

# 等高線表現を用いたコンテンツアーカイブの可視化

## Visualization of Contents Archive by Contour Map Representation

久保田 秀和<sup>\*1\*2</sup>  
Hidekazu Kubota

西田 豊明<sup>\*1</sup>  
Toyoaki Nishida

角 康之<sup>\*1</sup>  
Yasuyuki Sumi

<sup>\*1</sup> 京都大学大学院情報学研究所  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

<sup>\*2</sup> 日本学術振興会特別研究員 PD  
JSPS Research Fellow

The graphical representation of tree-structured contents becomes more complex as the number of trees increases. This article describes about contour map representations that can briefly draw the arrangement and structure of a lot of contents in an archive. We propose three contour map representations based on the discussion about the importance of the arrangement design. Nesting contour, Dendrographic contour and Islands contour are illustrated and discussed from viewpoints of child-parent structure, spread of branches, arrangement and design.

### 1. はじめに

コンテンツを持続的に記録整理することは建設的な知の発展にとって欠かすことが出来ない。大量のコンテンツをとりまとめるアーカイブの構築は企業や公的機関、NGO などによる組織的な活動であるだけでなく、近年、情報メディア技術の発展に伴って個人による体験記録のために議論されつつある[Gemmell 2002][角 2004]。長期的にコンテンツを収集し、大規模のアーカイブを構築するためには計算機的な支援が必要であり、そこでは一覧性の不足を解決することが大きな課題の一つとされてきた。本稿では特にアーカイブにおけるコンテンツの配置デザインの重要性に着目し、コンテンツ集合に対してその木構造と配置の概形を保存したまま一覧性の高い等高線表現として簡潔化する手法を提案する。

アーカイブにおいてコンテンツを配置デザインすることは重要である。実世界のコンテンツでは美術館や博物館の展示プランはよく吟味されたものと思われるし、概念的なコンテンツではKJ法[川喜田 1967]と呼ばれる配置を用いた発想法に基づく表現および蓄積手法[宗森 1991][三末 1994][重信 2005]や、空間配置を用いた個人のブックマーク管理[Robertson 1998]が議論されてきた。また、西田[Nishida 2004]は人の知的活動を持続的にアーカイブするために、空間配置されたコンテンツから成るランドスケープと呼ばれる風景メタファを用いることを提案している。風景とはコンテンツを表現するための充分な複雑さと固有性を併せ持つ質感の広がりであると考えられ、ランドスケープにおいて人はコンテンツを風景として記憶、探索し、また新たな記憶を配置することによって、漸増する記憶を破綻なく発展させることが出来る。

我々はこれまで知球と呼ばれるランドスケープ型アプリケーションを開発してきた[久保田 2005]。知球とは球面を用いたコンテンツアーカイブシステムであり、木構造を持つ大量のコンテンツを配置デザイン可能とする。本稿で提案する簡潔化表現は知球上に実装され、コンテンツ集合を球面上の等高線として簡潔に表現する。以下、2節では知球の概要と従来のコンテンツ可視化手法について述べ、配置デザインに着目した場合の従来法の課題について論じる。3節ではコンテンツの木構造と配置

の概形を保存する3種類の等高線表現を提案し、4節で各等高線表現の有効性について比較検討する。5節でまとめと今後の課題を述べる。

### 2. 配置デザインに着目したコンテンツ可視化

知球は人によるコンテンツの配置デザインを支援し、コンテンツの概形を町並みのように漸次発展させることが出来る点を特徴とする。人はものの配置が急激に変化するとメンタルマップが破壊されて混乱するが、概形をそのままに細部が徐々に変化する配置であれば把握しやすいと考えられる。知球の球面上にはユーザによって文書や写真、ムービーなど任意の電子的コンテンツが取り込まれ、ユーザの好みの位置に配置される。1つのコンテンツは知球カードと呼ばれる1つの矩形オブジェクトとして表現される。また、知球カードはユーザによって木構造(枝とノード)を用いた分類が可能であり、球面上には複数の木を配置することが許されている。ここで親に対して子は任意の位置に置くことが可能であるため、枝は四方への広がりを持ち得る。

