

防衛分野における映像鮮明化技術の活用

THE VIDEO CLARIFICATION SYSTEM FOR DEFENSE FIELD

横山雅俊*

Masatoshi Yokoyama

* 工博 (株)ユニバーサルコンピュータ研究所 (〒542-0086 大阪市中央区西心斎橋 1-9-16)

キーワード：映像鮮明化, 防衛局面, 施設維持管理, ウェアラブルシステム
(*Video clarification, defense field, infrastructure maintenance, wearable system*)

1. はじめに

映像鮮明化装置は、霧や煙などの空中の視界不良、濁った水中の視界不良、暗闇や逆光による視界不良が改善できるほか、肉眼では視認しにくいわずかな物体の変化を可視化して確認を容易に行うことが可能である。

肉眼や通常カメラで見にくいものが見える可能性は、これまでインフラメンテナンスの分野での展開を進めてきていたが、防衛分野における種々の活動において有効な局面も多く本活用研究をすすめることになった。

映像鮮明化装置は、従来からも据え置き型を中心に何機種かはあったが、本研究で活用する装置には、従来に無い新しい機能が備わっている。

2. 映像鮮明化技術

2.1 映像鮮明化処理

映像鮮明化処理は以下の機能をもっている。

- (1) 霧や煙などの空中の視界不良改善
- (2) 濁った水中の視界不良改善
- (3) 暗闇や逆光による視界不良改善
- (4) 肉眼では視認しにくいわずかな物体の変化を可視化して確認を支援
- (5) 鮮明化最適調整の支援

