

マルチメディアの教育利用における ナビゲーション・ツール研究の展開

山王丸 浩子

1. 構成主義的学習とマルチメディア

現在、従来の客観主義的学習から、構成主義的学習への転換の必要性が言われている。これは、今日の教育が、学習者に単一の正答へ到達することを求める客観主義的学習に偏重しているという反省からである。

山内 (1995) によれば、日本語で言われている構成主義には3つの原語があり、それぞれは元来異なる概念を示すものである。それらは、①個人内構成主義 (Constructivism) —ピアジェ (J. Piaget) による、個人内に外界との接点となるそれぞれの経験がどのように構成されるかに着目する考え方、②交互作用的構成主義 (Social Constructivism) —他者との社会的プロセスを重要視し、その中で個人の心の中に知識が形成される過程を対象とする、ヴィゴツキー (L. S. Vygotskii) 等にみられる個人と他者との交互作用的側面を強調する考え方、③社会的構成主義 (Social Constructionalism) —「人々の意識がその存在を決定するのではなく、その社会的存在が意識を決定する」という前提のもと、その社会が個人の意識の構成過程にどのような影響を与えているかを研究対象とする考え方である。これらの概念には、その誕生の背景の違いから、強調点や前提に相異点がみられる。①の個人内構成主義においては、個人とその個人を取り巻く環境とは互いに独立であると考えられ、個人がいかに環境を自分の中に再構成するかが強調されている。すなわち、

個人内構成主義は学習者の個人的な側面を強調するものであるといえる。これに対して、他の2つの考え方では、個人と、他者や社会との関係を重視し、個人とそれを取り巻く環境との間の相互作用や、社会が個人に与える影響について強調している。また、②、③の考え方を詳しくみると、相互作用の構成主義では、どのように個人の中に心的世界が構成されていくかが強調されているのに対し、社会的構成主義では、その成員である個人に、社会がどのように影響を与えるのかという点が強調されている。このことから、両者はその中心を個人におくか、社会におくかという点で異なっているといえよう。

本稿では、Jonassen (1991)、Perkins (1991)、Simons (1993) 等、構成主義に関する理論を参考に、構成主義を①の個人内構成主義の考え方によってとらえることとする。すなわち、構成主義を「客観主義において、評価や研究の対象から外される傾向にあった、それぞれの学習者の経験や信念から生じる解釈やその方法に注目し、学習者自身が知識の構成を行うことを援助しようとする学習」ととらえる。このような学習では、個人の学習の文脈を重視するため、学習目標の決定も、その目標へ到達しようとする方法の決定も、すべて学習者に委ねられた学習者制御の学習となる。

以上のような構成主義的学習の環境に適するとされているのが、「マルチメディア」である。「マルチメディア」の定義には、そこで扱う情報形態の多様性に着目するもの、情報と情報の結び付き方に着目するもの、など、様々な定義の仕方がある。また、「ハイパーテキスト」や「ハイパーメディア」のように、マルチメディアにはパソコン系単体型のものが含まれている。しかし、マルチメディアは通信系も含むので、その定義を一義的に規定しにくい。ここでは、中野 (1994) を参考に、マルチメディアを「音声、文字、画像等の多様な形態の情報を、学習者が必要に応じて選択し、関係付け、活用することのできる融合型のメディア」としてとらえることとする (p. 26)。また、以下、引用文献等で用いられている用語に関しては、原文に用いられている表記を用いるが、それぞれ上記の定義を満たすものとして扱う。

マルチメディアは、教育的視点からとらえると、次の4つの特長をもって

いる（中野、1992）。

- ①融合性—文字、画像、動画、音声等、様々な形態の情報をデジタル情報化して、メッセージの段階で統合し、学習者に提示できる。
- ②相互交渉性—学習者の反応に応じて情報を提示することが可能なため、学習者は自分の興味や関心に沿った学習をすすめることができる。
- ③無構造化—情報（ノード）と情報をリンク（ノード間の関係）によって自由に関連付けることができるため、情報構造が柔軟である。また、その度合いを変化させることも可能である。このことは、教材が特定の構造をもたない、「脱構造」とも言い換えられる（長尾、1997（p. 95））。
- ④拡張性—利用者の必要に応じてドキュメントへ情報を付加したり、編集したりすることが可能である。学習者が学習後に学んだことをまとめて、教材に情報を加えたり、教材作成者が情報を更新することができる。

以上の特長の中でも、③の「無構造化」はマルチメディアの最大の特長といえる。従来の教科書や映像教材では、情報は教材作成者の決めた順番に、直線的に構造付けられていた（図1.1）。このような教材を用いた場合、学習者はその直線的構造にしたがって学習をすすめることになる。しかし、マルチメディアでは、情報が非直線的に関連付けられているため、それぞれの学習者が自由に目標を定めて、次にどの情報を参照するかを、自分の目標に合わせて決定することになる（図1.2）。したがって、単一の学習目標を達成する学習よりも、個々の学習者が自分の興味や関心に沿って、自由に教材内を探索する学習を可能にする。このことによって、学習に対する個人の想いを重視する構成主義的学習が可能になるのである。

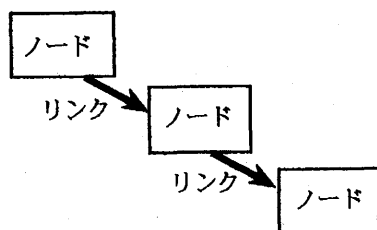


図 1.1 直線的な情報構造

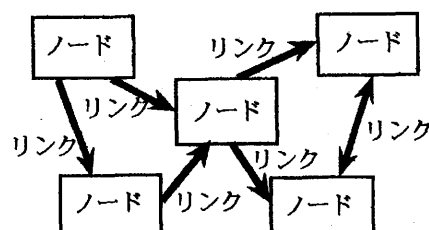


図 1.2 非直線的な情報構造

2. 迷子の問題

マルチメディアは「無構造化」という特長をもち、学習目標の設定が個々の学習者に任されることになるため、学習の方法が一つに限定されない。そのため、学習者が自分で教材に含まれる膨大な情報の海を思いのままに航海(navigate)する、すなわち、円滑なナビゲーションを行う必要が生じる。

マルチメディア教材による学習の問題として、情報から情報へ自由に移動できなくなり、情報の海の中に埋もれてしまう「迷子の発生」がある。Conklin (1987) は、そのような問題を「方向感覚の喪失 (disorientation)」という言葉で表している。書籍のように直線的な情報構造をもつ教材では、目次によってある情報の所在を一元的に示したり、しおりによって学習者の現在位置を教材全体の中でとらえることが可能であった。これに対して、マルチメディアでは、その構造が非直線的であるため、ある情報を参照するための道筋は一つに限定されず、様々なナビゲーションによってその情報へたどり着くことが可能である。また、情報が互いに複雑に関連しあっているため、教材全体の中での現在位置を一元的に示すことが困難である。そのため、現在位置や方向を見失い、方向感覚を喪失する学習者、すなわち「迷子 (disoriented learner)」が発生しやすい。

