

MT システム教育用教材の開発

Development of Teaching Materials for Mahalanobis-Taguchi System

有限会社 増田技術事務所 増田 雪也

1. はじめに

MT システムは、パラメータ設計に比べると、シンプルで導入しやすい手法である。しかし、「マハラノビスの距離」という聞き慣れない用語が存在するため、難解な手法であると誤解されている。この難解と思われている手法を普及するためには、まず一度、この手法を体験してみるのが一番であると考え、手軽に MT システムを体験できる教材を開発することにした。

2. MT システム教育用教材

今回、MT システムの教育用に 2 つの教材を考案した。図 1 にその教材の概要を示す。

1 つ目の教材は、「シンプルな教材」である。これは MT システムの解析過程をイメージしやすくするために、シンプルな数値データで解析する教材である。具体的には、キーボードから「ラーメン (ra-men)」を打鍵して、個人を判別する教材である。

2 つ目の教材は、「波形データを解析する教材」である。これは MT システムで波形データをどのように扱うのかを体験する教材である。具体的には、ひらがなの「ま」を手書きして、その波形データを変化量と存在量で解析し、個人を判別する教材である。

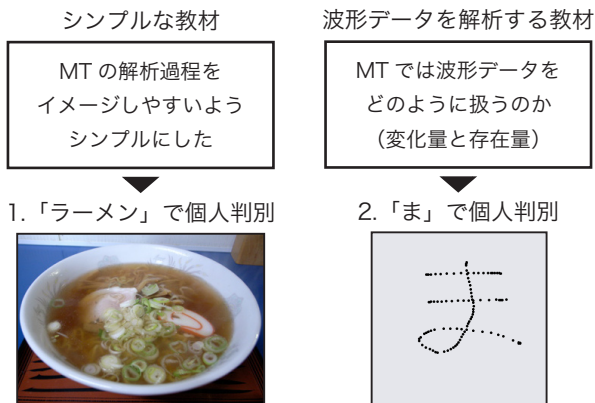


図 1 MT システム教育用教材

Setsuya Masuda (info2qe@abox3.so-net.ne.jp)
Masuda Engineering Consultant Office, Inc.

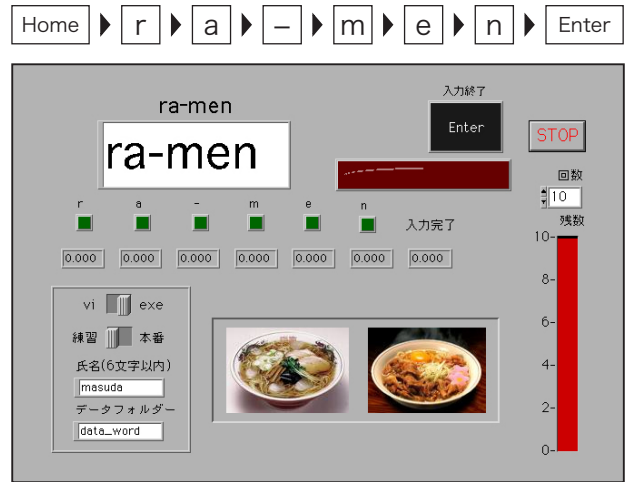


図 2 「ra-men」入力用教材

2.1 「ラーメン」で個人判別

2.1.1 「ra-men」入力用教材

図 2 に「ra-men」入力用教材 (専用ソフトウェア) を示す。この PC 画面を見ながら、キーボードから [[Home] → [r] → [a] → [-] → [m] → [e] → [n] → [Enter]] を打鍵する。すると、打鍵の時間間隔が数値データとして PC に自動的に保存されるようになっている。

2.1.2 実際に実施した事例 (その 1)

この教材を用いて、実際に実施した事例を紹介する。この事例の目的は、「ra-men」入力用教材を用いて、A 氏とその他の人たち (B 氏～F 氏) の判別を行うことである。その概要を図 3 に示す。

