

事象シーケンスデータベースの研究

Study of Event Sequence Database for a Nuclear Power Domain

楠見 好章 (Yoshiaki Kusumi)*

要約 ある事故の事象シーケンスについての情報を、データベースからの検索によって取り出す検索エンジンを考案した。検索には、順序を付けた検索語で表現される時系列検索式を用いる。本エンジンは完全に一致のとれる検索解以外に、近似的な検索解を出力する（ファジー検索）。事故のシーケンスと同じ順序の項目、すなわち、起因事象、経過及び結果という順序付きの項目に従って登録されている“事象シーケンスデータベース”を試作した。本データベースで本エンジンの実証試験を実施した結果、いずれも良好な結果を得た。

キーワード 事象シーケンス、データベース、検索エンジン、順序を付けた検索語、時系列検索式、ファジー検索

Abstract A retrieval engine developed to extract event sequences from an accident information database using a time series retrieval formula expressed with ordered retrieval terms is explored. This engine outputs not only a sequence which completely matches with a time series retrieval formula, but also sequence which approximately matches the formula (fuzzy retrieval). An event sequence database in which records consist of three ordered parameters, namely the causal event, the process and result. Then the database is used to assess the feasibility of this engine and favorable results were obtained.

Keywords event sequence, database, retrieval engine, ordered retrieval terms, time series retrieval formula, fuzzy retrieval

1. はじめに

本研究の目的は、ある事故のシーケンスについての情報を、データベースからの検索によって取り出すことのできる検索エンジン及びデータベースを考案することである。

検索には、順序を付けた検索語で表現される検索式（以下、時系列検索式）を用い、また、実用上、完全に一致のとれる検索解以外に、近似的な検索解を出力すること（ファジー検索）が必要となる。一方、データベースは、時系列検索式による検索が可能な時系列検索の形をしたデータベースが必要である⁽¹⁾⁽²⁾。

2. 事象シーケンスデータベース

時系列検索式による検索が可能であるためには、データベースのレコードが順序付きの項目に従って登録されていないなければならない。そこで、この研究においては、まず、事故のシーケンスと同じ順序の項目、すなわち、起因事象、経過及び結果という順序付きの項目に従って登録されている“事象シーケンスデータベース”を試作した。表1に具体例を示す。

このデータベースは波及事象が更に起因事象となって波及事象に進展することが可能な論理構造を持っているため、任意の長さの時系列検索式に対して的確な検索解を与えることができる。

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所
現(社)海外電力調査会 電力国際協力センター

表1 事象シーケンスの具体例

事象

主変圧器緩衝圧力リレーが誤動作し発電機トリップ、原子炉冷却材ポンプの6.9KV母線が自動切り替え失敗で停電し原子炉トリップ。一方、4.16KV母線側は発電機側遮断器の開放が遅れ一時的に発電機側と送電線側が同時投入となり過電流リレー作動、発電機側遮断器及びケーブルから発火し、地元消防隊が最終的に消火。

連番	1	起 因 事 象	*	波 及 事 象	2
系 統	名称	E B I(電源系統 / 主電源系)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：*，状況：*			
機 器	名称	T R(主変圧器)			
	種類	T R(変圧器)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：03施工不良(07設定不良) 主要因 + 07外部要因(71送電線事故) 状況：機能の喪失・低下(104誤動作)			
部 品	名称	*			
	故障モード	*			

連番	2	起 因 事 象	1	波 及 事 象	3
系 統	名称	E A 0(発電機 / 本体)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：*，状況：*			
機 器	名称	G E 1(発電機)			
	種類	G E 1(タービン発電機)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：07外部要因77他機器故障等の波及 状況：機能の喪失・低下(108波及動作・停止)			
部 品	名称	*			
	故障モード	*			

連番	4	起 因 事 象	2	波 及 事 象	*
系 統	名称	E C 0 1(所内電源系統 / 主設備 / 高圧系)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：*，状況：*			
機 器	名称	C B 2(メタルクラッド開閉装置 / 所内変圧器受電しゃ断器)			
	種類	C B 2(しゃ断器 / 高圧しゃ断器 (M / C))			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：97不明97不明(調査中)			
	故障モード	状況：機能の喪失・低下(102 <開・閉>)			
部 品	名称	*			
	故障モード	*			

