

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月 20日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22611002

研究課題名（和文）リアルタイム式体内設置型放射線照射量測定システムの開発

研究課題名（英文）Development of the real-time radiation exposure quantity measurement system of body installation type

研究代表者

細貝 良行 (HOSOKAI YOSHIYUKI)

東北大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：90451525

研究成果の概要（和文）：本研究では放射線治療時における照射線量をシンチレータとして人工ルビーを使用し、リアルタイムでモニタリング可能なシステムの構築を行ってきた。ルビーからの光を光ファイバーで道光しフォトンカウンタに取り込み解析を行う。光量を定量化するために核医学的手法を応用し、X線CTの3D画像から体内に分布する臓器の距離・形状を把握し、光の吸収を補正することで可能とした。本研究期間中に特許の出願を行った。

研究成果の概要（英文）：Medical accidents which are over and/or under dose of the irradiation mistake occur frequently in radiation therapy. To reduce these accidents and to increase accuracy of radiation therapy, we are developing an implantable real time microdosimetry system. Artificial ruby which is implanted in the patient body/or tumor generates scintillation during the irradiation is used as a sensor. And the doses of radiation are monitored by measuring the intensity of scintillation using photon counting system. As a first step, we made a miniaturized measurement system that involves scintillator, pig meat as a phantom and measurement instruments. We got the scintillating data that through a thickness of 10cm pig meat, 694nm of scintillation is proportionally generated from artificial ruby scintillators when the LINAC is working at the dose rate of 6Gy/min. We used a 3D-CT image to quantify like an attenuation correction method of the nuclear medicine.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2011年度	300,000	90,000	390,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：照射線量、人工ルビー、フォトンカウンタ、光ファイバー、リアルタイム、放射線治療、治療計画、X線線量計

1. 研究開始当初の背景

放射線治療技術は定位放射線治療、強度変調放射線治療(IMRT)に始まり、近年急速に進

歩している分野で、照射精度の向上も著しい。しかしウエッジフィルタの計算ミスによる過照射など、放射線治療における医療事故が

多発しているのが現状である。こうした医療事故の原因は体内の照射線量をモニタすることができないことに一因している。体内の照射線量がリアルタイムにモニタできない現状では放射線治療医をはじめとする医療従事者はその医療事故に対して、医療事故が発生したのか否かも判断できない。

現在、体内の照射線量は治療計画用コンピュータで計算し、模擬ファントムを用いて検証しているが、実際の個々の患者さんは輪郭、構造が異なりまた動きもあるため、体内照射線量を正確にモニタしているものではない。また IMRT では同一照射野内の線量強度が異なるなど治療方法が極めて複雑になってきており、従来の一門照射、対向二門照射、回転照射などのように放射線治療医の頭の中で線量分布図を再構成することができない領域に進んできており、従って治療計画、線量分布図作成はコンピュータに完全に委ねる事になり、コンピュータの計算ミスは直接医療事故につながりかねない。これらに対応するために、リアルタイム式体内線量測定システムが開発されれば、その信号を元に治療装置の制御が可能であり、正確な照射線量投与と同時に医療事故を激減させることが可能であり、必ず必要なものであると考える。

2. 研究の目的

放射線治療時の照射線量をリアルタイムに定量的に無線モニタリング可能であるシステムの構築を目的とする。交付期間内に実験用動物体内に埋め込んだ人工ルビーを使用したシンチレータからの光をフォトンカウンタでモニタして、LINAC で照射したときの照射線量を定量化するシステムを構築することを考えている。

3. 研究の方法

放射線が治療装置から患者さんの体内に埋め込んである sensor (人工ルビー) に照射されると蛍光を発する。その蛍光を体外のプロンプを備えた光ファイバーを使用し、別室に設置したフォトンカウンタで検出し蛍光強度に変換する。患者さん体外の蛍光検出器により無線で情報を受け取ることにより、リアルタイムで治療装置から照射される sensor への線量情報が得られる。

