



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	多次元データのリアルタイム型動的表示法
Author(s)	水田, 正弘; 中西, 寛子; 佐藤, 義治 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 111, 83-87
Issue Date	1982-10-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41759
Type	departmental bulletin paper
File Information	111_83-88.pdf



多次元データのリアルタイム型動的表示法

水田 正弘 中西 寛子 佐藤 義治 河口 至商
(昭和57年 6 月30日受理)

A Graphical Dynamic Representation of Multi-Dimensional Data in Real-Time

Masahiro MIZUTA, Hiroko NAKANISHI, Yoshiharu SATO
and Michiaki KAWAGUCHI
(Received June 30, 1982)

Abstract

A method which represents multi-dimensional data using graphic displays and control-sticks is presented in this paper. One of the special features of this method is the use of motion of the points; these points are projections of the data on the plane which is under real-time control of the user with control-sticks. The method is interactive and assists in heuristic investigations of data structure.

This method itself is only one of the supporting tools for the data analysis. Hence it is profitable to combine this proposed method with other statistical methods. Some applications of the method are shown, namely the expression of the results of principal component analysis, discriminant analysis and cluster analysis.

1. 序 論

統計的データを解析する際に多変量解析の種々な数値計算的手法を適切に利用することは重要である。すなわちデータに対して形式的に手法を適用するのではなく、事前にデータの状況を把握し手法が仮定している条件に適合しているかを確認するほうが望ましい。また手法により得られた結果の妥当性を調べておく必要もある。これらを行うにはデータを図的に表示することにより視覚に訴える方法である『多変量グラフ解析法』の手法が有効である。本報告ではデータを画面上の点の動きで表示する手法を『多変量グラフ解析法』の一手法として提案する。これはデータを画面上に射影させ、その射影させる方向を直接コントロールスティックで操作する手法である。前回の報告¹⁾でも画面上の点の動きを利用した手法を提案したが、本手法は前回の手法と比

べて一層探索的なものである。しかし、数値計算的手法との結合の容易さにおいては劣っている。これらの手法の比較及びそれぞれに適した応用範囲については本文中で述べる。今回提案する手法（リアルタイム型動的表示法）をレベル0の手法、前回の手法をレベル1の手法と呼ぶこととし、これ以降で単に手法と言った場合にはレベル0の手法を示すこととする。

2. 手法の説明

本論で取り扱う統計的データを N 個の p 次元ベクトルから構成される集合 $\{x_a\}$ ($a=1, 2, \dots, N$) とする。(カラー) グラフィックディスプレイの画面（以下、CRT と呼ぶ）の座標を2個の実数の組 (x, y) で表す。2個の直交する p 次元単位ベクトル X, Y によってデータ $\{x_a\}$ を射影するとは、CRT 上の座標 $(X \cdot x_a, Y \cdot x_a)$ ($a=1, 2, \dots, N$) に点を表示することとする（ここで $X \cdot x_a$ 等は内積を意味する）。すなわち、この2個のベクトル X, Y によって射影の方向が定まる。

以下で提案するレベル0の手法はレベル1の手法と同様に、射影する方向を連続的に変えることにより、データをCRT 上の点の動きとして表現するものである。ただし、レベル1の手法とは異なり射影する方向の指定をコントロールスティックでリアルタイムに行う。コントロールスティックを利用して2個の直交する p 次元単位ベクトル X, Y を制御する方法はいくつか考えられるが、本論ではコントロールスティック（スイッチが2個付属している）を2台利用して制御する方法について述べる。

2台のコントロールスティックをそれぞれ X, Y に対応させる。はじめに X に対応させたコントロールスティックの働きを説明する。このコントロールスティックに付属している1番目のスイッチを押した回数によってコントロールスティックの x 方向に対応する変数 i （初期値は第1変数）を割り当て、2番目のスイッチを押した回数によって y 方向に対応する変数 j （初期値は第2変数）を割り当てる。 ΔX を次式で定義する。

