《2》
実世界に学ぶ画像技術 ～現実と展望～

《2-3》
放送映像機器・メディア産業の画像技術

駒野目 裕久[†], [正会員] 三 須 俊 枝^{††}, 望 月 貴 裕^{††}

キーワード 視認向上, 超解像, 映像符号化, 画像復元型符号化, ブロック領域, カメラアングル推定

1 ま え が き

放送分野では、撮像、伝送、記録、合成・編集と多岐にわたり画像処理技術が活用されてきた。

例えば、カメラでは人の肌を滑らかに表現するスキントーンディテール機能。限られた帯域で映像を伝送・記録するための高能率画像圧縮技術や国際間の放送方式の違いを変換するテレビ方式変換技術。さらに、ビデオスイッチャの2D/3Dデジタル特殊効果やヴァーチャル・スタジオでのCG合成。そして、編集装置のスタビライズ機能等、さまざまな機器に組込まれている。

地上デジタル化によるHDTV化、さらに、4K、スーパーハイビジョンと高精細化が進むにつれ、これら映像加工、変換処理に対する高画質化の要求は、以前にも増して高まっている。また、映像のシーン解析を行うことで、将来の新たな放送サービスを探る研究も進んでおり、画像処理技術の深化が進んでいる。

本章では、画像処理技術の深化が進む放送分野の中から、次の三つのテーマで技術紹介を行う。

- ・放送分野における画像処理技術
- ・符号化応用技術としての超解像技術
- ・サッカー放送における次世代コンテンツ制作技術

第2節「放送分野における画像処理技術」では、現状の放送分野における画像処理適用の例として、テレビ方式変換技術の解説と視認性向上技術について述べる。

さらに、第3節「符号化応用技術としての超解像技術」では、NHKが次世代放送として進めているスーパーハイビジョンの超高圧縮映像符号化技術への、超解像技術の導入について紹介する。

そして最後の第4節「サッカー放送における次世代コンテンツ制作技術」では、次世代放送の新たなサービスを目指し研究を進めているコンテンツ制作技術の中から、サッカ

ーを例に、フォーメーションデータ取得へ適用した画像処理技術を紹介する。
(駒野目)

2 放送分野における画像処理技術

放送分野では、映像加工、変換に伴う画像劣化改善に画像処理技術が適用されてきた。近年では、超望遠撮影による劣化画像の改善にも画像処理技術が応用され始めている。

本節では、画像推定を伴うテレビ方式変換技術を振り返るとともに、映像の視認性向上への応用として、鮮鋭化処理について述べる。

2.1 テレビ方式変換技術¹⁾

テレビ方式変換処理は、走査線数、フィールド数、色信号変換とSDTV/HDTV変換機能から構成される。これら変換処理で最も大きな課題は、変換後の画像劣化を極力抑えることである。

ここでは、テレビ方式変換の主要技術である走査線数変換技術とフィールド数変換技術について概要を述べる。

2.1.1 走査線数変換

SDTV時代、PAL方式(625本)とNTSC方式(525本)の走査線数の違いから走査数変換処理が必要であったが、現在のHDTVにおいても複数の方式があり、1,080(1,125本)と720(750本)の走査数変換処理が必要となる。

走査線数変換は、変換対象となるテレビ方式の有効映像領域の走査線数(垂直方向のサンプリング数)の違いを変換するもので、走査線内挿処理が基本的な処理となる。ただし、現行のテレビ方式は飛び越し走査を行っているため、一旦、順次走査変換(IP変換:インタレース・プログレッシブ変換)を行い、垂直方向にサンプリング周波数変換処理を行うのが一般的である。

ここで、画質に大きく影響を与えるのが順次走査変換処理で、動物体のフィールド間の動きずれから生じる垂直解像度劣化をいかに抑制するかが大きな課題となる。

従来は、フレーム間差分等から静止画像/動画像の判定を行い、静止画と判定すれば前フィールドのデータを用いてフィールド間内挿を行い、動画像と判定すればフィールド内補間フィルタによるフィールド内内挿を行う、動き適応型順次走査変換が主流であった。この方式は、静止画像