マルチメディアにおける迷子についての研究に、Edwards & Hardman (1989) がある。彼らは、情報構造の異なる3種のハイパーテキスト(階層型構造、索引を中心とした放射型構造、両者の混合型構造)を用いて、それぞれのハイパーテキストにおける情報収集のしやすさ、教材の情報構造のわかりやすさと迷子の発生との関係について調べている。その結果、迷子の発生には、①どの選択肢が自分の学習に合ったものなのかが分からない、②どの情報を参照すればよいのかは分かるが、その情報までどのようにして移動すればよいのか分からない、③現在、自分が教材全体の中のどの情報を参照しているのかが分からない、という3つの原因があるとしている。

また、Rosseli (1991) は、以上の点に加えて、学習者が本当に興味を感

じていたものを忘れてしまうという、「概念的・方向感覚の喪失」を迷子の原因として挙げている。マルチメディア教材においては、常に多数の選択肢が提供されているため、学習者はどの情報が自分の興味・関心に応えるものであるのかを常に考えながら学習をすすめるなければならない。しかし、選ぶ選択肢によっては、自分が求めている情報とは異なる情報を参照してしまうこともある。そのようなことが重なり、学習者の興味や関心がずれていった結果、移動の目的、すなわち、学習の目的を喪失し、自分が何について学ぼうとしていたのかを忘れてしまう学習者が発生することになる。

以上のような「迷子」は、マルチメディアによる学習の自由度が高く、完全な学習者制御であるために生じると考えられる。マルチメディアによる学習では、学習者は常に、自分が何について学ぼうとしているのか、そのためにどのような情報を求めているのか、その情報を得るためにどのような方略を採るべきか等、自分の学習に対するメタ認知を行いながら学習をすすめてはならない。従来の客観主義的学習と比べて、学習にかかる認知的負荷が増大するので、学習者が混乱して迷子になりやすいと考えられる。迷子の発生を防ぐ方法として、まず、学習に何らかの外的な制限を加える方法が考えられる。それは、教材自体を構造付けたり、学習目標を明確にすることによって、学習者の認知的負担を軽減しようとするものである。

教材の構造付けについては、あらかじめ教材作成者が行う方法と、マルチメディアの拡張性を利用して、学習者の反応をもとに、与える選択肢を制限する方法が考えられている。あらかじめ教材作成者が構造付けを行う方法についてみると、Jonassen (1988) は、構造付けには演繹的方法と帰納的方法の2通りがあるとしている。これは、それぞれ、教材設計者がその意図によって構造付けを行う場合と、多数の学習者に実際に使用させて、より一般的とされる知識の構造を明らかにして構造付けを行う場合である。教材を演繹的に構造付ける場合、教材作成者がねらいとする学習課題が教材に反映されるため、学習がより収束的、教授者制御的になることが考えられる。また、帰納的に行う場合、リンクが設定される箇所はより一般的なものになり、学習

者が様々な視点から同じ情報をみることが許されなくなってしまうと考えられる。次に、学習者の反応から選択肢を制限する方法についてみると、これは、学習者の学習履歴を常にモニターし、学習者が迷子の状態におちいっていると診断した場合に、もとの学習の道筋に戻れるように、選択肢を制限する方法である。Rosseli (1991) は、あるトピックと関連するトピックの数、それぞれのトピックから訪れたノードの数、トピック同士の関連の度合いという3つの値から、学習者が迷子になっているかを診断し、迷子である場合は、学習者の現在の学習に最適と思われる選択肢を算出して、その選択肢に矢印を付けて表示するシステムを提案している。しかし、このような方法もまた、教材作成者がトピック間の関連の度合いをあらかじめ設定するため、学習者制御の度合いが弱まり、教授者の意図が入り込む、教授者制御の学習となる可能性がある。また、迷子の診断を定量的に行うため、学習者が思いのままにトピックを変更した場合も迷子とみなしてしまう危険がある。したがって、教材の構造付けという外的な制限を加える方法では、マルチメディアのもつ無構造化性が阻害されてしまうという点は否めない。過度に構造化が行われれば、結局、従来の教材と同じように収束的な学習を促すものとなり、マルチメディアの無構造化性という特長が生かされないことになってしまう。マルチメディア教材の情報を構造付ける場合には、この点に注意する必要がある。

次に、学習目標を明確にすることについてみると、飯吉 (1991) は、教授者から学習者に学習目標が与えられることで、マルチメディア教材内の情報世界から外へ学習者が逸脱するのを防げるとしている。しかし、この場合もまた、学習目標の与え方によっては、学習がより収束的・教授者制御的になり、構成主義的な、それぞれの学習者が自分で自分なりの知識構成を行うという学習が行われない可能性が生じることが考えられる。さらに、学習目標を設定するという、学習に対する認知的技能を養う機会を学習者から奪うことにもなると思われる。

以上のように、学習に何らかの制限を与える方法は、従来の客観主義的、

教授者制御的な学習により近づくため、マルチメディアの特長を生かす学習にはつながらないであろう。マルチメディアの特長を十分に生かすためには、学習に何らかの制限を与えるのではなく、学習者に対する内的な働きかけによって、興味や関心を引き起こすことが望ましいと考えられる。それは、マルチメディア教材においてより簡易なナビゲーションの方法や学習者のナビゲーションを援助する方法、つまり、ナビゲーション・ツールを考えることである。また、この際には、できるだけ学習者が自身の認知的技能を育むことのできる方法が望ましいわけである。

3. ナビゲーション・ツールの現在

現在、ナビゲーション・ツールとして、マルチメディア教材内でのナビゲーションにかかる学習者の認知的負担を、学習者に対する内的な援助によって軽減する様々な機能が提案されている。

Rouet & Levonen (1996) は、マルチメディア教材におけるナビゲーションを援助する方法として、①マルチメディアに含まれる情報の構造に関する情報を提供する、②情報と情報の関連を示す、③学習者がマルチメディアの概念を学ぶ機会を提供するという3つの方法を示している。さらに、学習や教材に学習者を導入する段階で、学習目標の設定を援助するために、学習者の自発的な興味や関心を引き起こすというナビゲーションの方法も考えられている(飯吉・菊江、1996)。

以上のことから、ナビゲーション・ツールは、その機能によって、①学習目標の設定に関するもの、②教材内での移動に関するもの、③教材の情報構造に関するもの、の3つに分類することができよう。

