

■2 群 (画像・音・言語) - 1 編 (画像処理)

3 章 画像処理応用

(執筆者：八木伸行) [2012年2月 受領]

■概要■

画像処理技術は、日常生活のありとあらゆるところで使われている。デジカメ (デジタルカメラ)、テレビ受像機、携帯電話機、ビデオゲーム、コンテンツ制作、映画製作、画像・映像通信、立体映像システム、画像・映像アーカイブス、ドキュメントリーダー、文書管理、電子透かし、個人認証、防犯監視、交通流量計測、駐車場管理、自動車運転支援、半導体製造ライン、生産ラインでの組み立て自動化、製品検査、CT・MRIなどの医療機器、病変検出、拡張現実感による手術支援、スポーツ選手のフォーム解析指導、伝統芸能・無形文化財の映像保存、レクチャの記録、農業収穫物自動選別、栽培生育状態管理、水産資源調査、魚群探知、深海調査、宇宙からのリモートセンシング、人体計測、疑似化粧・疑似衣装着などファッション支援、メディア・アートなど、画像処理が活躍する応用分野の例をあげたら、枚挙に暇がない。

このように、画像処理は、社会インフラを支える重要な技術となっている。カメラ、ディスプレイは意識するものの、浸透しすぎていて、その中で高度な処理が行われていることを意識することがない状態である。

コンピュータの高速化、高機能化により、昔では処理時間がかかりすぎて到底実用にならなかったような複雑な処理が、実用化されている。今後も、ますます応用範囲は広がるとともに、高度化し、もっと人に社会に役立つものになると思われる。

本章では、他編、他群との重複を避け、メディア分野への応用と、セキュリティ分野、検査分野、交通分野への産業応用に焦点を当てる。

【本章の構成】

本章では、メディアへの応用 (3-1 節)、セキュリティへの応用 (3-2-1 項)、検査への応用 (3-2-2 項)、交通への応用 (3-2-3 項) について述べる。

■2群-1編-3章

3-1 メディア応用

(執筆著者：八木伸行) [2012年2月 受領]

ブロードバンド・インターネットの普及により、文字・文書メディア、画像・映像メディアの流通が、増大している。コンピュータの処理能力が高くなるとともに、インターネット上のデータ量が膨大になったことで、それ以前とは異なった処理手法、すなわち、インターネット上の大量のデータを活用した機械学習などの処理技術が導入されてきている。

3-1-1 文字・文書メディア処理

近年、文書の電子化が進んでいる。電子化によって、多くの本を持ち歩くことができるようになったり、テキスト検索によって大量の文書に簡単にアクセスできるようになるなど、利便性が格段に向上している。文書の被テキスト検索可能化に必須の技術は、文字認識技術（OCR：Optical Character Reader）であるが、その歴史は古い。日本では、郵便番号自動読み取り区分機の実用化（1967年）で本格的に実用化が行われ、今では文字認識技術は様々なところで使われている¹⁾。当初の文字認識は、枠内に綺麗に記入された文字のみが処理対象であったが、今では、図などが混在したレイアウトが複雑な文書でも、かなり高精度で読み取れるようになってきている。連続した文字列を1文字ずつに正しく分割できないと認識誤りとなるが、個々の文字の構造を解析するボトムアップ的な処理だけでなく、音声認識処理と同じように、単語や文節レベルで確からしい文字列を選択するトップダウン的な処理も行われることにより、認識誤りも減っている。文書画像処理では、文字認識技術だけでなく、文書画像を、文章、図、表などの領域に分ける領域分割処理やレイアウト構造解析処理も重要であるが、これらの技術も進展したため、文字認識技術も使いやすくなっている。以前に比べると格段に文字認識性能は上がったが、枠なしで自由に書かれた手書き文字の場合など、認識がうまくいかないケースも残っている。とはいえ、Acrobatなどのドキュメントソフトにも普通に搭載されているなど、ドキュメントリーダーによる紙文書の電子化が進み、ビジネス文書、個人文書を問わず、大量の文書が電子化されている。

そして、文字認識は、文書画像だけでなく、デジタルカメラ（デジカメ）や携帯電話で撮影した画像などに対象を拡大している²⁾。デジカメなどで撮影された場合、フォーカスが合っていない、ぶれがある、照明が均一でない、正対して撮影されていないために文字が歪んでいる、解像度が不足しているなど、これまでの文書画像の場合ではなかった悪条件による困難さもある。そもそも、文字領域を特定することすら困難なケースも多い。動的閾値処理による2値化、文字行を手掛かりとした幾何学補正、看板などの枠情報の活用、事例ベースの画質の劣化モデルの活用などが、試みられている³⁾。また、スマートフォンやタブレット PC の普及により、書きながら認識するオンライン文字認識（書いた後に認識する手法はオフライン文字認識と呼ばれる）のニーズも拡大している。

一方、文字認識性能の限界を逆手に取ったような技術CAPTCHA (Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart) も開発されている。CAPTCHAは、文字を意図的に歪ませたり傷をつけたり一部を隠蔽したりして、人にはかろうじて読めるがコンピュータには認識困難な文字を提示することで、人とコンピュータを区別して、コンピュータによる自

動ログインなどを阻害するための技術で、インターネット上で幅広く使われている⁴⁾。

文書メディア処理では、文字の処理だけでなく、図の処理のニーズもある。図形がベクトルデータとして扱えれば、CAD (Computer Aided Design) や Illustrator などの作画ソフト、DTP (Desktop Publishing) との整合性も良く、加工などの利便性は高まる。そのために、ビットマップデータである画像から線を抽出し構造解析して、線のデータの集合であるベクトルデータに変換する処理が行われる。

文字・文書メディア処理のニーズは、今後も拡大し続けるので、それに応える文字・文書画像処理技術の重要性は今後も変わらないと思われる。

3-1-2 画像メディア処理

画像の撮影手段は、フィルムカメラからデジタルカメラ (デジカメ) に急速に移行した。フィルムカメラではライトワンスゆえ枚数を厳選して撮影されていたが、デジカメだと書き換え可能になり何でも撮っておくスタイルになり、大量の画像が生成されている。個人のホームページ、ブログでも、画像は普通に使用されており、Flickr のような画像投稿サイトも隆盛である。

