

관능검사에 대한 Fuzzy추론 적용의 유효성 평가

김정만

경북산업대학교 산업공학과

이상도

동아대학교 산업공학과

An Evaluation of Effectiveness for the Application of Fuzzy Reasoning to Sensory Test

Jeong-Man Kim

Dept. of Industrial Engineering, Kyungpook-Sanup University

Sang-Do Lee

Dept. of Industrial Engineering, Dong-A University

Abstract

In order to evaluate the effectiveness of fuzzy reasoning to sensory tests, in this paper, a non-linear fuzzy system model that can estimate the general evaluator obtained from a numerical example of test of taste is constructed. And the applicability of fuzzy reasoning to sensory test is discussed on the basis of errors occurred from the estimates in combination of attributes of objects and from the results of multi-regression analysis. This paper proved that fuzzy reasoning using fuzzy If-then rules is applicable to sensory test.

1. 서론

퍼지 If-then 규칙에 기초한 퍼지제어시스템은 여러 분야에 응용되고 있고 그 유효성이 실증되고 있다. 또한, 이론적으로 퍼지시스템이 임의의 연속함수를 임의의精度로 나타낼 수 있음이 증명되고 있는데, 본 연구에서는 관능검사의 평가치로부터 비선형 함수 $f(x)$ 를 도출함에 있어, 평가대상의 각 속성에 대한 평가치로부터 종합평가치

를 추정하는 비선형퍼지시스템을 If-then 규칙을 이용하여 모델화하는 문제를 다룬다. 즉, 평가대상인 커피의 맛에 관한 수치실험을 통해, 주관적인 평가에 의해 구해진 애매성(fuzziness)이 포함된 다수의 입출력데이터로부터 함수의 형태가 미지인 입출력관계를 정형화하는 것이다. 또한, 퍼지규칙은 퍼지집합으로 표시된 데이터를 대상으로 하므로 절대적인 평가가 곤란하다. 따라서, 본 연구에서는 퍼지 If-then 규칙을 사용한 판정의 결과가 유효한지를 검토하기 위해서, 이 결과로부터 얻어진 값과 다중회귀분석을 통해 얻어진 값을 비교하여 관능검사에 대한 퍼지추론 적용의 유효성을 평가한다.

2. 간략화 퍼지추론

추론이란 주어진 규칙(rule)과 사실의 모임으로부터, 논리적으로 타당한 새로운 사실(또는 규칙)을 얻어내는 과정이다. 기존의 2진논리(binary logic) 또는 고전논리(classical logic)에 바탕을 둔 추론방법은 그 적용범위가 한정되어 있다. 왜냐하면, 권역추론(modus ponens)의 경우, 'If P then Q'라는 규칙에서, P라는 사실이 주어지면 Q라는 새로운 사실을 얻을 수 있는데, 여기에 사용되는 명제 P와 Q의 진리값이 반드시 0과 1 중의 하나이어야 한다는 제약조건이 있기 때문이다. 더우기 규칙의 조건부(antecedent)의 명제 P와 동일한 명제가 사실로 존재해야만 그 규칙의 적용이 가능하다는 제약도 가지고 있다. 이에 비해 Zadeh(1968)는 기존 추론방법에 퍼지이론을 적용하여 2진논리로 처리할 수 없었던 추론을 처리할 수 있는 근사추론(approximate reasoning)을 제안하였다. 이 근사추론은 퍼지이론을 사용하고 있기 때문에 일반적으로 퍼지추론(fuzzy reasoning)으로 불리우는데, 이중 市橋(1990)등이 제안한 간략화 퍼지추론은 퍼지제어규칙의 결론부(conclusion)를 실수로 하고 있다.

만일 입력변수를 x_1, x_2 로 하고 출력변수를 y 라 하면, 간략화퍼지추론의 제어규칙은 예를 들어 다음의 식으로 표시할 수 있다.

If x_1 is PB and x_2 is NS , then y is f_1 .

여기에서 PB (Positive Big), NS (Negative Small)는 퍼지변수, f_1 은 실수치이다.

