

電力系統事故時復旧支援における 事例ベースの構築法と洗練化

奥田 健三
宇都宮大学

山崎 勝弘
立命館大学

事例ベース形推論における事例ベースの構築法と洗練化について、電力系統の事故時復旧支援問題を例題として検討した。事例ベースの構築においては、検索キーの選定、フレーム形式による事例の表現法、事例の適合・修正機能、事例ベースへの事例の登録方針について考察した。さらに大幅に変化する電力系統の負荷状態をも考慮した場合の最適な復旧案を、学習により生成し、事例の内容を自動的に洗練化する方法を提示した。実規模大の二次系統を対象として、各種条件のもとでシミュレーションを行い、事例ベース形推論における上記の課題に対して具体的な指針を得た。さらに事例の洗練化が適切に行われることを明らかにした。

CONSTRUCTION AND REFINEMENT METHOD OF CASE-BASE FOR FAULT RESTORATION SUPPORT IN SECONDARY ELECTRICAL POWER SYSTEM

Kenzo Okuda
Utsunomiya University

Katsuhiro Yamazaki
Ritsumeikan University

This paper describes a construction and refinement method of case-base in case-based reasoning. Fault restoration support in electrical power system is chosen as an example problem. In construction of case-base, a selection of keywords for retrieval, expression of a case, registration of cases to case-base are studied. Further, a refinement method of a case considering load change is presented. The simulation results show as follows: (1) Construction method of case-base and the guide to selection of cases which should be registered to case-base are made clear. (2) The refinement of cases shows that the optimum solutions are generated, and registered to case-base without the increase of the numbers of cases.

3. 電力系統事故時復旧支援問題への適用

まず3. 1で問題の定義を述べたのち、3. 2で、電力系統の事故時復旧支援における事例ベース形推論の有効性と事例ベースの構築法の概要のうち、とくに事例の検索、事例ベースに登録する事例の選定方法、事例の修正機能について述べる。ここでは、復旧手順が比較的複雑になる重負荷時の負荷状態を対象としている^{1, 2)}。

3. 3では事例ベースの洗練化について述べる。電力系統の負荷は時々刻々変化し、軽負荷時には重負荷時の半分以下に需要が減少し、余裕電力が大きいため、復旧の手順はより単純になる。例えば、停電地域に対して、重負荷時には3個所の電源から電力を供給せねばならなかったものが、軽負荷時には2または1電源で済むことになる。したがって、事例に負荷状態の変化を考慮すると、負荷状態の代表的な数点を選ぶことになり、それに応じて登録する事例数は増え、事例ベースは肥大化する。ここで我々は負荷状態に応じた適切な復旧案を得ることを目標とし、データの表現法に留意し、かつ学習の効果を組込めるようにし、事例の洗練化を図った。

3. 1 問題の定義と復旧方針

対象とする系統は、電力会社の一つの支店が管轄する程度の広がりを持つ60kV系統（二次系統）で、そこには複数の変電所が存在する。各変電所の60kV系統を部分系統と呼ぶ。原則として変電所二次側での並列運転は行わない。各々の部分系統は放射状に構成されている。事故の発生場所は、基本的に任意であるが、ここでは事故による停電の影響が大きく、復旧操作が複雑になると予想される各変電所内の高圧側母線及び変圧器バンクでの永久事故とする。また電力系統では、定期的の一部の設備の運転を停止し保守・点検を行うので、系統構成はその都度影響を受ける。ここでは設備停止の対象として、電源容量の減少につながる変圧器バンクを取り上げる。

