特集

食品とファジィ

練り製品業界へのファジィ理論の導入[†]

西岡 賢治*

はじめに

世の中はバブルが弾け、不景気といわれる時代に陥っており、人減らしが現実のものとなってきた。反面、3 Kといわれる職場は人手不足で熟練

者の数は年々減少しており、若年層の人間が集まらなくなっている。

食品加工業界も例外ではなく、高年齢層(50才前後)の婦人労働者がほとんどであり、練り製品業界でも職人や後継者が減少し続けている。

練り製品業界の加工工程はかなり複雑で、専門的な知識を要する。(図1参照)

図 1

[†] Introduction of Fuzzy Theory into the Fish-paste Product Industry

* Kenji NISHIOKA

(株)ヤナギヤ 開発部

YANAGIYA MACHINERY CO., LTD.

各工程とも、原料自身の温度や周りの雰囲気温度や湿度等の微妙な影響を受けやすく、調整も熟練者の感に頼るところが大である。管理条件は、人間的な感だからこそ可能なものがほとんどで、PIDによる制御のようにはっきりとした良否の判断では製品にならないものが多い。

そこで、ファジィ理論にスポットを当てて考えてみることにした。

1. 練り製品業界の現状

まず、播潰工程の解凍状態の違いによる温度と時間の関係について取り上げてみる。

播潰工程とは、魚肉をすりつぶす工程であり、現在では -30°C に凍結された冷凍すり身が原料として使用されている。この冷凍すり身を解凍して機械にかけるのであるが、このときの解凍温度によって播潰時間に微妙に違いが出てくる。

(図2、3参照)

解凍温度 -5°C の場合、熟練者が適度と見解を出したすり上がり時間は、すり初めから8~10分の範囲であった。これに比べて -3°C の場合は、7~9分の範囲であった。

この結果から、解凍温度が -5°C と -3°C では1分のずれがある為、解凍温度によって制御時間を微妙に変化させる必要があると考えられる。

播潰工程では、上記の他に食塩量、食塩投入時期、すり上げ時間、ナイフの回転速度の高低、水の投入量、投入時期等、他にも上げればきりがないくらいのファクターがある。

熟練者のセンサーである目や手による感覚で製品の良否が決まるとも言われており、職人と呼ばれるようになるには10余年は必要だとされている。

播潰工程1つ取り上げてみても、今まで述べたような問題がある。他にも、坐り、蒸し、冷却というような工程でも熟練者の経験と感が必要となる。

今までに、何度も熟練者に手伝ってもらい、デ

ータを採取したことがあります。最適といわれる値は季節の違いなどにより、その都度、微妙に変わっている。いずれにしても、大体このあたりで良いという感覚がほとんどであることと、PIDのように数値を確定してしまうと少し条件がずれただけで製品にならないことがあること等から考えると、ファジィ理論は練り製品に適していると考えて良いと思われる。

2. 業界の動向とファジィ理論の必要性

他異業種でも同様だと思われますが、練り製品業界では価格の過当競争と各メーカーのオリジナリティーを出すということについての競争が激化している。価格を下げながらオリジナリティーを出すということは、相反するところがあり、非常

図2 解凍温度変化による測定 (-5°C)
すり時間と温度

図3 解凍温度変化による測定 (-3°C)
すり時間と温度

に困難なことである。価格を下げるには原料に費やす費用は下げないといけないし、オリジナリティーを出すには研究費や高価格な原料を使わないと出しにくい。

各メーカーは他社と微妙に違うレシピやファクターを職人が身体で覚え込み、製品に仕上げていく。

その内容は数限られた人しか周知されておらず、その職人がいないと困るケースがある。

そこで、その職人が持っているノウハウをファジィ理論を導入し、人間に近い制御を装置に記憶させておくことが可能になれば、感による目視や手触の必要がなくなる。そうすれば、ある程度素人でも蒲鉾や天ぷら等が製品化出来る可能性は出てくるはずである。

しかし、職人の感をどこまでファジィ理論に反映できるかが、個々のオリジナリティーを出せるかにつながると思われる。

スーパーや百貨店への売り込みとしては低価格も必要条件だが、やはり美味しいことが必要不可欠である。ということは、各メーカーの個性が大切であり、職人の感が大きな役割を果たすといえる。

3. ファジィ理論が反映した場合の業界の展望

前述のことが可能になり、各製品の製造や切り替えがスイッチ1つで簡単に出来るようになれば職人不足という不安は無くなり、各メーカーの味の存続は安泰であると思われることから、早いうちに人間から装置への移管が出来ることが望まれる。

4. 原料魚の変化によるファジィ理論への影響

現在まで、製品製造のノウハウは確立されているが、原料魚の魚種に変化が生じている。今までの魚種の主流はスケトウダラであり、他にもたくさんの魚種が製品によって使用されているが、長年の経験とデータの蓄積により、それぞれ