MT システムの手順は、以下の通りである。

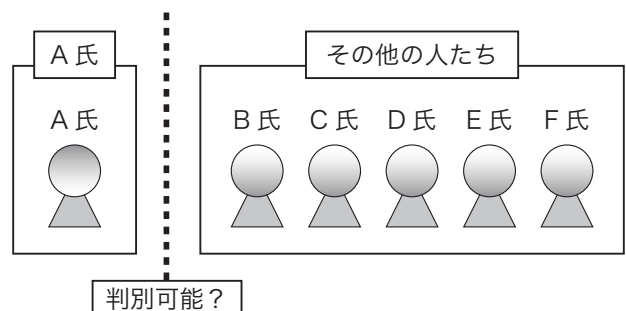


図 3 実際に実施した事例 (その 1) の概要

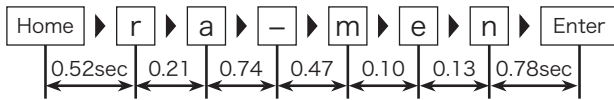


図4 測定項目（キー打鍵の時間間隔）

表1 A氏（単位空間）のデータ

	r	a	-	m	e	n	Enter
A氏のデータ1	2.62	0.05	0.26	0.31	0.14	0.16	0.66
A氏のデータ2	0.37	0.09	0.50	0.28	0.10	0.13	0.46
A氏のデータ3	0.32	0.06	0.23	0.30	0.11	0.14	0.53
A氏のデータ4	0.29	0.05	0.37	0.28	0.11	0.11	0.47
...
A氏のデータ48	0.32	0.06	0.20	0.42	0.13	0.11	0.57
A氏のデータ49	0.40	0.05	0.18	0.37	0.13	0.09	0.57
A氏のデータ50	0.32	0.07	0.12	0.34	0.11	0.13	0.57

表2 その他の人たち（判別対象）のデータ

	r	a	-	m	e	n	Enter
B氏のデータ1	0.44	0.10	0.22	0.36	0.12	0.15	0.47
...
B氏のデータ10	0.28	0.10	0.19	0.34	0.11	0.13	0.46
C氏のデータ1	1.21	0.20	0.41	0.56	0.12	0.29	0.96
...
C氏のデータ10	0.65	0.13	0.35	0.48	0.10	0.11	0.48
D氏のデータ1	0.50	0.25	0.33	0.58	0.27	0.49	0.49
...
D氏のデータ10	0.70	0.17	0.38	0.43	0.18	0.49	1.28
E氏のデータ1	0.25	0.08	0.42	0.25	0.16	0.13	0.35
...
E氏のデータ10	0.23	0.08	0.42	0.21	0.16	0.09	0.36
F氏のデータ1	0.77	0.17	1.60	0.67	0.10	0.61	0.53
...
F氏のデータ10	0.53	0.19	0.70	0.31	0.12	0.15	0.63

氏名	MD値
B氏	データ1: 2.4, 2: 7.9, 3: 6.3, 4: 8.5, 5: 4.1, 6: 4.4, 7: 4.1, 8: 5.5, 9: 5.7, 10: 2.0
C氏	データ1: 38.8, 2: 107.7, 3: 131.8, 4: 187.0, 5: 283.4, 6: 11.8, 7: 63.7, 8: 10.5, 9: 110.4, 10: 7.8
D氏	データ1: 98.9, 2: 119.6, 3: 231.4, 4: 71.0, 5: 75.1, 6: 122.8, 7: 79.1, 8: 150.1, 9: 42.4, 10: 76.0
E氏	データ1: 1.3, 2: 1.7, 3: 2.5, 4: 2.3, 5: 1.4, 6: 1.7, 7: 1.7, 8: 2.1, 9: 3.1, 10: 1.1
F氏	データ1: 178.3, 2: 59.6, 3: 44.4, 4: 32.8, 5: 32.6, 6: 704.5, 7: 101.4, 8: 430.1, 9: 69.2, 10: 26.8

図5 その他の人たち（判別対象）のMD値

1) どんなデータを取るのかを検討する（測定項目の検討）

MTシステムの手順としてまず最初に行うことは、どんなデータを取るのかを検討することである。つまり、測定項目の検討である。図4に示すように「ra-men」入力用教材からは、キー打鍵の時間間隔データが得られる。8つのキーの時間間隔であるので、「測定項目数 = 7」ということになる。

2) 正常品 (A氏) のデータをなるべく多く集める

次に行うのは、正常品つまり単位空間として設定する「A氏」のデータをなるべく多く集めることである。MTシステムによる解析では、測定項目数よりも多くのデータ数を集める必要がある。よって、7つ以上のデータが必要となる。今回は、A氏のデータを50個集めた。そのデータの一部を表1に示す。

3) 異常品 (その他の人たち) のデータを集める

次に異常品つまり判別対象となるその他の人たち (B氏～F氏) のデータを集める。判別したいデータ数は実験者の自由である。今回は各人10個のデータを集めた。そのデータの一部を表2に示す。

4) 正常品 (A氏) のデータを用いて単位空間を作る

次にA氏の50個のデータを用いて、単位空間を作る。今回、MTシステムの解析に用いたソフトは、(株) アングルトライ製のエクセルアドインソフト「MT-AddIns」である。初心者でも簡単にMTシステムの解析ができ、使い勝手に優れたソフトである。

