

### (3) 継続時間

水撃音を収録した 50 データ，衝撃音を収録した 55 データを，「水撃音」とハンマーでの衝撃音である「壁衝撃音」「蛇口衝撃音」の三項目ごとに継続時間のデータのばらつき具合を表したものが図 3-19 である。図 3-19 からわかるように，水撃音は 0.1 秒以下のデータが多い。また壁衝撃音・蛇口衝撃音は，0～0.3 秒の間のデータが多く見られる。全体的にハンマーによる衝撃音の方が継続時間が長い。図 3-20 は，10 回ずつ 5 セット計 50 回を収録した住宅 A での水撃音をセットごとに表したものである。1～2 セットはデータのばらつきが見られるが，3～5 セットはデータがまとまっている。この項目は，卓越振動数・減衰定数に比べてデータのまとまりがあり，特に水撃音のデータはまとまりが良い。

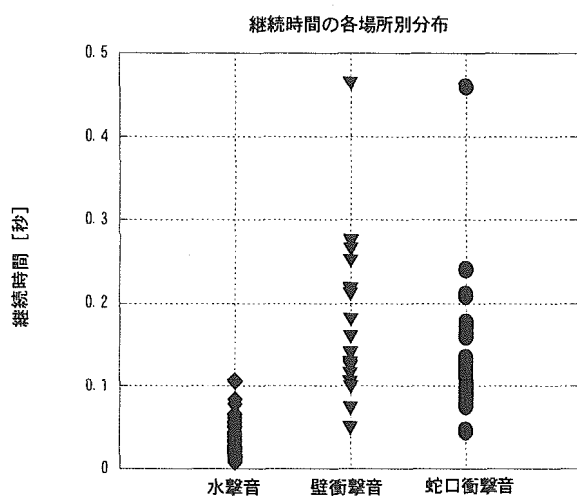


図 3-19 各場所の継続時間の分布

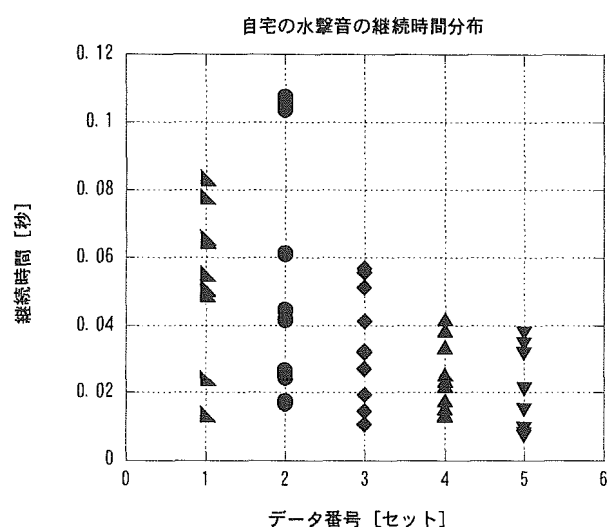


図 3-20 住宅 A の水撃音の継続時間の分布

### (4) 位相差の割合

昨年度，水撃作用での給水管の振動速度波形を収録・解析し，位相差の割合を算出した結果，非常にデータにまとまりがあり注目した項目である。しかし，物理的な根拠の解明にまでは今の所至っていない。

位相差の割合について，上記 3 項目と同じように，水撃音を収録した 50 データ，衝撃音を収録した 55 データを，「水撃音」とハンマーでの衝撃音である「壁衝撃音」「蛇口衝撃音」の 3 項目ごとにデータのばらつき具合を表したものが図 3-21 である。この図より，水撃音の方の位相差の割合は 20～60%，壁衝撃音・蛇口衝撃音の位相差の割合は 80%以上のデータが多いことがわかる。全体的に見ると，ハンマーで与えた衝撃音，すなわち壁衝撃音・蛇口衝撃音の方が位相差の割合は大きい。そしてこれらの方がデータのまとまりがある。後

に、位相差分スペクトルの例を示す。

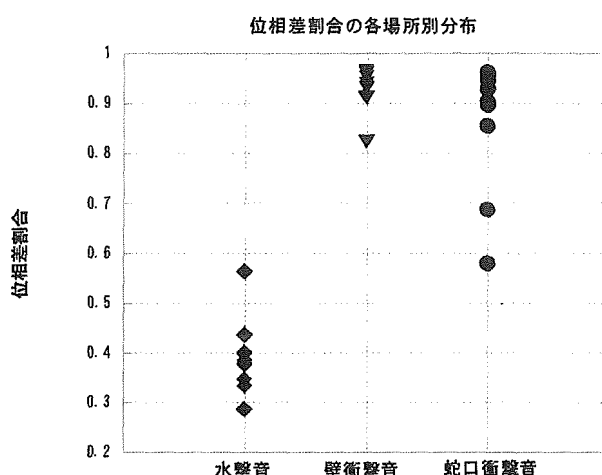


図 3-21 各場所の位相差の割合の分布

#### (5) 最大振幅

水撃音・壁衝撃音・蛇口衝撃音の取得した波形の最大振幅と、(4)で示した位相差の割合の関係をプロットしたものを図 3-22 に示す。最大振幅は、壁衝撃音・蛇口衝撃音の方はデータがばらついているが全体的に大きく、位相差の割合とともに大きくなっていると言える。一方水撃音の方は、最大振幅は 0.1 未満で非常に小さいことがわかる。そして位相差の割合と合わせてみると、表内の左下データが集中していることから、ともに小さいことがわかる。

図 3-23 は、住宅 A での水撃音を 2 種類の流量別に 5 回ずつ収録し、その中のそれぞれの最大振幅をプロットしたものである。住宅 A の洗濯機には流量計がついていないため、バケツ等を使い原始的な方法で測定したため、流量はおおまかな数値である。12L/min の方は、洗濯機に水を送る管の蛇口を少しひねった状態、すなわち流量が少ない状態である。15L/min の方は、蛇口を最大にまでひねった状態、すなわち流量が多い状態である。図 3-23 のように最大振幅は 12L/min と 15L/min で約 2 倍違う。すなわちこの実験では、最大振幅は流量に影響されることがわかる。また図 3-24 は、時間帯別（朝と夜）で最大振幅を表したものであるが、朝より夜の方が最大振幅が大きい。これは住宅 A のあるアパート全世帯での水の使われ方、すなわち、住宅 A への水の供給量が影響されるためだと思われる。他にも収録機器であるマイクロホンの設置場所が水撃音の発生源に近ければ最大振幅は当然大きくなり、離れていれば小さくなることが考えられる。このように最大振幅はさまざまな要因で変化を受けやすい。

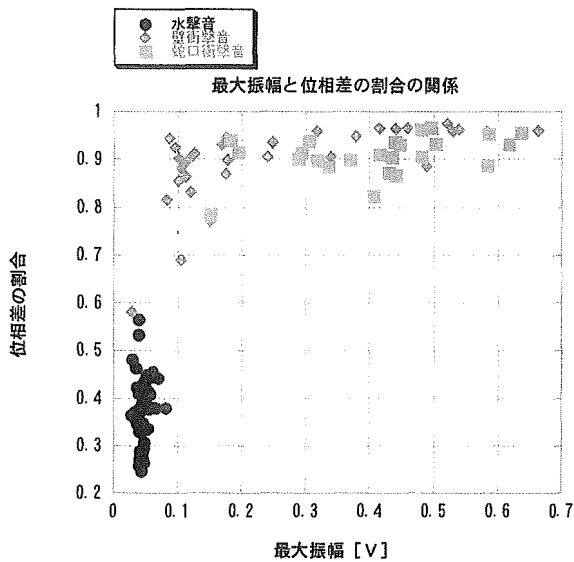


図 3-22 最大振幅と位相差の割合の関係

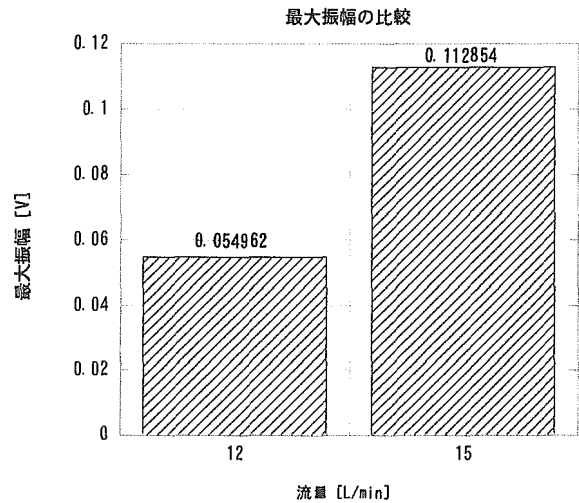


図 3-23 流量別の最大振幅の比較

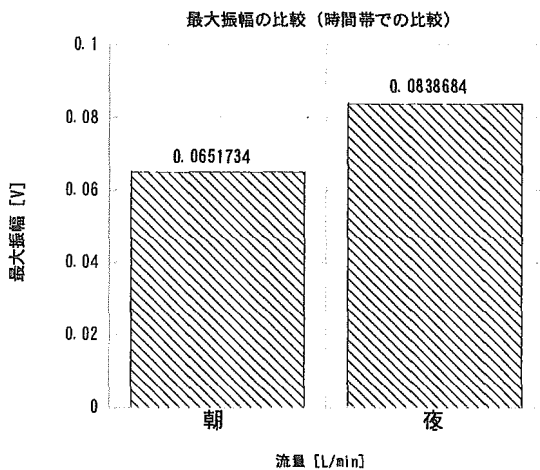


図 3-24 時間帯別の最大振幅の比較

### 3.3.3 考察結果のまとめ

前節までで、実験室で収録した振動速度波形データと電磁弁付近で収録した水撃音のデータのグラフ化、そして住宅Aで収録した水撃音、ハンマーで壁や蛇口に衝撃を与えたときの衝撃音をグラフ化した。

