

機関番号：17104  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20510159  
 研究課題名（和文）バンプ探索法を用いた主要リスク要因抽出によるリスク解析  
 研究課題名（英文）Risk Analysis Using the Principal Risk Factors  
 Selected by the Bump Hunting Method  
 研究代表者  
 廣瀬 英雄（HIROSE HIDEO）  
 九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授  
 研究者番号：60275401

## 研究成果の概要（和文）：

機器の故障発生確率を求める際、多数の故障要因が考えられる場合にはまず主たる要因を統計的分類手法によって特定し、その後で特定された要因下での故障発生確率やリスク分析を行なう新しい方法を提案している。分類精度を上げるには、決定木のような分類器を単一で用いるのではなく、複数同時に用いるアンサンブル手法を改良し最適な方法を示した。また、遺伝的アルゴリズムを援用したバンプ探索法を用いると、高い分類精度を保ちながら計算も速くなることが分かった。

## 研究成果の概要（英文）：

When we obtain the failure probability of mechanical or electrical equipment, we have proposed to find principal factors among many failure factors first, and we then estimate the failure probability distribution. To find the appropriate factors, we have shown an optimal use of the ensemble methods in which many classifiers are simultaneously used. The use of the bump hunting assisted by the genetic algorithm is also recommended to enhance the computational performance.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会システム工学・安全システム

キーワード：信頼性工学

## 1. 研究開始当初の背景

故障要因別に寿命解析を行う方法については、logistic regression tree などが代表的なものであるが、これは故障や劣化要因が比較的容易に特定できる場合の手法であり、多くの要因の中から主要な要因を囲い込みながら故障発生確率を求める方法やリスク分析については国内外を通してあまり研究

されていなかった。そこで、多数の故障要因が考えられる場合には、主たる故障要因をまず分類手法によって特定し、その後で故障発生確率を求め寿命推定を行なう必要がある。これまで、分類手法についてはバンプ探索法を提案しており、また不完全データを取り扱った寿命推定法には truncated model を提案していることから、これらを組み合わせるモ

デルを提案し、問題解決にあたることを着想した。

## 2. 研究の目的

(1) 電力ケーブルデータなどのように、故障要因が多数ある実データについて、故障レベルを2値化し、バンプ探索法を用いた故障要因の囲い込みを行い、リスク解析への問題点を洗い出して問題の定式化を行う。

(2) 実データをトレーニングデータとテストデータとにいくつかの方法で使い分けて、バンプ探索法により期待する推定精度が確保できるようなサンプル数の大きさや説明変数の次元についての評価法を確立する。

(3) サンプル数と説明変数の次元が大きくなると、計算の高速化と予測精度向上とのトレードオフが生じる。そこで、遺伝的アルゴリズムを用いて計算の高速化を図る一方、予測精度を向上させるアルゴリズムとしてアンサンブル法を用いる。

(4) 故障を未然に防ぐ意味から、実験室での試験法についても考察する。

## 3. 研究の方法

(1) 多次元のデータから注目するデータを抽出するデータマイニング手法として、分類が困難なデータから重要な説明変数を抜き出すバンプ探索法を提案しているため、この手法の適用を図る。また、精度良く高速に行なうために遺伝的アルゴリズムを用いる。

(2) 分類の精度を上げるために、複数の分類器を同時に用いるアンサンブル手法について分類器とその組み合わせの最適な方法について調べる。

(3) 実験室での試験法について、数理的な基礎モデルを検討し、適切なモデルを提案する。

## 4. 研究成果

(1) 電力機器などの寿命予測方法として、決定木による故障要因分類を行った後で、寿命推定を行なう方法を提案し、良好な予測結果を得た。図1に示すように劣化の大きいも

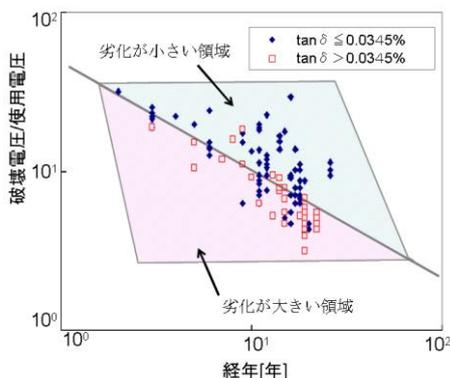


図1 劣化要因探索後の分類結果

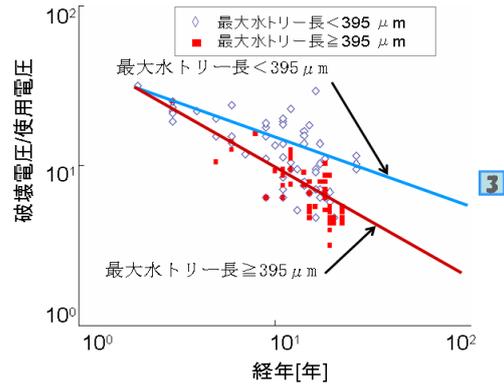


図2 2グループでの寿命予測(回帰)

