

スケジューリング型エキスパートシステム における深い知識

足立和朗¹ 山口高平² 溝口理一郎² 倉岡幸男³ 山本福夫³ 西森壽郎⁴ 野村康雄¹ 角所収²

¹関西大学工学部 ²大阪大学産業科学研究所 ³関西計器工業㈱ ⁴関西電力㈱

筆者らはタスクを直接処理する知識を浅い知識、その浅い知識を生成することのできる基本的知識を深い知識と捉え、深い知識から浅い知識を生成する機構について、機械の故障診断を対象にして考察してきた。本稿では、要求仕様から制約条件を満たす最適な解を求めることがタスクとなるスケジューリングにおける深い推論機構を、電力システムの維持のために行われる作業停電のスケジューリングを対象にして考察し、「生成と検査」の枠組みが、3種類の浅い知識に対して適用可能であることを示すと共に、試作システムによりそのアプローチの有用性を示す。

A FRAMEWORK FOR SCHEDULING EXPERT SYSTEMS BASED ON DEEP KNOWLEDGE

Kazuo ADACHI¹ Takahira YAMAGUCHI² Riichiro MIZOGUCHI² Yukio KURAOKA³ Fukuo Yamamoto³
Toshiro NISHIMORI⁴ Yasuo NOMURA¹ Osamu KAKUSHO²

¹Faculty of Engineering, Kansai Univ.

3-3-35, Yamate-cho, Suita-shi, Osaka, 564, Japan

²ISIR, Osaka Univ.

8-1, Mihogaoka, Ibaraki-shi, Osaka, 567, Japan

³Kansai Instrument Industrial Corp.

1-6-110, Oyodokita, Oyodo-ku, Osaka-shi, 531, Japan

⁴Kansai Electric Power Corp.

3-11-20, Wakaoji, Amagasaki-shi, Hyogo, 661, Japan

We have developed a shallow knowledge generation mechanism from deep knowledge in the task of troubleshooting. Here is discussed the mechanism for scheduling, especially maintenance-scheduling of electric power systems. A pilot system shows that "Generation and Test" is very effective for generating three kinds of shallow knowledge in the domain.

1. はじめに

筆者らはタスクを直接処理する知識を浅い知識、その浅い知識を生成することのできる基本的知識を深い知識と捉え、深い知識から浅い知識を生成する機構について、機械の故障診断を対象にして考察してきた。

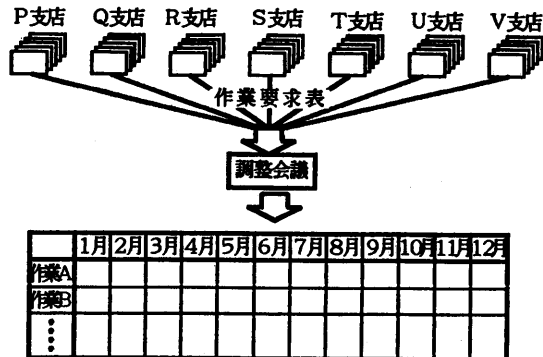
[1]. 本稿では、要求仕様から制約条件を満たす最適解を求めることがタスクとなるスケジューリングにおける深い推論機構を、電力系統の維持のために行われる作業停電のスケジューリングを対象にして考察し、「生成と検査」の枠組みが、各種の浅い知識に対して適用可能であることを示すと共に、試作システムによりそのアプローチの有用性を示す。

2. 作業停電計画における浅い知識と深い知識

本節では、作業停電計画について概説すると共に本タスクの浅い知識と深い知識について整理する。

2.1 作業停電計画

電力系統は非常に複雑なネットワークであるため、電力会社では、電力系統をいくつかの管轄に分割・管理している。各管轄においては、系統の管理上、設備の点検・補修・改良といった作業を行う必要があり、作業員の安全性の点から各設備を停止させて行っている。この設備の停止状態を作業停電と呼ぶが、この作業停電を各管轄が独立に行くと系統全体の信頼度が低下するため、これらを計画的に行うことにより信頼性の低下を最小限にしなければならない。このため電力会社では、作業日程、作業区間、作業内容等が記入された作業要求表を各管轄において作成して作業停電計画調整会議に提出する。この会議では、各管轄で作成した作業要求表を基に、各管轄の担当者が、電力系統全体の系統信頼度の低下を防止し、かつ作業を円滑に行うことができるよう作業要求表の調整を行っている。以下、年間作業停電計画を対象として考察する。(図1)



年間作業停電計画案

図1. 作業停電計画調整会議

2.2 作業停電計画の浅い知識と深い知識

筆者らは、過去の年間作業停電計画調整会議の結果を題材にして、専門家に様々な質問を行い、専門知識を整理してきた。調整会議で用いられている知識(浅

い知識)は、電力系統モデル(構造及び機能)を具象レベルで捉えているものが多い。今までに整理した浅い知識(ルール)は、以下のように4つのカテゴリーに分けられる。

A. 系統切り替えルール

過負荷の起こった設備に対し、系統状態を切り替えて過負荷回避を行うルール

```

IF A線が過負荷
THEN B変電所においてC系統の負荷を切り替える。
IF D線が過負荷
THEN F発電所からG系統に対する送電量を増加させ、H発電所からI系統に対する送電量を減少させる
    
```

