

# RI multigated methodによる phase analysis の臨床応用

# Clinical study of phase analysis by RI multigated method

三谷 健  
 上田 稔  
 山田 信行  
 斉藤 大治  
 原岡 昭一  
 長島 秀夫  
 種谷 節郎\*  
 榊原 宏\*

Tsuyoshi MITANI  
 Minoru UEDA  
 Nobuyuki YAMADA  
 Daiji SAITO  
 Shoichi HARAOKA  
 Hideo NAGASHIMA  
 Setsuro TANETANI  
 Hiroshi SAKAKIBARA

## Summary

Phase analysis using RI multigated method was performed in 32 patients with various conditions including right and left bundle branch blocks (RBBB and LBBB), myocardial infarction, WPW syndrome, QT prolongation syndrome, atrioventricular (A-V) dissociation, valvular heart disease, and others. Pixel numbers were plotted into the histogram regarding the one cardiac cycle as 360 degrees. Standard deviation (S.D.) of a phase was calculated from the histogram in order to quantify asynchrony of the ventricles.

Results were as follows:

1. Phase analysis was useful as a parameter of asynchrony.
2. There was a close negative correlation between left ventricular ejection fraction (LVEF) and S.D. of a phase. ( $r = -0.86$ ,  $n = 32$ ,  $p < 0.001$ )
3. A marked time lag was observed in the infarcted area, and its value was mild in RBBB and LBBB.
4. A time lag between right and left ventricles was diminished or slightly reversed in the cases of RBBB with left anterior hemiblock compared to the cases of lone RBBB.
5. No significant changes were observed in other heart diseases with phase analysis.

## Key words

Phase analysis      Histogram of phase      Standard deviation of phase      Asynchrony

岡山大学医学部 第一内科  
 岡山市鹿田町 2-5-1 (〒700)  
 \*榊原十全病院  
 岡山市丸の内 2-1-10 (〒700)

The First Department of Internal Medicine, Okayama University, Medical School, Shikata-cho 2-5-1, Okayama 700  
 \*Sakakibara Jyuzen Hospital, Marunouchi 2-1-10, Okayama 700

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo, March 23-24, 1982  
 Received for publication April 30, 1982

はじめに

核医学的手法による phase analysis は 1979 年の Adam らの報告<sup>1)</sup>以来, 世界の心臓核医学者の関心をひいているが, その臨床応用は心筋梗塞, 脚ブロック, ペースメーカー装着例<sup>2-6)</sup> についてであり, それ以外はあまり報告されていない. 我々は各種心疾患に phase analysis を行い, また定量的解析を行うため, phase のヒストグラムを作成し, 検討を加えたので報告する.

対象および方法 (Table 1)

対象は正常 1 例, 狭心症 8 例 (疑診例も含む). 右脚ブロック (RBBB) 4 例 (内 2 例は左脚前枝へミブロック合併), 左脚ブロック (LBBB) 2 例, 心筋梗塞 7 例 (全例左室梗塞), その他 10 例 [WPW 症候群 (type C) 2 例, QT 延長症候群 1 例, 房室解離 1 例, 肺動脈狭窄術後 1 例, 僧帽弁閉鎖不全 1 例, 僧帽弁狭窄 1 例, 本態性高血圧症 3 例

の計 32 例である.

装置としては, シンチカメラは東芝製 GCA-10A に汎用 コリメータ装置を使用し, データ処理装置としては島津製シンチパック 1200 (主メモリー 32 K byte) を使用した. 手技は型のごとく, <sup>99m</sup>Tc-O<sub>4</sub><sup>-</sup> 20 mCi/0.6 ml を静注後, 蒸溜水 15 ml で flushing を行った. First pass としては, RAO 30° view にて list mode で 40 秒間データ採取を行った. Equilibrium 法は modified (シンチカメラを 10° 足方に向ける) にて, LAO 30°, 45°, 60° のうち最も右室, 左室の分離の良好な角度としたが, おもに modified LAO 45° で list mode にて 2500 K counts データ採取を行った.

