

考古調査情報共有のための写真ブラウジングシステム

鷹田陽介* 金谷一朗† 佐藤宏介‡

*†‡大阪大学大学院基礎工学研究科

†科学技術振興機構さきがけ

概要: 本研究は、考古調査会議での利用を想定した写真ブラウジングシステムの研究である。本システムでは、調査図面を入出力インタフェースとして用い、写真の検索や提示を行う。ユーザは、実物の図面を用いて写真の見たい位置・方角を直観的に入力することで、入力した位置・方角で撮影された写真を素早く引き出すことが出来る。本システムにより、会議での写真検索時間の短縮、提示された写真の内容理解の促進、多人数での写真操作や情報共有の促進、写真管理に要する時間の軽減が可能になる。

Photo Browsing System for Archeological Surveys

Yosuke Takata* Ichiroh Kanaya† Kosuke Sato‡

*†‡ Graduate School of Engineering Science, Osaka University, Japan

† PRESTO, Japan Science and Technology Agency

Abstract: Specialists in archeology use photographs and maps for checking the field site and planning their research at an archaeological meeting. But, they have problems in using photos and maps together. First, they can't find the photos easily which were taken in needed places because the number of photos are large and not organized. Second, they have troubles in recognizing the relationship between photos and maps because photos are presented in disregard of the relationship. We present a system for interactively browsing and exploring a large number of photographs of a site by using maps and the information of the shooting point and orientation of each photo. The system also makes it easy to understand the relationship between photos and maps by using the information and presenting photos in maps.

1. はじめに

実物体の幾何情報、光学情報のセンシング技術の高度化に伴い、考古学の分野に対して情報工学的手法を応用する例が増えてきた。デジタルカメラもその一例である。調査では多くの写真が撮られ、後に様々な用途で利用される。ミーティングでの利用もその一つである。

1.1 データ管理

遺跡・遺物などの考古調査では、調査対象物の記録にレンジセンサや距離センサなどの各種計測

器が利用されている。これらの機器により高速にまた精度良く調査対象物をモデリングすることが可能になり、短時間で多くの調査データを取得することが出来るようになった。しかしそれに伴い、扱うデータ数は膨大なものとなり管理が十分に行き届かないという問題がある。また、遺跡・遺物の調査においては、遺跡・遺物の位置関係も重要な要素であるため、それらの記録も必要であるが、遺跡・遺物の調査データとその位置情報は別々のデータとして得られるためこれらを結びつける必

要がある。これらの理由からデータの管理には大きな負荷がかかる。

1.2 情報共有

考古調査では、調査ミーティングを行い、その中で調査結果の報告や、その後の調査計画を話し合う。ミーティングでは、図面と写真を組み合わせて用いることで話し合いを進めることが多い。参加者は議論に挙がっている場所の写真や、その写真が撮影された位置・方位を提示することで、調査員は調査現場の詳しい状況を確認し、調査データの吟味を行い、今後の細かい調査手順などを決める。このようにミーティングでは、写真と図面を用いることで、調査員同士が情報を共有し合い、話し合いを進める。したがって、この情報共有を効率的に行うことがミーティングを円滑に進めるために重要となる。しかし現状では、写真と図面を組み合わせる場合、いくつかの問題がある。一つは、目的の位置・方位で撮影された写真を素早く提示することが困難である。これは写真データが膨大で、管理されていない場合は尚更である。次に、写真を提示する度にその撮影位置・方位を伝える必要があり、これには負荷がかかる。提示する写真が多い場合はその負荷は大きい。また、伝えられる側にとっても毎回注意を払う必要があり面倒である。次に、写真が提示される際、図面との対応関係が取られることなく提示されるので、写真と図面の対応関係が直観的でなく、対応付けを行う負荷を要する。これらの理由から、効率的な情報の共有、利用は困難なものとなっている。