이때, 입력데이터(x_1, x_2)가 주어지면, 다음의 결론을 얻을 수 있다.

$$A_j(f_j) = A_{PB}(x_1) \cdot A_{NS}(x_2) \cdot 1 \quad j=1, \dots, m \quad (1)$$

단, 기호 \cdot 는 적연산을 의미하며 A_j 는 멤버쉽함수(membership function)을 나타낸

다. 식(1)의 제어규칙은 복수개인데, 이 식의 결과를 종합한 최종 추론결과는 다음과 같이 된다.

$$A_0 = \frac{\sum_{j=1}^m A_j(f_j) \cdot f_j}{\sum_{j=1}^m A_j(f_j)} \tag{2}$$

3. 퍼지추론에 의한 관능검사 데이터의 평가

일반적으로 관능검사에 의한 평가 문제는 다수의 특성변인을 가진 것으로서, n 입력-1출력의 모형으로 정형화할 수 있다. 이를 수식으로 표시하면,

$$y = f(x) \tag{3}$$

로 나타낼 수 있다. 여기에서 y 는 출력변수로서 종합평가치가 되고, $x = (x_1, \dots, x_n)$ 는 n 차원 입력변수로서 평가대상의 속성을 나타내게 된다. 이러한 평가문제에서 얻은 전문가의 지식은 일정한 규칙으로 제시되어 의사결정이나 차후관리에 사용되게 되는 데 입력변수가 퍼지변수로 구성되는 경우에는 그 규칙이 퍼지규칙이 된다.

퍼지 If-then 규칙에 기초한 퍼지제어 시스템은, 여러 분야에 응용되고 있고 그 유효성이 실증되고 있다 [3, 4]. 또한 이론적으로는 퍼지시스템이 임의의 연속함수를 임의의 精度로 근사시킬 수 있음이 증명되고 있다 [5, 6].

일반적으로 퍼지 If-then 규칙은 전문가의 지식이나 경험으로 부터 얻는 경우가 많으나, 최근 입출력 데이터로 부터 퍼지 If-then 규칙을 자동적으로 생성하는 방향의 연구가 다수 행해지고 있다 [Tagaki & Sugeno (1985)]

n 입력-1 출력함수를 가정하는 경우, 가장 간단한 퍼지 If-then 규칙은 다음과 같은 형식의 것이 된다.

$$R_j: \text{If } x_1 \text{ is } A_{1j} \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_{nj}, \text{ then } y_j = B_j, \quad j = 1, \dots, m \tag{4}$$

여기에서 A_{ij} 는 퍼지집합이고, B_j 는 실수이다. 이는 식(3)에서와 동일하다. 식(4)형식의 퍼지 If-then 규칙은 Tagaki & Sugeno(1985)가 사용하고 있는데, 이것을 이용하여 다음과 같은 퍼지 If-then 규칙의 특수한 경우를 고려하는 것이 가능하다.

$$R_j: \text{If } x_1 \text{ is } A_{1j} \text{ and } \dots \text{and } x_n \text{ is } A_{nj} \\ \text{then } y_j = b_{0j} + b_{1j}x_1 + \dots + b_{nj}x_n \quad j = 1, \dots, m \quad (5)$$

여기에서 b_{ij} 는 실수이다.

식(4)의 퍼지 If-then 규칙의 가장 간단한 학습방법은 강하법을 사용하여 결론부의 실수 w_j 를 축차적으로 조정하는 방법인데, 본 연구의 수치실험에서도 이와 같은 학습방법을 이용하였다. 이 식의 퍼지 If-then 규칙에 대해서, 조건부의 퍼지집합 A_{ij} 의 조정을 행하는 방법은 본 연구에서는 다루지 않는다. 왜냐하면, 이를 조정함에 의해 최종적으로 얻어지는 퍼지 If-then 규칙의 언어적 해석이 곤란하게 되기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 퍼지 If-then 규칙의 학습능력과 일반화능력만을 다루며, 이의 구체적인 적용을 수치실험을 통해 예시한다.

4. 평가를 위한 추론 알고리즘의 설계

평가를 위한 추론 알고리즘의 설계는 다음의 단계를 따른다.

