

ハイパートレールが知識の構成に及ぼす効果に関する実験的研究

吉田 広毅
(常葉学園大学)

【要旨】

本研究は、ハイパーメディアによる学習において、知識の構成に応じたハイパートレールの種類が規定されることを明らかにすることを目的として行われた。つまり、課題処遇交互作用の観点から、ハイパートレールの効果が捉えられた。

研究の結果から、学習者は教材情報が一次元化された線形ハイパートレールを与えられることでハイパーメディア空間のコンテキストを認識することができ、その中の任意のコンテキストに沿って自身の知識を関連付けることによって、知識にまとまりをもたせることができることが示唆された。一方、教材情報が多次元化された非線形の構成のハイパートレールを与えられることで、既存の知識を教材のコンテキストに沿って広げることができることが示唆された。

1. 問題意識

ハイパーメディアによる学習では、学習者は考えのおもむくままに「情報の海」を航海できる。これは、ハイパーメディアの「無構造化」に依るものであり、学習の自由度が格段に広がるという利点がある。しかし、学習の方法や手段、経路など、学習の自由度が高まると、相対的に認知的負担が高まる。これにより、知的な消化不良、学習目標の喪失、認知エントロピーの増大などを招く危険性が指摘されている¹⁾。そこで、学習者にかかる認知的負担を軽減する、認知ツールの課題が浮かび上がってくる。

情報が直線的に配置され、しおりなどによって現在位置を全体の中で捉えられる書籍とは異なり、ハイパーメディア空間内では情報が互いに複雑に関連しあっている。そのため、学習者が自分の立っている現在位置を把握し、そこからどこへ、いかに移動するかを判断するのは難しい。そこで、書籍におけるしおりや索引、目次のような役割を果たす認知ツールの存在が必要となる。学習者は認知ツールを与えられることにより、教材内での移動の仕方や経路、情報の収集の仕方やそのまとめ方など、ハイパーメディアによる学習で負う認知的負担を軽くすることができるものと考えられる。

ハイパーメディアによる学習について、これまでにいくつかの問題が指摘されている。以下に、ハイパーメディア利用学習における問題をあげ、それに対して考えられている処方について述べる。

(1) 「迷子」の問題

ハイパーメディア空間を行き交ううちに、その空間内で自分の位置を見失ってしまうことがある。この状況は、「迷子」²⁾と呼ばれる。「迷子」は、学習者が任意に道筋を決定す

るために生じる問題であり、ハイパーメディアの情報構造が複雑である場合に頻出する。「迷子」に関しては、これまでに、①どこにいるのかが分からない、②どこへ進めばよいのかが分からない、③目的地までどのように行けばよいのかが分からない、④何の目的で現在いるノードを訪れたのかが分からない、⑤与えられている選択肢が何なのかが分からない、⑥自分が迷っていることが分からない、という6つの状況が示されている³⁾⁴⁾。

ハイパーメディアによる学習では、常に現在位置や向いている方向をモニターしながら学習を進めないと、「迷子」に陥ることになる。ところが、ハイパーメディアでは情報が複雑に関連しあっているため、どこから来て、どの方向を向いており、教材全体の中でどこに位置しているのかを見出すのが難しい。そこで、ハイパーメディアの構成を工夫して「迷子」を生じさせないように導く、ナビゲーションの課題が浮かび上がってくる。

(2) コンテキストの問題

ハイパーメディアによる学習における2つめの問題点として、学習者がハイパーメディア空間内にどのような情報が含まれているのかを掴めないために、どのような情報を参照したいのかが分からなくなるという問題がある。つまり、情報の概略を把握できずに、学習が進行しないという問題である。ハイパーメディアによる学習の進行は学習者のコンテキストに依るが、情報が多数のノードとリンクから構成されている場合、どのノードが必要性の高いもので、どのノードが必要性の低いものなのかを理解できないことがある。

このような問題に対処するために、チュートリアルや、システム内容に関するいくつかのシナリオを設けることがある。つまり、学習者に対して、学習の道筋の例をいくつか提示するのである。これにより、学習者の興味・関心を引き起こして学習への動機付けを行い、自分の学習目標として認識させる⁵⁾。この作成者からの操作を、ホーン⁶⁾はハイパートレールと呼び、ナビゲーションと区別している。ハイパートレールとは、特定のテーマに沿って系統的に構成されたノードの配列であり、学習の自由度を抑える働きがある。そのため、情報構造が複雑なハイパーメディア空間に特定のテーマに沿った道筋を与えることができ、ハイパートレールに従って進めば、ハイパートレールのコンテキストから見たハイパーメディア空間の概略を把握することが可能となる。

