

## 因子分析とフーリエ解析による局所壁運動異常診断能の比較

## Left ventricular wall motion abnormalities evaluated by factor analysis as compared with Fourier analysis

広田 一仁  
生野 善康  
錦見 俊雄  
瓦林 孝彦  
村井佳代子  
安田 光隆  
奥 久雄  
竹内 一秀  
武田 忠直  
越智 宏暢\*

Kazuyoshi HIROTA  
Yoshiyasu IKUNO  
Toshio NISHIKIMI  
Takahiko KAWARABAYASHI  
Kayoko MURAI  
Mitsutaka YASUDA  
Hisao OKU  
Kazuhide TAKEUCHI  
Tadanao TAKEDA  
Hironobu OCHI\*

### Summary

Factor analysis was applied to multigated cardiac pool scintigraphy to evaluate its ability to detect left ventricular wall motion abnormalities in 35 patients with old myocardial infarction (MI), and in 12 control cases with normal left ventriculography. All cases were also evaluated by conventional Fourier analysis. In most cases with normal left ventriculography, the ventricular and atrial factors were extracted by factor analysis. In cases with MI, the third factor was obtained in the left ventricle corresponding to wall motion abnormality. Each case was scored according to the coincidence of findings of ventriculography and those of factor analysis or Fourier analysis. Scores were recorded for three items; the existence, location, and degree of asynergy. In cases of MI, the detection rate of asynergy was 94% by factor analysis, 83% by Fourier analysis, and the agreement in respect to location was 71% and 66%, respectively. Factor analysis had higher scores than Fourier analysis, but this was not significant. The interobserver error of factor analysis was less than that of Fourier analysis. Factor analysis can display locations and dynamic motion curves of asynergy, and it is regarded as a useful method for detecting and evaluating left ventricular wall motion abnormalities.

大阪市立大学医学部 第一内科  
\*同 RI 研究室  
大阪市阿倍野区旭町 1-5-7 (〒545)

The First Department of Internal Medicine, and  
\*The Division of Nuclear Medicine, Osaka City  
University Medical School, Asahi-machi 1-5-7,  
Abeno-ku, Osaka 545

Received for publication December 4, 1985; accepted December 9, 1985 (Ref. No. 31-46)

**Key words**

Factor analysis      Fourier analysis      Radionuclide angiography      Ischemic heart disease      Wall motion abnormality

はじめに

心電図同期心プールシンチグラフィにおける新しい画像解析表示法である因子分析法 (Factor Analysis) は, DiPaola ら<sup>1)</sup>により提唱され, 各種心疾患に適用されている<sup>2,3)</sup>. 本研究では因子分析法の左室壁運動異常に関する診断能力を検討するため, 心筋梗塞症例を対象として, 左室造影所見との一致度をスコア化して半定量的に評価した. また全症例でフーリエ振幅・位相解析も施行し, 同様のスコア化を行って比較検討した.

対 象

対象は左室造影により壁運動異常が認められた陳旧性心筋梗塞 35 例 (前壁梗塞 22 例, 下壁梗塞 13 例) であり, 左室造影が正常であった 12 例 (非定型的胸痛, 異型狭心症, 発作性心室性頻拍症を含む) を対照とした. 全例, 左室造影の 2 週以内に心プールシンチグラフィを施行した (Table 1).

方 法

心電図同期心 プール シンチグラフィは Tc-99 m in vivo 赤血球標識約 20 mCi 静注後, 平衡状態に達してから, 正面および心室中隔が明瞭に分離できる左前斜方向で撮像した. 使用装置は, 高感度コリメータを装着したシンチカメラ (Ohio Nuclear Σ410S) とオンライン接続された RI データ処理システム (Sofa Medical Simis 3) である. データ収集方法は, 心電図 R 波同期による 1 心拍 16 等分のマルチゲート法で 300~500 心拍の加算を行い, 64×64 のマトリクス画像とした.

フーリエ解析は, Goris のプログラムによる当施設での既報の方法<sup>4,5)</sup>により各方向での振幅像, 位相像を得た.

**Table 1. Materials**

Old myocardial infarction	35
Anterior infarction	22
Inferior infarction	13
Control (normal left ventriculography)	12
Atypical chest pain	9
Vasospastic angina	2
Paroxysmal ventricular tachycardia	1
Total	47

左室造影は, ヨード造影剤による右前斜位および左前斜位像のシネ撮影とした.

