

IV-38 交差点危険度診断システムの開発に関する研究(その2)

ーファジィ推論の適用ー

北海道大学大学院工学研究科 学生員 松永 浩
北海道大学大学院工学研究科 学生員 上田 周
北海道大学工学部 正 員 藤原 隆
北海道大学工学部 正 員 加来 照俊

1 はじめに

すべての道路網の中で、平面交差点は交通事故防止対策上最も注意を要する区間である。これは、過去に全交通事故の58%が交差点及びその付近に於いて発生していることを見ても明らかである。しかも、このような傾向は長期的にもほとんど変化しない。

交通事故の原因が何であるかを知ることが、適切で合理的な安全対策をたてる上での基礎である。一般的に交通事故の原因として挙げられるものは、「速度超過」や「信号無視」等の法令違反行為である。しかし、交通事故の真の原因は各種の要因が重なって発生するのであって、短絡的に、法令違反行為が必然的に交通事故の発生につながるものであるとは言い切れない。考えられるその他の要因は、大別して①道路構造や交通管制などの道路交通並びに沿道に関する要因、②車両に関する要因、③ドライバー、歩行者等の通行者に関する要因、④天候や明暗などの環境に関する要因がある。

前述のすべての要因を改善すれば、交通事故の減少に大きく寄与するであろう。しかしながら、これらの要因は様々な専門分野にまたがっており、その改善にも高い専門知識を要する。

そこで本論文では、前述①の要因の改善に注目し、交差点でのハード面に於ける効果的改善を促すための1つの基準として、交差点に於ける危険度を出力するシステムの構築をめざした。交差点に於ける「危険」の定義は多々あろうが、本論文では交通事故発生件数に依存するものであると仮定する。即ち、交通事故の多発が予想される交差点は危険度がより高いものであるとする。また、危険度の値は相対値であるものとする。演算にはファジィ推論(直接法)を用い、サンプルとして札幌環状線の7交差点15地点を選んだ。本論文ではファジィ推論を数種類の交通データから危険度を算出する方法として用いる。

図1に本論文で構築したファジィ推論システムの概要を図示する。

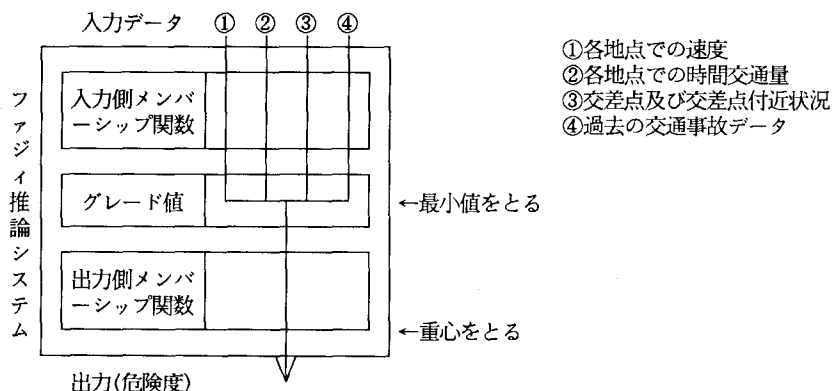


図1 ファジィ推論システム概要

A development on a traffic hazard diagnosis fuzzy reasoning system (2)

By Hiroshi MATSUNAGA, Shu UEDA, Takashi FUJIWARA and Terutoshi KAKU

2 ファジィ推論概要

ファジィ理論は1965年にL. A. Zadeh氏が提唱した曖昧さを扱う数学的理論である。この理論は、「老人」、「中背」といった境界のはっきりしない集合をファジィ集合と称し、人間の思考の基本であるパターン認識、意味情報の伝達、抽象化といったことに重要な役割を果たしているとしている。

ファジィ推論(fuzzy reasoning)は、ファジィ理論の中でも最も応用されることが多い。現在では、家庭用電気機器にファジィ推論を用いたものが数多く登場しているが、それ以前からもプラント制御、エキスパートシステム、音声認識、パターン認識などの知的処理から証券投資などのノンエンジニアリングの分野まで多岐にわたって応用されている。

