

視覚情報を活用した 生産支援の取組み 検査・計測・監視における 技術開発

住友化学(株) 生産技術センター
篠塚 淳彦
廣瀬 孝志
鈴木 誠也
清水 一郎
鷲崎 一郎

Activities to Production Support with Visual Information –Technical Development of the Inspection, Measurement, and the Plant-Monitoring–

Sumitomo Chemical Co., Ltd.
Process & Production Technology Center
Atsuhiko SHINODUKA
Osamu HIROSE
Takashi SUZUKI
Masaya SHIMIZU
Ichiro WASHIZAKI

The image processing technology is widely used for various production fields, for example, object recognition, visual inspection, OK/NG diagnosis and so on. Although the computer technology has advanced rapidly, to make the image processing technique fit for practical use is still extremely difficult issue because the computer does not have comprehensive discretion. The authors have developed total machine vision systems, including the illumination technique, image sensing, image processing, and production improvement techniques, for various production lines. In this paper, the key technology of machine vision is described for each developmental stage. This paper also shows several actual applications involving visual inspection, measurement system, and plant monitoring system.

はじめに

人間の目視に頼る生産活動はさまざまな業種で行われている。人間は視覚情報に基づいて適切に行動できる優れた判断力を持っており、生産活動において重要な役割を担っている。しかし、人間には、肉体的・心理的に環境からの影響を受けやすい、個人差がある、などの重大な欠点がある。このため、ヒューマンエラーをなくすことは不可能であり、視覚作業の安定性と客観性を長期にわたって維持することは非常に困難である¹⁾。このような背景から、視覚作業の自動化を目的として画像処理技術が広く用いられるようになった。画像処理の応用分野は昨今のコンピュータ技術の著しい進歩に伴って急速に拡大し、Table 1 に示すようなさまざまな産業用途での実用化が進んでいる。

実際の産業応用においては、単に視覚作業を画像処理に置き換えるだけでは、自動化の効果は大きくない。画像を得るための観測系から視覚情報の活用方法までを含んだシステム開発を行うことにより、有効な生産支援システムを構築することができる。

Table 1 Application fields of the visual information analysis

Scope	Application fields
Visual inspection	Appearance quality control for foods, medicine, package, electronic parts, automobile parts, film, paper, steel material, etc.
Measurement	Measurement of position, velocity, inclination angle etc. Automatic measurement of visual information
Positioning/Alignment	Industrial robot control, material handling
Geometrical feature recognition	Total inspection of the geometrical features, 3D measurement
Color recognition	Irregular color inspection, Different kind mixing inspection, etc.
Motion measurement	Motion detection, optical flow analysis
Monitoring/Security	Surveillance, detection of unusual plant situation, intruder detection
Research support	Automation of routine research activity such as visual observation, data gathering, data analysis, etc.
Character recognition	Identification of lot-products, Vehicle identification, etc.
Segmentation/Pattern recognition	Label-Inspection of print, Identification of individual (face and fingerprint)
Temperature information	Heat image analysis, Tunnel inner wall flaking off inspection, etc.
Others	Medical treatment, Welfare, Safety device, Entertainment, etc.

本稿では、生産支援システムに必要な要素技術について解説する。また、検査・計測・監視の3つの分野における実際の開発事例を紹介する。

視覚情報を活用した画像処理システムの概要

視覚情報を活用した画像処理システム開発の取り組みに必要な基本構成要素技術について概説する。Fig. 1は、生産工程へ有効な情報を供給し工程改善を図るための要素技術を開発手順毎に示したものである。

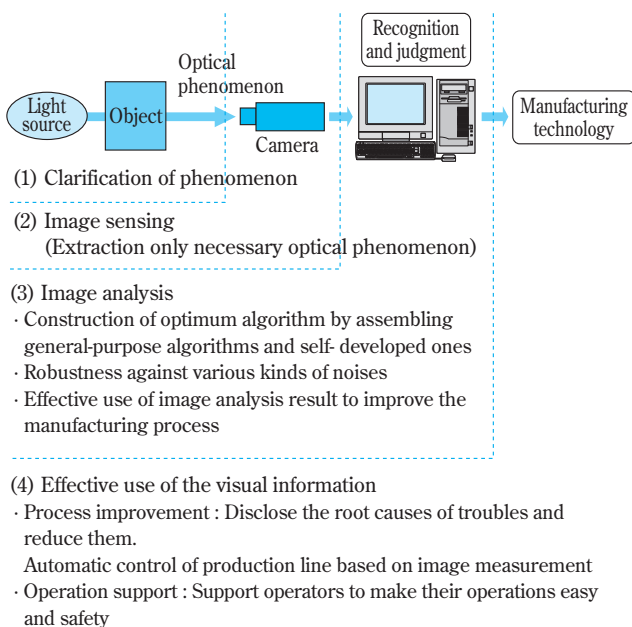


Fig. 1 Effective data supplying to manufacturing process

(1) 光学現象の解明

画像処理システムにおいて、「いかにして検査、計測しやすい映像を得るか」という画像化技術が最も重要な技術である。すなわち、取得した映像の中に、生産工程に必要な視覚情報が抽出可能な状態で含まれていなければならない。一般に、カメラを向けるだけで必要な視覚情報を得ることは困難である。そこで、対象物と照明とによって生じる光学現象を解明し、それぞれの光学現象に合わせた最適な観測系を構築することが必要である。