製品化されてきた。

原料の冷凍すり身も、200 カイリ施行以来生産量が下降した時期もあったが、JV 等により、ようやく安定してきた。ところが、再度色々な世界情勢により、スケトウダラの漁獲量が激減してきた。(表1 参照)それにより、魚種もスケトウ以外の様々なものが使用されるようになり、(表2 参照)練り製品の命である足(弾力)等に影響が出ていると思われる。

坐りを例に上げてみる。(図4 参照)

図4 では魚種が違い、坐りの温度と時間変化の違いにより、ゼリー強度が明らかに違うのがわかる。

前に記載した工程の播潰～型成～坐り～蒸しのほとんどの工程が今までとは違う加工時間や温度等の管理が必要となり、今まで蓄積された熟練者のノウハウとは異なった知識が必要になっている。これらの知識は、これからの練り製品業界には絶対に必要なものばかりである。

この際に、新しいものについてのデータをしっかり蓄積しておけば、ファジィ理論に必要な多大なデータの充当につながると思う。

表1 すけとう漁獲量の推移

(単位：千トン)

昭和43年	1,606	昭和55年	1,552
44	1,944	56	1,595
45	2,347	57	1,567
46	2,707	58	1,434
47	3,035	59	1,621
48	3,021	60	1,532
49	2,856	61	1,422
50	2,677	62	1,313
51	2,445	63	1,259
52	1,931	平成元年	1,154
53	1,546	2	871
54	1,551	3	541

表2 すり身供給予測

(単位: トン)

	国 内 生 産					輸 入							合 計	増 計
	陸 上		計	洋 上	合 計	J/V	ス ケ ャ ト ウ				スケトウ 以 外			
	スケトウ	その他					米 国	韓 国	ソ 連	その他				
1975年			200.455	187.228	387.683								387.683	
76			242.990	181.243	424.233								424.233	
77			251.651	161.798	413.449								413.449	
78			189.730	175.853	365.583	6.000						6.000	371.583	
79			176.965	190.621	367.586	6.000						6.000	373.586	
80			184.915	179.331	364.246	7.225						7.225	371.471	
81			178.480	176.442	354.922	10.750						10.750	365.672	
82			195.154	177.095	373.049	23.444						23.444	396.493	
83			226.280	153.593	379.873	55.859						55.859	435.732	
84			272.444	146.000	418.444	80.282	* 1.000					81.282	499.726	
85			258.526	126.067	384.593	105.156	* 14.000					119.156	503.749	
86			248.466	101.054	349.520	122.668	* 21.000					143.668	485.501	
87			220.327	64.402	284.729	143.210	* 29.000					172.210	456.939	
88	177.887	24.201	202.078	85.328	287.406	113.739	20.000	5.875	14.404	2.453	23.000	179.471	466.877	
89	180.305	22.623	202.928	80.415	283.343	57.000	60.000	3.049	9.161	2.496	30.000	161.706	445.049	
90	147.817	28.166	175.983	54.000	229.983	20.178	109.500	20	6.377	3.624	31.800	171.499	401.482	
91	130.000	27.000	157.000	16.000	173.000	1.500	84.000	1.800	13.000	-	96.000	196.300	369.000	
92	120.000	27.000	147.000	15.000	162.000	5.000	110.000	2.000	18.000	-	81.000	216.000	378.000	

注 * は J/V 以外のすり身輸入

農林統計: 通関統計を参照及び関係筋からの聞き取り

図4 三種の魚類肉のりの坐り反応の比較

5. FA 化とファジィ

FA の目的

1. 省人化
2. 省エネ
3. 設備の稼働率アップ
4. 品質の安定

上記が代表的な目的といわれているが、FA にファジィを導入するにあたっては、双方ともかなりのデータ収集が必要になる。

データ収集が中途半端だと、FA 化を実施しても成功はありえない。蓄積した基本データをシステムのハードウェアの部分とすると、プロセスの入出力信号に対応する。それをファジィ理論を介して収集し、どのデータを使用するかを決定する。

練り製品業界の FA システムは顧客の目指す目標に対して、熟練者のもつ経験や感をファジィ理論を介して、より人間らしさを個々の装置から始まり、全体のシステムと合体させるかがポイントであり、又、それも固定的なものではなく、回りの環境や状態に合わせることが可能なものであり、改善が継続出来るものでなくてはならないと思う。

6. 練り製品の弾力のソフト化

足(弾力)の良否が練り製品の品質を決定する大きな条件であることは前に述べましたが、これまでにたくさんの人々により、足の構成についての研究が行われ、足増強の技術が実用化されてきた。