本論文に於いても、入力、出力ともに「速度」、「危険度」などの大小の境界のはっきりしない集合であり、これらをYes、Noだけの二値論理で推論することには無理が生じる。そこでこれらの入力、出力をファジィ集合として扱い、推論を行う。

ファジィ推論の仕組みを以下に示す。まずファジィ推論を行うには、その推論規則が必要である。この規則はIF-THEN形式(以下ファジィIF-THEN規則と称する)で表現され、前件部及び後件部がファジィ命題の形で表現される。推論プロセスは、①与えられた入力に対する各規則の前件部の適合度を求める。②①で求めた適合度を基に各規則の推論結果を求める。③各規則の推論結果から最終的な推論結果を求める。という3つの手順に従う。本論文では入力2ラベル、出力3ラベルの4入力1出力であり(後述)、16個のファジィIF-THEN規則ができる。

規則X: IF A is A_i and B is B_i and C is C_i and D is D_i THEN E is E_i (2-1)
(AからDまでは2ラベルなので $i=1\sim 2$ であり、この組み合わせによって16個のファジィIF-THEN規則ができる。ただしEは3ラベルなので $i=1\sim 3$ である。)

ここで、 A_i, B_i, C_i, D_i はファジィ集合であり、 $A_i \subset \underline{A}, B_i \subset \underline{B}, C_i \subset \underline{C}, D_i \subset \underline{D}$ である。

いま、各入力値が確定値 a_0, b_0, c_0, d_0 とすると、これらの入力に対する各規則の適合度は、前件部が2つの命題のandで結ばれているので、次のようになる。

$$\text{規則Xの適合度: } W_x = \mu_{A_i}(a_0) \wedge \mu_{B_i}(b_0) \wedge \mu_{C_i}(c_0) \wedge \mu_{D_i}(d_0) \quad (2-2)$$

ここで、 $\mu_{A_i}(a_0), \mu_{B_i}(b_0), \mu_{C_i}(c_0), \mu_{D_i}(d_0)$ は、それぞれ A_i, B_i, C_i, D_i の a_0, b_0, c_0, d_0 に於けるグレードである。

次に、これらの適合度を後件部のファジィ集合に反映させて個々の規則の推論結果を求める。

$$\text{規則Xの推論結果: } \mu_{E' i}(e) = W_x \wedge \mu_{E_i}(e) \quad \forall e \in \underline{E} \quad (2-3)$$

個々の規則の推論結果を集めて次のような最終的な推論結果を得る。

$$\text{最終的な推論結果: } \mu_{E'}(e) = \mu_{E' 1}(e) \vee \mu_{E' 2}(e) \vee \mu_{E' 3}(e) \quad \forall e \in \underline{E} \quad (2-4)$$

出力として非ファジィ化を行い確定値を算出する。確定値の算出には求めた最終的な推論結果のファジィ集合 E' の重心を用いる方法、最大値を用いる方法、中央値を用いる方法があるが、本論文では重心を用いる方法を代表値として採用する。

$$\text{重心} : e_0 = \int \mu E'(e) e \, de / \int \mu E'(e) \, de$$

(2-5)

この重心のx軸の座標が求める出力となる。以下に2入力1出力の推論プロセスを図2に示す。

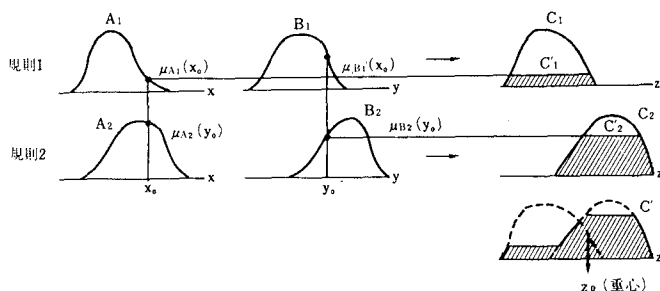


図2 2入力1出力の推論プロセス

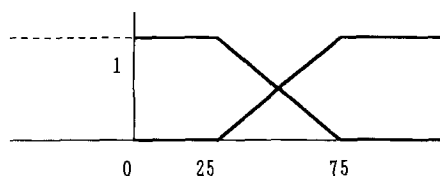
3 入力

入力値として、①各地点での速度(実測値)、②各地点での時間交通量(車両感知器データ)、③交差点及び交差点付近状況、④過去の交通事故データ(平成元年に発生した人身事故)の4種類を用いた(4入力)。