復旧案作成に当たっての基本的な方針は、停電電力の最小化、停電時間の短縮、最適な復旧

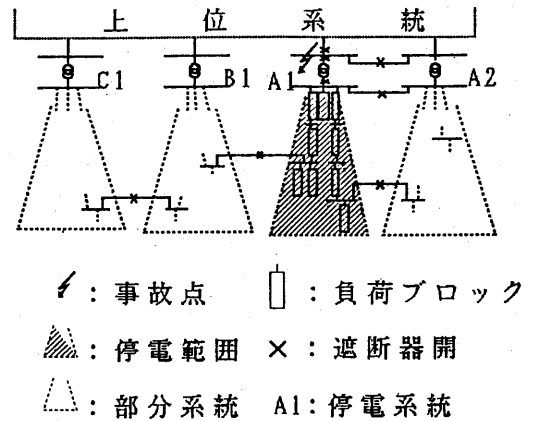


図2. 二次系統図

案の生成にある。最適な復旧案としての判断基準は種々考えられるが、ここでは、1)遮断器の操作回数が最少、2)復旧用の電源の個数が最少、とする。復旧案作成における基本的な手順を図2にを用いて述べる。この図において部分系統A1の高圧側母線に永久事故が生じ、斜線部を停電範囲とする。

(a)同一変電所内の健全側母線を根とする部分系統からの復旧・・・停電した部分系統A1に対し、A2からの復旧。

(b)隣接系統からの復旧・・・停電した部分系統A1に対し、直接隣接する部分系統B1からの復旧。

(c)負荷切り換え・・・以上でも停電が残る場合は、部分系統B1、A2の負荷の一部をB1、A2に隣接する他の部分系統C1等に切り換え、部分系統B1、A2からA1への送電電力の増加を図る。これを負荷切り換えと呼ぶ。この負荷切り換えによる復旧。

3. 2 事例の表現と事例ベース形推論法

事例ベース形推論による復旧案作成は、典型的なケースの復旧案を事例ベースに登録しておき、問題を解くときに利用する。事例としての復旧案は、下記の4種類のフレームを組合せて表現する。与えられた問題に対する復旧案は、それに最も類似の事例に適合・修正を加えて作成する。

(1) 事例ベースの設計・構築法

各種フレームについて述べる。

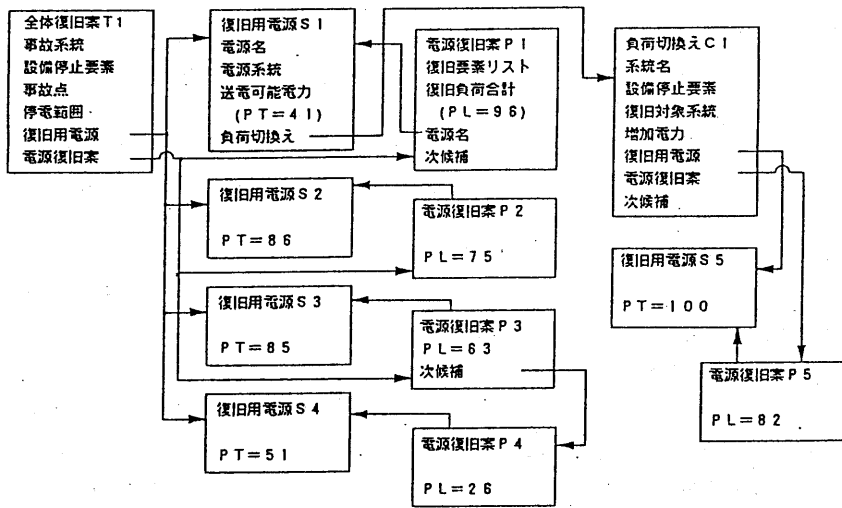
(a)全体復旧案フレーム 一つの復旧案を検索するのに必要な情報が含まれている。このフレーム中の一部のスロット値を検索キーとして、事例の検索を行う。主なスロットは、事故系統、事故点、設備停止要素、停電範囲、停電負荷合計、復旧用電源、電源復旧案からなる。ここで復旧用電源スロット及び電源復旧案スロットが指すフレームを見れば、各復旧用電源、及び各復旧用電源による復旧案の詳細を知ることができる。

(b)復旧用電源フレーム 復旧用電源についての情報を含み、そのスロットは、電源名、電源系統、送電可能電力、負荷切換え案候補からなる。負荷切換え案スロットの指すフレームにより、負荷切換えの詳細を知ることができる。