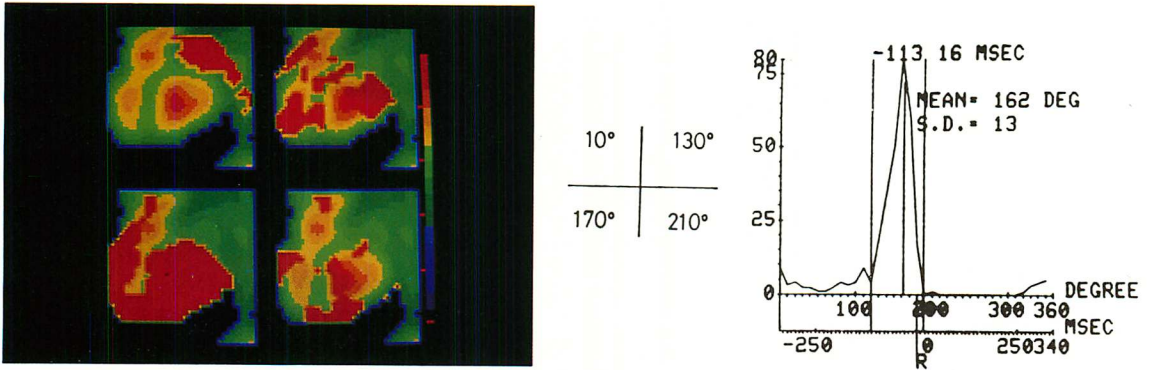
その後心電図の R 波で multigate をかけ, 1 心拍が 25 枚前後になるように image を作成し, その image をもとに, 64×64 にて pixel by pixel に Fourier temporal analysis を行って, 1 拍当たり 36 枚の phase image を作成した. また

Table 1. Subjects and methods

Subjects:			
Normal	1	LBBB	2
Angina	8	M. Inf.	7
RBBB	4	Others	10
			32
Methods:			
Device:			
Scinticamera	Toshiba GCA-10A		
Data processing system	Shimadzu Scintipac 1200		
Procedures:			
Inj. <sup>99m</sup> Tc-O <sub>4</sub> <sup>-</sup> 20 mCi / 0.6 ml + dist. water 15 ml flushing			
* First pass .....RAO 30° view List mode 40 sec			
* Equilibrium method .....Modified LAO 30°, 45°, 60° view List mode 2500 k counts			
	Multigate by ECG R wave		
	Fourier analysis (pixel by pixel 64×64)		
	Phase analysis		

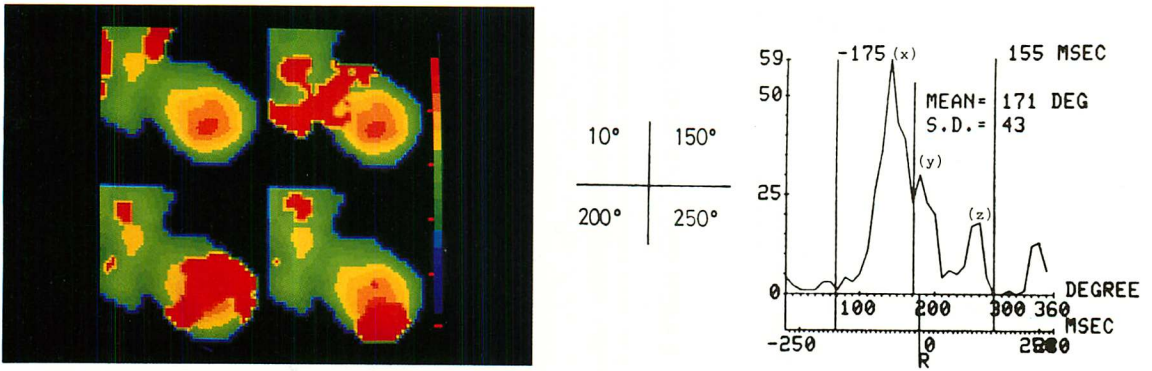
In subjects, others include 2 cases of WPW syndrome (type C), 1 case of QT prolongation syndrome, 1 case of A-V dissociation, 1 case of postoperative pulmonary stenosis, 1 case of mitral regurgitation, 1 case of mitral stenosis and 3 cases of essential hypertension.

RBBB=right bundle branch block; LBBB=left bundle branch block; M. Inf.=myocardial infarction. (Same abbreviations are used in Figs. 3 and 5).



**Fig. 1. Color cinematic display and histogram of a normal case (48-year-old male).**

Left panel shows color cinematic images. It represents phase wave progression with red color. Middle panel shows degrees of phase regarding one cardiac cycle as 360 degrees. Each number of middle panel is corresponding to the left panel. Right panel shows the histogram presenting single sharp peak.



