

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02400

研究課題名（和文）犯罪発生を直前に予知する犯行予測型超次世代知的防犯カメラシステム

研究課題名（英文）Next-generation intelligent security camera systems that predict criminal event

研究代表者

長山 格（Nagayama, Itaru）

琉球大学・工学部・教授

研究者番号：80274885

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ひったくり等の街頭犯罪の発生をその発生直前に予測検知する超次世代型知的防犯カメラの研究開発を行った。防犯カメラ映像における直近の挙動に基づいて犯行の発生をAI・機械学習技術で予知・予測し、犯行発生直前に大音量アラームを発することにより、被害者が鞆・バッグ等を守る＆防犯する等の対応を取れば、鞆・バッグ等を奪取され難い状況を作りだすとともに威嚇効果を犯人に与え、犯行を防ぐと期待される。研究の結果、ひったくり発生の予測精度をみると、500ミリ秒前に発生を予測する場合は94.25%の精度で実現できており、次いで600ミリ秒前に発生を予測する場合は86.75%の精度で実現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで我々はリアルタイムに発生した「ひったくり」「拉致誘拐」等の犯罪行為をAI・機械学習技術を用いて自動検知する次世代型知的防犯カメラシステムの研究を行ってきた。ところが、これらの研究はひったくり等の状況を自動検知し、警察・救急への自動通報を実行できるが、犯行や事件発生そのものを防ぐことはできないという根本的限界があった。そのため、「ひったくり」の犯行発生を数秒前に予知・予測し、犯行直前に大音量警報アラームを発報する超次世代型知的防犯カメラシステムの研究に取り組んだ。将来的に、犯行の発生直前に予防的介入を行うことで犯行そのものを防止する先進的システムの開発が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, research and development of a next-generation intelligent security camera that predicts and detects the occurrence of street crimes such as purse-snatching was carried out. The occurrence of a crime is predicted by AI and machine learning technology based on recent behaviour in security camera images, and a loud alarm is issued just before the occurrence of a crime. This is expected to prevent the offender from committing the crime. The results of the study shows that the accuracy of predicting the occurrence of purse-snatching 500 milliseconds in advance was 94.25%, followed by an accuracy of 86.75% when predicting the occurrence 600 milliseconds in advance.

研究分野：知能情報工学

キーワード：画像処理 防犯カメラ 機械学習 ひったくり 人工知能 知能情報処理 モーション予測 挙動解析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

「ひったくり」は、いわゆる社会的弱者が被害者となりやすい卑劣かつ悪質な犯罪行為のひとつである。周囲に第三者がおらず物的証拠も残りにくいことから初動捜査が極めて重要であるが、現に発生した「ひったくり」や事件・事故への即時対応・即時通報は、有人監視の場合を除いて不可能であった。

これに対して、本研究代表者はこれまでの研究において、リアルタイムに発生した「ひったくり」「拉致誘拐」等の犯罪行為を AI・機械学習技術を用いて即時に自動検知・自動通報する次世代型知的防犯カメラシステムの研究開発を行ってきた。そして、その研究成果を数多くの論文として発表してきた。ところが、これらの研究は防犯カメラの目前で発生したひったくり等の状況を自動検知し、警察・救急への自動通報を実行することができるが、ひったくりの犯行や事件発生そのものを防ぐことはできないという根本的問題・限界があった。

2. 研究の目的

そのため、新たに「ひったくり」の犯行発生を数秒前に予知・予測し、犯行直前に大音量警報アラームを発報することで、被害者にとっさの対応をとる猶予を与えることができる犯行予測型超次世代知的防犯カメラシステムの研究に取り組んだ。

すなわち、ほとんどのひったくり事件の場合、犯人は図 1 のようにバイク、徒歩、自転車、自動車などを使用して被害者の背後から接近し、油断している被害者の不意を突いて鞆・バッグ等の所有物を奪取して逃走するという犯行形態を示す。このとき、もし、防犯カメラ映像における直近の挙動に基づいて犯行の発生を AI・機械学習技術で予知・予測し、犯行発生直前に大音量警報アラームを発報することにより、被害者が鞆・バッグ等を守る&防御する等の対応をとっさに取れば、鞆・バッグ等を奪取され難い状況を作りだすとともに、大音量警報アラームによる威嚇効果を犯人に与え、結果的に犯行を防ぐことにつながると期待される。これにより、将来的に、犯行の発生直前に現場において予防的介入を行うことが可能となり、犯行そのものを防止する先進的システムの開発が期待される。

