

## 情報創出のための手段としての 空間的ハイパーテキスト表現の利用

山本恭裕<sup>1</sup> 中小路久美代<sup>1</sup> 西中芳幸<sup>2</sup> 浅田充弘<sup>2</sup> 松田亮一<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>東京大学先端科学技術研究センター <sup>2</sup>(株)SRA先端技術研究所 <sup>3</sup>(株)SRA

オブジェクトを空間上に自由に配置するという空間的ハイパーテキスト表現は、情報のトリアージュや新たなテキスト表現の手法として、注目されてきている。我々は、空間的ハイパーテキスト表現を、情報創出の特に初期段階における外在化の手段として利用し、線形表現、ネットワーク表現、階層表現、という三種類の表現形態とそれぞれ結合させたツール群を開発している。本稿では、空間的ハイパーテキスト表現が、問題を理解するための外在化の手段として有効であることをデザイン理論に基づいて述べ、開発した三つのツールについて概要を説明する。最後に、空間的ハイパーテキスト表現を手段として、他の表現形態と結合する際に考慮すべき点について論じる。

### Spatial Hypertext Representations as a Means for Early Stages of Information Authoring

Yasuhiro Yamamoto<sup>1</sup> Kumiyo Nakakoji<sup>1</sup>  
Yoshiyuki Nishinaka<sup>2</sup> Mitsuhiro Asada<sup>2</sup> Ryoichi Matsuda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RCAST, University of Tokyo <sup>2</sup>SRA Key Technology Laboratory Inc., <sup>3</sup>SRA Inc.,

This paper describes our approach of using spatial hypertext as a means for early stages of information design as creative knowledge work. Taking advantage of the power of rich interpretation and constant grounding capabilities of a spatial hypertext representation, ART001, ART006 and ART014, use spatial hypertext as a means for authoring linear, hierarchical, and network structures, respectively. The three prototyped tools are to demonstrate what visual interaction design concerns need to be taken into account to integrate a spatial hypertext as a means with another structural representation as an end.

#### 1 はじめに

本稿では、創造的知識活動としての情報創出、特にその初期段階において、ユーザがインタラクションをおこなうための手段としての、空間的ハイパーテキスト表現の利用について論じる。

情報創出に利用するアプリケーションシステムは、どのようなツールを利用するかによって問題の性質や難しさが変化するという側面において、認知ツールであることみなすことができる [Norman 1993]. 論文の骨子を練る、プレゼンテーションの流れを組み立てる、予算案を作る、といった、創造的な情報創出作業は、問題の理解と解に対する理解とが相互に依存する、ill-defined な問題解決タスクである [山本 2001]. そのような創造的知識活動において利用するアプリケーションシステムは、そ

れが提供する表現系と操作系とによって、それを使う人間の、問題に対する理解、解の創出に至る思考の過程などに影響を及ぼす [中小路,山本 2004].

我々は、情報創出のためのアプリケーションシステムには、創出の目的とする表現形態のみならず、作る過程においてインタラクションをおこないながら問題に対する理解を進めるような表現形態が求められると論じてきた [中小路, 山本 2004][Yamamoto, Nakakoji 2005]. 建築設計家は、CAD システムを利用して図面を表現する以前に、手描きスケッチを通して何が問題かの理解を深めていく [Lawson 1994]. 同様に、たとえば論文の骨子を練る際にも、特にその初期段階においては、問題の理解を深めるのにより適した表現形態を、アプリケーションツールが提供することが求められる。

われわれはこれまで、そのような情報創出の初期段階のための表現形態として、オブジェクトの二次元配置に着目してきた [Yamamoto, et al. 2000]. 空間的ハイパーテキスト (spatial hypertext) と呼ばれる、このような空間的にオブジェクトを配置するという表現形態は、情報のトリアージ (優先順位付けと選別) のための手段や、テキストや文学の新たな表現の手法として、注目されてきている [Marshall et al. 1994][Marshall, Shipman 1995][Rosenberg 2001].