因子分析は DiPaola ら<sup>1)</sup>に従い次の原理に基づいて行った. すなわち,  $n \times n$  のマトリクスからなる  $p$  個の連続したデジタルシンチ画像において,  $k$  番目の画像の  $(i, j)$  番目の pixel (画素) を  $x_{ij}(k)$  とすると, ベクトル

$$\vec{X}_{ij} = [x_{ij}(1), x_{ij}(2), \dots, x_{ij}(p)] \dots (1)$$

は pixel  $(i, j)$  での放射能活性の時間的変化を意味する. このベクトルを trixel と名づけると, 各 trixel にはその座標局所の解剖学的および機能的構造の情報が含まれる. 今, 正常例の平衡時ゲート心プールシンチを例にとると,  $k$  番目の画像の  $(i, j)$  pixel は一般に

$$x_{ij}(k) = v_{ij} \cdot V(k) + a_{ij} \cdot A(k) + b_{ij} \cdot B(k) + N_{ij}(k) \dots (2)$$

と表わされる.  $V(k)$ ,  $A(k)$ , および  $B(k)$  は, それぞれ心室, 心房, およびバックグラウンドの基本的な放射能活性変化を示す時間関数である.  $v_{ij}$ ,  $a_{ij}$ ,  $b_{ij}$  は時間に無関係な定数で, 各 pixel における  $V(k)$ ,  $A(k)$ ,  $B(k)$  の重みづけを与え, pixel ごとに異なる値をもつ. 例えば純粋に心室成分のみをもつ pixel では  $a_{ij} = 0$  であり, 心房成分のみであれば  $v_{ij} = 0$  となる.  $N_{ij}(k)$  は雑音成分である. (1), (2) 式より,  $(i, j)$  番目の trixel は

$$\vec{X}_{ij} = v_{ij} \cdot \vec{V} + a_{ij} \cdot \vec{A} + b_{ij} \cdot \vec{B} + \vec{N}_{ij} \quad (i=1, \dots, n; j=1, \dots, n) \quad \dots\dots (3)$$

と表わされ、 $\vec{V}, \vec{A}, \vec{B}, \vec{N}_{ij}$  は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \vec{V} &= [V(1), V(2), \dots, V(p)] \\ \vec{A} &= [A(1), A(2), \dots, A(p)] \\ \vec{B} &= [B(1), B(2), \dots, B(p)] \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots (4)$$

$$\vec{N} = [N_{ij}(1), N_{ij}(2), \dots, N_{ij}(p)] \quad \dots\dots (5)$$

ベクトル  $\vec{V}, \vec{A}, \vec{B}$  は心室、心房、バックグラウンドの基本動態を示す因子であり physiological component (生理学的動態成分) と定義される。また係数  $v_{ij}, a_{ij}, b_{ij}$  は、それぞれ  $n \times n$  の各 pixel に対応した値をもち、それぞれ一つの画像 (functional image) を構成する。これを

$$Iv = \{v_{ij}\}, Ia = \{a_{ij}\}, Ib = \{b_{ij}\} \quad \dots\dots (6)$$

とすると (3), (6) より時刻  $k$  ( $k$  番目) の画像は

$$I(k) = V(k) \cdot Iv + A(k) \cdot Ia + B(k) \cdot Ib + N(k) \quad \dots\dots (7)$$

と表わされる。 $N(k)$  は雑音画像である。

結局、最初の心プールシンチ画像がいくつかの physiological component に分解されたことになる。

病的異常動態が存在する場合には、(7) 式にさらに  $\vec{P}$  (pathological component) および  $I_p = \{p_{ij}\}$  (pathological image) が加わり

$$I(k) = V(k) \cdot Iv + A(k) \cdot Ia + P(k) \cdot I_p + B(k) \cdot Ib + N(k) \quad \dots\dots (8)$$

となり、因子分析結果として得られる第1、第2、第3因子画像はそれぞれ  $Iv, Ia, I_p$  そのものに対応し、各因子動態パターンは  $\vec{V}, \vec{A}, \vec{P}$  に対応する。

実際の計算ではまず physiological component を抽出する過程を主成分分析によって行う<sup>6)</sup>が、この時、時間的変化の少ない pixel を計算から削除して時間短縮を行う。また trixel は  $64 \times 64 = 4096$  個であるが、統計雑音の減少と時間短縮のため  $8 \times 8$  pixel あるいは  $4 \times 4$  pixel を 1 trixel とする小マトリクスに再編して、64 ないし 256

