

コンピュータによる書の科学的分析へのアプローチ

安岡素子

奈良教育大学大学院教育学研究科
h50493@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp

安岡孝一

京都大学大型計算機センター
yasuoka@kudpc.kyoto-u.ac.jp

「書」を対象とする書道・書法研究分野では、科学的手法を用いた分析というのが従来なされていない。この分野でよく用いられる表現である「重心」、「字間」、「行の揺れ」、「文字の大小変化」といったものも実際に定量化されることは全くなかった。

本研究では、コンピュータを用いることによって「書」を定量的に分析することを目標とする。具体的手法としては、書の「重心」、「字間」、「行の揺れ」を数学的に定義し、その定義に従って書をコンピュータ処理する。本研究の手法は、入力データの形式等に依存しないものとなっており、書の分析において幅広い応用が可能である。

An Approach to Scientific Analysis of Calligraphy with Computer

Motoko Yasuoka

Nara Educational University
h50493@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp

Koichi Yasuoka

Kyoto University Data Processing Center
yasuoka@kudpc.kyoto-u.ac.jp

There exist no previous works of scientific analysis on the field of calligraphy. Calligraphers often use the terminology such as “center of gravity”, “interval of characters”, “sway in line”, or “differential of character sizes” without definitions of the terminology.

In this paper, we show a method to analyze calligraphy quantitatively with the help of a computer. In other words, here we define “center of gravity”, “interval of characters”, “sway in line”, and “differential of character sizes” as mathematical terminology, then we manipulate calligraphy on the mathematical point of view by a computer. Our method is independent of the designs of calligraphy themselves, therefore it is so widely applicable to analysis of calligraphy.

1 はじめに

「〇〇の文字は重心が通っている」、
「字間が広い」、
「行が左右に揺れている」、
「〇〇の書の文字には大小変化がある」など、
書道・書法研究の分野の論文ではよく見られる表現がある。

しかし、ここでいう「重心」とは一体何なのであろう? 「字間」、「行の揺れ」、「大小変化」とは何なのであろう。確かに直観に訴えかける単語であり、それなりに納得のいく場合もある。しかしそれは言い換えれば現在の書法理論と呼ばれるものが、単に論者の直観を表現したものであって、恣意性に満ちた言わば「その書を見た時の心情の吐露」に過ぎないことを示している。そういう意味では、現在の書法理論は単なる「書に対する感想文」であって「書法分析」などとはとても呼べない。

では、「重心」や「行の揺れ」、「字間」、「リズム感」と呼ばれるものを分析的に捉えることができないのだろうか?

本研究はこの点を目標とする。すなわち「重心」、「行の揺れ」などを分析的に求める手法を提案する。分析のための道具として数式とコンピュータを用いる。数式は(もちろん使い方にもよるが)書を単なるデータとみなし、黒の部分と単なる点の集合として扱うことができる。コンピュータは大量のデータを間違いなく高速に処理することができる。書道・書法研究の分野では、いまだ伝統的手法を重んじ、「コンピュータを用いることなど御法度である」という考え方もあるが、コンピュータは単なる道具であり、分析を正確かつ定量的に行なうために用いるのである。

本研究のアプローチは以下の通りである。

まず、文字の重心を実際に求める。重心は、字間や行の揺れ、リズム感といったものを求めるとき基礎となる。

次に、「字間」を数値化する。

字間は、文献[1]によると、

行と行の行間に対するもの。行の中において、縦書きの場合は上下の字の間、横書きでは、左右の字の間のこと。

と定義されている。しかしながら、これまでの書道・書法研究においては、字間は「広い」あるいは「狭い」という定性的なものであって、定量的な考え方はほとんどない。ここで「字間が広い」と言ったときの字間の広さというものを数値化することができれば、論者のいう「広い」の意味がもっと明確なものになるであろう。

「行の揺れ」を重心間を結ぶ直線の角度によって決定する。「文字の大小変化」はとなりあう2

文字の距離によって決定する。

最後に、これらの値の関係から個人の書法を特徴づけ、これらの鑑定にまで応用していきたい。

次章では、書を数式化するための定義について述べる。

2 書の数式処理

[定義 1: 書と文字]