しかし、近年になって食品の洋風化が進み、若者の間ではファースフードが好んで食されるようになっている。

このような世情の中で、今まで弾力の増強を重視してきた練り製品業界のは、食感に対するニューメディアな考え方が必要となってきた。

そのような難しい食感を生み出す為にも、ファジィ的な要素を取り入れることが必要になってきている。

下表は約 8 年前の意見調整グラフであるが、このグラフが表す通りに現在までの加工食品の伸びは推移してきた。この伸び率の中に、食感のソフト化世代が増加していることが含まれることに今後、大きな課題がある。

7. FA 化へ向けての今後の課題

FA 化やファジィ理論を導入するにあたって一番大きな問題点は、生産工程中に原料の物性を測定、解析するのにフローで対応できる機器やセンサーがほとんどないことである。

流れるものが固いものであったり、瞬時に物性が変化するのでセンサーが破損したり、対応が時間的に間に合わなかったりする。

方法としては、バッチ処理によるデータ累積によって実施し、ファジィ理論により推論させるしかないと思われる為、かなりの時間とコストがかかる。

それを 1 本又は、1 個が何拾円という単価の中で、如荷に償却することが可能かということが FA やファジィ導入の大きな鍵を握っていると思います。

表 3 加工食品の今後の伸びについての意見分布
総理府「健康と食品に関する世論調査」

最後に 1991 年度と 1992 年度、2 年にわたり山口県からの委託事業で製作したファジィ、及び工程管理システムを導入した播潰装置の基本設計と

ファジィ推論ボード、並びに装置写真を御紹介します。

播潰自動制御システムの基本設計

練り製品加工、自動制御及び工程管理システムの開発

〈管理内容〉

①品質管理 ②工程管理 ③機械装置保守管理 ④生産管理

システムのソフトウェア構成

図 5

図6 制御系のダイアグラム

(a) 原料温度勾配のメンバシップ関数

(b) バッフル用モータの電流高配のメンバシップ関数

(c) バッフル用モータの回転速度(相対)のメンバシップ関数

図7 メンバシップ関数の形状

Fuzzy CONTROL

Created: 03/22/93 09:09:19 by unknown
 Last Modified: 03/22/93 10:27:25 by unknown
 This Fuzzy's emitted code will be Private.
 Description: <none>
 ALPHATYPE = DEFAULT.
 COMPLEXITY = DEFAULT.
 DEFUZZMETHOD = DEFAULT
 INFERMETHOD = "MAXMIN"

Fuzzy contents:

RULE Rule0000:

IF DT IS NB THEN
 DR = Z

RULE Rule0015:

IF (DT IS PB) AND (DE IS PB) THEN
 DR = Z

RULE Rule0001:

IF DT IS NS THEN
 DR = PS

RULE Rule0003:

IF (DT IS PS) AND (DT IS NB) THEN
 DR = NB

RULE Rule0018:

IF (DT IS Z) AND (DE IS NB) THEN
 DR = PB

RULE Rule0019:

IF (DT IS Z) AND (DE IS NS) THEN
 DR = PB

RULE Rule0020:

IF (DT IS Z) AND (DE IS Z) THEN
 DR = PB

RULE Rule0021:

IF (DT IS Z) AND (DE IS PS) THEN
 DR = PS

RULE Rule0022:

IF (DT IS Z) AND (DE IS PB) THEN
 DR = Z

RULE Rule0004:

IF (DT IS PS) AND (DE IS NS) THEN
 DR = NS

RULE Rule0005:

IF (DT IS PS) AND (DE IS Z) THEN
 DR = PB

RULE Rule0006:

IF (DT IS PS) AND (DE IS PS) THEN
 DR = PS

RULE Rule0007:

IF (DT IS PS) AND (DE IS PB) THEN
 DR = Z

RULE Rule0008:

IF (DT IS PB) AND (DE IS NB) THEN
 DR = NB

RULE Rule0009:

IF (DT IS PB) AND (DE IS NS) THEN
 DR = NS

RULE Rule0010:

IF (DT IS PB) AND (DE IS Z) THEN
 DR = Z

RULE Rule0011:

IF (DT IS PB) AND (DE IS PS) THEN
 DR = Z

図8 ファジィプロダクションルール

シングルボードコンピュータ (H8のみ)

ファジィ演算シングルボードコンピュータ
(H8+FP3000)

図 9

原料投入位置(正面)

制御盤内

カッティング位置(側面)

操作タッチパネル

球開放

球内部

写真1 試作したらい潰装置(ボールカッター)

(1993年12月20日 受 付)

[問い合わせ先]

〒759-01 山口県宇部市大字善和189-18

(株)ヤナギヤ 開発部 西岡 賢治

☎: 0836-62-1663 ㊚: 0836-62-1613

著 者 紹 介

西岡 賢治 (にしおか けんじ)

(株)ヤナギヤ 開発部長

1973年3月 東京理科大学 卒業、
同年4月 (株)ヤナギヤ入社。1990年
10月 発明協会、中小企業庁長官奨励
賞受賞。現在 (株)ヤナギヤ 開発部部
長。