

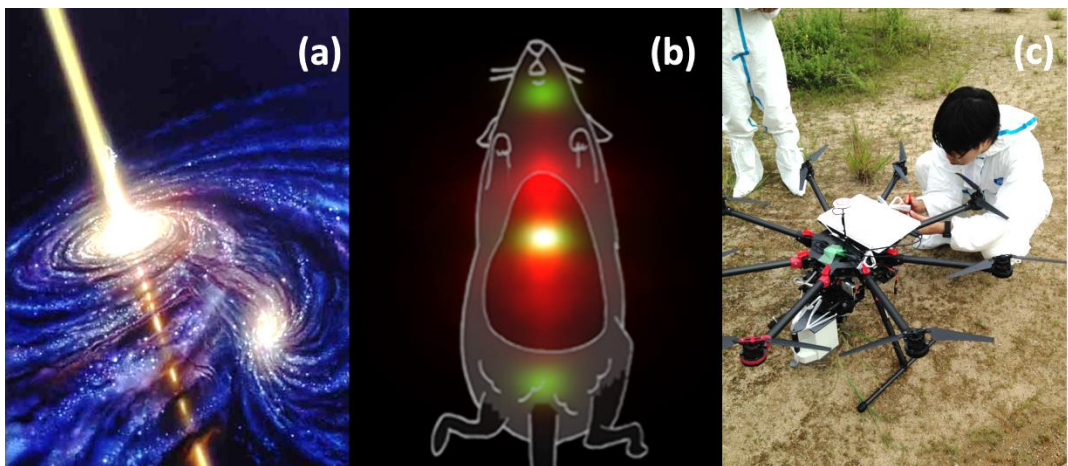
片岡研究室

最先端の宇宙物理実験と医療・産業・環境への応用

<http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/>

1. 概要

人間の目で見える可視光に比べ、X線・ガンマ線は 1000 倍から 100 万倍もエネルギーが高く、ダークマターや宇宙線加速など、極限状態の宇宙を探る最良のプローブとなります。しかしながら X 線・ガンマ線で宇宙を“診る”技術は未だ 50 年と歴史が浅く、現在も激しい世界的な競争が続く分野です。我々の研究室では、科学天文衛星（フェルミ衛星・NuSTAR 衛星など）を用いた最先端の観測により激動する宇宙の最深部を探り、一方では小型衛星や宇宙ステーション搭載を目指した次世代検出器の開発を行います。さらに、ここで得られた技術を迅速にフィードバックすることで、さまざまな先端医療（たとえば 3 次元ガンマ線計測, 多色 X 線 CT や粒子線治療モニタ）や環境計測（ドローンを用いた福島測定等）への応用展開をはかります。学生の研究スタイルも様々で、ブラックホールの謎に挑む学生もいれば、高精度な放射線治療モニタ開発やドローンを用いた環境計測に、日夜頑張る学生もいます。色々なテーマが混在しつつも新しい検出器の開発と、それを用いた科学に対する興味は共通です。早稲田で設立 8 年目の研究室で、和気藹々と楽しくやっています。



(a) 巨大ブラックホールである活動銀河核と相対論的ジェット (b) 医療用コンプトンカメラを用いたマウスの多色ガンマ線撮影 (c) ドローン搭載ガンマ線カメラによる、福島・浪江の広域調査

2. 研究室のメンバー構成・居室

◆指導教員・秘書

○ 教授 片岡 淳

E-mail: kataoka.jun@waseda.jp

居室：西早稲田キャンパス 55 号館 S 棟 3 階 02A

○ 講師 有元 誠 (55S406A)

○ 秘書 望月 弥生 (55S302A)



◆連携スタッフ

○客員研究員

森 國城 (放射線実験アドバイザー)

渡辺 伸 (JAXA 宇宙科学研究所：宇宙物理実験アドバイザー)

◆学生 (物理・応物比率は概ね半々です)

○ 博士課程

岸本 彩^B

○ 修士課程 (†国際コース ※ラボリーダー)

