定性推論を利用した故障木作成手法と その保護リレーへの適用

非会員 秋 吉 政 徳 (三菱電機)

正 員 西 田 正 吾 (三菱電機)

非会員 塩 谷 全 啓 (三菱電機)

正 員 合 田 忠 弘 (三菱電機)

A Fault Tree Generation Method using Qualitative Reasoning and its Application to a Protective Relay

Masanori Akiyoshi, Non-Member, Shogo Nishida, Member, Masahiro Shiotani, Non-member, Tadahiyo Goda, Member (Mitsubishi Electric Corporation)

Human experts diagnose artifacts by generating fault trees, i. e., finding possible faulty components and their cause-effect relations from observations. Lately such task seems to be much harder, as artifacts become complex. Therefore computational methods, such as model-based reasoning, are expected to cope with the complexity. This paper presents a method of generating fault trees that uses qualitative reasoning. The proposed method deals with "model generation" which relates to the structural complexity and "inference on symptoms" which relates to the behavioral complexity. First, a target model is generated by using a model library that includes component models and structural data that are originally drawn on a design information. Second, states of components under an abnormal symptom are inferred by using two procedures; constraint propagation and state transition. Third, possible faulty components are detected by using inferred states and fault models. Finally, each possible faulty component is managed by using fault trees. The result of applying this method to a protective relay is also discussed.

キーワード：故障木，定性推論，モデルベース診断，保護リレー

1. ま え が き

近年，電力系統を構成する設備の複雑化に伴って，計画，運用，保守などの分野における電力の技術者の負担は増大している。このような状況に対して，熟練技術者の知識を記述した知識ベースの利用による故障診断システムなどのように，様々なエキスパートシステムの導入によって電力の供給信頼度の維持，向上への努力がはらわれてきている⁽¹⁾。特に，故障診断システムに関しては，これまでのルール型表現を主体とした知識ベースシステムの問題点を克服するために，対象に関する構造，機能，因果関係などを記述したモデルに基づく診断手法が提案されている^{(2)~(4)}。観測された兆候に対して，対象のモデルに基づいて故障原因候補を導出していく枠組みは，未経験の故障への対応，ならびに規模の大きなものや振舞いが複雑なものにおいて熟練技術者が見落とす可能性のある故障原因候補のシステマティックな導出などの点で大いに期待されて

いる。

本論文では，モデルに基づいて観測兆候に対する故障原因候補を導出する枠組みとして，定性推論を利用した故障木作成手法について議論する。故障木作成とは，観測された兆候をトップ事象として，事象を引き起こす原因となる事象を順次調べることにより考えられる故障原因候補を求めていくプロセスであり，その過程でそれぞれの事象の論理的関連が明確となる利点から，故障診断においてはしばしば用いられる。例えば，系統保護リレーの誤動作などによる遮断器のトリップをトップ事象として，熟練技術者はまずリレーの設計情報をもとにしてシーケンス回路や入力変成回路などの事象を含む故障木を作成する。診断は，求めた故障木のそれぞれの故障原因候補を検証する作業によって行われる。このような故障木作成の際には，観測兆候から対象の未観測部分の振舞いを推定することが必要であり，計算機処理のための対象のモデルの表現ならびに振舞いの推論方式として，次の点を十分に考慮しなければなら

ない。

(1) 一般に、故障が発生した時点と観測時点が同時点である保証はなく、故障発生後の対象の状態変化を考慮した故障木作成が必要である。しかしながら、従来は故障状態は変化しないという仮定などによって、対象の状態変化を明確に取り扱う議論があまりなされていなかった。

(2) 推定した対象の振舞いのなかで故障状態と考えられる部分を同定する際には、正常動作モデルのみを用いる考え方と、正常動作モデルならびに故障動作モデルを用いる考え方がある⁽⁵⁾⁽⁶⁾。故障動作モデルによって故障原因候補の特定が容易になることから⁽⁶⁾、モデルにおいて考えられる故障を定義するのが望ましい。

更に、故障原因候補の検証の際には、求めたそれぞれの故障原因候補から波及する影響によって観測されるべき兆候をチェックすることを基本作業としていることから、次の点についてもここでは考慮する。

(3) 作成した故障木に現れる故障原因候補の絞り込みのために、モデル上での故障の波及シミュレーションが望まれる。

第2章では以上の点に対して、故障発生後の対象の状態変化をとらえた故障木作成の基本的考え方を提案し、モデル記述ならびに振舞い推定への定性推論の利用、モデル上での故障の波及シミュレーションによる故障原因候補の絞り込み、モデルにおける故障の定義について説明する。また、システムのソフトウェア構成についても説明する。第3章では、保護リレーに対して、本手法を適用した結果を述べる。最後に、本手法の特徴をまとめるとともに今後の方針について述べる。

2. 定性推論を利用した故障木作成手法

〈2・1〉 対象の状態変化をとらえた故障木作成の基本的考え方 故障木を作成する際には、観測兆候と対象を構成する機器の正常ならびに故障動作、機器間の因果関係をもとに未観測の機器の部分の動作状態を求める過程で、故障と考えられる機器を同定する。このときに、故障状態は変化しないという仮定の下に、未観測な部分の動作状態を求めて故障原因候補を導出すると問題が発生する。例えば、保護リレーのシーケンス回路のように復帰回路を含んでいると、遮断器へのトリップ信号を出力する回路の主リレーは、トリップ信号を出力する状態からしばらくして元の状態に復帰する。前述の仮定の下に「遮断器が開で主リレーがトリップ信号を出力していない状態」という観測兆候を与えると、遮断器の故障しか導かれない。しかし、実は遮断器も主リレーも正常で、観測時点より少し前の時点で主リレーへの作動信号を出力した補助リレーの動作回路に故障が発生していたかもしれない。

以上のように、故障状態は変化しないという仮定によって、観測兆候に対して考えられる故障原因候補が網羅できないことになる。本論文では、観測部分から未観測部分の振舞いを推定するというを、以下の二つに明確に区別

図1 観測兆候から未観測部分の振舞いの推定処理

Fig. 1. Inference procedures of behaviors with an observed symptom.

することによって、故障発生後の対象の状態変化をとらえ、その結果、上記の問題点に対処することを提案する。

(i) ある時点での対象を構成する機器に関して、既知と未知の状態が存在する場合、機器間の構造や因果関係をもとにして未知の状態を推定する。

(ii) ある時点での対象を構成する機器に関して、既知の状態の機器の中に状態遷移の可能性がある場合に、該当する機器に関する状態遷移処理によって少し前の時点における状態を求め、更に(i)の処理によって未知の機器の状態を推定する。

図1に示されるように、(i)はある時点での対象の状態をスナップショット的に切り出したとみなすことができ、(ii)は状態遷移によって時間軸上で可能性のあるこのスナップショットの状態を導出する処理だとみなすことができる。前述の保護リレーの例では、(i)の処理によって観測時点の対象の状態、すなわち「遮断器が開、主リレーや補助リレーは動作していない」状態が導かれる。(ii)の処理によって、まず「復帰する可能性のある主リレーは、少し前の時点においてトリップ信号を出力する動作状態にあった」ということが推定され、そのことからその他の機器の動作が導かれる。このように(i)、(ii)を組み合わせると観測時点ならびにそれ以前の時点の対象の状態を導いた後に、故障していると考えられる機器を同定することによって、故障発生後の対象の状態変化をとらえた故障木を作成する。

〈2・2〉 対象のモデルおよび推論処理 図2は、本論文で提案するモデルの生成から故障木を作成するまでの手

図2 故障木作成手法の概要

Fig. 2. Overview of a fault tree generation method.

法の概要を示している。図2中に示される流れに沿って、以下の3点を説明する。

- (1) 設計情報に基づくモデルの表現およびその生成
- (2) 観測兆候からの故障原因候補の導出
- (3) 故障の波及シミュレーションによる故障原因候補の絞り込み

第一の“モデルの表現およびその生成”に関しては、あらかじめ整理した機器モデルとそれらの接続情報から生成する方式を用いる。具体的には、機器単位の動作状態は、機器モデルに準備した状態変数の値の組合せによって表現する。この結果、機器モデル内部の変数間に成立する関係は、対象に関する因果関係の一部ととらえられる。一方、機器間の因果関係に関しては、接続情報をもとに動作モデルを生成する際に、機器間の値の伝播にかかわる変数の属性情報（電圧や温度など対象領域により異なる）を機器モデルに記述しておき、同じ属性をもつ変数間に成立する関係は自動的に作成する。異なる属性をもつ変数間に成立する関係は、その組合せを指定して作成する必要がある。これら機器モデル内部および機器モデル間の変数に指定される因果関係を、以後、制約と呼ぶ。対象に関する機能に関しては、兆候が機能の欠落などで観測される場合に具体的な機器集合の状態へ対応付けて診断を行うために必要であるが、本論文では兆候は少なくとも機器単位で与えられる