本年度は、後者の住宅Aで収録した水撃音・ハンマーで与えた衝撃音をファジィ判定に持ち込むことにする。5つの評価項目中、水撃音とハンマーの衝撃音の区別が一番できそうなものは最大振幅である。しかし3.3.2で示したように、最大振幅はさまざまな要素の影響を受けやすいため、ファジィ判定に組み込むが影響度を小さくする。そして全体的な結果から見て、継続時間と位相差の割合をファジィ判定に組み込むことにする。つまり3項目をファジィ判定に組み込む。そして特に位相差の割合は明確な区別ができそうなのであ

るため（図 3-25～3-26 と，図 3-27～3-28 との比較より），ファジィ判定への影響度を大きくすることにする．卓越振動数・減衰定数は影響度をなしとする．

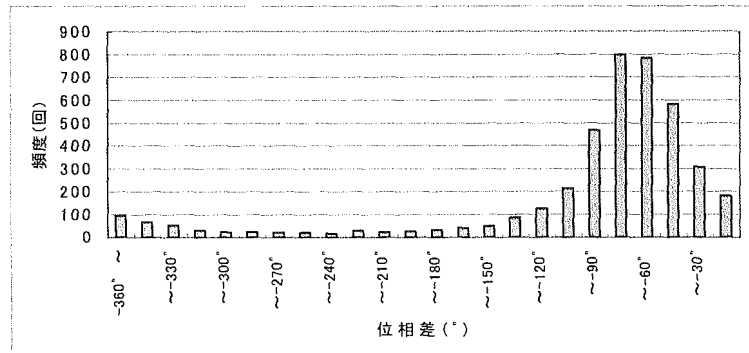


図 3-25 水撃作用による音の波形の位相差分スペクトル例①

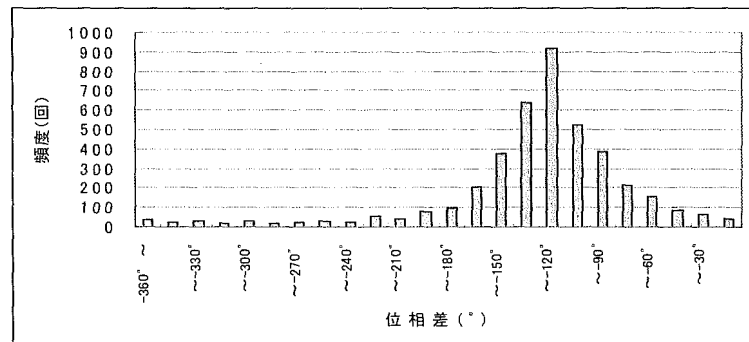


図 3-26 水撃作用による音の波形の位相差分スペクトル例②

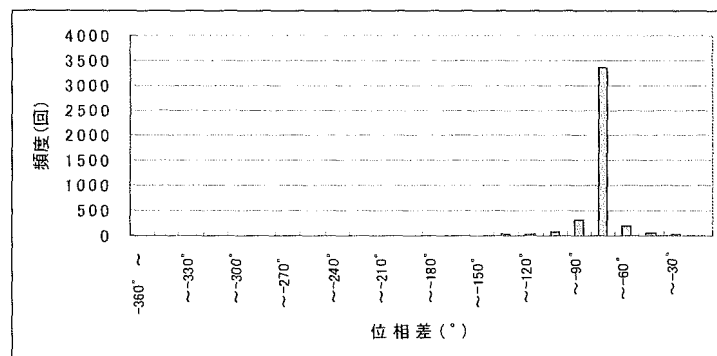


図 3-27 ハンマーで与えた壁の衝撃音の位相差分スペクトル例①

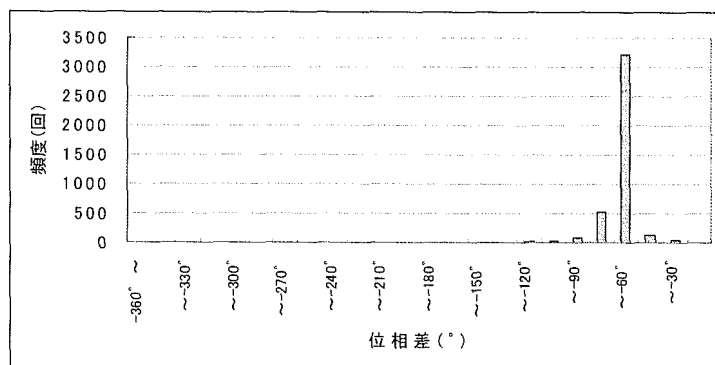


図 3-28 ハンマーで与えた壁の衝撃音の位相差分スペクトル例②

#### 4. ファジイ理論の適用

ファジイ理論に基づく水撃作用発生の有無の判定システム構築の基本的な考え方、演算方法等は参考文献 1), 2) と同様のためここでは省略し、本研究での実験で得られたデータに適用するための評価基準、メンバーシップ関数の作成、および、ファジイ判定について述べる。

##### 4.1 評価基準

「卓越振動数」、「継続時間」、「減衰定数」、「位相差の割合」、「最大振幅」の5つの項目のうち、「継続時間」、「位相差の割合」、「最大振幅」に注目し、その良否（パラメータG）、水撃が発生しているか否かの判断に与える影響度の大きさ（パラメータE）、水撃作用発生具合の総合評価（パラメータN）、の3つのパラメータに関して、メンバーシップ関数を決めていくことにする。最初に、各評価項目の良否を「良い」「まあまあ良い」「どちらとも（良いとも悪いとも）言えない」「まあまあ悪い」「悪い」の5つの基準に分ける。決定された評価基準を表 4-1 に示す。この評価基準は、演算の実行にあたり微調整を繰り返し、最適と思われるものを決定とした。そして、住宅Aで収録した105のデータを評価基準別に分類したものを表 4-2 に示す。

表 4-1 評価基準

| 継続時間[秒]       |     | 位相差の割合      |     | 最大振幅[V]     |     |
|---------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
| 0~0.0194      | 評価⑤ | 0~0.2699    | 評価⑤ | 0~0.036     | 評価⑤ |
| 0.0195~0.0496 | 評価④ | 0.270~0.399 | 評価④ | 0.037~0.050 | 評価④ |
| 0.0497~0.0782 | 評価③ | 0.400~0.499 | 評価③ | 0.051~0.068 | 評価③ |
| 0.0783~0.099  | 評価② | 0.500~0.599 | 評価② | 0.069~0.099 | 評価② |
| 0.1以上         | 評価① | 0.6以上       | 評価① | 0.1以上       | 評価① |

##### 4.2 メンバーシップ関数の作成

住宅Aの実験で得た105のデータを用いて昨年作成されたメンバーシップ関数を参考に

作った。本年度は、「位相差の割合」を判定に大きく影響を与えるようにし、次に「継続時間」・「最大振幅」の順に影響度が来るようにした。決定されたメンバーシップ関数を図 4-1, 図 4-2, 図 4-3 に示す。

### 4.3 ファジィ判定

検討を重ねて作成した 3 つの評価項目のメンバーシップ関数を用いてファジィ演算を行った。演算結果のファジィ判定図全 32 パターン図 4-4～図 4-14 に示す。

