

自己組織化マップを用いた 福岡市民の水に関するアンケート調査結果分析

ANALYSIS ON THE QUESTIONNAIRE FOR FUKUOKA CITY CITIZEN
ABOUT WATER BY USING SELF-ORGANIZING MAP

横田いずみ¹・井料隆太²・井芹慶彦³・広城吉成⁴・神野健二⁵

Izumi YOKOTA, Ryuta IRYOU, Yoshihiko ISERI, Yoshinari HIROSHIRO and Kenji JINNO

¹非会員 工修 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

²学生会員 九州大学大学院 工学府都市環境システム専攻 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

³学生会員 工修 九州大学大学院 工学府都市環境システム専攻 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

⁴正会員 工博 九州大学大学院准教授 工学研究院 環境都市部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

⁵正会員 工博 九州大学大学院教授 工学研究院 環境都市部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

It is assumed that the citizen in Fukuoka City has a consciousness of water saving because they suffered from water shortage in 1978 and 1994. To investigate the citizen's interest in water, questionnaire survey was carried out by Fukuoka City Office in 2007.

In the present study, the result of the survey was examined by using Self- Organizing Map (SOM). The citizen was divided into 7 groups. The characteristic of each group was analyzed.

As a result, it is found that young people in the age of 20's and 30's and people who live in the central area are seen in the group of having less interest in water saving. The elderly citizens in the age of over 70's are seen in the group of having positive mind for water saving and drinking tap water directly. It is found that gaps between generation and residential area can be deeply related to their attitude and action for water saving and water quality.

Key Words : *attitude of water saving, water quality, questionnaire survey, Self-Organizing Map*

1. はじめに

福岡市は、昭和53年と平成6年に大渇水を経験している。これらの渇水は、市民の生活や地域の社会経済活動に多大な影響を与えた。福岡都市圏には大きな河川がなく、地質は、地下水帯水層の規模が10m程度と小さく、雨水を地下へと浸透させる機能が小さいため地下水などの自己水源に乏しい状態である。さらに年降水量は、6, 7月の梅雨期と9, 10月の台風期に集中しており、この時期に十分な降雨がなければ渇水に陥りやすいという自然条件を有している。

大渇水を経験した影響もあり、福岡市を含めた北部九州における人々の節水に対する意識は、全国的に見ても最も高いと言える。¹⁾ 福岡市では「水循環型都市づくり基本構想」²⁾と題し、行政、市民、事業者が一体となって健全な水循環都市づくりに取り組んでいる。

遠藤ら³⁾は、福岡市内の小学5年生の児童を対象に水

循環に関するアンケート調査を行い、河川緑地の有無や学校での教育が、水害や水環境に関する意識に影響を与えるという結果を得た。一方、節水に対する意識は、学校教育とはあまり相関がなく、むしろ日常生活や家庭での教育から身に付くということがわかった。

そこで本研究では、その子供達を家庭で教育する立場である、大人の「水道水の水質および節水に関する意識」を知るために、福岡市が市民を対象に実施した「水に関する意識調査」の結果について分析した。アンケート結果の分類方法として、自己組織化マップ(SOM; Self-Organizing Map)を用いた。SOMは、1980年代にKohonen⁴⁾により考案され、多次元のデータ群を二次元マップ上に分類結果を表現できる特徴を持つ。従来、アンケート結果の解析には、主成分の2, 3項目まではクラスタ分析等の解析方法により解析されてきた。多次元項目の解析を行った場合であっても、結果を視覚的にかつ容易に判断することは困難であった⁵⁾。

SOMのアンケート調査結果解析への適用に関しては、清武ら⁹⁾が、九州の各自治体に対し「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」⁷⁾を参考に水循環に対するアンケート調査を行い、その結果と上下水道普及率などの統計データをSOMによりパターン分類し、自治体間の類似度の分析を行っているが、このような適用例は非常に少なく、住民の「水利用意識」調査への適応は例がない。

本研究では、行政が行った既存のアンケート結果についてSOMを用いてグループ分けした。その結果、多次元のアンケート結果を視覚的に把握することができた。また、分類結果を年代別、居住区別に考察することによって、福岡市民の水に関する意識の現状を把握し、今後の望ましい水意識について提案した。

