

部分的連続画像の因子分析による肺機能の複雑性の解析 についてのQ & A

立川光*, 中原壽喜太*, 土井昭孚*, 田邊正忠**

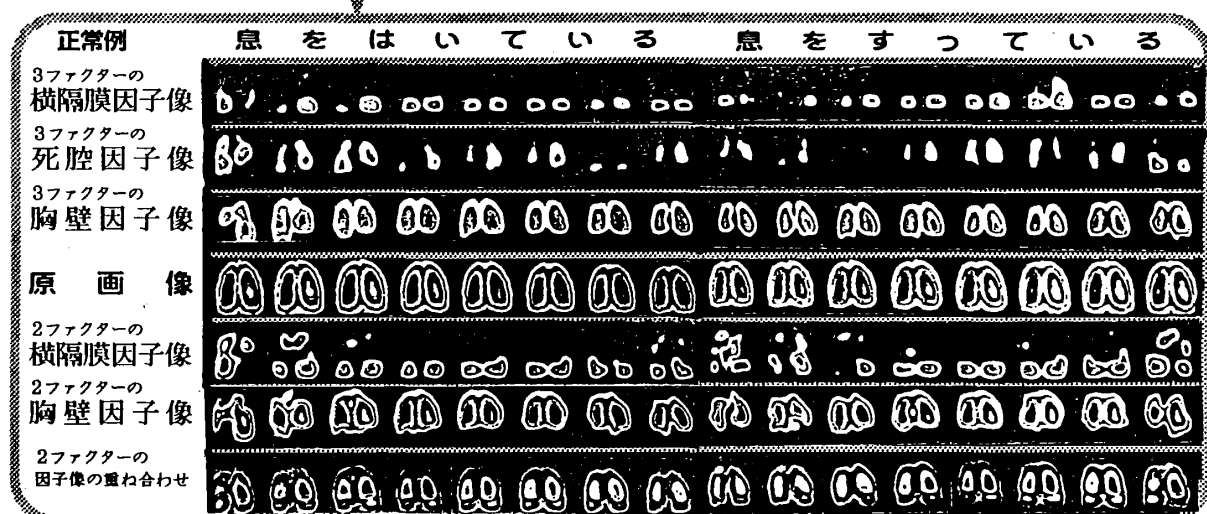
香川医科大学 医学部 物理学*, 放射線医学**

「マルチメディア及びネットワーク時代に対応した、異分野の方々にも分り易いポスター発表を」と思い、
ハイパーテキスト風なQ & A形式で発表しました。ここにそのポスター紙面を再現します。

Introduction:

現在の胸部X線撮影においては、息を止めた一瞬の写真から診断が行われていますが、近い将来、一呼吸している間の連続撮影が可能になれば、複雑な動きからどのようにして診断するかを研究しています。

まず、この画像列を見て下さい。



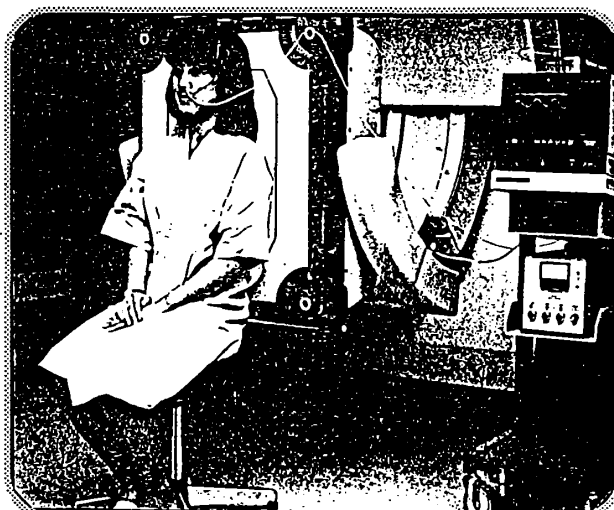
一呼吸の間における因子画像の時間的变化 (正常例)

Q: これは何ですか?

A: 一呼吸している間の、肺の動きを核医学の検査装置でとったものです。「肺換気シンチグラム」と言います。検査を受けられる方には数分間、楽に呼吸してもらいます。検査の様子を写真で示します。

Q: どう見るのですか?

