

## 《研究速報》

<sup>201</sup>Tl-SPECT を用いた心筋展開図による心筋梗塞の定量評価

久保田昌宏\* 津田 隆俊\* 秋葉 英成\* 森田 和夫\*  
 細羽 実\*\* 伴 隆一\*\* 平野 隆子\*\*

## I. 緒 言

回転型ガンマカメラを用いた <sup>201</sup>Tl 心筋 Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) は高い病変検出能を示し、病変の把握に優れている。

SPECT 像では多層の連続した断面が得られるため虚血、梗塞の範囲を計測することも可能である。しかし多くの断層面を用いるためその処理は煩雑である<sup>1)</sup>。今回著者らは虚血や梗塞の範囲を的確に容易に算出することを目的として、心筋 SPECT 像より心筋展開図を作製する方法を開発し、本法の精度をファントム実験および梗塞症例で検討したので報告する。

## II. 方 法

使用した装置は、Searle 社製 dual head 回転型ガンマカメラ ZLC-75 型およびオンラインで接続したミニコンピュータ(シンチパック 2400)である。single head を 5° ごと回転させ LPO 45° より RAO 45° まで 180° 回転で合計 36 方向からデータ収集を行った。

データ処理は、各画像の 9 点スムージングを行い、Shepp and Rogan フィルター処理をした後、体軸横断断層像を再構成し、さらに心長軸に一致した断層像を得るように画像を回転し、長軸矢状断層、長軸水平断層および短軸断層を得た。スラ

イス厚は 6 mm である。

## 1. 心筋展開図の作製法 (Fig. 1)

短軸断層を用い、心内腔の現われる心尖部から心基部までを処理対象スライスとする (A)。各スライスについて最大カウント circumferential profile curve を作製し、各最大カウントのポイント (C) と中心位置との距離 (L) を計測する (B)。各最大カウントのポイントと中心位置との距離のうち最も大きい距離を半径  $r$  とする円の周長  $l$  を各スライスの心筋壁の周長とする (C)。各スライスの周長  $l$  の長さの pixel line を profile の分割数で等分し、下壁中央 (6 時の方向) を center とし center から左右に profile の値を埋めていく。得られた各 pixel line を心尖部から心基部に順に並べ心筋展開図を作製する (D)。

結果の画像は各スライスの最大カウントを 1,000 として各スライスごとにノーマライズして表示した。また断層像での 1 ピクセルを展開図では縦 6、横 2 ピクセルに拡大して表示した。

## 2. ファントム実験による心筋展開図の定量性の検討

京都科学標本社製心臓ファントム RH-2 型を用い、左室壁内を  $1\mu\text{Ci/ml}$  の濃度の <sup>201</sup>Tl で満たした。

左室壁内に貫通性梗塞を想定した直径 2, 3, 4, 5 cm の欠損を前壁および下壁に入れ、心筋展開図を作製した。展開図上の欠損部に手動により関心領域を設定し欠損面積を算出し、心臓ファントムの欠損の真の面積との関係を検討した。

## 3. 心筋梗塞症例の梗塞面積の算出法

心室瘤の合併のない前壁梗塞 6 例を対象とし手動法および展開図法より梗塞面積をそれぞれ算出し、両者の関係を検討した。手動法では <sup>201</sup>Tl 心筋 SPECT 短軸断層像に内接円、外接円を設定し、

\* 札幌医科大学放射線科

\*\* 島津製作所

受付：62 年 8 月 20 日

最終稿受付：62 年 8 月 20 日

別刷請求先：札幌市中央区南 1 条西 16 丁目 (☎ 060)

札幌医科大学放射線科

久保田 昌 宏

## 3D-Surface Display Map

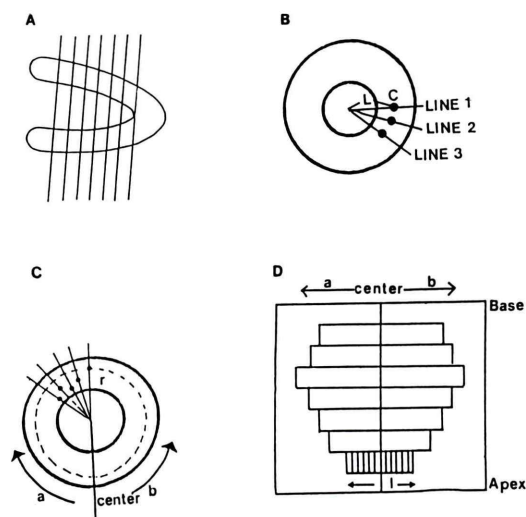


Fig. 1 Diagram how to generate three-dimensional display map.