5) 異常品 (その他の人たち) のデータのMD値を算出する

判別対象となるその他の人たちのMD値を算出した結果を、図5に示す。MT解析ソフト「MT-AddIns」を用いると、瞬時にMD値が算出される。B氏～F氏の各10データについて、それぞれMD値が得られる。

6) MD値による判別が可能か (現実と一致するか) を検証する

図6に、A氏（単位空間で採用したデータとは別のデータ）のMD値およびその他の人たちのMD値をグラフ化したものを示す。

単位空間として設定したA氏のMD値は、ほぼ1

- 1) どんなデータを取るのかを検討する (測定項目の検討)
- 2) 正常品 (A氏) のデータをなるべく多く集める
- 3) 異常品 (その他の人たち) のデータを集める
- 4) 正常品 (A氏) のデータを用いて単位空間を作る
- 5) 異常品 (その他の人たち) のデータのMD値を算出する
- 6) MD値による判別が可能か (現実と一致するか) を検証する
- 7) (必要に応じて) 異常原因の個別診断を行う

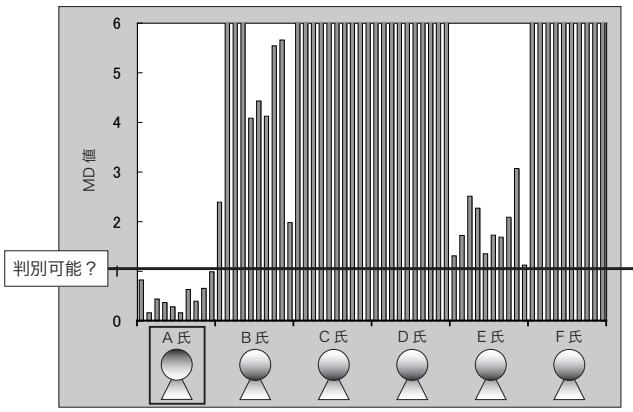


図6 A氏およびその他の人たちのMD値の比較

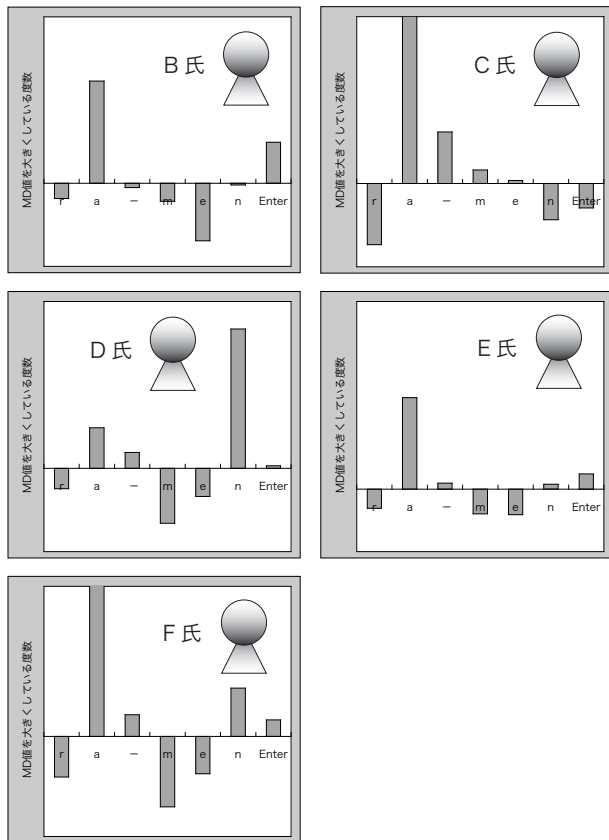


図7 その他の人たちの原因診断結果

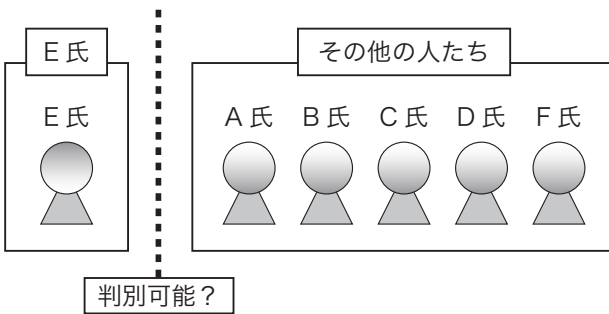


図8 実際に実施した事例（その2）の概要

に近い値となっている。その他の人たちのMD値は、1より大きな値になっている。ただし、E氏に関しては、MD値が低いデータが存在し、A氏との完全なる判別は難しいことが読み取れる。

