

# ハイパーメディア教材の有用性見積もり手法

## Roughly Estimating Usefulness of Educational Hypermedia

柏原昭博, 長谷川忍, 豊田順一

Akihiro Kashihara, Shinobu Hasegawa, and Jun'ichi Toyoda

大阪大学産業科学研究所

I.S.I.R., Osaka University, JAPAN

**Abstract:** This paper describes a framework for roughly and simply estimating the usefulness of educational hypermedia before using them. The key point in this framework is to estimate the usefulness with the extent of the gap between the learning context in which the designers of the hypermedia expect them to be used and the learning context in which learners use the hypermedia. The smaller the gap is, the higher the usefulness is estimated. This paper also describes the preliminary experiment in the framework. The results of this experiment implies that the way of the usefulness estimate is valid on the whole.

### 1. 序論

CD-ROM や WWW を媒体に様々なハイパーメディア (あるいは Hyperdocuments) が急増し, 同時にそれを学習リソースとして利用するための支援の必要性が高まってきている [Brusilovsky 1996; Nielsen 1990]. この中で, 学習者にとって役立つハイパーメディア教材の選択を支援することは, 一つの重要な研究課題であるといえる [Kashihara & Toyoda 1998].

通常, あるハイパーメディア教材が, 学習者にとって役立つかどうかは, 利用してみないと分からない. しかしながら, WWW を媒体として利用するような場合, 利用できる数が膨大であるため, ユーザが一つ一つ使ってみて有用性を判断することは不可能である. ハイパーメディア教材の効果的な利用を促進するためには, 大雑把でも, 前もってその有用性を見積もる方法が必要不可欠となる [長谷川 1998a].

本研究では, 以上のような観点から, 大雑把にしかも手軽にハイパーメディア教材の有用性を見積もる方法を提案している [長谷川 1998a; 長谷川 1998b]. 具体的には, WWW 上で公開された学習リソースを対象に, リソースのユーザあるいは設計者に対して,

(1) 利用時の学習文脈でリソースが役立つかどうか?

(2) どのように使えば (どの学習文脈で) 役立つか?  
(3) 何を足せば (ある学習文脈で) 役立つか?

を見積もる.

教材の有用性見積もりにおいて重要な点は, 教材作成時に想定される学習の文脈が教材利用時の文脈と一致しているかどうかという点である. 一般に, 教材は, ある文脈のもとで学習が効果的に進むように設計される. しかしながら, その想定文脈以外で利用される場合には, 必ずしも期待通りの学習効果が得られるとは限らない. WWW 上の学習リソース (Hyperdocuments) を利用する場合には, このような教材作成時の想定文脈と利用時の学習文脈の不一致がしばしば起こることが予想される. 一致しなければ, 期待通り学習効果が得られず, 利用時の文脈における教材の有用性は低いということになり, 一致すれば逆に有用性は高いということになる. 本研究では, このような学習文脈のズレの程度に着目して, 教材の有用性を見積もる方法について議論を進めている.

本稿では, まずハイパーメディア教材のユーザ・設計者が教材の有用性を見積もるための方法と枠組みについて述べる. 次に, 本枠組みの妥当性を調べるために行った予備実験について述べる. この実験では, 枠組みにそって見積もった教材の有用性と, 被験者の主観による教材の有用性を比較することで, 見積もり方法の妥当性を調べた. その結果, 見積もりと主観による有用性はおおむね一致し, 見積もり方法が妥当であることが示唆された.