2. アンケート

アンケートは福岡市が平成19年1月25日から2月5日の間に実施した「水に関する意識調査」の質問および回答を利用した。本アンケートの対象者と調査方法を表-1に示す。対象者は市内に居住する満20歳以上男女であ

表-1 対象者と調査方法

調査地域	福岡市全域
調査対象者	福岡市内に居住する満20歳以上男女
抽出方法	住民基本台帳より無作為抽出
対象者数	3000人（有効回収数 1765）
調査方法	郵送配布・郵送回収
調査期間	平成19年1月25日～2月5日

り、有効回収数は1765であった。

本アンケートの調査項目は、大きく分けて（1）水道水の水質について（2）節水への取り組みについて（3）水道局お客様センターについて（4）水道広報について（5）水源林保全活動について、の5項目で構成されていた。本研究では、福岡市民の水道水と節水に対する意識を調査することが目的であるため、（1）、（2）の2項目のアンケート結果を解析に用いた。

本研究に用いたアンケートの内容を表-2に示す。アンケート結果を分析するにあたり、設問3～9のような複数回答可の設問の場合、各設問に対して、Yes(1)かNo(0)かに変換し、合計58問のアンケートに作り替え、SOMの入力値とした。また、設問2のような複数回答可でない設問については、入力値は元データである1～4の値を用いた。すべての入力値は、SOMに入力する際に正規化した。

3. 自己組織化マップについて

自己組織化マップ（SOM）は、入力データの類似度をマップ上に描画する機能を持つニューラルネットワーク手法の一種である。SOMは、一般的には捉えにくい多次元のデータ群を二次元マップ上に可視的に分類することができる。

図-1にSOMの概略図を示す。分類される多次元のベクトルを入力ベクトルと呼ぶ。二次元マップ上には、ニューロンと呼ばれる六角格子が規則正しく配列されており、各ニューロンは参照ベクトルとされる入力ベ

表-2 解析に用いたアンケート内容

番号	質問	選択肢
1	水道水の水質に関心がありますか？	1. ある 2. ない
2	水道水の安全性についてどう考えているか？	1. 安心 2. どちらかと言えば安心 3. どちらかと言えば不安 4. 不安
3～9	その理由は？	カルキが強い、色がついて汚れている、錆などが混ざっている、季節で水温が高くなる、貯水槽の管理が不安、漠然と不安、その他
10～15	家庭での飲料水は？	水道水、ミネラルウォーター、井戸水、スーパーの水、天然湧水、その他
16～20	水道水をどのように使っていますか？	蛇口からそのまま、冷やして、沸かして、浄水器を通して、その他
21～26	その理由は？	水道水はおいしくないから、安全性に不安、水質が話題になっているから、健康に良いと思うから、その他、特に理由なし
27	水道水以外を一週間にどのくらい使うか？	1. 水道水以外使わない 2. 10ℓ 未満 3. 10ℓ ～20ℓ 4. 20ℓ 以上
28	節水についてどのような行動をとっているか？	1. 常に節水している 2. どちらかといえば節水を心がけている 3. 節水は必要と思うが心がけていない 4. 全く気にしない 5. わからない
29～35	節水に心がけている理由は？	水は限りある資源、家計費の節約、福岡市は水不足、ものを無駄にするのは良くない、水道局が呼びかけているから、その他、特に理由なし
36～43	日ごろ心がけている節水は？	蛇口をこまめに閉める、節水コマの使用、風呂の水を洗濯に使用、歯磨きの時水を出しっぱなしにしない、食器洗いの時水を出しっぱなしにしない、洗車はバケツに水を汲んで、雨水・地下水を使っている、その他
44～51	節水に役立つ機器をお使いですか？	ミニポンプ（風呂水の汲み上げ）、風呂ブザー、定量止水器、手元制御弁、食器洗い機、節水型シャワーヘッド、その他、とくになし
52～58	節水を心がけていない理由は？	めんどうだから、使用量が少ないから、非衛生的だから、水はいくらでもあるから、水道料金に負担を感じない、その他、特にない

クトルと同次元のベクトルを持つ。この参照ベクトルが入力ベクトルの特徴に漸近するように学習させる。最終的に各入力ベクトルは、最も近い参照ベクトルを持つニューロンに分類される。