[†] 池上通信機株式会社

^{††} NHK放送技術研究所

"Image processing technology on Broadcast and Media Industry" by Hirohisa Komanome (Ikegami Tsushinki Co., Ltd., Tokyo), Toshie Misu and Takahiro Mochizuki (NHK Science & Technology Research Laboratories, Tokyo)

図1 動き補正内挿

の垂直解像度は改善されるものの、動画像については改善されない課題がある。

この課題改善手法として、内挿ライン（フィールド）の前後2フィールドから動きベクトルを検出し、動き補正処理により内挿ラインを生成する動き補償型順次走査変換^{3) 4)}がある。これにより、動画像における垂直解像度の劣化を改善することができるが、次項のフィールド数変換でも述べるように、動きベクトルの検出精度が直接画質に影響する課題がある。

2.1.2 フィールド数変換

フィールド数変換は、60フィールド $\leftrightarrow$ 50フィールドの変換処理である。従来は、複数フィールドを用いてフィールド内挿する方式が用いられていたが、線形フィルタを用いて動き部分のジャーキネスの影響を画像をぼかすことにより改善を図っているため、原理的に動画像の解像度劣化が避けられない課題がある。

この課題解決に、前項の動き補償型順次走査変換と同様に動きベクトルを検出し、動画像そのものの位置補正を行うことで解像度劣化を改善する方式がとられている。この動き補正内挿方式の原理を図1に示す。この方式は、前フィールドを図1 (a)、現フィールドを図1 (b)、求める内挿フィールドを図1 (c)とし、フィールド内挿比を α としたとき、フィールド(a)と(b)から動きベクトル $\mathbf{V}$ を検出し、(a)を $\alpha\mathbf{V}$ だけ位置をずらした信号と、(b)を $(\alpha-1)\mathbf{V}$ だけずらした信号との加重加算によって求めるものである。

動きベクトルを用いた動き補正内挿処理は、動きベクトルの検出精度がそのまま変換画質に影響を与えてしまうため、高精度かつ高確度の動きベクトル検出法を用いた提案⁵⁾も行われている。しかし、さまざまなシーンにおいて、高精度・高確度の動きベクトル検出は難しく、誤検出時の画

質劣化改善処理が映像全体の品質に大きな影響を与える。今日の装置に実装されている誤検出時の処理手法は、各社の長年の画質改善技術ノウハウによるところが多い。

2.1.3 超解像技術

地上デジタル放送によりHDTV化された現在、SDTV時代に製作した多くのコンテンツを、HDTVに変換する処理は重要なものとなっている。従来は、順次走査変換後のフレーム画像を補間処理で拡大し、エッジ強調フィルタを通すことで見かけ上の解像感を上げていた。しかし、最近では「超解像技術」により、SDTVで失われたディテール（スペクトル）をHDTVで復元し、解像感を上げるものも実用化し始めている^{6) 7)}。

超解像処理には、画像のエッジ部の自己合同性を利用した手法⁸⁾、低解像度の画像を光学系のぼけと捉え結像方程式と確率論のBayesの定理を用いた手法⁹⁾、連続する複数枚の画像のサンプリング点のずれを利用し復元する手法¹⁰⁾など、種々の手法が提案されている。今後、4K、スーパーハイビジョンと高精細化が進むにつれ、解像感向上技術として重要になりつつあり今後の発展が期待される。

2.2 視認性向上技術

2011年3月11日に発生した東日本大震災の報道映像で、福島第一原子力発電所の事故状況を、30km以上はなれたヘリコプタから撮影し、鮮明な映像として放送されたことは記憶に新しいところである。

近年、このような遠距離からの望遠撮影による不鮮明な映像の鮮鋭化や、極端な明暗差を含むダイナミックレンジの広いシーンでの階調つぶれやコントラスト低下を改善する装置^{11) 12)}が、放送分野において活用され始めている。

ここでは、人の視覚特性を反映し、視認性の高い画像再現を図る技術として、古くから知られているRetinexの概要について紹介する。

Retinex理論¹³⁾は、E.H. Landが考案した視覚モデルで、人の目に入る光は物体の反射率と照明光の積で決まるが、人の知覚は照明光の影響を除去し反射率に強い相関を示す、というものである。