7) (必要に応じて) 異常原因の個別診断を行う

次に異常原因の個別診断を行う。つまり、判別対象となった「その他の人たち」のMD値を大きくした要因の診断である。図7に、各人のあるデータにおける原因診断結果を示す。グラフの縦軸はMD値を大きくしている度数であり、高ければ高いほど、原因として大きな影響を与えていることを示している。全体的に、A氏とその他の人たちとの違いは、【[r] → [a]】の打鍵間隔が異なっていることが読み取れる。このような原因診断を行うことができるのが、MTシステムのメリットのひとつである。

2.1.3 実際に実施した事例（その2）

今度は、E氏を単位空間として、その他の人たち（A氏、B氏、C氏、D氏、F氏）との判別を行った事例を紹介する。その概要を図8に示す。先ほど紹介した「実際に実施した事例（その1）」と同じデータを用いているが、E氏の単位空間のデータは、新たに多く集める必要があるため、E氏から追加で40個のデータを取った。そのデータの一部を表3に示す。

解析の手順は、「実際に実施した事例（その1）」と同じである。以下、手順1)～5)の説明は省略する。

6) MD値による判別が可能か（現実と一致するか）を検証する

図9に、E氏（単位空間で採用したデータとは別のデータ）のMD値およびその他の人たちのMD値をグラフ化したものを示す。

単位空間として設定したE氏のMD値は、ほぼ1に近い値となっている。その他の人たちのMD値は、E氏に比べるとかなり大きな値となっており、判別が可能であることがわかる。

表3 E氏（単位空間）のデータ

	r	a	-	m	e	n	Enter
E氏のデータ1	0.46	0.15	0.68	0.27	0.20	0.16	0.38
E氏のデータ2	0.44	0.09	0.82	0.25	0.20	0.18	0.78
E氏のデータ3	0.61	0.09	0.74	0.26	0.19	0.14	0.62
E氏のデータ4	0.48	0.09	0.80	0.27	0.16	0.11	0.73
⋮							
E氏のデータ38	0.18	0.09	0.89	0.24	0.11	0.10	0.24
E氏のデータ39	0.20	0.09	0.40	0.22	0.15	0.23	0.29
E氏のデータ40	0.28	0.08	0.33	0.21	0.16	0.08	0.28