2.2 施設維持管理の活用例

まず、鮮明化の詳細を論述する前に、施設維持管理におけるわかりやすい鮮明化の活用例を示す。

図-1 に示すように、鮮明化技術を使用することにより、従来、目視や通常カメラ撮影では確認が困難であった施設や構造物の劣化や汚れ状況を的確に把握することができる。

小さな傷も強調して表示されるので、迅速に劣化箇所を発見することが可能になる。

図-2 には、種々の施設診断手法における、映像鮮明化手法の位置づけを示した¹⁾。

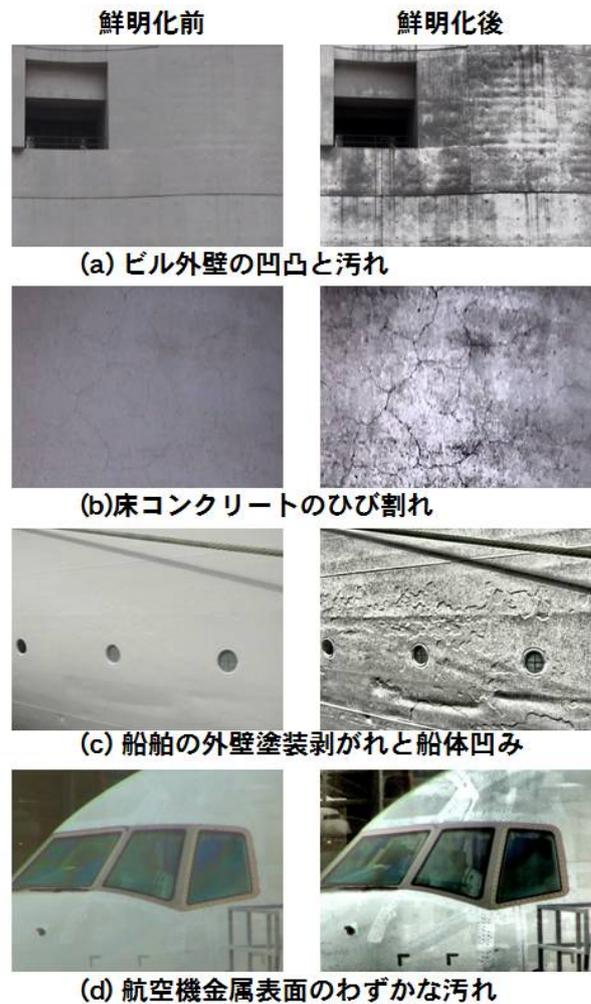


図-1 施設維持管理における鮮明化の活用例

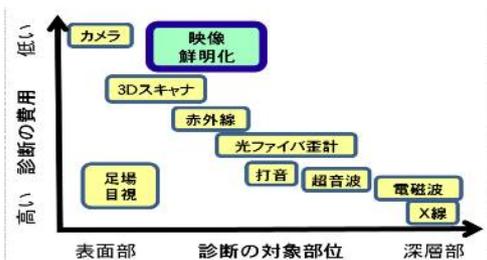


図-2 施設診断手法における鮮明化の位置づけ

2.3 展開分野

ここでは、映像鮮明化装置の展開分野に列挙する。

防衛分野以外での利用分野の理解に参考になるものだが、本論文ではこれらの詳解は割愛する。

海事:海上監視、船舶運航、港湾監視、ブイ搭載監視
警察:捜査支援、証拠映像解析

放送:災害現場映像、一般放送映像、お天気カメラ

建設:構造物劣化診断、トンネル・橋梁診断

道路:施設劣化診断、路面劣化診断

航空:航空機視界改善、ドローン支援、航空機劣化診断

交通:運転時視界改善、列車劣化診断、線路劣化診断

消防:現場捜索視界改善、消防士装備、消防車装備

印刷:透かしの表面チェック、紙幣確認、有価証券確認

考古学:遺跡・発掘物の表面調査

医療:医療器具点検、レントゲン・術野カメラ支援

美容:お肌診断、化粧確認

不動産:住宅物件の査定、マンション経年管理

店舗:店舗物件の査定、店舗清掃判定

保険:物損事故被害物の査定

食品:加工均一度判定、異物混入検査、鮮度判定

製造:外観出荷時検査精度向上、商品パッケージ検査

養殖:水中養殖状態監視

捜査:湖底の沈下物体の捜索、交通事故現場検分

自動車:車両外傷検査、塗装検査、内装確認

水産:魚介類生態観察

潜水:水中状態の確認

放送:欠陥のある映像の検査、古典的映像の復元

2.4 映像鮮明化の基本

本論文は映像鮮明化活用を中心に論述するものであるので、以下では鮮明化技術処理の一例のみを挙げて、処理内容の理解を補助するものとする。

この説明は、ある設定条件での一例であり、あくまでも鮮明化処理の基本を理解いただくために単純化して記述するものである。