デジカメなどの撮像素子の高解像度化、高感度化は著しいが、手振れ補正、オートフォーカス処理、顔検出など画像処理技術を用いた高機能化も進められている⁵⁾。手振れ補正では、角速度センサを用いて振れを測定してレンズや撮像素子を動かす光学式補正があるが、画像処理による電子式補正も使われている⁶⁾。電子式手振れ補正では、高速連写した複数画像を用いて画像処理演算で振れ量を推定し位置合わせて合成することで、振れない1枚の画像を生成する。オートフォーカス処理では、ラインセンサでピントのずれ量を捉えてピント調整する位相差検出法、画像のコントラストを評価してピント調整するコントラスト検出法が使われているが、どちらも画像処理技術を用いている。最近のデジカメでは、顔検出機能により、人を検出し、そこに自動でピントを合わせたり、笑顔のタイミングで自動的にシャッターを切るスマイルシャッター機能などが搭載されている⁷⁾。顔検出がデジカメに搭載されるようになったのは、大量の顔画像データを用いた機械学習による手法⁸⁾ などにより高速に高精度で検出が可能になったためであるが、デジカメの処理エンジンの高速・高機能化による貢献も大きい。また、顔認識技術を用いた、多数の顔がある場合に特定の人に自動でピントを合わせる機能もある。更に、美肌補正、赤目補正、瞬き検出、カメラの向きを変えながら連写してパノラマ画像を生成する機能などもある。フィルムのような広いダイナミックレンジを実現する HDR (High Dynamic Range Imaging) では、露出が異なる条件で複数回連写した画像を合成して1枚の高ダイナミックレンジ画像を生成する。HDR では、白とび、黒つぶれが緩和される。HDR によってビット数が増えた画像は、表示や JPEG 圧縮する際は、目的機器のダイナミックレンジに合わせてダイナミックレンジを落とす処理 (トーンマッピング) を行う。

デジカメの普及により、非常に多くの撮影画像が蓄積されるようになり、個人レベルでも画像管理の必要が出てきた。サムネールによる一覧機能、撮影日時などを含むメタデータによる検索機能や、顔検出機能などが個人レベルで使用できるようになっている。多くの画像がインターネット上にアップロードされているが、画像にタグ付けされたテキスト情報を対象にしたテキスト検索が行われている。このタグ付け作業は手間がかかる作業であるが、これを精度よく行う方法も提案されている。Flickr では、他の人がアップロードした画像に誰でも自由にタ

グ付けができるようにして、様々な観点からの良好なタグ付けができる仕組みが採用されている。ESP game⁹⁾では、タグ付けそのものをゲーム化して、他の人と同じタグ付けをするとポイントが得られる仕組みが採用されている。

画像検索では、テキスト検索とともに、類似画像検索のサービスも普及している。類似画像検索技術は古くからある技術ではあるが、Googleなどが無料でサービス提供したことで、インターネット上のすべての画像が対象となり、身近なものになった。類似画像検索では、色、模様、構図などの物理特徴量をベクトル、インデックス化して、これを対象に高速検索を実現している¹⁰⁾。同じ技術を用いて、違法コピーの検出、アダルトコンテンツの検出も行われている。MPEG-7では画像の同一性判定を行うためのメタデータである Visual Signature の標準化が行われている¹¹⁾。Visual Signature では、静止画だけでなく、動画にも適用可能な特徴量が規定されている¹²⁾。少ない情報量で表現できるので、高速マッチングが可能であり、画像の加工編集に対しても頑健である。

画像メディアの保存・流通には、JPEG などの非可逆符号が使われるのが一般的となっている。JPEG では、DCT などの周波数領域での画像処理が使われているが、これにより、大きく圧縮しても見た目の画質があまり低下しなくなった。携帯電話端末に普通にカメラが搭載されるようになってきているが、撮影した画像を簡単に携帯網（今は広帯域であるが狭帯域のときから）で、伝送できるようになったのは、この圧縮符号化技術の貢献が大きい。

3-1-3 映像メディア処理

従来、電波による放送、ケーブルテレビぐらいに限られていた映像コンテンツの配信は、インターネットのブロードバンド化により、インターネット上でも盛んに行われるようになってきている。映像コンテンツは、プロだけでなく、素人にも大量に生産されるようになり、YouTube などの動画投稿サイトが人気である。放送局自身も、インターネット上で、放送済みのコンテンツの動画配信を行っている。なかでも人気なのは、キャッチアップサービス（見逃した放送番組を放送直後から見られるサービス）で、世界中で実施されている。YouTube には、素人の作品だけでなく、番組 PR ビデオ、プロモーションビデオなどのプロの作品も、多く掲載され、多くのユーザから支持されている。このような動画サービスの人気で、北米では、既にインターネットのトラフィックの 6 割が動画だと言われている。

映像コンテンツは、以前はスイッチャ、編集機などの高価な専用機器を使用して制作されていたが、最近ではノンリニア編集機などパソコンベースのシステムによる制作に移りつつある。映像記録媒体も、ビデオテープから、ディスク、半導体メモリに代わりつつあり、映像素材をサーバで管理するファイルベース制作に移りつつある¹³⁾。ファイルベース制作により、複数の人が同時に同じ素材を視聴したり、編集したりすることが可能になり、機動性は格段に良くなった¹⁴⁾。これらの変化は、コンピュータの高速・高機能化、ディスクの大容量化、MPEG などの映像符号化技術によるものである。また、パソコンベースの画像処理により、様々な加工合成が簡単にできるようになった。簡単なものでは、色調整、ノイズ軽減、画質改善、幾何学変換、キー合成などであるが、画像認識技術を使って、例えばボールや選手の運動軌跡抽出し、これをビジュアライゼーションしたり、実写の動きに合わせ CG を合成するなど高度な画像処理技術も使用されている¹⁵⁾。多くは、生中継にも使用するために、リアルタイムの高速処理が実現されている。これらの技術は、アマチュア用のシステムにも導入されつつあり、素人でも

安価に容易に高度な映像表現ができるようになってきている。

一方、映像コンテンツの流通のためには、コンテンツ管理も重要である¹⁶⁾。ここでキーとなるのが、コンテンツに関する記述情報であるメタデータである。メタデータは、大量のコンテンツに効率良く検索するためには必須のものである。このメタデータ、例えば、このショットあるいはシーンには、誰々が映っている、何々が映っている、何々している、得点シーンであるなどの情報は、人手で付与するのが一般的であるが、画像処理技術を用いて付与する技術(メディア解析)が研究開発されている¹⁷⁾。映像コーパスを用いた機械学習による手法により、以前に比べると高い精度で認識できるようになってきた¹⁸⁾が、まだ人手に匹敵する精度のメタデータ付与ができるレベルにはない。そこで、自動と手動を組み合わせることで効率的にメタデータ制作が可能なフレームワークも提案されている¹⁹⁾。

現在は、インターネット上でも、様々な映像コンテンツを検索して視聴可能になっているが、その一方で、著作権違反の違法コピーも流通している。デジタル化により、オリジナルと全く同じクローンが簡単に作成できるようになったためである。コピーを見つけるためには、画像と同様に、映像の物理特徴を効率よく抽出して照合処理を行う。この Content-Based Copy Detection (CCD) は、映像解析・検索の評価ワークショップである TRECVID でもタスクとして設定されている²⁰⁾。この技術は、違法コピー検出だけでなく、CM 監視などにも応用できる。