表 4-2 評価基準によるデータの分類

| 水撃作用 |        |      |      | ハンマー |        |      |      |
|------|--------|------|------|------|--------|------|------|
| 継続時間 | 位相差の割合 | 最大振幅 | データ数 | 継続時間 | 位相差の割合 | 最大振幅 | データ数 |
| ⑤    | ⑤      | ④    | 1    | ⑤    | ①      | ①    | 1    |
| ⑤    | ④      | ⑤    | 1    | ④    | ①      | ①    | 3    |
| ⑤    | ④      | ④    | 3    | ③    | ①      | ①    | 1    |
| ⑤    | ④      | ③    | 2    | ②    | ①      | ①    | 8    |
| ⑤    | ③      | ⑤    | 1    | ①    | ②      | ⑤    | 1    |
| ⑤    | ③      | ④    | 2    | ①    | ①      | ①    | 41   |
| ⑤    | ③      | ③    | 2    |      |        |      |      |
| ⑤    | ③      | ②    | 1    |      |        |      |      |
| ⑤    | ②      | ④    | 1    |      |        |      |      |
| ④    | ⑤      | ④    | 3    |      |        |      |      |
| ④    | ④      | ⑤    | 2    |      |        |      |      |
| ④    | ④      | ④    | 7    |      |        |      |      |
| ④    | ④      | ③    | 2    |      |        |      |      |
| ④    | ③      | ⑤    | 1    |      |        |      |      |
| ④    | ③      | ④    | 3    |      |        |      |      |
| ④    | ③      | ③    | 3    |      |        |      |      |
| ④    | ②      | ④    | 1    |      |        |      |      |
| ③    | ⑤      | ④    | 1    |      |        |      |      |
| ③    | ④      | ④    | 3    |      |        |      |      |
| ③    | ④      | ③    | 2    |      |        |      |      |
| ③    | ③      | ④    | 2    |      |        |      |      |
| ③    | ③      | ③    | 2    |      |        |      |      |
| ②    | ④      | ②    | 1    |      |        |      |      |
| ①    | ④      | ④    | 1    |      |        |      |      |
| ①    | ④      | ③    | 1    |      |        |      |      |
| ①    | ③      | ④    | 1    |      |        |      |      |
| データ計 |        |      | 50   | データ計 |        |      | 55   |

