

2024年度 デミング賞受賞報告講演会

品質管理から学んだこと

株式会社 エリアビジョン 取締役会長

山梨大学 名誉教授 新藤久和

品質管理から学んだこと

1. 品質管理との出会い
2. アイデアは非日常から
3. 温故知新
4. 人財の育成

1

品質管理と出会って、今年でちょうど50年になり喜寿を迎えました。この節目の年にデミング賞特別功労。実践賞を受賞することは、これまでご指導いただいた赤尾洋二先生、吉澤正先生をはじめ多くの先生方、諸先輩のおかげであり、これら多くの先生方・諸先輩に感謝を申し上げる機会をいただいたものと思っております。50年という長い間には、いろいろな出来事がありましたが、その中からわたくしが学んだことを、ここに示す4つに絞ってお話しさせていただきます。この発表とは別に発表要旨も公開されますので、そちらの方もご参照いただければ幸いです。

1. 品質管理との出会い

1972年3月山梨大学大学院電子工学専攻修士課程修了

工学部計算機科学科（1970年設立）の助手に採用

赤尾洋二先生の研究室に配属

結婚を機に品質管理の勉強を願い出る

日本科学技術連盟のベーシックコース（46BCT）
を紹介され書記として参加

その後、東京大学から着任された吉澤正先生の研究室との交流・共同研究

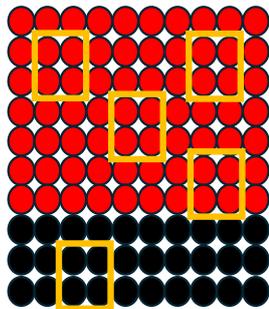
2

大学院では手書き数字のパターン認識を研究していました。研究は、熱意だけではなく、専門知識や道具が必要なことを痛感させられました。修士修了と同時に、2年前に新設された計算機科学科の助手として大学に残ることになり、応用化学科から移られた赤尾洋二先生の助手に採用されました。研究室には、応用化学の大学院生がおり、分野の違う学生からの質問に答えられない危機感に苛まれました。そこで、結婚を機に品質管理の勉強を申し出て、日本科学技術連盟のベーシックコースの書記を紹介していただいたのが品質管理との出会いになります。その後、東京大学から着任された吉澤正先生の研究室との交流や共同研究ができるようになりました。

2. アイデアは非日常から

固体混合の統計的混合度に関する研究

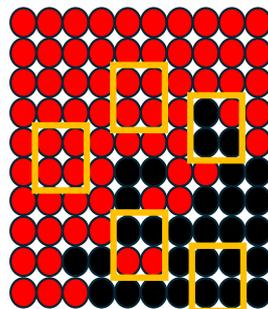
完全分離状態



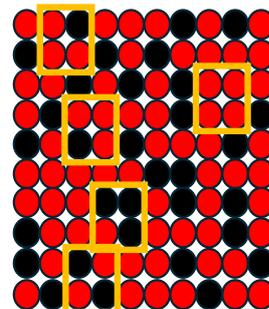
黒玉 (1) の数

$$\frac{0}{4} \quad \frac{0}{4} \quad \frac{0}{4} \quad \frac{4}{4}$$

不完全混合状態


$$\frac{0}{4} \quad \frac{0}{4} \quad \frac{2}{4} \quad \frac{3}{4}$$

完全混合状態


$$\frac{0}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{2}{4} \quad \frac{3}{4}$$

3

赤尾先生から教えていただいた、アイデアは非日常からということについてお話ししたいと思います。赤尾先生は応用化学科の時代から固体混合における統計的混合度について研究されてきました。混合の過程は完全分離状態から完全混合状態まで変化します。固体混合では、混ざり具合（混合度）に関心があり、有名なLaceyの混合度は、図に示すように、いくつかの粒子をまとめてサンプリングし、着目成分の比率のサンプル間の分散に基づいて混合度を推定していました。4個中の黒玉の数を表示していますが、黒玉の数をみると、混ざり具合を表せることが直感的にわかると思います。