(c)電源復旧案フレーム 一つの電源による

復旧案の内容を示す。1個以上の電源復旧案フレームを組合わせて全体復旧案が構成される。電源復旧案のスロットは、電源名、復旧要素リスト、復旧負荷合計、次候補からなる。ここで復旧要素リストとは、その電源により復旧される母線、負荷ブロック等の要素リストである。次候補スロットは、復旧要素リストに記された集合の部分集合を復旧要素リストに持つ電源復旧案フレームを指す。これにより、復旧用電源容量が不足の場合の解決案を登録することにより、与えられた問題に対する復旧案作成の迅速化を図ることができる。

(d)負荷切換えフレーム 負荷切換え案の詳細を示す。主なスロットは、系統名、設備停止要素、増加電力、復旧対象系統、復旧用電源、電源復旧案、次候補からなる。ここで次候補スロットには、同一系統の負荷切換えにおいて、



(a) 事例フレームの構成例

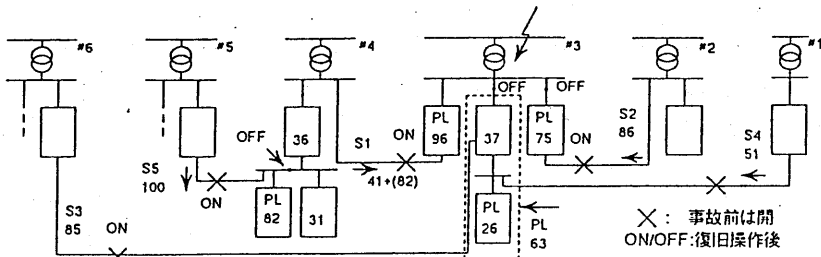


図3 事例フレーム説明図

(b) 系統図

増加電力（負荷切換えによる送電可能電力の増分）の大きい事例を入れる。

図3に事例フレームの構成例を示す。すなわち、全体復旧案T1は電源復旧案P1～P4からなり、P1～P4の復旧用電源は各々S1～S4である。S1は負荷切換え案としてC1を有する。S1の送電可能電力41MWに対し、復旧すべき負荷が96MWであるので、負荷切換えC1により、電源S5により負荷82MWの負荷切換えを行い、S1の送電可能電力を41+82MWに増強している。もしS5の送電可能電力が82MW未満の場合は、図示していないが、C1の次候補として負荷切換え案C2を登録しておくことができる。図3(b)の例では電源S4により負荷26MWの復旧は行っていないが、電源S3の送電可能電力が負荷63MW未満の場合などに利用することができる。

(2) 推論制御法 事例ベース形推論は、事例の検索、評価、適合・修正、復旧案の生成の順に行われる。事例の検索においては、まず与えられた問題に最も類似する全体復旧案の検索を行う。検索のキーとして、優先度の高い順に事故系統、停電範囲、設備停止要素、事故点の4項目とする。ここで完全にマッチする事例が見つからない場合は、優先度の高いものに着目して検索する。

次に検索して得られた全体復旧案の評価を行う。事例の停電範囲と与えられた問題の停電範囲との相違を明らかにし、与えられた問題に適用する電源復旧案フレームの復旧要素リストに与えられた問題の停電範囲を格納する。

各電源復旧案フレームにおいて、電源容量が復旧すべき負荷合計に対し不足する場合は、以下の修正処理(a)～(c)を順に行って、各電源復旧案における電源容量不足の解消を図る。この処理では、格納されている事例にできるだけ近い復旧案を求めること、及び処理性の向上に留意している。

(a) 負荷切換えによる修正 負荷切換えが可能なら負荷切換えにより修正を行う。すなわち、図3に示すように復旧用電源フレームの負

荷切換え案候補スロットが指す負荷切換え案を参照して修正を行う。もしスロットに値が入ってなければ、負荷切換えフレームを検索する。

(b) 事例の次候補による修正 参照した電源復旧案フレームの次候補を参照し、それが示す電源復旧案フレームを評価・修正する。

(c) 他の電源復旧案フレームへの負荷の移動 電源容量が不足する電源復旧案フレームの復旧要素の一部または全部を、送電可能電力の十分ある他の電源復旧案フレームの復旧要素リストに移動する。(註：文献2では、(d)「他の電源による電源復旧案の作成」があるが、ここでは説明の都合上、(c)に含める)