と仮定して取り扱うので、モデルには機能レベルの記述は行わない。

以上のことから、対象を構成する機器モデルとそれらの接続情報をもとに生成した全体モデルによって対象の動作状態は表現されるが、実際には状態変数と制約によるネットワークとなっている。このときに、状態変数として実際の値を示した連続量よりは、機器の動作閾値などを用いて、例えば+はしきい値以上のような状態の特徴を表現する定性量を用いるほうが因果関係などを表現するのに容易であり、更に故障木作成を対象のこのような状態に着目して行うことから、ネットワークのノードとアークを定性変数と定性的制約から構成する。

第二の“観測兆候からの故障原因候補の導出”に関しては、定性変数と定性的制約によるネットワーク上の一部の変数に値を割り当てた後に、未定の変数の値を制約を用いて求めることに対応している。このことは<2・1>節に述べた(i)の処理に対応する。以後、これを制約伝播処理と呼ぶ。また、<2・1>節に述べた(ii)の処理は、状態遷移の可能性のある機器に対応するネットワーク上の定性変数に関して状態遷移表を準備し、現時点の値からある時間前の遷移可能な値をすべて生成した後に、制約を使って一貫性のある値の組合せを導出するという処理で実現する。以後、これを状態遷移処理と呼ぶ。このようにして推定した機器の状態のAND/OR表現で故障木が作成される。故障木のルート・ノードならびにリーフは、兆候が与えられた機器とその時点での故障原因候補にそれぞれ対応し、途中のノードはそれらの間に関与している機器ならびにその状態を示している。(ii)の処理によって導かれた故障木に現れる機器のいずれかの状態が、状態遷移処理前の状態と異なる場合には、図2中に示されるように、ある時間前の時点の故障木として時間軸上に付け加えられる。新たな故障木が生成されなくなるまで、このような状態遷移処理を実行する。

このような定性変数と定性的制約に基づく制約伝播処理と状態遷移処理は、例えば図3に示すような流れで処理され、定性推論⁽⁷⁾ではこれらの効率良い処理方法が示されており、本手法の実装に用いている。

第三に“故障の波及シミュレーションによる故障原因候補の絞り込み”に関しては、故障木のそれぞれのリーフに記述される機器の状態から波及シミュレーションを実行することによって、観測された兆候以外に発生するはずの兆候を求めて、検査用項目として管理する。すなわち、リーフから故障木をルート・ノードへとたどる過程で、発生するはずの兆候が発生していないという矛盾が発生すると、このような新たに発生した矛盾箇所を故障候補に加える考え方もあるが、図2の処理の中では観測兆候は正しいと考えて、この矛盾を引き起こしたリーフを故障木から削除する。この結果、故障原因候補の絞り込みが行われる。処理としては、定性変数と定性的制約によるネットワーク上での制約伝播処理を用いることができる。

以上の処理によって求められた図2中に示される故障木

図3 制約伝播処理と状態遷移処理の例
Fig. 3. An example of constraint propagation and state transition.

図4 ソフトウェア構成
Fig. 4. Software configuration.

の集合によって、観測兆候は説明づけられる。

〈2・3〉 モデルにおける故障の定義およびその処理

前節で述べた故障木作成処理の中で、故障モデルとして導入した点について説明する。制約伝播処理によって推論された機器モデルの状態の中には、正常動作モードとも故障動作モードとも解釈可能なものがある。例えば、電磁リレーなどでリレー接点が閉じた状態は、リレーコイルが励磁して正常動作した場合と、何らかの要因で短絡した場合が考えられる。正常動作した場合にはリレーコイルを励磁する原因を推論する必要があるが、故障動作した場合はこの電磁リレーが故障原因候補に挙げられる。すなわち、あらかじめ故障動作モードのわかっている機器に関しては、機器モデルに故障状態として記述し、制約伝播処理によって状態が求められたときに、その中で故障動作モードにあると解釈可能な機器は、その段階で故障原因候補に加える

