

## ファジィ・クラスタリング\*

藤部 文昭\*\*

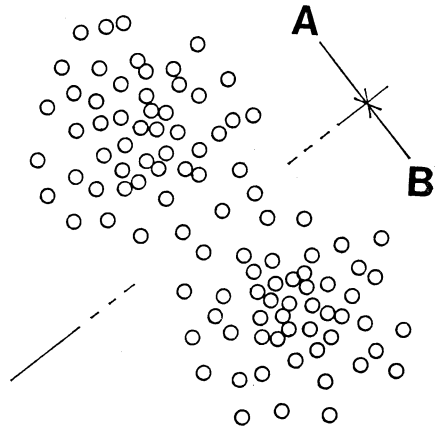
### 1. はじめに

ファジィ (fuzzy) はすっかり時代のことばになってしまった。電機会社はしきりに“おりこうファジィ”を宣伝しているし、やがてはファジィ・コンピューターが実用化されるだろうと言われている。

日本の気象研究では、降水型の分類にファジィ・クラスタリングを使った Fujibe (1989) や、一種の回帰分析法にファジィの考え方を取り入れた柳原 (1991) などの例がある。外国でもファジィを使った研究がチラホラ現れ始めており、特に中国ではファジィが積極的に使われる傾向があるらしい。しかし、これらの研究は方法も内容もばらばらであり、“ファジィ”という名前を別にするれば共通点はほとんどない。

もともとファジィというのは、人間の感覚や判断につきまとう“曖昧さ”を表す言葉である。厳密さを前提とする数学の立場と、曖昧さを伴う人間感覚との間にはずれがあるが、ファジィ理論は“30ぐらいの数”とか“だいたい等しい”というような曖昧な概念を数学的にきちんと取り扱うものである (その具体的な内容については、例えば西田・竹田(1978)、坂和(1989)などの文献がある)。しかし応用面になると、特にきまったやり方があるわけではない。このことを寺野 (寺野ら, 1987) は次のように表現している。「問題を分析し、解釈し、理論が使える形にまで持っていく過程は、問題ごとに異なっている。いわば、1つ1つが創造の実例なのである。」

今回筆者が“談話室”へ寄稿させて頂く際、“教育と普及委員会”から提案されたテーマは“ファジィ理論の気象学への応用”であった。しかし、いろいろな“創造の実例”を網羅することは、とても筆者の手には負えない。そこで、ここではもっぱらファジィ・クラスタリン



第1図

グ (fuzzy clustering) を紹介させて頂くことにしたい。これは分類法 (クラスター分析) にファジィの発想を取り入れたもので、データ解析にたずさわる方には興味を持って頂けると思う。

### 2. 分類の難しさとファジィ・クラスタリングの考え方

物を分類するというのは、簡単そうに見えて案外むずかしい。例えば、第1図のように平面上に白丸が分布している場合を考えてみよう。大ざっぱに見て、白丸の分布にはAとBの2つのグループがある。しかし、これらをはっきり2つのグループに分けると言われたら、困ってしまう。なぜなら、2つのグループの間にもいくつかの白丸があって、これらをどっちのグループに入れればよいのか分からないからである。

現実のデータでも同じ問題が起こる。身近な例として気圧分布を考えてみよう。普通、日本付近の気圧分布は西高東低型、北高型、……などに分けられているが、実

\* Fuzzy clustering.

\*\* Fumiaki Fujibe, 気象研究所予報研究部.

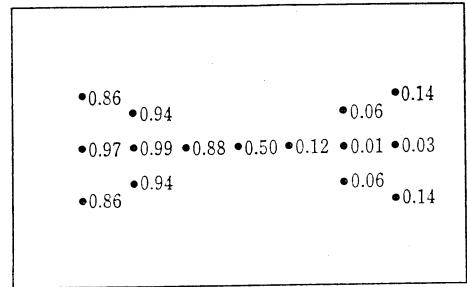
際には大陸の高気圧が北に偏って張り出す場合も多く、その偏り具合にもいろいろな度合がある。これらの気圧分布を、スパッと“西高東低型”と“北高型”に分類できるものだろうか？ もちろん、新たに“北に偏った西高東低型”というのを作ってもよいが、今度はこれと“北に偏らない西高東低型”との境目が問題になる。

では、機械（コンピューター）に分類してもらったら、どうだろうか？ そのための方法が“クラスター分析”に他ならない。これにもいろいろな種類があるが、ある方法（k-means 法）では“最良の分け方”を方程式に書き表し、その解を求める。しかし、データが連続的に分布していて明確な境界を持たないような場合、この方程式はうまく解けない。人間が迷うようなデータに対しては、機械も迷うのである。

仮に何かの方法で分割を行うことができたとしても、連続的に分布しているデータを1本の境界線で分割してしまうことがそもそも自然な理にかなったやりかただろうか？ それより、中間部分のデータは中間のままにしておくほうが、よほど自然ではないか？……これがファジィ・クラスタリングの発想である。簡単に言えば、「境界線を引けないのなら、無理に引かなくてもいいじゃないか」という発想である。

考えてみると、この発想は気象関係者にとって決してなじみにくいものではない。例えば天気予報では“東日本”“西日本”という言い方をする。これについて、「東日本と西日本の境目はどこにあるのか」などと問うのは的はずれであろう。東日本、西日本という区分は、大～中規模（数百 km 以上）な場の天気分布を表す言葉であって、どこかに境界線を引けるようなものではないからである。言わばこれは、日本の気候区を頭の中でファジィ・クラスタリングしたようなものである。梅雨や秋雨など季節区分に対しても、同じことが言えるだろう。