知球と知球上に配置された木構造コンテンツの例を図1に示す。知球は一般的なPC上で動作し、マウスを用いて緯度・経度方向へ回転させることにより、コンテンツを閲覧することが出来る。カードの位置もマウス操作によって移動可能である。また、ズームインインタフェースを採用しており、知球全体を視野に納める縮尺からカード一枚だけを画面一杯に表示する縮尺までを連続的に変化させることが出来る。

以上のような配置デザインシステムを用いた個人コンテンツの

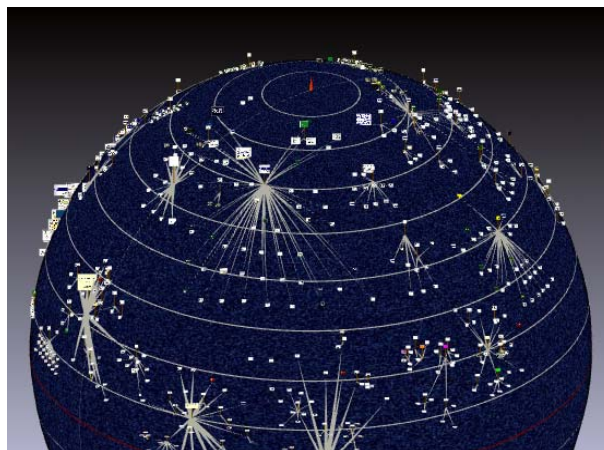


図1：知球と木構造コンテンツの表示例

連絡先:久保田 秀和, 日本学術振興会特別研究員(京都大学大学院情報学研究所), 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 工学部 10 号館, Tel: 075-753-5371, Fax: 075-753-4961, kubota@ii.ist.i.kyoto-u.ac.jp

管理について実験した結果、研究発表用スライドやムービー、旅行先で撮影された写真、Web から獲得したカタログ写真、ブックマーク、メモ等から構成される約 4000 個のコンテンツが、格子模様やつづら折り、渦巻き状など各ユーザによる個性的な意匠を持った配置を用いて管理される様子が観察された [久保田 2005].

木構造を持つコンテンツがこのように空間上で自由配置されるとき、コンテンツ数が大量になると枝が交差して木構造の把握が困難となる問題がある。ここで木構造はごく一般的な情報の構造であり、木構造を持つコンテンツを配置することは知球にとどまらない課題であると言える。配置デザインされた大量の木構造コンテンツに対しては、その構造と配置の概形を保存しつつ、一覧性の高い簡潔化表現を行うことが望ましいが、従来のコンテンツ配置デザイン手法 [宗森 1991] [三末 1994] [重信 2005] [Robertson 1998] では 1000 を超えるコンテンツを扱うことは考慮されなかった。また、木構造を持つ情報を簡潔に可視化する手法としては、入れ子構造の円 [Hong 2003] や矩形 [Andrews 1997], 直方体 [Rekimoto 1993] を用いたものが提案されてきたが、このような素朴な図形は一定の領域内へ重ならずには配置するには空間効率が悪い。

### 3. 等高線表現

コンテンツの木構造と配置デザインに着目するとき、その簡潔化には次の 4 つの要件が考慮されるべきである。

- 構造の保存
- 配置の保存
- 意匠性
- 空間効率

簡潔化とはいづらく情報を落とすことを意味するが、ここで着目しているコンテンツの構造と配置はなるべく保存して強調する必要がある。また、コンテンツの配置は人の記憶に残りやすい形や模様を持つことが望ましいため、表現の意匠性も重要である。空間効率も大量のコンテンツに対して有限の表示領域を活用するためには高くあるべきである。

