

---

# 超高感度HEED-HARPカメラの特長と、 それを生かしたアプリケーション

## Ultrahigh-sensitive HEED-HARP Camera and its innovative applications

針谷 真人, 佐藤 貴伸, 田中 亮太, 根岸 伸安,  
Makoto Harigai, Takanobu Sato, Ryota Tanaka, Nobuyasu Negishi,

村上 浩之, 渡辺 温, 横田 裕士  
Hiroyuki Murakami, Atsushi Watanabe, Hiroshi Yokota

---

**要旨** 現在、パイオニアが開発したHEED (High-efficiency Electron Emission Device) と超高感度光電変換膜であるHARP (High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor) を組み合わせた撮像板を用いたHEED-HARPカメラの開発を行っている。HEED-HARPカメラは既存の超高感度カメラにはない特長を持っており、高感度カメラが必要とされながら今まで実現出来なかった用途への応用が期待されている。本論文ではHEED-HARPカメラの特長と合わせて、それらを生かしたアプリケーションの紹介をする。

**Summary** We are developing an ultrahigh-sensitive camera used a unique image sensor which consists of High-efficiency Electron Emission Device (HEED) and High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor (HARP). The camera has not only capability of low light imaging but also useful features such as low power consumption, radiation- tolerance and so on. In this article, we introduce some imaging data of the HEED-HARP camera for innovative applications.

キーワード：高感度カメラ, HEED, HARP, 冷陰極, 耐放射線性, X線イメージング,  
中性子イメージング, 内視鏡

---

### 1. はじめに

我々はパイオニア独自の冷陰極電子源であるHEED<sup>(1)(2)</sup>と、NHK放送技術研究所が中心となって開発したHARP光電変換膜<sup>(3)</sup>（以下、HARP膜と称する）を組み合わせたHEED冷陰極HARP撮像板（以下、HEED-HARP撮像板と称する）を用いて、超高感度撮影が可能なカメラ（以下、HEED-HARPカメラと称する）の開発を行っている。HARP膜を使用したカメラは、NHKがHARP撮像管を使用したカメラをすでに実用化しており、夜間の緊急報道や科学技術番組などで活用されている。しかし、HARP撮像管は信号読み出し用の電子ビーム放出に従来の真空管やブラウン管と同じタイプの熱電子源を用いているため、CCDなどの固体撮像素子と比較すると撮像デバイスの体積が大きくカメラの小型化に不向きであった。HEEDを開発してきた経緯の一つに、半導体ベースの平面構造冷陰極

電子源としてのメリットを活かす事で、次世代超高感度撮像デバイスの小型化への応用に対する期待があった<sup>(4)(5)</sup>。これまで、HEED-HARP撮像板としての報告を多数行ってきたが、カメラとしての完成度も向上しつつあり、様々な分野での応用を検討出来る段階に入ってきた。

イメージインテンシファイア (Image Intensifier) CCD (I.I.CCD) や冷却CCD, Electron Multiplying CCD (EMCCD), 裏面照射型CMOSなど、高感度撮像デバイスと名が付けられている技術やそれを使用した製品は世の中に数多くあるが、HEED-HARPカメラはそれらの高感度カメラと比較し優れた点、または他にない特長を併せ持っている。今回はその特長と、それを生かしたアプリケーションを報告する。

## 2. HEED-HARPカメラの概要と特長

### 2.1 HEED-HARPカメラの概要

まず、HEED-HARP撮像板の動作原理を撮像板構造の断面模式図である図1を用いて説明する。ガラス側から光が入射すると、アモルファスセレン (a-Se) を主成分とするHARP膜内部において、入射光量に応じた電子正孔対が生成される。さらにHARP膜に強電界を印加する事で、生成した正孔はその電界によって加速され、膜を構成する原子と次々に衝突し、新たな電子正孔対を生み出す。このようにして増倍された正孔のパターンが、HARP膜のHEED側に形成される。一方で、HARP膜に対向して配置されたHEEDは、図2に示すように解像度に応じたマトリクス状の画素アレイ構造となっており、ビデオ信号に応じたタイミングで点順次に電子ビーム放出を行う。HEEDから放出された電子はHARP膜の正孔と結合し、その際の中和電流が、入射光像に応じた映像信号として検出される。HEED-HARP撮像板の外観を図3に、HEED-HARPカメラの外観を図4に、開発品のカメラ仕様を図5に示す。