(A) The short-axis cuts from the base of the left ventricle to the endocardial aspect of the apex were selected.

(B) The maximum-count circumferential profiles for each short-axis cut were generated automatically. The distances (L) between the center and the maximum-count points were measured automatically, too.

(C) The lengths of the circumferences of the circles with the longest L (r) for each short-axis cut were calculated.

(D) Pixel lines with each length of circumference for each short-axis cut were arranged from apex to base in order.

All counts on each maximum-count profile were interpolated into each pixel line.

内接円半径, 外接円半径, 欠損領域の拡がり角, スライス厚より梗塞容積を計測しこれを平均心筋厚で除し梗塞面積を算出した. 梗塞部は各スライスの最大のカウント値の 80% 以下の領域とした (Fig. 2). 心筋展開図法では正常者 8 例の標準パターン (Mean-2 SD) を作製し, 対象患者のデータを標準パターンと比較し, 標準パターンよりも値の低い部位を梗塞とし梗塞面積を算出した.

#### 4. 心筋梗塞症例の梗塞面積と心機能の比較検討

上述の 6 例について左室駆出分画 (LVEF) と梗塞面積を比較検討した. LVEF は  $^{99m}\text{Tc}$  RBC 心電図同期心プール法により算出した.

### III. 結 果

#### 1. ファントム実験による心筋展開図の定量性の検討

前壁または下壁に直径 2, 3, 4, 5 cm の欠損を入れた心筋ファントムの  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 短軸断層像より作製した展開図を示す (Fig. 3).

実測欠損面積と展開図より計測した欠損面積は, 前壁および下壁欠損とともに直線関係にあり, 高い相関を示した (Fig. 4a, b).

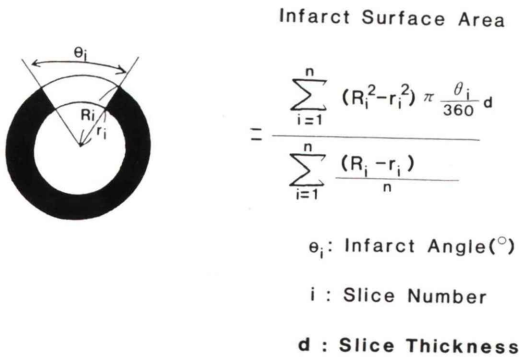
#### 2. 心筋梗塞症例における手動法より算出した梗塞面積と展開図法により算出した梗塞面積との関係

対象とした症例の臨床診断, 心筋  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 像で見られた血流欠損部位, 手動法ならびに展開図法により算出された梗塞面積および  $^{99m}\text{Tc}$  RBC

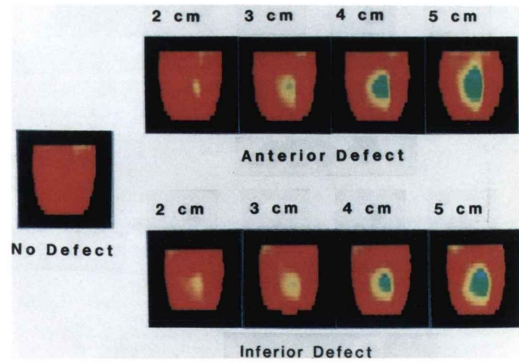
Table 1 Infarct surface area of patients with anterior MI in 3D-surface display method

Case	Diagnosis	Tl-201 SPECT of infarcted site	Infarcted area (cm <sup>2</sup> )		EF (%)
			3D-surface display method	Manual method	
1. K.M.	ant.-sep.+lat. MI	A, S, Ap, P, PL	105.6	74.4	20.5
2. H.A.	ant.-sep. MI	A	28.6	15.3	48.9
3. C.Y.	ant.-sep.+lat. MI	A, Ap, P	33.0	18.1	42.0
4. K.T.	subend. MI	A, Ap, AL	19.6	9.6	43.0
5. S.K.	broad ant.	A, S, Ap, P, I	25.9	17.5	51.4
6. T.T.	ant.-lat. MI	A, Ap, L, I, P	83.1	65.8	31.0

