

阿南工業高等専門学校

**研 究 紀 要**

第 4 1 号

平成 1 7 年 3 月

**RESEARCH REPORTS**

**OF**

**ANAN NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY**

**No.41**

**MARCH 2005**

**PUBLISHED BY ANAN NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY**

**ANAN, JAPAN**

## 阿南工業高等専門学校研究紀要第41号

### 目 次

#### 論文

- モードセンサ・アクチュエータの最適設計と振動制御への応用……………川 畑 成 之 1  
The Optimal Design of Modal Sensor / Actuator and the Application  
to the Vibration Control
- 過渡安定度に及ぼす設計要素の影響評価手法……………三 木 哲 志 7  
The Effect Assessment Method of Design Factors on Transient Stability 杉 野 隆三郎  
河 野 良 之  
横 川 和 宏  
村 田 敦 史
- イメージアンケートを用いた斜張橋の構造形態についての分析……………森 山 卓 郎 13  
Analysis on Structural Form of Cable-Stayed Bridge Using the Image  
Questionnaire

#### 報告

- 錦帯橋の構造的特徴と平成の架け替えについて……………森 山 卓 郎 23  
Structural Characteristics and Renewal in the Heisei Era of the 依 田 照 彦  
Kintai Bridge
- 「超短文」による作文指導……………錦 織 浩 文 31  
Teaching Composition by Using A Very Short Sentence
- 木材工業における資源有効活用と木質材料有効利用の可能性……………高 岸 時 夫 36  
(日本・インドネシア産業クラスター交流調査事業報告)  
The research of industrial cluster between Japan and Indonesia  
“The effective use of resource in wood industry”
- 学外発表論文概要……………44
- 阿南工業高等専門学校研究紀要投稿要項……………62  
阿南工業高等専門学校研究紀要執筆要項……………64  
阿南工業高等専門学校研究紀要専門委員会……………66

# モードセンサ・アクチュエータの最適設計と振動制御への応用

川畑 成之<sup>※1</sup>

## The Optimal Design of Modal Sensor/Actuator and the Application to the Vibration Control

Nariyuki KAWABATA

In order to suppress the vibration of large-scale flexible structures, a high precise measurement of vibration and an efficient control is indispensable. This paper discusses about the vibration measurement and control system using the modal sensors/actuators, which are composed of accelerometers as sensors and PZT elements as actuators. In a design of modal sensors, sensor elements are placed on optimal locations obtained from a minimization problem of observation spillover. In a design of modal actuators, a location of PZT elements is optimized by the minimization problem of control spillover, and also the control gain is determined by LQR control theory to consider both a state cost and a control cost. Experimental results using a cantilevered CFRP plate have been demonstrated to verify the validity of the proposed modal sensors/actuators.

**KEY WORDS:** Vibration Control, Optimal Design, Modal Measurement, Modal Control, PZT element

### 1. 緒言

柔軟かつ軽量の構造特性を有する構造物は、微小な外乱の影響により、振動が生じやすい。柔軟軽量の構造物に生じる低周波振動は減衰しにくい。そのため、受動的あるいは能動的に構造振動を抑制することが重要となる。そこで近年ではセンサ・アクチュエータが組み込まれた知的構造物によって振動を抑制する研究<sup>1,2)</sup>が活発に行われている。構造物の振動は一般的に複雑な挙動を示すため、モード座標空間に運動を射影して扱われることが多い。モードセンサおよびモードアクチュエータはモード座標空間を利用するセンサ・アクチュエータシステムであり、数多くの検討が行われている。モードセンサの構築手法として2つのタイプが考えられている。一方は、センサの形状を最適化することによってモードセンサを構築する手法であり、Leeら<sup>3)</sup>によって、はりに貼付するPVDFフィルムの形状を最適化することで、任意のモード変位

を計測することが可能となっている。他方、PVDFフィルムの電極配置最適化<sup>4)</sup>や、比較的小さなセンサ(PVDFやPZT等)の大きさや配置箇所の最適化によってモードセンサを構築する手法<sup>5)</sup>も検討されている。以上の手法によって、はり等の単純な構造のモード変位を比較的高精度で計測することが可能となっている。しかし従来提案されてきた手法は、大型・複雑な構造への適用が困難であり、より拡張性の高い振動計測法が求められている。一方、モード変位を利用する振動制御手法に関する研究が行われている<sup>6)</sup>。しかし、構造に対して比較的大きなアクチュエータや、複雑な制御則を必要とする等、解決すべき問題が多い。

そこで本研究では、加速度センサおよびPZTを用いて、大規模・複雑な構造への拡張が容易な振動計測制御手法に関する検討を行う。加速度センサを用いたモードセンサ構築では、観測スピルオーバー最小化基準に基づいてセンサを最適配置する。また、PZTを用いたモードアクチュエータを、制

※1 機械工学科 n\_kawa@anan-nct.ac.jp

御スピルオーバー最小化基準に基づくアクチュエータ最適配置によって構築する。筆者ら<sup>7)</sup>はこれまでに、提案する手法に関して数値シミュレーションによる検討を行ってきた。本報では、CFRP 積層平板を対象とした振動制御実験を行うことにより、本研究で提案する手法の有効性について検討する。

## 2. 定式化

### 2.1 モードセンサ

モードセンサを構成する加速度センサは、平板の有限要素節点上に配置され、配置箇所における面外方向加速度を計測する。センサが配置された節点に関して、加速度 $\{\ddot{u}\}$ —モード加速度 $\{\ddot{j}\}$ の関係は次式で与えられる。

$$\{\ddot{u}\} = [\Phi] \{\ddot{j}\} \quad (1)$$

ここで、 $\{\ddot{u}\}$ および $[\Phi]$ はそれぞれ、全自由度加速度ベクトル $\{\ddot{u}\}$ および固有振動モードマトリックス $[\Phi]$ のうち、センサ配置節点に関する成分よりなるベクトルとマトリックスである。固有振動モードマトリックスは有限要素法より求める。なお、CFRP 積層板の剛性・質量マトリックスは古典積層理論に基づいて求めた。次に、計測するモード数を $N_m$ とし、次式に示すように、(1)式右辺を計測モードとその他の残余モードに関する成分に分割する。

$$\{\ddot{u}\} = [\overline{\Phi}_m] \{\ddot{j}_m\} + [\overline{\Phi}_{um}] \{\ddot{j}_{um}\} \quad (2)$$

ここで、 $[\overline{\Phi}_m]: N_s \times N_m$ 、 $[\overline{\Phi}_{um}]: N_s \times (N_{mall} - N_m)$ であり、 $N_s$ はセンサ個数、 $N_{mall}$ は有限要素解析において考慮するモード次数を表す。いま、センサ個数と計測するモード数が等しい( $N_s = N_m$ )とし、 $[\overline{\Phi}_m]$ を正則であるとする、(2)式より、計測対象モード加速度が次式で得られる。

$$\{\ddot{j}_m\} = [\overline{\Phi}_m]^{-1} \{\ddot{u}\} - [\overline{\Phi}_m]^{-1} [\overline{\Phi}_{um}] \{\ddot{j}_{um}\} \quad (3)$$

(3)式のうち右辺第2項は、残余モード成分が計測モード成分に影響を及ぼす誤差、すなわち観測スピルオーバーを表している。スピルオーバーが十分に小さく無視できるとき、(3)式よりセンサによって計測される加速度の関数として、推定モード加速度が次式で得られる。

$$\{\ddot{j}'_m\} = [\overline{\Phi}_m]^{-1} \{\ddot{u}\} \quad (4)$$

最終的に推定モード加速度の時間に関する2重積分よりモード変位を得る。

観測スピルオーバーが無視できるほど微小であるとき、(4)式はモード変位の精度の高い近似式となる。観測スピルオーバーの構成要素のうち、 $[\overline{\Phi}_m]$ や $[\overline{\Phi}_{um}]$ はセンサの配置箇所によって変化し、それに伴って観測スピルオーバーの大きさが変化する。そこで、本研究では観測スピルオーバー最小化基準を適用してセンサの最適配置を行い、高精度のモード変位推定を実現するモードセンサを構築する。

(3)式中の観測スピルオーバーを誤差ベクトル $\{\Delta t\}$ とおく。

$$\{\Delta t\} = [\overline{\Phi}_m]^{-1} [\overline{\Phi}_{um}] \{\ddot{j}_{um}\} = [\overline{\Phi}_{spill}] \{\ddot{j}_{um}\} \quad (5)$$

ここで、 $[\overline{\Phi}_m]^{-1} [\overline{\Phi}_{um}] = [\overline{\Phi}_{spill}]$ とした。いま、 $[\overline{\Phi}_m]^{-1}$ を用いて(3)式および(4)式を導くために、センサ個数と同数のモードを計測するとしている。例えば低次のモードを計測するとして、4個のセンサを用いる場合には1次モード~4次モードを計測する( $[\overline{\Phi}_m]$ の次元は $4 \times 4$ )。したがって(5)式は1次モードから4次モードに対する高次モードの誤差を表している。しかし、主に計測する必要のあるモード(主要計測モードと呼ぶ)が特定されている場合、例えば1次モードのみを計測すればよい場合などには、主要計測モードに対する誤差を特に抑制することでより高精度の計測が可能となる。そこで、主要計測モードの数を $N_{m2} (\leq N_m)$ として、(5)式の $[\overline{\Phi}_{spill}]$ を次式のように分割する。

$$\{\Delta t\} = \begin{bmatrix} [\overline{\Phi}_{spill1}] \\ [\overline{\Phi}_{spill2}] \end{bmatrix} \{\ddot{j}_{um}\} \quad (6)$$

$[\overline{\Phi}_{spill1}]: N_{m2} \times (N_{mall} - N_m)$ 、 $[\overline{\Phi}_{spill2}]: (N_m - N_{m2}) \times (N_{mall} - N_m)$ であり、 $N_{m2} = N_m$ のとき、 $[\overline{\Phi}_{spill1}] = [\overline{\Phi}_{spill}]$ となり、(6)式は(5)式と等しい。(6)式1行目より、主要計測モードに対する誤差を $\{\Delta t_m\}$ とおく。

$$\{\Delta t_m\} = [\overline{\Phi}_{spill1}] \{\ddot{j}_{um}\} \quad (7)$$

本研究では主要計測モードに対する誤差、すなわち $\{\Delta t_m\}$ を最小にするようにセンサの配置箇所を最適化する。(7)式より誤差の二乗を求める。

$$\|\Delta t_m\|^2 = \{\ddot{j}_{um}\}^T [\overline{\Phi}_{spill1}]^T [\overline{\Phi}_{spill1}] \{\ddot{j}_{um}\} \quad (8)$$

$[\Phi_{sp1}] = [\overline{\Phi}_{spill1}]^T [\overline{\Phi}_{spill1}]$ とすると、任意の残余モード $\{\ddot{j}_{um}\}$ に対して次の不等式が成り立つ。

$$\lambda_{\min}([\Phi_{sp1}]) \leq \frac{\{\ddot{\eta}_{um}\}^T [\Phi_{sp1}] \{\ddot{\eta}_{um}\}}{\{\ddot{\eta}_{um}\}^T \{\ddot{\eta}_{um}\}} \leq \lambda_{\max}([\Phi_{sp1}]) \quad (9)$$

$\lambda_{\min}([\Phi_{sp1}])$ ,  $\lambda_{\max}([\Phi_{sp1}])$  は  $[\Phi_{sp1}]$  の最小・最大固有値を表す。

(9)式の右辺は誤差の上限を表しており、これを最小化することで観測スピルオーバーが最小となる。そこで、センサ最適配置の目的関数を次式で定義する<sup>5)</sup>。

$$J_{s1} = \min \lambda_{\max}([\Phi_{sp1}]) \quad (10)$$

(10)式を最小にする配置箇所がセンサ最適配置箇所となり、最適配置箇所に配置されたセンサから得られる出力より、(4)式を用いて推定モード加速度を得る。

## 2.2 モードアクチュエータ

本節では、アクチュエータを最適配置することによってモードアクチュエータを構築し、モードセンサによって計測されるモード変位・モード速度を状態変数としたモード別状態フィードバック制御による振動制御について検討する。まず、LQR 制御則に基づいて、フィードバックゲインを決定するための定式化を行う。

LQR 制御則に基づいて、 $i$  次モードに対する 2 次形式評価関数  $J_{ci}$  を定義する。

$$J_{ci} = \int_0^{\infty} (x_i^T Q_i x_i + v_i^T R_i v_i) dt \quad (11)$$

ここで、 $\{x_i\} = \{\eta_i \quad \dot{\eta}_i\}^T$  は状態変数ベクトルであり、モード変位  $\eta_i$  と、モード速度  $\dot{\eta}_i$  を状態変数とする。また、 $\{v_i\}$  はアクチュエータ制御入力ベクトルを表し、 $[Q_i] = \text{diag}[\omega_i^2 \quad 1]$  で、 $[R_i] = [r_i]$  は制御入力に対する重み係数を表している。 $\omega_i$  は  $i$  次の固有角振動数である。(11)式において、積分内第 1 項は状態コストであり、振動抑制の指標となる。また、第 2 項は制御コストであり、制御入力の大きさの指標となる。 $J_{ci}$  を最小化するフィードバックゲインは次式で与えられるリカッチ方程式を解くことで得られる<sup>8)</sup>。

$$PA + A^T P - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \quad (12)$$

ここで、

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_i^2 & -2\zeta_i\omega_i \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$B = [0 \quad 1]^T \quad (14)$$

であり、 $\zeta_i$  は  $i$  次モードの減衰比、 $P$  は対角項にフィードバックゲインを有するマトリックスであ

る。(12)式はモード毎に独立しているため簡単に解くことができ、結局  $i$  次モードに対するフィードバックゲインが次式のように求められる。

$$G_{mpi} = \omega_i \sqrt{\omega_i^2 + r_i^{-1}} - \omega_i^2 \quad (15)$$

$$G_{mvi} = \sqrt{(2\zeta_i\omega_i)^2 + 2G_{mpi} + r_i^{-1}} - 2\zeta_i\omega_i \quad (16)$$

ここで、 $G_{mpi}$  は  $i$  次モード変位に対するゲイン、 $G_{mvi}$  は  $i$  次モード速度に対するゲインを表している。これらのゲインを用いてフィードバック制御則を適用すると、 $i$  次モードに対するフィードバック制御力が求められる。

$$f_{mci} = -\{G_{mpi} \quad G_{mvi}\} \begin{Bmatrix} \eta_i \\ \dot{\eta}_i \end{Bmatrix} \quad (17)$$

以上の定式化により、 $i$  次モード変位およびモード速度をモードセンサによって計測することで、モード別に独立でフィードバック制御することが可能となる。

前述の制御則に基づいて振動制御を行う場合に、アクチュエータの配置箇所を求めるための定式化を行う。

制御対象となるモードおよびそれ以外の残余モードに対して、任意の制御入力  $\{V\}: N_a \times 1$  が与えられたときに生じる制御力は次式で定義される。

$$\{f_{mc}\} = [B_c]\{V\} \quad (18)$$

$$\{f_r\} = [B_r]\{V\} \quad (19)$$

ここで、 $\{f_{mc}\} = \{f_{mc1} \quad \dots \quad f_{mci} \quad \dots\}^T: N_{mc} \times 1$  は制御対象モードに対する制御力ベクトル、 $[B_c]: N_{mc} \times N_a$ 、 $\{f_r\}: N_{mcr} \times 1$ 、 $[B_r]: N_{mcr} \times N_a$  はそれぞれ制御入力-制御力関係マトリックス、残余モードに対する制御力ベクトル、制御入力-残余モード制御力関係マトリックスを表している。また、 $N_a$ 、 $N_{mc}$ 、 $N_{mcr}$  はそれぞれアクチュエータ個数、制御モード数、残余モード数を表す。なお、 $[B_c]$  および  $[B_r]$  を求める際、PZT の剛性は面内で等方性であり圧電特性は  $d_{31}=d_{32}$  である。(18)式の左辺は(17)式によって求められ既知であり、アクチュエータ個数と制御モード数が等しい、すなわち  $N_a = N_{mc}$  とすると、制御入力簡単に求められる。

$$\{V\} = [B_c]^{-1}\{f_{mc}\} \quad (20)$$

(20)式を(19)式に代入すると、制御対象モードに対して求められた制御入力をアクチュエータに印加

したときに生じる残余モード制御力，すなわち制御スピルオーバーが得られる。

$$\{f_r\} = [B_r][B_c]^{-1}\{f_{mc}\} \quad (21)$$

制御スピルオーバーが生じると，考慮していない高次モードが励起され，励起された高次モードがセンサ出力に影響して観測スピルオーバーが生じやすくなる。生じた観測スピルオーバーは制御入力の決定に影響を与え，その結果制御系が不安定になることも考えられる。したがって，制御スピルオーバーを出来るだけ小さくすることが制御系を安定化するために重要である。本研究では，アクチュエータを最適配置することで制御スピルオーバーの最小化を実現する。そこで，センサ最適配置の目的関数と同様の考え方に従って，アクチュエータ最適配置のための目的関数を次式で定義する<sup>5)</sup>。

$$J_a = \min \lambda_{\max}([B_{sp}]) \quad (22)$$

ここで， $[B_{sp}] = ([B_c]^{-1})^T [B_r]^T [B_r][B_c]^{-1}$ である。以上の定式化より，(22)式を最小にする配置箇所が，アクチュエータ最適配置箇所となる。

### 3. 振動制御実験結果

#### 3.1 実験共試体

本報では振動制御実験の対象として，図1に示す[0/45/-45/90]<sub>s</sub>の積層構成を有する片持ち CFRP 積層板を用いる。CFRP の材料定数を表1に示す。CFRP 積層板は図1のように，10×10の有限要素に分割し，古典積層理論および板曲げ要素により数値モデルを構築した。図中斜線で示される箇所が片持ち固定箇所を示している。また，図中★で表される箇所は加振力作用点であり，★に1mmの初期変位を与え瞬間的に解放することで平板を加振する。

センサは加速度センサを用いる。加速度センサは有限要素分割された平板の格子節点上に配置され，貼付箇所における面外方向加速度を計測する。ここで，センサの剛性質量は微小であり，平板の振動に及ぼす影響を無視する。アクチュエータにはPZT片を用い，表1中に示す材料定数を有する。PZTは平板の有限要素に一致するように貼付され，貼付箇所において面内変位を発生することで曲げモーメントを生じ，振動を抑制する。PZTの剛性および質量を考慮して数値モデルを構築した。

#### 3.2 実験装置

図2に本研究で使用する実験装置の概要図を示

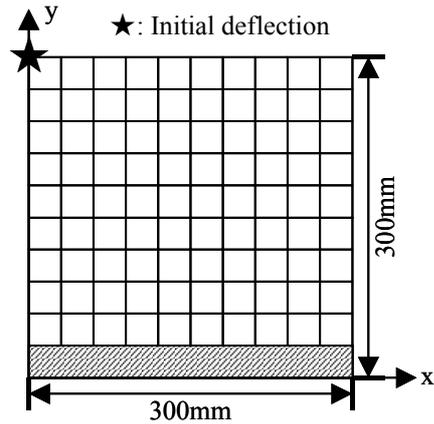


図1. 実験共試体

表1. 材料定数

CFRP [0/45/-45/90] <sub>s</sub>				
E <sub>11</sub> (GPa)	E <sub>22</sub> (GPa)	G <sub>12</sub> (GPa)	ν <sub>12</sub>	ρ(kg/m <sup>3</sup> )
135	6.8	2.8	0.32	1521
PZT				
d <sub>31</sub> (pm/V)	E(GPa)	ν	ρ(kg/m <sup>3</sup> )	Thickness(mm)
-185	63.0	0.3	7700	1.0

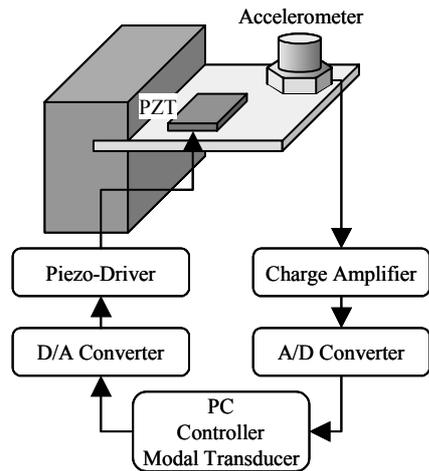


図2. 実験装置

す。図に示されるように平板の表面に貼付された加速度センサ（小野測器: NP-2110）によって振動応答を計測し，チャージアンプ（小野測器: CH-1100），A/D変換器（National Instruments: NI PCI-6024E）を介してPCへ入力される。PCに入力されたデータよりモード変位およびモード速度を推定し，制御モード毎のフィードバック制御力を求める。求めた制御力の情報はD/A変換器（National Instruments: NI PCI-6713），ピエゾドライバ（NF回路ブロック: As-904-150B）を介してPZT（富士セラミクス: C-64）に入力され振動を抑制する。なお，平板角の面外方向変位を計測するためにレーザ変位計（KEYENCE: LK-030/LK-2000）を使用し，制御コントローラは

LabView™ (National Instruments)で構築した。

### 3.3 モードセンサによる振動計測

初めに、振動モード計測におけるセンサ配置箇所が計測精度に及ぼす影響について検討する。図3に加速度センサ4個の配置結果を示す。図3(a)は最適配置箇所、(b)は比較のため単純な規則に従って配置した基準配置箇所を表している。図より、平板の異方性の影響を受けて最適配置箇所が単純な対称形となっていないことがわかる。次に、これらのセンサを用いた1次モードの計測結果を図4に示す。図4(a)には最適配置、(b)には基準配置の場合の結果が示されている。また図中実線はモードセンサによって推定されたモード変位、破線は有限要素法より求められるモード変位の正解値を表している。これらの結果より、センサが基準配置箇所に配置されている場合にはほとんど推定が出来ていないのに対して、センサの最適配置をすることでモード変位の推定精度が大幅に改善されていることがわかる。以上の結果から少数のセンサによる振動計測を行う場合には、スパルオーバ最小化基準に基づくセンサ最適配置が有効であることが明らかとなった。

### 3.4 モード別振動制御

次に、前節までに得られたモード変位に基づく振動制御について検討する。本報では各振動モードを独立に制御するモードアクチュエータについて検討する。図5にPZT2個を用いる場合の最適配置結果を示す。図5(a)は最適配置箇所、(b)は単純な規則に従って配置した基準配置箇所を表している。平板の角(図1中★)に与えた1mmの初期変位を瞬間的に解放して平板を加振した後、1次モードと2次モードを同時に制御した結果について図6に示す。なおセンサは図3(a)で示した最適配置箇所に4個の加速度センサを配置した。図6(a)は最適配置、(b)は基準配置の場合の結果を表しており、振動制御結果は平板角の面外方向変位履歴によって与えた。図中太線はアクチュエータによって振動制御を行った closed loop の場合の変位履歴を、細線は制御を行っていない open loop の場合の変位履歴を表している。これらの結果から、アクチュエータを最適配置箇所に配置した場合には速やかに振動が抑制されているのに対して、基準配置箇所に配置した場合にはほぼ自然減衰による減衰のみであり、制御効果がほとんど見られない。このときのアクチュエータ入力電圧履歴について図7および図8に示す。図7は最適配置、

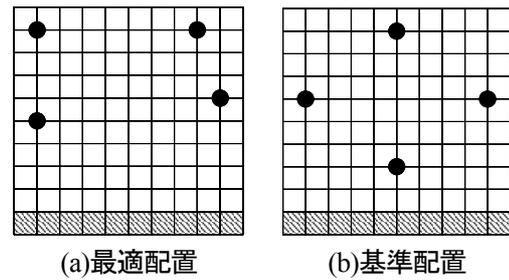
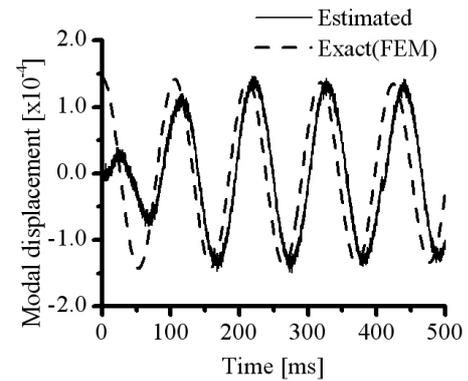
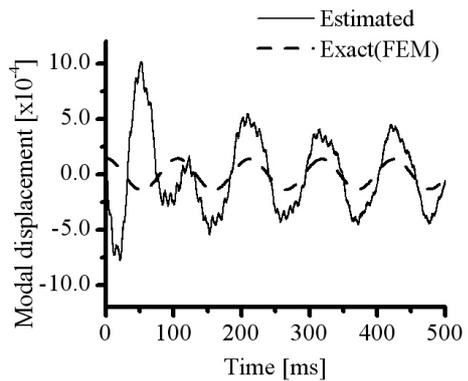


図3. センサ配置箇所 (センサ4個)



(a) 最適配置



(b) 基準配置

図4. モード変位計測結果 : 1次モード

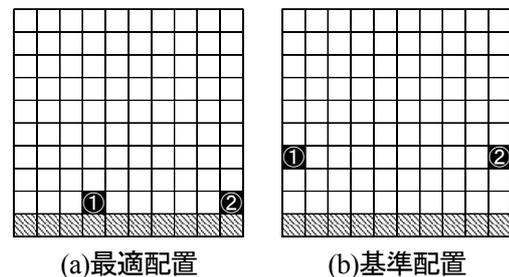


図5. アクチュエータ配置箇所

図8は基準配置の場合のアクチュエータ入力電圧履歴を表しており、各図(a)(b)は図5中に示したアクチュエータ番号を有するアクチュエータの入力電圧履歴に対応する。これらの結果から、最適配置の場合には安定した制御入力波形が得られているが、基準配置の場合には異常な高周波成分が波

形に含まれており、正常な振動制御が出来ていないことがわかる。その結果、図 6(b)に示したように、ほとんど振動制御の効果が得られていない。以上の結果より、少数のアクチュエータによって速やかな振動抑制を実現するためには、アクチュエータの最適配置が重要であることが明らかとなった。

なお、図 6(b)において振動が発散していないのは、実験で使用したピエゾドライバの出力上限である 75V が比較的低い電圧であるために、平板の振動を発散させるほどのエネルギーを有していないためであると考えられる。また基準配置の場合のアクチュエータ入力電圧履歴が 1 秒付近で停止しているのは、実験の実施中に機器の故障を防止するために手で装置を停止させたためである。

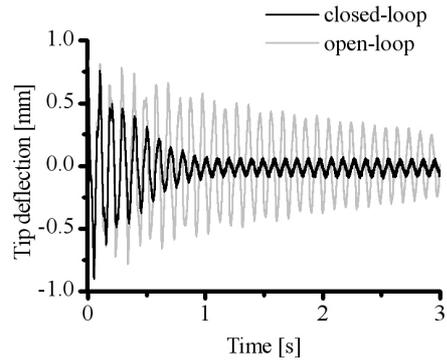
4. 結言

本報では、観測・制御スピルオーバー最小化基準に基づくモードセンサ・モードアクチュエータ構築法について、CFRP 積層平板を対象とした振動制御実験を行い、有効性を検討した。その結果、少数のセンサ・アクチュエータを用いるような場合であっても、本研究で提案するモードセンサ・モードアクチュエータ構築法を適用することによって、速やかな振動抑制が可能となることが明らかとなった。

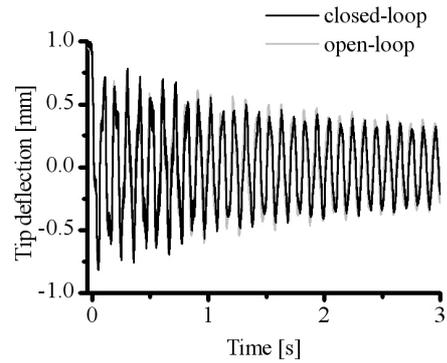
今後は低周波領域に多数の固有振動モードが存在する構造の振動制御や、シェル構造の振動制御への応用を検討する。

参考文献

- 1) Yang, S. M. and Lee, Y. J.: Optimization of Non-Collocated Sensor/Actuator location and Feedback Gain in Control Systems, *Smart Mater. Struct.*, Vol. 2, pp. 96-102 (1993).
- 2) Damaren, C. J.: Optimal Location of Collocated Piezo-Actuator/Sensor Combinations in Spacecraft Box Structures, *Smart Mater. Struct.*, Vol. 12, pp. 494-499 (2003).
- 3) Lee, C. K. and Moon, F. C.: Modal Sensors/ Actuators, *Trans. of the ASME J. Appl. Mech.*, Vol. 57, pp. 434-441 (1990).
- 4) Ryou, J. K., Park, K. Y. and Kim, S. J.: Electrode Pattern Design of Piezoelectric Sensors and Actuators Using genetic Algorithms, *AIAA J.*, Vol. 36-2, pp. 227-233 (1998).
- 5) Sun, D., Tong, L. and Wang, D.: Vibration Control of Plate Using Discretely Distributed Piezoelectric Quasi-Modal Actuators/ Sensors, *AIAA J.*, Vol. 39-9, pp. 1766-1772 (2001)
- 6) Chen, C. Q. and Shen, Y. P.: Optimal Control of Active Structures with Piezoelectric Modal Sensors and Actuators, *Smart Mater. Struct.*, Vol. 6, pp. 403-409 (1997).