このように、(a)、(b)は事例に近い復旧案を作成し、(c)は事例からやや離れた復旧案を作成する可能性がある。ここで前者は事例の修正が後者に比べ比較的簡単なため、処理時間は短くなる傾向にある。

以上の処理で復旧案が完成するので、全体復旧案の電源復旧案スロットにその電源復旧案フレームのリストを格納し、その復旧案を実現するための操作遮断器系列を求める。

3.3 事例ベースの洗練化法

事例ベース構築の初期に登録する事例としては、系統内各所に配置された変電所の母線事故を対象とし、かつ変電所の電源容量を規定する変圧器の設備停止を考慮した。負荷状態としては、復旧操作が比較的複雑になる重負荷状態のものをを用いた。これは、登録された事例により、軽負荷時の停電事故に対しても確実に復旧案を得ることを可能にするためである。

電力システムの負荷状態は1日、季節等により変化する。例えば、停電地域に対して、重負荷時には3個所の電源から電力を供給せねばならなかったものが、軽負荷時には供給に余力が生じるため、1または2電源で済むことになり、復旧操作は重負荷時より簡単になる。このように負荷状態に応じて適切な復旧操作法を生成して登録し、既存の事例を洗練化する方法を検討する。ここで復旧操作の基準は、操作の迅速性が要求されることから、復旧操作における遮断器操作回数の最少化を目指して、復旧用電源数の

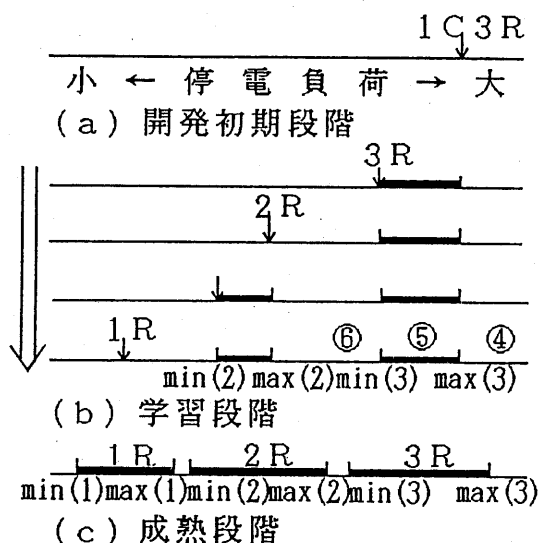


図4. 復旧パターンの学習過程

削減を図る。

停電に対する復旧パターンを $i C j R$ (負荷切換え数 i 回, 復旧用電源数 j 個) で表わすと, 負荷が軽くなるにつれて i, j は各々 $0, 1$ に向けて単調減少する。このことに着目して, 系統の負荷条件が変わった場合について, ある事故条件での復旧パターンの学習過程を概念的に示すと, 図4のようになる。同図(a)は事例ベース構築の初期段階で, $1 C 3 R$ の事例だけが登録されている。(b)は各種負荷条件での学習過程を例示したもので, ↓印は新たに学習した事例。(c)は学習が成熟した段階で, 同図の太線はその復旧パターンの適用範囲を示す。なお, 例えば $3 R$ の適用範囲には負荷切換え操作が含まれている。

図4の構想を実現するために, 復旧案を示す4種のフレームのうち, 全体復旧案フレームのなかの電源復旧案スロットの構造をつぎのように改良する。

- ($[\min(1), \max(1)]$, [電源復旧案1]),
 ($[\min(2), \max(2)]$, [電源復旧案2, 電源復旧案3]),
 ($[\min(3), \max(3)]$, [電源復旧案4, 電源復旧案5, 電源復旧案6]), ...
 ここで, たとえば, スロットの2番目のファ