1.3 本研究の目的

以上のように写真の管理、ミーティングにおける写真と図面を用いた情報の共有、利用には様々な問題がある。写真を利用目的に合わせて管理し、効率的な情報共有のために素早い写真検索、直観的な写真提示をする必要である。そこで本研究では、調査ミーティングにおける調査員同士の効率的な情報共有を目的とし、考古調査において重要な要素であり頻りに利用される写真の撮影位置・方位情報を用いることで、1)写真を図面と結びつけて管理する、2)図面上で位置・方位を入力し、目的の位置・方位の写真に素早くアクセスする、3)写真を図面との対応関係が直観的にわかるよう

に提示する、というシステムの提案をする。

2. 関連研究

デジタルカメラのメタデータ標準規格である Exif の位置情報サポートや、デジタルカメラと連動する GPS(Global Positioning System : 全地球測位システム)の普及により、今後撮影位置情報をもつ写真の一般化が予想される。このような中で、撮影位置情報を利用して写真を管理、閲覧する手法が研究されている。Toyama ら[5]は、写真に位置情報タグを付加することを提案し、位置情報の取得方法やタグデータのデータ構造などを検討している。また、タグを元に写真を地図上の撮影位置に配置して提示するという手法を提案している。Snaveley ら[7]は、写真の特徴点を抽出しそれを用いて撮影位置・姿勢を求め、仮想三次元空間に写真と撮影位置を配置するという直観的な写真ブラウジング手法を提案している。一方、写真の持つ意味的な内容に注目し、写真にメタデータを埋め込む手法の研究行われている。Nanman ら[6]は、GPS を用いて写真の撮影位置情報を取得し、その位置情報と Exif に含まれるタイムスタンプ、WWW データベースを用いて様々なメタデータを生成し、その生成したメタデータを用いて写真の管理、検索を行う手法を提案している。岩崎ら[1]は、GPS と傾きセンサを用いて写真の撮影位置と姿勢を取得し、その位置・姿勢情報と WWW データベースを利用することで写真の撮影対象物を予測し、写真に撮影対象物の名称のメタデータを埋め込むという手法を提案している。一方、写真に付属する意味的な内容を用いず、画像の特徴量を用いたアクセスについての研究が行われている。Brunelli ら[8]は、ユーザが選択した画像と類似した特徴量をもつ写真の提示を行う手法を提案している。Bederson ら[2]は、縮小した写真をサムネールで大量に表示し、その中から目視しにより目的の写真を検索し、アクセスするという手法を提案している。

システムを動作させる環境についても様々な研究がなされており、近年では、人間にとって扱いやすい机上環境を用いたインタラクティブシステムの研究が盛んである。Ishii ら[3]は、物理的に

アクセスをする(図2)。図面上の写真を見たい位置・方位角に合わせてディスプレイを置くことで、その位置・方位角に対応する実空間の位置・方位角で撮影された写真がディスプレイに表示される。ただし、ディスプレイの位置・方位角とは、図2における三角形の印が表す位置・方位角とする。ディスプレイの位置・方位角にこの印の位置・方位角を用いるのは、提示する写真の撮影位置周辺の図面を見やすくするためである。以後、三角形の印の位置・方位角をディスプレイの位置・方位角とする。このように位置・方位角を入力に用いて写真にアクセスすることで、大量の写真の中から目的の場所の写真を探すための時間と負荷が軽減され、必要な場所の写真を素早く提示することができる。また、アクセス方法に関して、図面上の写真を見たい位置・方位に合わせてディスプレイを置くという手法は直観的に理解でき、実際に操作する際も、入力装置の位置・方位角と目標位置・方位角が実空間で一致し、操作中実空間において目視することも可能であるので操作性は高いと考えられる。

・写真の提示

本手法は、ディスプレイを図面上に置くことで、写真をその撮影位置・方位に合致した位置・方位で図面上に提示する。本手法により写真が提示された場合、図面上に撮影位置・方位の情報が提示されるため、写真の撮影された位置・方位角は直観的に理解でき、写真の撮影位置・方位角を説明する必要がなくなる。また、写真は図面と対応づけられ、写真と図面は実空間との幾何整合性が取れた状態で提示されるため、直観的に写真に写るものと図面との対応関係を理解することができる。