本節では、このナビゲーション・ツールの分類にしたがい、これまでに開発されたマルチメディア教材におけるナビゲーション・ツールの事例について紹介することとする。

①学習目標の設定に関するツール

1. 一般的なガイド付きツアー—教材使用前に教材全体を概観する機能。
比較的構造化されたマルチメディア教材では、ナビゲーションの道筋をある程度限定することが可能なので、その道筋を紹介したり、教材に含まれる情報や教材に用意されている様々な機能の使い方を紹介することができる (Allison & Hammond, 1989)。
2. トピックに関するガイド付きツアー—学習者が関心をもったトピックについての情報を紹介するツアーである。この機能は、学習者の必要に応じて開始／終了することができる。終了すると、ツアーを呼び出す直前に参照していた情報に戻る。このツールによって、学習者はあるトピックが自分の学習目標に合うものであるかを、実際に情報を参照する前に判断することができる (飯吉・菊江、1996)。
3. サンプルの提示—書物を飛ばし読みするように、教材に含まれる情報を短時間で順に提示したり、主なトピックを一覧できる目次を表示して、教材がどのような情報から構成されているかを示す。学習者は自分が興味をもった情報を参照することから、教材を使い始めることができる (Nielsen, 1995)。
4. 物語性をもたせる—学習者が探検家となって、ある都市を探検する等、教材の舞台としてある物語を設定し、教材への導入を図るツールである。教材に物語性をもたせるツールとして、ゲームやビデオ番組の視聴等が取り入れられている。これらのツールを用いることによって、学習者が自分で学習目標を設定することを援助し、円滑なナビゲーションを促進する (飯吉・菊江、1996)。例として、CTGV (Cognition & Technology Group at Vanderbilt University) によって開発され、シリーズ化されている「ジャスパー物語」がある (鈴木、1995)。ここでは、ビデオ番組によって、主人公のジャスパー少年が、日常生活の中で直面する数学的・科学的概念を含む問題 (ジャスパーが購入した中古ボートは、ライトが故障して

いる。彼はこのボートを日没までに自分の住む街まで運転して帰ることができるか、等)をビデオ番組によって学習者に提起する。学習者はこの問題に対して、マルチメディア教材から得られる情報(ガソリンの量、時間、給油場所の位置、等)を使ってその問題を解決する。

5. 未探究の分野を提案—ある一定の時間、学習者からコンピュータへの入力がない状態を、学習者が教材に飽きてしまった状態と考え、学習者がまだ参照していないトピックにまつわる情報を紹介する機能である。これは、教材の使用開始からの学習の履歴を記録し、コンピュータによって解析することで、学習者がまだよく参照していない分野を探すことによる。この機能は未探究分野への探究を学習者に促すものである(飯吉・菊江、1996)。

②教材内での移動に関するツール

1. 軌跡表示—学習者が現在の情報に至る直前に参照した情報へ戻る機能。今まで自分が参照してきた情報を制限なく遡ることができるので、学習者は自分の学習を振り返ることができる。また、ある分岐をした時点まで遡り、もし異なる選択をしていたらどうなっていたかを確認することもできる。この機能は、非直線的な情報構造に慣れていない学習者に有効である(Nielsen、1990)。
2. 履歴表示—学習者が今までどのような情報を参照してきたかを、フレーム(情報が提示される枠。多くの場合、カードの形で表される)の縮尺図やフレームの名前を順番に並べて表示することによって、過去の探究の履歴を学習者が一覧することができる機能である。先の軌跡表示が、単に直前に参照した情報を順次表示するものであるのに対して、履歴表示には視覚的な手掛かりが含まれていたり、一覧表の中の縮尺図をクリックするとその情報にジャンプすることができる等、より複雑な機能をもっている(Nielsen、1995)。
3. 時間の表示—学習者がある情報を初めて参照した時から、どの位の時

間が経過しているかを示す。学習者は、その情報が以前に参照した情報かどうか、最後にその情報を参照したのはいつかを知ることができる。この機能は、自分がどのように情報を参照したかという学習者の経験と関係するため、学習者に教材内での位置を確認させる効果があると考えられる (Nielsen, 1990)。

4. 足跡の表示—全体図上や、情報提示画面上で、学習者がすでに参照した情報へ移動するためのアンカーを、チェックマークをつけたり、色を変えて表示することで、他のアンカーと区別する機能である。Gloor (1997) はこのような機能を童話「ヘンゼルとグレーテル」から、「パン屑 (Breadcrumbs)」機能と名付けている。この機能によって、学習者は自分がどの情報を参照した結果、現在の情報を参照しているのかわかる。また、与えられた複数の選択肢のうち、どの選択肢が選択済みなのかが示される。このツールの問題点は、教材を使用するにつれて参照した情報が多くなり、ほとんどの情報にチェックマークがつけられることになる点である。この問題に対応して、ある一定の時間をすぎるとチェックマークが自動的に消えるようなツールも考えられている (Nielsen, 1990)。
5. しおり付け／検索—学習の途中で、学習者が重要だと思った情報に自分で「しおり」をつけることができるツール。しおりをつけた情報を、全体や指定した分野ごとの一覧表として表示し、戻りたい時にその情報にジャンプすることができる。この機能によって、新しく参照した情報と以前に参照した情報との関連性を確認したい時に即座に交互参照することが可能となる (Gloor, 1997)。
6. 索引—教材に含まれる情報内のキーワードやフレームの名前を索引化し、そこからそれぞれの情報への直接のジャンプを可能にしたものである。教材にどのような情報が含まれているかも一覧として示すことができる。索引による移動は情報検索の効率を上げるが、この移動方法だけでは、情報同士のつながりを学習者にみせることができない可能性もあ

ることが指摘されている (Edwards & Hardman, 1989)。

③教材の情報構造に関するツール

1. 全体図提示—教材の構造を概観する全体図を表示する機能。学習者は、教材全体にどのような情報がどれだけ含まれているか、それらの情報がどのように関連付けられているか、学習者は現在その中のどの位置にいるのか、目的とする情報がどこにあるのか、を知ることができる。全体図の提示の方法には、次のいくつかの方法が提案されている。
 - 1-a. ネットワーク図：情報の構造をネットワーク状に表したもの。
 - 1-b. 博物館レイアウト：博物館の案内用地図のように、トピックごとに分類し、学習者に提示するもの。
 - 1-c. 階層的全体図：情報が階層的に構成されている場合に、それぞれの情報がどのような階層に位置するのか、現在参照している情報がどのような領域に位置付けられているのかを示す。大量の情報を含むマルチメディア教材の場合、このような方法で各情報を同じ比重で示そうとすると、情報のつながりが複雑になりすぎ、表示や理解に問題が生じることが指摘されている。(Nielsen, 1995)。
2. 魚眼レンズ的視点による図—マルチメディア上での情報から情報への移動は、リンクによって近くにある情報へのジャンプがほとんどを占めるので、現在参照している情報に直接のリンクがはられている情報の内容を詳細に、複数のリンクをたどると参照できる情報をそのタイトルや画面の縮尺図等でおおまかに表示するものである。全体図の提示にはディスプレイ状での表示の問題や理解の問題があるために、この方法が考えられた。しかし、魚眼レンズ的視点による図は、学習者の興味が変わると、表示される内容が大きく変化するので、学習者を困惑させることもあるという指摘がなされている (Nielsen, 1995) (図3.1)。
3. リンクに関する情報の地図上での提示 (ハイパーマップ) —学習者が参照しているフレームに含まれる情報のみならず、そのフレームに含ま