既存の空間的ハイパーテキストツールでは、空間に配置したオブジェクト間の関係を徐々に形式化することをめざしたり [Shipman et al. 2001], 空間配置そのものを創出目的とする表現形態として取り扱ったり [Tinderbox] してきていた。我々のアプローチは、空間的ハイパーテキスト表現を、情報創出時の思考のための手段としてみなす点に特徴がある。これまでに、空間的ハイパーテキスト表現を手段としての表現形態として、線形表現、ネットワーク表現、階層表現、という三種類の表現形態とそれぞれ結合させたツール群を開発してきている。

本論では、まず、創造的な知識活動としての情報創出時の、問題の理解のための表現形態の必要性とその役割について、D.A. Schoen [1983] の Reflection-in-Action という考え方に基づく我々のアプローチを説明する。次に、空間的ハイパーテキスト表現をそのような表現形態として利用することの妥当性について論じる。3章では、開発した三つのツールについて概要を説明し、空間的ハイパーテキスト表現を手段として、他の表現形態と結合する際に考慮すべき点について述べる。

## 2 問題理解のための手段としての表現形態とのインタラクション

問題解決のための外在化表現の重要性は、多くの研究により明らかにされてきている。どのような外在化表現を利用するかによって、処理の認知的負荷が変わる [Zhang 1996][Zhang 1997]. また、外在化をおこなうことで、「自己の思考についての思考」が可能となる [Bruner 1996].

情報創出の初期段階といった、ill-defined な問題解決時の外在化は、人間が頭の中にあるメンタルイメージを外に表現する、というだけではない。むしろ、そのような外在化は、もやもやとしたアイデアのまま表現をはじめ、表現結果とのインタラクションをおこないながら、徐々に問題が見えてくるといった、reflection-in-action (行為における内省) のプロセスである [Schoen 1983].

Schoen は、reflection-in-action を、reflection-on-action (行為の結果についての内省) と区別している。内省活動がこれらのうちいずれかに絶対的に区別できるという訳ではないが、インタラクティブシステムのデザインにおいては重要な考え方の違いを示唆するものとなる。

前者は、行為をおこないながら、現れてくる表現とのインタラクションを介しての内省である。直接操作や即時フィードバックといった、インタラクティブ性の高いやりとりが必要となる。それに対し、旧来のコマンドベースのインタフェースは、後者のプロセスに即したものとなる。ユーザがシステムに対してアクションをおこない、それを受けたシステムからの結果をユーザが受けて内省をおこない、次のアクションを考える、という「情報のキャッチボール」のような形態でシステムとユーザとがインタラクションをおこなうことになる。

Schoen は、reflection-in-action のプロセスを介して、デザイナーが外在化された表現形態との「対話」をおこなう、としている。外在化された表現が「状況」を作り出し、その状況からの語りかけを聞くことで、問題に対するデザイナーの理解が深まる。情報創出時の初期段階においては、このように外在化表現との対話をおこないながら、人間は徐々に問題に対する理解を深め、解を創出していく [山本 2001].

情報創出活動において、このような外在化表現となるような表現には、下記の三つの要件が求められる [Yamamoto, Nakakoji 2005].

1. 多様な解釈の幅をもたせる表現であること
2. 一貫した意味をもたすことができる表現であること
3. 直感的な操作により表現できること

表現からの語りかけを聞けるような表現であるためには、多様に解釈可能な、インフォーマルな表現形態である必要がある。と同時に、そのような表現との対話を通して、「... ということは、... であるに違いない」といった、予測結果を表現していけることが必要となる [Snodgrass, Coyne 1997]. すなわち、外在化した表現に対して、部分的に、一貫した意味づけが可能でなければならない。かつ、そのような表現形態は、できるだけ少ない認知的負荷で外在化できる必要がある。

たとえば、建築設計で用いられる手描きスケッチ表現は、上記の条件を満たすような表現形態となっている。スケッチにおいては、線の濃さ、線の直線度、引き直し度合い、などといった側面で、どのくらいの確かさで表現しているかを、視覚的に表現している。これらの視覚的表現は、インフォーマル(非形式的)な表現として、解