ここでは一般的な地勢図の表現力に着想を得て、等高線表現を用いた簡潔化手法を提案する。等高線は山峰の配置を表現すると同時に、その閉曲線は入れ子構造を表現していると思えることも可能である。広く利用され見慣れていることから人の記憶に残りやすい意匠でもある。また、その形状は自由であるため円のような素朴な図形よりは空間効率が高い。

以下では構造、配置、意匠性について注目のバランスを変えた 3 種類の等高線表現を提案する。ここでは簡単のため各コンテンツは大きさを持たないノードとして考えるものとする。

#### 3.1 親子関係を強調する入れ子型等高線

子領域を親領域で再帰的に囲む入れ子型の表現はノードの親子関係の表現に向いていると言える [Hong 2003] [Andrews 1997] [Rekimoto 1993]. 深さ  $N$  の木に対して、枝の広がりや形として残しつつ、入れ子型の等高線によって親子関係を強調表示するアルゴリズムを図 2 のように提案する。また、入れ子型等高線の模式図と知球上における表示例を図 3 に示す。1 つの木構造と配置情報を持つノード集合に対して本アルゴリズムを適用した結果、高度の低い等高線が親ノードを表現し、より高い等高線として表現されるその全ての子孫ノードを囲い込む図 3 (a) のような作画が行われる。親子関係は包含関係と高度差によって同時に示され、1 つの木構造はリーフノードを峰とする多数の峰を持つ山地として表現される。

[Step1: 初期化] 変数  $D$  に 1 を代入して初期化  
 [Step2: 対象とするノード集合を準備] 深さ  $D$  から  $N$  までの全ノード集合を  $S$  とする。  
 [Step3: 等高線を描画]  $S$  に含まれるノード間を接続している枝集合の外郭を幅  $W$  で描く。もし枝が無ければ (つまり  $D=N$ )、 $S$  に含まれる各ノードの位置に半径  $W$  の円を描く。ここで  $W$  は  $D$  に反比例する値とする。また  $W$  は等高線が自然なゆらぎを持つように乱数を用いた若干の振れ幅を持つ。  
 [Step4: 塗色] 等高線内を塗色する。色の輝度は  $D$  に反比例した値とする。  
 [Step5: 終了判定] もし  $D=N$  ならば停止する。さもなければ  $D$  に 1 を加え、Step2 へ戻る。

図 2: 深さ  $N$  の木における入れ子型等高線描画アルゴリズム

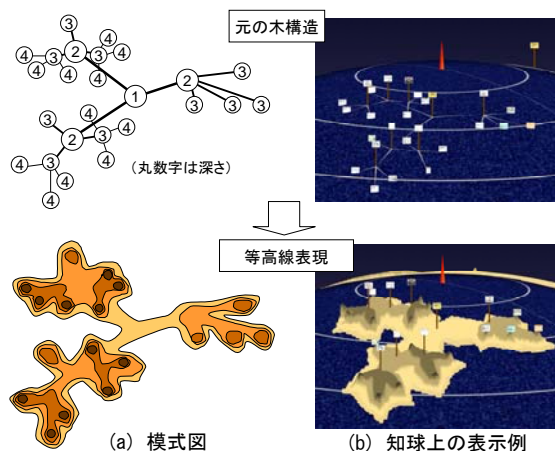


図 3: 入れ子型等高線の模式図と表示例

知球上では等高線を直感できるよう立体として表現している (図 3 (b)). 本アルゴリズムでは峰となるリーフノードの配置は明らかであるが、親となるノードは広い等高線領域のどこに位置するか判りづらいため、親ノードの位置を示すには別の補助的な表現が必要となる。知球上では親ノードの位置に支柱を立ててその先端に旗印としてカードを表示することによってこれを解決している。

