



ものづくり大学紀要

The Bulletin of Institute of Technologists

特別寄稿	ものづくりと創造	梅原猛	1
論文	6軸駆動機構による鏡面加工の研究(第1報)―加工装置の設計・試作と特性評価―	神谷聖志, 三浦圭祐, 沼尾紘臣	5
論文	ユニバーサルデザインを考慮した靴型楽器(オトクツ)の開発とその介護予防への応用	菅谷諭, 的場やすし, 喜納ロビン政志	11
論文	高剛性空気軸受の開発	藤澤政泰, 斎藤芳紀, 鷺北好晃	15
論文	ブレードコーティングによって塗工される液膜厚さとブレード角の関係	香村誠	21
論文	阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画について	白井裕泰	28
論文	硬化コンクリートの塩化物イオン浸透深さの簡易測定方法に関する研究―変色境界における塩化物イオン量の検討―	澤本武博, 飛内圭之, 後藤正明, 地頭菌博, 田中久順, 佐藤嘉一	36
論文	ひび割れにエポキシ樹脂を注入したコンクリートの圧縮強度および引張強度特性に関する研究	後藤正明, 土田祥彬, 澤本武博, 地頭菌博	42
論文	シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用によるコンクリートの表面改質に関する研究	大塚秀三, 八木修, 鈴木和参, 上船慎也	48
論文	Repair in English and Japanese Disagreement Discourse: Communication Pattern and Second Language Acquisition	Kaori DOI	54
論文	大学生における居場所感と大学生活不安に関する研究 ―学生相談室の利用の有無に注目して―	糸原民子, 社浦竜太	60
解説	私の研究とものづくり	神本武征	66
解説	ものづくり大学におけるCAE教育	野村大次	72
報告	行田市の橋梁点検に対する大学の取り組み	土田祥彬, 澤本武博, 地頭菌博, 飛坂基夫	76
報告	第5回 彩の国 人にやさしいまちづくり賞を受賞して ―NPOと大学生による福祉施設と家具作りなどのコラボレーション活動―	大島博明	82
報告	次世代の浮体橋建設	増淵文男, 澤本武博, 大窪力司, 村上幸一, 片山豊廣, 石井隆, 吉澤清三, 加藤博	88
報告	ものづくり大学平成22年度青少年教育活動報告	菅谷諭	92

報告	埼玉県企業—学生交流会 実施報告……………平岡尚文	96
記録	ものづくり大学同窓会 平成22年度 地域貢献活動報告 ……………加藤大樹, 上原苑子, 大塚秀三, 倉川尚志, 宮本伸子	104
記録	第10回ものづくり大学教育研究推進連絡協議会議事概要	108
記録	平成22年度教員研究業績一覧	110
記録	平成22年度教員著作一覧	117
記録	平成22年度教職員学外役職/審査員等一覧	118
記録	平成22年度海外出張実績	120

特別寄稿 *Special Contribution*

ものづくりと創造

原稿受付 2011年4月14日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 1~4

梅原 猛

ものづくり大学 総長

ここで私はものづくりについて、私が作詞し、廣瀬量平氏が作曲したものづくり大学校歌にもとづいて語ろうと思う。歌詞は三番まであり、一番は次のようである。

縄文の 昔より
国の誇りは ものづくり
遠き世ゆ 伝えきて
みがきみがきし 美しき
たくみのわざを われら学ばん

私は日本の基層文化を縄文文化におく。縄文文化とは、縄文土器を伴う狩猟あるいは漁労採集文化であるが、日本列島は周囲を海に囲まれていて、特に東日本の川ではサケ・マスの遡上があり、甚だ豊かな漁労採集文化が栄えたといつてよい。その豊かな漁労採集文化が生んだのが、あの岡本太郎が絶賛した縄文土器である。

岡本太郎は晩年、テレビに出て、アナウンサーとの対話で「俺が縄文土器を発見した」と豪語した。アナウンサーが「どこで発見されましたか」と問うと、太郎は「上野の博物館で発見した」と答えた。アナウンサーは呆れたような顔をして太郎を眺めていたが、この太郎の答えは正しいのである。

縄文土器を発掘したのは考古学者であることは間違いないが、彼らは、その縄文土器が芸術的に素晴らしいとはいわなかった。考古学者には、すべてのよきものは海外から輸入されたものであるという観念があり、縄文土器の製作時期区分を行ったすぐれた考古学者、山内清男は放射性炭素年代測定による科学的データを信じず、縄文土器は約五千年前に中国で作られ、約三千年前に日本に移入されたものであるとした。現在、最初の縄文土器は一万三千年ほど前のものであることが明らかになったが、それが芸術的にすぐれたものであることは岡本太郎が言い出したのである。

岡本太郎は、日本の芸術にはすぐれたものがなく、ただ縄文土器のみが素晴らしい日本の芸術であるといひ続けた。それは多少極端な見方であるとはいえ、縄文土器が日本のもっともすぐれた芸術品の一つであることは間違いない。

このような縄文時代のすぐれたものづくりの精神が、弥生時代になって稲作文化が成立すると、甚だすぐれた米づくりの精神になった。あるスペインの哲学者は日本に来て、日本の田んぼが実に美しく作られているのを見て、日本の田はまことにすぐれた芸術品で、農民もまた芸術家であると称えた。

日本はまさにこのようなものづくりの国として、縄文時代以来江戸時代の末まで発展してきた。ものづくりはまさに日本の伝統なのである。

校歌の二番の歌詞は次のようである。

日の本の 近き世の
 国の栄えは ものづくり
 豊かなる 世をまねく
 きたえきたえし まことなる
 たくみのわざに われら励まん

日本は非西洋国家のなかでいち早く西洋の科学技術文明をとり入れ、新しい国づくりを始めた。明治の日本の政治指導者は西洋列強の侵略を受けたインドや中国の状況を見て、西洋列強の侵略を防ぐには日本に科学技術文明を移入し、富国強兵の政策をとらねばならないと考えた。富国強兵が明治政府の根本方針であり、日本の教育は、西洋文化を学び、いち早く科学技術文明をとり入れることを目的としていたとあってよかろう。

そのような教育では特にものづくりがもっとも重要だと考え、西洋の大学においては理学部に属している工学研究を日本の大学においては工学部として独立させて、工学部を、日本を統治する学問とその教育を行う法学部とともにもっとも重視したのである。現在でも、東京大学や京都大学においては工学部の教員及び学生数が他の学部より圧倒的に多い。そして日本の秀才を選り抜いて欧米諸国に留学させ、先端的工学の知識をいち早く日本に移入した。

それが日本の富国強兵政策であったが、ただ技術を移入するだけでは不十分である。その技術をもとにして実際にものづくりを行う技能者が必要である。日本の工業の最初のすぐれた技能者はまことに芸術的な家具などの製作に携わる木地師出身者であったといわれるように、すぐれた技能者が技術者とともに日本の工業の発展に貢献し、富国強兵の日本づくりを行ったのである。近年、ややもすれば技術のみが重視され、技能が疎かにされる傾向があるが、それは日本のすぐれた伝統が失われることにほかならない。

校歌の三番の歌詞は次のようである。

この道の すたれなば
 国の亡びは きたるらん
 身と心 一つなる
 にゅうものづくり 世直しの
 たくみのわざを われらつくらん

そしてものづくりにはやはり創造がなくてはならない。それが校歌で私がいいう「にゅうものづくり」である。創造について語ろうと思うが、私にはものづくりの経験がないので、私が専門の学問に関してどのような創造を行ったかを語ることにしよう。

私はさまざまな分野の学問研究を行い、各々の分野において多くの新しい説を出してきたが、特に知られているのは、今から四十年ほど前、私が四十代後半に出した八世紀の日本についての学説である。そのころ私は『神々の流竄』（古事記・日本書紀論）『隠された十字架 法隆寺論』『水底の歌 柿本入麿論』という著書を立て続けに書いた。

『神々の流竄』では、『古事記』『日本書紀』の実際の著者は藤原不比等であるという説、『隠され

た十字架』では、法隆寺は聖徳太子一族の鎮魂の寺であるという説、『水底の歌』では、柿本人麻呂は流罪になって水死の刑に処せられたという説を私は提出した。いずれも当時の学者にとっては思いもかけない説であり、彼らの多くはそれらの説を黙殺しようとしたが、いずれの著書もベストセラーとなった。そして現在にいたるまで、それらの説に真正面から反論する学者はなく、私の死後、これらの説が定説化することは間違いない。

ここでは、三作の著書のなかから『水底の歌』を選び、私がいかにして大胆な説を発表するにいたったかを述べよう。

一、懷疑。私は『万葉集』を愛読し、何度か注釈書を片手に通読したが、どうしても分からないことがあった。それは、柿本人麻呂についてである。江戸国学の創始者、契沖及び賀茂真淵によって、柿本人麻呂は六位以下の甚だ位の低い官僚で、五十にならずして死んだとされた。すべての『万葉集』研究者はこの契沖・真淵の説を疑うべからざる真理として受け入れ、人麻呂は石見国で取るに足りない下級官僚として五十にならずして死んだと考えた。

私もそれまでずっとこの説を信じていたが、何か腑に落ちないところがあった。人麻呂は宮廷歌人であり、皇子たちとほとんど対等に歌のやり取りをしている。皇子と歌のやり取りをするには殿上人すなわち五位以上の官僚でなければならず、どうして六位以下の人麻呂にそのようなことができたのか。また、古来人麻呂の像と伝えられるものの多くはひげを生やした老人の像であり、とても五十以下とは思われないのである。

そして『古今和歌集』の真名序では「柿本大夫」と記されているが、大夫は五位以上を示す。さらに仮名序には、人麻呂は「おほきみつのくらゐ」とあるが、「おほきみつのくらゐ」とは正三位のことである。『古今集』は『万葉集』あるいは人麻呂について正確な知識をもっているはずであるのに、なぜ「柿本大夫」といい「おほきみつのくらゐ」というのか。このような^{よきみのおとめ}懷疑が長い間私の中にあつた。

二、直観。ある日『万葉集』を読み返していたとき、人麻呂の妻、依羅娘子が人麻呂の死を詠んだ
今日今日と我が待つ君は石川の貝に交じりてありといはずやも
という歌を読んでいながら、この歌を文字通りに解釈すると、人麻呂は川の底に沈んでいて、妻がその屍を探しあぐねているのではないかという考えがひらめいた。これは私にとってもまったく思いがけない直観であった。

学界の定説にまったく反する説の直観であり、そのような直観がひらめいたとき、多くの人は「そんなことはあるまい」と考えてその説を捨ててしまう。しかし私は、ひょっとしたらこれは真実かもしれないと思って、あらゆる文献に当たり、その説を徹底的に吟味したのである。

三、実証。その結果、私は、室町時代の『万葉集』注釈書に人麻呂が二度も流罪になったという記述があり、また人麻呂は水死したという説を真淵の師にあたる荷田春満が唱えているのを発見した。契沖は『万葉集』に「人麻呂死す」と記されていることから、三位以上が亡くなれば「薨」、四位・五位は「卒」、六位以下は「死」と表記するという律令の規定に従えば、人麻呂は六位以下であったと断定し、真淵もその契沖説によって人麻呂をとるに足りない下級官僚であったとするが、どんなに高い位にあった人でも、ひとたび流罪になれば「死」と表記されるのは、正二位であった長屋王の例によっても明らかである。

こうして私は契沖・真淵説を根本的に否定し、人麻呂は当時の政界を支配していた藤原不比等の怒りに触れて流罪になり、最後は石見国で流罪刑死したことは間違いないと考えた。

四、発表。このようなことが明らかになれば、発表しなければならない。新説を発表するには勇気が必要である。新説を確信しているのは自分ひとりで、世間はまったく旧説に依っている。それゆえ新説を発表することは全世界を敵に回すことになる。私は、たとえ味方がいなくても、真理が私の味方であ

るかぎり恐れることは何もないと考えてその説を発表し、多くの学者からの批判、中傷、黙殺、冷笑を受けたが、湯川秀樹、吉川幸次郎、桑原武夫などのすぐれた学者は私の説を認め、思いがけず大佛次郎賞をはじめいろいろな賞をいただいた。

以上、私の経験を語ったが、創造はこのような過程で起こるものである。長い間の懐疑の果てに直観がひらめく。その説を私のような人文科学では実証、自然科学では実験によって確かめ、間違いないと思ったならば勇気をもって発表しなければならない。日本の大企業ばかりか中小企業においても新しい技術の創造があり、それをもとにして発展した企業も甚だ多い。

学問における私の創造の体験が多くの技術者や技能者の参考になれば幸甚である。

論文 Article

6 軸駆動機構による鏡面加工の研究 (第 1 報)

—加工装置の設計・試作と特性評価—

原稿受付 2011 年 3 月 30 日

ものづくり大学紀要 第 2 号 (2010) 5~10

神谷聖志^{*1}, 三浦圭祐^{*2}, 沼尾絃臣^{*3}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科 学生^{*3}日本電産コパル電子(株)

Study for Machining Mirror Like Surface by 6 Axes Driving Mechanism (Part 1)

Masashi KAMIYA^{*1}, Keisuke MIURA^{*2}, Hiroomi NUMAO^{*3}^{*1} Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*2} Student, Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*3} COPAL ELECTRONICS. Co. Ltd.

Abstract

Machining a mirror-like surface, the newly simple diamond turning machine has been designed. It has 5 axes driving stages, X, Y, Z, θ , Tilt, and spindle attaching a diamond tool. The plane, convex and concave mirrors has been machined by fly cutting and spherical generation. The machine can provide surface roughness Rz 0.02 μ m and figure error 0.04%.

Key Words : 6 axes mechanism, diamond cutting, surface

1. はじめに

多面体鏡¹⁾, 感光ドラム, 平・球面鏡²⁾, レンズ用金型など軟質金属を用いた光学部品の需要が高まっている³⁾. その加工には適切な切削速度, 送り量を維持するために, NC 装置などによる工具, ワークの運動と位置制御が求められ, 一般的には大掛かりで高コストな装置となる⁴⁾.

そこで, 本研究では汎用の単軸機構を組合せた 5 軸機構と高精度回転する主軸とで構成した簡易な 6 軸駆動の加工装置を設計, 試作した. さらに, それらの機構間で幾何学的な位置関係を持たせて, 高精度な平, 球面形状の反射鏡加工が可能かを実験的に検討した.

2. 加工用装置の構成

装置は図 1 に示すように, 汎用の定盤上に Y, X, Z, 傾斜 (Ti 軸), ワーク回転 (θ 軸, ワーク取付用チャック搭載) の駆動軸を順次積重ねたものである. また, 光学部品の加工を行うために工具取付け用主軸を定盤上のコラムに搭載し, 比較的大きい工具回転半径 600mm を持ったフライカティングを行う縦型旋削形式とした.

それらの駆動機構のうち, Z 軸では切込み量を決め, θ 軸でワークと主軸に相対的回転を与える. また, Ti 軸は θ 軸とワークを搭載し, ワークの中心を基準として主軸と θ 軸との間に傾斜角度を設定する.