のと小さいものに分けた後、図2のように寿命予測を行っている。(雑誌論文7他)

(2) 遺伝的アルゴリズムを用いた高速バンプ探索法を提案し、また予測精度を調べた。図3右上に示すバンプでの主要因の密度と獲得率とのトレードオフ曲線を得るために、図4のような木に特有な遺伝的アルゴリズムを開発した。(雑誌論文1他)

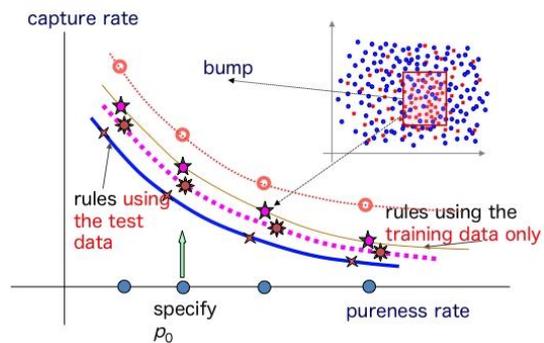


図3 バンプ探索におけるトレードオフ曲線

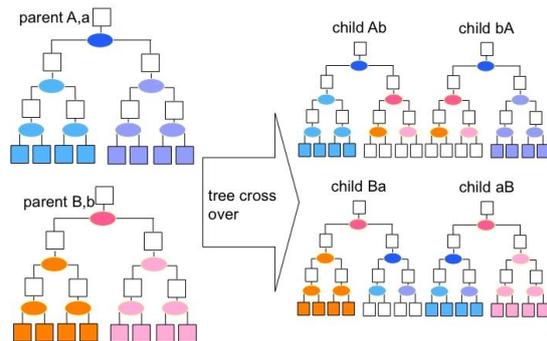


図4 バンプ探索に用いる tree-GA

(3) 分類手法の精度を向上させるため、アンサンブル法を用いて、分類器とその組み合

わせの最適な方法を提案した。図5は、電力機器の異常状態要因を同定するときの誤差がアンサンブル法を用いることにより激減していることを示している。(雑誌論文5他)

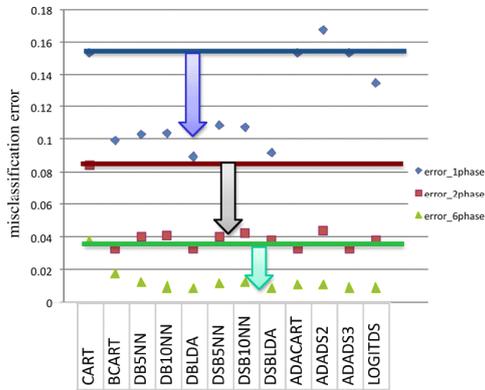


図5 アンサンブル手法による誤分類率の改善

(4) 実験室での試験法についての数理的な基礎モデルを検討した結果、適切なモデルが提案できた。図6に示すように、機器に対してストレスを段階的に上げていき、破壊データから破壊値を推定するとき、図7に示すように適切な数理モデルを用いると従来法よりも誤差が小さく推定できることを示した。(雑誌論文8他)

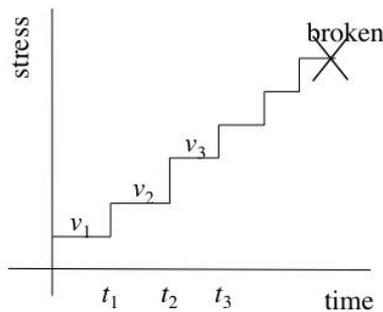


図6 段階的上昇法による試験

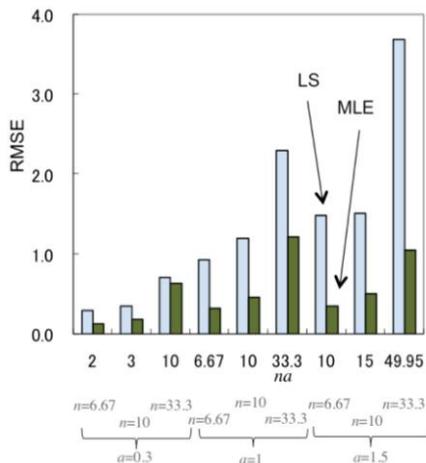


図7 段階的上昇法による試験

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計16件)