違法コピーを抑止する技術のひとつとして、画像処理技術を用いる電子透かし(Watermarking)がある²¹⁾。映像メディアでは、デジタルテレビ機器用の DTCP (Digital Transmission Content Protection), HDCP (High-Bandwidth Digital Content Protection), DVD 用の CSS (Contents Scrambling System), CPRM (Content Protection for Recordable Media), BD (ブルーレイディスク) 用の AACS (Advanced Access Content System) のコピー制御技術(ネバーコピー、コピーワンスなど)が導入されているが、これらは映像そのものではなく、映像ストリームにフラッグを立て機器間同士で認証し合うものである。電子透かしは、画像そのものに埋め込んだことが分からないように情報を埋め込むので、どのような機器で再生されても、映像として表示されれば検出が可能になる。空間領域で埋め込む手法、周波数領域で埋め込む手法などがある²²⁾。いずれにしても、電子透かしが有効となるためには、画像の加工や圧縮などへの耐性が重要である²³⁾。画面の再撮などに耐性がある方式も開発されている。

また、映像メディアの表示装置であるディスプレイの大型化、高解像度化が進んでいる。デジタル放送への完全移行に伴い、フル HD (ハイビジョン) 画素 (1920×1080 画素) がメジャーとなっている。4K 画質 (3840×2160 画素) のディスプレイも発売されている。その一方で、DVD をはじめ SD 画質 (720×480 画素) の素材も多く存在する。このような場合、アップコンバートして表示する必要があるが、従来の双 1 次内挿や高次フィルタによる線形処理ではない超解像技術が導入されるようになってきている²⁴⁾。超解像技術は、入力画像のナイキスト限界を超える周波数成分を再構成する方式で、従来は演算量の関係で実装できないでいたが、半導体技術の進展に伴い低価格で処理エンジンの高速化ができるようになり導入されるようになった。フレーム内処理、フレーム間処理を組み合わせた処理が実装されている²⁵⁾。

立体テレビへの注目も集まり、2D 映像を 3D 映像に変換する機能も実装されているものもある。サイドバイサイド方式による 3D 放送(左眼右眼の画像を水平画素を半分にして横に並べ 2D 映像として送る方式)は、通常の 2D 放送に比べ水平解像度が半分となるので、これを超解像技術で高めている。また、2D 映像を疑似的に 3D 映像にするために 2D 映像から奥行き情報

を推定する必要がある。前にある物体ほど視差間の動きが大きいという特徴を応用し、動きベクトル検出をベースに奥行き情報を求めるなど、様々な処理を行うことで3D化を図っている²⁶⁾。これ以外にも、機械学習に基づき構図の識別を行うことにより、奥行きを推定することも行われている。

映像メディアは、今後もこれまで以上に発展・活用されることが望めるが、これを支える画像処理技術も、同様に発展が期待される。

■参考文献

- 1) 黒沢由明, 入江文平, 水谷博之, 登内洋次郎: “実社会での利用が広がる文字認識技術,” 情処誌, vol.51, no.12, pp.1530-1537, 2010.
- 2) J. Liang, D. Doermann, and H. Li: “Camera-based analysis of text and documents: a survey,” International Journal on Document Analysis and Recognition (IJ DAR), vol.7, no.2-3, pp.84-104, 2005.
- 3) 黄瀬浩一, 大町真一郎, 内田誠一, 岩村雅一: “デジタルカメラによる文字・文書の認識・理解,” 信学誌, vol.89, no.9, pp.836-841, 2006.
- 4) Luis von Ahn, B. Maurer, D. Abraham, and M. Blum: “reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measurement,” Science, vol.321, no.5895, pp.1465-1468, 2008.
- 5) 西村 享, 堀井洋史: “デジタルカメラの高画質化技術,” 映情学誌, vol.63, no.6, pp.725-730, 2009.
- 6) 芝崎清茂: “デジタル一眼レフカメラの手振れ防止技術,” 映情学誌, vol.61, no.3, pp.279-283, 2007.
- 7) 山下隆義, 井尻善久, 木下航一, 川出雅人: “シャッターチャンスを逃さない顔の検出, 表情の認識技術,” 映情学誌, vol.62, no.5, pp.708-713, 2008.
- 8) P. Viola and M. Jones: “Robust Real-time Face Detection,” International Journal of Computer Vision (IJCV), vol.57, no.2, pp.137-154, 2004.
- 9) Luis von Ahn and Laura Dabbish: “Labeling Images with a Computer Game,” ACM CHI 2004, 2004.
- 10) 片山紀生, 佐藤真一: “類似検索のための索引技術,” 情処誌, vol.42, no.10, pp.958-964, 2001.
- 11) ISO/IEC 15938-3:Information technology - Multimedia content description interface - Part 3: Visual, Amendment 4.
- 12) 工藤大樹, 西川博文: “画像同定技術:Visual Signature,” 三菱電機技報, vol.85, no.11, pp.657-660, 2011.
- 13) M. De Geyter and L. Overmeire: “File-Based Workflows: Key Challenges in Real-World Facilities,” SMPTE Mot. Imag. J., vol.120, no.2, pp.37-42, 2011.
- 14) 青木一浩: “ニュース番組制作～ファイルベースワークフロー～,” 映情学誌, vol.66, no.1, pp.27-32, 2012.
- 15) 八木伸行: “スポーツ番組制作における画像処理・認識技術の応用,” 信学誌, Vol.90, no.7, pp.556-560, 2007.
- 16) D. Van Rijsselbergen, M. Verwaest, E. Mannens, and R. Van de Walle: “How Metadata Enables Enriched File-Based Production Workflows,” SMPTE Mot. Imag. J., vol.119, no.4, pp.27-38, 2010.
- 17) 馬場口登: “マルチメディア検索の技術動向,” 映情学誌, vol.64, no.1, pp.58-63, 2010.
- 18) 佐藤真一: “マルチメディア解析・検索研究のための大規模コーパス,” 映情学誌, Vol.64, No.8, pp.1213-1218, 2010.
- 19) 住吉英樹, 佐野雅規, 八木伸行: “メタデータ制作フレームワーク,” 映情学誌, vol.61, no.2, pp.152-157, 2007.
- 20) 佐藤真一, 篠田浩一: “映像解析・検索評価ワークショップ TRECVID2010 の概要,” 信学技報, PRMU2010-211, 2011.
- 21) G. C. Langelaar, I. Setyawan, and R. L. Legendijk: “Watermarking Digital Image and Video Data,” IEEE Signal Processing Magazine, vol.17, no.5, pp.20-46, 2000.
- 22) 新見道治: “情報ハイディングの現状と展望,” 信学論, vol.J93-A, no.2, pp.52-61, 2010.
- 23) F. Hartung and M. Kutter: “Multimedia watermarking techniques,” Proc. of the IEEE, vol.87, no.7, pp.1079-1107, 1999.
- 24) 井田 孝: “テレビにきれいに映像を映し出す超解像技術,” 日本機械学会誌, vol.113, no.1102, pp.18-19, 2010.

- 25) 三島 直, 山内日美生: “CELL レグザの超解像技術,” 東芝レビュー, vol.65, no.4, pp.15-18, 2010.
- 26) 岩井啓助, 菊池義浩, 河原邦彦: “高画質な 3D 表示を実現した CELL レグザ 55X2,” 東芝レビュー, vol.66, no.1, pp.41-44, 2011.

