

博士学位論文

(内容の要旨及び論文審査の結果の要旨)

Kohtaro Asai

氏名 浅井 光太郎
学位の種類 博士 (経営情報科学)
学位記番号 博 乙 第 4 号
学位授与 平成 29 年 9 月 5 日
学位授与条件 学位規定第 3 条第 4 項該当
論文題目 画像符号化における信号の圧縮と表現に関する研究
論文審査委員 (主査) 教授 中條 直也¹
(審査委員) 教授 森本 正志¹ 教授 田村 隆善²

論文内容の要旨

画像符号化における信号の圧縮と表現に関する研究

本論文は画像符号化における信号の圧縮と表現について、論文提出者自身が行った 3 つの研究を中心として考察を行った結果をまとめたものである。本論文は全 5 章から構成される。

第 1 章は研究の背景と目的について述べる。

画像は訴求力が強く、高度情報社会に必要なメディアであり、画像符号化は画像信号を伝送・蓄積するために必須の技術である。画像符号化において、圧縮は効率よい伝送・蓄積のための機能であり、表現は圧縮状態で何らかの情報の構造を表し、分析などの二次利用を可能とする機能である。本章では準備として画像符号化の基本的な技術について説明し、論文全体の構成と各章の要旨を述べる。

第 2 章はベクトル量子化を用いた画像符号化について述べる。

ベクトル量子化は複数のサンプルをブロック化して、これを多次元信号空間における入力ベクトルとして、量子化代表値である出力ベクトルに置き換える技術であり、画像では 2 次元の画素ブロックを入力ベクトルとする。ベクトル量子化は原理的には圧縮限界に漸近する性質を持ち、少ない符号量での画像符号化に適している。画像のベクトル量子化は 1980 年代に研究が本格化したもので、論文提出者は初期から同技術に取り組み、ベクトルから平均値を分離して正規化することで汎用的なベクトル量子化器を設計できることを示した。また正規化されたベクトルが画像の構造的なパターンを表し、画像を基本構造パターンの配列で表現可能であることを示した。さらに同技術を動画に

適用し、64kbit/s の低ビットレートで動画の符号化伝送が可能であることを実証し、実用化も行った。本章ではこれらを実現した技術と結果について述べる。

第 3 章は動的適応ウェーブレットパケットによる画像符号化について述べる。

ウェーブレット変換は信号を複数の周波数帯域に分割して扱う技術であり、1980 年代終盤から画像符号化への適用が本格化したものである。ウェーブレット変換では基本的に低周波に信号電力が集中することを利用して効率のよい符号化を実現する。しかし現実には入力画像の電力分布によって効率が低下する。ウェーブレットパケットはウェーブレットの一般化であり、入力信号に適応した帯域分割を行うことが可能である。画像の場合にはさらにウェーブレットパケットを動的に適応させ、すなわち空間を分割して分割ごとにウェーブレットパケットを選択することで効率を最適化することができる。論文提出者は画像の帯域-空間分割に対する最適化を行い、最適な分割が良い画像符号化性能を与え、同時に信号電力の分布を可視化することを示した。本章ではこれらを実現した技術と結果について述べる。

第 4 章は動き補償予測付き DCT を用いる画像符号化標準について述べる。

動き補償予測付き DCT は、現在の国際標準動画符号化方式に採用されている方式である。同方式は基本的枠組みとしては 1990 年発行のテレビ会議向け標準 H. 261 に始まり、世代進化を続けて 2013 年策定の HEVC | H. 265 に到るまで使われている。論文提出者は 1980 年代終盤から標準化活動に参加して提案を行ってきた。例えば符号量の変動に対して安定動作を確保するバッファ制御方式、インターレース

¹ 愛知工業大学 情報科学部 情報科学科 (豊田市)

² 愛知工業大学 経営学部 経営学科 (豊田市)

構造を持つテレビ信号の処理、低ビットレート向け動き補償ブロックの設定などについて研究を行って、標準方式に貢献してきた。本章では最新の HEVC|H. 265 標準への提案内容を中心にして、動き補償予測付き DCT の改善技術について述べる。

第 5 章はまとめと今後の課題について述べる。

まず、第 2 章から第 4 章まで述べた技術について、現在の視点から振り返って考察を述べる。特に、産業にとって重要な国際標準について、現在も検討が続けられている符号化方式の現状とこれから進むべき方向について論文提出者の考えを述べる。最後に画像符号化技術の長期ビジョンについて、過去に提案された長期ビジョンや最近の研究動向を参照しつつ考察を述べて論文の結びとする。

