

時空間プロファイルに基づく動的環境認識に関する研究

木下志保^{1, a)} 鹿嶋雅之^{1, b)} 福元伸也^{1, c)} 佐藤公則^{1, d)} 渡邊睦^{1, e)}

概要: 動画は監視カメラや環境状態のモニタリング等様々な用途があり、画像中の移動物体、背景等の認識は動画処理の重要課題の1つである。本研究の目的は、動画を、時空間情報を用いて解析することにより、人間・自転車・自動車などの移動物体と背景を自動的に分離し、天候状態、日照状態など多様な環境認識を行うことである。この移動物体の検出と背景の状態推定を並行して行う手法として、時空間プロファイルを新たに考案した。本稿では、時空間プロファイルのアルゴリズムと実験結果について述べる。大学構内に設置したカメラ映像を用いた実験により、提案手法の有効性を確認した。

キーワード: 動画処理, 環境認識, 時空間プロファイル, 移動物体検出

Research on Dynamic Environment Recognition based on the Spatio Temporal Profile.

SHIHO KISHITA^{1, a)} MASAYUKI KASHIMA^{1, b)} SHINYA FUKUMOTO^{1, c)}
KIMINORI SATO^{1, d)} MUTSUMI WATANABE^{1, e)}

Abstract: Motion analysis is the fundamental technique real several applications, such as, surveillance cameras and automatic environmental condition monitoring. Moving object detection tracking and background recognition are basis issues of the motion analysis. The purpose of this research is to automatically separate the moving objects such as human, bicycles and cars from the background analyzing the moving images using the spatiotemporal information, and to make various environmental classification such as weather condition, sunshine condition. "Spatio Temporal Profile" is newly proposed in this paper to achieve both the moving object detection tracking and the environmental background recognition simultaneously. Experimental results using camera image installed in university campus have shown the effectiveness of the proposed method.

Keywords: Motion Analysis,, Environment Recognition, Spatio Temporal Profile, Moving Object Detection

1. はじめに

近年、動画は監視カメラや環境状態のモニタリング等様々な分野での需要が高まっており、利用が進んでいる。しかし、画面内の環境から移動物体、背景等を認識し、必要とする情報を取得することは困難であり、動画の自動認識は動画処理の重要課題の1つである。なかでも屋外で撮影された動画は時間の経過による日照の変化や晴天・曇天・雨天等の天候の変化等の影響を受けるため、環境の認識を行うことがより困難である。また、人物等の移動物体を検出する際には、木々の揺れや水面の動き等、背景の環境状態が大きく影響を与え、移動物体の検出に大きな影響を与える。

そこで本研究では、人間・自転車・自動車等の移動物体と背景を自動的に分離し、移動物体認識と並行し日照変化

や天候状態等、画面内の多様な状況の認識を行うことを目的として、時空間プロファイルを考案し、提案手法の有効性を確認するための実験を行った。以下、関連研究、提案手法、評価実験、考察について述べる。

2. 関連研究

2.1 移動物体認識関連

時空間情報は移動物体の検出・行動推定、ノイズ除去、ジェスチャ認識、映像クラスタリング等の研究に用いられている。本研究に關係する移動物体の検出・移動推定を行う研究として、泉らは時空間画像を用いて、施設における複数人に対応した滞在時間を自動計測する手法を提案した[1]。磯部らは牛の行動特徴を、長時間かつ屋外の撮影で、日照変化、色調変化、建物の影等の影響を受ける特徴抽出が困難な状況から時空間画像を用いて物体がいつ、どこにどれくらい滞在したのかを提示する手法を示した[2]。久徳らは、車載カメラを用いた現在の走行映像と過去の走行映像との道路面時空間差分を用いた不特定前方障害物の検出手法の提案を行った[3]。宮野らは時空間画像から得られる

1 鹿児島大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University
a) K9858465@kadai.jp
b) kashima@ibe.kagoshima-u.ac.jp
c) fukumoto@ibe.kagoshima-u.ac.jp
d) kimi@ibe.kagoshima-u.ac.jp
e) mutty@ibe.kagoshima-u.ac.jp

