

夜間撮影画像の視認効果向上に関する検討

環境リモートセンシング研究室 講神 雅人
指導教官 力丸 厚

1. はじめに

近年、災害による被害を少しでも小さくするため、災害後の迅速な情報の収集が望まれている。被災情報の収集には、カメラやセンサなどを使用し、情報収集することが有効であると考えられている。総務省消防庁刊行の『平成 17 年度版 消防白書』にも、夜間における情報収集の重要性が書かれている。

しかし、夜間に災害が発生した場合、カメラにより撮影した画像の視認性が低下し、画像による被災地状況の把握が困難になる。2004 年に発生した新潟中越地震でも、日没後に地震が発生し、孤立した山古志村(現在は長岡市)の被災状況が把握できたのは、夜が明けた翌朝以降であった。そのため、夜間時の画像による情報収集能力を確保するためには、夜間画像の視認性の向上が重要である。

本研究では、日没以降に民 CCD 方式ビデオカメラと熱赤外線カメラを使用して撮影を行った。ビデオカメラによって撮影した映像を基に、視認性向上を目的とした処理を試み、視認性向上の評価・検討した。

その後、処理可能な照度の限界を検討した。それ以下の照度下において視認性の向上の可能性として熱赤外線画像の検討を行った。

2. データの取得

2-1. 撮影方法

夜間画像の視認性の低下は、太陽の光量の減少が大きな要因であるため、日没後の段階的な夜間の暗さを定量的に把握する必要があった。そのため、照度計を用いて、現地での夜間撮影を行った。

10 月から 12 月にかけて 17 回の撮影を行い、撮影地点および撮影データの検討を行った。その結果、木に囲まれた街灯や他の人工的な光の影響を受けにくい地点を撮影場所にした。

撮影に用いた主な機材として、ビデオカメラの可視域を捉えるモードと可視域と近赤外線のを捉えるモードを使用し撮影を行った。同時に、熱赤外線カメラでも撮影を行った。撮影には、白黒のチャート、照度計を使用した。撮影方法は、2 台のカメラを 1 台の三脚の上に固定した。チャートは、カメラから約 50m 離れた地点に図 1 のように設置した。カメラからチャートが設置されている地点(約 50m)の空間分解能は、1 画素あたり約 2cm か

ら 3cm であった。チャートを設置した理由は、ノイズによる視認性の低下を定量的に表すためである。

撮影に関する情報を表 1 に示した。撮影時刻の照度の変化を図 2 に示した。



図 1 チャートの設置例

チャートの外寸 : W184 cm, H92 cm
内側の寸法(四角 3 個) : 各 W50cm, H50cm

表 1 使用カメラ、撮影情報

使用カメラ	ビデオカメラ : DCR-TRV27 可視域 (最低照度 : 15lx) 熱赤外線カメラ : IR-SC1
撮影日時	2006 年 12 月 11 日
撮影場所	六座神社(長岡市)
撮影時刻	16 : 45, 17 : 00, 17 : 15, 17 : 30
日没時刻	16 : 28
撮影照度	6.22 lx, 0.57lx, 0.04lx, 0.01lx
天候	晴れ

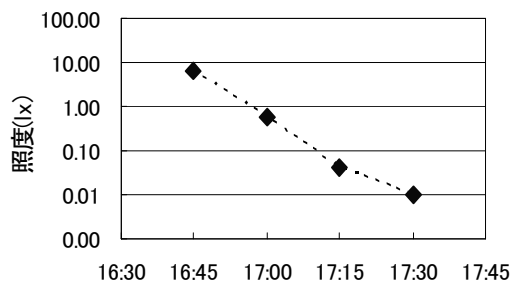


図 2 照度の変化(2006 年 12 月 11 日) 時間

2-2. 原画像の作成

撮影したビデオカメラと熱赤外線カメラの映像から、1フレーム(約 1/30 秒)の静止面を作成し、各処理の基となる原画像とした。

3. 視認性向上処理

夜間、ビデオカメラで撮影された画像の視認性が低くなる原因として、S/N 比(意味のある信号と雑音の比)が関わる。太陽光を対象物体が反射する光をカメラが信号として捉えているが、日没後、対象物からの反射光が減少することで信号が減少する。そのため、雑音(ノイズ)に対して信号の比が小さくなり、結果的に画像全体にノイズが表示される。つまり、撮影した画像は、反射光の減少と S/N 比の低下によって視認性が低下した。S/N 比の低下、ノイズの影響を低減することができれば、視認性の向上につながると考え、視認性向上の処理を試みた。