A: 肺を背面から見た像です。計測された ^{81m}Kr というアイソトープの量を濃淡で示しています。



肺換気シンチグラムの検査の様子

連絡先 〒761-07

香川県木田郡三木町池戸1750-1

香川医科大学 物理学教室

e-mail: tachkawa@kms.ac.jp

Q:横に並んでいるのは?

A:左側から息をはき始めて、中ほどで吸い始めて、また左端に戻ってくるという一呼吸間の時系列です。

コラム

「因子分析とKL変換が同じ概念のもの」ということは、渡辺慧:「知識と推測」東京図書(1975)に述べられていますが、それぞれの専門書にはこのことがふれられていないように思われます。

Q:縦に並んでいるのは?

A:これが原画像列で、これらは各時点の因子画像です。

Q:因子画像というのは?

A:原画像列を多次元信号列とみなし、多変量解析の一手法である因子分析で得られたものを、表示した画像のことです。これらは形態を表す画像ではなく、機能を表す画像なのです。

Q:ものというのをもっと詳しく?

A:原画像列の各画素の動きの相関係数を要素とする行列の、固有値を求め、最大固有値から順にとった対応する固有ベクトルのことです。

Q:最大固有値から順に固有ベクトル? 何かKerhunen-Loeve変換のようですね?

A:そうです。情報圧縮の一手法であるKL変換とは似ていますが、そのものではないのです。

Q:どう違いますか?

A:KL変換より、展開に用いるベクトルの数が、一つ少ないのです。

Q:なぜですか?

A:各画素がどの程度、因子1,因子2,因子3,...であるかという、重み係数、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ を求めることになるのですが、これらの合計が1という、制約条件を採っているため、一つ少ないのです。例えば $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ なら、 α_1 と α_2 から α_3 が決ります。

Q:合計が1となるなら、例えば、 $1.2 + 0.3 + (-0.5) = 1$ でもなりますが?

A:負の重みが掛かったのでは、画像として表せないので、全てが非負となるように(因子の数-1)次元線形空間で固有ベクトルから再計算して、0から1までの重み係数を求めて原画像を各因子画像に振り分けています。

Q:0から1までの重み?何かファジィみたいですね?

A:0から1までの割合、つまりメンバーシップ値(のマッピング)という点ではファジィと関連するかもしれませんが、その決め方には、経験とか、勘のような「あいまいさ」は含まれないのでファジィとは言えないでしょう。

Q:似たような方法論は他にみられますか?

A:「0から1までの割合」のような概念は最近気付いたのですが、統計力学とか物性論(スピン格子系の平行状態とDLR条件)の議論にも見られます。

§2.4 平衡状態とDLR条件

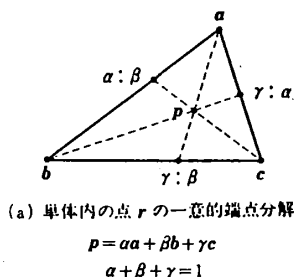
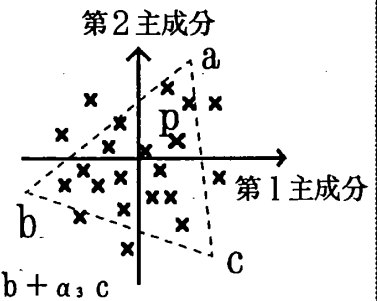
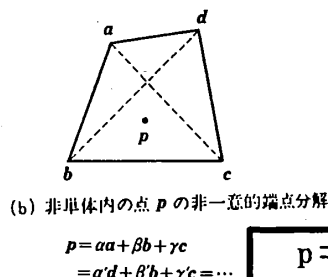


図 2.7



3ファクターの場合の2次元平面プロット

荒木不二洋:「統計物理の数理」岩波講座 応用数学 11 (1994) より

Q:従来の肺機能解析とはどちらがうのですか？

A:息を大きく吸って、おもいきりはいたりして得られる呼吸機能検査では、肺のどこに異常があるか分かりません。動的な連続画像を取ることによって、各部分（画素）の動きが分ります。従来の動態機能解析では、各画素の動き（アクティビティ・カーブ）についてフーリエとか、コンパートメント解析していますが、隣合う画素はもちろん、遠距離にある画素についても考慮されず独立に結果を求めています。これに対し、全画素間の相関係数の行列を、固有値分解して求めている点が、従来とちがうところです。