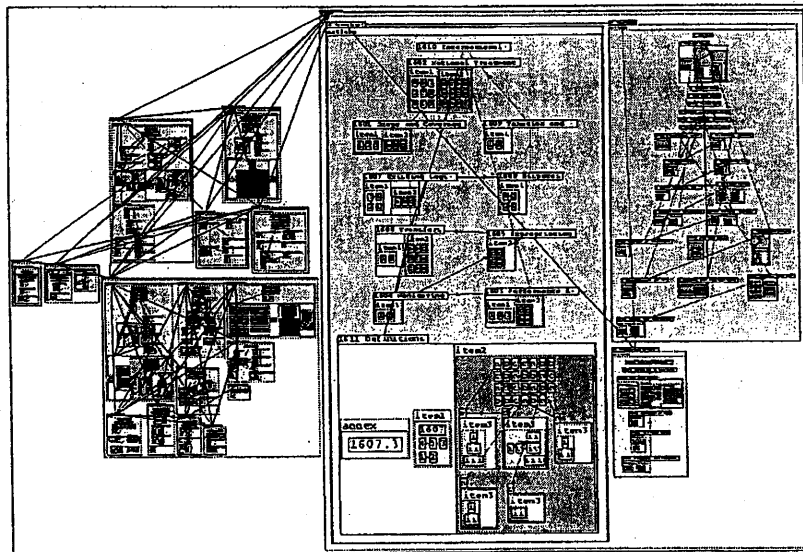


図3.1 魚眼レンズ的視点による図 (Nielsen, 1995 (p.267))

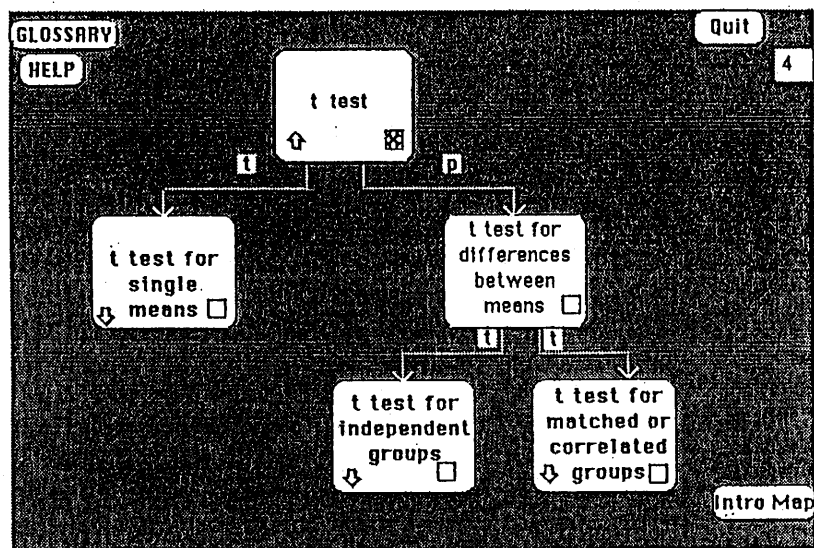


図3.2 ハイパーマップ (Reynolds, et al., 1991 (p.173))

(t: type of, p: part of)

れるリンクに関する情報を示す（「ホーム」ボタンで最初のフレームに移動、「→」のボタンで次のフレームに移動、等）ことで、そのリンクを選択するとどのような結果になるかを示す。このツールは、教材の情報構造についての情報を示すだけではなく、情報同士の関連の文脈をも

示すものである (Reynolds, et al., 1991) (図3.2)。

4. ナビゲーション・ツール研究の例と今後の研究課題

現在のところ、ナビゲーション・ツールについては、その方法や内容について提案されている段階であり、ツールに関する研究例は少ない。本節では、ナビゲーション・ツールの効果についての研究例を4つに分類して紹介し、今後の研究課題について述べる。

4.1 学習目標の設定に関する研究

飯吉・菊江 (1996) は、ナビゲーションを「意欲的に情報の海の中を航海させるための動機付け」と位置づけ、人体について紹介する教材「マルチメディア人体」に、学習者の自発的な興味や関心を促すナビゲーション・ツールとして5つのゲームを付属させている。これは、遊びながら人体に関する興味や関心が生じるようにデザインされたゲームで、学習者は、謎の重病によって瀕死の状態にあるレオナルド・ダ・ヴィンチの弟子となり、彼を救うために人体についての知識や治療器具、薬を手に入れなければならない、という設定になっている。例えば、「ミクロ・ツアーズ」というゲームでは、学習者はマイクロマシンに乗ってダ・ヴィンチの体内に入り、血管や消火管をたどりながら、体内を移動し続けるウィルスを追いかけて退治しなくてはならない (図4.1)。ゲームには、必要なときにいつでも、人体についての教材「ダ・ヴィンチの書」を呼び出して、参照することができる機能が設けられている。この教材の開発にあたって行われた形成的評価では、ゲームの利用やビデオ番組視聴が、学習にどのような影響を与えたかについて調査が行われている。その手続きとして、まず、ナビゲーション・ゲームを使用しながら学習した後に、人体に関するビデオ番組を視聴し、教材本体で学習させ、それぞれ事前・事後調査をするという方法が採られた。その結果、ナビゲーション・ゲームを使用した学習では、学習者はゲーム内で出てきた部位を中

心に、教材に含まれる情報を広範囲に参照していた。このことから、ゲームによって学習の動機や関心が引き起こされたことが示される。また、ビデオ番組を視聴した後の教材の使用に際しても、事後調査の自由記述やレポートから、半数以上の学習者が視聴によって生じた興味・関心にしがたって学習をすすめたという結果が得られたことから、ビデオ番組の視聴による動機付けの効果が示されている。