「迷子」の問題と、コンテキストの問題は、密接に関連しあう問題である。実際、Van-Dam⁷⁾は、コンテキストの問題は「迷子」を引き起こす大きな要因のひとつであるとしている。しかし、厳密には、現在位置や向いている方向性が分からない学習者が必ずしも、なにを見たいかが分からなくなっているともいえず、また、なにを見たいかが分からない学習者が皆、「迷子」になっているとも限らない。本研究では、「迷子」の問題とかかる処方としてのナビゲーションの課題も意識しつつ、コンテキストの問題とそれに対する処方としてのハイパートレールの課題を取り上げる。

(3) ハイパートレールの分類と本研究で用いるハイパートレール

ホーン⁸⁾は、ハイパートレールで提示される教材情報の種類とハイパートレールの構成によって、ハイパートレールを必須情報ハイパートレール、分類ハイパートレール、時系列ハイパートレール、地理ハイパートレール、プロジェクト・ハイパートレール、構造ハ

ハイパートレール、判断ハイパートレール、定義ハイパートレールの8つに分類した。ハイパートレールで提示される教材情報については、重要度の高いもの、教材の概要、学習者の関心の高そうなもの、用例などに分けられる。ハイパートレールの構成については、教材情報が一元化されているのか、多次元化されているのかによって分けることができる。

本研究では、教材情報の概略が一元化された線形ハイパートレールと、多次元化された非線形ハイパートレール、構成の異なる2種類のハイパートレールを用い、それぞれが知識の構成に対していかなる効果を及ぼすのかを明らかにすることとする。その際に、ハイパートレールの構成の違いだけが学習成果に影響することを保証すべく、ハイパートレールで提示する教材情報は統制することとする。

(4) ハイパートレールの構成に対応した知識の構成の在り方

a. 線形ハイパートレールの効果についての予想

線形ハイパートレールとは、教材情報の概略が一元化された認知ツールである。つまり教材に関するチュートリアルのようなツールである。ハイパーメディアに線形ハイパートレールを組み込むことにより、情報構造が複雑なハイパーメディア空間に一筋の道を与えられる。そうすることで、どの情報を参照したらよいのかが分からずに認知エンタロピーが増大しがちなハイパーメディアによる学習に、特定のテーマに沿ったまとまりを持たせることができるものと予想される。一方で、線形ハイパートレールが与えられることによって学習の自由度が抑えられることで、知識の拡がりは抑えられることが予想される。

b. 非線形ハイパートレールの効果についての予想

非線形ハイパートレールとは、教材情報の概略が多次元化された認知ツールである。非線形ハイパートレールを組み込むことにより、学習者に参照する情報を例示できる。そうすることで、学習者は学習の都度に生じた興味に応じて学習を拡げることができるものと予想される。すなわち、学習者は興味のある内容や既知の内容に関連する新たな情報の事例を非線形ハイパートレールによって提示されることで、既存の知識と新たな情報とを結びつけて知識体系に組み込む、精緻化の認知的符号化操作⁹⁾¹⁰⁾が促進されるものと考えられる。一方で、非線形ハイパートレールを使って学習した場合、知識の収斂の仕方は学習者に委ねられるため、知識の統合は抑えられることが予想される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ハイパーメディアによる学習において、ハイパートレールが知識の構成に及ぼす効果を明らかにすることである。その上で、目指す知識構成に応じて、与えるべきハイパートレールの種類が規定されることを明らかにすることを目指す。つまり、ここでは課題処遇交互作用の観点から、ハイパートレールの効果を捉える。

研究の目的から、以下の4つの仮説を設定した。

仮説：ハイパーメディアを利用した学習において、

1：線形ハイパートレールを用いることで、「知識の統合」が促進される

2：線形ハイパートレールを用いることで、「知識の拡大」が抑制される

3: 非線形ハイパートレールを用いることで、「知識の拡大」が促進される

4: 非線形ハイパートレールを用いることで、「知識の統合」が抑制される

仮説 1、2 は、線形ハイパートレールが知識の構成に及ぼす効果を問うものである。仮説 3、4 は、非線形ハイパートレールが知識の構成に及ぼす効果を問うものである。