**Table 2. Scoring criteria for agreement between RI ventriculography and contrast ventriculography**

Agreement score	Existence of asynergy	Location	Degree of asynergy
3	+	+	+
2	+	+	-
1	+	-	-
0	-	-	-

trixel で計算を行った。

因子分析結果は各因子の動態パターン曲線とカラースケール画像、あるいは3因子の3原色カラー表示を行った。

壁運動異常の判定は、左室造影の右前斜位および左前斜位像による所見を基準として、因子分析、フーリエ解析の各画像(正面および左前斜位像)から **Table 2** のようにスコアリングした。検討項目は、左室壁運動異常の存在の有無、局在部位、asynergy の程度の3項目とした。局在部位は、前壁、中隔壁、心尖部、下壁、側壁の5セグメントに分割して判定、asynergy の程度は hypokinetic, akinetic, dyskintetic の3段階とした。心筋梗塞例について上記3項目すべてが左室造影所見と一致するものを3点、存在の有無と局在部位の一致するものを2点、存在の有無のみ検出されるものを1点とし、異常の検出されないものを0点とした。また左室造影正常例については、左室内異常所見の有無を検討した。

読影は、因子分析結果、フーリエ解析結果のおのおのについて独立して、三名の検者によってまず個別に判定、スコアリングし、さらに三名の協議による判定を行って、最終スコアリング結果とした。

統計学的処理は Student t-test および Sign test によった。

**Table 3. Results in the control group (normal left ventriculography)**

	Factor analysis	Fourier analysis	Combination of both methods
Normal findings	11 cases (92%)	10 cases (83%)	10 cases (83%)
Abnormal findings	1 (8%)	2 (17%)	2 (17%)

**Table 4. Patient distribution by agreement score (cases with myocardial infarction)**

Fourier analysis \ Factor analysis	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Total (cases)
Score 0	2	4	0	0	6
Score 1	0	2	3	1	6
Score 2	0	1	6	3	10
Score 3	0	1	2	10	13
Total (cases)	2	8	11	14	35

**Table 5. Results in 35 cases with myocardial infarction**

Findings of asynergy	Factor analysis	Fourier analysis	Combination of both methods
Agreement in existence (score $\geq$ 1)	33 cases (94%)	29 cases (83%)	33 cases (94%)
Agreement in location (score $\geq$ 2)	25 (71%)	23 (66%)	27 (77%)
Agreement in degree (score=3)	14 (40%)	13 (37%)	17 (49%)
Diagnosed as "normal"	2 (6%)	6 (17%)	2 (6%)

## 結 果

### 1. 正常左室造影例(対照群)について

壁運動正常 12 例での結果は, **Table 3** のごとく, 因子分析で 11 例, フーリエ解析で 10 例が正常と診断された. これらのうち因子分析で 2 因子のみで表示されたものは 6 例であり, いずれも心室部と, それ以外の心房を含む部とに因子が分離された. 3 因子で表示されたものも左室内は 1 因子(心室因子)のみであり, 第 3 因子は大血管部に表示された. 心室部に局在する因子の動態パターンは心室容量曲線と類似の曲線であり, 心房部のそれは心房収縮, 拡張と対応する曲線であった. 大血管部に表示された第 3 因子の動態パターンは, それらの部の血管拍動に対応した.

### 2. 心筋梗塞例の因子分析結果

心筋梗塞例の因子分析ではほとんどの例(94%)が 3 因子で表示された. 第 1 の因子は左室容量曲線と類似のパターンをもつ心室因子, 第 2 因子の多くは心房と大血管部に表示され心房収縮のパターンをもつ因子であり, 第 3 の因子としては壁運動異常部分に多く局在を認めた. 第 3 因子は, 部位的にみて心房・大血管と区別され, 動態パターンも血管拍動と対応困難な曲線のものが多かった.

### 3. 心筋梗塞例のスコア分布

心筋梗塞 35 例の各々について, 因子分析とフーリエ解析のそれぞれのスコア得点により, 症例数の分布を示したのが **Table 4** である. 表の左上(スコア 0:0, 2 例)から右下(スコア 3:3, 10 例)への対角線上, つまり因子分析でもフーリ

**Table 6. Inter-observer errors**

	Factor analysis	Fourier analysis
Control group (12 cases)	2 cases	3 cases
MI group (35 cases)	1	5

MI=myocardial infarction.

