

### キーワード

コンピュータビジョン, マシンビジョン, 画像処理, 人, 顔, 支援, 検査, 感性, デザイン

正員 長田 典子

(三菱電機)

正員 坂上 勝彦

(産総研)

正員 輿水 大和

(中京大学)

## 1. はじめに

大学の研究室で画像処理やコンピュータビジョンを学ぶ学生の方はたくさんおられても、マシンビジョンを研究されているという方はそう多くないのではないだろうか。

画像処理やコンピュータビジョン (CV) は、人の目をコンピュータで模倣しようという研究の全般を指すが、特に大学では、視覚機能の解明とか方法の検証といった理論的なアプローチが中心になっている<sup>(1)-(3)</sup>。これに対してマシンビジョン (MV) は、検査や位置決め装置などのように、同じコンピュータの目でも応用面の、主に工場で実際に使われるビジョンシステムのことを指すことが多く、研究の主体は企業などの産業界が担っていた<sup>(4)-(6)</sup>。

しかしCVとMVの差はどんどん縮まっている。その理由は、1つにはコンピュータの計算パワーが急激に増えたことが挙げられる。以前はステレオマッチング (両眼視) のような計算量の多いアルゴリズムは、CVの研究用であって現場のマシンでは到底使えないと思われていた。それが最近のMVシステムでは実時間で動いている。CVのアルゴリズムをそのまま使えるようになったおかげで、MV用として簡易アルゴリズムに書き換えるといった無駄な作業もしなくてよくなったし、なによりも処理結果が格段に良くなった。

2つ目にコンピュータもカメラも画像処理プロセッサも、ハードウェアのコストが全般に下がったことである。以前は専用の画像処理プロセッサでしかできなかったものも、今や画像入力ボードとパソコンの組み合わせでそこそこのことができる。そのため、これまで電子部品など大量生産のラインでしか“ペイしなかった”MVシステムが、食品とか化粧品とか、新しい分野へも広く進出できるようになった。そしてその分、CVで研究するような汎用的な手法の活躍の場が増えてきたと思われる。

それから3つ目にMVが新しい分野に出て行くに連れて、その役割が広がったことである。部品の不良を検査するというような初期のMVが「生産者のため」だったとすると、農作物の見栄えの検査や車の居眠りセンサなどは「ユーザーのため」のMVと言える。さらにマシンが人の顔を認識し

てメッセージを伝えてくれるコンピュータなどでは「コミュニケーション (人とコンピュータのインタフェース) のため」のMVである。このような応用になれば、もはやCVもMVも区別がなくなっている<sup>(7)-(9)</sup>。

マシンビジョンが工場から街や家庭といった身近な生活の場へと広がるに連れて、マシンビジョンを取り巻く技術も、単にビジョンの技術だけでなく、CG、VR、マルチメディア、データベース、ネットワーク、感性、心理学など多様な技術を取り入れるが必要になっている。

このように生活に身近になったマシンビジョン、また研究分野としても身近になったマシンビジョンをめざして、大学のビジョン研究も逆に実用を視野に入れながら大きくシフトしている。ここではビジョン研究やその関連分野を学んでおられる学生の方々を读者と想定して、マシンビジョンのこれまでとこれからの研究の流れについて、最近のトピックスを中心に述べてみたい。

## 2. マシンビジョンの課題

マシンビジョンが難しい点を、コンピュータビジョンと対比させながら確認してみる。

### (1) 失敗できない

当たり前のことであるが工場での実用化には必ず、〇〇の作業をどのくらいの精度で、1秒間に何個処理できて、値段がいくらというような要求仕様があって、仕様を確実に守れなければ採用してもらえない。そのためCVで研究された方法でも、精度が保証されない (ニューラルネットなど学習型の方法によく見られる) とか、処理時間が保証されない方法は、そのままではつかえないことが多々ある。

ただし失敗するからとあきらめた技術が、失敗しても使える分野に進出して新たな応用を掘り起こす場合もある。例えばナンバープレート読み取りは、当初、交通違反の取り締まりを目的に開発されていたが、十分な認識率が得られず開発は一時中断された。しかしその技術が、旅行時間計測システム (Tシステム)<sup>(10)</sup> に応用され、数台の通過車両の移動時間を計って、その平均値から所要時間を表示するというサービスとして、日の目を見た。MVの中には、目的をサービスやサポートに変更して見直されるケースがたくさんある。

### (2) システム全体としての性能が勝負

マシンビジョンシステムを構成要素に分けて考えると、

Machine Vision Becoming More Familiar to Our Life.

