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

正員 奥田 健三 (宇都宮大)
 非会員 渡辺 博芳 (宇都宮大)
 非会員 山崎 勝弘 (宇都宮大)
 非会員 馬場 敬信 (宇都宮大)

1. ま え が き

電力系統を経済的かつ高信頼度をもって運用するために種々の施策が講ぜられており、系統操作についても自動化が進んでいる。しかし、広範囲にわたる停電事故に伴う復旧操作は、系統条件のもつ多様性のため自動化は困難であり、運転員の判断にゆだねられる場合が多い。運転員には停電という異常事態のもとで、運用規則や経験に基づき、迅速・的確に処置することが要求されるので、その意思決定を支援し、負担の軽減を図ることが望まれる。復旧操作は回路網の物理的条件と運用規則や経験などに基づいて行われるので、知識工学的手法の適用が効果的であると思われる。

事故時の状態の推移は、事故発生、保護装置動作、事故推定を経て復旧操作に入る。著者らは復旧操作に着目して、さきにプロダクションシステムを用いた二次系統における事故時復旧操作支援方式について報告した⁽¹⁾。本論文では、知識工学的手法を積極的に生かすため、以下に述べるような方法をとった。すなわち、熟練した運転員の経験や過去に得られた妥当と思われる復旧案を事例として計算機に記憶させておき、当該事故に対して、それに類似の事例の復旧案を参照し、復旧案を迅速に生成しようとするものである。事例の復旧案は数種類のフレームのグラフの形で表わさ

れ、これらの集合が事例ベースとなる。事例ベースによる推論方法については、最近注目を集めている課題の一つで、事例ベースの自動生成やアクセス法などの研究が盛んに行われている⁽²⁾⁻⁽⁵⁾。

実現した復旧操作支援システムには、上述の事例ベースによる復旧案作成部のほか、一般的な復旧論理を組込んだ復旧案作成部があり、事例ベースを補完して動作する。また、得られた復旧案が電圧や過負荷条件を満たしているか否かを検証するための潮流計算部やマンマシンインタフェース部を有する。以下、本論文では、主として事例ベースによる復旧案の作成法について述べる⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

2. 問題の定義と復旧手順

〈2・1〉 問題の定義 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もつ 60 kV 系統を対象とする。そこには複数の変電所が存在し、それらの 60 kV 系統側では原則として相互に並列運転は行わない。また、各部分系統は放射状の構成になっている。

事故地点は基本的には任意であるが、事故による停電範囲が広く復旧操作が複雑になると予想される変電所母線での単一事故とする。なお、同一部分系統内での多重事故を取扱うことも可能である。また、遮断器の投入操作により充電の及ぶ範囲に含まれる負荷・送電線・母線をまとめて負荷ブロックと呼ぶことにする⁽¹⁾。

復旧操作の方針は、停電電力の最小化、停電時間の短縮、できるだけ事故前の系統構成に近い形に復旧することを目指す。

〈2・2〉 復旧手順 上記の復旧操作方針に基づき、

Fault Restoration Operation Scheme in Secondary Power Systems using Case-Based Reasoning. By Kenzo Okuda, Member, Hiroyoshi Watanabe, Non-member, Katsuhiro Yamazaki, Non-member & Yoshinobu Baba, Non-member (Utsunomiya University).

奥田健三：正員，宇都宮大学工学部情報工学科
 渡辺博芳：非会員，宇都宮大学工学部情報工学科
 山崎勝弘：非会員，宇都宮大学工学部情報工学科
 馬場敬信：非会員，宇都宮大学工学部情報工学科

(復旧操作開始前の状態)

図 1 二次系統図

Fig. 1. Secondary power system diagram.