セットは, 停電した負荷電力が $[\min(2), \max(2)]$ の範囲にある場合に適用するものとし, 電源復旧案2と3(復旧用電源数は2個)により, 停電負荷の復旧を行う。各ファセットについて, $[\min(X), \max(X)]$ の範囲を調べ, どのファセットを用いるかを決定すればよい。また同じ復旧案が適用可能で, かつ停電電力の範囲(上下限值)を広げられる場合には, 上下限値を修正する。事例ベース構築の初期にはファセットの数は通常1個であり, しかも一つのファセットに一つの事例しか登録されていない場合には, $\min(X) = \max(X)$ ($X=1, 2, 3, \dots, Z$ のいずれか)である。事例の洗練化は次のように行う。現在の問題の停電負荷合計を P_b とする。

(a) 電源復旧案が1個(ファセットが1個)の場合

① $P_b < \min(X) \dots$ 復旧案は必ず存在するので, 復旧用電源数の削減を試み, 成功すればその復旧案(ファセット)を新たに電源復旧案スロットに登録する。削減に失敗すれば $\min(X)$ の値を P_b に下方修正する。なお, 復旧用電源数の削減法については後述する。

② $\min(X) \leq P_b \leq \max(X) \dots$ この事例をそのまま利用する。事例ベースの修正は不要である。

③ $\max(X) < P_b \dots$ この事例を用いて復旧案作成を試みる。成功すれば $\max(X)$ の値を P_b に上方修正する。

(b) 電源復旧案が複数(ファセットが2個以上)ある場合(図4(b)参照)

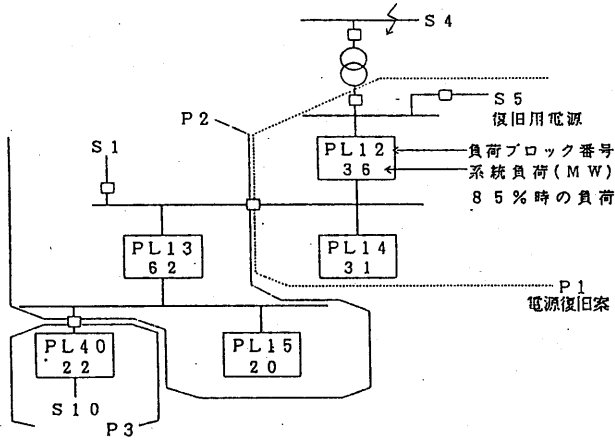
P_b を $\max(X)$ ($X=1, 2, \dots, Z$) と比較し, 以下の処理を行う。

④ $\max(Z) < P_b \dots$ ③の処理を行う。

⑤ $\min(N) \leq P_b \leq \max(N) \dots$ ②の処理を行う。

⑥ $\max(N-1) < P_b < \min(N) \dots$ $[\min(N-1), \max(N-1)]$ の電源復旧案を用いて, ③の処理を行う。これに失敗した場合は, $[\min(N), \max(N)]$ の電源復旧案を用いて①の処理を行う。

①における復旧用電源数の削減法について述べる。電力系統内の負荷が軽くなった場合, 一般的に復旧用電源についてみると, 自己の系統内の負荷電力が減少するために, 停電した系統への送電可能電力に余裕が生じ, 一方, 停電し



系統負荷レベル(%)	復旧用電源		負荷ブロック番号					電源復旧案
	番号	送電可能電力(MW)	12	13	14	15	40	
85~75	S5	103	○		○			P1 P2 P3
	S1	85~87		○		○		
	S10	52~73					○	
70~55	S5	103	○		○			P1 P4
	S1	87~89		○		○	○	
50	S5	103	○	○	○	○	○	P5

注) ○印の負荷ブロックが、右端の電源復旧案により復旧される。
送電可能電力はケースNo. 4A04の場合を示す。

図5. 系統負荷の変化に対する電源復旧案の推移

た地域の負荷電力も減少するので、一つの復旧用電源による復旧可能な停電範囲は広がる傾向にある。復旧用電源数の削減の方法は、処理の単純さを重視して、各電源復旧案単位で行うこととする。すなわち、図5において、たとえば、現在着目している復旧用電源S5により、他の復旧用電源S1、S10による電源復旧案P2、P3の負荷のいずれか、または両方を復旧可能か否かを評価し、可能なら一括して復旧する電源復旧案を生成する。