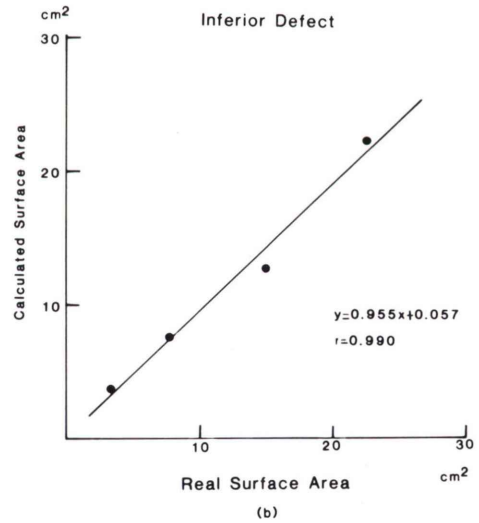
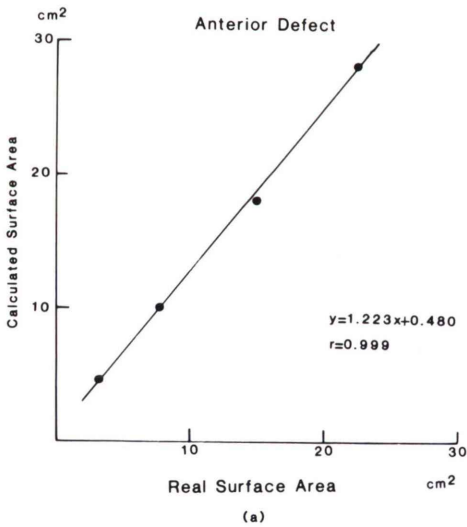
Abbreviations; A: anterior, AL: anterolateral, Ap: apical, S: septal, I: inferior, P: posterior, PL: posterolateral, MI: myocardial infarction



**Fig. 2** Estimation of infarct surface area with manual method. The inscribed and circumscribed circles for short-axis cut were set up. The radius ( $r$ ) of the inscribed circle, the radius ( $R$ ) of the circumscribed circle, and infarct angle ( $\theta$ ) were measured. Infarct surface area were estimated with above formula.



**Fig. 3** 3D-surface display maps of Tl-201 distribution in the phantom with a defect in the anterior or the posterior wall.



**Fig. 4** Correlations between the calculated and the real surface areas in the phantom for anterior defects (a) and inferior defects (b) respectively.

