

PC 橋架設時における安全管理支援システム - ユーザーインタフェースへのラフ集合論の適用 -

関西大学大学院 総合情報学研究科 学生会員 岸田 岳
 関西大学 総合情報学部 正 会 員 広兼 道幸
 日本電子計算 技術営業部 正 会 員 小森 宏昭
 ニュージェック 橋梁部 正 会 員 白 星保
 復建調査設計 第二設計課 正 会 員 藤井 友行

1. はじめに

わが国のプレストレストコンクリート橋（PC 橋）は技術の進歩に伴い年々長大化し、その架設工事は高精度化するとともに複雑なプロセスを経るようになってきた。このような状況において、橋梁の架設時に発生する事故は減少の傾向を示さず、作業員の墜落や落下による事故、建設機器やクレーンなどによって挟圧される事故、およびガーダーの崩壊や倒壊による事故などが発生している。これらの事故には、作業主任者や各作業員などが、次に発生しやすい事故の傾向、あるいは事故に至るような状況が発生したときの対処法を常に頭の中でイメージしておくことによって、その発生を防ぐことが可能なものも含まれる。そこで、事故の発生件数を抑制する方法のひとつに、実際の現場での作業と実際の事故事例を、視覚的な情報として提供するシステムが有効と考えられ、その開発が望まれるところである¹⁾。

本研究では、PC 橋の建設にあたり、作業員あるいは作業主任者などが、実際に発生した事故事例をパソコン上から入力し、XML 文書に自動変換するシステムを構築した。さらに、事故事例の入力作業の簡素化、入力時における事故傾向の把握を実現させるため、入力インタフェースへのラフ集合論の適用を試みた。

2. システムの概要

本システムは、実際に報告されている事故事例を入力し、入力した事故事例を XML でデータベース化するためのものである。データベースを作成するにあたって、まず過去に発生した事故事例を収集・整理した。事故事例の報告書は、企業などの組織単位で記載されている情報が異なるため、収集すべき項目を検討した上で事故事例を再整理した。これらの作業を通して、事故データの標準化を図り、事故事例の充実あるいは共有化が実現できるよう配慮した。

ユーザによる事例事例の入力は図 1 に示す事故事例入力画面を通して行われる。煩わしいキーボードからの入力を避け、マウスクリックで済むよう、ラジオボタン、選択メニュー、およびチェックボックスなどの選択フォームを多く利用した。図 1 に示す入力画面を通して入力した事故事例は、独自のタグを持つ XML 文書に自動的に変換され、WWW 上での事故事例の閲覧を容易なものとしていると同時に、データベース作成者以外でもデータの内容を容易に理解することができる。また、特定のタグに関するデータを集計することで、事故事例の全体的な傾向を視覚的に把握することも可能となる。

3. ラフ集合論の適用

ラフ集合論はデータベースなどに蓄えられた膨大なデータから、知識を見つけ出す理論として様々な分野への適用が試みられている²⁾。

本研究では、ラフ集合論を用いて獲得した知識（ルール）の正確度（SI）と被覆度（CI）を

図 1 事故事例の入力画面

キーワード：安全管理，XML，ラフ集合論，事故事例，橋梁架設

連絡先：〒569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1 TEL 0726-90-2402 FAX 0726-90-2491

入力インタフェースに利用した。これらの指標は、 D をあるクラスに属する要素の集合、 R を同値関係とすると、それぞれ

$$SI(R,D) = \frac{\text{card}(\{x \mid x \in R \text{ かつ } x \in D\})}{\text{card} \{x \mid x \in R\}} \quad (1)$$

$$CI(R,D) = \frac{\text{card}(\{x \mid x \in R \text{ かつ } x \in D\})}{\text{card} D} \quad (2)$$