By Noriko Nagata, Member (Mitsubishi Electric), Katsuhiko Sakane, Member (AIST), & Hiroyuki Koshimizu, Member (Chukyo University).

センシング系・プロセッサ・アルゴリズム・モデルなどからなる。また搬送方法などの機構系も重要な要素である。

例えば対象物を背景から切り出すという機能を考える場合、人の目に似せた画像処理アルゴリズムを使うよりは、バックライトなど特殊な照明で光環境を安定させる方がはるかに確実で安価である。このように同じ機能を実現するのにも、アルゴリズムで実現する方法、センシング系で実現する方法などいろいろ考えられ、どれを選択するかは、システム全体としてのコストパフォーマンスが最も良くなる観点から決めなければならない。一般的に言うとアルゴリズムやモデルでがんばるよりも、センシング系や機構系で工夫を凝らす方がコストパフォーマンスが良い場合が多く、この工夫こそがMV研究の大きなポイントになる。

### 3. マシンビジョン研究の流れ

ここでマシンビジョンの研究と応用の流れについて簡単に振り返ってみたい。

#### (1) 専用機の時代（黎明期：60年代～70年代前半）

対象ごとに専用の画像処理装置が開発された時期である。最初は簡単な二値画像処理で分類や検査が行われ、その後、濃淡処理も行われるようになった。MVの最初のヒットは半導体ワイヤボンダ用の視覚センサで、ボンディングパッドの位置計測を行ったものである。視覚センサによってワイヤボンディング作業は“完全”自動化に成功して、作業者の大幅削減によるコストダウンが図られた。

#### (2) 汎用機の時代（黄金期：70年代後半～80年代前半）

MVの最初の黄金期がこの時代である。専用機と並んで汎用画像処理装置の開発が盛んに行われた。ウィンドウ方式、SRIアルゴリズム方式、パターンマッチング方式などの採用によって、ユーザが画面上で検査範囲を設定できるとか対象物を教示できるという機能が加わって、応用範囲が広がった<sup>(7)</sup>。

この時期の代表的な応用例はプリント基板やICフォトマスクの欠陥検査である。生産工程ではありとあらゆる画像処理が試みられて、画像処理に適したテーマは次々と自動化された一方で、投資にもかかわらず実用化に失敗した例も数多くあった。画像処理が得意なのは、きっちり数値化できる特徴を人より早く大量に正確にさばくことである。欠陥とか品質などといった数値化しにくいものを処理するのは極めて苦手である。

#### (3) 高度化の時代（低迷期：80年代後半）

MVでできることはやり尽くされ、簡単にはできないことが残った。それでもなおMVを導入して投資効果のある分野へ、超高速・超高精度など高度な技術・装置の導入が進んだ<sup>(9)</sup>。

またこのころ、汎用画像処理を一步進めた、手順を汎用化させる試み（エキスパートシステム）が盛んになった。これは完全に成功したわけではないが、今日の簡易画像処理装置の先駆けとなっている。

#### (4) 人・感性の時代（新分野開拓期：90年代前半）

このころ世の中の流れが大量生産から多品種少量生産へと移るとあいまって、MVに求められる性能も、早い・正しいだけでなく、品質、質感といった定性的な情報を抽出したいという要求が現れてきた。これに対して「感性」という視点で情報をとらえるなど、人を中心とするシステムの考え方が強まった。また人の身体、人の視線、顔など、人そのものを対象とするMV応用が現れてきた。

#### (5) インタフェース・協調の時代（拡大期：90年代後半～）

応用分野の広がりがさらに加速されて、福祉、アミューズメント、スポーツなどの世界へ人を対象とするMVが本格的に導入されてきた。完全自動化をねらうのではなく、支援機能をもつ半自動のシステムが提案されてきた。コンピュータに“目玉”が1つずつついてくる時代になった。第2次黄金時代の到来が期待される。

### 4. 身近になったマシンビジョンの事例

マシンビジョンの応用事例の中から、とくに私たちの生活に身近になったと感じられる技術や応用分野をピックアップして紹介する。

#### (1) 人・顔のマシンビジョン

最も身近なマシンビジョンとしては、人そのものを対象にしたマシンビジョンであろう。典型的な例として以下のようなものがある。

- ・ 人体計測<sup>(11)</sup>
- ・ 顔<sup>(12)</sup>・表情認識<sup>(13)</sup>
- ・ 人物追跡<sup>(14)</sup>
- ・ 動作認識（ジェスチャ<sup>(15)</sup>、動作理解<sup>(16)</sup>）

