

# 博士論文概要

## 論文題目

映像情報機器の脆弱性改善のための要素技術に関する研究

Research on Core Technologies for the Improvement of Vulnerabilities in Video Systems

申請者

大嶋	光昭
Mitsuaki	Oshima

専攻・研究指導  
(課程内のみ)

--

2006年2月

映像情報機器の脆弱性として3つの課題に着目し研究を行った。まず、撮影装置においては、映像を手持ち撮影する時に撮影装置の保持が弱いため撮影映像の安定性が損なわれるという脆弱性があった。次に、光ディスクにおいては、セキュリティ機能が全くなかったために、著作権が侵害されるという情報セキュリティ面の脆弱性があった。また、デジタルTV放送においては、信号レベルがある閾値を下回ると急激に信号品質が劣化し、映像が全く受信できなくなるという脆弱性があった。

以上の脆弱性を改善する要素技術として撮影装置の手振れ補正技術と光ディスクの個別情報記録技術とデジタルTV放送の階層放送方式の研究をおこなった。

(1) 手持ち撮影時の画像安定性の脆弱性を改善するには画像安定化の要素技術を確立する必要がある。1982年の研究着手時点では手振れ補正技術を具体的に研究した文献や基礎データが殆どなかったため、手振れの基礎研究から着手した。まず手振れの周波数分布と振幅を実測し、歩行撮影時や車上撮影時に発生する手振れを補正するには $\pm 6$ 度の補正範囲が必要であることを明らかにした。

手振れの補正方式として、光学像を補正する光学補正方式と、撮像素子からの電気信号を補正する電子補正方式の両方式を考案し検討した。検討の結果、 $\pm 6$ 度の補正範囲を実現するには電子補正方式や内部レンズ補正方式では補正範囲が狭かったため、光学補正方式のミラー駆動方式と鏡筒駆動方式の2方式に絞り1号機から6号機の試作機を開発し、量産実用化に向けた研究を行った。被験者に実際の手振れした映像を見せることにより、主観評価法により手振れの人間に対する感受性を定量化した。この定量化データから手振れ補正の抑圧制御特性の目標仕様を明らかにした。

手振れ補正力は撮影者の意図的なカメラの動きを時として妨害する。このため操作性が悪くなる。そこで撮影者の意図に基づくカメラの動きと、手振れを識別する「カメラの動き識別アルゴリズム」を考案することにより手振れ補正機能と操作性を両立させた。検出手段である振動ジャイロは1940年代に発明されたが、中立点の不安定さを解決できず量産化されていなかった。研究を進めた結果、位相基準信号に位相誤差が発生することにより、同期検波した検出出力が変動するため不安定になることを解明した。この位相誤差をなくすため振動子を音叉構造にするとともにモニタ電極を追加しフィードバック制御を行う方式を考案した。これにより中立点の不安定さを大幅に低減することができた。この振動帰還音叉型振動ジャイロの実用化により世界初の振動ジャイロの量産を実現した。

量産用ビデオカメラにこの手振れ補正機構を搭載したところ、温度変化を含めた部品のバラツキ等の外乱負荷の変動により最悪条件では、研究段階で得られた手振れ補正特性の1/10の性能しか出ないことが明らかになった。ここで変動する外乱負荷を推定するオブザーバ制御を民生用機器に初めて導入することによ

り所定の手振れ補正特性が得られ、1988年、世界初の手振れ補正機能搭載カメラの量産実用化を実現した。この実用化を端緒として、手振れ補正技術の研究が進み、現在ではビデオカメラのほぼ全数と、スチルカメラ、デジタルカメラの主力機種に、手振れ補正機能が搭載され、この全数が筆者が考案した手振れ補正技術の基本特許を使用している。