(2) 画像の取得

画像を取得するうえで重要な基本要素をTable 2に示す。この中で、項目1から3は照明系に関する基本要素である。照明系の構築には、1. 対象物に適した情報キャリア（可視光、赤外、紫外、放射温度など）の解明、2. 対象物によって生じる光の特徴（反射、透過、拡散、回折など）、3. 観測可能な光の強度など

が重要である。また、項目4から6は撮像系に関する基本要素である。撮像に適したカメラ・レンズの選定において、4. 情報の形態、5. 撮像速度、6. 視野などが重要な要素となる。これら基本要素の選択の善し悪しが、画像化の性能と画像検査・計測の性能を大きく左右するため、目的に応じて最適な要素を選定し観測系を構築する必要がある²⁾。

(3) 画像処理

画像処理部は、取得された画像から特徴を抽出し、それを認識・判断し、結果を信号出力する。画像処理には主として次の2つの機能が要求される。1つは安定した情報抽出機能であり、画像に含まれるさまざまなノイズに対する頑健性や目視と同等の判断能力を備えたアルゴリズムが必要である。もう1つは生産工程への有効な情報供給機能である。そのためには単に画像の特徴を取り扱うだけでなく、生産工程に関する知識を備えることが必要である。

(4) センシング情報の活用

供給された情報に基づいて生産ラインの安定化、オペレータ支援等の工程改善を実現するシステム構築が重要である。

Table 2 The base elements for image construction

#	Base element	Contents
1	Information carrier	Visible light, Infrared or Ultraviolet light, Temperature distribution, etc.
2	Characteristics of the light	Reflection, Transmission, Diffusion, Scattering, Luminescence, Absorption, Straight light, Refraction, Diffraction, Interference, Polarized light, Wavelength, Chromaticity, etc.
3	Intensity of the light	(Compared with the dynamic range of camera) Over-range ~ optimum range ~ under-flow
4	Information acquisition form	1D, 2D, 3D data, Protein structure, Inside information, etc.
5	Frame rate	Still image, NTSC, Double speed (60FPS), High-speed camera, etc.
6	View	Microscope image, Close-up image, Standard, Wide angle image, Long shot image, etc.

視覚情報を活用した画像処理システム事例

1. 欠陥検査の自動化

(1) 光学製品検査の背景と欠陥の特徴

液晶ディスプレイには、Fig. 2に示すように、偏光フィルムや導光板、拡散板といった様々な部材が使

用される。近年の表示装置の高精細化・高輝度化に伴い、これらの部材にも高い外観品質が求められる。検出すべき欠陥の大きさは目視検査の限界レベルにまで達しており、自動検査が必須となっている。代表的な欠陥の特徴を Fig. 3 に示す。欠陥の形態や発生場所は様々であり、検出に適した観測条件は欠陥によって異なっている。一般に、異物等の有色欠陥の検出には透過光、表面の凹凸欠陥には反射光がよく用いられる。また、欠陥によって生じる光の拡散を暗視野の下で検出する方法もある。欠陥種類が多いほど、より多くの観測方法が必要となる。

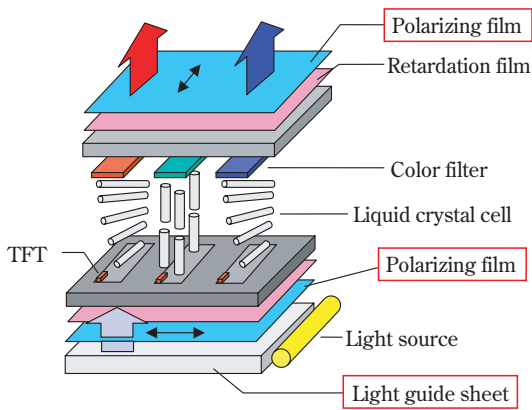


Fig. 2 Structure of LCD display

	Defect classification	Location	Defect	Suitable lighting system
Polarizing film		Surface	Stain	(Diffused) Reflected light
			Scratch	
	Bubble	Inside	Dimple	Diffused transmitted light
			Particle	Transmitted light
Diffusion sheet		Surface	Bank mark	(Diffused) Reflected light
			Pit mark	
	Bank mark	Inside	Pit mark (Light guide sheet)	Diffused transmitted light
			Black spot	Transmitted light