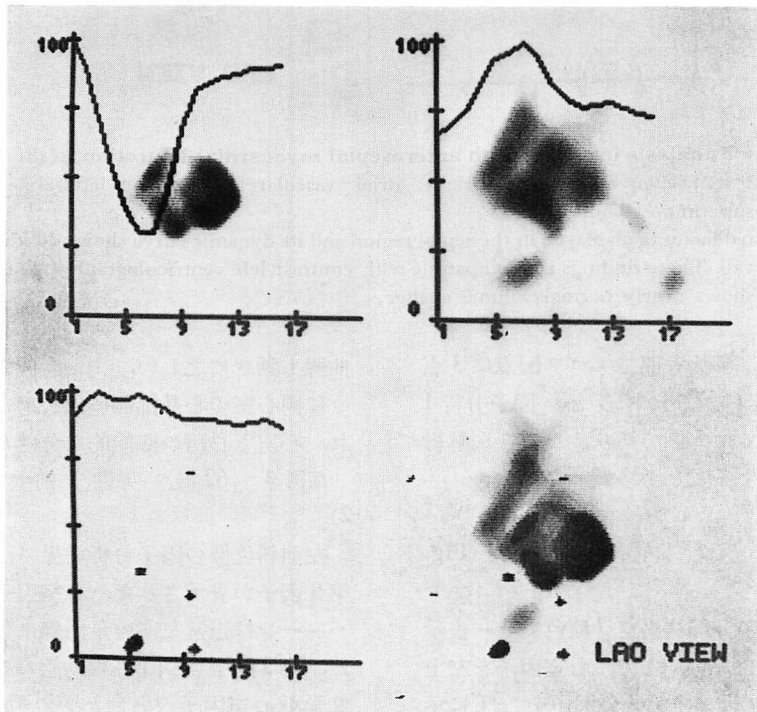
Inter-observer errors were defined as follows: In the control group, a case with conflicting diagnosis among observers, and in the MI group, a case with a 3 point score difference among observers.

エ解析でも同程度の左室造影との一致率であったものは20例であった。残り15例のうち11例はこの対角線より右上方に分布し、因子分析の方が左室造影とよく一致したことを示す。

以上より、壁運動異常検出率を Table 5 にまとめた。壁運動異常の存在の有無の一致率では因子分析 94% (33 例) に対し、フーリエ解析 83% (29 例) であり、局在部位の一致率ではそれぞれ 71% (25 例) と 66% (23 例) となり、有意差はないものの、因子分析の方が高い傾向となった。さらに、両解析法のいずれか一方でスコア 2 以上であったものは 77% (27 例)、スコア 3 以上で 49% (17 例) と、おのおの解析法でよりも検出率が向上する傾向にあった。

4. 検者間誤差について

各検者個別の判定結果では (Table 6), 正常例について因子分析 2 例、フーリエ解析 3 例において壁運動異常の有無で意見の相異をみた。



**Fig. 1. Results of factor analysis in a normal case in the left anterior oblique (LAO) view.**

Upper left: ventricular factor, upper right: atrial factor, lower left: the third factor, lower right: superimposition of 3 factor images.

The ventricular factor curve shows normal left ventricular volume change, and vascular images are included in the atrial factor. The third factor is not displayed in the heart.

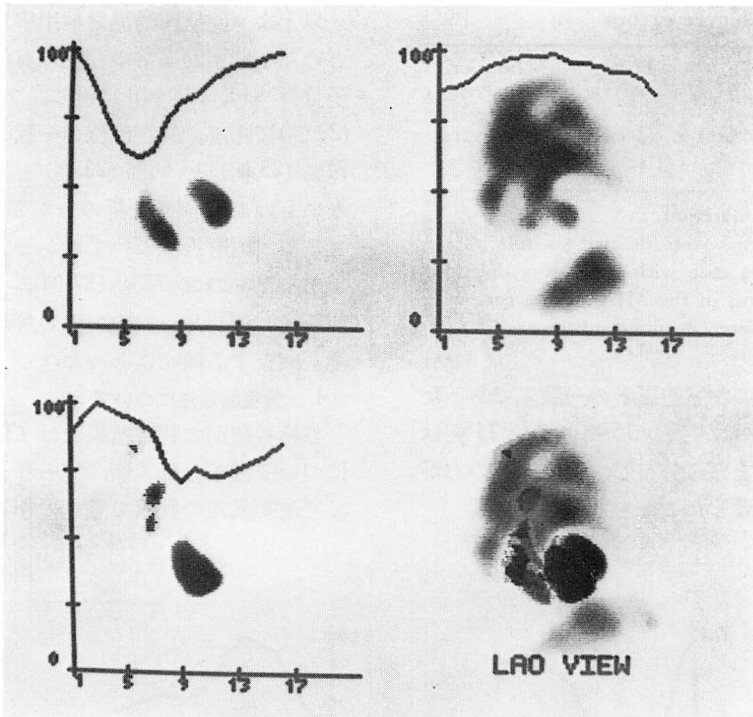


Fig. 2. Factor analysis in a case with anteroseptal myocardial infarction in the LAO view.

Upper left: ventricular factor, upper right: atrial / vascular factor, lower left: abnormal factor, lower right: superimposed image.

The abnormal factor is displayed in the septal region and its dynamic curve shows dyskinetic motion of the septal wall. These findings are compatible with contrast left ventriculography. The ventricular factor curve shows nearly normal volume change.