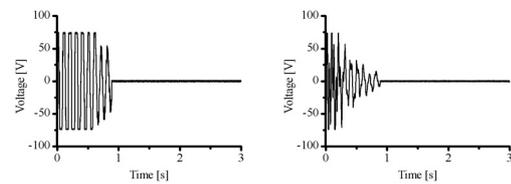


(a)最適配置



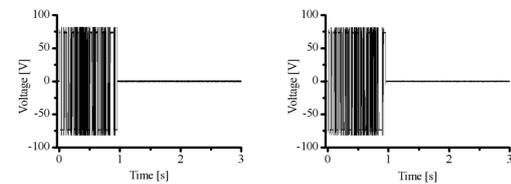
(b)基準配置

図 6. 振動制御結果



(a)アクチュエータ① (b)アクチュエータ②

図 7. アクチュエータ入力電圧履歴 (アクチュエータ最適配置)



(a)アクチュエータ① (b)アクチュエータ②

図 8. アクチュエータ入力電圧履歴 (アクチュエータ基準配置)

- 7) 川畑成之, 福永久雄: センサ・アクチュエータの最適配置に基づく CFRP 積層板の振動計測・振動制御第 1 報 数値シミュレーション, 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 52-610, (2004) -印刷中
- 8) Wang, Z., Chen, S. and Han, W.: Integrated Structural and Control Optimization of Intelligent Structures, *Eng. Struct.*, Vol. 21-2, pp. 183-191. (1999).

# 過渡安定度に及ぼす設計要素の影響評価手法

三木哲志<sup>※1</sup> 杉野隆三郎<sup>※2</sup> 河野良之<sup>※3</sup> 横川和宏<sup>※1</sup> 村田敦史<sup>※1</sup>

## The Effect Assessment Method of Design Factors on Transient Stability

Tetsushi MIKI Ryuzaburo SUGINO Yoshiyuki KONO  
Kazuhiro YOKOGAWA Atsushi MURATA

The objective of this paper is to investigate the method which can assess accurately and efficiently the effects of design factors on transient stability of power systems. At first, critical fault clearing time functions CCT(W:load) are defined by taking notice of the fact that transient stability is mainly controlled by fault clearing time and load. Next, the method to be able to assess accurately and efficiently the effects of design factors on transient stability has been newly developed by using the above functions. Finally, it has been applied to the effect assessment in the occurrence of faults in two model power systems with 5 and 3 generators. Results of application have been clarified the effectiveness of the developed method.

**KEY WORDS:** power system, transient stability, critical fault clearing time, simulation

### 1 はじめに

電力系統に事故が発生した場合に生じる過渡事象は極めて複雑であり、系統構成、構成機器、制御保護システム等の設計要素によって大きな影響を受ける。過渡事象を精度良く評価するためには、解析的手法では限界があり、シミュレーション手法を使用しなければならないが、同手法には次に示す問題がある。

- (1) 多大な計算時間とコストが要求される。
- (2) 個々の計算ケースの結果から、評価全体の見通しを立てにくい。
- (3) 計算条件が変更されると、別の計算ケースとして最初からシミュレーションを実行する必要がある。

上記問題点を克服するために、シミュレーションによって生成された臨界故障除去時間関数を用いて過渡安定度を評価する手法が開発された。本関数を用いることにより、評価全体の見通しが立

てられ、計算条件が変更されても、ベースになる関数に基づいて、変更後の関数を容易に推定できるため、計算ケース数を大幅に削減可能である。

<sup>1)</sup> 過渡安定度は事故発生後の各発電機の相差角の過渡特性によって支配され、主要な事故波及要因となるため、電力系統の動態信頼度に多大な影響を与える。このため、電力系統における最も重要な評価特性の一つとなっている。本論文では、上述の手法を活用して、過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を定量的に評価する手法を新たに開発した。

本研究の概要を説明すると、まず、過渡安定度が主として故障除去時間と負荷によって支配されることに着目し、臨界故障除去時間関数 CCT(W:負荷)を定義した。次に、系統シミュレーションを実行することにより臨界故障除去時間関数を生成し、これを用いて過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を高精度で効率的に評価可能な手法を開発した。さらに、本手法をモデル電力系統に適用

して過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を定量的に評価し、開発した手法の有効性を検証した。

## 2 影響評価手法

影響評価手法のフローチャートを図1に示す。フローチャートを構成する各ステップの概要を次に述べる。

### (1) 詳細評価をする全設計要素の選定

評価すべき設計要素は多く、それらの全てを詳細に評価するのは、効率が悪い。そこで、予備評価を行い、詳細評価する全設計要素を選定する。

#### 1) 予備評価する設計要素の設定

2) 設定した設計要素に対応する臨界故障除去時間の算定

負荷の確率密度関数において高い値をとる負荷（一般には定格負荷の100%近傍）において、厳しい事故が発生したケースに限定して設定した設計要素に対応する臨界故障除去時間を算定する。これによって、算定数を大幅に削減できるが、限定し過ぎると詳細評価すべき設計要素を予備評価の段階で削除してしまう恐れが生じるので、適切な限定条件を設定できるようにデータベースを蓄積することが必要である。

#### 3) 詳細評価する設計要素の選定

臨界故障除去時間を大きくさせる設計要素ほど過渡安定度向上させるのに有効であることを考慮し、必要なだけ1)から2)を繰り返すことにより詳細評価する全設計要素を選定する。

#### (2) 詳細評価する設計要素の設定

系統構成、構成機器、制御保護システム等の設計要素を重要度の高いものを優先的に設定する。

#### (3) 評価事故 $i$ の設定

厳しい事故ほど優先的に設定する。

#### (4) 臨界故障除去時間関数の生成

臨界故障除去時間 CCT は、負荷、事故の発生場所や種類などによる系統状態に依存して変化する量である。ここでは、その中の負荷の変化に注目して電力系統の過渡安定度解析を行う。臨界故障除去時間関数生成のためのフローチャートを図2に示す。なお、CCTは効率を上げるため、2分法を用いて計算されている。<sup>2)</sup>

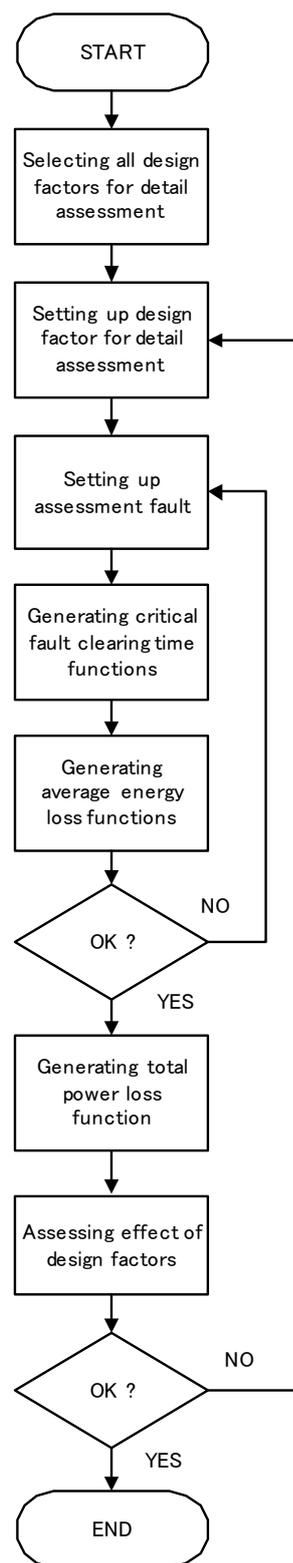


図1. 影響評価手法のフローチャート

各ステップの処理内容の概要を次に述べる。

#### 1) 負荷の設定

2) 故障除去時間下限値  $CT_1$  と故障除去時間上限値  $CT_2$  の初期値の設定

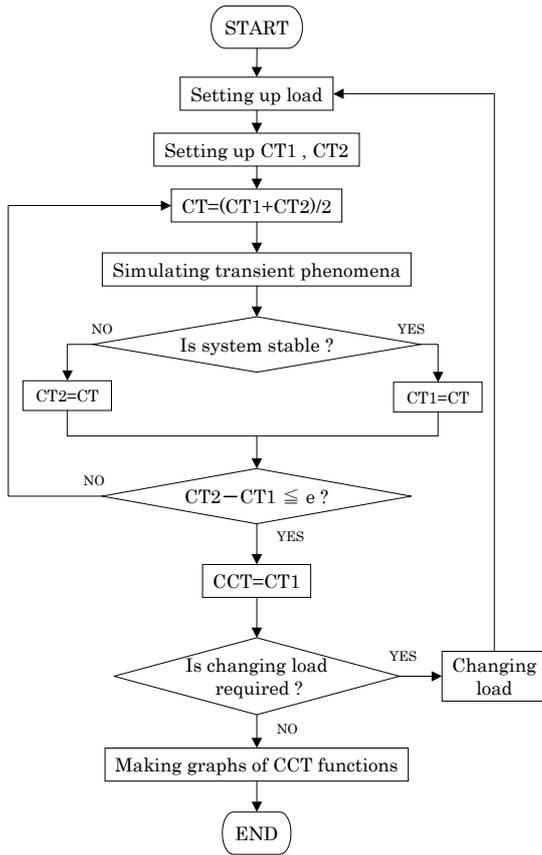


図2. 臨界故障除去時間関数生成のためのフローチャート

最終的に算定される CCT を確実に包含するように、故障去時間下限値 CT1 と故障除去時間上限値 CT2 の初期値を設定する。なお、CT1 と CT2 の間隔が狭いほど、計算回数は少なく済み、効率的であるが、狭くし過ぎると包含することが保証されなくなるので両者のトレードオフを計る必要がある。

3) 中間点 CT の計算

次に過渡事象シミュレーションを実行する故障除去時間である中間点 CT を CT1 と CT2 の平均を取ることにより計算する。

4) 過渡事象シミュレーションの実行

系統シミュレーションは、潮流計算を実行することにより、電力系統の初期状態をまず求め、次に、これを初期値として当該系統に発生した事故に対応して立てた動揺方程式を数値計算することにより行う。

5) 過渡安定度のチェック

過渡事象シミュレーション結果に基づいて過渡安定度をチェックする。系統が安定の場合は CT

1 を中間値 CT に置き換える。そうでない場合は CT2 を CT に置き換える。

6) 計算精度のチェック

CT1 と CT2 の間隔と要求される計算精度 e を比較する。間隔が e より小さい場合は十分計算精度が確保されたと判断して、CCT を CT1 と置き換えて、CT を求める。そうでない場合はステップ3) へ飛ぶ。

7) 負荷変化の要求のチェック

要求を満足する当該関数を生成するために、さらに負荷を変化させて CCT データを収集する必要があるかどうかを判断する。必要な場合は臨界故障除去時間関数の特性を利用して計算効率を上げるために開発したアルゴリズムに従って負荷を変更し、ステップ1) へ飛ぶ。<sup>3)</sup> そうでない場合は上記に示す方法によって得られた CCT データより、一次スプライン関数を用いて近似して臨界故障除去時間関数を作成し、それをグラフ化する。

(5) 平均供給支障電力量関数の生成

1) 故障除去時間 CT の設定

2) 事故 i の平均供給支障電力量の算定

臨界故障除去時間関数と系統負荷の確率密度関数に基づき、以下に示すように、事故 i の平均供給支障電力量を求める。まず、事故脱調モードごとに平均供給支障電力量 (WTA<sub>im</sub>) を求め、次にそれらの総和をとることにより事故 i の平均供給支障電力量 (WTA<sub>i</sub>) を求める。

$$WTA_{im} = \int_{Wb}^{Wt} PL(W)C_{im}(W)R_{im}(W)T_{im}(W)Wdw$$

..... (1)

ここで

WTA<sub>im</sub>: 事故 i、脱調モード m の平均供給支障電力量

W: 負荷

Wb: 負荷の最小値

Wt: 負荷の最大値

PL(W): 負荷の確率密度関数

C<sub>im</sub>(W): 事故 i、脱調モード m の臨界故障除去時間関数を CCT<sub>im</sub>(W)、故障除去時間を CT としたとき

CCT<sub>im</sub>(W) - CT > 0 のとき 0 (安定)

CCT<sub>im</sub>(W) - CT ≤ 0 のとき 1 (不安定)

と定義される脱調発生判別関数

$R_{im}(W)$  : 正常時の総発電量に対する事故  $i$ 、脱調モード  $m$  における喪失発電量の比

$T_{im}(W)$  : 事故  $i$ 、脱調モード  $m$  の平均事故持続時間

$$WTA_i = \sum_{m=1}^{mt} WTA_{im} \cdots \cdots \quad (2)$$

ここで

$WTA_i$  : 事故  $i$  に対する平均支障電力量

$mt$  : 脱調モードの総数

3) 事故  $i$  に対する平均供給支障電力量関数の生成に必要なだけ 1)、2) を繰り返すことにより、事故  $i$  に対する平均供給支障電力量関数  $WTA_i(CT)$  を求める。

(6) 評価事故のチェック

全ての事故が評価されたかどうかチェックする。全ての事故が評価されている場合は、ステップ (7) へ進み、そうでない場合は、ステップ (3) へ飛ぶ。

(7) 全ての事故を統括した平均供給支障電力関数の生成

各事故に対する平均供給支障電力量関数と事故率を用いて、以下に示すように全ての事故を統括した平均供給支障電力関数  $WA(CT)$  を求める。

$$WA(CT) = \sum_{i=1}^{it} WTA_i(CT) \cdot Fi \cdots \quad (3)$$

ここで

$WA(CT)$  : 全ての事故を統括した平均供給支障電力関数

$Fi$  : 事故  $i$  に対する事故率

$WTA_i(CT)$  : 事故  $i$  の平均供給支障電力量関数

$it$  : 評価した事故の総数

(8) 過渡安定度に及ぼす設計要素の影響評価

生成した全ての関数を用いて過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を評価する。

(9) 評価設計要素のチェック

全ての設計要素が評価されたかどうかチェックする。全ての設計要素が評価されている場合は評価を終了し、そうでない場合は、ステップ (2) へ飛ぶ。

### 3. モデル系統への適用

#### 3.1 前提条件

開発した手法を次に示す前提条件の下で、2つのモデル電力系統へ適用し、その有効性を評価した。

(1) 対象とする電力系統は、初期状態において全てのコンポーネントが正常に運転しているものとする。

(2) 系統に発生する事故の影響で系統のコンポーネントが停止中に、他箇所での更なる事故の発生はないとする。

(3) 負荷の確率密度関数を5つの状態からなる離散関数で表現し、それを用いる。また負荷の季節や時刻による変化パターンは互いに相似とみなす。

(4) 発電機は  $d$ 、 $q$  の2軸モデルを採用し、制御系として励磁システム (excitation systems) と調速器 (governors) を考慮する。

(5) 過渡安定度喪失が発生したかどうかは、発電機内部相差角  $\delta$  が  $2\pi$  を超えたかどうかで判断する。 $\delta$  が  $2\pi$  を超えると、発電機が同期を保てなくなり、脱調状態に陥る。

#### 3.2 モデル電力系統1における影響評価

発電機を5機備えた2回線より成る図3に示すモデル電力系統1の1回線に、三相地絡がノード14の近傍で発生した場合を例にとり、影響を評価した。なお、本系統において発電機1の容量は他の発電機に比べて圧倒的に大きく、他の発電機の全容量は487MVAである。評価の結果、明らかになった事項を次に列挙する。

(1) 自動電圧調整装置 (AVR) として THE X系 (サイリスタ励磁型) を採用した場合の臨界故障除去時間関数を図4に示す。図より、各発電機とも負荷を増加すると、臨界故障除去時間は128%まで単調に増加し、そこで最大となり、系統は最も安定になるが、それを過ぎると急激に減少することが分かる。

(2) 4種類の AVR に対する発電機3の臨界故障除去時間関数を図5に示す。図より、AVRはST1A系 (静止型励磁方式)、THE X系とAC1A系 (交流励磁方式)、DC1A系 (直流励磁方式) に大別でき、後者では負荷が80%までは臨界故障除去時間がほぼ零になっているため、前者の方が本系統により適しているといえる。しかし、100%ではむしろ後者の方が少し安定なの

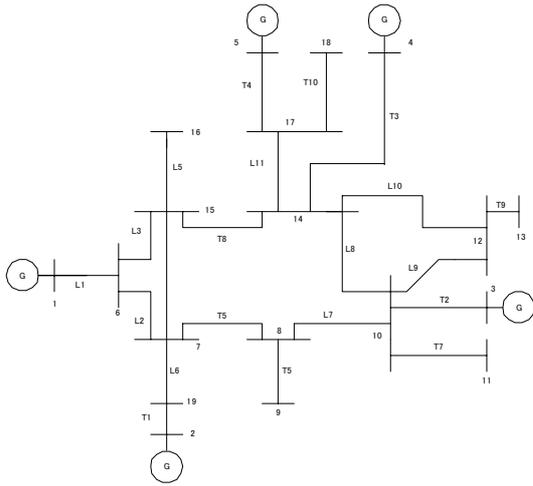


図3 モデル電力系統1の構成

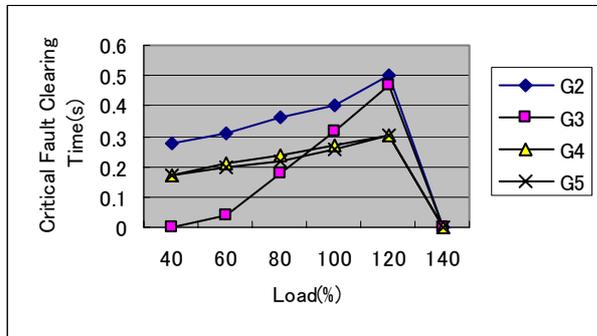


図4 臨界故障除去時間関数 (THEX系)

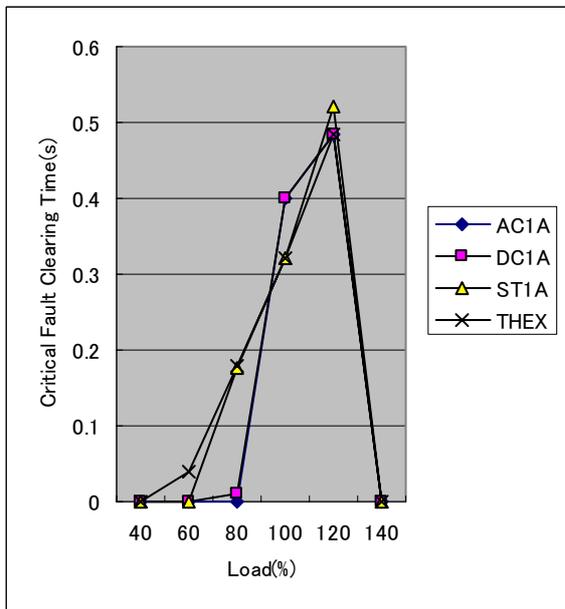


図5 AVRが及ぼす臨界故障除去時間関数への影響

で、詳細評価するAVRを選定する時、100%だけでなくその近傍(具体的には80%)も評価することが必要であることが分かる。

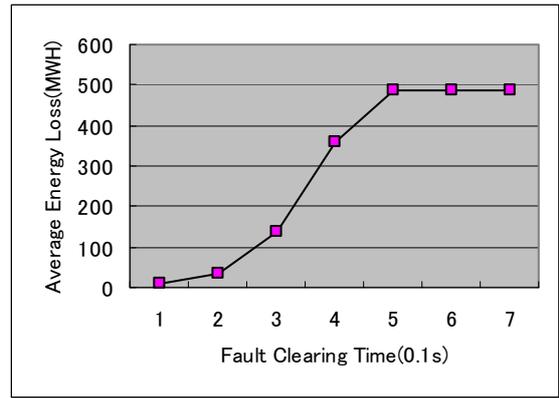


図6 平均供給支障電力量関数

(3) 図4に示す臨界故障除去時間関数を用いて生成した平均故障電力量関数を図6に示す。図より、故障除去時間を増加すると平均故障電力量は単調に増加するが、故障除去時間が0.2秒から0.5秒の間で急激に増加し、それを過ぎると飽和することが分かる。また、これから事故除去時間が0.2秒以下になるように制御・保護装置を設計し、設置すべきであることが分かる。

### 3.3 モデル系統2における影響評価

発電機を3機備えた2回線より成る図7に示すモデル電力系統2の1回線に、ノード5の近傍で事故が発生した場合を例にとり、影響を評価した。評価の結果、明らかになった事項を次に列挙する。

(1) 線間インピーダンスが全て零の条件下で、LLL(三相短絡)、LLG(二相短絡一相地絡)LL(二相短絡)、LG(一相短絡一相地絡)の各事故が発生した場合の臨界故障除去時間関数を図8に示す。図より事故種類によってほとんど影響を受けないことが分かった。

(2) 線間インピーダンスを構成する抵抗R、リアクタンスXをそれぞれ変更した場合の臨界故障除去時間関数を図9に示す。図より、抵抗を増加させてもほとんど影響を受けないが、リアクタンスを増加させる当該関数は上方に移行し、過渡安定度を向上させることが分かった。これは、リアクタンスの増加により、事故発生時の発電機の加速エネルギーを有効に吸収できるためと考えられる。

(3) 図8、9より、負荷が定格の70%以下では故障除去時間に関わらず過渡安定度が保持でき

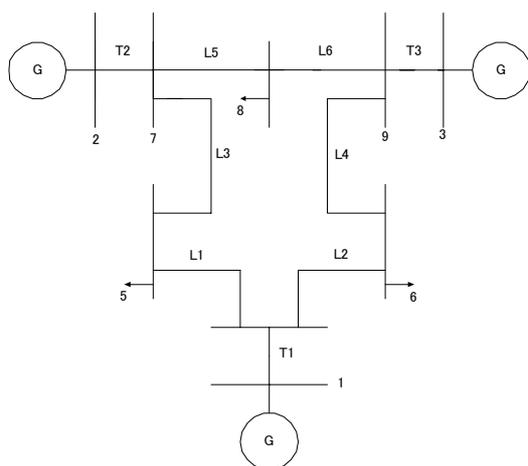


図7 モデル電力系統2の構成

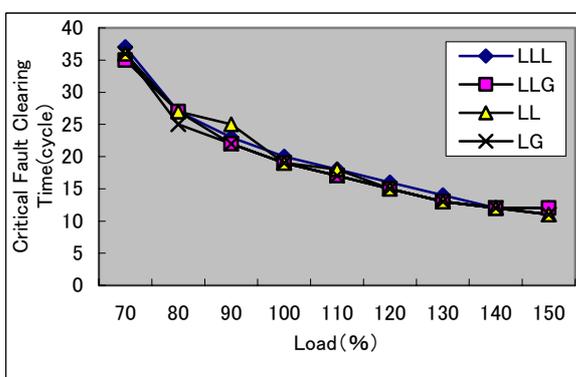


図8 事故種類が及ぼす臨界故障除去時間関数への影響

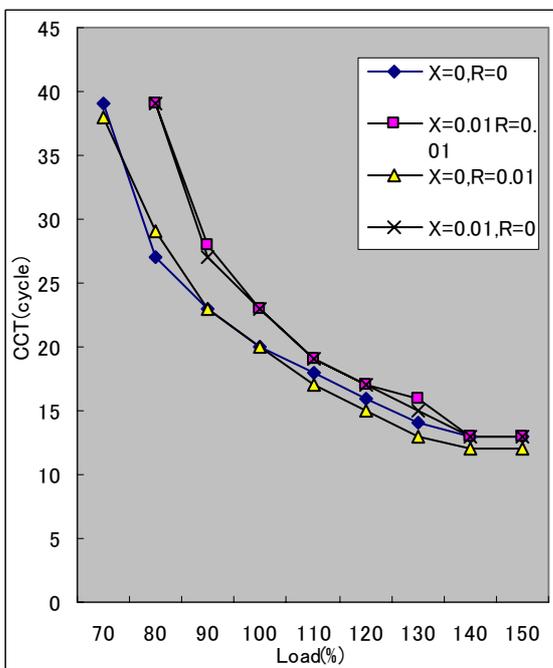


図9 線間インピーダンスが及ぼす臨界故障除去時間関数への影響

にすると150%までは過渡安定度を保持できることが分かった。

#### 4. まとめ

2つのモデル電力系統において、1つのノードに事故が発生した場合を例にとり、開発した手法を用いて過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を定量的に評価した。その結果、次の事項が明らかになった。

(1) 本手法を用いることにより、過渡安定度に及ぼす設計要素の影響評価を高精度で効率的に行うことができる。

(2) 臨界故障除去時間関数は負荷を増加するにつれて単調に増加し、最大になった後、単調に減少する。ただし、系統構成や構成機器によって当該関数は大きく変化する。

(3) 過渡安定度は電力系統の主要な事故波及要因であるため、本手法は電力系統の動態信頼度向上設計のための有力なツールとして使用可能である。

#### 謝 辞

本研究は日本学術振興会より科学研究費補助金：基盤研究(C)(2)14550285の交付を受け、行いました。ここに記して感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) T.Miki, D.Okitsu, E.Tkashima, Y.Abe, and M.Tano : "Power System Transient Stability Assessment Using Critical Fault Clearing Time Functions", IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002 : Asia Pasific, Vol. 3, pp.1514~1517, Yokohama, Japan (2002)
- 2) S.Abreshaid, R.Billinton and M.Fotuhi-Firuzabad, "Probabilistic Transient Stability Studies Using the Method of Bisection", IEEE Trans. Power Systems, Vol.11, pp.1990~1995 (1996)
- 3) T.Miki, R.Sugino and Y. Kono, "The Efficient Generation Method of Critical Fault Clearing Time Functions for Power System Transient Stability Assessment", WSEAS Transactions on Computers, Issue 1, Vol.2, pp.116~121(2003)

ること、また、故障除去時間を1.2サイクル以下

# イメージアンケートを用いた 斜張橋の構造形態についての分析

森山 卓郎<sup>\*1</sup>

## Analysis on Structural Form of Cable-Stayed Bridge Using the Image Questionnaire

Takuro MORIYAMA

### Abstract

The landscape design of bridges and considerations to surrounding environment of bridges are required these days. In this study, the structural form of cable-stayed bridge was analyzed by applying the image questionnaire developed at the Nippon color & design research institute Inc. in order to acquire the fundamental knowledge on the landscape design of bridges. After the computer graphics of various cable-stayed bridges changed the type and the number of spread cables, and the shape of main tower were shown to 41 students, they replied to the image questionnaire. The effects of the differences of structural form on the landscape of bridges were investigated by comparing with the results of the image questionnaire on various cable-stayed bridges.