人体計測の例では、人間生活工学研究センター（HQL）が92年から94年にかけて日本全国を専用のバスで巡回して、7歳から90歳代の34000人の体格を計測して作った人体計測データベースがある<sup>(11)</sup>。スリット光を投影するタイプの3次元測定機によって人体の3次元データを1-6mmピッチで計測し、身長、胸囲、ウエスト、ヒップをはじめ178箇所のサイズデータを集計した。データは1データ100円から誰でも入手できる。これらの膨大なデータはJIS衣料サイズ改正など、様々な製品設計に利用されている。

また顔や表情の認識は、70年代から行われていたが、ここ数年で最盛期を迎えている。ターゲットとしても個人識別、人物追跡応用、コンピュータとのコミュニケーションと多種多様である。この中で似顔絵生成研究は、顔認識の象徴的な研究として注目されている<sup>(17)、(18)</sup>。図1はカメラで顔を認識して、その似顔絵を自動的に生成するシステムの例である。まず全周囲型の3D計測装置で顔の3次元形状を計測して元モデルを作成する。また同時に顔のカラー画像も撮っておく。次に予め平均顔モデルというのをたくさんサンプルから求めておき、顔のパーツごとに平均顔と元モデルとの差を求める。差の大きい部分がその人の特徴であって、似顔絵とはその差を（大げさに）強調した絵だと考えて、さらに差を大きくするような変形処理をする。その上にカラー画像を貼り付けるとできあがりである。



(a) 元モデルを作成 (b) 元モデルに画像を貼付け



(c) 生成された似顔絵 (d) 似顔絵に画像を貼付け

図1 3D似顔絵生成の過程<sup>(18)</sup>

(三洋電機VB推進室の協力で、Pierimoにて作成)

このような研究は、工学と芸術との融合をめざすという意味でもおもしろいテーマである。

(2) 人の支援をするマシンビジョン

マシンビジョンはこれまで「人の目の代替」をめざしてきた。しかし最近の特徴として、そのような全自動型ではなく、「人の目の支援」をするような半自動型のシステムが増えてきている。また人とコンピュータのインタフェースの役割を担うケースも増えている。例えば

- ・ 医療分野でのシミュレーション<sup>(19)</sup>
- ・ 福祉分野での機能サポート<sup>(20)</sup>・介護支援<sup>(21)</sup>
- ・ 自動車の運転支援<sup>(22)</sup>、<sup>(23)</sup>
- ・ スポーツ映像の解析・表示<sup>(24)</sup>

などが挙げられる。

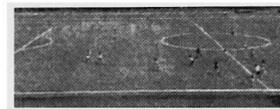
自動車の運転支援としては、ITS(Intelligent Transport Systems)<sup>(25)</sup>という一大国家プロジェクトが95年からスタートしている。この中で、たくさんの画像センサを自動車と道路の両方に設置して、ナビゲーションシステムの高度化、居眠り検出・障害物検出といった安全運転の支援、あるいは交通流計測・事故車両検出などの交通管理の研究が行われている。図2は、ナビゲーション画面が歳を取るに連れてどのように見えるかを、人の視覚特性(周波数感度特性や波長感度特性など)の変化に基づいてシミュレーションした例<sup>(22)</sup>である。(a)と比べて、60代になると全体にぼやけてエッジが鈍り黄色みがかかった画像に見えるので(b)、見やすいように補正をかけている(c)。

また最近テレビでよくみかけるスポーツ映像の画像処理技術にも目を見張るものがある。特にマラソン中継で刻々とピッチを表示しているものなどは、ランナーの動きを抽出するリアルタイムの動画画像処理ができているということであり、高速ハードウェアをはじめとする最近の画像処理技術の進歩を実感する。一方、サッカー、体操、ゴルフなどでもフォームや軌跡解析が行われている。図3はサッカー

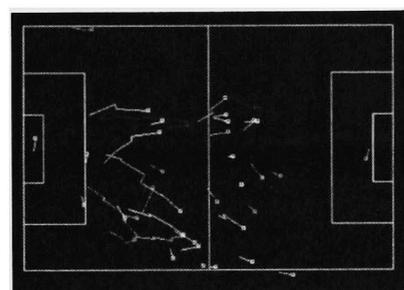


(a) 原画像 (b) 60代の見え方 (c) 60才用補正画面

図2 ナビゲーション画面の加齢による見えの補正<sup>(22)</sup>



(a) 入力画像



(b) 結果画像

図3 サッカーのシーン解析<sup>(23)</sup>

一のゲームシーンを固定カメラで撮影して、その時の選手の動きを追跡し、ゲームシーンを解析する例<sup>(23)</sup>である。これらは視聴者・観戦者の理解を助ける効果があるだけでなく、戦術の解析などにも役立つことが期待されている。