魚の反射光を用いて動画中の魚の検出を行う手法を示した[4]。しかし、いずれも時空間情報の明示的な変化である移動物体にのみ着目しており、同時に背景に対しての考慮はされていない。

2.2 背景分類関連

TAKAI は複雑な環境から物体を検出する手法として、エッジ検出を用いて背景と物体を切り分ける手法を提案した[5]。しかし、移動物体の検出を行うことはできるが、移動物体の運動量を取得することは困難であり、背景の環境状態の推定は行っていない。

Pless は時空間情報を用いて背景のモデルを作成した[6]。しかし、木々や水面の揺れ等動きのある背景状態について着目したモデルとなっており、静的な背景の推定は考慮されていない。

3. 時空間プロフィールに基づく環境認識

時空間情報とは動画を1フレームごとに撮影された画像と捉え、時系列順に積み重ねた情報である。本手法で時空間情報を用いる利点として、背景差分等と違い、比較する対象が1フレームと1フレームではなく、自由にフレームの幅を持たせることが可能であるため、移動物体の移動量推定や動的背景、静的背景情報を容易に取得可能となる。

時空間プロフィールとは、蓄積された時空間情報を解析することにより、動画内の環境認識を行うものである。本研究での環境認識とは、移動物体、背景を画像中で分解し、移動物体の移動推定・背景の状態推定を行うことを指す。研究の概要を図1に示す。取得した動画に対し、提案手法をもとに環境認識を行う。

提案手法の処理の流れを図2に示す。入力動画から、動画中の任意の1ラインを選択し、時空間情報の取得、プロフィールングを行う。今回取得する時空間画像として、HSV色情報の色相、彩度、明度をそれぞれ取得した。取得したHSV色情報は時空間画像として蓄積した。時空間画像をもとに、移動物体と背景を分離し、移動物体の検出し、移動量を推定することで移動物体の推定、追跡を行う。また、移動物体を切り離れた画像をもとに HSV それぞれについて時空間情報の標準偏差を求め、画像情報、標準偏差をもとに背景の分類を行う。取得フレーム数を n 、各フレームの明度を x_i 、明度平均を \bar{x} 、標準偏差 S は式(1)によって求められる。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

3.1 移動物体・背景の切り分け

移動物体が通過した場合、蓄積された時空間情報は任意に設定した閾値を超え、y-軸方向に対し短時間で急激に変化する。移動物体が通過した例を図3に示す。蓄積されていた背景環境状態に対し、低い明度の物体が通過していると推測され、これを移動物体とし、画像から切り分ける。背景領域に関しては、日照変化や、天候状況等で時空間情報にゆるやかな変化が起こるが、短時間で急激に変化することはない。このことから背景・移動物体の切り分けを行う。