Q:ところで、各時点のとは？

A:各因子画像の動きを求めるため、前後各1枚の画像を含む3枚の原画像列からの因子分析を行い、その原画像列のとり方を時間的にずらしていくということです。

Q:もう少し分り易く？

A:2枚目の因子画像は、原画像列の1,2,3枚目から、
3枚目の因子画像は、原画像列の2,3,4枚目から、・・・というように、処理をずらしていくということです。周期的な画像列ですから、1枚目の因子画像は、原画像列の16,1,2枚目から、となります。

Q:これは何ですか？

A:2ファクターの場合の、二つの因子画像の重ね合わせ表示です。

Q:なぜ重ね合わせたのですか？

A:因子画像間の（解剖学的）位置関係をみたいからです。因子画像は合計が1となるように振り分けられた像ですから、単純に足してしまうと元の像になってしまいます。それで、画素毎に交互に表示しています。

Q:でもなにか、理解し難いですね？

A:そうですね。モノクロ印刷でも分り易いような工夫が必要だと思います。

Q:このグラフは何を表して△ますか？

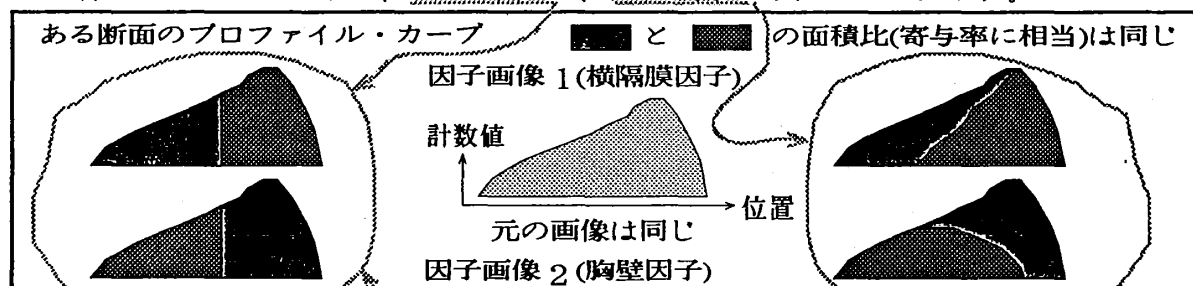
A:各時点の二つの因子画像がいかに離れているか、重なっているかを、画像間の相関係数で評価し、その時間的変動を示したものです。

Q:なぜ相関をとったのですか？

A:従来は、各因子画像の総カウント値の、全因子画像の総カウント値に対する割合（寄与率）で評価されていたのですが、因子画像の重なり具合の方が重要ではないかと思ったからです。