積の幅がある。また、スケッチでは、たとえば A3 の紙に描いたスケッチでは、上下方向は定まっておき、描いたスケッチが紙面上を動き回ったりすることはない。紙面と、レイアウト空間とはしばしばマッピングされており、右下に書いたメモは、建物の南東の端に対応する、といった、一貫した対応づけがおこなわれる。スケッチでは、一旦学習した紙と鉛筆によるスケッチの技法により、デザイナーは思うような線を自在に表現することができる。

オブジェクトの二次元配置という空間的ハイパーテキスト表現形態は、手描きスケッチ表現と同様に、上記の三つの要件を満たす表現形態である [Yamamoto, Nakakoji, 2005].

空間的ハイパーテキスト表現では、たとえば二つのオブジェクト間にどのくらいの関係があるか、を、オブジェクト同士の近さや重なり具合、形の類似度など利用して、多様に表現することができる。同様に、オブジェクト同士が並んで配置されているのか、別々の塊に属しているのか、といった解釈を、多様におこなうことができる。それに加えて、上下や左右といった関係は、必ずみとることができ、一貫性のある意味づけをおこなうことが可能である。GUI においては、空間に配置したオブジェクトのリサイズや移動は、マウス操作により、直接的におこなうことができる。

代表的な空間的ハイパーテキストシステムである VKB (Visual Knowledge Builder)では、オブジェクトの二次元配置によって、見る人に解釈の幅を与えることにより、情報のトリアージをより行い易くしている [Shipman et al. 2001]. VKB システムは、空間パーザを提供し、オブジェクト間の距離、色や形状の類似性、といった視覚的な関係をもとに、あるオブジェクトがどのオブジェクトと組であるかを自動認識する。これによって、ユーザは情報の漸次的形式化をおこなっていくことができる。一方、Rosenberg のシステムは、詩の断片を空間に配置し、どの句とどの句とが関係しているのかを、読者が多様に解釈して詩を体験できるようにしている [Rosenberg 2001].

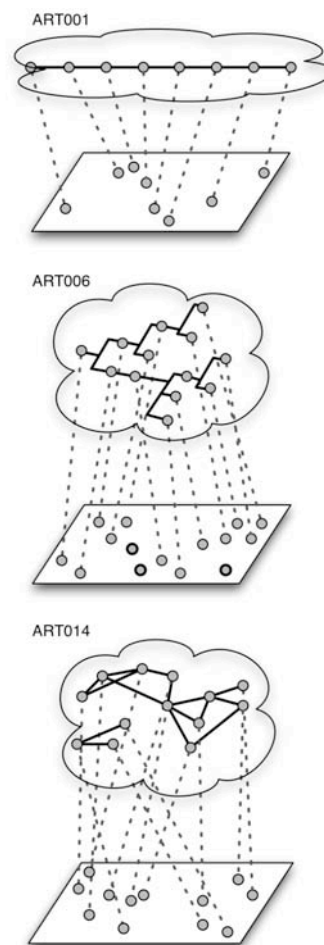
これらのシステムにおいてはいずれも、空間的ハイパーテキスト表現を、より形式性を高めるための変換の過程として利用していたり、それ自体を目的とする表現形態として捉えていたりする。それに対して次章で説明する三つのシステムでは、空間的ハイパーテキスト表現を、それ以外の表現形態(線形表現、ネットワーク表現、あるいは階層表現)という表現形態と結合させている。我々のアプローチは、空間的ハイパーテキスト表現を手段としての表現形態として捉えている点に特徴があ

る。

### 3 空間的ハイパーテキスト表現を手段として備えた三種のツール

#### 3.1 ツールの概要

われわれはこれまでに、空間的ハイパーテキストを手段として利用した三種類のシステムを構築してきている。本章では、それら三種類のシステムについて、概要を述べる。図 1 に、三つのシステムの概要と、空間的ハイパーテキスト表現が、別の情報表現とどのように対応しているかを示す。



ART001: SHT + 線形化テキストエディタ  
 ART006: SHT + 階層型エディタ  
 ART014: SHT + カラムベースのネットワークエディタ

図 1: 構築したツールの概要

これらのシステムは、いずれも ART (Amplifying Representational Talkback) というインタラクションデザインの原則に従いデザインされている [山本 2001].