さらに考えてみると、気象に出てくる概念の中にも、はっきりした境界のない場合が少なくない。台風と温帯低気圧、総観規模前線と局地前線、海陸風と山谷風、積雲と層雲……など、それぞれ典型例同士を比べればその違いははっきりしているが、これらの中間に位置づけられる現象が存在することもまた事実である。これらの現象を目にしたとき、既存の概念のワクにとらわれて解釈や判断に迷うこともあるだろう。そんなとき、ファジィの発想は現実的で柔軟な物の見方を教えてくれると思う。



第2図

### 3. ファジィ・クラスタリングの方法と応用例

ファジィ・クラスタリングにもいろいろな種類があるが、このうちファジィ c-means 法 (fuzzy c-means method=FCM) は、数学的に単純で、解法もふつうのクラスター分析に似ていて使いやすい。この方法は“所属率 (membership)”，すなわちあるデータがある型に所属する度合を計算するようになっている。

第2図は、FCM を使って15個の点を2つのグループに分けた結果である (坂和, 1989)。数字は片方のグループに対する所属率を表す。これを1から引いた値がもう一方のグループへの所属率になる。真ん中の点は、2つのグループにちょうど50%ずつ所属するようになっている。こうすれば、このような中間的なデータをどっちのグループに所属させるか、などという悩みは解消し、数学的にもわりに安定した解が得られるようになる。

気象の分野では、FCM は降水型の分類 (Fujibe, 1989)、気候区分 (McBratney and Moore, 1985)、衛星雲画像の分類 (Key *et al.*, 1989) などに使われている。しかし、全体から見ればまだ利用例は少なく、「ファジィ制御などに比べて実用面での応用が今1つ」(大隅, 1988) という状況にある。今後これらの方法が多くの分野で使われていく中で、より洗練された手法として成長していくことを願う。

FCM の具体的な方法については、大隅 (1979, 1988)、廣田 (寺野ら, 1987)、坂和 (1989) などの文献があり、その内容はほぼ共通している。ただし大隅 (1979, 1988) は FCM 以外のファジィ・クラスタリングについても解説している。また、FCM に関連する諸問題を総合的に解説した教科書として Bezdek (1981) の本がある。

最後に、ファジィ・クラスタリングの文献を調べるときに、筑波大学の中央図書館にたいへんお世話になったことを付記しておく。この図書館は、蔵書の多さもさることながら、学外者でも身分証明書を見せれば書庫に入

ることができ、本を自由に手に取って見ることができるといふ、信じられないほど開放的なシステムになっている。筆者がいろいろな文献を目にすることができたのは、このシステムのおかげである。図書館の運営方針に対して深く敬意を表し、感謝します。

文 献

Bezdek, J.C., 1981: Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms, Plenum Press, 256 pp.  
 Fujibe, F., 1989: Short-term precipitation patterns in central Honshu, Japan—Classification with the fuzzy c-means method, J. Meteor. Soc. Japan, 67, 967-983.  
 Key J.R., J.A. Maslanik and R.G. Barry, 1989: Cloud classification from satellite data using

a fuzzy sets algorithm: A polar example, Int. J. Remote Sensing, 10, 1823-1842.  
 McBratney, A.B. and A.W. Moore, 1985: Application of fuzzy sets to climatic classification, Agric. For. Meteor., 35, 165-185.  
 西田俊夫, 竹田英二, 1978: ファジィ集合とその応用, 森北出版, 164 pp.  
 大隅 昇, 1979: ファジィ・クラスタリング, 数理科学 No. 191, 34-41.  
 ———, 1988: ファジィ・クラスタリング, 別冊『数理科学』ファジィ理論への道, 114-124.  
 坂和正敏, 1989: ファジィ理論の基礎と応用, 森北出版, 185 pp.  
 寺野寿郎・浅居喜代治・菅野道夫(編), 1987: ファジィシステム入門, オーム社, 255 pp.  
 柳原一夫, 1991: ファジィ測度による多変量解析とその気象への応用, 天気, 38, 381-388.



テクノ・オーシャン '92国際シンポジウム論文募集のご案内

我が国で唯一のシンポジウムと展示会を併設するテクノ・オーシャンは、第1回から第3回までは神戸で開催し、国内は勿論、国際的にも多大の評価を得てまいりました。

今回は、都市ウォーターフロント再開発が進行する横浜市MM21の国際会議場で開催いたします。シンポジウムのメインテーマは「人類と地球の共生を求めて—海洋環境と調和する海洋空間活用技術開発の展望—」であり、論文を各界から募集いたしますので、多数のご参加をお願いいたします。

日 時：1992年10月21日(水)～23日(金)  
 会 場：横浜国際平和会議場(パンフィコ横浜)

〒220 横浜市西区みなとみらい 1-1

主 催：社団法人 国際海洋科学技術協会  
 シンポジウム組織委員会会長：酒匂 敏次  
 シンポジウム事務局長：近藤 健雄

論文募集要綱：

- 論文の内容 海洋空間利用コンセプト  
 海洋制御技術(エコエネルギー)  
 海洋に関するハイテクエンジニア

リング

海洋の文化と人間  
 海洋産業の展望

- 要旨原稿締切 1992年4月25日(土)  
 題名, 研究目的, 研究内容, 結論を日本語及び英語で(300字程度)提出していただきます。
- 論文採否通知 1992年5月15日(金)  
 シンポジウム学術委員会で査読, 審査し決定します。
- 本論文提出日 1992年8月20日(木)  
 日本語, 英語共に可です。
- 論文提出先 社団法人 国際海洋科学技術協会  
 テクノ・オーシャン '92 国際シンポジウム事務局  
 〒103 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-3-5 共同ビル(兜町) 65号  
 TEL. (03) 3667-5350  
 FAX. (03) 3667-7174