心筋梗塞例では、各検者間でスコア配点に3点の差のあるものを誤差大とすると、因子分析1例、フーリエ解析では5例であり、フーリエ解析の方が意見の相異することが多かった。

#### 5. 症例呈示

症例 1: 35 歳, 男性, 左室造影正常例 (Fig. 1)

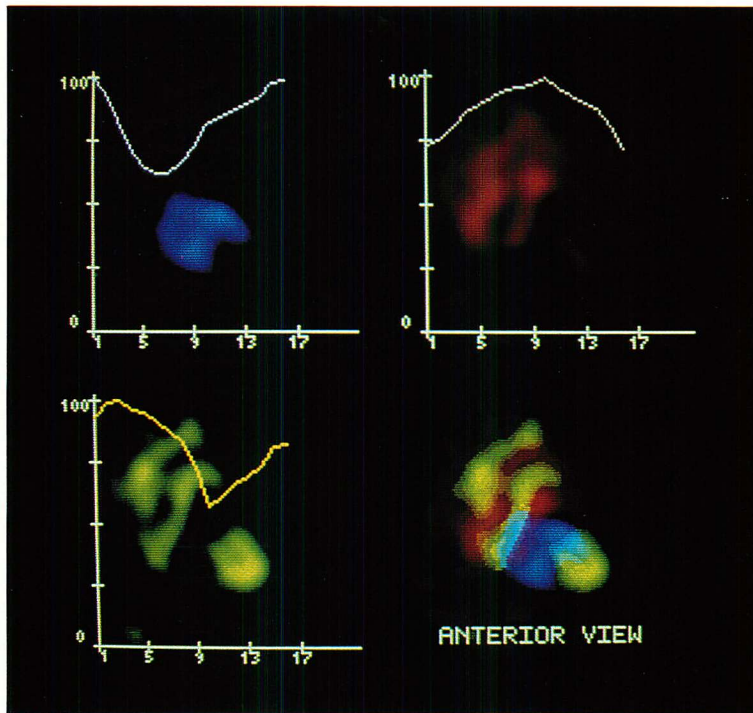
左前斜位像の因子分析結果を3原色カラー表示から白黒プリントしたもので、心室因子を左上に、心房因子を右上に、第3の因子を左下に示す。右下は3因子の合成画像である。各因子の動態パターン曲線も同時に表示され、心室因子では左室容量曲線に類似の形態となっている。本例では第3因子はほとんど表示されず、動態パターン

曲線も動きに乏しい。また合成画像に明らかなように両心室の心基部側に両心房が重なって表示され、心室と心房の機能的な分離がなされている。

症例 2: 62 歳, 男性, 前壁中隔梗塞例 (Fig. 2)

左前斜位像の因子分析結果で、左室中隔壁部に第3因子が表示された。心室因子(左上図)の動態パターンは正常左室容量曲線に類似の曲線であるが、第3因子(左下図)の動態パターンは、収縮・拡張が心室因子の場合と逆の動きとなっている。大動脈と肺動脈は心房因子(右上図)に含まれて表示された。本例の左室造影では中隔壁の dyskinesis を認めた。

症例 3: 65 歳, 男性, 前壁中隔梗塞例 (Figs.



**Fig. 3. Factor analysis in a case with anteroseptal myocardial infarction in the anterior view.**

The abnormal factor (lower left) shows anteroseptal wall motion abnormality. Its dynamic curve displays dyskinesia of that area.

3, 4)

因子分析結果正面像 (Fig. 3) では、前壁から心尖部に green で第3因子が表示され、その動態パターン曲線には収縮期にむしろ activity の上昇を認め、心室因子 (blue) とは大きく異なる動態となっている。左前斜位像 (Fig. 4) では、中隔壁にそって第3因子がみられ、動態パターン曲線は同部の壁運動低下を表示した。また本例の心室因子の動態パターン曲線には、正常者の左室容量曲線と比較して、拡張期充満速度の低下が認められた。本例の左室造影所見は、前壁および心尖部の dyskinesia, 中隔壁の akinesia であった。

症例 4: 64 歳, 女性, 下壁梗塞例 (Figs. 5, 6)

左前斜位像 (Fig. 5) の因子分析結果では左室下半部に第3因子を認め、左室上半部の心室因子

部と比較して、動態パターンは収縮期・拡張期の異常運動を示す。右前斜位像 (Fig. 6) では、正常心室因子を前壁から心尖部に残し、下壁部に広く異常因子が表示されている。本例の左室造影結果は、下壁心基部側の心室瘤形成、後側壁の hypokinesia であった。

考 按

心電図同期心プールシンチグラフィの画像解析においては、フーリエ変換による振幅、位相解析の開発によって、壁運動異常をはじめとする心臓の異常動態が容易に把握できるようになった。フーリエ解析では振幅、位相の2つの2次元画像によって、心内腔の3次元的動態を表示し、局所的壁運動異常の部位、程度などを即座に客観的に

