

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 5月 2日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591322

研究課題名（和文）SPECT 画像精度管理を目的とした心筋ファントムおよび画像解析評価システムの開発

研究課題名（英文）Development of a myocardial phantom and analysis system toward standardization of myocardial SPECT image

研究代表者

小野口 昌久 (ONOGUCHI MASAHISA)

金沢大学・保健学系・教授

研究者番号：30283120

研究成果の概要（和文）：核医学画像はCTやMRIと異なり、画像を構築する技師（技術者）や医師の施設間差が大きく、施設間で診断が異なる場合も存在することから、心筋 SPECT 専用の画像精度管理と画像標準化を目的としたファントムおよび解析評価ツールの必要性が求められている。今回、開発したシステムの大きな特徴は心筋病変部の広さと深さを簡便に同時評価できる心筋ファントムの構築と画像の自動解析評価ツールの構築の2点であり、実用化に向けて必要なファントム作成技術および撮像システムの研究開発を試みた。

研究成果の概要（英文）：The goal of this study is to develop myocardial phantom EMIT (the evaluation system of myocardial image based on technical grounds) and analysis system toward standardization of myocardial SPECT image to reduce a difference of image quality among institutions. The construction of database criteria for quality of myocardial SPECT image was possible. To be able to legally evaluate images of their own institutions using the database criteria, it was suggested that this myocardial phantom and analysis system may contribute to reduce a difference of image quality among institutions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：核医学

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：画像精度管理，画像標準化，SPECT，心筋ファントム，画像解析

1. 研究開始当初の背景

核医学領域における心筋 SPECT (Single photon emission CT) 画像は、心筋梗塞等の虚血性心疾患の診断に重要な位置を占め、特に心筋生存能力 (viability) の評価には不

可欠な存在になっている。しかし、核医学画像 (画質) は CT や MRI と異なり、画像を構築する技師 (技術者) や医師の施設間差が大きな問題となっている。三年前に核医学技師 (技術者) を対象に、全国レベルで心筋 SPECT

画像の画質にアンケート調査を実施した結果、約7割の施設が平均的であると回答しているものの、標準的な優れた心筋 SPECT 画像の定義については、4割の施設が分からないと回答した。画像標準化については、85%の施設で標準化を求めており、ガイドラインは87%の施設で必要としていた。すなわち、画像標準化に関する共通の認識はあるもの、標準化するツールがないのが現状である。したがって、基準となる画像が存在しないために、自施設の画像がどのレベルにあり、どのように改善すべきかを客観的に評価できるシステムがないことが指摘されていた。本研究のコンセプトとして、心筋 SPECT 画像の最低限のレベルを確保、それぞれの画像で施設の優劣をつけるものではない、問題のある画像であれば、フローチャート形式で指導もしくは改善項目を自動提示する、の三点を視野に入れている。そこで、申請者は、心筋画像専用の画像精度管理および画像標準化を目的に、画像評価用心筋ファントムの構築および各施設で撮像したこれらの画像を同一画像解析プログラムで視覚的・定量的評価を行なうことで、基準画像の作成と同時に画像を構築する技師（技術者）や医師の技術水準の向上が可能となると考え、本研究を計画した。

2. 研究の目的

核医学領域における心筋 SPECT (Single photon emission CT) 画像は、心筋梗塞等の虚血性心疾患の診断に重要な位置を占め、特に心筋生存能力 (viability) の評価には不可欠な存在になっている。しかし、核医学画像は CT や MRI と異なり、画像を構築する技師（技術者）や医師の施設間差が大きく、施設間で診断が異なる場合も存在することから、心筋 SPECT 専用の**画像精度管理**と**画像標準化**を目的としたファントムおよび解析評価ツールの必要性が求められている。今回、開発したシステムの大きな特徴は心筋病変部の広さと深さを簡便に同時評価できる心筋ファントムの構築と画像の自動解析評価ツールの構築の2点であり、実用化に向けて必要なファントム作成技術および撮像システムの研究開発を試みた。