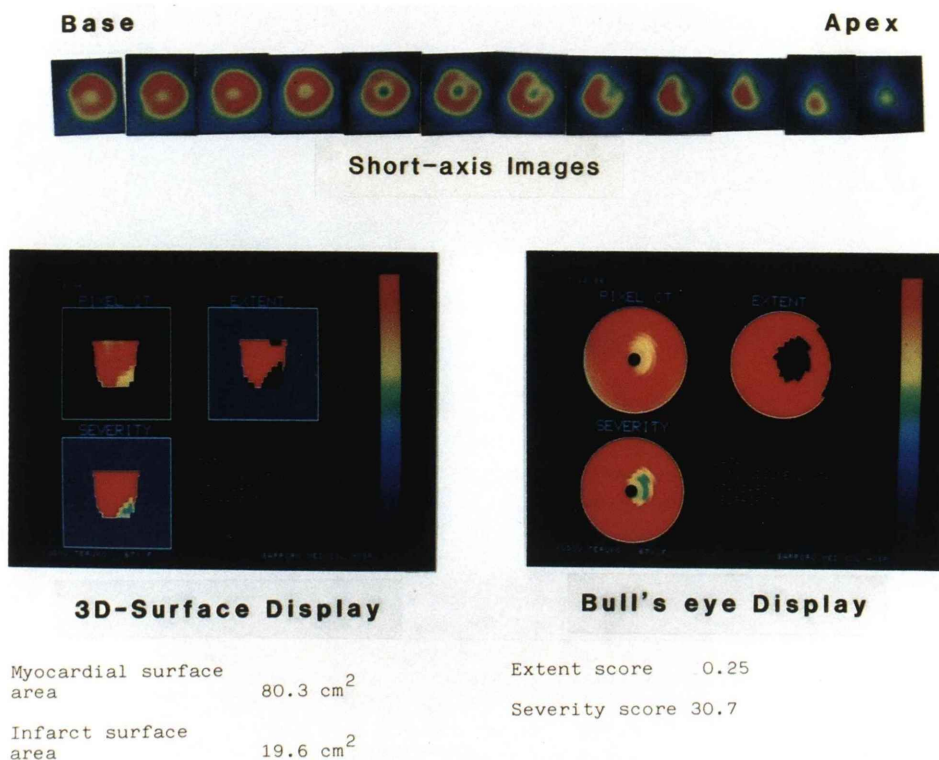


Fig. 5 Short-axis images, 3D-surface display map, and Bull's-eye map in a patient with anterior MI (case 4).

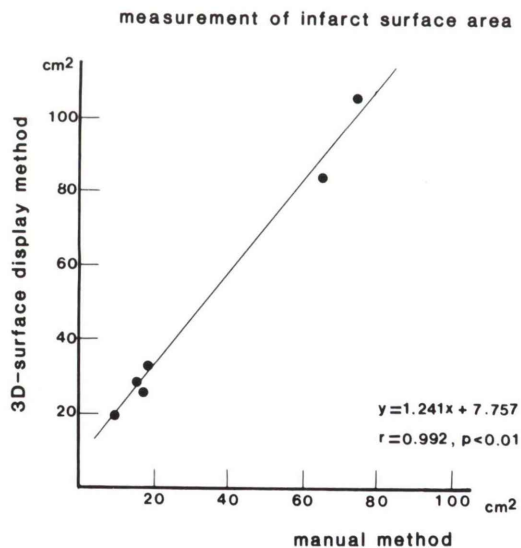


Fig. 6 Correlation between 3D-surface display method and manual method for estimation of infarct surface areas in patients with anterior MI.

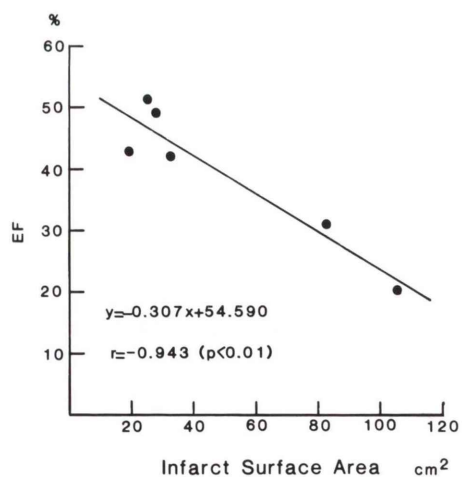


Fig. 7 Correlation between ejection fractions (EF) with Tc-99m RBC ECG-gated blood pool method and infarct surface areas with 3D-surface display method in patients with anterior MI.



心電図短軸同期心プール法より算出された LVEF を Table 1 に示す。

症例 4 の  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 短軸断層像, 展開図および Bull's-eye 表示画像を Fig. 5 に示した。手動法により算出された梗塞面積と展開図法により算出された梗塞面積との関係を Fig. 6 に示す。

両者は直線関係にあり高い相関を示した。

### 3. 心筋梗塞症例の梗塞面積と心機能との比較検討

展開図法により算出された梗塞面積と左室駆出分画 (LVEF) との相関を求めた。

$r = -0.943$  の有意な相関が得られた (Fig. 7)。

## IV. 考 察

心筋ファントム内に種々の大きさの欠損を入れ, 展開図法より計測した欠損面積と真の欠損面積との関係を見た実験では, 前壁欠損および下壁欠損において両者の間は直線関係となり, 前壁欠損で  $r = 0.999$ , 下壁欠損で  $r = 0.990$  の有意な相関が得られ (Fig. 4), 本法の定量性は良好であった。

心筋梗塞例において  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像の各断層面の欠損部を計測し, 欠損部を加算し, 梗塞容積とする方法は梗塞サイズを正確に推定する方法であることが, すでに報告されている<sup>1)</sup>。著者らは前壁梗塞例で  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 短軸断層像の各断層面の欠損部を加算し欠損容積を計測し, これを平均心筋厚で除し梗塞面積を算出した。