混合状態を記述するベータ二項モデル

$$\begin{aligned} \Pr[X = x] &= \int_0^1 \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \times \frac{p^{\tau p'-1} (1-p)^{\tau(1-p')-1}}{B(\tau p', \tau(1-p'))} dp \\ &= \binom{n}{x} \frac{B(x+\tau p', n-x+\tau(1-p'))}{B(\tau p', \tau(1-p'))}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

$$\mu = E(X) = np'$$

$$\sigma^2 = V(X) = \frac{1}{\tau+1} n^2 p'(1-p') + \frac{\tau}{\tau+1} np'(1-p')$$

$$= (1-M) n^2 p'(1-p') + M np'(1-p')$$

$$\text{混合度 } M = \frac{\tau}{\tau+1}, \quad (\tau > 0)$$

$M=1$ (完全混合状態) 二項分布

$M=0$ (完全分離状態) 二点分布

4

コンピュータシミュレーションでLaceyの混合度の推定精度を検討しましたが、混合状態はいろいろあるため、どうしても混合状態のモデルが必要になりました。そこで、大きさ n のサンプルに含まれる着目粒子の数を表す確率変数を X 、その実現値を x とします。混合物の母比率を p' とし、局所的な比率 p が β 分布に従い、 p が与えられたもとでの条件付き分布が二項分布となる複合分布の周辺分布の和で混合状態を記述する β 二項分布によるモデルが吉澤先生から提案されました。分散が、混合度に関する加重平均で表されることがわかります。これにより、Laceyの混合度の精度を明らかにすることができました。

計数値の管理図にはなぜ範囲の管理図がないのか

計量値の代表的な管理図は $\bar{X} - R$ 管理図

計数値の代表的な管理図は np 管理図で範囲の管理図はない

計量値のデータが従う正規分布は $N(\mu, \sigma^2)$ パラメータが2つある

計数値のデータが従う二項分布は、平均と分散がそれぞれ np と $np(1-p)$

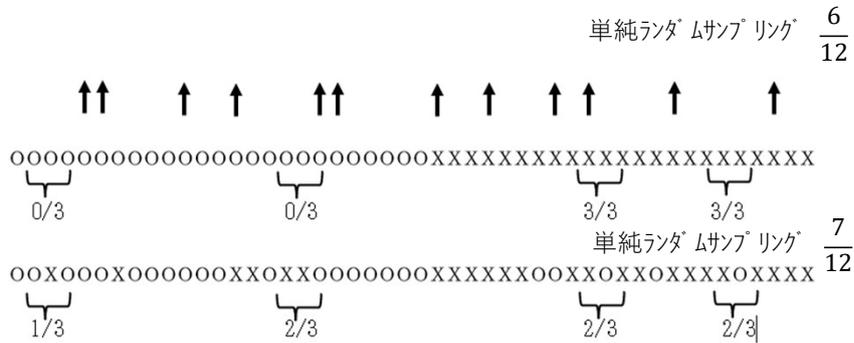
両方に p が含まれているから、平均の管理図だけでよい。

固体混合の分野では、混合比率（不適合品率）は与えられるから、混ざり具合（分散）に関心があり、事実、サンプリングによってばらつきの情報を得ている。

5

ここまで、固体混合に関する研究について述べてきました。ここからは、それが、計数値の管理図の問題の解決につながったことを説明します。計量値の $\bar{x} - R$ 管理図に対し計数値の np 管理図には範囲の管理図がないとされています。その理由は、計量値のデータが従う正規分布は平均ミューと分散シグマ 2 乗の2つのパラメータがあるのに対し、計数値のデータが従う二項分布では、平均も分散もそれぞれ np および $np(1-p)$ と両方に p が含まれているからだと言われています。これに対し、赤尾先生は、計数値においても混合の分野で取り扱われているように、実質的に群内変動は存在していることを示しました。

