デジタルスチルカメラ用画像符号化方式

正会員 佐々木 実[†], 正会員 小 野 朋 子[†]
 正会員 高 橋 貞 夫^{††}, 正会員 渡 邊 敏 明^{††}

Picture Coding for Digital Still Camera

Minoru Sasaki[†], Tomoko Ono[†], Sadao Takahashi^{††} and Toshiaki Watanabe^{††}

Abstract This paper describes a picture-coding technology for a digital still camera which records still images on a memory card. The JPEG (Joint Photographic Experts Group) is working on standardizing the digital compression and coding of still images. It is desirable to apply this standard to the digital still camera. However, the number of bits to record a fixed number of images on a memory card is comparatively small. We propose a method of controlling the bit rate by calculating the activity of images before coding. The quantize matrix and the bit allocation for each coding block are determined by the image and the block activity. As a result, the number of images recordable on a memory card is fixed and the coded data can be decoded with a standard JPEG decoder.

1. ま え が き

即時性, ランニングコストを考慮, VTRと同様な磁気記録の技術を使って, 小型(2インチ)のフロッピーディスクに静止画像をアナログ信号として記録する電子スチルカメラが開発され, 商品化されている. この方式の電子スチルカメラはCCDで撮像した信号をビデオ信号に変換し, フロッピーディスクにFM記録するものである. VTR, フロッピーディスクなどの従来技術が応用でき, また, 価格の安い磁気記録媒体にフィールド画像であるが50枚記録可能である.

一方, 画像信号をデジタル化して, 半導体メモリに記録するデジタルスチルカメラの開発も進んでいる¹⁾²⁾. 画像入力素子が撮像管から固体撮像素子に

変わり, 入力信号が最初から空間的に離散値であること, 静止画像といえどもディスプレイには数十フレーム/秒でリフレッシュしながら表示するため, フレームメモリが必要であること, すなわち, 入出力がデジタル向きであることから, 電子スチルカメラシステム全体をデジタル化することが有利である.

半導体メモリに画像信号をデジタルで記録する方式は以下の利点, および欠点を有する.

〔利点〕

- (1) コピーや編集時に記録信号が劣化しない.
- (2) 記録媒体, ヘッドの回転, 移動などのメカニズムを必要とせず, 信頼性が高い
- (3) LSI化がしやすく, 小型, 軽量化, 低価格化が容易.

キーワード: デジタルスチルカメラ, 静止画符号化, JPEG, ハフマン符号化

1991年9月27日受付

[†] 株式会社東芝 映像メディア技術研究所 (〒235 横浜市中区新杉田町8, TEL 045-756-3585)

^{††} 株式会社東芝 総合研究所 (〒221 川崎市幸区小向東芝町1, TEL 044-511-2152)

[†] Video and Electronics Media Engineering Laboratory, Toshiba Corporation (8, Shinsugita-cho, Isogo-ku, Yokohama 235, Japan)

^{††} Research and Development Center, Toshiba Corporation (1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 221, Japan)

- (4) 画像ファイル、画像処理が容易。
 (5) コンピュータ、伝送機器など、他のシステムとの接続性が良い。

〔欠点〕

- (1) 半導体メモリーの価格が磁気記録媒体に比べ高価。
 (2) 画像のデータ量は膨大であり、1画面の記録に要するメモリー容量が大きい。

半導体メモリーの集積度は年々増大しており、ビット当たりの単価も低下しているが、画像信号をデジタル記録する場合のデータ量は、例えばテレビ1画面で4~6 Mbにもなるため、画質劣化がない、あるいは目立たないようにデータ量を削減する技術が重要である。

本論文では、デジタルスチルカメラに必須な符号化技術について論じ、特にメモリーカードに記録する上で重要となる符号化後のデータ量を制御する方法を提案した。符号化に先立ち画像のアクティビティを求め量子化テーブルを決定し、実際に符号化を行う時にはさらにブロックごとのアクティビティを利用して各ブロックへのビット配分を行う。符号化後のビット数を細かく直接制御することにより必ず設定データ量以下にできるため、メモリーカードに記録できる画像枚数が保証されるようになった。ブロックビット配分を行っても画質劣化を増加させることはなく、しかも符号化データは標準のJPEGデコーダで復号可能なため、JPEGに従ったシステムとのデータの互換性もとれる。