Fig. 3 Characteristics of defects on the optical sheets

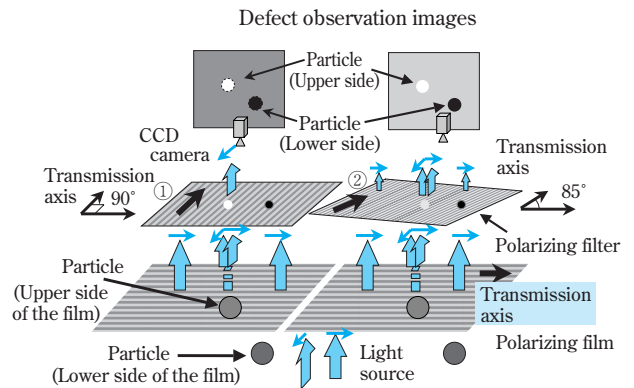
(2) 偏光を利用した欠陥観測法

固定光学系を用いてより多種の欠陥観測を実現した例として、偏光を利用した観測方法を紹介する。

偏光フィルムは特定方向の光のみを通過させる性質がある。

そこで、Fig. 4 (a) に示すように、検査対象である偏光フィルムのほかに第2の偏光フィルムを用意し、それぞれの透過軸を直交(クロスニコル)させて配置する。これにより観測領域全体にわたって照明光が遮光された暗視野像を観測することができる。このとき2枚の偏光フィルムの間に異物等の欠陥が存在すると、欠陥に照射された光が拡散し偏光に乱れが生じる。この結果、第2の偏光フィルムを透過する成分が発生し、暗視野像の中に明るい点として欠陥が観測される。しかし、この方法では検査対象偏光フィルムの下部にある欠陥は暗視野像に埋もれて検出されない。そこで、Fig. 4 (b) のように、上記の偏光効果を損なわない程度に(この場合は5 degree)クロスニコルの状態から開放し、正常領域にも若干の透過光が観測されるように光学系を調整する。これにより、偏光フィルムの下部に存在する遮光性の欠陥が検出可能となる³⁾。

この例のように、少ない光学系にて、より多くの欠陥を観測することは自動検査の実用化においてきわめて重要な技術である。



(a) Crossed Nicols optical system (b) 5 degree-opened system

Each planate arrow shows transmitted light, which plane means electric field direction.

Electric field direction of each light is also indicated by linear arrow in front of the planate one.

Fig. 4 Observation method by using Crossed Nicols optical system

(3) 欠陥検出・識別アルゴリズム

(i) 欠陥検出

通常、観測された画像から欠陥を直ちに抽出できることは稀である。多くの場合、欠陥画像は様々なノイズに埋もれており、欠陥領域と正常領域(地合)との輝度差も大きくない。そこで、検出対象に適した画像処理が必要である。

一般に、観測された画像には空間周波数の低い輝度むらが含まれている。これは通常シェーディングと呼

ばれており、照明の照度むらや障害物の影の映り込みなどが原因であることが多い。このシェーディングを除去するため、背景差分法がよく用いられる。また、シェーディングは時々刻々変化する場合が多く、背景画像を動的に更新することも必要である。

画像中にはさらに高周波低振幅のノイズが含まれる。これを除去するため、空間フィルタ（重み付き移動平均）と呼ばれる画像処理が施される。広範囲のノイズを平滑化しつつ局所的な信号を強調するようなオペレータ（重み行列）がよく用いられる。検査対象に応じて様々なオペレータをユーザー側で立案して用いることも有効である。

(ii) 欠陥識別

生産工程においては、発生した欠陥の特定が非常に重要である。そのため、検査情報として欠陥種類を特定するアルゴリズムが必要とされる。本システムでは、以下のような欠陥識別を行っている。まず、欠陥の輝度・大きさ・モーメント等の基本的な画像特徴量に基づいて欠陥の大まかな分類を行う。次に、必要に応じて欠陥画像のパターン認識を行い、特定の欠陥の発生を検知する。最後に、過去の欠陥発生状況を常時解析し、密集欠陥や周期性欠陥を検知する。これらの欠陥情報は製造工程を管理する上で有効な情報となる。

(4) 検査情報の生産工程への供給

検査情報の活用方法として、不可視情報と可視化情報の2つの形態が挙げられる。

不可視情報とは、検査情報をコンピュータ上のデータとして共有するものであり、下流工程での生産計画や上流工程へのフィードバックに活用される。この場合、データの視認性は必要ではないが、情報がリアルタイムに共有されることが不可欠である。

一方、可視化情報とは、検査データが以後の作業員に見える形で活用されるものであり、具体的には次項で述べる欠陥位置へのマーキング技術がカギとなる。

(5) マーキング技術

(i) マーキング手段

マークを行う手段としてはインクジェット・ラベル貼付・フェルトペン・スタンプ等が一般的である。選定の際には、ワーク特性（撥水性、透過性、色等）、後工程の加工方法（裁断、巻替）、良品部分への影響（転写等）、費用（初期コスト、ランニングコスト）、メンテナンス性等を考慮する必要がある。

(ii) マーキング方法

連続したワークへのマーキング方法としては、Fig. 5に示すように、以下の種類がある。

- (a) ワーク端へのマーク方式 マーカー固定式
- (b) 欠陥上マーク方式 マーカー移動式
- (c) ゾーン分割方式 マーカー固定式
(複数配列)

(a) のワーク端方式は装置構成が単純であるが欠陥位置を直接示すものではないため作業員には活用し難い。欠陥位置を直接示すことができれば以後の生産工程に役立つほか、欠陥検出率の直接評価も可能になる。そのため、可能ならば(b)欠陥上マーク方式や(c)ゾーン分割方式が望ましい。

(b) 欠陥上マーク方式では、マーカーを幅方向に移動（トラバース）させて欠陥位置にマークを施す。この方式では、マーカーは1つでよいが、近傍に欠陥が複数発生した場合にマーカー移動が追いつかない可能性があり、この場合には欠陥にマークできない（マークミス）。これに対して(c)ゾーン分割方式では、複数のマーカーを等間隔に配列して個々のマーカーを独立に制御するため、マーカーは多数必要であるが、マークミスは発生しない。どちらの方法を選定するかは、実際の生産ラインにおけるマークミス発生確率に基づいて決定する。

