

幾何構造に基づくハイパーフォト空間の特徴抽出

Feature Extraction of HyperPhotoSpace based on Geometric Structures

田中 浩也[△]田中 克己[△]

Hiroya TANAKA

Katsumi TANAKA

筆者らは、写真画像を特殊なリンクで繋ぎ合わせる方法に基づく「ハイパーフォト空間」の提案を行ってきた。ハイパーフォト空間は比較的簡易な構造であるため、ユーザが短時間・低コストで疑似3次元空間を制作できる特徴がある。また、ハイパーフォト空間は個々のユーザが「写真」と「リンク」を用いて、現実のある空間を再構造化した結果と見なすことができる。そのため制作されたハイパーフォト空間を分析することで、ユーザの主観的な解釈を経た現実空間の状態を把握し、建築や都市分析に応用することが可能と考えられる。そこで本稿では、幾何構造に基づいてハイパーフォト空間の特徴を抽出する方法をまとめ、それらの手法を用いたハイパーフォト空間分析の基礎的な実験について報告する。

We have proposed the concept of “HyperPhotoSpace”, one of pseudo-3D virtual spaces composed of photographs and spatial-hyperlinks. By using our prototype system *STAMP/PhotoWalker*, a user can create *HyperPhotoSpace* easily and present their own spatial experiences. In this paper, we discuss several basic methods for feature extraction of *HyperPhotoSpace*. Moreover, we also introduce one sample analysis of *HyperPhotoSpace*. To analyze *HyperPhotoSpace*, it is possible that we figure out both the structures of the real place and users' personal interests in the space.

1. はじめに

近年、デジタルスチルカメラや携帯電話内蔵型カメラの普及に伴い、多くのユーザが写真画像を大量に撮影するようになった。そのため現在では、蓄積した写真画像をより高度に利用するためのさまざまなシステムが提案されてきている。

たとえば Web 上で互いに写真を共有するためのサービスとして Fotolog[1]や Corbis[2]、あるいは写真を編集して書物のように可視化する Digital AUTHORING TOOLS[3]、映画のように可視化する Life with Photo Cinema[4]、さらに、写真のうえにアバタを重ね合わせて疑似3次元空間表現を行う IBNR[5]、GPS 付きケータイで撮影した写真を地図と連動させるための「時空間がエマー」[6]等、多くの事例がある。

筆者らは、写真画像内の共通の部分領域どうしを「空間ハイパーリンク」と呼ぶ特殊なリンクで繋ぐことによって、擬

似3次元仮想空間の製作を行う *STAMP/PhotoWalker* システムを提案してきた[7]。*STAMP/PhotoWalker* システムによって制作される疑似3次元空間は、写真画像をノードとした一種のハイパーメディアとみなすことができ、これを「ハイパーフォト空間」と呼んでいる¹。

STAMP/PhotoWalker は、ユーザが写真画像をリンクで繋ぎ合わせる作業を行う PhotoLinker (編集ツール)と、制作されたハイパーフォト空間を読み込んで閲覧する PhotoBrowser (閲覧ツール)の2つのコンポーネントからなる(図1)。PhotoLinker を用いて編集した空間ハイパーリンクデータは、XML に基づく専用の記述言語 HPML(HyperPhotoMarkup Language)の形式で保存される。PhotoBrowser を用いてハイパーフォト空間の各写真間のリンクを辿る際には、筆者らが「空間エフェクト」と呼ぶモーフィングアニメーションを挿入し、疑似3次元的な移動を表現している。

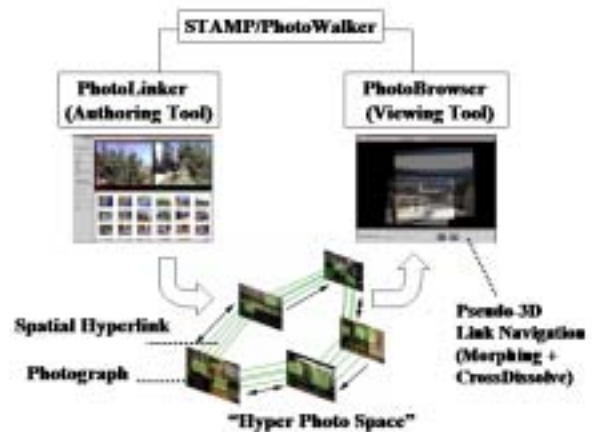


図1 STAMP/PhotoWalker の全体構成

Fig.1 Total Configuration of STAMP/PhotoWalker

疑似3次元仮想空間生成システムとして、*STAMP/PhotoWalker* の特徴は2点挙げられる。

1点目は、製作の簡便性である。3次元仮想空間の製作の際、通常はモデリングにかかる負荷が大きく専門的な技術が必要とされる場合が多い。対して、ハイパーフォト空間は単純な機構であり、短時間・低コストで負荷なく製作ができる。そのため専門家ではなくとも、一般の多くのユーザが疑似3次元仮想空間の製作に取り組める可能性が大きい。

