

令和 3 年 5 月 25 日現在

機関番号：11101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K15796

研究課題名（和文）PET/CTにおける画質の標準化に向けた簡便かつ高精度な新しい画質評価指標の開発

研究課題名（英文）Development of a New Simple and Accurate Image Quality Evaluation Index for Standardization of Image Quality in PET/CT

研究代表者

細川 翔太（Hosokawa, Shota）

弘前大学・保健学研究科・助教

研究者番号：20790554

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：PET/CT再構成画像の品質を簡便かつ高精度に評価する新たな指標の開発を目指した。CT画像とPET画像の両者の情報を用いることで軟部組織を抽出し、全身の画質評価を行う手法を開発した。具体的にはCT値およびPET値（SUL）に上限・下限を設定し、10,000通り以上の組み合わせにおいて変動係数を求め、画質と相関の高い範囲を決定した。また、主観に近い客観的評価として顕著性を用い信号の見えやすさと描出形状を評価する指標を開発した。顕著性による評価の妥当性をシミュレーション実験およびファントム実験により確認した。上記3つの評価において従来指標を上回る精度が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

核医学検査は装置や撮像法によって画質が大きく変化する。全国（全世界）のどの施設においてもある一定の画質が担保されていることが望ましく、画質が劣る施設はそれを自覚し検査薬剤の投与量を増加させる、もしくは検査時間を延長するなどの措置を講じることが望ましい。これまで臨床画像は得られた信号量を基に画質評価をしていたが、近年では技術の進歩によって少ない信号量でも高画質な画像が得られる装置も導入されている。そのため、信号量ではなく、そこから再構成した最終的な画像を基に評価することが望ましい。現状では再構成画像を評価する高精度な方法が確立されていなく、本研究ではその問題に対して新たな手法を提案した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a method to evaluate the quality of PET/CT reconstructed images by extracting soft tissues of the whole body using information from both CT and PET images. Specifically, we set upper and lower limits for CT and PET values (SUL), and determined the coefficient of variation for more than 10,000 combinations to determine the range with high correlation to image quality. In addition, we developed an index to evaluate the visibility of signals and the shape of the image by using saliency as an objective evaluation close to subjectivity. The validity of the evaluation based on saliency was confirmed by simulation experiments and phantom experiments. The accuracy of the above three evaluations exceeded that of the conventional index.

研究分野：核医学技術

キーワード：画質評価 核医学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

核医学検査である FDG-PET/CT は体内に投与した放射性同位元素 (RI) である FDG から放出するガンマ線により画像化を行う。全国の施設では新旧さまざまな装置が使用されており、画質もばらつきがある。そこで、ある一定の画質を担保することを目指した標準化という考えが広まっている。標準化のためには画質を客観的に正しく評価する必要がある。本邦では信号量から算出する被検者の単位体積・長さあたりの Noise equivalent count (NEC) である $NEC_{density}$ (NEC_d) や $NEC_{patient}$ (NEC_p) が広く利用されてきた。これは、画像化に寄与した有効な信号量を評価しており、 NEC_d が一定となるように撮像時間を調整することで画質が担保できることが報告されている。しかし、PET 画像は信号から再構成を行い画像化しており、再構成法やその他の補正法によって再構成画像は異なる。近年では time-of-flight や point spread function などの補正の有無や事前情報を組み込んだ新しい再構成法が提案されており、同じ NEC でも再構成画像の画質は異なる。そのため、再構成後の画質評価指標が必要である。現状では FDG が比較的均一に分布する肝臓の画素値から算出した signal-to-noise ratio (SNR) が用いられている。しかし、評価者によって値が変わることや肝臓が全身の画質を反映しているとは限らないなど問題がある。視覚評価との相関も報告によってばらつきがある。

2. 研究の目的

(1) PET 画像および CT 画像の両者の情報を用いて全身の画質評価を行う。この際、どの施設においても画質評価が行われるように簡便で、精度の高い指標となることを目指す。

