

動画予測を用いた異常診断手法の開発

Development of Anomalous Detection using Movie Prediction

東京大学	榊原 洋志	Yoji SAKAKIBARA	Non-Member
東京大学	出町 和之	Kazuyuki DEMACHI	Member
東京大学	河合 理城	Masaki KAWAI	Non-Member
東京大学	リツ チャタクリ	Ritu CHHATLULI	Non-Member
東京大学	上赤 一馬	Kazuma KAMIAA	Non-Member

In this research, the new method to predict the near-future of the movie images captured by video camera based on the combination of the Principle Component Analysis (PCA) and the Singular Spectral Analysis (SSA). In the normal condition of machines, the real-time captured movie is supposed to correspond to the predicted one. If the error between the both becomes significantly large, it may suggest some anomalous motion of the machines. So the movie prediction method has a possibility of the sensitive anomalous detection system.

Keywords: Movie, Prediction, Anomalous Detection, PCA, SSA

1. はじめに

東京大学・出町研究室ではこれまで、追尾放射線治療への適用を目的とし、呼吸時肺腫瘍動体予測手法の開発を行ってきた。これは4次元X線カメラで撮影した肺腫瘍近傍の直径2mmの金マーカの画像の3次元位置の時間変化を解析し、その数秒後の位置をシミュレーションにより予測する技術である。呼吸時肺腫瘍の動きは周期性が高くなく、その予測には直前までの腫瘍の動きを観測し主成分を抽出して未来の動きを計算する手法が有効である。東京大学・出町研究室では、95%の確率で腫瘍位置の予測誤差を1mm以内に収めることに成功している。

[1]

本研究では上記の手法をさらに発展させ、金マーカの3次元位置といった「点」ではなく、「画像」を予測する手法、すなわち動画予測技術を開発した。昨今、監視カメラなど、様々な場で動画を用いた監視・診断が行われている。本研究は、その中に時間予測という新たな大きな柱を立てることになると期待できる。

2. 計算手法

2.1 動画の主成分画像分析

動画は一定間隔置きに並んだ多数の静止画から構成されている。本手法ではまず、1つの動画を構成する静止

画に共通の主成分画像を主成分分析により抽出した。例えばある動画データ $I(t)$ が $i \sim N$ 枚の静止画から構成されているとする。各静止画の2次元画素データを1次元ベクトルに配列し直したものを \mathbf{x}_i とし、これを N 個並べてできる行列を X とする。

$$X = [\mathbf{x}_1 \cdots \mathbf{x}_M] \quad \dots \dots \dots (1)$$

この行列 X の自己相関行列 XX' に固有値解析で得られる固有ベクトルが、動画を構成する主成分画像ベクトルに相当する。

$$XX' = [\mathbf{v}_1 \cdots \mathbf{v}_N] \begin{bmatrix} \mu_1 & & & 0 \\ & \mu_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \mu_N \end{bmatrix} [\mathbf{v}_1 \cdots \mathbf{v}_N]' \quad (2)$$

2.2 主成分画像ベクトルの係数関数

主成分画像ベクトル $\mathbf{V}_1 \sim \mathbf{V}_N$ と、動画 $I(t)$ との関係は、次の(3)式のように表すことができる。

$$I(t) = a_1(t)\mathbf{V}_1 + a_2(t)\mathbf{V}_2 + a_3(t)\mathbf{V}_3 + \dots \quad (3)$$

ここで $a_i(t)$ は各主成分画像ベクトルの係数関数とする。各主成分画像ベクトル \mathbf{V}_i は互いに直行するため、 $a_i(t)$ は次の(4)式により求めることができる。

$$a_i(t) = I(t) \cdot \mathbf{V}_i \quad (4)$$

榊原 洋志:〒113-8656 文京区本郷7-3-1
東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻
E-mail: sakakibara@n.t.u-tokyo.ac.jp

2.3 係数関数の時間予測

係数関数 $a_i(t)$ を未来における変化を予測して(4)式に代入することにより、撮影した動画の近未来の予測動画が得られる。係数関数 $a_i(t)$ の予測には、「点」の時間予測のためにすでに開発済みであった Singular Spectral Analysis(SSA)法に基づく手法を適用した[2]。

$a_i(t)$ の j ステップ目における値を a_{ij} とし、 V_i のうち主要な L 個に相当する $a_i(t)$ を対象に、(5)式のような行列 A を作成する。

$$A = \begin{Bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,N} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{L,1} & a_{L,2} & \cdots & a_{L,N} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

次に、 A の各行から(6)式のように M 個ずつの成分を取り出した $N-M+1$ 個のベクトル

$$b_{i,1} = \begin{pmatrix} a_{i,M} \\ a_{i,M-1} \\ \vdots \\ a_{i,2} \\ a_{i,1} \end{pmatrix}, \quad b_{i,2} = \begin{pmatrix} a_{i,M+1} \\ a_{i,M} \\ \vdots \\ a_{i,3} \\ a_{i,2} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$\cdots, b_{i,N-M+1} = \begin{pmatrix} a_{i,N} \\ a_{i,N-1} \\ \vdots \\ a_{i,N-M+2} \\ a_{i,N-M+1} \end{pmatrix}$$

を並べて行列 B を作成する。

$$B = \begin{bmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & \cdots & b_{1,N-M+1} \\ b_{2,1} & b_{2,2} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{L,1} & b_{L,2} & \cdots & b_{L,N-M+1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

行列 B の自己相関行列 BB' の固有値分解で得られる $L \times M$ 個の固有ベクトルのうち、固有値の大きい順に r 個のみを用いて並べた行列を U とする。

$$U = [\mathbf{u}_1 \cdots \mathbf{u}_r] \quad (18)$$

未来の $N+1$ ステップ目における L 個の係数関数 $a_{i,N+1}$ ($i=1 \sim L$) からなるベクトルを \mathbf{a}_{N+1} とする。

$$\mathbf{a}_{N+1} = \begin{Bmatrix} a_{1,N+1} \\ \vdots \\ a_{L-1,N+1} \\ a_{L,N+1} \end{Bmatrix} \quad (8)$$

SSA 法では、この \mathbf{a}_{N+1} を、

$$\mathbf{a}_{N+1} = (I - R'EE'R)R'EE'Q \quad (9)$$

のように求める。ここで R, Q はそれぞれ、

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & 1 & \cdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} 0 \\ a_{1,N} \\ a_{1,N-1} \\ \vdots \\ a_{1,N-M+2} \\ 0 \\ a_{2,N} \\ a_{2,N-1} \\ \vdots \\ a_{L,N-M+3} \\ a_{L,N-M+2} \end{pmatrix} \quad (10)$$

であらわされる、それぞれ LM 行 L 列、 LM 行 1 列の行列である。

以上の計算を時間について繰り返すことで、の複数ステップ未来における値を予測することができる。これを(3)式に代入して得られた $I(t)$ はを予測動画としている。

ここでは実際の動画予測の結果は割愛し、学会発表の場にて詳細の解説を行うこととする。

参考文献

- [1] M. Kawai, K. Demachi, H. Shiato and M. Ishikawa, "Development of Prediction System for Moving Tumor by MSSA for Chasing Radiotherapy", Prof. of JKMP-AOCMP 2011.
- [2] R. Vartard and M. Ghil, "Singular spectrum analysis in nonlinear dynamics, with applications to paleoclimatic time series," Physica D, 35, pp.395-424, (1989)

(平成 24 年 6 月 21 日)