これらの機構によって, 図 2 に示すように⁵⁾主軸回転と Y 軸の直線移動, または θ 軸の回転運動

との組み合わせで平面加工する。さらに、Ti 軸を傾斜させ、 θ 軸と主軸とを相対的に回転させることによって凹凸球面創生を行う⁶⁾。この方法は Ti 軸回転と主軸回転とを同期させることによって、球面の曲率半径を連続的に変えることが可能であり、非球面加工への発展も望める。

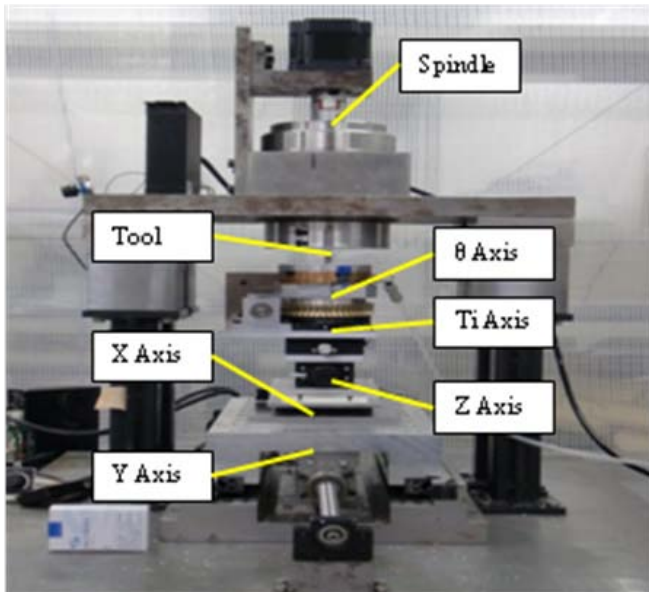


Fig.1 Apparatus of 6 Axes Control Mechanism

3. 各軸駆動機構と運動特性

3.1 X,Y 軸機構

表1に各駆動軸の特性、諸元を示す。ここで Y 軸機構はアルミニウム合金(A2017)製のステージを左右2本のリニアクロスローラガイド (Schneeberger RNG12) で案内する。これを中央に設置したボールネジ(NSK社 W1606FA リード 5mm) を介して、DC サーボモータ (オリエタルモータ社 BMX シリーズ) と 1/4 減速プーリによって駆動する。

図3はその運動特性である。うねりを持った上下動は $2\mu\text{m}/50\text{mm}$ であり、数 μm 程度の平面度加工が可能と思われる。また、左右動もほぼ同様な精度を示しているが、切削方向と直交するので、加工精度への影響は上下動に比べて小さいと思われる。

X 軸機構はリニアクロスローラで案内されるステージ (シグマ工機社 TDS 1001) とこの側面

に取付けられた送りねじによって位置決めする。X 軸は主軸回転時の工具軌跡が θ 軸の回転中心と一致するように位置決め後、固定するので、その運動特性は問題にしない。

なお、この加工法による表面粗さ R_{max} はステージの送り速度と主軸の切削速度から次式で近似されるものとする⁵⁾。

$$R_{\text{max}} = f^2/8r \quad (1)$$

ここで、 f はピックフィード(mm/rev)、 r は工具のノーズ半径(5mm)である。

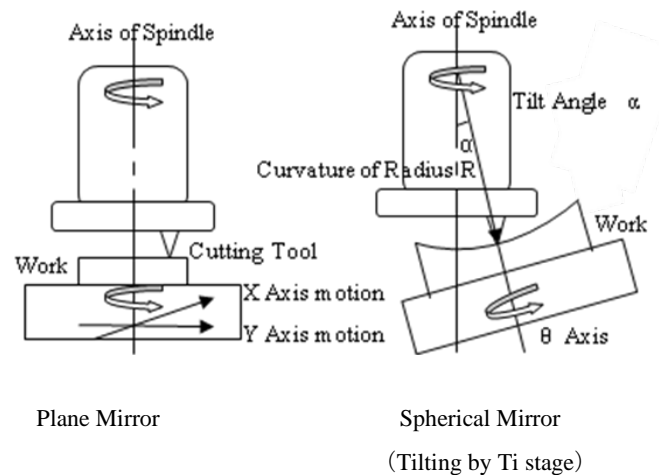


Fig.2 Principle of Plane and Sphere Machining

Table1 Characteristics of Stages

Stage	X	Y	Z	Ti	θ
Stroke	± 12.5	± 100	± 2.5	$\pm 15\text{deg.}$	360deg.
Driving System	Manual	DC Servo motor Ball Screw Pulley transmission	Manual or DC Servo motor	Manual or DC Servo motor	DC Servo motor Worm Gear Reduction ratio 1/50
Mechanism of Guide	Linear roll bearing	Linear roll bearing	Wedge guide Linear roll	Plane bearing	Ball bearing
Accuracy(μm) or (Arc sec.)	Straightness 2	Straightness 2/50mm	Positioning 1	Positioning 1deg./rev	Pitching 4
Mass(kg)	1.50	7.8	0.7	0.64	0.45
Stiffness(N/ μm)	—	400	8	—	—
Angular (Arcsec./Nm)	Pitch 31.9 Yaw 42..	—	Pitch 0.2 Yaw 0.04	—	—

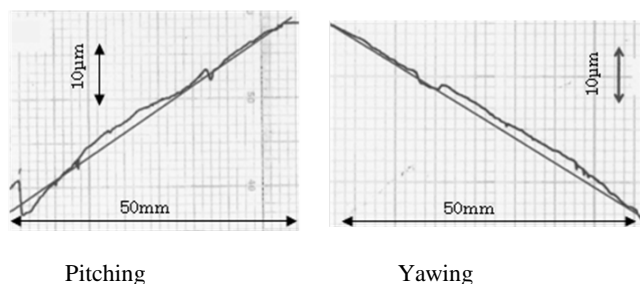
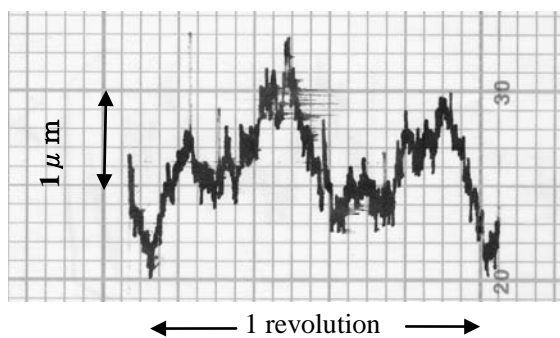


Fig.3 Pitching and Yawing accuracy of Y stage

3.2 θ 軸機構

θ 軸は手動の回転ステージ (ミズ社 RPGT100) の下部に回転中心を一致させたウォーム伝達機構を取付け、DC サーボモータで駆動する。ウォームホイールは歯数 50, モジュール 2, ウォームは研削仕上げしたものである。

式(1)のピックフィードの関係から主軸回転数を 1500rpm 程度とすれば、 θ 軸の回転速度は 1rpm 以下の低速回転で十分である。このステージ上に真空チャックを乗せ、オンマシンでチャック面を切削して基準面とした。この時、 θ 軸は半径 50mm の位置で振幅 $1\mu\text{m}$ の面振れがあり、計算上では定盤面とは $4''$ の傾きがあると考えられる。また、1 回転中の 2 山は、 θ 軸は $0.5\mu\text{m}$ 程度の振幅で振れまわっていることを示している。

Fig.4 Pitching Accuracy of θ Stage

3.3 Z 軸機構

Z 軸は押しねじを送ることによって、くさび形案内されたステージ (駿河精機社 B36) を上下移動できる機構である。上下移動部には、ばねで予圧が加えられていてガタを軽減している。切削では、粗加工で十数 μm , 仕上げ加工は数 μm の切込み精度が必要なので、 $1\mu\text{m}$ 程度の位置決めと再

現性が満たされれば良い。

図 5 はその送り精度である。ステージストロークの上部で $2\mu\text{m}$ 程度のバックラッシュがあるが、位置によらず位置決め精度 $1\mu\text{m}$ 以内の要求精度を満足している。

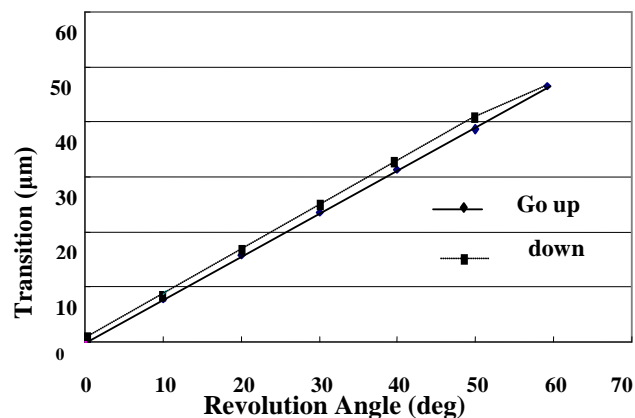


Fig.5 Feeding Accuracy of Z Stage

3.4 Ti 軸機構

Ti 軸に用いたステージ (駿河精機社 B36) は、中央に配置された押しねじによって傾斜調整を行う機構である。実験では、手動で押しねじを回転し、ステージの傾斜変位を 2 点で計測して角度を調整した。

Ti 軸によって主軸とワーク回転軸との傾斜角度 α を与えた時の球面の曲率半径 R は、工具回転直径を D として次式で決まる。

$$R = D / (2 \sin \alpha) \quad (2)$$

式(2)から、平面鏡を加工する場合の R は無限大であるので、Ti 角 $\alpha = 0$ すなわち、主軸とワーク回転軸を平行にする必要がある。一般的には Ti 角は Z 軸周りに Y, X の 2 軸方向で制御する必要があるが、本装置では Z 軸周りの回転対象の加工であり、Z-Y 軸方向のみのチルト機構として特性を評価する。傾斜角度の範囲はワーク加工面上を回転中心として $\pm 10^\circ$ である。

なお、本装置の初期的な取付け時の傾斜角 α は、 θ ステージの面振れの計測から $4''$ と予測できる。従って、工具回転直径 $D = 120\text{mm}$ の時の曲率半径は式(2)から約 3.1km と長曲率半径の球面となる。本実験ではその影響を含めて、形状精度を確認する。

さらに平面度の向上ためには、手動の押しねじ

をサーボモータなどによって1"レベルの高精度な角度制御機構への改良が必要になると思われる。

3.5 主軸

主軸には静圧空気軸受（NSK社 エアスピントルユニット）を用いた。その特性は給気圧力0.5MPaでラジアル剛性60N/ μm 、アキシャル剛性580N/ μm 、取り付け面振れ1 μm 、再現性0.02 μm である。軟質金属鏡の微小な切削力を考慮するとラジアル、アキシャルとも0.1 μm 以下の変位量と考えられる。主軸はDCサーボモータ（リエンタル社FBL5120）によって直接駆動される。

主軸の工具取付け台にそれぞれ焼結、単結晶ダイヤモンド工具（表2）を取り付けた時の回転精度を図6に示す。振れまわりは焼結（質量：24g）と単結晶（質量：46g）工具の質量によって多少の違いはあるが、主軸外周面の形状誤差を考慮すると、0.1~0.3 μm 程度の振れまわりである。

また、900, 1800rpm付近の回転数で共振現象が発生しているため、単結晶では1600rpm、焼結では1700rpm程度の回転数で切削すれば振れまわりは0.1 μm 以内である。

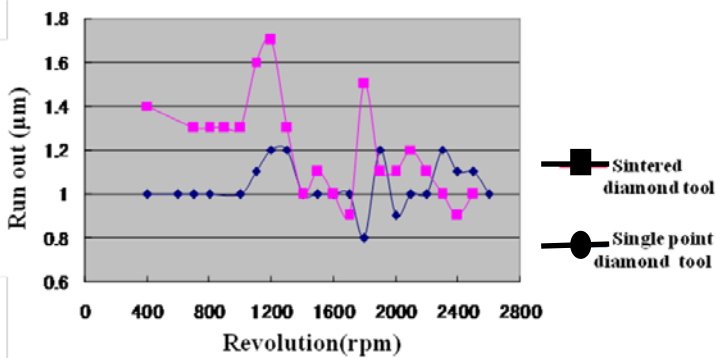


Fig.6 Run out of Spindle

4. 基礎的切削加工実験

試作した加工装置を用いて直径90mmのワークの切削加工を行い、機構と加工精度の関係を実験的に検討した。切削工具は前述のとおり、ノーズ半径が同一の焼結ダイヤモンド工具、単結晶ダイヤモンド工具である。

切削条件では切込み量は粗加工で10 μm 、仕上げ加工で5 μm とし、切削油として白灯油を滴下した。ワークの材質は軟質金属の中で光学部品への

応用例が多い無酸素銅(C1020)とアルミニウム(A1070)の2種類とした。

Table2 Condition of Diamond Tool

	Cutting Tool			Cutting Condition			
	Tool	Nose Radius (mm)	Rake angle (deg)	Mass (g)	Spindle Revolution (rpm)	Material Revolution (rpm)	Feed (μm)
Rough	Sintered diamond	5	8	24	1700	0.123	10
Fine	Single Point dia.	5	5	46	1600	0.088	5

4.1 平面鏡の加工

主軸とY軸駆動および、 θ 軸駆動によって平面鏡の加工を行い、それぞれの表面粗さ、平面度に関する評価を行った（Taylor Hobson タリサーフ、Zygo レーザ干渉計）。切削方法は、焼結ダイヤモンド工具で粗加工を行った後、単結晶ダイヤモンド工具を取付け、最適回転1600rpm（切削速度：10m/sec）で仕上げ加工した。この時の機構の駆動条件は、表面粗さ $R_{\text{max}}0.01\mu\text{m}$ 以内を目標値として、式(1)からステージの送り速度はY軸送りでは25mm/sec、 θ 軸では回転数0.88rpmとして、ピクフィードを0.0155mm/rev.に選定した

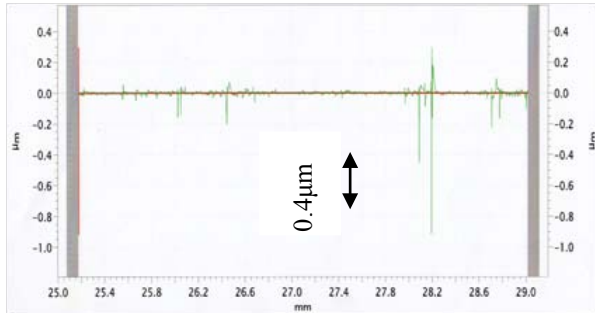
(1) 表面粗さ

上記加工条件で、Y、 θ 軸駆動の違いによる表面状態を比較した。図7は平面鏡加工した時の表面粗さである。

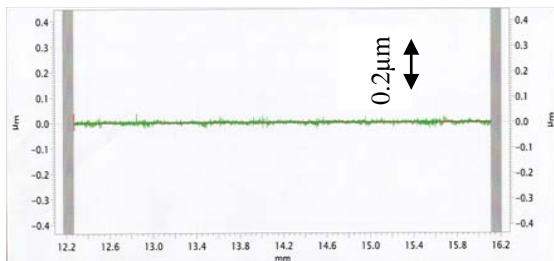
Y軸駆動では図7に示すようにA1070では $R_z0.092\mu\text{m}$ と目標値を達してない。ワークの表面は全般的には鏡面加工されたが、1部分にスクラッチを生じたために表面粗さを低下させた。その要因は、切りくずの切削面に巻き込み、ボールネジの回転体と同期した送りむらなどYステージの移動精度が影響したと考えられる。特に、前者においては用いた空気ブローでは切りくずを十分に排除できず、工具に付着して切削面を傷つける現象が見受けられた。

一方、 θ 軸駆動ではA1070で $R_z0.028\mu\text{m}$ 、C1020では $R_z0.016\mu\text{m}$ を得た。材質による僅かな違いや、表面粗さパラメータの R_{max} と R_z とで値

は異なるが、ほぼ目標の鏡面加工を達成した。また、ワーク中心部分と最外周部分との精度の差はA1070加工で $0.01\mu\text{m}$ 以下と工具回転半径による送り速度の影響は僅かであった。



Machining by Y-Axis driving



Machining by θ-Axis driving

Fig.7 Surface Roughness of Plane Mirror(A1070)

(2) 平面精度

Y軸駆動でA1070を加工した時の表面形状の測定結果を図8に示す。ワーク中央部に $0.3\mu\text{m}$ の凹面を持ち、干渉計では 1.8λ ($\lambda:632\text{nm}$)のうねりがある。ステージの上下動約 $2\mu\text{m}$ の1部が転写されたものと考えられる。

図9はθ軸回転による平面加工の結果の1例である。中心点を対象に4方向で測定すると、形状が僅かに異なった $2.6\sim 3.0\mu\text{m}$ の凹面状態を示し、中央と周辺とで最大 $1\mu\text{m}$ の凸部が共通に形成されている。