2. デジタルスチルカメラの構成

デジタルスチルカメラの構成を図1に示した³⁾。CCDの出力は低雑音増幅、ホワイトバランス、ガンマ補正後、A/D変換器によりデジタル化される。デジタルデータは信号処理回路により輝度信号(Y)と色差信号(C_R , C_B)に変換される。Y, C_R , C_B はメモリーカードの容量、画質を考慮し、データの圧縮を行いメモリーカードに記録される。

メモリーカードは電池バックアップされたSRAMまたはEEPROMで構成される。

なお、以下では符号化対象画像として、NTSCの

テレビ受像機で得られる最高の画質を考え、次のようにした。

- 画素数 Y : 768 H × 488 V
 C_R : 384 H × 488 V
 C_B : 384 H × 488 V
- 量子化 各8ビット、量子化レベルはCCIR Rec. 601に準拠
- ノンインタレース

ただし、後述する符号化方式は、より高精細画像への適応が可能なものである。

3. 符号化方式に要求される事項

画像の情報圧縮を目的とした高能率符号化の研究の歴史は古く、さまざまな方式が開発されてきている。我々はこれまで各種の符号化方式を検討し、装置も作製してきた⁴⁾。デジタルスチルカメラに要求される項目を以下に述べる。

- (1) カメラに搭載可能なハード規模

半導体技術の向上によりかなり複雑なアルゴリズムでもLSI化が可能となってきた。消費電力、実装面積から判断することになるが、数チップのLSIで構成できることが条件である。

- (2) 連写可能な符号化速度

小型カメラでは2~3コマ/秒、高級カメラでは5~10コマ/秒の連写速度が要求される。したがって、1画面を処理する時間は0.1~0.5秒程度が要求される。

- (3) 高圧縮が望まれるが、画質に対する要求も厳しい

例えば、現在入手可能な1MByteのメモリーカードで銀塩フィルムの最小単位に近い12枚撮りを実現するために、目標とする圧縮後のビットレートを2 b/pelとした。高画質のモードとしては4 b/pel、高圧縮率モードとして1 b/pelを設定した。

前述の画像フォーマットでは、

原画	16 b/pel	6 Mb/pel
1/4 圧縮	4	1.5 M
1/8	2	750 k
1/16	1	375 k

となる。2 b/pelでは10枚、1 b/pelでは20枚の画像

図1 デジタルスチルカメラの構成
 Block diagram of digital still camera.

が記録可能である。

(4) 他のシステムと符号化データの互換性がある

ISO と CCITT では JPEG (Joint Photographic Experts Group) にて 1986 年からカラー静止画符号化の国際標準化を進めており⁹⁾、ほぼまとまった。デジタルスチルカメラも今後開発されるであろう、標準方式に従った画像のファイリング装置、静止画伝送装置など、他の機器とのデータの互換性がとれることが好ましい。JPEG の標準には Sequential-DCT, Progressive-DCT, Lossless, Hierarchical の 4 モードがあるが、高圧縮率でしかも通常使用するには十分な画像品質が期待でき、ハード規模の点からも Sequential-DCT のうち基本とされている Baseline System が適切であると考ええる。

(5) 1 画面当たりの符号化後のデータ量がある程度一定である

多くの高能率符号化方式ではエントロピー符号化が採用されており、JPEG Baseline System でも DCT 変換後その係数を量子化、ハフマン符号化している。したがって、画像ごとに符号化後のデータ量は異なる。通信や大容量のメモリを持つファイリング装置では、画像ごとに伝送時間或使用メモリ容量が異なっても実用上差支えなく、逆に画像の性質によらずその品質を一定に保つことができるため、画像ごとの符号化データ量の制御は行っていない。

デジタルスチルカメラでは静止画データを比較的小容量の半導体メモリに記録するため、ある程度画像ごとのデータ量を制御する必要がある。1 枚のメモ

リーカードに、あるときは 20 画像記録できたが、あるときは 5, 6 枚しか記録できないのでは、使用者は不便あるいは不安である。もちろん画質優先で記録枚数保証は問題としない場合もあるだろうが、多くの場合、記録可能枚数の目安が要求される。