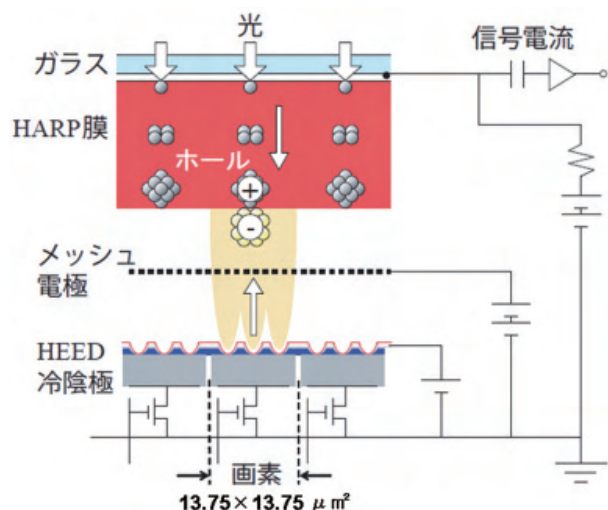


図1 HEED-HARP撮像板の動作原理

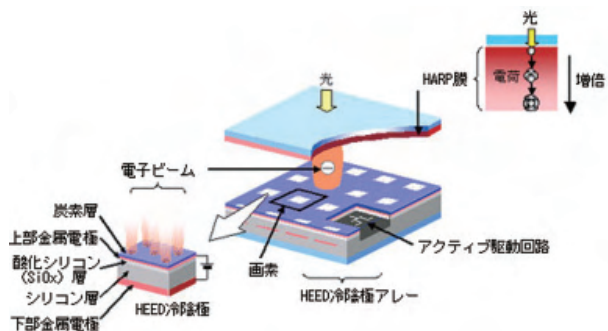


図2 HEED-HARP撮像板の構造

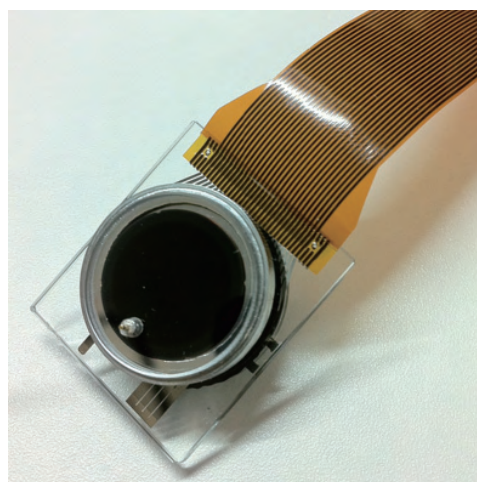


図3 HEED-HARP撮像板の外観



図4 HEED-HARPカメラの外観

撮像デバイス	サイズ	2/3インチ
	有効画素数	640(H)×480(V)
	HARP増倍率	最大200倍
カメラ	フレームレート	30f/s (インターレース)
	映像出力	NTSCコンポジット
	外形寸法	83(W)×83(H)×110(D)mm
	重量	約1100g
	レンズマウント	Cマウント

図5 開発品HEED-HARPカメラ仕様

HEED-HARPカメラには、HEEDやHARP膜各々、または両者の組み合わせの特性を生かした「リアルタイム低ノイズ超高感度撮影」「低消費電力」「耐放射線性」という3つの大きな特長があり、ここからはその特長について説明する。

## 2.2 HEED-HARPカメラの特長

### 2.2.1 リアルタイム低ノイズ超高感度撮影

夜間監視用として販売されている高感度CCDカメラとHEED-HARPカメラとの暗所でのリアルタイム撮像の結果を図6、図7に示す。撮影条件は周辺照度：0.1lx（月明り程度）、光源：D65、レンズ絞り：F1.4、フレームレート：30 f/sである。被写体にはジオラマ模型を用いた。

高感度CCDカメラでの映像は小さな粒上のノイズが多く、不鮮明な映像になっている。高感度CCDカメラでは撮像デバイスの感度不足を補うため、アンプゲインを上げて撮影する必要があるため、その結果、バックグラウンドノイズも増幅され、図のような映像の原因になっている。一方、HEED-HARPカメラの映像の場合はS/Nが高くノイズ感が少ないため、家の回りの階調や輪郭がはっきりと認識出来る。これは同カメラの高感度性を特徴付けているHARP膜でのアバランシェ増倍時に付加される雑音が極めて小さい事を示している<sup>(2)</sup>。