■2群-1編-3章

3-2 産業応用

3-2-1 セキュリティへの応用

(執筆著者：越前 功) [2012年2月 受領]

本節では、画像処理の産業応用、特に情報セキュリティ分野に関する産業応用について述べる。具体的には、画像処理に係る(1)バイオメトリック認証、(2)プライバシー保護技術、(3)電子透かし技術、(4)盗撮防止技術を取り上げ、それらが産業応用と関わる部分について概説する。

(1) バイオメトリック認証

指紋、血管パターンや顔などの個人の特徴を表す生体情報を用いて、機械やシステムに対するユーザ認証を行う技術(バイオメトリック認証)の普及が進んでいる¹⁾²⁾。バイオメトリック認証は、パスワードや暗証番号などの本人知識による認証やIDカードや鍵などの本人所有物による認証と異なり、個人の身体的特徴や行動的特徴を用いた認証技術であり、以下の条件を備えた生体の測定結果を用いて本人を確認する技術である³⁾。

* 普遍性 (Universality : 誰もが持っている特徴であること)

* 唯一性 (Uniqueness : 本人以外は同じ特徴を持たないこと)

* 永続性 (Permanence : 時間の経過とともに変化しないこと)

表 2・1 に代表的な身体的特徴を用いたバイオメトリック認証の特徴を示す。

表 2・1 バイオメトリック認証の種類 (3) より一部引用)

| パラメータ | 特徴 | 課題 | |
|--------|--|--------------------------------|--|
| 指紋 | ・特徴点(端点、分岐点)の位置 ・特徴点とほかの特徴点を横切る隆線の数 | ・指紋画像の品質 ・衛生面の確保 ・社会的な受容 | |
| 網膜 | 毛細血管パターン | ・非接触で認証可能 ・コピーが困難 | 眼底撮影と同様の専用装置が必要 |
| 虹彩 | 瞳孔の開きを調節する筋肉のパターン | ・非接触で認証可能 ・眼球内部の疾病等の影響がない | 睫毛の影響 |
| 血管パターン | ・静脈パターンの直接照合 ・静脈の分岐点, 方向 | ・非接触で認証可能 ・心理的抵抗が少ない | 自然光, 脂肪層の影響 |
| 顔 | ・主成分分析を用いた固有顔 ・目, 口, 鼻の位置や形状など | ・非接触で認証可能 ・心理的抵抗が少ない | ・時間的な変化 ・眼鏡, ひげなどの影響 ・照明や撮影角度, 背景などの制約 |

表が示すように、身体的特徴を用いたバイオメトリック認証では、生体の特徴点やパターンなどを本人固有の特徴として用いるため、取得画像から特徴点やパターンを抽出する特徴抽出や、パターンマッチングなどの特徴照合の性能が認証精度を左右する。画像処理の進展により、様々な環境下においても高精度で認証できる認証技術の確立が期待できる。

(2) プライバシー保護技術

画像・映像機器やWebサービスの普及に伴い、生活のあらゆる時間・空間で個人のナビゲー

ジョン支援や観光案内などの有益なサービスが受けられるようになった。一方で、被写体のプライバシーに関する問題が指摘されている。カメラが取得した画像や映像に、被写体の顔に代表されるプライバシー・センシティブな情報 (PSI: Privacy-Sensitive Information) が含まれている場合、これらの画像・映像が流通することで、プライバシーの侵害となる可能性がある⁴⁾。プライバシー保護のための画像処理技術として、被写体の顔画像の画素値を近傍ピクセルの画素値を用いて加重平均する手法⁵⁾や、被写体の顔画像と同様な特徴を持つ複数の顔画像との間で平均化された顔画像を生成する手法⁶⁾が提案されている。また、被写体と観察者の関係に基づいて適応的に顔部や人体部の見え方を制御する手法⁷⁾も提案されている。更に、顔や人体のような一見して明らかなプライバシー保護対象だけではなく、個人住居の前に駐輪された親子の自転車のように、情報の組合せによってプライバシーの侵害となる対象についても検討が始められている⁸⁾。

(3) 電子透かし技術

電子透かし技術は、人間には知覚できない微小な変更を画像や音声コンテンツに加えることで、コンテンツの属性情報をコンテンツに不可分に埋め込み、その情報を検出する技術である。例えば、コンテンツが画像の場合、画像の明るさや色に微小な変更を加えることで情報を埋め込む。電子透かしの代表的な用途を表 2・2 に示す。

表 2・2 電子透かし技術の用途 (9) より一部引用

| 用途 | 埋め込み情報 | 埋め込み情報の利用方法 |
|------------|-------------------|--------------------------|
| 著作権の確認 | 著作権者の ID | コンテンツに対する著作権の確認、主張 |
| 著作権の問い合わせ | 著作権者の ID | コンテンツの権利照会 |
| 不正コピー元の特定 | 配布先の ID | 不正コピーされたコンテンツから不正コピー元を特定 |
| 機器制御 | レコーダやビューワなどの制御コード | コピーやディスク保存の可否をコンテンツごとに指定 |
| コンテンツ管理 | メタデータ、コンテンツ ID | コンテンツの検索、流通管理、課金 |
| 関連情報の表示・誘導 | URL 情報など | コンテンツの関連情報の表示や関連情報への誘導 |

電子透かし技術は、一部の画像・映像配信サービスで実用化されている^{9),10)}が、本格的な普及にあたっては、以下の技術課題を満たす必要がある¹¹⁾。

- * コンテンツの品質劣化防止：コンテンツの価値を損なわず情報を埋め込むこと。
- * コンテンツ処理への耐性：コンテンツの正規・不正流通時に想定される加工・編集を行った後からでも埋め込んだ情報を検出可能なこと。
- * 誤検出の防止：情報を埋め込んでいないコンテンツから情報を検出する確率や、埋め込んだ情報と異なる情報を検出する確率が実用上問題のない範囲にあること。
- * 埋め込みビット数の確保：電子透かしの使用目的を達するために十分なビット数を埋め込むこと。
- * セキュリティ：電子透かし方式の推定及びそれに基づく埋め込み情報の除去や改ざんが容易でないこと。また、電子透かしの悪用した不正行為が容易でないこと。
- * 処理時間の低減：情報の埋め込み及び検出の処理時間が実用的な範囲にあること。
- * 実施コストの低減：電子透かしの実装コストが実用的な範囲内であること。

(4) 盗撮防止技術

近年、映画館でスクリーンに表示された映画を盗撮し、海賊版として販売する著作権侵害事例や、ディスプレイに表示された医療情報や空港管制情報を盗撮して公開する情報漏えい事例が多発しており、このような盗撮を防止する対策が求められている。従来対策として電子透かし技術を用いて不正コピー元（盗撮者）を特定する技術があるが、この技術は、盗撮者による盗撮行為を直接的に防止できないという課題があった。この課題を解決するために、ディスプレイやスクリーンに表示されたデータやコンテンツの盗撮を無効化する技術の検討が進められている^{12),13)}。この技術は、人間の視覚とデジタルカメラの撮像デバイスの分光感度特性の違いに着目し、人間の視覚に影響を与えずに撮影画像にノイズを付加する近赤外線光源をディスプレイやスクリーン側に設置することで、既存のデジタルカメラに新たな機能を追加することなく、盗撮を無効化することが可能となる。この技術は、映画館における盗撮防止用途や、ディスプレイに表示した機密情報や個人情報の盗撮防止用途のほか、美術品や工場内設備などの撮影禁止物の盗撮防止用途に適用可能である。

