HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	肝血液プールSPECTから形成された位相空間上のアトラクターについて
Author(s)	久保, 直樹
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 7, 89-94
Issue Date	1994-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37570
Type	departmental bulletin paper
File Information	7_89-94.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

原　著

肝血液プールSPECTから形成された位相空間上のアトラクターについて

久保　直樹

The Attractor in the Phase-Space Representation for Liver Blood Pool SPECT

Naoki Kubo

Abstract

We examined the phase-space representations for liver blood pool single photon emission computed tomography(SPECT) images. Each point on the graph corresponded to the value of some variable at a given position plotted against the value of that same variable after 10 pixels shifted. Normally, the trajectory was more like a strange attractor. The flood phantom was shown as a phase-space trajectory suggestive of a point attractor. It was quite distinct from the normal case attractor. The case of the diseased and the normal were different in phase -space plots. Thus, this representation may be of use in the diagnosis of SPECT images.

要　旨

肝血液プールシングルフォトンエミッションCT画像に対して，位相空間表示を試みた。

正常例では，ずれ幅10画素にした場合ストレンジ・アトラクターと類似した軌跡を描いた。フラッドファントムSPECT像の位相空間表示では特異点アトラクターに近い軌跡となり，先ほどのアトラクターとは明らかに異なっていた。また門脈描出不良SPECT像と正常例では，違うアトラクターとなった。このことから位相空間表示を行うことでSPECT画像から，より多くの情報を得る可能性が示唆された。

1．緒　言

肝は物質代謝が活発であり，また血流が豊富な臓器である。正常肝は約250～300 mlの血液プールを有し，肝動脈より約25%，門脈より約75%の血液の供給を受けている。

肝血液プールシングルフォトンエミッションCT（以下SPECT）は，血中に長時間とどまる放射性医薬品を使用することで，肝を描出する。臨床的には肝内局在性病変部の血液プール像の状態より，病変部の質的性状評価が可能となる[1]。しかし診断は病変部（肝血管腫など）と正常肝組織の血液プールの強弱を比較することで行われることが多い。そこで肝内血液プール全

北海道大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科
Department of Radiological Technology, College of Medical Technology, Hokkaido University

体の分布情報を，より抽出するために位相空間表示を試みた。この表示方法は心拍数の解析で既に応用されており，正常と心疾患の区別に成功している[2]。今回肝血液プールSPECTに応用する際，

1）ずれ幅[3]（理論の項目で後述）を変化させたとき，どのような軌跡を描いていくのかを調べる。

2）肝プール像特有の軌跡であるかどうかをフラッドファントム像と比較することで確かめる。

3）正常像と門脈が描出不良の像とを比較する。

以上の項目を検討した。

2．理　　論

2.1　位相空間表示

A.L. Goldbergerらが，心拍数に応用した位相空間表示方法は時差相関法である。ある時刻tの心拍数をx座標に，微小時間経過後t+Tの心拍数をy座標にプロットする。このTをずれ幅とする。これらの心拍数はx−y平面に軌道を描くことになる。彼らは位相空間のアトラクター，つまり軌道が引き込まれていくように密集する部分を探し，そのパターンと心拍数の変動を関連づけた。

一般的なアトラクターの種類を3つ挙げると次のようなものがある。

1．最も簡単な形である，特定の点になるアトラクター。これは特異点アトラクターと呼ばれる。（図1左）

2．ある領域を囲むような曲線を描くアトラクター。軌道は円あるいは楕円など規則的な筋道を辿る。周期アトラクターと呼ばれる。（図1中央）

3．定常的でもなく，また周期的でもない「ストレンジ・アトラクター」と呼ばれる軌道[4]。（図1右）

彼らは心拍数の変動が異常なものとして，定常的な変動と周期的な変動をする場合をあげている。これらからのアトラクターを先ほどの種類のいずれかに分類した。定常的な場合は特異点アトラクター，周期的変動は周期アトラクターになるとしている。

