

プライバシーに配慮した地域見守り防犯カメラシステムの開発

田北啓洋¹*, 村松公祐¹, 丸浩一², 上田浩³,
吉浦紀晃⁴, 太田直哉¹, 藤井雄作¹¹群馬大学大学院理工学府²香川大学工学部³京都大学学術情報メディアセンター⁴埼玉大学大学院理工学研究科

* <takita@gunma-u.ac.jp>

要旨: 近年急速に発達してきている情報通信技術を利用して、個人が自宅とその周囲を見守り、地域社会の安全に貢献するという「e自警ネットワーク」コンセプトを提案し、個人のプライバシーに配慮しつつ、地域全体を安価な防犯カメラでくまなく見守る防犯カメラシステムの開発を行った。画像を暗号化して保存する事により、カメラの所持者（設置者）はカメラの画像を見ることができず、事件や事故があった際にのみ、パスワードを持つ警察（閲覧者）が所有者から画像の提供を受けて画像を閲覧することで、プライバシーを守った運用が可能となった。このプライバシー保護機能を持つAll-in-one型の防犯カメラ「e自警カメラ」を開発し、社会実験を通してその有効性を検証した。

1. はじめに

近年、防犯カメラの長所・効用が広く社会に認められ、店舗・繁華街・公共施設等への導入が進んでいる。しかし、普段人通りの少ない住宅街のような、目撃証言の得られにくい場所にこそ防犯カメラは必要であるが、そのような場所への防犯カメラの導入はあまり積極的に進められていない。その原因となるのは、防犯カメラの設置および運用中の監視にかかる導入・維持コストが高いことと、住宅街のようなプライベートエリアの近くでは、プライバシーの侵害が問題となることである。旧来は、地域の安全は地域の住民の力により守られてきた。住民の目と人的ネットワークにより、いい意味での相互監視（自警）機能が働いていた。しかし、近年、住民間のネットワークの希薄化や周囲に目を配る余裕の減少により、かつての自警機能は失われてしまっている。

我々はこのような状況を解決するため、近年急速に発達してきている情報通信技術を利用して、個人が自宅とその周囲を見守り、地域社会の安全に貢献するというコンセプト「e自警ネットワーク」を提唱し、その実現を目指した団体「NPO法人 e自警ネットワーク研究会」を設立した。

e自警ネットワークを普及させるために、安価なパソコンと安価なWEBカメラを用いて防犯カメラとして動作させることのできるソフトウェア「代理EYE」シリーズを開発し、研究会のWEBサイト¹⁾において無料で配布すると共に、実際に地域の町会、警察等と協働で社会実験を行い、ソフトウェアの改良と防犯カメラの普及に向けた啓蒙活動を行ってきた²⁻⁴⁾。代理EYEシリーズは、低スペックな古いパソコンとUSBあるいはLAN接続の安価なカメラをコントロールして画像を記録し、防犯カメラとして機能させるソフトウェアである。複数カメラのコントロールや、古い画像の自動削除、画像間で変化があったときのみ記録する機能などを持つ。

代理EYEシリーズを用いて、群馬県内の小学校や商店街を対象とした社会実験が行われ、安価に導入のできる防犯カメラシステムが、地域の安心・安全に大きく寄与することが確認された。一方で、防犯カメラの導入に不安を感じる要素として、「いつ、誰に見られているかわからない」という、プライバシーの侵害に関する意見もあった。特に、e自警ネットワーク研究会では、普段人通りの少ない、閑静な住宅街への防犯カメラの普及を目指しているため、そこを通る人々のプライバシーに大きく配慮する必要がある。社会実験の際は、カメラを設置した家庭とその町会、警察、我々とで協議して、防犯カメラの運用ポリシーを策定し、事件や事故の無い際は記録された映像を見ない、映像に映っていた他人のプライバシーに関することは口外しない、といった取り決めを行った。しかしながら、この手法は、設置者の良心に頼る方法であるため、より確実に、システムとしてプライバシーの保護が保証される手法が望ましい。

遠隔監視カメラにおけるプライバシー保護手法として、例えば、全ての被写体を識別し、個別に異なるレベルの隠蔽処理を行う方法が提案されている⁵⁾。この手法は高い計算能力が要求されることや100%の顔認証が困難であることから、我々の目的とする防犯カメラに利用することは、いずれ技術的・社会的環境が整えば可能であるが、現段階では現実的ではない。そこで我々は、より簡素、軽量かつ確実な「画像の暗号化によるプライ