本研究で用いる人工ルビーは、放射線が照射された際の発光波長が、生体透過性が高いと言われる近赤外領域であるという特徴を持っている。現在までの研究結果で放射線強度と人工ルビーの発光強度が比例していることが確認されている。人工ルビーと LINAC の間に人体等価ファントムを設置し放射線照射を行った場合において、ファントムを通過してきた人工ルビーの光を本システムにて観察したところ、やはり放射線強度と人工

ルビーの発光強度は比例して上昇を確認した。さらに人工ルビーの減衰時間 τ はミリ秒オーダーという短い時間である。以上のことを考えるとこの人工ルビーを使ったシステムがリアルタイム照射線量を計測するのに最適であると考えられる。

①測定システムの構築

フォトンカウンタの設定、光ファイバー、指向性を考慮したプローブの作成などを考慮しながらシステムの構築を行い、基本概念を実現し、実際の LINAC による放射線場を蛍光信号 (基本信号) として取り出すことを実施する。使用する各種機器や道具等を含めて、X 線に対する感受性 (X 線を照射して光を発するものは出来るだけ排除する必要がある) を検討する必要がある。最初に診断用 X 線装置を使用して、これらの基礎的検討を行い、臨床用ライナックにて使用することを考慮する。ここでの最大の問題は放射線場での散乱線が測定系一緒に取り込まれてしまうため、ノイズの影響が正確な線量測定に影響を及ぼす可能性をいかに除去するかが最大のポイントとなってくる。

②動物肉を使つての実験～人工ルビーからの蛍光の体内での減衰を調べる

現在までに動物肉を使つて模擬システムが LINAC 下で正常に作動する事、人工ルビーからの蛍光が肉を通過して検出される事を確認している。しかし、生体内において人工ルビーの発する蛍光は、散乱・吸収等様々な制約を受けて体外の検出器に入ってくる。生体内の深さによって検出器に入ってくる光がどのように減衰してくるのかを把握しなくてはならない。そのために以下の実験系を行う。

●ファントムの厚さ毎に実際に人工ルビーに届く放射線量、検出器に検出される光量を調べる。ファントム (この場合は動物肉が実際の筋肉に近い事、厚さを比較的自由に決定出来るため 最適である) 内に人工ルビーを設置し LINAC から放射線を照射させ、肉を通して出てきた人工ルビーからの蛍光を検出器で測る。同様に脂肪や血液等の組織別の蛍光量ならびに蛍光の減衰量を求める。

●人工ルビーの前に骨が有る場合も考慮に入れた実験を行う。

●人工ルビーの前に骨と筋肉がある場合も考慮に入れた実験を行う。

●これらの結果を基に、肉の厚さと検出器に入ってくる蛍光強度と人工ルビーへの照射線量との関係を求める。この関係がきれいな数式で求まるような結果であるなら、非常に理想的である。

③求めた関係式から組織ごとの蛍光の吸収量の近似式を求め、X 線 CT 画像上で組織の大きさ等を把握し、シンチレータに照射された照射線量を定量化する。

4. 研究成果

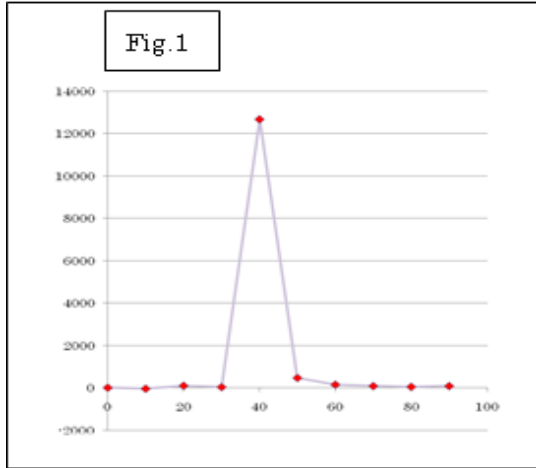
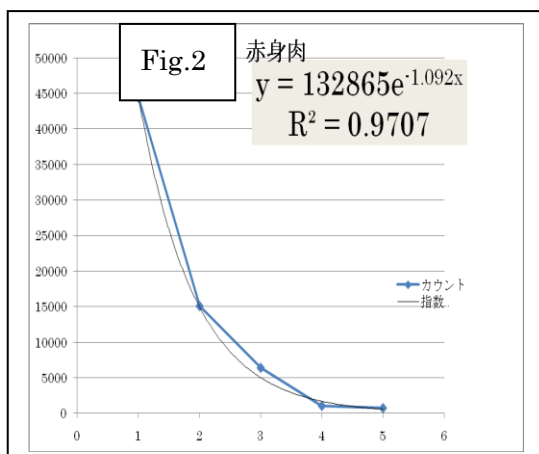