(2) 光ディスクの情報セキュリティの脆弱性を改善するには、1枚毎に異なる個別情報の記録が極めて有効であった。

R O M型光ディスクには記録できないというのが1995年当時の常識であった。しかし、この常識は筆者による「表面張力記録」の発見と発明により破られる。「表面張力記録」に適したバーコード状の記録マークを用いた記録フォーマットを筆者が考案しD V D Forum に提案した。半年後、この方式はB C Aと名付けられD V D規格に採用され国際規格として標準化された。短期間で全く新しい方式が標準化されたのは、1番目の理由として、1枚当たりの記録時間を2秒以下に短縮できたことと、記録原理を解明し信頼性確認実験によりディスクの信頼性が劣化しないことを実証したため、ディスク製造業者の賛同を得られたことが挙げられる。記録時間を短縮するためにC W - Qスイッチ型のY A Gレーザー光をシリンドリカルレンズにより線状ビームに整形し、記録層にダメージを与えることなく、1パルスで1本のバーコードマークを数十ミクロンの位置精度で記録する要素技術確立した。この高速記録型のY A Gレーザー方式に加えて小規模生産用の半導体レーザー方式量産用記録装置を実現した。標準化された2番目の理由として、既存の光ヘッドで再生可能で、再生装置内のC P Uで復調とエラー訂正が可能な記録フォーマットを新たに考案したため、装置製造業者の賛同を得られたことが挙げられる。再生装置内のC P Uチップで全ての信号処理をさせるためにP E - R Z変調方式を考案し、スケラブルなエラー訂正方式を考案した。R O Mディスク用B C Aにより情報セキュリティの脆弱性が大幅に改善され、これにより海賊版防止ディスクや後払い方式D V Dディスクが事業化された。

記録型D V Dにおける「一回コピー」を実現するには、改ざんできないディスクI Dの記録技術が求められた。B C Aは市販のドライブでは改ざんできないため、筆頭候補であったが、量産工程のB C A記録コストを下げるという課題があった。記録型D V Dの場合は製造時の製膜工程でできる低反射率のアモルファス状態の記録膜にレーザーを照射し高反射率の結晶状態に変化させる初期化工程がある。この初期化工程においてB C Aマークのバーコード領域を残して間欠的に初期化することによりB C Aマークを形成する新しい記録方法を筆者らが考案することによりB C Aの製造コストと製造時間の増加をほぼ零にすることに成功した。改ざんできないB C Aと筆者らが考案したC P R M規格を組み合わせることにより実現した「一回コピー」のセキュリティが著作権側に認められ一般消費者

がデジタルTV放送をディスクにコピーすることが可能となった。BCAはDVD規格のみならず、青色レーザーを用いるBD、HD-DVD規格等の9つの光ディスク国際規格に標準化された。以上のようにBCAにより、ROM型と記録型のDVDディスクの情報セキュリティの脆弱性を大きく改善することができた。

(3) デジタルTV放送方式の伝送時の脆弱性を改善するには、階層伝送技術が最も重要な要素技術であると考えた。そこで階層化の観点からVSB、QAM、OFDMを再構築した新たな変調方式を考案し提案した。まずVSB方式に関しては、1991年に、階層構造の8VSB方式を考案し検討した。1992年3月には階層化を実現するために多値化とトレリスを組み合わせた「8VSBトレリス方式」を考案し基本特許を権利化した。一方、米国における標準化は当初QAM変調方式が主流であったがZenith社が提案した4VSB方式が一時優勢に立った。しかし最終的に筆者が考案した「8VSBトレリス方式」がATSC規格として標準化された。ただVSBを階層化した階層型VSBは、米国方式に採用されなかった。QAMに関してはQAM変調を階層化した階層QAMを1991年3月に考案し提案を行った。階層QAMは信号点をグループ化し、各信号点グループ間の距離をシフトファクタ - に応じて変えることにより、信号点到割り当てられたサブチャンネルの耐性を変える方式である。シフトファクタ - を変えた場合の各サブチャンネルの誤り確率を求めた。サブチャンネル1で低解像度(SD)の映像信号、サブチャンネル2で高解像度(HD)の映像信号を放送するモデルを想定し、実際に地上波放送を行った時のサービスエリアの大きさをシミュレーションした。この階層QAMはOFDMと組み合わせて欧州方式TV規格に採用され、1996年にDVB-T規格として標準化された。

OFDM方式単独の階層化を検討した結果、階層化を行うと多くの伝送パラメータの組み合わせが考えられる。このため従来の総あたり方式を用いると復調時に伝送パラメータの検出に多大な時間を要し、操作性が悪くなるという課題を予見した。この課題を解決するためには上位の階層の伝送パラメータを最下位の階層で送る復調情報伝送方式を筆者が考案し基本特許を権利化した。この方式は欧州方式にTPSという名称で、日本方式ではTMCCという名称で採用され、標準化された。この方式によりOFDMを用いた放送では悪条件下においても常に復調情報が受信できるため安定した受信と迅速な選局が可能となった。また筆者が考案した階層型放送も、日本の衛星放送規格ISDB-Sと日本の地上波放送の1セグ放送でサービスが開始される。筆者の考案した伝送方式の国際規格の標準化により、デジタルTV放送の悪条件受信時の脆弱性が大きく改善された。本研究の手振れ補正技術、個別情報記録技術、階層型伝送技術により、撮影装置、光ディスク、デジタル放送の持つ脆弱性を大きく改善することができた。