で求めることができる。具体的に、表 1 に示す頭痛の種類を決定クラスとする決定表を例として、これらの 2 つの指標を説明

する。まず、「IF 部位=全体 THEN 決定クラス=筋収縮性頭痛」というルールを考えたとき、このルールの条件部である「部位=全体」を満足する集合 $[x]_R$ は $\{1, 2, 4, 5\}$ であり、結論部である「決定クラス=筋収縮性頭痛」を満足する集合 D は $\{1, 2\}$ となる。その共通集合 $[x]_R \cap D$ は $\{1, 2\}$ となり、上記 2 種類の指標は $SI = 2/4 = 0.50$, $CI = 2/2 = 1.00$ となる。同様に、「IF 吐き気=なし THEN 決定クラス=偏頭痛」というルールを考えると、「吐き気=なし」を満足する集合 $[x]_R$ は $\{1, 2, 3, 5\}$, 「決定クラス=偏頭痛」を満足する集合 D は $\{3, 4\}$ であり、その共通集合 $[x]_R \cap D$ は $\{3\}$ となる。したがって、上記 2 種類の指標は $SI = 1/3 = 0.33$, $CI = 1/2 = 0.50$ となる。

具体的に本システムの入力項目である作業工程と事故の型の関係において説明する。作業工程は、(1)仮設工、(2)足場および支保工、(3)主桁製作工、(4)支承工、(5)架設工、(6)横組工、(7)その他の中から 1 つを選択するチェックボックス形式の入力となっている。これに対して、事故の型は、(1)墜落・転落、(2)転倒、(3)激突、(4)飛来・落下、(5)崩壊・倒壊、(6)激突され、(7)挟まれ・巻き込まれなど 17 種類のクラスから 1 つを選択する選択メニュー形式の入力となっている。表 2 は、作業工程が足場および支保工であるときの事故の型をまとめたものである。また、ルール数は収集した 169 件の事故事例の中に存在するそれぞれのルールの総数であり、上述した $\text{card}([x]_R \cap D)$ の値である。また、 SI , CI もそれぞれのルールに対して、式(1), (2)によって求めた。実際の入力において、作業工程が足場および支保工と入力されたとき、事故の型のクラスとともに、ここで求めた SI と CI の値も入力画面上に表示させることによって、入力と同時に事故の傾向を把握することが可能となる。同時に、これらの値を基準にソートした上で選択メニューを表示させることによって、入力作業の簡素化も可能となる。

表 2 足場および支保工における事故の型と $SI \cdot CI$

U	作業工程	事故の型	ルール数	SI	CI
1	足場 および 支保工	墜落・転落	29	29/49 = 0.59	29/70 = 0.41
2		激突	3	3/49 = 0.06	3/9 = 0.33
3		飛来・落下	4	4/49 = 0.07	4/32 = 0.13
4		崩壊・倒壊	6	6/49 = 0.12	6/6 = 1.00
5		挟まれ・巻き込まれ	7	7/49 = 0.14	7/42 = 0.17

4. おわりに

本研究では、PC 橋の建設にあたり実際に発生した事故の情報を、WWW上で閲覧・検索できるシステムの一部として、事故事例の入力・変換システムにあたる部分を構築した。書式の統一をはかることで、事故データの標準化が可能となり、事故事例の共有化や事故データの充実が実現できる。このような標準化、共有化、データの充実という流れを推進していくことによって、安全意識の普及のため効果的な実用システムの構築が可能になると考えられる。また、事故事例の入力においては、それぞれの入力項目の選択リストにおける優先順位を、ラフ集合論における正確度や被覆度を用いて決定する仕組みを提案した。このことにより、入力と同時に事故の傾向を把握することができ、入力作業の簡素化も実現することができる。本報告は、土木学会関西支部共同研究（代表：関西大学広兼道幸助教授）の研究成果をとりまとめたものである。他の共同研究メンバーの方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 広兼道幸：橋梁架設の工法選定と安全管理の総合型システム，平成 11 年度講習会テキスト，土木学会関西支部，pp115-149, 1999.7
- 2) 古田均・広兼道幸・田中成典・三雲是宏：橋梁の損傷要因診断事例からのラフ集合を用いたルール型知識の獲得方法，構造工学論文集，Vol.44A，pp521-528，1998.3