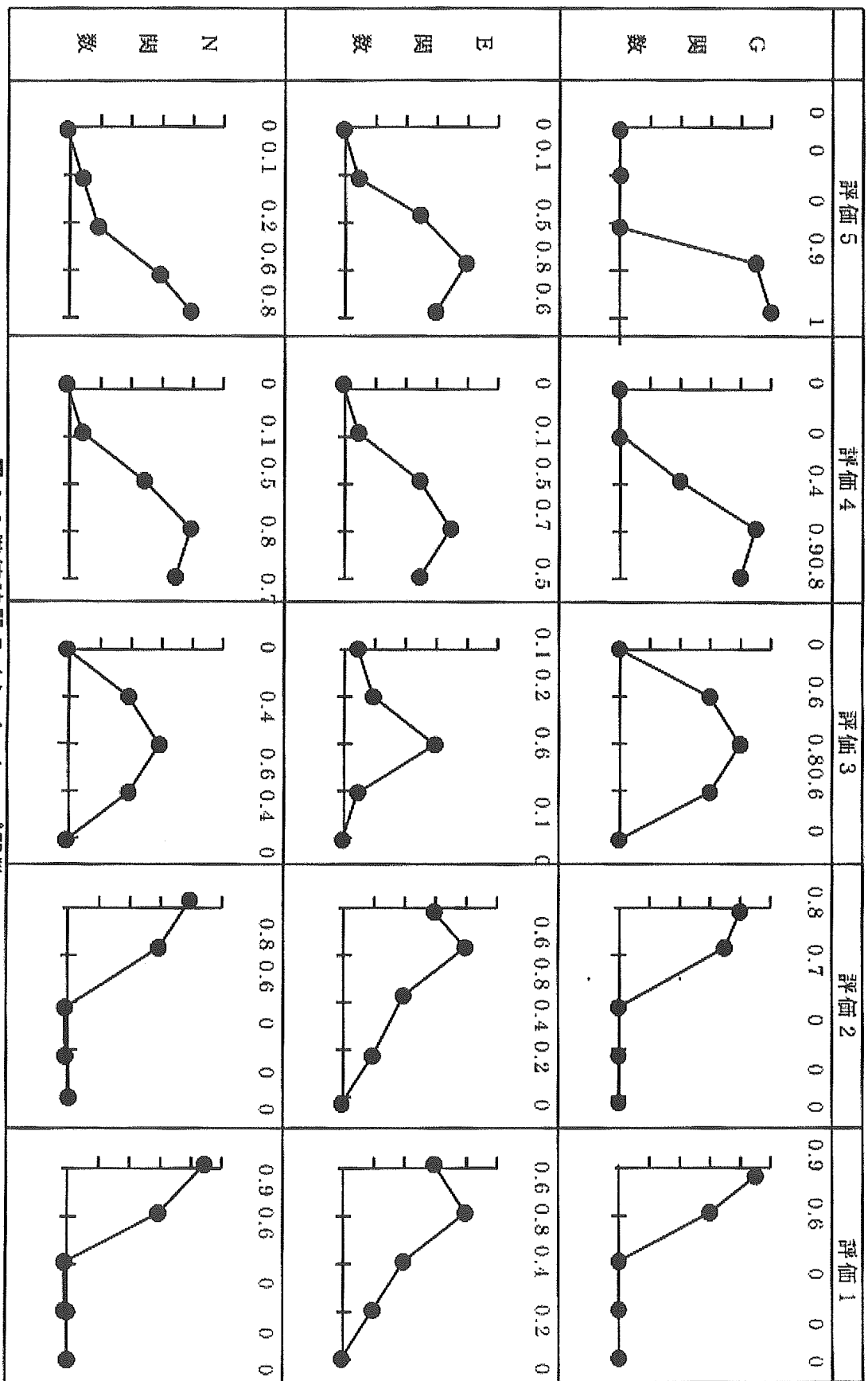


図 6-3 継続時間のメンバーシップ関数

図 4-1 継続時間のメンバーシップ関数

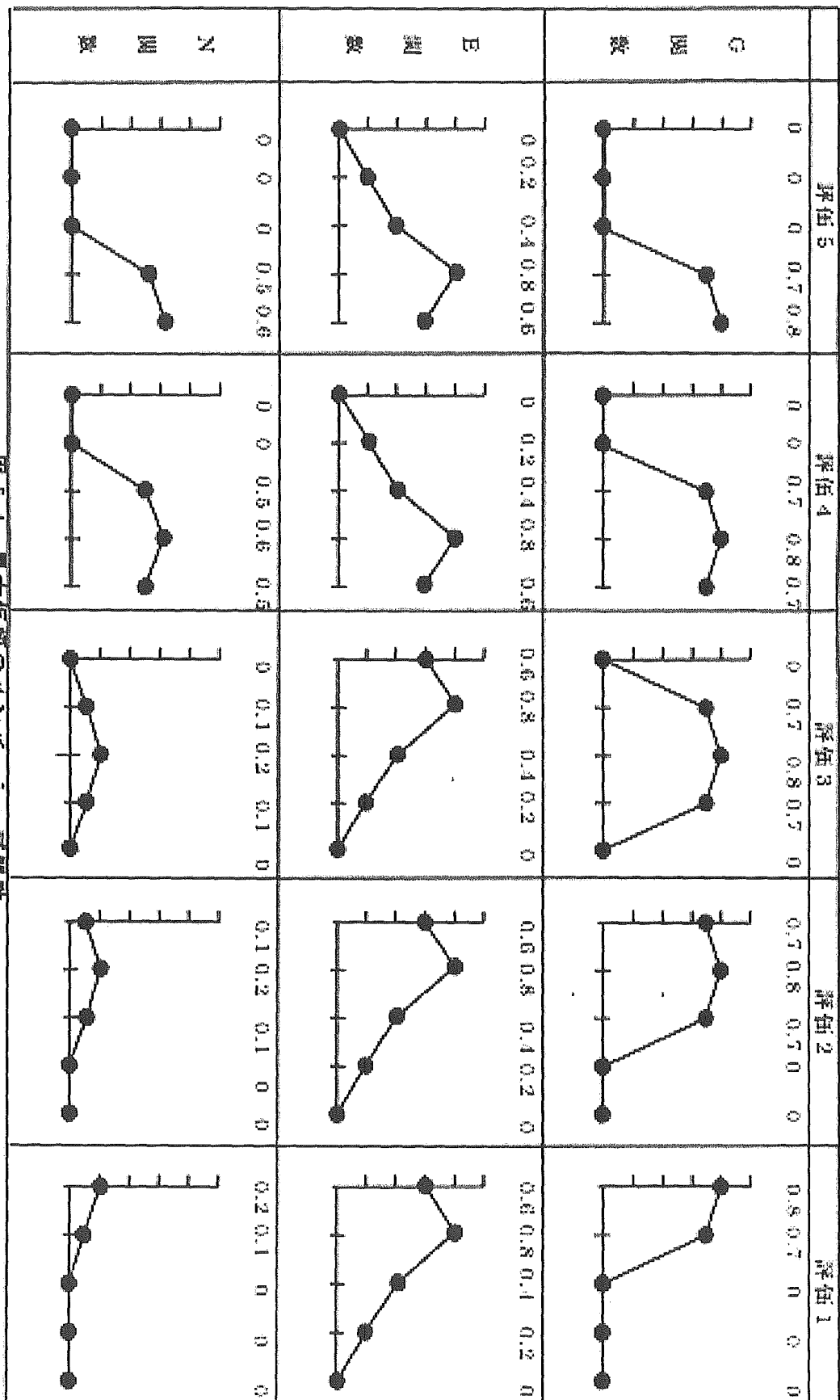


図 4-4 最大振幅のメンバーシップ関数

図 4-2 最大振幅のメンバーシップ関数



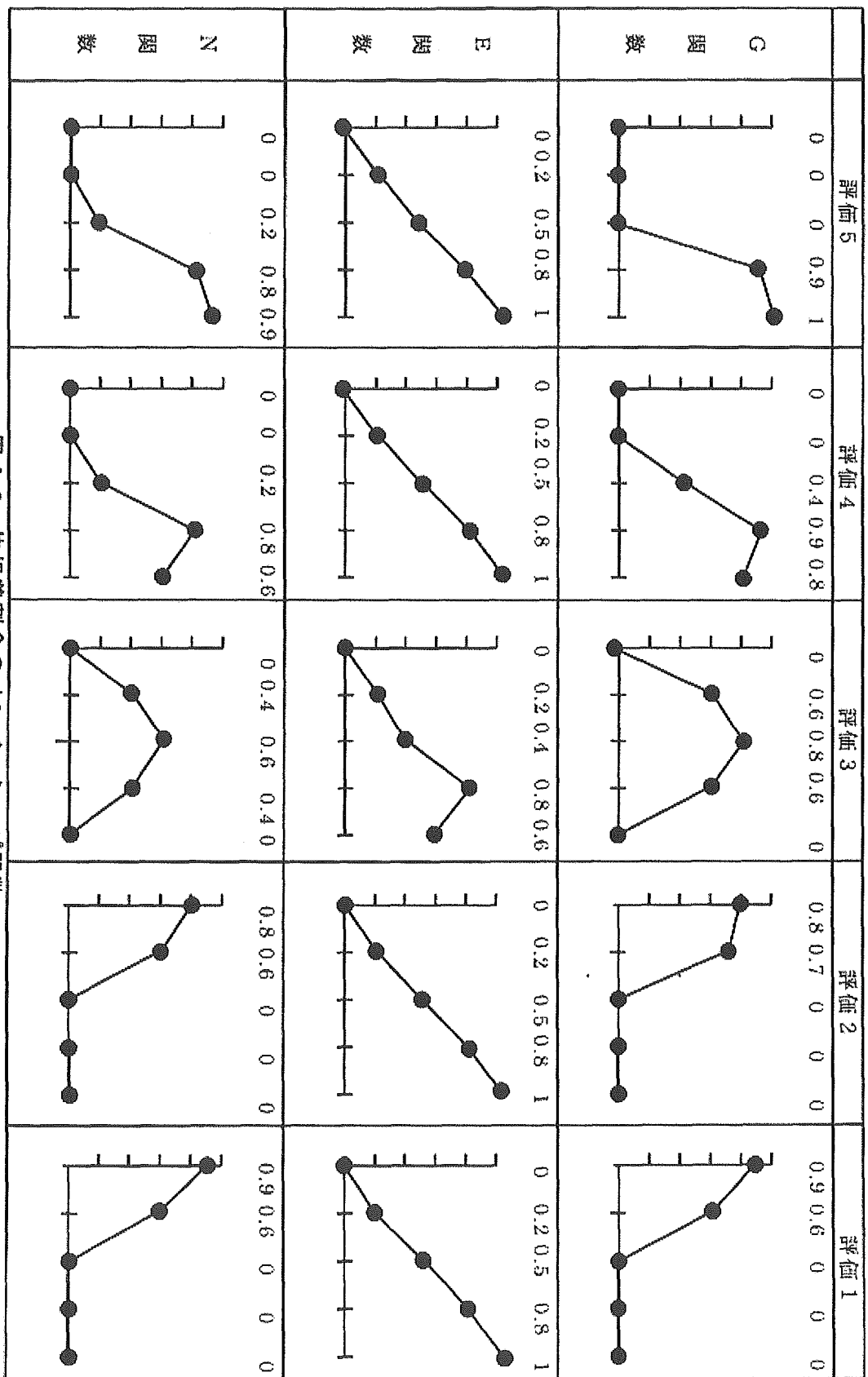


図 6-5 位相差割合のメンバーシップ関数

図 4-3 位相差割合のメンバーシップ関数

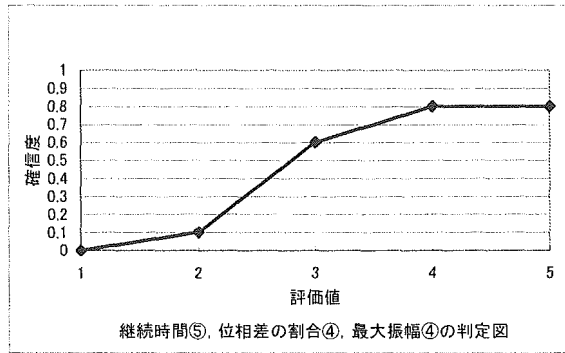
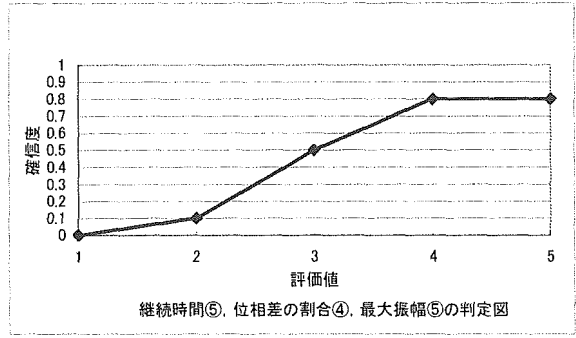
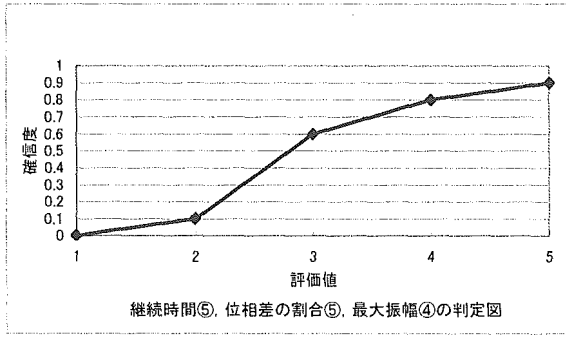


図 4-4 ファジィ判定図①

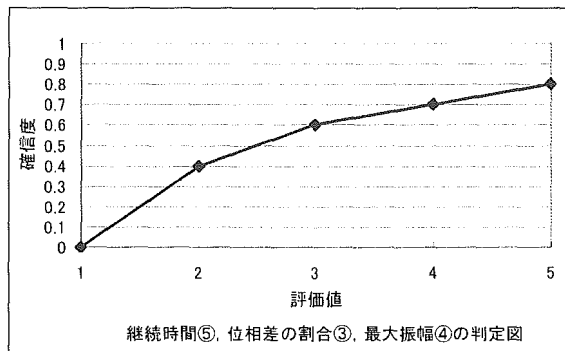
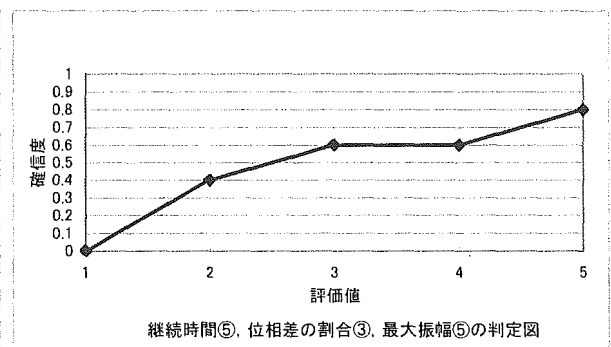
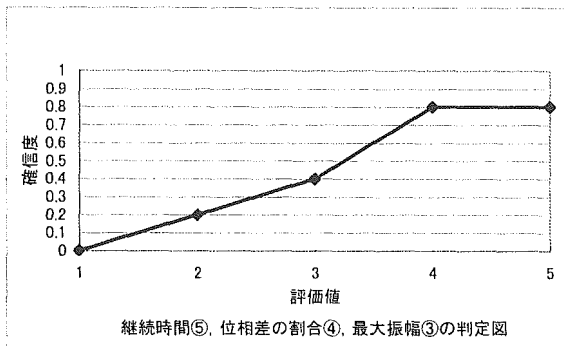