(2) 信号の見えやすさを主観に近い客観的評価によって評価する。

(3) 描出されている信号の形状を主観に近い客観的評価によって評価する。

3. 研究の方法

(1) PET 画像および CT 画像の情報を用いた PET/CT 臨床画像を後ろ向きに評価した。CT 値である HU と PET 値である SUL に上限下限を設定し、条件を満たす画素を対象に変動係数を求めた。これにより本来 FDG が集積するべき場所を全身から抽出することが可能である。CT 値が軟部組織に相当する 0~100、生理的集積に相当する $SUL(0\sim 1)$ が該当し、これらの画素を対象にノイズを評価した。提案指標と従来の画質評価指標および BMI との関係を pearson の積率相関係数を用いて評価した。

(2) ヒトの視覚的注意の引き起こし易さを計算する顕著性を画質評価に用いた。これまで、画質はコントラストやバックグラウンドのノイズを個別に評価しており、ターゲットの信号を直接評価していなかった。輝度情報から算出された顕著性を用いることによってノイズに埋もれる信号の見えやすさを主観に近い形で客観的に評価可能である。顕著性の算出には 1998 年に公開された Itti らアルゴリズムを用いた。コントラスト、バックグラウンドノイズ、顕著性と視覚評価の関係を spearman の順位相関係数を求めて評価した。評価はシミュレーションおよびファントム実験によって行った。

(3) 核医学画像において信号の見えやすさも重要であるが、集積形状によって診断材料となるため描出形状が正しいことも重要である。顕著性はいくつかの特徴量から算出される。(2) では輝度という特徴量を用いて評価を行ったが、方位の特徴量を用いることで、一つだけ形状が異なる信号の目立ちやすさを基に描出形状の絶対評価が可能であると仮説を立て、検証した。評価はシミュレーションおよびファントム実験によって行った。

4. 研究成果

(1) 従来の画質評価指標である肝 SNR よりも、提案指標である全体の軟部組織から算出した変動係数の方が BMI との相関が高いことが明らかとなった。本手法は評価者に依存せず、簡便 (プログラムを実行するだけ) で、全身の評価が可能であり有用性が示唆された。

(2) 目的とする信号の見つけやすさを輝度による顕著性で評価可能であることが明らかとなった。従来の画質評価指標であるコントラストやノイズなどと比較して視覚評価に近い結果が得られた。視覚評価は評価者に依存し、環境の準備等に労力を要するが顕著性を用いることで、主観に近い客観的評価が可能であることが示唆された。本手法は非線形な補正法による効果を評価する際にも有用であると期待できる。

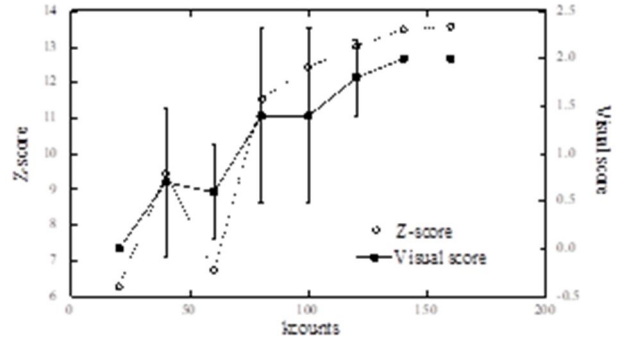
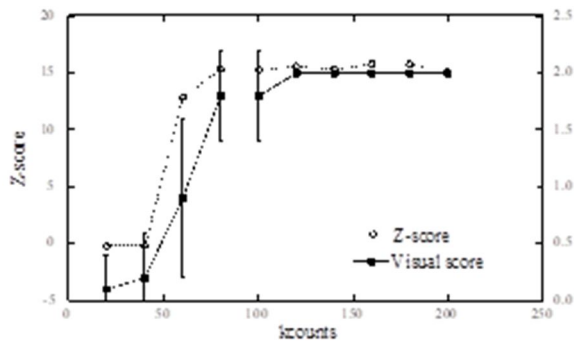