図6 高感度CCDカメラ撮影画像



図7 HEED-HARPカメラ撮影画像

### 2.2.2 低消費電力

HEED-HARPカメラはリアルタイム低ノイズ高感度カメラを低消費電力で実現出来る事も大きな特長である。それは電子源に冷陰極タイプを用いている事と、検出系を冷却せずに低ノイズで増倍が可能であるという事の2つの理由によるものである。

前述のHARP撮像管の電子放出には熱電子銃が使われている。熱電子銃は熱フィラメントをヒーターとし、熱せられた金属や酸化物から真空中に放出される電子を利用したものである。この電子銃は投入したエネルギーの多くの部分が熱により消費されるため、電子放出におけるエネルギー効率が悪い。撮像管の熱電子銃は0.6W程度の電力を消費している。さらに真空中に放出された電子を電界レンズや機械的なアパーチャによって細いビームに整形した後に偏向コイルにより走査させるため、コイルで消費される電力も必要となる。このため前述した熱電子銃の消費電力も含めると、撮像管全体で1.5W程度の消費電力となっている。

一方、HEED-HARPカメラで用いているHEEDは冷陰極電子源と称されるタイプの電子源である。電子源を構成している酸化膜への強電界を利用しており熱源を必要としないため、電子放出におけるエネルギー効率が非常に高い。また、画像検出に必要な電子走査はアレイ化された微小な電子源のスイッチング動作で行う。撮像に用いるHEEDは走査回路と一体化された半導体チップとなっており、走査に必要な消費電力も熱電子銃タイプと比べて格段に小さくなっている。

以上のような電子源の違いにより、HEED-HARP撮像管で消費される電力は従来の熱電子銃を使った撮像管に比べて約2桁小さい十数mWが達成可能である。

高感度CCDでは高S/N化のためにペルチェ素子などを使用し冷却する手法をよく用いる。CCDの光電変換膜であるシリコン（Si）は一般的には7～8度冷やすと暗電流が約1/2になり、ノイズ低減に非常に有効である。EMCCDの増倍は付加雑音が小さいインパクトイオン化現象を多段で使っている事が特徴で、イメージインテンシファイアなどと比べると増倍時の付加雑音が小さい<sup>(6)</sup>。しかしながら暗電流も含めて増倍してしまう事は避けられないため、EMCCDでは暗電流低減のための冷却機能は必須となる。

これに対してHARP膜の暗電流はSiと比べて非常に小さいため冷却機能は不要である。これはHARP膜の主成分であるセレン（Se）のバンドギャップが2.0eV

とSiのそれと比べて大きい事によるものである。

以上のような理由から、HEED-HARPカメラは低消費電力である事が特長となる。室温環境下での暗視撮影における消費電力の比較を行ったところ、HEED-HARPカメラの消費電力は、リアルタイム超高感度撮影が可能なカメラであるEMCCDやHARP撮像管を用いたカメラと比較して、約1/4~1/6の消費電力である事が確認された。

### 2.2.3 耐放射線性

放射線による半導体素子への影響は、宇宙分野や放射線イメージング分野を中心にこれまで多数の報告がされている<sup>(7)(8)</sup>。

参考文献によると、CCDの場合、特に放射線の影響を強く受け、白傷や偽信号が発生し画質を劣化させる<sup>(9)</sup>。低強度の放射線により、永久に消えない固定パターンノイズが発生してしまう場合すらあり<sup>(10)</sup>、使用には細心の注意を払う必要があるとされている。

CMOSの場合、放射線によりトランジスタの閾値電圧がゆっくりと変化し、最終的には素子駆動状態が常にONかOFFになってしまう。しかし、トランジスタが動作を停止して素子が壊れるまで正常に機能し続けるように、閾値電圧は適当な値を許容している<sup>(11)</sup>。そのため、CCDのようにすぐに目に見える形で損傷が起きるわけではない。これらの理由から、一般的にCMOSの方がCCDよりも放射線耐性が高いと推測される。