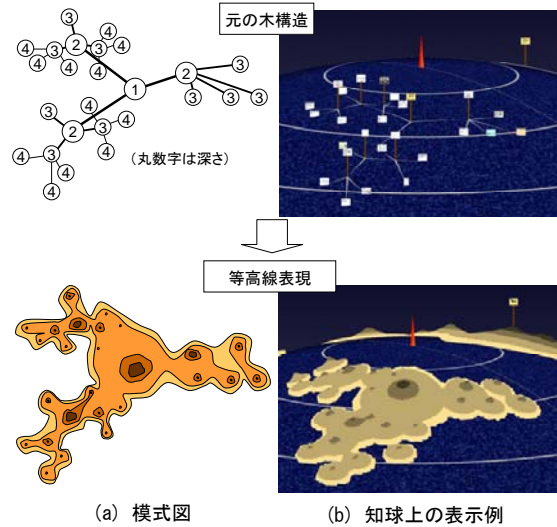
#### 3.2 木の枝振りを強調する樹木型等高線

木構造を実際の本のメタファとして捉えると、その枝振り (親ノードから子ノードへ向かうベクトル) の形状は木の全体像を把握する上で有用であると考えられる。例えば、繁りに勢いのある枝には豊潤なコンテンツがあり、枝の透いている辺りは今後新たにコンテンツの伸びる余地があるといった想像が可能である。ここでは木の枝の広がりを強調し、樹木を真上から見たような形状の等高線を描くアルゴリズムを図 4 のように提案する。また、等高線の模式図と知球上における立体表示例を図 5 に示す。

本アルゴリズムではルートノードが最も高い峰となり、木の周縁に置かれたリーフノードが最も低い等高線を描く。木の枝振りは尾根として描かれる。ノードはおおよそ尾根の先端に位置するが、等高線の合成により等高線領域内に埋没するノードがあるため位置は必ずしも明確でない。このため知球上では入れ子型等高線の場合同様、補助的に支柱を立てて位置を明示している。



[Step1: 初期化] 変数DにNを代入して初期化  
 [Step2: 対象とするノード集合を準備] 深さ1からDまでの全ノード集合をSとする。  
 [Step3: 等高線を描画] Sに含まれる全てのサブツリーについて、ノード間を接続している枝集合の外郭をカーディナルスプライン曲線で囲む。曲線の制御点は枝集合の末端を幅Wだけ伸ばした端点と、位置の隣接する兄弟ノードに対してその中間に位置し、より短い仮想的な枝を持つ補間端点から構成される。ここでWはDに比例する値とする。制御点の位置は等高線が自然なゆらぎを持つように乱数を用いた若干の振幅を持つ。  
 [Step4: 等高線の合成] Step3において描画され互いに重なり合った等高線領域は和をとって一つの領域とする。  
 [Step5: 塗色] 等高線内を塗色する。色の輝度はDに比例した値とする。  
 [Step6: 終了判定] もしもD=2ならば停止する。さもなければDから1を減じ、Step2へ戻る。