단계 1: 각 변수의 공간을 소수의 퍼지공간으로 분할하고 각 공간의 멤버쉽함수를 결정한다.

$$A_{ij}(X_j) = \begin{cases} 1 - \frac{2|x_j - a_{ij}|}{b_{ij}}, & (b_{ij} > 0, \quad a_{ij} - \frac{b_{ij}}{2} < x_j < a_{ij} + \frac{b_{ij}}{2}) \\ 0, & (b_{ij} > 0, \quad x_j \leq a_{ij} - \frac{b_{ij}}{2}, \quad x_j \geq a_{ij} + \frac{b_{ij}}{2}) \end{cases}$$

$$\begin{array}{ll} \text{여기에서 } i: \text{ 변수} & i = 1, \dots, n \\ & j: \text{ 규칙} \quad j = 1, \dots, m \end{array} \quad (6)$$

단계 2: 각 변수에 대한 퍼지 분할이 만드는 조합에 대한 규칙을 작성한다.

$$\text{규칙 } j: \text{If } x_1 = A_{1j} \text{ and } \dots \text{ and } x_n = A_{nj} \text{ then } y_j = B_j \quad (7)$$

단계 3: 각 규칙(규칙수는 $m = \prod_{i=1}^n k_i$ 이며, 여기에서 i : 변수, k_i : 변수 i 의 분할수)에 대해서 y_j 를 결정한다.

단계 4: 각 규칙에 대한 적합도(w_j)를 결정한다.

$$w_j = A_{1j}(x_1) \cdot \dots \cdot A_{nj}(x_n) \quad (8)$$

단계 5: 간략화추론법에 의해서 y 값을 결정한다.

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m u_j \times B_j}{\sum_{j=1}^m w_j} \quad (9)$$

단, 여기에서 이용되는 멤버쉽함수 A_{ij} 는 각 규칙에 독립적으로 설정되며 결론부의 B_j 는 실수치로 한다.

본 연구에서는 퍼지추론적용의 유효성을 평가하기 위해서, 추론에 의해 얻어진 결론부 y 의 값과 다중회귀분석에 의한 y 의 추정치를 비교하는데, 이 비교 기준으로는 2승 오차(mean squared error)를 사용한다.

5. 커피 맛의 평가에 관한 수치실험

커피의 맛은 복수의 맛의 속성으로 조합된 종합적인 것이며, 각 속성에 대한 평가에 애매성이 크게 포함되어 있어 본 연구의 특성을 반영시키기에 적합한 수치실험의 대상이라 할 수 있다. 여기에서는 종합적인 맛으로서의 커피의 맛은 커피의 량, 크림의 량, 설탕의 량 및 물의 온도로 구성됨을 가정한다.

먼저 몇가지 재료의 조합으로 구성되는 커피의 맛에 대한 미각평가를 행하여, 퍼지추론의 관능검사에의 적용에 대한 유효성을 검토한다. 구체적으로 16가지의 커피의 시료조합에 대해서 행해진 관능검사의 결과를 이용하여 다음과 같은 비선형함수 $f(x)$ 를 도출한다.

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4) \quad (10)$$

여기에서

y : 커피 맛의 종합평가치

x_1 : 커피의 량(g)

x_2 : 크림의 량(g)

x_3 : 설탕의 량(g)

x_4 : 물의 온도(℃)

로 한다. 즉, 커피의 맛을 결정하는 4 종류의 속성(커피의 량, 크림의 량, 설탕의 량, 물의 온도)에 관한 평가치로부터 종합평가치를 추정하는 비선형시스템을 퍼지 If-then 규칙을 이용하여 모델화한다.

본 연구에서 대상으로 하는 커피 맛의 종합평가치의 추정문제는 다음과 같은 특징을 지니고 있다.