復旧方策立案の手順を図 1 により述べる。

- (1) 停電した部分系統 A1 と同一変電所の健全側の部分系統 A2 から A1 へ送電する。
- (2) 部分系統 A1 に直接隣接する部分系統 B1 から送電する。
- (3) 以上でもなお停電が解消しない場合は、部分系統 B1, A2 に直接隣接する部分系統 C1, C2 に B1, A2 の負荷の一部を切換えて B1, A2 から A1 への送電電力の増強を図る (負荷切換えと呼ぶ)。
- (4) 以上でもなお送電電力が不足する場合は、重要負荷を優先的に復旧する (部分復旧と呼ぶ)。

3. システム構成

〈3・1〉 システムの概要 本システムは図 2 に示す構成からなる。以下、各構成部の概要について述べる。

- (1) 制御部 制御部は全体の制御を行う部分である。制御部が事故入力を受取ると、保護装置動作案の作成と、必要ならそれに対する訂正入力を受け付ける。更に、動作遮断器の情報から停電範囲を同定しマンマシンインタフェース部の CRT 上に表示する。
- (2) 系統条件などの知識 系統内の各種要素、系統の接続条件、負荷分布、ならびにこれらをもとに加工された復旧操作に必要な情報が格納されており、

復旧案作成部や事例ベース制御部からの参照や制御を受ける。

- (3) 復旧案作成部 一般的な系統を対象に、〈2・2〉節の手順に基づき復旧案を作成する部分で、〈3・2〉節で述べる。この復旧案作成部では復旧案を網羅的に生成し、そのなかから最適な案を選択できるようにしている。復旧案作成の出力としては、次に示す情報が得られる。

- (i) 復旧用電源とそれによって復旧される負荷ブロック・母線などの要素リスト、復旧負荷合計
- (ii) 負荷切換えが行われる場合は、負荷切換用電源と切換えられる要素リスト、切換負荷合計
- (iii) 操作される遮断器リスト

- (4) 事例ベースとその制御部 典型的な事例に関する復旧案が格納されている事例ベースに対して、参照、探索、設定、更新、削除などの各種制御を行い、当該事故に対する復旧案を作成する。

- (5) マンマシンインタフェース CRT 画面に表示された系統図上に、復旧操作に必要な各種情報が示される。また、各種復旧案とそれに対する潮流計算結果を表形式で見ることができる。

- (6) 潮流計算部 復旧案立案の段階では有効電力だけに着目しているので、潮流計算部において Newton-Raphson 法により母線電圧や線路容量に関する制約条件を満たしているか否かを調べる。

〈3・2〉 処理の概要 復旧案の作成における処理全体の流れを図 3 に示す。同図において、1～2 は前処理、3～11 は復旧案作成、12～15 は負荷切換えを行う部分である。まず、前処理が終ると、前節(4)項で述べた事例ベース制御部が起動される。ここで復旧案が得られれば制御部に制御は戻るが、得られない場合は、前節(3)項で述べた復旧案作成部に制御が移る。復旧案が求められると制御部に制御が戻り、マンマシンインタフェース部の CRT 上に系統図や表形式で復旧案が表示される。更に、必要に応じて潮流計算部を起動し、その結果を CRT 上に表示可能である。

図 2 システム構成図

Fig. 2. Diagram of system construction.

図 3 復旧案作成の流れ

Fig. 3. Flow-chart of generating restoration plan.

前節(3)項の復旧案作成部の処理内容は図3の4以降であり、その概要を以下に述べる。7において、復旧用電源を根とする木を展開して、復旧要素リストを求める。9の全体復旧案作成では、7の電源復旧案作成で作成した電源復旧案の組合せを行う。なお、負荷復旧操作の自由度を高めるため、二重母線に接続される負荷ブロックを、互いに相手側に切換えられるようにした。負荷切換えには、図4に示すように、同一変電所(同図の部分系統2、3間)での負荷切換えと隣接系統(同図の部分系統4、5間)での負荷切換えがある。前者、部分系統2の場合、変電所二次側母線に接続する部分木を部分系統3へ切換える。すなわち、部分木の負荷合計が部分系統1への送電電力増加

