写真画像を用いた簡易三次元インテリアイメージ 作成システム

正 員	松 崎	吉 衛	(日 立)
非会員	今 井	薫	(日 立)
正 員	大 成	尚	(日 立)
非会員	杉 本	佳 弘	(日 立 CS)
非会員	上 村	護	(日 立 CS)

User Friendly 3-D Interior Image Generation System Using Photograph Image

Kichie Matsuzaki, Member, Kaoru Imai, Non-member, Hisashi Ohnari, Member (Hitachi, Ltd.), Yoshihiro Sugimoto, Non-member, Mamoru Kamimura, Non-member (Hitachi Communication System Inc.)

A graphic model generation system for house interiors has been developed. The system generates an interior image which fits a user's idea. The system includes an interior picture database which can be accessed interactively using key words to select a desired picture. The system generates a graphic model by mapping part images included in the selected picture on a specified room structure. The dimensions and view points of the picture in the database and the specified room are different. Therefore, the graphic model is three-dimensional. To construct a three-dimensional parts image database, a picture image is recognized by a monocular vision algorithm, and normalized images, sizes, and locations in a room space of the picture are calculated. Using these data, part images can be mapped on a specified room structure. The system was utilized in a home electronics presentation system to generate a photorealistic environment model. This environment model helps in appearance design evaluation and setting of product specifications to fill customer requirements.

キーワード：ヒューマンインタフェース，環境モデル，三次元認識

1. ま え が き

計算機のグラフィック性能の向上に伴い，計算機と人，および計算機を介した人と人との対話システムにおいて，グラフィカルなインタフェースの利用が増大している^{(1)~(3)}。グラフィカルなインタフェースは，視覚的感性に訴える情報の提供や，人のパターン認識能力を利用するうえで極めて有効であるが，グラフィックモデルの作成に多大の工数を要するという問題があり，この工数削減が課題となっている。

ここでは，インテリアを対象に，概念的イメージに適合するグラフィックモデルを簡易に作成するシステムについて述べる。本システムは，グラフィックモデ

ル作成の対象とする部屋の構造が入力され，インテリア写真のデータベースの中から，ユーザのもつ概念的イメージに近い写真が指定されると，写真に存在する個々の物体の画像を部屋の構造に合せてマッピングしたグラフィックモデルを作成するものである。これにより，写真の印象に近いインテリアイメージを作成表示できる。

このためには，写真から切出した物体の画像に，マッピングに必要な情報を付加すると共に，その情報を用いて任意構造の部屋にマッピングする方式を開発する必要がある。この情報には物体の形状，位置が含まれ，これらの情報を1枚の写真から得るには，写真画像を三次元認識する必要がある。

本論文では、初めに本システムの用途と要件を示し、次にマッピングに用いる画像データベースの構造とマッピングの方法について述べる。更に、コンピュータビジョンにおける単眼視手法により、写真に存在する物体の形状、位置を求める方法について述べる。最後に、本システムを家庭電気機器プレゼンテーションシステムへ適用した結果について評価を行う。

2. インテリアイメージの作成方式

〈2・1〉 対話プロセスとシステム構成 本システムのねらいは、部屋の構造を入力するだけで、その部屋に対する各種のインテリアイメージを簡単に作成できるようにすることである。用途としては、新築/改修する室内の完成予想イメージ作成、家具や機器のデザインを評価する際の使用環境イメージの作成などがある。このようなシステムへの要求は次のようになる。

(1) ユーザのインテリアに対する概念的イメージに適合するグラフィックモデルを、構造を入力した部屋について容易に作成できる。

(2) 個々のインテリア構成物を指定しなくても、コーディネートされたインテリアのグラフィックモデルが自動作成できる。

このような用途におけるユーザと本システムとの対話プロセスを図1に示す。ユーザは、作成しようとするインテリアの概念的イメージを表現するキーワードをメニューの中から指定する。イメージ検索部は指定されたキーワードに適合するインテリア写真を、構造化イメージデータベースの中から複数枚検索しユーザに示す。ユーザは提示された写真の中から最も自分の概念的イメージに近いものを選択する。イメージモデル作成部は、構造化イメージデータベースに保持されている写真に存在する個々の物体の画像を、あらかじめ入力されている部屋構造データに合せてマッピング