工程の不適合品をx、適合品をoとして時系列で表す



大きさnのスポットサンプルをm組抽出すると、不適合品の出現のムラがわかる

これだけでは、平均と分散が分離できていないので、逆正弦変換により平均とばらつきを分離した $\bar{p} - R_p$ 管理図を提案した

ベータ二項分布 (Polya-Eggenberger分布) を用いて $\bar{p} - R_p$ 管理図の動作特性を求め、 $\bar{p} - R_p$ 管理図は、計量値の $\bar{x} - R$ 管理図に対応する計数値の管理図であることを明らかにできた

いま、工程で適合品と不適合品がまったく分かれて、このように現れているとします。品質管理の分野では、単純ランダムサンプリングが普通に用いられることから、大きさ12のサンプルをとったら6つの不適合品が見つかったとします。これは、不適合品が、どのように現れていても、単純ランダムサンプリングでは同じように12分の6程度の値が観測されるはずですが、これに対して、固体混合で用いられているランダムスポットサンプリングでは、不適合品の現れ方の違い、すなわち計数値の群内変動が把握できることがわかります。ただし、これだけでは、平均と分散が分離できていないため、逆正弦変換により分離した $\bar{p} - R_p$ 管理図が提案されました。

私は、この管理図の動作特性を β 二項モデルを用いて計算し、この管理図は計量値の $\bar{x} - R$ 管理図に対応する計数値の管理であることを示すことができました。

アイデアは非日常から生まれる

週末、帰宅するとき、甲府駅近くの居酒屋で一杯のみ、駅のホームで上りの電車を待っている間に、満天の星空を眺めているうちに、星が密集している箇所とまばらな箇所があることに気づき、サンプリングによってその違いが把握できることを思いついたとのこと。

お酒は非日常づくりに役立つ。

7

あるとき、固体混合の問題と品質管理の管理図の問題を結び付けて新しい管理図を発想するようなことが、どのようにしてできたのかをお聞きしました。その答えは、たまたまほろ酔い加減で甲府駅のホームで電車を待っている間に満天の星空を眺めているとき、星が密集している箇所とまばらな箇所のあることに気づき、サンプリングの違いが、ひらめいたと明かされました。アイデアは非日常から生まれるということで、お酒は非日常づくりに役立つとおっしゃっていました。

3. 温故知新

発展とは原点から離れること

いろいろな方向に発展することにより
多様性が生まれる

過去の学びを振り返り、それをもとに
新しい知識を得ること

発展と多様性はものごとの理解を困難にする

イノベーションについて

创新 chuangxin

新アイデアを生み出す、新たな道を開拓する

innovate

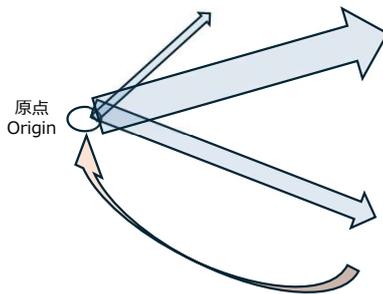
make changes, introduce new things

innovation

innovating; instance of this; sth new that is introduced

invent

create or design(sth not existing before)



8

つぎに、温故知新について話したいと思います。物事発展とは、原点から遠ざかることです。いろいろな方向に遠ざかることにより多様性が生まれます。その結果、本質が何かがわかりにくくなるという宿命を帯びています。そのため、ときどき原点に立ち戻り、誤った方向に向かっていないかどうか確認することが必要になります。

私は、赤尾先生とともに古くから品質機能展開 (QFD)の研究に取り組んできました。そこで、QFDの原点に立ち戻ると何か新しいことが見えてくるのではないかと考えていろいろ思索を巡らせています。ここでは、そのうちのいくつかについてご紹介したいと思います。ちなみに、9月20, 21日に浙江省杭州で第9回アジアQFDシンポジウムが開催されました。テーマはQFDとイノベーションですが、中国ではイノベーションを「創新」といいます。中国の辞書には出ていますが、日本の辞書にはありません。技術革新より、中国の創新の方が適切ではないかと思った次第です。英英辞典を調べても、「技術」という言葉は出ていません。日本人は、「技術」に対するこだわりがあるからでしょうか。

