postviewer

Adaptive Postviewerでは、ハイパー空間において構築してきた知識に対する内省を促すために、IHで生成されたナビゲーションプロセス履歴からページ間の関係を

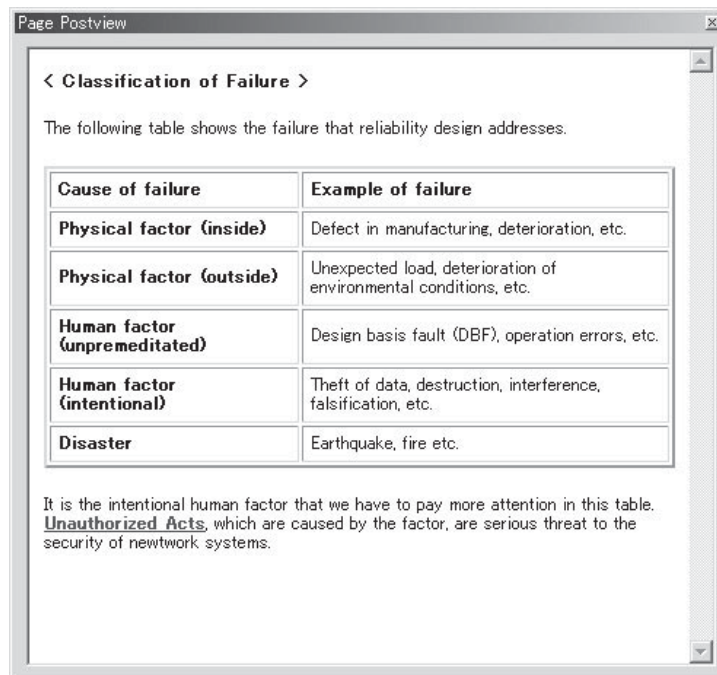
視覚的に表現する知識マップを生成するとともに、ナビゲーションの文脈を踏まえて基本ナビゲーションプロセスに関わるページで学んだ内容を適切に推定し、知識マップ上で表示する。この表示をページのPostviewと呼ぶ。

まず、知識マップの生成では、基本ナビゲーションプロセスごとに、ナビゲーション目的を反映するように始点ページと終点ページの関係性を視覚的に表現し、その上で個々の視覚的表現を重ね合わせる処理を行っている。

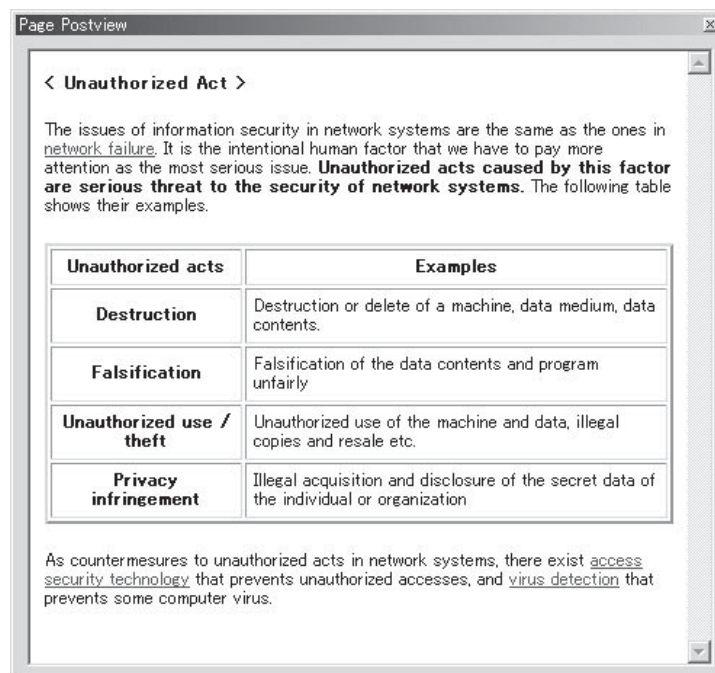
例えば、図2(b)に、図2(a)のナビゲーションプロセス履歴から生成される知識マップを示す。図からも分かるように、詳細化(*Elaborate*)というナビゲーション目的に対しては、始点ページが全体で終点ページがその要素となるような集合で表現し、補足(*Supplement*)に対しては、終点ページが始点ページにぶら下がるように表現することで、ページ間の関係を直感的に捉えやすくしている。ナビゲーション目的とそれに応じた視覚的表現の関係の詳細については、文献[6,7]を参照されたい。