そして健常者の心拍数変動はストレンジ・アトラクターに似た位相空間表示になると結論づけている。

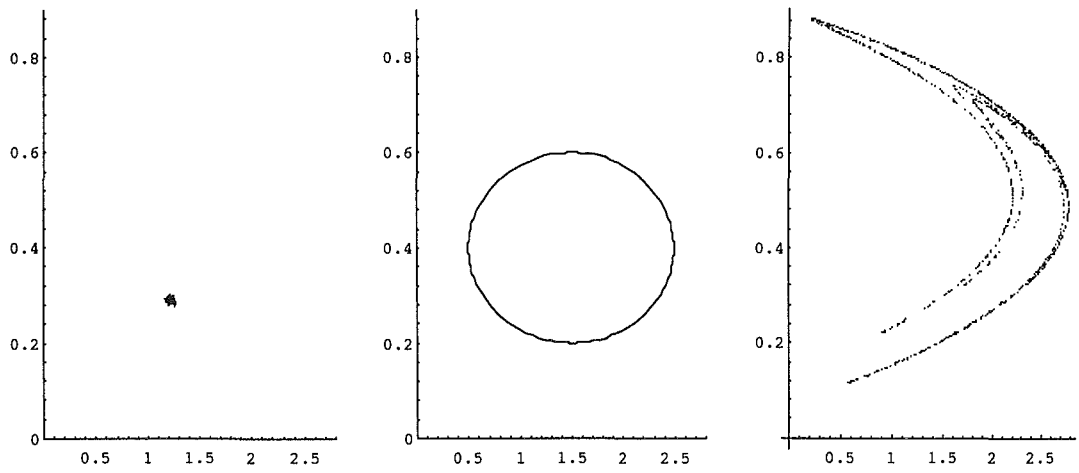

図1　一般的なアトラクター。左は特異点アトラクター，中央は周期アトラクターの一例，右はストレンジ・アトラクターの一例（Hénon方程式）。

3．対象および方法

症例1　22歳　女性　腹腔内腫瘍（リンパ節腫大疑い）

肝 S_1 近傍に tumor を認める。MR上 hemangioma も疑うも，造影X線CTにて enhance されず，リンパ節腫大も疑われる。

RI検査所見報告：S_1 の mass へのRI集積亢進は認めない。

症例2　46歳　女性　空腸静脈瘤

27歳当時 cholecystectomy 時，hepaticojejunostomy 施行。空腸静脈瘤より Bleeding＋。肝門脈本幹閉塞。

RI検査所見報告：RI Angio phase にて肝のイメージは門脈相で描出不良。SPECTにて胆嚢床付近が hot で血管の dilatation 等を考える。

3.1　検査方法

^{99m}Tc 標識人血清アルブミン-ジエチレントリアミン五酢酸（^{99m}Tc-HSA-D）740 MBq を静注。直後にRIアンジオグラフィを撮像。2時間後に東芝社製ガンマカメラ GCA-602 A を用いて SPECT を撮像。収集条件は，マトリックス 128×128，サンプリング角度 6°，1ステップ 20 秒収集，低エネルギー高分解能用コリメータ使用。再構成は，前処理フィルタに投影データのパワースペクトルから設計したフィルタ（ボケのパラメータ3画素）[5),6)]。再構成関数は Ramp 関数。吸収補正は Chang の方法（吸収補正係数 $\mu=0.10\ cm^{-1}$）。Transaxial 像として再構成。

以上の方法で行った。

3.2　フラッドファントムデータ収集方法

安西総業社製 AZ-618　ECTファントムに ^{99m}Tc 水溶液を 370 MBq を封入し，収集条件，再構成法は肝血液プール SPECT の方法に準じて行った。そして均一な部分を再構成した。

3.3　SPECT 画像の位相空間表示

使用した SPECT 画像は肝門部より頭部側にある断層面であった。^{99m}Tc-HSA-D は脾臓等にも集積する。今回は肝臓を目的としているので，関心領域にて SPECT 画像の肝のみを注意深く囲み，それ以外を削除した。

SPECT 画像における各画素の値（以下 SPECT 値）は2次元データである。これらを順次走査[7)]の方法にて，1次元のデータ列へ変換した。このデータ列から時差相関法を応用して位相空間表示を行った。

以上の方法を GCA-602 A 上で実行できるようにするために画像処理用言語（General image Processing Language）にてプログラムを自作した。

ずれ幅の検討は，まず正常例にて行った。正常例には症例1の tumor のない部分を使用した。

ずれ幅は1，4，10画素の3種類にし，これらを比較して，今回の実験に使用するずれ幅を決定，以後の他の画像も同じ値を用いた。

4．結　　果

正常例の位相空間表示を次に示す。図2が，ずれ幅1画素。図3は，ずれ幅4画素。図4は，ずれ幅10画素である。図の右上に表示しているのが使用した SPECT 画像である。