量の目標値よりも大きく、かつそれを部分系統3へ切換え可能なら切換えは成功する。切換え不能なら切換え可能な範囲にとどめる。後者、部分系統4の場合は、母線または負荷ブロックを根とした部分木を部分系統5へ切換える。部分系統4内での負荷切換えの詳細は、部分系統5が送電可能な電力の範囲内で、同図に示すように、破線①, ②, ③, …の順序で切換えを行う。

4. 事例ベースを用いた復旧案作成

〈4.1〉事例ベースの概要 一般に、事例ベース形推論で扱う事例の数は膨大であるので、大きな事例ベースの自動生成や効率的なアクセスが肝要である。電力系統においても、保守点検のために一部の設備が停止することによる系統の接続状態の変更や、時々刻々変化する負荷など、系統状態は多様性に富んでいるので、復旧操作に関する事例は膨大な数になることが予想される。しかし、むやみに多くの事例を記憶させておくと、記憶量が増えるばかりでなく、事例の探索に時間がかかり、処理の高速性が損なわれる。そこで、同一部分系統での事故の復旧案のなかから、典型的な事例を事例ベースに記憶させておく。ここで典型的な事例とは、春秋期のピーク時で設備停止のない条件において、専門家が決定する復旧案を意味するものとする。当該事故に対する復旧案を作成する場合は、事例ベースのなかから後述する基準に従って類似の事例を選択し、事例ベースの復旧案に、必要に応じ修正を加えて使用する。

図5(a)に事例ベースを用いた復旧案作成のおおまかな流れを示す。まず、停電領域が同定された時点(図3の2)で、当該事故に最も近い事例を事例ベースから選択する。ここで選択の基準は、後述する復旧案フレームに蓄えられた事故系統、停電領域、事故要素、設備停止要素、停電負荷合計の5個のスロットの値を比較し、等しいスロット値が一番多い事例を選択するものとする。次に、当該事故の停電領域を、事例

図 4 負荷切換え説明図

Fig. 4. Explanation diagram of change-over of load.

図 5 事例ベースによる復旧案作成

Fig. 5. Generation of restoration plan by case-based reasoning.

を参考にして復旧用電源別にグループ分けする。これらの復旧用電源による復旧方針を立てる。その復旧案が適用可能か否かを調べ、不可能な場合は復旧用電源間での負荷分担の調整、更には負荷切換えによる送電電力の増強を行い、事例の復旧案を修正して当該事故に適用する。図 5 (b) は当該事故の停電領域が事例の停電領域を包含する場合の復旧案作成の例である。すなわち、事例では電源 1, 2, 3 により、各々領域 A, C, B が復旧されるのに対し、当該事故では電源 1, 2, 4 により各々領域 A+B, C, D が復旧されている。

この場合、各電源の送電可能電力を考慮して負荷分担を調整し、復旧領域が決定される。必要なら電源の送電可能電力を増強するために、隣接系統での負荷切換えが試みられる。

このように、事例ベース制御部は与えられた事例を基にそれ以外の停電事故に対しても復旧案を生成するための推論能力をもっている。

〈4.2〉事例ベースの詳細 事例ベースはフレーム形式により構築されている。復旧手順に関する事例を表現するためのフレームを事例フレームと呼ぶことにする。事例フレームは、復旧案フレーム、復旧用電源フレーム、電源復旧案フレーム、負荷切換えフレーム

ム、全体復旧案フレームの 5 種類のフレームからなる。

(1) 復旧案フレーム 復旧操作に関する事例を表すための基本的なフレームである。事故情報として、事故系統、事故要素、設備停止要素、停電領域、停電負荷合計などのスロットをもつ。ここで、停電領域は停電した要素のリストである。復旧操作に関する情報としての復旧用電源スロット、全体復旧案スロットは、関連する事例フレームへのポインタをもつ。