品質表とは何か

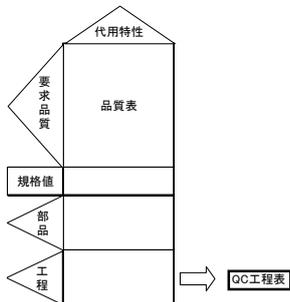
神戸造船所の品質表

物性的特性 機能的特性	形状	寸法	員数	重量	速度	・	・
外観の良さ	○						
水・油密性	○	○					
水はけ	○	○					
船倉容積		○					
・							
・							

赤尾の品質表

品質特性	C-1	C-2	C-3	C-4
要求品質				
Q-1	○		○	
Q-2	○	○		
Q-3		○	○	○
Q-4		○		○

品質展開のシステム



JIS Q9025 → ISO 16355

9

まず、品質表について、古きを訪ねることになります。神戸造船所から提案された品質表は、このように機能的特性と物性的特性の二元表でした。神戸造船所では、真の品質（客の求めるもの）を機能中心に体系化し、この機能と代用特性である品質特性の関連を示したものを品質表と定義していました。赤尾先生は、この品質表はたくさんの特性要因図を作成しなくて済む点に注目し、顧客のニーズ（要求品質）と品質特性の二元表として活用することにしたのでした。こうして、品質展開のシステムが提案され、JIS Q 9025として規格化され、さらに、ISO 16355として国際標準に採用されるまでになりました。ここで、注意しなければならないことは、QFDが要求品質いいかえればVOC（顧客の声）からスタートしているという点です。つまり、顧客が新製品について知っているからこそ、要求が出せるということが重要です。新製品がどのようなものかわからなければ、要求は出せないでしょう。そう考えると従来品を改良した新製品だからこそQFDが活用できるということになります。

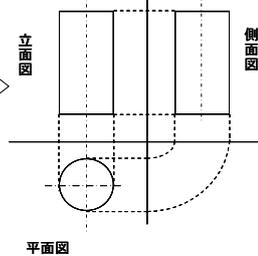
見方を変えると見え方が変わる

円柱



立
面
図

円柱の設計図



平
面
図

円柱の2元表による記述

立 面 図 的 記 述		長方形である			立 体 で あ る
		横は10cm	縦は20cm	対称軸がある	
平 面 図 的 記 述	円である	直径は10cm	○		
	中心がある	○		○	
	立体である		○		○

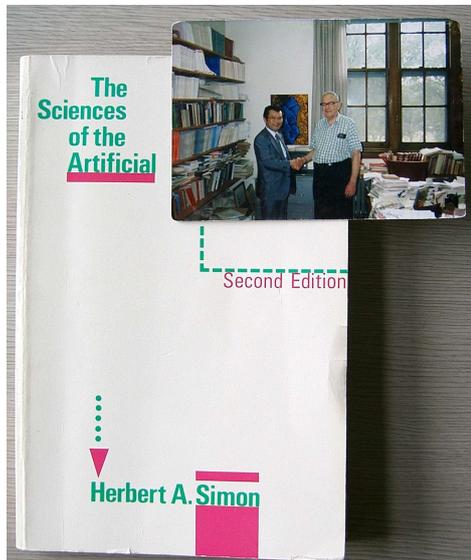
	C1	C2	C3	・	・	Cn
Q1	○					
Q2	○		○			○
Q3		○	○			
・						
・						
・						
Qm		○				

品質表に数量化3類を適用し、その内部構造を分析した。

10

QFDでも品質設計という用語が使われます。一般に、設計が確立しているのは設計図が記述できる分野でしょう。例えば、円柱の設計図はこのようになります。しかし、品質には形がありませんから、このような二元表によって異なる視点から考えられる要素とそれらの関連を示すことにより、どのような品質かを記述するしかありません。そういう意味で、システム記述として品質表を位置づけることができます。こうした観点から、数量化3類を用いて品質表の構造を分析し、設計に生かす方法を提案することができました。