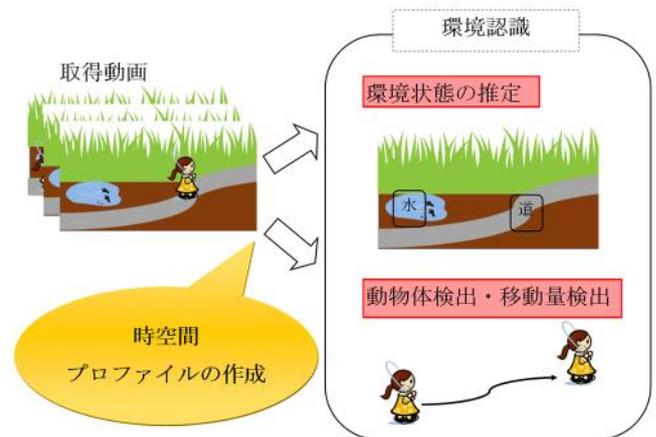


図1 提案手法概要

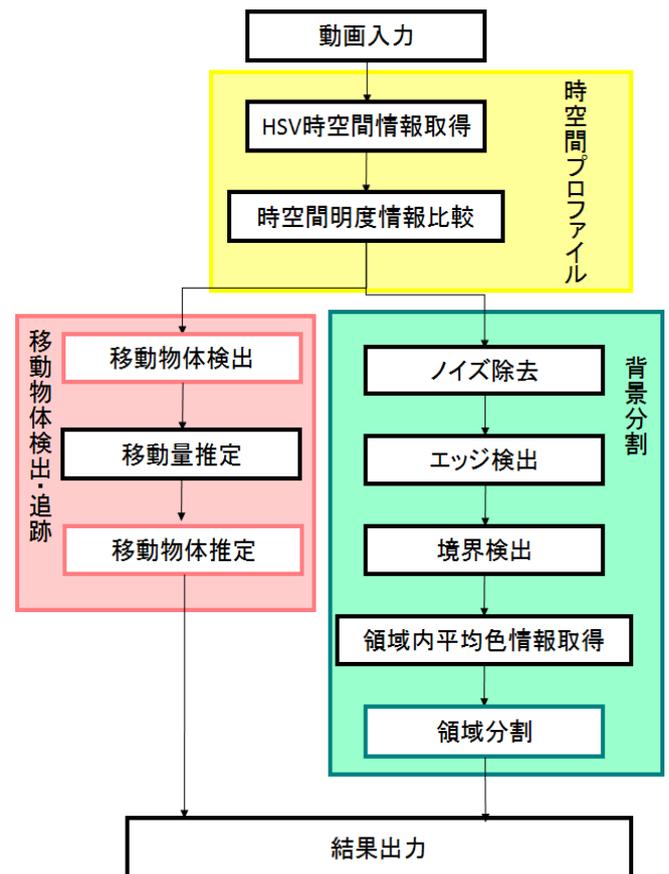


図2 提案手法の流れ

3.2 移動物体の検出・追跡

移動物体の検出は蓄積された時空間画像に注目し、図3に示したような閾値以上の変化が起こる点を移動物体として検出する。移動物体を検出するHSV色情報として、4.1節で後述する予備実験をもとに、明度情報を用いた。時空間情報を用いて移動物体を検出する利点として、移動物体の運動量や物体の変化の解析を行うことが可能である。例えば、検出された移動物体の直線の角度を推定することにより、運動量を解析することで、人や自転車、車等の推定を行うことも可能である。

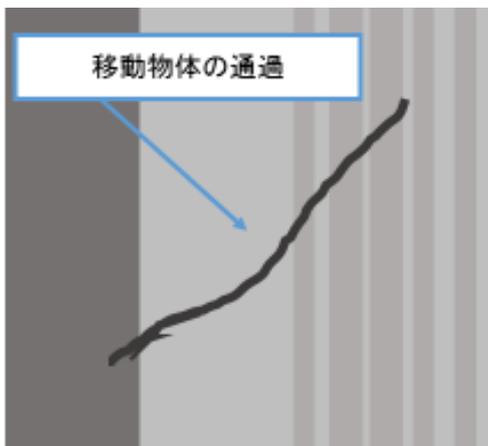


図3 移動物体による急激な変化の模式図

3.3 背景分割

検出された移動物体を除いた時空間情報を画像中に蓄積する。蓄積された時空間画像に対し、細かいノイズを除去するためフィルタ処理を行う。フィルタ処理にはメディアンフィルタを用いた。処理を行った画像に対し、エッジ検出を行う。x-軸方向に1ピクセル毎に比較を行い、任意に設定した変化の閾値を超えた場合境界線候補として検出する。エッジ検出を行い、検出されたエッジの量をy-軸方向に対しカウントし、一定の閾値を超えた場合、背景の境界線として検出を行う。検出された境界線をもとに境界領域内の色情報の合計値を取得し、平均を求め、領域分割を行う。平均の値が設定した閾値内で同じ場合、同等の領域であると分類する。

4. 評価実験

実験動画として大学構内の建物入口付近、通路の二か所から動画の撮影を行い、時空間プロファイルの解析を行った。撮影は日照の変化を考慮し、朝（10時から11時）、昼（13時から14時）、夕（16時から17時）の間で行った。また、天候の変化を考慮し、朝昼夕の時間帯それぞれの晴天、雨天の状況下で撮影を行った。撮影した動画例を図4、図5に示す。図4は大学構内の建物の入り口付近を撮影