(2) 復旧用電源フレーム それぞれの復旧用電源についての情報を表すためのフレームである。電源、送電電力、系統、停電領域との接続要素、負荷切換え案、負荷切換えによる増加電力などのスロットをもつ。負荷切換えにより送電電力が増加しておれば、負荷切換え案スロットに、関連する負荷切換えフレームへのポインタを与え、負荷切換えによる増加電力スロットに電力の増加分が記録される。

(3) 電源復旧案フレーム (2) 項の復旧用電源により復旧可能な停電領域中の要素集合を表す。復旧用電源、復旧要素リスト、電源に直接接続する要素、復旧負荷合計、余裕電力などのスロットをもつ。ここで、復旧用電源スロットには関連する復旧用電源フレームへのポインタが入る。電源に直接接続する要素スロットは、復旧用電源から直接電力の供給を受けることになる要素である。

(4) 負荷切換えフレーム 停電領域に対する復旧用電源の送電電力を増強するための、健全系統での負荷切換え案を表す。切換用電源、電力増強を図る復旧用電源、切換系統、負荷切換えによる送電電力の増加量、切換案、遮断器操作リストなどのスロットをもつ。切換用電源スロットには関連する復旧用電源フレームへのポインタが、切換案スロットには関連する電源復旧案フレームへのポインタが入る。

(5) 全体復旧フレーム 停電領域に対する全体的な復旧案を表すフレームである。電源復旧案、停電領域に対する遮断器操作、負荷切換えによる操作も含んだ全体の遮断器操作などのスロットをもつ。

これらのフレームに対して、あるスロットの値の参照、設定、削除、ある条件を満たすフレームの探索、祖先/子孫フレームの探索を行うためのフレーム操作の述語が定義されている。このほか、if-needed, if-added, if-deleted などのデモンが用意されている。

5 種のフレームからなる事例フレームの一例を図 6 を用いて説明する。(a) 図中の①～⑤は上述の各フレームに対応する。図から明かなように、5 種のフレームをノードとするグラフで構成される。(b) 図はこの

(a) 事例フレームの構成例

(b) システム図

図 6 事例フレーム説明図

Fig. 6. Explanation diagram of case frame.

復旧案をシステム図上で表現したものである。この例では、母線 $b-7$ の事故により破線で囲まれた部分システムが停電領域となり、復旧用電源として、C系の $b-8$ から103MW、D1系の負荷ブロック $b1-40$ から52MWの送電が可能とする。しかし、B系への送電電力が不足するためにD1系からの送電電力の増強を図る。すなわち、 $b1-41$ (45MW)をD2系の $b-25B$ へ負荷切換えすることにより、D1系からB系への送電電力は97MWとなる。従って、復旧案としては(a)図に示すように、C系から $b1-12, 14$ (67MW)、D1系から $b1-13, 15$ (82MW)を復旧することを意味する。

5. 実験ならびに結果の考察

〈5.1〉 実験条件 モデルに選んだ二次系統は10個の部分系統からなり、一つの部分系統内の負荷ブロック数は10以下、一つの部分系統での隣接系統との接続可能な箇所は1～5、一つの負荷ブロック内の負

荷の数は10以下である。事故点は変電所高圧側母線とする。更に、1要素の設備停止中の事故や負荷状態を変化させた場合についても実験を行う。

本システムの復旧案作成に関する部分の規模は、事例ベース制御部が約32kバイト、事例ベースが約28kバイト(事例数10)、復旧案作成部が約45.5kバイト、系統条件などの知識が約19kバイトであり、ワークステーションNEWS/NWS-821上で実験を行う。使用言語は、手続き部分の多いマンマシンインタフェース部、潮流計算部についてはC、その他はすべてk-Prologである。

〈5.2〉 実験と考察

(1) 事例ベース導入の評価 モデル系統において、各変電所高圧母線での永久事故を想定して実験を行う。表1に部分系統の構成、事例を表すための各種フレーム数および処理時間を示す。同表に見るように、各部分系統ごとに一つの事例(復旧案フレーム)が登録されている。いずれも、当該事故と事例の条件

表 1 事例ベースによる復旧案作成実験結果

Table 1. Experimental result of generating restoration plan by case-based reasoning.

