

# 木材乾燥自動システムにおけるファジィ制御の利用

木材工業部 山之内清彦

## A Fuzzy Control in Automatic Wood-Drying System

Kiyotatsu YAMANOUCHI

木材乾燥初期に行う乾燥条件の補正作業を標準化する目的で、ファジィ制御を利用した補正システムを2タイプ構築し、その評価を行った。その結果、制御周期が数分オーダーでも制御系に影響のない木材乾燥工程の場合、FUZZY制御専用の制御機器を中心に構成したシステムより実行速度が遅く構成機器価格が安価なシステム（BASICインタプリタでファジィ制御ロジックをプログラムしたシステム構成）でも充分利用可能であった。また、ファジィ制御システムを構築する過程で、ルール作成等の制御に必要な基本システムの設計は比較的容易に行えた。しかし、システムの最適化を図るためには、トライアンドエラーによるルールの選択、メンバーシップ関数の同定作業が必要となる。

### 1. はじめに

近年、木材加工業界においても景気の堅調な推移等に伴い、従業員の人手不足が大きな問題となっている。このため企業では、製造工程の自動化に対する関心が高まってきている。

木材乾燥では作業者の経験に頼る工程が多く、ハードウェア的な自動化が可能になっても、依然として人間の経験的判断等が必要とされるソフト面の標準化・自動化が課題として残っている。

このような人間のあいまいな判断（表現）を利用できる制御法<sup>1)2)3)</sup>として、地下鉄の電車の運転制御<sup>4)</sup>、コンテナクレーンの自動運転<sup>5)</sup>、家電製品<sup>6)</sup>等で採用されているファジィ制御法がある。

そこで、木材乾燥工程で人間の経験的判断を必要とする乾燥初期の乾燥条件補正作業を標準化する目的で、ファジィ制御法を利用した2タイプの乾燥条件補正システムを構築し、その評価を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 供試材及び実験装置の構成

供試材はスギの45mm厚材で、初期含水率は80～120%であった。

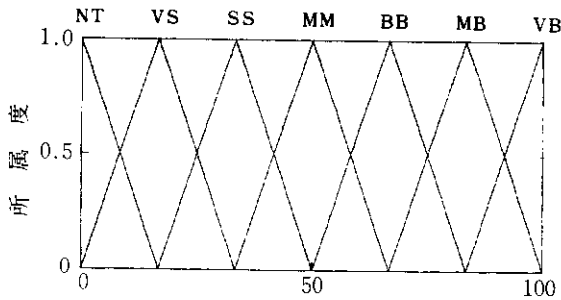
実験はインターナルファンタイプの木材乾燥実験装置で行った。

使用した制御機器は立石電機社製のプログラマブルコントローラ（C200HおよびC500）である。

タイプⅠはメインCPUのC200Hとアスキーユニット（C200H—ASC02）上のオムロン—BASICでファジィ推論部・知識部をプログラミング<sup>7)</sup>したソフトで構成し、機器定価は120,000円であった。

タイプⅡはメインCPUのC200HとリンクしたC500のファジィ推論ユニット（C500—FZ001）及び知識部の作成・編集を行うシステムコンソールソフト（FT—6100）で構成し、機器定価は、約1,100,000円（C500本体およびC200Hとのリンク関連機器：約50万円、ファジィ制御関連機器：約





割れ状態の目視値

ファジィ変数	意味
VB	非常に大
MB	大
BB	やや大
MM	中くらい
SS	小
VS	微小
NT	なし

図3 連続型メンバーシップ関数の定義 (例: 割れの程度)

(ルール例)  
 IF CHECK=VB AND DWIN=NM THEN DWOUI=NB  
 【意味: もし 割れが非常に大きく かつ 温度差幅差が負で中くらいならば 温度差出力値を負で大にする】  
 IF CHECK=BB AND DBIN=NS THEN DBOUI=NS  
 【意味: もし 割れが大きく かつ 温度幅差が負で中くらいならば 温度差出力値を負で小にする】