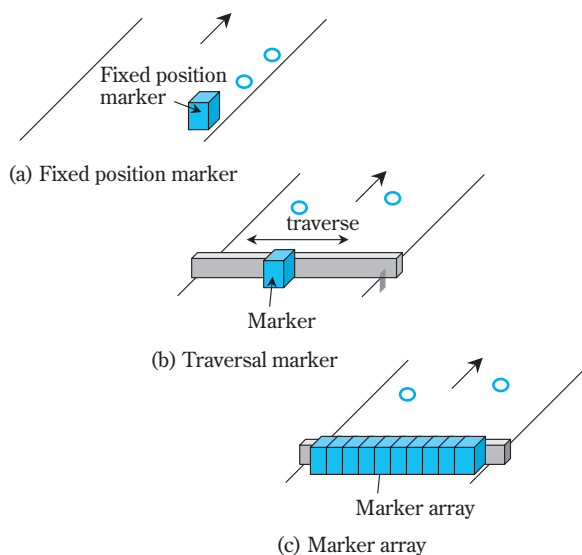


Fig. 5 Marker type selection

(6) マシンビジョンとヒューマンビジョン

TVカメラを用いた画像処理（マシンビジョン）には、人間の目による視覚作業（ヒューマンビジョン）にはない多くの利点がある。Fig. 6は欠陥サイズと検出率との関係を概念的に表した図である。目視による検出限界はおよそ0.1mm²程度であることが分かっており⁴⁾、欠陥がこれよりも小さくなると目視検査での検出率は著しく低下するが、マシンビジョンではこれよりもはるかに高い解像度での検査が可能で

ある。また、マシンビジョンには個人差がない、繰り返し精度が高い、長時間の連続稼動に耐えるといった利点がある。しかし、反面、人間が持つ柔軟性や高度な判断力（特に様々なノイズに対する頑健性）は持ち得ない。

これらのことから、現時点では全ての視覚作業をマシンビジョンに置き換えることは困難である。検査の自動化においては、両者の特徴を活かし互いの欠点を補完するようなシステム構築が不可欠である。具体的には、微細欠陥の定量的な検査をマシンビジョンが担当し、総合的な判断を人間が行うことが多い。

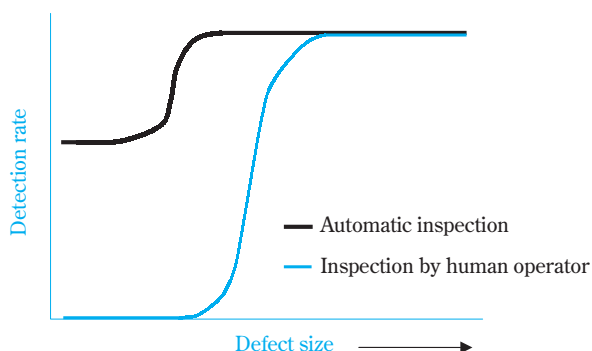


Fig. 6 Variations of detection rate with defect size

(7) 実用化上の課題

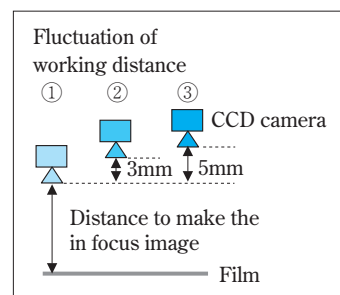
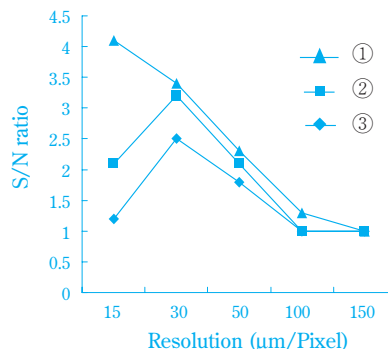
(i) 虚報の低減

欠陥検出感度を向上させようとする、同時に虚報（正常部を欠陥として誤検知すること）が増加する。虚報の原因は主に2つある。1つはノイズであり、もう1つは許容されるキズ等が原因である。例えば、剥離され廃棄される保護フィルム上のキズはごく軽微であれば許容される。これらの虚報を低減するため、よりノイズを抑えた観測系を構築するとともに、欠陥と虚報の画像特徴量の解析を進めることにより欠陥判別能力の向上を目指している。

(ii) 観測系の安定化

目視の限界を超える微細欠陥の検査においては、カメラの解像度は数10 μm 以下と非常に高い。このことは、被写界深度が非常に浅く、したがってカメラの作動距離（カメラからワークまでの距離）の変動許容値が小さいことを意味している。しかし現実には、フィルム状のワークを搬送する場合、ワークが上下に振動することは避けられない。この振動は焦点のぼけにつながり、検出感度に影響を与える。Fig. 7は同一欠陥をカメラの作動距離を変化させて検査した場合の欠陥信号と地合信号の比（S/N比）を示す。この欠陥はサイズが微小なため50 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ 以上の高解像度でなければ十分なS/Nが得られない。

しかし、解像度が高いほど作動距離の変化に対してS/Nが劇的に低下している。S/Nの低下を生じないためには、より安定した搬送設備が必要となる。このように、検査性能の維持をも視野に入れた製造設備の設計が重要である。



In this case, over 100 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ resolution is not practical because of the low S/N ratio. At the same time, higher resolution (under 30 $\mu\text{m}/\text{pixel}$) is also undesirable because the S/N ratio decreases drastically with working distance of camera. Therefore, practical camera resolution range is restricted to around 50 $\mu\text{m}/\text{pixel}$. It is necessary to reduce the vibratory motion of the film to make it practical with higher resolution.