本論では、書を非常に細かな「点」の集合とみなす。各「点」は適当な2次元直交座標系の整数格子点に乗っているものとする。

書(点の集合)に対し、書に含まれる各文字は、書の点の部分集合であるとみなす。なお、本論では連綿は1つの文字とみなすことにするので、各文字同士の交わりは空集合となる。□

[定義 2: 文字の重心点]

文字 C に対しその重心 $C_G = (x_G, y_G)$ は以下の式を満たすものとする。

$$\sum_{C \ni (x_i, y_i)} (x_G - x_i) = \sum_{C \ni (x_i, y_i)} (y_G - y_i) = 0$$

□

ここでいう重心とは、数学でいう重心であって、直観的には、各文字の黒い部分を平らな板に切り抜いた時のつりあいの中心である。



図 1: 文字の重心点

例えば、図1の「泉」の字では、○で示す点となる。重心は、座標軸とは独立に決定されるものであり、文字を拡大・縮小・回転させてもその位置は変わらない。上記の定義もこの条件を満たしている。なお、複数の文字に対しても一つの重心を定義できるものとする。

[定義 3: 文字の包絡長方形]

文字 C の包絡長方形 C_T $\begin{cases} x = u \cos \alpha - v \sin \alpha \\ y = u \sin \alpha + v \cos \alpha \end{cases}$ (ただし u, v は媒介変数で $\begin{pmatrix} u_{\min} \leq u \leq u_{\max} \\ v_{\min} \leq v \leq v_{\max} \end{pmatrix}$) は

$$\forall (x_i, y_i) \in C, \begin{cases} u_{\min} \leq x_i \cos \alpha + y_i \sin \alpha \leq u_{\max} \\ v_{\min} \leq y_i \cos \alpha - x_i \sin \alpha \leq v_{\max} \end{cases}$$

を満たすもののうち、その面積

$(u_{\max} - u_{\min})(v_{\max} - v_{\min})$ を最小にするものとする。□

ここでいう包絡長方形とは、数学でいう凸包のうち、長方形の場合であり、かつ面積最小のものである。

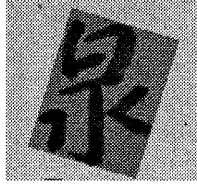


図 2: 文字の包絡長方形

例えば、図 2 のようになる。包絡長方形は、座標軸とは独立に決定されるものべきで、文字を拡大・縮小・回転させてもその位置は変わってはならない。上記の定義もこの条件を満たしている。なお、複数の文字に対しても 1 つの包絡長方形を定義できるものとする。

[定義 4: 字間]

文字 C と D に対し、その字間 K_{CD} を以下の式で定義する。

$$K_{CD} = \sqrt{\frac{(x_{CG} - x_{DG})^2 + (y_{CG} - y_{DG})^2}{\sqrt{C_T \text{ の面積}} \cdot \sqrt{D_T \text{ の面積}}}}$$

ただし、 (x_{CG}, y_{CG}) は C の重心、 (x_{DG}, y_{DG}) は D の重心。

□

ここでいう字間とは、例えば包絡長方形が同じ大きさの正方形になるような 2 つの文字を考えた時、それらの重心の間の距離を正方形の辺の長さで割ったものである。直観的には、重心間距離を文字の大きさで割ったものといえるだろう。これによって、小さい字が 2 つ並んでいる場合と大きい字が同じように 2 つ並んでいる場合とでは、小さい字の方が字間が広く見えることを数値に反映させることができる。字間は、座標軸とは独立に決定されるべきで、文字を拡大・縮小・回転させてもその位置は変わってはならない。上記の定義はこの条件を満たしている。

[定義 5: 行の揺れ]

1 行に並んだ文字 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ に対し、行の揺れを以下のように定義する。

$$\frac{1}{n-1} \sum_{j=1, n-1} \left| \tan^{-1} \frac{y_{C_{j+1}} - y_{C_j}}{x_{C_{j+1}} - x_{C_j}} - \tan^{-1} \frac{y_{C_n} - y_{C_1}}{x_{C_n} - x_{C_1}} \right|$$