一方、HEED-HARP撮像板で放射線の影響を一番受けやすいのは、HEEDのMOSトランジスタであると考えられる(図8)。HEEDの電子ビーム駆動は、放射線の影響でMOSトランジスタの特性が多少変わってもON/OFFするための単純なスイッチとして動作しており、CMOSと同様に特性に対する許容が大きい。また、エミッション電流の多少の変動は原理的に映像信号には直接影響しない。さらに、図8のように1画素全体にスイッチングトランジスタを配置させられるため、デザインルール上も有利である。また、HARP膜自体にも放射線耐性がある事が報告されており、以上のような理由から、HEED-HARPカメラは放射線耐性が高いと考えられる。

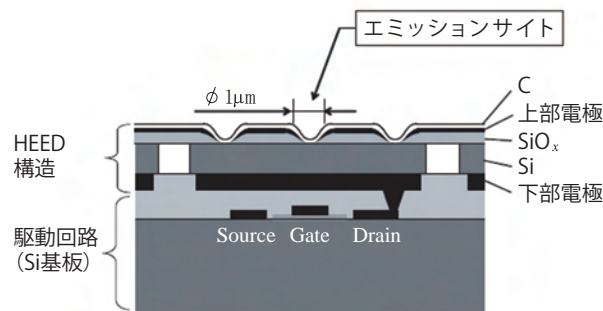


図8 HEEDの模式的な構造

現在、HEED-HARPカメラの放射線耐性の実証実験を行っており、すでにいくつかの条件でX線及び中性子線の耐性を確認している。

初回のX線耐性実験は独立行政法人科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発事業「X線HARPを用いた生体超高分子構造機能解析装置」プロジェクトの中で行った。高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリーのビームラインBL14-C1を使用し、強度： $6 \times 10^5 / \text{mm}^2 / 33 \text{ms}$ 、エネルギー：80keVのX線をダイレクトに10分間照射したが、特に損傷はなかった。

また、同じく初回の中性子線耐性実験は理化学研究所協力の下で行った。日本原子力研究開発機構のJRR-3・MUSASI-Hを使用し、 $3 \times 10^5 / \text{cm}^2 / \text{s}$ の熱中性子線をダイレクトに15時間照射したが、こちらも特に損傷はなかった。今後も $\gamma$ 線や更なる強度でのX線・中性子線耐性実験を計画し、耐放射線性を実証したい。

以上の3つの特長を柱にして、研究機関や大学と協力し、様々なアプリケーションの実証実験を行っており、今後も継続していく。次章ではそれらの特長を用い、特に有望であると考えられる3つのアプリケーションを紹介する。

## 3. HEED-HARPカメラを使用したアプリケーション

### 3.1 胎児内視鏡

超音波検査などで妊娠中の母体から見つかった胎児の異常を生まれる前に子宮内で治す新しいシステムの開発が、独立行政法人国立成育医療研究センターを中心にして進められている。子宮内手術は、出産後には治療が困難な双胎間輸血症候群など胎盤内で手術を行わなければならない場合に適応される。上記手術は母体・胎児ともに出来る限りの低侵襲で行われる必要があり、内視鏡を使った手術が有効であるが、子宮内は暗いため既存の胎児内視鏡を使用する際は、キセノン

光源装置を使用し強力な光を照らしながらの手術を余儀なくされる。しかしながら、その強力な光が胎児予後の目の発達に影響を及ぼす可能性に関して懸念されている。

この問題を解決するため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構のインテリジェント手術機器研究開発プロジェクトとしてHARP膜を使用した胎児内視鏡の開発が行われ、その中でHEED-HARP撮像板を用いた内視鏡が開発された。これにより、キセノン光源の1/100程度の輝度しかないLED光源で十分に撮影が可能になり、胎児予後の目の発達に悪影響を及ぼすと懸念されている強力な光を使わず、LED光源による最小限の光に留め撮影する事が出来るようになった。図9は胎児の模型を使用し、室内の光だけで従来の内視鏡と開発された内視鏡とを比較したものである。従来の内視鏡ではほとんど何も映っていないが、開発された内視鏡では鮮明に映っており、感度の違いが明確に分かる。