B. 作業同時禁止ルール

同時に施行させることによって、系統信頼度を基準レベル以下に低下させる作業ペアを禁止するルール

```

IF J線とK線の作業
THEN 同時に行わない
IF L変電所の甲母線の作業とM線の作業
THEN 同時に行わない
IF N変電所の乙母線と変圧器(1Trb)の作業停電
THEN 同時に行わない
    
```

C. 協調ルール

同一設備の停電時間や停電回数を減少させて、系統信頼度を高めるために、複数個の作業を協調させて同時に行うルール

```

IF O線の作業とP発電所の作業
Then 協調させる
IF Q線の作業(500kV線)とR線(275kV線)の作業
Then 協調させる
    
```

D. 日程変更ルール

B, Cのルールが適用された作業の日程を変更させるルール

```

IF 作業P
THEN ○月○日から変更する
    
```

A～Cまでのルールは、ある時間点においてのみ適用されるため、時間の概念が入らない知識である。一方、Dのルールは、各時間点での制約条件及び、時間間隔をチェックしながら、変更しなければならないため時間の概念が入った知識である。さらに各ルールの正当性を専門家に質問しながら各ルールの深い知識を

整理したところ、表1のように整理された。

表1. 各ルールの深い知識

	浅い知識 (ルール)	深い知識
A	系統切り替えルール	電力方程式 電力系統モデル
B	同時禁止ルール	系統信頼度
C	協調ルール	電力系統モデル 作業認識知識
D	日程変更ルール	系統信頼度

これらの深い知識以外に経済性或気象条件も考えられたが、以下においては、表1の深い知識から、これら4種類の浅い知識(ルール)の生成機構について検討する。

3. 深い推論機構の枠組み

本タスクで用いられている知識の条件部及び結論部は表2のようになる。

このようにスケジューリングで用いられている知識は診断のようにIF異常徴候 THEN 故障原因のような単一パターンではなく、多くのパターンが存在して

いる。従って各ルールのパターンに応じた生成法を考えなければならないが、条件部はすべて比較の設定が容易であるため、すべてのルールは、図2に示す「生成と検査」法の枠組みの中で生成可能である[2]。以下各ルールの生成法について述べる。

表2. 各ルールのパターン

ルール	条件部の内容	結論部の内容
A	系統異常状態	過負荷解消法
B	作業ベア	同時禁止
C	作業ベア	協調
D	作業	日程変更

Aの系統切り替えルールは好ましくない状況をどのように回避させるかを言及したルールであるため、過負荷状態を条件部にセットし、その回避方法として何を行えばよいかを推論し、制約条件を生成する。そして電力系統のモデルの知識を用いて、検査することにより結論部が決定される。これは文献[1]の異常状態がなぜ発生したかを推論し、故障診断ルールを生成する機構と同様に処理できる。その機構を図3に示し、検査過程の詳細を図4に示す。