今回は、視認性向上の効果が期待される照度 0.57lx 時に対して視認性向上の各処理を行った。また 3-1. ~3-3. の各処理を組み合わせ、より高い視認性の向上を試みた。

3-1. 時間蓄積処理

画像に表示されるノイズは、時間的にランダムに表示されるため、時間方向に画素の蓄積を行うことで、ノイズの影響の低減を試みた。蓄積時間として、連続する 10 フレーム(1/3 秒)、90 フレーム(3 秒)の 2 パターンの処理を行い、画像を作成した。

3-2. 空間畳み込み処理

空間的に蓄積することで、ノイズの影響の低減を試みた。蓄積範囲として、3Line×3Pixel 内の画素値の累値を注目画素として、画像を作成した。

3-3. 各波長帯の蓄積

ノーマル画像を波長的に蓄積することで、ノイズの影響の低減を試みた。蓄積波長として、ノーマルの 3 バンド(赤、青、緑)の各画素値の蓄積を単バンドとして、画像を作成した。

4. 視認性の評価

4-1. チャート内の画素値の取得方法

視認性は、コントラスト(明度差、彩度差、色相差)や解像度などの要因に支配される画像の見やすさを総合的に表わしたものである。本研究では、チャートに着目して、視認性を評価した。

画像内に映っているチャートは、一様な白と黒の領域から構成されている。それらの画素値を断面的に抽出するためにラインを設定し、断面図をその中の一部を標準偏差の算出に用いた。画素値を取得したライン、ならびに

白、黒領域(W1, B1, W2)の画素値の標準偏差を算出するために用いた範囲を図3に示した。

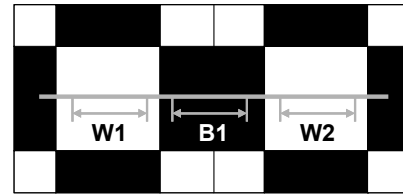


図3 データ範囲

断面画素値範囲 : 1 Line, 74 Pixel

標準偏差範囲(矢印) : 各 1 Line, 12 Pixel

4-2. 濃淡差、ノイズの評価

各画像内に映っているチャートは、一様な白、黒の領域から構成されている。そのため、チャート部分の濃淡値は、本来、高い値(白領域)もしくは低い値(黒領域)で一定になる。しかし、日没後に太陽光が減少するにつれて、コントラストおよび S/N 比が低下し濃淡の空間変化が一様ではなくなる。

そこで、各処理における空間変化の度合いを濃淡値(画素値)の断面、および標準偏差により評価した。4-1. の方法で得られた緑バンドの画素値を用いて断面図、標準偏差、平均値を算出した。

4-3. 目視テスト

長岡技術科学大学・大学院の学生 10 名に、目視による視認性のアンケート評価を試みた。評価は、5 段階の選択形式で、全ての画像を見せた後、画像ごとに項目別で評価してもらう方法で実施した。評価前には、評価⑤の例としてノーマル画像(照度 6.22lx 時)を見せた。以下のような項目、段階で評価してもらい点数化した。

項目 :

1. チャートの視認性
2. 背景・地面

評価 :

- | | |
|-----------|-------|
| ⑤はっきり見える | ・・・4点 |
| ④見える | ・・・3点 |
| ③ある程度見える | ・・・2点 |
| ②見えにくい | ・・・1点 |
| ①ほとんど見えない | ・・・0点 |

集計した各画像の評価を、0点(最低)から4点(最大)に換算し、平均点を算出した。その点数を目視による評価とした。平均点は、少数第二位で四捨五入した。

表3 チャーフトに注目した視認性結果例(可視域)

処理内容	処理後画像	画像値の空間偏差		画像値の時間偏差		目視判別 評価:0~4 チャート
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
原画像		30	18.2	3.2	0.9	
空間量み込み 各波長帯の蓄積		30	18.4	0.7	0.7	
時間蓄積 3秒		30	18.9	1.7	0.1	
時間蓄積 3秒		30	18.9	0.4	3.2	
空間量み込み 各波長帯の蓄積		30	12.2	0.4	0.4	
時間蓄積 3秒		30	20.1	0.4	2.5	
時間蓄積 3秒		30	19.2	0.1	3.0	
空間量み込み 各波長帯の蓄積		30	12.2	0.2	0.2	
時間蓄積 3秒		30	20.2	0.1	2.9	