・目的場所周辺の写真の表示

ディスプレイを置いた位置と写真の図面座標系における撮影位置との間の距離がある閾値より小さい場合は、その写真をサムネールで表示する。サムネールには、ディスプレイの位置からの距離を基準に写真を昇順に並べて表示する。これにより、ディスプレイの位置付近に対応する実空間の位置で撮影された写真を閲覧することができ、素早くその場所の様子を知ることができる。また、ディスプレイを動かしサムネールに表示することで、

写真の効率的な検索にも利用できる。

3.4.2 提示写真の選択

本手法では、図面上に置かれたディスプレイの位置・方位角に応じて写真をディスプレイに表示するが、ここでは、表示する写真の選択方法を述べる。写真を選択する基準には、

- ・ディスプレイの位置と図面座標系における写真撮影位置との間の距離
- ・ディスプレイの方位角と図面座標系における写真撮影方位角の差の絶対値

などが考えられる。本研究では、この二つの基準の組み合わせにより写真を選択する。ディスプレイの位置・方位角を計測し、すべての写真について、ディスプレイと写真の位置間の距離、ディスプレイと写真の方位角の差の絶対値の値を計算する。距離が閾値 k 以下となる写真に関してはサムネールに表示する候補として管理する。サムネールに表示する候補の写真をディスプレイとの距離の値で昇順にソートし、一番目の要素から最大 M 番目の要素の写真をサムネール表示する。もし、サムネール表示候補となる写真が M 個以下の場合は、すべての候補写真をサムネール表示する。サムネールの一番目の要素が、距離が閾値 K 以下かつ方位角の差の絶対値が閾値 R 以下の条件を満たす場合は、そのサムネールの一番目の写真を選択する写真とし大きく表示する。本研究では、 k 、 K 、 M 、 R の値として表2の値を用いた。

3.4.3 ディスプレイの位置・方位角の取得

ディスプレイの位置・方位角に応じて写真が選択、表示されるが、ディスプレイの位置・方位角の取得には位置・姿勢センサを用いる。このセンサで取得した位置・方位角の値をセンサの座標系から図面座標系における値に変換しディスプレイの位置・方位角として用いる。

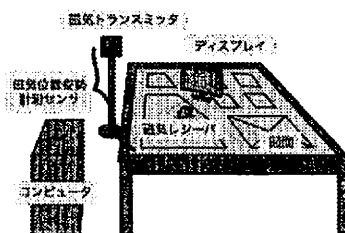


図3: システム構成



図 4：システム外観

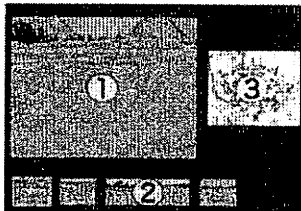
4. 実験

4.1 システム構成

提案する写真ブラウジングシステムの概要を図 3 に示す。位置・姿勢センサには POLHEMUS 社製 FASTRAK を用いる。ディスプレイの位置・方位角を取得するために FASTRAK のレシーバをディスプレイに取り付ける。レシーバの位置・方位角を計測し、その値をディスプレイの位置・方位角として用いる。計測したディスプレイの位置・方位角情報は、コンピュータに送信される。コンピュータは、受信したディスプレイの位置・方位角情報を用いて表示する写真を選択し、選択した写真をディスプレイに表示する。実際に実装したシステムは図 4 である。

4.2 ディスプレイの表示

ディスプレイの表示は、図 5 のようである。図 5 の 1 の部分は、ディスプレイの位置・方位角に応じて選択した写真表示部である。図 5 の 2 の部分は、サムネール表示部である。2 の部分には、ディスプレイの位置と図面座標系における写真撮影位置との間の距離で昇順にソートした写真を表示する。図 5 の 3 の部分は、図面とディスプレイの位置・方位情報、図面座標系における写真撮影位置・方位情報の表示部である。三角形の印は、