し、選択された写真の印象に近いインテリアイメージを作成表示する。

構造化イメージデータベースは、次節に示す構成をとり、データ入力者がイメージパーツ作成部を用いてデータ登録する。データ登録の処理内容は第3章に示す。

部屋構造データは、インテリアイメージを作成するユーザが部屋構造データ入力部を用いて入力する。部屋構造データは部屋を平面の集合で表しており、各平面を部屋要素と呼ぶ。部屋要素はタイプと位置形状が指定される。部屋要素のタイプは、構造化イメージデータベースのパーツタイプに対応するものである。また、部屋要素の位置形状は三次元座標における多角形の頂点位置で表している。壁、天井、床など、部屋の外殻となる部分は部屋構造データの中に指定する必要があるが、家具などの置き物は指定しなくてもよい。

〈2・2〉 構造化イメージデータベース 本システムは自然画像に近い高品質なインテリアイメージの作成をねらっているので、写真から切出した画像を、部屋構造データに合せてマッピングする方法を用いている。ここで、壁、天井、床など、部屋の外殻となる部分は平面で構成され、形状も部屋構造データで指定されているので、写真から切出したパターンを適切な規則でマッピングできる。しかし、家具、植物など、部屋の内部に置かれる物は複雑な形状をしており、1枚の写真から形状を復元するのは困難である。そこで、これらの置き物は写真画像が描かれた平板として扱う。この平板を図2に示すように、部屋構造データで指定された室内に配置することにより、ある程度の視点変更が可能な擬似三次元グラフィックモデルが作成できる。

このような写真画像のマッピングを行うため、本システムはインテリア写真を図3に示すように構造化イメージデータベースと呼ぶ形式で保持する。データベ

図1 ユーザと本システムの対話プロセス
Fig.1. Interaction process of a user and the system.

図2 三次元プレートモデル
Fig.2. Three-dimensional plate model.

ースの各項目を以下に示す。

(1) 全体画像 インテリア写真をそのまま画像データにしたもので、作成するインテリアイメージをユーザに指定させるための例示画像として使用する。

(2) 検索キーワード適合度 本システムでは、概念的イメージを表現するキーワードで写真を検索するため、各写真にメニューに用意されているキーワードに対する適合度が付けられている。この適合度の値は、そのキーワードを尺度としたときの、印象の強さの写真間順位である。適合度の設定は、インテリア写真を本システムに登録する際、登録者の写真に対する印象から行う。

(3) イメージパーツ マッピングの要素となるインテリア構成物のデータをイメージパーツと呼ぶ。イメージパーツは画像データと属性データをもつ。画像データはすべて方形で保持する。従って、写真から切出した画像は、次章で述べるように、まず正面から見た形状に変換し方形領域の中で物体画像以外の部分に背景であることを示すコードを入れておく。また、陰面のため欠落している部分は、画像編集ツールを用いて可能な範囲で復元しておく。

イメージパーツの属性データは画像データをマッピングする際に使われる情報であり、以下の要素がある。

(i) パーツタイプ インテリアイメージを作成する部屋構造データと、イメージパーツとのマッチングをとるためのタイプを示す。

(ii) 実物寸法 写真から推定した物体の寸法であり、写真とは構造の異なる部屋にイメージパーツをマッピングする際のスケールに用いる。

(iii) 実物位置 部屋の外殻となる部分のマッピ

図3 構造化イメージデータベース
Fig. 3. Structural image database.