次に、ページのPostviewを生成する方法について説明する。一般に、Webページの場合、ひとつのページに複数のトピックが記述されている場合が多いが、学習者は必ずしもページ内容のすべてを学ぶわけではない。そのため、ナビゲーション文脈をもとにページ内で学んだ部分を推定する必要がある。どの部分をページのPostviewとして表示するかは、そのページにおいて学習者が着目したトピックに依存するといえる。本研究では、このトピックをフォーカルトピックと呼ぶ。Adaptive Postviewerでは、ナビゲーションプロセス履歴の中でも基本ナビゲーションプロセスに含まれる始点・終点ページを対象として、フォーカルトピックを同定するとともに、各ページで学習者が学んだ部分を推定する。

まず、フォーカルトピックの同定では、学習者がナビゲーションを進める際に選択するページ内のリンク情報



(a) 始点ページの Postview



(b) 終点ページの Postview

図 3 Page Postview の例

が学習者の着目しているトピックを反映していると考え、選択されたアンカー情報に含まれるキーワードをフォーカルトピックと見なしている。

次に、対象とするページのHTMLドキュメントにおけるHeadingタグの階層構造にそってページ内容をセクションに分割し、フォーカルトピックを含むHeadingタグを持ったセクションを同定する。フォーカルトピックが含まれるタグがない場合は、フォーカルトピックがセクションの内容に出現する頻度が高いセクションを選

ぶ。ただし、始点ページについては、学習者によって選択されたリンクを含むセクションをページのPostviewとして取り出す。こうして取り出されたページのPostviewは、知識マップ上で対応するページをクリックすることによって見ることができる。

ここでは、コンピュータネットワークの信頼性を損なう要因について学ぶことを目的に、図2(a)に示すようにナビゲーションを行った学習者を例に取り上げて、ページのPostview生成方法を説明する。この例では、学習者

は図 1 (a)に示す Web ページ ( *Purpose and Approach of Reliability Design* ) において , 人的要因 ( *Human factor* ) をさらに詳細に調べようと , 不正行為 ( *Unauthorized Acts* ) というアンカーを選択し , 次のページ ( *Information Security of Network System* ) を訪れている . この場合 , フォーカルトピックは *Unauthorized Acts* と同定され , 始点ページの Postview には図 3 (a) のように不正行為のアンカーを含むセクションが取り出される . また , 終点ページでは , 図 3 (b) のように , このアンカー情報を *Heading* タグに持つセクションが取り出されている .

これらのページの Postview を知識マップ上で眺めることによって , ハイパー空間において構築してきた知識の構造 ( 概要 ) および知識の内容をモニタリングすることができる .

### 3.3 IHComparator

IHComparator では , 積み上げた知識の不完全さに学習者が自力で気づくことは容易ではないことに着目し , 同じ学習目的で学んだ他の学習者の中から , ナビゲーション過程が類似したものを選択・比較し , Unknown Awareness を提供する機能を実現している . 具体的には , IH で生成されるナビゲーションプロセス履歴のうち , 学習者の履歴と類似した他者の履歴を選択する ( 履歴選択 ) . これは , ナビゲーションプロセスがかけ離れていると , 比較しても自分の履歴を見直すきっかけにならないためである . そして , 他者の履歴で表現される知識構築プロセスのうち , 学習者自身の履歴に存在しない部分を未学習部分 ( Unknown ) と見なして , この部分に気づくように双方の履歴を比較・表示する ( 履歴表示 ) .

IHComparator では , 未学習部分に気づくことによって得られる学習効果を以下のように二つに分けて捉えている .