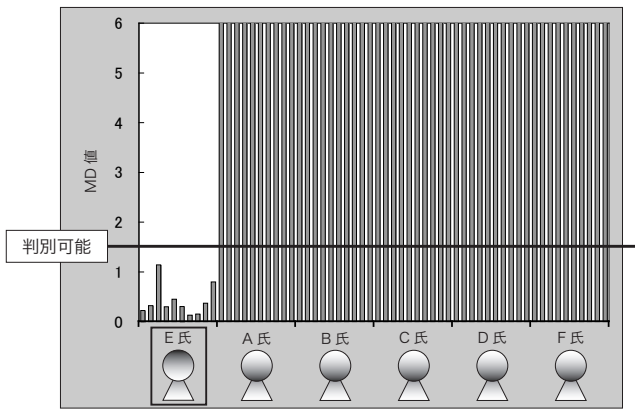


図9 E氏およびその他の人たちのMD値の比較

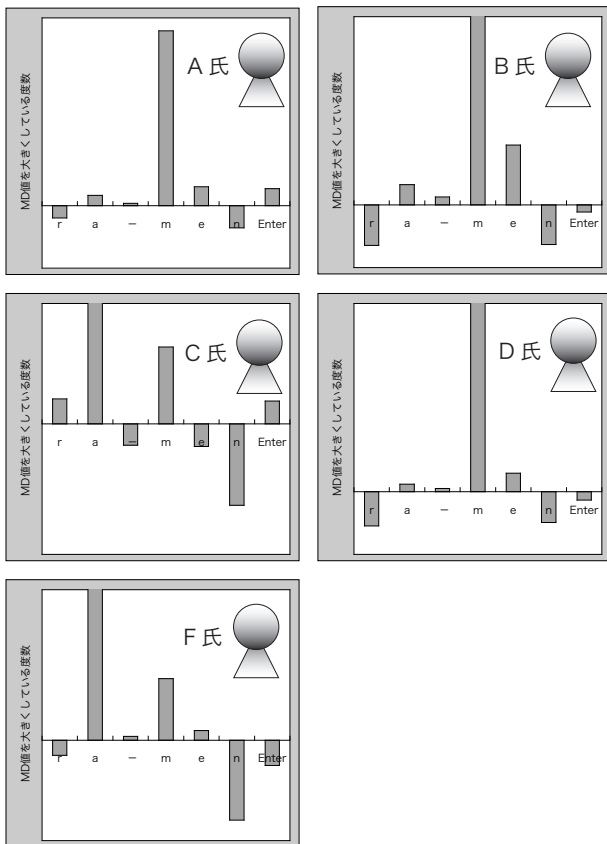


図10 その他の人たちの原因診断結果

7) (必要に応じて) 異常原因の個別診断を行う

次に異常原因の個別診断を行う。図10に各人のあるデータにおける原因診断結果を示す。E氏とその他の人たちの違いは、【[-] → [m]】または【[r] → [a]】の打鍵間隔が異なっていることが読み取れる。

2.2 「ま」で個人判別

2.2.1 「ま」入力用教材

図11に、「ま」入力用教材(専用ソフトウェア)を示す。また、図12に「ま」を手書きする際に用いるペンタブレット、および図13にそれを使って手書き入力している様子を示す。PC画面を見ながら、ペンタブレットから「ま」を手書き入力する。手書き後のPC画面を図14に示す。手書きされた筆跡および手書きの波形データがPC画面に表示され、数値データとしてPCに自動的に保存される。



図12 ペンタブレット



図13 ペンタブレットで手書き入力している様子

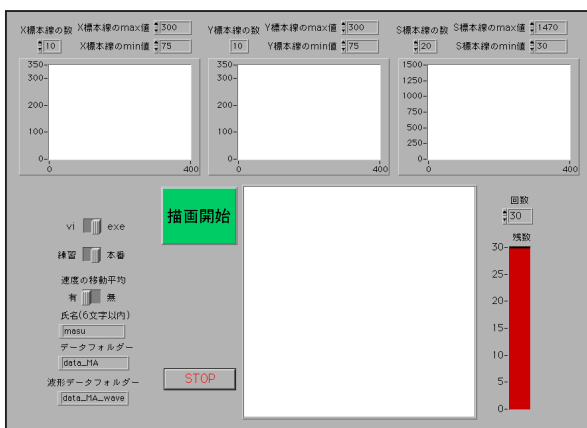


図11 「ま」入力用教材

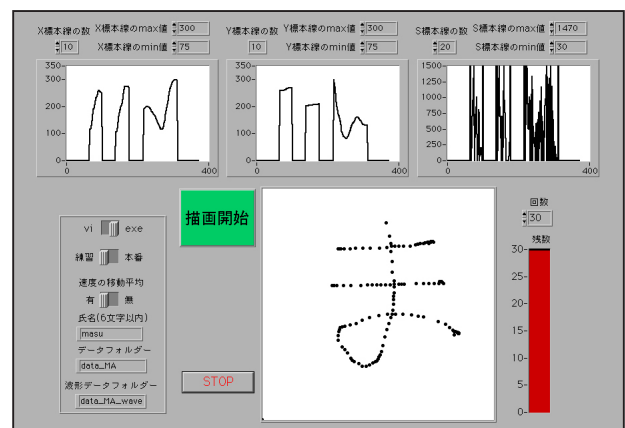


図14 手書き後のPC画面

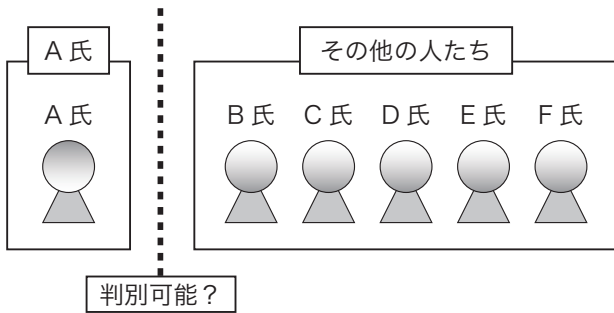


図 15 実際に実施した事例の概要

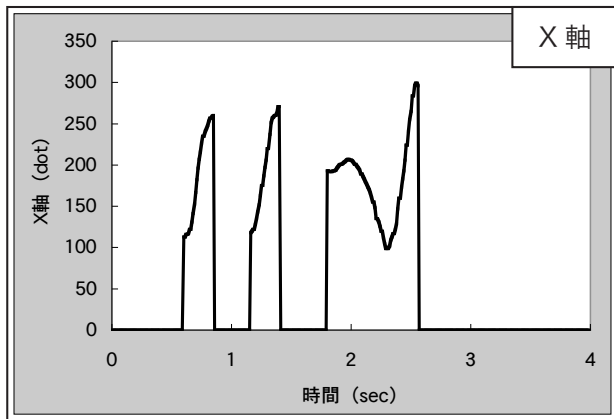


図 16 「ま」入力用教材から得られたデータ (X軸)