**KEY WORDS:** image questionnaire, cable-stayed bridge, landscape design

### 1 はじめに

我が国の高度経済成長の時代には、国土基盤である橋梁などの土木構造物を早く、安く、大量に、なおかつ安全につくることが重要視されていた<sup>1)</sup>。その結果、基準や示方書などの標準設計に基づく無味乾燥で画一的な橋梁が多くなり、安全ではあるが、建築物と違って外見に関しては、基本的に誰がつくっても似たような構造になっている。

その後、経済的発展とともに人々の生活にも変化が見られるようになり、価値観は徐々に変化しはじめ、公共空間においても機能だけでなく、快適性や個性、周辺環境との調和や環境生態系への配慮といったことも求められるようになっている。現在では、景観や環境を考慮した設計は必要不可欠となっている。また、近年においては、土木構

造物においても、「デザイン」という用語が使用されるようになってきており、土木構造物の設計においても変化が見られつつある<sup>2)</sup>。

しかしながら、景観や環境を考慮した橋梁を設計するといっても、安全性や耐久性に関する設計とは異なり、基準化された設計手法があるわけではない。人々が橋梁に対して持つ感性は人の主観的な判断によることが大きく、通常曖昧な表現で示されるため、これらを定量的に評価することは容易ではない。最近では、アンケートを用いた検討も多く、SD法による検討<sup>3)</sup>やイメージアンケートによる検討<sup>4)5)</sup>など、橋梁景観評価に関する研究が数多く行われている。

本研究では、イメージアンケートを用いた検討を行った。イメージアンケートとは、(株)日本カラーデザイン研究所で開発されたアンケートであり、

\*1 建設システム工学科

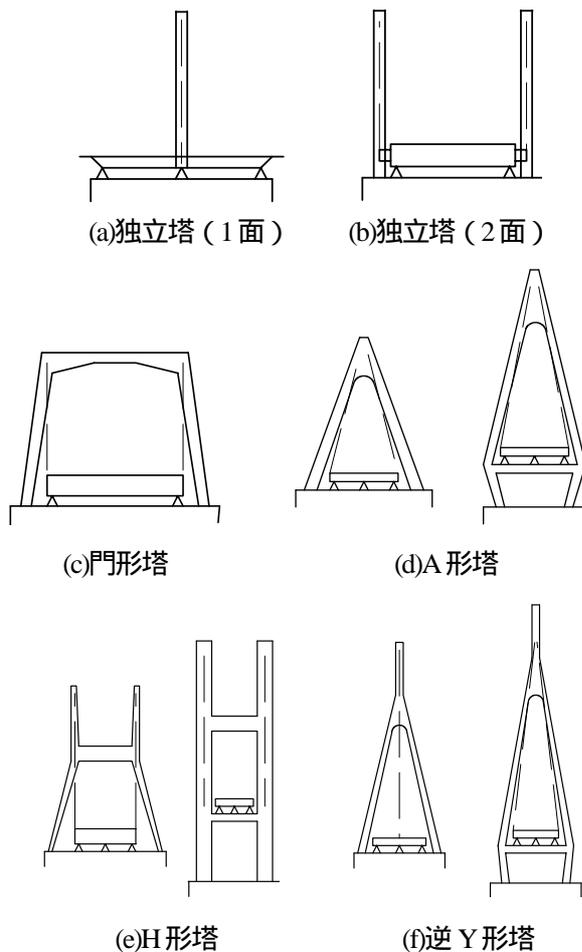


図1 斜張橋の主塔形状

分析データ化された 180 語のイメージの形容詞から、テーマに合った言葉を 15~20 語選ぶことで、簡易に嗜好調査やイメージ調査分析ができる方法である。本研究では、イメージアンケートを橋梁景観評価に適用することによって分析を試みた。

検討対象橋梁としては斜張橋を取り上げた。斜張橋は、2 径間または 3 径間の連続桁橋における中間橋脚上の塔から張った斜めの引張部材によって橋桁を吊り上げて支える構造の橋である。主塔形状やケーブル張り形式などにおいて多様な構造形式を有し、橋梁景観やデザインを検討するには効果的であると考えられる。1950 年代に、ドイツのライン川に本格的な斜張橋が架けられて以来、今までにないスレンダーな外観が新鮮な印象を与えたことによって、これまでに多くの斜張橋が世界中で建設されてきた<sup>6)</sup>。スパンが 500~900m 程度以下では、吊橋よりも経済的に建設できるケースが多い。また、設計の自由度から、斜張橋の構造形式は多岐にわたっている。橋の側面から見たケーブルの張り形式として、ラジアル形式、ハープ形式、ファン形式が代表的である。また、ケーブル

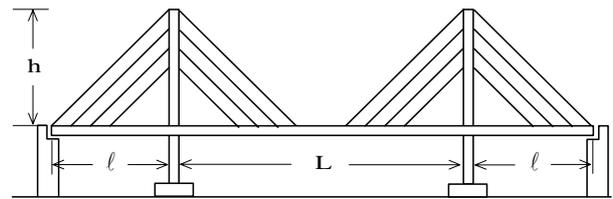


図2 アンケート対象橋梁

の張り形式とともに斜張橋の顔の役割ともいえる主塔形状にも様々な種類がある。代表的な主塔形状としては、一本独立塔、門形塔、A 形塔、H 形塔、逆 Y 形塔がある。図 1 に橋軸方向から見た主塔形状を示す。これら以外にも、斜張橋の構造形態の要素として、主塔の側面形状やスパン割り、ケーブル面数 (1 面吊りまたは 2 面吊り) の違いなどがある。このように、斜張橋は多様な形態を有する橋梁形式であり、横浜ベイブリッジなど地域のランドマークになっている美しい橋も多い。

本研究では、橋梁の景観設計に関する基礎的知見を得ることを目的として、本校建設システム工学科の学生に斜張橋の CG を見せた後、イメージアンケートを行い、得られた回答結果についての比較・分析から、斜張橋のケーブルの張り形式や本数、主塔形状などの構造形態の違いが橋梁景観のイメージに及ぼす影響について検討した。

## 2 アンケート方法

### 2.1 アンケート対象橋梁

既往の研究<sup>7)</sup>をもとに、斜張橋の構造的要素のうち、スパン割り、ケーブルの張り形式や本数、主塔形状を変化させて、アンケート対象橋梁モデルを作成した。図 2 に示すような斜張橋において、構造系全体にわたる寸法や構造形式は以下の力学的な基準をもとに決定した<sup>8)~10)</sup>。

#### (a) スパン割り

$l/L = 0.4$  に近いほど力学的に安定

#### (b) 主塔高さとの割合

$h/L = 0.19$  に近いほど力学的に安定

#### (c) 主塔形状

座屈に対する安定性から、上に行くほど幅の遞減のある方が力学的に安定

#### (d) ケーブル本数

ケーブル 1 本当たりの張力が小さくなるため、少数ケーブルよりもマルチケーブルの方が力学的に安定

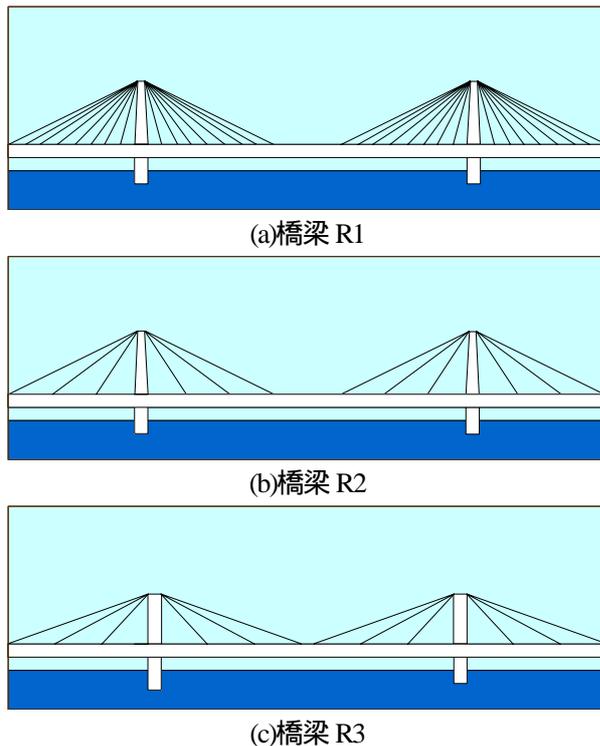


図3 ラジアル形式の斜張橋

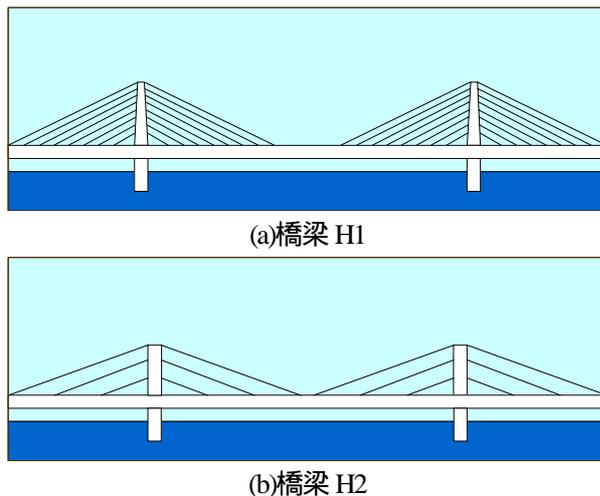


図4 ハープ形式の斜張橋

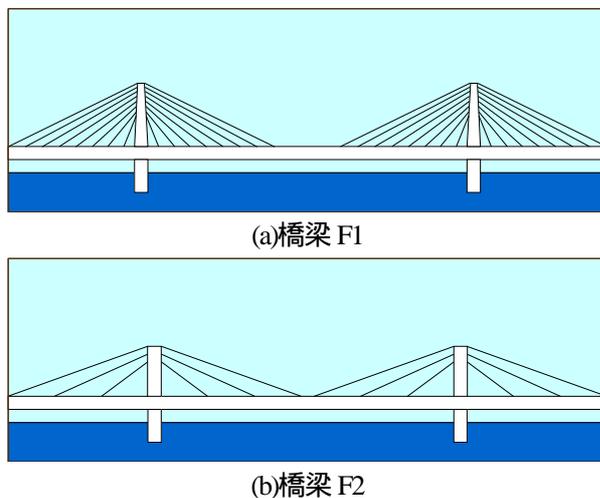


図5 ファン形式の斜張橋

表1 ラジアル形式モデルの諸元

名称	$\ell/L$	$h/L$	主塔形状	ケーブル本数	安定性
R1	100/250 = 0.4	48/250 = 0.19	遞減あり	8本	A
R2	100/250 = 0.4	48/250 = 0.19	遞減あり	3本	B
R3	110/230 = 0.48	38/230 = 0.17	遞減なし	3本	C

表2 ハープ形式モデルの諸元

名称	$\ell/L$	$h/L$	主塔形状	ケーブル本数	安定性
H1	100/250 = 0.4	48/250 = 0.19	遞減あり	8本	A
H2	110/230 = 0.48	38/230 = 0.17	遞減なし	3本	C

表3 ファン形式モデルの諸元

名称	$\ell/L$	$h/L$	主塔形状	ケーブル本数	安定性
F1	100/250 = 0.4	48/250 = 0.19	遞減あり	8本	A
F2	110/230 = 0.48	38/230 = 0.17	遞減なし	3本	C

これら(a)~(d)の基準をもとに、海浜部における橋長 450m の 3 径間の斜張橋を想定し、図 3~5 に示すようなラジアル形式 3 橋、ハープ形式 2 橋、ファン形式 2 橋のモデルを作成した。これらについては、安定性の評価として A, B, C を定めた。A が最も安定であることを表している。表 1~3 に、アンケート対象橋梁モデルの諸元を示す。

## 2.2 イメージアンケートの概要<sup>11),12)</sup>

イメージアンケートとは、(株)日本カラーデザイン研究所で開発されたアンケートであり、分析データ化された 180 語のイメージの言葉（形容詞）の中から、テーマに合った言葉を 15~20 語選ぶことにより、簡単に嗜好調査やイメージ調査分析をすることができる方法である。これによって、人の好みやコンセプトイメージ、さまざまな事象のイメージを簡易に調査でき、それらのイメージの違いをわかりやすく比較しやすいイメージのパターンとして取り出すことができる。

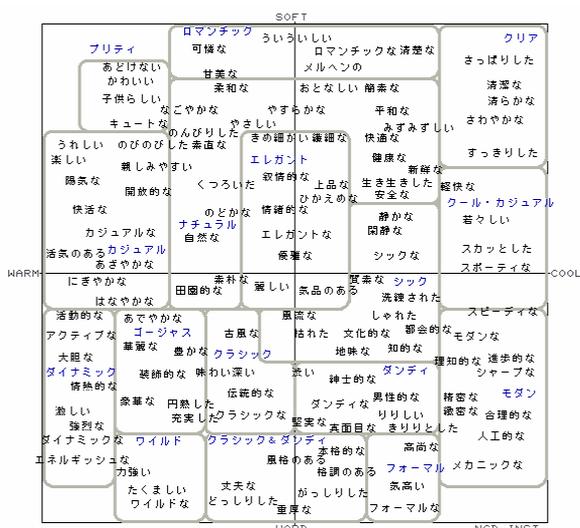


図6 言語イメージスケール<sup>1)</sup>

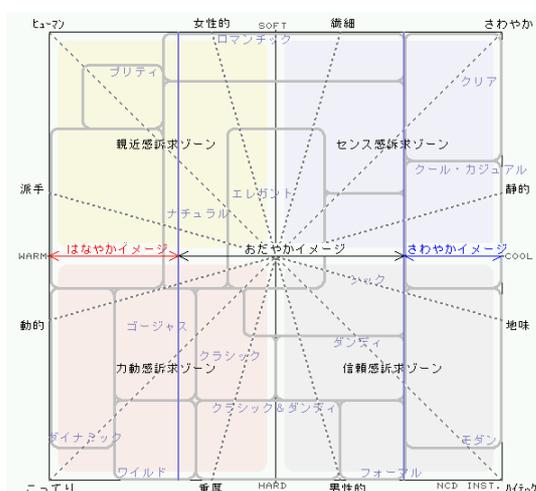


図7 イメージスケールの各ゾーンのイメージ<sup>1)</sup>

このイメージアンケートの中で分析の中心的役割を担っている言語イメージスケールは、(株)日本カラーデザイン研究所で開発されたイメージの世界を整理するための指標である。WARM - COOL, SOFT - HARD の直行座標からなり、イメージの違いを整理したり、イメージ全体の中で、あるイメージが、どう位置づけられるのかをとらえたりするのに用いられる。スケール上に形容詞をのせて整理すると図6のように表される。近くにあるもの同士は類似イメージであり、遠くはなれたものは異質なイメージである。図7は、イメージスケールの各ゾーンのイメージである。ここで、イメージスケール上のイメージ分類に用いられているカタカナの用語のうち、主なものを表4に示す。

このイメージスケールを大きく縦に3分割すると、WARM 寄りに「はなやか」、中央に「おだやか」、COOL 寄りに「さわやか」のイメージゾ

表4 主なイメージ分類

イメージ分類	イメージ
カジュアル	フォーマル感に対し、気軽で開放的な楽しいイメージ
モダン	都会的でクールなイメージ、機能的でシャープな感覚
ロマンチック	やさしくやわらかく、甘いなメルヘン調の感覚
ナチュラル	自然の暖かさ、素朴さをもつ心和むくつろぎの感覚
エレガント	女性的で繊細で優しい感覚、上品でおだやかなイメージ
シック	地味でおだやかで、渋く趣がある洗練されたイメージ
クラシック	凝った装飾性、格式ある雰囲気と質感の本物の感覚
ダンディ	格調と落ち着き、安定感、男性的な渋さのイメージ

表5 イメージとイメージ分類の対応関係

イメージ	イメージ分類
はなやかなイメージ	プリティ, カジュアル, ダイナミック, ゴージャス, ワイルド
おだやかなイメージ	ロマンチック, ナチュラル, エレガント, シック, クラシック, ダンディ, クラシック&ダンディ, フォーマル
さわやかなイメージ	クリア, クール・カジュアル, モダン

表6 イメージスケール上の各象限のイメージ

ゾーン	場所	イメージ
COOL - SOFT	右上	センス感
WARM - SOFT	左上	親近感
WARM - HARD	左下	力動感
COOL - HARD	右下	信頼感

ンに分けられる。これらのイメージに対応するイメージ分類を表5に示す。また、イメージスケール上の「田」の字に4分割した各象限は、表6に示すようなイメージを表している。さらに、斜め方向についても、女性的、繊細など、点線で示された補助軸によってイメージが表されている。

### 2.3 アンケート方法

本研究では、2003年度の本校建設システム工学科4年生41名(男子29名,女子12名)の学生に対して図3~5に示す斜張橋のCGを見せた後、イメージアンケートを行った。その際、180語の形容

詞を表 7 に示す 48 語にカスタマイズし、4~6 語を選択して回答してもらった。得られた回答結果を Image Analyst STD (株)日本カラーデザイン研究所製<sup>11)</sup>を用いて分析し、斜張橋の構造的特徴の違いが橋梁景観のイメージに及ぼす影響について検討を行った。

### 3 アンケート結果および分析

#### 3.1 各橋梁におけるイメージアンケート結果<sup>11)</sup>

##### 3.1.1 ラジアル形式の場合

イメージアンケート結果を Image Analyst STD を用いて整理した結果における、ラジアル形式の場合を図 8 に示す。これらの図から、橋梁 R1 では、「シャープな」、「精密な」、「たくましい」などのイメージ語が多く、センス感と力動感のゾーンにイメージが多く分布していることがわかる。また、橋梁 R2 では、「素朴な」、「堅実な」、「親しみやすい」などのイメージ語が多く、センス感のゾーンにイメージが多くなっており、特に女性的、繊細、さわやかな補助線方向にイメージが多く分布していることが特徴的である。さらに、橋梁 R3 では、「どっしりした」、「地味な」、「おとなしい」などのイメージ語が多く、女性的、さわやかな補助線方向にもイメージが多く分布していることがわかる。実際の橋梁 R1、橋梁 R2、橋梁 R3 の安定性評価はそれぞれ A、B、C となっており、橋梁 R3 では一番安定性が低くなっているが、橋梁 R3 では、「どっしりした」というイメージ語が橋梁 R1 および橋梁 R2 よりも多くなっている。これは、主塔高さが低く、主塔の遞減がなくて太くなっていることが影響していると考えられる。

また、ケーブルの本数の違いで比較すると、ケーブルの本数が多い橋梁 R1 の場合では、シャープでたくましいイメージが多くなり、ケーブルが少ない橋梁 R2 の場合では、素朴で堅実なイメージが多くなることわかる。マルチケーブルの場合では、力学的に安定であることが、イメージアンケート結果においても表れている。

さらに、同じケーブル本数で、主塔の遞減の有無による違いに着目すると、主塔の遞減がある橋梁 R2 の場合では、遞減のない橋梁 R3 と比較して、信頼感や安定感といったイメージがやや少なくなっており、さわやかなイメージが多くなっていることがわかる。主塔形状については、実際のところ、力学的には遞減がある方が座屈に対して安定

表 7 イメージアンケートに用いた形容詞

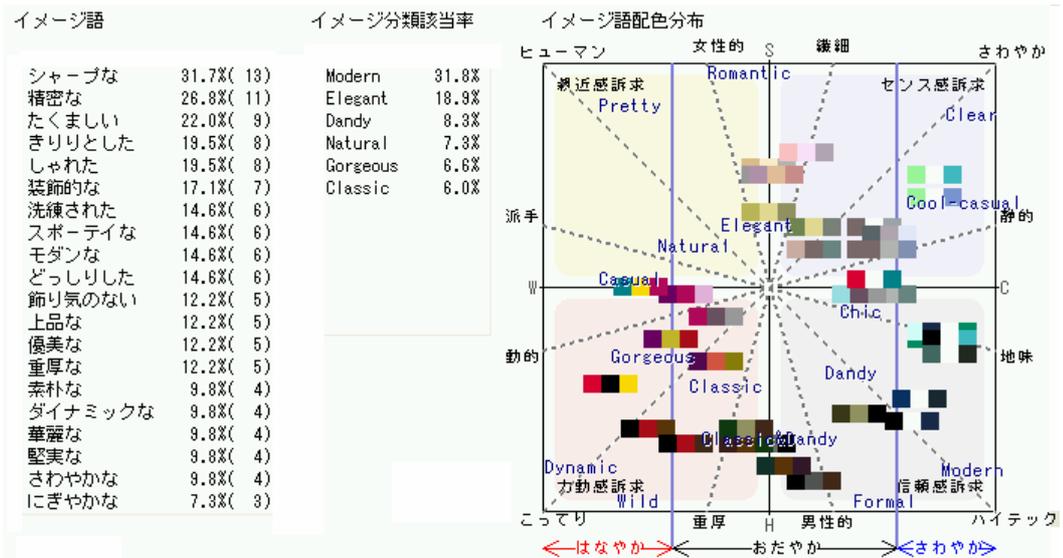
かわいい	装飾的な	きりりとした
楽しい	豪華な	堅実な
親しみやすい	大胆な	伝統的な
元気な	ダイナミックな	古風な
はつらつとした	たくましい	地味な
にぎやかな	どっしりした	文化的な
はなやかな	重厚な	しゃれた
華麗な	厳粛な	洗練された
気品のある	やさしい	さわやかな
優雅な	おとなしい	軽快な
優美な	飾り気のない	若々しい
上品な	生き生きした	スポーティな
素朴な	可憐な	モダンな
自然な	ロマンチックな	シャープな
くつろいだ	清楚な	精密な
なごやかな	さっぱりした	メカニクな

である。しかしながら、遞減がなく、一様に太い主塔形状の場合、どっしりとして、たくましいイメージが選択されることは自然であると考えられる。したがって、主塔の遞減による力学的安定性については、イメージアンケートによる評価は適切ではないと思われる。

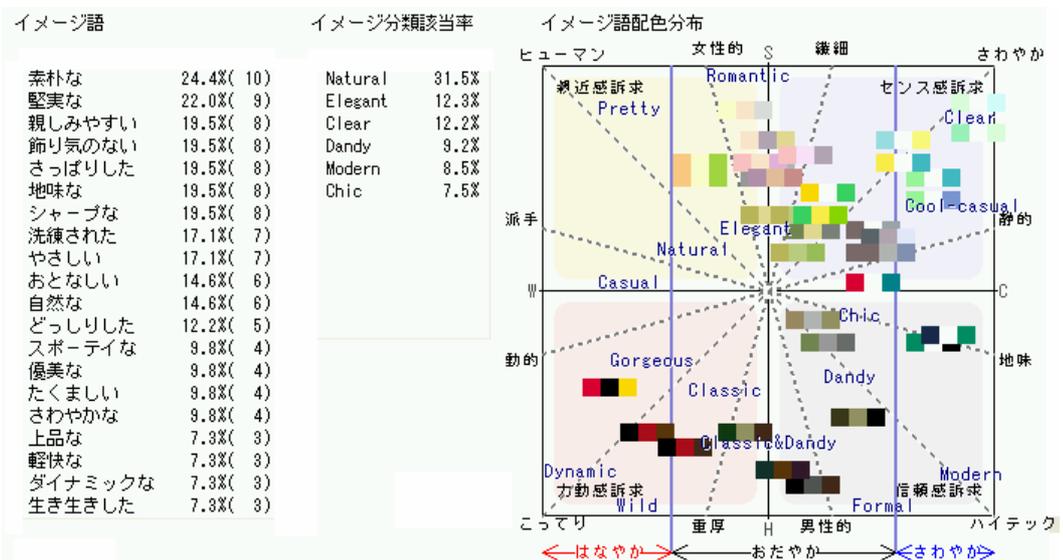
##### 3.1.2 ハーフ形式の場合

図 9 にハーフ形式の場合の結果を示す。これらの図から、橋梁 H1 では、「精密な」、「装飾的な」、「洗練された」などのイメージ語が多く、モダンでエレガントなイメージ分類が多く、信頼感と力動感のゾーンのイメージが多くなっていることがわかる。一方、橋梁 H2 では、「さっぱりした」、「素朴な」、「地味な」などのイメージ語が多く、ナチュラルなイメージが多くなり、橋梁 H1 よりも親近感が多く見られていることがわかる。これは、ケーブルの本数が少なく、シンプルでスッキリした構造であることが一因と考えられる。

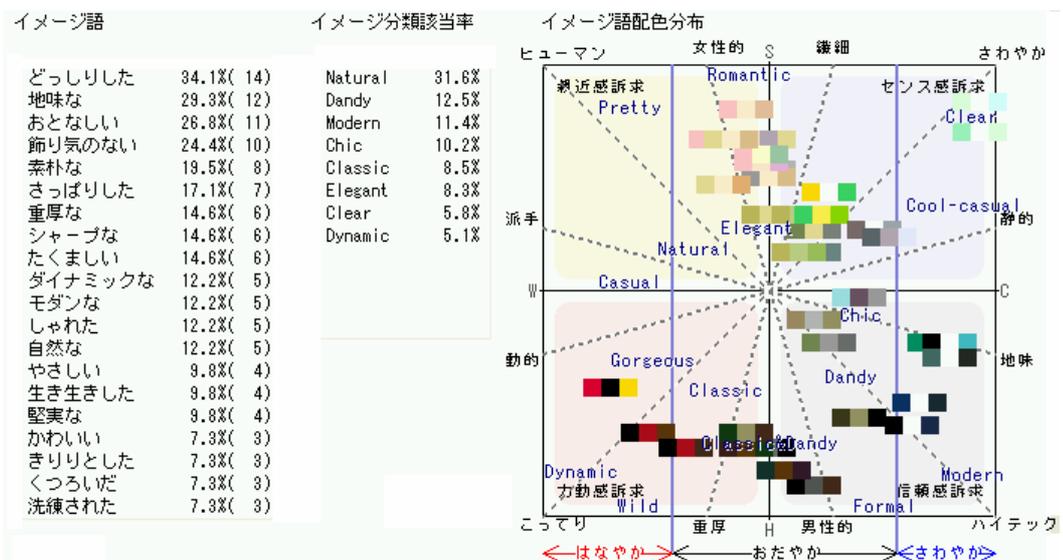
また、ケーブル本数が同じ 8 本のラジアル形式の場合と比較して、ハーフ形式の場合では、「装飾的な」、「洗練された」というイメージ語が多く選ばれていることが特徴的である。ハーフ形式のような平行にケーブルを張る形式が印象的なイメージを与えることが考えられる。また、実際の橋梁 H1 と橋梁 H2 の安定性評価はそれぞれ A と C であり、橋梁 H2 の方が安定性は低い。これらのイメージアンケート結果においても、橋梁 H1 は信頼感や力動感が橋梁 H2 よりも多くなっていることが



(a)橋梁 R1

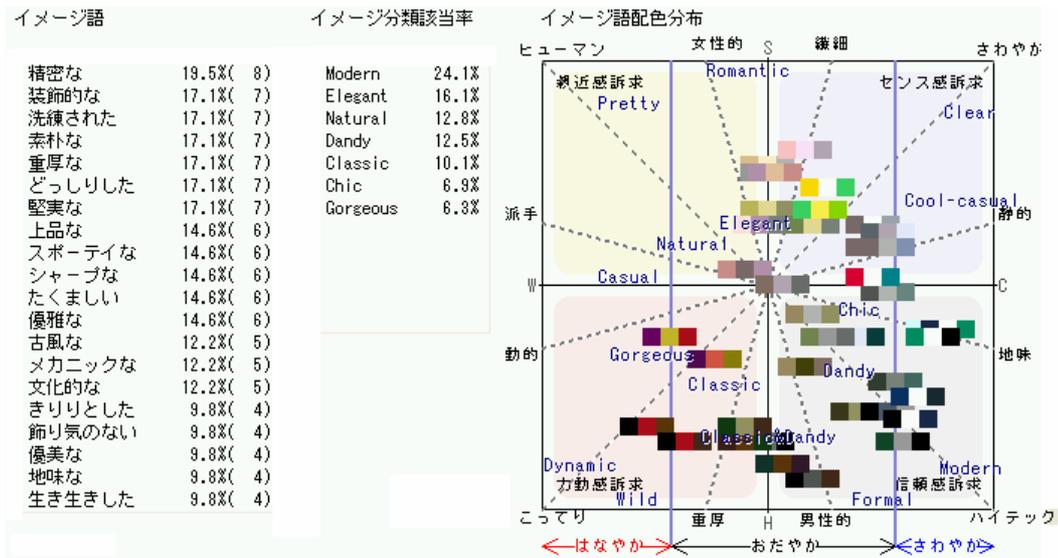


(b)橋梁 R2

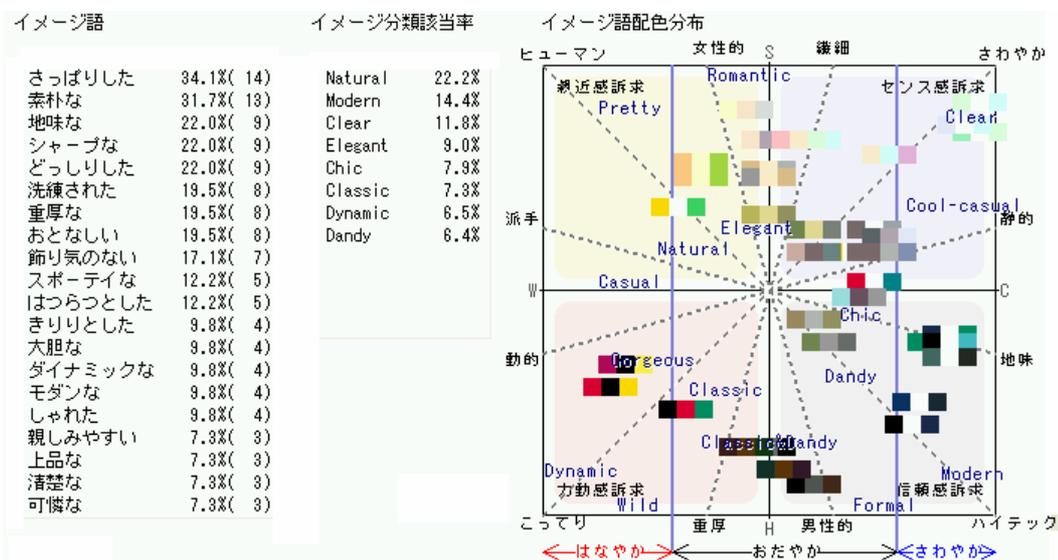


(c)橋梁 R3

図8 ラジアル形式の場合のイメージアンケート結果



(a)橋梁 H1



(b)橋梁 H2

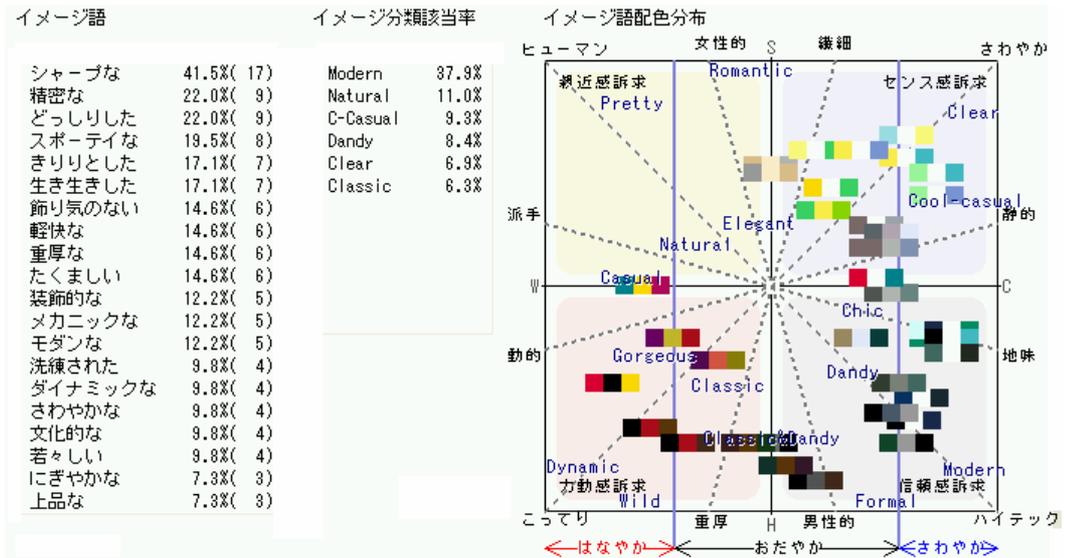
図9 ハープ形式の場合のイメージアンケート結果

ら、それが確認できた。ラジアル形式の場合では、主塔の逡減の効果はイメージアンケート結果において、安定感のイメージには表れていなかったもので、この場合もマルチケーブルであることが安定感のイメージの増加に寄与したことが考えられる。