ング位置は部屋構造データから決定できるが、部屋構造データにない置き物の配置場所は部屋構造データから決定できない。そこで、写真における置き物の位置を保持しておき、配置決定に用いる。

(iv) マッピングタイプ マッピングタイプを大別すると、部屋の外殻となる部分のように部屋構造データで位置が指定されるものと、置き物のように写真における位置と部屋構造データを参照して位置が決定されるものがある。また、位置が指定されているものについても、画像データをそのまま拡大縮小してマッピングするもの、パターンに周期性があり縦あるいは横方向に繰返してマッピングするものなどがある。これらのマッピングタイプの指定である。

このような構造化イメージデータベースを用いることにより、部屋構造データが入力されれば、インテリアイメージを作成することができる。

2.3 イメージパーツのマッピング方式

(1) イメージパーツの検索 1枚のインテリア写真の中に、部屋構造データで指定された部屋要素のタイプに対応するイメージパーツがすべて含まれているとは限らない。例えば、部屋構造データには窓があるが、選択された写真には窓がないことがある。そこで本システムは、図4に示すようにグラフィックモデル作成の際、まず選択された写真に含まれるイメージパーツを用いるが、選択された写真に部屋構造データ

図4 イメージパーツのマッピング手順
Fig. 4. Flow of image-parts mapping.

で指定されている部屋要素のタイプに対応するイメージパーツがない場合は、他の写真に含まれるイメージパーツを用いる。

このため、まずユーザの概念的イメージを表現する言葉として指定された検索キーワードに対する、検索キーワード適合度を参照し、指定された写真と適合度の近いものから順に、必要なタイプのイメージパーツの有無を調べる。従って、使用されるイメージパーツは、そのときの検索キーワードによって異なる。このようにして、選択された写真が室内の部分的なシーンであっても、グラフィックモデル全体を作成することができる。

(2) 外殻パーツのマッピング 壁、天井、床など、部屋の外殻となる部分は、部屋構造データにおいて位置形状が指定されているので、これらに対するイメージパーツのマッピングは、パーツ画像を指定された寸法形状に拡大、縮小することで行える。ここで、パーツ属性のマッピングタイプとして繰返し指定されているものは、部屋構造データで指定された位置形状と、パーツ属性で指定されたパーツ画像の実物寸法を用いて、周期的パターンを生成しマッピングする。

(3) 置き物パーツのマッピング 部屋構造データでは、家具などの置き物について指定していないことが多い。このように、構造化イメージデータベースでは選択された写真のイメージパーツとなっているが、部屋構造データには指定されていないものについては、部屋の中への配置を自動的に行う。この配置は、マッピングタイプで指定された配置方法に対応するプログラムが、部屋構造データと、パーツ属性の実物寸法、実物位置のデータを参照して決定する。

表1にこの配置方法の種類を示す。例えば、植物のイメージパーツについて、スケーリングタイプと位置決めタイプを部屋寸法に比例とし、両方向タイプを視線に垂直とすると、部屋構造データで指定された部屋に対し、もとの写真における植物と同じようなバランスで植物が配置される。

表 1 置き物パーツ用マッピングタイプ
Table 1. Mapping types for layout undefined image-parts.

項 目	種 類
スケーリング	<ul style="list-style-type: none"> ・部屋寸法に比例 ・物体寸法保存
位置	<ul style="list-style-type: none"> ・部屋寸法に比例 ・指定壁面からの距離保存
面方向	<ul style="list-style-type: none"> ・写真の面方向保存 ・視線に垂直となるよう可変

3. イメージパーツの作成

構造化イメージデータベースは、インテリアイメージを作成しようとするユーザの多様な要求に応えるため、豊富な種類のインテリア写真を蓄積する必要がある。このような多数の写真を本システム構築のために新たに撮影することは難しく、撮影条件の不明な既存写真からイメージパーツを作成することになる。イメージパーツ作成の中心となる処理は、対象とする物体を方形平板で表したときの各頂点の室内三次元空間における位置を求めることであり、ここでは単眼視による三次元認識の手法を使用して行う。このイメージパーツの作成方法を以下に示す。