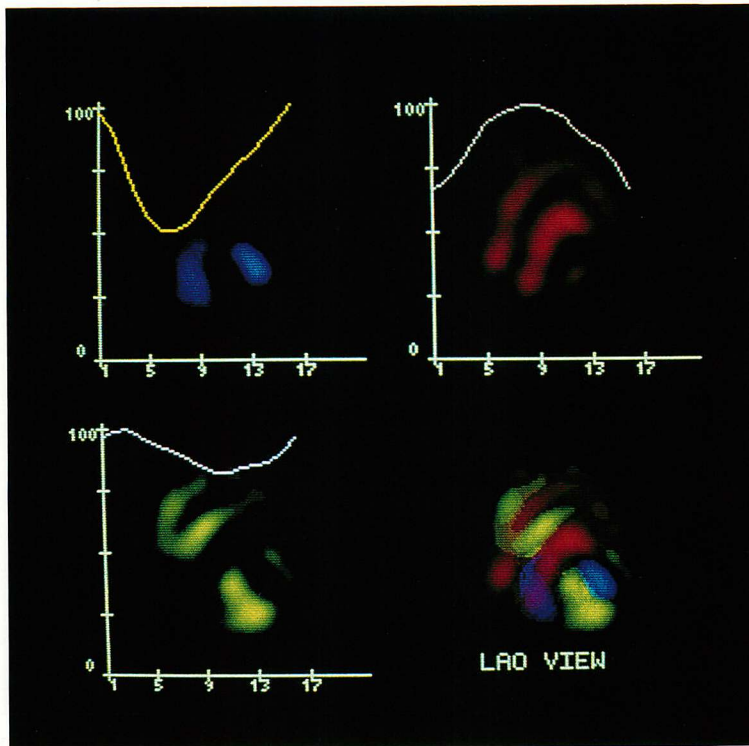


Fig. 4. Same case as in Fig. 3 in LAO view.

The abnormal factor (lower left) shows septal akinesia, and these findings are compatible with those of left ventriculography. The dynamic curve of the ventricular factor does not resemble the normal left ventricular volume curve, and shows a decreased function in the diastolic filling phase.

診断可能であり、侵襲的検査法との比較検討も多くなされ、有用な方法として広く認められてきた。しかし、フーリエ解析法では、(1) 撮像方向によって心房、心室などの重なりが分離できない、(2) 位相画像の微妙なカラー色調表示による読影上の難点、(3) 収縮期の異常か拡張期の異常かを判断しにくい、等の問題点が指摘されていた。

DiPaola ら<sup>1)</sup>の提唱による factor analysis は、全く新しい画像解析手段として核医学の諸分野に試みられてきたが、心臓核医学においても、上述のフーリエ解析の得失と対比して、どのような利点、欠点があるかに興味もたれている。

我々は各種伝導障害や、左室瘤を含めた壁運動異常の多くの例に対して、因子分析の適用を試み

た経験をふまえて、今回は半定量的に壁運動異常における本法の検出能力を検討した。

症例に呈示したように、因子分析では、視野内の各 pixel における RI activity のダイナミズムが、今回の場合、3つの代表的な動態因子として描出され、それら各因子の動態パターン曲線を得るとともに、各因子の各 pixel に対する寄与度が画像表示される。したがって、心周期内での各部位の動きを時間軸上の曲線としてとらえることが可能である。特に「異常因子」と意味づけしうる第3の因子が表示された場合、局所的な壁運動の実態把握にとって、より多くの情報を与えると考えられた。しかも、心房、心室の重なりを分離して表示可能であることや、第3因子の明瞭な存在