ケース		1	2	3	4	5	6	7
停電状況 系統	負荷ブロック数	9	1	1	4	8	2	5
	60 kV 母線	3	1	1	4	3	1	1
	隣接系統との接続点	2	2	1	3	5	2	4
復旧のパターン		1R	1R	1C1R	2R	2C3R	1C1R	2R
フ レ ー ム 数	復旧案フレーム	1	1	1	1	1	1	1
	復旧用電源フレーム	3	2	2	4	5	2	3
	電源復旧案フレーム	1	1	2	2	5	2	2
	負荷切換えフレーム	0	0	1	0	2	1	0
	全体復旧案フレーム	1	1	1	1	1	1	1
合 計		6	5	7	8	14	7	7
処理時間 (s)		3.7	3.2	7.1	6.8	62.5	12.0	6.6

表 2 復旧案作成部による実験結果

Table 2. Experimental result of generating restoration plan by general restoration algorithm.

ケース	(a) 一つの案を作成		(b) 複数案を作成		
	時間(s)	復旧パターン	時間(s)	最良パターン	復旧案数
1	8.4	1R	30.1	1R	27
2	0.7	2R	0.7	1R	2
3	5.0	1C1R	5.0	1C1R	1
4	3.1	3R	19.1	2R	8
5	69.4	2C5R	126.5	2C3R	8
6	8.6	1C1R	8.7	1C1R	5
7	4.1	3R	23.5	2R	19

が完全に等しい場合であり、当然、事例の復旧案がそのまま適用できる。各ケースにより処理時間が異なるのは、系統構成や負荷分布の相違による。

復旧パターンについてみると、ケース 2 と 3 では負荷ブロックや母線数は同数であるが、ケース 3 では負荷切換えが必要なため、処理時間が長くなっている。系統構成が処理時間に及ぼす影響をみると、ケース 3 と 6 では復旧パターンは同じく 1C1R（負荷切換え 1 回、復旧用電源 1 箇所）であるが、停電領域の要素数、負荷切換えを行う要素数が、ケース 6 のほうが多いため、処理時間は長くなる。

表 2 に〈3・1〉節(3)項で述べた復旧案作成部による実験結果を示す。復旧案作成部は同表(b)に示すように、複数の復旧案を網羅的に生成しているが、同表(a)では、一つ目の復旧案が得られた時点で処理を終了させた場合を示している。

復旧案作成プログラムが求めている一つ目の復旧案は必ずしも最良の案ではなく、最良案は複数案のなかから選択する必要があるため、表 1 と表 2 (b) との比較をすべきである。ここで、最良とは復旧パターンが

最も単純なものとする。このような観点に立つと、系統構成が複雑な場合は事例ベースによるほうが速く、その有効性を示している。

ここで、事例ベースによる方法が比較的単純なケースにおいて、処理が遅くなる理由は次のとおりである。復旧案作成部は Prolog インタプリタ上で直接実行されるが、事例ベース制御部は Prolog インタプリタにより動作するフレームシステム上で実行することになる。従って、例えばスロット値の参照において、目的のスロットに値がなければ、親フレームのスロットの参照、デモンなどにより自動的に値を探索することになり、その制御の分だけ処理時間は長くなる。

(2) 設備停止に対する事例ベースの柔軟性 系統条件の変化として変圧器バンクの設備停止を想定した場合に、事例ベースに登録した事例で妥当な復旧案を作成できるか否かについて、次のような実験を行う。