Retinexは、入力画像を I 、被写体の反射率を R 、照明光分布を L とすると、 I は L と R の積、すなわち、

$$I = L \cdot R \quad (1)$$

の式で近似できるという理論に基づいている。つまり、何らかの方法で照明光分布 L を推定できれば、入力画像 I と照明光分布 L の比から、反射率画像（被写体画像） R を得ることができる。

このようなRetinexの簡易なモデルとして、SSR (Single Scale Retinex) 手法と呼ばれるものがある。このモデルでは、照明光分布 L をガウシアン関数 G の畳み込み積分で平滑化し、次式に示すように、入力画像 I と推定された照明光分布 L との比から反射率画像（被写体画像） R を求めるも

図2 Retinex サンプル1

図3 Retinex サンプル2

のである。

$$R = \log \frac{I}{L} \quad (2)$$

$$= \log \frac{I}{G \otimes I} \quad (3)$$

⊗：畳み込み積分

図2、図3にRetinexを適用した結果を示す。

図2は、横浜ランドマークタワーから、およそ30km離れた東京スカイツリーを約23倍の望遠で撮影した画像である。排気ガス等で非常に不鮮明な画像であるが、Retinexの処理後の補正画像では鮮鋭化が図られていることが確認できる。図3も同じく、横浜ランドマークタワーから撮影した富士山の画像である。これも、原画像に対し補正画像では山の稜線等が鮮鋭化され視認性の向上が図られていることが確認できる。

RetinexのSSRモデルは、明暗差の大きい画像において、照明光成分が急激に変化するエッジ付近でハロー*が発生することが知られている。図3においても若干、ハローの発生が確認できる。この課題解決にエッジ保存型平滑化フィルタを適用した改善などが提案されている^{14) 15)}。

今後、報道現場の映像処理技術として、視認性向上技術は重要度が増していくと思われる。

(駒野目)

* ハロー：Halo Effect. 輪郭強調処理等を行った際、エッジ付近で白または黒の縁取りの不具合が発生する現象。図3 (b) でのハローとは、手前町並みと山脈の境界に発生している白い縁取りを示す。

3 映像符号化への超解像技術の導入

NHKでは、スーパーハイビジョン¹⁶⁾の開発を進めているが、その実現のためには超高精細映像に見合った高品質、超高圧縮の映像符号化技術の確立が急務となっている。

現行放送においては、映像符号化方式として、BSデジタル放送や地上デジタルテレビ放送にはMPEG-2、ワンセグにはMPEG-4 AVC/H.264が用いられている。いずれの方式も、動き補償予測、直交変換、変換係数の量子化およびエントロピー符号化をベースとした手法である。

このような構成の映像符号化方式では、極端に低いビットレート時に、動き補償予測や直交変換の単位である矩形ブロックに起因するブロック歪みや、ピクチャ(スライス)間での画質のばらつきに起因するフリッカなどが目立つようになる。これらの歪みや雑音は、四角い形状や周期パターンとして映像上に現れるため、目につきやすい。

一方、超解像やフレーム内挿による画質改善が、市販のテレビ受信機のセールスポイントになるなど、受信機における画像処理技術が、実用に供せられるようになってきている。

筆者らは、情報削減を従来のようにレベル方向の量子化だけに頼るのではなく、空間方向の標本化にも分担させることで画質劣化を目立たなくすることができるのではないかと、超解像技術を応用すれば間引いた標本点の情報を補完できるのではないかと考え、映像符号化の新しいフレームワーク「画像復元型符号化」を提案している¹⁷⁾。

3.1 画像復元型符号化

筆者らの提案する画像復元型符号化方式の構成例を図4に示す。本方式では、従来の映像符号化方式をコア(以下、コア符号化)として、その前後に標本化に関する処理を付加するのが特徴である。

このような構成をとることで、標本化、量子化を総合した観点での最適性は若干失われるものの、①標本化とコア符号化を独立に最適化できる、②コア符号化は、将来新たな符号化方式に置き換えられる、といったメリットを生じる。