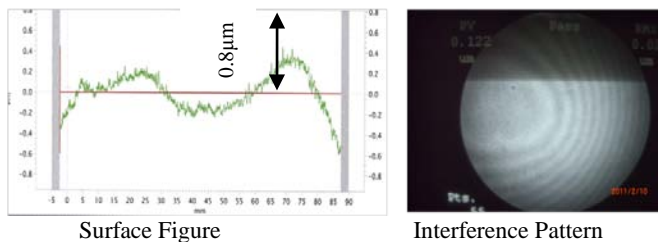


Fig.8 Flatness of Plane Mirror by Y axis driving

これらは、Ti軸の主軸に対する初期的な傾斜誤差 $\alpha=4''$ の時、表面は約 $1\mu\text{m}$ の凹面形状となり、測定結果と傾向が一致する。また、中央部の凸部はθ軸駆動に用いた真空チャックの吸引力が、ワーク中央と周辺部に約 $1.5\mu\text{m}$ の弾性変形量の差を与えたため、その弾性回復によって生じたと考えられる。

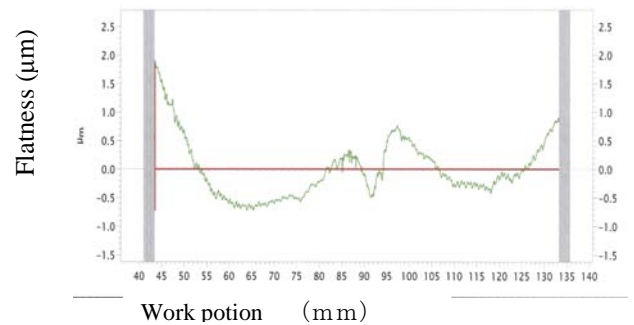


Fig.9 Flatness of Plane Mirror by θ axis driving

4.2 球面鏡の加工

図2.2に示すようにTi軸を用いて主軸とワーク面との傾斜角度を設定して、球面鏡の加工を行った。切削条件は平面加工と同様である。目標曲率半径を 1.5m に設定し、式(2)を用いてTi軸を 1.15deg . (工具回転半径 60mm)に設定した。

表3にその結果を、図10, 11にA1070を加工した時の凹凸面の形状を示す。

凹凸両面ともA1070では曲率半径 1.51m , $Rz0.05\mu\text{m}$ と曲率半径誤差 0.7% 以内で鏡面の球面創生できた。一方、C1020の場合は曲率半径 1.56m と曲率半径誤差 4% とやや大きい、 $Rz0.04\mu\text{m}$ と鏡面が得られた。

なお、それぞれの鏡面の中央局部に $6\sim 8\mu\text{m}$ の凸部の存在が認められた。これは、曲率半径 1.5m の時の中央と周辺の凹凸の高さ $700\mu\text{m}/90\text{mm}$ に対する加工誤差と考えれば、 1% 程度の誤差であり、曲面各部分の曲率半径の均一性は 99% の精度と言える。

これらの加工誤差に関して、曲率半径に及ぼす誤差要因は、材質の依存性が大きいとは言い難く、工具やワークの取付け寸法に関する装置の再現性の問題と思われる。また、中央部付近の局部的凸部に関しては、ワーク回転軸(θ軸)と工具回転

軸（主軸）とに僅かな回転中心の位置ずれによる切り残し，平面加工と同様に真空吸着による弾性変形により生じたと考えられる。

Table.3 Accuracy of Spherical Mirror

	Material	Theoretical Radius of Curvature (m)	Machining Radius (m)
Concave	A1070	1.5	1.51
Concave	C1020	1.5	1.56
Convex	A1070	1.5	1.51

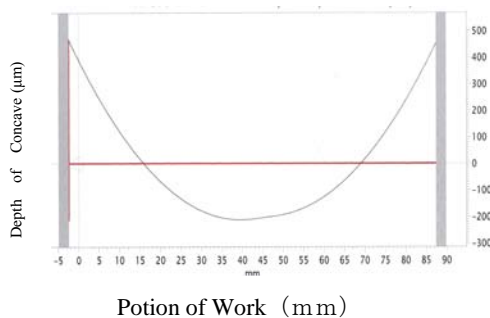


Fig.10 Configuration of Concave (A1070)

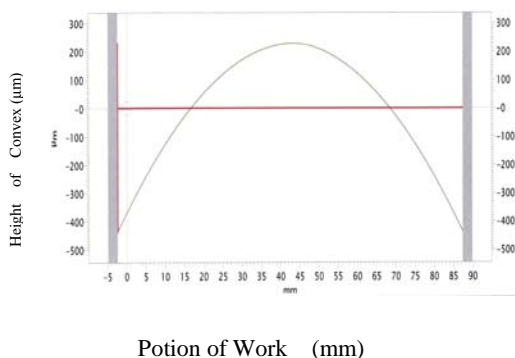


Fig.11 Configuration of Convex (A1070)

5. まとめ

汎用の単軸機構を組合わせて，X, Y, Z, θ , Ti と主軸から構成した6軸の簡易な加工装置を設計，試作し，軟質金属の鏡面切削を行って，特性を評価した．その結果次のことが分かった．

- (1) 試作した加工装置では主軸とY軸移動，または主軸と対向した θ 軸回転のいずれの組み合わせでも，幾何学的関係どおり平面，球面の鏡面加

工ができる．

- (2) 平面鏡の加工精度はワーク径90mmに対して，Y軸駆動では，A1070の時の表面粗さはRz 0.09 μm であって，目標精度 0.01 μm を達成できなかった．その要因はYステージの送り精度が影響を与えているが，切りくずの巻込みによるスクラッチの発生を無視できない．
- (3) θ 軸駆動では表面粗さはC1020でRz0.016 μm ，A1070ではRz0.026 μm とほぼ理論値と近似できる鏡面加工ができた．また，半径差によるワーク回転速度の違いは表面粗さに大きな影響を与えない．
- (4) 平面度ではY軸駆動では1.7 $\mu\text{m}/90\text{mm}$ ， θ 軸駆動では3 $\mu\text{m}/90\text{mm}$ の平面度が得られた． θ 軸駆動では，主軸との傾斜角誤差と面振れが形状の低下を招く．
- (5) θ 軸とTi軸を用いた凹凸球面加工では，目標曲率半径1.5mに対して1.51~1.56mと最大誤差4%，曲率半径の均一性は99%程度の鏡面加工が可能である．その誤差要因は装置の工具，ワークの取付け寸法の再現性，ワークと主軸の回転中心の位置ずれなどが考えられる．
- (6) 平面，球面鏡のいずれもワーク保持に用いた真空チャックが中央部に弾性変形を与え，精度劣化の要因となった．吸着力と弾性変形を考慮した最適設計が求められる．

文献

- 1) 例えば M.Kamiya, M.Yamashita et al. : Laser-Beam Printer Scanner, Proceedings of the SID 27,1(1986)3.
- 2) 例えば 吉田正太郎：反射望遠鏡光学入門，誠文堂出版(2005).
- 3) (財)光産業技術振興協会：光産業動向調査（技術情報レポート）(2010).
- 4) 鈴木浩文，山形豊，樋口敏郎：超精密加工システムの最近の動向，精密工学会誌，72,4(2006)417.
- 5) 小林 昭等：超精密加工技術マニュアル，新技术開発センター出版(1985)144.
- 6) K. Ueda et al. : Machining of Mirror-like Surface, Toshiba Review(1981)132.

論文 Article

ユニバーサルデザインを考慮した靴型楽器（オトクツ）の開発と
その介護予防への応用

原稿受付 2011年3月30日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 11~14

菅谷諭^{*1}, 的場やすし^{*2}, 喜納ロビン政志^{*3}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科^{*2}電気通信大学大学院 情報システム学研究科^{*3}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科 卒業生Application to preventive care with electronic musical instrument shoe (Otokutsu) in
consideration of universal designSatoshi SUGAYA ^{*1}, Yasushi MATOBA ^{*2} and Robin Masashi KINA ^{*3}^{*1} Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Human Media Systems, The University of Electro-Communications^{*3} Graduate, Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract

We developed new electronic musical instrument shoe called "Otokutsu". It is shoe to play music with a foot. It can be easily played by anyone in consideration of universal design. It flashes not only making sounds. It is fun and easy for everyone. Furthermore, we developed the special score for Otokutsu. It can be easily played even by beginners or the person who do not read score. And it enables the rehabilitation exercises for foot enjoyably. We evaluated it at some elder day-care centers and elementary schools. We achieved to realize enjoyable and continuable preventive care and rehabilitation exercises by Otokutsu.

Key Words : electronic musical instrument, universal design (UD), preventive care, LED, rehabilitation, self-resistance training, movement music therapy

1. はじめに

2006年、高齢者が要介護状態となるのを防ぐことを目的とした「介護予防」の事業が国の制度として導入された。超高齢化社会を迎え、充実した老後を過ごすためには、加齢による心身機能の衰えを予防し、日々の生活に必要な身体機能を維持していく必要があり、介護予防が注目されている。また、低下している身体機能を回復させるリハビリテーションも重要になってきている。

体を動かさない状態が続くと、身体機能が低下して動けなくなるので、日ごろから体を動かすこ

とが非常に重要になってくる。しかし、体を動かすことは、退屈でつらい場合が多い。継続的に体を動かすためにモチベーションを維持することは、とても大変である。またロボットなどを使うリハビリテーション¹⁾があるが、広いスペースが必要になり、とても高価である。

介護予防やリハビリテーションのために体を動かすことは、継続することが重要であり、簡単にできて楽しければ続けることができると考えられる。一般に音楽を取り入れると楽しくなり、さらに音楽療法の効果も期待できる。しかし、楽器は演奏するのが難しく、演奏できるようになるまで

に時間がかかる。

そこで我々は、誰でも介護予防やリハビリテーションを簡単に楽しく続けられることを目的とした、新しい靴型電子楽器（オトクツ）を開発し、その検討を行った。

2. デザインコンセプト

介護予防やリハビリテーションへの応用を目的とした靴型電子楽器オトクツの開発において、以下に示すコンセプトを設定した。

- ・ 介護予防やリハビリテーションに使える。
- ・ 楽しく、また継続したい気持ちになる。
- ・ ユニバーサルデザイン²⁾を考慮して、誰でも簡単に演奏できる。
- ・ 手の動かせない人も演奏できる。
- ・ 手で演奏する別の楽器と合奏できる。
- ・ 音だけでなく光も発する。
- ・ リハビリテーションを行いたい部位やレベルを調整できる。
- ・ 専用の楽譜で簡単に演奏できる。

3. 基本構成

図1は、開発した靴型電子楽器オトクツを側面方向から見た外観の写真を示している。長さは300mm、幅は120mm、厚さは70mmである。重さは片足で700gである。誰でも履けるように、靴の甲が調節可能になっている。

図2は、演奏しているときの様子を示している。4つのセンサが片足のつま先、かかと、右側、左側に埋め込まれている。センサは靴底に埋め込まれた電子楽器に繋がれている。センサのつけられている位置を踏むことによって片足で4つの音を出すことができる。両足で8つの音、例えば1オクターブの音を出すことができる。

またセンサは、靴底に埋め込まれたLEDとも繋がれている。4つの色、赤、青、緑、黄色のLEDが埋め込まれている。踏む位置によって異なる色のLEDが光るようにした。外側は透明な板で覆われていてLEDの光は周囲に発光するようになっている。

ハードウェアの基本的な構成は、センサスイッチとインターフェース回路とスピーカーとLEDと電池から構成されている。音のトーンやスタイルは、スイッチで変えられる。リハビリテーションを行いたい部位やレベルによってセンサスイッチの場所や強さを調節できる。



Fig. 1 External appearance of new electronic musical instrument shoe "Otokutsu".



Fig. 2 Demonstration of new electronic musical instrument shoe "Otokutsu".

4. 専用楽譜

一般の楽譜は、初心者には理解するのが難しい場合がある。そこで我々は、オトクツのための専用の楽譜を開発した。

図3は、オトクツ専用開発した楽譜の一部である。その楽譜は、センサスイッチの位置だけではなく、発光する色で踏む位置を示している。さらにこの楽譜は、長さリズムをわかりやすく示している。

例えば、図3の最初の音では、左の靴のつま先側の位置を示している。これは、赤色の光が発する位置でもあり、色でも位置を示している。長さは2分音符である。次の音は、左靴の右側を示し

ている。これは、緑色の光が発する位置でもある。長さは4分音符である。2段目の最初の音は、左の靴のつま先側を示している。2段目の2個目の音は、左靴の右側を示している。長さは8分音符分である。2段目の3番目の音は、右靴のかかと側を示している。長さは8分音符分である。

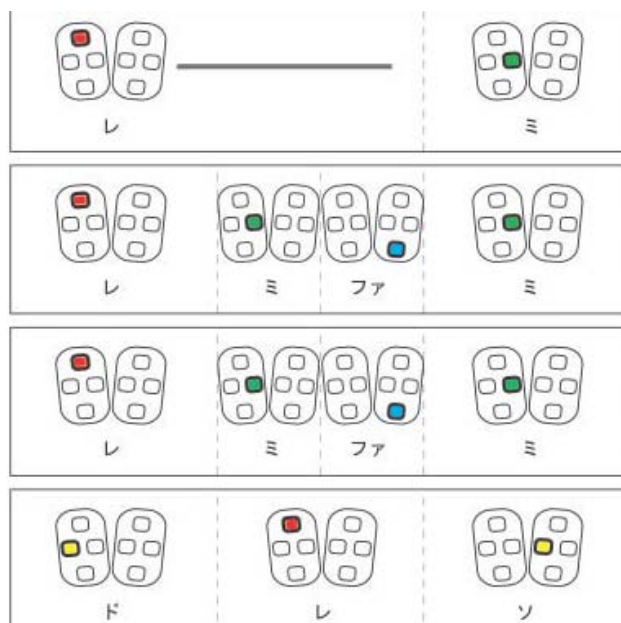


Fig. 3 A part of the special score for "Otokutsu".



Fig. 4 Primary school children play Otokutsu watching the special score.

以上のように、はじめて使う人や、楽譜が読めない人でも、専用の楽譜を見ることによって、簡単に演奏することができる。図4は、小学生が楽譜を見ながら演奏しているところを示している。

60名以上の小学生に使ってもらい、開発した楽譜を用いることによって、はじめてでも簡単に演奏できることが確認できた。

5. 介護予防への応用

我々は、オトクツをいくつかのデイケアセンターに持参して、30名以上の高齢者の方々に評価していただき、介護予防への応用の検討を行った。

図5は、そのときの様子である。



Fig. 5 Situations of usability testing at elder day-care centers.