したものであり、時間帯は朝、天候は雨天である。図5は大学内通路を撮影した物であり、時間帯は夕方、天候は晴天である。



図4 大学内建物入口付近（朝・雨天）

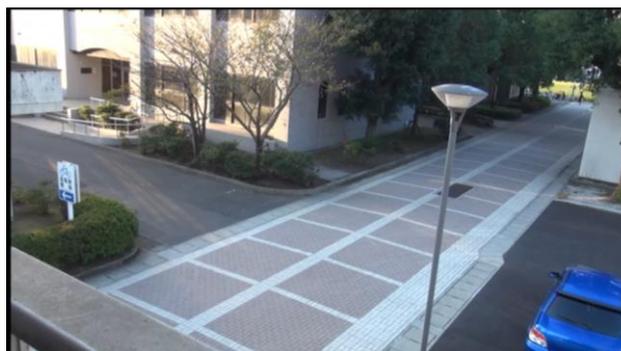


図5 大学内通路（夕・晴天）

4.1 予備実験

HSV色時空間画像情報を蓄積し、各天候、時間帯ごとに背景に対し、移動物体を検出可能であるか検証実験を行った。結果を図6図7に示す。赤枠で囲まれた部分が通過した移動物体である。朝は自動車の通過の例、昼・夕は人物が通過した例を示す。時空間画像を比較した際、視覚的に分類可能かをまとめた結果を図8に示す。図8から移動物体に関して、HSVそれぞれの時空間画像に対し、時間帯や悪天候に関わらず、時空間情報に設定した閾値を超える急激な変化が起こることが示された。なかでも、どの条件下でも明確な変化を取得することができた明度情報を用いていくことが有効であると考え、背景との切り分けに用いた。

対象: 動物体 (比較対象: 背景)			
	H: 色相	S: 彩度	V: 明度
朝			
昼			
夕			

図6 移動物体検出結果（晴天）

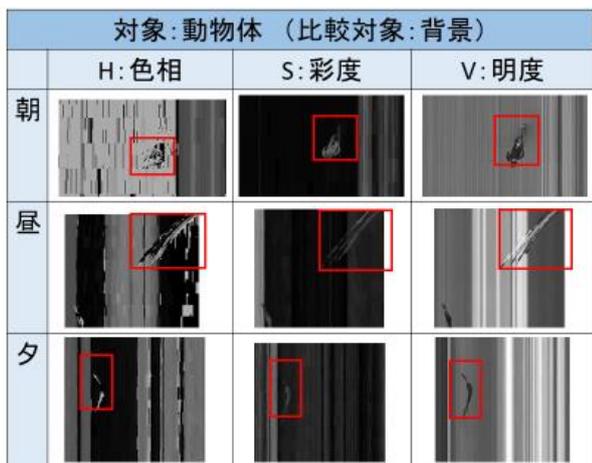


図 7 移動物体 (雨天)

対象:動物体 (比較対象:背景)			
	H	S	V
晴・朝	○	◎	◎
晴・昼	○	○	◎
晴・夕	○	○	◎
雨・朝	△	○	◎
雨・昼	○	○	◎
雨・夕	△	○	◎

図 8 移動物体検出結果

次に背景の分類に関して提案手法が有効であるかの検証を行った。今回、分類した背景の状況として、図 4 図 5 の画像内に含まれる植木部とコンクリート部、木部と植木部の比較を行った。

植木部とコンクリート部を比較について、移動物体と同様の環境下で時空間画像を用いて比較を行った結果を図 9 図 10 に示す。赤枠で囲まれた部分が植木部である。また、背景に関しては、移動物体を切り分け蓄積した時空間画像に対し、標準偏差を求め、標準偏差のばらつきから、背景分類が可能であるかの検証を行った。標準偏差に関しても各天候下で比較を行い、比較を行った。結果を図 11 図 12 に示す。こちらも同様に赤枠で囲まれた部分が植木部を指す。x-軸は画像幅、y-軸は標準偏差のばらつきを示す。画像情報、標準偏差の時空間情報を比較した際、視覚的に分類可能かをまとめた結果を図 13 に示す。

