

幾何構造に基づくハイパーフォト空間の特徴抽出

田中 浩也^{†1} 田中 克己^{†1}

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。そのため蓄積された写真画像を高度利用するためのさまざまなシステムが検討されている。筆者らは、近い位置で撮影した写真画像をリンクで互いに結び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、写真を空間的にリンクで結びつけるだけの比較的簡易な機構であるが、ユーザが短時間で擬似3次元空間を制作できる点が特徴である。ハイパーフォト空間はまた、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結果を示す。

Feature Extraction of Hyper Photo Space based on geometric structures

HIROYA TANAKA^{†1} and KATSUMI TANAKA^{†1}

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、蓄積した写真画像の高度利用を実現するシステムがさまざまに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 AUTHORIZING 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擬似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「時空間ポエマー」[6]等、多くの事例がある。

筆者らは、近い場所で撮影した写真の組を空間ハイパーリンク(詳しくは2章にて後述する)で繋ぐことによって写真どうしの相対的位置関係を定義し、擬似3次元空間を作成するための *STAMP/PhotoWalker* システムを提案・開発してきた[7]。*STAMP/PhotoWalker* で編集されるデータは、写真をノードとした一種のハイパーメディアであり、これを「ハイパーフォト空間」と呼んでいる。空間ハイパーリンクで繋がれた各写真間を移動する際には、モーフィングを用いたアニメーションを挿入し、特殊な擬似3次元表現を実現している。

ハイパーフォト空間は単純な機構であるためユーザにとっては短時間で負荷なく制作ができる。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」を用いて現実世界の空間情報を再構造化した結果と見なすこともできる。そのためハイパーフォト空間の構造を分析することで、ユーザの主観的な解釈を経た現実空間の状態を把握することが可能と思われる。この手法を体系化することができれば、建築や都市分析への応用も見込まれるであろう。

^{†1} 京都大学大学院情報学研究科,
Graduate School of Informatics, Kyoto University

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から特徴抽出する方法をまとめ、それを利用してハイパーフォト空間を分析した基礎実験について報告する。

以降、2章では筆者らのこれまでの提案である「ハイパーフォト空間」について概説する。3章において、特徴抽出のアプローチを大きく3種類に大別して論じる。4章でそれらの手法を用いた基礎実験について述べ、5章でまとめとする。

2. ハイパーフォト空間の概要

2.1 空間ハイパーリンクとハイパーフォト空間

ハイパーフォト空間を構成する要素は、写真画像(ノード)および空間ハイパーリンクである。空間ハイパーリンクは、四角形状を持つ写真内の部分領域をアンカー(空間アンカー)として持つリンクであり(図1)、原則的に2枚の写真内に含まれている同一オブジェクト部分(たとえば同じ看板や窓・建物など)に付与するものとする。また空間ハイパーリンクは方向性を持つが、場合によっては双方向とすることも可能である。複数の写真群と空間ハイパーリンクで構成されるネットワークを「ハイパーフォト空間」を呼ぶ(図2)。