ただし (x_{C_j}, y_{C_j}) は C_j の重心。

□

ここでいう行の揺れとは、1 番上の文字の重心と 1 番下の文字の重心を結ぶ線を考え、となりあった二文字の重心を結ぶ線を考えた時、それらの角度差の平均である。行の揺れは、座標軸とは独立に決定されるべきで、文字を拡大・

縮小・回転させてもその値は変わってはならない。上記の定義はこの条件を満たしている。

[定義 6: 文字の大小変化]

1 行に並んだ文字 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ に対し、各文字の包絡長方形の面積を $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ とするとき、文字の大小変化を以下のように定義する。

$$\frac{n}{n-1} \cdot \frac{\sum_{j=1, n-1} |S_{j+1} - S_j|}{\sum_{j=1, n} S_j}$$

□

ここでいう文字の大小変化とは、となりあう 2 文字の面積の差を 1 行の全文字の面積の総和で正規化したものである。文字の大小変化は、座標軸とは独立に決定されるべきで、文字を拡大・縮小・回転させてもその値は変わってはならない。上記の定義はこの条件を満たしている。

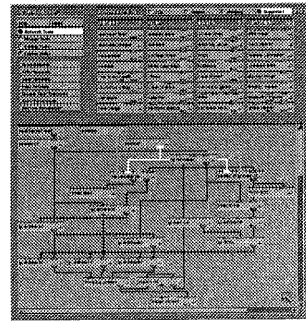


図 3: AVS ネットワーク

3 書のコンピュータ処理

前章で述べた定義に従い、実際に重心と包絡長方形を与えられた書に対して求めるプログラムを、AVS 上のモジュールとして実現した。図 3 に実際に用いた AVS ネットワークを示す。なお、以下では処理例として、八大山人¹の「醉翁吟」² (図 4) を用いることにする。

3.1 文字の重心点の抽出

文字の重心はネットワーク中の“center of gravity 2D”を中心に抽出される。実際の処理は大まかに以下になる。

1. sketch roi モジュールで書の 1 文字分の領域を切り出す
2. ip threshold モジュールで切り出された領域中の黒の部分を取り出す

¹ 朱耷(1625-1705?), 明末清初の人。字は雪个, 八大山人と号した。江西南昌の人。

² 1695 年作。紙本墨書。卷子。30.3cm × 292.8cm

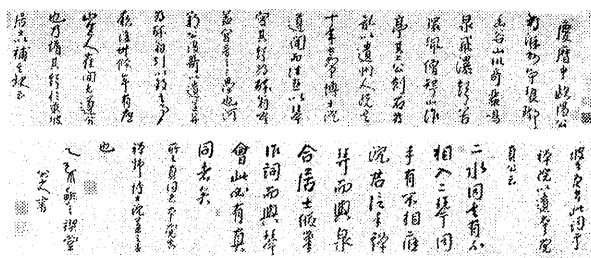
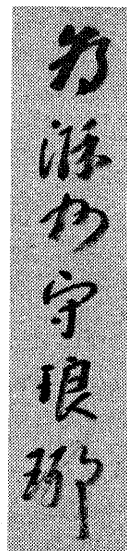


図 4: 八大山人「酔翁吟」



為 滁 州 守 琅 琊

図 7: 字間

3. center of gravity 2D モジュールで重心を計算し、write field モジュールでファイルに出力する
4. irreg to roi, ip dilate モジュールで重心点を○の形にヴィジュアライズする
5. ip arithmetic と combine scalars で元の書の上に重心点を重ね、image viewer で表示する
6. 1 に戻って次の文字を再び切り出す
これを繰り返して重心を得た例を図 5 に示す。

4 考察

3.2 文字の包絡長方形の抽出

文字の包絡長方形はネットワークの中の“rectangular roi”を中心に抽出される。実際の処理は大まかに以下ようになる。

1. sketch roi モジュールで書の 1 文字分の領域を切り出す
2. ip threshold モジュールで切り出された文字の領域の黒の部分を取り出す
3. rectangular roi モジュールで黒の部分全てを囲む最小の長方形を計算し、write field モジュールでファイルに出力する
4. ip arithmetic と combine scalars で元の書の上に長方形を重ね image viewer で表示する
5. 1 に戻って、次の文字を再び切り出す