ART は、表現からの語りかけをできるだけわかりやすくするような知覚表現のデザインを目指す原則である。システムはいずれも、Jun for Java という三次元グラフィックスマルチメディアオープンソース Java ライブラリを基盤として構築されている [Jun for Java].

ART001 (図 2) は、文章エディタである。本ツールはいくつかのバージョンアップを経て開発が続けられており、これまでに初期のバージョンに関して理論的背景 [Yamamoto et al. 2000] やユーザの視線追跡評価 [Nakakoji et al. 2000], インタクションデザインの詳細 [Yamamoto et al. 2002] などに関して報告してきている。ここでは現バージョンに関して概要を説明する。文や段落、メモなどを、一塊のエレメントとして作成し、エレメントスペースと呼ぶ空間に配置する。エレメントのサイズは自由に変更できる。エレメントスペースに配置されたエレメントの内容は、上から下へと順につなげられ、ドキュメントビューアと呼ぶ線形化されたドキュメント表示部に表示される。エレメントスペース内で、エレメントをドラッグしてエレメントの上下関係を変更すると、ドキュメントビューア内で、対応するテキスト部分の前後関係が変更される。エレメントスペース内のエレメントは、分割したり結合したりすることができる。エレメントスペース内でエレメントを選択すると、ドキュメントビューア内で対応するエレメントが強調表示される。ドキュメントビューア内で選択すると、エレメント内に同じく強調表示される。

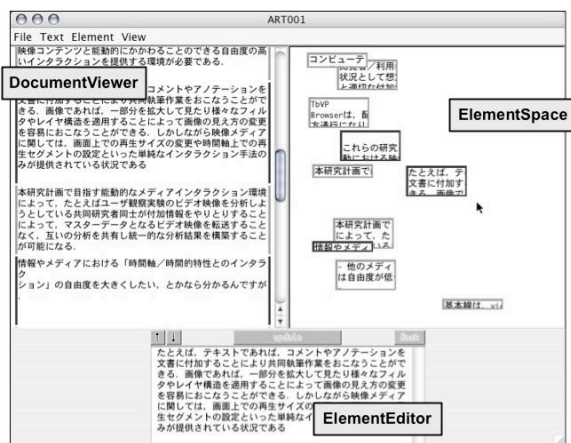


図 2: ART001

ART006 (図 3) は、トップダウン型のテキスト編集を可能にするテキストエディタである。一つのセクションに対応するエレメントを、タイトルとその内容として、下部にあるエレメントエディタで作成、編集することができる。セクションは、左上の階層カラム内で指定する。フォーカスしているエレメントの兄、弟、あるいは子供として新たな

エレメントを作成することができる。作成されたエレメントは、右側のエレメントスペース内にそのタイトルが表示され、ユーザは配置を自由に変えることができる。エレメントスペース内でのエレメントの移動は、階層内での位置には反映されない。階層内での位置を指定しないでエレメントを作成すると、そのエレメントはノマド (nomad) となり、階層カラムの下部にあるノマドリストに列挙される。ノマドエレメントは、階層カラムで構築している文章の階層構造には属しないが、関連する可能性のあるテキストとして扱うことができる。階層カラムに表示されている階層構造は、depth-first で展開され、中央部のドキュメントビューアに表示されている。