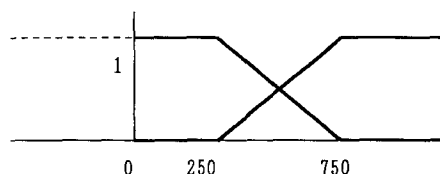
各データの入力値の算出はそれぞれ異なり、①及び②に関しては平均値を、④に関しては件数を入力値として用いた。③に関しては、以下の方法により求めた数値を入力値とした。

まず、交差点及び交差点付近のハード面の状態を6種類の項目に分けて調査を実施した。その項目の内容は、(1)右折信号(青矢印)の有無、(2)右折帯の有無、(3)大規模交通発生施設の多少(歩行者の多少も加味する)、(4)中央分離帯の有無、(5)歩道橋、地下歩道の有無、(6)バス停留所の有無である。これらの調査は他の入力値との関連性を図るため、他の入力値と同じ向きの路線上で調査を行った。即ち、1交差点には4つの方向ベクトルを持った交通流があるため、各交通流に沿った路線毎の調査を各交差点に関して行った。そして、これらの調査項目が実際に交通事故発生にどれだけ相関性があるかを数量化理論(数量化I類)によって計算した。これは、過去の交通事故件数を外的基準とし、各調査項目を要因として、その重相関係数、カテゴリースコア、レンジ、偏相関係数を算出し、このカテゴリースコアをウェイトとして調査結果に乘じ、これら各項目の和を③の入力値とした。

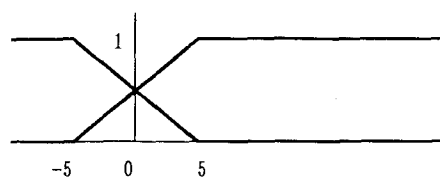
FUZZY SETS OF SPEED



FUZZY SETS OF VOLUME



FUZZY SETS OF SITUATION



FUZZY SETS OF ACCIDENT

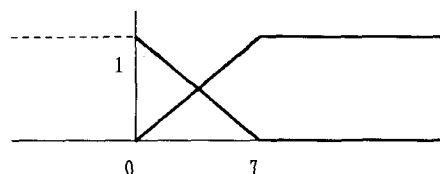


図3 入力側メンバーシップ関数

4 メンバーシップ関数

ファジィ推論を行う前に、それぞれの入力データに関してNB (Negative Big)、PB (Positive Big) 2つのファジィラベルよりなるメンバーシップ関数を定義する(2ラベル)。同様に、出力に関してNB、ZO (Zero)、PBの3つのファジィラベルよりなるメンバーシップ関数を定義する(3ラベル)。図3に入力側、図4に出力側のメンバーシップ関数を示す。本論文の場合は入力2ラベル、出力3ラベルの4入力1出力であるから、16個のファジィIF-THEN規則をそれぞれ定義する。各データを前述の16個のファジィIF-THEN規則の推論形式に従って推論する。この際、1地点に対し①型別に出力する。この出力値により、交差点の調査地点その数値を比較することによって危険度の大小を総合的に評価する。