ただし、  
 CHECK: 割れの程度 DWIN: 温度差幅差 DBIN: 温度幅差  
 DWOUI: 温度差出力値 DBOUI: 温度差出力値

とす。  
 また、各ファジィ変数(その意味)は以下のとおりである。  
 VB (非常に大)  
 BB (大)  
 MB (負で大)  
 NM (負で中)  
 NS (負で小)

リスト1 ファジィ制御ルールの定義(例)

両タイプとも各メンバーシップ関数のファジィ変数は7個とした。

タイプIのメンバーシップ関数は、システムの最適化操作を効率的に行えるように離散型を採用したが、離散型関数はアナログ処理に不向きなため、直線補完法によりアナログ処理できるようプログ

ラムした。

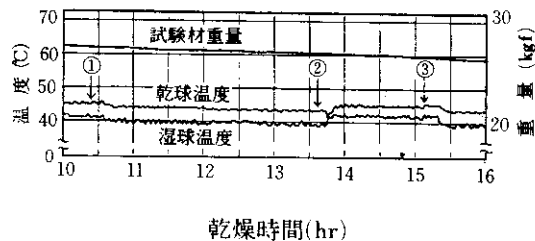
タイプIIではシステムコンソールソフト (FT-6100) を利用することによりシステムの最適化操作が比較的安易に行える。

今回は、木材乾燥の初期に想定される全てのケースに対応できる基本制御ルールを作成した。その結果、タイプIで登録したルール数は84個、タイプIIでは98個であった。

なお、システムの最適化については「ルールの選択」についてのみ報告する。

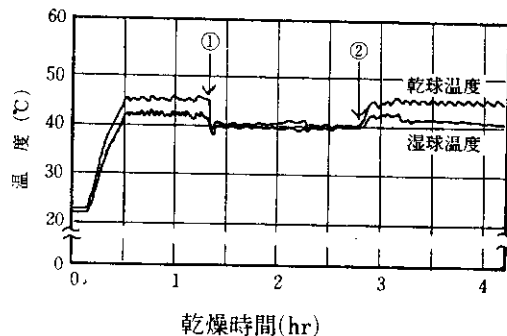
### 3. 結果および考察

図4にアスキーユニットによるタイプIの制御結果、図5にファジィ推論ユニットによるタイプIIの制御結果を示す。



- ① 割れ目視値=40を入力
- ② " =20を入力
- ③ " =0を入力

図4 タイプIのファジィ制御結果



- ① 割れ目視値=100を入力
- ② " =0を入力

図5 タイプIIのファジィ制御結果

図4, 図5のとおり両タイプの制御結果とも、登録した経験則(ルール)を反映した出力結果が得られた。また、両タイプについてそれぞれファジィ推論過程をシミュレートした結果、同一入力値に対する両タイプの出力値はほぼ同じ傾向を示した。

ファジィ知識部の最適化前後における両タイプのファジィ推論に要した制御周期と構成機器定価を表3に示す。

表3 ファジィ制御周期と構成機器定価

	制御周期(msec) (ルール数)		構成機器定価(円)
	最適化前	最適化後	
タイプI	408,000 (84)	128,000 (24)	120,000
タイプII	14 (88)	3.2 (24)	約 1,100,000 (C500, リソシロンを含む)

最適化前におけるタイプIのファジィ制御周期は約6分48秒(408,000msec), タイプIIでは約14msecで、タイプIはタイプIIの約2万9千倍の制御周期を要した。

最適化前の知識データを使って行った制御実験について、登録したルールの出現回数を適合度の上位5位までについて調べてみると(図6)、制御で出現したルール数は、両タイプとも今回登録したルール数の約1/4以下であった。そこで、ルール選択最適化の1例として、制御で出現したルールを主体に、ルール数を24個とした場合、表3のとおり制御周期はタイプIで2分8秒(128,000msec), タイプIIで3.2msecと短縮された。以上のことより、タイプIでは1ルール当りのファジィ演算時間が4800~5300msec, タイプIIでは0.13~0.14msecであった。タイプIでは毎スキャンごとに登録された全てのルールについて、それぞれ演算結果を配列に格納しているため、制御規則の数を最小限に抑えることにより、制御周期はかなり短くなると思われる。