図-3 のグラフは、Y軸が輝度変化、X軸は便宜上1次元で表現しているが映像内の模様を現わしているという前提に立って見ていただきたい。

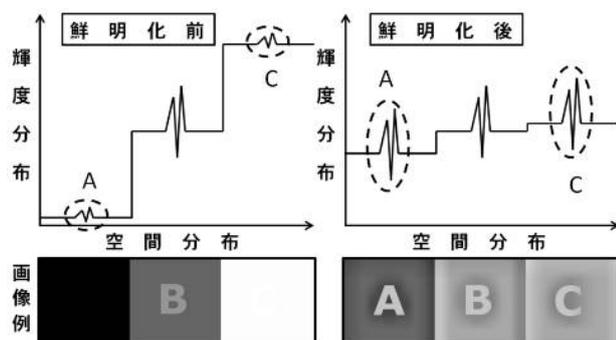


図-3 鮮明化における輝度分布の変化

鮮明化前の映像には、輝度レベル 1%を中心に 1%程度の違いの輝度で文字 A が、輝度 40%と輝度 60%で文字 B が、輝度 99%を中心に 1%程度の違いの輝度で文字 C が描かれているとする。

通常、この文字 A, C は輝度差が少ないため、肉眼では視認できない。

そこで、鮮明化処理を加えた後の鮮明化後映像を示すものとする。これは実際に、基本的な設定で鮮明化処理を加えた映像である。なお、グラフは説明用に抽象化したものである、

右の鮮明化後グラフでわかるように、輝度変化の大きな部分はほとんどそのままであるが、輝度変化の小さな部分だけが大きな輝度変化に変わっており、かつ全体が見やすい輝度中央に移動している。

このように、鮮明化処理は、映像中の輝度変化の小さな部分だけを大きな輝度変化に変えるものである。

なお、ここでは詳しくは説明しないが、画面全体をすべて対等に処理するものでなく、画面を細かい部分に分割しそれぞれ最適に処理するものである。

3. 映像鮮明化システム

3.1 システムのタイプ

今回、活用する映像鮮明化システムには大きく 4 つのタイプがある。

(1) ハードベシックタイプ (図-4)

ボックス型の装置で、従来の映像システムに追加活用が容易なタイプである。

以下の特徴を持つ。

- ・カメラの映像信号を入力し、鮮明化映像をモニタなどに出力する。
- ・鮮明化処理は高速に行われ、映像遅延は無い。
- ・鮮明化モジュールは小型であり、機器組み込みも可能である。
- ・水中ロボットの利用にも適する。
- ・ネットワーク対応に発展することができる。



図-4 ハードベシックタイプ

(2) ソフトタブレットタイプ (図-5)

タブレット型コンピュータに組み込んだタイプで、現場に移動しての利用が容易なタイプである。

以下の特徴を持つ。

- ・鮮明化調整機能が豊富で最適映像が得られやすい。
- ・映像サイズは最大 4K 映像まで対応する。
- ・静止画写真や動画ファイルの処理も可能である。
- ・IP カメラにも対応可能である。
- ・鮮明化処理に若干遅れがある。ただし、記録映像の処理をオフラインで行う場合には問題ない。



図-5 ソフトタブレットタイプ

(3) ウェアラブルタイプ (図-6)