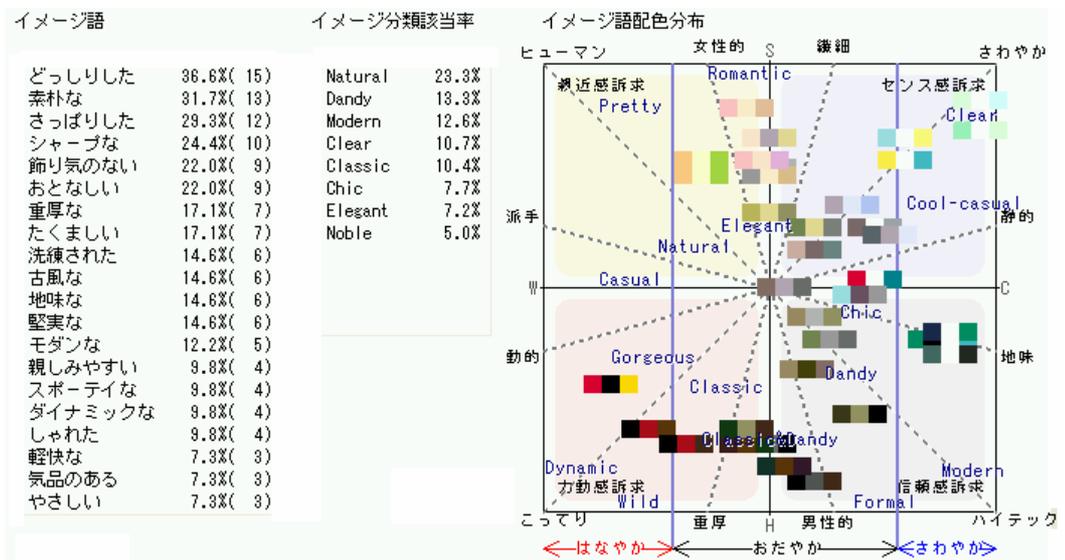
3.1.3 ファン形式の場合

図 10 にファン形式の場合の結果を示す。これらの図から、橋梁 F1 では、「シャープな」、「精密な」、「どっしりとした」などのイメージ語が多く、モダンなイメージ分類が多い。一方、橋梁 F2 では、「どっしりした」、「素朴な」、「さっぱりした」などのイメージ語が多

く、ナチュラルなイメージ分類が多くなっていることがわかる。橋梁 F1 では、信頼感のゾーンのイメージが多いが、橋梁 F2 では、女性的や親近感のイメージが多いことがわかる。ハープ形式の場合と同様に、ケーブルの本数が少ないと親近感が増すことが考えられる。また、実際の橋梁 F1 と橋梁 F2 の安定性評価はそれぞれ A と C となっているが、これらのアンケート結果においても、信頼感は橋梁 F1 の方が多くなっていることが確認できる。ファン形式の場合も、他の場合と同様にマルチケーブルであることが、より信頼できるイメージを与えることが考えられる。



(a)橋梁 F1



(b)橋梁 F2

図 10 ファン形式の場合のイメージアンケート結果

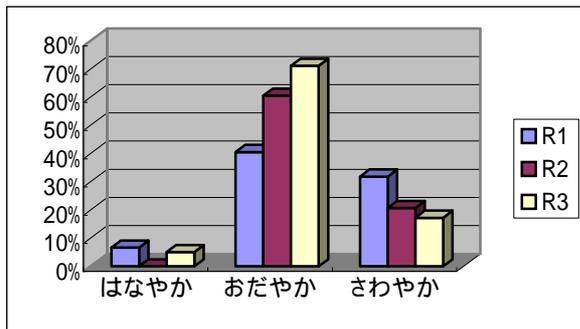
### 3.2 イメージによる比較分析

#### 3.2.1 ケーブル張り形式が同じ場合の比較

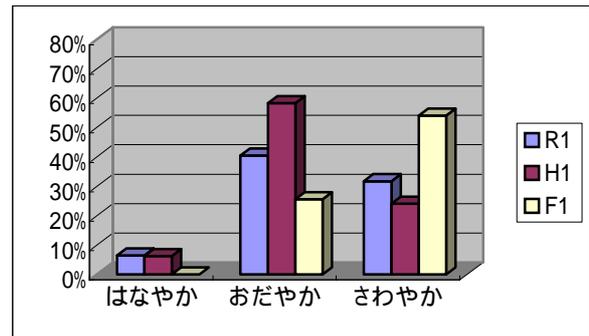
イメージアンケートによって得られた結果を表 5 に示した「はなやか」、「おだやか」、「さわやか」の 3 つのイメージに分類して集計し、ケーブル張り形式が同じで、ケーブル本数と主塔形状が違う場合の影響に着目して比較を行った。図 11(a)~(c)にそれぞれのケーブル張り形式の場合についての結果を示す。これらの図から、ラジアル形式とファン形式の場合では、ケーブル本数が少ないと「おだやか」が多く、「さわやか」が少ない傾向が見られることがわかる。一方、ハープ形式の場合では逆に、ケーブル本数が少ないと「おだやか」が若干少なく、「さわやか」が若干多い傾向

が見られるが、それらの差は小さい。ケーブルの本数や主塔形状の違いによる影響は、あまりないことがわかる。ハープ形式のように、ケーブルを平行に張った場合では、ケーブル本数の違いによって細かいイメージの違いは見られても、「おだやか」および「さわやか」という観点から見れば、視覚的なイメージの違いには大きな差が生じないことが考えられる。

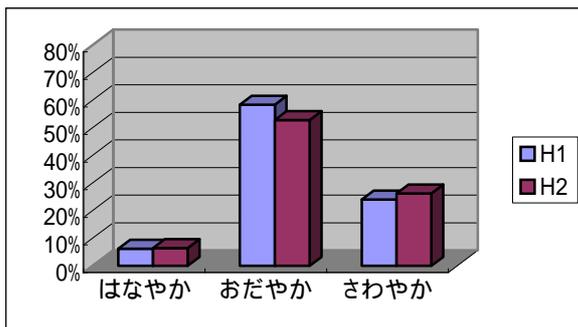
また、ラジアル形式とハープ形式では、いずれの場合においても「おだやか」が「さわやか」を上回っているが、ファン形式のケーブルが 8 本の場合のみ、「おだやか」よりも「さわやか」のイメージが多くなっていることもわかる。ファン形式の場合では、ケーブルの本数の違いによって、



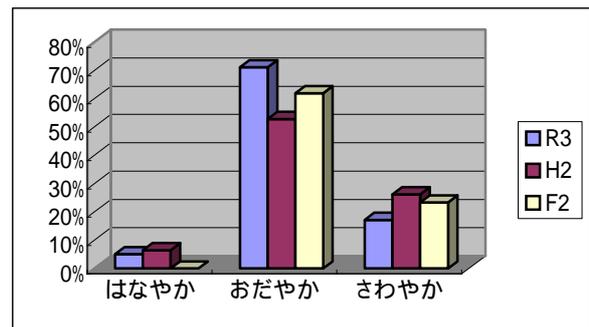
(a)ラジアル形式の場合



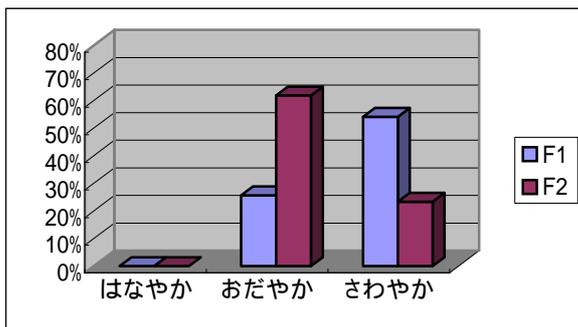
(a)ケーブルが8本の場合



(b)ハープ形式の場合



(b)ケーブルが3本の場合



(c)ファン形式の場合

図 11 ケーブル張り形式が同じ場合の比較

「おだやか」と「さわやか」のイメージの割合の大小関係が逆転している傾向が見られる。さらに、いずれのケーブル張り形式においても、「はなやか」の割合は小さく、ファン形式では、ほとんど「はなやか」が見られないことがわかる。ラジアル形式のような1点から放射状に張る形式やハープ形式のような平行に張る形式と比較して、ファン形式では幾分ケーブルの張り方に特徴が少ないゆえに、あまり強い印象を与えないことも一因と考えられる。

### 3.2.2 ケーブル本数と主塔形状が同じ場合の比較

ケーブル本数と主塔形状が同じ場合で、ケーブル張り形式がラジアル形式、ハープ形式、ファン

図 12 ケーブル本数と主塔形状が同じ場合の比較

形式と異なる場合に着目し、同様に「はなやか」、「おだやか」、「さわやか」の3つのイメージに分類して比較を行った。図 12(a)および(b)に、ケーブル本数が8本および3本の場合における比較を示す。これらの図から、ケーブル本数が8本の場合では、「おだやか」はハープ形式が最も多く、「さわやか」はファン形式で最も多いことがわかる。一方、ケーブル本数が3本の場合では、「おだやか」については、ラジアル形式が最も多く、ファン形式がその次に多くっており、これらの形式では、ケーブルが8本の場合よりも、「おだやか」のイメージが多くなっていることがわかる。

また、「さわやか」については、ハープ形式で最も多くなっており、ラジアル形式とファン形式の場合では、ケーブルの本数が8本の場合と比較して、3本の場合では少なくなることがわかる。ラジアル形式とファン形式の場合では、ケーブルの本数が少ないと「おだやか」のイメージが多くなり、「さわやか」のイメージが少なくなる傾向があるが、ケーブルを平行に張ったハープ形式の場合では、前述したように、ケーブル本数の違いによって、信頼感や親近感など、細かいイメージの差は見られても、「おだやか」のイメージおよび「さわやか」のイメージという観点から見れば、

それほど大きな差は生じない傾向があることが推察される。

#### 4 結論

本研究では、(株)日本カラーデザイン研究所で開発されたイメージアンケートを橋梁の景観評価に適用することにより、斜張橋の構造形式の違いが橋梁景観のイメージに及ぼす影響について検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- (1) ケーブルの本数が多い場合では、信頼感や力動感のイメージが多くなる。
- (2) ケーブルの本数が少なく、主塔の遞減がある時、さわやかなイメージが多くなる。
- (3) 信頼感や安定感のイメージの増加には、マルチケーブル化する効果が大きい。
- (4) ラジアル形式とファン形式においては、ケーブルの本数が少ないと、「おだやか」のイメージが多くなり、「さわやか」のイメージが少なくなる。
- (5) ハープ形式の場合では、ケーブルの本数の違いによる「おだやか」および「さわやか」のイメージの差は少ない。
- (6) ファン形式の場合では、ケーブルの本数の違いによって、「おだやか」と「さわやか」のイメージの割合の大小関係が逆転する。
- (7) いずれのケーブル張り形式においても、「はなやか」のイメージは少なく、特にファン形式の場合でそれが顕著であった。

ケーブルの張り方や本数の違いがイメージに及ぼす影響については、今後さらなる検討も必要と思われる。なお、今回の検討では、斜張橋の側面図によるケーブルの張り形式や本数などに主に着目したが、今後は、斜張橋の橋軸方向から見た主塔形状の違いや色彩の違いの影響についての検討や、都市部や山間部の場合など架設場所の違いを考慮した検討、吊橋など他の構造形式の橋梁との比較・検討などが考えられる。また、今回実施したアンケートでは回答者数が40名程度であり、上位のイメージ語が分散して一桁になる場合も見られたので、アンケート結果の信頼度を上げるためにも、回答数を増やしたり、建設分野以外の人も含め、回答者の年齢層や幅などを拡大したりすることによってアンケートを実施していくことも検

討していきたい。

#### 謝辞

2003年度建設システム工学科5年生の高橋志都香さんと山澤美佳さんには、イメージアンケートの結果を集計してもらいました。この場をお借りしてお礼申し上げます。また、イメージアンケートに回答し、貴重なデータを提供してくれた、当時建設システム工学科4年生41名の学生諸君にも、感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 篠原修・鋼橋技術研究会：橋の景観デザインを考える，技報堂出版（1994）
- 2) 篠原修：「特集 シビックデザイン - 身近な土木のかたち」以降の10年，土木学会誌 Vol.84，pp.6-8（1999）
- 3) 高井俊和，山口隆司，北田俊行，岡田昌樹：SD法による都市内橋梁の景観に関する一考察，土木学会第58回年次学術講演会概要集，pp.1255-1256（2003）
- 4) 安岡鮎，勇秀憲：橋梁景観のカラーイメージスケールに関する基礎的研究，土木学会第58回年次学術講演会概要集，pp.1261-1262（2003）
- 5) 森山卓郎，板東重夫：イメージアンケートによる斜張橋の景観に関する検討，土木学会四国支部第十回技術研究発表会講演概要集，pp.6-7（2004）
- 6) 伊藤学：建築巡礼 30 橋の造形，丸善（1995）
- 7) 福井裕子：斜張橋における視覚的安定感と力学的安定性に関する一考察，早稲田大学理工学部卒業論文（1996）
- 8) 長井正嗣，井澤衛，中村宏：斜張橋の基本計画設計法，森北出版（1997）
- 9) 松村博：橋梁景観の演出 - うるおいのある橋づくり - ，鹿島出版会（1988）
- 10) 山本宏：橋梁美学，森北出版（1980）
- 11) 日本カラーデザイン研究所：Image Analyst STD for Windows95/98/2000/XP 使用解説書
- 12) 小林重順著，日本カラーデザイン研究所編：カラーイメージスケール改訂版，講談社（2001）

# 錦帯橋の構造的特徴と平成の架け替えについて

森山 卓郎\*<sup>1</sup> 依田 照彦\*<sup>2</sup>

## Structural Characteristics and Renewal in the Heisei Era of the Kintai Bridge

Takuro MORIYAMA Teruhiko YODA

### Abstract

The Kintai bridge is a large arch bridge with five spans made of wood. It is well known that one of the most beautiful bridges in Japan by reason of skillful superstructures made of wood and substructures made of stone, and harmony with environment including clear stream of the Nishiki river all the year round. Bridges over the Nishiki river had been washed away by flood before the Edo era. It was expected to construct a very strong bridge which is never washed away by flood. The long-expected bridge was completed in 1673. However, the 1674 flood washed the bridge away. The rebuilt bridge was washed away by the flood due to typhoon in 1950. Then the Kintai bridge was reconstructed in 1953. The superstructures made of wood were completely renewed in 2004. In this report, the summary of characteristics of skillful structures, periodical field tests every five years which have been carried out after the renewal in 1953, and finally the principal features of renewal in Heisei era are described.

**KEY WORDS:** Kintai bridge, renewal, arch bridge, history of civil engineering

### 1 はじめに

山口県岩国市を流れる錦川に架かる錦帯橋は、その巧みな構造と美しさから、「山は富士、滝は那智、橋は錦帯」と並び称されるほど名橋の誉れが高く、日本三名橋の一つに挙げられている。錦川の清流など、橋を取り巻く周囲の環境とも四季折々に調和し、多くの人々を魅了してやまないため、錦帯橋には年間を通じてたくさんの観光客が訪れている。

錦帯橋は 5 径間を有し、両端の 2 径間は有脚の桁橋であり、中央 3 径間がアーチ橋である。全長

は 193.3m であり、木造アーチ橋としては世界的にも最大規模の橋である。

当初は、この地に木造の桁橋が架けられたが、度重なる洪水によって、ことごとく流出の憂き目にあつた。岩国藩第 3 代藩主、吉川広嘉の時代の 1673 (延宝元) 年に、アーチ構造を用いることにより、強固な橋が完成した。初代の橋は、翌年の梅雨時の洪水により流失したが、その年の 10 月に再建された。再建後 276 年間流失しなかった錦帯橋も、1950 (昭和 25) 年に、この地を襲ったキジヤ台風によって、再び流失した。一時は資金不足などから再建は危ぶまれたが、当時の岩国市長の

\*1 建設システム工学科 \*2 早稲田大学



写真1 錦帯橋の全景（平成の架け替え前）

熱意や市民の強い要望により、1953（昭和 28）年に錦帯橋は再建された（写真1）。

錦帯橋では、2001（平成 13）年度から 2003（平成 15）年度の渇水期（冬季）に 3 期に分けて、いわゆる平成の架け替えが行われた。架け替えは、上部構造の木材部分のみで、石造の橋脚はそのまま使用することになった。2004（平成 16）年 3 月に、すべての架け替え工事が終了し、錦帯橋は真新しい木造アーチ橋に生まれ変わった。

本稿では、錦帯橋の巧みな構造的特徴と、昭和の架け替え以後に行われた定期調査およびこの度行われた平成の架け替えの概要について簡単に報告する。錦帯橋は、当時の岩国藩における技術の粋を結集してつくられた世界に誇れる構造的美しさを有する橋であるが、その建設や幾度かの改築における先人達の知恵からは、現代の土木技術の原点や技術者の気概などを知ることができる。また、環境との調和、維持管理、文化遺産保護、郷土意識、技術の伝承、ものづくりなどの観点から、錦帯橋は多くの示唆を与えるものと考えられるので、ここにそれらの一部を報告する。

## 2 錦帯橋の誕生

錦帯橋の架かる岩国の城下町は、城山の山裾の藩邸や武家屋敷などがある横山地区と町人の住む錦川対岸の錦見地区を結ぶために、橋の建設が不可欠とされていた。当初は木造の桁橋が架けられたが、度重なる洪水によって、ことごとく橋の流出の憂き目にあった。渡し船だけに頼るのは不便であり、特に増水時は危険であるため、不落の橋の建設は、岩国藩の悲願であった。その悲願は、岩国藩第3代藩主、吉川広嘉の時代に実現した。

時の藩主、広嘉は、アーチ構造を取り入れるこ

表1 昭和の架け替え時における錦帯橋の諸元

	反り高(m)	径間(m)
第1橋	3.109	34.80
第2橋	5.184	35.10
第3橋	5.184	35.10
第4橋	5.184	35.10
第5橋	3.109	34.80

とにより、洪水に流されない強固な橋を架けることを可能にした。アーチの発想は、焼いていたかき餅が湾曲して焼き上がったところを押さえつけると、跳ね返る力が強いことを発見したということが発端という説もあるが、長崎から招いた明の帰化僧、独立からヒントを得たというのが有力説である<sup>1)2)</sup>。病弱だった藩主、広嘉が、病氣療養中に、明の帰化僧であり医師でもある独立の治療を受けた際、独立の出身地である中国杭州の西湖が描かれた「西湖遊覧誌」という書物の中で、湖に点在する島伝いに石造アーチ橋が架かっている挿図を見てひらめいたとのことである。それ以外にも、甲州街道の猿橋（山梨県）も参考にした可能性がある。猿橋は、兩岸から空中にせり出した刎木と呼ばれるはり（片持ちばり）の上に橋桁を載せた構造である<sup>1)</sup>。広嘉は、江戸からの帰りに、わざわざ猿橋に立ち寄って見学していったとのことである。広嘉は、家臣、児玉九郎佑衛門に反り橋の研究と技術面の創意工夫を命じた。

1673（延宝元）年に、待望の橋が錦川に完成した。錦川は水量が多く、流速が速いため、その橋には洪水による橋の流失防止対策として、橋脚の少ないアーチ橋が採用された。翌年 5 月に、洪水によって橋脚の石組みが崩壊して流出したが、直ちに再建された。なお、完成当初の数十年は固有の名前がなく、大橋などと呼ばれていたが、凌雲橋や帯雲橋などの名前を経て、いつしか錦帯橋と呼ばれるようになったとのことである<sup>2)</sup>。その後、錦帯橋は 276 年間、洪水で流出することはなかった。幕府の一国一城令によって城を破却させられた岩国藩にとっては、錦帯橋は藩の城とも言えるシンボルであった。

## 3 構造的特徴<sup>2)~6)</sup>

昭和の架け替え時における錦帯橋の諸元を表 1 に示す。また、表 2 に示すように、上部構造に使用されている木材は、場所によって異なる材質の

表 2 上部構造に使用される木材

材質	使用場所	調達先
檜	敷き板, 高欄	長野
松	橋杭, 橋桁, 梁	新潟・山形・福島 ・広島・山口
けやき	橋桁	岐阜・島根・山口 ・広島・鹿児島
栗	橋桁, 梁の雨覆	新潟・山口
檜	だば	山口

ものである。まさに、適材適所である。中央 3 径間のアーチ橋における主桁は、1m 間隔の 5 本のアーチリブより構成されている。桁端からスパン中央までは、長さ 2.66~67.83m の 11 本の桁を用い、一端は約 1m 橋脚の石垣の中に埋め込み、他端は順次せり出している。写真 2 に示すように、上に行くほど長くなる片持ちばりの他端を順次 3~4 本の梁が重なるようにせり出させ、反対側から同じようにのびてきた桁と中央で、長さ 5.7m の大棟木と呼ばれる部材によって連結している。この大棟木が、石造アーチ橋でいうキーストーンの役割を果たしている。直線部材の木材で、大断面のアーチを構成しているところが特徴的である。主桁は、さらに鼻梁・後梁という梁材によって横方向にも結合されている。

錦帯橋の外見は、構造形式としてはアーチ橋であるが、アーチ基部は片持ちばり形式になっている。このような梁をせり出す構造は当時、富山の愛本橋（現存せず）や山梨の猿橋、中国四川省の橋などに見られたが、錦帯橋ほど精巧なつくりで、かつアーチ構造に用いている例はない。岩国藩の独自の発想である。

構造細部においても、他にも様々な工夫が見られる。直線部材の木材を重ね合わせてアーチを構成するには、各木材間のせん断力を伝達させる工夫が必要なので、各桁の先端と後端に鼻梁と後梁という 2 本の横梁が主桁を切り込み、せん断キーの役割を果たすよう配置されている。また、勾配の変化をスムーズにするために、主桁の間に三角部材の楔を入れて、帯金具で一体化している（写真 3）。

さらに、創建当初にはなかったが、1678 年の改修時に、鞍木と助木という部材の取り付けが行われている。鞍木は、写真 4 に示すように、各アーチリブの側面に設置された V 字型のトラス部材であり、助木は鞍木と桁材に挟まれた斜めの部材で



写真 2 アーチ基部における梁のせり出し



写真 3 アーチ頂部における主桁の一体化

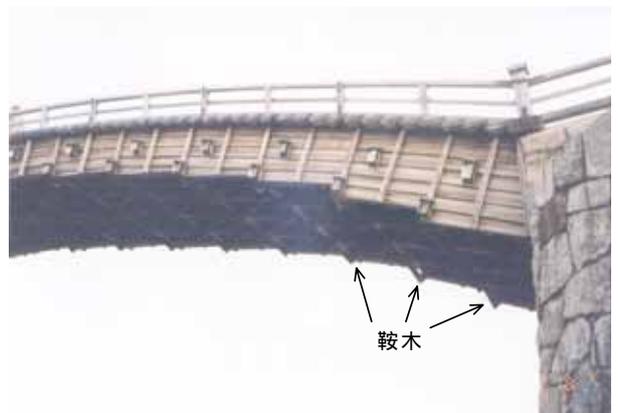


写真 4 アーチリブに取り付けられた鞍木

ある。後述する平成の架け替え時における実橋実験から、鞍木は外力による曲げやせん断に抵抗する部材として、補剛材の役割があること、助木は軸力を一部負担して軸方向力の流れを誘導させて

表3 過去の定期調査

	調査年月
第1回	1953 (昭和28)年3月
第2回	1963 (昭和38)年8月
第3回	1967 (昭和42)年8月
第4回	1973 (昭和48)年8月
第5回	1978 (昭和53)年8月
第6回	1983 (昭和58)年8月
第7回	1988 (昭和63)年8月
第8回	1993 (平成5)年8月
第9回	1998 (平成10)年8月

いることなどが明らかになった。また、汎用有限要素法コード ABAQUS を用いた解析結果からも、鞍木と助木はたわみを減少させる補剛材として、橋の剛性と耐力を向上させていることが明らかになっている<sup>7,8)</sup>。これらは、単なる装飾ではなく、軽量な部材によって無駄なく、最大限の効果を発揮していることがわかる。

さらに、注目されがちな上部構造だけでなく、下部構造の石組みの橋脚についても巧みな技術が見られる。石組みは花崗岩を用いており、流れに対して尖った紡錘形として流水抵抗を少なくしたり、橋脚の洗掘を防止するために、橋脚の下に石を敷いたりしている。このような橋脚は、当時では、中国の技術でつくられた長崎の眼鏡橋を除いて、我が国では見られなかった。錦帯橋は完成した翌年に、橋脚の石積みの崩壊により流出したが、その年のうちに、直ちに再建された。このとき、上下流の河床に敷石が施された。橋脚近くの河床には特に大きな石が敷かれた。橋脚の石組みにも千切りを入れて強固にしたりするなどの改良も加えられた。

#### 4 昭和の崩壊と架け替え<sup>5)</sup>

錦帯橋は木橋であることから損傷は早く、その後何度かの補修や架け替え工事が行われてきたが、1950 (昭和25)年にこの地を襲ったキジャ台風によって流されるまでは、洪水による被害は276年間なく、その構造は維持されてきた。キジャ台風では、激しい暴風雨によって、錦帯橋は濁流に飲み込まれ、無惨にも崩壊した。これは、敷石が長年の間に徐々に損傷して一部洗掘を受けたこと、橋台の石垣部分にゆるみが生じたこと、橋台上部に穴があき、水位が橋台を越えるほど増水して、その穴に流れ込んだこと、流入した水の圧力によ

って石垣の一部が崩れ、橋台全体の崩壊を招いたこと、橋台が崩れることによって、両側のスパンが崩落した後、他の橋台へ連鎖反応したことなどが直接的原因と考えられている。また、間接的原因としては、錦川流域の山林が乱伐や、錦川の流量が急激に増え、流速も速くなり、それが敷石の損傷や橋台のもろさを増大させたりしたことが考えられている。さらに、錦帯橋の上下流における河原の砂利採取は禁じられていたが、戦時下の砂利需要のため、国防優先の見地から、それが緩められたことも一因である<sup>3)</sup>。

流出後、一時は資金不足などから再建は危ぶまれた。コンクリート橋での再建という意見もあった。しかし、当時の岩国市長の熱意や市民の強い要望により、1953 (昭和28)年に再びまた元の美しい木造アーチの錦帯橋が甦った。このとき、橋脚はコンクリート橋脚の外側を練石積みにしたり、中に栗石を詰めたり、洪水時の抵抗を少なくするために橋体を1mほど高くしたりしている。基礎は、深さ10mの鉄筋コンクリート製井筒が用いられ、橋脚の桁受け部には鑄鉄製沓が設けられた。桁には防虫防腐剤を注入するなどの改良もなされた<sup>2)</sup>。

#### 5 定期調査

1953 (昭和28)年に再建された錦帯橋は、経年変化を調査するため、それ以後、定期調査が行われている。表3に、これまで行われた定期調査の年月を示す<sup>9)</sup>。戦後の計測機器が乏しい中、愛情を込めて調査が行われている。第1回の定期調査から、早稲田大学の土木と建築の関係者が行っており、当時、岩国市から架け替えの技術指導を委嘱された早稲田大学土木工学科の故青木楠男博士と同じく建築学科の故佐藤武夫博士が引き続き維持管理にも携わった<sup>6)</sup>。調査はほぼ5年ごとに、木材の腐朽調査と橋の強度試験が行われている。その後、強度試験は故堀井健一郎名誉教授に引き継がれ、第9回の調査からは依田彦彦 (早稲田大学) が担当している。