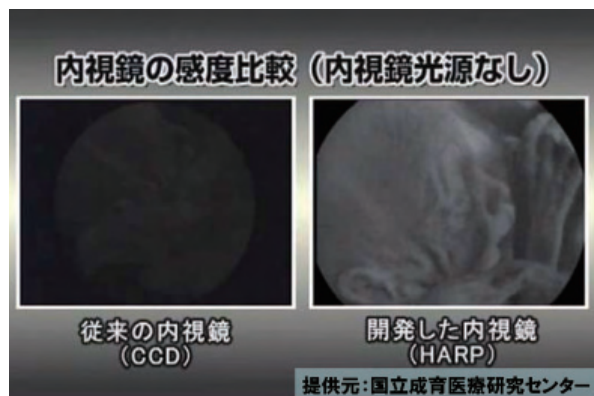


図9 内視鏡での感度比較

内視鏡カメラの高感度化は胎児内視鏡だけでなく、一般的な内視鏡にもメリットがあると考えられる。例えば、腹口腔鏡手術など内視鏡下で行われる手術では、内視鏡の細径化が可能となるため、術後の早期回復に寄与する事が出来る。

現在開発中のHEED-HARPカメラは、電子ビームをHARP膜面上で所望のスポット径に絞るために永久磁石を用いた磁界集束を用いているため、軽量化には不向きになっている。また、磁石の体積・重量から小型でのカラー化にも課題を残している。この課題に対しては電子ビームの集束をHEEDチップに電界レンズを作りこんだ電界集束構造にする事で解決を図る事が可能である。

また、現在開発しているHEED-HARP撮像板の相対波長感度は図10に示すように、青～緑領域と比較し

て赤領域の感度が低く、HEED-HARPカメラのカラー化に当たって赤色増感HARP膜の開発が必要になる事が分かる。この課題に対してはHARP膜にテルル(Te)をドーピングする事で解決が図られている<sup>(12)</sup>、青色光での高感度を生かすためにも更なる改善が必要である。

これらの課題を解決する事で、HEED-HARPカメラを汎用性の高い硬性内視鏡として実用化出来ると考えている。さらに、HEED-HARPカメラの低消費電力を生かす事で、内視鏡の光源を含めたコードレス化を実現し、既存の内視鏡にはない新たな価値を提案出来るかと期待している。

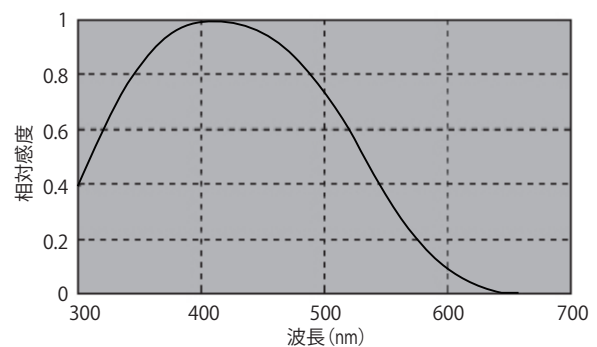


図10 HEED-HARP撮像板の相対波長感度

### 3.2 X線イメージング

X線は非破壊検査や医療など様々な分野で利用されている。X線を使用する際のレントゲンや癌の放射線療法など医療分野においては、管理区域内でのX線使用が義務付けられており、安心して利用する事が可能である。しかしながら、人や生物にとって悪影響を及ぼす可能性がある事もよく知られており、放射線に対するマイナスイメージが少なからずあるのは事実である。

我々はHEED-HARPカメラを使用する事で、既存の製品よりもはるかに低線量・低被曝のX線イメージング機器を実現出来ると考えている。

前述の「X線HARPを用いた生体超高分子構造機能解析装置」プロジェクト内でHEED-HARPカメラとX線イメージング用CCDとの感度比較を行った。この実験では通常のガラス基板を用いたHARP膜ではなく、低エネルギーのX線を通しやすくするためにBe基板を用いたHARP膜でX線を直接撮像し実験を行っている。中エネルギー(14keV)、低エネルギー(8keV)共に、CCDの10倍以上の感度があると評価されている。

また、プロジェクト内でタンパク質のX線回折、医療応用、位相イメージングなど様々なX線直接撮像

を行い、既存のカメラとHEED-HARPカメラの比較実験を行った。図11にラットの血管造影実験結果を示す。CCDカメラで撮影した条件から、X線照射時間を約1/5、さらにX線を減衰させる厚さ100mmの亚克力板を間に挟んだ条件でHEED-HARPカメラを用いて撮影したところ、既存のカメラと同等の感度を得た。さらにCCDカメラでは撮影出来ていない直径100 $\mu$ m以下の微細な血管が、HEED-HARPカメラでは明瞭に観察出来ており、その優位性が明らかであった。この実験からHEED-HARPカメラは低被曝で撮影可能だという事が明確に分かる。