表4 視認性向上の境界照度の検討

処理内容	撮影照度: 0.57lx		撮影照度: 0.04lx		撮影照度: 0.01lx 可視+近赤外
	可視域	可視域	可視域	可視+近赤外	
原画像(強調表示)	チャート: 0.9 背景・地面: 0.1	チャート: 0.9 背景・地面: 0.1	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0
時間蓄積 3秒	チャート: 3.2 背景・地面: 2.5	チャート: 3.2 背景・地面: 2.5	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0	チャート: 0.2 背景・地面: 0.0	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0
時間蓄積 3秒	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0	チャート: 0.2 背景・地面: 0.0	チャート: 0.5 背景・地面: 0.4	チャート: 0.0 背景・地面: 0.0

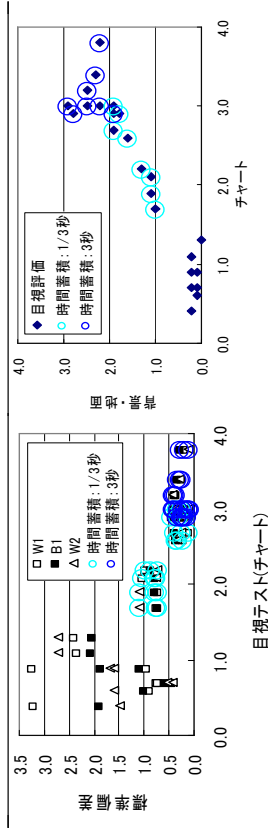


図4 標準偏差と目視評価の目視評価(チャート)

図5 目視テストの評価: 時間蓄積

- 図4から、また、標準偏差の低下(ノイズの除去)によって視認性が向上している。
- 図4.5から、時間蓄積処理を行った画像は、全体的に視認性の向上が確認できる。
- 蓄積時間1/3秒より3秒の方が、効果的である。

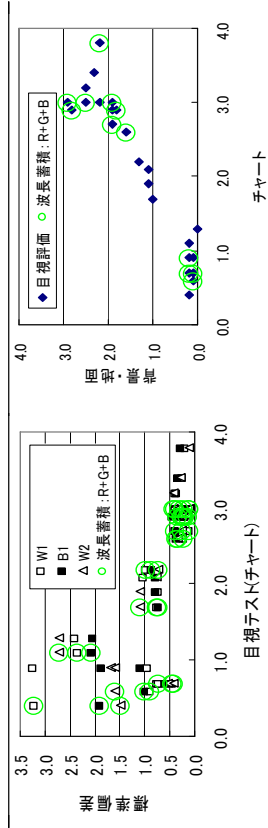


図6 標準偏差と目視評価(チャート)

図7 目視テスト評価: 空間蓄積

波長蓄積

- 図4.5と図6.7の比較から、高い評価を示すには、波長帯の蓄積以外に時間蓄積処理を施していることが分かる。
- 時間蓄積処理を組み合わせなければ、高い視認性評価が得られない。

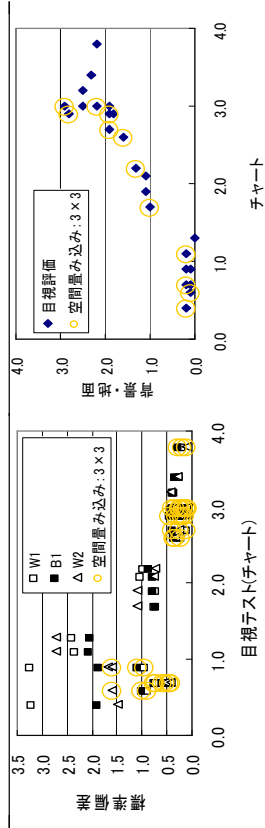


図8 標準偏差と目視評価(チャート)

図9 目視テスト評価

空間量み込み

- 図4.5と図8.9の比較においても、高い評価を示すには、空間量み込み処理以外に時間蓄積処理を施していることが分かる。
- 時間蓄積処理を組み合わせることで、高い視認性評価が得られる。