鳴らしにくい音があると、ほとんどの人は、その音を鳴らそうと一生懸命になる。鳴らしにくかった音を鳴らすことができると、一緒にやっている周りの人から賞賛の声が上がり、リハビリテー

ションのモチベーションが向上することが確認できた。そして、彼らは合奏できるようになるまで頑張る姿勢が見られた。音楽を通して人間とのかかわりを持つことができる。

評価していただいた高齢者の方々の90%以上は、オトクツを演奏して楽しかったという意見だった。また、もう一度やりたいという意見が90%以上であった。以上から、オトクツは楽しく、そして継続できることが確認でき、介護予防やリハビリテーションに有効であることが確認できた。また楽譜もわかりやすく、よく知られている曲を簡単に演奏できて良かったという意見が多かった。

さらに、多くのケアマネージャーの方々から、オトクツは介護予防やリハビリテーションに非常に有効であるという評価をいただいた。例えば、以下のような意見をいただいた。

- ・普段は行わない動きの運動ができるので良い。
- ・利用者の身体状況に合わせてレベルを調節することができるところが良い。
- ・トレーニング効果が音や光などで自覚できるので、楽しく継続するためのモチベーションが向上する。
- ・手術などで足を固定した後に足の感覚を取り戻すときに有効である。
- ・介護予防で行われる、足の指などでタオルを把持するタオルギャザーやチューブトレーニング³⁾に比べて、楽しんでできるので長続きできる。
- ・単に筋力を高めるだけでなく、転倒予防や日常生活に必要な運動の協調性やバランス機能など生活体力を総合的に高めることが可能となる。
- ・音楽を通して人間とのかかわりを築くことのできるコミュニケーションツールとなる。

以上の結果から、オトクツが楽しみながら継続できる介護予防やリハビリテーションを実現するという目標をクリアすることができた。

6. まとめ

我々は、新しい靴型電子楽器であるオトクツを

開発した。オトクツは、足で演奏する靴であり、ユニバーサルデザインを考慮して、誰でも簡単に演奏できるように開発した。また、音だけでなく光も発するようにした。さらに、オトクツ用の特別な楽譜を開発した。これにより、初心者や楽譜を理解できない人でも簡単に演奏できる。

開発したオトクツをいくつかのディケアセンターで評価していただいて応用の検討を行った。評価していただいた高齢者やケアマネージャーの方々の意見から、オトクツは楽しく、そして継続できることがわかり、介護予防やリハビリテーションに非常に有効であることが確認できた。

今後の課題は、より効果的な使い方を工夫することである。例えば異常な歩き方をしたときに、音や光を発して警告するようにして、アラームが発しない歩行に努めることにより、常に変則的にならず理想的な足運びに矯正できるようにすることなどが考えられる。また、効果的な練習プログラムを開発して、介護予防やリハビリテーションへの有効性を定量的に評価することである。

さらに、介護予防やリハビリテーションだけでなく、他分野への幅広い応用が考えられる。例えば、コンピュータ制御により鳴らす位置を光らせ、それに合わせると簡単に演奏することができるようにするなどが考えられる。今後は、楽器としての完成度を上げながら、応用範囲を広げる検討を進めていく。

文 献

- 1) Stefan Hesse, "A mechanized gait trainer for restoration of gait," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol. 37, No. 6 (2000).
- 2) Mace, R., "Universal design, Barrier free environments for everyone," *Designers West* 1985, 33, pp.147-152 (1985).
- 3) Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'reilly, H.G. and Evans W.J., "Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function," *Journal of Applied Physiology*, 64, pp.1038-1044 (1988).

論文 Article

高剛性空気軸受の開発

原稿受付 2011年3月31日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 15~20

藤澤 政泰^{*1}, 斎藤 芳紀^{*2}, 鷲北 好晃^{*3}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科^{*2}株式会社ミツウロコ^{*3}豊田自動織機株式会社

Development of Air Bearing with High Rigidity

Masayasu FUJISAWA^{*1}, Yoshinori SAITO^{*2}, Yoshiaki WASHIKITA^{*3}^{*1} Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*2} Mitsuuroko Co. Ltd.^{*3} Toyota Industries Corporation

Abstract

A new high rigid air bearing has been developed for a solution of bottleneck in the development of a small and ultra high-precision machine. One of the developed air bearing has hybrid restrictors which restricts air flow at entrance and exit of air gap, and has achieved 2 times rigidity of conventional air bearing. The other developed air bearing has elastic restrictors which restricts air flow at exit of air gap, and has achieved 3 times rigidity of conventional air bearing.

Key Words : Air Bearing, Rigidity, Micro Ultra-Precision Machine

1. 諸言

空気軸受は、超精密加工機や測定機、ステッパ一等、ナノメータオーダーの精度の装置に必須の機械要素である^{1)~6)}。しかし、空気軸受の剛性は軸受面積に比例するため、小型化すると剛性が低下し、小型装置に使うことができない。空気軸受の剛性は軸受ギャップに反比例するので、これを小さくできれば小型化が可能であるが、現状では軸受ギャップを小さくすることが困難である。小型で高剛性の空気軸受の製作が困難なことが、精密小型機械の開発の隘路になっている。

空気軸受のギャップを小さくできない原因は軸受への空気供給口、または出口における絞りにある。供給口において絞る方式はオリフィス絞り、または自成絞りであり、出口で絞るのが面絞りである。軸受ギャップを小さくするには、オリフィ

ス径を小さくするか、面絞りであれば空気出口側のステップを小さくしなければならない。ギャップを1 μm以下にするには、ミクロンオーダーの径のオリフィスか、あるいはサブミクロンのステップを形成する必要があるが、現状の加工技術では困難である。そこで、新しい方式の絞りを考案し、空気軸受の高剛性化を実現した。

2. 空気軸受の高剛性化

2.1 従来の空気軸受の絞り

最も多く使われている空気軸受の絞りはオリフィス絞りであり、空気供給口側で絞る方式である。オリフィスの流路抵抗と軸受ギャップの流路抵抗が直列に繋がった構造である。軸受ギャップが小さくなっても、オリフィスの流路抵抗はほとんど

変化しないのに対し、軸受ギャップの流路抵抗はギャップの3乗に反比例して大きくなるため、図2.1に示すようにギャップ部の空気の圧力が大きくなる。空気の圧力の増加量を軸受ギャップの変化量で除算した値が軸受剛性となる。軸受剛性が最も大きくなるのは、軸受ギャップの流路抵抗とオリフィスの流路抵抗が等しくなる場合であり、軸受直径 100mm、オリフィス径 0.1mm に対し、軸受ギャップが $10\mu\text{m}$ のとき流路抵抗が等しくなる。オリフィス径を小さくする程、軸受ギャップを小さくできるが、オリフィス径を $50\mu\text{m}$ 未満にすることができないため、数 μm 以下の軸受ギャップは実現されていない。

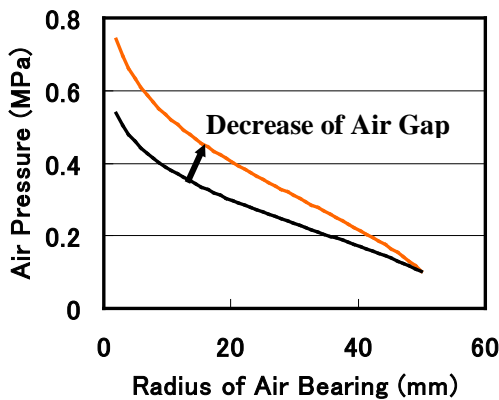


Fig.2.1 Pressure Distribution of Air Bearing with Orifice Restrictor

空気軸受の流路の出口側で絞るのが面絞りであり、その一つが図2.2のステップ絞りである。流路抵抗はギャップの3乗に反比例するので、ギャップが小さくなると、ギャップ部の流路抵抗に比し、出口のステップ部の流路抵抗が急激に大きくなる。このため、軸受部の空気圧が大きくなり、軸受剛性が生じる。オリフィス絞りと同様に、ステップ絞りもギャップ部の流路抵抗とステップ部の流路抵抗が同じとき、剛性が最も大きくなる。ステップ絞りはオリフィス絞りより、軸受ギャップを小さくすることが可能で、 $5\mu\text{m}$ 程度まで小さくできる。それでも軸受ギャップをサブミクロンにするにはステップもサブミクロンにする必要があり、高度な精密加工技術をもってしても、その加工は容易ではない。

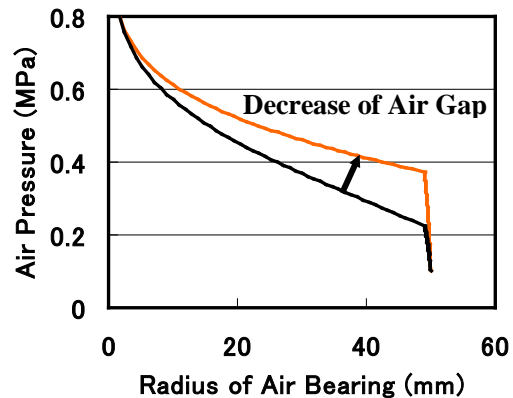


Fig.2.2 Pressure Distribution of Air Bearing with Surface Restrictor

2.2 新方式空気軸受

2.2.1 ハイブリッド絞り方式

軸受ギャップの変化に伴う空気圧分布の変化は、オリフィス絞りでは空気供給部の変化が大きいのに対し（図2.1参照）、ステップ絞りでは空気出口部の圧力変化が大きい（図2.2参照）。そこで、オリフィス絞りとステップ絞りを組み合わせた図2.3の絞り、以降これを「ハイブリッド絞り」という。このハイブリッド絞りによって、図2.4に示すように軸受部全体で圧力を変化させ、軸受剛性を向上できると考えられる。

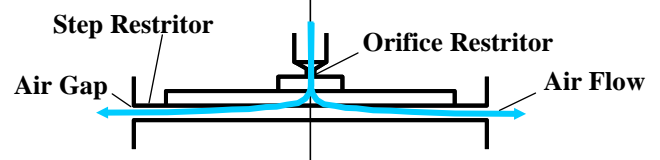


Fig.2.3 Schematic Diagram of Air Bearing with Hybrid Restrictor

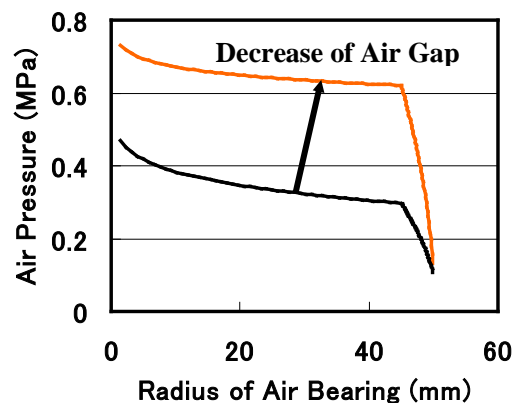


Fig.2.4 Pressure Distribution of Air Bearing with Hybrid Restrictor

2.2.2 弾性絞り方式

空気軸受の高剛性化法としてアクティブ制御法がある⁷⁾⁸⁾。これは軸受ギャップの減少にたいして空気の供給圧を増大させ、剛性を向上させる方法であるが、制御無しに軸受剛性が得られる空気軸受の特長を生かしておらず、ほとんど使われていない。そこで、軸受ギャップの減少に伴って、自動的に空気出口部が絞られる図 2.5 の構造を考案した。軸受ギャップの減少に伴って軸受内の空気圧が上昇し、これによって弾性板が変形して空気の出口部のギャップが小さくなる構造である。以後これを「弾性絞り」という。

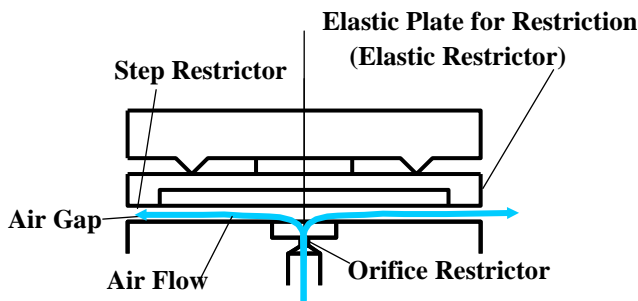


Fig2.5 Schematic Diagram of Air Bearing with Elastic Restrictor

3. 実験方法

3.1 軸受の構成

理論計算しやすい軸対称のスラスト軸受を採用した。図 3.1 のφ100mmの軸受面を超精密加工機（東芝機械製 ULG-100A）で加工し、実験に供した。オリフィス絞りのリセス部深さは軸受の動的安定性に影響するので、図 3.2 に示す調整できる構造にした。

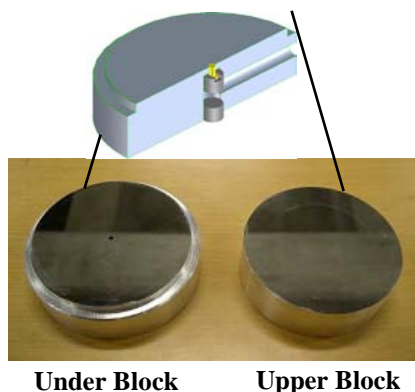


Fig. 3.1 Under and Upper Block of Air Bearing

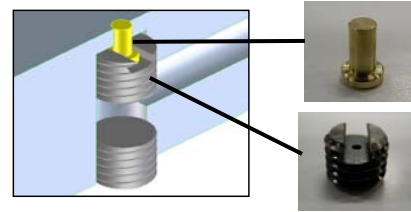
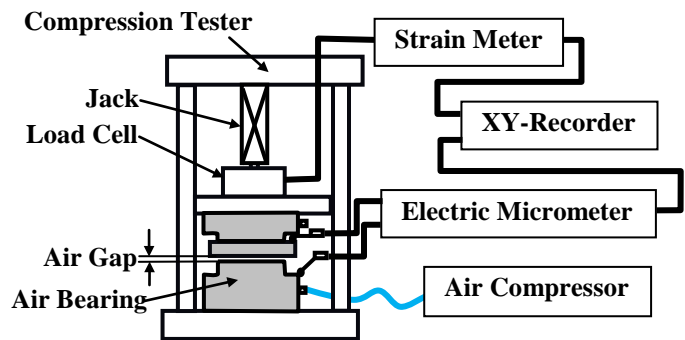


Fig. 3.2 Adjusting Mechanism of Recess Depth of Orifice

3.2 軸受剛性の測定

軸受面には数トンの荷重が加わるため、高い剛性を有する図3.3の軸受剛性測定装置を製作した。2個の電気マイクロ（TESA 製 TT80）で空気軸受の上部ブロックと下部ブロックの位置を測定し、その位置の差から、軸受ギャップを求めた。荷重はロードセル（共和電業製：LC-20TV）で測定した。荷重と軸受ギャップの測定値をXYレコーダに入力し、剛性を求めた。



Compression Tester

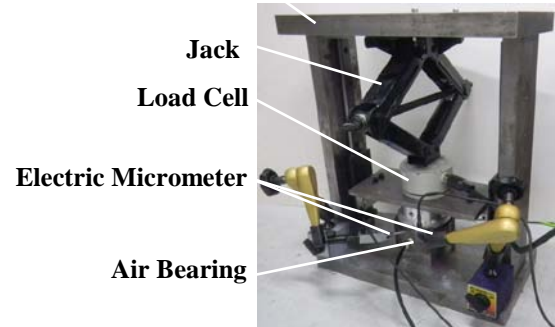


Fig3.3 Measuring Instrument of Rigidity of Air Bearing

4. 実験結果

4.1 ハイブリッド絞り方式

空気軸受の剛性は、軸受ギャップの変化に伴う

空気圧分布の変化を求めることによって、計算できる。図 4.1 のオリフィス、ギャップ 1、ギャップ 2 (ステップ部) における空気質量流量 m_0, m_1, m_2 は

$$m_0 = \psi a \frac{p_i}{\sqrt{RT}}$$

$$m_1 = \frac{2\pi h_1^3 (p_i^2 - p_s^2)}{K \ln(r_s / r_i)}$$

$$m_2 = \frac{2\pi h_2^3 (p_s^2 - p_o^2)}{K \ln(r_o / r_s)}$$

ただし

$$\psi = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \left\{ \left(\frac{p_s}{p_i} \right)^{2/\kappa} - \left(\frac{p_s}{p_i} \right)^{(\kappa+1)/\kappa} \right\}}$$

$$\text{ただし } \frac{p_s}{p_i} \geq \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\kappa/(\kappa-1)}$$

$$\psi = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa+1} \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{2/(\kappa-1)}}$$

$$\text{ただし } \frac{p_s}{p_i} < \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\kappa/(\kappa-1)}$$

$$K = \frac{24\mu RT}{m_m}, \quad a = 2\pi r_{ol} (s + h_1)$$

p_i : 供給空気圧, p_o : 大気圧

p_s : ステップ境界における空気圧

R : ガス定数

T : 絶対温度

κ : 空気比熱比

μ : 空気粘性係数

m_m : 1 モルの空気質量

$r_i, r_s, r_o, h_1, h_2, s, s_2$: 図 4.1 参照

r_{ol} : オリフィス半径

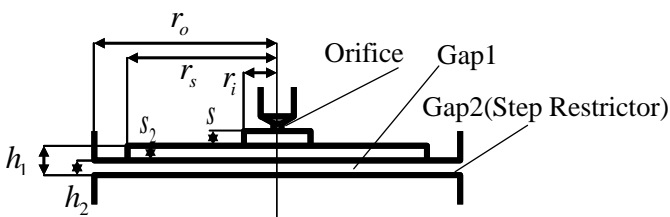


Fig4.1 Schematic Diagram of Hybrid Restrictor

と表される。質量流量は保存されるので、ニュートン法によって質量流量とステップ部境界の圧力 p_s を求め、下記式より、圧力分布を計算する。圧力分布を数値積分して空気軸受に加わる力を求める。軸受ギャップの減少に対するこの力の増大量を求めることによって軸受の剛性を計算することができる。

$$p(r) = \sqrt{p_s^2 + \frac{K}{2\pi} \int \frac{m_1}{r h_1^3} dr} \quad (r_s > r > r_i)$$

$$p(r) = \sqrt{p_o^2 + \frac{K}{2\pi} \int \frac{m_2}{r h_2^3} dr} \quad (r_o > r > r_s)$$