送信側では画像解析やパラメータの最適化を行い、絵柄に応じた標本化制御を行えるようシステムを構成した。この解析結果や最適化パラメータは、サイド情報として受信側へ通知することで、超解像復元の高精度、安定化、高速化を図っている。ここでは、各構成要素のさまざまな組合せかたのうち、表1に示す2例について紹介する。

3.1.1 超解像復元

従来、超解像や画像復元の手法として、

- (1) フレーム間位置合わせによる折り返し歪みからの高域復元
- (2) フレーム内での自己合同性・自己相似性の利用
- (3) スペクトル低域・中域からの高域生成
- (4) 撮像時のブレ、ぼやけ、標本化などの劣化の逆問題

図4 画像復元型符号化の構成例

表1 画像復元型符号化のプロトタイプ2手法

	手法A	手法B
画像縮小	適応間引きフィルタ・不均一標本化	Daubechies ウェーブレット分解
サイド情報	画像特徴	制御パラメータ
超解像復元	逐次モンテカルロ (ディザ+再構成)	ハイブリッド (ウェーブレット+再構成)

解法

(5) 低解像度画像と高解像度画像の対のデータベース

(6) 不良設定問題の正則化

といった技法を、一つまたは複数利用する手法が数多く提案されている¹⁸⁾。従来の超解像問題や画像復元問題では、入力として得られるのは縮小あるいは劣化画像のみであり、撮像時に生じた画像劣化モデルも未知であることが多い。このため、劣化モデルを適当に仮定することや、例えば点光源の像などから推定することが行われている。

一方、画像復元型符号化においては、劣化過程（画像縮小およびコア符号化）は制御可能であり、生じる「劣化」を自由に設計することができる。また、送信側には「真値」としての入力画像が存在するため、超解像の効果を最大限に引き出すよう、パラメータを事前調整することも可能である。このため、

(1) 劣化過程のモデルを積極的に利用するアプローチ

(2) 符号化側での最適化を前提とするアプローチ

が有効である。

筆者らは、両アプローチの独自手法として、符号化劣化の逆問題を逐次モンテカルロ法で解く超解像手法¹⁹⁾と、送信側での最適化を前提としたウェーブレットベースのハイブリッド型超解像手法⁵⁾を開発し、効果の検証を行った。

逐次モンテカルロ型超解像法¹⁹⁾の構成と動作を図5に示

す。本手法では、復元結果を複数の仮説によって表現する。これらの仮説に対し、符号化側と同様の画像縮小を適用し、縮小仮説を作る。各縮小仮説と入力された縮小画像とを比較し、各仮説の尤度を縮小画像における画素単位で評価する。尤度の高さに比例して、仮説の該当領域を複製または削除することで、仮説を再編成する。さらに、再編成された仮説をベースとして、雑音を付加して高域成分を生成すること（ディザ）や、現フレーム入力に対して位置合わせすること（再構成）で、新たな仮説を提案する。以上の手順を繰り返すことで仮説集合を収束させ、その期待値を代表値として求めることで復元画像を得る。

一方、ハイブリッド型超解像法²⁰⁾は、図6に示すように、入力された縮小画像の高域から復元画像の高域を推定するウェーブレット型の単一フレーム超解像と、前後の参照フレームの位置合わせに基づく再構成型超解像のハイブリッドである。

本手法では、高域推定のモデルパラメータおよび参照フレーム・位置合わせ情報は、符号化側において原画を参照して教師付きの最適化を行っておく。このため、復元処理は、サイド情報として受け取った最適化済みの復元制御パラメータにしたがって、フィルタ処理および動き補償を行うだけでよい。復号側の演算コストを抑えることができる。

3.1.2 画像解析・最適化

前述のように、画像復元型符号化では、送信側に超解像復元が目指すべき「真値」としての入力画像が存在する。このため、入力画像を解析して複雑度や超解像の難易度を評価し、画像縮小の仕方を適応化することができる（図4(a)）。