(3) 感覚・感性を計るマシンビジョン

マシンビジョンに求められる役割として、ユーザの価値観、とくに品質・質感・好みなどといった主観的・感覚的なものの検査・計測がある。

- ・ 印刷物・塗装の色むら・色ずれ<sup>(26)</sup>
- ・ 映像の鮮明さ<sup>(27)</sup>
- ・ ジュエリー<sup>(28)</sup>、<sup>(29)</sup>・コスメティック<sup>(30)</sup>
- ・ 画像検索<sup>(31)</sup>
- ・ 食品・農水産物の等級分け<sup>(32)</sup>

これらは古くから「官能検査(官能:人の五感を使うという意味)」の分野で長い間研究が行われていて、多変量解析・心理学的測定法などの手法が、人の感じ方を数値化する方法として確立されてきた。

しかし80年代後半に、感性工学・感性情報処理など、人の感じ方を「感性」というキーワードでとらえてコンピュータ化する研究分野が立ち上がった。そこでは従来の官能検査の方法に加えて、知識処理・学習型アルゴリズム・CG・VR技術などもとりいれられて、新しい研究分野として着々と広まっている。

一例が真珠の鑑定・品質評価である<sup>(28)</sup>、<sup>(29)</sup>。真珠の価値は見かけの形・キズ・独特な色や光沢・質感など、さまざまな要素が影響している。しかし数値化された鑑定基準は

なく、いわゆるエキスパートズ（勘や経験）に頼っている。鑑定士間で基準がバラつくとか鑑定士自身がその基準を意識していないという難しさがある。これに対して心理実験による要因分析・ニューラルネット感度解析による有効波長帯の割り出し・あるいは図4に示すような品質評価シミュレータでいろいろな品質の真珠の映像を生成するアプローチなどで、鑑定基準の定量化を試みている。

また別の例に、化粧品の効果（化粧のノリ）を調べるために、皮膚表面の画像（肌のキメ）を解析するという応用がある<sup>(30)</sup>。肌のキメというのは皮膚表面の紋様（溝とそれによって区切られた丘）に現れるという。例えば「乾燥肌」になると紋様が不鮮明になったり、表面が粉が吹いたような状態になったりする。これを解析するために、歯医者が歯形をとる時に使うシリコンラバーで皮膚表面のレプリカを取る。レプリカに3方向から光をあてて、顕微鏡像をカ

メラで取り込む。この画像から、対称性や鮮明性など紋様についてのパラメータを求めることで、肌のキメを評価する。これを化粧前と化粧後の肌について調べると、化粧品の肌に対する効果を調べることができる。

さらに、私たちの生活に最も身近な食品分野から事例を取り上げる。食品関係は昔から官能検査／マシンビジョンの大きなターゲットだった。具体的には、農産物（野菜・果物・お茶・たばこ）、水産物（魚・貝）、畜産物（鶏卵・肉）、薬品などの仕分け・加工・異物検査である。

食品分野のMVの難しい点は、相手が自然物なので、形・色・表面状態がさまざまなことである。他に傷つけないように搬送しないといけないとか、単価が安いのでシステム全体の価格を抑えないといけない、といった全体システムとしての性能がネックとなって、なかなか成功しなかった。しかし最近のハードウェアの進歩と、カラー画像処理・スペクトル処理などソフトウェアの改良で、非常に有用なMVシステムができあがっている。例えば図5に示す茄子選果システム<sup>(32)</sup>では、6種類の等級判定を24個/秒（ただし8ライン）で行う処理能力を実現している。

#### (4) 風景を見るマシンビジョン

市街地、道路、風景、建物など屋外シーンを見るマシンビジョンは、太陽光の影響の問題、あるいは非常に大きなものの3次元認識をしなければいけないという問題などがあって研究が遅れていたが、ニーズの広がりによって実用化が進んできた。

- ・ 自動運転走行車
- ・ 建物・構造物（橋梁部材、屋外設備）
- ・ 市街地景観の3Dモデル<sup>(33)</sup>
- ・ 遺跡遺物のデジタルアーカイブ<sup>(34)</sup>

特に最近、市街地景観の3D計測の研究が盛んである。3Dセンサを車に積んで、街を走りながら撮影した動画を解析することにより、建物や自然物の3Dデータを得る<sup>(33)</sup>。これはGIS（地理情報システム）や地図データベースとリンクすることによって、3次元都市空間を生成したり、災害情報データベースを作ったりすることができる。