これを繰り返して包絡長方形を得た例を図 6 に示す。

3.3 字間、行の揺れ、文字の大小変化の計算

3.1 で得られた重心データ、3.2 で得られた包絡長方形データに基づき、字間、行の揺れ、文字の大小変化を一度に計算するプログラムを Unix の awk スクリプトとして実現した。プログラムは前章での定義をそのままスクリプト化したもので、割りとコンパクト (100 行弱) である。

このプログラムを用いて図 5・6 に示された行を処理したところ、表 1 に示す結果が得られた。

前章で用いた「酔翁吟」の例に基づいて、本章では本研究の手法の効果について考察してみることとする。

4.1 字間

図 7 の例では、初めの文字と二文字目の字の間隔は離れており、二文字目と三文字目、三文字目と四文字目はややくっついている。

実際にこの行を、本研究の手法に基づいて処理してみたところ、字間は上から順に 3.00973, 2.13083, 2.52387, 2.42194, 2.12506 となった。すなわち「字の間隔が離れている」文字同士の字間は大きく、「くっついている」文字同士の字間はそれに比べ小さくなっていることから、本研究の定義を用いれば字の間隔を定量的に「字間」という形で測れることがわかる。³

4.2 行の揺れ

図 8 の例では (A) の方が文字がふらふら揺れている様に思われる。

実際にこれらの行を、本研究の手法の基づいて処理を行なった結果、行の揺れは (A) 0.123 で (B) 0.015 となった。

³なお、この「酔翁吟」の全行について字間を処理したところ、52 行中 31 行において最初の字間が大きくなっており、これは「酔翁吟」の一特徴となっていることがわかった。