# 研 究 業 績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	<p>Mitsuaki Oshima, Shinichi Tanaka and Shoji Kusumoto, “ Burst Cutting Area (BCA) Technology, A Recording Method for Disc Unique ID on ROM type DVD Disc ”, Journal of Magnetism Society of Japan, Vol.25, No.3-2, pp.441-444, (2001)</p> <p>Mitsuaki Oshima, Takayuki Hayashi, Soichiro Fujioka, Jiro Kajino, Koji Ikeda and Kenji Komoda “ VHS Camcorder with Electronic image Stabilizer ”, Selected Papers on Precision Stabilization and Tracking Systems for Acquisition, Pointing, and Control Applications (Editor: Michael K. Masten, Larry A Stockum), SPIE(International Society for Optical Engineering) Milestone Series, Vol. MS 123, pp424-432 (June 1996)  （注:本人の論文が SPIE 学会の Milestone 論文をまとめた単行本の中に再掲載された分）</p> <p>Mitsuaki Oshima, “ Hierarchical HDTV Broadcasting by Constellation-Code Division Multiplex ”, Symposium Record of 18th International Television Symposium-Montreux Switzerland, Cable sessions pp.544-554 (June 1993)  （注：査読付、国際シンポジウム（スイス）で発表分）</p> <p>Mitsuaki Oshima, “ Constellation-Code Division Multiplex for Digital HDTV ”, Conference Record of IEEE Global Telecommunications Conference 1992, Orlando USA, Vol.2, pp.1086-1092 (December 1992)  （注：査読付、国際会議（米国）で発表分）</p> <p>Mitsuaki Oshima, Takayuki Hayashi, Soichiro Fujioka, Jiro Kajino, Koji Ikeda and Kenji Komoda “ VHS Camcorder with Electronic image Stabilizer ”, IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.35, No.4, pp.749-758 (November 1989)</p>
総説	<p>大嶋光昭、田中伸一、小西信一、楠本正治、田中誠嗣、清野正樹：“ DVD の ROM ディスクへの個別情報記録技術 BCA( Burst Cutting Area)”, National Technical Report Vol.43, No.3 pp.70-77 (1997 年 6 月)</p> <p>大嶋光昭：“ 民生用ビデオカメラの画振れ防止技術 ”, 応用物理学会 光学 Vol.18, No.11, pp.616-617 (1989 年 11 月)</p>
講演	<p>大嶋光昭、林孝行、三谷浩：“ 手振れ補正の着想とその事業化 ”, 16 年度第 3 回研究会「起業工学一般」(東京)映像情報メディア学会技術報告, Vol.29, No.7, pp.33-43(2005 年 1 月)</p> <p>Mitsuaki Oshima, Shinichi Tanaka and Shoji Kusumoto “ Disc Unique ID Recording Method on ROM type DVD Disc, BCA (Burst Cutting Area) ”, Technical Digest of Joint Conference MORIS / APDSC 2000 (Nagoya) pp.176-177 (November 2000)</p> <p>大嶋光昭：“ 信号点符号分割多重方式（C-CDM）の階層型デジタル HDTV 放送への応用 ” 電子情報通信学会 1993 年春季大会講演論文集(名古屋大学) Vol.1993, No.Shunki Pt3; pp3.321 (1993 年 3 月)</p>