3. 研究の方法

1. 画像評価用心筋ファントムの構築

1) 構成

ファントムの構成は外容器、内容器から成り、さらに内容器は心筋部欠損の広さの測定を目標とする**空間分解測定用**と、心筋部欠損の厚みの測定を**感度測定用**とに分かれる。構成は外容器と内容器から成り、胸部を想定した楕円形透明アクリル外容器内に、人体の心臓と同じように、外容器の左前部分に心筋を

想定した内容器を挿入する。

2) 構造および寸法

外容器は、保管および持ち運びに便利で、外容器の表面は平滑、かつ内部は容易に観察でき、内容器は、外容器内の所定の位置へ正確に装着でき、容易に着脱できる構造となっている。

【外容器】

外容器は、長径 300mm、短径 220mm、高さ 223mm の楕円形をしており、一方の底面には、内容器の挿入および水溶液の注入ができる開口部を、開口部のふたには気泡を排除するための空気だめを備える (図 1)。本法ではこのファントム一体を EMIT (The evaluation system of myocardial image based on technical grounds: 技術的な根拠に基づいた心筋画像の評価システム) と命名した。



図 1. EMIT ファントムの外容器

【内容器】

内容器は空間分解能測定用と感度測定用から成る。空間分解能測定用は心筋部欠損の広さの測定を目的とし、欠損の広さは 5, 10, 15, 20mm の 4 段階に配置し、高さは 30mm、厚さは 10mm とする (図 2A)。感度測定用は、心筋部欠損の厚みの測定を目的とし、欠損の厚さは 10, 7.5, 5, 2.5mm の 4 段階に配置し、高さは 30mm、広さは 20mm とする (図 2B)。



図 2. 欠損広さ (A)

欠損深さ (B)

2. 自動画像解析評価プログラムの構築

画像解析評価プログラムは OS Windows XP 上で起動するよう設計する。主な解析評価機能として、SPECT 画像の展開図と心筋プロフィールカーブを作成し、心筋部欠損の広さおよび厚さを定量的に自動評価する。最終的に

は、画像評価用心筋ファントムの MRI 画像をテンプレートとし、各施設の心筋 SPECT 検査の撮像条件で収集した画像データを標準化処理した後、心筋部欠損の広さおよび厚さを解析することで各指標のデータベースを蓄積する。その基準画像および基準指標を基に、各施設の画質および心筋欠損の広さ・厚さの検出能を判定する。処理手順を以下に示す。

- 1) SPECT 画像と MRI 画像のテンプレート画像との位置合わせ：SPECT 画像はアナライズフォーマットを使用し、位置合わせを行なう前に SPECT 画像の重心を画像の中心となるよう修正し、spm2 を用いて位置合わせを行なう。
- 2) 位置合わせした画像の展開図を作成：テンプレート画像から原点を決定し、原点から心筋部の外側に向けた直線を 1 度間隔で合計 360 方向引き、各線上の最大カウントを Y マトリックスにプロットし、それを N スライス分繰り返すことで展開図が得られる。つまり、展開図の X マトリックスはスライス枚数、Y マトリックスは 0 度から 359 度までの線を表し、値は線上の最大値を表す (図 3)。

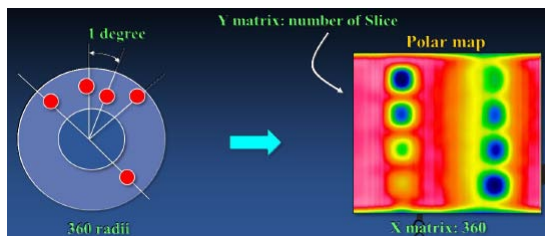


図 3. 位置合わせした画像の展開図を作成

- 3) SPECT 画像の展開図からプロフィールカーブを作成：欠損広さのプロフィールカーブはテンプレート画像から関心領域 (ROI) を決定し、展開図に ROI を適応させ、プロフィール上の最大値を 100 に規格化することでプロフィールカーブを得る (図 4)。同様に、欠損深さのプロフィールカーブは 4 つのプロフィール上の最大値をそれぞれ 100 に規格化し、つなぎ合わせることでプロフィールカーブを得ることができる。