サイモン教授を訪ねて



システム記述と準分解

A1	B1	C1
A2		C2
A3	B2	C3

建物の間取り

	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3
A1	-	100	-	2	-	-	-	-
A2	100	-	100	1	1	-	-	-
A3	-	100	-	-	2	-	-	-
B1	2	1	-	-	100	2	1	-
B2	-	1	2	100	-	-	1	2
C1	-	-	-	2	-	-	100	-
C2	-	-	-	1	1	100	-	100
C3	-	-	-	-	2	-	-	100

熱交換の係数マトリクス



品質表に数量化3類を適用
した準分解による構造化

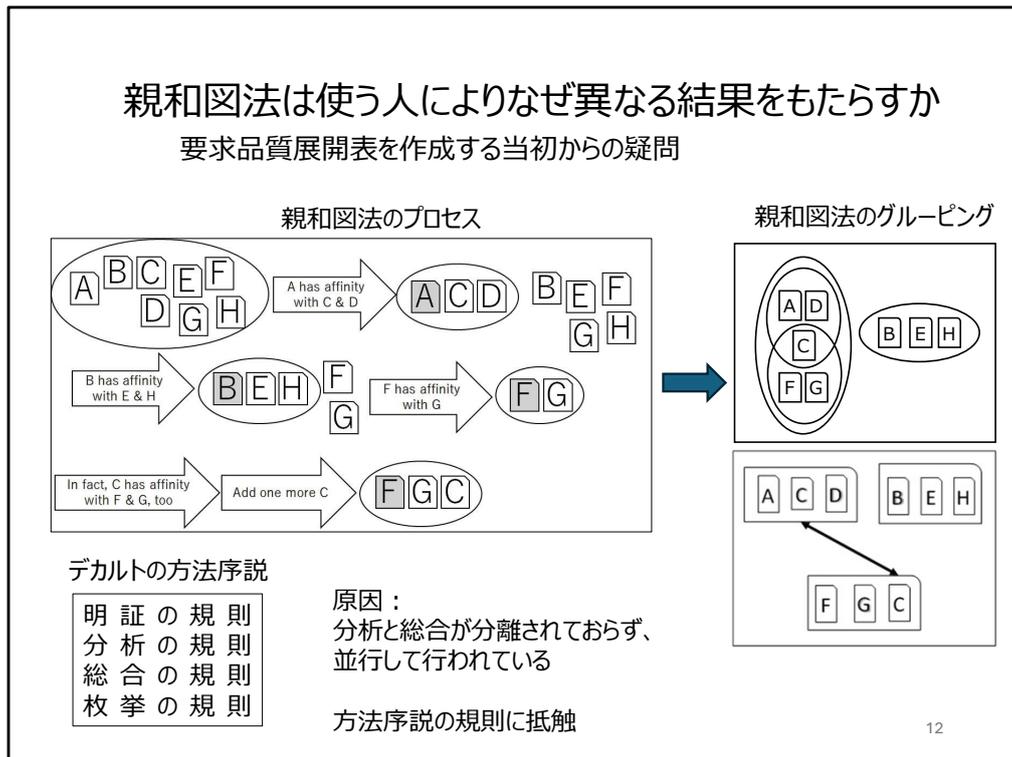
11

このようなことを考えていたとき、偶然に「システムの科学」という本に出会いました。著者はノーベル経済学賞を受賞したカーネギーメロン大学のサイモン教授で、彼はシステム記述と準分解という概念について述べていました。ここでは、ある建物のフロアのレイアウトが示されています。大部屋3つと、それぞれが小部屋が3つ、2つ、3つに分かれています。これを部屋同士の熱交換システムと考えます。小部屋同士の熱交換は大きく、大部屋同士のそれは小さいとすると、それを右の表のように表せます。これは、品質表をシステム記述として位置付けるという私の考えに通じるもので大きい衝撃を受けたことを覚えています。