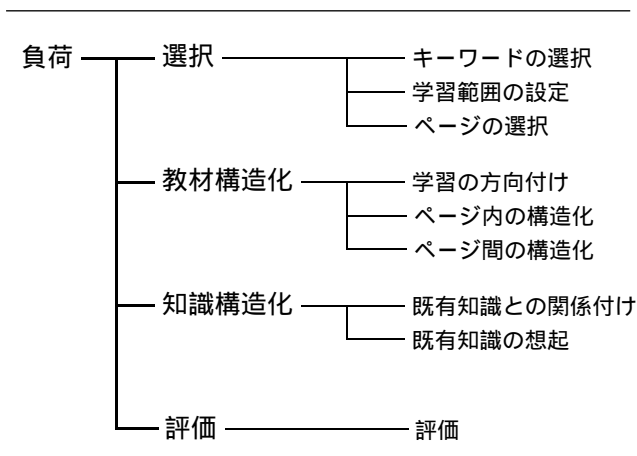


図1 ハイパーメディア教材における認知負荷

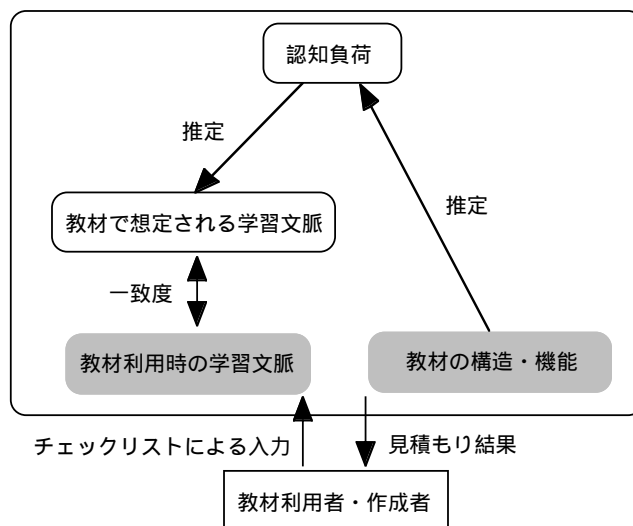


図2 有用性見積もりの枠組み

## 2. 有用性見積もり

ここでは、ハイパーメディア教材の有用性を見積もる方法および枠組みについて述べる。

### 2.1 有用さの文脈依存性

教材は、通常、ある文脈（ここでは、どの程度の知識を持った学習者がどのような目的で学習するのかを学習文脈と考える）のもとで、学習が効果的に進むように作成される。したがって、教材を利用する時の文脈が、想定されたものと同じであれば、その教材は有用であるを見積もることができる。しかしながら、想定された文脈以外で利用される場合には、期待通りに学習が進まず、必ずしも有用な教材とはならない。

このような教材作成時に想定される学習文脈と利用時の学習文脈の不一致は、普通の教科教育用の教材では起こりにくい。これは、教材を利用する際の学習文脈が明記されていたり、教師によって明示される場合が多いからである。しかしながら、WWW上の学習リソースでは、学習文脈が明記されていない場合が多く、また教師なしで利用することが多いため、教材作成時における想定文脈と利用時の文脈の不一致がしばしば起こることが予想される。

本研究では、このような文脈の一致度（ズレ）で、ハイパーメディア教材の有用性を見積もる方法について検討している。この方法では、一致度が低いほど、利用時の学習文脈では教材の有用性は低いということとなり、逆に一致度が高ければ、利用時の教材の有用性は高いということになる。

### 2.2 教材が与える認知負荷

ハイパーメディア教材の有用性を見積もるにあたり、教材が想定している学習文脈についての記述（どのような学習目的で、どの程度の知識を持った学習者

が用いるべきか）がない場合が多いため、教材利用の文脈とのズレを直接的に推定することはできない。そこで、本研究では、ハイパーメディア教材が学習者の学習を促すに当たり、どのような心的作業（認知負荷）を課すかを予測し、その負荷を課すのに相応しい学習文脈を、教材が想定している文脈として推定する方法を検討している。

一般に、教材は、想定文脈のもとで、学習が期待通りに遂行されるように、学習者に対して何らかの認知負荷を課すように設計される [柏原 1995]。ハイパーメディア教材では、図1に示すような4種類の認知負荷が学習に貢献するものとして考えられる [Kashihara, Hirashima, and Toyoda 1995; Chan et al. 1993]。選択負荷は、Hyperdocumentsを構成するあるページ（ノード）の記述から重要なキーワードを抜き出したり、他のページへ学習を進めるにあたりリンクを選択したりすることに相当する。教材の構造化負荷は、あるページ内に記述された個々の情報を関係づけたりすることに相当し、知識の構造化負荷は既に学習した内容を想起したり、現在見ているページ内の内容と関係づけることに相当する。また、評価負荷は、学習してきた程度を調べることに相当する。