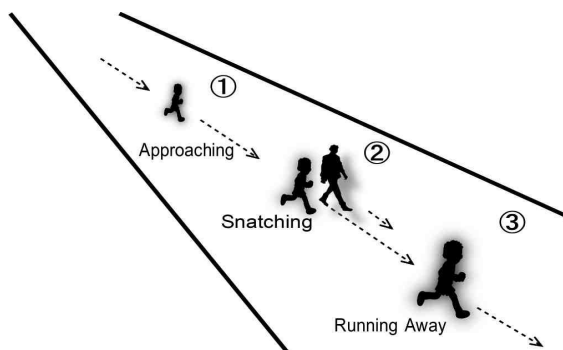


図 1 典型的ひったくりの発生状況

3. 研究の方法

ビデオ映像フレームから骨格特徴点(輪郭線特徴)と四肢の運動ベクトルを検出し、数十フレーム未来の時点における骨格特徴点(輪郭線特徴)の位置を得ることにより、将来時点の骨格位置やモーション予測を実行することで犯行を予測するシステムを構築する。すなわち、改良型深層学習ネットワークを用いて全身モーション予測を試みた。その実現可能性を探るため、ビデオ撮影された人間の全身運動モーションの予測を様々な方法で試みた。その結果、改良型 Deep Learning Network を用いて全身骨格特徴点群 32 点でジャンプ動作を学習させ、約 530 ミリ秒の短時間予測を実現した。この例を図 2 に示す。すなわち、改良型 Deep Learning Network を用いることでモーションの短時間予測が実現可能であり、研究着手時点で最大約 0.53 秒先の四肢骨格特徴点の動きについて十分な精度で予測を実現し、530 ミリ秒先の時点における人間のモーション・挙動を逐次予測できることを示している。

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63

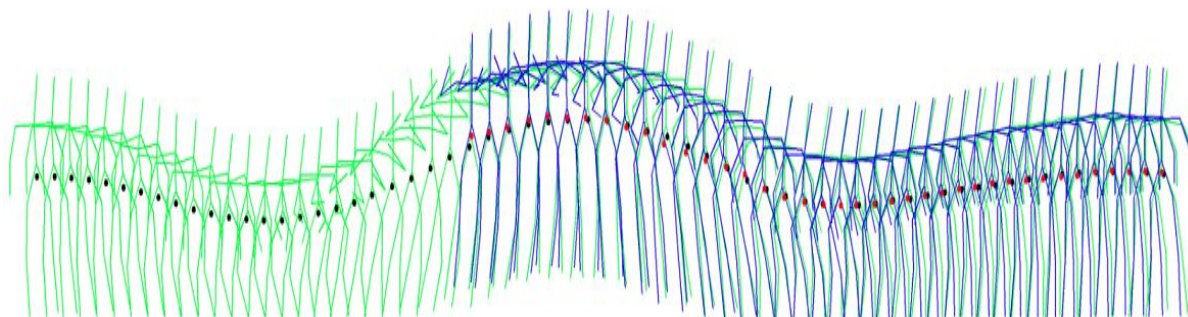


図 2 モーション予測の例

まず、モーション予測システムを構築するためのデータセットを開発する必要がある。そのため、映像データとして路上におけるひったくりを再現して撮影したビデオ映像を用いた。すなわち、(1) 路上において背後から犯人が被害者に接近してバッグをひったくり、直ちに逃走するという状況を再現した。また、(2) ひったくりが起きず、背後から追い越すだけという状況も撮影する。これは、単にランニングをしているだけである等、ひったくりに類似した挙動と誤認されやすいケースを想定している。さらに、これら(1)(2)の状況は、路上に設置された防犯カメラに対して、(a) 近づく方向に移動するケースと、(b) 遠ざかる方向に移動するケースの両方で発生し得るので、(1)(2) および(a)(b) を合わせて4通りのパターンで撮影し、学習データセットとした。さらに、学習の実行においては、頑健性と性能を向上させるため各種データ拡張を実行した。図3は予測システムの概要である。

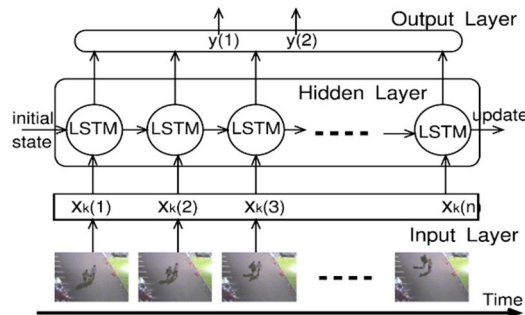


図3 予測システム

4. 研究成果

図4に実験結果、すなわち予測精度を示す。図4には5分割交差検定の結果を示している。図4において、R=500ミリ秒後(15フレーム未来)の予測からR=1000ミリ秒後(30フレーム未来)まで、それぞれの時点におけるひったくり発生の予測精度をみると、500ミリ秒後の予測は実験結果の中で、最も高い94.25%の精度で実現できており、次いで600ミリ秒後の予測精度が86.75%となっていることがわかる。さらに、Rが大きくなるほど精度が下がり、R=900ミリ秒では61.75%、R=1000