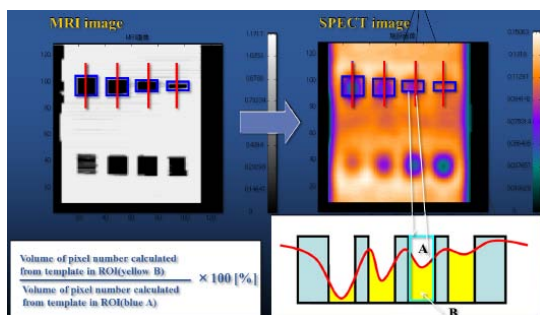


図 4. SPECT 画像の展開図からプロフィールカーブを作成

- 4) SPECT 画像で得られた各心筋部欠損の広さ

と厚さの展開図およびプロフィールカーブから最大値を算出し、その値を直線近似した傾き (コントラスト精度) と切片を得る。さらに、正常心筋部の微分均一性、積分均一性および変動係数を得ることができる (図 5)。

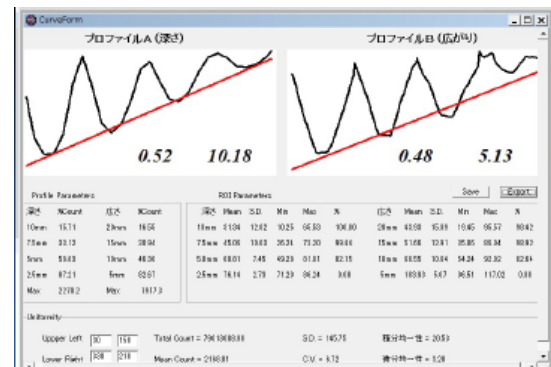


図 5. 画像評価解析システムの結果表示

3. 多施設共同実験による検証

全国 19 施設 (計 27 画像) で心筋 SPECT を施行し、得られた画像を本システムの専用プログラムで定量的に解析し、その指標を比較、検討した。画像収集条件は、360 度と 180 度 (または 208 度) 収集に分け、各施設の収集条件と予め指定した収集条件の計 4 通りで撮像した。予め指定した収集条件は、コリメータが低エネルギー高分解能型 (low energy high resolution; 以下, LEHR), エネルギーウィンドウ幅が 15% ($\pm 7.5\%$), 回転モードは 360 度が Step&Shoot の円軌道, 180 度 (または 208 度) 収集が Step&Shoot で楕円 (または近接軌道), 収集方向は 360 度が 120 方向以上, 180 度 (または 208 度) が 60 方向以上, 収集時間は約 30 分, ピクセルサイズが $5\text{mm} \pm 10\%$, 減弱補正および散乱線補正はなしとした。

4. 研究成果

EMIT ファントム画像を供覧する。Tc-99m による下壁欠損 (広さ), 前壁欠損 (深さ) において, コリメータおよび各種補正 (分解能, 散乱線, 減弱) を組み合わせた EMIT ファントムの各 SPECT 像を示す (図 6)。心筋部欠損の異なった広さおよび深さの描出能が同時評価できる。図 7 に 360 度, 180 度および 208 度収集における下壁欠損 (広さ) の %count と欠損広さの関係を示す。傾き (コントラスト精度) が大きいほど, 欠損描出能が高いことが分かる。

今回, 本システムを用いて, 全国 19 施設 (計 27 画像) で心筋 SPECT を施行して, 得られた画像を定量的に解析し, その指標を比較, 検討した。その結果, 心筋下壁欠損の広さ 10mm の描出能を最低基準とした場合, %count は 60.0 以下かつ, 微分均一性が 3.61 以下, コントラスト精度は 0.33 以下のエリ