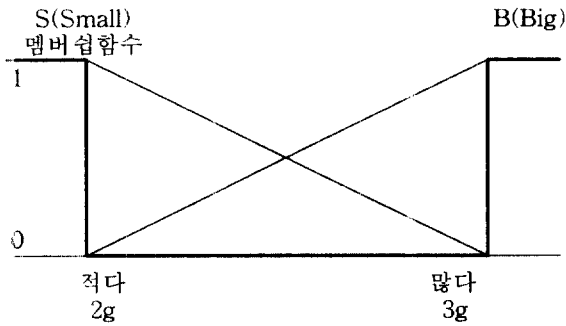
- (1) 커피의 종합평가치 y 와 4종류의 속성에 대한 평가치 x 간의 관계를 나타내는 비선형함수 $f(x)$ 의 함수형태는 알 수 없다.
- (2) 입출력 데이터는 관능검사의 결과이므로 인간의 주관적평가에 따른 애매성이 포함되어 있다
- (3) 커피의 량 및 다른 재료의 량에 관한 조합의 수를 제한했기 때문에 이용 가능한 입출력 데이터의 수에도 한계가 있다.

즉, 인간의 주관적인 평가에 의해 구해진 애매성이 포함된 다수의 입출력 데이터로부터 함수의 형태가 미지인 입출력 관계를 모델화하는 문제이다. 또한, 함수형이 미지이며 입출력 데이터가 애매성을 포함한 주관적인 것이기 때문에, 이와 같은 문제에 대해서 얻어진 퍼지 If-then 규칙의 유효성을 평가하는 것은 간단하지 않다. 그러므로 본 연구에서는 다음과 같은 2가지 관점에서, 학습에 의해 얻어진 퍼지 If-then 규칙의 유효성을 검토한다

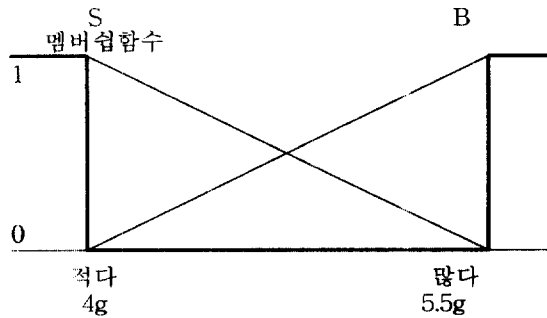
- (1) 퍼지 If-then 규칙을 학습하기 위해서 이용되는 학습용 데이터에 대한 적합능력은 학습용 데이터에 대한 2승오차에 의해 평가된다.
- (2) 퍼지 if -then 규칙의 학습에 이용되지 않은 평가용 데이터에 대한 일반화능력은 평가용 데이터에 대한 2승오차에 의해 평가된다.

5.1 변수의 설계

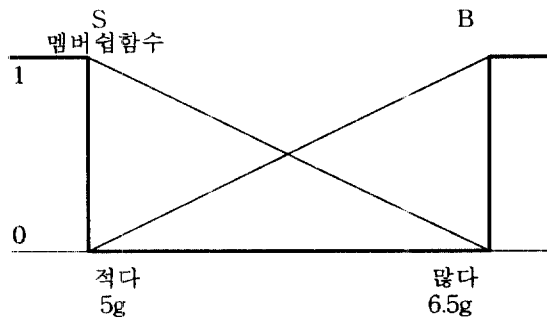
조건부의 멤버쉽 함수는 앞에서 설명한 식(6)과 같이 데이터의 분포에 따라서 정의역의 중심치 a_{ij} 를 등분할 하계끔 설정하고, b_{ij} 는 이웃하는 멤버쉽 함수가 0.5로 교차되게끔 설정한다. 또한, 가능한 한 문제의 단순화를 위해서 규칙의 수를 줄이는 것이 바람직하므로, 커피의 량, 크림의 량, 설탕의 량 및 물의 온도를 모두 2개의 퍼지집합으로 분할하였다. 이들 퍼지집합에 대한 멤버쉽함수는 <그림 1><그림 2><그림 3> 그리고 <그림 4>에 제시하였다. 단, 그림에서 S는 Small 그리고 B는 Big을 나타낸다. 따라서, 추론규칙의 총수는 $2^4=16$ 개가 되고 각 규칙에 독립적으로 멤버쉽함수 A_{ij} 를 설정한다. 여기에서 멤버쉽함수의 첨자 j 는 규칙의 번호를 나타낸다. 먼저 결론부의 실수치 B_i 의 초기치를 설정한다.