手法Aでは、入力画像における局所領域ごとの複雑度をトータルバリエーション（TV）により定量化することとした。入力画像（図7（a））をブロック分割し、ブロック内の水平方向TVノルムを求めたものが、図7（b）である。空の

図5 逐次モンテカルロ型超解像 (ディザ+再構成)

図6 ハイブリッド型超解像 (ウェーブレット+再構成)

部分はテクスチャが平坦なため、複雑度が低くなっている。

手法Bでは、図4 (b) に示すように、送信側において受信側の超解像復元と同様の処理を試行し、復元結果が入力画像に近づくよう、復元パラメータを最適化する。こうして最適化されたパラメータを、サイド情報とし受信側へ伝送することで、超解像復元を安定かつ最適に動作させることができる。

図7 画像縮小の例

3.1.3 画像縮小

画像縮小には、標本化間隔（縮小率）と、間引きフィルタ（折り返し歪み）の2種類の設計自由度がある。

画像を縮小すればするほどコア符号化の圧縮率が緩和されるため、ブロック歪み等の符号化劣化は改善する。反面、復号側での超解像復元がより困難になり、ぼやけが生じやすくなる。手法Aでは、図7 (b) の複雑度が高い領域ほど標本化間隔が細くなるよう制御している（図8 (a)）。その結果、図8 (b) のように、高域復元の必要の少ない平坦な領域を大きく間引いた縮小画像を得ることができる。

また、超解像復元に再構成型超解像を用いる場合には、画像縮小時に折り返し歪みを織り込むことが必要である。

図8 テクスチャの複雑さに応じた画像縮小

しかし、折り返し歪みを多く付加しすぎると、再構成時に折り返し歪みを戻しきれずジャギーが残留してしまう。手法Aでは、間引きフィルタの帯域を、動領域ではナイキスト周波数超に、静領域ではナイキスト周波数ちょうどになるよう制御している。

一方、手法Bではウェーブレット分解に用いるDaubechies基底のインデックス番号を可変とすることで、折り返し歪みを制御可能としている。こちらは、ルールベースでの制御ではなく、送信側での最適化の結果として適切なインデックス番号が選択される仕組みとなっている。

3.2 符号化結果

4K2K映像 (3,840×2,160画素, 60fps, RGB4:4:4) を従来方式 (MPEG-4 AVC/H.264) で符号化した場合と、画像復元型符号化方式で符号化した結果の比較を、図9および図10に示す (500×250画素の領域切出し)。圧縮率は約1/100 (サイド情報を含む) で統一した。従来方式で生じていたブロック歪みやテクスチャ欠損が、手法A, Bともに改善している。また、手法Aは、水面のようなランダムなテクスチャに、手法Bは岩の裂け目や草の葉のような構造的なテクスチャに対して、有利な傾向を示している。

本結果より、映像符号化の前後において縮小および超解像を行うことで、符号化画質を改善できることを確認でき

図9 実験結果 (水面)

図10 実験結果 (岩肌)

た．今後，各種超解像法の絵柄に対する有効性を考慮して手法を統合するなど，更なる画質改善を進め，スーパーハイビジョン符号化方式への適用を目指す． (三須)

4 サッカー放送における次世代コンテンツ制作技術

次世代のスポーツ放送では，単なる映像中継に留まらず，ゲーム全体の流れのデータ提示や過去のゲームとの比較など，視聴者のそのスポーツに対する関心度を高めるための工夫が求められている．スポーツの中でもサッカーは，世界中で非常に人気が高く，サッカー放送における選手の配置および動きを表す「フォーメーションデータ (以下FD)」は，放送における視聴者や解説者への参考データの提供や，サッカー中継映像や過去の大量の試合映像の戦術データのWEB配信など，多角的な応用が考えられる．これらの応用例の実現には，リアルタイム，あるいは，それに近い高速処理が必要となる．

そこで筆者らは，処理の高速化に重きを置いたFDの生成手法を提案した^{21) 22)}．さらに，上記で述べたサービスを視野に入れたFDの可視化例を示す．

4.1 フォーメーションデータ生成処理

以下に，FDの生成の大まかな流れを示す．処理3の，フィールドを俯瞰撮影しているカメラのカメラアングル (以下CA) 探索処理における離散的アプローチ (後述) が，高速化を実現している．