現場での利用を念頭に、利用者の視線カメラの映像を鮮明化し利用者のメガネ型ディスプレイに鮮明化映像を直接表示できる。

以下の特徴を持つ。

- ・ヘルメット等に固定した振動防止カメラで、視線の安定映像を入力する。
- ・鮮明化映像をメガネ型ディスプレイに表示する。
- ・ポータブル本体は小型で腰ベルトなどに固定できる。
- ・本体に鮮明化設定用操作ボタンと液晶表示がある。
- ・鮮明化の調整はプリセット押しボタンで迅速に切り換えができる。

- ・映像に遅れのない無線伝送モジュールを内蔵する。
- ・無線伝送により映像を後方指揮者が確認できる外部モニタに表示できる。



図-6 ウェアラブルタイプ

(4) サーバータイプ (図-7)

これまでに蓄積された資料映像などを、簡単な操作で鮮明化して再活用が可能なタイプである。

以下の特徴を持つ。

- ・静止画および動画ファイルをネットワーク接続された鮮明化サーバーに入力するだけで、自動的に鮮明化映像に変換される。
- ・鮮明化設定ファイルを同時にコピーすることにより、鮮明化設定を細かく指定できる。
- ・画像間の差分映像も鮮明化指定でき、映像変化が認識しやすい。
- ・インターネットに対応可能で、遠隔地での利用も可能である。
- ・監視カメラレコーダの映像も鮮明化が可能である。
- ・ディスク作成装置を接続して、鮮明化映像ディスクを自動作成可能である。



図-7 サーバータイプ

3.2 ウェアラブルタイプ詳細

(1) ウェアラブルタイプの構成図

図-8 のような構成となっており、現場での映像鮮明化と映像を無線伝送する大きく2つの機能からなる。

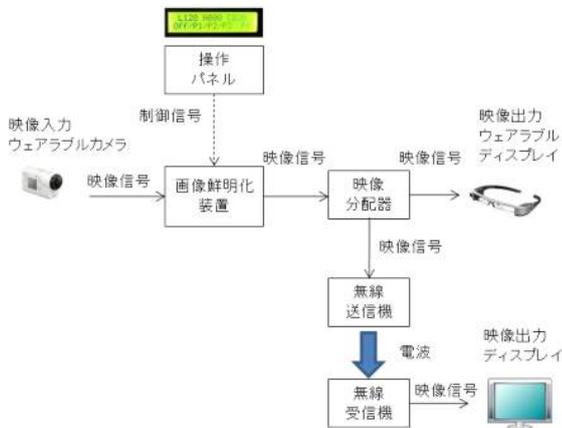


図-8 ウェアラブルタイプの構成図

(2) ウェアラブルタイプの利用シーン

図-9 のように、現場隊員の鮮明化映像を離れた場所に居る指揮官に無線伝送することができる。

視界の悪い現場の把握に有効な手段である。また、鉄塔の上などの過酷な環境での作業映像の無線伝送による現場把握にも有効である。

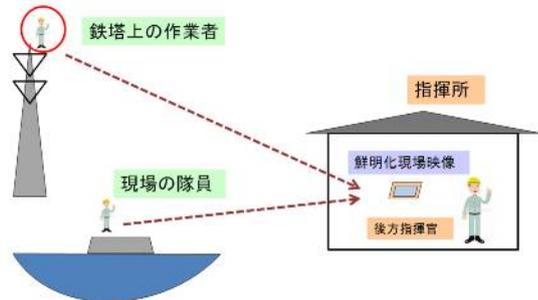


図-9 ウェアラブルタイプの利用シーン

4. 施設維持管理における鮮明化活用 (図-10)

施設維持管理の各局面において、どのように鮮明化技術が活用できるか、以下に論述する。

(1) 建設

建物・トンネル・橋梁などの構造物の表面から見たひび割れなどの劣化判断に有効である²⁾。

屋外における太陽光による逆光で視認性が悪い状態においても、鮮明化技術ではっきりと確認することが可能になる。

(2) 道路

道路表面のひび割れ・輪だち・陥没などの判断に有効である。

(3) 車両

車両の外傷検査、塗装状態の検査、金属物の摩耗劣化の判断に有効である。

鉄道においては、線路の状態管理にも有効である。

(4) 水中構造物

水中の濁水における鮮明化により、水中構造物を点検する水中ロボットのカメラ映像で鮮明化が有効である³⁾⁴⁾⁵⁾。

ダム点検などでの、水中取水口や水中機器の点検効率が向上できる。

(5) 潜水作業

ウェアラブルタイプの完全水中利用が可能になれば、潜水ダイバーが装着することにより、水中での視界改善に有効となる。

(6) 金属製品

銼器や工具などの金属物表面の状態を把握するのに有効である。

また、金属物に刻印されたシリアルナンバーなどの認識において、視認性の向上に有効である。

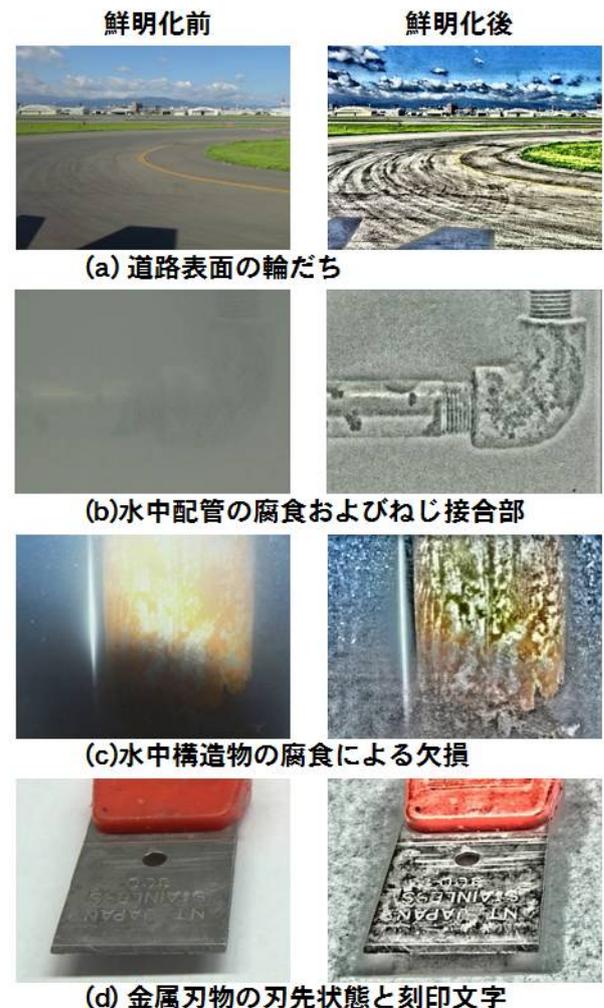


図-10 施設維持管理における鮮明化事例

5. 映像鮮明化の防衛分野別活用

以下に防衛分野における、局面別の活用例を挙げる⁹⁷⁾。

5.1 海上—島嶼防衛の局面

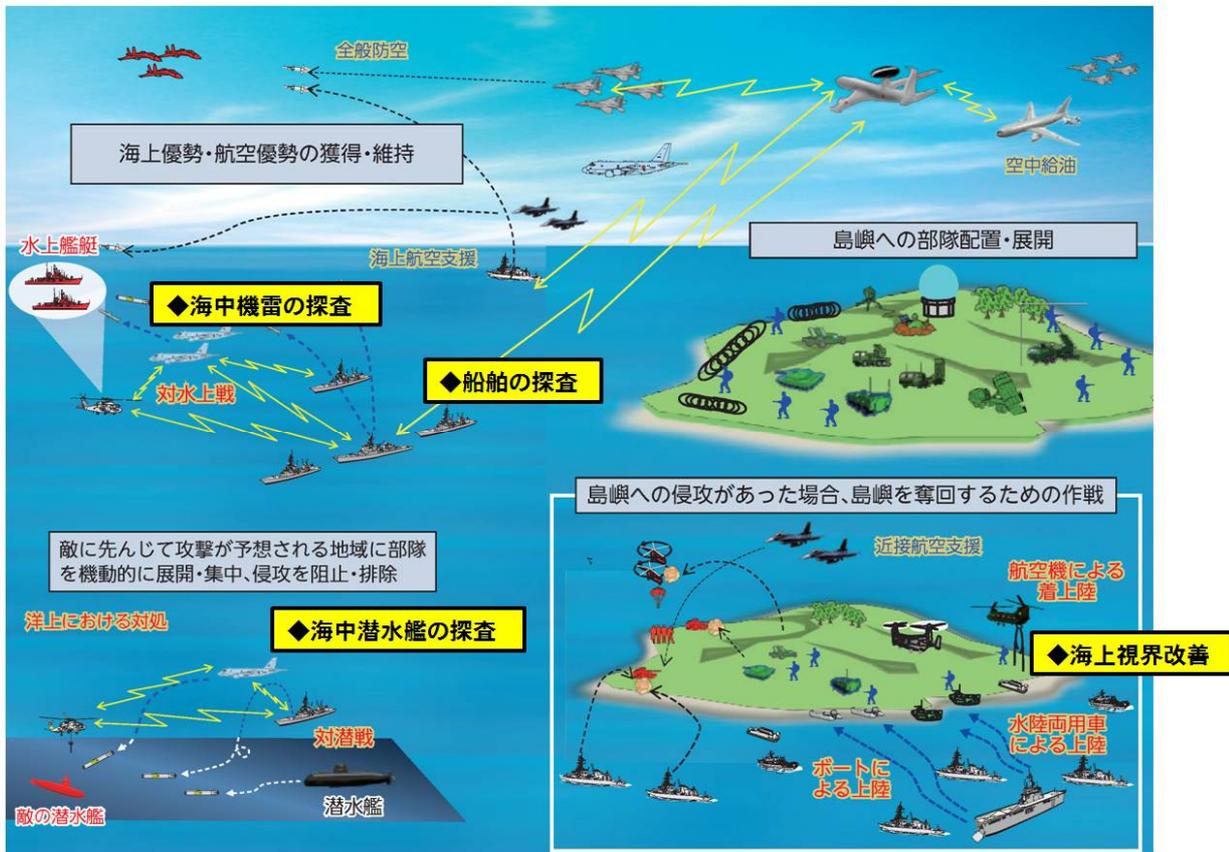


図-11 島嶼防衛の局面(平成 29 年版防衛白書 図表Ⅲ-1-2-6 島嶼防衛のイメージ図より引用)

図-11 中、◆で始まる枠部分が本論文での論点である。

図-12 に、鮮明化活用事例を示す。

・海中機雷の探査

鮮明化により、上空から低深度の海域における海中構造物を認識することができる。この機能を利用すれば、海中にある機雷・不審ダイバー・低深度の潜水艦の発見精度を向上させることができる。

・船舶の探査

海上のもやによる視界不良時、レーダーによる船影を確認しても AIS (自動船舶識別装置) の信号が無ければ、視認による確認が必要であるが、そのような場合に鮮明化が有効である。

・海中潜水艦の探査

海中機雷の探査に準じる。

ただし、低深度の場合に限る。

・海上視界改善

船舶に限らず、海上視界不良時は海上に存在する構造物や障害物を認識することが重要である。そのような場合に鮮明化が有効である。

鮮明化前



(a) 上空からの水中構造物の探査

鮮明化後



(b) 水中不審者・不審物の探査



(c) 海上の視界改善による船舶探査



図-12 海上分野における鮮明化活用事例

5.2 航空ーミサイル防衛の局面

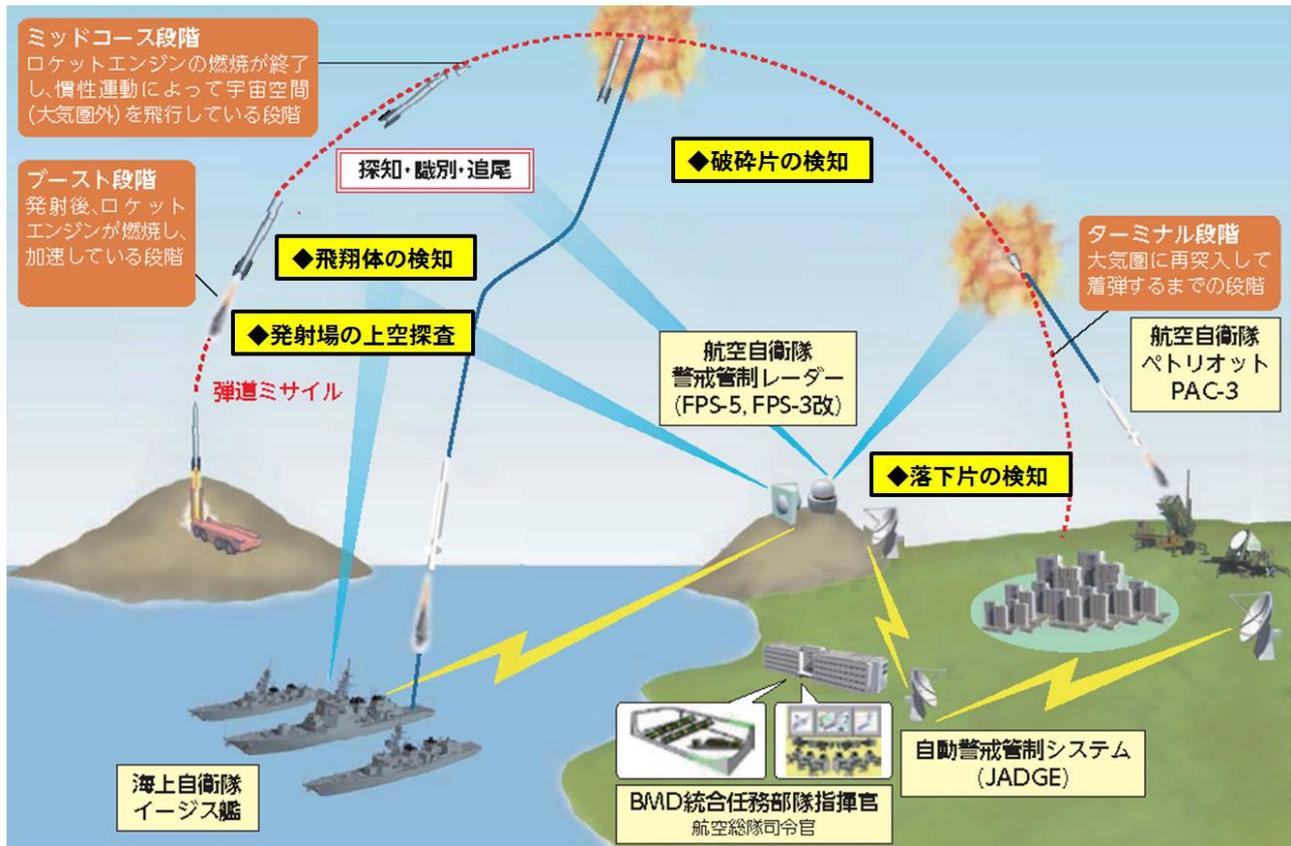


図-13 ミサイル防衛の局面(平成29年版防衛白書 図表III-1-2-7 BMD 整備構想・運用構想(イメージ図)より引用)