(a) 模式図 (b) 知球上の表示例

図4: 深さNの木における樹木型等高線描画アルゴリズム

図6: 島嶼型等高線の模式図と表示例

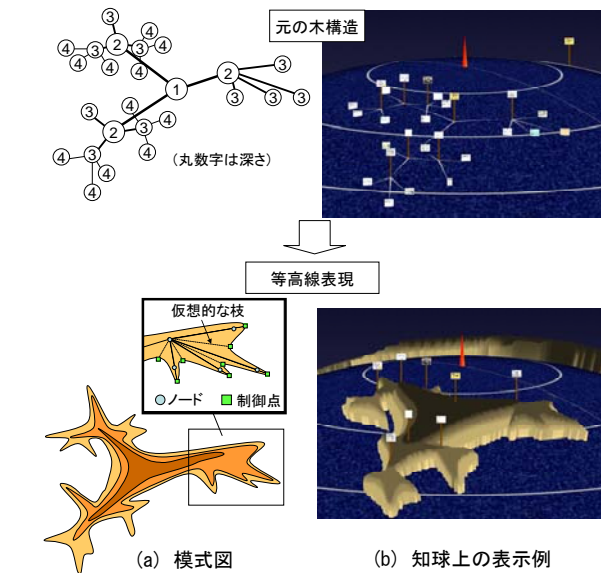


図5: 樹木型等高線の模式図と表示例

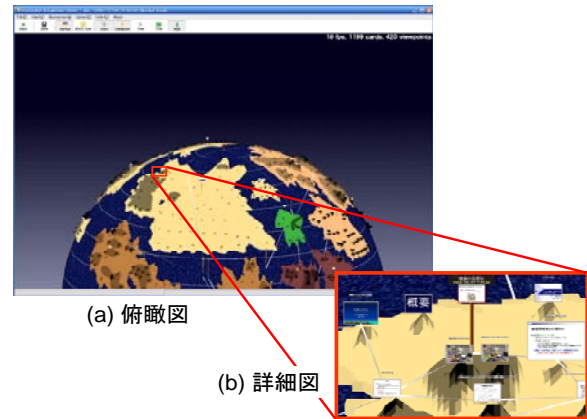


図7: 入れ子型等高線表現を用いた知球の俯瞰図

### 3.3 コンテンツの配置を強調する島嶼型等高線

木構造の各ノードの配置を強調する手法として、配置と接続関係に基づいた有機的な概形を少ない制御点で表現可能な blob あるいはメタボールとして知られるアルゴリズム [Blinn 1982] を応用する。Blob はノードを中心とする濃度円の重ね合わせによってノードの位置と距離関係を反映した濃度地図を計算する手法であり、ここでは濃度値を量子化することによって等高線を描画する。手順は次の通りである。

各ノードは式(1)で表される濃度関数  $D(r)$  を持つ。

$$D(r) = \begin{cases} (1 - r/R)^4 & (r \leq R) \\ 0 & (r > R) \end{cases} \quad (1)$$

ここで  $r$  はノード位置からの距離である。  $R$  は濃度円の有効半径であり、各ノードの深さに反比例した値とする。一般に濃度関数  $D(r)$  としては  $r$  の減少関数を用いられるものであり、ここでは経験的に決定した。

木周辺の各座標について全ノードの濃度関数によって計算される濃度値を求めて、その最大の値と比例する輝度を持つ色を与える。この色に対して木の深さと同じ階調数への量子化を行うと、木構造は図6に示すような珊瑚礁の島嶼に似た等高線として表現される。

### 4. 議論

提案した3種類の等高線表現について知球システム上へ実装した。知球への実装に当たっては等高線を用いた簡潔な表現と各カードの表示を縮尺に応じて重ね合わせるものとした。図7は入れ子型等高線表現を用いた場合の知球の表示例である。全体を俯瞰する縮尺では等高線のみが表示され(図7(a))、知球表面を拡大表示するにつれ、等高線の描く地形上にカードが表示される(図7(b))。また各木構造には色を割り当てる事が可能である。色は分類の指標となるだけでなく意匠性を持つ。

表 1 : 等高線表現の比較

	親子	枝振り	配置	意匠性
入れ子型	○	△	△	△
樹木型	△	○	△	○
島嶼型	×	×	○	○

実装システムを用いて、各等高線表現の長所短所について比較検討した結果を表 1 に示す。木構造の親子関係について、入れ子型では明示的に表現されている。樹木型では枝が尾根として表現されるため親子関係を把握できる部分もあるが、等高線領域内に埋没するノードがあるため完全ではない。島嶼型では等高線の繋がりにおおよその親子関係を察するしかない。

枝振りについては、樹木型では図 5 (b) に示したように階層の浅いノードの枝が濃い幹を描くため、大きな幹から小さな枝へ分岐する様子が直感的に把握しやすいと思われる。一方、入れ子型において枝振りは形状から暗黙的に理解可能であるが、幹が描かれないため判りにくい。島嶼型ではノード間の距離が離れ過ぎると、繋がりが完全になくなってしまふ。

ノードの配置については先にも述べたように入れ子型および樹木型においては明示的でない部分がある。一方、島嶼型ではノード位置で最大をとる濃度円を用いたマッピングであるため、ノードの位置は必ずその周囲と比較して濃い値となり、明確に判別できる。