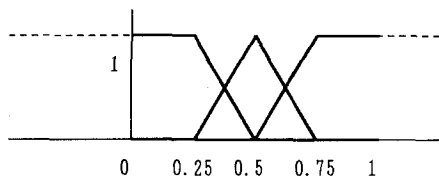


図4 出力側メンバーシップ関数

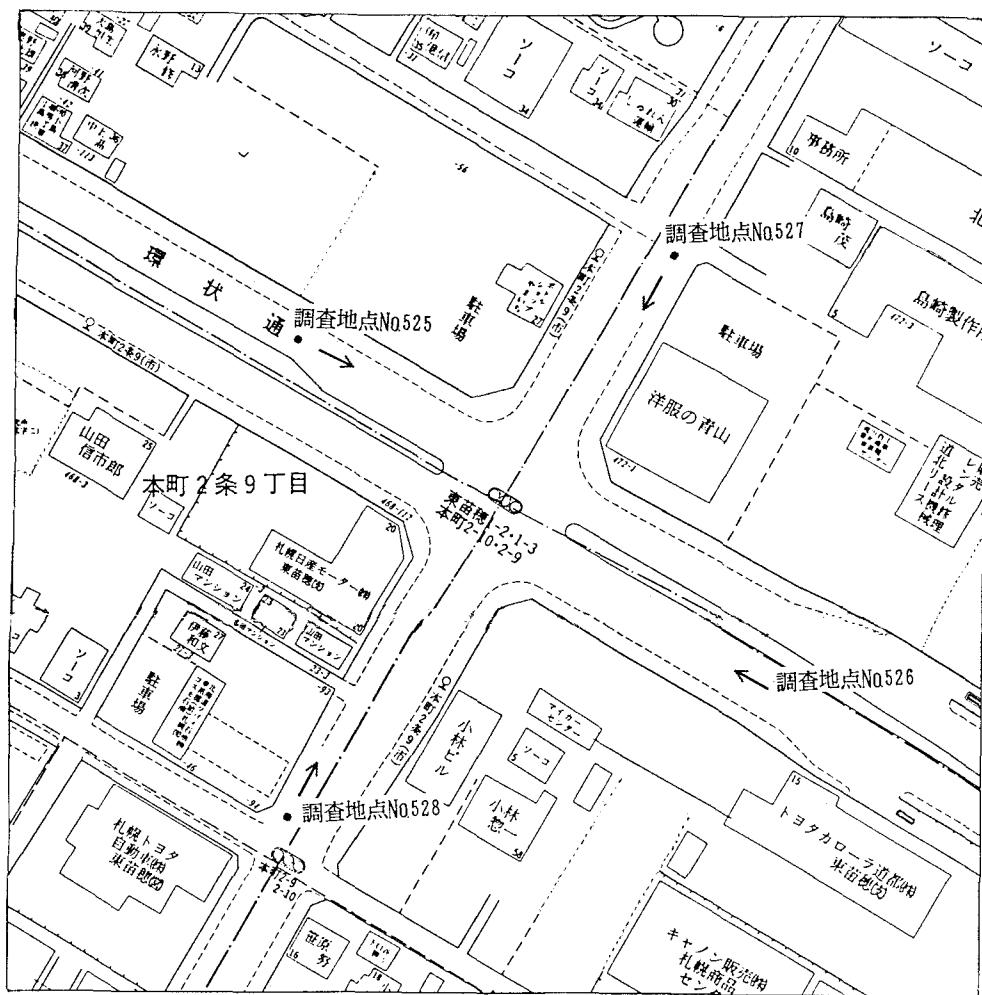


図4 札幌環状線 札幌市東区東苗穂1条2丁目交差点

5 演算及び出力

構築したファジィ推論システムで推論を行った結果の1例を以下に示す。図5は札幌環状線の札幌市東区東苗穂1条2丁目の交差点の見取り図である。この交差点では、4つの地点で調査を行った。調査地点は図の4つの交通流に沿った路線での地点である。前述の入力値を入力し、それぞれにファジィ集合PB、NBのメンバーシップ関数のグレード値を求め、その最小値を求める。その最小値を、ファジィIF-THEN規則に従って出力側のファジィ集合NB、ZO、PBのメンバーシップ関数のグレード値として送る。この3つの値を重ね、面積を求める。その面積の和の重心のX軸の座標が求める危険度である。この危険度の値は、0から1までの相対値とした。