ずれ幅1画素の場合は 45° 傾いた正の相関の強いアトラクターであり，あまり幅広く分布はしていない。これでは特徴を読みとることが困難である。

図3では図2に比べ，位相空間に幅広く分布している。

図4では矢印に示したように，特徴的な軌跡が微妙にずれながら描かれている。このような軌跡は図3には見られなかった。ゆえに今回の実験に使用するずれ幅は10画素を採用した。

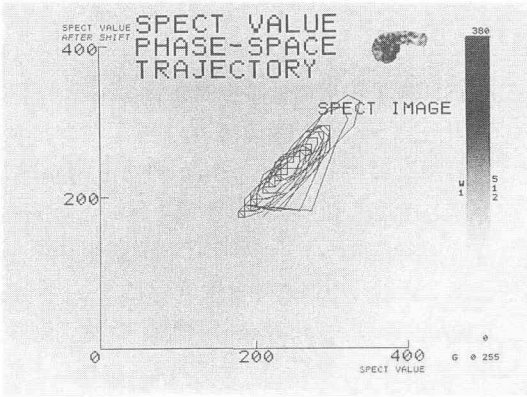

図2　正常肝血液プールSPECTの位相空間表示。ずれ幅1画素。

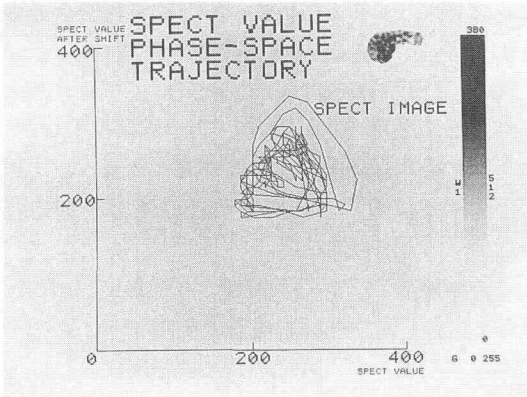

図3　正常肝血液プールSPECTの位相空間表示。ずれ幅4画素。

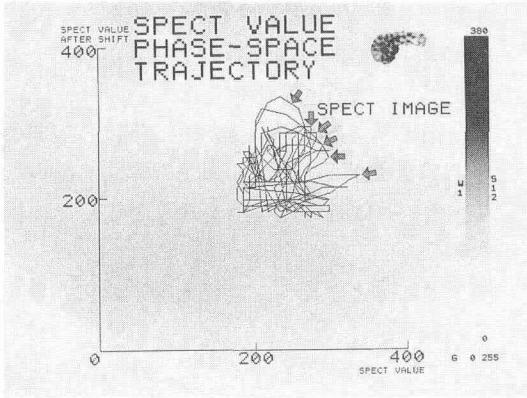

図4　正常肝血液プールSPECTの位相空間表示。ずれ幅10画素。

図5はフラッドファントムの位相空間表示である。特異点アトラクターに近い軌跡を示している。

図6は症例2の位相空間表示である。矢印の示す方向つまりSPECT値の低い方向に向かって軌跡が広がっている。

5．考　　察

正常例の肝血液プールSPECTから形成されたアトラクターは図4の矢印に示すような軌跡を描いた。軌跡は右上の方向に向かって分布している。右上の方向に進むほどSPECT値は

