

I-144 歩道橋の振動使用性問題における
ファジィ推論の適用について

北海道大学工学部 正員 小幡 卓司
北海道大学工学部 学生員 桑島 正樹
北海道大学工学部 正員 林川 俊郎

1. ま え が き

近年、歩行者保護の観点から、側道橋あるいは人道橋と呼ばれる、主に河川に架けられる長支間の歩道橋が増えてきた。このような橋梁は従来の歩道橋よりも長支間で幅員も広いため、非常に揺れやすく、その使用性が問題となっている。このような使用性問題は昭和40年頃から、日本のみならず世界各国でも注目されるようになり、その照査方法も各国において設計基準として示されるようになってきた。その主なものとして、イギリスのBS5400(1978年)、カナダのOntario Code(1983年)等があり、また日本においては立体横断施設技術基準・同解説(1979年)がある。しかしながら、人間の振動感覚を完全に定量化して取り扱うには至っていないため、各国の基準・照査方法における振動じよ限度も、それぞれ異なったものが採用されているのが現状である。

したがって、本研究では人間の振動感覚について、ファジィ理論に基づき振動数、振幅および感覚量のメンバーシップ関数を定義し、これらを用いたファジィ推論機構を作成して、人間の振動感覚の定量化を試みるものである。

2. 解 析 手 法

2-1. メンバーシップ関数

一般に、計量心理学において刺激Sと感覚量Rは対数関係にあるとされている¹⁰⁾。したがって、本研究では振幅および振動数とグレード、さらにグレードと振動感覚の関係が対数関係にあると考え、横軸に対数座標を用いた三角型メンバーシップ関数を採用した。それぞれの台集合は、対象が歩道橋であることを考慮して、振幅は0~4mm、振動数は0~9Hzとし、感覚量の台集合については、百分率(例えば10人のうち5人が不快であると感じた場合、50%とする)を用いた。図-1にメンバーシップ関数を示す。

2-2. 直接法によるファジィ推論

ファジィ推論を行うためには、IF-THEN形式の推論規則とそれに対応したファジィ関係を作成しなくてはならない。

本研究では前件部がそれぞれ5個のファジィ集合であるため全規則数は25組となる。後件部については、9個のファジィ集合から前件部の各振幅、振動数に対応したものを選定し推論規則を作成した。

次に、Mamdaniの方法によりファジィ関係Rを求める。

$$R_i = A \cap F \rightarrow S = A \times F \times S$$

$$= \int u \cdot v \cdot w (\mu_A(u) \mu_F(v) \mu_S(w)) / (u, v, w) \dots (1)$$

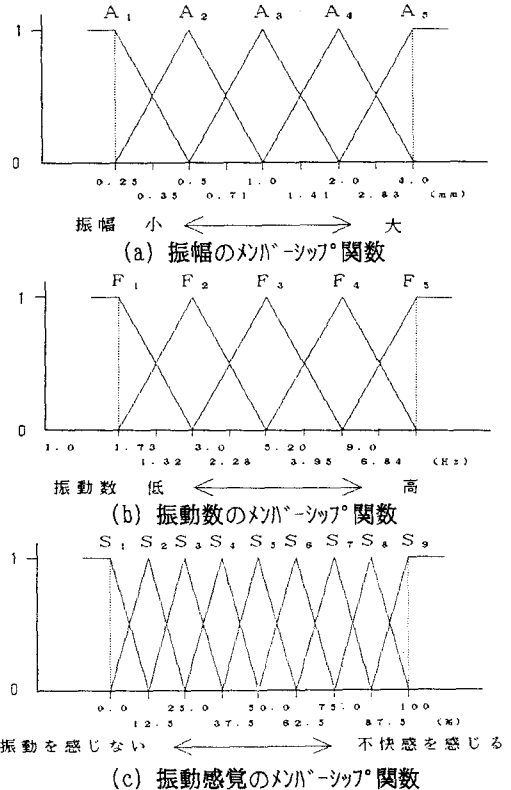


図-1

さらに

$$R = UR_i = R_1 UR_2 U \dots UR_n \dots (2)$$

また、入力A'、F'に対する出力S'は、

$$S' = (A' \cap F') \quad R \\ = A' \quad F' \quad R = F' \quad A' \quad R \dots (3)$$