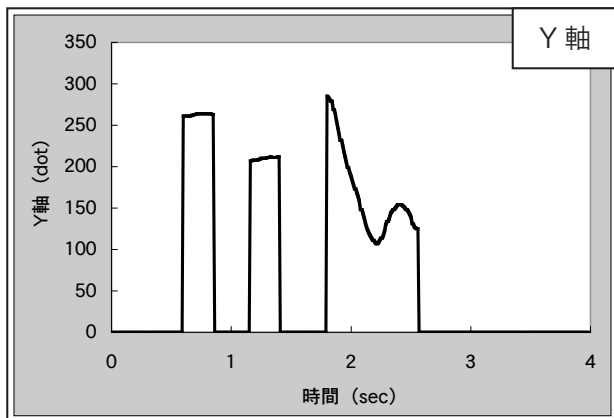


図 17 「ま」入力用教材から得られたデータ (Y軸)

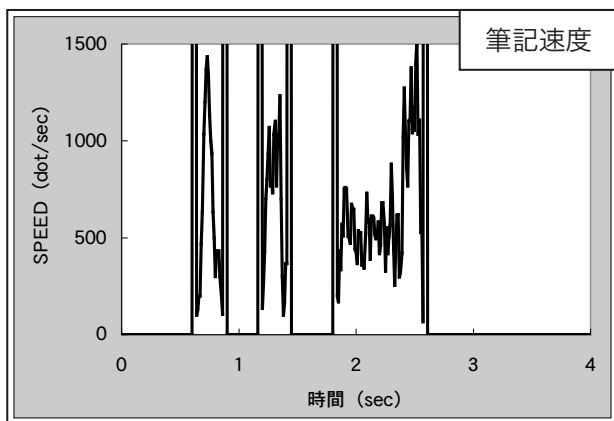


図 18 「ま」入力用教材から得られたデータ (筆記速度)

2.2.2 実際に実施した事例

この教材を用いて、実際に実施した事例を紹介する。この事例の目的は、「ま」入力用教材を用いて「ま」を手書き入力し、A氏とその他の人たち (B氏～F氏) の判別を行うことである。その概要を図 15 に示す。

1) どんなデータを取るのかを検討する (測定項目の検討)

まずは測定項目の検討を行う。「ま」入力用教材からは、図 16 (X軸)、図 17 (Y軸)、図 18 (筆記速度 SPEED) に示すデータが得られる。これらはいずれも横軸が時間 (0.01sec × 400 個 = 4sec 間) である。縦軸は、X軸 (dot)、Y軸 (dot)、筆記速度 (dot/sec) の値である。従来の手書き文字認識では、書いた後の文字を解析する静的な文字認識¹⁾が多い。今回の文字認識の場合は、筆記している最中の動的な文字認識データを解析している。

これらのデータは、1 サンプルで X 軸 (400 個)、Y 軸 (400 個)、筆記速度 (400 個)、合計で 1200 個である。よって、単位空間作成用のデータ数としては、1200 以上という多数のサンプル数が必要となる。1200 回の「ま」手書き入力は、かなり苦痛であるので、波形データをシンプルに特徴化する工夫が必要である。そこで今回は、「変化量」と「存在量」という方法によって、特徴化することにした。

変化量と存在量の説明をする。図 19 にその概要を示す。解析しようとする波形に対して、「標本線」と呼ばれる水平な線を何本か引く。この標本線と波形の交差するポイントの数が「変化量」である。図 19 に示すように、標本線毎に「変化量」を求める。

「存在量」とは、波形の下側のエリアと標本線が重なっているトータルの長さである。図 19 に示すように、標本線毎に「存在量」を求める。このように各波形をシンプルな数値 (変化量と存在量) に変換していく。