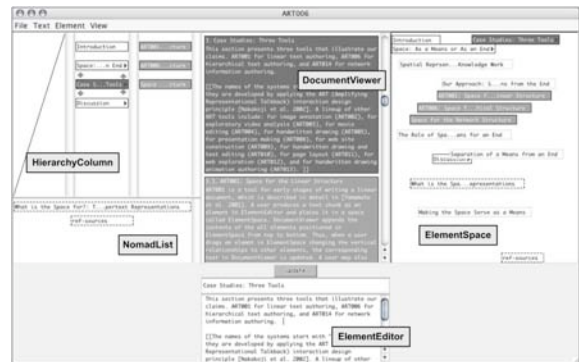


図 3: ART006

ART014 (図 4) は、カラム型のインタフェースを有するネットワークエディタと空間型ハイパーテキスト表現とを融合したツールである。ツールの詳細は、[Nakakoji et al. 2005]にあるが、ここでは概要を説明する。中央下部で、タイトルと内容をもつエレメントを作成し、上部のエレメントスペースに配置することができる。フォーカスしたエレメントはエレメントスペース内で強調表示されると共に、構造カラム中央部のエレメントエディタに表示される。構造カラムでは、左側のカラム上部のペインに、フォーカスしたエレメントへリンクを有するエレメントのリスト、右側のエレメント上部のペインに、フォーカスしたエレメントからリンクが貼られているエレメントのリストが表示されている。左右それぞれの下部のペインには、それ以外の、リンクをもたないエレメントがリストして表示されている。フォーカスしたエレメントにリンクを貼るか貼らないかは、それぞれ左右のカラム内において、上下のペイン間でエレメントを上下矢印ボタンを用いて移動させることでおこなう。このようにして設定されたリンクは、エレメントスペース内でエレメント間の線として描画されている。エレメントスペース内でのエレメントの移動時には、これらのリンクが追従する。スペース内でのエレメントの位置と、リンクの有無とは連

携しない。

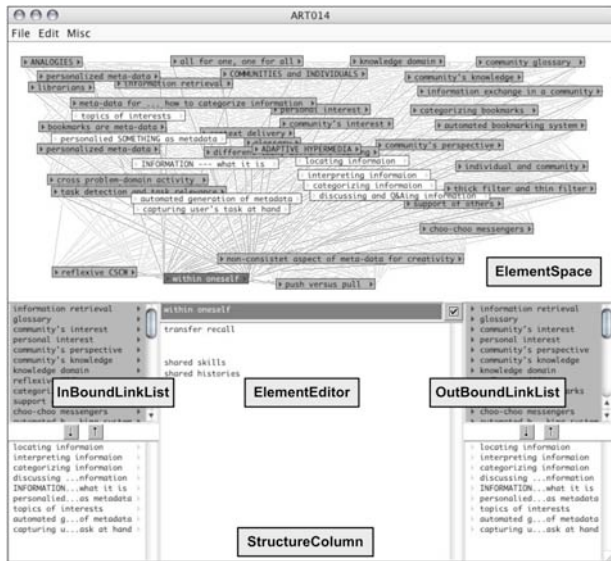


図 4: ART014

### 3.2 表現レベル統合

ART001, ART006 および ART014 のいずれのいずれのシステムにおいても、エレメントは、空間的ハイパーテキスト表現と他の表現との双方で表示されている。それぞれのシステムにおいて、一方の表現形態でエレメントに対しておこなう操作(たとえば内容の更新など)は、必ず他方の表現形態においても反映される。このように、空間的ハイパーテキスト表現と他の表現とは、表現レベルにおいて統合されている (representational integrity)。

空間的ハイパーテキストと、線形、階層、あるいはネットワーク表現との表現レベルでの統合は、エレメントのフォーカスという概念を中心として実現されている。

ART001 では、エレメントスペース内でフォーカスしたエレメントが強調表示され、対応するエレメントがドキュメントビューア内でも、そのエレメント位置までスクロールし強調表示される。エレメントスペース内でエレメントをドラッグし、上下関係に変化を生じさせると、それに従って、ドキュメントビューア内でのエレメント順序も更新される。ART006 では、エレメントスペース内でフォーカスしたエレメントが、階層カラムの必ず中央部に表示される。フォーカスしたエレメントの親ノード、兄弟ノード、子供ノードは、階層内でもスペース内でも同様に、それぞれ背景色と境界線の色の区別により強調表示される。ART014 では、フォーカスしたエレメントと、そのエレメントとリンクを有するエレメントが、エレメントスペース内で強調表示される。構造カラム内でリンクを有するエレ