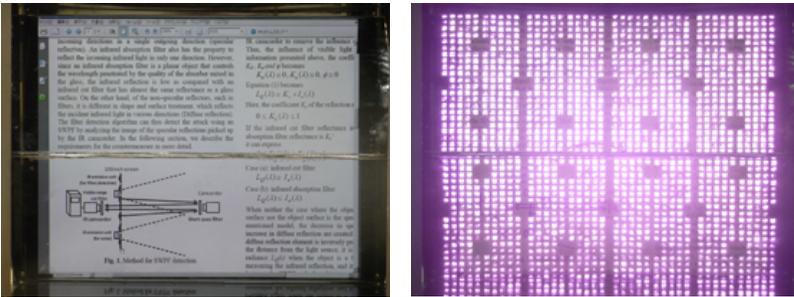


図 2・1 ディスプレイ盗撮防止技術の妨害効果 (左：ノイズ効果なし、右：ノイズ効果あり)

■参考文献

- 1) 日立製作所：“指静脈認証ソリューション,” <http://www.hitachi.co.jp/products/it/veinid/index.html>
- 2) 富士通：“てのひら静脈認証,” <http://jp.fujitsu.com/solutions/palmsecure/>
- 3) 佐々木良一(監修):“情報セキュリティの基礎,”第6章 バイオメトリック認証,pp.68-84, 共立出版,2011.
- 4) 馬場口登：“視覚的なプライバシー・センシティブ情報とその処理,”監視社会におけるプライバシー保護のあり方特集号, システム/制御/情報, vol.54, no.6, pp.242-247, 2010.
- 5) R. Gross, E. Airoldi, B. Malin, and L. Sweeney : “Integrating utility into face de-identification,” Proc. Int'l Workshop on Privacy-Enhanced Technologies (PET 2005), pp.227-242, 2005.
- 6) E. Newton, L. Sweeny, and B. Malin : “Preserving privacy by de-identifying face images,” IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering, vol.17, no.2, pp.232-243, 2005.
- 7) N. Babaguchi, T. Koshimizu, I. Umata, and T. Toriyama : “Psychological study for designing privacy protected video surveillance system: PriSur,” Protecting Privacy in Video Surveillance (A. Senior ed.), pp.147-164, Springer, 2009.
- 8) 嶋田 茂, 越前 功：“景観画像に潜在するプライバシー保護対象のマイニング,” 第29回 暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2012) 講演予稿集, 1E2-6, 6 pages, 2012.
- 9) 日立製作所：“電子透かしプリントソリューション,” http://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/Secureplaza/sec_prod/densisukusi/index.html
- 10) 日立公共システムエンジニアリング：“動画電子透かし SDK,”

<http://www.gp.hitachi.co.jp/eigy/product/movieright/index.html>

- 11) 佐々木良一(監修)：“情報セキュリティの基礎,” 第7章 情報ハイディング, pp.85-98, 共立出版, 2011.
- 12) 山田隆行, 合志清一, 越前 功：“人間とデバイスの感度差を利用した映像の盗撮防止方式,” 情報処理学会論文誌, vol.52, no.2, pp.877-889, 2011
- 13) T. Yamada, S. Gohshi, and I. Echizen：“iCabinet: Stand-alone implementation of a method for preventing illegal recording of displayed content by adding invisible noise signals,” Proc. of the ACM Multimedia 2011 (ACM MM 2011), pp.771-772, 2011.

3-2-2 検査への応用

(執筆者：興水大和, 青木公也, 渡辺 隆) [2012年2月 受領]

検査はなくせないのか？ ものづくりに携わる人間は、この課題が常に頭の中にある。

製品を製造する過程において、品質保証を無視すれば検査をしなくとも製品は完成する。この完成品に欠陥がある確率は、非常に小さな値だと予測できるが、それを購入したユーザの生命を脅かすような重大な問題が発生することもあるため、供給前にそれを排除する工程が必要になる。そこで、欠陥を発生させない製品設計、生産設備の開発が望まれる。しかし、設計構想時、予測した欠陥現象の対策を講じることが常識であるにも関わらず、防止できていないのが現実である。製品の複雑化、製造コストの問題、新たな技術の投入などにより、欠陥現象自体が多様化・複雑化してきており、課題解決の困難さは増してきている。故に現時点では、ものづくりの現場から検査をなくすことはできない。

生産設備の自動化が進められてきた現在において、工場検査員の目の代替として考えられてきた画像技術は、ハードウェアを含む技術の進化とともに、一部の検査は、人間の目を越えた機能を果たすようになってきている¹⁾。生産システムにおける画像技術は、品質を保証するためには必須であり、製品の信頼性確保、歩留まり向上、作業時間の短縮につながることから、製造現場において必要不可欠な技術であることが認知されている。

本項では、画像技術を利用した非破壊検査、回路基板検査、工場での検査に関する現状、課題及び今後の展望について述べる。

(1) 非破壊検査における画像処理

機械部品や構造物の表面及び内部の有害なきず(巣, クラックなど)(**図 2・2**)を、検査対象を破壊することなく検出する技術である非破壊検査は、対象へ放射線や超音波などを入射して、内部のきずを検出する方法、物体表面へ電流や磁束を流してきずを検出する方法が一般的であるが、機械部品及びコンクリート構造物のクラック検出、繊維製品表面のきず²⁾、ガラス基板表面のきずとほこりの識別³⁾、半導体内部のボンディングワイヤの変形、切断⁴⁾など、この分野においても画像技術の導入が進められている。



図 2・2 機械部品表面の欠陥現象

欠陥を背景から分離する撮像環境を整備することが、検査を安定させるための重要な要素となる。一般的には、斜光照明により欠陥凹凸部の光を乱反射させて、周辺部とのコントラストを確保することが知られている。欠陥は数十 μm 程度の大きさのものもあるため、それを考慮した撮像系の設定が必要になるが、画素サイズは、その1/10以下の設定が必要であり、レンズ倍率の関係から視野が物体の検査範囲を満足することは稀である。そのため、ラインセンサカメラを採用することも少なくなく、物体もしくは撮像系を精度よく動かすシステムの構築が、検査精度向上のための重要な要素になる。更に、屋外の構造物に対し同様のシステムを構成するためには、自然環境の変化への柔軟な対応、構造物の外形に沿った撮像系の動作システムの構築が必要であるが、環境と範囲を限定した検査システムが一般的であり、実用化には至っていない。