処理1：入力フレームの「芝色」画素比率を求め，「フィールド俯瞰フレーム (メインカメラで撮影されたフィールドのルーズショット)」か否かを判定．

処理2：一定数毎のフィールド俯瞰フレームの系列からブロック配置データを生成する (4.1.1項)．

処理3：参照CAデータセット (4.1.2項) を用いて，ブロック配置データに対応したサッカーフィールド空間上のCAを特定，選手配置データを生成 (4.1.3項)．

処理4：選手配置データの時間方向での集約により，FDを生成 ((4.1.4項)．

4.1.1 ブロック配置データの生成

ブロック配置データは，一定数のフィールド俯瞰フレーム毎に生成されるデータであり，以下の要素から成る．

- (1) 先頭フレーム画像における以下のデータ
 - ・選手領域の配置，チーム分け
 - ・ラインを含むブロック (ラインブロック) の配置
- (2) 次フレーム以降のフレーム系列から求めた選手領域の動きベクトル

選手領域の特定は，HOG (Histograms of Oriented Gradients)²³⁾ 画像特徴のReal AdaBoost²⁴⁾を用いた学習による手法を適用する．また，チーム分けは，選手領域における非芝画素領域の色により区別する．ラインブロックの

図11 テンプレートによるラインブロック選定

図12 ブロック配置データ例

選定基準は，各ブロックを3×3のサブブロックへ分割し，白色画素比率の高いサブブロックの配置が，あらかじめ準備した有限個のテンプレートと合致した場合とする．図11に，テンプレートとラインブロックの選定例を示す．また，選手領域の動きベクトルは，ブロックマッチングによる領域追跡処理に基づき算出する．

図12にブロック配置データの可視化例を示す．濃色矩形領域が選手領域，薄色ブロック領域がラインブロックを表している．また，選手領域の中心を始点とした直線は動きベクトルである．

4.1.2 参照カメラアングルデータセットの構築

ブロック配置データに対応した，サッカーフィールド空間上のCA特定のために必要な，「参照CAデータセット」について述べる．参照CAデータセットは，いくつかのパラメータの設定のみで，撮影領域を表す台形の離散的回転と撮影軸への離散的シフトにより，自動的に構築される．設定すべきパラメータを以下に挙げる．

- (1) 台形の上辺の長さ (高さ (下辺は下記の仮想カメラ位置により自動的に決定))
- (2) 仮想カメラ位置
- (3) カメラ位置を中心とした台形の回転角の最大値，最小値，および間隔
- (4) 各回転角における撮影軸方向への台形のシフト幅の最大値，最小値，および間隔

これらのパラメータの設定により，サッカーフィールド座標空間上に，複数の台形領域 (以下CA領域) がセットさ

図13 参照CAデータ例

図15 FDの可視化例

図14 CA特定および選手配置データ生成例

れる。それぞれのCA領域について、フレーム画像と台形の頂点座標の対応により、フレーム画像座標空間からサッカーフィールド座標上のCA領域への射影行列が求まる。そして、フレーム画像上の各ブロックの頂点座標を、射影行列により射影し、CA領域の各分割領域(ブロック領域)の頂点座標が定まる。このようにして定められた各CA領域が、参照CAデータセットの1データとなり、以下の要素で構成される。

(1) 上述の射影行列

(2) ラインを含むブロック領域(ラインブロック)の配置

図13に、参照CAデータ例を示す。台形の網目状に分割されたそれぞれの領域が、上述のブロック領域である。

4.1.3 カメラアングル高速特定および選手配置データ生成

前節で構築した参照CAデータセットの探索により、ブロック配置データに対応したCAを特定する。具体的には、ブロック配置データと参照CAデータのラインブロックの配置を比較し、最も合致した参照CAデータのCA領域を特定結果とする。このCA探索における離散的アプローチ(参照CAデータセットの離散性、ブロック配置の比較)が高速化へ大きく貢献している。