橋の強度が劣化する原因として考えられるのは、木材の腐朽と構成のゆるみである。構成のゆるみとは、錦帯橋のように多数の材片を集めて構成されている構造で、材片同士の間が生じる可能性のあるずれのことであり、これが強度を低下させる要因になる。調査は経年変化を検出するのが目的であるので、毎回同じ方法で行う必要があり、こ



写真5 第9回(1998年)の定期調査風景  
(橋軸非対称載荷試験)

これらの結果を比較・検討することによって、橋に異常が発生しているかどうかを調べている。

腐朽調査は全橋を対象にしているが、強度試験は、5径間のうち両端の有脚桁橋は中央の3径間のアーチ橋と比較して強度的に余裕があるのは明白なので、第1回の調査から中央3径間のアーチ橋のみを対象としてきた。試験の種類としては、静的載荷試験と振動試験が行われてきた<sup>9)</sup>。静的載荷試験は、橋軸対称載荷試験と橋軸非対称載荷試験が行われ、橋軸非対称載荷試験は、さらに上流側の偏載と下流側の偏載に分けられる。強度試験の変位計測には、山口県立岩国高等学校の生徒約120名(約6t)が荷重として参加している(写真5)。郷土の誇りである錦帯橋の維持に関与することは、教育的見地からもよいという狙いもある。いずれの静的載荷試験とも、高校生の荷重列を移動させながらたわみを測定している。なお、2001(平成13)年の架け替え時に行われた実橋実験では、1袋25kgの砂利袋2400個を荷重(約60t)として用いている<sup>7)</sup>。また、振動試験は、人力による定点加振試験と走行加振試験を行い、振動モードや対数減衰率などを求め、振動性状についての検討も行っている。

## 6 平成の架け替え

昭和の架け替えから40年後の1993(平成5)年の第8回の定期調査時において、木材の腐朽が進行しているとの報告があった。「岩国市錦帯橋修復検討委員会」において架け替えの方針について協議を重ねた結果、木材部分のみの架け替えを行い、石造の橋脚はそのまま使用することが決定し

表4 架け替え工事期間

第1期 工事	中央の アーチ橋	2001(平成13)年12月 ~ 2002(平成14)年3月
第2期 工事	横山(城 山)側の アーチ橋 と桁橋	2002(平成14)年12月 ~ 2003(平成15)年3月
第3期 工事	錦見(岩 国)側の アーチ橋 と桁橋	2003(平成15)年12月 ~ 2004(平成16)年3月

た。1998(平成10)年の第9回の定期調査においても、静的載荷試験時の上部構造のたわみや残留たわみが前回の調査よりも大きくなっており、老朽化の兆候を示唆している結果が現れていた<sup>9)</sup>。

錦帯橋は、1674(延宝2)年から1929(昭和4)年までの間に10回ほどの架け替えが行われてきたが、その間隔は長いもので32年、短いもので14年だったという<sup>2)</sup>。今回は、実に半世紀ぶりの架け替えであった。架け替えは、2001(平成13)年度から2003(平成15)年度の渇水期(冬季)に、3期に分けて行われた。これは、この時期、錦川の水量が少ない時期であり、河川内での作業を安全かつ円滑に行うためである。架け替え工事期間とその対象橋を表4に示す。現場での架橋作業以外の期間は、用材倉庫において、用材の加工、防腐処理、陸組みなどが行われた。架け替え工程としては、まず錦帯橋の原寸図を描き、部材ごとの原寸大の型板を作成し、その型板をもとに架橋に使用する部材の製材・加工を行う。そして、現地での本組を速やかに行えるよう製材・加工された部材で、木造アーチをいったん地上で組み(陸組み)、本組みに向けた最終調整を行う。主な工事日程を表5に示す。工事期間中は、架け替えごとに、観光客用の仮設迂回路が設置された(写真6)。作業はすべて、技術伝承の意味から、若手も交えた地元の大工によって行われた。解体作業風景を写真7~10に、新しくなった木造アーチを写真11に示す。

また、架け替え時においては、東京大学と早稲田大学によって実橋実験が行われた。力の流れをつかむことを主な目的として、3次元ビデオ装置による現場計測や解体時のたわみ計測およびアチリブに貼付したひずみゲージによるひずみ測定などを行い、上部構造の部材の構造的な役割の解明



写真6 アーチ橋に平行して建設された迂回路

などを試みている<sup>7)</sup>(写真12)。

今回の平成の架け替えにおける総事業費は、約26億円である。そのうち、用材費として約12億7千万円、架橋工事費が約7億円、その他経費及び人件費が約6億3千万円である。国と県からの補助金約3億円と橋の維持管理のために1966(昭和41)年4月から錦帯橋基金として積み立てられた渡橋料と寄付金でまかなわれたとのことである。

なお、2004(平成16)年8月には、山口県立岩国高等学校の生徒による荷重列によって、平成の架け替え後初めての強度試験が行われている。

表5 各期の架け替えの工事日程

工事種別	工事内容	11月	12月	1月	2月	3月
架設通路の設置	迂回路の建設	通路の設置	迂回路の使用期間			
用材加工	用材倉庫(加工場)で開始	加工場での作業		現場での作業		
仮組立	錦帯橋独特の工法である陸組みと呼ばれる作業	仮組立・調整				
現場解体	木造アーチの解体		解体			
本組立	高欄材を含む木造アーチ部分の組立作業			本組立(現地での組立作業)		



写真7 アーチ橋下部に建設された足場



写真8 高欄の撤去作業



写真9 橋面敷板の撤去作業



写真10 むき出しになった主桁（桁橋部分）



写真11 新しくなった木造アーチ



写真12 実橋実験におけるひずみ計測

## 7 おわりに

本稿では、名橋錦帯橋の巧みな構造的特徴や、300年以上にも及ぶ建設や架け替えの歴史、この度の平成の架け替えの概要などを簡単にまとめた。これらのことから、土木工学分野に限らず、技術の原点や技術者の気概、ものづくりの神髄などを垣間見ることができるものと思われる。昨今、土木史教育の必要性も指摘されている。帝都復興事業において、隅田川の橋梁群をはじめとする橋梁の計画・設計に尽力した太田圓三は、「前人より一歩進んだ、其時代よりも一頭超越した思想又は独創的の製作も、前人の所論研究や其時代の思想を知り尽くした上でなければ生じない。（中略）古きを尋ねて後、是等を超越し個性を十分に現はし得て、始めて傑れたる製作も出来得るのである」との言葉を残している<sup>10)</sup>。実際に彼は、帝都復興橋梁の計画・設計のために、古今東西の橋梁写真を2000枚以上収集し、検討の参考にしているとのことである。先人達の創意工夫を学ぶことは、

単に橋梁工学や土木工学の歴史の知識を得ることだけではなく、むしろそれ以上に、技術における新しい発想や概念の創造へと繋がっていくことも可能であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 村瀬佐太美：日本の木の橋・石の橋 歴史を語るふるさとの橋，山海堂（1999）
- 2) 松村博：日本百名橋，鹿島出版会（1998）
- 3) 伊藤正一：錦帯橋物語，叢文社（2004）
- 4) 依田照彦：錦帯橋 - 日本が誇る木橋の最高傑作 - ，橋梁と基礎 Vol.37 No.8（2003）
- 5) 堀井健一郎：岩国錦帯橋のこと，土木学会誌 54巻5号，pp.55-60（1969）
- 6) 堀井健一郎先生のご退職を記念する会：堀井健一郎記念論文集（1997）
- 7) 依田照彦，赤木領太，森本博行：錦帯橋の構造特性に関する歴史的考察，土木史研究講演集 Vol.24，pp.93-96（2004）

- 8) 森本博行, 赤木領太, 依田照彦: 錦帯橋の鞍木・助木の構造特性に関する基礎的考察, 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集, pp.67-68 (2004)
- 9) 早稲田大学理工学総合研究センター: 錦帯橋強度試験報告書 (1998)
- 10) 中井祐: 土木史教育の必要性和教材のあり方, 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集, pp.205-206 (2004)

## 「超短文」による作文指導

錦織 浩文

### Teaching Composition by Using A Very Short Sentence

Hirofumi NISHIKORI

I tried one way of teaching Japanese composition to fourth-years students of Japanese college of technology in 2000. The way of lesson is as follows;

1. I decide on a theme every time, and introduce literary works to the students in the first half of the lesson.
2. The students write the sentences that fit the theme, and submit those.
3. I correct their sentences, and I return those to them in the next lesson, at the same time I inform them of things that I have noticed about their sentences.

I decided on 20~60letters as a letter limit within which the students write the sentences in this lesson. I find out that the way of education is effective on training power of the students' expression.

**KEYWORDS:** Japanese composition , teaching composition, very short sentence

#### 1 高専学生の国語意識

阿南工業高等専門学校に着任した平成 12 年（2000）, 筆者は, 本科 1 年生と 4 年生の国語を担当することとなった。筆者にとってはじめての高専勤務であり, 手探りの状態で授業をはじめたけれども, とくに悩んだのは 4 年生の国語の授業である。当時, この授業は, 通年, 週 1 時間, 1 単位の必修科目で, もう一人の国語科教員と半期ずつ計 4 クラスを担当することとなっていた。

筆者は以前, 大学・短期大学の非常勤講師をつとめた経験がある（担当は文学）。4 年生はこれと同じ年齢対象であるから, 当初, 4 年生の授業では, 大学・短期大学でおこなった講義内容とほぼ同じ内容を取り上げるつもりであった。すなわち, 毎回テーマを設定し, 筆者が専門とする『萬葉集』の中から歌を選び解説していくという内容である。けれども, 高専の学生に対して, 実際にこの内容で授業をおこなってみると, 興味を示す

学生はごく少数であることがすぐさま見て取れた。そのまま授業を続けることは授業担当者にとっても学生にとっても無理があると予測され, 授業のやり方を変える必要が認められた。

授業のやり方を変える方向性を見出すために, 授業を開始して 4 時間目に, 担当していた 4 年生の学生に対してアンケートをおこなった。設問は, 「4 年生の授業の中になぜ国語の授業があるのだろうか」というものである。この問いに対し, 自由な記述回答を求め, その様相から学生が要求している授業の内容を探ろうとしたのである。

当時, 筆者が担当していたのは, 機械工学科 4 年生（35 名）と電気工学科 4 年生（39 名）。アンケート回答の内容の様子を見ると, 「国語の授業は必要ない」との趣旨を示した回答は, 機械工学科で 2 名, 電気工学科で 3 名。その他は, 国語の授業の存在価値を何かしら認める回答となっている。その内容は大きくまとめると次のようになる。

A: 社会人としての常識を身につける

（機械 23 名, 電気 20 名）

B：言語感覚や感受性を育成する

(機械5名, 電気12名)

C：研究・発表・論文作成の力をつける

(機械3名, 電気2名)

D：就職試験に備える

(機械2名, 電気2名)

より細かく示すならば, A「社会人としての常識を身につける」の中には,

- ・敬語の知識を身につける
- ・漢字の力を身につける
- ・日本文化の知識(古典・文学史など)を得る
- ・読解力を育成する

などの回答が含まれている。

また, B「言語感覚や感受性を育成する」の中には,

- ・文学作品に触れる機会をもつ
- ・言葉で考える機会をもつ
- ・日本語をみつめる機会をもつ
- ・心のリフレッシュをおこなう

などの回答が含まれている。

このうち, Aの「社会人としての常識を身につける」は, 一般的な見解というべきで, この回答が多くなることは自然なことといえよう。一方, 意外であったのは, Bの「言語感覚や感受性を育成する」という回答が比較的多く見られたことである。工学を専門とする学生が、国語教育に対して, こうした学習効果を期待していることは, 注目に値するのではなからうか。

なお, その後, 平成13年度, 14年度にも同じアンケートを実施したけれども, 回答結果は, いずれも同様な傾向を示した。

かくして, このアンケート結果に基づき, 授業のやり方を考えた。「社会人としての常識」という点だけを考慮するならば, 敬語の練習や漢字の学習に力を注げばよいであろう。しかしながら, 一方で, 「言語感覚や感受性を育成する」ということも要求されている。限られた時間の中で, これらの要求を同時に満たすことはできないであろうか。このように考えた末に, 試みた授業の内容・方法を以下に示す。

## 2 授業の組み立てと資料の作成

試みた授業の内容は以下のものである。

1：毎回テーマを決め, 授業の前半でテーマにそって文学作品を紹介する。

2：授業の後半でテーマにあわせて文章を作成, 提出させる。

3：提出作文を添削し, 次の授業で返却するとともに気づいた点を伝達する。

これによれば,

授業前半の内容によって, 学生は, テーマにそって文学作品に触れることができ, 良質の言葉を知ることができる。

実際に文章を書くことによって, 学生は, 表現力を鍛えることができ, 漢字能力を確認することができる。

添削をし, 問題点を指摘することで, 自分の文章作成上の癖を知ることができる。

というような教育効果があると認められ, 「社会人としての常識を身につける」という要求と「言語感覚, または感受性を育成する」という要求を多少なりとも同時に満たすことができるのではないかと考えたからである。

この場合, 次に考えなくてはならないのは, 学生に課す作文の字数を何字に設定するか, ということである。

野口悠紀雄『「超」文章法 伝えたいことをどう書くか』<sup>1)</sup>によれば, 文章の長さには, 次の4種類があるとされる。

ア：150字 パラグラフ

イ：1500字 短文

ウ：15000字 長文

エ：150000字 本

このうち, 学生自身が書く文章の長さは, 1500字(短文)が多いであろう。読書感想文, 実験のレポートなどがこれにあたる。一方, 文集に寄せる文章などは150字(パラグラフ)程度であることが多く, これも学生にとってなじみがある長さである。

150字(パラグラフ), 1500字(短文)による作文指導をすることも考えられる。しかし, 上記の授業内容と作文に要する時間を考慮するならば, 1500字(短文)はもちろん, 150字(パラグラフ)であっても長いように思われる。また, これらの字数では, はなから作文嫌いな学生には敬遠されてしまう恐れがある。

そこで, 当授業で試みたのは, 150字(パラグラフ)よりもいっそう短い, 20字・40字・60字の作文指導である。この程度の作文ならば, 作文嫌いな学生にも受け入れられる可能性が高い。さらに, 字数制限がきびしいので, おのずと言葉に敏感に

なるはずで、言語感覚、表現力を高める上で効果を発揮するのではないかと考えられる。

20～60字程度の長さのものを、便宜上、「超短文」と呼ぶことにする。かくして、5時間目より、「超短文」による作文指導を中心とする授業を開始した。

4年生に対する授業では年度当初よりテキストを指定せず、授業担当者が資料を作成していたけれども、その後も同様に授業担当者が資料を用意した。資料は、次のような手順・形式によって作成した。

まず、授業1回分のテーマを決める。このテーマについても、学生に好きな言葉（単語）をあげさせ、その中から選んだ。

次に、決定したテーマにそう文学作品を選ぶ。この選定は、授業担当者がおこなった。資料には、短歌、詩を中心に3、4作品を掲げた。

資料の最後に作文のためのマス目を記した。はじめは20字で設定し、授業の進捗にしたがって、40字、60字と増やしていった。

このようにして作成した資料の一例を本稿の末尾に掲げる。このときのテーマは「海」。掲げた文学作品は、ジャン・コクトーの詩（堀口大学訳）1編<sup>2)</sup>、三好達治の詩1編<sup>3)</sup>、寺山修司の詩2編<sup>4)</sup>。作文の字数は20字に設定した例である。

### 3 作文例

先に示した資料を用いて、授業の前半で、掲げた文学作品の紹介をおこない、授業の後半で、学生に「超短文」を作成させ、提出させる。それを添削し、次の授業の折に返却して、新たなテーマに移り、同様の作業をする。これを本授業の基本形として繰り返した。

あとでも述べるけれども、学生はこの作業に熱心に取り組んだ。ここで、学生が提出した「超短文」の中から、いくつか例をあげる。

「海」（制限字数：20字）

- ・青、赤、黒、終わらない感情。
- ・独り見る海。想いをよそに波はやまず。
- ・少年は海を知り、旅に出た。
- ・この林をぬけると、海まであと少し。

「声」（制限字数：20字）

- ・どこまでもとどけ。
- ・人を傷つける道具。

・僕の声は僕からしか出ない。

・君の声が僕を動かす。

「空」（制限字数：40字）

- ・空に浮かぶ雲のように、何にも縛られない人生を歩めたら。
- ・あの空の彼方にだなんて...。本当はみんなわかっているだろう。
- ・月夜の下で交わした想い。貴女はもう空の向こう。淡く輝く星の向こう。

「風」（制限字数：40字）

- ・風は、だれとでも向きあえる。仲良くなって触れあえる。風になりたい。
- ・風が吹いた。だれかに呼ばれた気がして振り返ると、懐かしい景色があった。
- ・皆と別れた帰り道。強い風があたりを駆け抜ける。僕はますます一人になった。

「愛」（制限字数：40字）

- ・何かを守りたい、大切にしたい、いっしょにいたいと思う気持ち。
- ・「愛車」「愛妻」「愛弟子」。愛という字は「大切にする」という意味があるんだね。
- ・愛って、たぶんこたつみたいなものだと思うよ。一緒にいるとポカポカ気持ちがいい。

「夢」（制限字数：40字）

- ・語るものじゃなくてかなえるもの。だからそっと、その時まで心の中で育てていればいい。
- ・夢を見た。大きな紙に鉛筆で描かれた大勢の人がいる。消しゴムが最後に私を消した。
- ・その昔、バクがぼやいたそうさ。食べても食べてもなくなりゃしない、とね。

「機械」（制限字数：60字）

- ・歯車1つ、ねじ1つであっても確実に作らなくてはならない。使う人の身体を守るため。自分のプライドを守るため。
- ・見る。触れる。マシンのうなりを聞く。すると冷めた心が燃えあがる。機械にはそんな魅力がある。

「電気」（制限字数：60字）

- ・夜道を走って家の灯りを目にした時、安心するのはなぜか。それは灯りの下に家族の温かい笑顔があるのを知っているからである。
- ・山の頂から夜の街を見下ろした。そこは僕の知らない街になっていた。電気が造り出した光の渦に満ちていた。

## 4 反省と展望

この授業方法を採用する場合、作文添削の面で、授業担当者の負担が増すのはやむをえない。学生の意識・関心をひきつけるためには、作文の添削・返却はできるだけすみやかにこなされるのが望ましい。筆者の場合は、40名の作文の添削に、4～5時間をかけたけれども、これを毎週、2クラス分おこなった。

こうした負担があるものの、しかし、この授業方法は、それにまさる魅力・効力をもっていると考えられる。

第一に、この授業方法は、学生のやる気を起こさせる意味において大きな力を発揮する。授業のおわりに作文を提出させるという事実が、学生に緊張感を与えることになるらしい。実際、学生は、「超短文」作成によく考えて取り組んだ。提出した後、直したいところがあると申し出る学生もあり。次のテーマは何かを知りたがる学生もいた。

学生に作文を返却する時には、優秀と思われる作品を2、3編ずつ紹介した。このことも、学生のやる気を刺激することになったようで、紹介されることを目標にして作文に取り組む学生もいた。

また、提出された作文を見ると、普段の様子からは想像できない、繊細な感覚を看取でき、教える側にとっても教えられるところがあった。

さらに、最初は関心が薄かった、授業前半で示す文学作品についても、学生は関心を示すようになった。自分の作品と見比べることによって、プロの作品の優れている点に気付く機会が増えたことによるであろう。

最初の年度をおえたとき、次年度もこの方法による授業をしようと考えた。けれども、新年度を迎えようとする春休みに、先ごろまで授業で教えていた学生の履歴書やエントリーシートを見る機会があった。そこに書かれた文章を読んで愕然とした。今まで提出してきた作文の出来とは程遠く、拙さが目につく。

「超短文」による作文と、履歴書をはじめとする公的文書とは、書き方、とくに文体が異なる。「超短文」作成では、字数の制約上、おのずと韻文的な書き方が多用されることになる。また、読み手を特別に想定しているわけではないので、話し言葉を用いる例も多く、敬語が意識されることも少ない。

かくして次年度の平成13年度、平成14年度は、やがて学生が迎える就職・進学時の実用性を考慮して、上述の「超短文」作成を用いた授業方法を捨て、公的文書を中心とした作文指導（履歴書の記入指導など）をおこなった。

それはそれで意味のあることであり、その過程で、授業担当者が作文指導方法について新たに知り得たところもまたある。しかしながら、「超短文」を用いた授業方法は、やはり評価すべきところがあり、それなりの魅力・効力を有していると考えられる。その魅力・効力については、以上、述べてきたとおりであるけれども、最後に、次の点を付け加えておきたい。

一般に、文は短い方が読みやすい。森岡健二『文章構成法 文章の診断と治療』<sup>5)</sup>によれば、一般の文章として読みやすい文の長さは、42～43字程度という。その後、作文指導をおこなってみると、高専の学生が書く文章の特徴として、一文が長いという欠点があることがわかってきた。一文が長くなると、主述がよじれるという現象が起きやすい。極端な例を除くとして、文は短い方が読みやすい、そうした文章作成の基本を学生に意識させる上でも、「超短文」による作文指導には意味があると考えられる。

こうした考え方にに基づき、平成15年度より、筆者は、1年生の授業（日本語総合）において、上述の授業方法を再び採用している。その後、改良を加えたところがあるけれども、その詳細については、別に報告する機会をもちたい。筆者は、今後もこの授業方法を改善しながら継続していく予定である。本稿は、今後、この授業方法の改善すべき点を考える足場を固めるために、この授業方法を導入した当初の経緯をここにまとめて報告するものである。

### 注

- 1) 野口悠紀雄：「超」文章法 伝えたいことをどう書くか，p.86-94，中央公論新社（2002）
- 2) 堀口大學：月下の一群，新潮社（1955）
- 3) 三好達治：三好達治詩集，岩波書店（1971）
- 4) 寺山修司：寺山修司作品集6，愛さないの愛せないの，新書館（1984）
- 5) 森岡健二：文章構成法 文章の診断と治療，p.189-192，至文堂（1965）

資料

<p>海</p> <p>一、耳</p> <p>私の耳は耳のから 海の響きをなつかしむ</p> <p>二、郷愁</p> <p>蝶のような私の郷愁..。蝶はいくつか<sup>繭</sup>を越え、午後の街角に海を見る..。私は壁に海を聴く..。私は本を閉じる。私は壁にもたれる。隣の部屋で一時が打つ。「海、遠い海よ！と私は紙にしたためる。海よ、僕らの使う文字では、お前の中に母がいる。そして、母よ、仏蘭西人の言葉では、あなたの中に海がある。」</p> <p>三、いちばんみじかい抒情詩</p> <p>なみだほ にんげんのつくるじゆんでも いちばんちいさな 海です</p> <p>四、ぼくが死んでも</p> <p>ぼくが死んでも 歌などつたねず いつものよつにピアを半分あげてくれ そこから 青い海が見えるよつに</p> <p>いつものよつにオリーブむいて 海の音囀り教えておくれ そこから 青い海が見えるよつに</p>	<p>ジャン・コクトー 堀口大智 訳</p> <p>三好達治</p> <p>寺山修司</p> <p>寺山修司</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; height: 30px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center; padding: 5px;">4年</td> <td style="width: 25%; text-align: center; padding: 5px;">番</td> <td style="width: 25%; text-align: center; padding: 5px;">組</td> <td style="width: 25%; text-align: center; padding: 5px;">氏名</td> </tr> </table>		4年	番	組	氏名																
4年	番	組	氏名																		

# 木材工業における資源有効活用と木質材料有効利用の可能性

## (日本・インドネシア産業クラスター交流調査事業報告)

高岸時夫\*

The research of industrial cluster between Japan and Indonesia  
" The effective use of resource in wood industry "

by

Tokio TAKAGISHI\*

Key Words : 産業クラスター , 木屑 , LCA , 木質ボード , ファルカタ

### Abstract

By the coordination of STEP (Shikoku industry and technology promotion center), and fund support of JETRO (Japan external trade organization). We have joined the research of Indonesia cluster between Japan and Indonesia "The effective use of resource in wood industry". In order to we have recent information of the reuse / use wood waste in Japan and Indonesia. We researched some problems such as the production of wood waste from wood industries. Moreover we introduced the new technology for using wood waste and new machines for wood forming. In the future, joint research the possibility of joint research and development were discussed.

## 1. 緒言

今回の調査の主役ともいえるファルカタなど木材は森林資源として水源のかん養，土砂流出の防止などの機能，水分の蒸散作用による気温調節だけでなく地球温暖化の主要因となる二酸化炭素を固定する．材料として見た場合でも化石燃料を使用するアルミや鉄などに比べて製造エネルギーが少ないという特長がある．各材料の製造時の消費エネルギーは，天然乾燥製材を 1.0 すると人工乾燥製材 1.9，合板 8.0，パーティクルボード

13.3，鋼材は 23.3，アルミニウム 290，コンクリート 1.3 という数値が報告されている．<sup>1)</sup>

また，我々の生活や住環境から考えてみると，森林資源は，建築構造材から内装材に至るまで幅広く用いられており，人間社会とかなり密接に関わっている．しかしながら，これらの森林資源は原木材から，その製品化のための歩留まりが悪いという欠点があり木材加工工場では，大量の木屑（鋸屑，研磨屑，切端など）が発生し，これらの木屑は，ほぼ各工場内で焼却されている．それによって人体に影響のあるダイオキシンの発生などを招いている．

---

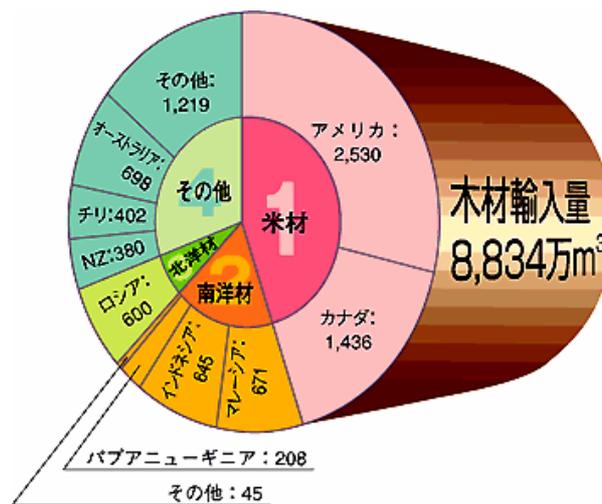
\*技術室

そこで、日本では、2003年にダイオキシン規制法の施行によって今までのように自由に焼却処分出来なくなり、特別な焼却炉の処理費用として1トンあたり1.5万円以上の処理費用が必要となり、木工業界では木材の有効利用、歩留まりの向上、新技術の開発などの検討が行われている。日本における木屑や廃材の発生状況(概算)を表1に示す。<sup>2)</sup>

表1 日本における木質系廃材の発生量

発生源	数量(t/年)
製材工場等廃材	610万
間伐材等	390万
建設発生木材	480万
合計	1480万
上記の中で未利用量	約680万

インドネシアは、世界第一の輸出国である。2002年に日本がインドネシアから輸入した木材および木材製品の量は、製材が34万m<sup>3</sup>、合板が256万m<sup>3</sup>、パルプ14万トン、紙29万トンなどであった。丸太については、インドネシア政府が輸出を禁止している。すなわち、日本はインドネシアからは、木材の多くを合板の形で輸入している。また日本が輸入している合板のうち、インドネシア産が55%を占めている。<sup>3)</sup>



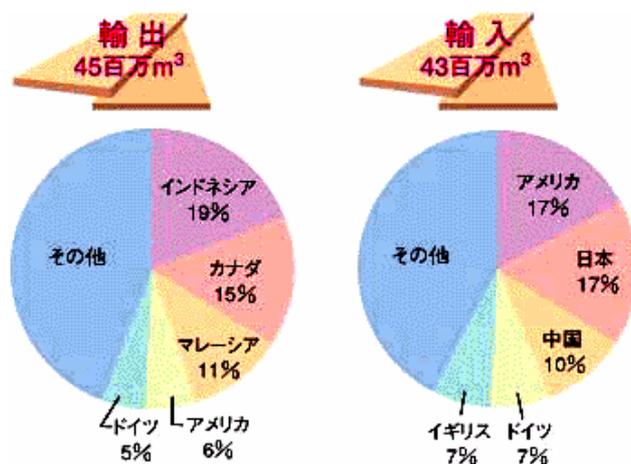
(林業白書 平成10年度版)

図1 日本の木材輸入量

木工業界では主に3つの対応法が検討されている。  
 木屑を利用した新しいリサイクル法の研究開発。  
 木屑発生量を少なくするために切削加工した部材を輸入して国内で組立。  
 消却コストが安価な組合の処理場等での処理。

上記した、<sup>3)</sup>に関しては、環境などを考慮したグローバルでなく局所的な見地に立っていると言える。<sup>4)</sup>のリサイクル法とそれと共に森林資源の枯渇を防止する木材資源の確保、研究、有効利用こそが、図1に示す木材の大量輸入国、生産・消費国である日本の重大な責務である。そのことは、日本が、アメリカ、インドネシアをはじめとする大量輸出国の森林資源の確保、安定的供給と環境への配慮を地球規模で取り組む必要性を示唆している。