物体内部のボイド、ショートなどの欠陥現象を検出するためには、X線を用いた検査技術が採用される。従来、汎用検査装置を用いた現象解析用としてのオフライン検査が主流であり、半導体製造においては、ボンディングワイヤの欠陥を精度よく判定するための線構成画像探索アルゴリズムが提案されている⁴⁾。近年、X線源と検出装置によるインライン検査が可能になってきており(図2・3)、欠陥検出の技術は進化している。撮像系のカスタマイズにより物体表面と内部検査の切り替えが可能となる反面、表面検査システム同様の課題が残る。

この分野の画像検査を更に普及させるためには、物体形状に追従させることへの対応、屋外環境に対するロバスト性の向上が課題となる。

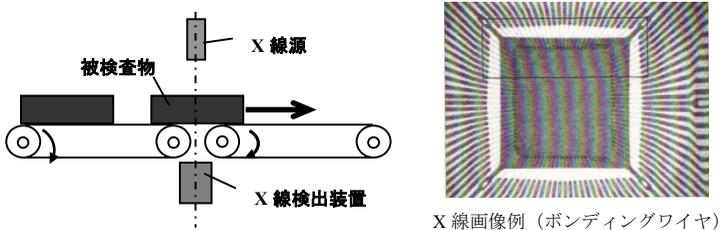


図2・3 X線を使用したインライン検査例

(2) 回路基板検査における画像処理

AOI (Automatic Optical Inspection) として知られる回路基板検査装置であるが、一般的に回路パターンの欠陥、クリームはんだ塗布状態の欠陥、はんだバンプの欠陥、はんだ接合状態の欠陥などの検出機能などを有し、導入される検査工程は、はんだ付け前後に分類できる。

回路パターンの検査は、本来同じ形状であるはずの2つのパターンを相互比較する一対比較法が採用され、ICなどのように同一形状が繰り返し存在する検査対象用として、局所的に発生するごみの付着によるパターン異常の検査に力を発揮した⁵⁾。また、CADデータと実物を比較する手法⁶⁾も現れた。クリームはんだ、はんだバンプの欠陥検出には、光切断法または合焦点法⁷⁾を利用した3次元検査の研究が進められ、実用化に至っている。

図2・4に示すはんだ接合状態の検査は、スポット光を利用した光切断法⁸⁾にて高さデータを取得する手法が主に用いられてきた。当初、従来の画像処理においては、その解析データが多量なため、処理時間の関係上、物体の必要な箇所だけに光を照射し、間引いた2次元データと

して検査を行っていた。現在は、処理の高速化とイメージセンサの普及により、連続測定をすることが可能となり3次元形状を生成できるようになっている。また、位置と広がりを精密に調整した照明をはんだ接合部に照射し、その反射光のハイライトパターンから、はんだ付けの良否を判断する手法が採用されたが、近年、赤、緑、青の3種類の色彩光を基板に対して異なる仰角の方向から照射し、図2・5に示すはんだフィレットの傾斜状態を、3色の分布パターンで表現する、カラーハイライト方式⁹⁾が実用化されている。また、現在は幅広い業界において、製品のコンパクト化・高機能化・高性能化のニーズによって、BGA (Ball grid array)、CSP (Chip Size Package) のような下面電極部品の採用が大幅に増加している。これらの部品のはんだ接合部はパッケージによって隠蔽されているため、目視による外観検査ができない。更に電気的導通検査では、はんだ接合部の強度は検査できないため、X線を使用した検査が必要とされており、実用化が進められている。

この分野における画像検査は、ニーズに応えた機能、性能を有する安定したシステムが供給されている状態である。今後は、大幅に増加してきている下面電極部品へ対応するため、廉価なシステム開発が課題になってくる。

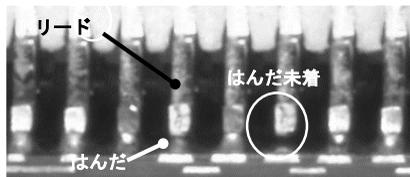


図2・4 はんだ接合欠陥例

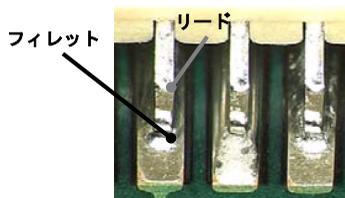


図2・5 はんだフィレット

(3) 工場での製品検査における画像処理

生産工場における画像技術は、既になくってはならない存在になっている。電化製品、食品、医薬品、電子部品、自動車など、製造工程単位の必要なタイミングで画像検査は利用されている。検査内容も製造物により様々であり、多品種少量生産のニーズにより、専用にカスタマイズした仕様で、計測、物体の有無、形状評価、きず・異物検出、文字・記号印字の誤りなどの検査を行う(図2・6)。ユーザの品質安定化に対する要求は高く、また、ぎりぎりまでのコスト低減を執行しているメーカーにとって、自社の優位性を示せる手段としても品質を疎かにすることはできない。故に、致命的な欠陥はもとより、軽微な欠陥検出のための検査も一般的になっている。これは、比較的廉価な汎用画像検査装置の高機能化、低コスト化が進められてきたことに起因する。また、検査工程には不良品を市場に流出させないという基本機能のほかに、不

良要因を細かく分析して上流の工程にフィードバックするという、不良の発生を減少させるための情報発信の役割が求められていることも普及の理由に挙げられる。

多品種少量生産のニーズに対応するためには、生産設備の一部もしくは全体を汎用化することが求められる。検査システムについても一品一様の専用装置を避けるため、撮像環境の統一化、アルゴリズムの汎用化が重要な要素となる。更には、機種切り替え時のメンテナンスフリー化を目標としたシステムづくりも重要な要素である。現在、生産設備の稼働率向上につながるこの要素を達成することは難しく、多くの製造現場において課題となっている。

工場検査員の感性が重視される官能検査の分野においては、画像検査の欠陥検出及び合否判定精度は十分ではない。そのため、疑わしい現象は不良と判定することが一般的であり、歩留まり、設備稼働率の低下が発生することから、検査員の目による検査をゼロにはできないのが現状である。集中力が頼りのこの作業は、ヒューマンエラーをゼロにすることは不可能であり¹⁰⁾、置き換わる客観的な検査システムの開発が求められている¹¹⁾。