「e自警カメラ」を提唱し、その機能を組み込んだ防犯カメラソフトウェア「代理EYE Lock」を開発した。代理EYE Lockでは、カメラで撮影された映像は暗号化されて保存されるため、専用のビューワーソフトでなければ、保存された画像を閲覧することができない。そのため、画像ファイルの所有者と画像を見ることのできる閲覧者を分けることが可能である。これを利用して、例えばビューワーソフトは警察のみが所持するとすれば、カメラの設置者はカメラの映像を見るのが不可能になり、また警察側も、カメラの設置者に画像の提供を理由を添えて依頼することになるため、むやみに画像を閲覧することができない。これにより、防犯カメラにより、いざというときは犯人の映像が得られるが、普段は誰も画像を見ることはできない、プライバシーの保護に配慮した防犯カメラの運用が可能になる。この代理EYE Lockを用いて、社会実験が行われ、プライバシーを保護しつつ、防犯カメラを運用することができることが確認された⁹⁾。

しかしながら、パソコンベースの代理EYEシリーズを運用する中で、パソコンをうまく操作できない人や、パソコンの電源を24時間つけっぱなしにすることに抵抗感を持つ人が多いことが明らかとなった。そこで我々は、パソコン無しで、単独で動作し、暗号化によるプライバシー保護機能を持つ防犯カメラ「e自警カメラ」を開発し、このカメラを用いた社会実験を行った。本論文では、e自警カメラの機能と仕様を紹介し、群馬県桐生市の小学校区での社会実験、群馬県高崎市の問屋町への大規模導入について説明し、そこで明らかになったメンテナンス時のパスワード管理に関する問題とその解決策の提案を行う。

2. e自警カメラ：暗号化保存機能を持つAll-in-one型の防犯カメラシステム

PC無しに単独で画像の保存が可能なAll-in-one型の防犯カメラシステムを企業（株式会社ロッキー）と共同で開発した。図1にe自警カメラの外観と内部の写真を示す。本システムは、カメラ、CPU、コンパクトフラッシュ（CF）メモリーカードスロット、電源が一体となっており、カメラで撮影された画像が、設定されたパスワードを用いて暗号化されてメモリーカードに記録される仕組みとなっている。そのため、初期設定をして電源を接続するのみで単独で動作させることができ、CCTV式の防犯カメラのように映像用の配線を引いたり、監視用のシステムを用意したりする必要が無いため、非常に低コストで導入し運用することが可能である。加えて、個々のカメラが単体で動作するため、最初は少数を試験的に設置し、その後、必要に応じて台数を増やしていくような運用が可能である。このように、開発されたカメラは暗号化機能とあわせて、町会や商店街のような小規模な団体が導入するのに適した仕様となっている。この他にも、屋外設置のための防水性能、モニター用のビデオ出力、動作確認用のパイロットランプ、日付・時刻表示用の7セグLEDを持ち合わせている。暗号化のためのキー情報は、ファームウェア中に記録されており、通常はカメラの設置時に設定される。

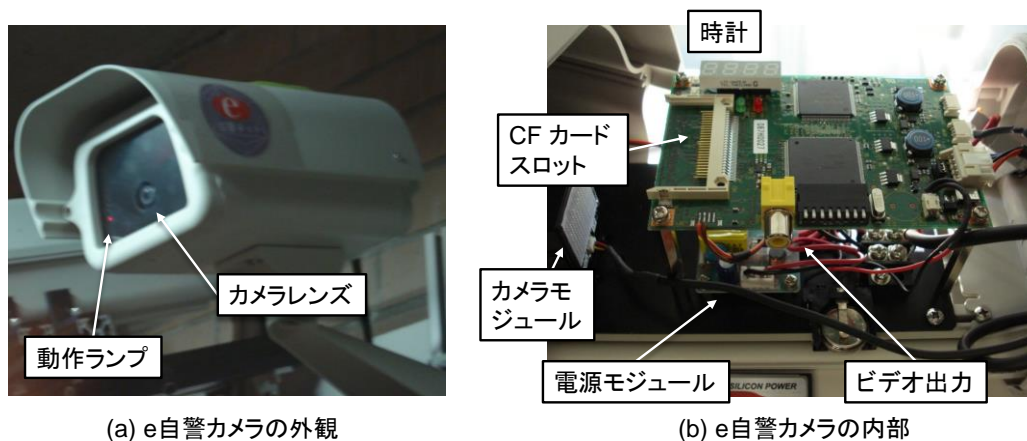


図1 e自警カメラの外観 (a) と内部 (b)