これらの負荷のすべてが教材によって平等に与えられることはまれで、ハイパーメディア教材の構造や機能によって、学習者に対して中心的に与えられる負荷は違ったものになる。例えば、ハイパーメディア教材を構成するノード内の重要なキーワードを強調して表現することで、選択に注意を向けさせることができ、また図表を用いればノード内の個々の情報の関係付けを促進することができる。このことは、ハイパーメディア教材の構造・機能を見れば、学習者に与えようとしている主な認知負荷の種類を知ることができるこ

|                         | とてもわるい                  | わるい                     | ふつう                     | よい                      | とてもよい                   |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>■ ページのレイアウト</b>      |                         |                         |                         |                         |                         |
| ● 不要な装飾が抑えられている         | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 最も重要な情報がスクロールなしで読める   | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 情報が強調されている            | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 適切に情報が分割されている         | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 教材全体でレイアウトが統一されている    | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| <b>■ ナビゲーション</b>        |                         |                         |                         |                         |                         |
| ● リンクがリンク先を明示している       | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● リンクがどこにあるかがすぐにわかる     | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 利用しやすい目次が作成されている      | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● どのページからでも目次に戻りやすい     | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 現在どのページを読んでいるかがわかりやすい | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 教材の自由度が適当である          | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| <b>■ グラフィック</b>         |                         |                         |                         |                         |                         |
| ● 効果的に図表が利用されている        | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● テキストと図表が統合されている       | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| <b>■ 教育的な観点</b>         |                         |                         |                         |                         |                         |
| ● 教材の目的・利用方法が明示されている    | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 例題や練習問題などがある          | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 演習問題がある               | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 双方向的な環境がある            | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |
| ● 学習した履歴が有効に利用できる       | 1 <input type="radio"/> | 2 <input type="radio"/> | 3 <input type="radio"/> | 4 <input type="radio"/> | 5 <input type="radio"/> |

(a) 教材の構造・機能のチェックリスト

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>■ 学習の目的</b>    |  |
| ● 教材内容の修得を目的に利用する | <input type="checkbox"/>   |
| ● 教材内容の習熟を目的に利用する | <input type="checkbox"/>   |
| <b>■ 学習者の知識状態</b> | <input type="radio"/> ほとんど知識を持っていない<br><input type="radio"/> 少しは知識を持っている<br><input type="radio"/> ある程度知識を持っている<br><input type="radio"/> かなり知識を持っている<br><input type="radio"/> 非常に知識を持っている |
| <b>■ 学習者の能力</b>   | <input type="radio"/> 能力が非常に低い<br><input type="radio"/> 能力があまり高くない<br><input type="radio"/> 能力は普通<br><input type="radio"/> 能力がある程度高い<br><input type="radio"/> 能力が非常に高い                   |

(b) 教材利用文脈のチェックリスト

図3 チェックリスト

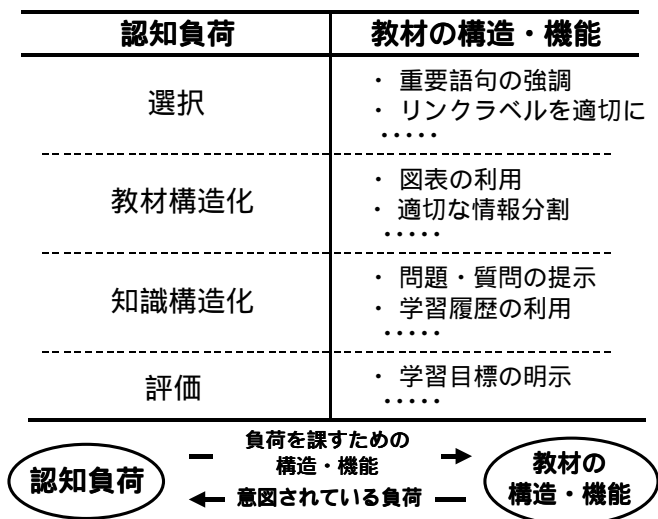


図4 教材構造・機能と認知負荷の対応関係

とを示唆している。

また、どの負荷を主に学習者に対して課すべきかは、学習の文脈に依存する。例えば、ある程度のドメイン知識を有している学習者が知識の習熟を目的として学習するような文脈では、知識の構造化負荷や評価負荷を与えるべきである。また、全くドメイン知識を有していない学習者が知識の獲得を目的として学習する文脈では、主に選択負荷や教材の構造化負荷を与えることが望ましいといえる。このことは、学習者に与えられる認知負荷の種類を見れば、教材が想定している学習文脈を知ることができることを意味している。