**Fig. 2. Color cinematic display and histogram in a case with extensive anterior and inferior infarction (60-year-old male).**

Left, middle and right panels show the same meaning as in Fig. 1. Right panel reveals wide irregular distribution of phase, which means asynchrony is severe. In the histogram, left large peak (x) is corresponding to the intact part of the ventricles and the hump (y) of the right shoulder of the peak is corresponding to the infarcted left ventricle. And the small peak (z) right to the large peak is corresponding to the dyskinetic part of the apex.

phase のばらつき具合の指標として, 1 回の心周期を  $360^\circ$  と見なし, 各度における, 収縮を開始し始めている pixel の数のヒストグラムを作成した. コンピューターとの対話形式とし, カラーディスプレイを参考にして, そのヒストグラム上で心室に相当する部分を決定し, 心室における phase の標準偏差 (以下 S.D.) を算出した. また, 右室, 左室に小さな関心領域 (ROI) を設定し, ヒストグラムを作成し, そのピーク値をその場所の phase 値として, 右室, 左室の時間差を msec で求めた. 心筋梗塞など, phase に異常のある場合は, 最も時相の遅れている所の phase 値と, 反対の心室の phase 値との差をとった.

なお, 全例で color cinema mode による phase の動画表示を行い, 参考に供した. また, first pass による phase analysis も参考にした.

## 結 果

### 1. 正常例の color cinema 表示とヒストグラム (Fig. 1)

Color cinema を使用すると, 収縮が右室, 左室ほぼ同時に始まり, また同時に終わっている状態がよく観察された. ヒストグラムは, ばらつきの少ないシャープな分布をしていた.

### 2. 心筋梗塞例の color cinema 表示とヒストグラム (Fig. 2)

本例は広範な前壁および下壁梗塞合併例であるが, color cinema でみると, 右室に比べ左室の収縮開始が遅れ, 特に心尖部で著しく遅れていることが判明した. ヒストグラムは左右に広がった分布をしており, phase のばらつきをよく示していた. Color display での対話により, ヒストグラムの大きなピークの右肩の盛り上がりは左室の phase のずれを表わし, その右の小さなピークは

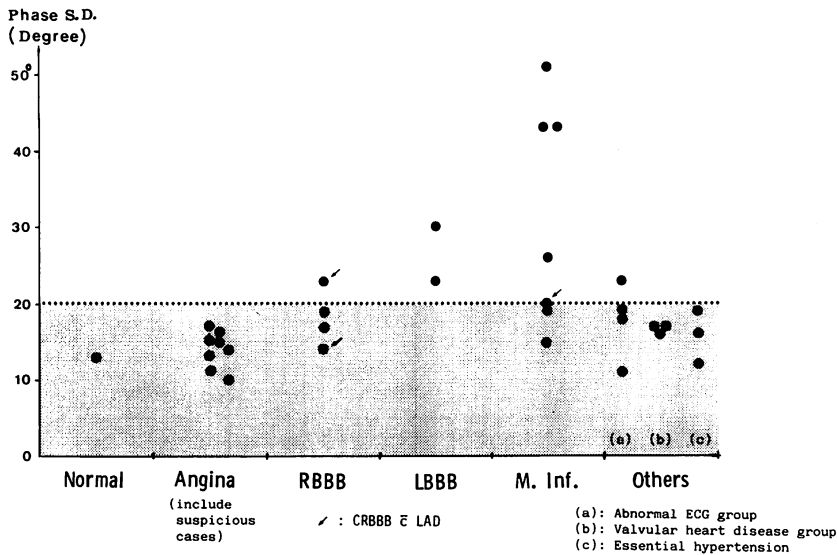


Fig. 3. Standard deviation (S.D.) of phase in various heart diseases.

Abnormal ECG group (a) includes 2 cases of WPW syndrome (type C), 1 case of QT prolongation syndrome and 1 case of A-V dissociation. Valvular heart disease group (b) includes 1 case of postoperative pulmonary stenosis, each 1 case of mitral regurgitation and mitral stenosis.

CRBBB  $\bar{\epsilon}$  LAD=complete right bundle branch block with left axis deviation (left anterior hemiblock).