表1は図5の交差点での危険度の出力を示したものである。これによると、札幌環状線に沿っている交通流の危険度が比較的高い。また、事故類型別では車両相互の危険度が高い。危険度が高い交差点に於いては、早急な改善が望まれる。この改善には、参考文献10)のエキスパートシステムが有効であろう。

表1 危険度

調査地点No	5 2 5	5 2 6	5 2 7	5 2 8
危険度：人対車両(無次元)	0.37944	0.35750	0.45930	0.37408
危険度：車両相互(無次元)	0.64836	0.55897	0.38830	0.43777
危険度：車両単独(無次元)	0.37944	0.35750	0.38830	0.37408
速度平均(km/h)	57.70	57.37	49.50	51.49
交通量平均(台/h)	500.47	564.28	371.50	407.86
交差点付近状況数値(無次元)	1.672	1.499	-1.293	-0.803
交通事故件数(件/平成元年)	6	4	1	1

6 まとめ

数種類の交通データを用いたファジィ推論による交差点の危険度を出力するシステムを構築した。このシステムにより、今まで同次元での比較が困難であった危険度を、交差点の調査地点別あるいは事故類型別に比較することができるようになった。危険度が高い交差点に於いては、将来の交通事故の発生が比較的多いことが予想される。

また、今回はサンプルとして札幌環状線の7交差点15地点を取り扱ったが、他の交差点あるいは線形路線に適用することによって危険度を相対的に比較することができる。

このファジィ推論システムを開発するにあたって、さまざまな問題に直面した。それらのうちのいくつかを箇条に述べてみる。

- ・過去の交通事故データの件数が少ない。これは、交通事故原票が人身事故のみ記録したもので、物損事故は記録されないためである。
- ・交通事故の形態がさまざまで、分類が容易でない。
- ・交差点及び交差点付近状況の数値化は、6種類の項目によって算出したが、実際の交差点はもっと多くの特性を持っており、実際には状況を数値で説明することは非常に難しい。
- ・入力数やラベル数を増やせば危険度の精度は向上するが、ファジィIF-THEN規則の数が増加するので、プログラムが煩雑化する。

また、今後の課題として、

- ・過去の交通事故データを過去数年に渡って調査し、サンプル数を増やす。
 - ・グラフィックを用い出力の視覚的な面での充実を図る。
 - ・エキスパートシステムの採用を検討する。
 - ・他路線の交差点にも適用し、その評価をする。
 - ・交差点(0次元)のみならず、1次元、2次元的な応用の検討をする。
 - ・交差点及び交差点付近状況の数値化に関しては、もっと多くの項目によって説明することが理想である。
- また、ハード面以外の交差点状況もラベリングし、状況の説明を詳細にしたい。
- などが挙げられる。これらの諸問題を克服することによって、危険度としての精度の向上や応用が期待できるものと思う。

<謝辞>

本論文で用いたデータの一部は、北海道警察本部交通企画課、同交通管制課から提供していただいたものである。ここに記し、関係諸氏に深謝いたします。

<参考文献>

- 1) 寺野、浅居、菅野：「ファジィシステム入門」 オーム社、1989
- 2) 寺野、浅居、菅野：「応用ファジィシステム入門」 オーム社、1989
- 3) 向殿：「ファジィ理論がわかる本」 H B J 出版局、1988
- 4) 三矢、田中：「C言語による実用ファジィブック」 ラッセル社、1989
- 5) 浅居、C.V.Negoita：「あいまいシステム理論入門」 オーム社、1984
- 6) 水本：「ファジィ理論とその応用」 サイエンス社、1988
- 7) 鈴木：「交差点の交通運用－チャンネリゼーションで安全と円滑を」 大成出版社、1988
- 8) Hoy A. Richardsら：「Traffic Control & Roadway Elements - Their Relationship to Highway Safety」 1968-1970
- 9) 田中、垂水、脇本：「パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編」 共立出版、1984
- 10) 上田ら：「交通事故地域診断エキスパートシステムの構築に関する基礎的研究」 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集第4部、1990
- 11) 中岡、森、村上：「ファジィ理論を用いた公園整備計画に関する研究」 土木学会北海道支部論文報告集第46号、1990