近年、丸太の輸入は輸出国側の丸太輸出規制、いわゆる付加価値の高い製品輸出拡大政策を背景に減少し、日本でも製品輸入の割合が増加する傾向にある。平成10年度の林業白書(図2)に示すように日本は世界でもトップを争う合板の輸入国であり、イ



(林業白書 平成10年度版)

図2 合板など輸出・輸入上位国

## 2. 日本の木屑処理技術と森林破壊などの背景

本校において西岡研究室で取り組んでいる「環境に優しいシックハウスのない木質ボードの製作」<sup>4)</sup>

を代表とした木屑や紙屑，竹材の有効利用技術の研究が行われているが，木材は，素材→製材→板→削片→繊維→木粉というようにカスケード（階段）型をなして様々な利用されている．以前は，製材での利用方法が主体であったが接着技術の発展などにより新しい木質材料が開発され普及した．ここで代表的な木質材料の種類を表2に示す．

表2 木質材料

製法など	木質材料
残った芯材や板材を角材にし，それらを並べて接合し，両面に合板を貼ったもの，ドアや収納と扉などの基材に使用	ブロックボード
人工乾燥し大きな節や割れなど木の欠点を取り除いた引き板（厚さ20～50mm程度の木材）を木目にそって長さ・幅・厚さの方向に集成接着した建築材料	集成材(GLT) Glued Laminated Timber
ロータリーレース，スライサー等により切削した単板（Veneer）の繊維方向を揃えて積層接着	単板積層材（LVL） Laminated Veneer Lumber
単板（Veneer）の繊維方向が直角に交差するように積層接着	合板 Plywood
ストランドとよばれる繊維方向に細長い木材の削片，薄い木片を何層にも交互に方向を変え，重ね合わせ接着形成	配向性ストランドボード（OSB） Oriented Strand board 構造用パネルの一種 Structural panel
木材を細かく切削して接着剤を添加して熱圧した	削片板（パーティクルボード）
木材を繊維状にほぐして成形し接着剤を加えて圧縮した板	繊維板（ファイバーボード） 中質繊維板（MDF） Medium Density Fiberboard

注目すべきは，木材の歩留まりの面からも環境面，人体の健康への配慮を考えた廃棄（焼却）処分されるとき安全性の問題，いわゆるライフ・サイクル・アセスメント（LCA：製品を生産して消費・廃棄するまでの環境負荷を算出，評価するシステム）を考

慮すべきことであろう．今回のインドネシア視察と産業クラスター交流がインドネシア側へ日本の木屑処理技術の適用を促し，それによって地球環境の改善と両国産業の発展に寄与するものと思われた．

一方，木材資源の確保と管理についてもインドネシアには早急な対策が必要で，木材の伐採については2003年頃のインドネシアと英国の合同調査によればインドネシアで生産される木材の50%以上が違法伐採木材であり，違法伐採及び違法伐採木材の貿易については各国における持続可能な森林経営の達成を著しく阻害するものであり日本としても，2000年のG8九州・沖縄サミット以来，世界の先頭に立ちこの問題の重要性を主張，日本・インドネシア違法伐採対策協力「共同発表」アクションプラン署名式が平成15年6月24日総理官邸において小泉総理，メガワティ大統領立会いの下，亀井農林水産大臣，川口外務大臣とプラコサ林業大臣との間で行われたという背景もある．<sup>5)</sup>

### 3. 調査事業日程と産業クラスターなどのデータ

今回の調査事業に関する日程や視察先，産業クラスターの名称などを以下に示す．

#### 3.1 調査事業日程

表3 日程

日 程	主な視察先・内容
9月12日	・到着日
9月13日	・BANGLI 地区植林地見学 （インドネシアの森林の現状） ・MAS 地区工芸品等見学
9月14日	・スラバヤ大学とミーティング （意見交換，共同事業展望など）
9月15日	・ABA 社工場見学（ケナフ他） ・GLESIK 地区製材工場見学 ・PT.NANKAI INDONESIA 製材集成材工場見学（現地生産ボード）
9月16日	・TRETES 地区植林地見学 （主にファルカタの植林） ・最終ミーティング（クラスターの可能性検討・確認）
9月17日	・出発日

### 3.2 調査地区・視察先

- 1) 調査地区 (インドネシア共和国)
  - バリ島 BANGLI 地区 (植林地)
  - ジャワ島スラバヤ PASURUAN 地区(天然繊維加工工場)
  - GLESIK 地区 (製材工場)
  - TRETES 地区 (ファルカタ植林地)
- 2) 視察大学・企業等
  - スラバヤ大学
  - PT.JASA MULYA (製材会社)
  - PT.JITA SARI (製材工場およびフローリング製材会社)
  - PT.NANKAI INDONESIA (製材会社)
  - PT.ABADI BARINDO AUTOTECH (木質ボード製造会社)

### 3.2 両国産業クラスター

- [ インドネシア側クラスター ]
- Universitas Surabaya (スラバヤ大学)
  - PT.GLORIA SCIENTIFIC ABADI(化学品会社)
  - CV SETIA GUNA SEJAHTERA (原木商社)
  - CV ARTA GRIYA (船舶中古市場関係)
- [ 日本側クラスター ]
- 太陽合成 株式会社
  - 株式会社 山本鉄工所
  - 四国産業・技術振興センター
  - 徳島県工業技術センター
  - 徳島大学
  - 阿南高専

### 4. インドネシア視察

今回のインドネシア視察での現地の植林地, 木材加工, 木質ボード, 合板加工, 木屑処理, 製品環境, 労働環境などを調査した現状と所感について基本的に訪問視察した日時・目的地順に, 写真を交えて聞き取り調査したメモを参考に列記する.

### 4.1 植林地見学・現地工芸品見学

#### ・BANGLI 地区 (9月13日)



写真1 BANGLI 地区植林地見学

今回は特に有効利用できる木材としてファルカタ (マメ科の早成樹, 日本では南洋ギリとして有名, 現地では SENGON) に注目していたが, かなりの量 (面積などは不明, 想像していた以上) 植林されていた. 1970~80年代に国策として植林が実施された. 近年は国営農園公社が積極的に植林している. (元来はカカオなどのシャドーツリーであった.)

ファルカタは5~6年で直径約30cmになる早成樹であり, ほぼ真っ直ぐに伸びる. 1本の木(1本=20~30ドル)から0.3~0.5m<sup>3</sup>の製材が出来る. 比重が軽く(0.3~0.4), 加工もしやすい. しかし, 高く成長する割には, 根が浅いので強風に弱く倒れやすい, 材質が柔らかい分, 傷つきやすく床材や表面材としては困難. 中心部分は使えない(廃材が多く出る), 釘の保持力が弱いなど欠点はある. 近年, 合板やブロックボードなどとして, 一部の建材, 家具に, 工芸品・ワインの組箱などにも使われている. 植林地にて1.3mの玉切りにして道路まで人の手で搬出, 収集し出荷されている.(軽いため十分可能)

MAS 地区木彫人形製造販売所見学の際, ファルカタ材で作った木彫り製品が多数あり品質も高く, 安価であった. また, 木彫の実演が行われており, その職人技には目を見張るものがあつた. 観光客に人気の現地の染め物も見学したが, バティックと呼ばれるろうけつ染めなど手工芸品の質や職人の技術は高かつた.



写真2 MAS 地区木彫製造販売所見学

#### 4.2 スラバヤ大学訪問とミーティング(9月14日)

現地のスラバヤ大学を表敬訪問すると共に、日本の産業について特に現状でのインドネシアに豊富な木材を利用した木質材料の製造方法や関連製品の説明と今後の両国の産業交流、共同研究などについて意見交換、その可能性の確認が行われた。



写真3 スラバヤ大学訪問とミーティング

- ・日本側から資料に基づき2つの技術(押し出し、成形プレス)を紹介、サンプルを供与。
- ・日本の木材リサイクル事情(捨てるために費用要、リサイクル品のマーケットあり)および欧米もその流れである旨説明。
- ・インドネシアでは、約400万m<sup>3</sup>の廃材が捨てられている。これをなんとかしたい。
- ・インドネシア側として、特に技術は持ち合わせていないので、日本側の企画・提案・技術に合わせ、

材料、場所、人は出す準備はできている。

- ・課題はコスト削減(材料・プロセス)とマーケットの絞り込みである。インドネシア側需要での必要な製品スペックが明らかになれば検討可能である。
- ・インドネシア側、日本側の窓口を決めて進める。
- ・学の交流として、日本側から徳島大学での研究(天然繊維を中心としたリサイクル技術)や留学生の受け入れなどの交流と来年3月に京都で開かれる国際シンポジウム案内など

#### 4.3 工場見学(9月15日)

##### ・ABA(ABADI BARIND AUTOTECH)社工場見学

日本の大手自動車メーカーのバンパーなど車両部品や内装材などの下請け企業でもあるアラコは、インドネシア現地法人「ABA」(本社・ジャカルタ)を通じてケナフ(写真4)の種子開発から直営農場での栽培、自動車部品加工しやすいよう板状に圧縮した繊維素材であるケナフボードの製品化まで一貫生産を手掛けている。<sup>6)</sup>

アラコ:2004.10.1トヨタ車体株式会社・トヨタ紡織株式会社に変更



写真4 ケナフの繊維

- ・アラコでは、1999年からケナフボードの生産を開始し、種子開発から製品化まで一貫生産体制を確立している。
- ・主な輸出国は日本、カナダであるがインドネシア

- 国内への出荷（SUZUKI 自動車など）も開始．
- ・現在はケナフ 50% P P (ポリプロピレン) 50%が主な製品であるが、今後ケナフ混合割合を半分以上に改善し、さらに環境に優しい材料という特徴をアピールする姿勢である．
  - ・ケナフの芯からリグニン抽出を行うという課題．
  - ・ケナフボードの特徴は2層にすることによりランダムに樹脂とからみ縦横が安定すること．
  - ・ケナフはアフリカ、インドなどが原産で温帯から熱帯地方にかけて生育するアオイ科ハイビスカス属の一年草であり、半年弱で背丈が3～4メートルになるなど成長が著しく早く繊維質が豊富で木材に代わる紙原料としても注目されている．空気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)吸収能力が熱帯林の2倍、アカマツの7.5倍と高いのも特徴である．
  - ・ケナフのインドネシアの栽培地を、現在の五百ヘクタールから数年後に十倍の五千ヘクタールにまで拡大させる計画を進めている．
  - ・強度のあるBP加工法を開発、従来の内装材だけでなくバンパーやシャーシなど車の外装、骨組みにもケナフが利用できるめどが立ち、大幅増産を予定している．



写真5 ケナフとPPの混合材

- ・GLESIK 地区製材工場見学
  - ・PT.JASA MULYA (製材会社)
  - ・PT.JITA SARI (製材、フローリング製材工場)

木材の植林地見学と共にインドネシア製材工場の状況を視察、木材の製材方法、歩留まり、木屑処理など現状を把握することを目的とし、事前調査により特徴的であると思われる上記2社を見学した．



写真6 製材工場

- ・比較的多かった硬い木材はパトゥ、バンキライなどで、カリマンタン(旧ボルネオ島)で採取され、デッキ材、公園のベンチ、フローリングなどに利用されている．
- ・メランティ(ラワン)には白色と黄色がありホワイトメランティはロータリー単板に切削可能で、ほとんどが合板用材料になる．
- ・インドネシアでも森林資源の枯渇が進み、伐採制限に乗り出している．需要と供給の観点からも廃材の有効利用を各企業とも望んでいる．
- ・この製材所(写真6)の生産量は約25000m<sup>3</sup>/年．このうち15000m<sup>3</sup>を廃材として出す．製材としての歩留まり20～25%程度．
- ・製材する時の送材速度が日本(約60m/min)と比較して遅く(約30m/min)、日本が行っている丸太からコンピュータの画像処理によって自動でバンドソーによる切断で歩留まり(45～50%)を向上させている状況とは技術面などで格差があった．
- ・現地での木材加工の歩留まりは製材段階で20～40%、さらに製品段階で50%など、原木のかなりの部分が廃材となっている．(一部ボイラ燃料、土と混ぜて線香などに再利用するなど)
- ・モルダー(molder)など加工機があったが、ほとんど未使用の様で会った．

・PT.NANKAI INDONESIA (製材・集成材工場)

= 南海プライウツドのインドネシア事業

製材工場から，さらに集成材や合板などの現地生産の現状を日本企業現地生産工場で視察した。



写真7 ブロックボード材料

- ・この工場では，材木の歩留まりをよくする為に工夫がなされていた．特に写真7に示す小さな木片を手作業でブロックボードにする工程は，人件費の安さ(約300円/1日/1人)がなせる技である．



写真8 手作業

- ・従業員は素早く手作業(写真8)で並べて，酢ビ(酢酸ビニール)接着剤を使い万力による圧力で板状に貼り合わせていた．その後，上下の面を機

械(プレーナー)によって平面に切削加工する工程がある．

- ・接着剤である酢酸ビニールの環境への影響についてはあまり知られていないが，ホルマリンなどの成分は特に揮発が認められず指摘されていない．しかし広義にはVOC(Volatile Organic Compound: 揮発性有機化合物)として化学物質を発生し，発ガン性も指摘され，PTPR法(化学物質把握管理促進法: 成立1999年: 平成11年7月)により，有害化学物質として指定されている．

#### 4.5 植林地見学(9月16日)

・TRETES 地区植林地見学

ファルカタの植林を訪れたが，約3年半という短い期間であるにもかかわらず，高く(30~40m)，太く(直径20~30cm)成長し育っているファルカタの木に驚かされた．今回の視察場所の植林面積は約70haと案内された．

ちなみにファルカタは，早世樹 Falcata: 学名 = Albizia falcata, 比重 = 0.2 ~ 0.4, 曲げ強さ約 50 ~ 100N/mm<sup>2</sup> である。



写真9 ファルカタ植林地

- ・60万haのファルカタ植林があり，頻りに間伐されていないようで生育は良くない．現地では，成長した木から伐採しそれが結果的に間伐になるという考え方である．
- ・日の当たる暖かい状況ほどやはり成長は早い．
- ・帰路，ファルカタ材の重さを体験，前記したように比重が低いので非常に軽く感じた．



写真 10 フェルカタの軽さ

#### 4.6 両国クラスターの最終ミーティング

(場所：SURYA HOTEL 内ミーティングルーム)



写真 11 備忘録締結

今回の視察の成果を備忘録(写真 11 参照)として記録し両国関係者間で締結する。今後の両国クラスター共同事業の可能性を下記のごとく確認した。

- ・9 / 14 に行われたスラバヤ大学での取り決め事項(産業協力, 学術協力等)を備忘録として両者で締結する内容の確認。
- ・日本側の想定用途について, 写真・カタログをインドネシア側に 10 月末までに送付する。
- ・インドネシア側の想定マーケットと必要スペックを日本側に連絡。
- ・フェルカタ材で試作する為, インドネシア側から 100kg の材料を日本側へ譲り受け成型, できたサンプル, 分析結果をインドネシア側に送付する。
- ・既存の木材製品の置き換えは厳しく新しい用途を考えていくことに同意。

- ・バゼル条約(廃棄物の越境移動を禁ずるもの)などの問題に対する意見があった。
- ・設備など多額の費用がかかるアクションは来年度プロジェクトの応募, 採択状況により勿論左右される。プロジェクト提案の際はインドネシア側にも打診, 確認し協力を要請する。

#### 5. まとめ

今回の視察で, 特にインドネシアの木材工業の状況, 木質材料の多様性, 木屑による環境問題の発生原因などについての視察調査を行うことができた。さらに, インドネシア側の木材加工産業に対する興味や人件費も含めたマンパワーが日本側の企画, アイデア, 技術, ノウハウ, さらに指導協力的マンパワーと協調できる要素の確認も出来た。しかし, 可能性の大きい事業であり予算面をクリアするというハードルに対して双方の努力が不可欠であり特に日本側クラスターの材料分析, 試作製造分析, 既存技術と今後の開発技術をプロジェクトに適応させる企画, アイデアが重要となってくる。

今後政府の ODA, 環境省の国際産業環境保護事業などへの応募で将来の共同研究, 産業化, 事業化への展望がさらに広がると思われる。

#### 引用・参考文献

- 1) 高橋和彦: 林道研究室. 「木材の利用とリサイクル」(1999) [http://www.jfec.or.jp/tech1999\\_10.htm](http://www.jfec.or.jp/tech1999_10.htm)
- 2) 平成 14 年 12 月 27 日 閣議決定: 「バイオマス・ニッポン総合戦略」
- 3) 熱帯林と世界の森林 JATAN MAIL NEWS 第 11 号 2003 年 12 月 24 日発行
- 4) 西岡守ほか: 平成 11 年度地域コンソーシアム研究開発事業「ゼロエミッションを目指した未利用木質資源の二次製品化技術の開発」成果報告書, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 四国産業・技術振興センター
- 5) 平成 16 年 5 月: 日インドネシア違法伐採対策協力共同発表及びアクションプラン, 外務省外交政策
- 6) 「中日新聞」ケナフについて 平成 16 年 9 月 15 日付け

## &lt; 医用生体工学・生体材料学 &gt;

**Parameter Estimation of the Local Tissue Impedance by Using Divided Electrode for EIT**

Emiko Yasuno (Anan National College of Technology), Xueli Zhao, Yohsuke Kinouchi, Tadaaki Morimoto, Mieko Takeuchi, and Yuuken Oomine (The University of Tokushima)

2004 RISP International Workshop on Nonlinear Circuit and Signal Processing, CD-ROM, pp. 379-382 (2004)

2004年3月

## &lt; 論文概要 &gt;

Electrical impedance tomography (EIT) is two- or three-dimensional image of electrical impedance distribution in a living tissue. Unlike usual imaging methods, i.e., X-CT, MRI and US Imaging, EIT is used for imaging the information of tissue structure and functions. In this paper, a new configuration of the electrodes, called divided electrode, is proposed for a short time measurement of bio-impedance in a cross section of a local tissue. The cross section of the tissue is represented by space distributed equivalent circuits, and their parameters are estimated by inverse algorithm. It is found from the computer simulations that the propose method is useful for estimating the circuit parameter of a typical layered tissue model including a tumor.

## &lt; 医用生体工学・生体材料学 &gt;

**生体組織インピーダンスの層状組織構造の推定**

加藤弘洋 (徳島大学), 安野恵実子 (阿南高専), 木内陽介, 入谷忠光, 森本忠興, 竹内美恵子, 大嶺裕賢 (徳島大学)

平成 16 年度電気関係学会四国支部連合大会論文集, pp. 221 (2004)

2004年9月

## &lt; 論文概要 &gt;

現在, 生体組織の情報を得るのに医用診断に利用されている方法として, X 線 CT, MRI, 超音波画像等が挙げられる。これに対して, EIT (Electrical Impedance Tomography) は他の画像診断装置とは異なる生体組織情報 (組織の構造や生理学的機能, 状態に関する情報) を得られると期待されている。

EIT は, 非侵襲で生体に微弱な交流電流を流すことで得られるインピーダンスから, 生体内部の状態を診断し画像化するものである。

しかし, この EIT の実用化に向けて, 測定インピーダンスデータから空間分布を推定する逆問題アルゴリズムや測定電極の構造や配置等の課題が挙げられる。

そこで本研究では, 生体組織を周波数依存性のないパラメータを要素とする等価回路モデルで表し, そのモデルの層組織構造に着目し空間分布を推定することを目的とする。

## &lt; 医用生体工学・生体材料学 &gt;

**局所組織 EIT の空間分解能の検討**

森本有理紗, 安部了祐 (徳島大学), 安野恵実子 (阿南高専), 木内陽介, 入谷忠光, 森本忠興, 竹内美恵子, 大嶺裕賢 (徳島大学)

平成 16 年度電気関係学会四国支部連合大会論文集, pp. 222 (2004)

2004年9月

## &lt; 論文概要 &gt;

現在, 生体内部の組織構造を知るために, X 線 CT や MRI, 超音波画像など生体の密度分布や密度境界情報を画像化するものが多く用いられている。これに対し, EIT (Electrical Impedance Tomography) は生体材料に微弱な交流電流を流し, 得られたインピーダンス特性から生体組織内を画像化するものである。これは他の画像診断装置とは異なり, 組織の構造や生理学的状態, および機能に関する情報が得られると期待されている。

そこで本研究ではこの EIT の開発を目指して測定されたインピーダンスデータを用いて生体組織内の空間分布を推定し, その空間分解能について検討することを目的とする。

## &lt; 医用生体工学・生体材料学 &gt;

**分割電極法による局所組織インピーダンスの空間分布推定**

安野恵実子 (阿南高専), 木内陽介, 森本忠興 (徳島大学), 大嶺裕賢 (阿波病院)

電気学会計測研究会資料, IM-04-39, pp. 23-28 (2004)

2004年10月

## &lt; 論文概要 &gt;

現在、実用に用いられている医療画像診断装置には、X線-CT、MRI、超音波診断装置がある。これらの画像は生体の組織が病変により変化すると、X線の透過率、マイクロ波の吸収率、超音波の反射率が変わるという形で捉えたもので、形態学的変化を画像化したものである。いずれも、X線やマイクロ波、超音波を直接利用するため、数学的根拠も明確であり、早くから開発されている。

一方、EIT(Electrical Impedance Tomography, 以下 EIT とする)は、X線やマイクロ波の代わりに電流を測定対象に印加し、その周辺の応答電圧を測定し、空間的な生体組織インピーダンスの分布を推定し、画像化するものであり、他の画像診断装置とは異質の情報を提供するものとして期待されている。

本稿では、表在性腫瘍の診断、牛や豚の肉質検査など、非侵襲で局所組織を測定する EIT 開発の基礎的研究として、ガード電極を有する分割電極法を用いる新しい測定方法を提案している。そして、表在性腫瘍をモデル化した等価回路を用いて、本手法の有用性をシミュレーション解析により検証している。

#### <科学教育>

##### 一般教育としての化学教育のあり方

岡野寛（高松高専）、一森勇人（阿南高専） 高専教育 第27号 369-373 (2004)  
2004年3月

#### <論文概要>

高専の化学教育のあり方を阿南高専と高松高専で協議した。企業からみて、高専で教えるべきことは何かというと、基礎となる学力をしっかりと身につける必要がある。物理や化学実験においては、得られたデータを客観的に分析できる能力を身につけさせることが必要である。低学年の理科実験（物理・化学）では、得られた実験データを客観的に分析できる能力を養う必要がある。この能力は、将来、生産技術に携わった際、必要不可欠なものである。阿南高専の化学系の講義は、1年生で3単位（週3時間）、2年生で2単位、5年生で生命科学（選択）2単位、計7単位であった。2003年度からの新カリキュラムにおいて、理科教育（物理、化学）の見直しをおこなった。その結果、高専の特徴である、低学年を主に一般教科が担当

し、高学年を専門教科が担当する楔形をやめ、2年生から5年生まで化学教育を継続することとした。

#### <科学教育>

##### 総合的な化学教育の取り組み

一森勇人、岡野寛（高松高専）、尾崎信一（高知高専）高等専門学校の教育と研究 vol.9, No3 p.35-40 (2004)  
2004年5月

#### <論文概要>

高専の教員の仕事は、研究、教育、貢献といわれているが、高専はH16年4月から独法化され、活動しやすくなるのではないだろうか。また、ここ数年、小中学校の教育改革により、高専内での活動だけでなく、地域での活動の場が増加した。

「鉄は熱いうちに打て」ではないが、地域の小中学生に対して、公開講座、出前授業等、様々な試みを行っている。これらの活動を通じて、学習指導要綱に縛られることもなく、文部科学省検定済の教科書を使う必要もない高専において、これからの時代に適応した教育が、生まれると確信している。

#### <科学教育>

##### 四国地区工業高専化学実力テストの意義

尾崎信一（高知高専）、岡野寛（高松高専）、一森勇人（阿南高専）  
日本工学教育協会第52回年次大会 講演要旨集 181P (2004)  
2004年7月

#### <論文概要>

我々は、四国の異なる3つの工業高専で一般教科に所属する化学専任の教員である。3高専とも4学科で構成されており、そのうち化学系の学科は1高専に1学科あるのみで、他はすべて、いわゆる応用物理系の学科である。これまで、我々は、それぞれの所属する高専で一般教科として化学のあるべき姿を模索しながら教育に携わってきたが、昨年、合同で情報交換する機会を設けて、特に次のような問題について討議した。「技術者を目指した高専生に一般化学をどこまで教授するか。」また、「その評価法はどのようにすべきか。」これらは、単に1高専の枠を超え、高専の一般化学にとって共通した命題ともいえる。その解決の糸

口を見いだすため、学生の習熟度の確認とその後の授業改善を主な目的として、試行的に3高専の実力テストを行ったので報告した。

#### <科学教育>

#### 四国地区工業高専統一テストならびに化学版TOEICの試み

岡野寛(高松高専), 尾崎信一(高知高専), 一森勇人(阿南高専) 日本工学教育協会第52回年次大会 講演要旨集 183P (2004)

2004年7月

#### <論文概要>

平成15年度2月に初の試みとして高松, 高知, 阿南の四国地区工業高専の学生を対象に化学の基礎的知識, 到達度を評価する統一実力テストを実施した。本稿では統一実力テストを実施するにいたった経緯, 計画段階で発生した問点, 実地に実施するうえでの種々の障害などを報告するとともに, 実際に実施し得られた統一テストの成果について報告する。また, 今後の展開の1つとして, 化学版TOEICの実施構想について紹介した。

#### <科学教育>

#### 楽しいセメント工作

堀井克章(阿南高専)

土木学会誌, Vol.89, No.5, pp.74-76 (2004)

2004年5月

#### <論文概要>

イベント工作や教材として, セメントを使った植木鉢, 貯金箱, コマ, ガーデニンググッズ, ペーパーウェイト, コースターなどの工作を開発した経緯, 意義などを紹介した。

#### <科学教育>

#### 教育用ツールとしてのセメント工作に関する検討

粟田工(徳島大学大学院), 堀井克章(阿南高専), 小西孝弘(阿南高専), 飛越友(阿南高専)

土木学会第59回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, pp.289-290 (2004)

2004年9月

技術教育の現場における教育用ツールとして, パソコン, プロジェクタ, ビデオ等の視聴覚メディアが増加し, ものに直接触れる機会が少なくな

る傾向がある。また, 高等専門学校, 大学等では, 低学年におけるものづくり教育が充実しているとは言い難い。そこで, 建設材料として最も多用されるコンクリートに着目し, 阿南工業高等専門学校で実績のある様々なイベント用セメント工作の一つであるペーパーウェイトを取り上げ, 高等専門学校の低学年の創造的なものづくりへの関心度や専門知識の習得度の向上, および準備や指導等を行う高学年生のコミュニケーション能力やプロジェクト遂行能力等の向上等を目的として行ったセメント工作について報告したものである。高等専門学校や大学等で行われるセメントやコンクリートに関する実験は, 予め用意された材料や装置を使って班単位で行うことが多く, 一人一人が計量から脱型までの作業を行うことは希で, 創造性もほとんど要求されない。自由度があって専門的な装置を使わずに一人で簡単にできる今回の工作は, アンケートの結果や工作の状況より, 高等専門学校の低・高学年生に有効な教育ツールとなり得ることが分かった。

#### <教育工学>

#### 英語を用いた理科系科目の教授法

一森勇人(阿南高専), 東條訓子(阿南高専), 岡野寛(高松高専)

第9回高専シンポジウム 講演要旨集 194P (2004)

2004年1月

#### <論文概要>

将来, 研究者, 技術者を目指す者にとって, 英語の習得は必要不可欠なものである。創造的, 実践的な人材の養成を目的とする高専において, 効果的な英語教育がJABEEからも要求されている。3年前より, 阿南高専では, 英語教官と共同授業を実施して, 化学教育における英語の導入を試みてきた。授業, レポート, 定期テストにおける英語導入例を報告した。

#### <教育工学>

#### 化学教育におけるインターネットの有効活用

岡野寛(高松高専), 一森勇人(阿南高専) 第9回高専シンポジウム 講演要旨集 195P (2004)

2004年1月

#### <論文概要>

学内で2年生を対象に実施したアンケートによると、90%の学生が家庭内で常時接続されたPCを使用できる環境にあることが分かった。高松高専では約2年前より化学専用のホームページを開設し、講義資料や宿題の配布、さらにそれらの解答例の掲示などを行い、学生にホームページ閲覧の習慣を身につけさせてきた。この2年間の成果について教官側と学生側の立場で有効性及び改善点について考察した。インターネットを利用した学力保証のための化学版TOEICの実施構想について紹介した。