3. e自警カメラを用いた社会実験

開発されたe自警カメラのプロトタイプを用いて、群馬県桐生市の小学校の校区内において、防犯カメラの運用試験を行った。当研究室と桐生市立東小学校PTA、桐生警察署の協力の下、11台のe自警カメラが町会の管理する防犯灯のポールに設置され、平成21年5月から翌年の3月までの約1年間、運用試験が行われた。図2に本試験におけるe自警カメラの運用形態を示す。本試験では、カメラの管理者はNPO法人e自警ネットワーク研究会とし、画像の所有者は小学校のPTA、画像の閲覧者は桐生警察署とした。それぞれの役割は以下の通りである。カメラの管理者は、カメラの初期設定と設置、試験期間中の動作確認と修理を担当し、画像の所有者は、校区内で事件や事故があった際にPTAで作成されたe自警カメラの運用ガイドラインに沿って画像の提供の可否を判断し、画像の閲覧者は、画像の所有者から提供された画像ファイルの暗号を専用のビューワーソフトを

使用して解除し、捜査に利用する。運用ガイドラインでは、画像の所有者、閲覧者、管理者を明記し、以下に示す3項目のいずれかに当てはまる事案の際に、暗号化された画像を提供することと定めた。1. 桐生市立東小学校に通学する児童の安全・安心確保のために必要な場合、2. 地域社会において事件・事故が発生した場合、3. 事件・事故以外で地域社会の安全・安心の確保のために必要な場合。加えて、防犯カメラの周囲に、防犯カメラが設置されていることと、運用ポリシーとを示す掲示を行った。

試験期間中、3件の事件について警察署からの依頼があり、いずれの場合も画像を提供した。警察署の話では、犯人らしき人影は映っていたものの、カメラからの距離が遠いことなどから、決定的な証拠にはならなかったとのことであった。この他にも、街灯の照度が低いため、夜間はカメラから数mの範囲内しか人物の認識ができない点や、街路灯が設置されていない場所への設置が困難なこと、CFメモリーカードの取り出しの際に、本体カバーを開ける必要があるため、作業が危険である等の問題点が明らかになった。一方で、PTAおよび町会へのアンケートの結果、9割以上の人が防犯カメラは有効であると回答し、8割以上の人が防犯カメラの設置で安心感を得たと回答した。

群馬県高崎市の間屋町において、我々と高崎卸商社街協同組合、高崎警察署の協力の下、182基のカメラが導入された。図3にe自警カメラの設置箇所を示す。赤い点が街路灯を示し、1基の街路灯に2基ずつのe自警カメラが間屋町を取り囲むように設置された。また、e自警カメラの画像の取り扱いに関しては、協同組合と高崎署の間で協定を結び、事件の発生や捜査目的以外での閲覧はできないことと定められた。これにより、この区域に出入りする人・車両はすべていずれかのカメラに写ることが保証され、一方で、被写体のプライバシーは守られる体制が確立された。

一方で、e自警カメラの大規模導入においては、初期設定や設置を行う業者に暗号化キーを教えるかどうかという点が懸念事項となった。カメラの設置時や日常の動作確認の際に、閲覧権者が立ち会わなければ実際に記録された映像を確認できない点が問題となった。