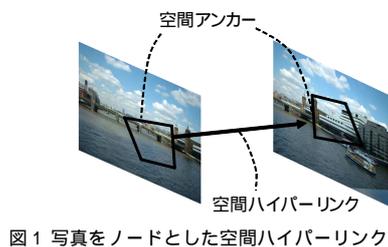


図1 写真をノードとした空間ハイパーリンク

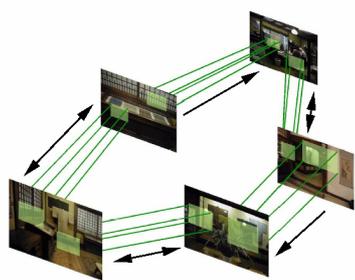


図2 ハイパーフォト空間の構造

2.2 空間エフェクトによる擬似3次元表現

ハイパーフォト空間のリンクを辿る(Traverse する)際には、次のアルゴリズムを用いて写真どうしを重ね合わせると同時に変形させ、擬似3次元空間的に表現する。

- (1) アンカーの四角形状を用いて座標変換(アフィン変換)行列を構成し、それを用いて Traverse 前の合成枠 $A+B'$ および Traverse 後の合成枠 $A'+B$ を計算する(図3)。
- (2) $A+B'$ 枠のなかに始点画像部分のみをマッピングし表示する(図4上段)。
- (3) ユーザから Traverse の開始を指示する操作があった場合、 B' 枠のなかに終点画像を透明な状態でマッピングし、時間の進行に伴ってその部分を不透明の状態へと変化させる。同時に、始点画像部分を徐々に透明の状態へと変化させる。(図4中段)
- (4) (3)の透明度操作と同時に、 A 枠を A' 枠へ、 B' 枠を B 枠へと徐々に変形させる(図4中段)
- (5) 変形が完了した時点で、終点画像部分だけを残し、始点画像部分を消去する(図4下段)。
- (6) (1)へ戻る

以上のアルゴリズムを「空間エフェクト」と呼ぶ。空間エフェクトでは、写真全体が変形し透明度が漸次的に変化するため、ユーザは錯覚的に3次元的な移動感を得ることになる。

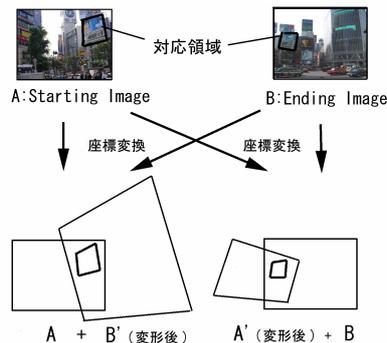


図3 座標変換を用いた合成枠生成

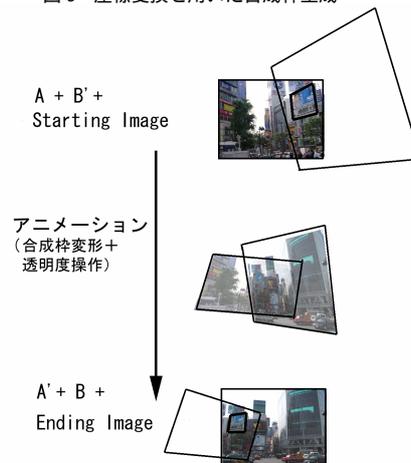


図4 空間ハイパーリンクを辿る際のアニメーション

3. ハイパーフォト空間の特徴抽出

2章においてハイパーフォト空間の概要について述べた。本章では、ハイパーフォト空間からの特徴抽出手法について論じる。本論文で提案する特徴抽出手法は大きく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さまざまな項目を生成する方法であり、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3.1から3.3までそれぞれ述べる。

3.1 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。

表1 抽出項目

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

3.2 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)を始点・終点としたもつため、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」、どこかに視覚的の共通部分を持つ「空間関連」の3種類となる(図5)。そのうえで、2章で述べた「空間エフェクト」を用いて表現される映像のパターンは図6のようにさらに4種類に分類することができる。

間エフェクト」を用いて表現される映像のパターンは図6のようにさらに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)

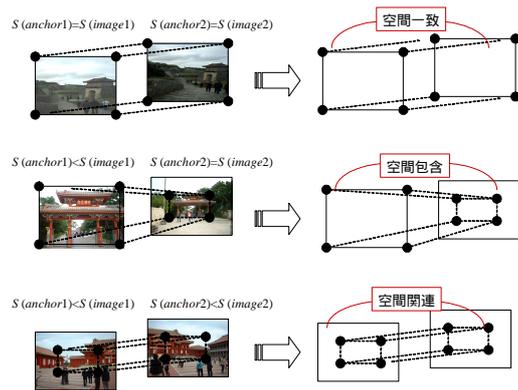


図5 空間アンカーの包含関係をもとにした分類

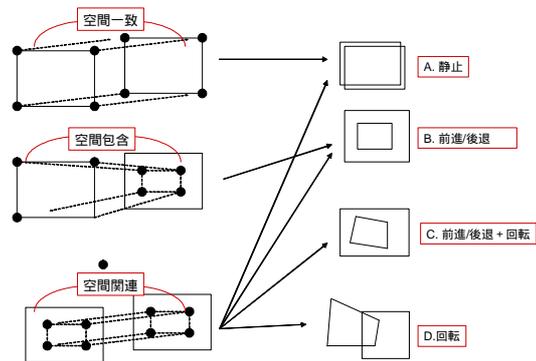


図6 写真どうしの包含関係から決定される映像パターン

3.3 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(図7)。
- (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ため、写真の相対的位置を決定できる(図8)。