SOMの特徴として、似た性質を持つ入力ベクトル同士はマップ上で近くに分類され、似ていないものは遠くに分類される。

本研究では、入力ベクトルはアンケート58問の回答結果からなる58次元のベクトル1765セットであり、8×8の64個のニューロンを持つマップに分類した。

また、本研究では、分類した結果をより客観的にグループ分けするために、K-means法⁹⁾を用いた。なお、本研究で用いたSOMとK-means法のプログラムは、計算式をもとに、FotranおよびMatlabを用いて独自に作成したものを使用している。

4. 結果

(1) 回答比率を用いたアンケート回答集計結果

アンケート結果のうち、代表的な質問の回答結果⁹⁾を比率にてまとめた結果を表-3に示す。なお、集計は小数点以下第2位を四捨五入しており、複数回答可の質問の場合は回答比率の合計が100%を超える場合がある。回答者の男女比率は女性が61%、男性が39%であった。

水質に関する質問では、90%以上の人々が「水道水の水質に関心がある」と回答している（質問1）。質問2の水道水の安全性についての考えを問う質問について、「安心」「どちらかと言えば安心」と答えた人は計55%で、「不安」「どちらかと言えば不安」と答えた計44%をわずかに上回った。

また、質問10～15の家庭での飲料水を問う質問では、「水道水」が約74%、「ミネラルウォーターなどの市販の水」約32%となった。

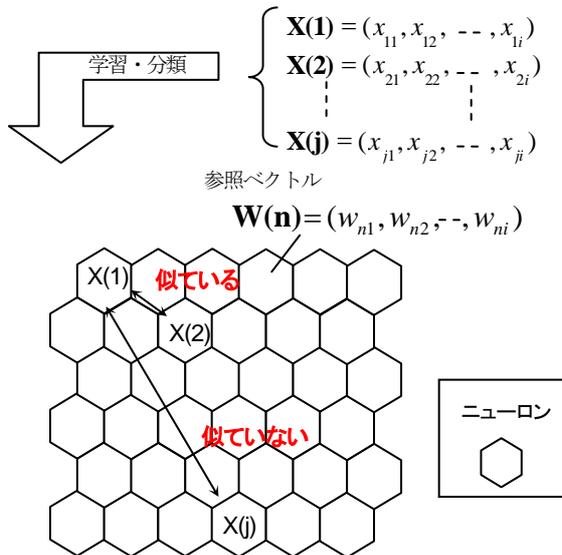


図-1 自己組織化マップの概略図

節水に関する質問では、「常に節水している」「どちらかといえば節水に心がけている」という「節水派」が8割を超えるという結果になった。

(2) SOMとK-means法による分類結果

a) SOMによる分類結果

福岡市民の「水道水の水質および節水に関する意識」の概要は表-3に示したアンケート結果より把握することができた。ここで、SOMを用いて、アンケート結果を解析すると、例えば、「水道水の安全性に不安がある」、「水道水」を「浄水器」を使い飲む、「節水を心がけている」というパターンで回答したグループを見つけることができる。つまり、それぞれ単独の回答ではなく、多次元の回答をマップ上に表現することができるのである。

福岡市民1,765名による58の質問の回答結果を64個のニューロン（64パターン）へ分類した結果を図-2に示す。各六角格子がニューロンに対応し、各ニューロン内の数字が、そのニューロンへ属した人数を示す。アンケートに回答した市民は、マップ上のいずれかのニューロンに属し、同じニューロンに属した市民は似たような回答パターンを持っていることになる。

結果として、各ニューロンには、1人から82人の市民が分類された。

b) K-means法によるクラスタ化結果

次に、SOMにより分類した結果の特徴をつかむため、より大きいグループに分類する。客観的にグループ分けするために、各ニューロンをK-means法⁹⁾を用いてクラスタ化した。