4. データ量制御 DCT 符号化方式

4.1 符号化器の構成

JPEG Baseline System の方式では、用いる量子化テーブル、ハフマン符号テーブルによって画像品質、圧縮率、すなわちデータ量が変わる。ハフマン符号テーブルを画像ごとに最適化しても、ハードの複雑化、処理時間の増大の割にその符号化効率は数%向上するのみであるので、通常はあらかじめ決めたテーブルを使用するのが得策である。

ハフマン符号のような可変長符号を使用した場合において、データ量を制御するには次のような方法がある。

- ① まず暫定の量子化テーブルを用いて画面全体を符号化し、得られた総データ量に応じて量子化テーブルを変更して再度符号化を行う。これを許容データ量になるまで繰返す。
- ② 順次ブロック毎に符号化を行っていくが、累積データ量の多少に従って次のブロックに使用する量子化テーブルを決めながら符号化を進める。
- ③ 決められた量子化テーブルを用いて符号化を進め、累積データ量が所定の値に達したら打切る。
- ④ あらかじめ何らかの方法で画面の細かさに応じ

図 2 データ量制御 DCT 方式の構成

Block diagram of bit rate control DCT coding method.

て量子化テーブルを決定し、さらに各ブロックにそのブロックの細かさに応じてデータ量を割当てる。

①の方法では量子化テーブルの更新法にもよるが、1画面符号化に最悪10回以上の繰返しが必要となる。また2～3回の符号化で量子化テーブルを予測する方法も提案されているが⁶⁾、設定データ量を越えることがある。②は1画面符号化中に複数の量子化テーブルを使用することになり、JPEGの規格からはずれる。③は画像の一部が欠落することになる。④の方式は各ブロックごとにデータ量を割当てるため総データ量の制御が正確にでき、しかも設定データ量を越えることがなく、最適と考えられる。

提案方式のブロック図を図2に示した。実線内はJPEG Baseline Systemのブロック図である。破線内がデータ量制御部である。

JPEG Baseline Systemの符号化方式の概略を述べる⁷⁾。入力画像は8×8画素のブロックに分割し、各ブロックで2次元DCT変換される。変換後8×8のDCT係数が得られる。図3に示す左上の係数が直流成分を表し、残りの63個が交流成分であり、右下方方向に行くにつれ高周波成分となる。各係数は量子化テーブルを用いて係数ごとに異なる値で線形量子化される。量子化後、直流係数は1つの前のブロックの直流係数との差を求め、その差分値をその大きさによりグループに分類し、グループ番号とグループ内の差分値を示す付加ビットに分けられる。グループ番号はハフマン符号テーブルで符号化され、続いて付加ビットが付けられる。交流係数は図3に示すように、低周波成分から高周波成分へジグザグ走査し、1次元に並べ直

図3 DCT係数のジグザグ走査
Zig zag sequence of DCT coefficients.

される。係数が0の場合はその連続する長さをランレングスとして数え、0以外の場合はその値によりグループ化される。ランレングスと直後の非零の値のグループ番号を組にしてハフマン符号化し、続いてその非零の値のグループ内の値が付加ビットとして付けられる。カラー画像の場合は上記の量子化、符号化を色ごとに行う。前述のようにデジタルスチルカメラでは輝度信号(Y)と色差信号(C_R, C_B)について行う。輝度信号は96×61ブロック、色差信号はそれぞれ48×61ブロックで構成される。

データ量制御部では画像のアクティビティを求め、量子化テーブルを決定すると共に、輝度、色差信号に割当てるデータ量およびブロックごとのデータ量を求める⁸⁾。

4.2 符号化手順

符号化は2スキャンで行われる。第1スキャンは画像のアクティビティを求める期間であり、第2スキャン目に実際の符号化がなされる。

① 第1スキャン

フレームメモリから画像データを読み出し、8×8画素のブロックごとにアクティビティを求め、全画面走査後、全ブロックのアクティビティの総和を求める。輝度、色差信号各々についてアクティビティの総和を求めた後、設定データ量に合わせ量子化テーブルを決定すると共に、輝度、色差信号に割り当てるデータ量を定める。

② 第2スキャン

再度フレームメモリより画像データを読み出し、8×8画素の2次元DCT変換を行い、変換後の各係数を第1スキャンで求めた量子化テーブルで量子化する。量子化後のデータは4.1節で述べた符号化を行う。輝度、色差それぞれに割当てられたデータ量を各ブロックのアクティビティに応じて配分し、各ブロックはこの配分ビット数以下となるように制御される。

図4 ブロックビット配分
Block bit allocation.