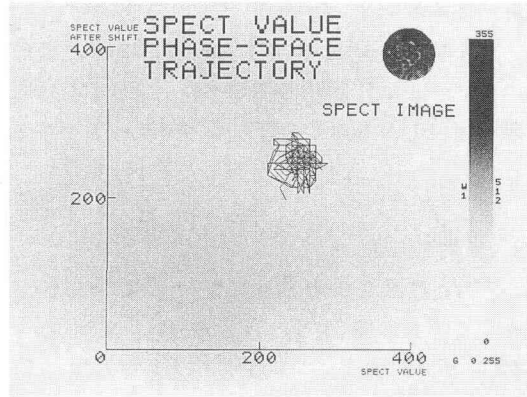

図5　フラッドファントムSPECTの位相空間表示。ずれ幅10画素。

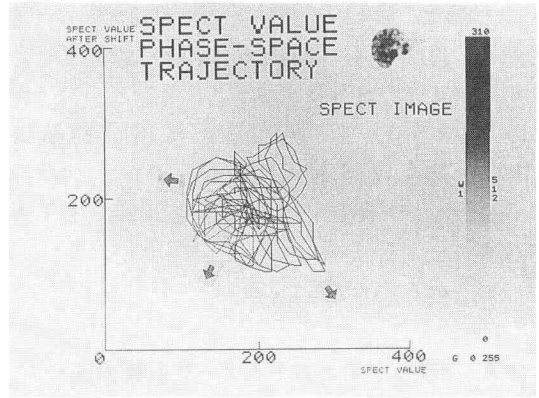

図6　症例2の位相空間表示。ずれ幅10画素。

高いことを示している。つまりこのアトラクターは高SPECT値（局所的な血液プール）が一見，不規則にあらわれることを意味すると思われる。

門脈，肝静脈の肝内分布の模式図を図7に示す[8]。これらの血管は局所的な血液プールを示す。分布は枝分かれを繰り返して樹状の構造を形成している。この場合，枝の先の像とそれ自身はとても良く似ているので，内部構造がスケールによって差がでてこない。これは自己相似性と呼ばれている（図8）。

そしてストレンジ・アトラクターと良く似た軌跡を描く健常者の心拍数変動は，時間スケールにおいて自己相似性を示すと言われている[2]。

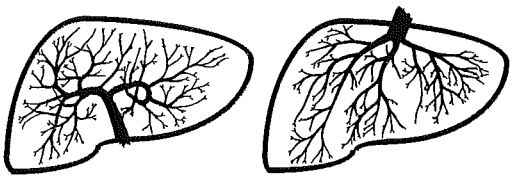

図7　血管の肝内分布の模式図。
左図は門脈。右図は肝静脈。

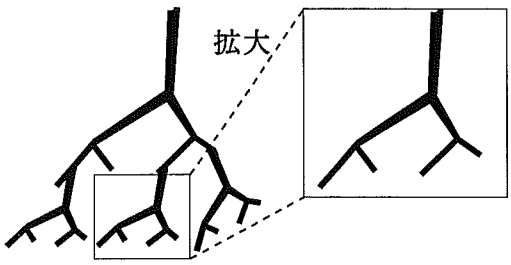

図8　自己相似性。

この自己相似性というものが先ほどの肝血液プールの特徴的なアトラクターを形付けたと考えられる。

そしてこのアトラクターは，フラッドファントムのアトラクターとは明らかに違う形を示した。つまり肝血液プール特有であるといえる。

また門脈描出不良のSPECT画像からは図6のように低SPECT値に広がるアトラクターが形成された。これは血管があまり描出されなかったことを示していると思われる。

そして正常例のアトラクターと違う形を形成していた。このことは肝の病態を反映する可能性を示唆する。

しかし今回の症例は2例だけであり，以上のことを断言するまでは到らない。今後症例を重ねることが必要である。

正常例の肝血液プールSPECTから形成されたアトラクターはストレンジ・アトラクターと類似していたかもしれない。だが，本来のストレンジ・アトラクターと断定するためには見た目ではなく，定量的に判定しなければならない。このことも今後の課題となるであろう。

6．結　　語

肝血液プールSPECTに対して位相空間表示を行った。形成されたアトラクターは，フラッドファントムのそれとは明らかに相違していた。

また正常例と門脈描出不良でも，相違していた。このことから肝の病態の情報をアトラクターで表すことの可能性が示唆されたといえるであろう。

7．謝　　辞

本学医療技術短期大学部森田穣教授の貴重な御助言に深く感謝致します。

引用文献

1）久田欣一，古舘正従，佐々木康人：最新臨床核医学，351－378，1987，金原出版株式会社，東京.
2）A. L. Goldberger, D. R. Rigney, B. J. West : Chaos and fractals in Human Physiology, Scientific American. February : 35－41, 1990.
3）伊東敬祐：カオスって何だろう，63－104，1993，ダイヤモンド社，東京.
4）徳永隆治：Lorenzアトラクターからカオス応用まで，数理科学，4，9－15，1994.
5）久保直樹：シングルフォトンエミッションCTにおけるウィーナーフィルタの設計，北海道大学医療技術短期大学部紀要，第6号，139－147，1993.
6）久保直樹：SPECTにおけるWiener Filterの設計と処理について，日本放射線技術学会雑誌，50(4)，535－537，1994.
7）尾上守夫：画像処理ハンドブック，39－45，1987，昭晃堂，東京.
8）有水昇，高島力：標準放射線医学，423－430，1989，医学書院，東京.