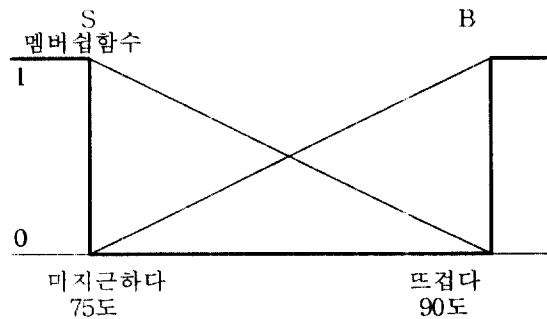
< 그림 1 > 커피의 량에 대한 기본퍼지집합



< 그림 2 > 크림의 량에 대한 기본퍼지집합



< 그림 3 > 설탕의 량에 대한 기본퍼지집합



< 그림 4 > 물 온도에 대한 기본퍼지집합

즉, 전술한 If-then 규칙의 설계에 사용되는 전체 규칙의 수는 16개이고 그 내용은 아래와 같다.

규칙 j : If $x_1 = A_{1j}$, and $x_2 = A_{2j}$, and $x_3 = A_{3j}$, and $x_4 = A_{4j}$, then $y_j = B_j$,

여기에서 x_1 : 커피의 량

x_2 : 크림의 량

x_3 : 설탕의 량

x_4 : 물의 온도

5.2 추론규칙의 설계

관능검사의 대상인 커피 맛의 4가지 변수에 대한 다양한 실험조합을 구성할 수 있지만, 문제를 간단히 하기 위해서 각 변수의 기본집합에 해당하는 16개의 실험조합을 구성하였고, 이들 실험조합에 대해서 10명의 피실험자를 통해 각 조합에 대해 1 - 9의 기호척도로 나타낸 관능검사의 결과를 <표 1>에 나타내었다. 단, 판정점은 10명의 평가자로 부터 구한 데이터의 평균치이다.

< 표 1 > 규칙설계용 표준입력 데이터

		데 이 타 조 합															
실험조합		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
분 석 데 이 타	x_1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
	x_2	4	4	4	4	5.5	5.5	5.5	5.5	4	4	4	4	5.5	5.5	5.5	5.5
	x_3	5	5	6.5	6.5	5	5	6.5	6.5	5	5	6.5	6.5	5	5	6.5	6.5
	x_4	75	90	75	90	75	90	90	90	75	90	75	90	75	90	75	90
판정점		4.8	5.8	4.3	5.3	4.6	5.6	4.0	5.0	6.5	7.5	5.9	6.9	6.2	7.0	5.7	6.7

<표 1>의 결과는 다음과 같이 퍼지 If-then 규칙으로 변환될 수 있다.

규칙 1: If $x_1=S$ and $x_2=S$ and $x_3=S$ and $x_4=S$ then $y_1=4.8$

규칙 2: If $x_1=S$ and $x_2=S$ and $x_3=S$ and $x_4=B$ then $y_2=5.8$

⋮

규칙 16: If $x_1=B$ and $x_2=B$ and $x_3=B$ and $x_4=B$ then $y_{16}=6.7$

5.3 퍼지추론에 의한 유효성평가

앞절에서 설계한 퍼지 If-then 규칙을 사용하여 퍼지데이터를 판정하기 위해서 임의의 16개 데이터 조합을 만든다. 이 데이터 조합은 앞에서 규칙설계에 사용한 조합과는 일치하지 않아 일반적인 판정규칙으로서는 판정이 불가능하나, 퍼지 If-then 규칙을 이용한 퍼지추론을 적용하여 판정할 수 있는데 이를 위해서 <표 2>의 판정용 입력데이터를 사용한다. 단, 이 판정용 입력데이터는 예를 들어, 커피의 량의 경우 1.5g에서 3.0g의 범위를 0.5g단위로 분할하여 무작위로 데이터조합을 만든 데 대한 것이다.