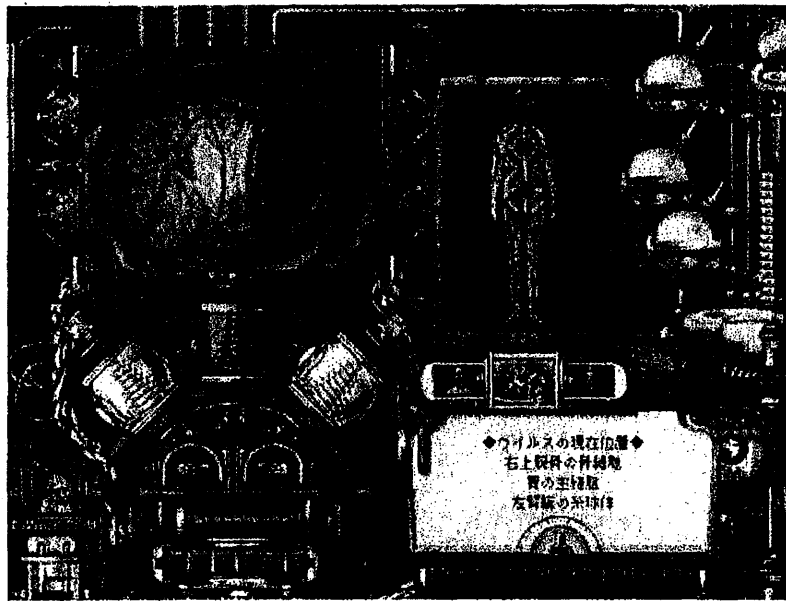


図4.1 ナビゲーション・ゲーム「ミクロ・ツアーズ」
(「マルチメディア人体」の画面より)

このような、学習目標の設定を援助するツールは、学習者がマルチメディア教材によって、自発的に何かを学ぼうとするのを促す効果をもつものである。また、目標が学習者自身に明確になるため、何について学ぼうとしていたのか分からなくなったという迷子の発生を事前に防ぐ効果をもつと考えられる。さらに、学習者が自分自身で学習目標を設定するということは、構成主義的学習に必要な、学習目標の管理という認知的技能を養うよい機会となる。どのようにして、学習者に教授者からみた学習目標を押しつけるのではなく、それぞれの自発的な関心・興味を呼び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かという課題は、マルチメディア教材の特長を十分に活用し、構成主義的な学習を行うために重要である。

4.2 ツールの性質に関する研究

Allison & Hammond (1989) は、「初めて訪れる土地を旅行する」という比喻を用いて、初めて参照する情報を含むハイパーメディア教材の中で、学習者がどのような目的で情報参照を行うか、また、その場合にどのナビゲーション・ツールがよく利用されるかについての研究を行った。Allison & Hammondは、ヨークの街の歴史を紹介する教材を作成し（図4.2）、通常のリンクによる移動に加え、1. 教材内容に関する一般的なツアー、2. 地図（情報構造がカード名による階層的全体図として表示される。現在参照しているカード名は太枠で囲まれ、すでに参照した情報はチェックマーク付きで表される）、3. 索引（カード名をアルファベット順に並べたもの）の3種のツールを用意した。教材使用の際、学習者には自由に教材をみるようにという指示が与えられた。教材使用後の調査から、学習者の多くが複数のツールを利用したことが示された。また、学習の目的と使用したツールとの関連

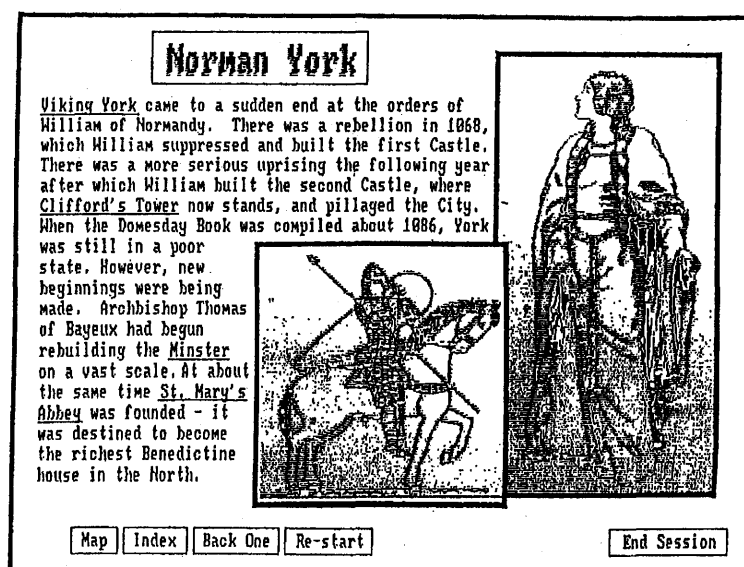


図4.2 「ヨークの歴史」 (Allison & Hammond, 1989 (p.67))

についてみると（表4.1）、教材内の情報を参照するために地図と索引を、特定の情報を検索するために索引を、未知の事柄について学ぶためにツアーと索引を、既知の事柄について学ぶために索引とリンクを、部分的に知っている事柄について学ぶために地図と索引を多く利用した等が明らかとなっている。このことは、学習者が、自身の学習目的によって方略的にツールを選択し、利用していることを示している。

表4.1 学習の目的と使用ツールとの関係（Allison & Hammond, 1989 (p.72)）

| 学習の目的 | 使用した頻度の高いツール | |
|-------------------|-------------------|------|
| | 頻度一位 | 頻度二位 |
| 情報を見る | 地図 | 索引 |
| 特定の情報を探す | 索引 | リンク |
| 一度見た情報を再度見る | ツアー、リンク、索引（全て同程度） | |
| 関連情報を探す | 索引 | リンク |
| 未知の事柄について学ぶ | ツアー | 索引 |
| 部分的に知っている事柄について学ぶ | 地図 | 索引 |
| 既知の事柄について学ぶ | リンク | 索引 |

このことは、学習者の学習目的によって、それぞれに適したナビゲーション・ツールが異なることが示されている。Allison & Hammondによる研究は、それぞれのツールがどのような性質や効果をもっているかについて明らかにする研究に位置付けられるであろう。このような研究の例はまだ少ないが、ツールの性質と、学習に与える影響についての研究を、それぞれのツールについて行う必要があるであろう。また、カード名等のようにフレーム名を索引として用いた場合と、フレームに関わらずキーワードを索引として用いた場合の比較等、ツールにどれだけの機能をもたせるか、ツールをどのように提供するか等も、ナビゲーション・ツールの性質に関する研究の課題となると思われる。