図5は部分系統No.4の全停電において、負荷状態が85%（系統のピーク負荷に対するパーセントで表示）の場合、S5、S1、S10を復旧用電源とする電源復旧案P1、P2、P3により復旧されている例を示す。70%以下の負荷では電源S1により復旧案P2、P3をまとめたものを復旧案P4とする。したがって、この場合は電源S5、S1による復旧案P1、P4により復旧される。さらに、50%以下の負荷では電源S5による復旧案P5により全て

の負荷が復旧される。

復旧用電源数の削減法に複数の解がある場合、学習の順序により同じ復旧用電源数でも異なった解が得られることがあるが、そのときは両者を比較して広い負荷変化に対処できる解を採用する。

3.4 実験と結果の考察

(1) 実験条件 モデルに選んだ二次系統は実規模大のもので、10個の部分系統からなり、それぞれの部分系統は1~10個の負荷ブロックからなる。なお、負荷ブロックとは遮断器の投入により充電の及ぶ範囲に含まれる送電線、負荷、母線をまとめたもので、ブロック内の負荷の数は10以下である⁽¹⁾。系統の負荷状態については、8月のピーク時の予想潮流図における負荷を一律約85%にしたものを基準ケースとする。

事故点は変電所内の高圧側母線または変圧器1バンクとする。系統状態としては、設備停止のない場合と、変圧器1バンクの設備停止の場合を考慮する。ここで、設備停止時における系統の事故発生前の初期状態には、各部分系統における変圧器1バンク事故において、網羅的な復旧案の生成によって得られた復旧案の中から、できるだけ多くの隣接部分系統に負荷を分散している案を選定した。これは各部分系統の余裕電力の均等化を配慮したものである。

(2) 事例ベースの構築法 事例ベースに登録するための事例の選択基準としては、網羅的な解（復旧案）生成部によって得られた復旧案を復旧用電源別に分類し、各ケースの最適解をできるだけ多くカバーするものを選んだ。このようにして事例ベースに登録した事例総数は24個であり、各部分系統当たり1~6個の事例からなる。この場合の各フレーム数は、全体復旧案フレーム：24、復旧用電源フレーム：149、電源復旧案フレーム：77、負荷切換えフレーム：22である。

他の部分系統との接続個所の比較的多い部分系統No. 4を例にとって、事例ベースに登録する事例の数と事例の検索時間、復旧案を求めるのに要する時間を調べた結果を表1に示す。この表で、ケースNo. 4A01は系統内で設備停止なしで、その他のケースは系統内の変圧器1バンクが設備停止している。ここで事例総数が10個の時でもすべてのケースについて復旧案を得ている。この場合、12ケース中の半数は3.2(2)の修正(c)を適用して復旧案が得られた。一方、前述の基準で選んだ事例総数は24個である。両者を比較すると、事例の検索時間は事例総数に比例するため、事例総数10個の時の方が短い。実行時間については、ケース4A01のように事例の修正無しに復旧案が適用できるケースでは事例総数の少ない方が多少短い、ケース4A02のように事例に修正が必要なものでは、事例総数10個の場合、約7倍もの時間を要した。実行時間については、事例総数24個の方が総体的に短くなる。これは、事例総数24個の場合、3.2(2)の修正(a)、(b)の適用で解を得ており、事例をほとんど修正せずに復旧案が得られたためである。事例総数24個の場合を詳

細にみると、ケース4A04、4A08は負荷切換えによる修正が複雑なため、実行時間は長くなる。この解決策として、両ケースに対応する事例を追加して事例総数26個として実行したところ、実行時間は1/2.5~1/3に改善されている。比較のために、部分系統No.4での12個の全ケースに対する事例を事例ベースに登録して、事例総数32個として実行した結果、事例総数26個の場合に比し、検索時間が増加し、従って実行時間の増加が認められる。各部分系統毎に事例数を増やしていくと、事例総数に比例して検索時間は増加し実行時間は長くなるのが容易に推測される。事故時系統操作のように処理時間を重視する場合には、事例総数に最適値のあることがわかる。