図 4.2 にハイブリッド絞りの軸受ギャップと剛性の関係を示す。実験値と計算値はほぼ一致しており、ハイブリッド絞りはステップ絞りの 2 倍以上に剛性を向上できることがわかる。

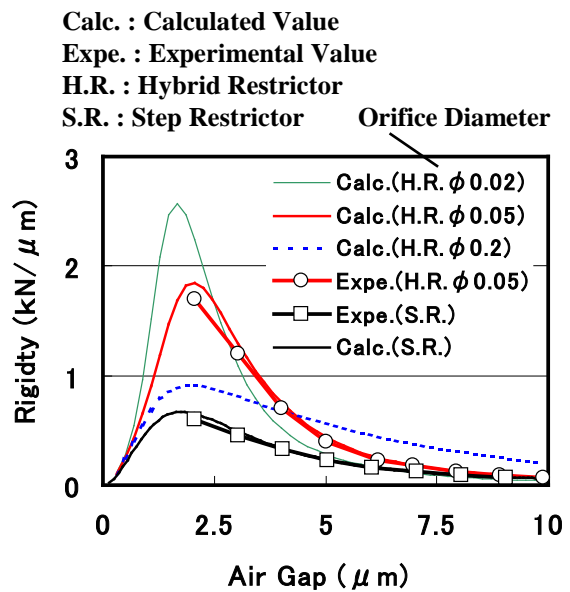


Fig4.2 Rigidity of Air Bearing with Hybrid Restrictor and Step Restrictor

4.2 弾性絞り方式

弾性絞りでは、軸受内の空気圧分布 $p(r)$ によって弾性板が図 4.3 に示すように変形 (変形量: $w(r)$) する。これによって軸受ギャップが変化し、空気圧分布が変化するので、下記連立方程式を数値的に解き、軸受剛性を求めた。

$$w(r) = \int_{r_i}^r \frac{1}{r} \int_{r_i}^r r \int_{r_i}^r \frac{1}{rD} \int_{r_i}^r rp(r)dr^4 + c_1 \int_{r_i}^r \frac{1}{r} \int_{r_i}^r r \int_{r_i}^r \frac{1}{rD} dr^3$$

$$+ c_2 \int_{r_i}^r \frac{1}{r} \int_{r_i}^r r dr^2 + c_3 \int_{r_i}^r \frac{1}{r} dr + c_4$$

$$p(r) = \sqrt{p_o^2 + \frac{K}{2\pi} \int \frac{m_1}{\{h_1 + w(r)\}^3} dr}$$

ただし

D : 弾性板曲げ剛性

c_1, c_2, c_3, c_4 : 積分定数

p_o : 大気圧

m_1 : 空気質量流量

K : 4.2 節参照

$r_i, r_1, r_2, r_s, r_o, h_1, h_2, s, s_2$: 図 4.3 参照

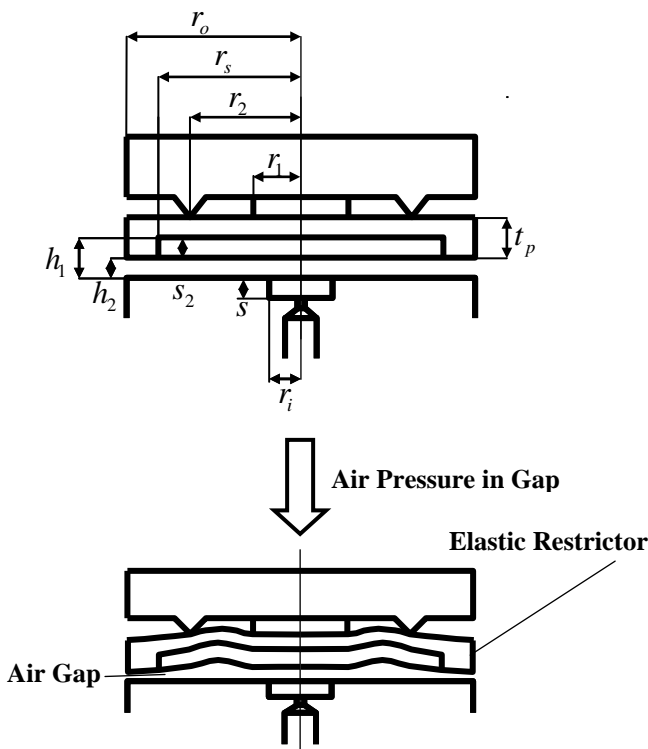


Fig4.3 Schematic Diagram of Elastic Restrictor Deformation by Air Pressure in Gap

図 4.4 に弾性絞り板の厚さ t_p の軸受剛性への影響を示す。板厚が薄いほど弾性絞りの効果によって、軸受剛性が向上していることが分かる。板厚が 8mm 以下になると、動的不安定性が生じるので、9.5mm を最小値とした。

図 4.5 に弾性絞りの支持位置の半径 r_2 の剛性へ

の影響を示す。 r_2 が 34mm のとき剛性が最も大きくなり、ハイブリッド絞りの約 1.5 倍に高剛性化できることがわかった。

Supportive Radius r_2 of Elastic Restrictor is 34mm

t_p : Thickness of Elastic Restrictor

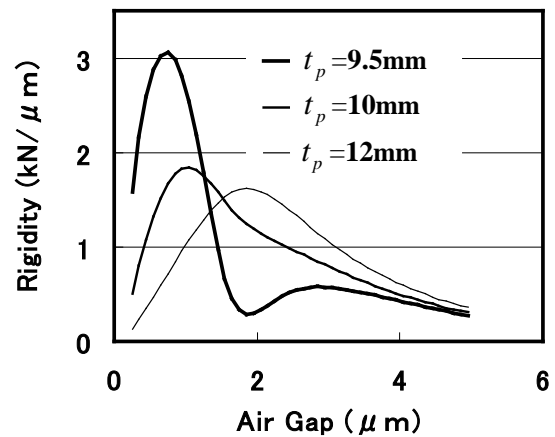


Fig4.4 Effect of Elastic Restrictor Thickness on Rigidity of Air Bearing

Thickness of Elastic Restrictor $t_p = 9.5\text{mm}$

C.V.: Calculated Value

E.V.: Experimental Value

r_2 : Supportive Radius of Elastic Restrictor (Refer Fig4.3)

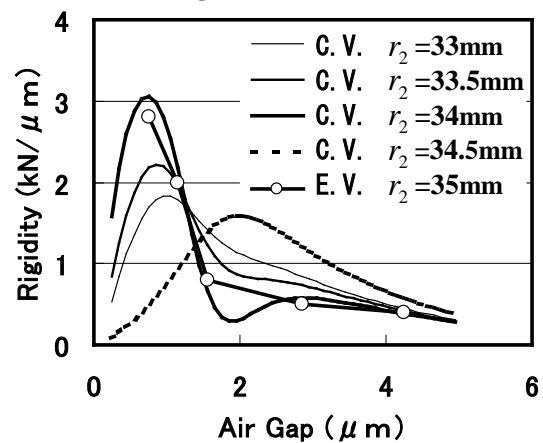


Fig4.5 Effect of Supportive Position of Elastic Restrictor on Rigidity of Air Bearing

5. 結 言

空気軸受の高剛性化を目的に、新方式の軸受を製作し、計算と実験からその剛性を求め、以下の結果を得た。

- (1) ステップ絞りとオリフィス絞りを組み合わせたハイブリッド絞りでは、ステップ絞りの約2倍の高剛性化を達成した。
- (2) 軸受内の空気圧の上昇に伴って、絞りが変形し、空気出口で空気流量を絞る弾性絞りを考案し、ハイブリッド絞りの約1.5倍、ステップ絞りの3倍の高剛性化を達成した。
- (3) ステップ絞りはオリフィス絞りの2倍以上の剛性を有するので、本開発の弾性絞りは一般的なオリフィス絞りの6倍以上の剛性を有する。したがって、軸受寸法を1/6~1/2.5程度に小型化が可能である。

本研究は2005年の藤澤研究室における斎藤、驚北両氏の卒業研究を端緒に、その後、剛性測定装置と剛性計算プログラムの改良を進め、論文として纏めた。考案した新方式空気軸受については小型超精密装置への活用を進めている。

文 献

- 1) 十合晋一：気体軸受，共立出版株式会社，(1983)，2
- 2) 林巖崗,青山藤詞郎,稲崎一郎：表面絞り形静圧空気軸受の負荷特性と最適設計,精密工学会誌,53,4,(1987)619
- 3) 谷順二：能動空気軸受によるロータ系の自励振動の制御,日本機械学会論文集.C編,66,643,(2000)724
- 4) 趙鵬,畑山和也,里見：空気式静圧案内に関する基礎的研究,日本機械学会,2004年度年次大会講演論文集,(2005)249
- 5) 向井俊夫:エアベアリングの動特性解析,新日鉄技報,383(2005)13
- 6) CHEN Y.s.et al:Influences of operational conditions and geometric parameters on the stiffness of aerostatic journal bearings, *Precis Eng*,34,4,(2010)722
- 7) 磯部浩巳,久曾神煌,小島茂：圧電素子の高周波振動を利用したアクティブスクイーズ空気軸受の開発(第1報),精密工学会誌,65,3,(1999)438
- 8) AGUIRRE Gorka et al.:A multiphysics model for optimizing the design of active aerostatic thrust bearings, *Precis Eng* ,34,3,(2010)507

論文 Article

ブレードコーティングによって塗工される液膜厚さとブレード角の関係

原稿受付 2011年 4月5日
ものづくり大学紀要 第 号 (2011) 21~27

香村 誠

ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

Effect of Blade Angle on the Film Thickness in Blade Coating

Makoto KOMURA

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract

Flow induced by blade coating is investigated experimentally. The film thickness and the upstream pressure were measured in a laboratory coating apparatus with a rigid blade. The film is coated onto a running tape being positioned under the blade. As is predicted theoretically, liquids of different physical properties behave similar if they have the same value of the capillary number; \overline{Ca} . The liquid inlet position has little effect on the flow around the gap. The film thickness decreases with coating speed. The relation between the film thickness and the blade angle is discussed in connection with upstream pressure. The correlation between them was observed to turn at a critical value of upstream pressure.

Key Words : Blade Coating, Film Thickness, Laser-aided Diagnostics, Free Surface Flow

1. はじめに

高粘度の液体を「へら」を用いて塗り付ける作業を工業的にはブレードコーティングと呼ぶ。もちろんこの作業は通常機械的に行われ、粘着テープへの粘着剤の連続塗布や IC 基盤の製作など様々な分野に応用されてきた。そして今後も熔融金属の塗布、液晶パネルの製造などへとその需要は拡大すると予想されるため、今日の薄膜化や高精密化に伴いより高度に液膜を制御する必要性が生じている。

塗工される液膜の厚さを予測し制御することはブレードコーティングにおいて最も基本的な要求であり、応用上もきわめて重要である。これまでも塗工スピードの増加によってより薄い液膜が得られる¹⁾ことなど多くが解明されてきたが、ブレード角と膜厚の関係については報告例が少ない。経験的にはより大きなブレード角はより薄い液膜を生成する²⁾とされているが、Sullivan 等の実験³⁾

によれば全く逆の結果が得られている。一般的な知見は必ずしも得られているとはいえないのが現状である。

著者等はすでにブレードコーティングの際に生じる流れについて数値計算を含む理論的な立場からの解析を行い、膜厚や装置に働く力などに注目して報告してきた⁴⁾⁻⁶⁾。膜厚を支配する無次元パラメータがブレード角 α 、キャピラリ数 \overline{Ca} 、そして上流域の無次元圧力 p_∞ の3つであることも指摘している⁵⁾。本報ではこれらに引き続いて行った模型実験の結果を、主に膜厚の変化に注目しながら報告する。

2. 実験装置および測定方法

実験装置の外観および各部の名称を図1の写真によって示す。図中の塗工槽 (Fluid bath) とは試験流体 (Test fluid ; 実験用塗工剤) を貯えその出口位置で液膜が塗工される槽である。この場所の

拡大図を図2に示す。塗工槽内部の試験流体が、平盤 (Plane board) 上を左方に一定の速さで運動するテープ (Tape) に引きずられブレード (Blade) とテープとの間のギャップ (Gap) を通って、大気中に自由表面を形成しながら流れ出すメカニズムとなっている。詳細は以下のとおりである。

試験流体が塗工されるコーティング面を形成するポリエステル製のテープは、はじめロール状に巻かれており装置を運転することによって図1の白色矢印に沿って一定の速さ U_0 で運動する。すなわち、穴① (Hole①) より平盤上に抜けて平盤と塗工槽の間に連続的に挿入される。隙間 H_0 のギャップを出る位置で塗工槽内部に充たされた試験流体はブレードによってしごかれ、テープ上に塗り付けられる。このとき液膜は自由表面を形成する。

テープはこの後さらに平盤上を左方へ移動し、

穴② (Hole②) より平盤下に降りる。この位置では全て測定は終了しており、テープ上の試験流体はドクタ (Doctor) によってそぎ落とされ回収される。そして最後に駆動軸と連動するギヤ① (Gear①)、ギヤ② (Gear②) の間に挟まれながら巻き取り軸 (Rewinder) に巻き取られる。

ブレードは防錆性を考慮してステンレス製とし、先端は可能な限り鋭く磨いた。テープ面との角度 (ブレード角 α) は 30° および 60° の2とおりを選ぶことができ、ギャップ幅 H_0 は任意に設定可能である。また塗工槽側面は可視化写真を撮ることを考慮して、無色透明アクリル板とした。テープ走行面脇の① (図2(a),(b) 参照) は圧力測定孔であり、ここでの測定値を P_{UP} と呼ぶことにする。なお図2(a)にはブレード上にも3つの孔が見られるが、本報に記す実験の際には常時栓がされている。

試験流体には幅広いせん断速度にわたってニュートン流動を示すことが知られているグリセリン (Fluid 1) と、これを水で希釈した溶液 (Fluid 2) の2種類を用いた。これらはいずれもタンク① (Tank①) に手動で注がれた後タンク② (Tank②) に移り、ビニルチューブ (Tube) を通って試験流体入り口 (Inlet) に供給される。タンク②にはオーバフロー用のパイプ (Pipe) が設けてある。タンク②からチューブそして塗工槽までは常に満水状態に保たれているため、タンク②を上下させることによって塗工槽内部の静水圧をコントロールすることができる。

実験開始時には毎回試験流体の物性値を測定した。動粘性係数 ν および表面張力 σ の測定には、それぞれウベローデ、デュヌーイ 氏型表面張力計を用い、また密度 ρ は質量と体積を測定し算出した。具体的な数値を表1に示す。グリセリンの動粘性係数は温度変化に敏感であることからこの量に限っては実験の途中にも数回測定を行っており、表中の値は