①：写真表示部 ②：サムネール表示部
③：図面表示部

図 5：ディスプレイの表示

それぞれ、

- ・緑：ディスプレイの位置・方位
- ・赤枠：選択された写真の撮影位置・方位
- ・黄：サムネールの写真の撮影位置・方位
- ・青：その他のすべての写真の撮影位置・方位を表す。

4.3 実験

4.3.1 実験目的

本提案手法が、写真と図面を組み合わせる場合に生じる問題の解決に関して有用であるかを評価する。

4.3.2 実験内容と手順

被験者に本システムを用いて実験タスクを行わせた後、アンケートに回答させる。被験者は 21 歳～25 歳までの大学生・大学院生 9 名である。実験で用いた図面は幅 115.0cm、高さ 95.0cm、縮尺 1/200 のものであり、写真は北緯 29 度 58 分 12.9 ～18.0 秒、東経 31 度 08 分 24.4～32.5 秒のものを 93 枚用いた。写真の選択に用いるパラメータの値は表 1 のように設定する。実験の内容と手順は以下の通りである。

表 1：各パラメータの値

パラメータ (3.4.2 参照)	値
閾値 k	10cm
閾値 K	2cm
閾値 R	30 度
最大枚数 M	6 枚

項目 1：写真へのアクセス

まず、システムの操作方法の容易さに関する評価を行う。被験者に本システムの説明をした後、質問 1.1 「システムの操作方法是わかりやすいですか」を回答させる。次に、写真にアクセスする操作の容易さと、目的の写真にアクセスするのに要する時間の評価を行う。被験者にディスプレイに表示された図面中の写真撮影位置を表す印の中から一つを選択させ、その写真を提示させる。これを 5 回繰り返させる。その後、質問 1.2 「実際にシステムを使用してみて操作は容易でしたか」、質問 1.3 「目的の位置・方位で撮影された写真をディスプレイに表示することができましたか」、質問 1.4 「質問 1.3 で「できた」と答えた人は、時

間をかけずにできましたか」に回答させる。

・項目2：写真の提示手法

写真の撮影位置・方位の提示手法に関する評価を行う。本システムを用いて写真を順次5枚被験者に提示する。提示する写真は無作為に選択する。その後、被験者に質問2.1「提示された写真の撮影位置・方位はわかりましたか」、質問2.2「写真の撮影位置・方位の提示方法はわかりやすかったですか」を回答させる。これにより、本手法が撮影位置・方位情報の提示に適しているか評価する。

・項目3：写真と図面の対応付け

本写真提示手法が、他の提示手法に比べ、写真と図面の対応関係が直観的に理解できるかを評価する。A) ディスプレイを表示された写真の撮影位置・方位に対応した図面上の位置・方位に置いた場合、B) ディスプレイを表示された写真に関係なく常に図面の長辺から約50cm離れた位置に位置・方位を固定して置いた場合、を被験者に提示し比較させる。ただし(B)の場合、図面の外に置くディスプレイの方位は図面の中心方向とする。これをランダムに写真を選択し5回繰り返した後、被験者に質問3.1「写真が提示されたとき、AとBを比べ、」を回答させる。

写真を(a)その写真が撮影されたと考えられる仰角になるようにディスプレイの角度を調節して提示する場合、(b)ディスプレイを地面に対し常に垂直にして提示する場合、(c)ディスプレイを地面に対し常に水平にして提示する場合を被験者に提示し比較させる。これをランダムに写真を選択し5回繰り返した後、被験者に質問3.2.1、質問3.2.2を回答させる。

・項目4：複数人での利用

被験者5名に図面を囲んで立たせ、写真をブラウジングさせる。まず被験者の一人に図面上から場所を選ばせる。次に被験者は全員で自由にその場所近辺の位置に対応する位置で撮影された写真をブラウジングする。場所を指定する被験者を順に交代させ、これを被験者の人数回繰り返させる。この後、被験者に自由に思ったことを書かせる。