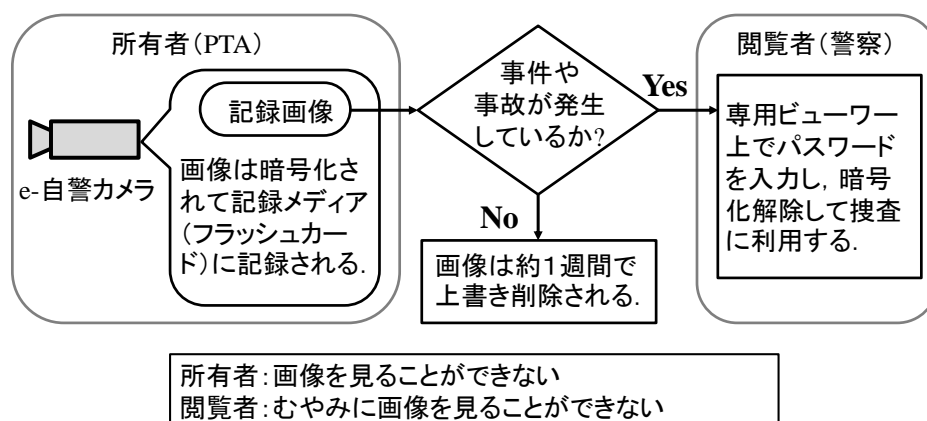


図2 社会実験におけるe自警カメラの運用方法

4. 考察

桐生市の小学校における運用試験で明らかになった問題のうち、カメラの距離が遠すぎて人の顔が判別できないという問題は、校区の広さに対してカメラの台数が少なすぎたことが原因である。一台のカメラで広い範囲を撮影しようとしたため、相対的に、撮影される人の大きさは小さくなってしまった。しかし、広範囲なエリアにおいてカメラが切れ目なく設置されていれば、容疑者、容疑車両の追跡は、非常に不鮮明な画像でも可能である。そして、要所に設置された高性能なカメラで、容疑者の顔、容疑車両のナンバーを読み取れるようにすればよい。

また、道路を見守るカメラが高密度に切れ目なく設置される場合、一台一台のカメラについては、画質のみならず、信頼性についても、高い必要はない。例えば、半数のカメラが故障していても、容疑者、容疑車両の追跡は可能である。カメラの画質、信頼性が低くても良いということは、低価格なカメラでも良いということであり、このことは、街路灯レベルでの高密度・大量設置を行うにあたって有利な条件である。

e自警カメラから画像ファイルを取り出すには、カメラ本体のカバーを開け、メモリーカードを取り出す必要がある。これは、面倒な作業である。しかし、面倒であることにより、画像ファイルへのアクセスは、重大事件等が発生したときに限られることとなり、プライバシー保護の観点からは好ましいことでもある。

将来的には、プライバシー保護を高いレベルで保障する技術的、制度的な手法を開発し、全てのカメラをネットワークに接続し、重大事件が発生した際に、捜査機関が、速やかに画像ファイルにアクセスすることが社会

的に容認されるように促していきたい。これにより、誘拐事件に発生時における、誘拐された子供の速やかな救出も、現実味を帯びてくる。

問屋町における大規模導入では、暗号化キーの管理方法に問題点があることが分かった。閲覧権者が警察署のみであるため、カメラの設置時や動作確認の際に実際にカメラに記録された映像を見て確認することができないという問題であった。少数のカメラであれば、閲覧権者が全てを確認することも可能であるが、大量のカメラの場合、特に事件も無いのに全ての映像を確認する事は現実的では無い。加えて、e自警カメラの想定ユーザーのひとつである市役所等では、防犯カメラのメンテナンスを外部の業者に委託するため、その業者にも暗号化キーを教える必要が生じ、セキュリティ上のリスクがひとつ増えることになる。

これらの問題を解決する方法として、暗号化によるプライバシー保護における画像の所有者、画像の閲覧権者に加えてカメラの管理者を設定し、カメラの管理者には人の顔の判別が不可能な不鮮明な画像を、閲覧権者には人の顔の判別が可能な鮮明な画像を表示できるようにすることが挙げられる。その実装方法としては、管理者用のキーAと閲覧権者用のキーBとの2つの暗号化キーを用意する方法が挙げられる。この方式では、暗号化の際にキーBの情報とカメラで撮影された画像を一つにしてキーAを用いて暗号化する。画像を閲覧する際には、専用のビューワーソフトにおいて、まずキーAを用いて画像とキーBの情報とを復号化し、ビューワーソフトにキーBも入力されていた場合は元の鮮明な画像を、キーBが入力されていなかった場合は画像をモザイク化した不鮮明な画像を表示する。これにより、メンテナンス業者はキーAを用いて視野やカメラの動作の確認が可能となり、プライバシーの侵害も避けることが可能になると考えられる。