Fig.1 に基礎実験として実際に光子カウンタを使用しデータを得たときのグラフを示した。横軸はデータ収集時間であり、縦軸は収集中に得られたフォトンのカウントの変化を示したものである。照射対象は豚肉の赤身部分 5cm 深部に人工ルビーを埋め、実際のライナックを使用して照射したときのグラフである。ライナックの照射条件は、6MeV、5 秒照射、4Gy/min で行った。グラフのデータは人工ルビーを埋めたときに照射することによって得られた光のデータから、人工ルビーを埋めていないときに照射したときの光のデータ（バックグラウンド）を引いたものである。データの収集は光子カウンタで 1 秒ごとの積算データを 100 秒間取得し、10 秒ごとの積算データとして表示してある。先に光子カウンタの収集を開始し、ライナックの照射は 40 秒後から 5 秒間の照射とした。ライナック照射室内には様々な光の光源（装置内から発生する光や非常用設備等）が存在し、完全に暗室とすることは出来ない、また、高エネルギー엑스線のため、散乱線の影響やアクリル、光ファイバー等から発する光電効果光による影響があり、バック



グラウンドの差分は不可欠である。この基礎実験により、豚肉の厚み 10cm 程度であれば、

光子カウンタで検出できる可能性が得られた。

Fig.2 に豚肉赤身部分を使用し肉厚を変化させたときの減弱のグラフを示した。横軸は肉厚であり、縦軸は得られたフォトンのカウントである。グラフからも解るように、減弱は指数関数的に変化していて、グラフ中に示す近似式で近似することが可能であり、相関係数 $R^2=0.9707$ と非常に強い相関が見られた。この結果より、肉厚が 10cm 程度であれば十分弁別できるカウントを得ることが可能と見られるが、いかにして照射線量を定量化するかが問題となる。

我々は定量化を行うための 1 つの方法として、Positron Emission Tomography (PET) で行われている吸収補正を応用することを考えている。これと同様な定量化を行うためには、光子カウンタのデータ収集を 180 度方向に対向設置したプローブを使用し、同時に収集する必要がある。このようにデータを収集した後、X 線 CT を使用して、体内組織の CT 値から目的部位の組織構成（筋肉、脂肪、血液、骨、軟部組織等）を得、得られた組織構成をもとに体内組織ごとの光の減弱マップを作成するというを考えている。これを行うためには、各種の組織を厚みを変えた状態で準備し、そこに人工ルビーを埋め込み、ライナックで照射し、光子カウンタにてデータを取得し減弱係数を求める必要がある。この結果と同様に豚肉脂肪部分や骨が入った場合等の減弱式も得た。全ての関係式は相関が非常に優れている結果を得た。

豚肉 15cm 角程度で厚さ 7cm の豚肉の端に人工ルビーを埋め込み、ルビー部分を回転台に中心に設置し、最初に①の場所にプローブを固定し、照射を行いデータを得た。その後、回転台を回転させることで、肉厚を変化させてデータを得た。