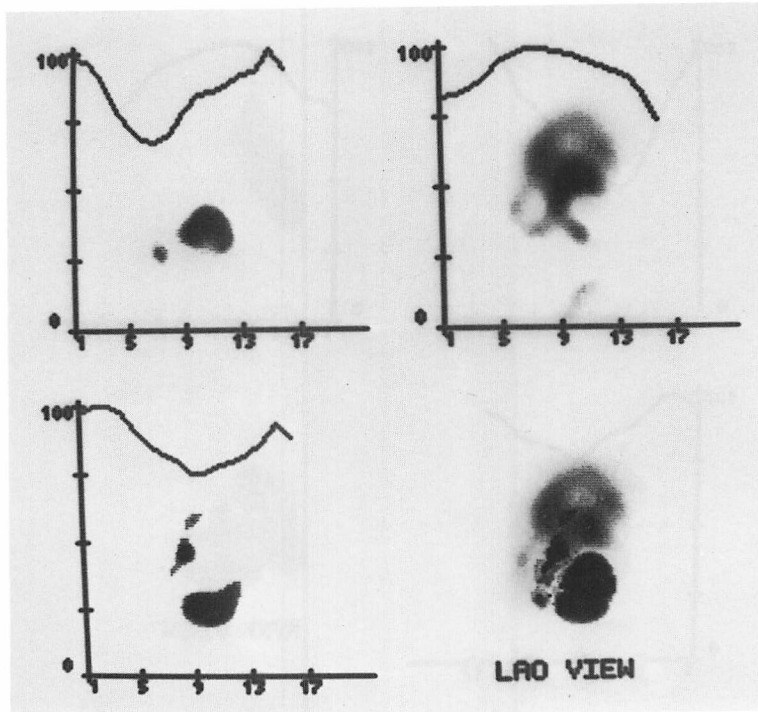


Fig. 5. A case with inferior infarction in the LAO view.

The abnormal factor (lower left) shows hypokinesis of the lower half of the left ventricle.

で読影誤差を小さくできることは、上述のフーリエ解析の問題点に対し、本法の優れた点と考えられた。実際、本研究でも各検者の第一印象による判定結果では、フーリエ解析の方が意見の相異なる例が多かった。しかしフーリエ解析法とは演算アルゴリズムが異なるため、解析結果の意味づけや弱点も異なり、両解析法の併用が有意義であると考えられた。

Cavailloles ら<sup>2)</sup>は 45 例の分析で、壁運動異常検出能力において因子分析は有意にフーリエ解析に優ると報告している。本研究で有意差を認めなかったのは、1 つはスコア化の基準の違いによるもの、いま 1 つは Cavailloles らのように各 view の像を別々に読影するのではなく、2 方向の像から総合的に判定したことによるもの、さらに対象を心筋梗塞のみに限定したことによるものなどが考えられる。因子分析法では、心房と心室の重なり

が分離されて、読影が容易となることは本稿の症例にも示したが、異常壁運動部位に関しては、必ずしも一方向からだけで部位、程度までを診断するのは、やはり危険であると思われた。実際、同一例での両方向像の異常因子を比較しても、症例 3, 4 のように、その動態パターンに微妙な相異のあることが多かった。

左室造影正常例の中に、左室内に異常因子が表示される例が認められたが、これは左室造影で検出困難な程度の壁運動異常、あるいは潜在的な心機能異常を検出できる可能性を示唆し、今後の検討を要する。

また、心筋梗塞例で示したように、心室動態を示す第 1 因子(心室因子)に、拡張能の異常をうかがわせる動態パターン曲線を示す例があることは、梗塞巣の大きさや瘤形成の有無による影響、あるいは残存心筋の虚血の反映とも考えられた。

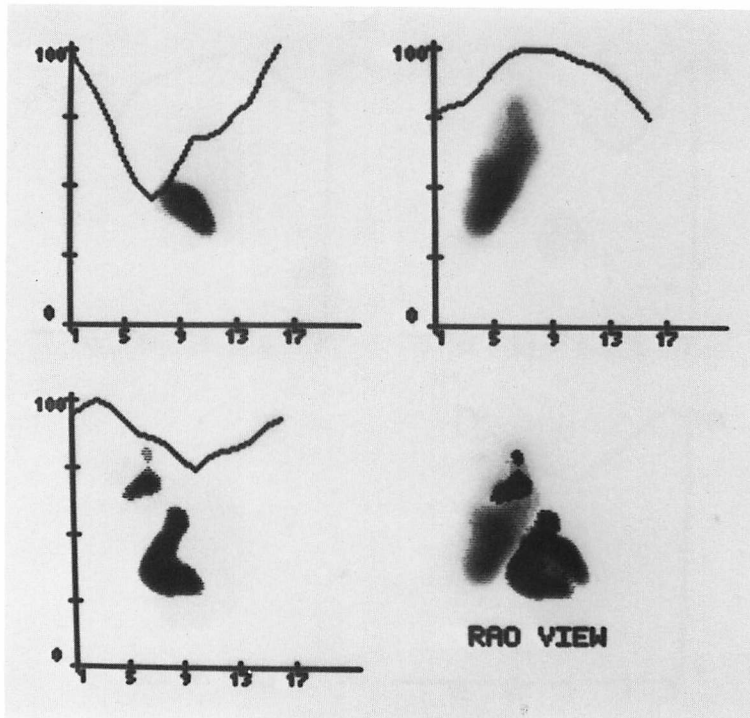


Fig. 6. Same case as in Fig. 5 in the RAO view.