処理を実行する。

〈2・4〉 ソフトウェア構成 図4は、〈2・2〉節で述べた処理を実行するシステムのソフトウェア構成である。本システムはLispとFlavorsを用いて実装しており、それぞれのモジュールは次のようになっている。

構造情報エディタは、設計情報に基づいてユーザが画面上で構成機器の作成、移動、接続、削除などを実行するためのものである。動作モデルジェネレータは、対象を構成している機器のモデルライブラリーと構造情報エディタによる機器の接続状態から、推論エンジンのための実行形式のデータを作成する。推論エンジンは、制約伝播処理と状態遷移処理を用いて兆候に対応する故障原因候補を求め、その推論結果をもとに故障木のノードとして管理する。また、制約伝播処理を用いた故障の波及シミュレーションからそれぞれの故障原因候補に関する検査用項目も求める。ユーザインタフェースは、推論エンジンの実行を制御するモード設定や実行状況/結果を表示する。なお、制約伝播処理においては、兆候の与えられた機器に因果的に関係する機器に関してのみ処理を実行すればよく、図4に示すように伝播範囲の限定という処理を組み込んでいる。

3. 保護リレーへの適用

〈3・1〉 保護リレーの設計情報およびモデルの生成

保護リレーは、系統の異常を検知した情報をもとにどの遮断器をトリップさせるかを決定している。これらは幾つかの回路で構成されており、対応する展開接続図が設計情報として利用できる。ある母線保護装置（アナログリレー）の展開接続図に示される機器を整理して、モデルライブラリーとして記述した一部が表1であり、機器モデルには状態変数名とその定性変数軸とその物理属性、正常状態、定義可能な故障状態、入出力ポートが記述してある。なお表中、端子の場合0は電流値なし、+は電流値ありを意味し、リレー接点の場合0はbreak状態、+はmake状態を意味している。定性値の組合せとして記述してある正常状態は、機器内部の変数間に成立する定性的制約ともなる。例えば、シーケンス回路中のリレーの場合

表1 モデルライブラリーの例
Table 1. An example of model library.

	変数名	変数軸	物理属性	正常状態	故障状態	入出力ポート
リレー	入力側端子	(0+)	電流	(0 0 0)	(* 0 *)	入力側端子 出力側端子
	リレー接点	(0+)	位置	(0 + 0)	(* + *)	
	出力側端子	(0+)	電流	(+ + +)	(+ 0 0)	
抵抗	入力側端子	(0+)	電流	(0 0)	(* 0)	入力側端子 出力側端子
	出力側端子	(0+)	電流	(+ +)		

表中の正常状態ならびに故障状態として、リレーの場合は（入力側端子 リレー接点 出力側端子）、抵抗の場合は（入力側端子 出力側端子）で表現している。*はあらゆる定性値。また、故障状態として、リレーの場合には接点の固着及び短絡を、抵抗の場合には断線を定義する。

合には出力側端子の値が+の場合には、制約伝播処理によって入力側端子の値は+、リレー接点の値も+であると求まる。

また、展開接続図そのものの表現のためには、図面の1枚に相当するシートならびにシート上の部品に対応するデバイスという構造型データを準備し、モデル生成時にはこのほかに定性変数と定性的制約を表現する構造型データとも合わせて、推論用に実行形式のシートオブジェクト、機器オブジェクト、変数オブジェクト、制約オブジェクトを生成する。

更に、保護リレーの展開接続図には、シート上で直接の接続関係がないにもかかわらず制御シーケンスを表現した部分があるために、対象に特有な部分として以下の処理を付加している。

(i) 展開接続図上では制御シーケンスを正確に表現するために、一つの機器が図面上では複数記述されている場合があり、それらの機器が同一である。すなわち、変数オブジェクトの定性値は常に等しいという制約オブジェクトを作成する。

(ii) 動作表現上、リレーとそのリレーコイルが分離して記述されているので、展開接続図上では直接の接続がないにもかかわらず制約オブジェクトを作成する。

図5は、以上のモデルライブラリーと機器の接続情報から動作モデルを生成する流れをまとめたものである。

〈3・2〉 制約伝播処理ならびに状態遷移処理 制約伝

播処理の中で行う伝播範囲の限定については、兆候の与えられた機器への信号経路を検出し、それに基づいて伝播処理に必要な定性変数ネットワークの対応する部分を求めて

図5 モデル生成の流れ
Fig. 5. A flow diagram of model generation.