図 4-5 ファジィ判定図②

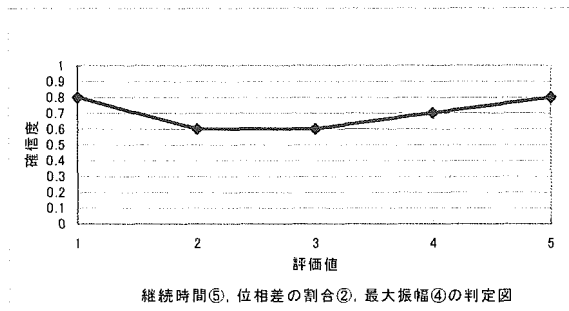
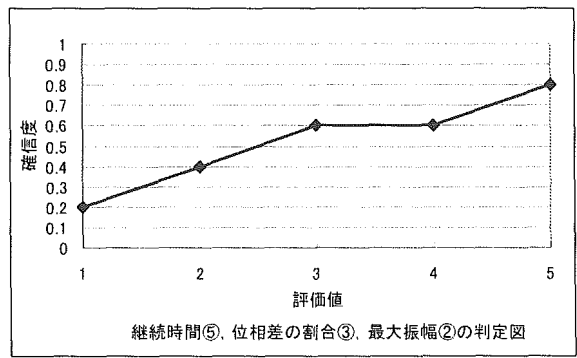
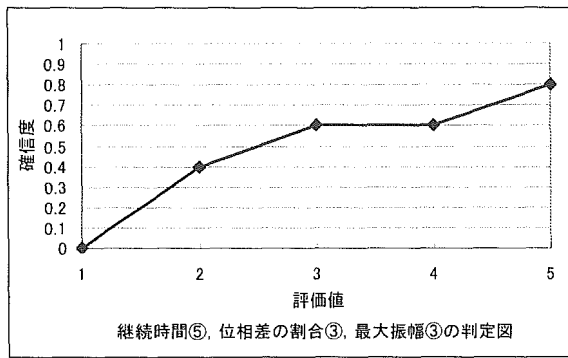


図 4-6 ファジィ判定図③

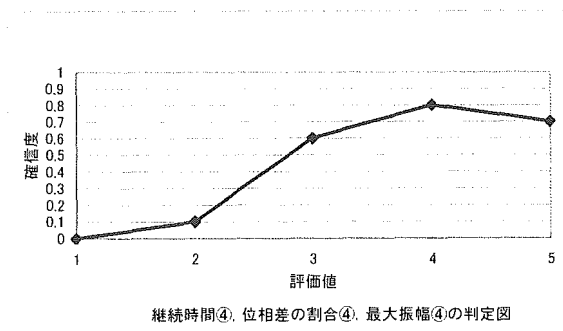
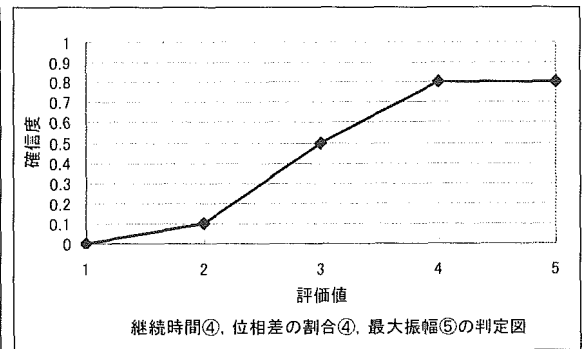
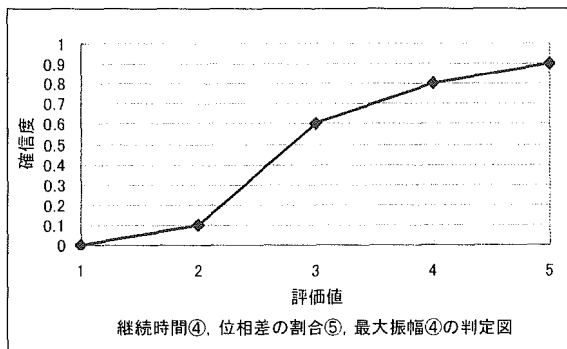


図 4-7 ファジィ判定図④

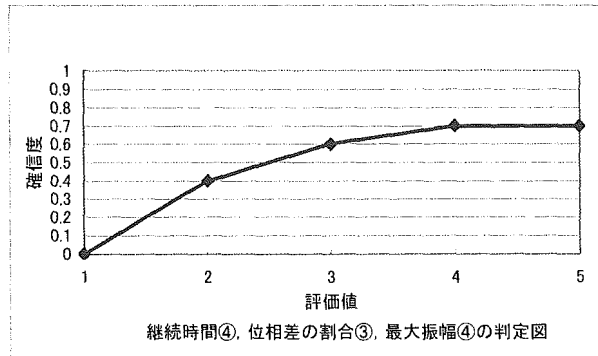
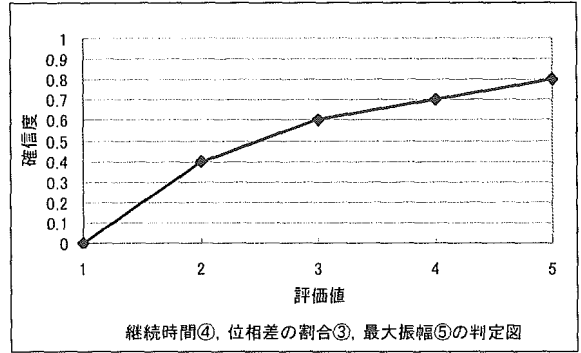
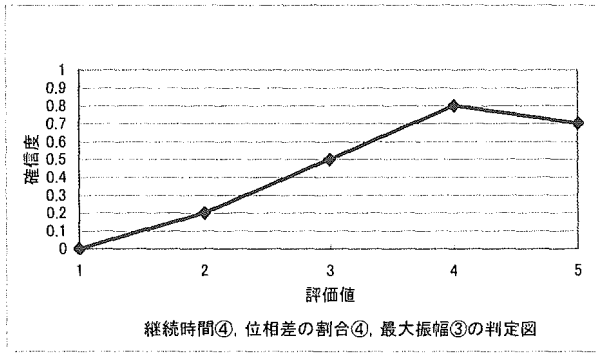


図 4-8 ファジィ判定図⑤

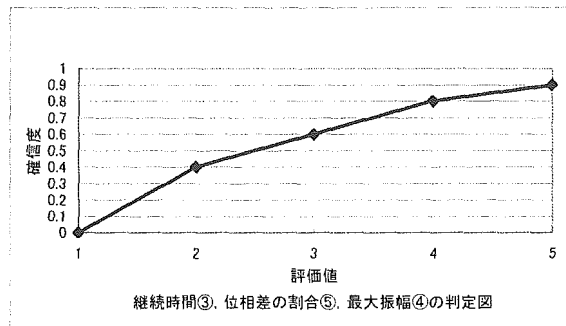
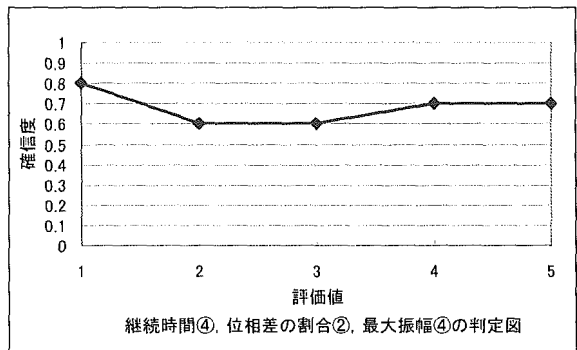
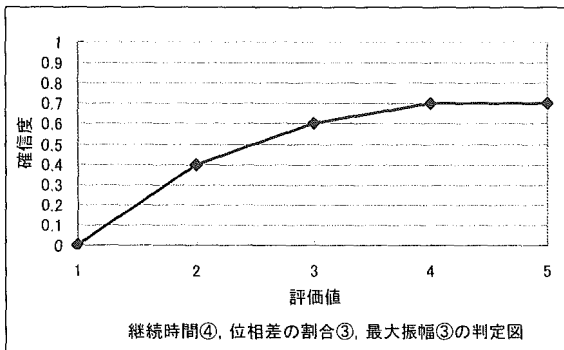