Simpson & McKnight (1990) は、園芸をテーマとした、階層的な情報構造をもつハイパーメディア教材を用いて、1. 目次としての教材内のカード

名の表示方法 (a. アルファベット順にカード名を並べた索引型リストと、b. 上位概念と同じ列に下位概念が表示される階層型の内容リスト)、2. 目次表示の際に、上位概念に下線を付け、下位概念と区別して表示する機能の有無、3. 目次を表示する際に、直前に参照したカード名を枠で囲んで表示する機能の有無、という3つの要因が、情報参照の効率、情報構造の再現に与える影響に関する実験を行っている (図4.3)。Simpson & McKnightは、学習者に、i. 学習者が教材を自由に参照する、ii. 質問に対する解答を教材を用いて検索する、iii. 教材内の情報構造を再現する、という3つの課題を与えた。また、Simpson & McKnightは、情報参照の効率を表す指標として、学習者が余分に参照したカードの数を用いている。これは、ある課題を遂行するために参照しなくてはならないカードの最少枚数と学習者が実際に参照したカード数の差で表される。学習者が余分に参照したカードの数が多いほど、余分に情報を参照した、すなわち、情報参照の効率が低いということになる。i. の教材を自由に参照するという課題においては、1-a. のアルファベット順の索引型リストを使用した場合と、3. の直前に参照したカード名の表示機能なしの場合に、同じ情報を繰り返し参照するという迷子の状態が多くみられた。さらに、1-b. の階層型内容リストに、2. の上位概念に下線を付けて示す機能が加えられた場合に、最も情報参照の効率が高かったことから、2つの機能の間には交互作用があることが示された。次に、ii. 質問に対する解答を教材を用いて検索する課題においては、1-b. の階層型内容リストを使用した場合、1-a. のアルファベット順の索引型リストを使用した場合と比較して、余分に参照したカードの数が少ない、つまり、情報参照の効率が低いという結果となった。また、解答までに要した時間については、参照効率と同様に、1-b. の階層型内容リストを使用した場合、参照に要する時間が少なかった。iii. の教材の構造を再現する課題では、1-b. の階層型の内容リストを使用した場合、1-a. のアルファベット順の索引型リストを使用した場合と比較して、より正確に教材の情報構造を再現した。また、課題 i で余分に参照したカード数と、課題 ii の質問に解答するまでに余分に参照し

たカード数との間には正の相関がみられた。課題 i で余分に参照したカード数と、課題 ii の質問へ解答するまでに余分に参照したカード数、課題 iii の情報構造再現の正確さとの間にはそれぞれ、負の相関がみられた。以上をまとめると、この研究から、①階層型内容リストを使用した場合、索引型リストを使用した場合に比べて、学習者が情報の階層に沿って情報を参照する等、迷子の発生が少ない、②直前に参照した情報の表示は、教材をみるという課題を与えた場合に、学習者の情報参照の効率を高めるが、質問への解答や情報構造の再現という課題には影響を与えない、そして、③上位概念を下線で表す方法は、すべての課題に対して影響がない、ことが示されている。

| HOUSE PLANT CARE | | |
|--------------------|---------------|-----------------|
| CONTENTS | | |
| HOUSE PLANT BASICS | PROPAGATION | PLANT PROBLEMS |
| LOCATION | DIVISION | COLLAPSE |
| LIVING ROOM | CUTTINGS | COLD NIGHTS |
| KITCHEN | BABY PLANTS | STRONG SUNLIGHT |
| BEDROOM | | DRY SOIL |
| BATHROOM | PESTS | OVERWATERING |
| WATERING | MEALY BUGS | |
| FEEDING | <u>APHIDS</u> | |
| | EARWIGS | |

図4.3 直前参照情報の表示機能付き階層型内容リスト
(Simpson & McKnight, 1990 (p.76))

この研究からは、階層型内容リストと、直前に参照した情報の表示機能が、学習者に教材の情報構造についての知識を与えることが示された。また、階層型内容リストに直前に参照した情報の表示を加えたツールが、教材を自由に参照する際に、情報参照の効率を高めるという結果から、一つのナビゲーション・ツールに複数の機能をもたせた場合の効果についての知見を得ることができる。どのツールを組み合わせる提供する場合に、どのような交互作用がみられるのかについての研究、また、それぞれの機能を独立したツール

として与える場合との比較研究も必要であろう。さらに、多機能なツールや、複数のツールを与える場合、そのツールによって多くの情報が得られるために、かえって学習者の認知的負担が増大することも予想される。そのような問題にどう対応するかについても明らかにする必要がある。

4.3 教材の情報構造に関する研究

Edwards & Hardman (1989) は、迷子が生じるのは、ハイパーテキスト教材の情報構造が学習者にとって不明確な時であるとして、教材の情報構造の分かりやすさと、情報間を移動するためのツール、迷子の発生の度合いを明らかにしている。彼らは、エジンバラ大学とエジンバラの街にどのような施設があるかを紹介する教材を作成した。この教材は、情報が階層的に構造付けられている。Edwards & Hardmanは、移動方法として、1. 階層型（最初に街全体について紹介する文章を表示し、その文章中に「娯楽」、「食事」等の下位階層が示される。学習者は、そこから下位階層のカードへのリンクをたどり、最終的には最も下位の階層である各施設を紹介するカードを参照することができる。移動は常に上位→下位、もしくは下位→上位といった階層に沿わなければならない。また、全体の情報構造を示す階層図は表示されない（図4.4））、2. 索引型（「娯楽」、「映画」、「〇〇映画館」等のカード名を、階層に関わらずアルファベット順に表示し、それぞれの施設のカードへジャンプするもの。施設のカードを参照した後は、再び索引へもどるようになっている）、3. 階層と索引の混合型（階層型を基本とするが、いつでも索引を呼び出し、索引を利用して移動することができる）の3種を用意した。そして、学習者に教材に含まれる情報に関する質問（ダンス教室があるのはどの施設か、新作映画をみられるのはどの施設か等）20問を与えて教材内を検索させた。その結果、質問への解答の正誤に差はみられなかったが、質問に解答するまでに参照したカードの数から、情報検索の効率は、2. の索引型で最も高く、3. の混合型で最も低いという結果となった。迷子の発生についてみると、混合型の教材を使用した学習者が最も迷子の発生率が高かつ

た。次に、教材内で表示されるカードを印刷したものを並べ、それらの間に関係がある場合に線を引くという、教材の情報構造を再現する課題を与えたところ、1.の階層型と2.の索引型を使用した学習者は、3.の混合型を使用した学習者よりも、より正確に教材内の情報構造を再現した。つまり、3.の混合型を使用した場合、1.の階層型や2.の索引型と比較して、学習者が教材の情報構造に関する知識を得にくかったことが示される。この原因として、Edwards & Hardmanは、混合型では移動方法に選択肢があるために、かえって全体の情報構造をつかみにくいと考察している。また、迷子の発生率と情報構造を再現する課題の結果の間には相関がみられた。このことから、Edwards & Hardmanは、迷子の発生を防ぐためには、学習者に教材の情報構造を理解する機会が与えられるべきであるとしている。そのためには、学習者がその構造を理解するまで、複数のナビゲーション・ツールを与えず、情報から情報への移動手段を限定すること、情報の内容と構造を示す2種類のツールを用意すること、とくに、空間的に情報構造を示すようなツールが理想的であるとEdwards & Hardman は述べている。