図6 制約伝播処理による故障候補の検出例
Fig. 6. An example of the detection of faulty components by constraint propagation.

図7 観測時点での故障木
Fig. 7. Fault tree at the time-point of observation.

いる。

具体的には、以下に示す手順で制約伝播処理から故障原因候補の導出を行う。なお、故障原因候補の波及シミュレーションに対する制約伝播処理も、基本的な部分は同じであるので（実際ソフトウェアモジュールは共通）、〔 〕内にその場合を示す。

(1) 兆候の与えられた機器へ〔から〕のシート上での信号経路の検出。

(2) 求めた信号経路の組合せから制約伝播を実行すべき機器を抽出し、それらの機器に関与する変数オブジェクト、制約オブジェクトをもとに処理を行い、値を割り当てる。

(3) 信号経路のそれぞれの組合せに対して、機器ごとに記述されている正常状態および故障状態をもとに故障候補（動作チェック候補）を検出後、すべての機器が正常動作したという仮定の下に、さらなる原因〔影響〕を調べるべき機器を選択して(1)に戻る。このときに、調べるべき機器は基本的に別のシートに記述されているので、直接的因果関係を示す制約はあらかじめモデル生成の段階で作成されてなく、保護リレーの構成に関する知識から次のような制約に代わるルールを記述してある。すなわち、故障原因候補の導出の際には、リレーの動作状態が求まるとその原因となるリレーコイルを調べるべき機器として選択し、リレー接点がmake状態ならばリレーコイルは励磁しており、リレー接点がbreak状態ならばリレーコイルは励磁していないという具合に状態も決める。逆に、故障の波及シミュレーションの際には、リレーコイルの状態からリレーの動作状態を決める。

故障木2

図8 観測時点以前の故障木
Fig. 8. Fault tree before the time-point of observation.

図6は、これらの処理の様子を展開接続図を用いて示したものであり、図中に示されるようにシートごとに故障原因候補が求まる。保護リレーに関する状態遷移処理としては、次の部分に考える必要がある。保護リレーには、一度トリップ信号を出力する条件が成立すると確実に信号を出すための自己保持回路と、逆にある一定時間後には遮断器を手動で復帰させるために今まで保持されていたトリップ信号の出力を止める復帰回路が組込まれている。すなわち、この回路に関与するリレーの機器オブジェクトには、時点 T_i で break 状態（リレー接点の値が0）のときには時点 T_{i-1} で make 状態（リレー接点の値が+）という状態遷移表を記述する。

〈3・3〉 動作結果 本システムに、ある遮断器がトリップしたという兆候（具体的には、遮断器は開状態、トリップ回路の主リレーのリレー接点は break 状態）を与え

図9 故障の波及シミュレーションによる故障原因候補の絞り込み
Fig. 9. Failure mode effect analysis.

て、故障木作成を試みた。モデルに含まれるシート数は21、機器の数は2292であり、この動作結果を以下に説明する。

〔故障木1〕 観測時点においては、図7に示すように展開接続図上のそれぞれの信号経路に現れる機器の状態を制約伝播処理によって求める過程で、矛盾が発生して終了する。このことは、本来遮断器のトリップはトリップ回路のリレーが動作して信号経路を構成するはずなのに、現在観測兆候の与えられたリレーの状態から、そのような信号経路は構成されないことを示している。この場合には（観測された兆候と遮断器の故障動作モードから）、遮断器の故障のみが、故障木のリーフとして現れる。

ただし、故障木を機器間のAND/ORによる因果関係のままに表示すると複雑になりすぎるので、図7中での(7-d)のようにシートごとにまとめて故障木のノードとして表示する。故障木のノードの示す内容は、ノード番号、与えられた兆候の数、信号経路の組合せに基づく解釈の数、故障原因候補の数、シート名である。ノードに蓄えられた情報（どの信号経路上に故障原因候補があるかなど）は、展開接続図上で表示する。