Fig. 7 Variations of the signal to noise ratio involving the same defect sample with camera working distance and resolution

2. 計測の自動事例

(1) 自動計測の考え方

一般に画像計測においては、個々のニーズにおいて最も重要な要素技術が何であるかを見極め、これに適した観測系を構築することが不可欠である。ここでは、要素技術として、人間の感覚に頼っていた官能評価の定量化技術を取り上げ、事例を紹介する。

(2) 官能評価の定量化技術 - 製品表面の色むら計測 -

(i) 色むら検査の課題

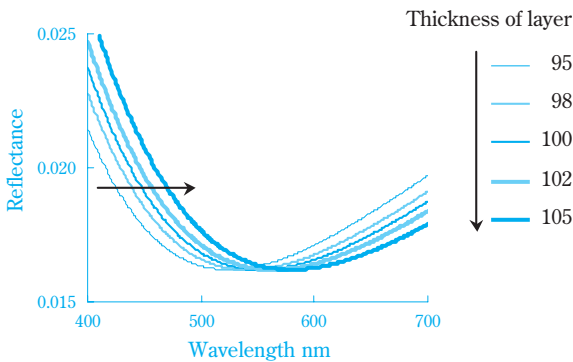
ディスプレイ用の部材や自動車のボディ等、外観上の色むらが問題となる製品は多い。色を表現するために様々な表色系が規格化されており、色差を定量表現することは容易である。しかし、現実には色むらの計測は非常に困難であり、多くの場合、目視

に頼らざるを得ない。これは、色の違いが人間の感覚に与える影響（物理量ではなく心理量）を定量的に表現できないためである。

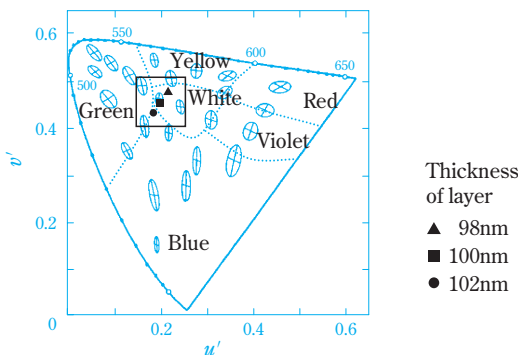
(ii) 反射防止膜の色むら特性

ここでは反射防止膜に生じる色むらの定量評価について述べる。反射防止膜は1層以上の薄膜（膜厚は数10nm程度）からなる。これにより可視光領域における分光反射率が低くなる。Fig. 8は、屈折率1.49の基板に屈折率1.38、膜厚 $100 \pm 5\text{nm}$ の薄膜を形成した場合の分光反射率および色度を表す。膜厚の変化に伴い分光反射率曲線が波長軸方向にシフトし、それによって色度が変化していることが分かる。色度の変化量はこれと同じ倍率で表示したMacAdamの楕円⁵⁾よりも大きく、人間の目で十分に判別しうる事が分かる⁶⁾。

ところが、実際の色むら計測においては、色度差と色むら強度との間に相関が見られない。十分に認識しうる色むらであっても許容される場合や、ごく軽微なむらであっても複数存在すると許容されない場合がある。このため、個々の色むらの計測ではなく、視野全体から受ける心理量を計測しなければならない。



(a) Variations of spectral reflectance



(b) Valuation of visibility of color difference by using MacAdam's ellipsoid

Fig. 8 Variations of spectral reflectance and chromaticity with thickness of layer involving the single layered anti-reflection

(iii) 官能評価の定量化の試み

人間の視覚の性質として、視神経のもつ側抑制効果⁷⁾により無意識に色や濃淡の変化に注目すること、視野内で注視点がジャンプ (sacade)⁸⁾するとその間は思考が停止することなどが知られている。このことから、色むらに注目させられることにより思考を阻害される頻度が心理量に大きく関わっていると推測される。そこで、1枚の試料中に観測される色度差の度数分布に着目した実験を行った。試料を28種用意して、各試料中の色むらの度数分布を計測した。一方、人間による色むら評価値は、比較評価法を用いて数値化した。結果をFig. 9に示す。度数分布形状は、比較評価法により色むらが小さいと評価された試料ほど細く急峻なピークをもつ単峰形状、色むらが大きい試料ほど低く広くなる形状となる。この結果、度数分布形状と比較評価値との間には良好な相関関係があることが分かる。この関係を利用して、例えばFig. 9に破線で示したような閾値曲線を設定することにより、容易に色むらの等級を定義することができる。