メントを選択すると、そのリンクがエレメントスペース内で強調表示される。

## 4 Reflection-in-Actionの支援

空間的ハイパーテキスト表現は、配置(オブジェクトを空間内でドラッグし位置を決める)という行為そのものと、配置したレイアウト結果との、二種類の外在化表現の側面をもつ。前者が、reflection-in-action に、後者が reflection-on-action に沿うと考えることができる [Nakakoji, et al. 00]。

上述の三つのツールでは、表現レベルの統合によって、一方の表現に対しておこなう行為が、他方の表現に変化をもたらす。これにより、reflection-in-action が促進されると考えることができる。

ART001 では、エレメントスペース内でのエレメントの上下関係がドキュメントビューアに反映される。エレメントスペース内でエレメントを上下に移動させると、ドキュメントスペース内での対応するエレメントの位置が追従して更新される。たとえば二つの段落のどちらを先にすべきかを考えている場合には、片方の段落をエレメントスペース内でドラッグし、マウスをリリースすることなく、もう一方のエレメントよりも上に配置されるようにドラッグしたり、下側に配置されるようにドラッグしたりすることで、ドキュメントビューア内で、段落の流れを、どちらがよいか見比べることができる。

ART006 では、フォーカスされたエレメントは階層カラムの中央カラムに強調表示されている。エレメントスペース内でも、そのエレメント自身、およびその親、兄弟、子供といった関連の深いエレメントもそれぞれ異なる色と境界色とで強調表示されている。階層カラム内でエレメントをクリックすると、そのエレメントにフォーカスが移動し、そのエレメントが階層カラムの中央カラムに表示される。エレメントスペース内でのエレメントの強調表示も連動して更新される。フォーカスを階層内でも次々と変えていくことによって、エレメントスペース内で、関連したエレメントがどのようにレイアウトされているかを、バラバラとページを繰るように見る、といった操作が可能である。

ART014 では、構造カラムの右または左のカラムの上部ペイン内でエレメントを選択すると、現在フォーカスしているエレメントからそのエレメントへのリンクが強調表示される。上部ペイン内のエレメントリストに列挙されているエレメントを順に選択していくと、強調されたリンクが、エレメントスペース内に次々と現れ、アニメーションのような表現を作り出すことができる。

このような、表現とのダイナミックなインタラクションは、作りつつある表現への視点(たとえばフォーカス)を変更することで、異なる視覚的表現を作り出すことによって実装されている。空間的ハイパーテキスト表現を手段として、他の表現形態と結合することによって可能となっているインタラクティブティである。

## 5 終わりに

80年代後半から90年代にかけて、文章を書く、ハイパーテキストをオーサリングする、といった情報創出のためのツールが多く提案された。中でも、文章構築時、オーサリング時の認知的側面に着目した WE (Writing Environment) [Smith et al. 1987] や SEPIA (Structured Elicitation and Processing of Ideas and for Authoring) [Streitz et al. 1989] といったシステムは、異なる認知的活動のためには異なる表現形態が必要として、複数の表現形式を提供していた。しかしながらこれらのシステムでは、それら複数の表現は、より最終的な形式へと変換されるものとして捉えられていた。

本論で述べた我々のアプローチは、最終的な目的とする情報表現形態に加えて、問題を理解するための、思考するための表現を、独立かつ連携した形で提供しようというものである。そのための表現形態として空間的ハイパーテキスト表現を利用している。例として構築したツールを三つ紹介した。

今後は、これらのツールを利用した情報創出のケーススタディをおこなっていくとともに、他の表現形態を利用した、多様な種類の創造的知識活動のためのツールの開発を進めていく予定である。

## 謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費基盤研究(A)(1)16200008のもとに実施されたものである。

## 参考文献

Bruner, J., *The Culture of Education*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1996.