図-13 中、◆で始まる枠部分が本論文での論点である。

図-14 に、鮮明化活用事例を示す。

- ・飛翔体の検知⁸⁹⁾

上空を飛翔する飛翔体通過後の大気状態変化の痕跡を、鮮明化で検知できる可能性がある。

ジェットエンジンの飛行機が排出する高温排気は目視や通常カメラではとらえられないが、鮮明化により排出熱気を検知できる可能性がある。

- ・破砕片の検知

目視や通常カメラでは認識が困難な、微細な上空の落下物を鮮明化で検知できる可能性がある。

- ・落下片の検知

破砕片の検知に準じる。

- ・発射場の上空探査

上空の状況を鮮明化で探査することで、何らかの異変を検知できる可能性がある。

また、上空からの地上を探査する場合に、空気のもやにより視界不良時でも地上構造物の詳細を鮮明化で認識できる可能性がある。

たとえば、ドローンなどで地上偵察を行う場合にある程度の悪天候であっても、探査の精度を向上させる可能性がある。この機能は、地上の構造物の維持管理を行う場合にも有効な技術である。

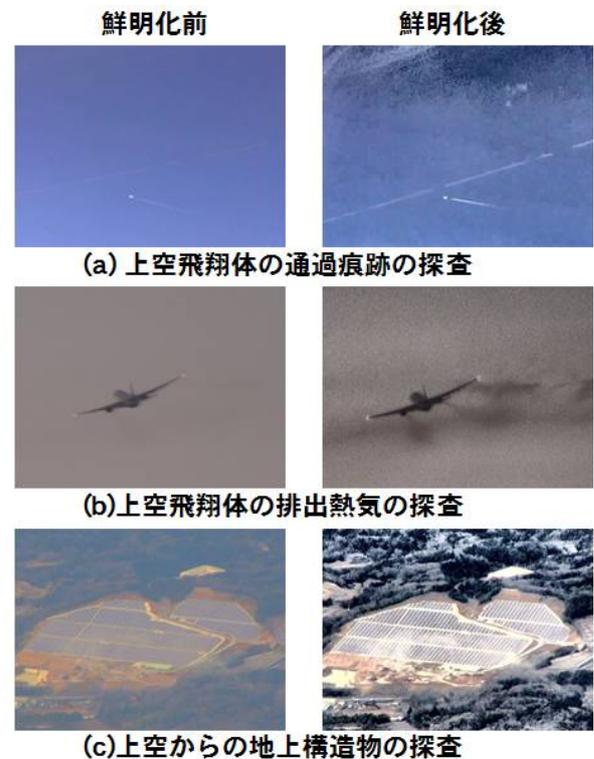


図-14 航空分野における鮮明化活用事例

5.3 陸上—特殊部隊対処の局面

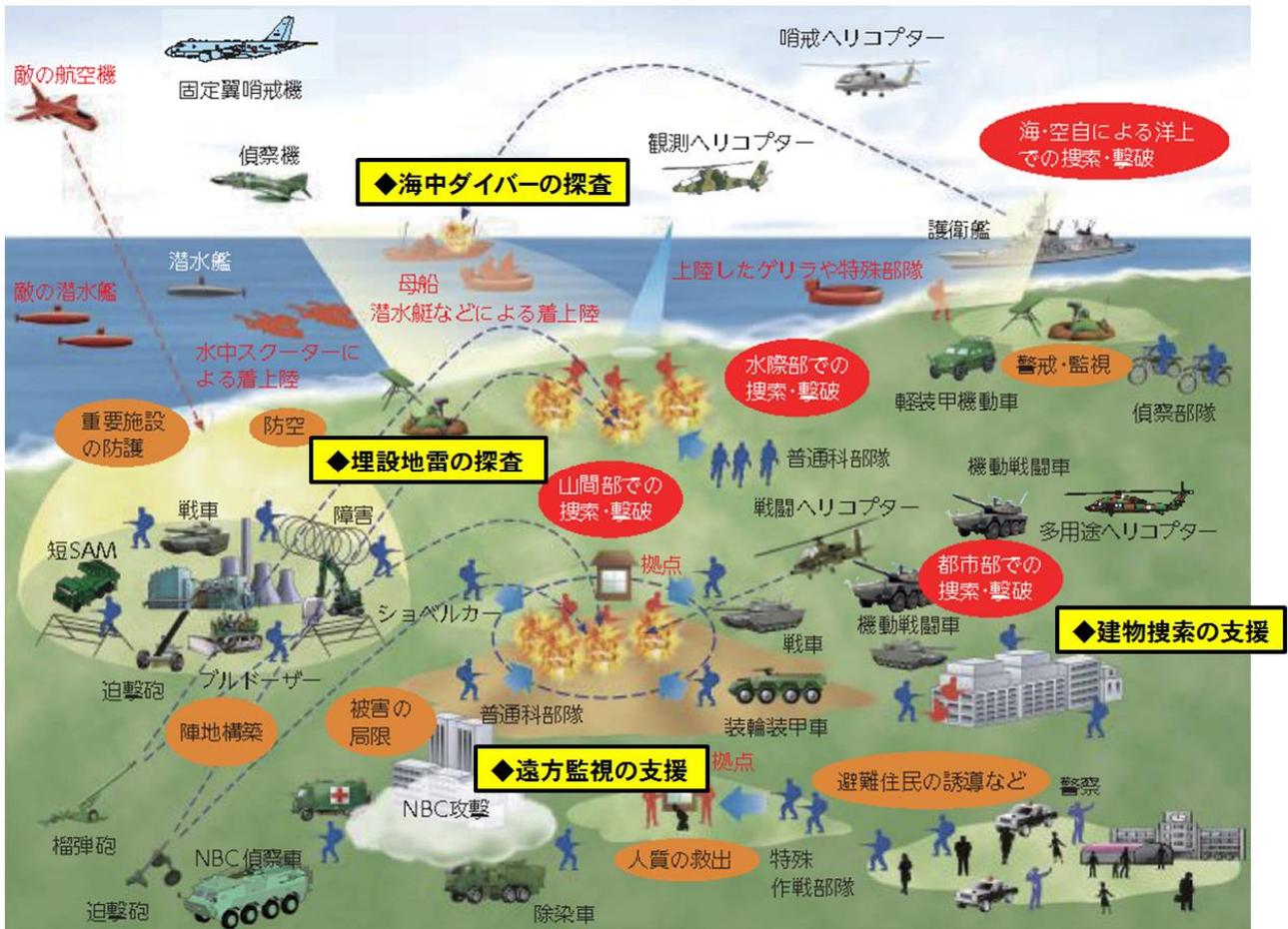


図-15 特殊部隊対処の局面(平成 29年版防衛白書 図表Ⅲ-1-2-10 グリラヤ特殊部隊による攻撃に対処するための作戦の一例より引用)