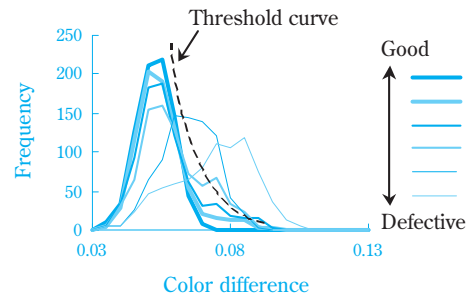


Fig. 9 Frequency distribution of color difference

3. プラント監視の自動化事例

(1) プラント監視の目的

愛媛工場新居浜第一製造部では、従来9つに分散していた運転計器室を一ヶ所に集約した統合生産センター (Intelligent Production Center : IPC) を設立し、プラントの運転をIPCで一元管理する取り組みを行っている。これに伴い現場と計器室との距離が遠くなるため、遠隔監視用のCCDカメラを設置し、異常の早期発見および作業者の負担低減を目的として、画像処理技術を用いた自動監視システムを開発した。

(2) 画像処理によるプラント監視

画像処理技術を用いた自動監視が要望されている検知対象をTable 3に示す。火災・発煙検知に関しては火災センサーや煙検知器などが市販されているが、これらは熱や煙粒子を直接感知する必要があり、検知対象の近くに設置しなければならない。広大な化学工場ではプラント全体をカバーするためには多数

のセンサーを設置する必要があるが、これは設置費用や設置後のメンテナンス費用を考えると経済的に難しい。また、プラントによってはセンサーが設置不可能な箇所もある。これに対し監視カメラでは一台で広い範囲を監視することができ、旋回機能や望遠機能を用いることによりさらに監視範囲は広がる。

また、ボイラー内の水位検知のように法律により目視確認が義務付けられている場合や粉体や粒体のように目視以外の方法で状態の確認ができない場合がある。これらに対しては目視確認と同様の判断ができる自動監視システムを開発することにより、異常の早期発見や作業員の負担軽減につながる。

Table 3 Examples of the application fields that require the plant monitoring system

Scope	Monitoring object	Detection items
security	whole chemical plant	fire (flame & smoke) leakage of gases or chemicals
	Gauge	water level in a boiler drum
production control	products or materials	properties of powder or grains liquid drops or spray

(3) プラント監視の具体例

プラント監視では人が見て異常であると判断してきた現象を画像情報から自動的に検知させるものであり、いかにして異常状態であると判定するかという点が重要となる。

画像処理による自動監視の具体例を示す。

(i) 発煙検知

発煙検知アルゴリズムを Fig. 10 に示す。このアルゴリズムは (a) 前処理、(b) 煙画像の識別、(c) 判

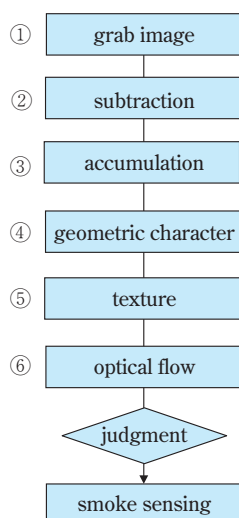


Fig. 10 Algorithm for smoke sensing

定、の3つの部分から構成されている。各部分の内容について説明する。

(a) 前処理

①grab image (画像の取り込み) ②subtraction (差分画像の作成) および③accumulation (差分画像の累積) は煙画像を得るための前処理である。ここでの処理内容を Fig. 11 に示す。煙の特徴は空气中を漂う独特の動きにある。この煙の動き(変化)を捉えるために差分画像を作成しても、煙にはゆっくり動く特徴があり、1枚の差分画像に現れる変化は小さい。そこで、差分画像を足し合わせ累積することにより、複数の画像にわたる変化を表す画像を得ることができる。

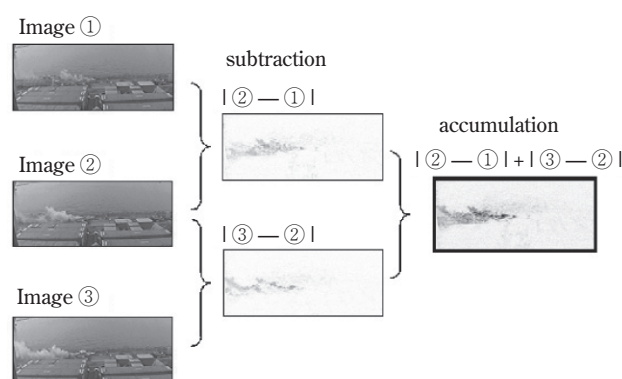


Fig. 11 Extracted image of drifting smoke

(b) 煙画像の識別

④形状特徴抽出による識別 (geometric character) ⑤テクスチャ解析による識別 (texture analysis) および⑥オプティカルフローによる識別 (optical flow) では前処理で得られた煙画像が煙であるかどうかの識別を行う。

形状特徴抽出では Fig. 12 に示すように得られた煙領域の形状特徴を用いて識別を行う。形状因子には以下の特徴を用いる。

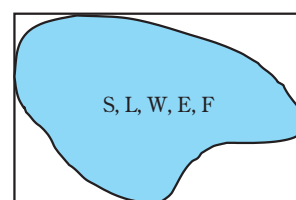


Fig. 12 Shape factor

- S : 面積
- L : 周辺長
- E : 円度 (= 4 S / L²)