特定されたCA領域の射影行列を用いて、ブロック配置データの各選手領域とその動きベクトルをフィールド座標空間へ射影する。このようにして、選手配置データが生成される。生成された選手配置データ例を図14に示す。

4.1.4 フォーメーションデータの生成と可視化

ここまでの処理で求めた選手配置データ系列を1分、5分などの一定区間(以下、「単位時間」とする)毎に集約することにより、FD系列を生成する。

各FDは、チーム区別や時間などのメタ情報と、フィールドの分割領域(I, J) ($I=1, \dots, D_x, J=1, \dots, D_y$) 毎のデータにより構成される。ここで D_x, D_y は、それぞれ、 x 方向、 y 方向のフィールドの分割数である。FDの構成要素の詳細を以下に述べる。

(1) チーム区別

(2) T_U : 単位時間(分), T_S : 区間の開始時刻(分)

(3) フィールドの分割領域(I, J)内の、区間 $T_S \sim T_S + T_U$ における以下のデータ

$\bar{N}_p(I, J)$: 選手配置データ一つあたりの平均選手数

$\bar{\nabla}_p(I, J)$: 選手の動き方向ヒストグラム(8方向)の度数最大方向の、選手一人あたりの平均動きベクトル

これにより、 $\bar{N}_p(I, J)$ は選手の大まかな分布を表し、 $\bar{\nabla}_p(I, J)$ は各領域での選手の代表的な動きを表す。

さらに、FDの可視化例について述べる。可視化用サッカーフィールド画像を $D_x \times D_y$ に分割し、各領域(I, J)をFDのフィールドの分割領域(I, J)に対応させる。そして、 $\bar{N}_p(I, J)$ を青色の濃さ(RGB(c, c, B), B を固定、 c を変動させる)、 $\bar{\nabla}_p(I, J)$ を矢印で表現する。図15に、FDの可視化例($D_x=D_y=5$)を示す。

(望月)

5 む す び

第2節「放送分野における画像処理技術」では、画質向上に画像処理技術が重要であることをテレビ方式変換処理を振り返り確認し、さらに、新技術(超解像技術)による更なる画質改善が継続されていることを紹介した。そして、福島原発事故での事例から、視認性向上技術の重要性を示し、一手法としてRetinexについて概要を説明した。

また、第3節「符号化応用技術としての超解像技術」では、次世代放送のスーパーハイビジョンの超高圧縮映像符号化技術への超解像技術の導入について紹介し、映像符号化の前後において縮小および超解像を行うことで、符号化画質を改善できることを示した。

さらに、第4節「サッカー放送における次世代コンテンツ制作技術」では、次世代放送の新たなサービスを目指し、視聴者や解説者への参考データの提供や、WEBにおける試合映像のデータ配信などの応用を視野に入れた、サッカ

一放送映像からのフォーメーションデータの高速生成，および可視化手法について紹介した。

今回，紹介したものは，放送分野における画像処理技術の一部に過ぎない．しかし，活用範囲は確実に広がっており，今後，高精細化進む放送システムや新たな放送サービスを支える基盤技術となり，ますます深化していくものと思われる。

(駒野目)

(2011年8月2日受付)