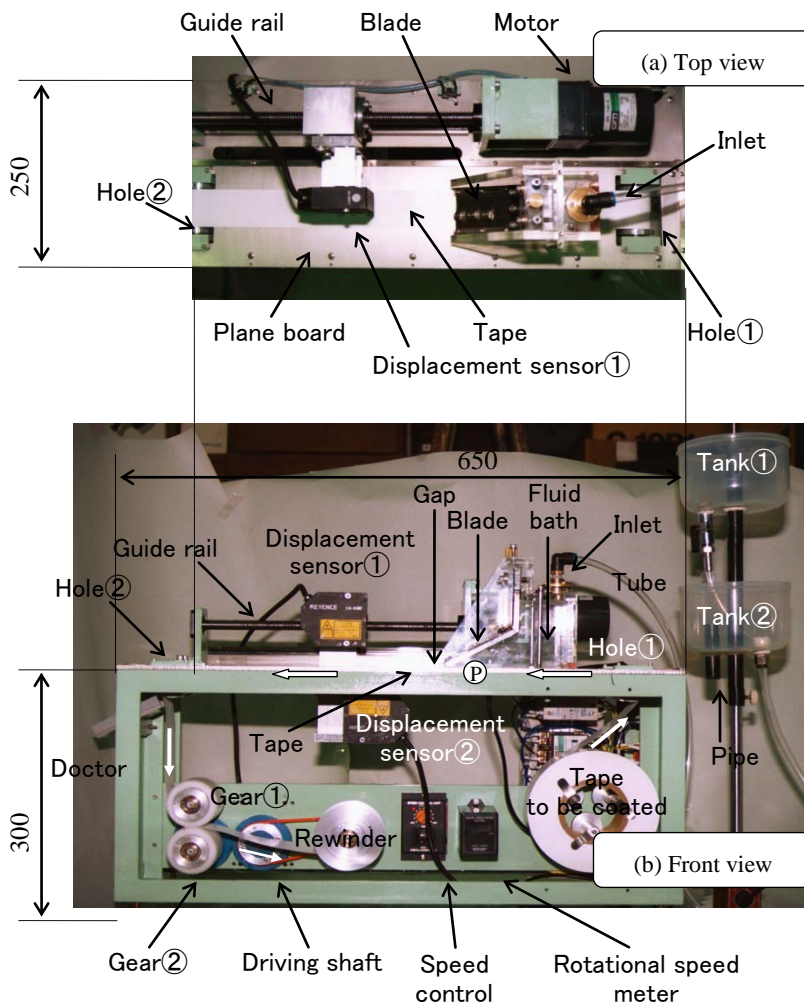


Fig.1 Experimental apparatus

その平均値である。

ギャップ幅 H_0 の調整には隙間ゲージを用い、ブレードの先端がテープを横切る方向に、コーティング面（テープ面）と十分平行であることを確認した。

さて、冒頭にも記したように膜厚 H_∞ を含んでこの種の流れを決定する無次元パラメータはブレード角 α のほかに、

$$\overline{Ca} = \frac{\sigma}{\rho \nu U_0} \quad (1)$$

$$p_\infty = \frac{P_{UP}}{\rho \nu U_0 / H_0} \quad (2)$$

で定義されるキャピラリ数 \overline{Ca} 、そして上流域の無次元圧力 p_∞ の3つである。ここに P_{UP} はギャップ位置より上流側へ充分離れた場所での圧力である。この種の流れはギャップ近傍では粘性力が圧倒的に支配的である⁴⁾ため、この P_{UP} の無次元化には粘性圧力を用いた。無次元パラメータにレイノルズ数が含まれないのも同様の理由による。

そこで以上の準備の下に、膜厚 H_∞ 、コーティング面上の上流域圧力 P_{UP} 、塗工速度 U_0 の測定を行った。各々について概略を述べる。

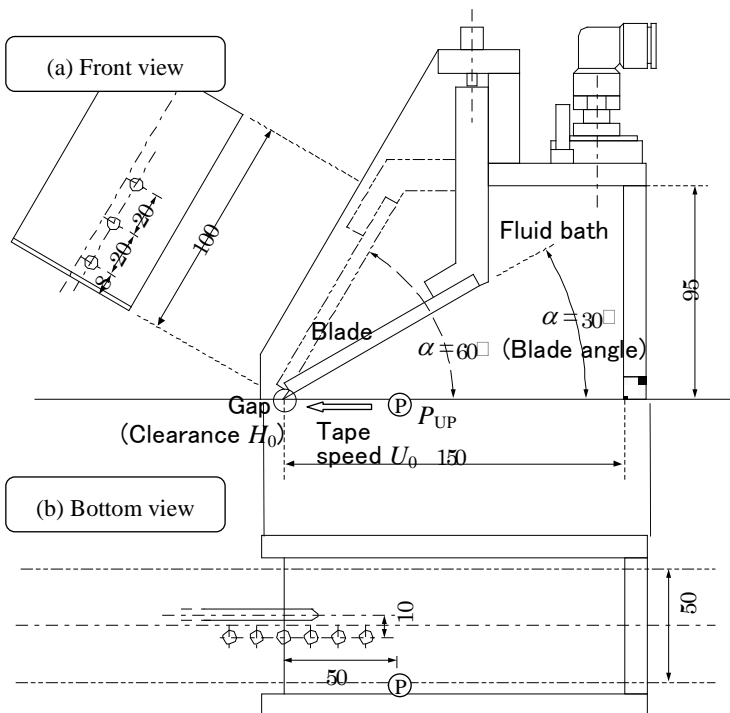


Fig.2 Schematic diagram of fluid bath

† LK-2000. 受光素子は CCD, 分解能 1μm.

‡ PD-104, 0.1F 型. 定格出力 ±0.0098 MPa, 零点移動温度特性 ±0.08%, ヒステリシス ±0.02%.

Table1 Physical properties of the test fluids

	Fluid 1	Fluid 2
bulk density : ρ (g/cm ³)	1.30	1.19
kinematic viscosity : ν (cm ² /s)	8.43	1.46
surface tension coefficient : σ (dyn/cm)	63.3	68.3

なお、本報に記載するパラメータは $\alpha, \overline{Ca}, p_\infty$ を除けばすべて次元を有する量であることを注意しておく。

2.1 膜厚 H_∞ の測定

膜厚の測定にはキーエンス社製レーザ変位センサ† (Displacement sensor) を採用した。テープのうねりを考慮してレーザ変位センサは上下に2台設置 (図1参照) し、それぞれの方向より測定される液膜表面の位置とテープ裏面位置より膜厚 H_∞ を算出した。

塗工された液膜の厚さはギャップ幅 H_0 の10倍程度離れた下流域ではほぼ一定の厚みとなることが知られている⁵⁾。本実験では余裕をみてギャップ位置から20(mm)の位置で測定した。

2.2 上流域圧力 P_{UP} の測定

コーティング面上の圧力は、ギャップ位置よりギャップ幅 H_0 の10~15倍程度以上離れた上流域では、ほぼ一定の値 P_∞ に漸近する⁴⁾。この種の流れには素より流体の慣性力はほとんど影響を及ぼさないため、塗工槽が十分な大きさを有すればブレード先端付近 (H_0 の数十倍程度の範囲) の流れに槽の形状は無関係である (3章参照)。したがって、塗工槽内部全域にわたった圧力分布は槽の形状によって変化するが、あるブレード角 α とギャップ幅 H_0 、そして塗工速度 U_0 よりある膜厚 H_∞ が得られているとき、上に述べた一定値 P_∞ は塗工槽の形状には無関係である。本実験では、図2 ②に示す上流域 50.0 (mm)におけるテープ走行面脇での圧力 P_{UP} を測定し、この値を P_∞ とすることにした。

圧力測定用のセンサには、豊田工機社製半導体圧力トランスデューサ‡に、流

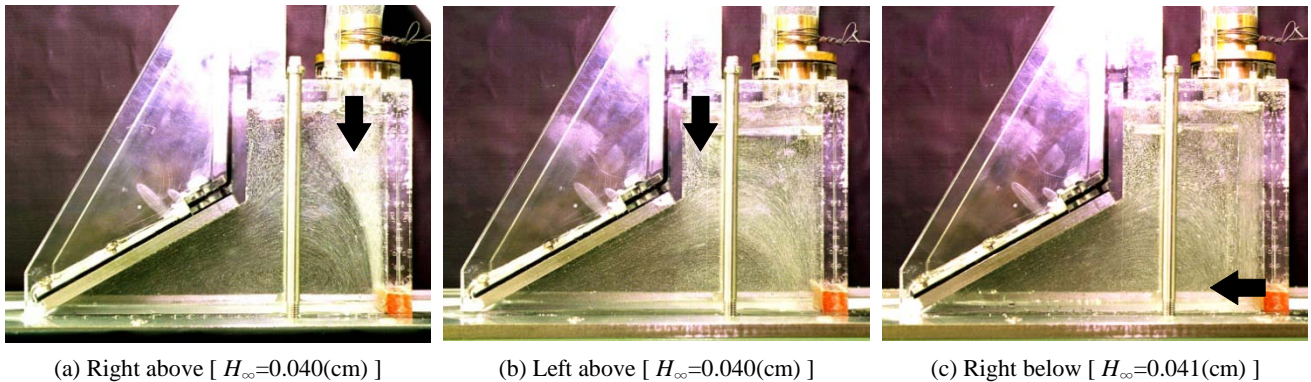


Fig.3 Effect of the fluid inlet on the streamlines

[Fluid1, $\alpha=30^\circ$, $H_0=0.050(\text{cm})$, $P_{\text{UP}}=2.8 \times 10^4 (\text{dyn/cm}^2)$, $U_0=5.0(\text{cm/s})$]

体用のアダプタを装着したものをを用いた。測定値は大気圧を基準とした値である。

2.3 塗工スピード U_0 の測定

塗工スピード U_0 は速度調整つまみにより $0 \sim 50 (\text{cm/s})$ までの範囲で変化させることが可能である。速度を変えるごとにテープ上の1点が平盤上を一定距離通過するのに要する時間をストップウォッチで計り U_0 を算出した。

3. 塗工槽形状と慣性力の影響

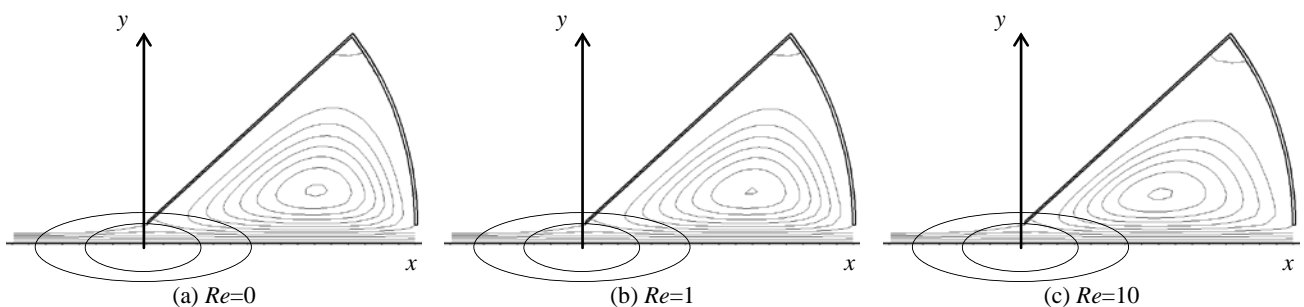
流体の上流域における流れはギャップ付近より下流の流れにほとんど影響を及ぼさないことが数値計算結果によって示されている^{7),8)}。このことを塗工槽への試験流体の供給口を変化させて調べた様子が図3である。通常の入り口から試験流体を供給した場合を(a)に、塗工槽内部に仕切板を設けることによって入り口位置および塗工槽形状を変化させた場合を(b),(c)に可視化写真^{†9)}によって示した。図中の矢印は試験流体の流入する位置と方向を表している。

これらの図より塗工槽の左側およそ3分の1の領域にわたって、流線はほぼ一致している様子が確認できる。ギャップ付近の流れは試験流体の入り口位置の影響を受けず、塗工槽の大きさと形状にも無関係であることがわかる。得られた膜厚も図3(a)の場合では $H_\infty=0.040 (\text{cm})$ であり、(b),(c)ではそれぞれ $H_\infty=0.040, 0.041 (\text{cm})$ と極めて近い値となった。

このことはギャップ近傍の流れが粘性に強く支配されていることに起因する。数値解[‡]による流線によって慣性力の影響を調べた様子を図4に示す。ここに Re は以下のように定義されたレイノルズ数であり、破線楕円は流線の比較がしやすいように描き入れたものである。

$$Re = \frac{U_0 H_0}{\nu} \quad (3)$$

塗工槽の形状は実験と異なるが、ギャップ近傍の流線は $Re=1$ 程度であればストークス近似を用いた場合 ($Re=0$) とほとんど差違がみられず、ギャップ近傍ではほとんど慣性力が影響しない様子

Fig.4 Effect of inertia force on the streamlines [Numerical sol. $\overline{Ca}=50$, $H_\infty/H_0=0.5$, $\alpha=40^\circ$]

† アルミ粉懸濁法、シャッタースピード 0.5(s).

‡ 支配方程式系は付録に記す。

がわかる。なお $Re=10$ までレイノルズ数が大きくなると慣性力の影響も無視しできなくなるが、本実験における Re は高々0.5程度である。

塗工スピード U_0 の大きいときには慣性力の効果が重要となることを指摘した報告¹⁰⁾もみられるが、通常のブレードコーティングは本実験の測定範囲内で行われることが多い¹⁾。

4. キャピラリ数 \overline{Ca} と膜厚 H_∞ の関係

まず異なる動粘性係数 ν 、表面張力係数 σ を持った試験流体を異なるスピード U_0 で塗工し、同一の \overline{Ca} を実現することを考える。試験流体1を $U_0=1.2$ (cm/s) および $U_0=7.9$ (cm/s) で塗工した場合(それぞれ $\overline{Ca}=5.0, 0.73$) および試験流体2を $U_0=7.9$ (cm/s) で塗工した場合 ($\overline{Ca}=5.0$) での H_0 と H_∞ の関係を図5に示す。ここにブレード角 $\alpha=30^\circ$ ならびに無次元上流域圧力 $p_\infty=26$ は3本の直線について共通である。

試験流体1を $U_0=1.2$ (cm/s) で塗工した場合と試験流体2を $U_0=7.9$ (cm/s) で塗工した場合とは、直線は極めて良く一致しており、同一の \overline{Ca} が実現されるとき流れはたしかに同様の性質を呈することが分かった。方程式系の無次元化によって予測された現象⁴⁾が実験によって確認できた。

また図5によればギャップ幅 H_0 と膜厚 H_∞ の関係はいずれも原点に向かう直線となっている。このような比例関係は測定範囲 $U_0 \leq 20$ (cm/s) において常に確認できた。無次元膜厚 H_∞/H_0 が常に定

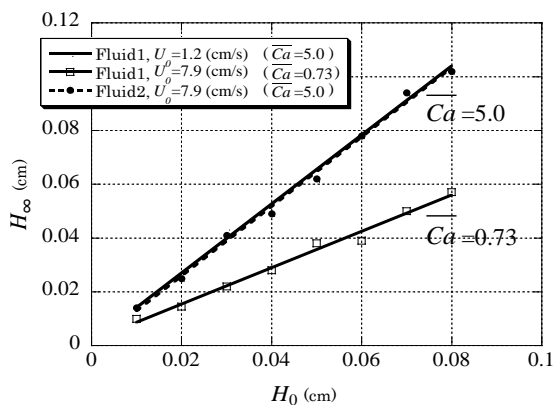


Fig.5 Effect of gap clearance

[$\alpha=30^\circ, p_\infty=26$]

数となることを示唆している。

そしてさらにこの図から α と p_∞ を一定に保った場合には、キャピラリ数 \overline{Ca} と無次元膜厚 H_∞/H_0 の間には正の相関があること、すなわち塗工スピード U_0 と膜厚 H_∞ の間には負の相関があることが分かる。

無次元上流域圧力 p_∞ の値は P_{UP} の値が変化しなくても塗工スピード U_0 の変化によって動いてしまう(式(2)参照)ため、 p_∞ を一定に保つためにはタンク②のヘッド上下によって P_{UP} を調整しながら実験を行わなければならない。この操作は実際の塗工時の状況とは異なる。また、特定の流体に関して \overline{Ca} を変化させるとは U_0 を変化させることに他ならない。そこで P_{UP} を一定に保った場合における、塗工スピード U_0 と膜厚 H_∞ の関係を有次元のまま直接示せば図6のとおりである。