F : 複雑度 (= L^2/S)

W : フィレ占有率

(形状を囲む最小矩形に対する占有面積比)

テクスチャ解析ではFig. 13に示すように煙領域内の濃淡変化(輝度情報)を利用し、以下の3つの方法により識別を行う。

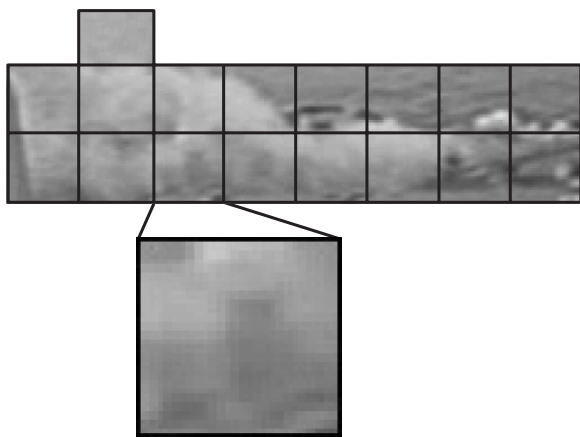


Fig. 13 Texture in smoke region

- ・模様特徴抽出
- ・濃度ヒストグラムによるテクスチャ解析
- ・同時生起行列によるテクスチャ解析

オプティカルフローでは対象物の動き(変化方向と変化量)を特徴付け、識別を行う。煙は微小領域では非常に複雑な動きをしている。しかし、ある領域毎の変化として表すことによりFig. 14に示すように煙全体の動きとして捉えることができる。

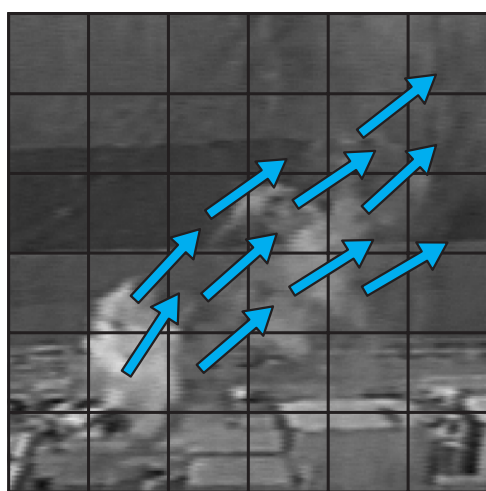


Fig. 14 Motion information of smoke by optical-flow-method

(c) 判定

以上の識別方法から得られた結果を総合的に判定することにより、気象の変化や移動物体(人、車)

照明のぎらつきなどの外乱を除去し、煙を精度よく検知することができるようになる。

(4) 動画像を利用した油水界面計測⁹⁾

① 界面計測の実際

タンク内の液面や油水分離における油水界面などの監視・制御が必要な場合が多い。既存技術として、フロート式・インピーダンス式・差圧式・光学式などの様々な液面計・界面計が市販されている。しかし、これらの既存技術が適用できるためには、測定原理である比重やインピーダンス等の特性が安定していることが前提条件となる。実際には、計測対象の特性が一定でない、2液間の差が非常に小さいなどの事情により市販装置が適用できない現場も多く残されている。

画像による界面計測の問題点

Fig. 15は当該分離槽のサイトグラスから内部を撮影した画像の例である。抽出すべき界面よりも明らかにコントラストの高い様々なノイズが画像に含まれている。通常の画像処理でこの画像から界面のみを抽出することはまず不可能である。また、この画像は一例であり、実際には昼夜・天候・周囲の状況等によって画像の明るさや映り込むノイズが時々刻々変化する。このような変化に対応できるロバストな計測技術の確立が必要であった。

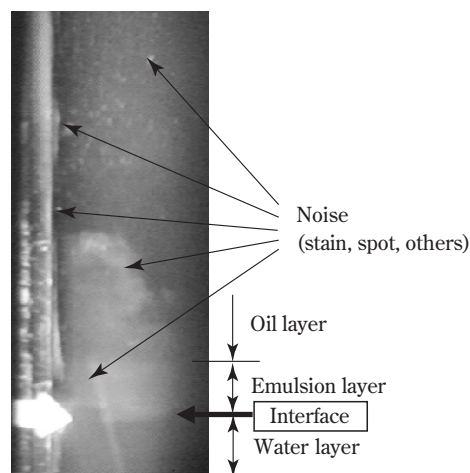


Fig. 15 Observation of a sight glass on the oily water separating tank

動画像を用いた界面抽出アルゴリズム

画像処理手順をFig. 16に示す。時間差をおいた2枚の原画像(a)のフレーム間差分をとると同図(b)のようになる。この画像の輝度分布(同図(c))から統計的手法により閾値を自動的に決定し二値化することにより、同図(d)のような動き抽出画像を得る。この画像から、界面の移動方向(いま界面が上