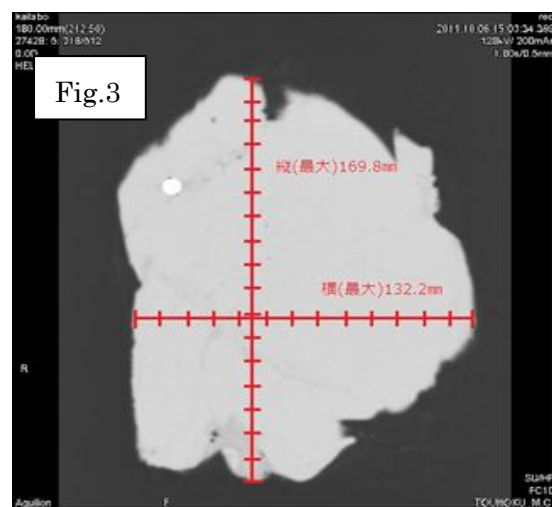


Fig.3 はこのときに得られた CT 画像で、人工ルビーと豚肉が確認できる。得られた CT 画像の画素数を数えることで、プローブと人

エルビー間の距離が容易に把握可能であり、さらにその間に存在する組織（空気、脂肪、筋肉、血液、骨など）が把握可能である。

これらのデータを各組織ごとに得ることで、減弱曲線を得ることが可能であり、肉厚が10cm程度であれば照射線量の定量が可能である見解が得られたため、データを基に特許の申請を行った。

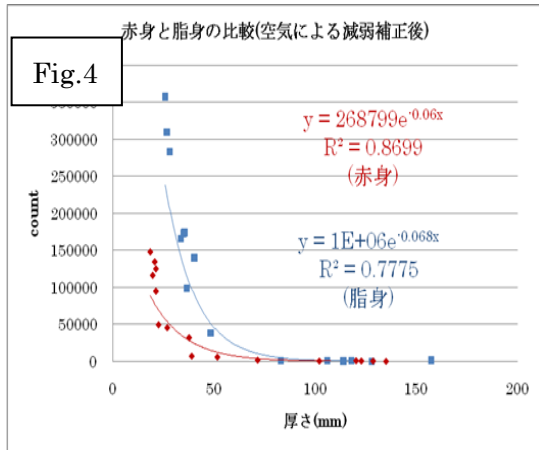


Fig. 4 は筋肉赤身部分と脂肪部分の減弱の違いを表したグラフである。図からも解るように組織ごとの減弱が異なることが把握でき、これらの減弱式をもとにして、人工ルビーからプローブに蛍光が到達するまでの間に存在する組織を CT 画像にて把握し、深部線量を定量化することが可能である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 19 件)

- ① Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, Saito H, Igari Y, and Funayama M, Fatal intra-abdominal hemorrhage as a result of avulsion of the gallbladder: a postmortem case report. Acta Radiol Sh Rep, DOI:10.1177/2047981613482898, 2:5. March 2013, 査読あり
- ② Akio Kikuchi, Toru Baba, Takafumi Hasegawa, Michiko Kobayashi, Naoto Sugeno, Masatoshi Konno, Emiko Miura, Yoshiyuki Hosokai, Toshiyuki Ishioka, Yoshiyuki Nishio, Kazumi Hirayama, Kyoko Suzuki, Masashi Aoki, Shoki Takahashi, Hiroshi Fukuda, Yasuto Itoyama, Etsuro Mori, Atsushi Takeda, Hypometabolism in the supplementary and anterior cingulate cortices is related to dysphagia in Parkinson's disease: a cross-sectional and 3-year longitudinal cohort study., BMJ Open 2013;3:e002249 doi:10.1136/bmjo