〈3・1〉 カメラパラメータと基準面位置の決定

カメラの位置や焦点距離などのカメラパラメータが既知ならば、対象の形状に関する拘束条件を用いて三次元形状の復元ができるが⁽⁴⁾、本システムで使用する写真は撮影条件が不明なので、カメラパラメータの推定を三次元形状の復元と同時に進行する必要がある。カメラパラメータの推定方式は各種提案されているが、インテリア写真を対象とする本システムではテストパターンを用いる方式⁽⁵⁾⁽⁶⁾は適用できない。また、直交する3組の平行線のバニシングポイントを用いる方式⁽⁷⁾は適用可能な写真が少ない。そこで、ここでは窓や壁など、通常の写真で多く見られる長方形形状の条件を使用する。なお、ここではカメラ光学系のゆがみや、垂直あるいは平行とみなす物体自体のゆがみなど、多くの誤差要因を考慮していないが、イメージパーツに要求される計測精度はあまり高くないので、実用上許容されると考えている。

図5は写真内の一つの面のカメラ座標系における位置を決めるモデルを示すものである。ここでは面の位置の導出に長方形形状の条件を用いるので、長方形であることが明白な物体を写真の中から選択する。この

図 5 基準面復元用カメラモデル

Fig. 5. Camera geometry for recovery of a base plane.

ような、最初にカメラ座標系における位置を求める面を基準面と呼ぶ。図5に示すモデルにおいて、基準面をカメラ座標系のベクトル P_1, P_2, P_3, P_4 を頂点とする長方形で表すと、基準面は、向かい合う2組の辺が平行で長さが等しく角は直角なので、(1)式の関係が成立する。ここで、 K はスケールファクタであり、距離が比較的正しく推測できるものから指定する。

$$\left. \begin{aligned} P_2 - P_1 &= P_3 - P_4 \\ (P_2 - P_1) \cdot (P_4 - P_1) &= 0 \\ |P_2 - P_1| &= K \\ (" \cdot " : \text{ベクトル内積演算子}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

また、図5のモデルにおいて基準面の4頂点は、画像座標系では V_1, V_2, V_3, V_4 に投影されている。各頂点の画像座標における位置とカメラ座標系における位置の関係は以下になる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{x_1}{i_1 - I_c} = \frac{y_1}{j_1 - J_c} = \frac{-z_1}{f} \\ \frac{x_2}{i_2 - I_c} = \frac{y_2}{j_2 - J_c} = \frac{-z_2}{f} \\ \frac{x_3}{i_3 - I_c} = \frac{y_3}{j_3 - J_c} = \frac{-z_3}{f} \\ \frac{x_4}{i_4 - I_c} = \frac{y_4}{j_4 - J_c} = \frac{-z_4}{f} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

この(1)，(2)式は計13個の連立方程式となる。ここで、4頂点の位置 $x_1, y_1, z_1 \sim x_4, y_4, z_4$ は12個であるが、画像中心の位置 I_c, J_c と画像座標の原点からカメラ視点までの距離 f も不明なので、未知数の合計は15個となる。

この解を求めるため、基準面以外の拘束条件として、基準面に垂直あるいは平行な直線を使用する。インテリア写真には、壁、天井、床や、直方体の机、戸棚の縁など、垂直あるいは平行関係が推測できる物体が多い。これらの物体から抽出して拘束条件として使用する直線は、本数と関係が写真によって異なるので、(1)，(2)式とは別に用いる。すなわち、まず I_c, J_c を仮定し、未知数を13個として連立方程式を解き、得られたカメラパラメータを用いて拘束条件とする直線と基準面の角度を求め、推測値との誤差を計算する。この誤差2乗和を I_c, J_c を変化させながら評価し、誤差2乗和が最少になる I_c, J_c を求め、このときの連立方程式の解からカメラパラメータと基準面の位置を求める。