表-3 代表的な質問と回答結果比率

番号	質問と回答結果
1	水道水の水質に関心がありますか？ 1. ある (91.9%) 2. ない (6.9%)
2	水道水の安全性についてどう考えているか？ 1. 安心 (10.7%) 2. どちらかと言えば安心 (44.0%) 3. どちらかと言えば不安 (38.0%) 4. 不安 (6.4%)
10 ～ 15	家庭での飲料水は？（複数回答可） 水道水 (73.9%) ミネラルウォーター (31.5%)、井戸水 (2.7%)、スーパー等で無料配布されている水 (4.9%)、天然湧水 (7.8%)、その他 (4.3%)
16 ～ 20	水道水をどのようにして使っていますか？（複数回答可） 蛇口からそのまま (24.4%)、冷やして (5.8%)、沸かして (53.9%)、浄水器を通して (52.8%)、その他 (3.4%)
28	節水についてどのような行動をとっているか？ 1. 常に節水している (16.7%) 2. どちらかといえば節水を心がけている (65.9%) 3. 節水は必要と思うが心がけていない (12.1%) 4. 全く気にしない (1.6%)
29 ～ 35	節水に心がけている理由は？（複数回答可） 水は限りある資源 (60.6%)、家計費の節約 (70.8%)、福岡市は水不足 (38.6%)、ものを無駄にするのは良くない (46.6%)、水道局が呼びかけているから (8.4%)

K-means法は、まず、あらかじめK個のニューロンを初期値として選び、初期値ニューロンが持つ参照ベクトルと、他のすべての参照ベクトルとの距離を計算し、どの初期値ニューロンの参照ベクトルと近いかを見つけ、マップをK個にクラスタ化する。次に、各クラスタの参照ベクトルの平均値を計算し、各ニューロンをそれぞれ最も近い値を持つクラスタに割り当てる。これを繰り返して、クラスタが固定されるまで学習を続ける手法である。

本研究では、クラスタ数を決定する際、クラスタリングの精度を示すDBI¹⁰⁾という指標を基準に、2~10グループに分けた場合を試し、DBIが最も小さくなった7グループへの分類を採用した。A~Gの7グループにクラスタ化した結果を図-3に示す。

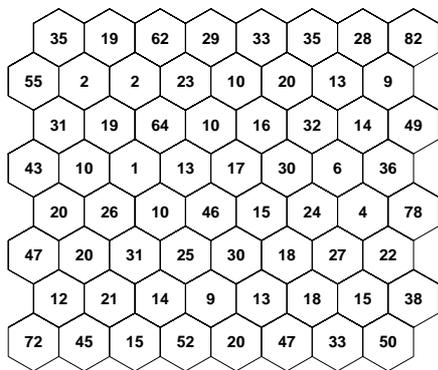


図-2 自己組織化マップによる分類結果 (単位:人)

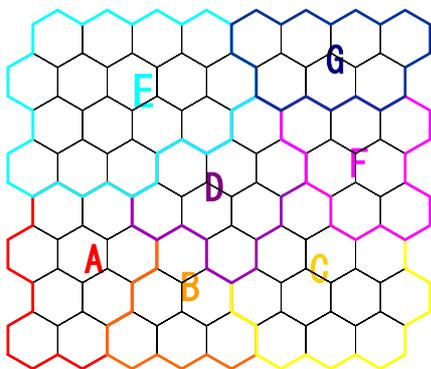


図-3 K-means 法によるクラスタ化結果

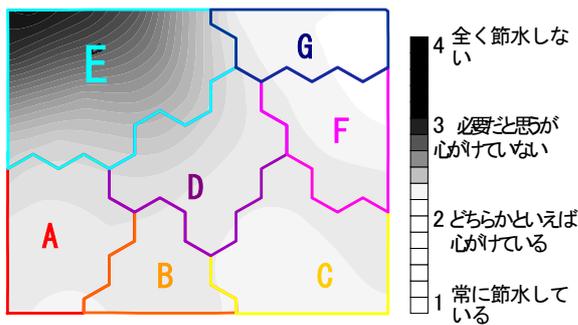


図-4 節水意識を問う質問の SOM による分類結果

c) 各グループのアンケート回答パターンの特徴

SOMとK-means法により分類したA~Gの7グループにおける、節水に対する行動を尋ねた質問28の結果を図-4に示す。背景の濃淡は、質問の答えを表している。例えば、Eグループのニューロンに属する人は、マップ上の色が濃い回答つまり「節水しない(値で言うと3, 4)」と答えたことを表している。逆に、GおよびFグループのニューロンに属する人は、マップ上の色が白い回答、つまり「節水している(値で言うと1, 2)」と答えたことを表している。同様に、58の質問についてそれぞれのグループの回答を調べ、アンケートに対する回答結果の特徴をまとめた結果を表-4に示す。