- (a) 学習の深め : 学習者が訪れたページ間の関係を他者の観点から見直すこと
- (b) 学習の広め : 学習者が学んだページから新たなページを訪れて知識を広げること

これらの効果を得ることを目的として 履歴選択を行っている . まず , 学習の深めの場合 , 履歴間の類似度を , 訪れたページの一貫性とみなし , この類似度が高く , 学習者が訪れたページの範囲で学習者の履歴にはない基本ナビゲーションプロセスを未学習部分として有する他者の履歴を選択する . こうした履歴との比較によって , 学習者は自分が訪れたページ間に新たな関係があることに気づき , 学習を深める機会を得ることができる . また , 学習の広めでは , 履歴間の類似度を , 基本ナビゲーションプロセスの一貫性とみなし , 類似度が高く , 基本ナビゲーションプロセスに関わるページのうち学習者が訪れていないページを有する他者の履歴を選択する . これによって , 学習者は , 自らの基本ナビゲーションプロセスから未学習の新たなページを訪れることで学習を広める機会が得られる .

次に , 履歴表示では , 選択した他者の学習履歴と学習者自身の履歴を知識マップで表現し , 並べて表示するとともに , 未学習部分をハイライトすることで Unknown Awareness が得られやすくなるようにしている .

## 4. 結論

本稿では , ハイパー空間での主体的・構成的学習におけるメタ認知的活動の重要性を主張するとともに , リフレクション支援のあり方について述べた . 特に , ナビゲーション過程のモニタリング支援を取り上げ , ナビゲーション中における知識構築プロセスへの意識を高めるとともに , 構築した知識の内省を促し , また Unknown Awareness を提供する必要性について論じた . また , この必要性を満たす支援手法として IH , Adaptive Postviewer , IHComparator の概要を紹介した .

今後は , これらの支援手法の有効性を評価することで , さらに洗練したいと考えている .

## 文献

- [1] Brusilovsky, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia, *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6, pp.87-129 (1996).
- [2] Cunningham, D.J., Duffy, T.M., and Knuth, R.A. The Textbook of the Future, in McKnight, C., Dillon, A., and Richardson, J. (eds): *HYPERTEXT A Psychological Perspective*, Ellis Horwood Limited, pp.19-49 (1993).
- [3] Dillon, A., McKnight, C., and Richardson, J. Space-the Final Chapter or Why Physical Representations are not Semantic Intentions, in McKnight, C., Dillon, A., and Richardson, J. (eds): *HYPERTEXT A Psychological Perspective*, Ellis Horwood Limited, pp.169-191 (1993).
- [4] Gaines, B.R. and Shaw M.L. G. WebMap: Concept Mapping on the Web, in Proc. of Second International WWW Conference, <http://www.w3.org/Conferences/WWW4/Papers/134> (1995).
- [5] Hammond, N. Learning with Hypertext: Problems, Principles and Prospects, in McKnight, C., Dillon, A., and Richardson, J. (eds): *HYPERTEXT A Psychological Perspective*, Ellis Horwood Limited, pp.51-69 (1993).
- [6] Kashihara, A., Ujii, H., and Toyoda, J. Reflection Support for Learning in Hyperspace, *Educational Technology*, 39, 5, pp.19-22 (1999).
- [7] Kashihara, A., Hasegawa, S., and Toyoda, J. An Interactive History as Reflection Support in Hyperspace, Proc. of ED-MEDIA 2000, pp.467-472 (2000).
- [8] Kashihara, A., Kumei, K., Hasegawa, S., and Toyoda, J. Adaptive Postviewer for Constructive Learning in Hyperspace, Proc. of ITS2002 (2002 in press).
- [9] Nielsen, J. The Art of Navigating Hypertext, *Communication of the ACM*, 33, 3, ACM Press, pp.297-310 (1990).
- [10] Suzuki, R., Hasegawa, S., Kashihara, A., and Toyoda, J.: A Navigation Path Planning Assistant for Web-based Learning, Proc. of ED-MEDIA2001, pp.1851-1856 (2001).
- [11] 鈴木涼太郎, 長谷川忍, 柏原昭博, 豊田順一: WWWにおける構成的学習のための知識外化支援環境, 人工知能学会研究会資料 SIG-IES-A103-12, pp.69-74 (2002).
- [12] Thuring, M., Hannemann, J., and Haake, J.M. Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension. *Communication of the ACM*, 38, 8, ACM Press, pp.57-66 (1995).