この研究から、マルチメディア教材の構造を示したり、構造を理解するための手がかりをツールとして与えることで、学習者が迷子の状態におちいる

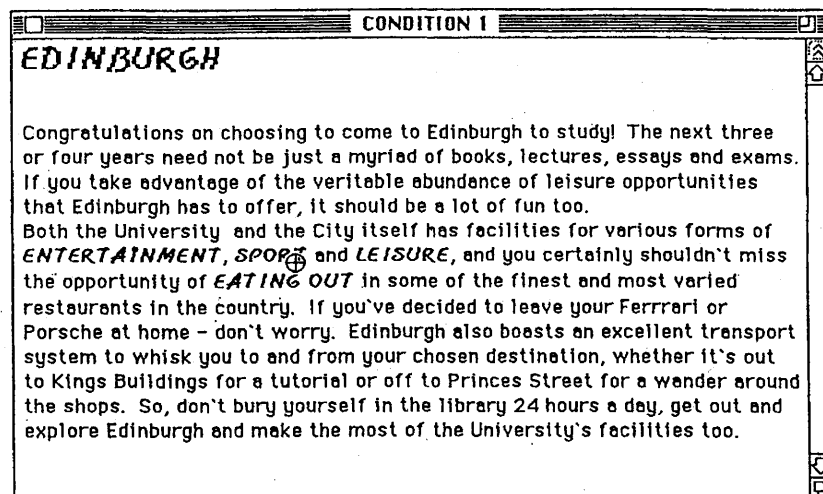


図4.4 階層型ハイパーテキスト教材
(Edwards & Hardman, 1989 (p.109))

可能性を少なくすることがわかる。そのためには、情報構造を示す方法として、具体的にどのようなナビゲーション・ツールを提供すればよいかが一つの課題となるであろう。また、教材の情報構造と、情報構造を理解するためのツールの関係についての研究も必要であろう。現在のところ、情報が階層的に構造付けられた教材を取り上げている研究例が多いが、構造化の異なる教材において、とくに無構造な教材において、その構造をどう示すか、どのようなツールが学習者の情報構造の理解を助けるかといった課題である。

4.4 課題の種類に関する研究

Wright & Lickorish (1990) は、直線的構造と、非直線的構造をもつ2種類のハイパーテキスト教材を用いて、それぞれに2種類のナビゲーション・ツールを与え、様々な種類の情報検索課題の遂行の差について実験的に明らかにしている。直線的構造の教材とは、植物に関する書籍をハイパーテキスト上に再現したもので、それぞれ4つの項目からなる、5つの章で構成されている。非直線的構造をもつ教材では、5つの商店について、商店名→セクション（飲み物、乳製品等、それぞれ4つ）→カテゴリー名（ビール、ジュース等、それぞれ4つ）→商品価格リスト（ビールやジュースの商品価格リスト）のように、情報が階層的に構造付けられている。また、この非直線型教材には、メモ機能が付けられており、いつでも呼び出すことが可能である。そして、それぞれの型の教材に、ナビゲーション・ツールとして、1. 書籍の目次のように、上位→下位概念の形で表示される索引と、2. ページ・ナビゲーションとして、現在参照している画面下に各章のタイトルや各商店の名前が表示され、画面右に現在参照している項目やセクション、カテゴリー名が表示される（現在参照中の情報については、ボタンが暗転して表示される）ツール（図4.5）の2つが用意された。Wright & Lickorishの研究からは、教材の情報構造と学習者が使いやすいと感じるナビゲーション方法との関係、課題とナビゲーション方法との関係が示された。この中で、とくに興味深いのは後者である。非直線型の教材においては、i. ある商店でのある商

品に関する情報を参照してその価格を調べる（ある特定の情報を参照する）、
 ii. ある商品について、複数の商店での価格を参照して比較する（情報を比較する）、iii. 異なるセクションの2つの商品を購入する場合に、どの商店で購入するのが一番安いか、複数の商店について調べる（情報を合計し、比較する）、という難易度の異なる3種類の質問を与えて、情報を検索させた。その結果、質問への解答時間に、1. の索引ツール使用群と2. のページ・ナビゲーション使用群との間に差はみられなかった。しかし、より複雑な問題である、iii. 複数の商品を購入する場合、どの商店で購入するのが一番安いか、という質問への解答においては、ページ・ナビゲーション使用群のメモ機能利用時間が少なかった。Wright & Lickorishは、ページ・ナビゲーションでは必要な情報にすぐに移動できるため、計算結果の比較が容易であったことよるとしている。彼らの研究からは、与えられる課題の性質や難易度によって効果的、効率的なナビゲーション・ツールが異なることが示されているといえよう。

この研究から、マルチメディア教材を利用してある課題、とくに情報を検索したり、それらの情報を用いて比較を行う等の課題を達成しようとする

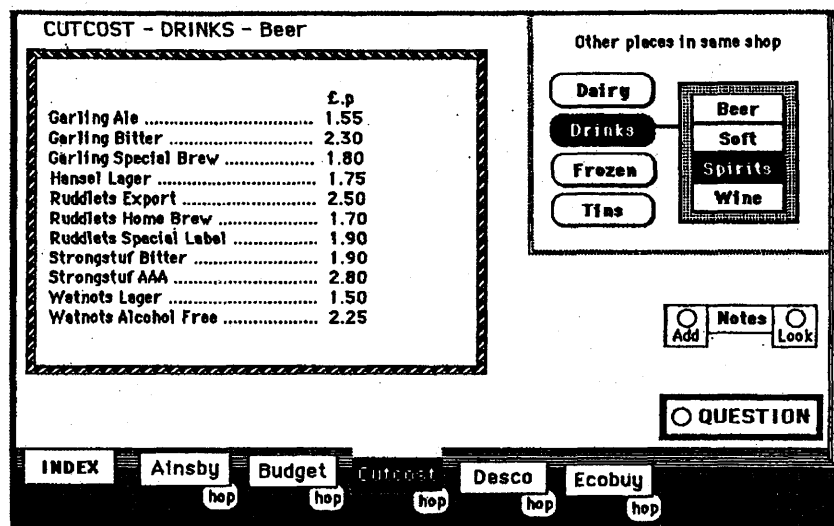


図4.5 非直線的構造の教材におけるページ・ナビゲーション
 (Wright & Lickorish, 1990 (p.87))

き、その課題が求める能力は、ナビゲーション・ツールの効果に大きな影響をもつことがわかる。このことは、ナビゲーション・ツールの効果について考える際に、何をもって効果があるとするのかという問題を提起している。また、本研究では、課題はある特定の情報を参照する、というように、指示的なものであったが、より非指示的な課題や、全体的な目標が与えられた場合に学習者を援助するナビゲーションに関する研究も必要であろう。

5. ナビゲーション・ツール研究の展望

以上、いくつかのマルチメディア教材におけるナビゲーション・ツールに関する研究を概観した。現在、様々なツールが考えられているが、これらの研究をまとめると、効果的なツールについて考える際には、「学習目標の設定、それぞれのツールの性質、マルチメディア教材の構造、学習課題の性質」という4つの視点が必要であるといえよう。

ナビゲーション・ツールに関する研究、とくに、その具体的な効果や特長についての研究例は少なく、また、そのほとんどが、階層型の情報構造をもつマルチメディア教材における、情報検索を中心とした指示的課題の達成に関するものである。すなわち、構造化の度合いの高い教材における、教授者制御の学習が対象となっており、構成主義的な学習が対象になっていないのが現状である。今後は、情報が無構造に関連付けられている教材におけるナビゲーション・ツールについてや、学習者が自分で学習目標を設定する場合など、よりマルチメディアらしい教材を用いた学習においての研究が必要であろう。