The normal ventricular factor (upper left) is displayed in the anterior wall; the abnormal factor, in the inferior wall. Contrast left ventriculography showed an aneurysm of the inferior wall and hypokinesis of the posterior wall.

動態画像解析における因子分析法は、発表後いまだ応用例も十分とは言えず、最適な因子数の選択の問題<sup>7)</sup>などを含め、今後さらに検討を進める必要があると思われた。

### 結 語

1. 心電図同期心プールシンチグラフィーに因子分析を適用し、心筋梗塞例における左室壁運動異常の診断能をフーリエ解析法と比較検討した。
2. 壁運動異常の検出率、局在部位の一致率は、ともにフーリエ解析よりも高い傾向にあった。
3. 検者間の診断誤差発生はフーリエ解析よりも少ない傾向にあった。
4. 因子分析は、壁運動異常の新しい検出手段

として有用と思われた。

### 要 約

心電図同期心プールシンチグラフィーにおいて、新しい画像解析表示法である因子分析法を導入し、陳旧性心筋梗塞35例(前壁梗塞22例, 下壁梗塞13例)、非定型的胸痛を含む正常壁運動例12例について左室局所壁運動異常を解析し、フーリエ振幅位相解析法と比較検討した。因子分析法による解析過程はすべてプログラム化され、各因子の分布部位および動態パターンが主観を混じえずに求められた。

正常壁運動例では多くの場合、心室および心房の各動態に対応する第1および第2の因子が表示され、また壁運動異常があれば、それに対応する

とみられる第3の因子が表示された。本法の解析能力の評価のため、左室造影結果を基準として、心プール像の左前斜位像と正面像の因子分析結果から、壁運動異常の存在の有無、局在、程度の一致度を症例ごとにスコア化した。すなわち3項目ともに一致するものを3点、存在の有無と局在のみ一致するものを2点、存在の有無のみ一致するものを1点、異常の検出されないものを0点とした。結果として、心筋梗塞例での壁運動異常検出率(スコア1点以上)では因子分析94%、フーリエ解析83%、また局在部位の一致するもの(スコア2点以上)ではそれぞれ71%と66%となり、有意差はないが、因子分析の方が高い傾向があった。また、スコア2点以上の例について、両解析法の併用によってより検出率が向上する傾向があった。正常壁運動例での偽陽性数は因子分析1例、フーリエ解析2例であった。検者間で診断上異論のあったものは因子分析3例、フーリエ解析8例であった。

左室壁運動異常の検出手段として因子分析法は、異常運動の部位とその動態パターンを客観的に表現することができ、フーリエ解析との併用により診断能力を高める可能性が示唆された。

#### 文 献

- 1) DiPaola R, Bazin JP, Aubry F, Aurengo A, Cavailloles F, Herry JY, Kahn E: Handling of dynamic sequences in nuclear medicine. *IEEE Trans Nucl Sci* **NS-29**: 1310-1321, 1982
- 2) Cavailloles F, Bazin JP, DiPaola R: Factor analysis in gated cardiac studies. *J Nucl Med* **25**: 1067-1079, 1984
- 3) Hirota K, Kajino H, Ikuno Y, Takeuchi K, Takeda T, Ochi H, Hamada K, Ikeda H, Ohmura M, Shimonishi Y, Onoyama Y, Nakai T, Hidaka C, Matsumoto S, Hayashi M, Sano I: Usefulness of factor analysis in cardiac studies. *Jpn J Nucl Med* **22**: 723, 1985 (abstr)
- 4) Ikuno Y, Tanaka C, Takeuchi K, Oku H, Yoshimura T, Kotsumi K, Minamikawa H, Inoue E, Komatsu H, Ochi H, Furukawa K, Nishimoto M, Kawai S, Sakaguchi K: Clinical usefulness of RI angiography using amplitude image and phase image by Fourier analysis for the detection of anteroseptal myocardial infarction. *J Cardiology* **11**: 791-801, 1981 (in Japanese)
- 5) Minamikawa H, Ikuno Y, Akioka K, Teragaki M, Yasuda M, Komatsu H, Inoue E, Kotsumi K, Yoshimura T, Oku H, Takeuchi K, Tanaka C, Ochi H, Nishimoto M, Furukawa K: Quantitative evaluation of regional wall motion abnormality by phase analysis using RI multigated method. *J Cardiology* **12**: 717-727, 1982 (in Japanese)
- 6) Barber DC: The use of principal components in the quantitative analysis of gamma camera dynamic studies. *Phys Med Biol* **25**: 283-292, 1980
- 7) Bazin JP, DiPaola R: Advances in factor analysis. Applications in dynamic function studies. *in Nuclear Medicine and Biology*, Vol. 1, (ed by Raynaud C), Pergamon Press, Paris, 1982, pp 35-38