pen-2012-002249, 査読あり

- ③ Kawasumi Y, Usui A, Hosokai Y, Sato M, Funayama M, Heat haematoma: Post-mortem computed tomography findings. Clinical Radiol, Vol 68(2), DOI:10.1016/j.crad.2012.10.019 e95-e97, Feb 2013, 査読あり
- ④ 細貝 良行, 白井 章仁, 川住 祐介, 齋藤 春夫, 舟山 真人, 技術学会 3D・4D のフロンティア-理想とする Ai を目指して、日本放射線技術学会雑誌, Vol. 68 (2012) No. 12 p. 1681-1687, <http://ci.nii.ac.jp/naid/40019547256>, 査読あり
- ⑤ Yusuke Kawasumi, Naoki Onozuka, Ayana Kakizaki, Akihito Usui, Yoshiyuki Hosokai, Miho Sato, Haruo Saito, Tadashi Ishibashi, Yoshie Hayashizaki, Masato Funayama, Hypothermic death: Possibility of diagnosis by post-mortem computed tomography., European journal of radiology DOI:10.1016/j.ejrad.2012.11.017, 2012, 査読あり
- ⑥ Masahiko Konno, Yoshiyuki Hosokai, Akihito Usui, Mitsuya Abe, Toshiki Tateishi, Yusuke Kawasumi, Masashi Tsuda, Hideki Ota, Kei Takase, Haruo Saito, Cardiac output obtained from test bolus injections as a factor in contrast injection rate revision of following coronary CT angiography., Acta Radiologica. 09/2012; DOI: 10.1258/ar.2012.120276, 2012, 査読あり
- ⑦ Yusuke Kawasumi, Tomoyoshi Kawabata, Yusuke Sugai, Akihito Usui, Yoshiyuki Hosokai, Miho Sato, Haruo Saito, Tadashi Ishibashi, Yoshie Hayashizaki, Masato Funayama, Assessment of the relationship between drowning and fluid accumulation in the paranasal sinuses on post-mortem computed tomography., European journal of radiology. DOI:10.1016/j.ejrad.2012.08.011, 2012, 査読あり
- ⑧ Yoshiyuki Hosokai, Youhei Mutou, Hayato Odagiri, Yusuke Kawasumi, Akihito Usui and Haruo Saito, HD-PET 搭載 PET/CT 装置を用いた画像再構成条件の基礎的検討. Bulletin of School of Health Sciences Tohoku University 21(2):87-96, <http://ir.library.tohoku.ac.jp/re/bitstream/10097/54392/1/1348-8899-2012-21%282%29-87.pdf>, 2012, 査読あり
- ⑨ Akihito Usui, Yusuke Kawasumi,