〈3・2〉 イメージパーツ原画の切出し 基準面の位置を求めた後、イメージパーツ原画となる長方形領域の切出しを次のように行う。

まず、イメージパーツ作成者が、位置が既知である

平面内の点、あるいは平面の方向成分の値を合計3個指定することにより、イメージパーツを含む平面の方程式を求める。インテリアを構成する物体間の角度は90度など規則的なことが多いので、イメージパーツ作成者は、基準面に対するイメージパーツの面方向を写真から推測することができる。また、基準面は位置が求められているので、基準面に接続している点の位置も求められる。

イメージパーツを含む平面の方程式が得られたら、本システムはその平面に透視した方形ウィンドウを発生させる。ここで、方形ウィンドウの方向は、方形の1辺を指定された面に平行になるように定める。イメージパーツ作成者が、この方形ウィンドウの位置およびサイズを対象物に合せて調節し設定することにより、この4頂点で囲まれた領域をイメージパーツ原画として切出すことができる。

この操作を繰返すことにより、必要なイメージパーツ原画を切出すことができる。なお、この過程でイメージパーツを含む平面は位置が求まるので、基準面と同様に次のイメージパーツを求めるために使用することができる。

〈3・3〉 パーツ画像データ作成 イメージパーツ原画に対し以下の処理を行い、画像データを作成する。処理例を図6に示す。

(i) 正面画像作成 写真画像から切出したイメージパーツ原画を、イメージパーツ平面に投影した方形画像に変換する。

(ii) 背景除去 物体輪郭が方形でない場合、イメージパーツ原画に対し、物体以外の背景部分の画像

図6 パーツ画像データの作成
Fig. 6. Generation process of image-parts data.

を背景コードに置き換える。従って、画像データとしては方形でもつが、背景コードの領域は表示しないようにできる。物体と背景の分離はカラーセグメンテーション、およびエッジ検出で行う。

(iii) 画像補正 一般のインテリア写真では多くの物体が重なって存在するので、イメージパーツ原画では物体画像の一部が陰面となっていることが多い。この陰面を、物体画像の他の部分を用いて復元する必要がある。この復元は画像編集ツールのカットアンドペースト機能を用いて手作業で行う。従って、陰面が大きく復元工数が多大になる物体は、重なっている物体をまとめて一つのイメージパーツとしたり、イメージパーツにしないことになる。

(iv) 形状変更 復元しようとする物体画像がイメージパーツ原画の方形より大きい場合は、イメージパーツの画像サイズを変更する必要がある。例えば写真に一部分しか写っていない物体のイメージパーツ画像を作成するためには、まず、画像サイズを物体全部が入る程度に拡大した後、上記画像補正処理を行う。

〈3・4〉 パーツ属性指定 図3に示したイメージパーツの属性要素のうち実物寸法と実物位置は上記処理の過程で求められている。従って、ここで指定する必要があるのは、パーツタイプとマッピングタイプである。これらは、本システムが用意しているタイプの中から該当するものを選択して指定する。

4. 家庭電気機器プレゼンテーションシステムへの適用と評価

〈4・1〉 システムの開発仕様 本システムを、使用環境に適合した家庭電気機器の仕様検討をビジュアルに行うためのシステムに適用した。このシステムは、想定するインテリアのモデルを計算機上に構築し、このモデルを用いて、インテリアと調和した機器の外観デザインや配置を検討すると共に、使用環境となる空間での性能特性を評価するものである。

このシステムは特定の建築物件に対して使用されるので、指定した構造の部屋に対しインテリアイメージを作成する必要がある。しかし、インテリアデザイン自体が目的ではなく、電気機器の仕様検討に用いる背景としてインテリアイメージを作成するので、インテリアイメージの細部にわたる正確さは要求されない。