〔故障木2〕 観測兆候の与えられた主リレーは、状態遷移表をもつことから状態遷移処理を実行する。この結果、制約伝播処理によって図8中での(8-b)、(8-c)に示される状態が求まり、更に(8-d)、(8-e)のような故障としての解釈もなされる。この場合は、トリップ回路のリレーが動作あるいは短絡して信号経路を構成したために、遮断器がトリップしたことを示している。この結果をもとに、(8-f)が示すように、更に故障原因候補を求めることができた

（なお、最終的なこの時点での故障木として付図1に示すものが得られる）。

次に、ノードごとに故障原因候補の波及シミュレーションを実行すると、観測されるべき兆候が検査用項目として求められる。例えば、図9に示されるように、故障原因候補以外は正常として故障の影響を信号経路に基づいて調べると、検査用項目が求まる。これらの観測されるべき兆候が発生していないことが確認されれば、この故障原因候補は故障木から除く。

以上の処理により、初期の観測兆候に対する故障原因候補として、故障木1および故障木2から109の機器を求めることができた。

4. おわりに

観測された兆候に対する故障診断を行うために、対象を構成する機器の接続情報とモデルライブラリーに基づいて定性的動作モデルを作成し、制約伝播処理や状態遷移処理を利用して導出した故障原因候補を故障木の形で管理する方法について述べた。特に、従来の故障木作成で考慮されていなかった故障発生後の対象の状態変化をとらえることを、状態遷移処理を組み込むことによって解消した。適用例を通してその動作を確認し、結果として得られた故障木によって、テスト入力などの確認試験の作業における支援の可能性を示した。

今後は、他の対象に関するモデルライブラリーなどを整理して、適用範囲を広げていきたいと考える。

（平成5年8月25日受付）

文 献

- (1) 小池睦悦：「電力分野におけるエキスパートシステム」, 電学論C, 107, 121 (昭62-2)
- (2) 武藤昭一・関根泰次：「論理的制約関係を用いた電力設備の事故診断手法」, 同上B, 112, 927 (平4-10)
- (3) 福井千尋・川上潤三：「知識と対象の物理モデルに基づく電力系統故障区間の判定法」, 同上C, 107, 181 (昭62-2)
- (4) 駒井研二・松本啓之亮・坂口敏明：「モデルに基づく診断手法と電力系統事故診断への適用」, 同上B, 110, 258 (平2-4)
- (5) J. de Kleer & B. C. Williams: "Diagnosing Multiple Faults", *Artif. Intell.*, 32, No. 1, 97 (1987)
- (6) P. Struss & O. Dressler: "Physical Negation - Integrating Fault Models into the General Diagnostic Engine", *IJCAI-89*, 1318 (1989)
- (7) B. J. Kuipers: "Qualitative Simulation", *Artif. Intell.*, 29, No. 3, 289 (1986)

付 録

左端がルート・ノードのシートであり、それぞれのノードの右に位置するノードが原因となるシートを示している。

付図 1 導出された故障木
app. Fig. 1. An example of fault tree by applying the method to a protective relay.

秋吉 政徳 (非会員) 1961年9月3日生。1985年3月京都大学工学部数理工学科卒業。1987年3月同大学大学院修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。現在、同社中央研究所システム基礎研究部勤務。主として、定性推論ならびにその応用システムの研究開発に従事。人工知能学会会員。

塩谷 全啓 (非会員) 1950年4月8日生。1973年3月姫路工業大学電子工学科卒業。1975年3月京都大学大学院電気工学専攻修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。以来、電力系統保護制御システムの設計および品質管理業務に従事。

西田 正吾 (正員) 1952年1月5日生。1974年3月東京大学工学部電子工学科卒業。1976年3月同大学大学院修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。現在、同社中央研究所システム基礎研究部第4グループマネージャ。システム技術、ヒューマンインタフェース技術の研究開発に従事。工学博士。1986年、1993年電気学会論文賞、1992年同著作賞受賞。IEEE 会員。

合田 忠弘 (正員) 1947年8月10日生。1971年3月大阪大学工学部電気工学科卒業。1973年3月同大学大学院修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。以来、制御製作所において電力系統の保護・制御装置の開発・製作に従事。現在、同製作所電力系統部系統技術課長。1991年電気学会論文賞受賞。