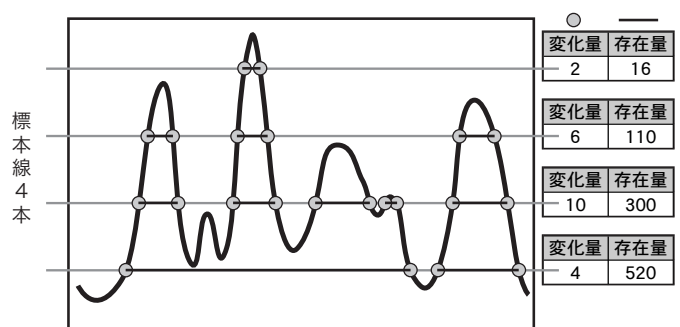


図 19 変化量および存在量

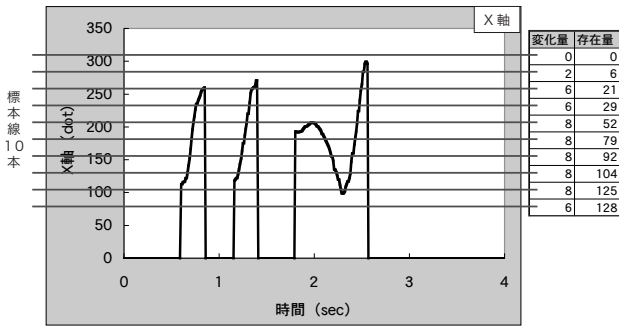


図 20 X 軸の変化量および存在量

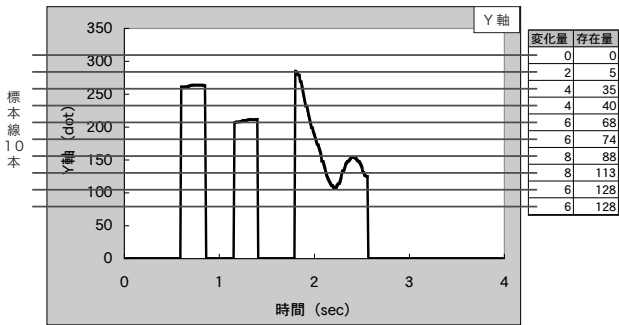


図 21 Y 軸の変化量および存在量

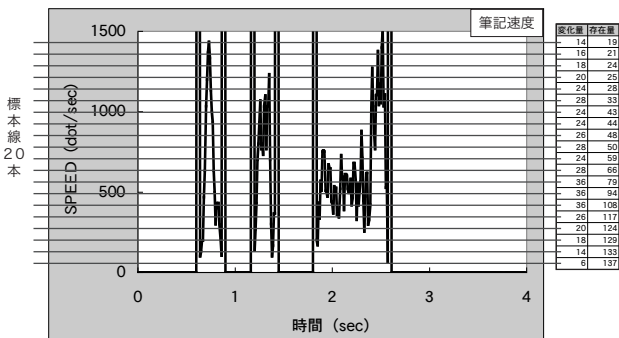


図 22 筆記速度 (SPEED) の変化量および存在量

あるデータ (X 軸) を「変化量」と「存在量」に変換した例を、図 20 に示す。実際の変換は、手作業では手間がかかるため、専用ソフトウェアを用いて変換を行った。

また、あるデータ (Y 軸) を「変化量」と「存在量」に変換した例を、図 21 に示す。

更に、図 22 に筆記速度 (SPEED) を変化量と存在量に変換した例を示す。標本線は、X 軸や Y 軸よりも多めの 20 本に設定した。

2) 正常品 (A 氏) のデータをなるべく多く集める

次に正常品つまり単位空間として設定する A 氏のデータをなるべく多く集める。「測定項目数 = 80」であるので、80 個以上のデータが必要となる。今回

表 4 A 氏 (単位空間) のデータ

	変化量	存在量	変化量	...	存在量	変化量	存在量
A氏のデータ1	6	87	6	...	18	12	18
A氏のデータ2	6	86	6	...	18	12	18
A氏のデータ3	6	85	6	...	18	12	18
A氏のデータ4	6	84	6	...	18	12	18
...
A氏のデータ207	6	84	6	...	18	12	18
A氏のデータ208	6	87	6	...	18	12	18
A氏のデータ209	6	86	6	...	18	12	18
A氏のデータ210	6	88	6	...	18	12	18

表 5 その他の人たち (判別対象) のデータ

	変化量	存在量	変化量	...	存在量	変化量	存在量
B氏のデータ1	6	89	6	...	18	12	18
...
B氏のデータ30	6	94	6	...	18	12	18
C氏のデータ1	6	112	8	...	18	12	18
...
C氏のデータ30	6	83	6	...	25	20	24
D氏のデータ1	6	97	6	...	22	16	20
...
D氏のデータ30	6	91	6	...	21	16	20
E氏のデータ1	8	93	8	...	18	12	18
...
E氏のデータ30	6	95	6	...	18	12	18
F氏のデータ1	6	133	6	...	18	12	18
...
F氏のデータ30	6	83	6	...	22	14	19

氏名	MD値
B 氏	データ1 30381, データ2 30373, データ3 30373, データ4 30389, データ5 30368, ...
C 氏	データ1 60917, データ2 303513, データ3 151790, データ4 12, データ5 30364, ...
D 氏	データ1 1153934, データ2 11729730, データ3 7595535, データ4 1791970, データ5 303733, ...
E 氏	データ1 182935, データ2 610996, データ3 350058, データ4 530375, データ5 303719, ...
F 氏	データ1 25647140, データ2 30383, データ3 30371, データ4 563611, データ5 2549542, ...