3. 実験方法

実験は、2010 年 9 月下旬から 11 月上旬にかけて、静岡県および埼玉県の大学生 74 名を対象として行った。大学生を対象として用いたのは、幼児児や児童は成人と比べ、既存の知識量が少ないため、うまく認知的操作を行えないことが指摘されているからである^{11) 12)}。被験者は、線形ハイパートレールを与えられる被験者（実験群 A：24 名）、非線形ハイパートレールを与えられる被験者（実験群 B：25 名）、そしてハイパートレールを与えられない被験者（統制群：25 名）の 3 群に無作為に割り当てた。

(1) 実験の手続き

実験に先立ち、ハイパーメディアとハイパートレールの操作方法、および学習成果の測定用具である意味ネットワークの作成方法についての説明を行うとともに、処遇前の知識の構成を測定する事前意味ネットワークを作成させた。ついで、ハイパートレールを使って学習をさせ、最後に処遇後の知識の構成を測定する事後意味ネットワークを作成させた。

以下、図 1 に実験手続きの概略を示す。

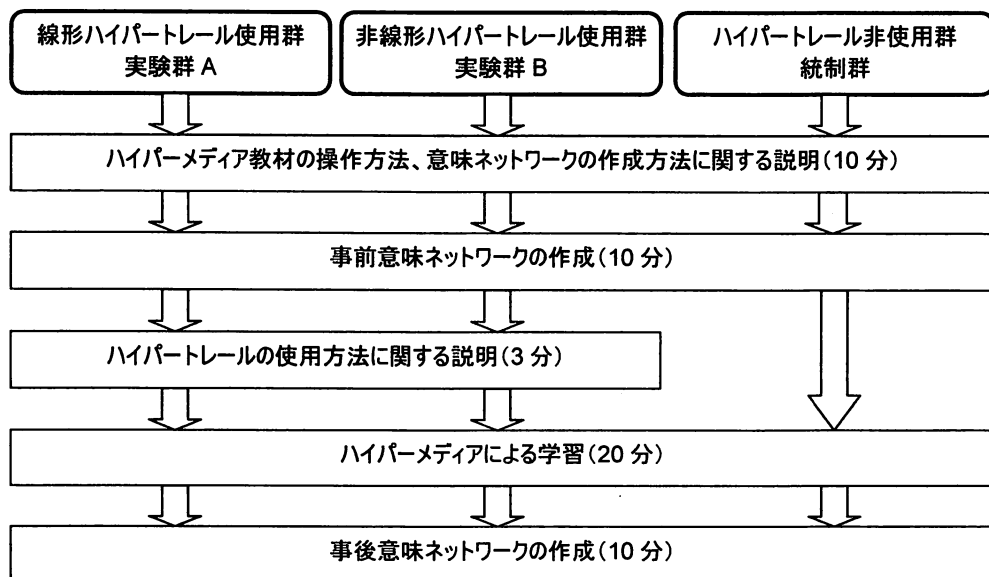


図 1 実験手続きの概略

(2) 実験用ハイパーメディア教材「8 つの惑星」

本研究では実験教材として、「8 つの惑星」という太陽系の惑星を概説する、全 341 ペー

ジから成るハイパーメディア教材を用いた。教材を 341 ページという大きな容量にしたのは、天井効果を回避し、学習者の自由な発想に対応が可能な広さを保証するためである。

教材のテーマは、本研究の目的変数である知識の構成をみることのできるものという基準から設定した。ここでいう知識の構成とは、知識の拡がりの度合いを問う「知識の拡大」と、知識のまとまりの度合いを問う「知識の統合」とを指す。そのため、ある程度の広さを持ち、体系化された題材を選択する必要がある。そこで、本研究では実験教材のテーマとして「太陽系の惑星」を選定した。実験教材「8 つの惑星」を用いた学習では、学習者は 341 ページから好きな内容を手当たり次第、見ていくことも可能であり、また、「星にまつわる神話」など、特定のテーマに沿って系統的に学習することも可能である。

教材の開発は、①多様なプラットフォームに対応可能な設計にする、②多様な環境に対応しうる設計にする、③学習者にとって馴染みやすいインターフェイスにする、④操作を平易にする、⑤教材内の移動手段をリンクに限定するという 5 つの観点から、HTML 言語を用いて Web ページ形式で作成し、マウスの左クリックだけで学習が進行する仕様とした。