図 7 は系統で設備停止が行われていない状態（標準状態と呼ぶ）において、B 系の変電所高圧側母線事故が生じた場合の復旧案を示している。すなわち、停電領域に対して、C 系から bl-5, 7 を、A 系から bl-6 を、D1 系から bl-8 をそれぞれ復旧する。この場合の復旧パターンは 3R であり、これを事例ベースに登録しておくものとする。なお、B 系以外の部分系統は一部の負荷ブロックを集約して簡略化して図示してある。

(i) 事故系統への送電電力が小さくなる場合

図 7 において、C 系の変圧器バンク容量 665 MW 中の 190 MW が設備停止中に B 系の変電所高圧側母線事故が生じた場合を検討する。C 系から B 系への送電電力は標準状態の 103 MW に対し 42 MW に低下する。負荷ブロック bl-11 を E 系に負荷切換えすることにより、C 系から B 系への送電電力を 68 MW に増強する。以下は標準状態と同様に扱えるので、復旧パターンは 1C3R となる。

(ii) 停電領域が拡大する場合 図 7 において、A 系の変圧器バンク 95 MW が設備停止時に B 系の変電所高圧側母線事故が生じた場合を検討する。この場合は A, B 両系が停電となり、復旧用電源は C, D1 系に限られる。C 系からの送電電力は途中の送電線の容量制限を受けているので、D1 系の負荷ブロック bl-13 を D2 系へ負荷切換えして B 系への融通電力を 52 MW から 97 MW に増強する。C 系から bl-5, 7 (67 MW) を、D1 系から bl-1, 2, 3, 4, 6, 8 (92 MW) を復旧する。この場合の復旧パターンは 1C2R となる。

図 7 復旧案に及ぼす設備停止の影響

Fig. 7. Effect of equipment suspension on restoration plan.

表 3 設備停止による系統状況の変化に対する復旧案作成の処理時間

Table 3. Effect of equipment suspension on generating restoration plan.

ケース 方法	標準状態		(i)のケース		(ii)のケース	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
事例ベース	3R	8.2	1C3R	24.8	1C3R	30.3
復旧案作成部	2R	19.1	1C2R	38.2	3R	2,318.2

注) (a): 復旧パターン, (b): 処理時間 (s)

以上の実験結果をまとめると表3のようになる。同表では、復旧案作成部を用いて求めた場合も併記してある。事例ベースによる場合、標準状態に比べると両ケースとも処理時間は多少長くなるが、復旧案作成部による場合よりもかなり速いことがわかる。復旧パターンについてみると、全体的に復旧案作成プログラムによるほうがやや単純なパターンを生成している。これは、復旧案を網羅的に生成しているためである。従って、事例形推論により最も単純な復旧パターンを得ようとするならば、ケース(ii)に対する事例を登録するか、または事例ベース制御部の柔軟性、いい換えれば、推論能力を更に高める必要がある。なお、事例ベースのもつ推論能力により、どの程度の系統条件の変化に追従して妥当な解が得られるかについて、一般的に判断することは困難である。ここで、妥当な解とは、〈2・1〉節で述べた復旧操作の方針に基づいて判断するものとする。

(3) 負荷状態の変化に対する事例ベースの柔軟性

電力系統の負荷状態は、季節、日、時間帯などにより大きく変動する。ここでは、負荷の標準状態として春秋の季節を選んでいるが、これに対して各負荷ブロックの負荷の値を一律に 30% 減と 15% 増にして実験を行う。

表 4 負荷状態の変化に対する事例ベースによる復旧案作成

Table 4. Effect of load condition on generating restoration plan by case-based reasoning.