図 23 その他の人たち (判別対象) の MD 値

は A 氏のデータを 210 個集めた。そのデータの一部を表 4 に示す。

3) 異常品 (その他の人たち) のデータを集める

次に異常品つまり判別対象となるその他の人たち (B 氏～F 氏) のデータを集める。今回は各人 30 個のデータを集めた。そのデータの一部を表 5 に示す。

4) 正常品 (A 氏) のデータを用いて単位空間を作る

次に A 氏の 210 データを用いて、単位空間を作る。

5) 異常品 (その他の人たち) のデータの MD 値を算出する

判別対象となるその他の人たちの MD 値を算出した結果の一部を図 23 に示す。

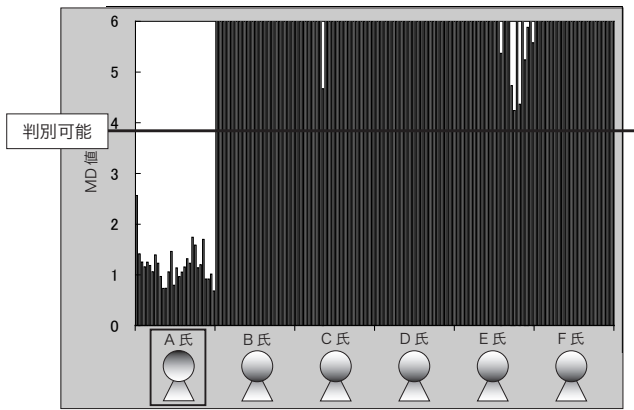


図 24 A 氏およびその他の人たちの MD 値の比較

6) MD 値による判別が可能か (現実と一致するか) を検証する

図 24 に、A 氏およびその他の人たちの MD 値をグラフ化したものを示す。

単位空間として設定した A 氏の MD 値は、ほぼ 1 に近い値となっている。その他の人たちの MD 値は、A 氏に比べるとかなり大きな値となっており、判別が可能であることがわかる。

3. MT システム初心者セミナー

今回開発した教材を取り入れた初心者セミナーでは、以下のような内容で講義を行っている。

-
- 第 1 章 MT システムの概要
- 第 2 章 異常原因の個別診断
- 第 3 章 MT 解析ソフト「MT-AddIns」の使い方
- 第 4 章 体験「MT で個人を判別する」(MT 教材の活用)
- 第 5 章 波形処理 (存在量と変化量)
- 第 6 章 MT の事例紹介
- 第 7 章 生産ラインでの MT の活用
- 第 8 章 連続データのリアルタイム解析
- 第 9 章 測定項目を検討する演習
- 【付録】 MT の数理
-

このセミナーの特徴としては、「MT 教材の活用」の他に、生産ラインで MT をどのように活用するかを具体的に紹介する「生産ラインでの MT の活用」や、測定項目の設定に慣れるための演習「測定項目を検討する演習」を盛り込んでいる。また、「MT の数理」については、セミナー配布テキスト内に記述されているのみで、講義での説明は省略している。その理由は、「MT の数理」を説明しようとすると、どうしても数学的な説明になり、「難解」という印象が強くなってしまうからである。大切なのは「MT の数理の理解」ではなく、「MT の実践」であると考えている。ただし、「MT の数理」に強い興味を抱く受講者もいるため、テキスト内でその知識が得られるようにしている。

4. さいごに

今回、MT システムを普及するための教育用教材を開発することで、初心者に対して MT システムのメリットや考え方をシンプルに伝えることができた。今後は、この教材を取り入れたセミナーを通して、MT システムを広く普及したいと考えている。みなさんもぜひ、身近な教材で MT システムを体験してみたいはいかがでしょうか。

■参考文献

- 1) 鴨下隆志, 奥村健一, 高橋和仁, 増村正男, 矢野宏: 文字認識におけるマハラノビスの距離による判定の研究, 品質工学, Vol.6, No.4, pp.270-273, 1998
- 2) 高橋和仁, 鴨下隆志, 矢野宏: 手書き文字の認識, 第 13 回品質工学会研究発表大会論文集, (2005), pp.306-309