#### <教育工学>

##### 英語を用いた高専一般教科化学の教授方法

一森勇人(阿南高専), 東條訓子(阿南高専), 岡野寛(高松高専) 日本工学教育協会第52回年次大会 講演要旨集 535P (2004)  
2004年7月

#### <論文概要>

創造的、実践的な人材の養成を目的とする高専において、一般教養科目・専門教科の習得がまず必要である。それに加え、将来、研究者・技術者を目指す者にとって、英語の習得は必要不可欠なものである。JABEEにおいても国際的コミュニケーションが求められており、効果的な英語教育が要求されている。阿南高専でも、JABEE認定を目指して教育目標が定められ、全学を挙げての教育改革に取り組んでいる。教目標を達成するために、個々の科目が個々に努力するだけでなく、教科間で有機的に連携することが教育目標を実現するために重要であると考えた。3年前より英語教員と共同授業を実施して、化学教育における英語の導入を試みてきた。授業、定期テスト、レポートにおける英語導入例を報告した。

#### <教育工学>

##### 英語授業におけるe-ラーニング導入

東條訓子(阿南高専), 一森勇人(阿南高専) 日本工学教育協会第52回年次大会 講演要旨集 535P (2004)  
2004年7月

#### <論文概要>

阿南高専では、国際人としての教養を身に付けた技術者を養成することを教育目標に掲げている。

そのためには、英語の読み書き能力の上に、英語を聞き取るリスニング力の強化と、通じる英語を話すスピーキング力の強化が必要とされる。そこで、本校では英語の授業にe-ラーニングを導入する案が検討された。e-ラーニング個別学習によるリスニング力の強化で英語の総合力を高め、外部評価として本校で採用しているTOEIC IPテストで高得点をあげるのが目的である。本校では、昨年度、準備段階として、1年生の英語の授業でe-ラーニング個別学習を試行してきた。そして、本年度より、1年生と2年生の英語の授業に本格的にe-ラーニング個別学習を取り入れ、また3年生以上の学生には、e-ラーニングを使っての自己学習法を指導している。

#### <教育工学>

##### 学生の意識調査による工作実習とモチベーションに関する一考察

原野智哉(阿南高専), 高岸時夫(阿南高専)  
論文集「高専教育」, 第27号, pp.460-465(2004)  
2004年3月

#### <論文概要>

近年、阿南高専機械工学科1~2年生に実施されている工作実習の内容およびテーマに関して実習中に学生からの改善要望が多く聞かれるようになった。そのため、まず低学年工作実習の内容・テーマに関する記述式アンケートを実施した。その結果、現実習テーマ・内容が時代から遅れており、分解組立実習や組立後に動きのある製品製作や実用品製作を行いたいなどの結果が得られた。これらの結果を踏まえ、工作実習改善のさらなる検討および一般的な実習改善に有用なデータを得るため、学生の工作実習へのやる気意識すなわちモチベーションへの影響因子を考え、更なる詳細アンケートを実施したところ、記述式アンケート結果と同様な結果が得られた。また、詳細アンケート結果をさらに統計解析によりモチベーションチャージを含む全因子間相互の相関係数計算および重回帰分析を行った結果、モチベーションチャージが実習課題の見通し、実習に考える要素を取り入れる創造性、組立品製作(あるいは実用品製作)のわずか3因子により説明が可能であり、とくに効果の高いモチベータが実習の見通し、創造性、組立品製作(実用品製作)であることがわかった。

## &lt;教育工学&gt;

**学生のモチベーションに着目した機械工学創造教育(PBL)改善へのアプローチ**

原野智哉 (阿南高専) , 中村克孝 (阿南高専) , 西岡 守 (阿南高専) , 多田博夫 (阿南高専) , 奥本良博 (阿南高専) , 大北裕司 (阿南高専) , 柳坂信孝 (阿南高専) , 高岸時夫 (阿南高専)  
平成16年度高等専門学校教育教員研究集会, 講演論文集, pp.153-156 (2004)

2004年8月

## &lt;論文概要&gt;

本校機械工学科における創造実習は平成14年度から機械工学基礎(1年)や機械工学実験(4~5年)でブーメラン製作, 高強度構造コンテストなどで実施してきたが, 学生の観点から考慮し学生の高いモチベーションが期待できる創造実習への検討は全く行われていなかった。教員が最良と考えた実習は必ずしも学生が要求し時代に即しかつ学習効果が最大となる実習内容とは限らない。やる気のみで創造実習の習熟度を決定づけることはできないが, 自ら考え発想する要素を取り入れたPBLでは, やる気の喚起が学習効果を高める重要な因子であり, あらかじめ学生のモチベーションを最大に高めるPBLテーマ・内容となるよう検討をしておけば, 大きな学習効果が期待できる。

本研究は本格的導入を踏まえ試行されたPBLを学生アンケートにより妥当性を検討し, さらに学生のモチベーションが最大に期待できるPBLの要因抽出を試みた。流体・機械構造物を考案し製作するPBLを実施し, アンケートを行い詳しく分析した。その結果, 授業へのPBL導入を行えば, モチベーション向上効果が高く, 機械工学分野への動機付けおよび創造力養成が期待できると考えられた。

## &lt;教育工学&gt;

**原子力プラント異常事象説明機能の開発**

山内孝浩 (阿南高専) , 三木哲志 (阿南高専)  
平成16年度電気関係学会四国支部連合大会, 16-25, pp.291 (2004)

2004年9月

## &lt;論文概要&gt;

工学系の学生を対象とする, 原子力プラント異常事象教育システムが試作されたが, 学生にとっ

て分かり易いシステムにするためには, 説明機能を改良することが不可欠である。そこで, アニメーション機能を具備した異常事象進展説明図を用いて, 説明機能を開発した。開発した機能を評価した結果, 次の特徴をもつことが確認できた。

(1) 図を中心に原子力プラントの異常事象を説明しているため, 直感的な理解が容易である。

(2) CRT画面の異常事象進展図が変化すると共に, 事象の発生理由を表示するので, 順を追って原因を理解出来る。

## &lt;環境技術&gt;

**産業廃棄物のみで製造したモルタルおよびコンクリートの基礎性状**

粟田工 (徳島大学大学院) 堀井克章 (阿南高専) 多田孝 (阿南高専) 寺野伸吾 (阿南高専専攻科)  
セメント・コンクリート論文集, No.57, pp.625-630 (2003)

2004年2月

## &lt;論文概要&gt;

本研究では, 環境負荷の高いセメントや天然骨材を全く使用せず, 産業廃棄物のみからなるモルタルやコンクリートを製造し, その諸性状を検討した。その結果, 通常のセメントモルタルやセメントコンクリートと同じ方法で, フライアッシュ, 回収石こう, 高炉スラグ微粉末, 高炉スラグ細骨材, 高炉スラグ粗骨材および再生粗骨材といった産業廃棄物のみからなるモルタルやコンクリートが製造でき, 材料や配合を適切に選定することで, 比較的高い流動性や強度を有するモルタルやコンクリートとなることが確かめられた。

## &lt;ナノ構造科学&gt;

**Effects of domain wall and pinning center on electron transport in ferromagnetic wire**

A. Nakamura (Anan National College of Technology) and S. Nonoyama (Yamagata University)  
Physics Letters A, Vol.324, pp.51-55 (2004)

2004年3月

## &lt;論文概要&gt;

The effects of the domain wall and its pinning center on the electron conduction are studied in a framework of the random phase approximation. We show that the domain wall enhances the resis-

tance due to the spin fluctuation around it. Furthermore, the pinning center plays an important role of suppression of the spin fluctuation, which leads to the reduction of the resistance when the domain wall locates at the pinning center. The results obtained are consistent with the experimental findings.

#### <ナノ構造科学>

##### 強磁性ナノコンタクトにおけるスピン揺らぎへの磁壁の影響

中村厚信(阿南高専), 野々山信二(山形大学)  
日本物理学会講演概要集 第59巻 第1号 第4分冊, p901 (2004)  
2004年3月

#### <論文概要>

強磁性金属の細線や原始架橋の一部に磁壁を持つ場合、磁壁近傍でのスピン揺らぎにはどのような影響が現れるかについて報告した。構造として原子架橋を考え、またハミルトニアンとしては磁気異方性を含むハイゼンベルグ型モデルを考えた。また隣接サイト間は強磁性的な結合を持つとして、スピン揺らぎを乱雑位相近似の範囲内で取り入れた。このモデルを用い、縦に配置した原子架橋(STM)の上下のチップのスピン方向が平行な場合や反平行の場合について、架橋近傍のサイトにおける励起スペクトルを計算した。その結果、スピンが反平行の場合には、平行の場合の励起スペクトルの他に、磁気異方性によるスピン波の励起ギャップ中に磁壁近傍に局在した低エネルギーの励起モードが発生することを示した。さらに、原子架橋が切断されていくと次第にその励起モードはギャップ端に近づいていき、やがてスピン波励起と重なってしまうことを示した。

#### <日本文学>

##### 上代日本文学から見た婚姻形態

錦織浩文(阿南高専)  
岡大國文論稿, 32号, pp.1-10  
2004年3月

#### <論文概要>

上代日本における婚姻形態は、夜、女のもとに男が通う「通い婚」(別居婚)であったとするのが一般的な見解である。けれども、これと相対す

るように、『萬葉集』には、夫婦が同居していることを示す歌もある。本稿は、上代日本文学の文学作品を通して、『萬葉集』の時代、すなわち、7世紀後半から8世紀前半における考察を加えたものである。結果、『萬葉集』の時代における婚姻形態は、一夫多妻制の婚姻関係を保つことができた人々(皇族・貴族の一部)と一夫一婦を基本とした人々(その他大勢)との間に差異があり、前者においては「通い婚」が、後者においては「同居婚」がおこなわれていたのではないかと、いう見解を示した。そして、『萬葉集』巻7の羈旅歌、巻12の羈旅発思、巻15の遣新羅使歌群、巻20の防人歌群などの歌は、同居している夫婦像を思い浮かべながら味わうのがよいであろうということを述べた。

#### <教育学>

##### 学生による授業評価結果の公開とその活用

坪井泰士(阿南高専)  
論文集「高専教育」, 第27号, pp.459-464(2004)  
2004年3月

#### <論文概要>

授業内容等を明らかにし、授業改善を考える1つの方法として、授業を受けている学生の意識をはかる[学生による授業評価アンケート]は、高専教育において、すでに必須のものとなっている。

現行の授業評価の多くは、評価結果を当該授業担当教官にフィードバックするだけで、その後の授業改善は教官個々に委ねられてきたと思われる。

ところが、授業評価結果を授業改善に生かす具体的手法の発見や、授業改善手法の効果的運用はたいへん困難である。また、授業評価を活用しようとする意識の持続も容易ではない。つまり、授業評価は十分に活用されてはならず、授業評価を効果的に授業改善に生かすようなシステムの確立が必要なのである。

[学生による授業評価アンケート]の結果の公開とその活用に関わる問題について、問題毎に「内容説明」「問題についての見解・対処」「今後の課題」を記し、授業改善へと接続する視点を提示する。

#### <教育学>

##### 学生支援システムの構築

坪井泰士(阿南高専)

論文集「高専教育」, 第 27 号, pp.633-636  
(2004)

2004年3月

<論文概要>

大学と異なる高専の特徴の一つに、学生が低年齢であることがある。それは、精神年齢の未熟さの問題をはらみ、怠学・問題行動などにつながることも少なくない。そして、怠学・問題行動が確認された場合、その指導のほとんどは、担任一人に委ねられる。しかし、担任の場合、他学生の指導もあり、当該学生を十分に支援することは容易ではない。

担任による指導を軸としながら、担任指導をフォローし、時には担任からは見えない問題にも対応することで、怠学・問題行動から立ち直ろうとする、また、それらに陥らないようにしようとする学生を支援することを目的とした副担任制・サポートチーム、また、学年団等の担任と連携して指導する体制を整え、学生による担任評価を用いて担任教官が全体としてスキルアップするサイクルの確立について述べる。

これらにより、学生支援は、担任個々の意識・能力に多くを依存する現況から、システムとしての機能へと進化する。

担任個々を高めると同時に、それを学校全体に浸透させ、学科・学年、そして学校全体として、学生を支援していく効果的な学生支援システムについて考察し、そのシステムモデルを提示する。

<教育学>

**学生授業評価シート、キーワードなどを活用した授業の検討**

高山直子 (阿南高専)

日本看護研究学会雑誌, VOL 27, No 3, P177  
(2004)

2004年7月

<論文概要>

工学専門分野外の保健やヒューマンヘルスの科目で毎時間の授業に、授業評価シートの活用、キーワード提示、机間巡視、アンダーライン指示を行い、質問紙調査を実施した。授業評価シートは感想や学んだことを中心に記載され、質問や要望が書かれていた。質問紙調査の結果、毎時間のキーワードの提示が要点理解につながり、学習を高

めることができた。学生と教員の双方向授業ができ、分かる授業への一方法としての効果が示唆された。

<教育学>

**評価誤差をふまえた、学生による授業評価の活用**

坪井泰士 (阿南高専), 当宮辰美 (阿南高専)

平成 16 年度高等専門学校教育教員研究集会講演論文集 pp.99~102 (2004)

2004年8月

<論文概要>

本研究は、学生による授業評価には誤差があるということをも前提として、そこでの学生意見に正対して尊重しつつも、皮相的な評価値把握に左右されない教育改善システムを提案した。さらに、この改善システムを確立することこそが、マーク式授業評価を導入している組織における喫緊の課題であることを報告した。

<設計工学・機械機能要素・トライボロジー>

**武知、高温加工システムの最適化**

大阪大学接合科学研究所共同研究報告 2003 年度,  
pp.64, No.37,  
2004年10月

<論文概要>

溶接構造体をデジタルデータの形でデータベース内に蓄積し、キーワードを用いる従来の間接検索の不確定さを克服すべく、オブジェクトを直接検索できる基本アルゴリズムの開発を目的とする。最新の検索エンジンでは semantic knowledge の搭載が検討されはじめ、CAD/CAM システムでは Product Data Management 機能が必須となりつつある。現在の PDM システムは簡易型 RDBM データベースを使用しているが、機能拡張のためには Knowledge Base が不可欠であり、将来に応用が期待できる分野である。

<設計工学・機械機能要素・トライボロジー>

H. Takechi and Y. Takahashi,

Artificial Intelligence in Thesaurus for Design Engineering Information Query System,  
7th Biennial ASME Conference on Engineering Systems Design and Analysis,  
ASME, ESDA2004-58088,

July, 2004.

< 論文概要 >

The aim of this project is to demonstrate competence of a query system built by an artificial intelligence for two dimensional weld objects stored in a online database. The structure of this system consists of a knowledge base for data store and LISP coded AI (Artificial Intelligence) objects designated for search engine at online query. The data structure to define two-dimensional object such as a figure in database, dominates the systematic way of identifying or recognizing objects among pursuing the query. It is also very crucial whether or not the inference engine can directly assess the derivatives of the figure definitions such as the area of an object, when manipulating inference for the network of meshed objects like FEM (Finite Element Method) model used for weld joint.

< 流体工学 >

**電界によるノズル噴霧の微粒化促進**

宮城勢治, 武知英夫, 伊丹 伸, 澤田 清 (阿南高専), 大西義浩 (藤崎電機)

第 1 2 回微粒化シンポジウム講演論文集, pp.329-334 (2003)

2003年12月

< 論文概要 >

我々が開発した新型噴霧ノズルは数ミクロンの微粒子を大量に生産することに成功したが, 更に一層細かい微粒子を得るためにノズルに電界をかけることにした。その結果, 水道水で 9 ~ 16 %, 高粘性液で 7 % の粒径低減効果が得られた。今後の発展が期待できる。

< 電力工学・電気機器工学 >

**電力システムの過渡安定度に及ぼす設計要素の影響評価手法**

三木哲志 (阿南高専), 杉野隆三郎 (阿南高専), 河野良之 (三菱電機), 横川和宏 (阿南高専), 村田敦史 (阿南高専)

第 3 4 回信頼性・保全生シンポジウム, pp.179-184 (2004)

2004年7月

< 論文概要 >

本論文は, 電力システムにおける最も重要な評価特性である過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を定量的に評価する手法について研究している。過渡安定度は事故発生後の各発電機の相差角の過渡特性によって支配され, 主要な事故波及要因となるため, 電力システムの動態信頼度に多大な影響を与える。本論文では, まず, 過渡安定度が主として故障除去時間と負荷によって支配されることに着目し, 臨界故障除去時間関数 CCT (W: 負荷) を定義した。次に, システムシミュレーションを実行することにより臨界故障除去時間関数を生成し, これを用いて過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を高精度で効率的に評価可能な手法を開発した。さらに, 本手法をモデル電力システムに適用し, 過渡安定度に及ぼす設計要素の影響を定量的に評価し, 開発した手法の有効性を検証した。

< 電力工学・電気機器工学 >

**The Effect Assessment Method of Excitation Systems on Transient Stability of Power Systems**

Tetsushi Miki (Anan National College of Technology), Ryuzaburou Sugino (Anan National College of Technology), and Yoshiyuki Kono (Mitsubishi Electric Corporation)

47th IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, Vol. , pp.293-296 (2004)  
2004年7月

< 論文概要 >

The objective of this paper is to investigate the method which can assess accurately and efficiently the effects of excitation systems on transient stability of power systems. At first, critical fault clearing time functions CCT(W:load) are defined by taking notice of the fact that transient stability is mainly controlled by fault clearing time and load. Next, the method to be able to assess accurately and efficiently the effects of excitation systems on transient stability has been newly developed by using the above functions. Finally, it has been applied to the effect assessment in the occurrence of a three-phase fault in a model power

system. Results of application have been clarified the effectiveness of the developed method.

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### The Effect Assessment Method of Control and Protection Systems on Transient Stability of Power Systems

Tetsushi Miki (Anan National College of Technology), Ryuzaburo Sugino (Anan National College of Technology), and Yoshiyuki Kono (Mitsubishi Electric Coporation)

2004 International Conference on Control, Automation and Systems, pp.736-740 (2004)

2004年8月

#### < 論文概要 >

The objective of this paper is to investigate the method which can assess accurately and efficiently the effects of control and protection systems on transient stability of power systems. At first, critical fault clearing time functions

CCT(W:load) are defined by taking notice of the fact that transient stability is mainly controlled by fault clearing time and load. Next, the method to be enable to assess accurately and efficiently the effects of control and protection systems on transient stability has been newly developed by using the above functions. Finally, it has been applied to the effect assessment in the occurrence of a three-phase fault in a model power system. Results of application have been clarified the effectiveness of the developed method.

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### 小型風車振動信号の Wavelet 変換による状態診断への試み

当宮辰美 (阿南高専), 藤本 憲市 (阿南高専), 福見 淳二 (阿南高専), 原 貴子 (阿南高専)  
第 25 回記念 風力エネルギー利用シンポジウム  
論文集, pp.264-267 (2003)

2003年11月

#### < 論文概要 >

最近, 振動や音声の解析に有効な手法として, Wavelet 変換が注目されている。この手法は, FFT

などの従来の周波数解析手法とは異なり, 時間と周波数の両面で同時に信号の解析が可能である時間 周波数解析の一手法であり, 信号に含まれる周波数成分のみならず周波数の時間的变化も捉えることができる。

そこで本研究では, 風車の運転状態における振動データを Wavelet 変換によって解析し, 風力発電装置を安全に利用できるシステムの開発を目的とする。今回は, 振動信号を Wavelet 変換に基づいて解析し, 風車の状態診断の有効性について検討した。

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### 小型風車の振動信号に対する Wavelet 変換を用いた状態診断

当宮辰美 (阿南高専), 藤本憲市 (阿南高専)  
福見淳二 (阿南高専), 原貴子 (阿南高専)  
第 9 回高専シンポジウム 講演要旨集 Ea-5,  
p.141 (2004)

2004年1月

#### < 論文概要 >

近年, 小型風力発電装置が比較的 low 価格で購入できるため, ビルの屋上や住宅地への設置が可能となってきた。その際に, 常時回転する風車翼破損等による危害が問題となる。

本研究では, 風車の運転状態における振動データを Wavelet 変換を用いて解析し, 風力発電装置を安全に利用できるシステムの開発を目的とする。今回, 振動信号を Wavelet 変換に基づいて解析し, 風車の状態を診断する手法の有効性について検討した。

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### ウェーブレット変換による風車の状態簡易診断法

原貴子 (阿南高専), 安藝雅仁 (阿南高専),  
当宮辰美 (阿南高専), 藤本憲市 (阿南高専),  
福見淳二 (阿南高専)  
平成 16 年度電気関係学会四国支部連合大会論文集  
No.7-4, p.77 (2004)

2004年9月

#### < 論文概要 >

本研究は, 風車の運転状態における振動データに対して離散 Wavelet 変換(DWT)を用いて解析し,

その(DWT)係数の自己共分散に基づいた風車の状態診断システムの開発を提案する。

また、分散比検定に基づく状態診断システムとの比較を行い、提案するシステムの性能についても検討する。

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### Analysis of Induced Current Density inside Grounded and Ungrounded Human Model Exposed to Electric Field

Atsuo Chiba(Yonago National College of Technology), Katsuo Isaka(The University of Tokushima), Katsuhiko Shoukura Chiba(Yonago National College of Technology) and Takashi Matsumoto(Anan National College of Technology)

Proceedings of International Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp. 809-812, Sendai, Japan, May 2004.

2004年5月

#### < 論文概要 >

低周波電界中の非接地および接地状態の3次元人体モデル表面の電界強度および内部の誘導電流密度の基本的特性を解析した。外部印加電界は一般的な60Hz, 1kV/mと仮定している。その結果、頭頂部における電界の最大値は接地状態のときに発生し、その値は外部電界の約22.5倍となった。

また、非接地状態における足底部の電界は、足底と大地間距離0.011mで外部電界の約75.7倍となることがわかった。

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### 表面電荷法と有限要素法による非接地人体モデル内の誘導電流密度解析

松本高志(阿南高専), 千葉敦生(米子高専), 庄倉克彦(米子高専), 池田英広(米子高専), 伊坂勝生(徳島大学)

電気学会論文誌 B, Vol. 124, No. 5, pp. 778-784, 2004.

2004年5月

#### < 論文概要 >

表面電荷法と有限要素法の2段階手法を用い、非接地の3次元人体モデル内部の誘導電流密度を解析した。従来、接地状態にしか適応できなかった表面電荷法にモデル内部の総電荷量が零という

条件を追加することによって、非接地モデルにも適応できた。表面電荷法で用いた分割は三角形要素数417, 節点数272, 有限要素法で用いた要素数28, 節点数344である。また、有限要素法での解析においては、モデルは導電率0.1S/mの様な組織で構成されていると仮定している。この手法によって3次元人体モデル内部の誘導電流密度の基本的特性を解析できた。

#### < 電理工学・電気機器工学 >

##### 極低周波電界中の非接地人体モデル内の誘導電流密度解析

楠目智子(阿南高専), 松本高志(阿南高専), 千葉敦生(米子高専), 伊坂勝生(徳島大学)  
平成16年電気関係学会四国支部連合大会講演論文集, p. 48, 2004.

2004年9月

#### < 論文概要 >

3次元人体モデル内部の誘導電流密度を解析し、Kaune等の実験結果との比較を行った。その結果、首部、胸部、骨盤部、足首部における実験値と解析値はよく一致することを確認できた。

#### < 電子・電気材料工学 >

##### 分光エリプソメトリーによる窒化ガリウム薄膜の光学定数測定

谷村允久(阿南高専), 長谷川竜生(阿南高専)

平成16年度電気関係学会四国支部連合大会講演論文集, 11-19, pp.144(2004)

2004年9月

#### < 論文概要 >

本研究では窒化ガリウム(GaN)に対して、実際に光デバイスを設計する際に重要となる光学定数(膜厚, 屈折率)を、分光エリプソメトリーによって測定することを試みた。

測定試料は、有機金属化学気相成長(MOCVD)法によりサファイア基板に成長させたGaN薄膜で、ハロゲンランプとマルチチャンネル分光器を用いて400~800(nm)の波長範囲で回転検光子法測定を行い、光学定数を決定した。GaNは膜面に垂直方向に光学軸を持つ異方性媒質であり、今回の測定波長範囲は透明領域なので、決定すべきパラメータは3個である。よって、2個の入射角度で回転検光子法測定を行った。

## &lt; 電子・電気材料工学 &gt;

**Improved convergence in the analysis of thin metallic gratings with thickness profiles**

Hideaki Wakabayashi(Okayama Prefectural University) , Minoru Komatsu(Anan National College of Technology) , Jiro Yamakita(Okayama Prefectural University) , Masamitsu Asai(Kinki University)

Radio Science , Vol.38 , No.6 , pp.8-1 - 8-1 (2003)

2003年11月

## &lt; 論文概要 &gt;

A combination of the Fourier series expansion method and the multilayered step method is applied to analysis of the scattering problem by a thin metallic grating with a thickness profile. The extremely large permittivity profiles of metallic gratings may affect accuracy of calculations adversely. The convergence of the Fourier expansion method is improved using the spatial harmonics of flux densities instead of electromagnetic fields normal to the surface of a metallic grating. In using the multilayered step method, the scheme used to partition the grating region and the distribution function of dielectric constant within each layer are examined.

## &lt; 電子・電気材料工学 &gt;

**Numerical Analysis of a Binary Thin Metallic Grating with Subwavelength Structures**

Hideaki Wakabayashi(Okayama Prefectural University) , Jiro Yamakita(Okayama Prefectural University) , Minoru Komatsu(Anan National College of Technology) , Hiroshi Inai(Okayama Prefectural University)

Proceedings of the 2004 International Symposium on Antennas and Propagation , CD-ROM(2C2-2)

2004年8月

## &lt; 論文概要 &gt;

In this paper, it is numerically demonstrated that a binary extremely thin metallic gratings having surface resistance with subwavelength structures shows anisotropic characteristics of surface resistance. The derivation of uniform approximation of surface resistance is described.

Then, the matrix eigenvalue calculations and the spatial harmonics expansions of flux densities are applied to analyze a binary thin metallic grating with subwavelength structures and anisotropic resistive gratings. The flux densities expansion is shown to be successful in the analysis of subwavelength gratings.

## &lt; 電子デバイス・電子機器 &gt;

**組み込みシステムの教育に対する実験教材の開発**

藤本憲市(阿南高専)

阿南工業高等専門学校研究紀要 , No.40 , pp.49-52 (2004)

2004年3月

## &lt; 論文概要 &gt;

Industrial manufacturers need engineers who can develop autonomous robots, measurement system and display by embedding one-chip microcomputers. Therefore, we must produce many practical engineers who have such technique in the future. We also have to enrich the curriculum for embedded system in our department. In this paper we report experimental teaching materials with an one-chip microcomputer to introductory education of embedded system. We also mention prospects for education of such embedded systems in our department.

## &lt; システム工学 &gt;

**Study for Algorithm of Speech/Music Discriminator**

Haruna MATSUSHITA, Ken'ichi FUJIMOTO and Tatsumi TOUMIYA (Anan National College of Tech.)

Proceedings of 2004 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing , pp.419-421 (2004)

2004年3月

## &lt; 論文概要 &gt;

In a radio broadcast, we want to clearly listen sound of newscaster. For music we generally like powerful sound in the bass better than clear sound. Studies for speech/music discriminator has been researched. For the discriminator it is difficult to recognize a cappella song as mu-

sic. In this paper we consider two algorithms of speech/music discriminator based on a feature.

#### <計測工学>

##### Condition Diagnosis based on Wavelet Transform for Rotative Machinery

Yoshiyuki KAGEYAMA, Ken'ichi FUJIMOTO and Tatsumi TOUMIYA (Anan National College of Tech.)

Proceedings of 2004 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, pp.351-354 (2004)

2004年3月

#### <論文概要>

Wavelet analysis is a remarkable method in diagnosis of rotative machines condition. In this paper we considered a diagnostic system for rotative machines condition. We proposed a method of feature extraction based on discrete wavelet transform(DWT), autocovariance of the DWTs coefficients; we also developed automatic diagnostic system by a neural network. Through some experiments we verified the diagnostic accuracy of our system. Then we also indicated that our system is superior to the other system based on variance-ratio test by comparing their diagnostic accuracy.

#### <計測工学>

##### A Study of Condition Diagnosis based on Wavelet Transform for a Windmill

Takako HARA, Ken'ichi FUJIMOTO and Tatsumi TOUMIYA (Anan National College of Tech.)

Proceedings of 2004 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, pp.221-224 (2004)

2004年3月

#### <論文概要>

The energy of the wind is being expected to effectively use as a clean energy for the environment of the earth. Because windmills are usually installed in an area with strong wind, even a little wrong point on a blade of the windmill is possible to be connected with a debacle. Therefore, an accurate diagnostic system for

windmill's condition is necessary. In this paper we proposed a diagnostic system based on discrete wavelet transform(DWT), autocovariance of DWT's coefficients and a neural network for a windmill. Through some experiments it is indicated that the diagnostic accuracy of proposed diagnostic system is high. We also pointed out that proposed diagnostic system is superior to the other diagnostic system based on variance-ratio test.