その結果、Aグループは家計費の節約のため節水は心がけるが、飲料水に関しては、カルキが強いなどの理由で水道水の安全性にやや不安を持っており、ミネラルウォーターを飲むという特徴があることがわかった。

また、Eグループは、唯一「節水は必要だと思う心がけていない」人が多いグループであり、その主な理由が「面倒だから」ということである。一方、飲料水は、「ミネラルウォーター」と「水道水」を「沸かして」もしくは「浄水器を通して」使用していることがわかった。節水は面倒であるが、飲料水に関しては手間をかけるという人が400人以上いることがわかった。

節水を心がけている人の中で、その理由を問うた質問に対して、回答率で見ると「家計費の節約になるから」が約70%、「水は限りある資源だから」と答えた人が約60%いた。SOMによるグループ分けの結果、節水を心がけているすべてのグループにおいて、「家計費の節約のため」という理由が上位に挙がったのに対し、「水は限りある資源だから」と答えた人は、F, Gグループのみであった。また、「福岡市は水不足だから」と答えたのはC, F, Gグループのみであった。

以上をまとめると、節水に関しては、7つ中6つのグループにおいて「節水している」と答え、「節水していない」特徴は1グループのみであった。飲料水の種類に関しては、6つの「節水している」グループの中でも、「ミネラルウォーター」、「浄水器」、「水道水を沸かして飲む」に分かれた。ミネラルウォーターの2007年の国産・輸入生産量は年間2505m³であり10年前の約3倍と年々増加しているが、福岡市において、常にミネラルウォーターを飲料水としているグループは1グループのみであった。このグループは、年代、居住区に関係なく存在し、節約のため節水するが、飲料水にはお金をかけるという考えを持つことがわかった。

5. 考察

(1) 年代別の特徴

SOMを用いてアンケート回答パターンを7つのグルー

ブに分けた結果を、年代別に考察する。20代と70代以上の人の回答パターンを比較した結果を図-5に示す。色の濃淡は人数を表している。

これより、20代の回答者は、「ミネラルウォーターを飲む」「水道水を沸かして飲む」「浄水器を使用する」そして、節水意識に関しては「節水しない」と回答するEグループに多く集まった。

一方、70代以上の回答者には、飲料水は「水道水を飲み」、水道水を飲むときは、「沸かして飲む」「蛇口からそのまま飲む」という特徴があり、節水に関しては、心がけており、その理由が「水は限りある資源」「家計の節約のため」「福岡市は水不足」と回答したFグループに多く集まった。

特に注目すべき点は、節水する理由について、「水は限りある資源」という回答は、FかGグループにのみに見られる特徴で、他のグループに見られない特徴であった。70代以上の回答者はこのF、Gグループに多く集まっており、逆に20代の回答者はほとんどF、Gグループに見られないため、世代間の意識の差が顕著に表れたと言える。

また、他の年代については、30代は20代と似た結果になり、40代と50代は多くのグループに分散し、60代は70代以上と似た結果となったが、最も特徴的な分布を示したのが、20代と70代以上の回答者であった。

(2) 居住区別の特徴

次に、居住区別にアンケート回答パターンを考察する。福岡都市圏の中心部である博多区と、室見川流域で住宅街と緑が多い早良区における分類結果を図-6に示す。色の濃淡は人数を表している。これより、博多区には、節水に関して「節水しない」Eグループの人が多くことがわかる。同じ都市部である中央区においても似たような分布を示した。アンケートに回答した人