植木部とコンクリート部の比較に関して、図 9 に示す晴天時時空間画像比較においては、どの状況下でも比較的明確な変化が示された。しかし図 10 に示すように、雨天時においては晴天時に比べ、明度情報等、明確な差が出ない条件が生じた。標準偏差の結果に関しては、植木部の彩度

情報に着目した際、コンクリート部に比べばらつきが多く出ている。

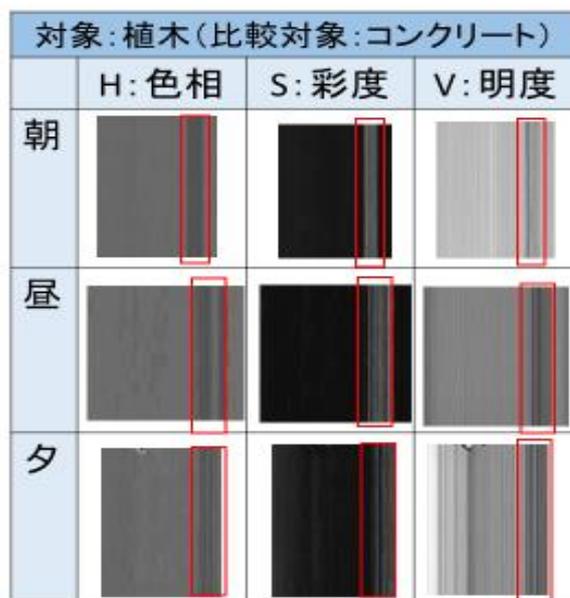


図 9 画像情報分類結果 (晴天)

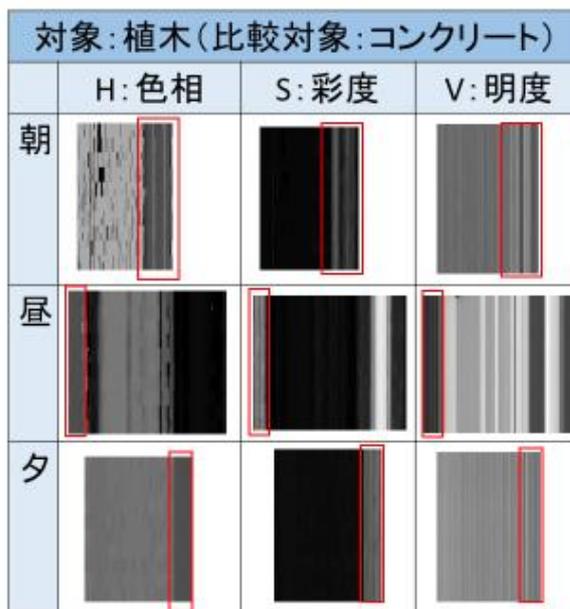


図 10 画像情報分類結果 (雨天)

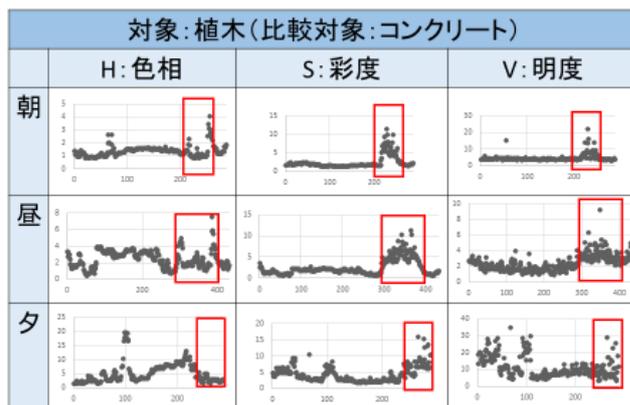


図 11 標準偏差分類結果 (晴天)