$$\Delta X = \Delta x_i e_i + \Delta y_j e_j \quad (1)$$

ただし、

$$e_i = (0, 0, \dots, 0, \overset{(i)}{1}, 0, \dots, 0)$$

$\Delta x_i, \Delta y_j$ はそれぞれ X に対応させたコントロールスティックの x 方向、 y 方向の値（ $-0.1 \sim 0.1$ ）とする。同様に Y に対応させたコントロールスティックについても2個のスイッチにより x 方向、 y 方向にそれぞれ変数 k, l を割り当てる（初期値は第3変数、第4変数）。 ΔY を

$$\Delta Y = \Delta x_k e_k + \Delta y_l e_l \quad (2)$$

とする。ただし、 $\Delta x_k, \Delta y_l$ はそれぞれ Y に対応させたコントロールスティックの x 方向、 y 方向の値とする。(1), (2)式で与えられた $\Delta X, \Delta Y$ を利用して X^*, Y^* を定義する。

$$\begin{cases} X^* = X + \Delta X \\ Y^* = Y + \Delta Y \end{cases} \quad (3)$$

この X^*, Y^* を次の射影の方向としたいが、これらは一般には直交した単位ベクトルではないので直交化、正規化を以下のように行う（図1）。

$$\begin{cases} W = \frac{X^*}{|X^*|} + \frac{Y^*}{|Y^*|} \\ S = \frac{X^*}{|X^*|} - \frac{Y^*}{|Y^*|} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} X^{**} = \left(\frac{W}{|W|} + \frac{S}{|S|} \right) / \sqrt{2} \\ Y^{**} = \left(\frac{W}{|W|} - \frac{S}{|S|} \right) / \sqrt{2} \end{cases} \quad (5)$$

この X^{**} , Y^{**} は直交した単位ベクトルとなるので、これらを新たな X , Y とする。ベクトルの直交化、正規化としてはSchmidtの直交化が有名であるが、これは直交化するベクトルの順序により結果が異なることなどが欠点としてある。Schmidtの直交化を本手法に適用すると $\Delta X = 0$ かつ ΔY が X , Y によって張られる空間に含まれる場合には $X = X^{**}$, $Y = Y^{**}$ なり射影の方向が変わらなくなる。上述の直交化ではこれらの問題点が解決されている。

以上の制御方法により射影する方向、すなわち『データを見る方向』を順次変えてゆく。このとき、 ΔX , ΔY の量が少ないので表示されている点はほぼ連続的に動くことになる。

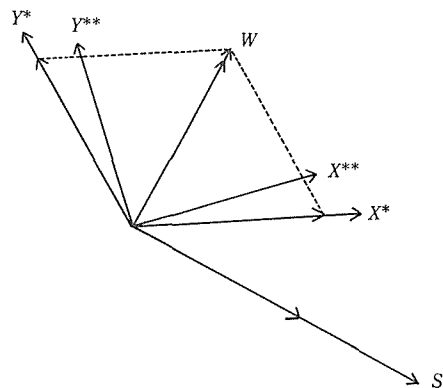


図1. 本手法における X^* , Y^* の直交化、正規化

3. レベル1の手法との比較と応用例

3.1. レベル0の手法とレベル1の手法の比較

レベル1の手法では現在、射影している方向を利用者が指定する他の方向に射影させるように計算機が自動的に移動させるものである（詳細は参考文献1）。今回のレベル0の手法とレベル1の手法の特徴の差異は以下の通りである。

(1) レベル1では射影させたい方向をキーボードから数値的に入力する。従って、解析したいデータについての情報がほとんどない場合、探索的にデータ構造を調べることがレベル0と比べて行い難い。

(2) レベル0ではリアルタイムに射影する方向が指定できるので、画面に表示された図を見ながら方向の微調整を行うことが容易にできる。

(3) システムの環境にもよるが、レベル0を実現するためのプログラムは比較的簡単である。

(4) 多変量解析における主成分分析法や因子分析法等の結果を利用する場合にはレベル1の方が使い易く、クラスター分析法等の結果を確認、検討するときにはレベル0の方が向いている。