またもう1つの大きな応用分野として、考古学や民族学におけるデジタルアーカイブがある。古くはイースター島のモアイ<sup>(34)</sup>、最近では奈良の大仏の3D形状を行った例<sup>(35)</sup>がある。今や世界中でデジタルアーカイブの研究が盛んで、日本でも各地で遺物の記録が活発に行われている。遺跡が見つかるたびに3D計測を含むMVスタッフが呼び出されて、初期保存が行われている。

#### (5) デザインのためのマシンビジョン

マシンビジョンで得られる情報を製品のデザインに利用して、ユーザの好みを反映させる試みが行われている。

- ・ 塗装における見えの評価<sup>(36)</sup>
- ・ 住宅外壁材の設計支援（3D計測機＋CG）<sup>(37)</sup>

図6は自動車塗装のカラーシミュレータである<sup>(36)</sup>。ディスプレイ上に様々な塗装の色の見えを表示することができる。塗料の色相・明度・彩度の3つのパラメータをいろい

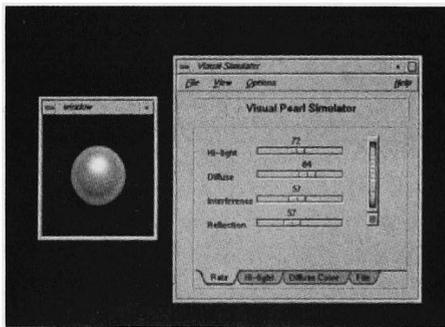
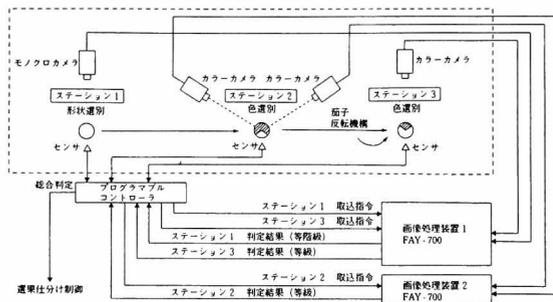
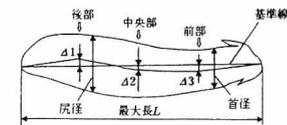


図4 真珠品質評価シミュレータの画面<sup>(29)</sup>



(a) 処理ブロック図



判定項目	判定基準	判定の概要
階級判定	最大長	茄子の最大長さで判定
	①首径	首部分の太さで判定
等級判定	②尻径	最大幅で判定
	③形状率	首部分と尻部分の太さのバランスで判定
	④曲がり率	S字状の茄子かどうかで判定
	⑤曲がり高さへこみ率	曲がりの度合いで判定
	⑥色	赤茄子、首がく、白がく、みずばけ具合で判定

(b) 茄子仕分けのための判定基準

図5 茄子選果システム<sup>(32)</sup>

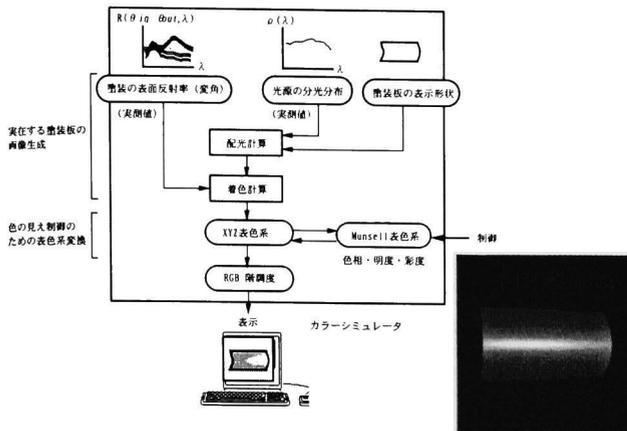


図6 自動車塗装のカラーシミュレータ<sup>(36)</sup>

ると変えて、塗装深み感というユーザの嗜好を調査すると、色相がY付近または明度が低いほど（つまり茶色近くで）深み感が高いことがわかった。こうしたシミュレータの利点は、実物の塗装を作らなくていいのでコスト低減が図れるだけでなく、製造技術にとらわれることなく新しい塗装を模索できることである。

さらに、住宅用壁材の設計では、自然石の3D形状データを計測して、これを基にCGで製品を設計する<sup>(37)</sup>。ディスプレイ上でデザイナーと顧客が「感じ」を確認しながら評価・修正を行い、加工機でサンプルモデルや金型をダイレクトに作るようなことも試みられている。