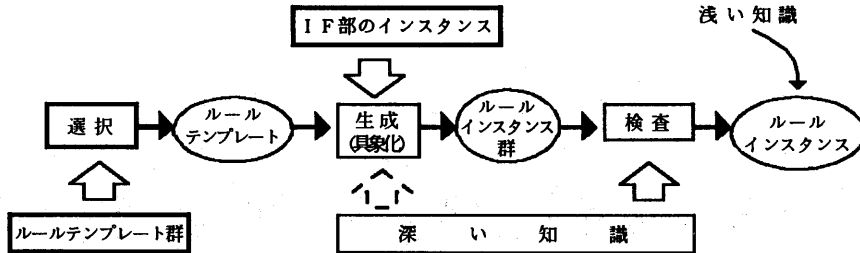


図2. 知識生成機構の枠組み

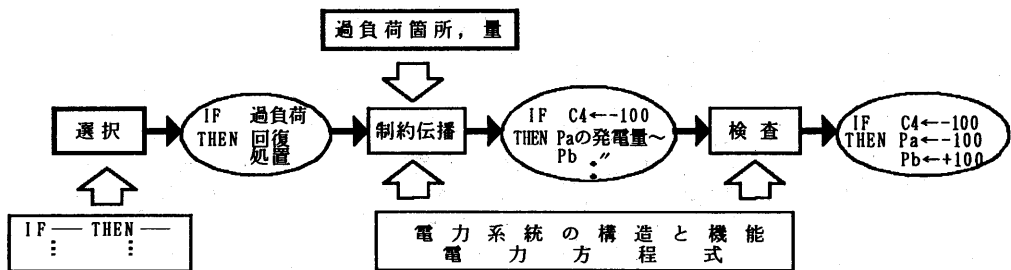


図3. 系統切り替えルール生成における枠組み

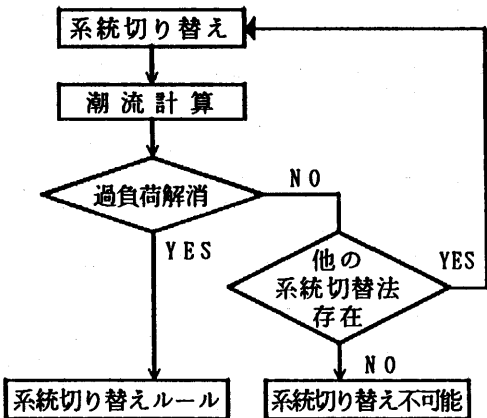


図4. 系統切り替えルール生成における検査の詳細図

Bの同時禁止ルールは対象となる作業ペアを同時に行ってよいかを判断する知識である。この生成法は、盲目的に作業ペアを条件部として生成し、その作業ペアが系統信頼度等の評価基準を用いて検査される。この知識生成における結論部の探索空間は非常に小さく（二者択一）、その作業ペアの妥当性を検査する機構が浅い知識の生成において重要な役割を担っている。その知識生成機構を図5に示し、その検査過程の詳細を図6に示す。

Cの協調ルールは、系統信頼度向上のために、複数の作業を協調させるルールである。このルール生成は、ある制限の下で作業ペアを生成し、それらの作業を独立に行った場合の系統信頼度と協調させた場合の系統信頼度を生成し、比較することによって、その作業ペアを協調させるかどうかを判断してルールを生成する。その知識生成機構を図7に示し、その生成と検査過程の詳細を図8に示す。

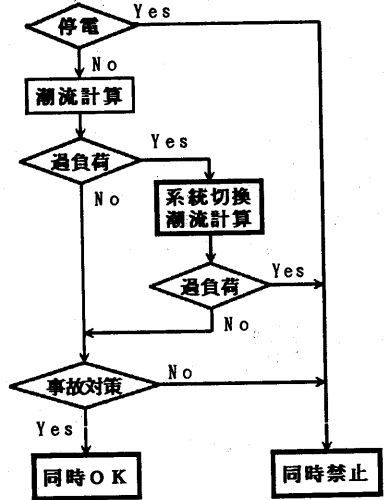


図6. 同時禁止ルール生成における検査の詳細図

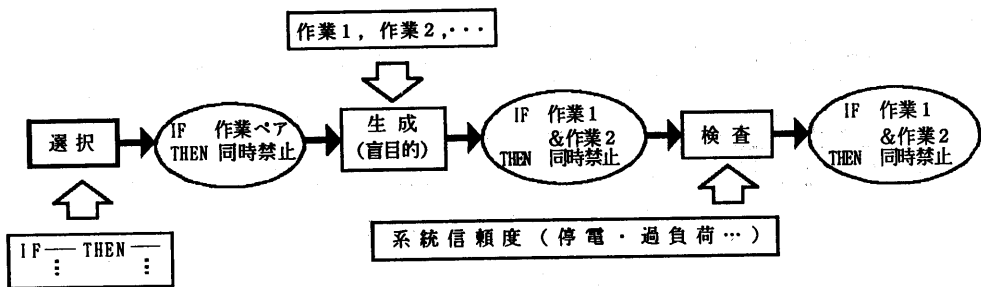


図5. 同時禁止ルール生成における枠組み

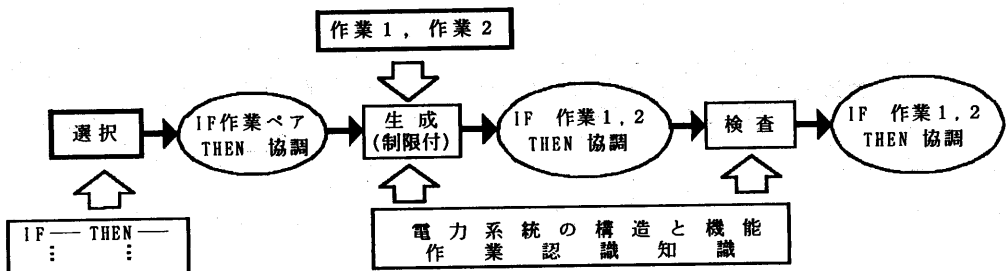


図7. 協調ルール生成における枠組み

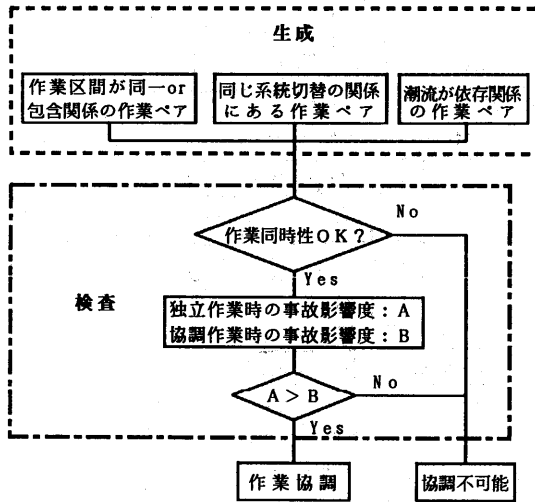


図8. 協調ルール生成における生成と検査の詳細図

Dの日程変更ルールは、協調ルール、及び同時禁止ルールで日程変更の対象となった作業ペアをどの日程に移動すればよいかを決定するルールである。このルールは、「変更される日程は、できるだけ近い日程に移動する」などの作業要求の都合、及び変更された日程において系統信頼度が充足されるかどうかを判断する必要がある。現在、前者に関連した知識の整理が不十分であり、以下の具体的な考察は行わない

4. ルールの自動生成例

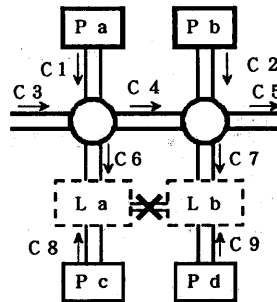
本節では、系統切り替えルール、同時禁止ルールと協調ルールの自動生成機構について検討する。

4.1 系統切り替えルールの生成

系統切り替えルールの自動生成は、潮流計算の結果、過負荷となっている送電線の電力潮流を正常になるまで下げることを見つめるために、その送電線を含むある範囲の系統モデルに基づいて電力方程式を立て、その送電線の電力の下げ幅を初期値として制約条件を伝播してゆき、正常な電力量にするために必要な行為をすべて推論する。例えば、図9において潮流計算の結果、C04の潮流が100MW過負荷であり、C04を100MWを下げることを初期値とすると、図10の電力方程式上でその値が図11のように伝播されていく。図11の推論木では、ある範囲を持ったパラメータ(制約条件)が伝播されており、C04(-100)を達成するためには、C01, C03, C06がカッコ内の値をそれぞれ満たさな

ければならない。以下順次制約条件が伝播されていくが、生成された各ノードの電力量は最大電力量以上に変化させることができないため、各ノードで条件式が生成される。しかしながら、電力量を実際に変えられるノードは、発電所および変電所(負荷の切り替え)に相当するノードであるため、表3のようなルール群が生成される。表3は、一見浅い知識のようであるが、結論部は具象レベルの記述ではなく、候補となる範囲を与えたにすぎない。従って、発電所および変電所の持つ制約条件より、各パラメータを最適にして具象レベルのルールにしぼりこむ必要がある。今、表3の各パラメータに発電所と変電所の制約条件を用いて下記のよう値を限定したとすると

- (A. 全ての変数が0)
 - (B. C7=-100, Lb=-100, La=+100, その他は0)
- 表4のような具象レベルのルールが生成される。



- ① C1+C3-C4-C6=0
- ② C2+C4-C5-C7=0
- ③ C6+C8-La=0
- ④ C7+C9-Lb=0
- ⑤ La+Lb=const
- ⑥ C1-Pa=0
- ⑦ C2-Pb=0
- ⑧ C8-Pc=0
- ⑨ C9-Pd=0

図9. 電力システムモデル

図10. 電力方程式

表3. 生成されたルール

IF C04の電力を100[MW]減少させる
 THEN Paの発電量をPanow+(C6-C3-100) ≤ Pamax[MW]
 Pbの発電量をPbnow+(C5+C7+100) ≤ Pbmax[MW]
 Pcの発電量をPcnow+(La-C6) ≤ Pcmx [MW]
 Pdの発電量をPdnow+(Lb-C7) ≤ Pdmx [MW]
 Laの負荷をLanow+(-C7-C9) ≤ Lamax [MW]
 Lbの負荷をLbnow+(C7+C9) ≤ Lbmax [MW]
 に変化させる

表4. 値が定められたルール

A. IF C4の電力を100MW減少させる
 THEN Paの発電量を100MW減少させ、
 かつPbの発電量を100MW増加させる

B. IF C4の電力を100MW減少させる
 THEN Paの発電量を100MW減少させ、
 Laの負荷を100MW増加し、Lbの負荷を
 100MW減少するよう系統を切り替え、
 Pcの発電量を100MW増加させる

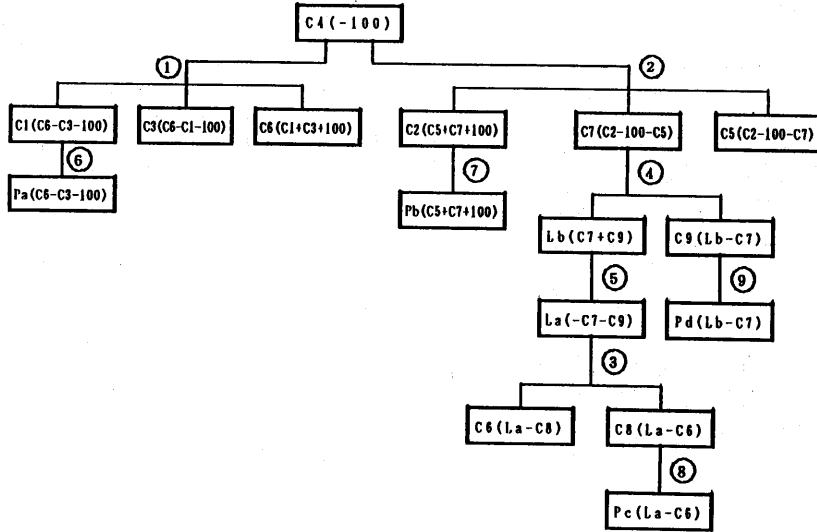


図 1.1. C4 が過負荷となった際の推論木

4. 2 同時禁止ルールの生成

変電所内の2つの設備を同時に作業することを考え、その作業ペアを条件部とする。今、X変電所を考えその構造を図12とし、乙母線と1Trbを同時に作業停電する設備と考え、乙母線の作業のためにCB02, 05, 08, 10が開かれ、1Trbの作業のためにCB04, 05が開かれる。この状態を図6の3つの基準に照らし合わせて検査していく。まず、これら2つの作業が行われることにより、意図していなかった停電が起こるかを検査する。例えば、乙母線とA線2Lが同時に停電すれば、1Trbが意図しなかった停電として起こり、この検査に引っかかるが、この場合はそのような停電は起こらない。また、過負荷については、潮流計算の結果過負荷となる設備がなかったと想定する。最後に事故対策については、B線1Lの事故を仮定するとCB06, 07が開き、2Trbを通じて下位系統に送電している唯一のラインが切れ、下位系統に電力が送電できなくなる。作業を行っている間も、単一の事故に対して電力システムを維持できる程度の信頼性は必要であるので、乙母線と変圧器1Trbの作業ペアは同時禁止となる。このようにして、ルール②が生成される。

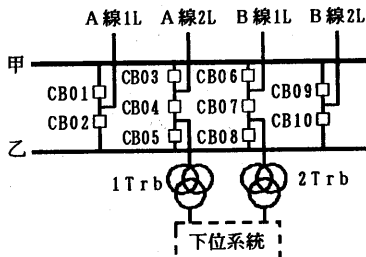


図 1.2. X 変電所の構造

4. 3 協調ルール

協調ルールは、停電時間や停電回数を減少させて系統信頼度を高めるために、同一／包含／依存関係にある複数個の作業を協調させるルールである。このルール生成には、系統の構造より同一／包含／依存関係にある作業ペアを取り上げ、その作業を独立に行ったケースの系統信頼度と同時にを行ったケースの系統信頼度を比較することにより信頼度の高いケースを選択することが必要である。今、200MWの出力量を持つ発電所の発電機の作業とその発電所に直接つながっている容量200MWの送電線の作業の組合せを考える。

ケース①：作業を独立に行った場合（図13(a)）

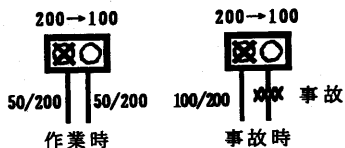
発電機の作業により、発電所の総発電量は200MWから100MWに減少し、発電所に直接つながっている送電線は、100MWの電力を2回線で送電する状態となる。今、送電線の1回線事故を想定すると、送電線は現在の送電量（100MW）を1回線で送電しなければならないが、容量が200MWであるため可能である。一方、送電線の作業の場合は、1回線で200MWの電力（最大許容電力量）を送電する状態となる。この状態で、送電線の残り1回線の事故を想定すると、発電所の総発電量200MWが事故により系統に送電できなくなり、電力システム全体で200MWの電力が減少する。従って、この作業時期の電力供給余裕量をP1とすると（ $P1 - 200$ ）MWが新しい電力余裕量となる。

ケース②：送電線の作業と発電機の作業を協調させる場合（図13(b)）

発電所の作業を行うため、発電所の総発電量が200MWから100MWに減少し、また、送電線の作業

を行うため、残りの一回線で100MWを送電する状態となる。このとき、送電線の残り一方の送電線の事故を想定すると、発電所の総発電量100MWが事故により、電力系統に送電できなくなり、系統全体として100MWの電力量が減少する。従って、この作業時期の電力供給余裕量をP2とすると、(P2-100)MWが新しい電力供給余裕量となる。従って、以上の2つのケースの電力供給余裕量(P1-200)MWと(P2-100)MWを比較して値が大きいケースを選択し、ケース②が大きければ協調ルールが生成されることになる。

発電所みの作業



送電線のみの作業



図13(a). 独立に作業を行ったケース

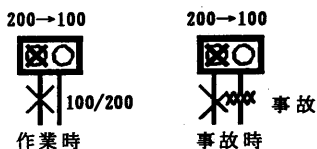


図13(b). 同時に作業を行ったケース

生成されたルール

IF A 発電所の発電機の作業とB線の作業
THEN 協調させる

5. 試作システム

本節では、AIツールARTを用いて同時禁止ルールと系統切り替えルールの生成機構を実現したので、その概要を述べる。

5.1 電力システムモデル

実際の電力システムは非常に大規模であるため、本システムでは、電圧階級の最も高い500kV系統の主要設備を中心にモデル化したものを対象とした。図14にその電力システムモデルが示されており、このモデルに含まれる発電所、変電所、開閉所、線路は以下の属性を持つスキーマで定義される。

発電所

- 種別(原子力, 火力等)
- 発電優先度
- 構造
- 最大発電電力
- 遮断器のonoff

変電所

- 構造
- 設備の最大許容電力量
- 負荷の使用電力量
- 接続関係
- ノード・ブランチ番号
- 遮断器のonoff

開閉所

- 構造
- ノード・ブランチ番号
- 遮断器のonoff

線路

- 電圧階級
- 接続関係
- 最大許容送電電力
- ノード・ブランチ番号

負荷

- 構造
- 最大使用電力量

以上のスキーマで定義された総インスタンスを表5に示す。

表5 対象モデルのインスタンス数

設備の略記号	設備名	数
C01~C17線	500kV系統線	17
C21, C22線	275kV系統線	2
C51~C67線	154kV系統線	17
PaP/S~PmP/S PxP/S, PyP/S	発電所	15
A~ES/S, G~JS/S	変電所	9
F SW/S	開閉所	1
L01~L16	負荷	16

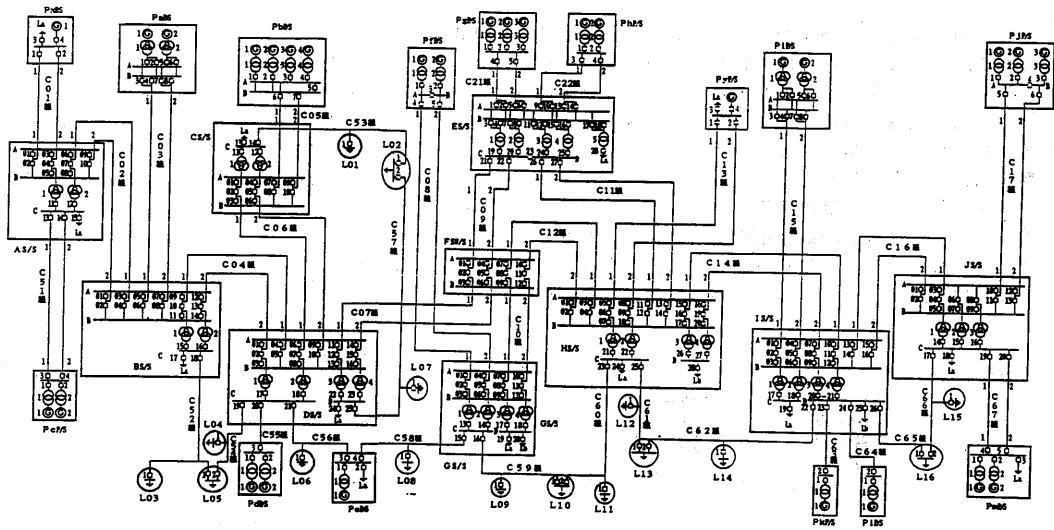


図14. 電力システムモデル

5. 2 システムの概観

図15は試作システムの概観（ゼネラルフロー）である。本試作システムでは同時禁止ルールの生成過程に系統切り替えルールが用いられており、同時禁止ルールと系統切り替えルールが同時に生成される。

① 作業生成

電力システムモデルに含まれる各設備（送電線、変圧器、母線）の作業を生成する。簡略化のため生成する作業の属性は作業箇所と作業区間のみである。

② 作業ペアの生成

①で生成された作業より作業ペアを盲目的に生成する。（以下、C04線1Lの作業とC06線1Lの作業のペアの同時禁止について調べる。）

③ 設備の停止

作業を行う設備を停止するため、設備に直接接続している遮断器を切る。

④ 停電チェック

変電所内の作業の組合せで予期せぬ停電が起こる場合があるため、このフェーズでは、その予期せぬ停電をチェックする。この作業ペアでは、そのような停電は起こらない。

⑤ 潮流計算

2つの作業が行われると仮定して、電力システムが過負荷になるかどうかをチェックするために計算する。潮流計算はFortranで行うため、ARTから作業の組合せをファイルに書き込み、そのファイルをもとに潮流計算を行う。（図16は、図15を潮流計算用に単純化したシステム上でこの作業ペアを同時に行った

ときの潮流値である）

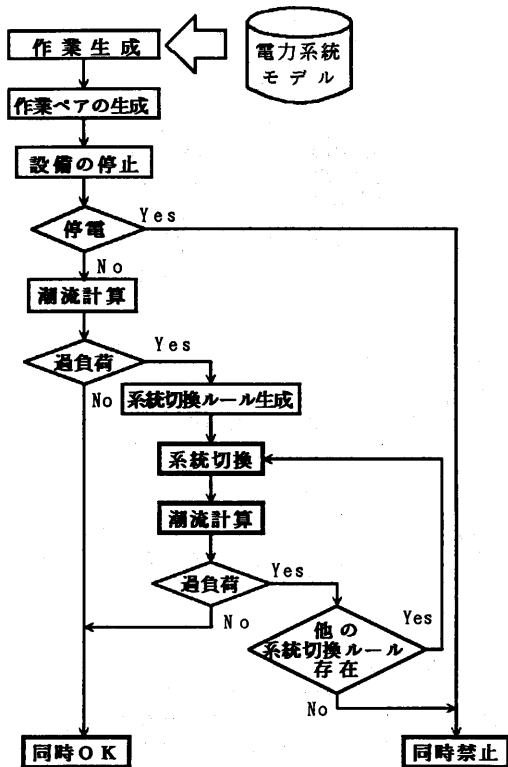


図15. 試作システムのゼネラルフロー

⑥ 過負荷チェック

潮流計算の結果，系統の各設備の最大許容電力量を越えていないかをチェックする。（図16においては，数値の右にアスタリスクのあるNO47のC06線が過負荷箇所である。）