4.3.3 結果

各実験項目の結果を示す。

・項目1の結果

質問1.1～質問1.4の結果を図6～図9に示す。

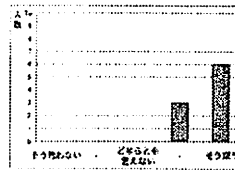


図6：質問1.1の結果

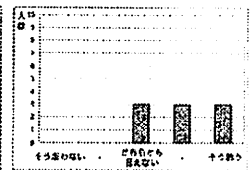


図7：質問1.2の結果

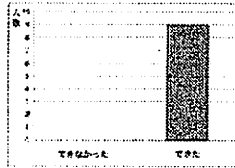


図8：質問1.3の結果

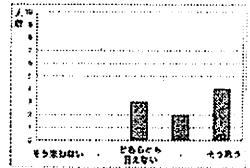


図9：質問1.4の結果

また、被験者のコメントには、

- ・操作方法はわかりやすいが、実際使ってみると戸惑うところがあった
- ・ディスプレイを回転させてもディスプレイに表示されている図面は回転しないので、実物の図面との対応が取りにくかった
- ・実物の図面に写真の印が提示されていれば、より直観的な操作ができ、写真へのアクセスもしやすくなると思う
- ・ほぼ同じ位置・方位に複数の写真がある場合は微調整が難しく、選択できない写真もあったというものがあつた。

・項目2の結果

質問2.1～質問2.2の結果を図10～図11に示す。

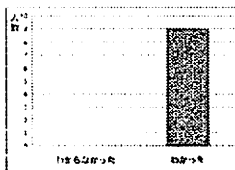


図10：質問2.1の結果

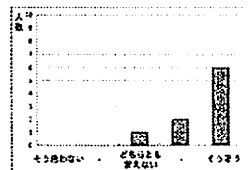


図11：質問2.3の結果

また、被験者のコメントには、

- ・一目で写真の撮影位置・方位が伝わつたというものがあつた。

・項目3の結果

質問3.1～質問3.2.2の結果を図12～図14に示す。

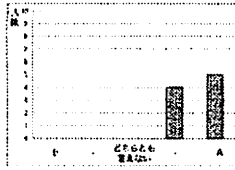


図 12：質問 3.1 の結果

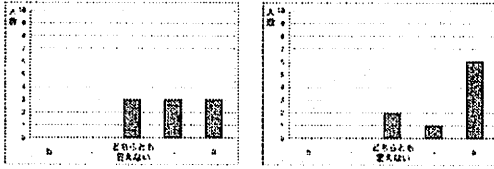


図 13：質問 3.2.1 の結果 図 14：質問 3.2.2 の結果

・項目 4 の結果

項目 4 の結果を示す。結果は、

- ・ディスプレイを逆から見たとき見にくい
 - ・図面上で写真を見たい場所を指定したが、そこには対応する写真がなかった
 - ・図面上に写真撮影位置の印が提示されていれば、写真提示の指示が容易になる
 - ・ディスプレイが見えないとき、ディスプレイを指差されても内容がわからない
- といものであった。

5. 考察

実験の結果について考察を行う。

・項目 1 の考察

質問 1.1 の結果から、図面上でディスプレイを提示したい写真に合わせて置く、というシステムの操作方法自体はわかりやすいことがわかる。しかし、質問 1.1 の結果に比べ質問 1.2 の結果が、高い評価の人数が減っていること、またコメントからもわかるように実際にシステムを使った場合、操作に困難さがあることも明らかになった。この理由としては、実図面上に写真撮影位置・方位を現す印が表示されていないことが大きな原因のようである。図面上に写真撮影位置・方位が表示してあれば、ディスプレイに表示していた図面は必要なくなり、それにともないディスプレイに表示された図面と実図面との対応を取る必要もなくなるため、問題は解消される。また、実図面上に写真撮影位置・方位が表示してある場合は、写真へ

アクセスする際見る場所とディスプレイを置く目標位置が同じ場所であり、目標位置を直視してディスプレイを置くことができるので写真へのアクセスが容易になると考えられる。質問 1.3 の結果から、位置・方位角を入力として用いることで、目的の位置・方位で撮影された写真にアクセスすることは可能であることがわかる。写真へのアクセス速度に関しては、質問 1.4 から比較的時間がかからないことがわかる。これは、上述したように実図面上に写真撮影位置を提示することでさらに早くなると考えられる。