### 5. これからのマシンビジョン

最後に、マシンビジョンのこれからの研究課題を述べる。

1つは、高度なCVアルゴリズムの実利用（実時間化）である。前に述べたように、H/Wの高速化によって研究レベルと考えられていた計算コストの高いアルゴリズムが実用レベルに近づいて来た。例えばHough変換がそうである。Hough変換は、直線成分を見つけるために、画像内のすべての点についてどの直線に乗っているかの投票を行わせて、多数決によって直線を抽出する。このような投票型のアルゴリズムは汎用性が高い、雑音に強いなどのメリットがある一方で大きなメモリ空間と処理時間を必要とする。図7では自動車エンジン部品のピッキングのために直線部分を検出する例で、PLHT（Piece-wise Linear Hough Transformation）という、投票量を押しえた工夫をして高速抽出を可能にしている<sup>(38)</sup>。他にもGA<sup>(39)</sup>などの最適化アルゴリズム、多重画像<sup>(40)</sup>や動画像処理も、実用アルゴリズムとして有望視され、研究が進められている。

またもう1つは、より使いやすいハードウェアの開発と利用である。最近では12ビットカメラや1000×1000のデジタルカメラの利用も可能となってきた。イメージング分光器という、スペクトルを画像としてリアルタイムに処理できるものもある<sup>(41)</sup>。また人工網膜チップ<sup>(42)</sup>などセンサとプロセッサが一体となったもの、あるいはランダムアクセ

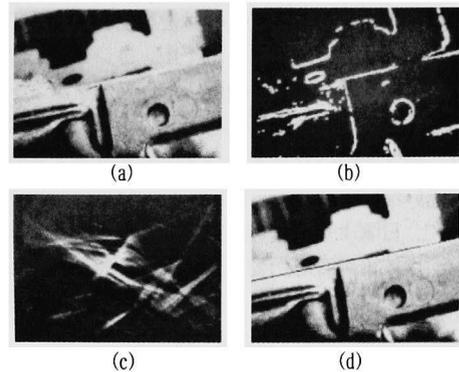


図7 Hough変換処理の例<sup>(38)</sup> (a) 原画像 (b) Sobelフィルタでエッジを抽出 (c) パラメータ空間へ投票 (d) 抽出されたエッジに相当する直線

スカメラ<sup>(43)</sup>の開発も進んでいる。このようなハードウェアを利用することで、もっと高速に、人の視覚機能をまねた処理手法の開発が期待できる。

さらに身近なマシンビジョンとして、最近話題になっているウェアラブルコンピュータのような新しい形態や機能が注目される。図8は小型カメラと小型ディスプレイとモバイルPCからなるウェアラブルビジョンシステムである<sup>(44)</sup>。これを着ていると、いつ、どこで、誰と、何をしていたかがカメラによって自動的に認識され記憶されていき、またその場で必要な情報が小型ディスプレイ（目の下方に視線を遮らないようになっている）に表示される。必要であれば無線LANで繋がっているリモートPCと情報のやりとりをする。こうしたウェアラブルシステムでいったい何ができて、何が必要で、何がうれしいか、といった基本的な研究が、今始まったばかりである。

### 6. おわりに

マシンビジョンの高性能化とコストダウンによって、応用分野が工場内から街や家庭に一気に広がった。こうした広がりによって、さらにマシンビジョンのコストダウンが進んで、新しい応用分野が開拓されて普及が進んでいく・・・マシンビジョン研究にとっていいサイクルがしばらく続きそうな予感がある。

今後マシンビジョン研究が周辺技術とうまく協力して、

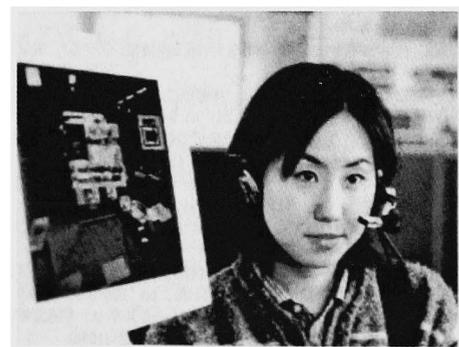


図8 ウェアラブルビジョンシステム<sup>(44)</sup>

多様なアプローチによって人の目を実現していくことが必要である。近い将来には、モバイル、コンピュータはもちろん、車、家電製品、公共機関、アミューズメントマシンなどありとあらゆるマシンに目がついて、人の意図を理解したり、動作を助けたりするシステムがきつと実現されているに違いない。

最後に、日頃より議論いただいている電気学会マシンビジョン活用技術調査専門委員会の皆様に感謝いたします。  
(平成13年3月18日受付)