大島 翼^C 岩本 康弘^D 多屋 隆紀^{B[※]} 三村 健人^A 秋田 誠博^A

小出 絢子^B 末岡 晃紀^D 高部 美帆^C 増田 孝充^B 森田 隼人^C

渡瀬 美葉^{A[†]}

○ 学部 4 年生

田川 怜央^{B,D} 棚田 和玖^A 望月 早駆^{B,D} 米山 昌樹^{AB}

【研究グループ】 A: 宇宙物理 (データ解析・実験)

B: 分子イメージング, 陽子線治療モニタ C: 多色 X・陽子線 CT

D: 環境計測用ガンマ線カメラ

◆研究スペース

西早稲田キャンパス 51 号館 10 階 09 (医療/環境系の学生室)

同・51 号館 10 階 10 室 (メイン実験室)、8 階 803A 室 (CT 実験室)

55 号館 S302A (片岡・秘書の居室 + サブ実験室)

55 号館 S406A (有元・宇宙系の学生室)

3. 研究内容について

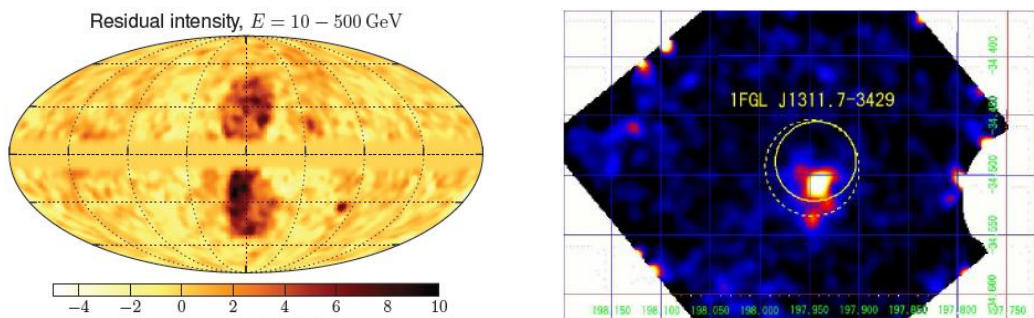
Q：どのような研究を行っているのか

A：宇宙から医療・産業・環境計測にわたる放射線検出器の開発と、それを用いたサイエンスが研究室のテーマです。一見ばらばらのテーマのようですが、じつはすべての研究が高精度放射線計測、ガンマ線可視化技術、次世代光センサーというキーワードで有機的に結びついています。狭い視野で研究するのではなく、分野横断型の多角的な研究が本研究室の一番の売りであり、全国的にも例がないと思います。

Q：具体的な研究内容は？

A：大きく4つのグループに分かれ、協力・連携しながら研究をしています(前頁：メンバー参照)。打ち合わせ・検出器ゼミなどは合同で行い、それぞれの学生が相互乗り入れでお互いの実験を手伝ったりしていますので、あくまで表面的なグループ分けとを考えてください。二つ以上に跨った仕事をしている学生も多いです。

○グループA：衛星データ解析、検出器開発【宇宙物理】



(左) フェルミ衛星が発見した巨大なガンマ線の「泡」構造“フェルミ・バブル”(右) すざく衛星で観測した新種のパルサー天体(早稲田大・東工大プレスリリース：2012/3月)