この場合でも H_∞ は U_0 の増加 (\overline{Ca} の減少) とともに減少する。しかしその割合は徐々に小さくなっており、十分に大きな U_0 ではある一定の値に漸近するかのごとく振舞うことが分かる。

ところで、図6ではブレード角 $\alpha=60^\circ$ の場合の方が $\alpha=30^\circ$ の場合よりも大きい H_∞ が得られるという結果となった。つまりブレード角 α と膜厚 H_∞ の間には正の相関が観察されたことになる。

5. ブレード角 α と膜厚 H_∞ の関係

上流域より下流に向かって加圧するとき膜厚が増加することは極めて自然である。この様子をも

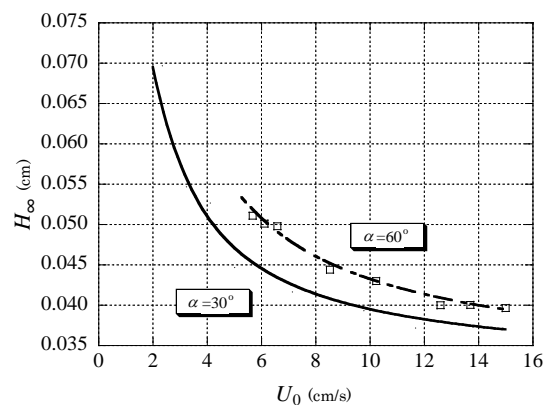


Fig.6 Effect of coating speed

[Fluid2, $H_0=0.030$ (cm), $P_{UP}=1.0 \times 10^4$ (dyn/cm²)]

う一つの有次元パラメータ P_{UP} の変化とともに示せば図7のとおりである。上流圧力 P_{UP} と膜厚 H_{∞} の間には線形的な関係のあることが確認できる。一般的な Poiseuille 流れでも流量は圧力勾配に比例することからもこの現象は理解できる。また、ブレード角 $\alpha=60^\circ$ の場合の方が $\alpha=30^\circ$ の場合よりも厚い H_{∞} が得られている点は図6と同様である。

ブレード角 α と膜厚 H_{∞} の関係については従来負の相関が有名であり²⁾、著者等による既報の数値解析の結果⁵⁾も同様の結論に至っている。しかし以上の実験では、わずかに報告されている逆の結果³⁾を得る結果となった。

さて、図7では P_{UP} が小さくなるに伴って2つのブレード角から塗工される膜厚の差は小さくなり、およそ大気圧 ($P_{UP} \cong 0$ (dyn/cm²)) では $H_{\infty} \cong 0.030$ (cm) 付近で一致してしまっている。この傾向が $P_{UP} < 0$ においても継続して成り立つとすれば、上流圧力 P_{UP} が大気圧を下回るときには、より大きなブレード角によってより薄い膜厚が得られることが期待される。実際に P_{UP} を負圧にする実験を試みたが、今回用いた実験装置ではこの状況を実現しようとしてタンク②のヘッドを下げる時、塗工面付近では塗工槽と平盤との接触面から空気泡が混入し膜厚や圧力などの正確な値を測定することが困難であった。

そこで数値解による結果を図8に示した。縦軸 q は無次元膜厚 ($= H_{\infty}/H_0$) であり、今の場合 $q=1$ は $H_{\infty}=0.03$ に対応する。この図によれば、たしかにブレード角 α と膜厚 H_{∞} の相関関係が $p_{\infty} \cong 4$ 付

近で逆転している様子が分かる。

液膜はテープに引きずられるせん断力と上流域から押される圧力とによって下流域に流れ出る。そのため上流域に大気圧より十分大きな圧力が生じている場合、ブレード角を増せば液膜をギャップから押し出す力は増えるため膜厚は増加するものと考えられる。しかし上流域が大気圧程度の圧力の場合にはギャップ付近に負圧が生じている可能性があり、このときブレード角の増加はギャップ位置の流れを上流に向かって引き戻す力の増加につながる。液膜はそれでもテープに引きずられて流れ出すするが、膜厚は減少すると説明できる。

数値解に基づく考察から、ギャップ幅より十分薄い膜厚が得られるとき ($H_{\infty} < H_0$)、上流圧力は大気圧より小さいことが分かっている⁵⁾。そのため薄膜化が進む近年では、主に $P_{UP} < 0$ (dyn/cm²) の範囲における研究が盛んである。しかし一方で $H_{\infty} > H_0$ の範囲での塗工、すなわち厚膜の需要も少なくない¹⁾。このとき上流圧力は大気圧を上回る⁵⁾ ($P_{UP} > 0$ (dyn/cm²)) ため、膜厚の制御の際には本報で明らかになったブレード角 α と膜厚 H_{∞} の正の相関関係に注意を払う必要があると考えられる。

6. むすび

ブレードコーティングの際に生じる流れについて、生成する膜厚に注目し模型装置を用いた実験を行った。その結果明らかとなった事実を以下に要約して記す。

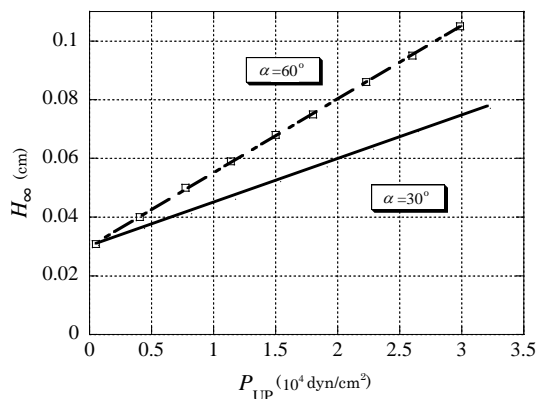


Fig.7 Effect of up-stream pressure

[Fluid2, $H_0=0.030$ (cm), $U_0=5.0$ (cm/s)]

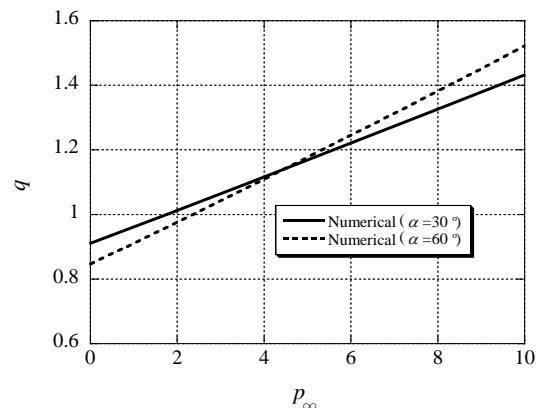


Fig.8 Effect of blade angle (Numerical sol.)

[$Ca=8.0$]

- [1] 膜厚はギャップ付近に生じる粘性力の支配的な流れによって決定される。塗工剤の供給位置の違いや塗工槽の形状は生成する膜厚を含む下流域の性質に影響を及ぼさない。
- [2] 流体の密度 ρ 、動粘性係数 ν 、表面張力係数 σ 、および塗工スピード U_0 は、ギャップ付近より下流域の流れにたいしてこれらの組み合わせであるキャピラリ数 ($=\sigma/\rho\nu U_0$) を通じてのみ影響を持つ。
- [3] 塗工スピードを増加させると膜厚は減少するが、その割合はスピードの上昇とともに徐々に緩やかになる。
- [4] 上流域が大気圧以上の場合には、膜厚は上流域圧力に比例して増加する。
- [5] ブレード角と膜厚の間には従来負の相関が有名であったが、この関係は上流域圧力の大きさによって逆の傾向となる。すなわち、上流域が大気圧より十分大きい場合にはブレード角の増加はより厚い膜厚を生じさせ、逆の場合にはより薄い膜厚を生じさせる。

【付録】

本文中図4に示した流線および図8の実線、波線は次の Navier-Stokes (渦度輸送) 方程式の差分法を用いた数値計算結果に基づいて描かれている。

$$Re \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \omega}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) = \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \quad (4)$$

$$\omega = - \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

ここに Re は式(3)と同様の定義によるレイノルズ数を、 ψ , ω はそれぞれ流れ関数および渦度を表す。境界条件は、個体壁面上で粘着の条件を、上流の流入位置では相応の Couette-Poiseuille 流れを、下流域の流出位置では相応の一様流れを課した。自由表面上では以下に示す運動学的条件および応力の釣合条件を与えた。

$$\psi = -q \quad (6)$$

$$4h_x \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} + (1-h_x^2) \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (7)$$

$$\overline{Ca} \frac{h_{xx}}{(1+h_x^2)^{3/2}} + \frac{1+3h_x^2}{1-h_x^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} = \int_0^{h(x)} \frac{\partial^3 \psi}{\partial x^3} dy - \int_{-\infty}^x \frac{\partial^3 \psi}{\partial y^3} \Big|_{y=0} dx \quad (8)$$

ただし式(7)では空気の粘性は塗工剤に比して無視している。また、式(7)および(8)に現れる h_x , h_{xx} はそれぞれ自由表面形状 $y=h(x)$ の1階および2階微分である。詳しくは文献4)を参照されたい。

文 献

- 1) 原崎勇次, コーティング技術の進歩・第4刷, 総合技術センター (1991), 272.
- 2) 原崎勇次, コーティング方式, 槇書房 (1979), 25.
- 3) Sullivan, T.M. and Middleman, S., *J. Non-Newt. Fluid Mech.*, **21**-1 (1986), 13-38.
- 4) 香村誠・長谷川英治, *ながれ*, **15**-4 (1996), 308-319.
- 5) 香村誠・他3名, *機論B*, **64**-620 (1998), 1079-1087.
- 6) 香村誠・他3名, *機論B*, **64**-625 (1998), 2765-2773.
- 7) Eklund, D.E. and Norrdahl, P.C., *Tappi, J.*, **69**-5 (1986), 56-58.
- 8) Sullivan, T.M., Middleman, S. and Keunings, R., *AIChE, J.*, **33**-12 (1987), 2047-2055.
- 9) Koumura, M., *et.al.*, *Proc. Int. 9th Coating Sci. Tech. Symp.*(1998), 357-360.
- 10) Pranch, F.R. and Scriven, L.E., *Tappi, J.*, 73-1 (1990), 163-173.

論文 Article

阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画について

原稿受付 2011年3月28日
ものつくり大学紀要 第2号 (2011) 28~35

白井裕泰

ものつくり大学 技能工芸学部 建設学科

A Study on the Restoration of Long Duc Dien at Thai Mieu Area in Nguyen Dynasty

Hiroyasu SHIRAI^{*1}^{*1}Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists

Abstract

We have dismantled and restored Long Duc Dien that is a architecture at Hue Royal Palace in Nguyen dynasty, during from 2005 to 2010. The purpose of this study is to supply the academic information of science for architectural history, preservation and restoration, to Hue Monuments Conservation Center that is a research institute at Hue. At the result of this study, we have made clear the original size plan and the architectural technique of Long Duc Dien that was built in the early years of 18th century.

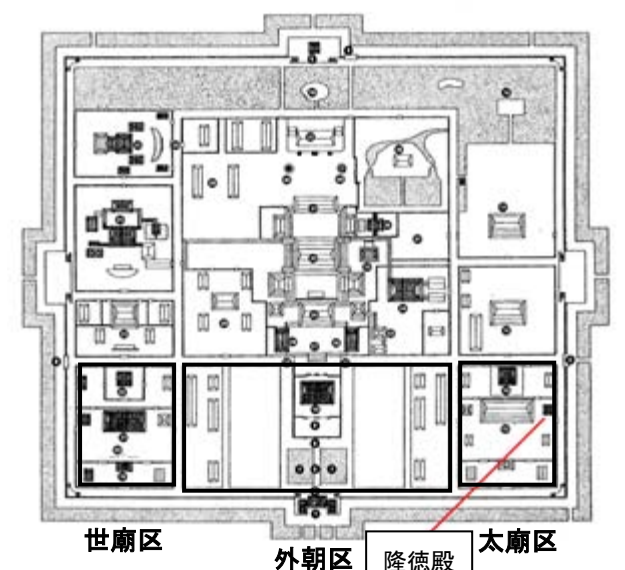
Key Words : restoration, Long Duc Dien, Thai Mieu area, Nguyen Dynasty, Vietnam

1. はじめに

ユネスコ世界遺産（文化遺産）「フエの建造物群」（1993年登録）のひとつである隆徳殿は、ヴィエトナム最後の専制王朝であった阮朝の宮殿建築のひとつとして現存している。矩形の王宮内は、その南面前方部分を太廟区、外朝区、世廟区により配置構成されるが、隆徳殿は太廟区の正殿である太祖廟の付属施設として造営された小規模な宮殿である。この隆徳殿と同規模の付属施設は、太祖廟の右前方の他、世祖廟の左右前方にかつて存在していたことが史料と現状の双方から確認され、復原考察の比較情報を提供している。90年代を通じて、現地行政組織により王宮内の主たる宮殿建築の修理工事が網羅されていく中で、隆徳殿がつまらぬ対象として放置されていたことが功を奏し、幸いにも唯一、近年の保存事業の対象から

はずれたままの状況であった。その結果、昨今のヴィエトナム政府による安易な修理工事を免れ、変遷を辿る上で必要不可欠な痕跡情報が豊富である。したがって本研究は、アジア諸国に対する国際協力の枠組みの中での技術移転の必要性が高く認められ、今後の日越共同保存事業の対象として非常に重要な意味合いを有する遺構であるといえよう。

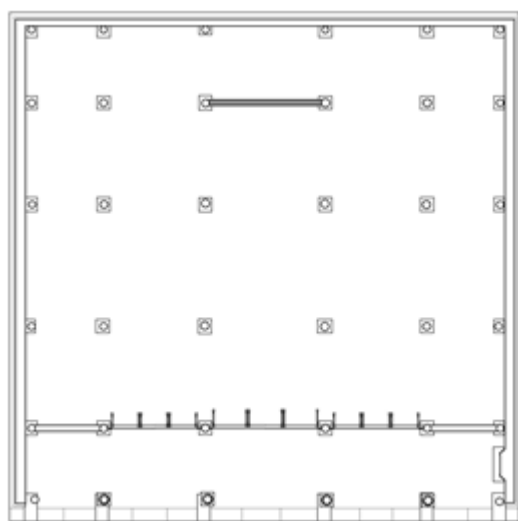
筆者は、早稲田大学を主とする研究組織が過去10年間（2005年までに）において継続的に進めてきた一連の研究課題に研究分担者として参加した。そして、それらの研究の展開の過程が総合化される中において、本研究課題を新たに計画する必要性が浮上していることを勘案し、本研究を計画し、2005-2008年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究A(海外調査)として実施した。



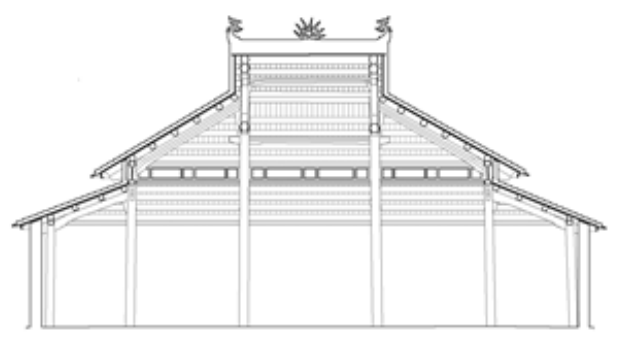
図版1 フェ王宮配置図（隆徳殿の位置）



写真1 隆徳殿南面（修理前）



図版2 隆徳殿平面図（修理前）



図版3 隆徳殿桁行断面図（修理前）

2. 修復計画の目的

本研究の着想の前提として、既往の「フェの建造物群」の修理工事の在り方に非常に本質的かつ困難な課題が認められていることを説明する必要がある。当地では90年代を通じて大規模な修理工事が多くの遺構を対象として始まり、全く不適切な工事計画を経験した。それら工事の質・量の双方において甚大な弊害が声なき文化財から聞こえてくることは、当研究組織が共有する危機感として発現されるものである。また隆徳殿が唯一の未修理の遺構であるので、今後予想される、その修復方針を確立させることで、不適切な修理工事の在り方に対する技術移転を進めるところに意義が認められる。更に、本研究計画を契機とした修理工事の体験が、他の遺構の修理工事に多大なインパクトを与えるという波及効果が期待できる。