## 文 献

- (1) 高木幹雄, 鳥脇純一郎, 田村秀行編: 別刷 OplusE 画像処理アルゴリズムの最新動向, 新技術コミュニケーションズ (1986)
- (2) 松山隆司, 久野義徳, 井宮淳: コンピュータビジョン: 技術評論と将来展望, 新技術コミュニケーションズ (1998)
- (3) 田村秀行編: コンピュータ画像処理: 応用実数編 1, 2, 3, 総研出版 (1990)
- (4) 江尻正員編: 画像処理産業応用総覧(上下巻), フジ・テクノシステム (1994)
- (5) 奥水大和監修: 目視検査の自動化技術, テクノシステム (1995)
- (6) 目視検査の自動化技術調査委員会編: 画像処理による目視検査の自動化事例集, 新技術コミュニケーションズ (1991)
- (7) 特集論文「マシンビジョンによる検査・計測技術」, 電気学会論文誌 C, vol.112-C, no.2 (1992)
- (8) 特集論文「街に出るマシンビジョン」, 電気学会論文誌 C, vol.117-C, no.10 (1997)
- (9) 井口征士: “画像計測技術の高度化”, システム/制御/情報, Vol. 38, No. 1, pp. 2-8 (1994)
- (10) 津川定之: “高度道路交通システムにおける通信システム”, 信学論(B), Vol. J82-B, No. 11, pp. 1958-1965 (1999)
- (11) HQL ホームページ: <http://www.hql.or.jp/>
- (12) テーマ・セッション「セキュリティと個人同定のためのパターン認識・理解」, 電子情報通信学会技術研究報告 パターン認識・メディア理解, PRML97-41~97-54 (1997)
- (13) 間瀬健二: “表情の自動認識”, 映像情報メディア学会誌, vol.51, no.8 (1997)
- (14) 磯俊樹, 渡部保日児, 曾根原登: “監視システムのための不審人物自動検出法”, 第2回画像センシングシンポジウム (SI'96), F-1, pp.167-172 (1996)
- (15) T. Nishimura, S. Nozaki, T. Mukai and R. Oka: “Spotting Recognition of Gesture with Reverse and Stop Motions”, Proc. of 1997 Real World Computing Symposium, pp.45-52 (1997)
- (16) 依田育士, 坂上勝彦: “3次元動き情報を利用した複数対象物の抽出とその実用性認識”, 電子情報通信学会技術研究報告, PRML97-96 (1997)
- (17) 奥水大和, 村上和人, 中山晶, 福村兎夫: “似顔絵生成研究の現状とP I C A S S Oシステムの諸課題”, 電子情報通信学会, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'92), vol.11, pp.159-166 (1992)
- (18) Takayuki Fujiwara, Hiroyasu Koshimizu, Kouta Fujimura, Hitoshi Kihara, Yoshiaki Noguchi and Naoya Ishikawa: “3D Modeling System of Human Face and Full 3D Facial Caricaturing”, Proc. 3DIM (2000)
- (19) 鳥脇純一郎: “メディカル・ビジョン ーマルチメディア環境における医用画像処理の新展開ー”, テレビジョン学会誌, vol.50, no.10, pp.1431-1434 (1996)
- (20) 河井良浩, 富田文明: “視覚障害者用3次元物体認識システムー対話型3次元触覚ディスプレイシステムー”, 映像情報メディア学会誌, vol.51, no.6 (1997)
- (21) 堀井貴司: “高齢者福祉施設向け介護支援情報システム”, 電気設備学会誌, 18(8), pp. 552-555
- (22) 中野倫明, 樋口和則, 山本新: “年齢差による視覚特性の違いの補正技術”, 映像情報メディア学会誌, vol.51, no.6, pp.755-758 (1997)
- (23) 小沢慎治: “より快適で安全な自動車のための画像技術: 総論”, 映像情報メディア学会誌, vol.51, no.6, pp.742-745 (1997)
- (24) 須藤 晋, 小沢 慎治: “サッカーのシーン解析”, MIRU2000 (2000)
- (25) 建設省 ITS ホームページ: <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/>
- (26) 谷水克子: “カラー印刷物外観検査の自動化”, 画像応用技術, 9(2), pp.1-10, (1994)
- (27) 浅野敏郎, 川口啓介, 望月淳, 福原信雄: “カラーCRT ディスプレイの白色均一性定量評価”, 信学論, J73-D-11(6), pp. 830-839, (1990)
- (28) 長田典子, 亀井光仁, 宇佐美照夫: “ニューラルネットの感度解析とその色彩識別への応用”, 電学論C, 116, 5, 556-563 (1996)
- (29) 長田典子, 宇佐美照夫, 真鍋佳嗣, 井口征士: “品質評価のためのビジュアルシミュレーションによる真珠の表現”, 信学論(D-11), Vol. J80-D-11,