2点目は、ユーザの主観的空間解釈の表現である。*STAMP/PhotoWalker* システムで制作されるハイパーフォト空間は、ユーザが「写真」と「リンク」を用いて現実世界のある空間を再構造化した結果とみなすことができる。写真にはそのユーザが印象的と判断した場所(POI: Point of Interest)の景観が収められており、またリンクはユーザが抽出した重要な経路が表されているものと考えられる(図2)。このため、一般的なバーチャルリアリティ(VR)における3次元仮想空間のように、現実世界を客観的に再現したものとは異なり、*STAMP/PhotoWalker* で編集されたハイパーフォト空間は、現実世界のある空間を主観的に解釈して再構造化した記録である。

[△] 正会員 京都大学大学院情報学研究科
hirotanaka@dl.kuis.kyoto-u.ac.jp

[△] 正会員 京都大学大学院情報学研究科
tanaka@dl.kuis.kyoto-u.ac.jp

¹ ハイパーフォト空間のデータ構造およびシステム構成に関する基礎的な議論は既報[7]に詳述したため本稿では省略する。本稿ではシステムの応用的な側面について述べる。

表 1 抽出するハイパーフォト空間の特徴量
Table 1 Feature index of a HyperPhoto Space

抽出項目	内容
Nodes	写真枚数すなわちハイパーフォト空間の規模
Links	リンク総数すなわちハイパーフォト空間の移動可能部分
Branches*1	写真 1 枚あたりの平均道分かれ数
Portals	Max 個のリンクが付与されている写真の総数(Max はひとつのハイパーフォト空間において、写真 1 枚あたりリンクの最大値)
Ends	リンクがひとつだけ付与されている写真の総数
Dispersion*2	リンク長さのばらつき(分散値)

* 1 $Links / Nodes$

$$* 2 \sum_{i=1}^{Links} (Length (Link_i) - (\sum_{j=1}^{Links} Length (Link_j) / Nodes))^2 / Nodes$$

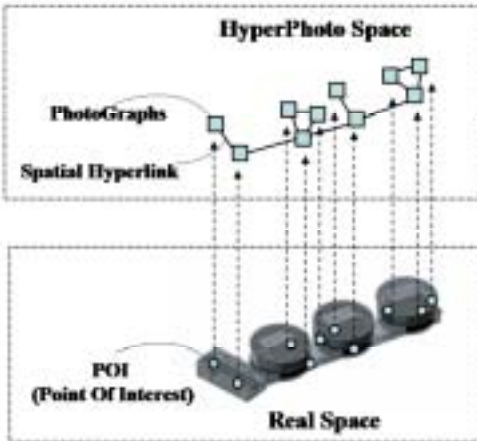


図 2 現実空間からハイパーフォト空間への変換
Fig.2 Conversion from Real Space to HyperPhoto Space

以上のような特徴を踏まえ、筆者らは有名な建築空間を対象として、複数のユーザにハイパーフォト空間の製作を依頼し、その製作結果を分析・比較する実験を行ってきた。複数のユーザが制作した結果になんらかの共通性が見い出されれば、それは建築空間が普遍的に備えている性質を現していると考えられる。

そこで本稿では、京都の高台寺を対象とした実験をとりあげ、分析の方法および分析から得られた知見を報告する。以降、第 2 章では、まずハイパーフォト空間を分析する方法について整理する。次に第 3 章で、高台寺のハイパーフォト空間の分析事例を述べる。第 4 章で、得られた知見を総括し、全体のまとめとする。

2. ハイパーフォト空間の分析方法

本論文で提案するハイパーフォト空間の分析方法は大きく 3 つのアプローチに大別できる。1 番目は、ハイパーフォト空間のノード数およびリンク数を用いて特徴量を構成する方法であり、従来の Web サイト構造解析に類似するものである。2 番目は「空間ハイパーリンク」で定義される写真どうしの空間関係性に着目し、そこで生成される映像のパターンを分類する方法である。3 番目は、ハイパーフォト空間を仮想 3 次元連続空間内に変換し、写真の分布状態や粗密を視覚的に判別するという方法である。以上の 3 つのアプローチについて 2.1 から 2.3 までそれぞれ述べる。