- ① H. Hirose, Bump Hunting using the Tree-GA, Information, 査読有, 掲載決定 (2011)
- ② Zaman M. Faisal, H. Hirose, Classification Performance of Bagging and Boosting Type Ensemble Methods with Small Training Sets, New Generation Computing, Vol. 29, 査読有, 掲載決定 (2011)
- ③ H. Hirose: An optimal test design to evaluate the ability of an examinee by using the stress-strength model, Journal of Statistical Computation and Simulation, 査読有, 81, 79-87 (2011)
- ④ G. Ueta, T. Tsuboi, J. Takami, S. Okabe, H. Hirose, Evaluation of Overshoot Rate of Impulse Withstand Test Waveforms Based on New Base Curve Fitting Methods, IEEE Trans., DEI, 査読有, Vol. 17, 1336-1345 (2010)
- ⑤ H. Hirose and F. Zaman, Diagnosis Accuracy in Electric Power Apparatus Conditions Using Classification Methods, IEEE Trans., DEI, 査読有, No.17, 271-279 (2010)
- ⑥ S. Okabe, T. Tsuboi, G. Ueta, J. Takami, H. Hirose, Basic Study of Fitting Method for Base Curve Extraction in Lightning Impulse Test Techniques, IEEE Trans., DEI, 査読有, Vol. 17, 2-4 (2010)
- ⑦ 廣瀬, 鶴, 北村, 坪井, 岡部, 電力機器の異常状態同定における同定精度, 日本信頼性学会誌, 査読有, Vol. 31, 371-376 (2009)
- ⑧ H. Hirose, K. Tsuru, T. Tsuboi, and S. Okabe: Estimation for the Parameters in the Step-up Voltage Test under the Weibull Power Law Model, IEEE Trans., DEI, 査読有, Vol. 16, 1755-1760 (2009)
- ⑨ T. Tsuboi, S. Okabe, J. Takami, and H. Hirose, K. Tsuru: Analytical Evaluation of Dielectric Breakdown Test Based One-Minute Step-up Method, IEEE Trans., DEI, 査読有, Vol. 16, 1393-1396 (2009)
- ⑩ K. Tsuru and H. Hirose, Estimation for the Weibull power law parameters in the step-up voltage test, Engineering

Letters, 査読有, Vol.17, 141-145, (2009)

- ⑪ F. Zaman and H. Hirose, Double SVMBagging: A new double bagging with support vector machine, Engineering Letters, 査読有, Vol.17, 128-140, (2009)
- ⑫ H. Hirose, M. Hikita, S. Ohtsuka, S. Tsuru and J. Ichimaru: Diagnosing the Electric Power Apparatuses using the Decision Tree Method, IEEE Trans., DEI, 査読有, Vol.15, 1252-1260 (2008)
- ⑬ 廣瀬 鶴, 決定木とワイブルべき乗則とを組み合わせた電力ケーブルの劣化要因分析とその余寿命推定, 日本信頼性学会誌, 査読有, Vol. 30, No. 3, pp.195-203 (2008)

他 2 件

[学会発表] (計 3 2 件)

- ① F. Zaman, and H. Hirose, A Comparative Study on the Performance of Several Ensemble Methods with Low Subsampling Ratio, The 2nd Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, LNAI 5991, pp.320-329, Springer, March 24-26, 2010, Vietnam
- ② F. Zaman and H. Hirose, An experimental study on a new ensemble method using robust and order statistics, The 2009 International Conference on Data Mining, 333-339, July 13-16, 2009, USA
- ③ H. Hirose, Evaluation of the trade-off curve in the bump hunting using the tree genetic algorithm, 1st IMS Asia Pacific Rim Meetings, June 28-July 1, 2009, Korea
- ④ K. Tsuru and H. Hirose, Estimation for the parameters in the step-up voltage test under the Weibull power law model, International Conference on Electrical Engineering, 1402-1406, March 18-20, 2009, Hong Kong
- ⑤ F. Zaman and H. Hirose, A New Bagging Method using Four Ms with Application to Linear Classifiers, IASC2008, the Joint Meeting of 4th World Conference of the IASC and 6th Conference of the Asian Regional Section of the IASC on Computational Statistics & Data Analysis, abstract p.320, pp.1777-1785, December 5-8, 2008, Japan
- ⑥ H. Hirose, T. Yukizane and F. Zaman, Accuracy assessment for the trade-off curve and its upper bound curve in the

bump hunting using the new tree genetic algorithm, 7th World Congress in Probability and Statistics, July 14-19, 2008, Singapor

他 2 6 件

[その他]  
ホームページ等  
<http://hirose.ces.kyutech.ac.jp/HirosePublications.html>

6. 研究組織  
(1) 研究代表者  
廣瀬 英雄 (HIROSE HIDEO)  
九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授  
研究者番号：6 0 2 7 5 4 0 1

(2) 研究分担者  
( )

研究者番号：

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：