直流係数のブロック間差分値は必ず符号化し、交流係数は低周波成分から高周波成分にジグザグ走査し、ハフマン符号化を続け、図4に示すようにブロック割当てビット数以上は打切る。打ち切りのあった場合、ブロック終了の符号、EOBを付加する。この時発生する余剰ビットは次のブロックへ繰越す。輝度、色差共にブロックごとにビット数を制御し、1画面の総データ量を一定値以下に納める。

4.3 データ量制御の方法

(1) 量子化テーブルの決定

量子化テーブルを画像ごとに最適化を図ることは実際には困難なため、基本量子化テーブルを用意し、これに係数(α)を掛けたものを量子化ステップサイズとした。基本量子化テーブルにはJPEG参考値である図5を用いた。 α は輝度、色差共通に1つのみとした。直流係数の量子化値は α によらず一定値8とした。ハフマン符号テーブルはJPEG参考値を用い、 α を変え符号化した後のデータ量を測り α とビットレートの変化を調べた。ITEの標準画像のうちITE1(カーネーションガール)とITE4(スイスの山村)について図6に示した。同一の α で量子化した場合、ビットレートが大幅に変わることがわかる。したがって、目標のデータ量となるような α を画像ごとに何らかの方法で決める必要がある。

□	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	120	103	99

(a) 輝度信号(Y)

□	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

(b) 色差信号(C_R, C_B)

図5 量子化テーブル
Quantization table.

(a) Luminance (Y), (b) chrominance (C_R, C_B)

図6 α とビットレートの関係
Relation between α and bit rate.

(2) アクティビティ

画像のアクティビティと実際の符号化後の総データ量に何らかの相関があれば、事前にアクティビティを測ることにより総データ量の予測が可能となる。

アクティビティとしては、ブロック内の画素値あるいはDCT係数の分散、最大値-最小値、2乗和⁹⁾等が考えられる。次の3条件を満たすアクティビティとして何を用いるかを検討した。

- ① ブロックのアクティビティと、ハフマン符号化後のブロックデータ量が比例する。
- ② 1画面の総アクティビティから簡単な計算で α が求まる。
- ③ 輝度、色差信号の各々の総アクティビティの比から、輝度、色差に配分するデータ量が簡単に求まる。

ITE標準画像5枚、放送用3板カメラで撮影した15枚、合計20画像について調べた結果、ブロックアクティビティとして、

$$\text{輝度信号: } A_{ctby} = \sqrt{\sum |DCT \text{ 交流係数}|}$$

$$\text{色差信号: } A_{ctbc} = k_1 \cdot \sum |DCT \text{ 交流係数}|$$

とすると、ブロックアクティビティとブロックデータ量がほぼ比例することが確認された。図7(a)に輝度信号における A_{ctby} と暫定の量子化テーブルで量子化、符号化したときの各ブロックの交流係数のデータ量の分布の例を示した。図7(b)は色差信号の例である。なお、 k_1 は輝度、色差のデータ量配分最適化のための補正係数であり、 $k_1=0.03$ とした。輝度、色差信号の各々の総アクティビティを

$$\text{輝度信号: } A_{ctty} = \sum A_{ctby}$$

$$\text{色差信号: } A_{cttc} = \sum A_{ctbc}$$

1画面の総アクティビティを

$$A_{cttT} = A_{ctty} + A_{cttc}$$

(a) 輝度信号の場合

(b) 色差信号の場合

図7 ブロックアクティビティに対するブロックデータ量の分布 (ブロックデータ量は直流係数符号分を除く)。

Relation between block activity and number of block bits.

(a) Luminance, (b) chrominance

図8 画像のアクティビティと α の関係
Relation between image activity and α .

図9 輝度/色差アクティビティ比とデータ量比の関係

Relation between Y/C activity ratio and Y/C total bit ratio.