以上の議論を総括すると、ハイパーメディア教材の構造・機能から学習者に与えられる主な認知負荷を予測することができ、また予測した負荷の種類をもとに教材が想定している文脈を推定することができる。

### 2.3 有用性見積もりの枠組み

本研究では、2.2の議論をもとに、図2に示すようなハイパーメディア教材の有用性を見積もる枠組みを提供している。本枠組みでは、教材利用者あるいは作成者からハイパーメディア教材の構造・機能および教材利用の文脈を入力してもらい、それに応じて教材の有用性を見積もり結果を出力する。その処理過程は、以下の通りである。

- (1) 教材の構造・機能から学習者に与えようとしている主な認知負荷の種類を予測する
- (2) 予測した認知負荷の種類をもとに教材によって想定されている文脈を推定する
- (3) 利用文脈との一致度により教材の有用性を判断する。

このような見積もりを実現するために、本研究では

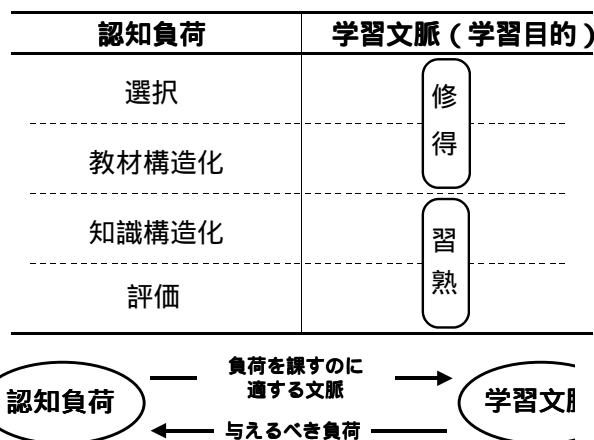


図5 認知負荷と学習文脈の対応関係

ハイパーメディア教材の構造・機能と教材によって与えられる主な認知負荷の対応関係、および認知負荷と想定される学習文脈の対応関係を整理した。以下では、これらについて述べる。なお、教材利用者あるいは作成者は、教材の構造・機能および教材利用文脈についてのみ入力すればよく、何ら認知負荷についての知識を持っている必要はない。また、見積もりをできるだけ簡単に行えるようにするために、図3に示すようなチェックリスト形式で教材の構造・機能および教材利用文脈の入力を行えるようにしている。

#### 2.3.1 構造・機能と認知負荷との対応関係

図4に、ハイパーメディア教材の構造・機能と、教材によって課せられる主な認知負荷の対応関係の一部を示す。例えば、「教材の構造上適切に情報分割がなされていれば、教材の構造化負荷を学習者に与えることが意図されている」ということが、この図を用いて予測される。また、この図を用いれば、特定の認知負荷を課すための教材構造・機能のあり方を推定することができる。例えば、「知識の構造化負荷を課すためには、学習履歴の利用機能があればよい」といったことを推定することができる。

#### 2.3.2 認知負荷と学習文脈との対応関係

図5に、学習者に課せられる認知負荷と学習文脈との対応関係を示す。この図を用いて、例えば「主に選択負荷と教材の構造化負荷を課すのは、知識の習得を目的とした文脈において」ということが推定される。また、この図を用いれば、特定の学習文脈で学習者に与えられるべき負荷を推定することができる。例えば、「知識の習熟を目的とする文脈では、主に知識の構造化負荷か評価負荷を与えるべき」といったことを推定できる。なお、現在のところ、学習文脈として、主に学習の目的（知識の習得と知識の習熟）および学習者の知識状態を数え上げているが、図5ではこのう