2.1 ノード数・リンク数に着目する方法

表 1 に示すようなパラメータ群を設定して、各ハイパーフォト空間の特徴を数値的に抽出する。

2.2 空間ハイパーリンクの包含分類に着目する方法

空間ハイパーリンクは画像内の四角形状部分領域(空間アンカー)が始点・終点となるため、さまざまな幾何学的関係性を抽出することができる。空間アンカーと写真との包含関係をもとに空間ハイパーリンクを分類するならば、撮影位置が同一である場合の「空間一致」、写真に含まれる視覚的内容が包含関係になる「空間包含」、どこかに視覚的共通部分を持つ「空間関連」の 3 種類となる(図 3)。そのうえで、文献[7]で述べた「空間エフェクト」で表現される映像のパターンは、図 4 のように 4 種類に分類することができる。

- ・ **A 静止**(リンク先の写真は変形も拡大縮小もしない)
- ・ **B 前進/後退**(リンク先の写真が拡大縮小する)
- ・ **C 前進/後退+回転**(リンク先の写真が拡大縮小すると同時に変形し回転を示す)
- ・ **D 回転**(リンク先の写真が変形し回転を示す)

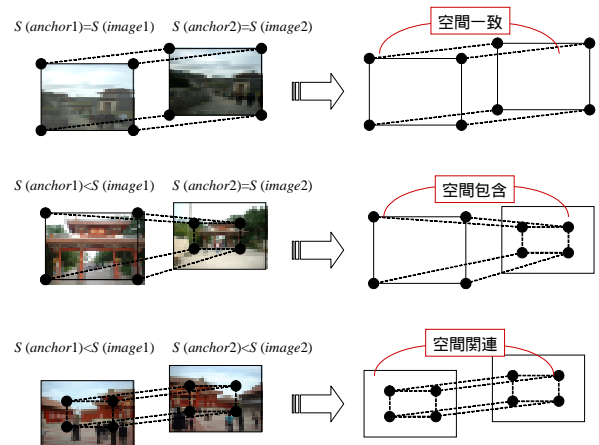


図 3 包含関係をもとにした空間ハイパーリンクの分類
Fig.3 a classification of Spatial Hyperlinks based on their relationships of inclusion

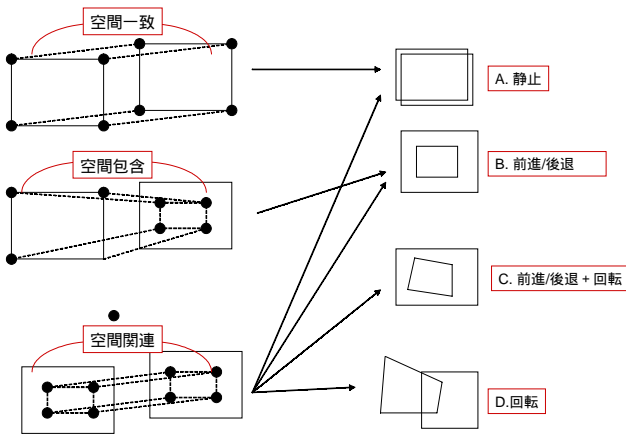


図4 写真どうしの包含関係から決定される映像パターン
Fig.4 Animation Patterns driven by inclusion relationships

2.3 3次元仮想空間に基づく方法

次に述べるアルゴリズムを用いることで、図4のような画面上の写真の重なり方から、写真どうしの相対的位置関係を推定し、仮想3次元空間内に写真を配置することができる。

- (1) ユーザのしているスクリーンを、一点透視座標系と仮に設定し、その最遠距離を定数Lと設定する。
- (2) その座標系を用いることで画面上のすべてのピクセルに仮の3次元位置を与えることができる(図5左)。
- (3) これを用いて、写真群をすべて仮想3次元空間内に配置する(図5右)。

$$\{0, (Wy-Hx)/(W-2x), 2Lx/W\}$$

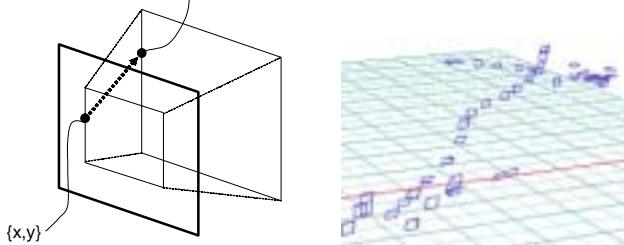


図5 空間ハイパーリンクからの略地図描画
Fig.5 The method for drawing a sketch map of HyperPhotoSpace