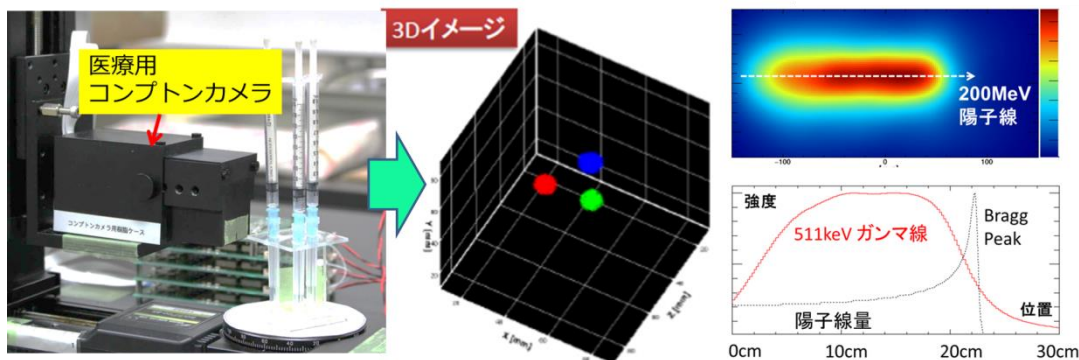
現在、活躍中の天文衛星データを使って、高エネルギー宇宙物理の研究をします。2008年に打ち上げられたフェルミ・宇宙ガンマ線望遠鏡により、3,000を超えるガンマ線天体が発見され、その数はさらに増加の一途をたどっています。我々の研究室はフェルミチームの正規メンバーとしてデータ解析や運用に参加し、とくに巨大ブラックホールである活動銀河核やパルサーの解析では主導的立場にあります。2009年に早稲田大学と米国NASAから共同プレス発表した「新種のガンマ線銀河」の継続観測、もっとも遠いクェーサー天体のガンマ線観測、また、未だ正体のわからない謎のガンマ線源：未同定ガンマ線天体と呼ばれます)をX線天文衛星で追観測することで、その正体を続々と明らかにしつつあります。さらには、巨大ガンマ線ローブの発

見(2010年に広島大学と記者発表)、新種のパルサー天体の発見(2012年に東工大と記者発表)など海外メディアからも注目される成果を上げつつあり、いずれもM1ないしは4年生の学生が主導して進めています。物理学会や天文学会での発表は勿論、国際会議での発表、論文化まで一貫して行います。さらに、将来の小型宇宙衛星(たとえばWasedaSAT)や気球実験、宇宙ステーション搭載へむけた検出器の基礎開発も進めています。また、宇宙からの偏光X線を観測するPoGOLiteプロジェクトをスウェーデンと共同で行っており、2016年度も2週間にわたるフライトを行いました。

○グループB：分子イメージング、陽子線治療モニタ【医学物理】

ガンの早期発見にはPET(陽電子断層撮影)と呼ばれる技術が不可欠です。研究室では、過去に解像度1mmの小動物用PETの開発に成功しましたが、一方でPETは原理的に、対消滅ガンマ線(511keV)以外のガンマ線が使えません。また、PET用の薬剤を生成するためにはサイクロトロンなど大掛かりな装置が必要で、コストも高くなります。そこで、我々は世界最小のガンマ線カメラを開発し、これを高精度化することで511keVに限定されない「多色の」3D分子イメージング装置開発を行っています。2016年度には大阪大学でシリンジファントムやマウスを用いた臨床実験を行い、511keV, 662keV, 1116keVガンマ線の3色同時撮影に成功しました。今後は更なる高性能化を目指します。

近年、腫瘍に高エネルギーの粒子線(陽子線・炭素線)を照射し、ガン細胞に効率的なダメージを与える放射線治療が注目されています。しかしながら、粒子線は照射が正しく行われないと正常細胞を破壊し、ガン細胞は残存する最悪な事態を招きかねません。現在、正しい照射の確認にはPET装置が用いられていますが、実際に付与さ

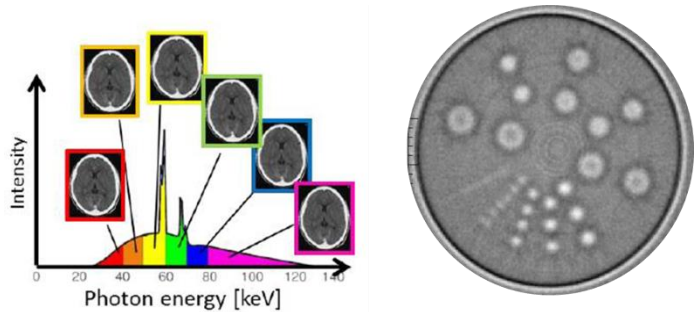


(左) 世界最小・最軽量の医療用コンプトンカメラ (中) 同カメラを用いて撮影した、3色3Dガンマ線イメージ(青511, 赤662, 緑1116keV) (右) 陽子線治療中に生ずる即発ガンマ線を用いたオンラインモニタの例