- Yoshiyuki Hosokai, Haruo Saito, Tadashi Ishibashi, Masato Funayama. Usefulness of postmortem computed tomography before forensic autopsy for alerting forensic personnel to tuberculosis infection: Report of two cases. Japanese Journal of Radiology August, Volume 30, Issue 7, pp 612-615, DOI 10.1007/s11604-012-0096-1, 2012, 査読あり
- ⑩ Kaeko Ogura, Toshikatsu Fujii, Nobuhito Abe, Yoshiyuki Hosokai, Mayumi Shinohara, Hiroshi Fukuda, Etsuro Mori. Regional cerebral blood flow and abnormal eating behavior in Prader-Willi syndrome., Brain & development: 08/2012; DOI:10.1016/j, 査読あり
- ⑪ Yoichi Sawada, Yoshiyuki Nishio, Kyoko Suzuki, Kazumi Hirayama, Atsushi Takeda, Yoshiyuki Hosokai, Toshiyuki Ishioka, Yasuto Itoyama, Shoki Takahashi, Hiroshi Fukuda, Etsuro Mori. Attentional Set-Shifting Deficit in Parkinson's Disease Is Associated with Prefrontal Dysfunction: An FDG-PET Study., PLoS ONE 7(6): e38498. doi:10.1371/journal.pone.0038498, 2012, 査読あり
- ⑫ Toru Baba, Akio Kikuchi, Kazumi Hirayama, Yoshiyuki Nishio, Yoshiyuki Hosokai, Shigenori Kanno, Takafumi Hasegawa, Naoto Sugeno, Masatoshi Konno, Kyoko Suzuki, Shoki Takahashi, Hiroshi Fukuda, Masashi Aoki, Yasuto Itoyama, Etsuro Mori, and Atsushi Takeda., Severe olfactory dysfunction is a prodromal symptom of dementia associated with Parkinson's disease: a 3-year longitudinal study., Brain 135(1):161-169., doi: 10.1093/brain/awr321, 2012, 査読あり
- ⑬ N Sakai, L Zhu, A Kurokawa, H Takeuchi, S Yano, T Yanoh, N Wada, S. Taira, Y Hosokai, A Usui, Y Machida, H Saito and Y Ichiyanagi, Synthesis of Gd2O3 nanoparticles for MRI contrast agents., Journal of Physics: Conference Series 352, <http://iopscience.iop.org/1742-6596/352/1/012008>, 2012, 査読あり
- ⑭ Hayashizaki Y, Usui K, Moriya T, Hashiyada M, Usui A, Hosokai Y, Kawasumi Y, Saito H, Funayama M., Unexpected infant death due to hypoplastic left heart syndrome: A case report., Legal Medicine. Nov;13(6):293-7. doi: 10.1016/j.legalmed, 2012, 査読あり
- ⑮ Toru Baba, Atsushi Takeda, Akio Kikuchi, Yoshiyuki Nishio, Yoshiyuki Hosokai, Kazumi Hirayama, Takafumi Hasegawa, Naoto Sugeno, Kyoko Suzuki, Etsuro Mori, Shoki Takahashi, Hiroshi Fukuda, Yasuto Itoyama, Association of Olfactory Dysfunction and Brain Metabolism in Parkinson's Disease., Mov Disord. Jan 31;26(4):621-628., doi:10.1002/mds.23602, 2011, 査読あり
- ⑯ Atsuko Hayashi, Hiroshi Nomura, Ruriko Mochizuki, Ayumu Ohnuma, Teiko Kimpara, Kazumasa Ootomo, Yoshiyuki Hosokai, Toshiyuki Ishioka, Kyoko Suzuki, Etsuro Mori, Neural substrates for writing impairments in Japanese patients with mild Alzheimer's disease : A SPECT study., Neuropathology 31(2):144-151, doi:10.1002/mds.23602, 2011, 査読あり
- ⑰ Toshiyuki Ishioka, Kazumi Hirayama, Yoshiyuki Hosokai, Atsushi Takeda, Kyoko Suzuki, Yoshiyuki Nishio, Yoichi Sawada, Shoki Takahashi, Hiroshi Fukuda, Yasuto Itoyama, Etsuro Mori, Illusory misidentifications and cortical hypometabolism in Parkinson's disease., Mov Disord., 26(5):837-43, doi:10.1002/mds.23576, 2011 Apr, 査読あり
- ⑱ Kaeko Ogura, Toshikatsu Fujii, Nobuhito Abe, Yoshiyuki Hosokai, Mayumi Shinohara, Shoki Takahashi and Etsuro Mori, Small gray matter volume in orbitofrontal cortex in Prader-Willi syndrome: A voxel-based MRI study., Hum Brain Mapp., 32, 1059-1066, doi:10.1002/hbm.21089, 2011, 査読あり
- ⑲ 地元 佑輔, 仲田 栄子, 駒村 一樹, 長澤 陽介, 渡邊 重明, 齋藤 春夫, 森 一生, 田村 元, 町田 好男, 石橋 忠司, 千田 浩一, 志田原 美保, 小山内 実, 小倉 隆英, 細貝 良行, 川住 祐介, 土橋 卓, 高井 良尋, 卵巣癌に対する S-1 および L-OHP の抗腫瘍効果の比較検討., Bulletin of School of Health Sciences Tohoku University, 19(2), 107-115, 2010-7-31, http://mol.medicalonline.jp/library/journal/download?GoodsID=dv0tohih/2010/001902/005&name=0107-0115j&UserID=130.34.173.69&base=jamas_pdf, 2010, 査読あり

〔学会発表〕(計 16 件)