この分野における画像検査は、システムの更なる低コスト化、汎用性を持つ撮像環境の構築、メンテナンス性の向上、人間の感性の定量化が今後の課題である。

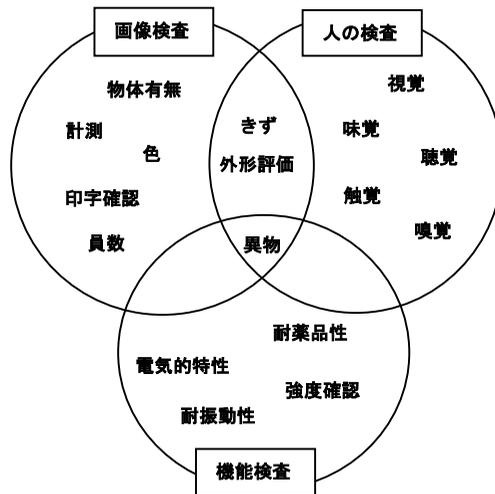


図 2・6 検査の種類と分類

■参考文献

- 1) 榎 澤信, 野口稔, 肥塚哲男: “特集 産業を支える画像技術～その広がりと学術・技術的深化～生産システムにおける画像技術,” 映像情報メディア学会誌, vol.65, no.11, pp.1490-1496, 2011.
- 2) 藤原久永, 章 忠, 戸田 浩, 川畑洋昭: “2 次元推移不変 RI-Spline ウェーブレットによる繊維製品表面検査,” 信学技報, vol.102, no.532, pp.61-65, 1992.
- 3) 住江伸吾, 西元善郎: “ガラス基板表面のきずとほこりの識別,” 電学論 C, vol.112-C, no.2, pp.89-96, 1992.
- 4) 青木公也, 金子豊久, 杉浦史晃, 野々山明男, 玉木清英, 宇田良美: “画像処理による半導体集積回路内部ボンディングワイヤ検査,” 精密工学会誌, vol.70, no.2, pp.230-235, 2004.
- 5) 橋本 学, 鷺見和彦, 坂上義和, 川戸慎二郎: “輪郭点情報を用いた高速テンプレートマッチングアルゴリズム,” 信学論, vol.J74-D-II, no.10, pp.1419-1427, 1991.

- 6) 前田俊二, 窪田仁志, 牧平 坦, 二宮隆典, 中川泰夫, 谷口雄三: “カスケードパターンマッチングによる LSI ウェーブ多層パターン自動外観検査,” 信学論, vol.J72-D- II, no.12, pp.2012-2022, 1989.
- 7) 田井 悠, 光藤 淳, 石井 明: “可変焦点ミラーを用いたはんだパンプ列の実時間 3 次元計測システム,” ViEW2006, pp.32-36, 2006.
- 8) 中川泰夫, 押田良忠, 二宮隆典, 佐々木秀昭: “スポット光操作方式光切断法によるはんだ付部の形状検出,” 計測自動制御学会論文集, vol.22, no.9, pp.62-67, 1986.
- 9) 和田洋貴: “はんだフィレットの検査方法および基板外観検査装置,” 特開 2008-309580 (P2008-309580A), 2008.
- 10) 渡辺 隆, 草野 洸, 藤原孝幸, 奥水大和: “製造現場におけるヒューマンエラー防止のための画像処理を用いた電子部品 3 次元インライン検査システム適用の可能性,” 電学論 D, vol.126-D, no.11, pp.1430-1438, 2006.
- 11) 奥水大和: “総論: 画像技術の広がり及深化の展望—その学術哲学的試論—,” 映像情報メディア学会誌, vol.65, no.11, pp.1478-1489, 2011.

3-2-3 交通への応用

(執筆著者: 小沢慎治) [2012年2月 受領]

(1) 交通全般における画像処理

交通分野には、鉄道路線、道路、航路、航空路などの交通路と、自動車、列車、航空機、船舶など人や貨物を運ぶ運搬具とがある。それぞれ開発、製造過程があり、そこでも画像処理が応用されているが、これらはいわゆる FA の範囲と考えられる。また、防犯カメラが普及するよりかなり早くから各所に監視カメラが設置され監視員によるモニタリングと証拠目的の録画が行われてきた。

画像処理技術が交通機関の運用において適用されたのは道路交通に関する場合が最初である。交通は人や貨物の移動手段であるが、鉄道、航空、船舶では、会社などが運営し、操縦も専門家が行うのに対して、道路交通では一般の人が自由度のある道路において自動車を操縦するという特徴があるため、衝突などの事故や交通渋滞などが発生し、ドライバーに対する支援が必要となった。1974年にはインフラ側に設置されたカメラ映像の画像処理による、交通管制のための「画像情報の抽出・処理による交通流計測」¹⁾が行われ、1978年には車両に設置されたカメラ映像の画像処理により自動運転を目指した「画像処理によるガードレール検出による自動走行システム」²⁾も行われた。

道路交通以外の交通機関では専用軌道、空中、海上など走行するため専用の航法が確立しており、画像処理へのニーズは少ない。しかし、鉄道の場合でも歩行者、乗客が関わる、踏切、プラットフォームなどにおいては人の安全のための画像処理が行われ、ホームからの転落・踏み切り横断者、信号機の色灯の判別、及び設備の保守点検のための目視検査を画像処理に置き換える試みもある。船舶の場合は死角が多いため自船周りの映像表示、及び画像センサによる船舶のトラッキングなどの例がある。これらの画像処理は道路交通における画像処理と類似していることもあり、この項では道路交通における運用時の画像処理について述べる。

(2) 道路交通における画像処理

その後の高速道路の建設、自動車の台数の増加に伴うニーズの増加とコンピュータの性能が発展したことが相俟って、効率の良い Transportation のための、運行管理、道路の保守、車両同士及び車両と歩行者の衝突防止などの安全支援、などに画像処理技術が利用されるようになってきた。走行路の逸脱、他車両との衝突などが懸念され、安全支援が必要である。更には、旅

行計画、渋滞回避、環境負荷の軽減、高齢者や身体の不自由な人の運転支援などが期待されるなど快適な運転を支援することが行われている。

インフラ側に設置したカメラの映像には通過車両、歩行者、落下物などが撮影されている。現状では高速道路の本線のように車両が直線的に走行する場合と、分合流部または料金所周辺のように車両が2次元的に走行する場合、また一般道のように交差点、横断歩道などがあり歩行者も撮影されている場合などがある。車両に設置したカメラの映像には自車両の前方、側方、後方の他車両、レーンマーク、などが撮影されていて、周辺の監視に用いられる。また、ドライバーを撮影して、ドライバーの状態を監視するものもある。

道路交通管理を実現するためには広範囲の情報収集、複雑な情報処理、多くの情報の中からドライバーに適した情報を選択した情報提示が必要であり、情報収集装置の一つとして道路側に設置されたカメラの画像処理が重要な位置を占めている。また、安全運転支援においては自動車に設置されたカメラの画像処理により、安全な走行路の検出、落下物、先行車及び周辺車両、歩行者など、避けなければならない状態の検出が必要となる。

表2・3に道路交通における計測の目的と判断すべき項目の例を示した³⁾。道路・交通管理者及びドライバーが必要とする項目とセンサが直接計測可能な項目とは異なるから変換が必要である。

表2・3 道路交通における検知・計測項目

| 目的 | 判断項目 | 計測項目 |
|----------|-------|-----------|
| 走路の情報 | 道路形状 | 水平曲率・垂直勾配 |
| | 自車両姿勢 | 変位・方向角 |
| | 障害物 | 先行車・落下物 |
| | 路面の状態 | 湿潤・凍結・損傷 |
| | 視程 | 霧・降雨・降雪 |
| 経路の情報 | 自車両位置 | ランドマーク |
| | 旅行時間 | 交通流・車番認識 |
| | 駐車場情報 | 車両計数 |
| ドライバーの状態 | | 居眠り・脇見 |
| 交通状況 | 交通流 | 速度・位置・密度 |
| | 走行状態 | 渋滞・避走 |
| | 異常状態 | 停止・事故 |