れる線量と、得られる PET 画像の齟齬が指摘されています。我々は治療時における 4.4MeV 即発ガンマ線および制動放射 X 線を用いた「高精度・照視野オンラインモニタ」の確立を目指しています。

○グループC：低被ばく多色 X 線 CT および陽子線 CT【医学物理】

従来のレントゲン撮影や X 線 CT などは 2 次元静止画を基本とし、エネルギー情報を持たないモノクロ画像です。もし X 線 CT を多色かつ動画で取得できれば、被写体の立体構造や材質、ダイナミクスに至るまで、得られる情報量は飛躍的に向上します（たとえば、今撮っている対象が



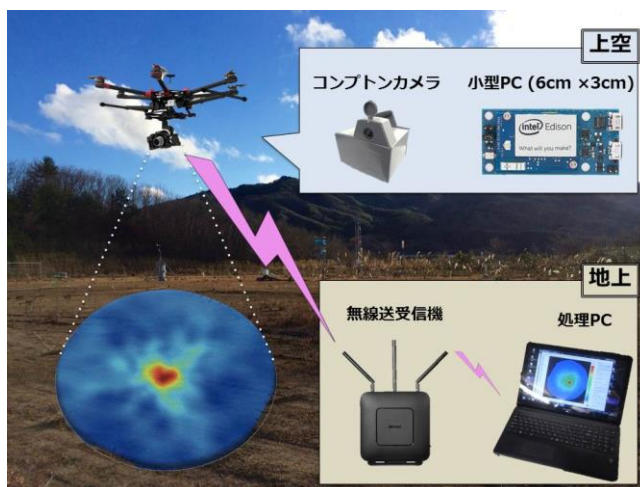
(左) 多色 X 線 CT の概念 (右) 200MeV の陽子線で取得したファントムの CT 画像

「何」であるのか、その材質までリアルタイムで判別できるようになる)。我々は独自に開発した高精細シンチレータと半導体光増幅素子 MPPC を組み合わせることで、従来の 1/100 程度の低被ばくで多色撮影が可能な、新しい CT システムを開発しています。さらに、CT 画像そのものを陽子線で取得する「陽子線 CT」の基礎開発も始めています。陽子線治療では被写体内の電子密度分布が必要ですが、現在は X 線 CT の画像から近似的に計算されています。治療に用いる放射線と同じ線種を用いることで、治療の大幅な精度向上がみこまれますが、未だ世界的にも技術が確立されていません。我々は高感度 CCD と透過型シンチレータを用いた独自のアプローチで、次世代陽子線 CT の開発に挑んでいます。

○グループD：環境計測用・高精度ガンマ線カメラの開発【環境物理】

福島原発の事故でもわかるように、放射線は目に見えないため除染作業の効率化に大きな支障が生じています。もし、皆さんが普段使っているデジカメのように、遠方からリアルタイムでガンマ線の画像が取れるとしたら、危険地域をいち早く察知し、また除染の効果もスムーズに確認することができます。「ガンマ線の可視化」は、我々が放射線検出のプロとして威信をかける、緊急かつ最大の挑戦ともいえます。可視画像のようにガンマ線のイメージを取得するには、感度・解像度ともに優れた新しいセンサーが必要です。我々は「10秒以内にガンマ線を正確に可視化する」まさに日本のみならず世界が期待する革新的な技術開発に成功しました。2013年9月に試作品

が完成し、共同研究メーカーである浜松ホトニクス社とプレスリリースを行いました。すでにカメラは市販化され、2014年7月には感度・解像度を2倍に向上することに成功しています（p.10を参照）。さらに、2016年9月には、福島県下の森林および高校で、ドローンにガンマ線カメラを搭載して上空から放射性核種の飛散状況を調査しました。今後は人体装着型の「ウェアラブル・ガンマ線カメラ」や、原発建屋内の高線量下でも動作可能な、超高線量ガンマ線カメラの開発にも挑戦していきます。