Jun for Java,  
<http://www.sra.co.jp/people/nisinaka/Jun4Java/>

Lawson, B., *Design in Mind*, Architectural Press, MA, 1994.

Marshall, C.C. and Shipman, F.M. *Spatial Hypertext: Designing for Change*. Communications of the ACM, pp.88-97, 1995.

Marshall, C.C., Shipman, F., Coombs, J.H., VIKI: spatial

hypertext supporting emergent structure, Proceedings of the 1994 ACM European conference on Hypermedia technology, p.13-23, September 19-23, Edinburgh, Scotland, 1994.

Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Reeves, B.N., Takada, S. Two-Dimensional Positioning as a Means for Reflection in Design of Interactive Systems (DIS 2000), ACM Press, New York, pp.145-154, 2000.

Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Akaishi, M., Hori, K., *Interaction Design for Scholarly Writing: Hypertext Representations*

as a Means for Creative Knowledge Work, Journal of New Review of Hypermedia and Multimedia, Special Issue on Scholarly Hypermedia, Buckingham Shum, S. (Ed.), 2005 (in press).

Norman, D. *Things That Make Us Smart*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1993.

Rosenberg, J., *And And: conjunctive hypertext and the structure acteme juncture*, Proceedings of the twelfth ACM conference on Hypertext and Hypermedia, August 14-18, pp.51-60, Aarhus, Denmark, 2001.

Schoen, D.A., *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Basic Books, New York, 1983.

Shipman, F., Hsieh, H., Airhart, R., Maloor, P. and Moore, J.M. *The Visual Knowledge Builder: A Second Generation Spatial Hypertext* Proceedings of Hypertext 2001, ACM, 2001.

Smith, J.B., Weiss, S.F., Ferguson, G.J., *A hypertext writing environment and its cognitive basis (panel session)*, Proceeding of the ACM conference on Hypertext, p.195-214, Chapel Hill, N.C., 1987.

Snodgrass, A.B., Coyne, R.D., *Is Designing Hermeneutical?* in Architectural Theory Review, Journal of the Department of Architecture, The University of Sydney, pp. 65-97, 1997.

Streitz, N.A., Hannemann, J., Thuring, M., *From Ideas and Arguments to Hyperdocuments: Travelling through Activity Spaces*. Proceedings of ACM Conference on Hypertext 1989, Pittsburgh, PA., 1989, pp.343-364.

Tinderbox, <http://www.eastgate.com/Tinderbox/>

Yamamoto, Y., Nakakoji, K., Aoki, A., *Spatial Hypertext for Linear-Information Authoring: Interaction Design and System Development Based on the ART Design Principle*, Proceedings of Hypertext2002, ACM Press, pp.35-44, June, 2002.

Yamamoto, Y., Nakakoji, K. and Takada, S. *Hands-on Representations in a Two-Dimensional Space for Early Stages of Design*. Knowledge-Based Systems Journal, Elsevier Science, pp.375-384, 2000.

Yamamoto, Y., Nakakoji, K., *Interaction Design of Tools*

for Fostering Creativity in the Early Stages of Information Design, International Journal of Human Computer Studies (IJHCS), Special issue on Creativity, E.A. Edmonds, L. Candy (Eds.), 2005 (in print).

Zhang, J., The Nature of External Representations in Problem Solving. Cognitive Science, 1997, 179-217.

Zhang, J., A representational analysis of relational information displays, International Journal of Human Computer Studies, Vol.45, No.1, pp.59-74, 1996.

中小路久美代, 山本恭裕, 創造的情報創出のためのナレッジインタラクションデザイン, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.2, pp.154-165, March, 2004.

山本恭裕, 情報創出の初期段階における思考活動のための理論的枠組みとインタラクティブシステム 博士論文, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, March, 2001.