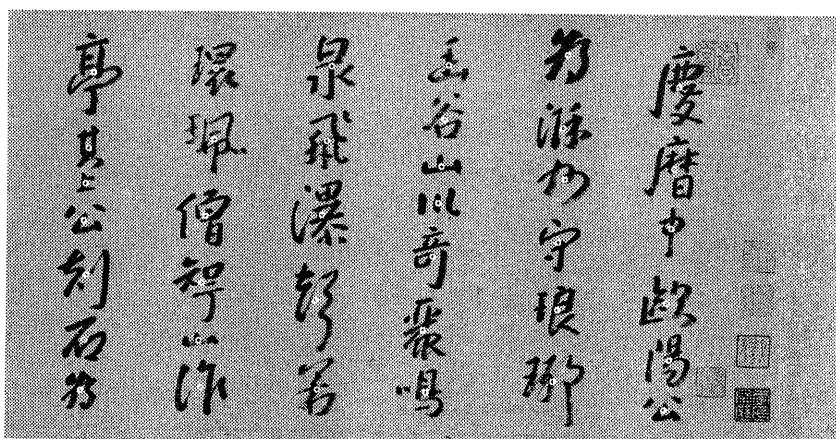


図 5: 重心点の抽出

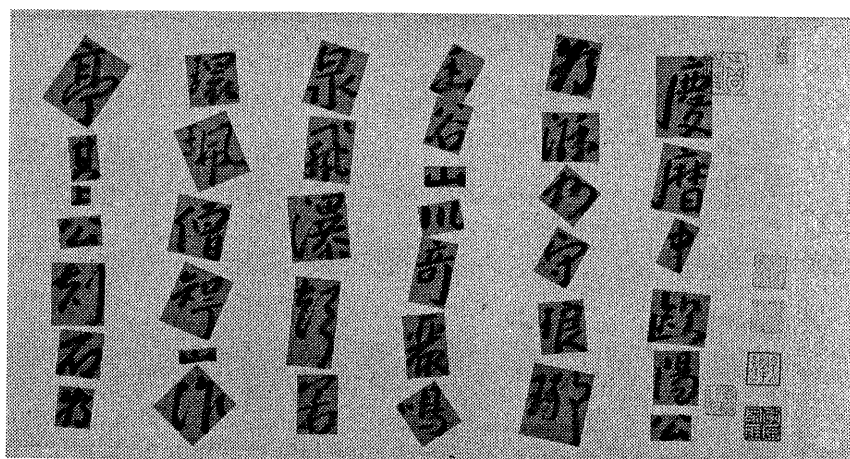


図 6: 包絡長方形の抽出

表 1: 図 5・6 の字間、行の揺れ、文字の大小変化

6 行目	5 行目	4 行目	3 行目	2 行目	1 行目	
3.69648	2.67196	2.97526	2.39307	3.00973	3.10293	字間
2.21488	2.80604	2.55544	2.41745	2.13083	2.63863	
1.62073	2.24673	2.75233	1.62600	2.52387	2.54717	
1.82772	3.01249	3.09970	1.96039	2.42194	1.99702	
2.39452	1.43673		2.58624	2.12506	2.07773	
1.93830			2.13215			
0.034	0.037	0.035	0.039	0.041	0.037	行の揺れ
0.721	0.559	0.227	0.283	0.275	0.532	大小変化

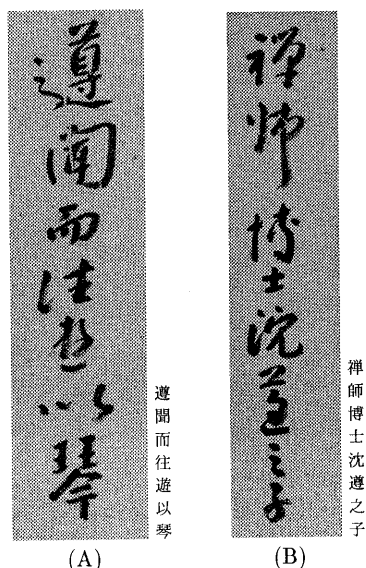


図 8: 行の揺れ

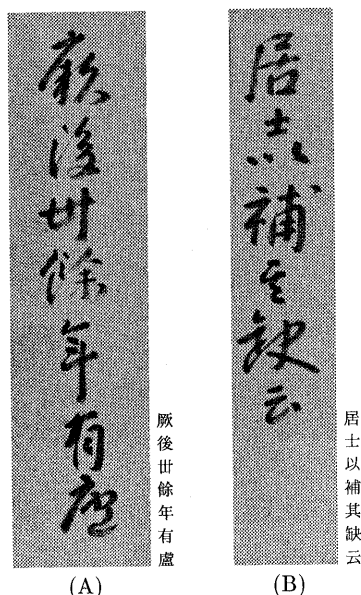


図 9: 文字の大小変化

先ほど観念的に『行がふらふら揺れている』などとしか説明出来なかったものが本研究の手法を用いることにより「どのくらいふらふらなのか」ということが数値に反映されている。つまり定量化できるといえる。

4.3 文字の大小変化

図 9 の (A) と (B) では、(A) は文字の大きさが揃っているように見えるのに対し、(B) は大きさが、てんでばらばらに見える。

実際にこれらの行を、本研究の手法に基づいて処理を行なった結果、(A)0.269、(B)1.215 という「大小変化」の値が得られた。このことから『てんでばらばら』などといった観念的、抽象的な表現を本研究の方法を用いることにより定量化できるといえる。

5 まとめ

書における重心、字間、行の揺れ、大小変化を定量的に分析する手法について述べた。これまでの書道・書法研究の分野では、このような定量的手法は全く用いられておらず、本手法は今後の書道・書法研究の流れを大きく変えていくものと思われる。

又、本研究は、これまで経験と勘のみに頼っていた書の鑑定と呼ばれる分野に科学的方法論を導入する糸口となるであろう。

今後十分なデータを集めることで、鑑定への応用を考えていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重な資料を提供して下さいました泉屋博古館に感謝致します。また、AVS についてご助言ご協力下さいました京都大学大型計算機センターの皆様にも感謝致します。

参考文献

- [1] 藤原宏他編: 書写・書道用語辞典, 第一法規 (1978).
- [2] 栗田多喜夫: 柔らかな情報処理のための統計的手法の応用に関する研究, 電子技術総合研究所報告 957, p.132-133 (1993).
- [3] 山田奨治: 高次局所自己相関特徴による古文書かな文字認識, 情報処理学会研究報告 95-CH-25, p.21-30 (1995).
- [4] 柴山守他: ビデオによる古文書画像の入力と文字抽出について, 京都大学大型計算機センター第 52 回研究セミナー報告, p.3-11 (1996).