とすると次節で示すように α および輝度、色差データ配分の計算が簡単にできる。

(3) α の決定

A_{ctty} と α の相関を先に述べた 20 画像で調べた。各画像について A_{ctty} を計算する。一方、 α を変えて量子化、符号化し総データ量を求め、1 b/pel となる $\alpha(\alpha_1)$ を各画像ごとに求める。

A_{ctty} を横軸に、 α_1 を縦軸にとると、20 画像については図8に示すようになる。 α_1 は次の式で近似できる。

$$\alpha_1 = 0.86 A_{ctty} \times 10^{-5} - 1$$

通常の自然画像では $A_{ctty} - \alpha_1$ は直線と考えられる。2 b/pel, 4 b/pel の場合も同様に α の近似式が求まる。

(4) 輝度/色差データ量配分の決定

輝度、色差信号に配分するデータ量の比は固定でもよいが、画像ごとに配分比を変えたほうが高画質となる。1 b/pel となる α_1 を求め、この α_1 で実際に符号化し、そのときの輝度と色差のデータ量の比 R_{cod1} を求める。一方、輝度信号の総アクティビティ A_{ctty} と色差信号の総アクティビティ A_{cttc} の比をとり、

$$R_{act} = A_{ctty} / A_{cttc} + k_2 \cdot \alpha_1$$

を求める。 α_1 が大きい場合は細かい絵柄であり、この場合には輝度信号のデータ量配分を多くしたほうが総合画質は良くなるため、 $k_2 \cdot \alpha_1$ を補正項として追加した。 $k_2=5$ として R_{cod1} と R_{act} を 20 画像について求めると図9に示す結果が得られ、 R_{cod1} は次式で近似できる。

$$R_{cod1}=0.8R_{act}-6$$

設定データ量を N_T とすると輝度の総データ量 N_Y は次式で求められる。

$N_Y = R_{cod1}/(R_{cod1}+1) \times (N_T - \text{直流係数符号量}) + \text{輝度の直流係数符号量}$
色差の総データ量 N_C は次式となる。

$$N_C = 1/(R_{cod1}+1) \times (N_T - \text{直流係数符号量}) + \text{色差の直流係数符号量}$$

2 b/pel, 4 b/pel の場合も同様に算出できる。

(5) ブロックビット配分の決定

前節で述べたように輝度/色差各々の総データ量を求めた後、各ブロックへビット数を配分する。

各ブロックへ配分するビット数は

$$\text{輝度のブロックビット数} = (A_{ctbu}/A_{ctty})N_Y$$

$$\text{色差のブロックビット数} = (A_{ctbc}/A_{cttc})N_C$$

で与えられる。各ブロックで上の値を越えた場合には打ち切られる。打ち切った後に余った余剰ビットは次のブロックへ繰り返す。

5. シミュレーション結果

符号化に先立ちブロックごとのアクティビティを求め、 α を決定し量子化テーブルを作成する。同時に輝度/色差へ配分するデータ量を算出する。第2スキャンで各ブロックごとにビット数を割当てながら符号化を行う。

この手順で符号化した場合の SNR, ビットレートの例を表1に示した。いずれの画像も 2 b/pel では画質劣化が殆どわからず、また 1 b/pel でも使用可能である。さらに、どの場合でも設定データ量の 90% ~ 100% の範囲に収まっており、本方式は実用上充分であると考えられる。

6. む す び

半導体メモリーカードを記録媒体とするデジタルスチルカメラは、撮影画像信号がデジタル値で保存されるため、伝送、編集、加工等が画質劣化なく行える。音、画像、データを混在して扱うマルチメディアシステムへの適合性も高く、静止画入力装置としての期待も高い。本方式により画像ごとのデータ量を一定に制御することが可能となり、メモリーカードに規定枚数の画像が記録できるようになった。符号化データは標準の JPEG デコードで復号可能であるため、JPEG に従った他のシステム、機器とのデータ互換性も取りやすい。

現在は 768×488, 640×480 画素のように、CCD の性能により画素数が制限されているが、ハイビジョン素子を含め、さらに多画素の CCD が開発され、デジタルスチルカメラに採用された場合でも、本方式は適用可能であり、またシステムの拡張は容易である。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導いただいた