Fig. 1 信号量と顕著性・視覚評価の関係（信号の視認性）
 左：シミュレーション実験 右：ファントム実験

(3)方位の特徴量を用いることで描出形状の評価が可能であった。視覚評価との相関も 0.75 と高く、画質評価指標として有用であると考えられる。

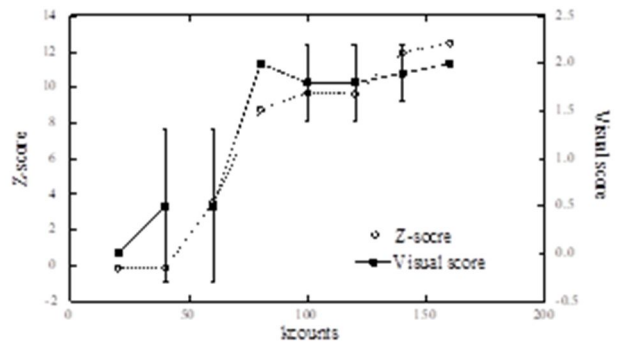
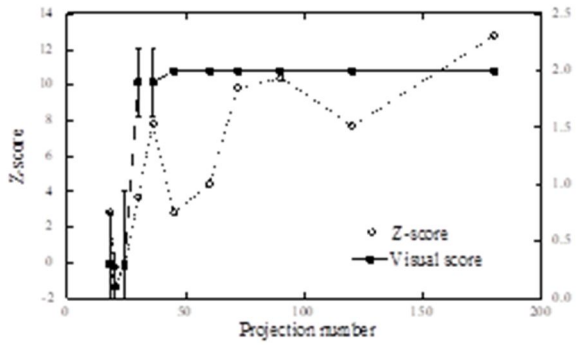