この方法で算出した面積と展開図法より算出した梗塞面積は直線関係にあり  $r = 0.992$  の有意な相関が得られた (Fig. 6)。

すなわち, 展開図法は定量性に優れた梗塞サイズの推定法と考えられた。

また, 展開図法より算出した梗塞面積は  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  RBC 心電図同期心プール法より算出された左室駆出分画 (LVEF) との間に  $r = -0.943$  の逆相関が得られ (Fig. 7), 患者の予後の重要な指標になりうると考えられた。

展開図法と同様に  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 短軸断層像を一枚の画像に集約して表示する二次元極座標表示法 (Bull's-eye 法) が報告されている<sup>2-4)</sup>。Bull's-eye

法は虚血の部位, 範囲を客観的に把握できかつ優れた定量的評価法である。しかし, 虚血範囲をマップ上の面積で評価すると心基部に行くに従い過大評価されるため虚血範囲を計算できない。このため虚血範囲を extent score として表わす。

extent score は全 circumferential profile curve のポイント数に対する標準カーブ以下のポイント数の比と定義される。この場合各スライスが同じ大きさの欠損でも各スライスの心筋周長の違いにより虚血ポイント数が異なってくるために, extent score は正確に虚血範囲を示さないことになる。

展開図法では内腔のない心尖部では circumferential profile curve の作成ができないため心尖部の欠損を表示できない点が欠点として挙げられる。

また, 展開図法では各スライスの最大カウントを 1,000 として各スライスごとにノーマライズして表示するため, 心筋梗塞後の心尖部心室瘤のように全周性の欠損がある場合には欠損部の最大カウントを 1,000 としノーマライズして表示するためこの部を欠損として表示できない。

現在これらの欠点の改良を検討中である。

## V. 結 語

われわれは展開図法を考案したがこの方法は Bull's-eye 法の欠点を補いより定量性の高い測定法と考えられる。

本論文の要旨は第 26 回日本核医学会総会にて発表した。

## 文 献

- 1) Tamaki S, Nakajima H, Murakami T, et al: Estimation of infarct size by myocardial emission computed tomography with thallium-201 and its relation to creatinine kinase-MB release after myocardial infarction in man. Circulation 66: 994-1001, 1982
- 2) Garcia EV, Train KV, Maddahi J, et al: Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. J Nucl Med 26: 17-26, 1985
- 3) 中嶋憲一, 分校久志, 谷口 充, 他: Single photon Emission CT を用いた Tl-201 心筋血流, washout,

壁運動, 位相の心機能マップ. 核医学 23: 251-257, 1986

4) 中嶋憲一, 分校久志, 谷口 充, 他: TI-201 心筋血

流の機能マップによる冠動脈疾患の評価. 核医学 23: 473-479, 1986

### Summary

#### Estimation of Infarct Size by Three-Dimensional Surface Display Method of Myocardial Single Photon Emission CT with $^{201}\text{Tl}$

Masahiro KUBOTA\*, Takatoshi TSUDA\*, Hidenari AKIBA\*, Kazuo MORITA\*,  
Minoru HOSOBATA\*\*, Ryuichi BAN\*\* and Takako HIRANO\*\*

*\*Department of Radiology, Sapporo Medical College*

*\*\*Shimadzu Corporation*

To estimate infarct size, we devised three-dimensional (3D) surface display method of  $^{201}\text{Tl}$  myocardial single photon emission CT (SPECT).

The method was performed with maximum-count circumferential profiles (CPs) of short axis views of  $^{201}\text{Tl}$  myocardial SPECT. The counts of maximum-count CP were put into a pixel line with the calculated left ventricular circumferential length on each short axis slice.

A 3D-surface display map was created by arrangement of these pixel lines from apex to base of left ventricle in order. The sizes of defects in myocardial phantom were calculated by this method.

There was a high correlation between the real defect sizes and the calculated defect sizes.

In 6 patients with anterior myocardial infarction,

the infarct sizes were calculated by this method.

The extent of abnormality was identified by automatic computer comparison of each patient's profiles with corresponding lower limits of normal profiles.

The infarct sizes calculated by 3D-surface display method were closely correlated not only with the infarct sizes calculated by summation of defect sizes in short axis views, but also with left ventricular ejection fractions. We concluded that the 3D-surface display method of  $^{201}\text{Tl}$  myocardial SPECT is effective for noninvasive assessment of the extent of myocardial infarction.

**Key words:** Myocardial surface display, Infarct size, Single photon emission computed tomography (SPECT),  $^{201}\text{Tl}$  myocardial scintigraphy.