教材の開発にあたっては、各ページの「重み」を一定にすることに注力した。ここで述べる「重み」には 2 つの考え方がある。ひとつは、挿入するテキストの長さや画像の大きさ、解像度などによって判断される「量的な重み」である。各ページの「量的な重み」が異なると、特定のページを呼び出すのにかかる時間や、特定のページを通過するのに要する時間に差が生じる。そこで、本研究では、実験用教材の各ページに挿入する画像を 500 × 300 ピクセルに統一し、jpeg 形式で 30KB の容量に圧縮した。また、各ページに挿入するテキストの長さは 60 文字程度に統一した。もうひとつは、各ページにどれだけのリンクが貼ってあるかで判断される「質的な重み」である。各ページの「質的な重み」が異なると、特定のページを訪れる頻度に差が生じる。本研究の実験用教材では、ひとつのページから他のページに直接、移動できるリンクを 3 つ程度とした。

実験群に合わせ、線形ハイパートレールを含む教材、非線形ハイパートレールを含むものの、ハイパートレールを含まないもの、3 種類の教材を用いた。

(3) ハイパートレール

本研究では、被験者がハイパーメディアの概略を把握するのを助ける認知ツールとして、線形ハイパートレールと非線形ハイパートレール、2 種類のハイパートレールを用意した。

線形ハイパートレールとは、特定のテーマに沿って一元化されたノードの配列である。本研究では、「惑星の分類」、「惑星にまつわる神話」、「惑星の探索」の 3 つの線形ハイパートレールを用意した。線形ハイパートレールを活用することで、例えば、「惑星にまつわる神話」に関して、「太陽にまつわる神話」、「水星にまつわる神話」、「金星にまつわる神話」など、一定の順序で配置された教材情報の一部を順次、参照できる。

非線形ハイパートレールとは、特定のテーマに沿った多次元のノードの配列である。ここでは、線形ハイパートレールと同様の内容の 3 つの非線形ハイパートレールを用意した。図 2 に本研究で用いた非線形ハイパートレールの一例を示す。非線形ハイパートレールを活用することで、教材情報の概略を学習者の興味に沿って参照できる。

なお、どちらのハイパートレールにも、教材のトップページに戻るためのリンクを付した。そうすることで、好きな時にハイパートレールを離れて教材に戻れるようにした。

太陽系の惑星の分類

太陽系の惑星は、太陽に対する位置、大きさ、構造、初めて観測された時代によって分類することができる。

位置による分類

大きさによる分類

構造による分類

歴史による分類

HOME

図2 実験で用いた非線形ハイパートレールの例

(4) 学習活動の測定用具「意味ネットワーク」

本研究では、非直線的な構造のハイパーメディア教材を用い、学習者が学習の目標・内容・方法などを決定する学習者制御の学習を想定している。よって、学習成果の測定方法として、学習者が「思いのままに」獲得した知識や、そのまとめ方を反映しうる方法が必要となる。そこで、本研究では学習者の知識構造を表象する手段として、概念を「ノード」によって、概念間の関係を「リンク」によって図示する意味ネットワークを用いることとした。意味ネットワークは、中央に「惑星」という単語を配し、「太陽系の惑星」に関する単語を追加して単語間の関係性をリンクで結ぶことによって完成させる形式をとった。また、用紙と併せ、意味ネットワーク作成例と簡単な教示を記した台紙を用意した。

(5) 知識構造の変容に関して

a. 「知識の拡大」に関して

ここで述べる「知識の拡大」とは、精緻化の認知的符号化操作によってもたらされる知識構造の変容を表わす概念である。精緻化によって新たな知識の獲得や生成は促され、もとの知識構造が広がる。そこで、本研究では、学習者が処遇に先立ち作成した意味ネットワークに記したノード数を基準として（これを、事前の「知識の広さ」と呼ぶ）、処遇を受けたのちにどれだけノード数が増えたかによって、「知識の拡大度」を測定する。以下に、操作的な定義による算出式を示す。

$$(\text{事後の知識の広さ}) - (\text{事前の知識の広さ}) = \text{処遇による「知識の拡大度」}$$

b. 「知識の統合」に関して

「知識の統合」は、被験者が作成した意味ネットワークに記したリンク数を基準に測定する。しかし、リンク数のみを扱うと、どれだけノードに対してそのリンクが貼られているかということを吟味していないという問題が浮かび上がってくる。そこで、本研究では、学習者の貼ったリンク数と記述可能なリンク数との比較から「知識の統合度」を測ることとする。以下に、操作的な定義による算出式を示す。

$$(\text{記述ノード数}) \times (\text{記述リンク数} / \text{記述可能なリンク数}) \times 100 = \text{「知識の統合度」}$$

また、上記の式によって得られた学習者の処遇に先立つ「知識の統合度」を基準として、処遇を受けた後にどれだけ「知識の統合度」が高まったかによって、「知識の統合度」の変化を測定する。すなわち、処遇による「知識の統合度」の変容は以下に示される。

$$(\text{事後の知識の統合度}) - (\text{事前の知識の統合度}) = \text{処遇による「知識の統合度」}$$

4. 研究の結果と分析

実験の結果、得られた 74 のデータのうち、データが不十分で分析に適さないものは特になかった。よって、以降この 74 のデータについて分析を行う。

(1) 被験者の等質性の検定

被験者の等質性を検証するために、事前の「知識の広さ」および「知識の統合度」に関する定義式に基づき、学習者が処遇に先立って作成した意味ネットワークに記述したノードの数の平均値について t 検定（両側）を行った。結果、事前の「知識の広さ」および「知識の統合度」について、実験群と統制群との間に有意差はみられなかった（表 1～4 参照）。このことから、処遇に先立つ実験群と統制群の等質性は保証されたといえる。

表 1 事前の「知識の広さ」についての t 検定（線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 A	24	10.13	3.69	47	0.25	.05, n.s.
統制群	25	10.40	3.86			

表 2 事前の「知識の統合度」についての t 検定（線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 A	24	35.15	3.27	47	0.76	.05, n.s.
統制群	25	35.84	3.12			

表 3 事前の「知識の広さ」についての t 検定（非線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 B	25	10.52	3.76	48	0.11	.05, n.s.
統制群	25	10.40	3.86			

表 4 事前の「知識の統合度」についての t 検定（非線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 B	25	37.08	4.86	40	1.06	.05, n.s.
統制群	25	35.84	3.12			

(2) ハイパートレールの効果の検証

a. 「知識の拡大」に関して

ハイパートレール使用群と非使用群の「知識の拡大度」の平均値の t 検定（両側）を行うことにより、非線形ハイパートレールの効果を検証した（表 5、6 参照）。結果、非線形ハイパートレール使用群の「知識の拡大度」の得点は、統制群と比べて有意に高かった。一方、線形ハイパートレール使用群と統制群の「知識の拡大度」との間には有意差はみられなかった。このことから、ハイパーメディアによる学習において、非線形ハイパートレールを与えられることにより、大学生の「知識の拡大」が促進される可能性が示唆された。

表 5 「知識の拡大度」についての t 検定（線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 A	24	7.17	3.83	46	.94	.05, n.s.
統制群	25	8.28	4.45			

表 6 「知識の拡大度」についての t 検定（非線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 B	25	12.20	3.67	47	3.37	p<.01
統制群	25	8.28	4.45			

b. 「知識の統合」に関して

ハイパートレール使用群と非使用群の「知識の統合度」の平均値の t 検定（両側）を行うことにより、線形ハイパートレールの効果を検証した（表 7、8 参照）。結果、線形ハイパートレール使用群の「知識の統合度」の得点は、統制群と比べて有意に高かった。一方、非線形ハイパートレール使用群と統制群の「知識の統合度」との間には有意差はみられなかった。このことから、ハイパーメディアによる学習において、線形ハイパートレールを与えられることにより、大学生の「知識の統合」が促進される可能性が示唆された。

表 7 「知識の統合度」についての t 検定（線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 A	24	11.94	7.73	38	4.61	p<.01
統制群	25	3.43	4.79			

表 8 「知識の統合度」についての t 検定（非線形ハイパートレール使用群－統制群）

	N	平均値	標準偏差	自由度	t 値	有意水準
実験群 B	25	1.81	3.02	41	1.42	.05, n.s.
統制群	25	3.43	4.79			

5. 研究の考察と今後の課題

本研究は、大学生など、ある程度の知識を有する成人がハイパーメディアを活用して行う学習において、いかなる構成のハイパートレールがどのような知識構成の仕方に対応するのかを明らかにすることを目的として行われた。