- Mo. 1, pp. 206-214 (1997)
- (30) パネルディスカッション: マシンビジョンにおける感性, 映像情報 Industrial, vol.26, no.6, pp.64-95 (1994)
- (31) 加藤俊一: “感性情報処理応用: 感性データベースシステム”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 52, No. 1, pp. 49-52 (1998)
- (32) 福田和彦: “食品検査における画像処理”, 非破壊検査, Vol. 48, No. 11, pp. 734-738 (1999)
- (33) B. Babu Madhavan, Hideki Tanahashi, Caihua Wang, Yoshinori Niwa and Kazuhiko Yamamoto: “Development of Building Objects Information Systems by using SOS”, 電気学会研究会資料, IP-00-8, pp. 43-46 (2000)
- (34) Kosuke Sato, Hiroyuki Yamamoto and Seiji Inokuchi: “3-D Shape Measurement of Megalithic Statue MOAI” Proc. of 8th International Conference on Pattern Recognition 675-676 (1986)
- (35) 池内克史: “デジタルコンテンツ化自動化技術と文化遺産の出会い”, InterLab, PP.48-51 (2000)
- (36) 川澄未来子, 内山祐司, 辻純良, 石原利員: “カラーシミュレータによる塗装深み感の評価と設計への応用”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 52, No. 4, pp. 528-534 (1998)
- (37) 奥水大和, 野村省三: “マシンビジョンの動向”, 非破壊検査, Vol. 48, No. 11, pp. 722-728 (1999).
- (38) 奥水大和: “Hough 変換に関する最近の研究動向(2)”, 信学技法, PRU91-15 (1991)
- (39) 斉藤文彦: “多重解像度画像を用いた液晶ディスプレイ輝度むら欠陥検出”, 精密工学会誌, 63(5), (1997)
- (40) 斉藤文彦: “近接と連続性に基づく GA を用いた画像内不連続曲線の抽出”, 第4回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp. 209-213, (1998)
- (41) 長田典子, 久保田洋孝, 真鍋佳嗣, 築山誠, 井口征士: “イメージ分光器を用いたスペクトル画像とその応用”, 電気学会情報処理・産業システム情報化合同研究会資料, IIS-98-54, pp. 7-12 (1998)
- (42) 久間和生: “人工網膜カメラ開発とその波及効果”, SSI12000 (第6回画像センシングシンポジウム), 特別講演SI, pp.185-194 (2000)
- (43) 寺田利之, 中島慎一, 小関広明, 井上淳: “高精細ランダムアクセスカメラ”, 第2回画像センシングシンポジウム (SI'96), E-3, pp.159-160 (1996)
- (44) 蔵田武志, 大隈隆史, 興和正克, 坂上勝彦: “ハンドマウス: ビジュアルウェアラブルが可能にする拡張現実環境に適したインターフェイス”, 信学技報, PRMU2000-156, pp.69-76 (2001)

長田典子 (正員) 昭和58年京都大学理学部数学系卒業。同年三菱電機(株)入社。産業システム研究所において、知識情報処理、感性情報処理の計測システムへの応用に関する研究に従事。平成8年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程了。工学博士。平成5年電気学会論文発表賞, 平成6年日本映像処理研究会特別賞受賞。情報処理学会, システム制御情報学会, 電子情報通信学会各会員。



坂上勝彦 (正員) 昭51東大・工・電子卒。昭56同大大学院博士課程了。同年電子技術総合研究所入所, 平成13年4月より独立行政法人産業技術総合研究所総括研究員。画像処理, コンピュータビジョンなどの研究に従事。工博。昭54年度電子通信学会学術奨励賞受賞。昭60年度情報処理学会論文賞受賞。IEE E, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 映像情報メディア学会各会員。



奥水大和 (正員) 昭和45山梨大・工・電気卒。昭和50名大大学院工学研究科博士課程了。その後, 名大工学部助手, 名市工研勤務を経て, 昭和61中京大学教養部教授, 平成2同情報科学部教授, 現在に至る。画像処理, マシンビジョン, 感性情報処理の研究に従事。工学博士。平成2日本NDI協会研究奨励賞, 平成8電気学会優秀研究発表賞受賞。電子情報通信学会, 情報処理学会, 計測自動制御学会, 人工知能学会, 日本顔学会, 他各会員。