意匠性については、人が慣れ親しんでいる表現との類似について検討した。樹木型の枝の広がりや、島嶼型の配置は自然の風景や地図の上で見慣れた表現であると考えられる。一方、入れ子型はやや形式的であって、他の 2 つよりは見慣れない形状である。

以上は人が配置デザインを用いて表現したい概念によって使い分けるものと考えられる。カタログのような分類されたコンテンツを効率的に表現するならば入れ子型が向いているであろうし、プレゼンテーション用資料など人に見せるための意匠や配置の自由を重視する場合には樹木型や島嶼型を利用するのが良いものと思われる。

## 5. おわりに

本稿では大量のコンテンツが配置デザインされたアーカイブの可視化を目的として、等高線を用いた木構造の簡略化表現手法を 3 種類提案し、その有効性について比較検討した。今後は心理学的実験を用いて等高線表現による記憶支援の効果や理解度の変化について調査を進めたい。

## 参考文献

- [Gemmell 2002] Jim Gemmell, Gordon Bell, Roger Lueder, Steven Drucker, Curtis Wong: MyLifeBits: Fulfilling the Memex Vision, ACM Multimedia '02, pp.235-238, 2002.
- [角 2004] 角康之, 間瀬健二, 小暮潔, 土川仁, 片桐恭弘, 萩田紀博, 伊藤禎宣, 岩澤昭一郎, 中原淳, 神田崇行: イベント空間における体験の記録と共有, 人工知能学会全国大会(第 18 回)論文集, 3C1-06, 2004.
- [川喜田 1967] 川喜田二郎: 発想法—創造性開発のために, 中央公論社, 1967.

- [宗森 1991] 宗森純, 長澤庸二: 知的生産の技術カードとKJ法の計算機上での融合 -GUNGEN-, 情報処理学会研究報告「人文科学とコンピュータ」Vol. 1991, No. 44, pp.1-6, 1991.
- [三末 1994] 三末和男, 杉山公造: 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 9, pp.1739-1749.
- [重信 2005] 重信智宏, 吉野孝, 宗森純: GUNGEN DXII: 数百のラベルを対象としたグループ編成支援機能を持つ発想支援グループウェア, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 1, pp.2-14, 2005.
- [Robertson 1998] George Robertson, Mary Czerwinski, Kevin Larson, Daniel C. Robbins, David Thiel, Maarten van Dantzich: Data mountain: using spatial memory for document management, In Proceedings of the 11th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '98), pp.153-162, 1998.
- [Nishida 2004] Toyoaki Nishida: Social Intelligence Design and Communicative Intelligence for Knowledgeable Community, Invited Talk, International Symposium on Digital Libraries and Knowledge Communities in Networked Information Society DLKC'04, Kasuga Campus, University of Tsukuba, March 2 - 5, 2004.
- [久保田 2005] 久保田秀和, 角康之, 西田豊明: 知球を用いた個人記憶支援, 人工知能学会全国大会(第 19 回)論文集, 2G1-05, 2005.
- [Hong 2003] Jin Young Hong, Jonathan D' Andries, Mark Richman, Maryann Westfall: Zoomology: Comparing Two Large Hierarchical Trees, First Prize in Ninth Annual IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis) contest, October 19-21, 2003.
- [Andrews 1997] Keith Andrews, Josef Wolte, Michael Pichler: Information pyramids: A new approach to visualising large hierarchies, In Proceedings of IEEE Visualization'97, Late Breaking Hot Topics, pp. 49-52, 1997.
- [Rekimoto 1993] Jun Rekimoto, Mark Green: *The Information Cube: Using Transparency in 3D Information Visualization*, In Proceedings of the Third Annual Workshop on Information Technologies & Systems (WITS'93), pp.125-132, 1993.
- [Blinn 1982] James F. Blinn: A Generalization of Algebraic Surface Drawing, ACM Transaction on Graphics, Vol.1, No.3, pp.235-256, 1982.