(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9)。

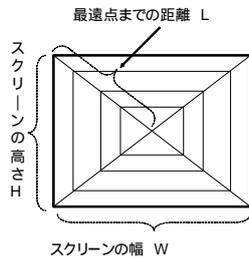


図7 一点透視座標系と見なしたスクリーン

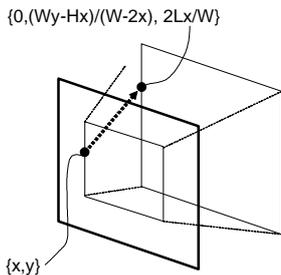


図8 写真座標の3次元化

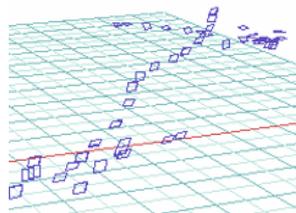


図9 仮想3次元空間内に配置した写真群

この方法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ている。このように仮想3次元ユークリッド空間内に写真群を配置した場合、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視覚的に判別することが可能である。

4. 特徴抽出方法を用いたハイパーフォト空間分析

4.1 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施し、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、3章で述べた各手法を複合的に用いつつ分析する。

4.2 特徴抽出の実例

4名それぞれのハイパーフォト空間に対し、3.1で述べた各項目を抽出した結果を表2に示す。さらに3.2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10に示す。図10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、3.3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11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

	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

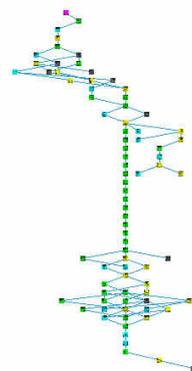


図10 ユーザAのハイパーフォト空間の映像的分節

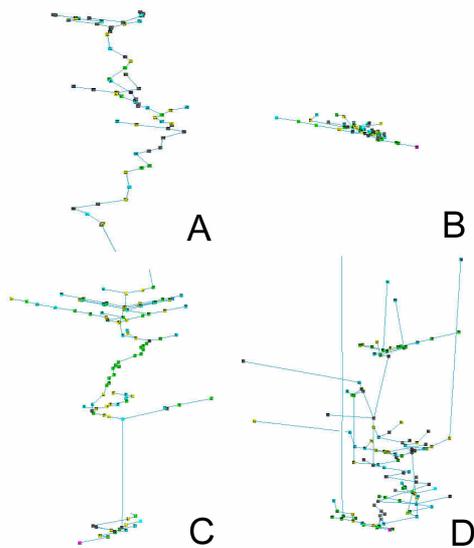


図 11 4名のユーザによるハイパーフォト空間写真分布

4.3 ハイパーフォト空間の分析

図 11 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 から分かる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。それらは図 12 に示すように、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の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 箇所長い経路があるが、図 10 の映像的分節に明確に反映されていた。また、図 10 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動揺に図 11 から判読できる。対してユーザ A・B は比較的似た結果のもの

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異なっていたり、類似していることが顕在化したものと解釈できる。



図 12 共通に "Portal" として検出された写真

4.4 実験の考察

今回の実験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方法によって、実際の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、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、今回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なにを手がかりに、どのように空間を理解しているのかを明らかにするため、今後さまざまな場所での実験実証を繰り返し行っていく予定である。

5. 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基礎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を用いた空間分析はそれらと異なる特質を持つため、従来手法との比較も重要と考えられる。その点に関しても考慮しつつ、今後、実験実証を継続していく予定である。

参 考 文 献

- 1)Corbis,
<<http://www.corbis.org/>>
- 2)Digital Authoring Tools,
<<http://www.3dpageturningebook.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棟建築の写真に於ける構図の特性-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.