心尖部分の dyskinesia を表わしていることがわかった。

### 3. 各種心疾患における phase の S.D. (Fig. 3)

狭心症群は全例、非発作時の心電図は正常、心エコー図および左室収縮時間も正常で、NYHA class I に属し、一応正常例と同じように扱って良いと考えられた。その場合、正常は S.D. が  $20^\circ$  以下のように思われた。LBBB、心筋梗塞例に高度の phase のばらつきが認められた。その他の群には著変を認めなかった。

### 4. 左室駆出率と phase の S.D. との相関 (Fig. 4)

左室駆出率と S.D. の間には  $r = -0.86$ ,  $n = 32$ ,  $p < 0.001$  の逆相関が認められた。

### 5. 右室と左室の phase の時間差 (Fig. 5)

図の X 軸は右方に行くほど左室が遅れ、逆に左方に行くほど右室が遅れるようにとってある。正常は  $\pm 50$  msec 以内であるように思われた(図の灰色部分)。RBBB では右室が遅れるが、矢印で示した高度な左軸偏位 (LAD) 合併例 [おそらく左脚前枝へミブロック (LAH) 合併] は左右差がないか、または軽度逆転し左室側へ偏位していた。LBBB は左室側が遅れ、心筋梗塞は左室の

phase が高度に遅延していた。その他の群はほぼ正常範囲であった。

## 考 案

Phase analysis は functional image の一種で、amplitude image は空間的な収縮異常を、また phase image は時間的な収縮異常を表わす。したがって空間的時間的収縮異常をきたす心筋梗塞、心筋虚血、各種刺激伝導障害等の客観的定量的評価にその応用が期待されているが、いまだその臨床報告は多いとはいえない。また定量的評価の報告もほとんど見当たらない。今回、phase のヒストグラムを作成し、その定量的検討を重点的に行ったのはこのためである。

Phase の S.D. の正常値は、玉木らによれば  $10^\circ$  以下であるが、我々の方法では  $20^\circ$  以下と思われた。これは S.D. 算出法の違いによると思われる。すなわち玉木らは左室に ROI を設けてヒストグラムを作成しているが、我々はまず全体のヒストグラムを作成し、後に color display を見ながら心室の範囲をヒストグラム上で決めている。我々ができるだけ simple な方法をとったのは、画像にいろいろな操作を加えることによる誤差混入を避けるためである。

Phase の S.D. は、特に心筋梗塞、左脚ブロックにて大で、心室内および心室間の asynchrony の大なることをよく表現している。

また左室駆出率と phase の S.D. 間には良好な負の相関があり、asynchrony が大なる例は左室駆出率が低下し、逆に asynchrony のない例は駆出率正常例が多く、心臓病学の常識に合致する。このことは phase image を見るだけで心ポンプ機能のある程度推測可能とする点で、臨床的に有用と思われる。

右室、左室の phase の時間差は、Durrer ら<sup>7)</sup> によれば  $\pm 50$  msec 以内が正常と考えられているが、我々のデータも同様な値となった。心筋梗塞例では極端な時間的ずれが観察されたが、これは必ずしも実際の時間差であるとは考えられな

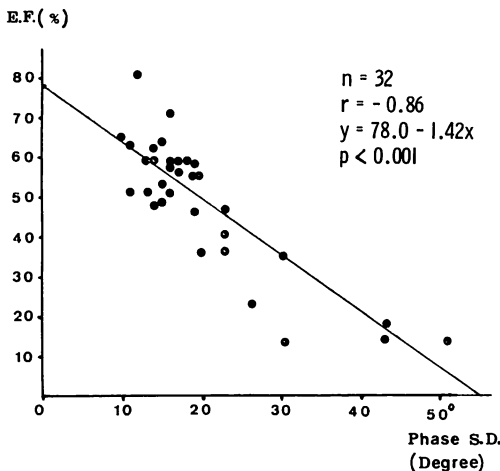
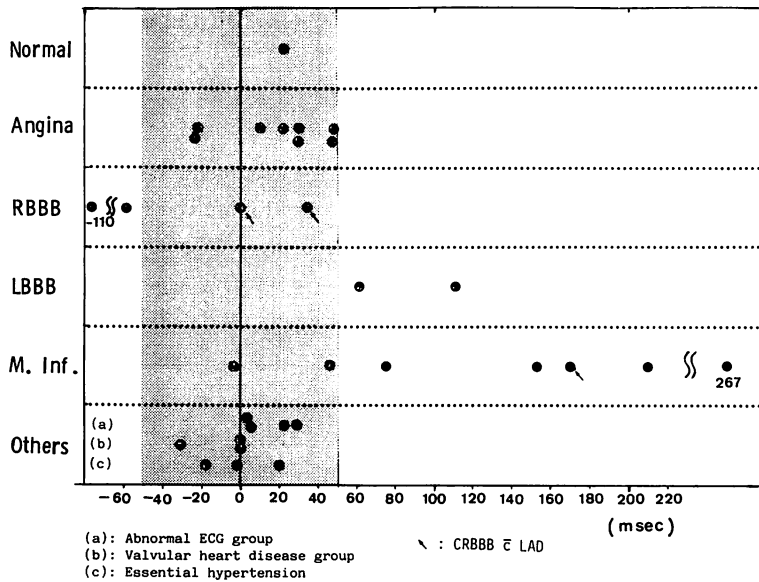