このシステムにおける写真の検索画面を図7に示す。概念的イメージを表すキーワードをメニューから同時に二つまで指定すると、そのキーワードに対する適合度を軸とするメッシュに、適合度の高い写真が9

枚表示される。この画面で、検索用のキーワードを変えたり、写真をスクロールさせることにより、概念的イメージに近い写真を検索する。このような操作により写真が指定されると、この写真から作成されたインテリアイメージの中にエアコンなどの電気機器を配置した外観、その機器の性能特性、仕様などを図8のように表示する。ここで、機器のデザインや配置の変更を指定すると、それに伴ってインテリアイメージが変更される。

今回開発した構造化イメージデータベースの仕様を表2に示す。また、同一の部屋に対して幾つかの写真から生成したインテリアイメージと、構造や視点の異なる部屋に対して同一の写真から生成したインテリアイメージの例を図9に示す。

〈4・2〉 考 察 本システムは、写真画像を利用した擬似三次元的なグラフィックモデル作成システムなので、図9のように対象とする部屋の構造が写真とある程度異なっても、写真の印象を保存したインテリアイメージを作成することができる。しかし、対象とする部屋の構造や視点が、写真画像と大きく異なるにつれて不自然さが目立ってくる。不自然さの生じる原因とその対策をまとめると以下ようになる。

(1) 光源の違い 窓の位置や寸法が大きく異なると、壁面や置き物にあたる外光の状態が不自然になる。また、壁面などの外殻パーツのマッピングタイプとして、繰返しを用いると、シェーディングの状態も繰返しとなるので不自然になる。この対策としては、イメージパーツの切出しの際、明るさの状態ができるだけ一様な領域を選ぶこと、および切出したイメージパーツ原画を画像処理してハイライトの除去⁽⁹⁾や、明るさの均一化を図ることがある。

(2) 置き物パーツの平板表現 置き物パーツは

表2 構造化イメージデータベースの仕様
Table 2. Specifications of structural image database.

	仕 様
インテリア写真の種類	リビングルーム：25 和室：15、寝室：15 子供部屋：10
検索キーワードの種類	ナチュラル、落ち着いた、格調ある、シック、明るい、暖かい、はなやかなど：21
パーツタイプの種類	天井、壁、床：8、窓：3 扉：3、家具：10
マッピングタイプの種類	繰返しパターン：4 スケーリング：2、配置：4

図 7 インテリア写真の検索画面
Fig.7. Example of interior photograph retrieval picture.

図 8 家庭電気機器の検討画面
Fig.8. Example of home electric apparatus evaluation picture.

本来ボリュームのあるものを平板化しているので、インテリアイメージの視点方向が写真の視点と異なるにつれて、本来見えるべき面が見えず不自然になる。この対策としては、置き物パーツの配置方向を部屋に対して固定せず、視点方向に合わせて補正する方法がある。また、机やベッドなどの複数の平面をもつ物体は、一つの平板で近似すると視点の違いにより極めて不自然になる。このような物体に対しては、一つの平板でなく方向の異なる平面ごとに複数のイメージパーツに分割

部屋 A は図 8<部屋選択メニュー>において左下の部屋、
部屋 B は同メニュー右から二つ目の細長い部屋

図 9 インテリアイメージ生成例
Fig.9. Example of generated interior image.

し、このイメージパーツを一括してマッピングすることにより不自然さを減らすことができる。

5. む す び

インテリアに対して概念的イメージをもつユーザが、対象とする部屋の構造を入力するだけで、インテリアイメージを簡易に作成できるシステムを開発した。

本システムは、作成するインテリアの仕様を、概念的イメージを表現するキーワードの指定、そのキーワードに適合する写真の提示、提示された写真の中からの選択、というユーザとシステムの対話により決定する。インテリア写真のデータベースには、写真に存在する個々の物体が、平板近似した画像と属性から構成