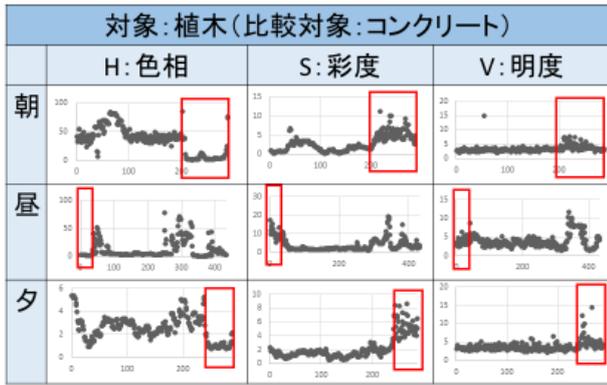


図 12 標準偏差分類結果 (雨天)

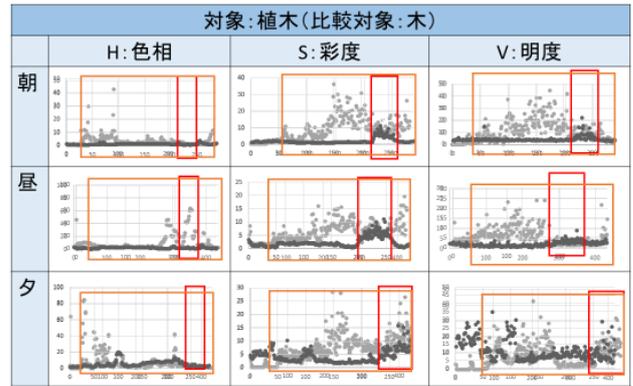


図 15 標準偏差分類結果 (晴天)

対象: 植木(比較対象:コンクリート)						
	H	H 標準偏差	S	S 標準偏差	V	V 標準偏差
晴・朝	○	×	◎	○	○	○
晴・昼	○	×	◎	○	○	×
晴・夕	○	×	△	△	○	×
雨・朝	◎	◎	○	○	×	△
雨・昼	×	×	○	△	△	×
雨・夕	○	○	◎	◎	×	△

図 13 背景分類結果

対象: 植木(比較対象:木)						
	H	H 標準偏差	S	S 標準偏差	V	V 標準偏差
朝	×	×	△	△	△	△
昼	×	○	×	×	△	△
夕	×	×	×	×	△	×

図 16 背景分類結果

次に、木部と植木部の比較について、時空間画像を用いて比較を行った結果を図 14 に示す。赤枠で囲まれた部分が植木部、橙線で囲まれた部分が木部である。また、標準偏差のばらつきから、比較を行った結果を図 15 に示す。黒色のグラフの赤枠で囲まれた部分が植木部、灰色のグラフの橙線で囲まれた部分が木部を指す。x-軸は画像幅、y-軸は標準偏差のばらつきを示す。画像情報、標準偏差の時空間情報を比較した際、視覚的に分類可能かをまとめた結果を図 16 に示す。

木部と植木部の比較に関して、色相の情報では困難であるという結果を得た。また、彩度と明度に関しては全てではないが、風等の外乱の影響で植木部より標準偏差にばらつきが起こる部分があった。

次に、同環境における晴天、雨天において、天候変化に関して有効であるかの検証を行った。比較を行った環境は図 4 に示した建物内入口付近である。時空間画像情報をもとに比較を行った結果を図 17 に示す。図 17 内の表において左図が雨天、右図が晴天の結果を示す。また、標準偏差を用いて比較を行った結果を図 18 に示す。赤枠で囲まれている部分は植木部を示している。黒色のグラフが雨天、灰色のグラフが晴天を示す。画像情報、標準偏差の時空間情報を比較した際、視覚的に分類可能かをまとめた結果を図 19 に示す。

天候の比較に関しては、明度画像情報、彩度画像情報のように全体の画面明度が下がっているが、明確な差は得られなかった。標準偏差の比較においては判別困難であった。

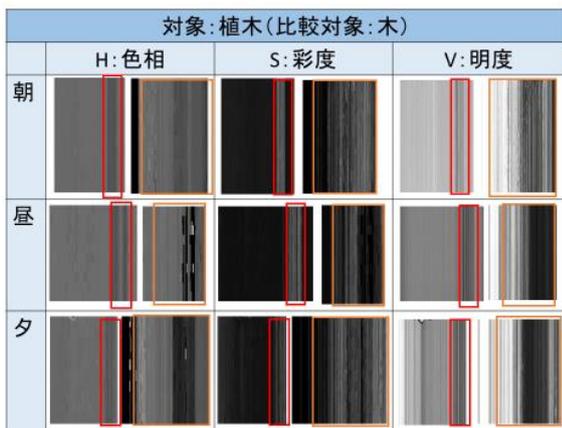


図 14 画像情報分類結果 (晴天)