< 표 2 > 판정용 입력데이터

		대 이 타 조 합															
실험조합		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
분 석 데 이 타	x_1	2.5	2.0	2.0	3.0	1.5	3.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	1.5	3.0	1.5	2.0	2.5
	x_2	5.5	4.0	5.0	4.0	5.5	5.5	4.5	4.5	4.0	5.5	4.0	4.5	5.0	5.0	4.5	5.0
	x_3	5.5	5.0	5.5	6.5	6.0	5.0	5.0	5.5	5.5	6.5	6.0	6.5	6.0	5.0	6.0	6.5
	x_4	7.5	7.5	8.0	8.0	8.0	8.5	8.0	9.0	8.5	9.0	9.0	7.5	7.5	9.0	8.5	8.5

<표 2>의 입력데이터로 부터 식(6)을 사용하여 각 기본조합에 대한 멤버쉽함수를 계산한다. 그 계산결과는 <표 3> <표 4> <표 5> 그리고 <표 6>과 같다.

< 표 3 > 커피의 량의 멤버쉽함수

데이터	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S	0.5	1	1	0	1	0	0.5	0	1	1	0.5	1	0	1	1	0.5
B	0.5	0	0	1	0	1	0.5	1	0	0	0.5	0	1	0	0	0.5

< 표 4 > 크림의 량의 멤버쉽함수

데이터	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S	0	1	0.33	1	0	0	0.67	0.67	1	0	1	0.667	0.333	0.333	0.667	0.333
B	1	0	0.67	0	1	1	0.33	0.33	0	1	0	0.333	0.667	0.667	0.333	0.667

< 표 5 > 설당의 량의 멤버쉽함수

데이타	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S	0.67	1	0.67	0	0.33	1	1	0.67	0.67	0	0.333	0	0.333	1	0.333	0
B	0.33	0	0.3	1	0.67	0	0	0.33	0.33	1	0.667	1	0.667	0	0.667	1

< 표 6 > 물 온도의 멤버쉽함수

데이타	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S	1	1	0.67	0.67	0.67	0.33	0.67	0	0.33	0	0	1	1	0	0.333	0.333
B	0	0	0.33	0.33	0.33	0.67	0.33	1	0.67	1	1	0	0	1	0.667	0.667

이미 설계된 퍼지 If-then 규칙을 사용하여 각 데이타 조합에 대한 16개 규칙의 적합도를 계산한 결과를 <표 7>에 나타내었다.

< 표 7 > 데이타조합에 대한 각 규칙의 적합도(w_j)

데이타 규칙	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	1	0.15	0	0	0	0.22	0	0.22	0	0	0	0	0	0.074	0
2	0	0	0.07	0	0	0	0.11	0	0.44	0	0.167	0	0	0.333	0.148	0
3	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0.667	0	0	0.148	0.036
4	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.22	0	0.333	0	0	0	0.296	0.111
5	0.33	0	0.3	0	0.22	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0.037	0
6	0	0	0.15	0	0.11	0	6	0	0	0	0	0	0	0.667	0.074	0
7	0.17	0	0.15	0	0.44	0	0	0	0	0	0	0.333	0	0	0.074	0.111
8	0	0	0.07	0	0.22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.148	0.222
9	0	0	0	0	0	0	0.22	0	0	0	0	0	0.111	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0.11	0.44	0	0	0.167	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0.222	0	0	0
12	0	0	0	0.33	0	0	0	0.22	0	0	0.333	0	0	0	0	0.111
13	0.33	0	0	0	0	0.33	0.11	0	0	0	0	0	0.222	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0.67	0.06	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.444	0	0	0.111
16	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0.222

또한, 결론부의 평가치를 식(9)에 의한 간략화 추론방법을 이용하여 구하였는데 추론결과는 <표 8>과 같다.