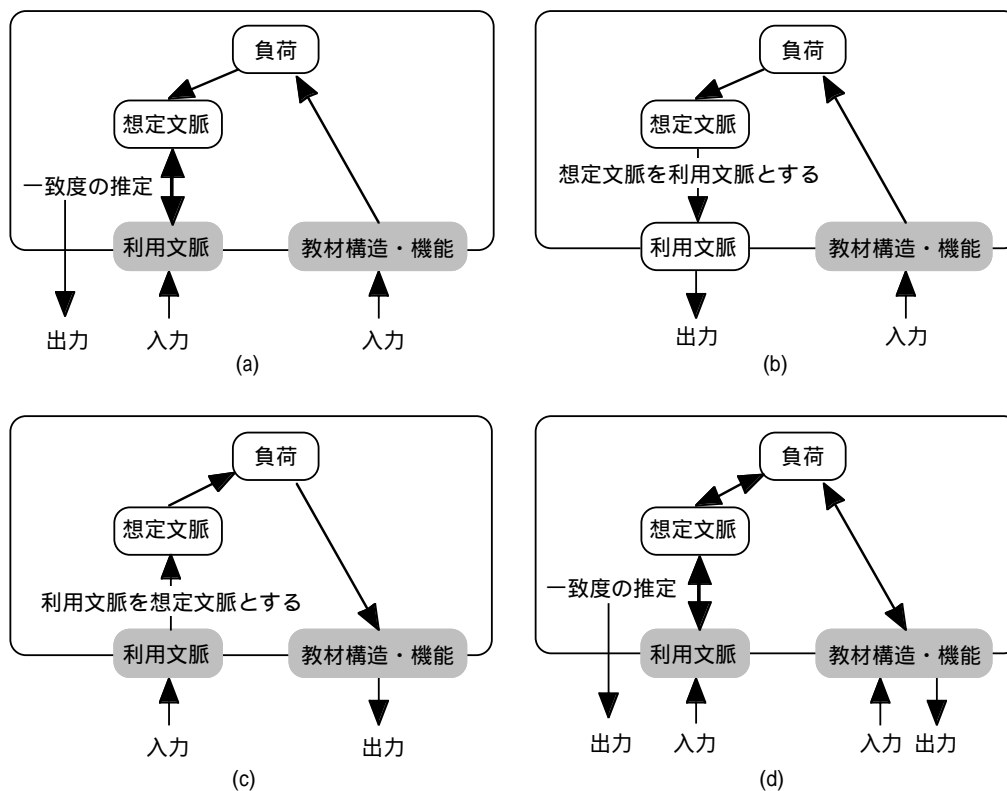


図6 見積みパターン

ち学習目的に限定した対応関係を示している。

## 2.4 見積みパターン

本枠組みでは、図6に示すパターンでハイパーメディア教材の有用性を見積もることが可能である。(a)(b)は、教材利用者に対する見積もりである。まず(a)では、教材の構造・機能および教材の利用文脈を入力として、教材の想定文脈を見積もるとともに、利用文脈との一致度を調べ、有用な教材となるかを見積もる(利用時の学習文脈で役立つかどうか?)。(b)では、教材の構造・機能を入力として、教材が想定している文脈を見積もる(どのような学習文脈で役立つか?)。

(c)(d)は、教材設計者に対する見積もりである。(c)は、教材利用時の学習文脈を入力として、その文脈で有用となる教材の構造・機能のあり方を推定する。(d)は、教材利用時の学習文脈と教材の構造・機能を入力として、教材が想定している文脈と利用時の文脈の一致度を調べるとともに、一致しない場合には利用時の文脈で有用となるために教材の構造・機能として何が足りないかを見積もる(何を足せば役立つか?)。

## 2.5 見積もり例

ここでは、見積もりの一例として、WWW上のあるHyperdocument形式の学習リソースを対象に、図6(b)のパターンで図3のチェックリストを用いて見積もっ

た結果の一部を図7に示す。この図の「評価」の部分が、ユーザによって入力されたチェックリストの値である。本枠組みでは、高い値が入力されている部分は、教材の構造・機能として十分に考慮されていると考え、図4の対応関係にしたがって、この教材では主に選択負荷と教材の構造化負荷を学習者に課すことが想定されていると推定する。さらに図5の対応関係にしたがい、知識の習得の文脈が想定されていると見積もる。実際には、入力値の平均をとって、知識の習得において見積もり値は4、知識の習熟において見積もり値は2となり、おおむね知識習得の文脈が想定されていると見積もられる。このことから、この教材は知識の習得の文脈で利用すれば、有用な教材となり得る。