また、「迷子」とは、どのような状態であるのか、なぜそのような状態になるのか等、「迷子」そのものについての研究や、「迷子」の状態から学習者が自分の力で脱することができるのは、何によるのかを明らかにする研究も必要である。

〈引用文献〉

- Allison, L. & Hammond, N. (1989). A Learning Support Environment: The Hitch Hiker's Guide. In R. McAleese (ed.), *Hypertext: theory into practice*. NJ: ABLEX Publishing Corporation.
- Conklin, J. (1987). Hypertext: An Introduction and Survey. *IEEE Computer*, 20, 9, 17-41.
- Edwards, D. M. & Hardman, L. (1989). 'Lost in Hyperspace': Cognitive Mapping and Navigation in a Hypertext Environment. In R. McAleese (ed.), *Hypertext: theory into practice*. NJ: ABLEX Publishing Corporation.
- Gloor, P. (1997). *Elements of Hypermedia Design*. Boston: Birkhauser.
- 飯吉透 (1991) 『ハイパーメディア教材を利用した学習に関する実証的研究 —学習スタイルの分析および学習が知識構造の変化に与える効果の検証を中心に—』 国際基督教大学大学院教育学研究科提出教育学修士論文
- 飯吉透・菊江賢治 (1996) 『マルチメディアデザイン論』 アスキー
- Jonassen, D. H. (1988). Designing Structured Hypertext and Structuring Access to Hypertext. *Educational Technology*, 28, 11, 13-16.
- Jonassen, D. H. (1991). Context is Everything. *Educational Technology*, 31, 6, 35-37.
- 長尾真 (1997) 『マルチメディア・21世紀の見取り図』 NHK人間大学テキスト 日本放送出版協会
- 中野照海 (1992) 「ハイパーメディアの構造と構成主義学習理論 —ハイパーサイエンスキューブの開発から—」 『視聴覚教育』 46, 7, 24-27.
- 中野照海 (1994) 「マルチメディアの自作にあたって —その教育的機能を生かすために—」 『視聴覚教育』 48, 5, 24-31.
- Nielsen, J. (1990). The Art of Navigating through Hypertext. *Communications of the ACM*, 33, 3, 296-310.

- Nielsen, J. (1995). *Multimedia and Hypertext The Internet and Beyond*. London: Academic Press Ltd.
- Perkins, D. N. (1991). Technology Meets Constructivism: Do They Make a Marriage? *Educational Technology*, 31, 5, 18–23.
- Reynolds, S. B., Patterson, M. E., Skaggs, L. P. & Dansereau, D. F. (1991). Knowledge Hypermaps and Cooperative Learning. *Computers Education*, 16, 2, 167–173.
- Rosseli, T. (1991). Control of User Disorientation in Hypertext Systems. *Educational Technology*, 31, 12, 42–46.
- Rouet, J. & Levonen, J. J. (1996). Studying and Learning with Hypertext: Empirical Studies and Their Implications. In J. Rouet, J. J. Levonen, A. Dillon, & R. J. Spiro (eds.), *Hypertext and Cognition*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Simons, P. R. (1993). Constructive Learning: The Role of the Learner. In T. M. Duffy, J. Lowyck, & D. H. Jonassen (eds.), *Designing Environments for Constructive Learning*. Berlin: Springer-Verlag.
- Simpson, A. & McKnight, C. (1990) "Navigation in hypertext: structural cues and mental maps" In R. McAleese (ed.), *Hypertext: theory into practice*. NJ: ABLEX Publishing Corporation.
- 鈴木克明 (1995) 「教室学習文脈へのリアリティー付与について — ジャスパープロジェクトを中心に —」 『教育メディア研究』 2、1、13–27.
- Wright, P. & Lickorish, A. (1990). An Empirical Comparison of Two Navigation Systems for Two Hypertexts. In R. McAleese & C. Green (eds.), *Hypertext: State of the Art*. London: Intellect Limited.
- 山内祐平 (1995) 「教育とマルチメディア — 社会構成主義からの示唆 —」 『視聴覚教育』 49、7、12–14.

**Perspectives of the Study of Navigation Tools
in Educational Use of Multimedia
(English Résumé)**

Hiroko Sannomaru

This article aims to describe perspectives of the research on navigation tools of multimedia. First, multimedia as constructivistic learning environment is considered, and the problem of "disoriented learners" is introduced. Then, various navigation tools are explained. Finally, the paper reviews several earlier researches on navigation tools and describes the issues needed in future studies.

Multimedia is considered as providing a proper environment for constructivistic learning due to its structural flexibility. This means that the information provided by the multimedia is not structured beforehand by the material designer, unlike the objective learning system. The latter involves organizing and simplifying information in such a way as to lead the learners through a number of ordered information to achieve the original objective set out by the instructor. In multimedia, information and their complex relationships are shown as they actually are. Therefore, the constructivist learners can collect the information according to their own purpose of study and make their own knowledge structures which are meaningful to themselves. However, multimedia contains a problem of "disorientation", which means that the learners can easily lose the flow of their study due to the structural flexibility of the multimedia. This is because learning with the multimedia is usually involves some form of cognitive overload, which may be problematic unless the learners are perfectly clear on their aims.

To cope with this problem, various navigation tools have been developed. These navigation tools implicitly help the learners and decrease the learners' cognitive load. The navigation tools can be divided into three categories; tools which motivate learners to make their own study goals, tools which help learners navigate through the information, and tools which show the informational structure of the multimedia.

The tools which help learners create their study goals are the general guided tour, guided tour about a topic, sample display, provision of story settings, and suggestions involving areas which the learners have not yet seen. The tools which help learners navigate the information are back track, history list, time history list, footprint, bookmark, and index. The tools which show the informational structure of the multimedia are overview diagram (which can be sub-divided into network diagram, museum layout, and hierarchical overview), fish-eye view, and hypermap.

From the previous studies about navigation tools in multimedia, four points have been left unrealized which are of importance in order to develop effective navigation tools in multimedia. These include looking at ways to motivate the learners' interests and concerns, the characteristics and effects of the navigational tools, the informational structure of the multimedia learning material, and the kind of task given to the learners.

Since most of the earlier studies are carried out looking at the multimedia from an objective learning angle, the full potential is not yet recognized. More studies with non-structured multimedia and learner-controlled study process is needed, to find out the effects of navigation tools in multimedia. To make the best of multimedia, research with more constructivistic learning conditions should be conducted. Moreover, there still remains the question of what "disoriented learners" are. More research is also needed to pursue what the phenomenon of disorientation is, why it happens and so forth. The studies about

what helps the learners to return to the track of their study should be also carried out.