図 4-9 ファジィ判定図⑥

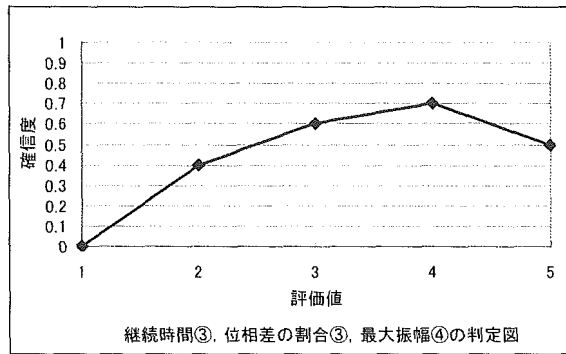
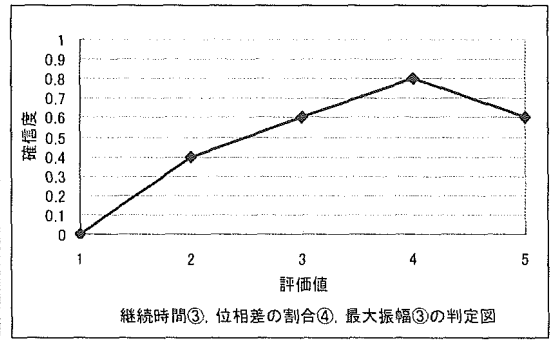
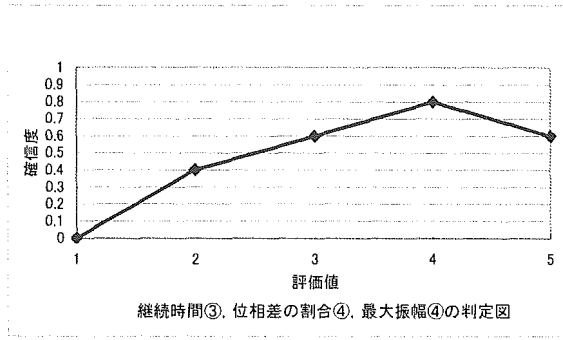


図 4-10 ファジィ判定図⑦

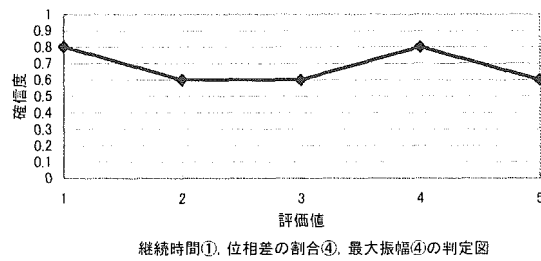
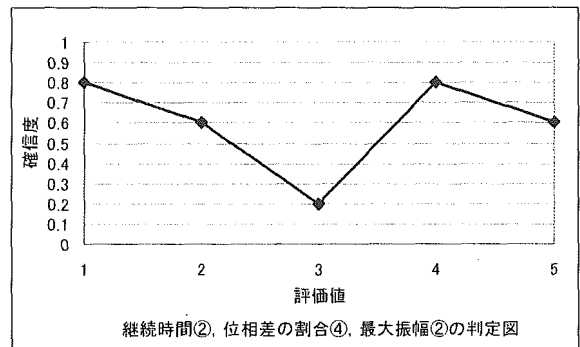
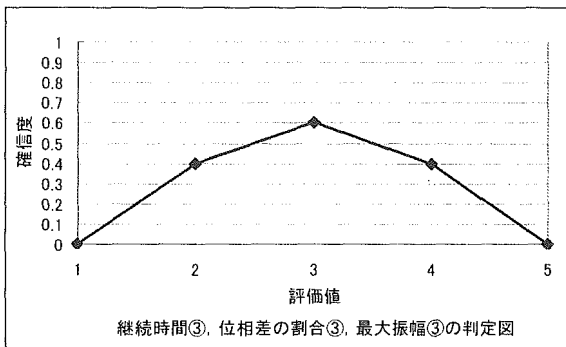


図 4-11 ファジィ判定図⑧

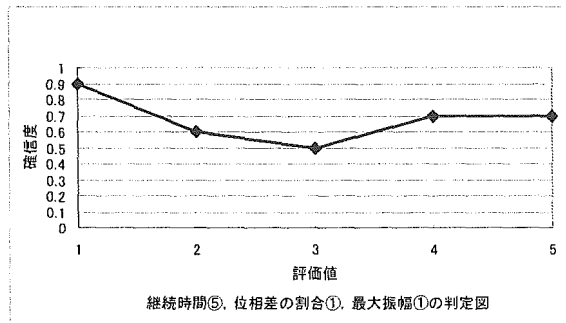
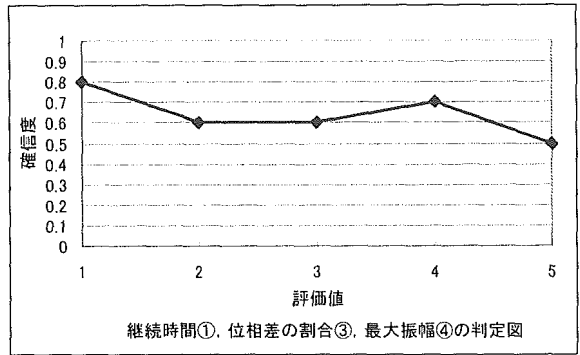
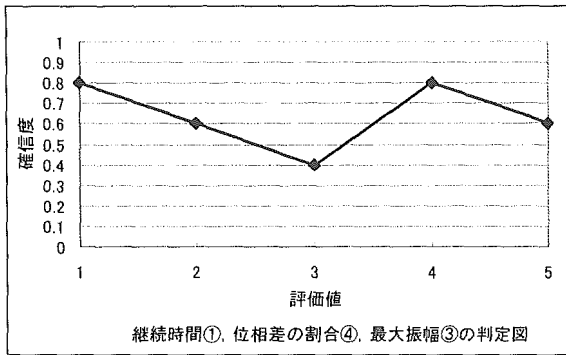


図 4-12 ファジィ判定図⑨

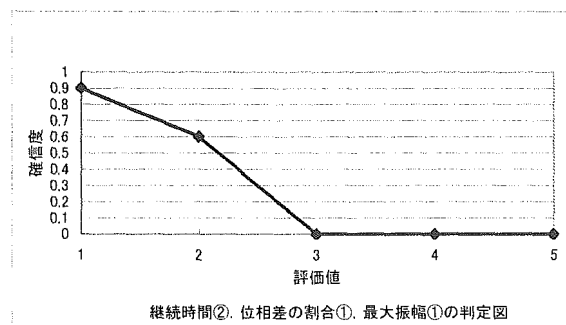
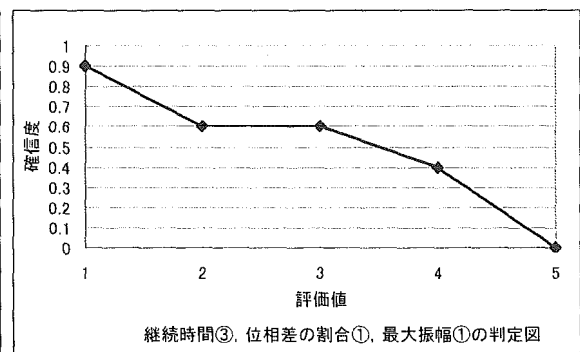
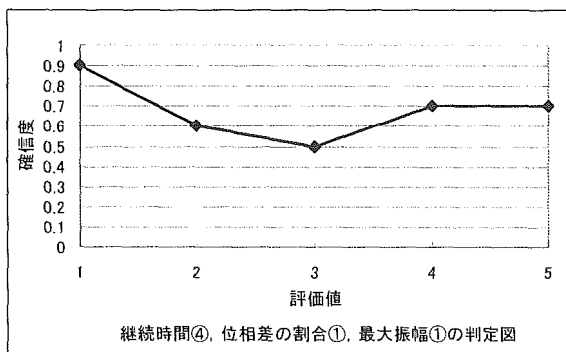