ルールの番号	1位	2位	3位	4位	5位 / 出現回数
1	128	41	118	88	0
2	128	701	77	88	0
3	124	141	928	47	0
4	0	0	0	1168	0
5	0	0	0	0	1528
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0

図6 適合度上位5位までのルール出現回数  
(システムコンソールソフトFT-6100より)

一般的に、木材の人工乾燥に要する期間は樹種や板厚の違いにより数日から2, 3週間であり、しかも木材含水率の経時変化は比較的静的な動きで徐々に減少する。このように制御速度をあまり問わない木材人工乾燥の場合、タイプIの機器構成でも十分に使用可能であると思われる。

ファジィ制御の大きな特徴として、入力値と出力値間に厳密な関係(数式等)がない場合でも、今までに蓄積した経験を言語の形で記述(規則化)できるため、ルール作成等の制御に必要な基本システムの設計は比較的容易に行える。また従来の制御と異なり、ファジィ制御では矛盾するルールが同一制御ループ内に存在しても、大きな制御ミスは発生しない。これらは反面、システムの最適化を図るのに必要となる「基準」が極めてあいまいであることを意味している。このため、ルールの選択ならびにメンバーシップ関数の同定には、ある程度の試行錯誤の繰り返しが必要となる。

#### 4. おわりに

木材乾燥初期に行う乾燥条件の補正作業を標準化する目的で、ファジィ制御法を利用した補正システムを2タイプ構築し、その評価を行った結果は以下のとおりである。

- (1) 制御機器の構成主体としてアスキーユニットを使用したタイプIおよびファジィ推論ユニッ

トを使用したタイプⅡとも、制御結果は概ね良好であった。

- (2) ルール選択最適化前のタイプⅠのファジィ制御周期は約6分48秒(408,000msec)、タイプⅡでは約14msecで、最適化後はタイプⅠが2分8秒(128,000msec)、タイプⅡが3.2msecとなった。構成機器定価はタイプⅠが12万円、タイプⅡが約110万円(周辺装置を含む)であった。このように、制御周期が数分オーダーでも制御系に影響がない場合は、タイプⅠのファジィ制御構成機器も利用可能である。
- (3) ファジィ制御では、入力値と出力値間に厳密な関係(数式等)がない場合でも、今までに蓄積した経験を言語の形で制御規則として記述できるため、ルール作成等の制御に必要な基本的なシステム設計は比較的容易に行える。
- (4) 同一制御ループ内に矛盾するルールが存在しても、大きな制御ミスは発生しない。
- (5) ファジィ制御システムの最適化を図るためには、トライアンドエラーによるルールの選択、メンバーシップ関数の同定作業が必要となる。最近、さらに安価なファジィ制御用ユニットが数機種発売され、ファジィ制御を利用する環境が

整ってきた。木材加工工程ではファジィ制御に代表される経験則制御により工程の標準化・自動化を図れる分野が多く、さらに研究の余地があると思われる。

### 参 考 文 献

- 1) 宮本捷二：計測と制御, **25**, 5, 54~61(1986)
- 2) 菅野道夫：ファジィ制御, 日刊工業新聞社(1988)
- 3) 寺野寿郎：応用ファジィシステム入門, オーム社(1989)
- 4) 安信誠二：システムと制御, **28**, 10, 605~613(1984)
- 5) 安信誠二：計測自動制御学会論文集, **22**, 10, 60~67(1986)
- 6) 国際技術総合研究所：トリガー, 日刊工業新聞社, **6**, 118~124(1990)
- 7) 桐山清：エレクトロニクスライフ, 日本放送出版協会, **3**, 38~48(1991)
- 8) 寺沢真：木材の人工乾燥, 日本木材加工技術協会(1981), p.110
- 9) オムロン株式会社：システムコンソールソフト FT-6100取扱説明書