⑦ 制約伝播

過負荷となった設備のランチ番号と過負荷量より，その過負荷を解消するための行為を生成する。

⑦. ① 初期値設定

過負荷の設備のランチ番号と過負荷量を入力し，過負荷解消となる電力の下げ幅をゴールとして設定する。

BNO=	31	C11	12	L	-122	140	
BNO=	32	C01	12	L	60	140	
BNO=	33	C22	12	L	100	140	
BNO=	34	CS/S	1234	L	140	240	
BNO=	35	CS4-1	1	L	30	30	
BNO=	36	CS5-2	1	L	0	0	
BNO=	37	CS6	1	L	-40	60	
BNO=	38	CS6	1	L	-80	90	
BNO=	39	CS3	1	L	75	80	
BNO=	40	C07	12	L	-65	200	
BNO=	41	C05	12	L	140	200	
BNO=	42	CS7/S	12	T	65	60	
BNO=	43	CS3-1	1	L	15	30	
BNO=	44	CS3-2	1	L	0	0	
BNO=	45	CS7-1	1	L	-15	45	
BNO=	46	CS7-2	1	L	-30	45	
BNO=	47	C06	2	L	115	100	*
BNO=	48	CS2/S2	12	T	-60	90	
BNO=	49	CS2/S1	12	T	35	120	
BNO=	50	CS4-1	1	L	30	90	
BNO=	51	CS4-2	1	L	0	0	
BNO=	52	CS2-1	1	L	-30	60	
BNO=	53	CS2-2	1	L	-60	60	
BNO=	54	CS/S	12	T	-85	100	
BNO=	55	C04	2	L	-45	100	
BNO=	56	CS3	1	L	30	120	
BNO=	57	C02	2	L	-100	100	
BNO=	58	C01	2	L	-40	80	
BNO=	59	AS/S	12	T	-60	100	
BNO=	60	CS1	12	L	90	100	

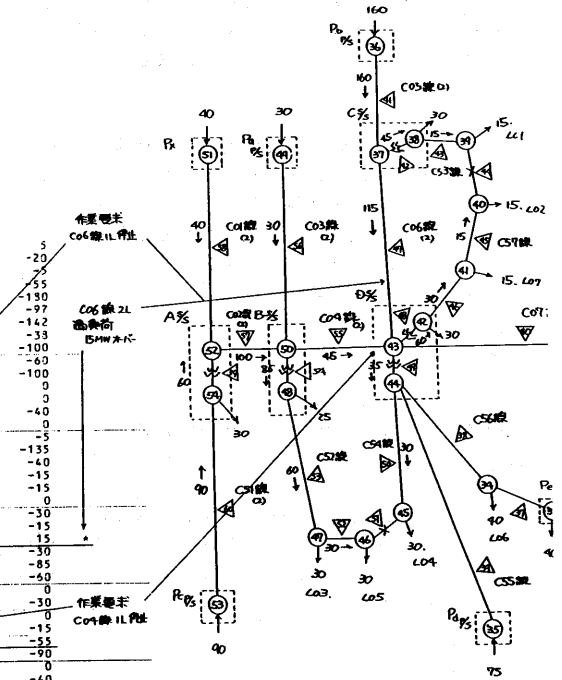


図16. 作業時の潮流状態

⑦. ② 制約伝播

電力方程式上に制約条件を伝播してゆき，正常な電力量にするために必要な行為をすべて推論する。生成された制約条件は，各ランチの変数として持つ。

⑦. ③ 制約条件

各ランチの制約伝播結果のうち，操作可能な発電所の発電量と負荷の切り替えに着目し，現在の潮流値と最大許容電力量を参照することにより，制約条件を生成する。（図17は，図16の潮流計算によって過負荷であったC06線2Lの過負荷（15MW）の解消法について生成された条件式である。）

⑦. ④ 具象ルールの生成

生成された制約条件を，最大許容電力量，最大発電電力等を参照することにより具象化する。（図17の制約条件式に図18の上部の値を代入することにより，図18のような系統切り替えルールが生成される。）

⑧ 潮流計算

系統切り替えルール生成における制約伝播は，ローカルな領域で行っており，生成された過負荷解消法はグローバルな領域からみて成立することを確かめる必要がある。すなわち，このルールで生成された発電所の出力変化，負荷切り替えを行った後，系統全体の潮流状態を再び計算する。（図19は，図18の系統切り替えルールを適用さ

COMMAND WINDOW

```

=> run

Constraint for PB Power Station
160 + N042 - 15 ≤ 200

Constraint for PR Power Station
30 + N057 - N055 - N054 ≤ 80

Constraint for PD Power Station
75 + N050 - N049 - N038 ≤ 75

Constraint for PF Power Station
180 + N027 + N028 ≤ 180

Constraint for PH Power Station
100 + N034 - N032 ≤ 100

Constraint for PG Power Station
60 + N034 - N033 ≤ 90

Constraint for PE Power Station
-40 + N038 ≤ 30

Break at rule:GUSYQU1.

=> █
    
```