S'はファジィ集合であるので、S'の重心を求めることによって確定値 z_0 を得る。

$$z_0 = \int \mu_{S'}(z)zdz / \int \mu_{S'}(z)dz \dots (4)$$

3. 解析結果

以上の手法をパソコンを用いてプログラム化し、数値解析を行った。その計算結果を表に示す。

また、この計算結果により、ある振動刺激が与えられたときその刺激に対して不快であると感じる人間の割合が50%となる振動を、横軸に振動数、縦軸に振動加速度をそれぞれ対数座標でとったグラフで表現すると図-2のようになる。同じく40%、60%となる振動も併記した。さらに、従来の主な研究および現在よく用いられるじよ限度を比較のために示した。

4. あとがき

前述のように、今回用いた手法によると振幅または加速度と振動数の情報を与えれば、その振動刺激を受けた人間のうちの位が不快を感じるかという推定の結果を数値で得ることが出来る。このため歩道橋の動的応答を把握することによって、設計段階で利用者の振動に対する感覚を予測し、使用性に関する判断が可能となる。また今回は不快を感じることにについてのみ取り扱ったが、推論規則とメンバーシップ関数の変更によって、振動を感じるか感じないかといった事項にも適用できるなど、このような橋梁の使用性問題において、ファジィ理論の応用は非常に有効であると思われる。

< 参 考 文 献 >

- 1) 小幡卓司・林川俊郎・桑島正樹・金子達哉：ファジィ推論を用いた体感振動解析について，土木学会北海道支部論文報告集第48号，P209～212，1992，2.
- 2) 小堀為雄・梶川康男：道路橋の振動とその振動感覚，土木学会論文報告集第222号，P15～23，1974，2.
- 3) 小堀為雄・梶川康男：橋梁振動の人間工学的評価法，土木学会論文報告集第230号，P23～31，1974，10.
- 4) 梶川康男：振動感覚を考慮した歩道橋の使用性照査法に関する考察，土木学会論文報告集第325号，P23～33，1982，9.
- 5) 梶川康男・加藤雅史：歩道橋の振動と使用性設計，振動制御コロキウムPART B 論文集，P9～14，1991，7.
- 6) 三輪俊輔・米川善晴：振動の評価法1，2，3，日本音響学会誌27巻1号，P11～39，1971.
- 7) 三矢直城・田中一男：C言語による実用ファジィブック，ラッセル社，1989
- 8) 菅野道夫：ファジィ制御，日刊工業新聞社，1988.
- 9) 日本道路協会編：立体横断施設技術基準・同解説，昭和54年.
- 10) 田中良久：心理学的測定法，東京大学出版会，1971.

表 計算結果

mm	Hz	1.001	3.21	7.32	283	0.03	9.55	206	849	0.0
0.25	4.17	12.51	2.51	18.82	5.03	1.33	7.54	3.85	0.05	6.3
0.35	12.51	18.82	5.03	1.33	7.54	3.85	0.05	6.3	2.5	8.8
0.50	18.82	5.03	1.33	7.54	3.85	0.05	6.3	2.5	8.8	1.00
0.71	25.03	1.33	7.54	3.85	0.05	6.3	2.5	8.8	1.00	1.41
1.00	31.33	7.54	3.85	0.05	6.3	2.5	8.8	1.00	1.41	2.00
1.41	37.54	3.85	0.05	6.3	2.5	8.8	1.00	1.41	2.00	2.83
2.00	43.85	0.05	6.3	2.5	8.8	1.00	1.41	2.00	2.83	4.00
2.83	50.05	6.3	2.5	8.8	1.00	1.41	2.00	2.83	4.00	
4.00	60.05	6.3	2.5	8.8	1.00	1.41	2.00	2.83	4.00	

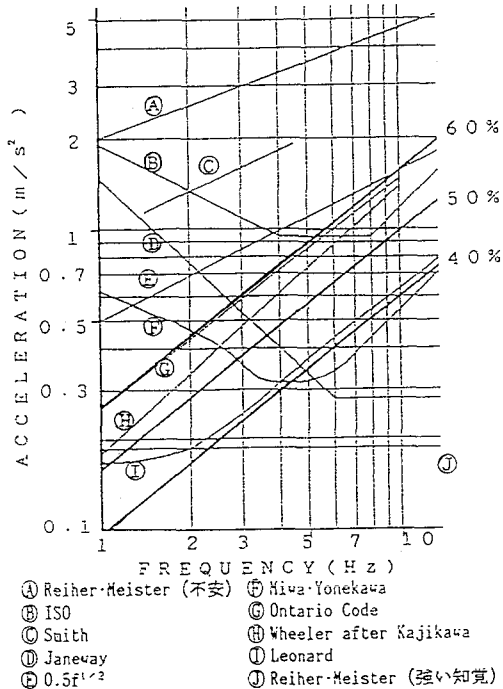


図 - 2