ケース	(a)標準			(b)30% 減			(c)15% 増		
	復 パターン	旧 パターン	時間 (s)	復 パターン	旧 パターン	時間 (s)	復 パターン	旧 パターン	時間 (s)
1	1R		3.7	1R		3.7	1R		3.7
2	1R		3.2	1R		3.1	1R		3.2
3	1C1R		7.1	1R		3.1	1C1R		7.1
4	3R		8.2	3R		8.2	1C3R		26.8
5	2C3R		62.5	3R		12.7	部分復旧		—
6	1C1R		12.0	1R		3.5	部分復旧		—
7	2R		6.6	2R		6.2	部分復旧		—

表4に事例ベースによる復旧案作成の処理結果を示す。標準状態の復旧パターンは事例と同じである。同表によれば、負荷 30% 減の場合、負荷切換えが不要になり、処理時間も短縮されている。負荷 15% 増においては、標準状態と同一の復旧パターンのほか、負荷切換えが必要になったり、更には隣接系統からの送電電力が不足するため、部分復旧になる場合のあることを示している。

〈5・3〉事例ベース構築についての考察

事例ベースに登録する事例の選択基準について考えてみる。それは、〈2・1〉節で述べた復旧操作の方針に基づき、専門家の判断や経験、更には復旧案作成部で生成された最良の復旧パターンなどを参考にして、選択することになる。今回登録された事例の数は比較的少ないので、予想どおりの事例が選択できた。事例の数が多くなった場合でも前述の判断基準により比較的容易に最適な事例が得られると思われるが、多くの事例研究の結果に基づき選択基準を改良する必要がある。なお、最適でない事例を選択した場合は、処理時間が延

びたり、解が得られないことが予想される。登録すべき事例の数は、今後更に検討を要するが、事例の選定基準からみて、各部分系統ごとにたかだか数ケースではなからうか。

事例ベースを設計するにあたり、系統条件の変化への柔軟性を高めることにより、登録する事例を少なくする方針をとり、妥当と思われる復旧案を得ることができた。今後、事例ベース制御部に付与すべき機能、事例ベース全体の構築法、更に一般的な復旧論理に基づく復旧案作成部との協調という観点からも、更に検討の余地があろう。

6. む す び

事例ベースを用いた二次系統における事故時復旧支援システムを作成した。事例ベースに専門家の経験や過去に得た最良に近い復旧案を登録しておくことにより、実用性、信頼性の高い復旧案を迅速に生成できることを明らかにした。そして、一般的な復旧論理を組み込んだ復旧案作成部による方法と事例ベースによる方法とを比較した場合、系統条件が複雑なほど、後者のほうが処理時間は短く優れている。また、事例ベース制御部の推論能力を高め、類似のケースに対応可能とすることにより、事例を比較的少数登録する今回の方

法が有効なことを確認した。

今後の課題としては、更に事例調査を通じて事例に付与すべき機能、事例ベースの構築法、一般的な復旧論理に基づく復旧案作成部との協調という観点から、更に検討を行いたい。

本研究を進めるにあたり、熱心かつ積極的に協力された本学卒研究生 中川和三、加藤孝治、亀谷光代の諸君に厚くお礼申し上げます。

(昭和 63 年 2 月 28 日受付, 同 63 年 6 月 30 日再受付)

文 献

- (1) 奥田・渡辺・王・山崎・馬場:「二次系統における事故時復旧操作への知識工学の応用」, 電学論B, 107, 509 (昭 62-10)
- (2) 西田:「米国における人工知能研究の近況」, 京大工学部情報工学教室第 109 回情報工学研究談話会 (昭 62)
- (3) W. G. Lehnert: "Case-Based Problem Solving with a Large Knowledge Base of Learned Cases", AAAI-87 (1987)
- (4) K. D. Ashley, E. L. Rissland: "Compare and Contrast, A Test of Expertise", *ibid.* (1987)
- (5) A. Ram: "AQUA: Asking Questions and Understanding Answers", *ibid.* (1987)
- (6) 奥田・渡辺・山崎・馬場:「事例ベースを用いた二次系統の事故時復旧支援システム」, 昭 63 電気学会全大, No. 1009
- (7) 渡辺・奥田・山崎・馬場:「事例ベース型推論を用いた電力系統事故時復旧支援システム」, 昭 63 情報処理学会第 36 回全大, 7Q-6