[Tue 14 Jun 11:54:07] Sweetpie Adachi ACU:

図17. 生成された制約条件式

せた後の潮流計算結果である。図16で発生したC06線の2Lの過負荷は図19では、解消されており本作業ペアは、同時OKとなる。)

⑨ 過負荷チェック

潮流計算の結果、系統の各設備に過負荷が起っていないかをチェックする。しかしながら、もし他の設備に過負荷が生じている場合は⑦で生成された他の系統切り替えルールを適用することにより、元の過負荷の解消方法を図る。そして最終的に過負荷が解消されなければ、②で生成された作業ペアは同時禁止と見なされて、ルール化される。

5.3 システムの評価

本対象モデルは、500KV系統だけに着目すれば実規模に近いものであり、図18の系統切り替えルールを生成するための所要時間は数秒である。また、図18で各発電所の出力変化量を仮定して系統切り替えルールを生成したが、この点を除けば、この生成された系統切り替えルールの内容は妥当なものであることを専門家に確認している。

6. おわりに

本稿では電力系統の作業停電を例にとり、スケジューリングにおける深い推論機構について検討した。深い推論機構は、基本的には「生成&検査」法で構築でき、系統切り替えルール生成機構のように結論部の生成に重点がおかれた生成機構と、同時禁止ルール・協調ルールの生成機構のように結論部の検査に重点がおかれた生成機構があることが判明した。また、Symbolics 3620上でARTにより構築した試作システムにより作業停電計画の深い知識である系統信頼度と電力系統の構造/機能の利用はまだ不完全であるものの、3節の深い推論の枠組みが有効であることは確認できた。今後、系統信頼度を中心に深い知識をさらに明確化していく予定である。

3NO=	41	C05	12	L	145	200	-55
3NO=	42	CS/S	12	T	45	60	-15
3NO=	43	C53-1	1	L	15	30	-15
3NO=	44	C53-2	1	L	0	0	0
3NO=	45	C57-1	1	L	-15	45	-30
3NO=	46	C57-2	1	L	-30	45	-15
3NO=	47	C06	2	L	100	100	0
3NO=	48	9S/S2	12	T	-60	90	-30
3NO=	49	9S/S1	12	T	35	120	-85
3NO=	50	C54-1	1	L	30	90	-60
3NO=	51	C54-2	1	L	0	0	0
3NO=	52	C52-1	1	L	-30	60	-30
3NO=	53	C52-2	1	L	-60	60	0
3NO=	54	9S/S	12	T	-85	100	-15
3NO=	55	C04	2	L	-60	100	-40
3NO=	56	C03	12	L	65	120	-75
3NO=	57	C02	2	L	-100	100	0
3NO=	58	C01	2	L	40	80	-40
3NO=	59	AS/S	12	T	-60	100	-40
3NO=	50	C51	12	L	90	100	-10

図19. 過負荷対策後の潮流計算結果

参考文献

[1] 山口, 溝口, 田岡, 小高, 野村, 角所: “深い知識に基づく知識コンパイラの基本設計” 人工知能学会誌, Vol. 2, No. 3(1987)
 [2] 山口, 溝口, 角所: “エキスパートシステムにおける深い推論の統一の枠組み” 人工知能学会研究会資

COMMAND WINDOW

=> run

```
Differential Power for PF Power Station : 0 MW
Differential Power for PD Power Station : 0 MW
Differential Power for PR Power Station : 15 MW
Differential Power for PG Power Station : 0 MW
Differential Power for PH Power Station : 0 MW
Differential Power for PB Power Station : -15 MW
Differential Power for PE Power Station : 0 MW
```

Rule Generated

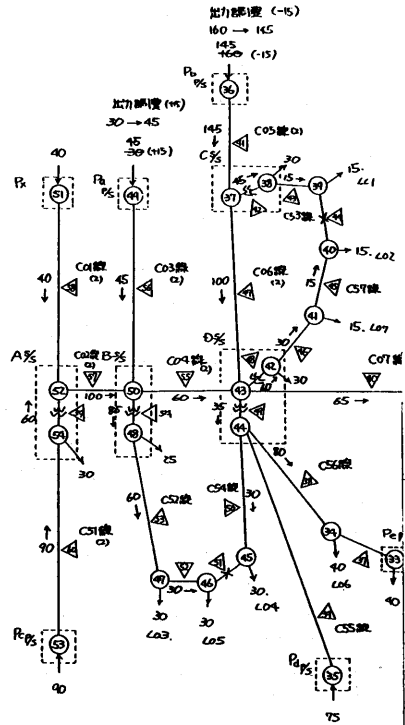
```
IF Lowering NO47 by 15MW is required
THEN Rise PR Power Station by 15MW
     Lower PB Power Station by 15MW
```

No applicable rules.

=>
=> ■

[Tue 14 Jun 11:54:40] Sweetpie Adachi ACU:

図18. 生成されたルール



料, SIG-KBS-8801-3(4/26). (1988)

[3] 足立, 山口, 溝口, 倉岡, 西森, 野村, 角所: “エキスパートシステムにおける深い知識—スケジューリング型に関する考察—” 昭和63年第36回情報処理学会全国大会, 5Q-5