1991年、ベル研究所で開催されたQFDに関するワークショップに招かれた機会に、当時CSKから米国に留学していた木原隆美さんとサイモン教授を訪問しました。ここでの意見交換は大変有益であり、研究の方向について勇気づけられました。

親和図法は使う人によりなぜ異なる結果をもたらすか

要求品質展開表を作成する当初からの疑問



いま、図に示すように、A～Hの8枚のカードがあるとします。まず、AとC、Dに親和性があるとすると、これらでグループが構成されます。残りのカードでBとE、Hに親和性があるとすると、これら3枚でグループを構成します。最後に、FとGでグループを構成することになりますが、実はFはCとも親和性があるときは、Cをもう1枚作ってF、G、Cのグループとする必要があります。そうすると、結果的に右の図のようにA、C、DのグループはF、G、Cのグループと親和性があることになり、A、C、D、F、Gという大きいグループに統合されることが考えられます。あるいは、A、C、DのグループとF、G、Cの2つのグループがCというカードを介して親和性を持つと考えることもできます。

このプロセスをデカルトの方法序説の4つの規則に照らし合わせてみると、2つのカードに親和性があるかどうか判断する分析とカードがどのグループに統合されるか総合することが同時並行的に行われており、分離されていないことに気づきました。すなわち、方法序説の分析と総合の規則に抵触しているというわけです。

親和図法の目的

親和図法とはいったい何をしているのか？

Table 1

	A	B	C	D	E	F	G	H
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1		1	1		1	1	
B	2	1			1			1
C	3	1		1	1		1	
D	4	1		1	1		1	
E	5		1		1			1
F	6	1		1	1		1	
G	7	1		1	1		1	
H	8		1		1			1



Table 2

	A	C	D	F	G	B	E	H
	1	3	4	6	7	2	5	8
A	1	1	1	1	1	0	0	0
C	3	1	1	1	1	0	0	0
D	4	1	1	1	1	0	0	0
F	6	1	1	1	1	0	0	0
G	7	1	1	1	1	0	0	0
B	2	0	0	0	0	1	1	1
E	5	0	0	0	0	1	1	1
H	8	0	0	0	0	1	1	1

内容は変わらず、構造が変わる

13

そこで、親和図法とはいったい何をしているのかを考えてみました。親和カード同士の親和性は、左の表のように親和性の有無を1と空白で表すことができます。また、これを行同士、列同士を交換して右の表のように変換できることがわかります。こうした変換を手作業で行うのは大変ですから、何とか自動的にできないか考えました。これまでも数量化3類は使ってきましたが、この場合は要求品質と品質特性というように2つの要因はありません。何かうまい方法はないかと悩みましたが、あるとき要求品質と要求品質というように自分自身との関係を分析することを思いつきました。実際にやってみると、期待通りの結果が得られました。

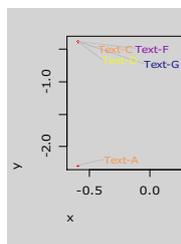
数量化3類の適用結果

Scores of each items

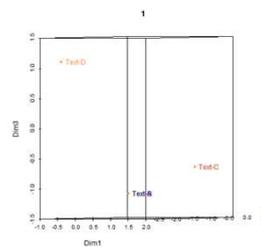
	Dim1	Dim2	Dim3	Dim4	Dim5	Dim6	Dim7
Text-A	-0.600	-2.283	1.107	0.000	0.000	0.000	0.000
Text-B	1.667	-0.756	-0.655	-2.749	0.000	0.000	0.000
Text-C	-0.600	-0.374	-1.096	0.000	2.258	0.018	0.000
Text-D	-0.600	-0.374	-1.096	0.000	-0.769	2.123	0.000
Text-E	1.667	-0.756	-0.655	1.374	0.000	0.000	2.380
Text-F	-0.600	-0.374	-1.096	0.000	-0.744	-1.070	0.000
Text-G	-0.600	-0.374	-1.096	0.000	-0.744	-1.070	0.000
Text-H	1.667	-0.756	-0.655	1.374	0.000	0.000	-2.380