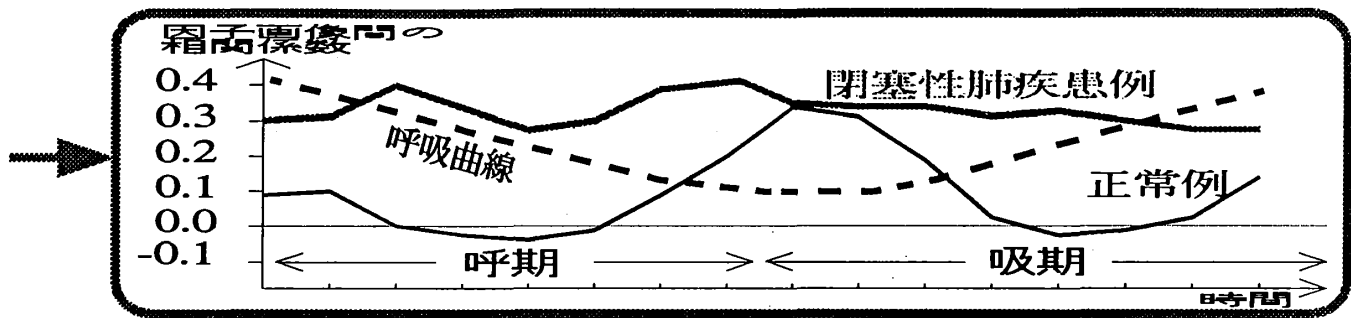
Q:なぜ重なり具合の方が重要だと思ったのですか？

A:ある断面を考えて説明しますと、例えば二つの症例があり同じく49%対51%に分かれるといっても、この場合と、この場合は異なるからです。



Q:スパッと分かれるか、ジワッと分かれるかですね？

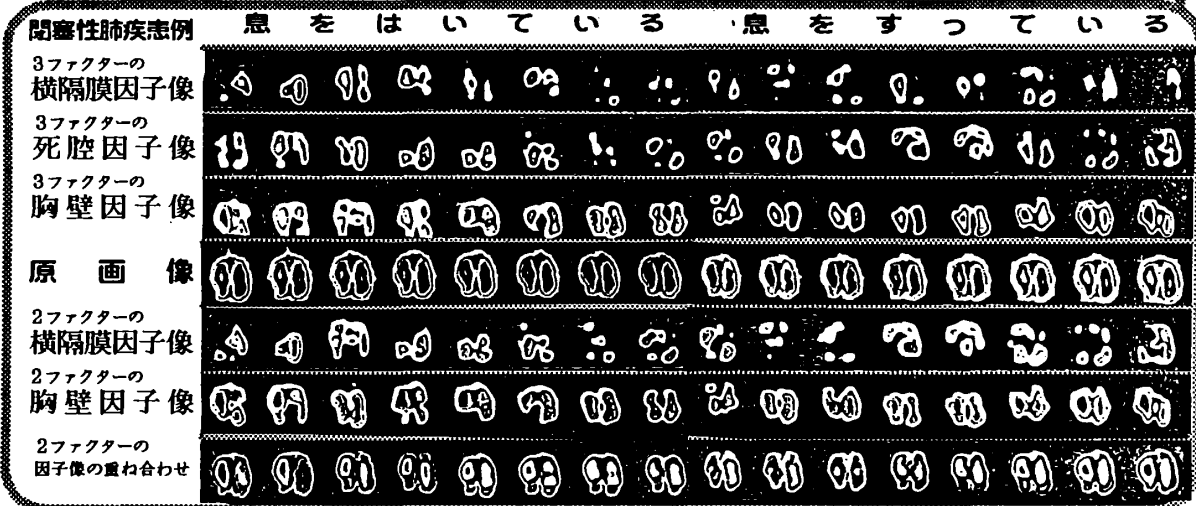
A:そういうことです。



—呼吸の間における二つの因子画像（横隔膜と胸壁）の重なり具合の時間的変化

Q: こちらは何ですか？

A: 閉塞性肺疾患という、息がつまる症例の場合です。正常例と比較すると複雑な動きをしていることがわかんと思います。



Q: この方法で得られたことは何ですか？ —呼吸の間における因子画像の時間的変化（閉塞性肺疾患例）

A: 「一呼吸の間で、肺の横隔膜的な動きと胸壁的な動きの画像、及びそれらの重なり具合を求めると、はいたり吸ったりすることの転換時点で重なるが、その間では離れている。息がつまってくると、スムーズに流れていないことがわかる。」ということです。

Q: 的なというのが因子という意味なのですか？

A: そうです。原画像列をみても、また解剖学的にも、「ここから下が横隔膜、上が胸壁」という区別はつかないのですが、それが自動分離され、部分的な時系列に適用すると、それらの動きが求まる、というのがこの方法の特徴です。ただ、計算に多くの時間を要するのが難点ですが。

Q: 他の分野で応用例が考えられますか？

A: 広範囲に広がるトレーサーのなかで、ある時点のものが次の瞬間にどこへ移動したかを求め、それを繋ぎ合わせることで臓器及び器官内外の情報伝達を求めています。脳の高次機能の解明で多次元光学測定が行われていますが、核医学の画像と同じ様に見えるのでこの解析法が適用できると思われます。

Q: 最後に、要点を簡単に言うと？

A: 「情報圧縮する統計的直交変換の、基底を画像としてとらえ、その動きを求める」ということになります。

謝辞：ポスター会場の設営をいただいた世話人の方々に感謝いたします。ポスター板がどんな形式になろうと、キーワードと図面をリンクできるように準備していたのですが、おかげさまで楽にできました。