図 4-13 ファジィ判定図⑩

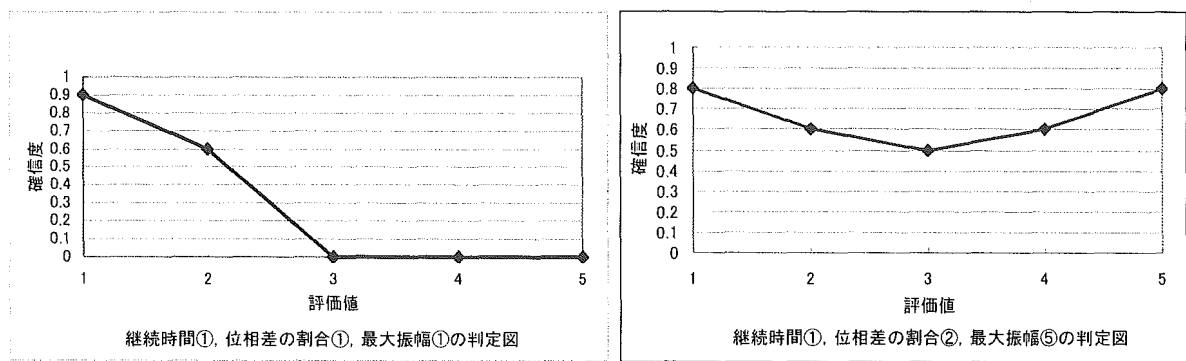


図 4-14 ファジィ判定図①

#### 4.4 判定結果の考察

収録したデータに基づきメンバーシップ関数を作成し、ファジィ演算による判定を行った。105 データ中、水撃作用を収録した 50 データを判定した結果、42 データは水撃作用が発生しているという判定ができた。判定率は 84%である。またハンマーで与えた衝撃音を収録した 55 データは、全データ水撃作用が発生していないと判定した。よって判定率は 100%である。結果的に、水撃作用のデータの判定結果の方が精度が低下している。これはハンマーのデータと比べてデータのばらつきが大きいいため、水撃作用が発生しているという判定が出なかったデータがいくつか生じたためである。また、図 4-11 の 2 つ目のように中央でグラフを折り曲げたような判定図が出てしまい修正を試みたが、修正を試みると他の判定の精度が落ちたりうまくいかなかった。昨年度もこのようなグラフが数個出てしまい、同様に修正を試みたがうまくいかなかったという結果が残っている。

メンバーシップ関数の微妙な調整は、かなり難しいとすることができる。

#### 4.5 ファジィ判定図の判定基準

##### 4.5.1 判定項目の抽出

ファジィ判定のプログラムを実行して得られた結果図から水撃作用が発生しているか否かを判断するためには、その結果図として出てきたメンバーシップ関数の形状の評価の仕方に関して検討を加える必要がある。本年度は昨年度の判定基準を改良し新たな判定基準とした。具体的な判定基準は、ファジィ判定結果図より、①ピーク値、②ある点以上の面積の全体に占める割合に着目し、これらを判定項目とする。

##### 4.5.2 ファジィ演算結果に対する判定基準

①ピーク値、②ある点以上の面積の全体に占める割合に着目し「水撃作用が発生している」「水撃作用発生の可能性はある」「水撃作用は発生していない」の判断基準を以下のよう

(1) 「水撃作用が発生している」

ピーク値が4点以上 and 3点以上の面積の全体に占める割合が60%以上  
(ただし、ピーク値が2箇所以上ある場合は、高い評価の方を選ぶ)

(2) 「水撃作用発生の可能性がある」

ピーク値が3点以上 and 3点以上の面積の全体に占める割合が60%未満  
(ただし、ピーク値が2箇所以上ある場合は、(3)の条件とする)

(3) 「水撃作用は発生していない」

上記二つの条件をいずれも満たさない

(図4-11の2番目と3番目、図4-12の1番目のグラフも含む)

これらの基準を図で表すと、図4-15のようになる。

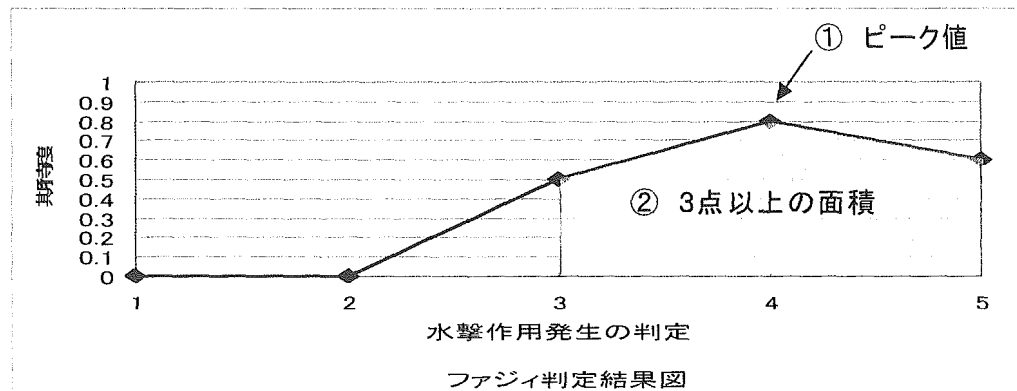


図4-15 評価基準の例

### 4.5.3 判定結果

このファジィ判定図の判定基準をもとに自宅で取得した105のデータを判定すると次項の表4-3のようになる。表4-3では、「水撃作用が発生している」を◎、「水撃作用発生の可能性がある」を△、「水撃作用は発生していない」を×で表している。表4-3より水撃作用では、50データ中42データで水撃が発生していると判定できたことになる。ハンマー衝撃では、55データ中55データで水撃は発生していないと判定できたことになる。水撃作用のデータ判定の方が精度が低下しているが、両方合わせた判定率は約9割となる。9割を超えたことで、まずまずの精度であると言える。しかしこの精度率は、あくまでも住宅Aでのデータを基にファジィ判定システムを作成し判定した結果である。つまり住宅A以外でデータを収録し判定した場合、このような高い精度が得られるとは限らない。次章で今回作成したシステムの有効性のチェックを兼ねて、住宅A以外でデータを収録し判定を行った。



表 4-3 判定基準によるデータ分類

| 水撃作用 |        |      |      |    | ハンマー |        |      |      |    |
|------|--------|------|------|----|------|--------|------|------|----|
| 継続時間 | 位相差の割合 | 最大振幅 | データ数 | 判定 | 継続時間 | 位相差の割合 | 最大振幅 | データ数 | 判定 |
| ⑤    | ⑤      | ④    | 1    | ◎  | ⑤    | ①      | ①    | 1    | ×  |
| ⑤    | ④      | ⑤    | 1    | ◎  | ④    | ①      | ①    | 3    | ×  |
| ⑤    | ④      | ④    | 3    | ◎  | ③    | ①      | ①    | 1    | ×  |
| ⑤    | ④      | ③    | 2    | ◎  | ②    | ①      | ①    | 8    | ×  |
| ⑤    | ③      | ⑤    | 1    | ◎  | ①    | ②      | ⑤    | 1    | ×  |
| ⑤    | ③      | ④    | 2    | ◎  | ①    | ①      | ①    | 41   | ×  |
| ⑤    | ③      | ③    | 2    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ⑤    | ③      | ②    | 1    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ⑤    | ②      | ④    | 1    | ×  |      |        |      |      |    |
| ④    | ⑤      | ④    | 3    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ④      | ⑤    | 2    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ④      | ④    | 7    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ④      | ③    | 2    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ③      | ⑤    | 1    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ③      | ④    | 3    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ③      | ③    | 3    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ④    | ②      | ④    | 1    | ×  |      |        |      |      |    |
| ③    | ⑤      | ④    | 1    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ③    | ④      | ④    | 3    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ③    | ④      | ③    | 2    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ③    | ③      | ④    | 2    | ◎  |      |        |      |      |    |
| ③    | ③      | ③    | 2    | △  |      |        |      |      |    |
| ②    | ④      | ②    | 1    | ×  |      |        |      |      |    |
| ①    | ④      | ④    | 1    | ×  |      |        |      |      |    |
| ①    | ④      | ③    | 1    | ×  |      |        |      |      |    |
| ①    | ③      | ④    | 1    | ×  |      |        |      |      |    |
| データ計 |        |      | 50   |    | データ計 |        |      | 55   |    |

## 5. 作成したファジィ判定システムの有効性のチェック

### 5.1 有効性のチェックのためのデータ収録・解析

本章では、住宅Aでの水撃音・衝撃音データによって構築した判定システムの有効性のチェックを行った結果等を示す。チェックのために収録したデータは、水撃作用のデータが25データ、比較データであるハンマーによる衝撃音のデータが10データ、計35データを取得した。水撃作用のデータの収録場所は、住宅A、および、データ収録の了解が得られた住宅B、住宅C、住宅D（いずれもアパート内の1室）の計4軒である。住宅B、C、Dでのデータを収録した理由として、構築した判定システムは住宅Aでのデータを基に作成したため、他の場所で発生する水撃作用に対応できるかどうかを確認するためである。ハンマーによるデータは、住宅Aで取得した水撃作用データの比較として収録したものである。また住宅A以外の3軒でのハンマーによるデータは、賃貸アパートということもあり、衝撃を与えた際の壁などの破損を防ぐため断念した。そのため、住宅B、C、Dで収録したデータは水撃作用のデータのみを判定に使用する。