図-15 中、◆で始まる枠部分が本論文での論点である。

図-16 に、鮮明化活用事例を示す。

- ・海中ダイバーの探査

「5.1 海上 海中機雷の探査」に準じる。

- ・埋設地雷の探査¹⁰⁾

鮮明化により、地面の微細な状況を把握し、わずかな異変を検知できる可能性がある。

例えば地雷を埋設した場合、地面を掘り起こし再度埋設した際には、地中水分の変化による微細な地面の変化を鮮明化で認識して探査できる可能性がある。

- ・遠方監視の支援

遠方建物内に不審者が居る場合、建物ガラスによる外光の反射により建物内部は視認性が低下する。

そのような場合に、鮮明化で建物内部の人物を特定できる可能性がある。

- ・建物搜索の支援

建物に対し何らかの工作（爆破物の設置）がされた場合、建物壁面での微細な変化を鮮明化で検知できる可能性がある。

また、夜間逆光などで視認性の悪化する暗部領域の監視においても鮮明化が有効である。

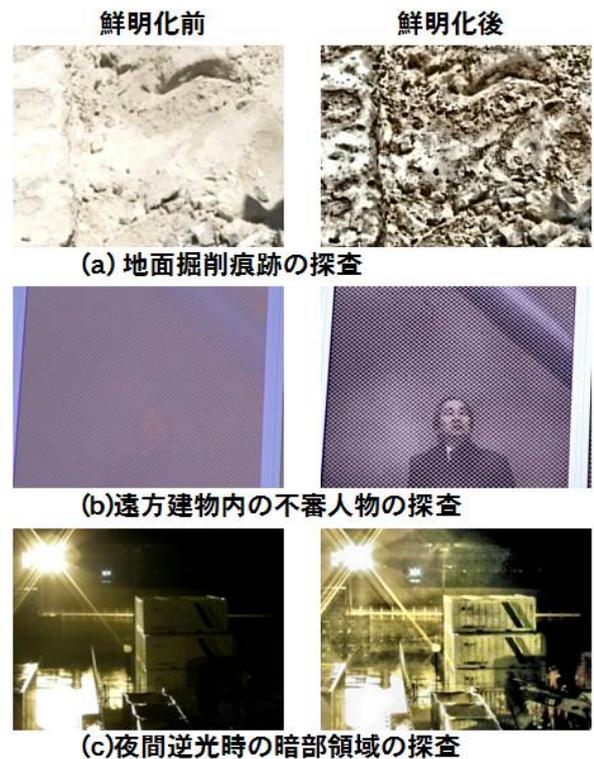


図-16 陸上分野における鮮明化活用事例

6. システムの展開

6.1 ウェアラブルディスプレイの機能拡張

ウェアラブルディスプレイに、鮮明化映像だけでなくいろいろな状況表示もできれば、という意見は多い、たとえば、以下のようなものがある。

(1) 装着隊員の識別情報

指揮官まで映像が届くので、誰のカメラ映像かが分かるが良い。

個人識別チップを差し込めば、識別番号や所属部隊や階級や職能表示が可能となる。いろいろな技能資格(火薬扱いの等級など)も表示可能となる。

(2) 地図や気象情報

ウェアラブルデバイスの GPS や IMU(慣性センサー)により、地図上に自分の位置表示や周辺の気象情報などを表示できる。

(3) 戦略情報

さまざまな戦略伝達情報の表示も可能となる。

(4) 遠隔地との映像コミュニケーション

高速無線、Wi-Fi、衛星通信、インターネットなどを駆使し、幅広く遠隔地との映像コミュニケーションへの展開が可能である。

6.2 AI連携

発展の著しい人工知能AIの分野と連携し、鮮明化映像のディープラーニングや自動認識との融合は今後の展開に期待できる¹¹⁾¹²⁾。

6.3 耐環境性強化による活用局面の拡大

ウェアラブルタイプについては、完全水中利用が可能な装置とし、海中利用への展開ができる。

6.4 鮮明化と他検知技術の融合による施設管理

例えば、発電機などの大型施設の管理に以下の技術と融合することでさらに管理の信頼性を向上できる。

- (1) 映像鮮明化：機器変形検知、異常排気の検知
- (2) 音声感知：可動部異音検出
- (3) 熱画像感知：異常発熱検出
- (4) におい検知：異常動作検出

7. おわりに

映像鮮明化装置を用いたシステムを、防衛分野において活用できる可能性について論述した。

従来にない、新しいタイプのシステムにより多くの局面で活用できることが大きな利点となる。

特に、ウェアラブルタイプは隊員からの実際の装備

として利用したいという期待を受けており、今後、装置の耐環境性や小型化を進め、実際に現場で利用できる装置の開発を進めていく予定である。

謝辞

本研究および論文執筆の機会を与えて下さった、大和探査技術株式会社の関係者に感謝いたします。

本装置について貴重なご意見をいただいた、陸上自衛隊施設学校・陸上自衛隊水陸機動教育隊・陸上自衛隊富士学校・海上自衛隊佐世保総監部の方々に感謝いたします。

本映像鮮明化装置の海事分野における実績確立に貢献いただいた、株式会社日本マリンサービスに感謝いたします。

参考文献

- 1) 山本彰: ICT を利用した建設技術の高度化, 大林組技術研究所報, No. 78, 2014
- 2) 鎌田敏郎, 内田慎哉: コンクリート構造物の診断における非破壊検査の適用の現状と今後の展望, 物理探査(物理探査学会), Vol. 60, No. 3, 2007
- 3) 池本貴, 中林良和, 佐々木学: 波浪中動揺特性を考慮した半没水型水面ロボットの開発, 三井造船技報, No. 181, 2004年2月
- 4) 小川和弘: 水道管内点検ロボットの開発, 三井造船技報, No. 197, 2009年6月
- 5) 長嶋豊: コンパクトな自律型海中ロボットの実現方法に関する研究, 長崎大学海洋生産科学研究科研究成果リポジトリ, 2000-03-31
- 6) 防衛白書, 2017
- 7) 大島孝二: 防衛装備品の国際共同研究開発の方向性と我が国の対応, 防衛研究所紀要, 第12巻第2・3合併号, 2010年3月
- 8) 村井祐一, 田坂裕司, 武田靖: 応用ステレオPTVによる大気中の飛行体の3次元計測, 可視化情報(可視化情報学会), Vol. 29, 2009年7月
- 9) 山田哲哉, 矢野創, 内田右武, 石井信明, 安部隆士, 稲谷芳文, 篠田和央, 柳澤俊史, 伊地智幸一: 光学観測による再突入飛行体の捕捉, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告, JAXA-RR-04-045, 2005-03
- 10) 佐藤源之: 人道的地雷検知・除去技術と国際貢献への道, 科学技術動向, 科学技術・学術政策研究所, 2005年10月
- 11) 浜中雅俊, 塩見英樹, 小田雄一: ディープラーニングに基づくドローン飛行エリアの推定, 第30回全国大会(人工知能学会), 3E4-5, 2016
- 12) 畑貴大將, 佐野裕香, 濱野健二, 平進太郎: 人工知能技術を用いた画像処理と意思決定支援, 防衛装備庁技術シンポジウム, PS8, 2017年11月