- ① Kawasumi Y, Usui A, Hosokai Y, Saio M, Nakajima A, Abiko K, Takane Y, Hayashizaki Y, Funayama M, Postmortem Computed Tomography Finding of Lungs in Sudden Infant Death. European Congress of Radiology 2012, 2013/3/6-12, Vienna, Austria
- ② Nakajima A, Usui A, Hosokai Y, Kawasumi Y, Abiko K, Saito H, Funayama M, The association between lumbar rib and lumbosacral transitional vertebrae., European Congress of Radiology 2012, 2013/3/6-12, Vienna, Austria
- ③ 細貝良行 川住祐介 臼井章仁 齋藤春夫 舟山真人, 東北大学 Ai センターにおける現状と Ai に関する疑問点., 第 10 回 Ai 学術総会, 2013/2/9, 千葉
- ④ 臼井章仁 川住祐介 細貝良行 齋藤春夫 中島彩 安孫子絹太 舟山真人, 法医解剖前 CT による腐敗した脳評価., 第 10 回 Ai 学術総会, 2013/2/9, 千葉
- ⑤ 安孫子絹太 臼井章仁 細貝良行 川住祐介 中島彩 齋藤春夫 境純 舟山真人, 法医解剖前 CT における骨盤周辺部の性差について., 第 10 回 Ai 学術総会, 2013/2/9, 千葉
- ⑥ 細貝良行, 放射線技師の業務拡大について, 宮城県放射線技師会 招待講演, 2012/12/1 仙台
- ⑦ 中島彩, 臼井章仁, 細貝良行, 市川真梨亜, 稲辺麻衣, 脇是孝, 齋藤春夫, 椎体レベル同定の正確性向上を目的とした腰仙部移行椎と腰肋の発生頻度., 第 40 回日本放射線技術学会秋季大会, 2012/10/4-6, 東京
- ⑧ 臼井章仁, 川住祐介, 林崎義映, 細貝良行, 佐藤美帆, 齋藤春夫, 境純, 舟山真人, 法医解剖前画像診断における肺所見の有用性., 第 96 次日本法医学会学術全国集会, 2012/6/7-9, 浜松
- ⑨ 林崎義映, 舟山真人, 川住祐介, 臼井章仁, 細貝良行, 佐藤美帆, 境純, 臼井聖尊, 橋谷田真樹, 齋藤春夫, 東北大学における法医解剖前画像診断, 第 96 次日本法医学会学術全国集会, 2012/6/7-9, 浜松
- ⑩ Kawasumi Y, Hosokai Y, Usui A, Sato M, Takane Y, Saito H, Ishibashi T, Funayama M. , Death due to Hypothermia: Postmortem Forensic Computed Tomography. , European Congress of Radiology 2011, 2012/3/1-5, Vienna, Austria
- ⑪ 細貝良行, もう一度フィルタについて考えてみよう, 日本核医学技術学会第 17 回東北地方会総会学術大会, 2011/9/3-4, 仙台
- ⑫ Kawasumi Y, Hosokai Y, Usui A, Sato M, Takane Y, Saito H, Ishibashi T, Funayama M. , What Information in Postmortem Computed Tomography should Radiologist Provide to Forensic Doctor? , European Congress of Radiology, 2011/3/3-7, Vienna, Austria,
- ⑬ Kawasumi Y, Hosokai Y, Usui A, Sato M, Takane Y, Saito H, Ishibashi T, Funayama M. , Vertebral Injuries: Postmortem Computed Tomography. , European Congress of Radiology 2010, 2011/3/3-7, Vienna, Austria,
- ⑭ 臼井章仁, 川住祐介, 齋藤春夫, 細貝良行, 林崎義映, 境純, 大久保倫一, 佐藤美帆, 石橋忠明, 舟山真人. , 法医解剖前 CT 検査が剖検従事者の結核感染予防に有用であった 2 例. , 第 8 回 Ai 学会学術総会, 2011/2/5, 千葉
- ⑮ Yoshiyuki H, Akihito U, Haruo S, Yusuke K, Yoshiyuki N, Etsuro M, Yasuto I, Shoki T, Hiroshi F , Distinct Longitudinal Differences of Cerebral Glucose Metabolism in Parkinsons Disease with and without Mild Cognitive Impairment: A Longitudinal Study, Radiological Society of North America 2010 (RSNA), 2010/11/28-12/3, Chicago, USA
- ⑯ Yoshiyuki H, Akihito U, Haruo S, Yusuke K, Yoshiyuki N, Etsuro M, Yasuto I, Shoki T, Hiroshi F, A longitudinal study of cerebral glucose metabolism in Parkinson's disease with and without mild cognitive impairment, World Federation of Nuclear Medicine and Biology 2010, 2010/9/17-23, Cape Town, South Africa

6. 研究組織

(1) 研究代表者

細貝 良行 (HOSOKAI YOSHIYUKI)
東北大学・大学院医学系研究科・助教
研究者番号：90451525

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：