連番	3	起 因 事 象	2	波 及 事 象	5
系 統	名称	E C 0 1(所内電源系統 / 主設備 / 高圧系)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：*，状況：*			
機 器	名称	C B 2(メタルクラッド開閉装置 / 起動変圧器受電しゃ断器)			
	種類	C B 2(しゃ断器 / 高圧しゃ断器 (M / C))			
	状態	12(待機中)			
	故障モード	原因：97不明97不明(調査中)			
	故障モード	状況：機能の喪失・低下(102 <開・閉>)			
部 品	名称	*			
	故障モード	*			

連番	5	起 因 事 象	3	波 及 事 象	6
系 統	名称	R C 0(原子炉冷却系統 / 主系統)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：*，状況：*			
機 器	名称	P U R(冷却材ポンプ)			
	種類	P U R(冷却材ポンプ)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：07外部要因77他機器故障等の波及 状況：機能の喪失・低下(108波及動作・停止)			
部 品	名称	*			
	故障モード	*			

連番	6	起 因 事 象	5	波 及 事 象	*
系 統	名称	R B 0(原子炉 / 本体)			
	状態	11(運転中)			
	故障モード	原因：07外部要因77機器故障等の波及 状況：機能の喪失・低下(108波及動作・停止)			
機 器	名称	*			
	種類	*			
	状態	*			
	故障モード	*			
部 品	名称	*			
	故障モード	*			

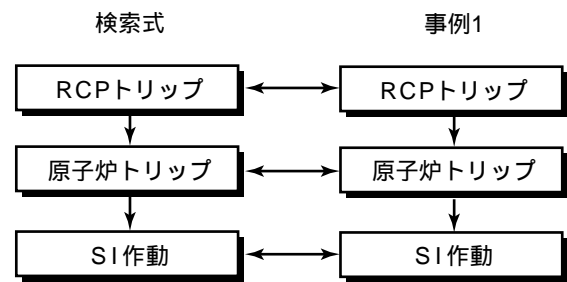
3. 時系列検索エンジン

時系列に並べられた事象シーケンスデータを検索する場合，キーワードをAND/ORを用いて表現した従来の検索式では実現できない．このため，順序を付けた検索語から成る時系列検索式による“時系列検索エンジン”が必要である．また，完全一致の検索解の他に近似的な検索解を出力できることが，検索エンジンに要求される重要な性能である．

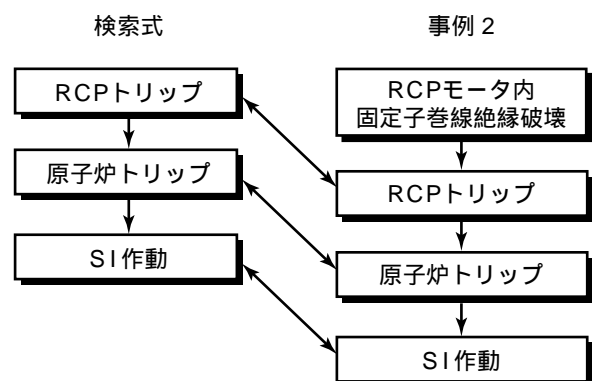
試作した時系列検索エンジンは，4種類の抽出法の選択によって，第1検索解から第4検索解までの4種類の検索解を出力する．

事象シーケンスデータベースは事象シーケンスの集合である．事象シーケンスそれ自身も時系列検索式の形を持っている．事象シーケンスで表される時系列検索式を指定して検索対象である事象シーケンスデータベースの検索を行う場合，検索エンジンは次のように動作する．

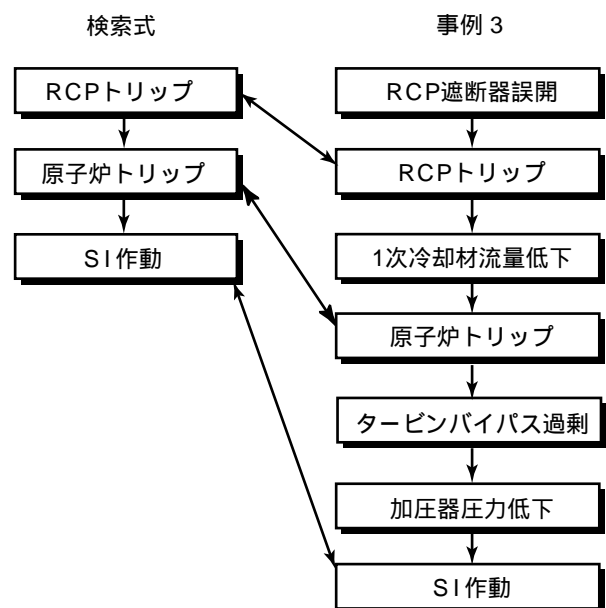
- (1) 検索式に含まれる検索語を順次検索する．すなわち，検索語による検索を行う．
- (2) 検索式に含まれる複数の検索語の全部又は一部が，hitした場合には，検索式による検索を行う．
- (3) 実施例1のように，検索式と完全に一致する事象シーケンスが見つかった場合には，それを第1検索解(完全一致解)として出力する．
- (4) 実施例2のように，検索式をその一部として含む事象シーケンスが見つかった場合には，それを第2検索解(最良近似解)として出力する．
- (5) 実施例3のように，検索式の検索語の間に事象が割り込んだ形の準検索式を含む事象シーケンスが見つかった場合には，それを第3検索解(準近似解)として出力する．
- (6) 実施例4のように，検索式の一部を含むシーケンスが見つかった場合には，それを第4検索解(近似解)として出力する．
- (7) 上記のいずれの検索解も見つからない場合には，検索解なしと出力する．