アで良好な画像となった。

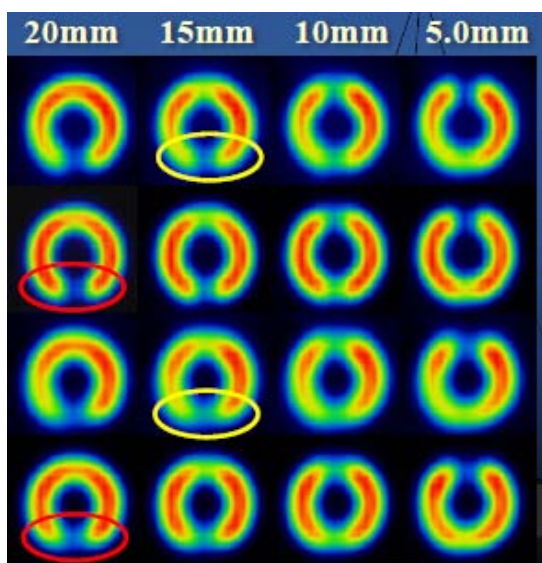


図 6. コリメータおよび各種補正（分解能，散乱線，減弱）を組み合わせた EMIT ファントムの各 SPECT 像



図 7. 360 度，180 度および 208 度収集における下壁欠損（広さ）の %count と欠損広さの関係

以上，本システムはファントムの撮像が 1 回で計 8 種類の心筋欠損状態が同時にかつ簡便に評価できる点に大きな特長を持つ。さらに，自動画像解析評価プログラムにより客観的に定量的評価が行えるため，基準画像となるデータベースの構築と同時に，データベースの指標比較から自施設の画像を正当に判定し，本プログラム上で改善すべき撮像・処理条件を提案することで，心筋 SPECT の画像精度管理および画像標準化が期待できると考える。

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 2 件）

- ① 小野口昌久，EMIT ファントムの利用，心臓核医学，査読有，15 巻，2013，24-25

URL:<http://www.jsnc.org/jsnc-paper/2013/0224>

- ② 舟林実可子，小野口昌久，nEMIT ファントムを用いた 201TlCl による複数光子放出核種の収集法および各種補正効果の検証，金沢大学医薬保健学域保健学類放射線技術科学専攻卒業論文集，査読無，14 巻，2013，79-82

DOI/URL:なし

〔学会発表〕（計 8 件）

- ① Masahisa Onoguchi，Organization and factor evaluation of the criterion image for the standardization of the myocardial SPECT image, EANM2012, 2012 年 10 月 27 日～2012 年 10 月 31 日，MiCo Milano Congressi（イタリア）
- ② 廣上雄仁，小野口昌久，心筋 SPECT 標準化に向けた基準画像の確立，第 32 回日本核医学技術学会総会，2012 年 10 月 11 日～2012 年 10 月 13 日，ロイトン札幌（北海道）
- ③ 舟林実可子，小野口昌久，nEMIT ファントムを用いた Tl-201 による複数光子放出核種の各種補正効果の検証，2012 年 10 月 11 日～2012 年 10 月 13 日，ロイトン札幌（北海道）
- ④ 上林智彦，小野口昌久，複数光子エネルギー放出核種 Tl-201 の X 線 CT 法による減弱補正—心筋ファントムによる検討—，2012 年 10 月 11 日～2012 年 10 月 13 日，ロイトン札幌（北海道）
- ⑤ 小野口昌久，標準化に向けた心筋ファントムおよび画像解析プログラムの構築，第 22 回日本心臓核医学会総会（招待講演），2012 年 06 月 22 日～2012 年 06 月 23 日，金沢市文化ホール（石川県）
- ⑥ 廣上雄仁，小野口昌久，心筋 SPECT 画像標準化に向けた基準画像の指標評価，2012 年 06 月 22 日～2012 年 06 月 23 日，金沢市文化ホール（石川県）
- ⑦ 山本千代，小野口昌久，Tc-99m による nEMIT ファントムを用いたコリメータ開口補正，散乱線補正，減弱補正効果の検討，2012 年 06 月 22 日～2012 年 06 月 23 日，金沢市文化ホール（石川県）
- ⑧ Masahisa Onoguchi，The phantom for SPECT/PET evaluation — Fundamental Studies —，2012 CIS Workshop — Imaging and Applications in Isotope Sciences —（招待講演），2012 年 05 月 22 日，Central Institute of Isotope Science, Hokkaido University（北海道）

〔産業財産権〕

○取得状況（計 1 件）

名称：SPECT 撮像システムの評価装置及び方法

発明者：小野口昌久，片渕哲朗，吉岡克則
権利者：富士フイルム RI ファーマ株式会社
種類：特許
番号：5198023 号
取得年月日：2013 年 2 月 15 日
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://onoguchi-lab.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野口 昌久 (ONOGUCHI MASAHISA)
金沢大学・保健学系・教授
研究者番号：30283120

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし