OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	心臓・血管系におけるRI動態のディジタル・シミュレーション
Author(s)	北畠, 顕
Citation	大阪大学, 1974, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31347
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【23】

氏名・(本籍)	北(きた)　畠(ばたけ)　顕(あきら)
学位の種類	医学博士
学位記番号	第　3170　号
学位授与の日付	昭和49年7月1日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**心臓・血管系におけるRI動態のディジタル・シミュレーション**
論文審査委員	(主査)教授 阿部　裕 (副査)教授 中馬　一郎　教授 曲直部　寿夫

論文内容の要旨

〔目　的〕

心放射図は心臓・血管系血行動態パラメータ諸量の間接的測定法として有用であり，その解析には心拍出量算出のために再循環の影響を除く指数函数外挿法や，心拍出量のみならず心容積などのパラメータをも求めるためのアナログ・シュミレーションなどの応用が検討されてきた。一方，これらの方法では心臓を等容積とみなすため心拍動，心臓弁開閉動作などに関する情報の解析が困難である。本論文では心拍動現象，心臓弁開閉動作など非線形要素を加味した循環動態モデルを作成し，汎用ディジタル・シミュレータはより，末梢静脈より注入されたラジオアイソトープ(RI)の輸送過程を模擬し，モデルの動作特性を解析した。

〔方法ならびに成績〕

1）汎用デイジタル・シミュレーション・プログラムの機能と構成

アナログ的に記述したモデルをディジタル計算機でシミュレートするためにFORTRAN言語を用いるプ

Name	Diagram symbol	Program symbol	Function
integrator	Xi, Y, i.c	INT 1	$Y=Y_0-\int(X_1+X_2+X_3)dt$
adder	Xi, Y	ADD 2	$Y=-(X_1+X_2\cdots+X_n)$
potentio-meter	X, k, Y	POT 3	$Y=kX$
constant	c, Y	CON 4	$Y=c$
multiplier	X_1, X_2, Y	MUL 5	$Y=X_1\times X_2$
divider	X_1, X_2, ÷, Y	DIV 6	$Y=X_1\div X_2$
first delay	X, Y	FIR 7	$Y=\frac{1}{1+T_0}X$
function	X, FUN, Y	FUN 8	$Y=f(X)$
delay time (dead)	X, e^{-Ls}, Y	DEL 9	$Y=X(t-L)$
dead zone		DED 10	$Y=X-A\cdots\cdots X>A$ $Y=0\cdots\cdots B\leq X\leq A$ $Y=X-B\cdots\cdots X<B$
function generator	FG	FUG 11	
limiter		LIM 12	$Y=A\quad X>A$ $Y=X\quad B\leq X\leq A$ $Y=B\quad X<B$
switch	X_1, X_2, Y	SWT 13	$Y=X_1\quad A\leq X_2\leq B$ $Y=0$
relay	X_1, X_2, Y	REL 14	$Y=X_1\quad X_2\geq 0$ $Y=X_2\quad X_2<0$

表1．アナログ計算機的記述，本プログラム演算要素およびこれらに等価な数学的表現の対比。

ログラムを開発した。プログラムは一般的なアナログ計算機の演算機能を全て有している（表１）。

２）心臓・血管系における RI 動態モデル

系における主要な RI 分布相として左右心房・心室・肺および末梢循環系を考慮した。心房，心室は RI が瞬時に拡散する希釈槽と見做し，それぞれを一次遅れ要素で近似した。肺は分布常数系と考えられるが，３つの並列なむだ時間要素として簡単化しても充分であると考えシミュレートした。また，末梢循環系は３組の並列な一次遅れ要素およびむだ時間で近似した（図１）。従って，弁逆流を有しない健常心肺部分における RI 動態は次式で与えられる。

$$\frac{dA_{RA}(t)}{dt} = A_I(t) + A_V(t) - F_{RA}(t)\frac{A_{RA}(t)}{V_{RA}(t)}$$

$$F_{RA}(t) = \frac{dV_{RA}(t)}{dt} \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{RV}}{dt} < 0\right)$$

$$= \frac{dV_{RV}(t)}{dt} \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{RV}}{dt} \geq 0\right)$$

$$\frac{dA_{RV}(t)}{dt} = F_{RA}(t)\frac{A_{RA}(t)}{V_{RA}(t)} - F_{RV}(t)\frac{A_{RV}(t)}{V_{RV}(t)}$$

$$F_{RV}(t) = \frac{dV_{RV}(t)}{dt} \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{RV}}{dt} < 0\right)$$

$$= 0 \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{RV}}{dt} \geq 0\right)$$

$$\frac{dA_{LA}(t)}{dt} = A_L(t) - F_{LA}(t)\frac{A_{LA}(t)}{V_{LA}(t)}$$

$$F_{LA}(t) = \frac{dV_{LA}(t)}{dt} \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{LV}}{dt} < 0\right)$$

$$= \frac{dV_{LV}(t)}{dt} \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{LV}}{dt} \geq 0\right)$$

$$\frac{dA_{LV}(t)}{dt} = F_{LA}(t)\frac{A_{LA}(t)}{V_{LA}(t)} - F_{LV}(t)\frac{A_{LV}(t)}{V_{LV}(t)}$$

$$F_{LV}(t) = \frac{dV_{LV}(t)}{dt} \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{LV}}{dt} < 0\right)$$

$$= 0 \qquad \left(\text{ただし } \frac{dV_{LV}}{dt} \geq 0\right)$$

ここで，A：RI 量，F：血流量，V：容積，RA：右房，RV：右室，LA：左房，LV：左室，A_I：注入 RI 量，A_L：左房への流入 RI 量とする。

この心臓・血管系モデルを用いて，各演算要素のパラメータ値をいずれも健常者を想定して設定し，ディジタル計算機（NEAC-2200-500）を用い，積分時間間隔0.01秒で心放射図の模擬実験を行なった。ついで，心室容積の経時的変化曲線を変化させ，駆出率の減少が心室での RI 動態曲線に与える影響を模擬した。さらに肺循環時間のみの遅延が左室での RI 動態曲線に与える影響について模擬した。

３）成　　績

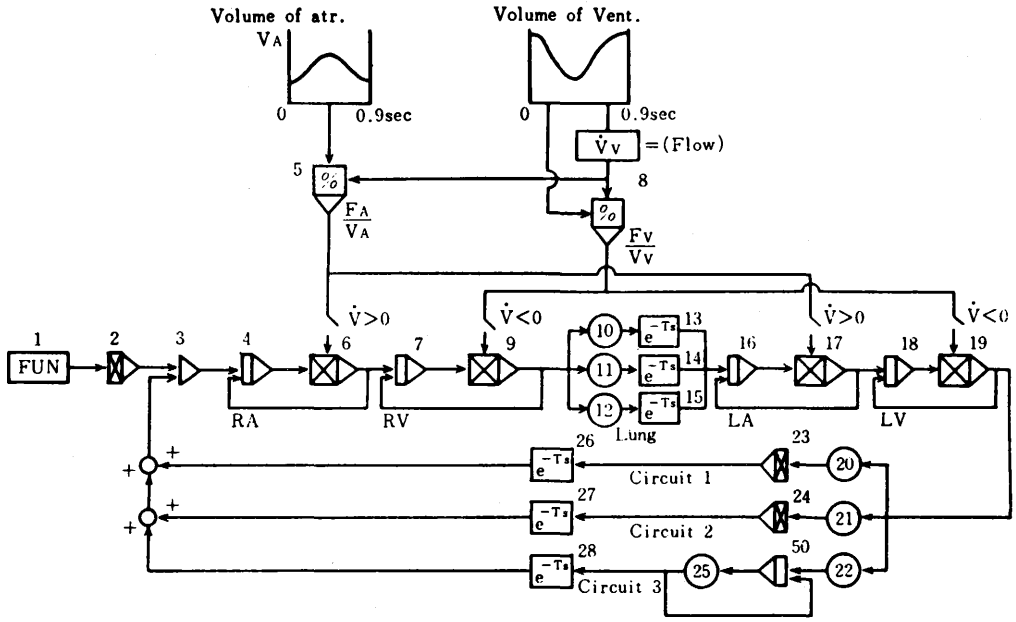

図１　心臓血管系モデルのブロック図

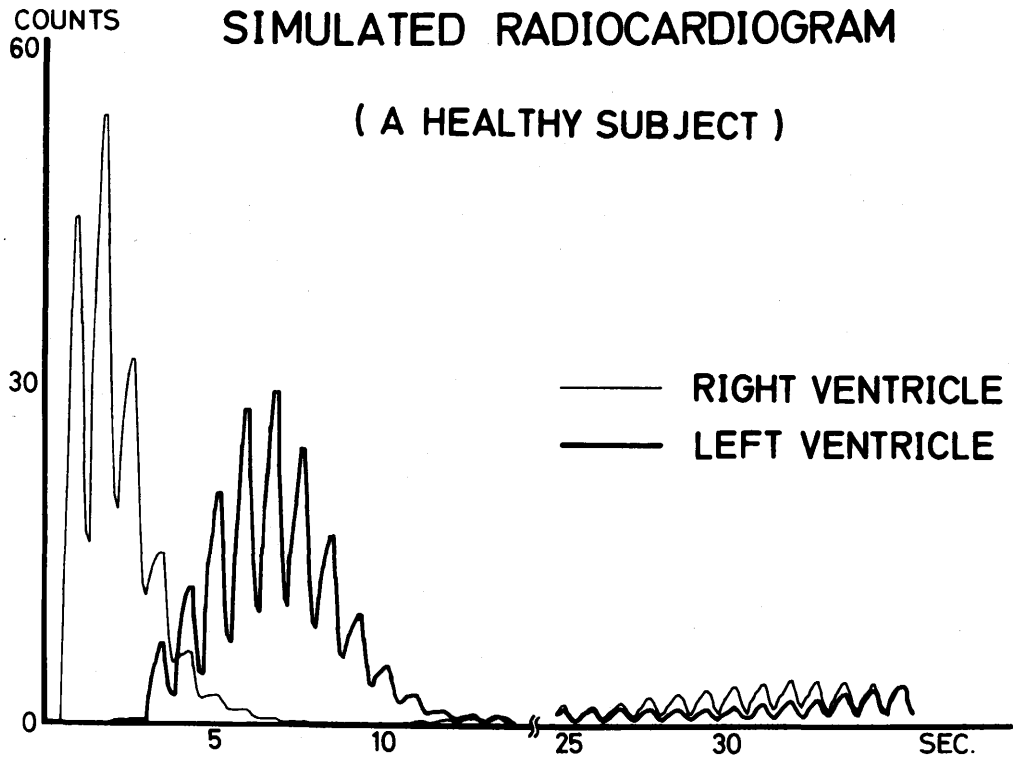

図２　シミュレーション結果（健常例）

i）末梢静脈よりラジオアイソトープをパルス状に注入した場合の心臓・血管系における RI 動態について，心拍動現象，弁開閉動作を考慮した数学モデルを作成した。

ii）この数学モデルの動作特性より，心拍動現象は心放射図に心拍動と一致した鋸歯状パターンを与えることを示した（図２）。

iii）駆出率の減少によって RI 動態曲線の下行脚スロープの延長とともに，上昇時間の遅延，ピーク値の減少をみることを示した。

iv）肺循環時間の遅延は左室での RI 動態曲線ピーク値の出現を遅らせるとともに，上行脚，下行脚のいずれの勾配をも減少することを示した。

〔総　　括〕

生体現象の模擬に適した汎用ディジタル・シミュレータを開発し，これを用いて，従来シミュレーション分析の困難であった心拍動現象，心臓弁開閉動作を考慮した心放射図のモデルを作成し，その動作特性について定量解の可能性を示した。

論文の審査結果の要旨

心放射図（RCG）の解析に従来用いられて来た指数関数外挿法やアナログ計算機による模擬法では心臓を等容積と看做すため RCG に含まれる心拍動現象や心臓弁開閉動作などについての情報の解析が困難であった。本論文では心拍動現象，心臓弁開閉動作を考慮した循環動態モデルを作成すると共に，アナログ計算機に近い便宜性を有するディジタル・シミュレータを開発し，これによって RCG のシミュレーション解析を行ない，心拍動現象と RCG パターンの関係を考察した。

〔結　　論〕

1）生体系の解析を目的としたフォートラン言語による汎用アナログ・ディジタル・シミュレータを開発した。

2）心拍動現象と心臓弁開閉動作を考慮した RCG の数学的モデルを作成した。

3）このモデルに基づくシミュレーションから，心拍動現象は心室 RI 希釈曲線に心周期と一致した拍動変化を与え，これが心室容積の経時的変化を表現することを示した。

4）駆出率低下，肺循環時間遅延など病的条件設定下での RCG パターンの特徴を臨床例との対比において検討し，臨床応用の可能性を示した。