なお、厚さ100mmの亚克力板は人体での皮下脂肪等による吸収とおおよそ等しいX線吸収量となる。また短縮された照射時間は通常のビデオレートのフレーム時間に等しい。すなわち本実験は、人体の微細血管をリアルタイムで撮像する事が可能である事を示した実験となっている。

すでに、HARP撮像管カメラでは癌の早期発見や心筋梗塞の高度診断を目的とした微小血管X線診断など、医療分野での研究実績が多数ある<sup>(13)</sup>。電子ビームスキャンのための偏向コイルが不要となるHEED-HARP撮像板ではアレイ化する事で大判化も可能であり、実用化が期待される場所である。

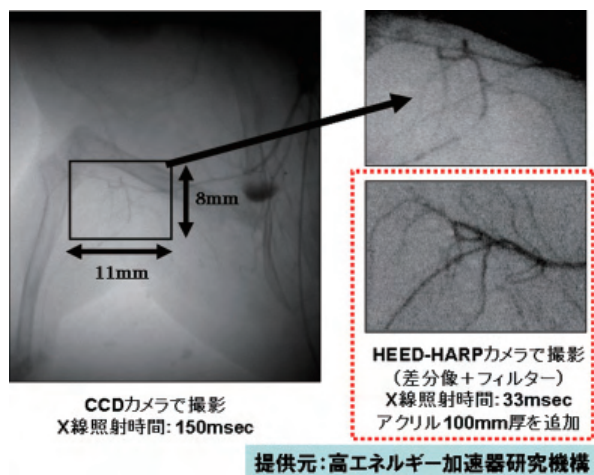


図11 ラット血管造影実験  
(X線吸収効果によるイメージング)

### 3.3 中性子イメージング

中性子イメージングはX線や $\gamma$ 線と同じように放射線検査に分類され、内部構造の可視化や欠陥検査用途などの非破壊検査に利用されている比較的新しい技術分野である。X線や $\gamma$ 線との違いとして、中性子は水素などの軽元素で吸収が大きく、一般の金属材料においては吸収が小さい<sup>(14)</sup>。そのため、金属容器中の水

や有機物の可視化が可能で、X線や $\gamma$ 線では得られない情報を補完する事が出来る。

中性子イメージングは一般的にシンチレータにより中性子線を光に変換して撮影を行う。中性子イメージンシファイアの出現はこの分野に革命を起し、通常CCDを用いたリアルタイム撮像が可能となっている<sup>(15)</sup>。しかしながら、この分野においても高感度カメラは熱望されている。それは光量が不足する狭視野や高速度でのイメージングを可能とするためである。さらに、高感度カメラを使用する利点として、中性子の強度を下げる事が可能になり、設備的に大掛かりになってしまう中性子イメージングそのものの汎用性を上げ、実用化に近づける事が可能になる。実際に、原子炉などを使わず、直線加速器を用いた小型中性子源システムも研究されており<sup>(16)</sup>、実現すれば様々な分野で中性子イメージングが適応出来る。

我々は東京都市大学協力の下、HEED-HARPカメラを用いての中性子イメージング実験を行った。実験は日本原子力研究開発機構のJRR-3・TNRF内に設置した被写体を、中性子イメージンシファイアで被写体を透過してくる中性子を可視光に変換し、それを撮影した。図12は実験の様子である。図の右側に中性子源があり、中性子イメージンシファイアの間被写体を設置する。そして、被写体と反対側の中性子イメージンシファイアの発光面をHEED-HARPカメラで撮影した。放射線耐性が低い高感度カメラを使用する場合、中性子によるカメラの損傷を防ぐため、ミラーなどを使用して直接カメラに中性子が当たらないように設置する必要がある、感度を犠牲にして使用しなければならない。しかし、HEED-HARPカメラは極めて放射線による損傷が少ないと期待出来るので図のような配置とした。