Fig. 4. Correlation between ejection fraction (E.F.) and standard deviation (S.D.) of phase.



**Fig. 5. Time lag between the right and left ventricles.**

The (a), (b) and (c) mean the same meaning as in Fig. 3. In horizontal scale, positive value (right side) means that the phase of the left ventricle is delayed more than that of the right ventricle, and negative value (left side) means the reverse.

い. 我々の行った phase analysis はフーリエ級数の基本波で近似したものであり, time activity curve の極端に異常なもの (dyskinesia 等) では当然良好な近似は得られない. そういう意味で高度な時間的ずれは注意して解釈する必要がある.

今回の検討中, LAH を合併した RBBB 症例では右室, 左室間の時間的ずれがあまりなかったことは興味がある. これは LAH 合併のために右室の phase の遅れが目だたなくなったためと考えられたが, この点はさらに症例を重ねて検討する必要があると思われた.

最後に, 現在の phase analysis はフーリエ級数の基本波のみで曲線近似を行っているが, さらに高次のハーモニクスを使って近似を行うことや, ヒストグラム算出に, pixel ではなく, count 数を算入した voxel で行う等, さらに検討を続ける必要があると考えられる.

## 要 約

RI マルチゲート法を用い, 右脚ブロック (RBBB), 左脚ブロック (LBBB), 心筋梗塞, WPW 症候群, QT 延長症候群, 房室解離, 心臓弁膜症等の 32 例に phase analysis を行った. 1 心周期を  $360^\circ$  と見なし, ピクセル数をプロットしてヒストグラムを作った. また心室の asynchrony を定量化するため, ヒストグラムより phase の標準偏差を計算した.

成績は以下のごとくである.

- 1) Phase analysis は asynchrony のパラメーターとして有用であった.
- 2) 左室駆出率 (LVEF) と phase の標準偏差の間には良好な負の相関が認められた ( $r = -0.86$ ,  $n = 32$ ,  $p < 0.001$ ).
- 3) 心筋梗塞部位にて高度な時相の遅れが観察された. RBBB, LBBB では中程度以下の遅れであった.

4) 左前へミブロックを伴う RBBB の症例では、RBBB のみの症例に比べ、右室、左室間の phase の時間差が減少、あるいは軽度逆転していた。

5) その他の症例では、phase analysis 上、特異な変化は観察されなかった。

文 献

- 1) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, Stauch M, Geffers H: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* 2: 161-173, 1979
- 2) Links MJ, Douglass HK, Wagner NH Jr: Patterns of ventricular emptying by Fourier analysis of gated blood-pool studies. *J Nucl Med* 21: 978-982, 1980
- 3) 外山比南子, 村田 啓, 飯尾正宏, 高岡 茂: 位相分析法による第1回循環時および平衡時マルチゲートイメージの解析. *画像診断* 1: 81-88, 1981
- 4) Mukai T, Tamaki N, Ishii Y, Yamamoto K, Minato K, Fujita T, Torizuka K: Evaluation of regional wall motion using phase analysis of gated blood pool study. *Jpn J Nucl Med* 18: 609-612, 1981 (in Japanese)
- 5) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, Yamamoto K, Minato K, Fujita T, Torizuka K, Tamaki S, Yoshida A, Kadota K, Kambara H, Kawai C: Quantitative evaluation of asynchrony of the left ventricle using phase analysis. *Jpn J Nucl Med* 18: 1241-1248, 1981 (in Japanese)
- 6) Ikuno Y, Tanaka C, Takeichi 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 Cardio-raphy* 11: 791-801, 1981 (in Japanese)
- 7) Durrer D, Dam RT, Freud GE, Janse MJ, Meijler FL, Arzbaecher RC: Total excitation of the isolated human heart. *Circulation* 41: 899-911, 1970