< 표 8 > 추론결과

데이터	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
y	5.22	4.8	4.81	6.23	4.53	6.73	5.89	7.17	5.3	5	6.283	4.2	5.944	5.667	5.044	5.6

퍼지 If-then 규칙을 사용한 판정의 결과가 유효한지를 검토할 적합한 방법은 없다. 기본적으로 퍼지규칙은 퍼지집합으로 표시된 데이터를 대상으로 하므로 직접적인 평가가 곤란하다. 따라서, 퍼지 If-then 규칙의 설계에 사용된 데이터에 대해서 기존의 연산이 가능하다고 전제하고 다중회귀분석을 행하여, 그 회귀식을 사용하여 판정한 값과 퍼지 추론에 의하여 구해진 결론부의 값을 비교하여 관능검사에 대한 퍼지추론 적용의 유효성을 평가하고자 한다. <표 1>의 규칙설계용 데이터를 사용하여 다중회귀분석을 행하면 4가지 조건부 변수에 대해 식(11)을 얻을 수 있다.

$$y = 1.797699x_1 - 0.223493x_2 - 0.381339x_3 + 0.065645x_4 \tag{11}$$

식(11)을 이용한 결과를 <표 9>에 제시하였다. 이에 의하면, 퍼지추론에 의한 결과와 회귀분석의 결과는 다소 차이가 있으나 2승오차가 0.28에 불과하므로 거의 동일한 결과를 얻은 것이라 할 수 있으므로, 본 연구에서 제안한 퍼지 If-then 규칙에 의한 퍼지추론의 관능검사에 대한 적용이 대체로 유효하다고 할 수 있다.

< 표 9 > 제안방법의 유효성 평가

데이터	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
퍼지추론 결과	5.22	4.8	4.81	6.23	4.53	6.73	5.89	7.17	5.3	5	6.283	4.2	5.944	5.667	5.044	5.6
회귀분석 결과	5.11	4.73	4.65	6.29	3.45	6.85	5.85	7.21	4.3	4.81	4.26	3.15	5.93	4.6	4.9	5.49
오차	-0.1	-0.07	0.2	0.06	-1.1	0.12	-0.0	0.04	-1	-0.19	-0.04	-1.05	-0.01	-1.07	-0.14	-0.
오차변동	0.01	0.005	0.03	0.00	1.17	0.01	0.00	0.00	1	0.036	0.002	1.102	0.000	1.138	0.021	0.012
2승오차	0.28															

6. 결론

관능검사에 대한 퍼지추론 적용의 유효성을 평가하기 위해 커피의 맛의 속성조합에 관한 미각평가를 통해 얻어진 종합평가치를 추정하는 비선형 퍼지시스템을 퍼지 If-then 규칙을 이용하여 모델화 하였다. 그리고, 이때 얻어진 속성의 조합에 대한 평가치와 다중회귀분석을 통해 얻어진 평가치간 오차를 기준으로, 관능검사에의 퍼지추

론적용의 가능성을 검토한 결과, 본 연구에서 제안한 퍼지 If-then 규칙에 의한 퍼지 추론방법의 관능검사에의 적용이 유효하다는 것이 밝혀졌다.

그러나, 본 연구에서 유효성평가의 대상이 미각검사에 국한되었고 유효성평가가 다중회귀분석의 결과치에 대해서만 상대적으로 이루어졌으므로, 그 결과의 적용범위나 해석의 폭에 제한이 있어 추후 폭넓은 응용연구를 기대한다.

참고문헌

- [1] Zadeh, L. A. (1968), "Fuzzy algorithm," *Information Control*, Vol. 12, pp. 94-102.
- [2] 市橋, 渡邊(1990), "簡略ファジィ推論を用いたファジィモデルによる學習型制御," *日本ファジィ學會誌*, Vol. 2, No. 3, pp. 429-437.
- [3] 土屋, 小泉, 末成, 手島, 永井(1990), "廣島杜氏のもろみ管理のファジィ規則化とファインシミュレーションの構築," *日本醸造工學會誌*, Vol. 68, No. 2, pp. 123-129.
- [4] 浜岡, 佐佐木(1992), "ファジィ推論を適用した廣島カキの鮮度判定システムの開發," *日本ファジィ學會誌*, Vol. 4, No 1, pp. 201-208.
- [5] M. Sugeno (1985), "An Introductory Survey of Ffuzzy Contorl," *Information Science*, Vol. 36, pp. 59-83.
- [6] B. Kosko (1992), "Fuzzy Systems as Universal Approximators," *Proc. FUZZ-IEEE '92*, Sandiego, Cal., March 8-12, pp. 1153-1162.
- [7] Tagaki, T. and M. Sugeno (1985), "Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control," *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-15, pp. 116-132.