# 研 究 業 績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他 （特許）	<p>Mitsuaki Oshima, Takayuki Hayashi, Soichiro Fujioka, Jiro Kajino, Koji Ikeda and Kenji Komoda “VHS Camcorder with Electronic image Stabilizer”, Digest of Technical Papers of International Conference on Consumer Electronics 1989, (Rosemont USA) Vol.8 pp.114-115 (June 1989)</p> <p>重要基本特許（本研究に直接関係する分）</p> <p>大嶋光昭、伊崎正高、梶野二郎、五十嵐祥晃、三谷浩：「撮影装置」 日本特許 登録番号 1589189 号（出願日：1983 年 12 月） （注：手振れ補正技術の基本特許。2003 年恩賜発明賞受賞、2004 年紫綬褒章受章）</p> <p>国際規格認定特許と規格重要特許（本研究の直接関係分： は規格書記載頁を示す）</p> <p>（注：本研究に直接関係する本人の登録規格特許は外国特許を含めると 300 件あり、デジタル TV 規格特許が 200 件、DVD 規格特許は 100 件ある。これらの多くが MPEG.LA 等の国際ライセンス機関により規格必須特許に認定され規格準拠全製品に使用されている。）</p> <p>大嶋光昭、後藤芳稔、田中伸一：「光ディスク、光ディスク記録装置及び光ディスク再生装置」 日本特許 3089599 号（出願日：1995 年 10 月） （注：DVD 規格、BD 規格の BCA の規格必須特許に認定、本人の DVD 規格認定特許：68 件）</p> <p>ISO/IEC 規格 16448 (1999), 17592(2004), 17342(2004), DVD Forum, “Burst Cutting Area Code (BCA-Code)”, DVD Specifications for Read-Only Disc, Physical Specifications Version 1.0 Annex V, pp.PHX-V1-PHX-V8 (August 1996) （注：考案した BCA を DVD 規格に提案、本人が標準化、該当頁を執筆）</p> <p>Blue-ray Disc Association, “Format and characteristic of the BCA” System Description Blue-ray Disc Read-Only Format Part1 Basic Format Specifications Version1.1, pp.89-96 (January 2005) （注：考案した BCA が青色レーザー用光ディスク規格（BD）に採用。）</p> <p>大嶋光昭、後藤芳稔、田中伸一、小石健二：“記録装置、再生装置、記録方法および再生方法”、日本特許 3144422 号（出願日：1995 年 10 月） （注：光ディスクの“1 回コピー”方式（CPRM 規格）の規格重要特許、規格特許：15 件）</p> <p>4 Entity, LLC “CPRM for the Video Recording Format”, Contents Protection for Recordable Media Specification-DVD Book Revision 0.96 pp.5.1-5.7 (January 2003)</p> <p>Mitsuaki Oshima “Communication System” USP6,256,357（出願日：1992 年 3 月） （注：DVB-T 規格の階層 OFDM の規格必須特許に MPEG.LA により認定分）</p> <p>European standard (Telecommunications series) “Transmission Parameter Signaling (TPS)”, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETS1 EN 300744 V1.5, pp.29-34 (November 2004)</p>

## 研 究 業 績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
	<p>Mitsuaki Oshima “Communication System” US.RE38513（出願日：1992年3月） （注：米国方式デジタルTV放送規格（ATSC）の規格必須特許にMPEG.LAにより認定）</p> <p>Advanced Television Systems Committee（ATSC）, “4 Transmission Characteristics for Terrestrial Broadcast”, ATSC standard: Digital Television Standard, Revision B Annex D, pp.50-64（August 2001） （注：本人考案の8VSB-Trellis Coding変復調方式が米国TV放送規格の基本方式に採用。）</p> <p>Mitsuaki Oshima “Signal transmission system”（出願日：1991年3月） （注：欧州方式デジタルTV放送規格 DVB-T の階層 QAM 変復調方式の規格必須特許にMPEG.LAにより認定。本人の規格認定特許：16件）</p> <p>European standard（Telecommunications series）“Signal Constellations and mapping”, Digital Video Broadcasting（DVB）; Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETS1 EN 300744 V1.5, pp.21-25（November 2004） （注：本人が考案した階層 QAM 変復調方式が欧州TV規格に採用。）</p> <p>大嶋光昭：“送信装置、受信装置、伝送装置、送信方法、受信方法”日本特許 3008651号（出願日：1991年3月） （注：日本方式デジタルTV放送規格（ISDB-T）の基本特許、本人のISDB-T規格重要特許：35件）</p> <p>Association of Radio Industries and Businesses（ARIB）Standard, “3.15.6 TMCC information”, Transmission System for Digital Terrestrial Television Broadcasting, ARIB STD-B31 Version1.5, pp.55-62（July 2003） （注：本人考案の復調情報伝送システム（TMCC）やエラー階層化、ガードタイム階層化等が日本方式放送規格（ISDB-T）の基本部分に採用）</p>
その他 （業界紙）	<p>Mitsuaki Oshima, Takayuki Hayashi, Yosuke Yamane, “Panasonic Calms Shaky Photos with Image-Stabilizing Methods” Journal of the Electronics Industry Vol.52, No.09, pp.27（September 2005）</p>