・項目 2 の考察

質問 2.1、2.2 の結果より、本システムを用いて写真が提示された場合、その写真の撮影位置・方位の提示方法はわかりやすいことがわかる。

この結果から、本システムを用いて写真を提示する場合は、写真を撮影した位置・方位の説明を少なくともその情報は伝わるということがわかる。

・項目 3 の考察

質問 3.1 の結果より、ディスプレイが図面上に写真の撮影位置・方位に合わせて置かれている場合の方が、撮影位置・方位とは無関係に置かれている場合に比べ、被験者は実空間との幾何整合性の高い写真提示だと感じる事がわかる。よって、本手法は実空間との幾何整合性の高い写真提示であり、直観的であると言える。また質問 3.2.1、質問 3.2.2 の結果より、ディスプレイの仰角は写真が撮影された仰角と一致している方が、被験者は実空間との幾何整合性の高い写真提示だと感じる事がわかる。

・項目 4 の考察

ディスプレイが見えない場合、図面上で写真が表示される位置がわからないという問題は、実図面上に写真の撮影位置を提示することで解決できる。しかし、写真の内容やディスプレイを指差すことによる指示内容がわからないという問題は、本手法では解決が困難であると考えられる。全員から見える位置に別のディスプレイを置くという手法も考えられるが、この方法では新たに置いたディスプレイを見ることで写真の内容はわかるが、一つ目のディスプレイを用いた指差などの指示内容は伝わらない。常に図面に対し水平に写真を

表示する手法も考えられるが、この場合は写真が見られないことはないが、実験項目3の結果からわかるように実空間との幾何整合性は低く直観的でない。したがって、どの手法も一長一短であり目的に合わせて手法を選択する必要があると言える。本手法は、少人数でのミーティングを想定しているため大人数での使用には適さない。

5. 終わりに

本研究では、調査ミーティングにおける調査員同士の効率的な情報共有を目的とし、考古調査において重要な要素であり頻繁に利用される写真の撮影位置・方位情報を用いることで、1) 写真を図面と結びつけて管理する、2) 図面上で位置・方位を入力し、目的の位置・方位の写真に素早くアクセスする、3) 写真を図面との対応関係が直観的にわかるように提示する、というシステムの提案と実装を行った。被験者実験により、提案システムは、写真への直観的で素早いアクセス、図面との対応関係が直観的にわかる写真提示を可能にすることを示した。したがって、提案した写真ブラウジングシステムは、ミーティングにおける効率的な情報共有に有効であると言える。

引用参考文献

- [1]岩崎季世子. 撮影位置・姿勢情報に基づく写真への索引付加システムの構築. Master's thesis, 奈良先端科学技術大学院大学, 2005.
- [2]B. B. Bederson. PhotoMesa: a zoomable image browser using quantum treemaps and bubblemaps. *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 71-80 (2001)
- [3]B. Ullmer and H. Ishii. The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces. *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 223-232 (1997)
- [4]G. Reitmayr, E. Eade, and T. Drummond. Localisation and Interaction for Augmented Maps. *IEEE ISMAR 2005* (2005)

- [5]K. Toyama, R. Logan, and A. Roseway. Geographic location tags on digital images. *Proceedings of ACM Multimedia*, Vol. 3, pp. 156-166 (2003)
- [6]M. Naaman, A. Paepcke, and H. Garcia-Molina. From where to what: Metadata sharing for digital photographs with geographic coordinates. *10th International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS)* (2003)
- [7]N. Snavely, S. M. Seitz, and R. Szeliski. Photo tourism: exploring photo collections in 3D. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol. 25, No. 3, pp. 835-846 (2006)
- [8]N. Snavely, S. M. Seitz, and R. Szeliski. Efficient image retrieval by examples. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol. 25, No. 3, pp. 835-846 (2006)