表 1 SNR およびビットレートの例
Example of SNR and bit rate

設定データ量	画 像		ITE-1	ITE-2	ITE-3	ITE-4	ITE-5
1 b/pel	SNR(dB)	(Y)	40.2	39.1	40.7	27.9	28.7
		(C _R)	43.1	41.5	40.9	34.6	34.6
		(C _B)	45.7	42.8	41.9	34.8	34.7
	輝度/色差データ量比		5.1	3.8	3.0	11.0	8.8
	データ量(b/pel)		0.99	0.92	0.94	0.96	0.96
2 b/pel	SNR(dB)	(Y)	43.0	41.8	42.9	32.2	32.5
		(C _R)	44.3	43.6	44.3	36.9	37.9
		(C _B)	47.3	46.0	47.4	37.5	37.7
	輝度/色差データ量比		5.4	3.4	2.2	6.1	5.4
	データ量(b/pel)		1.98	2.00	2.00	1.99	1.99
4 b/pel	SNR(dB)	(Y)	45.6	44.3	48.0	36.5	35.7
		(C _R)	45.8	45.2	46.0	40.3	41.0
		(C _B)	49.1	48.6	49.8	40.3	40.2
	輝度/色差データ量比		2.7	2.3	2.1	4.3	4.0
	データ量(b/pel)		3.87	3.98	3.96	3.97	3.97

た総合研究所 下村所長，映像メディア技術研究所 入江所長はじめ関係各位に深く感謝いたします。

〔参 考 文 献〕

- 1) 大地，大塚，佐藤，逢坂，西，吉崎：“カードカメラ“FUJIX DS-1 P””，テレビ学技報，**13**，22，pp.11-16，TEBS'89-30 (Mar. 1989)
- 2) 佐々木，梅田，上谷，田上，井沢，瀧澤：“デジタル電子スチルカメラ”，テレビ学技報，**13**，22，pp. 17-22，TEBS'89-30 (Mar. 1989)
- 3) 佐々木：“電子スチルカメラの現状と将来”，平 2 連大，S20-2，pp. 137-140 (Aug. 1990)
- 4) 佐々木：“デジタルスチルカメラにおける符号化技術”，東芝レビュー，**45**，8 (1990)
- 5) 安田：“カラー静止画符号化国際標準化”，画電学誌，**18**，6 (June 1989)
- 6) 根本，大町：“DCT 符号化方式の符号量制御方法”，信学秋大，D-45 (1989)
- 7) 大町，小野：“カラー静止画符号化国際標準方式 (JPEG) の概説 (その 1)”，画電学誌，**20**，1，pp. 50-58 (Jan. 1991)
- 8) 渡邊，塚原，上谷，瀧澤，小野：“固体電子スチルカメラ用レート適応型 DCT 符号化方式”，信学春大，7-141 (1989)
- 9) Chen, Smith: “Adaptive Coding of Monochrome and Color Images”, IEEE Trans., COM-25, 11, pp. 1285-1292 (Nov. 1977)

さ さ き の る

佐々木 実 昭和 46 年，東京工業大学電気工学科卒業。同年，(株)東芝に入社。総合研究所を経て，現在，同社映像メディア技術研究所に勤務。デジタル映像機器の開発に従事。正会員。

お の と も こ

小野 朋子 昭和 62 年，津田塾大学文学部数学科卒業。同年，(株)東芝に入社。静止画像の高効率符号化の研究開発に従事。現在，同社映像メディア技術研究所に所属。正会員。

た か は し さ だ お

高橋 貞夫 昭和 37 年，東京工業大学大学院修士課程修了。同年，(株)東芝に入社。マイクロ波低雑音増幅器，弾性表面波フィルタ，光応用計測制御システム，光通信，ハイビジョン機器の研究開発に従事。現在，同社総合研究所技監。正会員。

わ た な べ と し あ き

渡邊 敏明 昭和 60 年，北海道大学大学院工学部研究科修士課程修了。同年，(株)東芝に入社。総合研究所にてテレビ会議，テレビ電話等の動画像圧縮符号化技術の研究，およびデジタルスチルカメラ等の静止画像圧縮符号化技術の研究に従事。正会員。