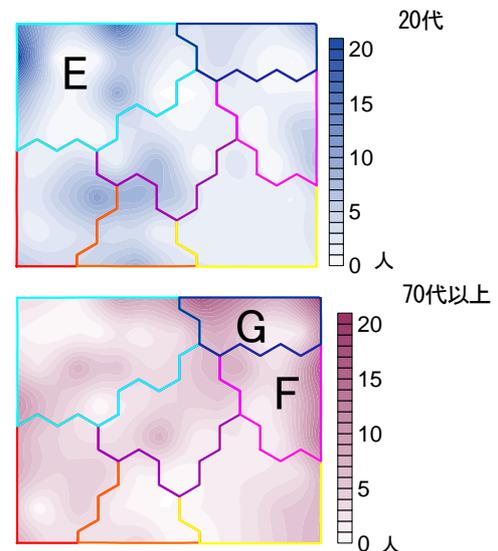


図-5 20代と70代以上のアンケート回答の分類結果

表-4 7グループのアンケート回答パターンの特徴

グループ名と人数	設問と回答パターンの特徴			
	家庭での飲用水は？	節水についてどのような行動をとっているか？（その理由は？）	日頃心がけている節水は？	その他
A 294名	ミネラルウォーター	節水を心がけている ①家計費の節約のため	①歯磨きの時水を出しっぱなしにしない ②蛇口をこまめに閉める	水道水の安全性にやや不安 ①カルキが強いから
B 135名	水道水 ・浄水器を通して	節水を心がけている ①家計費の節約のため②物をむだにするのはよくない	①歯磨きの時水を出しっぱなしにしない ②蛇口をこまめに閉める	水道水の安全性にやや不安 ①貯水槽の管理が不安
C 305名	水道水 ・沸かして ・浄水器を通して	節水を心がけている ①家計費の節約のため②福岡市は水不足③物をむだにするのはよくない	①風呂の水を洗濯に使用 ②歯磨きの時水を出しっぱなしにしない	風呂水の汲み上げにミニポンプを使用している
D 177名	水道水 ・浄水器を通して	節水を心がけている ①家計費の節約のため	①歯磨きの時水を出しっぱなしにしない ②蛇口をこまめに閉める	
E 415名	ミネラルウォーター 水道水 ・沸かして ・浄水器を通して	節水は必要だと思いがあまり心がけていない（①面倒だから②使用量が少ないから）	なし	
F 219名	水道水 ・浄水器を通して	節水を心がけている ①水は限りある資源②家計費の節約のため③福岡市は水不足	①歯磨きの時水を出しっぱなしにしない ②風呂の水を洗濯に使用 ③蛇口をこまめに閉める	
G 220名	水道水 ・沸かして ・蛇口からそのまま	節水を心がけている ①水は限りある資源②家計費の節約のため③福岡市は水不足	①歯磨きの時水を出しっぱなしにしない ②蛇口をこまめに閉める	節水に役立つ機器は使用していない

の属性を表-5に示す。これより、アンケート回答者の博多区、中央区に居住する20代から30代の人数の割合は、0.17~0.19の範囲であり、特に多いわけではない。よって、博多区、中央区においては、若い年代以外でも、「節水しない」Eグループに属する人が多いことがわかる。

また、早良区は、小学生に対して行った「水に関するアンケート」結果³⁾において、「水道」「節水」「水環境」に関する関心が高いという結果が得られた地域である。図-6より、大人の「水質と節水に関する意識」は、節水に関して「節水しない」Eグループにやや集まりがあるものの、他に、「水は限りある資源だから」、「節水を心がけている」Fグループや、「福岡市は水不足」だからという理由で「節水を心がけている」Cグループにも集まっていることがわかる。

全体として、早良区は、都市部である博多区・中央区に比べ、節水に対する意識が高い人が多いと言える。他に、城南区、東区も早良区と似た結果となった。

6. 結論

①SOMを用いることにより、福岡市民の「水道水の水質と節水に関する意識」調査結果について福岡市民を7つのグループに分け、節水および水道水の水質に対する市民の意識構造や行動パターンが分類できた。

②年代別に節水に対する意識を見ると、20代、30代には、「節水していない」グループに、60代、70代以上は「水は限りある資源」という理由で「節水してい

る」グループに属する人が多かった。これは、渇水による給水制限の経験の有無が関係していると推測される。節水意識の低い若い世代に、過去の渇水事例について広報することも有益と思われる。