表1の事例総数26個の場合と、網羅的な復旧案生成における処理時間を比較する。後者は網羅的な探索で得られた復旧案の中から、判断基準に基づいて最適解を選定しているの、複数解全部を求めるのに要する時間を最適解の欄に示してある。これによれば、事例総数26個の場合の方が実行時間は概ね1/3~1/5に短くなっており、実用的にも許容できるオー

表1 復旧案生成に及ぼす事例数の影響(部分系統No.4)

事例数	10/1				24/4				26/6		32/12		最適解		
	re	ex	cb	pt	re	ex	cb	pt	re	ex	re	ex	ex	cb	pt
4A01	0.8	4.5	3	2R	1.9	5.7	3	2R	2.0	5.8	2.4	6.2	17.0	3	2R
4A02	0.8	32.6	9	1C3R	2.0	7.3	9	3R	2.3	7.5	2.5	7.8	7669.8	9	3R
4A03	0.8	37.7	7	1C3R	1.9	14.6	5	1C2R	2.0	15.8	2.3	16.2	64.0	5	1C2R
4A04	0.8	54.6	9	2C3R	2.0	52.8	9	2C3R	2.1	21.6	2.4	22.1	112.7	9	2C3R
4A05	0.8	4.4	3	2R	2.0	5.7	3	2R	2.4	6.1	2.4	6.3	16.9	3	2R
4A06	0.9	4.7	3	2R	2.0	5.8	3	2R	2.3	6.1	2.3	6.4	16.9	3	2R
4A07	0.8	4.5	3	2R	2.0	5.8	3	2R	2.3	6.1	2.4	6.9	13.7	3	2R
4A08	0.8	68.9	9	2C3R	2.0	66.4	9	2C3R	2.0	21.4	2.4	21.5	128.1	9	2C3R
4A09	0.8	9.9	5	3R	1.9	6.6	5	3R	2.0	6.8	2.4	7.3	33.5	5	3R
4A10	0.8	10.0	5	3R	2.1	6.8	5	3R	2.3	7.1	2.4	7.2	33.4	5	3R
4A11	0.8	9.9	5	3R	2.0	6.8	5	3R	2.3	7.1	2.4	7.3	24.1	5	3R
4A12	0.9	4.4	3	2R	2.1	5.8	3	2R	2.4	6.1	2.4	6.2	16.8	3	2R

事例数：事例総数/部分系統No.4に対する事例数，re：事例の検索時間(s)，ex：reを含む実行時間(s)，cb：復旧のための遮断器操作数，pt：復旧パターン

ダーの時間と思われる。

以上のことから、上述の事例の選定方針は妥当であり、さらに改善を加えるために、実行時間のとくに長いケースの事例を追加することにより、すべてのケースに対して良好な処理性能が得られることが明かとなった。

(3) 事例の洗練化

表1の部分系統No.4の停電事故に対して、事例数24/4の場合、系統内の負荷レベル85%について、部分系統No.4の停電に対し4つの事例が登録されている。系統の負荷レベルを一律に5%間隔で変化させて、復旧案がどのように生成されるかをシミュレーションにより調べた。その一例として、ケース No. 4A04, 08, 09, 10, 11の5ケースは共通な一つの全体復旧案が適用されるが、その場合の結果を図5に示す。この図において、5つのケースとも負荷レベル85~75%においては、3つの復旧用電源S5, S1, S10により、負荷レベル70~55%ではS5, S1により、負荷レベル50%ではS5により復旧されている。各ケースとも共通した復旧案が得られている。すなわち、

負荷レベル	復旧用電源数	遮断器操作数
85%*	3 (負荷切換を含む)	9
85~75%	3	5
70~55%	2	3
50%	1	1

で復旧され、遮断器操作数も負荷の減少とともに少なくなっていることがわかる。*印の付したケースNo. 4A04, 08の復旧パターンは2C3Rであったが、負荷レベル80%以下では負荷切換えが不要なため、3電源以下で復旧されることがわかり、遮断器操作回数の減少と実行時間の短縮をもたらしている。