収録したチェック用データの解析で「位相差の割合」を算出するとき、今までの解析手法を若干変えた。この理由は5.2で示すことにする。

表5-1、5-2に、チェック用データを評価基準別に分け、構築した判定システムで判定し

た結果を示す。

表 5-1 チェック用水撃作用のデータ判定

| 水撃作用  |        |      |      |    |
|-------|--------|------|------|----|
| 継続時間  | 位相差の割合 | 最大振幅 | データ数 | 判定 |
| 友人宅 A |        |      |      |    |
| ①     | ⑤      | ⑤    | 1    | △  |
| ③     | ⑤      | ⑤    | 1    | ◎  |
| ⑤     | ④      | ⑤    | 1    | ◎  |
| 友人宅 B |        |      |      |    |
| ①     | ⑤      | ③    | 1    | △  |
| ①     | ⑤      | ④    | 1    | △  |
| ③     | ⑤      | ②    | 1    | ◎  |
| ④     | ⑤      | ③    | 1    | ◎  |
| 友人宅 C |        |      |      |    |
| ⑤     | ⑤      | ⑤    | 1    | ◎  |
| ④     | ⑤      | ⑤    | 3    | ◎  |
| ④     | ⑤      | ④    | 1    | ◎  |
| ③     | ⑤      | ⑤    | 2    | ◎  |
| ①     | ⑤      | ⑤    | 2    | △  |
| 自宅    |        |      |      |    |
| ⑤     | ⑤      | ②    | 1    | ◎  |
| ④     | ⑤      | ②    | 1    | ◎  |
| ③     | ⑤      | ②    | 5    | ◎  |
| ②     | ⑤      | ②    | 1    | △  |
| ①     | ⑤      | ②    | 1    | △  |
| データ計  |        |      | 18   |    |

表 5-2 チェック用ハンマーのデータの判定

| ハンマー |        |      |      |    |
|------|--------|------|------|----|
| 継続時間 | 位相差の割合 | 最大振幅 | データ数 | 判定 |
| ⑤    | ⑤      | ②    | 1    | ×  |
| ④    | ⑤      | ②    | 1    | ×  |
| ③    | ⑤      | ②    | 5    | ×  |
| ②    | ⑤      | ②    | 1    | ×  |
| ①    | ⑤      | ②    | 1    | ×  |
| データ計 |        |      | 10   |    |

## 5.2 位相差の割合算出の解析手法の変更

解析手法を変更した理由として、住宅 B、C、D で取得したデータを従来の解析手法で解析した結果、データにばらつきが目立ったためである。

図 5-1, 5-2 は、ある水撃音を収録した場合の同じデータを示している。図 5-1 のように、従来の解析手法は、収録したデータをそのまま使用し位相差の割合を算出していた。昨年度、実験室で取得した振動速度波形の解析を行った時と同様の手法である。

一方変更をした解析方法は、図 5-2 のように波形最大振幅位置から前後 0.25 秒間、すなわち収録した水撃音のデータ部分を含む 0.5 秒間を意図的に切り取り、その部分を解析に持ち込み位相差の割合を算出する方法である。変更した解析手法でチェック用データを解

析した結果、表 5-1 の評価基準の「位相差の割合」の項目にあるように、全データ 5 段階評価中⑤と非常にデータが安定した。住宅 B, C, D のデータも含めてこのような結果が出たため、妥当な手法であると言える。

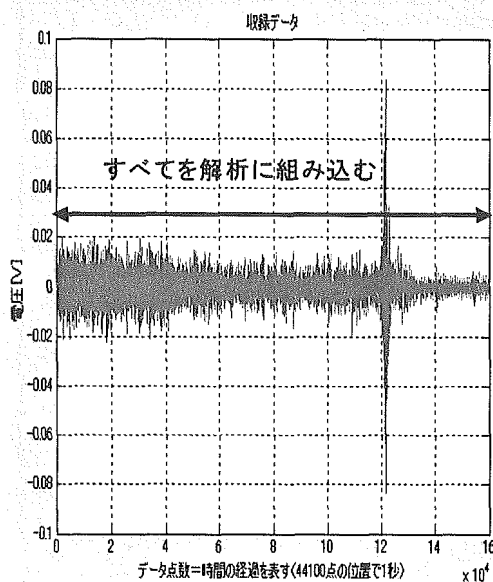


図 5-1 従来のデータ解析法

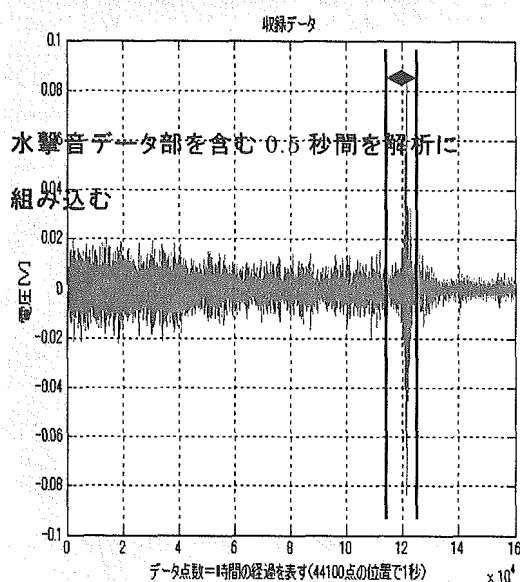


図 5-2 変更したデータ解析法

### 5.3 判定結果の考察

表 5-1 に示した水撃作用のデータ判定結果を考察していく。

住宅 B では、3 データ中 2 データが「水撃作用が発生している」という判定が得られた。全自動洗濯機の性能上、データ数が十分でなかったこともあり判定率は約 67% である。

住宅 C では、4 データ中 2 データが「水撃作用が発生している」という判定であった。データ数が 4 データということと、継続時間が 0.1 秒を超えたデータが 2 データあったことより判定率は 50% である。

住宅 D では、9 データ中 7 データが「水撃作用が発生している」という判定ができた。ここで収録したデータは住宅 B, C に比べてデータの安定性があり、判定率は 78% である。

住宅 A では、9 データ中 7 データが「水撃作用が発生している」という判定が得られた。判定率は 78% である。しかしチェック用データの解析で、最大振幅が 5 段階評価中全て②になった。この判定が②になった理由として考えられるのは、3. でも説明したように最大振幅は流量などに影響されやすいので、測定した際にこれまでの実験時より流量が多くなり、振幅が大きくなってしまった可能性が高い。

住宅 A 以外のデータ 3 軒のデータを合わせて見ると、それぞれの住宅で起こる水撃作用によって精度はさまざまであるが、水撃作用のデータで「水撃作用が発生している」と判定した割合は合わせて約 70% であった。また表 5-1 の 5 段階評価を各項目別に見ると、「継

続時間」・「最大振幅」はばらつきが見られるが、「位相差の割合」は 5 段階評価中全データ⑤であった。チェックデータを取得し解析することで、「位相差の割合」に重みをおいてメンバーシップ関数を作成したことが正解であったことが確認できた。

表 5-2 のように、住宅 A で収録した比較用のハンマーのデータは、10 データ中 10 データが「水撃作用は発生していない」と判定をした。判定率は 100%である。水撃作用のデータも合わせた判定率は約 90%である。

以上のことから、各家庭・場所で発生する水撃音は、給水管に供給される流量、水道管の種類の違いなどから、それぞれ「最大振幅」、「継続時間」に違いが出るのがわかった。また「位相差の割合」は比較的データにまとまりが出た。

## 6. 結論と今後の課題

本研究での成果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 住宅 A で発生する水撃作用による音を収録・解析し、これらのデータに基づきメンバーシップ関数を作成しファジィ判定を行った結果、約 9 割の精度で水撃作用の発生の有無を判定できた。
- 2) 作成したファジィ判定システムを用いて住宅 A 以外の 3 軒の住宅で収録したデータに対して判定を試みたところ、その判定精度は約 7 割であった。精度が低下した原因として、各住宅で発生する水撃音にはそれぞれ違いがあり、住宅 A のデータだけを基に作成した判定システムでは十分な評価精度が得られないものと考えられる。
- 3) 住宅 A での実験での結果、評価項目の 1 つである「最大振幅」は流量に影響を受けやすいことが明らかとなった。住宅 A の実測データのみに基づく判断になるが、一般家庭に供給される流量は、時間帯・建物の階数等でそれぞれ異なってくるため、変化が激しい項目であると考えられる。

なお、今後の課題としては、①実験室や一般家庭での水撃音および給水管の振動速度波形データを同時に収録し、「振動」と「音」のデータを併せて取り扱うことにより、ファジィ判定システムの精度を上げること、②スチール製以外の給水管の水撃作用発生時の振動および音特性の把握とそれに伴う判定システムの改良、③個々の住宅間の水撃音特性の違いの考慮などが挙げられる。これらの課題を解決することで、最終的には、発生している水撃作用の危険度までも判定できるようなシステムとする予定である。