ドローンに小型ガンマ線カメラを搭載した、広域環境調査システムの概観（福島・浪江町で定期調査を実施中）

Q：企業等との共同研究、就職先は？

A：現在進行中の共同研究の一例です：

- 浜松ホトニクス株式会社 【コンプトンカメラの開発全般】
- 日立金属株式会社 【低被ばく多色X線CTの開発】
- 日本原子力研究開発機構 【高線量用ガンマ線カメラの開発】
- 量子科学技術研究開発機構 【医療用コンプトンカメラの開発】
- 若狭湾エネルギー研究センター 【陽子線CTの開発】

就職先は、たとえば以下を参考にしてください：

<http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/member.html>

4. 研究室のスケジュール

◆研究室ゼミ・打ち合わせ

- 宇宙物理ゼミ : 月曜午前（毎週）
- 宇宙計算ゼミ : 水曜午後（毎週）
- 検出器ゼミ : 金曜午後（毎週）
- 全体打ち合わせ : 金曜午後（毎週）

◆研究室の行事

- 歓迎会、暑気払いビアパーティ、忘年会、卒修論お疲れ会++ … ?
- ゼミ合宿（8月中旬頃～）

比較的新しい研究室なので、これといった「マスト」の行事は決まっています。飲みたいときに、集まって飲む。ゼミ合宿の場所等も含め、アイデア募集中です！

5. ラボ・リーダーから一言

片岡研究室の紹介冊子を読んで頂きありがとうございます！紹介のように我々の研究室は幅の広い分野の研究を行っています。その中から自分のテーマを選ぶというのが片岡研究室の魅力だと思います。もちろん「宇宙の謎を解きながら、そのための検出器も作りたい！」といった方も大歓迎です。

ゼミや打ち合わせ以外にはコアタイムはありませんので、基本的に自己管理となります。しかし、だからといって片岡研究室は決して楽な研究室ではありません。むしろ、最先端の技術を研究していくことは非常に難しいことです。コアタイムが無い分、空いた時間は積極的に研究しようという姿勢が必須になってきます。

厳しいことを言ってしまいましたが、忙しい中でもみんな仲良く、楽しくやっています。今年は軽井沢でゼミ合宿を行い、研究室メンバーの距離感がより縮まったと思います。片岡先生や秘書さん、先輩達との距離も近く非常に雰囲気の良い研究室です。皆さんも是非一緒に「新しいこと」にチャレンジしていきましょう！

学生室は51号館の10階09室にあります。興味を持っていただけの方は、是非一度見学に来て下さい！メールはラボリーダーの多屋、もしくは片岡先生に直接お願いします。(taka48138@ruri.waseda.jp)



以下のページは、当研究室から発信した最新成果【プレス発表】の紹介です。詳しくは、早稲田大学トップページの「◎研究成果」から御覧ください。

【宇宙物理・観測関連のプレスリリース】

- **新種のガンマ線銀河を発見 - 2009年6月1日**
(米国 NASA と共同リリース)



HOME > これまでのNEWS > 各記事

News

東日本大震災への本学の対応について

News一覧

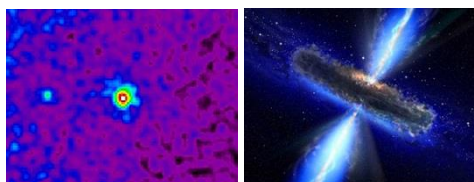
- 2012年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2011年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2010年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2009年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2008年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2007年度のニュース
- 2007年度のプレスリリース

**フェルミガンマ線宇宙望遠鏡が、新種の「ガンマ線銀河」を発見
—早稲田大・広島大・JAXA・東工大・東京大・名古屋大 共同研究**

RELEASE

2009年6月01日

早稲田大学理工学術院の片岡淳准教授と、広島大・東工大・JAXAの研究グループは、米国NASAをはじめとする国際共同研究により、新種の「ガンマ線銀河」を2つ発見しました。ガンマ線は極端に波長の短い電磁波の一種で、我々の目で見える可視光の約10億倍の高いエネルギーをもちます。このような高エネルギーで宇宙を観測することはこれまで困難でしたが、昨年6月に打ち上げられたフェルミガンマ線宇宙望遠鏡の活躍で、激動する宇宙の姿が続々と明らかになりつつあります。今回の「ガンマ線銀河」も、従来よりも数十倍深い全天探査で初めて見えてきた天体です。われわれの銀河系を含め、多くの銀河中心には太陽の100万倍を超えるブラックホールが存在すると考えられます。