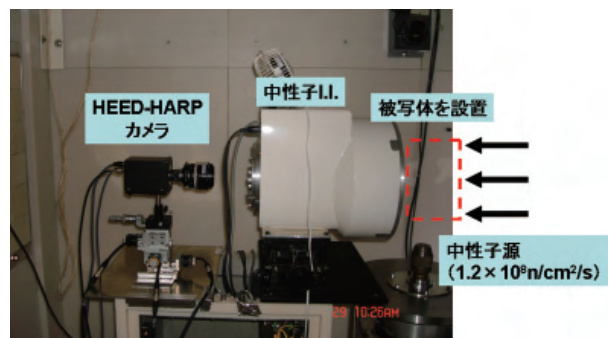


図12 中性子イメージング実験風景

実験では携帯電話（図13）とエンジン（図14）を撮影した。携帯電話ではX線では見えない基板などのプラスチック素材が見え、エンジンでは内部のオイルの挙動を撮影出来た。ただ、使用したHEED-HARP撮像板は実験用のため、今後より鮮明に撮影出来るよう改善を行う予定である。いずれにしても、以上の実験により、耐中性子線性と高感度が両立出来るカメラとしての可能性を示す事が出来た。

今後、十分な耐中性子線性が確認できればファイバオプティカルプレートなどを用いてシンチレータと撮像板を接合する事も可能である。これは現状のレンズカップリングに比べてより大きい輝度が得られる事になり、将来的には中性子イメージインテンシファイアを用いない簡便なカメラシステムでの中性子リアルタイムイメージングが可能になると考えている。

更なる高感度・高画質化を実現させ、非破壊検査の分野でHEED-HARPカメラを積極的に展開していきたいと考えている。

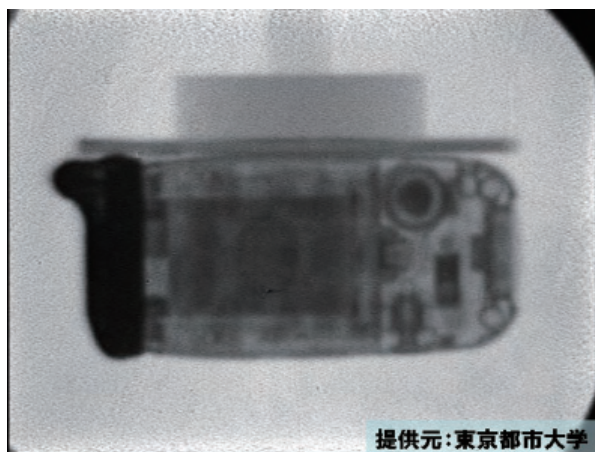


図13 携帯電話の中性子イメージング

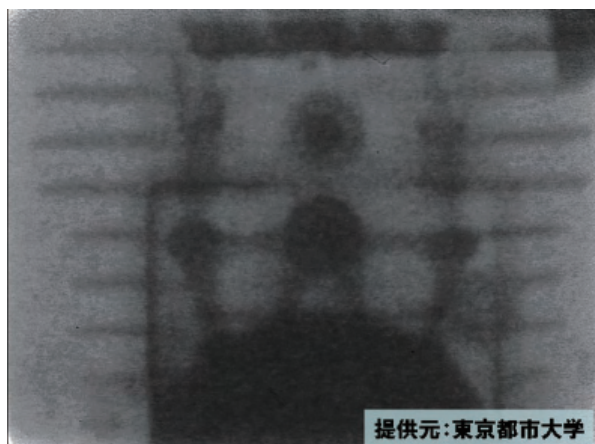


図14 25ccエンジンの中性子イメージング

#### 4. おわりに

HEED-HARPカメラの特長とそれを生かしたアプリケーションを報告した。まだ試作段階だがHEED-HARPカメラを様々な用途で実証実験を行ってきた。特に本論文で挙げた3つの分野を中心に徐々に評価が高くなってきており、更なる高感度撮像デバイスへの要求が有る事を実感している。まだまだ開発要素は多々あるが、1日でも早い実用化を目指して開発を進めていきたい。