〔文 献〕

- 1) 内山：“テレビジョン方式変換”，テレビ誌，**45**，12，pp1534-1543 (1991)
- 2) 山内ほか：“VC31型マルチフォーマットコンバーター”，放送技術，4月号 (2005)
- 3) 栗田，杉浦：“動き補償を用いたインタレース走査画像の順次走査変換法の検討”，信学論，J78-D-II，1，pp.40-49 (1995)
- 4) 加藤ほか：“順次走査変換のための動き補償補間方式の比較と適応化の検討”，2001年映像メディア処理シンポジウム (2001)
- 5) 松雄，矢野：“4000本級超高精細映像を用いた24フレーム/秒の高精細映像へのフレームレート変換法の検討”，信学論，J91-D，2，pp.471-483 (2008)
- 6) “動く被写体の高精細さを復元できる複数枚超解像技術を開発”，<http://www.nec.co.jp/press/ja/1011/1007.html>
- 7) "Superscaler", <http://www.zaxel.co.jp/superscaler.html>
- 8) 松本ほか：“画像のエッジ部の自己合同性を利用した再構成型超解像”，信学論，J93-D，2，pp.118-126 (2010)
- 9) 江口：“虫眼鏡でナノの世界を見る”，O plus E，**28**，3，pp285-293 (2006)
- 10) 池谷，広明：“超解像ソリューション”，NEC技法，**60**，2 (2007)
- 11) 映像ダイナミックレンジ補正装置，http://www.storenet.co.jp/products/39_D-Rex.html
- 12) Pixon Imaging，http://www.pixonimaging.com/index_jp.html
- 13) E.H. Land, J.J. McCann: "Lightness and retinex theory", Journal of the Optical Society of America, **61**, 1, p.1 (1971)
- 14) 小池ほか：“Single-Scale Retinexモデルにおけるコントラストとハローの改善”，日本画像学会誌，**48**，2，pp.84-91 (2009)
- 15) 佐藤ほか：“広ダイナミックレンジ画像の高コントラスト化画像処理”，Konica Minolta Technology Report, **4**，pp.82-87 (2007)
- 16) Y. Shishikui, Y. Fujita and K. Kubota: "Super Hi-Vision - the star of the show!", EBU Technical Review, pp.4-16 (Jan. 2009)
- 17) T. Misu, Y. Matsuo, S. Sakaida, Y. Shishikui and E. Nakasu: "Novel video coding paradigm with reduction/restoration processes", PCS 2010, S2-2, pp.466-469 (2010)

- 18) S.C. Park, M.K. Park and M.G. Kang: "Super-resolution image reconstruction: A technical overview", IEEE Signal Process. Mag., **20**, pp.21-36 (2003)
- 19) T. Misu, Y. Matsuo, S. Sakaida and Y. Shishikui: "Novel framework for single/multi-frame super-resolution using sequential Monte Carlo method", ACM Multimedia 2010, pp.771-774 (2010)
- 20) 松尾康孝，三須俊枝，境田慎一，鹿喰善明：“ウェーブレット超解像処理を用いた超高精細映像符号化の検討”，2010年映像学年次大，14-10 (2010)
- 21) T. Mochizuki, M. Fujii, M. Shibata and Y. Sakai: "Fast identification of player position in soccer broadcast video by block-based camera view angle search", in Proc. IEEE International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA2009), pp.408-413 (2009)
- 22) 望月貴裕，藤井真人：“サッカー放送映像からのフォーメーションデータの高速生成と応用”，電気学会電子・情報・システム部門大会講演文集TC10-2, pp.371-376 (2010)
- 23) 藤吉弘巨：“Gradientベースの特徴抽出 -SIFTとHOG-”，情報処理学会研究報告CVIM-160, pp.211-224 (2007)
- 24) W.C. Lin, M. Oakes and J. Tait: "Real AdaBoost for large vocabulary image classification", CBMI2008, pp.192-199 (2008)

こまの ゆきひさ
駒野 目裕久

1980年，東京理科大学理工学部電気工学科卒業．同年，池上通信機(株)入社．アーケード向けビデオゲーム開発，番組送出制御システム，映像伝送システムの開発に従事．1990年，研究開発部門に異動．パラレルプロセッシング，画像処理，映像ネットワークの研究開発に従事．2001年，技術本部技術研究所所長，2007年，取締役役に就任，現在に至る．

みつ としき
三須 俊枝

1999年，東京大学大学院工学系研究科博士課程修了．1996年～1999年，日本学術振興会特別研究員．1999年，NHK入局，同放送技術研究所．現在，同テレビ方式研究部専任研究員．超解像，映像符号化の研究に従事．博士(工学)．正会員．

もちつき たかひろ
望月 貴裕

1996年，東京工業大学大学院物理情報工学専攻修士過程修了．同年，NHK入局．同放送技術局報道技術センター中継制作部を経て，1998年より，放送技術研究所にて画像認識の研究に従事．現在，同人間・情報科学部知能映像グループ専任研究員．博士(工学)．