計測項目の欄にある項目はすべて画像処理の対象であるが、画像以外の交通流検知センサも用いられており、精度、価格などの面で競合関係にある。路側カメラからのTV画像からは空間的に広い面積の情報が得られるので画像処理による計測が行われている。画像処理技術では車両の検出、速度の計測ばかりでなく、人間の視覚と同様に様々な状況を認識する機能を実現できるとして大いに期待されている。

(3) 交通管制のための画像処理

交通管制のための画像処理で最も基本となるのはインフラ側からの車両検出である。表1の多くの項目は車両検出の後処理として実現される。

(a) 車両検出

画像処理により車両を検出する方式として、背景差分、時間差分方式が用いられることが多いが局所特徴量を用いる方法もある。

(b) フレーム間差分・背景差分法

フレーム間差分は時間的に連続したフレームと隣接するフレーム同士の差分をとることにより画像の輝度値の変化した部分が求められる。これを利用して移動体の領域と考えられる部分を抽出するもので、環境の変化に対して比較的安定である。当然ではあるが、物体が静止していれば対応できない。

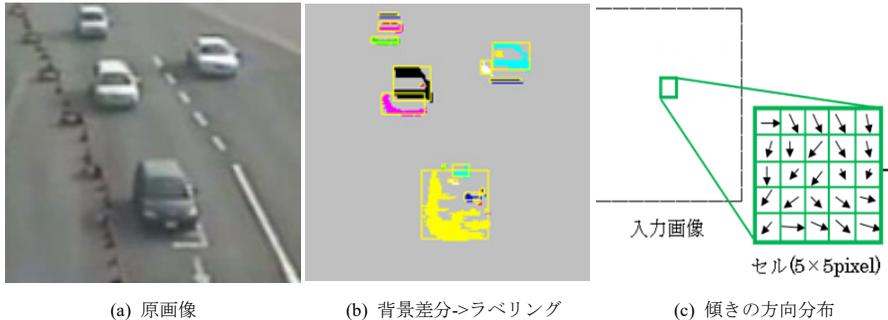


図 2.7 車両検出手法

背景差分法は移動体のない背景画像と入力画像の差分画像から移動物体領域を抽出するものである。背景が安定していない場合は移動体領域がうまく抽出できない。また、背景が時間的に変化する場合は背景画像を適応的に逐次更新する必要がある。

どちらの手法も差分⇒2値化⇒ラベリングの手順で図 2.7(b)に示すような車両領域が得られる。得られた1つのラベルが1台の車両に対応することが理想であるが、1台の車両が分割され複数のラベルになることも、複数の車両が繋がって1つのラベルになることもしばしばあり、後処理が必要になる。

(c) 局所特徴量

画像を複数の領域に分割し、領域毎の特徴量に基づいて、移動物体を抽出する方法もある。図 2.7(c)に示したのは、入力画像を5×5画素の小領域に分割して、画素ごとに8方向の勾配方向を求めたものである。勾配方向のヒストグラム(HOG)を領域特徴とするもので、正解とそれ以外のサンプルについてHOGのような特徴量を算出して、SVM、Boostingなどの機械学習により車両領域がどうかを判定するものである。

いずれの方法でも実際には更なる工夫が必要であり、車両を検出するとき、ヘッドライト、テールランプや車頭、車尾の特徴のある部分の検出が行われている。ヘッドライトやテールランプの検出処理においては高さを補正して車両位置を推定している。車頭や車尾の検出では車両の下影を検出して精度の安定化を図っている。

(d) 車両追跡

検出した車両の動きを把握する方式として、計測領域内で検出した車両位置を追跡することにより車両の走行軌跡を捉えることも行われる。走行軌跡を判定することにより事故、避走などが判定可能である。また、車両進行方向のプロジェクトンと時刻データをもとに時空間画像を作成し、車両を追跡する方式もある。

(e) 車両識別

車両識別はその目的により、要求精度が異なる、旅行時間を計測するような場合には車両を特定することが要求されるのでナンバープレートの認識が利用され、料金所など車種分類を要求される場合には車両の寸法計測が利用される。ナンバー認識では走行中の車両画像からナンバープレート部分だけを抽出することが不可欠であり、多くの試みがある。車両寸法計測は、有料道路や駐車場などの料金所での車種判別に用いられる。

(f) 旅行時間

ある地点から他の地点まで走行するのに必要な時間を旅行時間と呼ぶ。画像処理による車番読み取りを多くの地点で行い、同一車両と判定できれば実測旅行時間を得ることができる。実測旅行時間から目的地までかかる旅行時間を予測して予測旅行時間を求めることが行われている。

(g) 駐車場における車両計数

駐車場の駐車状況を検出する方式には、入車台数と出車台数を検出し、それらの差から駐車場内部の駐車台数を算出する方式と、直接駐車領域の車両の有無を検出し駐車台数を求める方式とがある。また、車両の有無を判別する方式では、駐車領域のテクスチャが路面と異なることを判定基準とするなど静止画像処理で行う方式と、車両の移動を軌跡として追跡し抽出された移動軌跡が車両であるかどうかを判定する動画処理による方法とがある。

(h) 異常状態

異常状態は、事故、火災、故障、違反などによる停止車両と定義されている。側壁や道路施設などへの接触、追突による停止、前方の障害を回避するための急ブレーキによる停止などでは、停止に至るまでに急激な速度変化を伴うため、この変化を検出する方法がある。画像処理で求めた走行軌跡から、通常停止、急停止、蛇行、本線逸脱及び横向き停止などの詳細な項目の検出も試みられている。

(4) 運転支援のための画像処理

運転支援のための画像処理で最も基本となるのは車載カメラからのレーンマーク検出と車両周辺の車両検出である。表 2・3 の多くの項目はこれらの後処理として実現される。

(a) レーンマークの抽出

高速道路、幹線道路においては走行路がレーンマークと呼ばれる白線で区画されている。レーンマークは輝度が高いので2値化処理などによって、図 2・8(b)に示すように求めることができる。



(a) 原画像

(b) レーン抽出画像

(c) 後方車両の抽出

図 2・8 車載画像の処理

(b) 車両検出

インフラ側のカメラと異なり車載カメラの車両映像は背景が車両の走行に伴って移動するので背景差分法を用いることはできず、空間微分・フレーム差分などを用いて検出する。ただし、レーンマークには曲率があり自車の走行するレーンを走行する車両を検出するためにレーンマーク抽出結果を利用している。

(c) ドライバーの振る舞い検出

車載カメラでドライバーを撮影して、脇見、居眠りなどを検出して、ドライバーに警告することも行われる。

■参考文献

- 1) 高羽禎雄：“画像情報の抽出・処理による交通流計測,” 生産研究, vol.27, no.19, 1975.
- 2) 機械技術研究所：“画像処理によるガードレール検出による自動走行システム,” 1978.
- 3) 知的交通計測調査専門委員会：“知的交通計測,” 電気学会技術報告, 第 512 号, 1994.