- **巨大な高エネルギー粒子雲からのガンマ線を発見 - 2010年4月2日**
(広島大学, JAXA と共同リリース)



HOME > Press Release > フェルミ衛星が、巨大な高エネルギー粒子雲からガンマ線を発見

News

東日本大震災への本学の対応について

News一覧

- 2012年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2011年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2010年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2009年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2008年度のNEWS & PRESS RELEASE
- 2007年度のニュース
- 2007年度のプレスリリース
- 2006年度のニュース

**フェルミ衛星が、巨大な高エネルギー粒子雲からガンマ線を発見
理工研・片岡淳准教授参加、広島大・深沢教授ら日米欧研究チームが発表**

RELEASE

2010/04/02

広島大学大学院理学研究科・深沢真司教授を中心とする日米欧の研究チームに当研究所の研究重点教員である片岡淳准教授が参加し、2010年4月1日(木)に広島大学より発表された以下の成果

同研究チームは、フェルミ宇宙望遠鏡を用いた観測により、近傍銀河に付随して見ました。フェルミ衛星は広島大学・早稲田大学・東京工業大学・宇宙航空研究開発機構により打ち上げられました。この観測結果は4月1日(木)のプレスリリースに掲載されます。(日本時間4月2日午前3時)



● 新種の「毒グモ」パルサー天体を発見 - 2012年3月21日
 (東工大・日本天文学会と共同リリース)



HOME > Press Release > 理工・片岡研究室、新種の「毒蜘蛛」パルサー発見

News

東日本大震災への本学の対応について

News一覧

理工・片岡研究室、新種の「毒蜘蛛パルサー」発見
 東工大グループと共同研究し、日本天文学会で発表

RELEASE
 2012/03/21

理工学術院の片岡淳研究室は、東京工業大の谷津陽一助教らと共同研究し、周囲にある星を高温で溶かしていくことから「毒蜘蛛パルサー」と呼ばれる新種の中性子星の観測に成功。3月19日から開かれた日本天文学会で発表しました。毒蜘蛛パルサー自体、これまで見つかった数はごく少数ですが、いずれも強い電波を発します。今回見つかったものは電波が検出されない全く新しいタイプのパルサーで、ミリ秒という高速な自転周期で回転していることが期待されます。理論的に存在が予想されていたものの、実際に観測されたのは今回が初めてとなります。



【放射線検出器のプレスリリース】

● 除染の切り札となるか？ 超小型ガンマ線カメラの開発 - 2013年9月11日
 (浜松ホトニクス・科学技術振興機構 JST との共同リリース)



HOME > Press Release > 放射性物質の除染作業を効率化するガンマ線撮像用コンプトンカメラ製品化

News

東日本大震災への本学の対応について

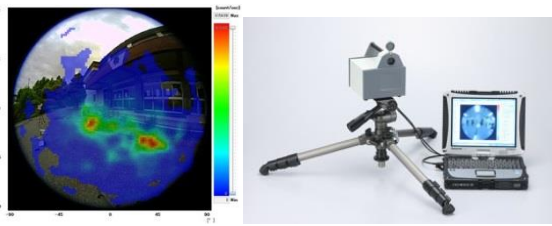
News一覧

- 2012年度の NEWS & PRESS RELEASE
- 2011年度の NEWS & PRESS RELEASE
- 2010年度の NEWS & PRESS RELEASE
- 2009年度の NEWS & PRESS RELEASE
- 2008年度の NEWS & PRESS RELEASE
- 2007年度のニュース
- 2007年度のプレスリリース