	A	C	D	F	G	B	E	H	Dim1スコア
	1	3	4	6	7	2	5	8	
A	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.600
C	3	1	1	1	1	0	0	0	-0.600
D	4	1	1	1	1	0	0	0	-0.600
F	6	1	1	1	1	0	0	0	-0.600
G	7	1	1	1	1	0	0	0	-0.600
B	2	0	0	0	0	1	1	1	1.667
E	5	0	0	0	0	1	1	1	1.667
H	8	0	0	0	0	1	1	1	1.667

Scatter plot of items



3D plot animation



14

数量化3類を適用すると、このように7つの固有ベクトルに対応するスコアが得られます。これらのスコアを用いて各親和カードを2次元や3次元空間にプロットすることにより、相互の親和性を検討することができます。また、スコアを用いて各親和カード同士の距離を定義し、クラスタ分析を用いて樹形図を作成すると、左下のようになります。これが、親和図法で求めたいカードのグルーピングとなります。

数量化親和図法実行装置およびプログラム 特許第7381150号

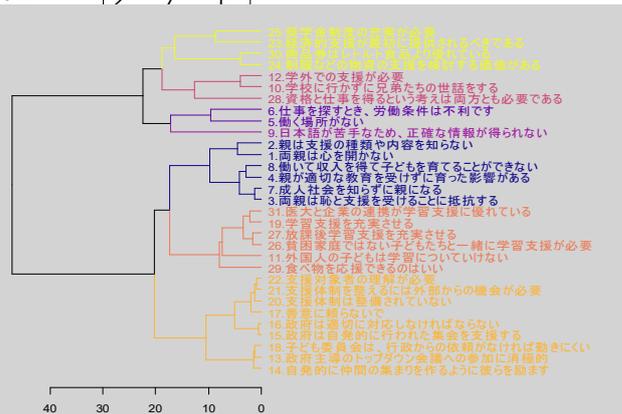
テキストデータ

3つ組データ

- [1] "1.両親は心を開かない"
- [2] "2.親は支援の種類や内容を知らない"
- [3] "3.両親は恥と支援を受けることに抵抗する"
- [4] "4.親が適切な教育を受けずに育った影響がある"
- [5] "5.働く場所がない"
- [6] "6.仕事を探すとき、労働条件は不利です"
- [7] "7.成人社会を知らずに親になる"
- [8] "8.働いて収入を得て子どもを育てることができない"
- [9] "9.日本語が苦手なため、正確な情報が得られない"
- [10] "10.学校に行かずに兄弟たちの世話をする"
- [11] "11.外国人の子どもは学習についていけない"
- [12] "12.学外での支援が必要"
- [13] "13.政府主導のトップダウン会議への参加"
- [14] "14.自発的に仲間の集まりを作るように促す"
- [15] "15.政府は自発的に行われた集会を支援"
- [16] "16.政府は適切に対応しなければならない"
- [17] "17.善意に頼らないで"
- [18] "18.子ども委員会は、行政からの依頼がない"
- [19] "19.食事など学習支援を充実させる"
- [20] "20.支援体制は整備されていない"
- [21] "21.支援体制を整えるには外部からの機会"
- [22] "22.支援対象者の理解が必要"
- [23] "23.経済的支援が最初に提供されるべき"
- [24] "24.制服などの物資の支援を検討する価値"
- [25] "25.奨学金制度の充実が必要"
- [26] "26.貧困家庭ではない子どもたちと一緒に"
- [27] "27.放課後学習支援を充実させる"
- [28] "28.資格と仕事を得るといふ考えは両方とも"
- [29] "29.学習や食べ物を応援できるのはいい"
- [30] "30.商品券はレトルト食品より優れている"
- [31] "31.医大と企業の連携が学習支援に優れ