## 参考文献

- (1) Negishi, T. Chuman, S. Iwasaki, T. Yoshikawa, H. Ito, and K. Ogasawara, Jpn. J. Appl. Phys., Part2 36, L939 (1997).
- (2) K. Sakemura, N. Negishi, T. Yamada, H. Satoh, A. Watanabe, T. Yoshikawa, K. Ogasawara, and N. Koshida, J. Vac. Sci. Technol. B 22, 1367 (2004).
- (3) K. Tanioka, J. Yamazaki, K. Shidara, K. Kawamura, S. Ishioka, and Y. Takasaki, IEEE Electron Device Lett. EDL-8-9, 392 (1987).
- (4) N. Negishi, R. Tanaka, T. Nakada, K. Sakemura, Y. Okuda, H. Satoh, A. Watanabe, T. Yoshikawa, K. Ogasawara, M. Nanba, S. Okazaki, K. Tanioka, N. Egami, and N. Koshida, J. Vac. Sci. Technol. B 24, 1021 (2006).
- (5) 中田智成, 佐藤貴伸, 松葉陽平, 田中亮太, 酒村一到, 根岸伸安, 奥田義行, 渡辺温, 吉川高正, 小笠原清秀, パイオニアR&D, vol.17, no.2, p61-69 (2007)
- (6) D. Denvir et al, SPIE, 4796, pp.164-174 (2002)
- (7) 山内正仁, 山崎順一, 渡辺敏英, 三橋政次, 安藤孝, 横田明俊, 久保山智司, 油谷崇志, 鈴木崇弘, 岩田桂之, 村上健, ハイビジョン用CCDに対する宇宙線の影響, 映像情報メディア学会技術報告25, p27-32, (2001)
- (8) 谷村喜彦, 飯田敏行, CCD画像センサに及ぼす放射線効果, KEK Proceedings, p38-45, (1998)
- (9) 岩井剛, CCDの放射線損傷効果, KEK Proceedings, p156-161, (2003)
- (10) 谷口良一, 冷却型CCDの放射線誘起ノイズと放射線損傷, 日本原子力学会春の予稿集, (2010)
- (11) Rad-icon Imaging Corporation,  
[http://www.rad-icon.com/pdf/Radicon\\_AN06.pdf](http://www.rad-icon.com/pdf/Radicon_AN06.pdf)  
2010/12/27
- (12) 谷岡健吉, 山崎順一, 鈴木四郎, 屋間栄久, 設楽圭一, 高崎幸男, 辻和隆, 平井忠明, テレビ学技報, Vol.12, No.50, pp.37. 42 (1988)。
- (13) 谷岡健吉, NHK技研R&D, Vol.78 (2003)
- (14) 池田泰, RADIOISOTOPES, 56, p219-230, (2007)
- (15) 持木幸一, 日塔光一, 中性子カラーイメージインテンシファイア, 応用物理, 75(11), 1349-1353, (2006)
- (16) 広田克也, 平成21年度理研シンポジウム 目指す小型中性子源の全体像, 中性子イメージングとその産業応用, p65-67, (2009)

## 筆者紹介

### 針谷 真人 (はりがい まこと)

研究開発部 HEED開発部 HEED開発課に所属。車載カメラの画像処理技術開発を経て、現在は電子放出素子の開発に従事。

### 佐藤 貴伸 (さとう たかのぶ)

研究開発部 HEED開発部 HEED開発課に所属。入社以来、電子放出素子の開発に従事。

### 田中 亮太 (たなか りょうた)

研究開発部 HEED開発部 HEED開発課に所属。入社以来、電子放出素子の開発に従事。

### 根岸 伸安 (ねぎし のぶやす)

研究開発部 HEED開発部 HEED開発課に所属。光磁気ディスクの開発を経て、現在は電子放出素子の開発に従事。

### 村上 浩之 (むらかみ ひろゆき)

研究開発部 研究企画部 企画課に所属 PDP, 光ディスク関連のOEM関連ビジネスに従事。

### 渡辺 温 (わたなべ あつし)

研究開発部 HEED開発部 HEED開発課課長。DAT用磁気ヘッド, 青色半導体レーザーの開発を経て、現在は電子放出素子の開発に従事。

### 横田 裕士 (よこた ひろし)

研究開発部 HEED開発部部長。磁気記録機器開発, DAT駆動装置の開発, 設計を担当。光磁気ディスク駆動装置の開発, 設計を担当。コンピュータ周辺機器用及び民生機器用光ディスク駆動装置の開発, 設計責任者を経て、HEED及びHEEDを使用した高感度カメラシステムの研究, 開発責任者。