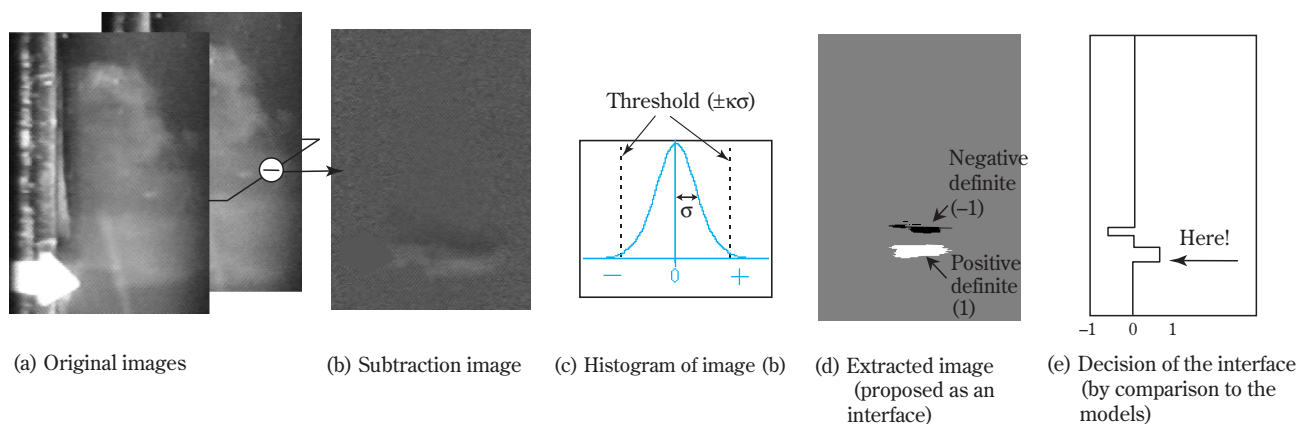


Fig. 16 Examples of image processing

昇中であるか下降中であるか)をパターン認識の手法を用いて判別し、同図(e)に矢示するように界面位置を特定する。

信頼性100%を達成するための工夫

一般に、フレーム差分を利用した動体抽出技術は侵入者監視や交通量の計測などに用いられており、通常の用途では、動きのあったときのみ正しい情報を出力すればよい。しかし、本事例の場合は動きのあるなしに関わらず正しい界面位置を出力しなければならない。

(i) 異なる3つの画像との差分による多数決法

2枚の画像間で界面位置に差がない場合も十分にあり得る。そこで、数秒前の画像、過去一定時間の中で最も界面位置の低かった画像、および最も高かった画像の3者に対してそれぞれ画像解析を行い、このうち2つ以上の計測結果が一致したとき、その計測値を採用することとした。

(ii) 抽出された位置に界面があるかどうかの判定

界面候補として抽出された画像が本当に界面であるかどうかを判断するためニューラルネットワークを用いた。70種の界面画像および50種の非界面画像を教師データとして学習させることにより、安定した判定を実現した。

おわりに

表示材の検査においては、今のところ、まだ人間の目に勝る技術はないといわれている。しかし、要求される検査精度はすでに目視の限界を超えつつある。そのため、人間の能力を超える高精細・高速・高度判断技術を備えた自動検査システムが必要とな

っている。また、計測・監視技術で紹介したような、画像処理から生産工程への有効情報供給技術をより進化させる必要がある。「百聞は一見に如かず」といわれているように、人は視覚によって多くの情報を得ながら生産活動を行っている。今後とも、積極的に視覚情報の活用分野を広げていきたい。

引用文献

- 1) 新田 義雄, “ユーザーズガイドシリーズ ビデオセンサ導入実践ガイド”, 第1版, 電気書院, (1988), p.58
- 2) 土屋 裕, “画像処理と応用シリーズ2 画像計測 (Imaging and Analysis)”, 初版, 昭晃堂, (1994), p.4
- 3) 住友化学, 特開2001 - 349839 (2001)
- 4) 安藤 護俊, 稲垣 雄史, 中野 喬, プリント配線板銅箔パターン自動検査システム, FUJITSU, 35 (6), 721 (1984)
- 5) D.L.MacAdam, Visual sensitivities to color differences in daylight, J. Opt. Soc. Am, 32 (5), 247 (1942)
- 6) 広瀬 修, 田中 幹人, 石井 明, 反射防止膜に生じる色むらの定量評価 (第2報) - むらの目立ちやすさと知覚限界の評価 -, 精密工学会誌, 70 (3), 359 (2004)
- 7) 松田 隆夫, “知覚心理学の基礎”, 初版, 培風館, p.23 (2000)
- 8) B.L.Zuber, Saccadic suppression, Quarterly progress report, I.T., 75, 190 (1964)
- 9) 広瀬 修, 鷲崎 一郎, 中井 敏雅, 画像処理を用いた分液界面の計測, 精密工学会誌, 67 (8), 1266 (2001)

PROFILE



篠塚 淳彦
Atsuhiko SHINODUKA
 住友化学株式会社
 生産技術センター
 主席研究員



清水 誠也
Masaya SHIMIZU
 住友化学株式会社
 生産技術センター
 主任研究員 工学博士



廣瀬 修
Osamu HIROSE
 住友化学株式会社
 生産技術センター
 主任研究員 工学博士



鷲崎 一郎
Ichiro WASHIZAKI
 住友化学株式会社
 生産技術センター
 主席研究員



鈴木 孝志
Takashi SUZUKI
 住友化学株式会社
 生産技術センター
 研究員