復旧案生成のための実行時間について、以下の実験を行った。ケースNo. 4A04において、初めに事例ベースに負荷レベル85%の事例が登録されているものとし、図4の学習過程がわかるように、負荷レベルを以下のように変化させた。

負荷レベル	復旧パターン	実行時間	処理内容
85%	2C3R	52.8秒	(表1)
80	3R	8.0	①削減失敗
70	2R	8.5	①削減成功
50	1R	8.8	①削減成功
70	2R	4.9	②
60	2R	9.0	⑥下方修正

(使用計算機はNEWS/NWS-1720, プログラム本体はK-Prolog)

3. 3で述べた各処理内容①~⑥に関連した実行時間の様子を知ることができる。負荷85%の事例の生成には負荷切換えフレームの検索、復旧案の作成のため、かなり長い時間を要しているが、この事例を用いた80%負荷では負荷切換えが不要なため、①の復旧用電源数の削減に失敗して3Rの復旧パターンを得る。70%負荷では、①の復旧用電源数の削減に成功して2Rの復旧パターンを得る。さらに50%負荷でも同様な処理で1Rの復旧パターンを得る。この時点で70%負荷を調べると、すでに2Rの復旧パターンが事例にあるので、そのまま利用することになり、4.9秒に短縮され学習の効果が認められる。これらによれば、図4の学習段階においても実行時間は十分許容できるオーダーであり、学習が成熟段階に入ると2回目の負荷レベル70%のように、1回目に比し実行時間が大幅に短縮されていることがわかる。このように、学習が進につれて、実行時間の短縮が図られ、かつ負荷レベルに応じた復旧案が得られている。他のケースについても同様な結果である。

なお、洗練化機能を持たせていない文献2のシステムでは、復旧用電源数の削減機能を組み込んでいないため、負荷レベルが低い場合でも、負荷レベル85%時の3電源による事例による復旧案が生成され、遮断器の操作回数は上記80%時の5回となる。

このように、洗練化を図った結果、事例の登録件数の増大を招くことなく、負荷状態の変化にきめ細かく対応した最適な復旧パターンを生

成することができた。さらに事例の学習過程や成熟期を通じて、処理時間の改善を図ることができた。

4. おわりに

本研究では、電力系統における事故時復旧案作成に事例ベース形推論法を適用し、詳細な検討を行った。すなわち、事例ベースの構築、事例の検索、評価、適合・修正、復旧案の提示、さらに事例の洗練化機能を組み込み、実規模大のモデル系統について多数のケースのシミュレーションを実施した。その結果、次の諸点を明らかにすることができた。

(a) 事例ベースの構築法と登録すべき事例について具体的な指針が得られた。すなわち、復旧用電源別に分類した最適な復旧案のなかから、できるだけ多くのケースを含むものを事例として選択し、そのうち計算時間の長くかかるケースに対応する事例を追加する。事故時系統操作のように処理時間を重視する応用においては、登録すべき事例数に最適な値が存在する。

(b) 適合・修正機能の充実により推論能力が向上し、最適解またはそれに近い復旧案が得られる。網羅的な復旧案作成法に比しはるかに迅

速に解が得られ、とくに複雑な操作において、その効果は大きい。

(c) 負荷状態の変化による事例の洗練化機能を付加することにより、事例総数を増やすことなく、負荷状態の変化に対応した適切な復旧案を生成し、事例の一般性を格段に高めることが出来た。

これらの知見は単に電力系統の事故時復旧案作成に適用できるばかりでなく、広く各分野に応用できるものと信ずる。

本研究を進めるにあたり、卒研究生の溝口英樹君、佐々木英明君の熱心な協力に対して厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 奥田，渡辺，山崎，馬場：事例ベース形推論による二次系統の事故時復旧支援方式，電学論 B，107，509（昭63-12）
- 2) 奥田，中川，山崎：二次系統の事故時復旧支援における事例ベースの構築法，電学論 B，111，101（平3-3）
- 3) 奥田，山崎：事例ベース形推論とその応用例，情報処理，31，244（平2-2）