#### 土木材料・施工・建設マネジメント

##### ノンセメントポ-ラスコンクリ-トの開発に関する基礎的実験

天羽和夫(阿南高専), 三岩敬孝(和歌山高専), 横井克則(高知高専)

土木学会四国支部第10回技術研究発表会講演概要集, pp.336-338 (2004)

2004年5月

#### <論文概要>

普通セメントを使用しないで高炉スラグやフライアッシュなどを主材料とした産業副産物からなる結合材やポ-ラスコンクリ-トについて, 配合条件を変化させた場合の品質への影響について検討した。この結果, 高炉スラグ微粉末とフライアッシュの混合比率ではスラグの混入率が大きいほど, 水酸化カルシウムの混入率が多いほど結合材の強度は大きくなる傾向にあるが, 産業副産物からなるポ-ラスコンクリ-トでは普通セメントのものよりかなり強度は小さく, 何らかの強度改善策が求められるなどのことがわかった。

#### 土木材料・施工・建設マネジメント

##### スラグ骨材を使用したポ-ラスコンクリ-トに関する研究

三岩敬孝(和歌山高専), 天羽和夫(阿南高専), 中本純次(和歌山高専), 戸川一夫(和歌山高専)

土木学会四国支部第10回技術研究発表会講演概要集, pp.340-341 (2004)

2004年5月

#### <論文概要>

ポ-ラスコンクリ-トの粗骨材に銑鉄製造の際に副産される高炉スラグ骨材を使用し、透水性舗装への適用性について検討を行った。本結果から、スラグ骨材を使用したポ-ラスコンクリ-トは、透水性舗装用コンクリ-トとして必要な透水性およびすべり抵抗性は満足し、弾力性については従来のコンクリ-ト舗装やアスファルト舗装と同等となることから、所要の曲げ強度を満足する空隙率を設定することで舗装用として利用可能になることがわかった。

#### 土木材料・施工・建設マネジメント

##### スラグ石膏セメントを使用したポ-ラスコンクリ-トに関する基礎研究

三岩敬孝(和歌山高専), 天羽和夫(阿南高専), 中本純次(和歌山高専), 戸川一夫(和歌山高専)  
コンクリ-ト工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.1449-1454 (2004)  
2004年7月

#### <論文概要>

産業副産物の有効利用と天然資源の温存を目的として、ポルトランドセメントを全く使用しないでスラグ石膏セメントを結合材とし、骨材にもスラグ骨材を用いたポ-ラスコンクリ-トの開発とその強度に及ぼす養生条件の影響について検討した。本研究結果から、スラグ石膏セメントを結合材としてポ-ラスコンクリ-トを作製することは可能であるものの、水酸化カルシウムを全く使用しない場合、初期強度が小さく、水中養生から気中養生に移した場合には強度が低下する。しかし、少量の水酸化カルシウムの添加により、従来のセメントを用いたポ-ラスコンクリ-トと同等の圧縮強度を得る結果を得た。

#### 土木材料・施工・建設マネジメント

##### 下水汚泥焼却灰を混入したコンクリ-トの基礎的研究

笹岡信孝(徳島大学大学院), 横井克則(高知高専), 柳瀬幸子(四国ヒュ-ム管(株)), 天羽和夫(阿南高専)  
コンクリ-ト工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.1671-1676 (2004)  
2004年7月

#### <論文概要>

年々排出量が増加し、一層の減容化と有効利用の推進が最優先課題となっている下水汚泥焼却灰を細骨材の一部代替材料としてコンクリ-トに混入し、その特性を調査した。その結果、普通コンクリ-トに比べて圧縮強度が増加したことから、セメントの減量化について、その可能性を確認した。また、下水汚泥焼却灰の代替率を変化させた場合の凍結融解試験や乾燥収縮試験から、AE 助剤などで空気量を確保すると凍害にも対応できること、代替率が高くなると乾燥収縮が大きくなるなどの知見を得た。

#### 土木材料・施工・建設マネジメント

##### スラグ石膏セメントを使用したポ-ラスコンクリ-トについて

三岩敬孝(和歌山高専), 天羽和夫(阿南高専), 中本純次(和歌山高専), 戸川一夫(和歌山高専)  
土木学会第59回年次学術講演会講演概要集V部, pp.337-338 (2004)  
2004年9月

#### <論文概要>

産業副産物および廃棄物からなる環境配慮型ポ-ラスコンクリ-トの開発を目的として、天然骨材に代わる高炉スラグ骨材に高炉スラグ微粉末、石膏及び水酸化カルシウムからなる結合材を用いた場合の品質に及ぼす配合条件や養生条件の影響について検討を行った。

本研究結果から、石膏の混入率が強度に及ぼす影響は少ない。水酸化カルシウムの混入は効果的で、特に水中養生の場合には顕著になるなどのことがわかった。

#### 土木材料・施工・建設マネジメント

##### 発泡ガラス及び木くずの植生用ポ-ラスコンクリ-トへの適用

小松祐二(高知高専専攻科), 横井克則(高知高専), 天羽和夫(阿南高専)  
土木学会第59回年次学術講演会講演概要集V部, pp.347-348 (2004)  
2004年9月

#### <論文概要>

ポ-ラスコンクリ-トは、セメントまたはモルタルで覆われた粗骨材の集合体であり、連続空隙

を多く含み、水や空気を自由に通すことが可能なため植生用材料としても利用されている。植生用ポ - ラスコンクリ - トでは強度、空隙率の他に保水性も重要な要因となるため、本研究では廃棄物である発泡ガラスや木くずが持つ保水性能を活用してポ - ラスコンクリ - トを作製し、力学的特性と保水性を調査した。本実験結果から、発泡ガラスの混入ポ - ラスコンクリ - トの保水率が 4%以上にするか、木くずの混入率が 2.5%にするか、木くずの混入率が 5%でも長さが 10mm 程度であれば植生用コンクリ - トに適用可能となる知見が得られた。

#### <地震工学>

##### **Fundamental Considerations on the Effects of Shock Absorbers Attached to the End of Bridge Girders**

Takuro MORIYAMA (Anan College of Technology) ,  
Teruhiko YODA (Waseda University)

Proceedings of the 5th Asia-Pacific Conference  
on Shock & Impact Loads on Structures, pp.309-  
314 (2003)

2003.11.

#### <論文概要>

In this study, two-dimensional simple viaduct models in which various kinds of shock absorber made of steel, resin, and rubber are attached between the ends of bridge girders and abutments are used as analytical models. Seismic wave is inputted in the axial direction of the models, and the time-history response analysis is carried out. Response accelerations at the ends of bridge girders and response bending moments at the bottom of bridge piers are calculated by using Newmark's method. Dynamic responses are compared with those without shock absorber, and the effects of shock absorber between bridge girders and abutments are discussed.

#### <構造工学>

##### **イメージアンケートによる斜張橋の景観に関する検討**

森山卓郎 (阿南高専) , 板東重夫 (阿南高専専攻科)

土木学会四国支部第十回技術研究発表会講演概要集, pp.6-7 (2004)

2004年5月

#### <論文概要>

本研究では、イメージアンケートを橋梁景観の評価に適用することにより、主塔形状やケーブル張り形式などにおいて多様な構造形式を有する斜張橋の景観設計に関する基礎的知見を得ることを目的として、斜張橋の構造形式の違いが橋梁景観のイメージに及ぼす影響について分析を試みた。イメージアンケートとは、(株)日本カラーデザイン研究所で考案され、分析データ化された 180 のイメージの形容詞の中から、テーマに合ったものを 15~20 語選ぶことによってさまざまな事象のイメージを簡易に調査できる方法である。本研究では、本校建設システム工学科の学生 41 名に対して斜張橋の写真と絵を 35 枚見せた後、イメージアンケートを行い、得られた回答結果についての比較・分析を行った。その結果、主塔に赤色を用いると動的で派手なイメージ、灰色を用いると静的で地味なイメージ、青色を用いると気軽で開放的なイメージを与えること、また、主塔が H 形塔であると重厚かつセンス感があり、A 形塔であると信頼感が強くなること、逆 Y 形塔であるとさわやかで繊細なイメージを与えることなどが明らかになった。

#### <地震工学>

##### **免震高架橋における桁間緩衝材の地震力低減効果と分散効果**

森山卓郎 (阿南高専) , 依田照彦 (早稲田大学) ,  
西本安志 (シバタ工業) , 石川信隆 (防衛大学校  
名誉教授)

土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集第 I 部  
門, pp.309-310 (2004)

2004年9月

#### <論文概要>

高架橋に免震支承を用いると、橋脚などに作用する地震力が低減できる一方で、橋桁の応答変位が増大するため、橋桁同士の衝突が生じることが指摘されている。それゆえ、桁間衝突による橋桁端部の損傷やそれによる落橋を防止する緩衝材の開発が現在検討されている。本研究では、橋桁端部に桁間緩衝材を設置した場合を想定し、緩衝材の材料特性および支承特性を変化させて解析を行

い、橋桁や橋脚の動的応答の比較から桁間緩衝材の効果について検討した。その結果、桁間緩衝材として、橋桁に作用する軸力を低減するためにはゴムのような緩衝材が望ましく、橋脚基部における曲げモーメントを隣接する橋脚に分散させるためには、鋼製の緩衝材が望ましいことがわかった。

#### <地震工学>

##### 桁間衝突における緩衝材の地震力の低減効果と分散効果に関する検討

森山卓郎 (阿南高専)

第 48 回日本学術会議材料研究連合講演会講演論文集, pp.293-294 (2004)

2004 年 10 月

#### <論文概要>

兵庫県南部地震では、橋桁の衝突による橋桁端部の損傷やそれを起因とした落橋事例が見られた。また、近年では、免震支承を用いた橋梁が増えている。免震支承を用いると、橋脚などに作用する地震力が低減できるが、橋桁の応答変位が増大して橋桁同士の衝突が生じることが危惧されている。それゆえ、桁間衝突による影響を低減するための緩衝材の開発が検討されている。本研究では、高架橋の橋桁端部に桁間緩衝材を設置した場合を想定し、緩衝材剛性および支承特性を変化させて非線形時刻歴応答解析を行い、橋桁端部の最大応答軸力や橋脚基部の最大応答曲げモーメント等の比較から桁間緩衝材の地震力の低減と分散の効果について検討した。その結果、緩衝材剛性と支承特性の違いによっては、橋桁の衝突による橋桁端部の最大応答軸力などが低減できる場合と、橋脚基部の最大応答曲げモーメントが低減されて地震力が隣接橋脚に分散できる場合があることがわかった。

#### <交通工学・国土計画>

##### 通勤時交通手段が生活行動パターンに与える影響分析

加藤研二 (阿南高専)

平成 16 年度土木学会四国支部第 10 回技術研究発表会講演概要集, pp.268-269 (2004)

2004 年 5 月

#### <論文概要>

交通混雑の緩和方策として考えられている交通需要マネージメント型施策の実現化には、各個人の交通需要の発生構造を的確に把握し、各種要因との因果関係を的確に把握することが重要である。そこで、本研究においては通勤時の交通手段選択が 1 日の生活行動にどのような影響を及ぼしているかを分析した。その結果、自動車を選択する場合に自宅外活動が増加する傾向があることが確認できた。

#### 土木環境システム

##### 河川に沈設したポ-ラスコンクリ-トの水質浄化

原志織 (四電エンジニアリング (株)), 青木有美 (葵建設 (株)), 天羽和夫 (阿南高専)

土木学会四国支部第 10 回技術研究発表会講演概要集, pp.338-339 (2004)

2004 年 5 月

#### <論文概要>

ポ-ラスコンクリ-トが持つ水質浄化能について、ポ-ラスコンクリ-トの品質の違いや環境要因が栄養塩類の一つであるアンモニア性窒素の除去能にどのような影響があるかについて調査を行った。本研究結果から、普通コンクリ-トではほとんど水質改善効果はみられなかったが、ポ-ラスコンクリ-トは早期の段階からアンモニア性窒素濃度が減少する傾向となった。また、アンモニア性窒素の除去能や除去速度はポ-ラスコンクリ-トの品質、河川環境、沈設期間、沈設時期などに影響されることが確認された。

#### <土木環境システム>

##### 水系感染症リスクのアセスメントとマネジメント

金子光美, 平田強 監訳 (2003) 水系感染症リスクのアセスメントとマネジメント

橋本温 第 13 章「微生物学的水質の指標」翻訳執筆担当, pp.293-321, 技報堂出版

2003 年 11 月

#### <論文概要>

WHO の飲料水質ガイドラインの見直しに関して、ガイドラインや基準策定およびその実施にかかる基本的な問題、すなわち調和のとれた枠組みとそれらを取り巻く問題点を討議した, Water quality, Guidelines, Standards and Health: Assessment of risk and risk management for water-related in-

fectious disease. の邦訳である。本書の内、第 13 章微生物学的水質の指標を分担執筆した。

#### <土木環境システム>

##### 水から単離した *Cryptosporidium* オーストの遺伝子型解析

杉本ひとみ, 橋本温, 森田重光, 平田強 (2004) 下水から単離した *Cryptosporidium* オーストの遺伝子型解析, 第 38 回日本水環境学会年会講演集, 2004 年 3 月

#### <論文概要>

都市部の人口集中地を集水域とする下水濃縮物からクリプトスポリジウムを単離した。18S-rRNA 領域を標的とする Nested-PCR 法とダイレクトシーケンス法で同領域の塩基配列を特定し、クリプトスポリジウムの Genotype を特定した。下水では *C.parvum* genotype 1 が優占であった。

#### <土木環境システム>

##### Nested-PCR-ダイレクトシーケンス法による相模川の *Cryptosporidium* の遺伝子型判別

橋本温, 杉本ひとみ, 森田重光, 平田強 (2004) Nested-PCR-ダイレクトシーケンス法による相模川の *Cryptosporidium* の遺伝子型判別, 日本水道協会第 55 回全国水道研究発表会概要集, 2004 年 6 月

#### <論文概要>

水道水源を含む相模川水系を汚染する *Cryptosporidium* について, Nested-PCR-ダイレクトシーケンス法でその遺伝子型を調査した。ヒト由来と考えられる *C.parvum* genotype 1 が優占であり, 本河川の *Cryptosporidium* の汚染源として, 従来より指摘されていた養豚排水等の家畜由来の排水よりもヒトに起因する排水の関与の重要性が示された。

#### <土木環境システム>

##### Molecular Characterization of a Single *Cryptosporidium* Oocyst in Sewage by Semi-Nested PCR

A.Hashimoto, H.Sugimoto, S.Morita and T.Hirata (2004) Molecular Characterization of a Single *Cryptosporidium* Oocyst in Sewage by Semi-Nested PCR, Proceedings of World Water Congress 2004, Marrakech Morocco,

Oct. 2004

#### <論文概要>

This study demonstrates microscopic molecular characterization of a single *Cryptosporidium* oocyst isolated from sewage. Using glass capillaries, we manipulated an IFA-stained single *Cryptosporidium* oocyst from purified sewage concentrate. Each singly isolated *Cryptosporidium* oocyst was analyzed by 18S rRNA gene based semi-nested PCR and direct sequence. A total of 56 singly isolate oocysts were characterized successfully as 51.8% (29 isolates) of *C. parvum* genotype 1, 17.9% (10 isolates) of *C. meleagridis*, 12.5% (7 isolates) of *C.parvum* genotype 2, 8.9% (5 isolates) of *C. parvum* isolated from pig, 7.1% (4 isolates) of *C. parvum* isolate VF383 and 1.6% (1 isolate) of *C. parvum* isolated from mouse. Results of this study demonstrate that 18S rRNA based semi-nested PCR and direct sequence method can be used to characterize a single *Cryptosporidium* oocyst from sewage with high sensitivity. Furthermore, this method revealed distribution of species and genotypes of *Cryptosporidium* in a water environment.

#### <材料加工・処理>

##### アルミニウム双結晶の曲げ繰り返し変形挙動におよぼす結晶粒界の影響

安宅 健, 奥本良博

材料, 第 53 巻, 第 9 号 (2004), 994~998.  
2004 年

#### <論文概要>

特に方位制御していない 99.99wt% のアルミニウム双結晶 (99.99wt%) を育成して曲げ疲労試験した。双結晶と混合則モデルからなる双結晶とを比較して曲げ疲労におよぼす粒界の影響を調べた。その結果, 粒界の存在が飽和モーメントの増加に寄与し, 疲労寿命を短くする可能性のあることが分かった。

#### <材料加工・処理>

##### 石こう型混水量およびスラリー濃度が与える鑄込み特性への影響

園田武司, 奥本良博 (阿南高専), 近藤祥人 (香川県産業技術センター)

第 10 回ヤングセラミスト・ミーティング講演論文, A15 (2003)

2003 年 12 月

#### < 論文概要 >

セラミックスは耐熱性, 耐食性, 耐磨耗性の点において, 金属材料より優れた特性を示す。しかし, セラミックスはその強度ゆえに焼結後の切断, 研削加工が容易ではない。このため, 成形段階で目標とする寸法形状に近づけておくことが望ましいが, 焼成プロセスで収縮が起こることを考慮しなければならない。

本研究では, セラミックスの加工性について注目し, 複雑形状の成形が可能な泥しょう鑄込み成形を行い, 石こう型および使用するスラリーの調整条件が与える強度および強度信頼性への影響を検討した。その結果, 石こう型混水量の増加にかかわらず着肉速度定数はほぼ一定であることと, スラリー濃度の増加に対し, 着肉速度は増加するが, 脱泡時間が一定の場合強度信頼性は減少の傾向を示すことがわかった。

#### < 生態・環境 >

##### 吉野川河口干潟における貝類分布特性

大田直友・藤本高志・向井大祐 (阿南工業高等専門学校・建設システム工学科)

日本貝類学会創立 75 周年記念大会研究発表要旨集, 9 p (2004)

2004 年 3 月

#### < 論文概要 >

吉野川は四国の中央部から東西に流れる全長 194 km の 1 級河川で, その河口部には約 100ha の干潟があり, 日本の各地で絶滅が危惧される底生生物が豊富にみられる。この干潟をかすめるように, 全長 1291m の東環状大橋の建設が 2003 年 12 月に起工された。ところがこれだけの大規模・長期間 (2012 年完成予定) の工事でありながら環境アセスメントは行われておらず, 工事前の底生生物の現状を定量的に把握しておくことは希少種保護・保全の観点から重要である。そこで 2003 年 10 月にこの干潟のヨシ原内外に合計 100 個のコドラート (33×33 cm) を設置し, 底生生物の定量調査を行った。また, 調査地点の底質も同時に採集し

粒度分析を行った。その結果, 徳島県版 R D B 記載種 8 種をふくむ約 20 種の底生生物がみられた。今回は貝類について, 分布状況および生息密度, ヨシ密度, 底質粒度の相互関係を考察する。

#### < 生態・環境 >

##### 吉野川河口干潟における底生生物の分布特性

大田直友・藤本高志・向井大祐 (阿南工業高等専門学校・建設システム工学科)

生物系三学会中国四国支部大会第 48 回大会講演要旨集, 17 p, (2004)

2004 年 5 月

#### < 論文概要 >

吉野川は四国の中央部から東西に流れる全長 194 km の 1 級河川で, その河口部には約 100ha の干潟があり, 日本の各地で絶滅が危惧される底生生物が豊富にみられる。この干潟をかすめるように, 全長 1291m の東環状大橋の建設が 2003 年 12 月に起工された。ところがこれだけの大規模・長期間 (2012 年完成予定) の工事でありながら法律に基づく環境アセスメントは行われておらず, 工事前の底生生物の現状を定量的に把握しておくことは希少種保護・保全の観点から重要である。そこで 2003 年 10 月にこの干潟のヨシ原内外に合計 100 個のコドラート (33×33 cm) を設置し, 底生生物の定量調査を行った。また, 調査地点の底質も同時に採集し, 粒度分析を行った。その結果, 徳島県版 R D B 記載種 8 種をふくむ約 20 種の底生生物がみられた。ヨシ原内には多くの絶滅危惧種がみられ, その重要性が確認された。また, 成長段階によりヨシ原内外を移動する種がみられた。粒度分析の結果, ヨシの密度とシルト分 (<0.075mm) には正の相関がみられた。個体群の年級群構成から, R D B 記載種のフトヘナタリとヘナタリの 2 種は小型個体が少なく, 慎重な対応が必要であることが分かった。

#### < 基礎看護学 >

##### ヒューマンレレーションアプローチにより睡眠・覚醒リズムが改善した高齢者の一事例 - アクチグラフの分析より -

高山直子 (阿南高専)

日本地域看護学会第 7 回学術集会講演集, No. 7, P150 (2004)

2004 年 6 月

## &lt; 論文概要 &gt;

施設に入居中の 89 歳の女性に 5 日間アクチグラフを装着し就寝前に足浴を実施した。スキンシップ, コミュニケーション, 質問調査などを働きかけた。また, 3 人の被験者間の集団行動, 研究者と被験者間のヒューマンリレーションアプローチを行った。その結果, 睡眠・覚醒リズムにおいて多相性睡眠リズムを示していた 89 歳女性は成人型の単相性睡眠リズムに変化した。夜間徘徊の減少に効果があった。

## 阿南工業高等専門学校研究紀要投稿要項

(平成6年9月12日)

(要項第3号)

(趣旨)

第1 この要項は、阿南工業高等専門学校(以下「本校」という。)における研究紀要(以下「紀要」という。)の投稿に関し、必要な事項を定めるものとする。

(投稿分野)

第2 投稿原稿の分野及び内容は、次のとおりとする。

(1) 論文(次のいずれかの条件を充たすもの)

取り上げた対象や用いた手法に新しい理論や方法論があること。

多方面に利用できる成果及び有用な情報があること。

内容が示唆的で発展性があること。

(2) 報告

教育活動、研究活動を通して得られた報告で、教育・研究に活用できるものであること。

(3) 資料

教育・研究にとって有用な資料であること。

(投稿期日)

第3 投稿する原稿は、研究紀要専門委員会(以下「専門委員会」という。)が指定する期日までに提出しなければならない。

(執筆要項)

第4 執筆要項は、別に定める。

(原稿提出先)

第5 原稿は、専門委員会委員長に提出するものとする。ただし、共同研究者は、本校教員を經由して、専門委員会委員長に提出する。

(提出物及び提出部数)

第6 原稿は、電子データによるものとし、内容を印刷したものの4部を提出する。

(掲載の可否)

第7 掲載の可否及び掲載分野は査読者の意見を参考にして専門委員会で決定する。

(原稿の査読)

第8 原稿の査読は、次の各号のとおりとする。

(1) 査読は、原則として他高専に依頼(以下「高専間査読」という。)するものとし、査読者は、当該分野の学識経験者をもって充てる。

(2) 「論文」として投稿されたものについては、原則として高専間査読とする。

(3) 前2号によりがたい場合は、本校において査読するものとし、査読者は、専門委員会において選出するものとする。

(4) 高専間査読において「論文」として不適当と判断された場合には、専門委員会において「報告」、「資料」のいずれに属するかを検討する。

(5) 「報告」、「資料」として投稿されたものについては、本校において査読するものとする。

(6) 原稿の査読の結果によっては、原稿の修正、削除、補足が要求されることがある。

(7) 査読終了後の訂正は認めない。

(著作権)

第9 研究紀要に掲載された論文・調査報告の著作権(著作者人格権は除く)は阿南工業高等専門学校に帰属するものとする。

(掲載順序)

第10 掲載順序は機械工学科、電気電子工学科、制御情報工学科、建設システム工学科、一般教科、技術室の順で、各学科、一般教科及び技術室内の順序は、専門委員会委員が決定する。

( 紀要の公開 )

第 11 紀要の内容は、電子化し、国立情報学研究所研究紀要公開支援事業（以下「研究紀要ポータル」という。）を利用するとともに、本校の公式ホームページ「地域連携・テクノセンター」のサイト内に掲示し、公開する。

( 別刷り )

第 12 別刷りは、紀要の内容を収録した CD-ROM の配付をもってかえる。

附則

この要項は、平成 6 年 9 月 12 日から施行し、平成 6 年 4 月 1 日から適用する。

附則

この要項は、平成 7 年 11 月 8 日から施行し、平成 7 年 4 月 1 日から適用する。

附則

この要項は、平成 11 年 10 月 1 日から施行し、平成 11 年 4 月 1 日から適用する。

附則

この要項は、平成 12 年 4 月 1 日から施行する。

附則

この要項は、平成 13 年 4 月 1 日から施行し、平成 12 年 5 月 1 日から適用する。

附則

この要項は、平成 14 年 4 月 1 日から施行する。

附則

この要項は、平成 15 年 4 月 1 日から施行する。

附則

この要項は、平成 16 年 4 月 1 日から施行する。

附則

この要項は、平成 16 年 7 月 27 日から施行し、平成 16 年 4 月 1 日から適用する。

## 阿南工業高等専門学校研究紀要執筆要項

(平成6年9月12日)

(要項第4号)

## (原稿の構成)

第1 原稿は、表題(和文)、著者名(和文)、表題(英文)、著者名(英文)、英文アブストラクト、英文キーワード、本文、全ての図、写真、表及びその和英の題目、謝辞、文献、付録等で構成するものとする。

2 英文アブストラクトは、300words以内とし、英語で5項目以内のKey Wordsを付けるものとする。

## (原稿の長さ)

第2 原稿の長さは、紀要刷り上がり10ページ以内とする。(原則として技術系6ページ以内、文系10ページ以内、刷り上がり1ページの標準字数は、22字×46行×2段=2,024字)

## (用字及び用語)

第3 用字は原則として「常用漢字」とし、仮名は「新仮名づかい」とする。

2 用語は、原則として「文部科学省学術用語集」及び各学会に則したのものとする。

3 量記号、単位記号及び図記号は、JISに従い、原則としてSI単位を使用する。それ以外に周知の略語を使用してもかまわないが、書き方は統一すること。

4 句読点は、句点「。」と読点「、」をそれぞれ全角で用いる。

5 数字、数を表すものは、アラビア数字(算術数字)を用いるものとする。

6 本文の記述は、内容の重要度に従い、下記の順序に整理し、章の見出しのみ2行分をとるものとする。

章： 1 .

節： 1 . 1

7 数式は、文章中では、 $a/b$ 、 $x(y+t/2)$ のように、なるべく1行にする。

## (図表及び写真)

第4 図、写真、表は、著者がオリジナルに作成したものを使用する。

2 図中の用語は、原則として英文を用いる。本文中で図中の英文用語に対応する和文用語を用いる場合には、必要に応じて当該和文用語の後に対応する英文用語を括弧に入れて占める。

3 全ての図、写真、表には、和英いずれかの題名を付け、論文内で統一する。

4 図、写真の番号は通し番号とすること。表の番号も同様に通し番号とすること。

5 図、写真の表題は、図、写真の下に記載すること。表の表題は、表の上に記載すること。

6 図、写真、表は、コンピュータ等を用いてきれいに作成する。(カラー可)

7 図面等の挿入位置及び大きさは、読者が見やすいように配置すること。

8 図の左右に余白があっても、本文を記載しないこと。

## (脚注)

第5 脚注は、右肩に小さく注<sup>1)</sup>のように記載し、そのページの下段に記載する。

## (文献)

第6 筆者自身の関連論文のみならず、執筆者以外の参考文献を含め、適切かつ十分な参考文献をあげること。

2 文献は、論文等の本文末尾に通し番号を付けて一括記載し、本文中の該当箇所に引用番号を上付き文字<sup>1)</sup>で記入すること。

3 論文等の場合は、著者名、題名、誌名、巻、号、ページ番号(年)を記載する。

## (a) 論文などの場合

1) 著者名, “表題”, 雑誌名, 巻, 号, pp.を付けて始め - 終わりのページ(年)

2) 電気太郎, 電子次郎, “パラメトリック増幅器”, 信学論(B), vol.J62-B, pp.20-27(1997)

3) W.Rice, A.C.Wine, and B.D.Grain, “Diffusion of impurities during epitaxy”, Proc.IEEE, vol.52, no.3, pp.284-290(1994)

## (b) 単行本などの場合

- 1) 著書名, 書名, 編者名, 発行所名(発行年)
- 2) 山田太郎, 移動体通信, 木村次郎(編),(社)電子情報通信学会(1989)

## (c) 国際会議など論文集の場合

- 1) 著者名, “表題名”, 会議名, no.を付けて論文番号, pp.を付けて始め - 終わりのページ, 開催都市名, 国名(年)
- 2) T.Anan : “ Experimental studies of new micromechanical vibration systems ”, Proc.IEEE Conf.on Micro-mechanical Component , No.21 , pp.123-145 , Paris , France(1994)

附則

この要項は,平成6年9月12日から施行し,平成6年4月1日から適用する。

附則

この要項は,平成7年11月8日から施行し,平成7年4月1日から適用する。

附則

この要項は,平成11年10月1日から施行し,平成11年4月1日から適用する。

附則

この要項は,平成16年7月27日から施行し,平成16年4月1日から適用する。

## 阿南工業高等専門学校研究紀要専門委員会

委員長 助教授 原 野 智 哉 (機械工学科)

委員 " 錦 織 浩 文 (一般教科)

" 教 授 藤 井 洋 郎 (機械工学科)

" 助 手 小 松 実 (電気電子工学科)

" 講 師 伊 丹 伸 (制御情報工学科)

" " 森 山 卓 郎 (建設システム工学科)

" 助教授 福 見 淳 二 (専攻科)