近年、東京都をはじめとするいくつかの自治体では小学校の通学路への防犯カメラの設置が計画されている。このように、今後は、防犯カメラが、犯罪が多発する地域だけではなく、一般的な住宅街や通学路へ導入されていくことが予想される。そのような地域をくまなく見守るカメラシステムには、以下の2点が要求される。

- (1) 1台あたりの導入コスト、運用コストが小さいこと。
- (2) プライバシーを十分に保護した運用が可能であること。

e自警カメラはこれらの条件を満たすカメラシステムであり、e自警カメラのさらなる改良により、現在防犯カメラの設置されにくい住宅街や通学路等において、防犯カメラの設置が進むことが期待される。e自警カメラが、全国の住宅街や通学路に、街路灯と同程度の密度で設置されれば、強盗、殺人、誘拐等な重大事件が発生した際は、容疑者をどこまでも追跡することが可能になる。捕まることを恐れる犯罪者は、犯行を思い留まるようになると期待できる。捕まることを恐れない衝動犯を防ぐことはできないが、速やかに容疑者を特定・追跡し、逮捕することにより、第二第三の犯罪を防ぐことができると期待できる。

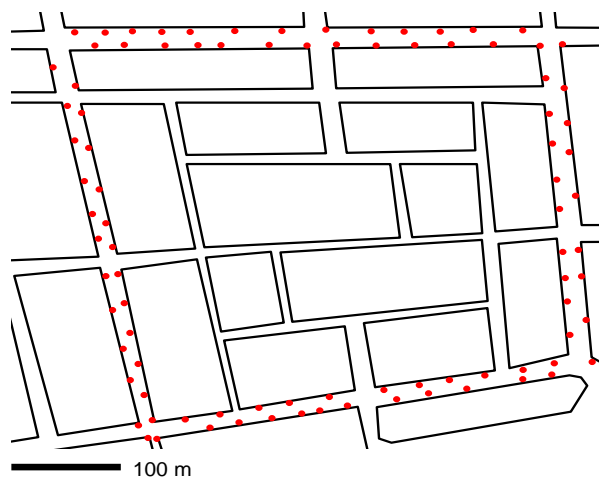


図3 e自警カメラを設置した街灯ポールの配置図

5. まとめ

安価に手軽に導入可能な、暗号化によるプライバシー保護機能付All-in-one型防犯カメラ「e自警カメラ」を開発し、社会実験として運用試験を行った。e自警カメラでは、撮影された画像は暗号化されてメモリーカードに保存され、暗号化キーを持つ閲覧権者のみがファイルを復号化して画像を閲覧出来る仕組みを持つ。これにより、閲覧権者を警察等の捜査機関のみとすることで、事件事故が生じた際にのみカメラの所有者から閲覧権者へ暗号化された画像ファイルが送られ、閲覧権者はそれを復号化して操作に利用するという、プライバシーに配慮した防犯カメラの運用が可能となる。さらに、きめ細かな閲覧権の設定を可能とするために、2種類の暗号化キーを用いる暗号化手法を提案した。e自警カメラが、全国の住宅街や通学路に、街路灯と同程度の密

度で設置されれば、強盗、殺人、誘拐等な重大事件が発生した際は、容疑者をどこまでも追跡することが可能になる。e自警カメラの全国への高密度・大量設置を促し、より安全でより安心な国土の実現に寄与していきたい⁷⁾。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 基盤研究(B) (21360196, 24300246, 15H02887) および、公益財団法人 LIXIL 住生活財団 調査研究助成(助成No. 15-16)の助成によるものであり、感謝いたします。本研究の遂行に当たり数々の助力を頂いた桐生市役所、前橋市役所、伊勢崎市役所、太田市役所、群馬県警察本部、桐生警察署、高崎警察署、伊勢崎警察署、前橋警察署、桐生市東小学校PTA、桐生市第7区、高崎卸商社街協同組合の方々に感謝いたします。最後に、本研究で実施した取り組みにご協力頂いたe自警ネットワーク研究会のメンバーに感謝いたします。