本研究で示した仮説 1、3 が支持されたことで、学習者は教材情報が一次元化された線形ハイパートレールを与えられることでハイパーメディア空間のコンテキストを認識することができ、その中の任意のコンテキストに沿って自身の知識を関連付けることによって、知識にまとまりをもたせることができることが示唆された。一方、教材情報が二・三次元化された非線形の構成のハイパートレールを与えられることで、既存の知識を教材のコンテキストに沿って拡張することができることが示唆された。

一方で、研究仮説 2、4 は支持されなかった。この結果を導いた原因は、2 つ考えられる。ひとつは、線形、非線形、いずれのハイパートレールを用いた場合にも、学習が促進されることはあっても、抑制されることはないという可能性である。もうひとつは、ハイパートレールという処遇以外に学習成果に影響を及ぼす要因が存在するという可能性である。そこで、今後の課題として、ハイパーメディアなどによる学習者制御の学習への関わりが指摘されている、認知スタイル¹³⁾や認知的方略¹⁴⁾、達成目標志向性¹⁵⁾、自己効力感¹⁶⁾などの学習者の個人要因と本研究で得られた知見とを組み合わせ、ハイパートレールが知識構成に及ぼす効果を検討することがあげられる。そうすることにより、どのような学習者に対して、どのようなハイパートレールを与えることで、どのような学習成果が得られるかというハイパートレールの影響に関するメカニズムがより明確になると思われる。

認知ツールの複合的利用も重要な研究課題である。本研究では被験者に複数のハイパートレールを与えず、教材情報の概略の提示方法をひとつに限定することで、ハイパートレールが個人の知識の構成の仕方にいかに影響するかを検証した。しかしながら、実際にはひとつのハイパーメディア・システムにおいて、認知ツールが 1 種類しか存在しないという状況は多くはない。今後は、ハイパートレールの複合的利用についての研究を進めていく必要があると思われる。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金（若手研究（B）研究課題「知識構造の相違に対応したハイパートレールの構成に関する実験的研究」課題番号 22700828、平成 22 年度～24 年度）の援助を受けて実施したものであり、ここに謹んで感謝の意を添えます。

<引用および参考文献>

- 1) Jonassen, D. H. Designing Structured Hypertext and Structuring Access to Hypertext. *Educational Technology*, 28, 11, 1988, 13-16.
- 2) Conklin, J. Hypertext: An Introduction and Survey. *IEEE Computer*, 20, 9, 1987, 17-41.
- 3) Roselli, T. Control of User Disorientation in Hypertext Systems. *Educational Technology*, 31, 12, 1991, pp.42-46.

- 4) 山王丸浩子 (1998). 「ハイパーメディアの教育利用におけるナビゲーション・ツールの研究の展開」 『教育研究』 40, 1998、pp.167-194.
- 5) 前掲書 4)
- 6) ロバート・E・ホーン著、松原光治監訳『ハイパーテキスト情報整理学－構造的コンテンツ作成のすすめ』日経 BP 社、2005.
- 7) Van-Dam, A. Electronic books and interactive illustrations. presentation at Electronic Book Technologies, Inc. 1994.
- 8) 前掲書 5)
- 9) Ausubel, D. P. (1960). The Use of Advance Organizers in the Learning and Retention of Meaningful Verbal Material. *Journal of Educational Psychology*. 51, 5, 267-272.
- 10) Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. Level of Processing: A Framework for Memory Research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 1972, pp.599-607.
- 11) Yussen, S. E., Gagné, E. D., Garguilo, R., & Kunen, S. (1974). The Distinction between Perceiving and Memorizing in Elementary School Children. *Child Development*, 45, 547-551.
- 12) Beuhring, T. (1980). Developmental differences in elaboration: A metamemory explanation. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, 16.
- 13) Stanton, N. & Baber, C. An investigation of style and strategies in self directed learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1, 199, pp.147-167.
- 14) Williams, M. D. The relationship between the availability of cognitive tools and achievement in a hypermedia environment: A Pilot Study.
<http://www.edb.utexas.edu/mmresearch/Students96/Williams/project.html> 2012.3.27 参照
- 15) Wolters, C. A., Yu, S. L., & Pintrich, P. R. The relation between goal orientation and students' motivational beliefs and self-regulated learning. *Learning and Individual Differences*, 8(3), 1996, pp.211-238.
- 16) Karsten, R., & Roth, R. M. The relationship of computer experience and computer self-efficacy to performance in introductory computer literacy courses. *Journal of Research on Computing in Education*, 31, 1, 1998, pp.14-24.