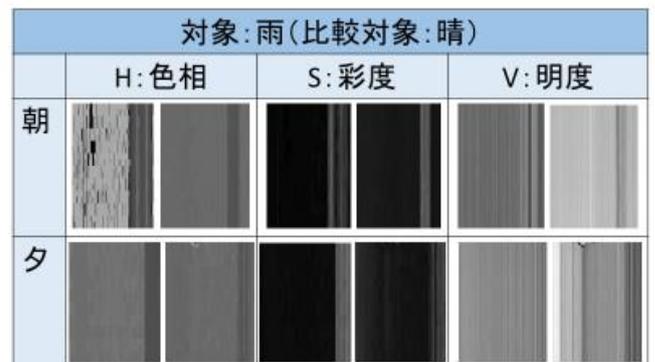


図 17 画像情報天候比較結果

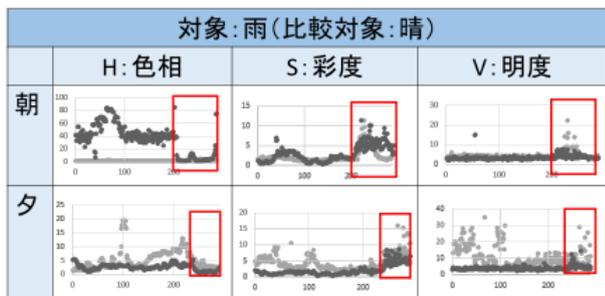


図 18 標準偏差天候比較結果



図 21 入力画像例

対象:雨(比較対象:晴)						
	H	H 標準偏差	S	S 標準偏差	V	V 標準偏差
朝	△	×	×	×	○	×
夕	×	×	×	×	×	△

図 19 天候比較結果

4.2 移動物体の検出

3.2 節で示した手法をもとに、移動物体の検出を行った。検出を行う際、4.1 節の移動物体検出結果から、どの環境下でも安定した検出結果を示した明度情報を用いて移動物体の検出を行った。結果を図 20 に示す。左上図の赤線が時空間情報取得ラインであり、右図が取得した時空間画像、左下図が移動物体検出結果を示す。5 分の動画像 19 本内の通過した動物体に対し、100%の検出結果を得た。一方、木々の揺れ等を過剰検出する場合が発生した。



図 20 移動物体の検出

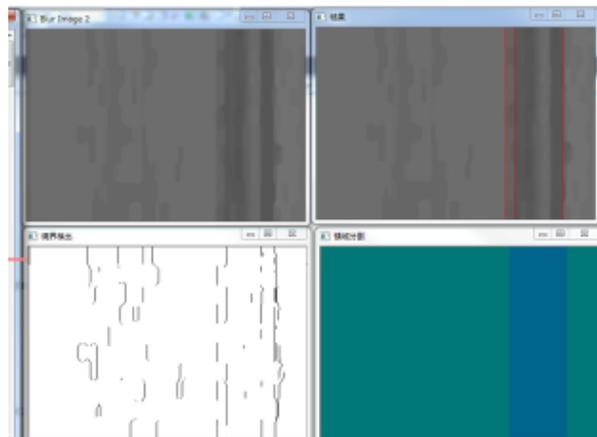


図 22 境界検出結果



図 23 色相領域分割出力結果

4.3 環境状態分類結果

3.3 節の手法を用いて、背景の分類を行った。入力画像例を図 21 に示す。赤線が時空間情報を取得したラインである。背景とまた、境界を検出した結果を、色相を例として図 22 に示し、色相、彩度、明度それぞれに関して領域分割を行った結果を図 23 から図 25 に示す。