されるイメージパーツとして保持されており、その画像をマッピングすることにより、特定の部屋に対して写真の印象に近いインテリアイメージを作成できる。

本システムを使用すれば、ユーザの工数は部屋を構成する平面のタイプと位置形状データを入力するだけとなり、かつインテリアデザインの専門家でなくても、ある程度バランスのとれたインテリアイメージを作成することができる。

本システムを、家庭電気機器プレゼンテーションシステムにおいて、機器の使用環境であるインテリアイメージを作成するモジュールとして使用した。作成したインテリアイメージは、機器のデザインや配置を決定するための背景として十分な画質であったが、使用する写真と対象とする部屋の構造の違いや、作成するインテリアイメージとの視点の違いが大きくなるにつれ不自然さが出てくる。

これに対しては、イメージパーツ作成の際に、外光の影響除去や物体の平板近似を細分化することや、イメージパーツの配置方法を工夫することで対策が可能である。現在、この処理はインテリア写真データベース登録者やインテリアイメージの作成結果を見ながら感覚的に行っており、これを短時間で定形的に行えるツールの開発が課題である。

本研究の実用化に関し有益な御討論をいただいた(株)日立製作所清水工場千秋隆雄氏、関修氏、森克彦氏、同社栃木工場鈴木秋男氏、長谷川淳一氏、および本研究の機会を与えていただいた同社生産技術研究所松本義雄博士に深く感謝の意を表する。

(平成3年5月2日受付、同3年8月6日再受付)

文 献

- (1) 加藤・栗田・板倉：フルカラー絵画データベースART MUSEUMJ, 信学技法, IE88-118, 31 (平成)
- (2) 加藤・下垣・藤村：「画像対話型商標・意匠データベース TRADEMARK」, 信学論, 535 J72-D-II, 535 (平成-4)
- (3) 笠原・岸本：「画像データベースと視考支援環境」, 情報処理学会研究会報告 人文科学とコンピュータ, 3, 1 (平成)
- (4) 白井：パターン理解, p. 39 (昭62) オーム社
- (5) R. Tsai: "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses", *IEEE J. R & A*, RA-3, 323 (1987)
- (6) K. Gremban, C. Thorpe & T. Kanade: "Geometric Camera Calibration System of Linear Equations", Proc. of Image Understanding Workshop, p. 820 (1988)
- (7) B. Caprile & V. Torre: "Using Vanishing Points for Camera Calibration", *Int. J. Computer Vision*, 4, 127 (1990)
- (8) G. Klinker, S. Shafer & T. Kanade: "The Measurement of Highlights in Color Images", *ibid.*, 2, 7 (1988)

松崎吉衛 (正員)

昭和25年11月20日生。52年3月慶応義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月(株)日立製作所入社。現在、同社生産技術研究所に勤務。この間60年～61年カーネギーメロン大学客員研究員。ロボット視覚の研究に従事。情報処理学会、電子情報通信学会、人工知能学会、IEEE会員。

今井 薫 (非会員)

昭和39年9月27日生。63年3月津田塾大学学芸部数学科卒業。同年4月(株)日立製作所入社。現在、同社生産技術研究所に勤務。ロボット視覚の研究に従事。

大成 尚 (正員)

昭和22年5月1日生。48年3月早稲田大学大学院理工学研究科(工業経営)修士課程修了。同年4月(株)日立製作所入社。56年～57年CAM-I, INCに派遣。現在、生産技術研究所主任研究員。CIM/FAシステムの研究に従事。精密工学会、経営工学会、日本ソフトウェア学会、CASA/SME, SCS会員。

杉本佳弘 (非会員)

昭和32年11月10日生。58年3月三重大学工学部電気工学科卒業。同年4月日立通信システム(株)入社。以降、FA視覚の研究開発に従事。情報処理学会会員。

上村 護 (非会員)

昭和37年5月28日生。60年3月東海大学工学部光学工学科卒業。同年4月日立通信システム(株)入社。受注エキスパートシステムの研究に従事。現在、ディジタル交換器の開発に従事。