5. 処理結果・評価結果の検討

5-1. 処理結果の検討

チャートの拡大図および断面図を用いて処理画像の検討を行った。(表3参照)

原画像(可視域画像)と可視域の処理画像(時間蓄積3秒+空間畳み込み+各波長帯の蓄積処理)を比較すると、チャートの拡大図および断面図から、ノイズが除去されているのが分かる。特にW2の標準偏差が処理によって3.2から0.1まで減少している。同様に、目視テストにおいても0.9点から3.0点(チャートを対象)、0.1点から2.9点(背景・地面を対象)に視認性が向上した。

5-2. 評価結果の検討

各評価結果について検討した。ノイズの低減による視認性の向上が示されている。しかし、ノイズの低減が見られても、画像の濃淡差が無いために、目視評価が低い傾向もあった。

空間畳み込み処理ならびに各波長帯の蓄積は、全体的に評価にばらつきがあり、単一の処理では、視認性向上の評価が低かった。

時間蓄積処理を行った画像は、各評価で視認性の向上が見られた、視認性向上に効果的な処理であった。

6. 視認性向上の限界照度の検討

5. から視認性向上の処理行い、評価の検討を行った結果、時間蓄積処理が有効な処理方法だと評価された。この処理を用いて、本研究に用いたカメラの視認性が得られる限界照度の検討を行った。(表4参照) また、画像の視認性の評価は、4・3. で述べた目視テストによって評価した。

0.57lx(17:00)では、視認性の向上が確認された。そこで、0.57lx以下の照度条件下である、0.04lx(17:15)、0.01lx(17:30)について時間蓄積処理(蓄積時間3秒:90フレーム、30秒:900フレーム)を用いて視認性向上を試みた。

撮影照度0.04lxでは、蓄積時間を30秒にすることで、可視域と近赤外線を抑えた画像の視認性が0.0点からチャート:0.5点、背景・地面:0.4点に向上した。撮影照度0.01lxでは、処理を行っても視認性の向上の評価はされなかった。

これらから本研究に用いたカメラの限界照度は、0.04lxから0.01lx付近であることが分かった

7. 熱赤外線画像の検討

視認性向上の期待されない0.04lx以下の場合、有効な手段として、熱赤外線カメラがある。

熱赤外線は、ビデオカメラのように太陽の光量に依存

することが無く熱放射による光を抑えるため、反射光の減少に対して有効であると考えられている

照度が6.22lxから0.01lxに変化しても、熱赤外線画像の視認性の変化は無かった。熱赤外線カメラは、熱赤外線による情報が得られるため、熱赤外線画像には、視認性向上の処理を行わなかった。

しかし、熱赤外線画像は捉えている情報が、可視域とは異なるために、色が違っても温度差のない場合確認できないという点がある。そのため、0.57lx時の可視域を抑えた画像と熱赤外線画像の融合によって色の差異を抑えようとした。チャートを対象に視認性向上を目的とするため、チャートの色に合わせて熱赤外線画像を反転処理し融合した。

その結果、照度条件0.57lxでは、可視域を抑えた画像と熱赤外線画像に融合することで、チャートの白、黒の濃淡差が強く表示することができた。

8. まとめ

撮影照度:0.57lx~0.04lxにおいて、可視域および近赤外線画像を時間蓄積処理によって、視認性の向上が見られた。撮影照度:0.01lxでは、処理による視認性の評価が得られなかった。

0.57lx時では、3秒(10フレーム)の時間蓄積処理で可視域、可視域と近赤外線を抑えた画像共に目視テストにおいて、チャート3点以上、背景・地面2点以上の評価が得られ各原画像よりも高い視認性が得られた。

0.04lx時では、各項目0点であった評価が、30秒(900フレーム)の時間蓄積処理することで、可視域と近赤外線を抑えた画像の視認性が、チャート:0.5点、背景・地面:0.4点と評価され視認性の向上が確認された。

0.04lx未満の場合の視認性の向上には、熱赤外線カメラを用いる必要がある。

参考文献

- [1] 総務省 消防庁:“平成17年度版 消防白書:第1章-第7節,第2章-第9節,2005年
“<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h17/>”
- [2] 日本リモート研究会編,日本測量協会:“改訂版 図鑑リモートセンシング” pp38, 200