Data Set	Number of R(ms)					
	500	600	700	800	900	1000
S1	93.75	86.25	78.25	71.25	63.75	52.50
S2	96.25	91.25	80.00	73.75	67.50	53.75
S3	92.50	87.50	78.75	68.75	57.50	41.25
S4	93.75	83.75	78.75	66.25	58.75	46.25
S5	95.00	85.00	80.00	71.25	61.25	43.75
Accuracy(%)	94.25	86.75	79.25	70.25	61.75	47.50

図4 実験結果

ミリ秒では47.50%まで低下する。すなわち、予測時間Rが大きくなるほど精度は急激に悪化していくことがわかる。従って、現時点である程度高い予測精度を見込めるのは500ミリ秒~600ミリ秒程度までに限られるといえる。

全身反応時間を考慮すると、少なくとも647ミリ秒の予測時間Rを実現することが必要であり、十分な余裕を期待するならば700ミリ秒~1000ミリ秒程度の予測時間Rが求められる。ゆえに、本研究の結果は、全身反応時間が345ミリ秒と短い若年層には有効であるが、高齢者を対象とした場合はさらなる精度向上が必要と言える。

また、図5にR=500ミリ秒後の予測結果に関する混同行列(Confusion Matrix)を示す。これらは図4に示すように、本実験の範囲で最も高い予測精度を示すケースを取り上げている。この混同行列より、まずR=500ミリ秒後の予測結果では、False Positive(FP)となるケースが16、すなわち、ひったくりではないケースをひったくりであると見なす誤りが多いことがわかる。これは、いわゆる誤報に相当するので、少ない方が望ましい。一方、False Negative(FN)となるケースが7あるが、これはひったくりをひったくりでないと見做す誤りを表している。すなわち、ひったくり発生を見逃してしまうことを意味しており、犯行を防ぐことができないので、防犯カメラという観点からは極力少ない方が望ましい。これらの結果から、予測における2種類の誤りFP, FNはいずれも少ない方が望ましいが、本システムの場合、False Positiveのケースが多く、False Negativeが少ないことがわかる。これは犯行を見逃す可能性を抑えるという点からみると望ましいものと考えられる。

	Snatching	Passing Over
Snatching	193	7
Passing Over	16	184

図5 Confusion Matrix

犯罪発生を予測して予防的介入によって防ぐという本研究は世界的に例がないものであり、今後さらに検討を進め、多様な状況下でのひったくり犯行を予測できるように、より頑健かつ高精度な犯行予測システムを研究・開発する方針である。また、近年特に活発になっている人物の骨格情報や骨格の動き情報を計測することによって、さらに精密なモーション予測およびひったくり犯行予測を実現するための研究を進めていく方針である。体感治安の悪化を招きやすいひったくりを実際に防ぐための先進的システムとしてひったくり発生をより確実に予測する研究を今後さらに進め、人々の日常の安心と安全の維持・向上に貢献していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 長山格	4. 巻 32
2. 論文標題 深層代替学習による人物動作の3次元自由視点認識	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 画像ラボ	6. 最初と最後の頁 33,39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nagayama Itaru, Iwanaga Tatsuya, Uehara Wakaki, Miyazato Takaya	4. 巻 141
2. 論文標題 Estimation of Body Occlusion Using Deep Learning for Advanced Intelligent Video Surveillance System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 138 ~ 146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejias.141.138	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nagayama Itaru, Uehara Wakaki, Shiroma Yasushi, Miyazato Takaya	4. 巻 141
2. 論文標題 Free-viewpoint Motion Recognition Using Deep Alternative Learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 130 ~ 137
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejias.141.130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nagayama Itaru	4. 巻 143
2. 論文標題 Advanced Intelligent Security Camera System for the Prediction of Snatching using Machine Learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 125 ~ 131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejias.143.125	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 嶺井裕介, シラガンカピストラノ龍, 長濱北斗, 長山 格
2. 発表標題 次世代型知的防犯カメラのためのモーション推定・予測に関する研究
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 シラガンカピストラノ龍, 嶺井裕介, 長濱北斗, 長山 格
2. 発表標題 深層学習による次世代型知的防犯カメラのための動作計測と予測に関する研究
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長濱北斗, シラガンカピストラノ龍, 長山 格
2. 発表標題 次世代型知的防犯カメラのための遮蔽人体復元に関する研究
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 玉城翔平, 長山 格
2. 発表標題 次世代型知的防犯カメラのための機械学習ハードウェア実装に関する研究
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶺井裕介, 玉城翔平, 長山 格
2. 発表標題 次世代型知的防犯カメラのための骨格情報解析に基づく挙動予測の研究
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 玉城翔平, 嶺井裕介, 長山 格
2. 発表標題 次世代型知的防犯カメラのためのFPGAシミュレーションに関する研究
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 富名腰直希, 藤本基慎, 長山 格
2. 発表標題 次世代型知的防犯カメラのための夜間ひたつき映像における骨格移動遷移の短時間予測
3. 学会等名 電気学会・次世代産業システム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長山 格
2. 発表標題 「学習データの呪い」を解く学習スキーム・代替学習(Alternative Learning)の試み
3. 学会等名 第22回日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------