(5) 両手法ともグラフィックディスプレイが必要であるが、レベル0の場合にはそれ以外にコントロールスティック等の入力装置が必要である。

上記の(4)で述べた多変量解析における手法を利用する方法については、レベル0およびレベル1の手法の応用例として次に述べる。

3.2. 主成分分析の利用

主成分分析法とはデータが『最も散らばっている方向』を導き出す手法である。レベル1の手法において主成分分析法によって得られたいくつかの主軸を射影する方向として次々と指定してゆくことが考えられる。これによって寄与率の高い主成分からはデータの広がりが示され、寄与

率の低い主成分からはデータ構造の線形性の状態が表現される。特に射影方向の移動の途中では主軸の関係がわかる。因子分析やP-P (Projection Pursuit) アルゴリズム⁶⁾の結果をこれと同様に利用することができる。

3.3. 判別分析の結果の表示

複数の母集団があるときに、各データがどの母集団に属するかを判別する方法として判別分析がある。多次元データに対して判別分析を行った後、判別された群(母集団)によりデータを色分けしてレベル0, レベル1の手法を使い結果の妥当性を調べる。『見たい方向』が明確な場合にはレベル1の手法の利用が考えられ、それ以外のときにはレベル0の手法が適している。

3.4. クラスター分析における利用法

データを分類する方法としてクラスター分析がある。レベル0の手法を利用してクラスター分析の結果を色分けした点で表示して、クラスター数を決定したり結果の意味づけを行う。また、データを画面上に表示して、種々の方向から『見る』ことによって直接分類することも可能である。

4. 射影動的表示法における本手法の位置づけ

多次元データを2次元平面(画面)に射影させ、その射影させる方向を変化させることによりデータを2次元平面上の点の動きとして表現する方法としていまままでいくつか提案してきた。このような手法を(射影)動的表示法と呼ぶが、その手法を射影の方向の決定に対する『計算機の介入』の度合により次の三段階に分類し、本論におけるレベル0の手法の位置づけを行う。

1) レベル0

本論で提案した手法のように射影する方向を直接リアルタイムに制御する方法で計算機の介入が最も少ないものである。探索的にデータを解析するのに適している。

2) レベル1

利用者が射影させたい方向を2個(すなわち直交する単位ベクトルの組を2組)指定し、第1の方向から第2の方向に射影の方向を自動的に移す手法で、2つの方向の関係を調べることに適している。

3) レベル2

計算機が自動的に射影の方向を色々と変化させてゆく手法で、利用者による方向指定は初期値以外は不要である。

これらの『レベル』は単に計算機が射影方向を決定する度合についての『レベル』であり、手法としての優劣とは別問題である。

5. ま と め

本論で提案したレベル0の手法は『 p 次元データを見る方向』をコントロールスティックで制御してゆくものである。これは従来から行われてきたように3次元物体などを画面上に表示(射影)させ、射影の方向をボリュームなどで制御してゆくという図形表示の最も単純な手法の一つに次元の一般化等を行い、統計的データに利用できるようにしたものと言える。従って統計学に対する高度な知識がなくても手軽に使用できる手法である。また実際のデータの状況を直観的に把握し、その構造(線形性、クラスター等)を探索的に調べることはデータ解析において基本的

なことであり、今回のレベル0、前回のレベル1の手法は共にその一つ的手段となり得る。

本手法を利用する上で最も重要な点はパーソナルコンピュータやその周辺機器をうまく使いこなすことであり、『いかに使い良くするか』が大きな問題である。まだパーソナルコンピュータ等のハードウェア、ソフトウェアが標準化されていないのが現状なので使用する環境によりデータの入力方法、射影する方向の制御などについての工夫が必要となろう。

参 考 文 献

- 1) 水田正弘・佐藤義治・伊達 惇・河口至商：工学部研究報告，109（1982）P.55-64.
- 2) 水田正弘・佐藤義治・河口至商：日本行動計量学会大会発表論文集，9(1981) P.106-107.
- 3) 河口至商：多変量解析入門Ⅰ（1973），森北出版，数学ライブラリー32.
- 4) 河口至商：多変量解析入門Ⅱ（1978），森北出版，数学ライブラリー46.
- 5) 脇本和昌・後藤昌司・松原義弘：多変量グラフ解析法（1979），朝倉書店.
- 6) Friedman, J. H. & Tukey, J. W. : IEEE Trans. on Computers, C-23(1974) P.881-890.