参考文献

- 1) 特定非営利活動法人e自警ネットワーク研究会: <http://www.e-jikei.org>
- 2) Y. Fujii, N. Yoshiura and N. Ohta: "Creating a worldwide community security structure using individually maintained home computers: The e-JIKEI Network Project", *Social Science Computer Review*, Vol. 23, No. 2, pp. 250-258, (2005)
- 3) Y. Fujii, N. Yoshiura and N. Ohta: "Community security by widely available information technology", *Journal of Community Informatics*, Vol. 2, No. 1, (2005)
- 4) K. Maru, Y. Fujii, Y. Sughita, N. Ohta, N. Yoshiura, H. Ueda and S. Shiraki: "Community security by widely available information technology with altruism - Introduction of system and prospects for realizing e-JIKEI Network" (in Japanese)
- 5) 丸浩一, 藤井雄作, 杉田陽市, 太田直哉, 吉浦紀晃, 上田浩, 白木慎也: 「利他主義と情報技術による地域社会の安全化 e自警ネットワーク実現に向けたシステムの導入と展望」, *建築学会総合論文誌*, No. 8, pp. 99-104, (2010)
- 6) T. Sekiguchi and H. Kato: "Proposal and evaluation of video-based privacy assuring system based on the relationship between observers and subjects", *IPSJ Journal*, Vol. 47, No. 8, pp. 2660-2668, (2006) (in Japanese).
- 7) Y. Fujii and N. Yoshiura, "Will every streetlight have network cameras in the near future?", *SCIENCE, eLetters* (2016). <http://science.sciencemag.org/content/347/6221/504/tab-e-letters>



田北啓洋 TAKITA, Akihiro
群馬大学大学院理工学府

2006年3月徳島大学大学院機能システム工学専攻博士後期課程修了。徳島大学および宇都宮大学の研究員を経て、現在は群馬大学理工学府において助教に就任。主な研究分野は防犯カメラシステム、フェムト秒レーザー加工、干渉計測、精密計測。博士(工学)。



村松公祐 MURAMATSU, Kosuke
群馬大学大学院理工学府

2013年3月群馬大学工学部電気電子工学科卒業。同年群馬大学大学院理工学府理工学専攻電子情報・数理教育プログラム入学。e自警ネットワークに関する研究をしている。



丸浩一 MARU, Koichi

香川大学工学部

1997年3月東京工業大学大学院博士前期課程修了, 2007年9月同大学院博士後期課程修了. 1997~2008年日立電線(株)在籍. 2002~2007年(財)光産業技術振興協会研究員. 2008~2010年群馬大学大学院工学研究科助教. 2010年から香川大学工学部准教授. 通信・計測用光デバイス・システムの研究に従事. 博士(工学).



上田浩 UEDA, Hiroshi

京都大学学術情報メディアセンター

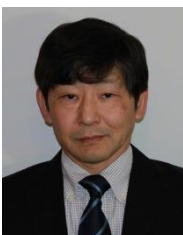
2004年3月豊橋技術科学大学大学院工学研究科博士後期課程電子・情報工学修了. 東北大学電気通信研究所博士研究員, 群馬大学 総合情報メディアセンター准教授を経て, 2011年より京都大学学術情報メディアセンター准教授. 確率過程モデル, 自然・社会現象の数理モデル, プライバシー保護, 情報倫理教育に関する研究に従事. 博士(工学).



吉浦紀晃 YOSHIURA, Noriaki

埼玉大学大学院理工学研究科

1991年東京工業大学工学部情報工学科卒. 1997年同大学院博士課程単位取得退学. 東京工業大学助手, 群馬大学助教授を経て, 現在, 埼玉大学理工学研究科准教授. ソフトウェア検証やネットワーク運用技術の研究に従事. 博士(学術).



大谷直哉 OHTA, Naoya

群馬大学大学院理工学府

1985年3月東京工業大学大学院物理情報工学専攻博士前期課程修了. 三菱総合研究所, 日本電気株式会社を経て現在群馬大学理工学府教授. 1991年米国マサチューセッツ工科大学客員研究員, 2004年豪州アデレード大学客員研究員. 主な研究分野は画像処理, コンピュータビジョン, パターン認識. 博士(工学).



藤井雄作 FUJII, Yusaku

群馬大学大学院理工学府

1991年3月東京大学大学院工学系研究科修士課程修了. 2001年東京大学より博士(工学)の学位修得. 川崎製鉄株式会社, 工業技術院計量研究所, 産業技術総合研究所 を経て, 現在群馬大学理工学府教授. 2004年よりNPO法人e自警ネットワーク研究会理事長, 精密計測, 防犯カメラシステムなどが専門.