Fig. 2 投影数と顕著性・視覚評価の関係（形状の描出能）
 左：シミュレーション実験 右：ファントム実験

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takahashi Y, Hosokawa S, Tsujiguchi T, Monzen S, Kanzaki T, Shirakawa K, Nemoto A, Ishimura H, Oriuchi N.	4. 巻 13
2. 論文標題 Time-related study on external exposure dose of 2-deoxy-2-[F-18]fluoro-D-glucose PET for workers' safety.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 98-103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12194-019-00548-0	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 Watanabe Takara, Kano Daisuke, Enomoto Ryoji, Muraishi Hiroshi, Wakamatsu Ryo, Katagiri Hideaki, Kagaya Mika, Kondo Ryotaro, Fukushi Masahiro, Hosokawa Syota, Takeda Tohoru, Tanaka Manobu M, Uchida Tomohisa, Nakagami Yoshihiro	4. 巻 4
2. 論文標題 Remote measurement of urinary radioactivity in 18F-FDG PET patients using Compton camera for accuracy evaluation of standardized uptake value	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomedical Physics & Engineering Express	6. 最初と最後の頁 065029 ~ 065029
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/2057-1976/aae6b8	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 Hosokawa Shota, Inoue Kazumasa, Takahashi Yasuyuki, Kawakami Kazunori, Kano Daisuke, Nakagami Yoshihiro, Fukushi Masahiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Relationship between tumor volume and quantitative values calculated using two-dimensional bone scan images	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 496 ~ 506
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 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 Hosokawa Shota, Inoue Kazumasa, Kano Daisuke, Shimizu Fuminori, Koyama Kazuya, Nakagami Yoshihiro, Muramatsu Yoshihisa, Fukushi Masahiro	4. 巻 10
2. 論文標題 A simulation study for estimating scatter fraction in whole-body 18F-FDG PET/CT	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 204 ~ 212
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 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 渡辺 侑也, 細川 翔太, 大鷹 豊, 高橋 康幸	4. 巻 76
2. 論文標題 PET/CT 装置の CT 減弱補正における CT 値とアーチファクトの関係について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本放射線技術学会雑誌	6. 最初と最後の頁 955-962
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 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 Inoue K, Fukushi M, Furukawa A, Sahoo SK, Veerasamy N, Kurokawa M, Kondo H, Shimizu H, Tsuruoka H, Mitsumoto T, Koyama K, Hosokawa S	4. 巻 8
2. 論文標題 Detection of anthropogenic gadolinium in river waters in Hokkaido, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Education for Radiological Technology	6. 最初と最後の頁 11-16
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 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 Hosokawa S, Inoue K, Takahashi Y, Kano D, Nakagami Y, Nakazawa S, Suzaki K, Fukushi M	4. 巻 40
2. 論文標題 Validation of the scatter fraction obtained from the cylindrical phantom for calculating noise equivalent count in clinical PET examinations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 核医学技術	6. 最初と最後の頁 135-141
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 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 細川 翔太, 井上 一雅, 高橋 康幸, 加納 大輔, 中神 佳宏, 中澤 脩人, 渡辺 侑也, 白川 浩二, 福土 政広	4. 巻 40
2. 論文標題 PET装置の構成および性能と散乱成分の関係	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 核医学技術	6. 最初と最後の頁 389-388
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 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 Osanai Minoru, Hirano Daisuke, Mitsuhashi Shiori, Kudo Kohsei, Hosokawa Shota, Tsushima Megumi, Iwaoka Kazuki, Yamaguchi Ichiro, Tsujiguchi Takakiyo, Hosoda Masahiro, Hosokawa Yoichiro, Saito Yoko	4. 巻 10
2. 論文標題 Estimation of Effect of Radiation Dose Reduction for Internal Exposure by Food Regulations under the Current Criteria for Radionuclides in Foodstuff in Japan Using Monitoring Results	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Foods	6. 最初と最後の頁 691 ~ 691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/foods10040691	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 佐藤 華菜, 小山内 暢, 佐藤 秀紀, 細川 翔太, 藤田 彰, 北島 麻衣子, 對馬 恵, 工藤 幸清
2. 発表標題 体幹部用線量計を用いた放射線防護眼鏡装着時における水晶体線量簡易推定の試み