## 3. 予備実験

本枠組みでの教材の有用性見積もり方法の妥当性を調べるために、予備実験を行った。この実験では、図6(b)のパターンに限定し、推定結果(教材が想定している学習文脈)と、学習者が教材の内容まで熟読し、教材を利用するのに適していると主観的に考えた学習文脈を比較することで、見積もりの妥当性を調べた。対象教材には、自作した「ネットワークの信頼性と安全性」を用い、WWW利用の経験のある理工系大学生・大学院生・職員28名を被験者とした。

| 学習文脈 | 認知負荷  | 教材の構成手法  |
|------|-------|--|
| 修得   | 選択    | <ul style="list-style-type: none"> <li>重要語句の強調</li> <li>リンクラベルを適切に.....</li> </ul> |
|      | 教材構造化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>図表の利用</li> <li>適切な情報分割.....</li> </ul>      |
| 習熟   | 知識構造化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>問題・質問の提示</li> <li>学習履歴の可視化.....</li> </ul>  |
|      | 評価    | <ul style="list-style-type: none"> <li>学習目標の明示.....</li> </ul>                     |

図7 見積もりの例

### 3.1 実験手順

実験は、各被験者に対して、初心者が教材を利用する場合を想定させて、以下の手順で行った。

- (1) 教材を学習させる前に、教材の構造・機能をチェックリストを用いてチェックさせる。
- (2) 教材を学習させた後、「知識の習得」、「知識の習熟」目的で、どの程度役立つ教材であるかを5段階で評価させた（主観的評点）。
- (3) チェックリストでの入力値を用いて、教材が想定している文脈を見積もる（「知識の習得」、「知識の習熟」での見積もり値を5段階で求める。）（見積もり評点）

### 3.2 実験結果

実験結果を表1に示す。ここでは、見積もり評点と主観的評点の差を調べている。表1からも分かるように、学習目的が「知識の習得」である場合、被験者の半数が評点が一致し、残りの半数も差が1以内という結果が得られた。また、「知識の習熟」に関しては、「知識の習得」に比べて、評点が一致した被験者数は減っているものの、差が1以内にほとんどの被験者が入っている。なお、チェックリストの入力にかかった平均時間は、約15分であった。

### 3.3 考察

見積もりにかかった時間（つまりチェックリストの入力に要した時間）が平均15分とあまりかからなかった。また、見積もり評点と主観的評点の差が多くの場合1以内になっていることから、人間の主観に近い見積もりができていられるように思われる。ただし、これについては、他の教材を用いてさらに詳しく調べてみる必要がある。

## 4. 結論

本稿では、大雑把にしかも簡単に、ハイパーメディア

表1 実験結果

被験者数：24名

|    | 評点差  | 0  | 1  | 2以上 |
|----|------|----|----|-----|
| 修得 | 被験者数 | 12 | 12 | 0   |
| 習熟 | 被験者数 | 9  | 13 | 2   |

評点差：推定結果と主観的評価の評点の差

教材の有用性を見積もる方法について述べた。本方法の特徴は、教材が想定している学習文脈と教材利用時の学習文脈の一致度に応じて教材の有用性を見積もる点にある。また、本方法の妥当性を調べる予備実験を行い、おおむね妥当である見込みが得られた。

今後は、さらに実験的に手法の妥当性を検討し、問題点を抽出しながら、有用性見積もり方法を洗練する予定である。

### 参考文献

- [Brusilovsky 1996] Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia, Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol.6, pp.87-129.
- [Chan et al., 1993] Chan, T.W., Lin, C.C., Lin, S.J., & Kuo, H.C. (1993). OCTR: A Model of Learning Stages. Proc. of 6th World Conference on Artificial Intelligence in Education '93 (AI-ED 93), pp.257-264.
- [柏原 1995] 柏原昭博, 菅野昭博, 平嶋宗, 豊田順一 (1995). 説明における認知的負荷の適用と実験的評価, 人工知能学会誌, Vol.10, No.3, 393-402.
- [Kashihara & Toyoda 1998] Kashihara, A., and Toyoda, J. (1998). Report on Experiences of Telelearning in Japan, Informatik Forum, Vol.12, No.1, pp. 39-44.
- [長谷川 1998a] 長谷川忍, 柏原昭博, 豊田順一 (1998). 認知負荷を考慮したハイパーメディア教材の評価ガイドライン, 人工知能学会研究会資料SIG-IES-9801-3, pp. 17-24.
- [長谷川 1998b] 長谷川忍, 柏原昭博, 豊田順一 (1998). ハイパーメディア教材の有用性推定に関する枠組み, 教育システム情報学会第23回全国大会講演論文集, pp. 401-402.
- [Nielsen 1990] Nielsen, J. (1990). The Art of Navigating Hypertext, Communication of the ACM, 33(3), ACM Press, 297-310.