③居住区別に節水に対する意識を見ると、都市中心部に住む人ほど「節水していない」特徴を持つグループに集まる傾向があった。都市部においては、単身者向けマンションが多く、水道料金が定額集金される場合があるため、節水に対する意識が低いことが考えられる。水道料金の徴収方法の見直しを含めた節水意識の改善のための施策が重要である。

④最後に、SOMを用いたアンケート調査結果のグルーピングは、結果をアンケート回答者にフィードバックした際、自分がどのグループに属したか、誰と同じグループであったかなど比較的わかりやすく、回答者に興味を持ってもらえることが期待できる。SOMは、入力値の選定や、マップサイズの決定、グルーピングの手法などに注意を払う必要があるが、回答者へフィードバックすることで意識の向上も期待できるため、アンケート調査解析の一手法として提案したい。

謝辞：本研究に使用したアンケート調査結果情報について、福岡市総務企画局のご協力を得ました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 総理府：人と水のかかわりに関する世論調査, 1994.
- 2) 福岡市：水循環型都市づくり基本構想策定内容(案), 2006.
- 3) 遠藤伸一, 石川いずみ, 神野健二: 福岡市における小学生を対象にしたアンケート調査, 水工学論文集, 第51巻, pp577-582, 2007.
- 4) Kohonen T.: The Self-Organizing Maps, *PROCEEDINGS OF THE IEEE*, Vol.78, No.9, SEPTEMBER, pp1464-1480, 1990.
- 5) 山中勤: 国際高等教育協力における水問題・環境問題の認知構造: 数量化Ⅲ類による知的リソース・ニーズマッピング, 水文・水資源学会誌, 第21巻第1号, pp39-49, 2008.
- 6) 清武厚子, 広城吉成, 新井田浩, 秦裕一, 西山浩司, 神野健二: 自己組織化マップを利用した地方自治体の水循環系の健全性に対する評価への試み—九州の市町村を事例として—, 水工学論文集, 第50巻, pp1507-1512, 2006
- 7) 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議: 健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて, 2003
- 8) Juha Vesanto.: Clustering of the Self-Organizing Map, *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS*, Vol.11, No.3, pp586-600, 2000
- 9) 福岡市: 福岡市水に関する意識調査 調査結果報告書, 2007.
- 10) Kara E Scott.: An Improved Algorithm for Segregating Large Geospatial Data, *9th AGILE Conference on Geographic Information Science*, Visegrad, Hungary, pp177-185, 2006.

(2008. 9. 30受付)

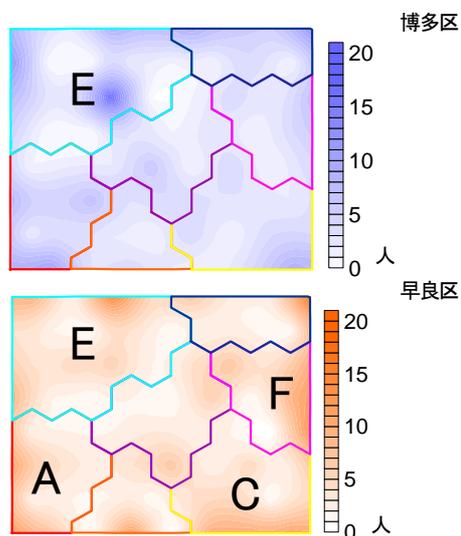


図-6 博多区と早良区のアンケート回答の分類結果

表-5 回答者の属性(年代, 居住区)

	博多区		中央区		早良区		城南区		東区		南区		西区	
	人数	割合	人数	割合										
20代	45	0.18	38	0.17	36	0.12	20	0.12	49	0.13	35	0.11	9	0.10
30代	46	0.18	44	0.19	58	0.19	25	0.15	75	0.20	55	0.17	20	0.23
40代	40	0.16	34	0.15	51	0.17	24	0.14	47	0.12	50	0.15	18	0.21
50代	51	0.20	45	0.20	69	0.23	28	0.16	78	0.21	69	0.21	17	0.20
60代	29	0.12	30	0.13	47	0.16	41	0.24	60	0.16	64	0.19	13	0.15
70代以上	40	0.16	39	0.17	42	0.14	33	0.19	70	0.18	58	0.18	10	0.11
合計	251	1	230	1	303	1	171	1	379	1	331	1	87	1