3. 学会等名 第9回東北放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 秀紀, 小山内 暢, 佐藤 華菜, 細川 翔太, 北島 麻衣子, 對馬 恵, 工藤 幸清
2. 発表標題 体幹部用線量計による頸部線量と水晶体線量の関係 ~ CT 検査時の介助における検討 ~
3. 学会等名 第9回東北放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上 凱政, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一
2. 発表標題 Tc-99m HMDP骨SPECTにおける皮下脂肪と信号検出感度について
3. 学会等名 第35回日本診療放射線技師学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 麻佳, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一, 村上 凱政, 前田 駿兵
2. 発表標題 Tc-99m MIBI小児心筋血流SPECTにおける収集条件に関する検討
3. 学会等名 佐藤 麻佳, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一, 村上 凱政, 前田 駿兵
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 桃加, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一
2. 発表標題 Tc-99m HMDP骨SPECTによる信号位置と検出感度について
3. 学会等名 第35回日本診療放射線技師学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川面 瑠花, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一
2. 発表標題 123I IMP脳血流SPECTにおける視野外集積が定量評価に及ぼす影響について
3. 学会等名 第35回日本診療放射線技師学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤谷 七星, 前田 駿兵, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一
2. 発表標題 骨SPECT評価用胸部ファントムを用いた収集条件の基礎的検討
3. 学会等名 第9回東北放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 駿兵, 澤谷 七星, 高橋 康幸, 細川 翔太, 岡本 智也, 船水 憲一
2. 発表標題 Ga-67 シンチグラフィにおけるウィンド幅の見直しに関する研究
3. 学会等名 第9回東北放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺尾 誌織, 杉沼 愛花, 細川 翔太, 川面 瑠花, 木村 桃加, 佐藤 麻佳, 澤谷 七星, 前田 駿兵, 村上 凱政, 白川 浩二, 高橋 康幸
2. 発表標題 SPECT画像における顕著性を用いた信号の視認性および描出形状の評価ーphantom studyー
3. 学会等名 第9回東北放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉沼 愛花, 寺尾 誌織, 細川 翔太, 川面 瑠花, 木村 桃加, 佐藤 麻佳, 澤谷 七星, 前田 駿兵, 村上 凱政, 白川 浩二, 高橋 康幸
2. 発表標題 SPECT画像における顕著性を用いた信号の視認性および描出形状の評価ーsimulation studyー
3. 学会等名 第9回東北放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hosokawa S, Suginuma A, Terao S, Takahashi Y, Inoue K, Kano D, Nakagami Y, Fukushi M
2. 発表標題 EVALUATION OF SPECT IMAGE QUALITY BASED ON HUMAN VISION
3. 学会等名 2nd Workshop on Radiation Research and its related issues (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細川翔太, 井上一雅, 高橋康幸, 加納大輔, 中神佳宏, 福土政広
2. 発表標題 PET画像における顕著性を用いた視覚的画質評価の定量化
3. 学会等名 第38回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hosokawa S, Inoue K, Takahashi Y, Kano D, Nakagami Y, Suzaki K, Fukushi M
2. 発表標題 Improving the accuracy of image evaluation in clinical positron emission tomography/computed tomography examination by using Monte Carlo simulation.
3. 学会等名 European Association of Nuclear Medicine (EANM '18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 細川翔太
2. 発表標題 FDG-PET検査での視野外散乱線の影響 -simulation study-
3. 学会等名 第9回東北FDG-PET研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 細川翔太, 井上一雅, 高橋康幸, 加納大輔, 中神佳宏, 白川浩二, 清野守央, 須崎勝正, 福土政広.
2. 発表標題 FDG-PET/CT臨床画像における散乱線含有率の評価指標の提案
3. 学会等名 第8回東北FDG-PET研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名	細川翔太, 井上一雅, 高橋康幸, 相良裕亮, 加納大輔, 中神佳宏, 白川浩二, 清野守央, 山本裕樹, 須崎勝正, 福土政広
2. 発表標題	FDG-PET/CT臨床画像における散乱線含有率の評価
3. 学会等名	第37回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	細川翔太, 井上一雅, 高橋康幸, 加納大輔, 中神佳宏, 須崎勝正, 福土政広
2. 発表標題	モンテカルロシミュレーションを用いたFDG-PET/CT臨床画像における散乱フラクションの推定
3. 学会等名	第37回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	細川翔太, 井上一雅, 高橋康幸, 河上一公, 加納大輔, 中神佳宏, 福土政広
2. 発表標題	モンテカルロシミュレーションを用いた骨シンチグラフィにおける2次元定量値の精度評価
3. 学会等名	第37回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	細川翔太, 井上一雅, 高橋康幸, 加納大輔, 中神佳宏, 福土政広
2. 発表標題	モンテカルロ法による骨シンチグラフィの模擬
3. 学会等名	第11回日本診療放射線学教育学会学術集会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 Shota Hosokawa
2. 発表標題 Estimation of scatter fraction in PET/CT examination using Monte Carlo simulation
3. 学会等名 Chiang Mai Hiroasaki Joint Workshop on Health Sciences (国際学会)
4. 発表年 2017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
連携研究者	高橋 康幸 (TAKAHASHI YASUYUKI) (40404925)	弘前大学・保健学研究科・教授 (11101)	
連携研究者	井上 一雅 (INOUE KAZUMASA) (20508105)	東京都立大学・人間健康科学研究科・教授 (22604)	
連携研究者	福士 政広 (FUKUSHI MASAHIRO) (70199199)	つくば国際大学・医療保健学部・教授 (32104)	
連携研究者	加納 大輔 (KANO DAISUKE) (70392347)	国立研究開発法人国立がん研究センター・薬剤部・試験検査主任 (82606)	
連携研究者	中神 佳宏 (NAKAGAMI YOSHIHIRO) (80347301)	獨協医科大学・医学部・教授 (32203)	

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	津田 啓介 (TSUDA KEISUKE) (00598146)	順天堂大学・保健医療学部・准教授 (32620)	

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