放射性物質の除染作業を効率化するガンマ線撮像用コンプトンカメラ製品化
 従来よりも大幅な小型・軽量化と低価格化を実現 - 理工・片岡准教授が共同研究

RELEASE
 2013/09/11

浜松ホトニクス株式会社(以下浜ホ)の大須賀 慎二 中央研究所 第一研究室 研究室長代理と早稲田大学の片岡 淳准教授らは、JST 先端計測分析技術・機器開発プログラムの一環として、高感度で実用的な角度分解能を併せ持ち、容易に携帯可能なガンマ線撮像用「コンプトンカメラ」の実用化に成功しました。特に、浜ホ独自の高感度半導体光検出素子MPPGと高密度で発光特性の良好なシンチレータを用いて、重量を1.9kgと従来品の約4分の1にまで軽量化し、大幅な低価格化にも成功しました。



● **ガンマ線カメラの高性能化に成功 - 医療応用へも期待 - 2014年7月24日**
 (浜松ホトニクス・科学技術振興機構 JST との共同リリース)



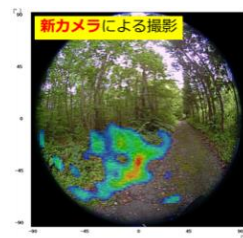
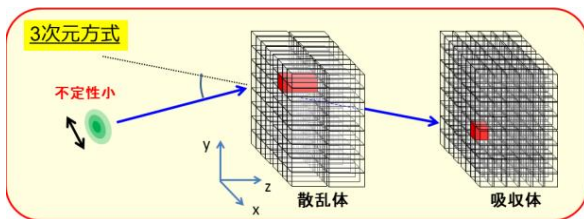
HOME > Press Release > ガンマ線撮像用コンプトンカメラの高性能化に成功 放射性物質除染のさらなる効率化、環境調査、医療、理学応用へ期待

News
東日本大震災への本学の対応について
News一覧
2013年度の NEWS & PRESS RELEASE
2012年度の NEWS & PRESS RELEASE
2011年度の NEWS & PRESS RELEASE
2010年度の NEWS & PRESS RELEASE
2009年度の NEWS & PRESS RELEASE

ガンマ線撮像用コンプトンカメラの高性能化に成功
放射性物質除染のさらなる効率化、環境調査、医療、理学応用へ期待

RELEASE
2014/07/24

早稲田大学理工学術院の片岡淳教授・岸本彩氏(D1)・西山徹氏(M2)らは、浜松ホトニクス株式会社との共同研究により、ガンマ線撮像用コンプトンカメラの大幅な性能向上に成功しました。「目に見えないガンマ線を迅速かつ正確に可視化する」技術は物理・医療・環境計測あらゆる分野で切望されています。とくに、福島第一原発事故において飛散した放射性物質の除染は未だ大きな課題であり、早急な対応が待たれます。今回開発されたカメラは、2013年9月に



● **世界初 - ドローンを用いた上空からのガンマ線撮影に成功 - 2016年9月16日**
 (本学トップニュース、日経産業新聞 9/26日朝刊)

WASEDA University
早稲田大学

News
ニュース

About Waseda
早稲田大学について

Academics
学部・大学院・図書館

Campus Life
早稲田の学生

Research
研究活動

Culture
早稲田文化

f t

Topic
トピック

ドローンを用いた上空からのガンマ線撮影に成功 飛散した放射性核種の分布を短時間で画像化

2016年9月14日現在、早稲田大学理工学術院片岡淳(かたおかしゅん)教授(先進理工学部)の研究室および同学術院大河内清(おおこうちひろし)教授(創造理工学部)の研究室は、共同で福島・浪江町における放射性核種の環境調査を実施しています。

このたび、片岡研究室が開発した携帯型コンプトンカメラ^(※1・2)をドローンに搭載し、福島第一原発事故で飛散した¹³⁷Csの分布状況を、わずか10分程度の短時間で一気に画像化することを実現しました。近年急速に普及しつつあるドローンを用いて上空からガンマ線を撮影する試みは、作業の効率化や、森林部や里山を含む個人家屋、学校などの公共施設の迅速な広域調査に威力を期待されます^(※3)。

下の図のように、市販のドローン(DJI社製S1000+:4.4kg)に独自開発の軽量コンプトンカメラ(重量1.9kg)とノートPCを搭載し、上空15~20mから直径70メートルの範囲を一度に



小型コンプトンカメラ
(浜松ホトニクス社と共同開発)