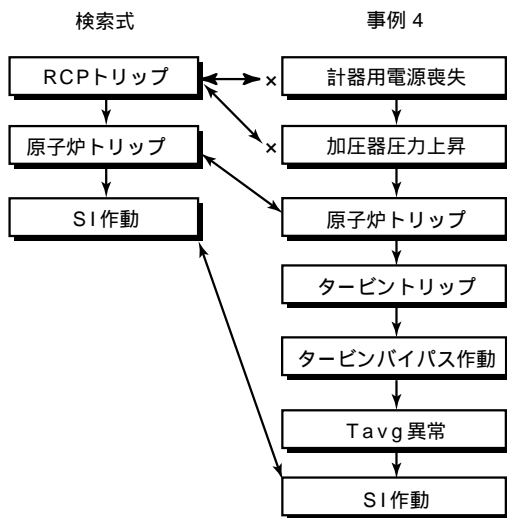
実施例 1



実施例 2



実施例 3



実施例 4

4. 検索実施例

(1) 第1検索解(完全一致解)

データベース中に、事例1に示すような事象シーケンス、すなわち「原子炉冷却材ポンプ(RCP)トリップ」「原子炉トリップ」「安全注入(SI)作動」が存在する場合には、

(a) 検索式と全く同じである、

ことから、第1検索解(完全一致解)として出力する。

(2) 第2検索解(最良近似解)

データベース中に、事例2に示すような事象シーケンス、すなわち「原子炉冷却材ポンプ(RCP)モータ内固定子巻線絶縁破壊」「原子炉冷却材ポンプ(RCP)トリップ」「原子炉トリップ」「安全注入(SI)作動」が存在する場合には、

(a) 検索式に含まれる検索語の全部が存在し、

(b) 事象の発生順序が同じであり、

(c) 検索式以外にデータが存在し、

(d) 検索式がひとまとまりで存在する、

ことから、第2検索解(最良近似解)として出力する。

(3) 第3検索解(準近似解)

データベース中に、事例3に示すような事象シーケンス、すなわち「原子炉冷却材ポンプ(RCP)遮断器誤開」「原子炉冷却材ポンプ(RCP)トリップ」「1次冷却材流量低下」「原子炉トリップ」「タービンバイパス過剰」「加圧器圧力低下」「安全注入(SI)作動」が存在する場合には、

(a) 検索式に含まれる検索語の全部が存在し、

(b) 事象の発生順序が同じであり、

(c) 検索式以外にデータが存在する、

ことから、第3検索解(準近似解)として出力する。

(4) 第4検索解(近似解)

データベース中に、事例4に示すような事象シーケンス、すなわち「計器用電源喪失」「加圧器圧力上昇」「原子炉トリップ」「タービントリップ」「タービンバイパス作動」「冷却材平均温度(Tavg)異常」「安全注入(SI)作動」が存在する場合には、

(a) 検索式の一部が存在する、

ことから、第4検索解(近似解)として出力する。

5. まとめ

約100件の事故シーケンスを事象シーケンスデータベースに登録し、試作した時系列検索エンジンを用いて、多数の実証試験を実施した結果、いずれも良好な結果を得た。これらの試験によって、本研究で新たに考案した時系列検索エンジンの実用性が立証できた。

文献

- (1) 楠見好章, 原子力事故・故障情報分析における事象シーケンス検索方法の開発, 人工知能学会全国大会(第11回)論文集, pp.269-271, 1997
- (2) 楠見好章, 事象シーケンスデータベースの研究, 人工知能学会全国大会(第12回)論文集, pp.160-163, 1998