論文審査結果の要旨

浅井光太郎君の提出した博士論文「画像符号化における信号の圧縮と表現に関する研究」は、画像符号化における信号の圧縮と表現について、論文提出者自身が行った 3 つの研究を中心として考察を行った結果をまとめたものである。本論文は全 5 章から構成されている。

第 1 章は研究の背景と目的について述べられている。

画像は訴求力が強く、高度情報社会に必要なメディアであり、画像符号化は画像信号を伝送・蓄積するために必須の技術である。画像符号化において、圧縮は効率よい伝送・蓄積のための機能であり、表現は圧縮状態で何らかの情報の構造を表し、分析などの二次利用を可能とする機能である。本章では準備として画像符号化の基本的な技術について説明し、論文全体の構成と各章の要旨が述べられている。

第 2 章はベクトル量子化を用いた画像符号化について述べられている。

ベクトル量子化は複数のサンプルをブロック化して、これを多次元信号空間における入力ベクトルとして、量子化代表値である出力ベクトルに置き換える技術であり、画像では 2 次元の画素ブロックを入力ベクトルとする。ベクトル量子化は原理的には圧縮限界に漸近する性質を持ち、少ない符号量での画像符号化に適している。画像のベクトル量子化は 1980 年代に研究が本格化したもので、論文提出者は初期から同技術に取り組み、ベクトルから平均値を分離して正規化することで汎用的なベクトル量子化器を設計できることを示した。また正規化されたベクトルが画像の構造的なパターンを表し、画像を基本構造パターンの配列で表現可能であることを示した。さらに同技術を動画に適用し、64kbit/s の低ビットレートで動画の符号化伝送が可能であることを実証し、実用化も行った。本章ではこれらを実現した技術と結果について述べられている。

第 3 章は動的適応ウェーブレットパケットによる画像符号化について述べられている。

ウェーブレット変換は信号を複数の周波数帯域に分割して扱う技術であり、1980 年代終盤から画像符号化への適用が本格化したものである。ウェーブレット変換では基本的に低周波に信号電力が集中することを利用して効率のよい符号化を実現する。しかし現実には入力画像の電力分布によって効率が低下する。ウェーブレットパケットはウェーブレットの一般化であり、入力信号に適応した帯域分割を行うことが可能である。画像の場合にはさらにウェーブレットパケットを動的に適応させ、すなわち空間を分割して分割ごとにウェーブレットパケットを選択することで効率を最適化することができる。論文提出者は画像の帯域-空間分割に対する最適化を行い、最適な分割が良い画像符号化性能を与え、同時に信号電力の分布を可視化できることを示した。本章ではこれらを実現した技術と結果について述べられている。

第 4 章は動き補償予測付き DCT を用いる画像符号化標準について述べられている。

動き補償予測付き DCT は、現在の国際標準動画符号化方式に採用されている方式である。同方式は基本的枠組みとしては 1990 年発行のテレビ会議向け標準 H. 261 に始まり、世代進化を続けて 2013 年策定の HEVC|H. 265 に到るまで使われている。論文提出者は 1980 年代終盤から標準化活動に参加して提案を行ってきた。例えば符号量の変動に対して安定動作を確保するバッファ制御方式、インターレース構造を持つテレビ信号の処理、低ビットレート向け動き補償ブロックの設定などについて研究を行って、標準方式に貢献してきた。本章では最新の HEVC|H. 265 標準への提案内容を中心にして、動き補償予測付き DCT の改善技術について述べられている。

第 5 章はまとめと今後の課題について述べられている。

まず、第 2 章から第 4 章まで述べた技術について、現在の視点から振り返って考察を述べる。特に、産業にとって重要な国際標準について、現在も検討が続けられている符号化方式の現状とこれから進むべき方向について論文提出者の考えを述べている。最後に画像符号化技術の長期ビジョンについて、過去に提案された長期ビジョンや最近の研究動向を参照しつつ考察を述べて論文の結びが述べられている。

以上に述べたように、審査委員会の委員 3 名が論文執筆者から提出された論文原稿の内容を詳しく審査した結果、本論文は博士(経営情報科学)の学位を受けるに十分な内容を持ち、博士学位論文として受理するに値するものであるとの結論に達した。