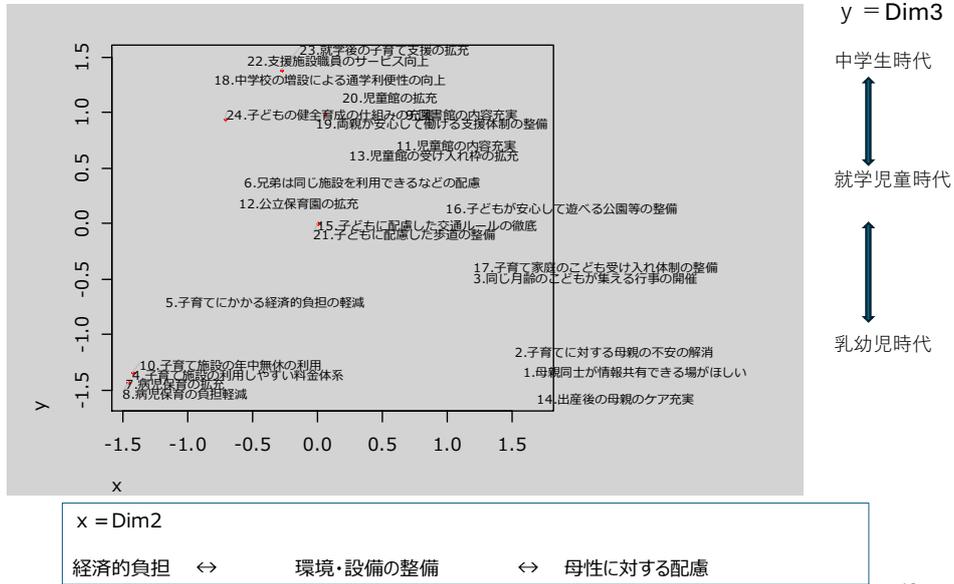
i	j	k
1	2	1
1	3	1
1	13	1
2	3	1
2	7	1

クラスタ分析の樹形図
(親和図法のグルーピング)



ある自治体における「子供の貧困」に関する調査で得られた自由意見に数量化親和図法を適用した結果を示します。入力は、このような31個のテキストデータであり、カード同士の親和性を示す3つ組データです。最終的に得られた樹形図はこのようになります。こうして、誰がやっても、入力と同じならば、同じ結果が得られるようにすることができ、特許を取得できました。

「子ども・子育て」に関する調査データにおけるスコアの散布図



これは「子ども・子育て」に関する調査データに数量化親和図法を適用し、得られたスコアの散布図を示したものです。主成分分析と同様に軸の解釈を試みますと、例えばこの図のような解釈ができそうです。これにより、テキストデータの抜け落ちについて検討することもできそうです。

4. 人財の育成

人は材料ではない、財産だ。
しかし、育てなければ宝の持ち腐れになる。

山梨県品質管理研究会（1969年創立）の岡島哲之助岡島百貨店社長（1979年-1982年）、その後、QCC山梨支部長、流通業の品質管理に尽力

TRG（TQC Research Group）

日科技連が、1990年代に設置したTRGは、産学から若手同世代が参画した研究グループで、相互の交流が活発に行われ、現在も協力して品質管理の活動を続ける原動力

品質管理（QC）検定

2005年に開始され、2007年からは3月と9月の年2回開催
東日本大震災とコロナ禍で2回中止
これまで、38回の申込者と合格者は累計でそれぞれ1,635,108人および775,869人

3級と4級は、2025年9月に、CBTに移行すべく準備中
ASEANに普及拡大するため一部試行を実施、検討継続中
あるべき姿WGで、今後の検定の在り方を検討開始
その他、QC検定センターが中心になって人財育成のため活動展開中

御恩返しと御恩送り

日本には、江戸時代から行われてきた「御恩送り」がある。

これまでいろいろ学ばせていただいた諸先生・諸先輩に対し、感謝の気持ちを込め、御恩送りも含め、ご恩返しを通じて人財育成に微力を尽くしていく所存です。

今後とも、ご支援・ご協力をお願い申し上げます。