この結果は、写真を撮影した地点を正確に再現したものではないが、おおまかな空間の全体構造を表した「略地図」である。場合によってはさらに2次元平面上に写像して表示する。このようにハイパーフォト空間の全体構造を視覚化すると、写真全体の分布状態、特に写真群の密度が高い部分と低い部分を判別することが可能である。

3. 空間分析の実例

3.1 実験の概要と目的

京都の高台寺を対象として4名のユーザを被験者とし、ハイパーフォト空間制作の実験を行った。実験のプロセスを次

に示す。

- (1) 高台寺の特徴的な景観部分を撮影するように被験者に指示し、それぞれ自由に写真撮影を行う。
 - (2) STAMP/PhotoWalkerシステムを用いて、撮影した写真群にリンクを与え、ハイパーフォト空間を作成する。
- この実験によって、4名の被験者がそれぞれのハイパーフォト空間を制作した。ここで制作されたハイパーフォト空間は、「写真の組に対して必ず共通部分を残さなければリンクで繋ぐことができない」というSTAMP/PhotoWalkerシステム特有の制約下のもとで、ユーザがそれぞれの興味や嗜好に基づき、高台寺の建築空間を表現した結果である。次節において、これら4名のハイパーフォト空間を、2章で整理した各手法を複合的に用いつつ分析する。

3.2 特徴量抽出の実例

4名それぞれのハイパーフォト空間に対し、2.1で述べた各項目を抽出した結果を表2に示す。さらに2.2で述べた方法を用いてユーザAによるハイパーフォト空間を映像的に分節したグラフを図6に示す。図6においては、縦に整列している部分が「前進・後退」、横に並んでいる部分が左右それぞれへの「回転」を示す映像部分である。また、2.3で述べた方法を用いて仮想3次元空間へ変換した結果を図7に示す。

表2 4名のユーザによるハイパーフォト空間抽出項目
Table 2 Feature index of Four Examples

	User A	User B	User C	User D	平均
Nodes	90	85	108	123	101.5
Links	93	87	110	141	107.75
Branches	1.03	1.02	1.02	1.15	1.055
Ends	13	28	23	27	22.75
Portals (Max=4)	4	3	2	2	8
Dispersion	1.55	1.50	5.28	38.31	11.66

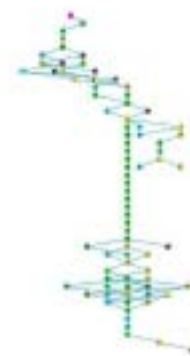


図6 ユーザAのハイパーフォト空間の映像パターン
Fig.6 Animation Patterns of HyperPhotoSpace created by user A

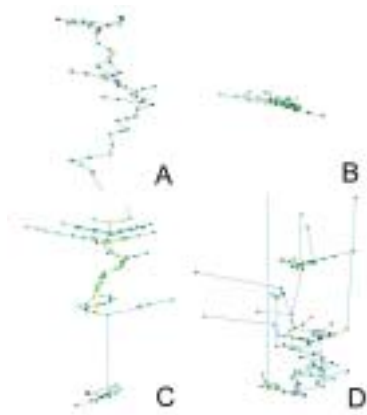


図7 4名のユーザによるハイパーフォト空間写真分布
Fig.7 Sketch maps of four users' HyperPhotoSpaces

3.3 分析の実例

図7によると、ユーザBを除いてユーザA・C・Dは高台寺の空間をまんべんなく撮影して表現しており、表2のように写真枚数およびリンク数にもそれほど差異がない。したがって以降の分析にはA・C・Dの3つを採用し、ユーザBのハイパーフォト空間は除外した。以降、発見的手法により得られた知見を列挙する。