図 24 彩度領域分割出力結果



図 25 明度領域分割出力結果

5. 考察

5.1 移動物体検出

4.1 節で時空間プロファイルの作成を行い，移動物体の検出に関して，HSV 各時空間画像で有効性を確認することが可能であったため，3.2 節の手法をもとに移動物体検出を行った．時空間画像に対し，変化が検出された場合，移動物体として検出を行っていたが，現行の手法の場合，木々の揺れ等，背景の分類に有効だと考えられる状態まで過剰検出をしてしまう．そのため，1 フレーム毎の比較を行い検出するのではなく，蓄積された時空間情報に対して処理を行っていく必要がある．例えば，人物，自動車，自転車等の移動物体が図 26 に示すように情報取得ラインに対し平行な方向に入ってきた場合，線状に検出される．また，移動物体が情報取得ラインに対して，垂直に侵入した場合，図 27 に示すように物体の形状を取得できる．これらの情報は，移動物体が侵入してくるまでに蓄積されていた情報と明確な変化を起こすため，これらを利用することで改善が可能であると考えられる．図 26 のように並行に侵入してきた場合，検出された線の角度から移動物体の移動速度が予測でき，移動物体推定を行うことが可能であると考えられ，図 27 のように垂直に侵入してきた場合，取得された形状に対し，テンプレートマッチング等の手法を用いることで推定可能であると考えられる．

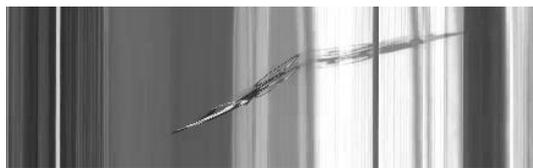


図 26 移動物体（人物）が並行に侵入した場合



図 27 移動物体（人物）が垂直に侵入した場合

5.2 背景分割

背景情報の分類に関しては，コンクリート部と植木部等視覚的にも明確な違いのある背景に関しては天候に関わらず時空間画像情報をもとに分類が可能であることが示唆された．しかし，木と植木等のカメラ映像からでは分類が困難である背景環境に関しては画像情報だけでは分類が困難であり，標準偏差等の結果を組み合わせることで重要であると考えられる．

天候に関する比較は全体的に明度が下がることが示唆されたが，効果的な結果を得られなかった．しかし，雨天が小雨時の撮影であったため，天候を推定するためにはより悪天候な結果と比較検証を行っていく必要があると考える．

背景の分割に関しては，明確な違いのある背景の分割に関し，手法の有効性を確認することが可能であった．本稿時点では時空間画像情報を用いて分類を行ったが，標準偏差の情報も取り入れた分類を行い，よりラベル付けを詳しくしていく必要があると考える．

6. おわりに

本研究では，時空間プロファイルを行う事により移動物体と背景を並行して自動的に分離し，移動物体の検出と背景の環境分割を行う手法を提案し，実験結果により有効性を示した．

今後の課題として，領域分割された背景のラベル付けを行い，背景の分類を行う，移動物体の運動量推定の実装，他環境動画での評価実験を行うことが挙げられる．また，現在動画内で時空間情報を取得するラインを任意に設定しているが，建物の入り口付近など，有用なラインの自動設定や，取得ラインを増やす等の課題も挙げられる．

参考文献

- [1] 泉智，香取照臣，泉隆，“画像処理による照合を用いた滞在時間計測手法の適用”，学術講演会論文集(2014).
- [2] 磯部俊一，齊藤剛，“時空間画像による長時間動画の特徴抽出”，FIT(2008).
- [3] 谷口博康，中村高宏，古澤春樹，小沢慎治，“時空間画像を用いた車両認識手法”，ITS2000-27 (2000)
- [4] 宮野弘平，堤喜代司，“時空間画像を用いた動画中の魚の検出”，電子情報通信学会総合大会 D-12-73(2011)
- [5] TAKAI Miwa, "Measurement of Complicated Quantity of Background and Detection of Unusual Situation in Monitoring Area for Surveillance Camera System", ITE Winter Annual Convention (2014)
- [6] Robert Pless, "Spatio-temporal Background Models for Outdoor Surveillance", EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2005:14, 2281-2291 (2005)