- (1) 4つのリンクを持つ“Portal”写真がそれぞれのハイパーフォト空間から抽出されたが、それらのなかには全く同じ場所を撮影した写真が存在した。それらは道が3方向に分岐している門の写真と、3つの道が合流する最奥の「傘邸」と呼ばれる建物の写真であった。この2箇所は、高台寺の建築空間の動線中心となっている場所に一致する。
- (2) 高台寺には入口から門へ向かうまでの部分と、建物の庭部分の2箇所に長い経路があるが、図6の映像的分節に明確に反映されていた。また、図6によると、2または3ステップの前進のあと回転を行うようなシーンが明らかに多いが、これは神社・仏閣を設計する際の建築的演出手法が反映された結果と考えられる。
- (3) ユーザDの制作結果は、リンク長さの分散値が非常に高くなっており、リンク長さのばらつきが大きいことは図7から視覚的にも判読できる。対してユーザA・Bは比較的似た結果のものとなっている。これは空間に着目するユーザの興味や嗜好が類似していることが顕在化していると解釈できる。

3.4 実験の考察

今回の実験結果は初期的なものであり、制作されたハイパーフォト空間からの特徴抽出によって、高台寺の空間的特徴や各ユーザの類似・差異性を基礎的に確認したにすぎない。特に、今回の実験で対象とした高台寺は、設計者によって綿密に設計された建築物であることが知られており、このような分析は建築設計者の意図を事後的に再確認したものに留まっている。本章で述べたような分析がより効果を発揮するのは、明確な設計主体が存在しない都市部あるいは集落のような場所であると考えられる。複雑な場所において、ユーザが何をてがかりにどのように空間を理解しているのか、あるいはそこに共通性が見出せるのかを明らかにするため、今後実験実証を繰り返し行っていく予定である。

4. おわりに

本稿では、幾何構造に基づいてハイパーフォト空間の特徴を抽出する方法をまとめ、それらの手法を用いて高台寺のハイパーフォト空間を分析した実験の結果を述べた。建築学や都市学においては、これまで写真やビデオを用いた空間分析などの研究例が多く[8,9]、近年ではQuickTime-VRを用いた空間分析なども行われはじめている状況にある[10]。ハイパーフォト空間はそれらよりもさらに、ユーザの主観的な空間解釈が反映されたものと予想される。従来手法との比較も考慮しつつ、実験実証を継続していく予定である。

【謝辞】

本研究の一部は、平成15年度21世紀COEプログラム「知識社会基盤構築のための情報学拠点形成」および平成15年度文部科学省科学研究費特定領域研究(2)「Webの意味構造に基づく新しいWeb検索サービス方式に関する研究」(課題番号:15017249)の支援をいただきました。ここに記して謝意を表します。

【文献】

- [1] Corbis,
<<http://www.corbis.org/>>
- [2] Digital Authoring Tools,
<<http://www.3dpageturningbook.com/>>
- [3] Life with PhotoCinema,
<<http://www.photo-cinema.com>>
- [4] FotoLog,
<<http://www.fotolog.net>>
- [5] M.Tsukamoto, "Image Based Pseudo 3-D Visualization of Real Space on WWW", Digital Cities: Technologies, Experiences, and Future Perspectives, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Vol.1765, pp. 288-302, 2000.
- [6] 上田紀之,中西泰人,真鍋陸太郎,本江正茂,松川昌平,"時空間ポエマー+カキコまっぶ-GPSカメラケータイを用いたWebGISの構築",信学技法,HIP 2003-13,pp.71-76,2003.
- [7] 田中浩也,有川正俊,柴崎亮介,"空間ハイパーリンクを用いた写真画像群の擬似3次元連携",情報処理学会誌:データベース,Vol.44, No.SIG3 (TOD17), pp.11-pp.21,2003.
- [8] 大東俊介,久野紀光,齋藤潮,"2棟建築の写真に構図の特性-多棟建築群の配置計画に関する研究その1-",日本建築学会計画系論文集 第546号, pp289-296, 2001.
- [9] 刈谷哲朗,"建築的情景を構成する立体角比の特性に関する考察",日本建築学会計画系論文集,第546号,pp155-162,2001.
- [10]小谷研一,小嶋一浩,日色真帆,渡邊英徳,
"QuickTimeVR を利用した環境情報のサンプリング-インタラクティブな空間デザインツールとしてのスペースブロックその2-",日本建築学会学術講演論文集,建築計画I(E-1),pp533-534,1999.

田中 浩也 Hiroya TANAKA

2003年東京大学工学系研究科博士後期課程修了。博士(工学)。現在、京都大学情報学研究科 COE 研究員。日本データベース学会、情報処理学会、日本建築学会等会員。

田中 克己 Katsumi TANAKA

京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻教授。工学博士。主にデータベース、マルチメディアコンテンツの処理の研究に従事。IEEE Computer Society, ACM, 情報処理学会、日本データベース学会等各会員。