なお、修理工事そのものの主たる費用は現地組織の予算交付により進められることから、当研究組織としては工事に資する学術情報の提供に力点が置かれる。また、国際協力と技術移転の見地により、導入される研究方法の紹介・作業の共有・成果の公開の一連のサイクルを確立し、総合化させるところに学術的な特色と独創的な点が認められる。

このように本研究は、隆徳殿の修復計画を現地研究機関（フェ遺跡保存センター）と共同して策定し、修理工事に寄与する学術情報（建築歴史学情報・保存修復学情報）を提供することを最大の目的とする。

3. 修復計画の方法

これまでの段階において、ヴェトナム・フエ・阮朝王宮内の勤政殿の再建計画事業のための基礎的研究に一応の区切りを付け、再建工事に着手する第2段階に移行したと考えている。その際、再建工事を科学的に進めるためには、ヴェトナムにおける木造技術を直接的に把握する必要がある。本研究は、阮朝王宮内の隆徳殿を解体修理し、勤政殿再建のための技術的データの収集を目的としている。更には、我が国における木造建築の修復技術および方法を基準として修復することによって、ヴェトナム技術者に日本の修復技術の移転を試みようとするものである。

以下の手順で、隆徳殿修復の全体工程を計画した。

1) 隆徳殿の現状調査 (2005年8・9月)

①実測調査足場・素屋根の仮設工事監理②実測調査<平面・立面・断面図の作成>③腐朽・破損調査<再用材・取替材調書の作成>④常時微動計測<計測器の購入>⑤実大加圧実験<加力装置、計測記録用ソフトの購入>⑥屋根材・床材の強度実験<強度実験装置の購入>⑦漆・彩色調査

2) 隆徳殿の解体 (2006年2・3月)

①解体足場の仮設工事監理②解体工事監理③技法調査(仕口・取り合わせ)④解体実測調査(修理前図面の修正)

3) 隆徳殿の復原設計 (2006年4～7月)

①復原設計図<平面・立面・断面・詳細図の作成>②復原建物の構造実験<接合部の部分実験、治具の作製、試験体の購入>③復原建物のモデル化による構造解析<解析ソフトの購入>④部材接合部の補強計画書⑤漆・彩色の復原<手板の作製>⑥新規取替材の発注

4) 隆徳殿の復原工事 I (2006年8・9月, 2007年2・3月)

①基壇補修の監理②再用部材修理<継ぎ手・矧ぎ木・埋木による補修>の監理③新規取替材加工<加工機械の購入>の監理④屋根瓦、床・壁煉瓦製作<耐久性の改善>の監理⑤建具修理の監理

5) 隆徳殿の復原工事 II (2007年8・9月, 2008年2・3月)

①軸組・小屋組組立の監理②屋根瓦葺の監理③壁工事<煉瓦造漆喰塗り仕上げ>の監理

6) 隆徳殿の復原工事 III (2008年8・9月, 2009年2・3月)

①漆・彩色工事の監理②建具取り付けの監理③修理完了後の常時微動計測④修理工事報告書の作成

4. 修復計画の成果

4.1 2005年度の成果

①2005年7月21日から8月8日まで、東京大学坂本研究室によって隆徳殿 1/1 の接合部模型を使って強度実験が行われた。

②第1次調査は、2005年8月16日から31日まで行われた。水平力による柱の変位については、隆徳殿の身舎柱の高さ 3,700 mm 位置に鋼管 5 本を水平に架けて加力点とし、反力点として屋外に設置した 2t トラックと加力点の鋼管をワイヤーベルトスリングで連結し、ハンドプーラーによる水平加力を加えた。試験の結果、東西方向は最大加力 9.45KN に対して D4 柱柱が変位 3.02 mm, 変位角 1/1.423rad. であり、南北方向は最大加力 10.75KN に対して C4 柱の変位 4.08 mm, 変位角 1/1.014rad. であった。

③鉛直荷重による柱の変位については、棟木から架台をワイヤーベルトスリングによって、1 点および 2 点で吊り下げ、架台に泥嚢を載荷した。計測の結果は屋根瓦の鉛直荷重による軸部への構造的影響は極めて少ないことを示している。

④剛性の評価については、隆徳殿の常時微動測定の結果、桁行 3.41HZ, 梁行 3.49HZ であり、隆徳殿と同規模・同形式である、修復を終えた土公祀より構造的に柔らかいといえる。

⑤肇廟の平面および柱内転びに関する実測調査については、前殿の身舎柱内転びが柱全長に対して 77 mm, 正殿身舎柱内転びが 83 mm, 正殿前庇柱内転びが 73 mm であったと考えられる。また平面計画は、越尺 (1 尺=424 mm) で、桁行が中間 9 尺, 第 1 脇間 8.3 尺, 第 2 脇間 6.9 尺, 端間 6.2 尺, 梁行が正殿中間 9 尺, 脇間 6.9 尺, 端間 6.2 尺, 前殿中間 8.65 尺, 脇間 6.2 尺と推定される。

⑥肇廟の細部意匠に関する調査については、隆徳殿および肇廟のケオ（登梁）木鼻の絵様が「両渦文」タイプに分類され、フエ王宮内建築に多く使用された絵様タイプと考えられた。

⑦国登録文化財白井家住宅の構造調査については、大黒柱に最大加力 20.06KN の水平力を加えた結果、大黒柱は敷居からの高さ 1,800 mm位置で水平方向に 90 mm変位した。

⑧隆徳殿修復のための仮設計画すなわち仮設図（平・立・断面）および仕様をまとめた。

⑨第2次調査は、2006年3月9日から16日まで瓦に関する調査を行った。



写真2 実物大構造実験

を行った。部材調査は基壇上でを行い、調査内容は部材寸法の実測、部材の新旧、刻書、補修必要の有無の確認、含水率の測定などであった。この部材調査によって隆徳殿修理工事における取替材・補修材の材積を求めることができた。

⑤隆徳殿の現状瓦の強度試験を奈良県窯業試験場で行い、強度の強化について検討を行った。

⑥フエ王宮建築の常時微動測定を行い、剛性評価の比較検討を行った。

⑦関連調査として、肇祖廟の実測調査を行い、平面・断面・立面図を作成した。

⑧隆徳殿の復原模型を作製した。



写真3 隆徳殿素屋根

4.2 2006年度の成果

①第3次調査が2006年8月17日から9月1日まで行われ、素屋根および西側部材保存小屋を建設した。また8月21・22日に隆徳殿の北西角から北に6m、西に0.3mの位置で地下17.2mまでボーリングし、地質調査を行った。

②第4次調査が2007年2月26日から3月26日まで行われた。2月27日から3月5日まで素屋根南側に部材保存小屋、その南側に工作所、さらにその南側に工具休憩所がベトナム人によって建設された。工具休憩所の南西側に監理事務所が日本人によって建設された。

③2007年3月6日から18日まで隆徳殿の解体を行った。3月6日にベトナム式の起工式を行い、解体は基壇を残してすべて解体された。解体部材は西側・南側保存小屋に格納された。

④2007年3月19日から3月24日まで部材調査



写真4 隆徳殿の解体および部材調査

4.3 2007年度の成果

①2007年5月～7月に隆徳殿の復原設計を検討し、7月15日～17日にフエ遺跡保存センターと事前の打合せを行った。

②第5次調査が2007年8月16日から9月14日まで行われ、隆徳殿の基壇調査、原寸図の作成、人工木材を使用した柱の修理、ケオ・チェン木鼻の拓本採取、番付および仕口の補充調査を行った。また関連調査として、肇祖廟の補充調査、昭敬殿の基壇調査、王宮内の家具調査を行った。原寸図の作成によって今後の復原修理の基準を設定することができた。また人工木材を使用した部材修理によってこれまで取り替えざるを得なかった部材を再用することが可能になった。この試みは、ヴェトナムの文化財建造物修理において、歴史に残る画期的な出来事であった。



写真5 隆徳殿の原寸図



写真6 隆徳殿の基壇修理

③2008年1月4日から12日まで、臨時調査として、人工木材によるケオの修理を行い、フエ遺跡保存センターと第6次調査の事前打合せを行った。

④第6次調査が2008年2月25日から3月25日まで行われ、隆徳殿の基壇修理、柱・ケオ・頭

貫の修理が行われ、ほぼ修理を完了した。また王宮内にある瓦の焼き窯内部の温度を計測した結果、窯内部の最高温度は960度であることがわかった。今回の基壇修理において、内側礎石の下に、新たに80 cm×80 cm×75 cmの煉瓦積み独立基礎を設置した。これは修理前の礎石が80 cm厚の基壇砂地盤に置かれていた構造的弱点を改良したものである。

以上今年度の修理および調査実績によって、2008年度の隆徳殿の復原組立が可能になった。

4.4 2008年度の成果

①2008年7月17日(木)から23日(水)まで臨時調査を行い、柱・ケオ・頭貫・飛貫の修理の最終確認を行った。その上で、身舎柱および4・5通りの庇柱・ケオを組み立てた。

②第7次調査が2008年8月17日(日)から9月14日(日)まで行われ、隆徳殿において柱・大梁・ケオ・頭貫・飛貫による軸部の組立、母屋桁・母屋受けの修理、部材の修理箇所の確認などが行われた。また関連調査として、土公祠の実測調査、王宮内建物のケオ柱元部の意匠調査、肇祖廟の家具調査などが行われた。この段階で、柱・大梁・ケオ・頭貫・飛貫・母屋受けの組立が完了し、9月12日上棟式を執り行った。

③2008年1月4日(日)から10日(土)まで第2次臨時調査を行い、垂木の修理を行った。これ以前に、母屋桁の取付が完了していた。

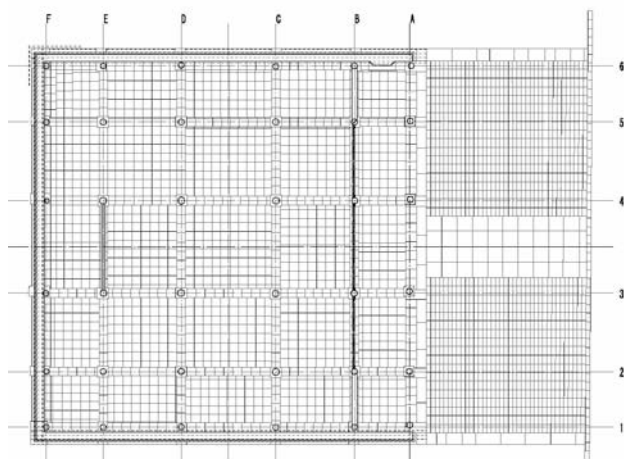
④第8次調査は2009年2月24日(火)から3月24日(火)まで行われ、母屋桁の取付調整、垂木の取付が行われた。垂木の取付は、西側下屋から行われ、その後西側上屋に修理した垂木を取り付けた。配付垂木は、隅木・隅板を取り付けた後に取り付けた。上屋垂木の出は、柱心より424 mm(1越尺)として、垂木鼻先を切り揃え、その上に広木舞を取り付けた。

⑤今回の軸部組立で柱上端平面が、糸巻き形平面であったことがより鮮明になった。また柱の隅伸び・柱の内転びの技法を明らかにした。

⑥垂木の配置を検討した結果、1枝寸法を233.2 mm(0.55越尺)と決定し、垂木の新旧を検討した結果、2回の大きな修理が行われたことが明らかになった。



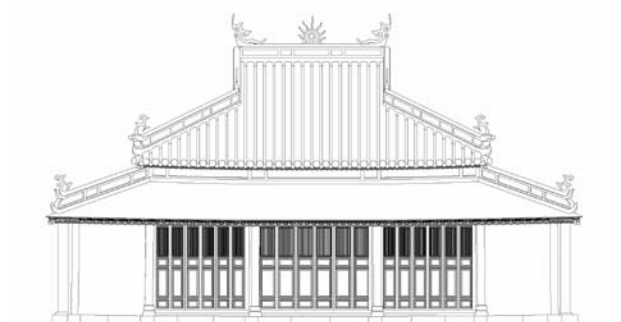
写真7 隆徳殿軒反りの復原



図版3 隆徳殿平面図（竣工）



写真8 柱の伸び・内転び



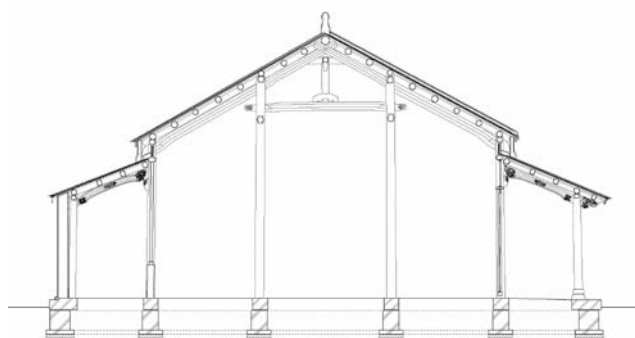
図版4 隆徳殿正面図（竣工）

4.5 2009年度の成果

屋根瓦を葺き、漆喰塗り壁を仕上げた。

4.6 2010年度の成果

正面入り側通りに建具、両端間に壁を復旧した。



図版5 隆徳殿梁行断面図（竣工）



写真9 隆徳殿 竣工写真

5. 研究組織

(1)研究代表者

白井 裕泰 (SHIRAI HIROYASU)

ものづくり大学・技能工芸学部・教授

(2)連携研究者

田中 文男 (TANAKA HUMIO)

創造学園大学・芸術学部・特任教授

小野 泰 (ONO YASUSHI)

ものづくり大学・技能工芸学部・准教授

横山 晋一 (YOKOYAMA SHINICHI)

ものづくり大学・技能工芸学部・准教授

那須 武秀 (NASU TAKEHIDE)

ものづくり大学・技能工芸学部・講師

坂本 功 (SAKAMOTO ISAO)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

藤田 香織 (FUJITA KAORI)

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

六反田 千恵 (ROKUTANDA CHIE)

共栄学園短期大学・住居学科・講師

(3)研究協力者

赤松 明 (ものづくり大学・教授)

佐々木 昌孝 (ものづくり大学・講師)

山口 亜由美 (東京大学・研究生)

(5)研究補助者

慎 鏞宣・栗子 岳大 (ものづくり大学・大学院生), 土賀 清円・久富 雄治・椎名 聡・宮下 恵介・外山 紗江・橋本 俊 (ものづくり大学・学生), 出水 文二 (東京大学・大学院生), 角陸 順香 (首都大学東京・大学院生), 蟹井 香織 (早稲田大学・学生) 高橋 定信・和弘・直弘 (大工)

6. 主な発表論文等

(研究代表者, 連携研究者には下線)

6.1【雑誌論文】 (計2件)

- 1) 白井裕泰・中川武「阮朝フェエ王宮における隆徳殿の建築技法について」日本建築学会計画系論文集, 査読有, No.649, pp.737-744, 2010年
- 2) 白井裕泰・中川武「阮朝フェエ王宮における隆徳殿の寸法計画について」日本建築学会計画系論文集, 査読有, No.643, pp.2101-2106, 2009年

6.2【学会発表】 (計24件)

- 1) 栗子岳大・白井裕泰・中川武「隆徳殿の仕口について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その22)」2010年度日本建築学会大会(北陸), 2010年9月11日, 富山大学

- 2) 白井裕泰・中川武「隆徳殿の当初材について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その21)」2010年度日本建築学会大会(北陸), 2010年9月11日, 富山大学
- 3) 六反田千恵・白井裕泰・中川武「隆徳殿裳階部ケオの彫刻絵様構成について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その20)」2009年度日本建築学会大会(東北), 2009年8月28日, 東北学院大学
- 4) 佐々木昌孝・白井裕泰・中川武「隆徳殿の部材番付について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その19)」2009年度日本建築学会大会(東北), 2009年8月26日, 東北学院大学
- 5) 白井裕泰・中川武「隆徳殿の垂木について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その18)」2009年度日本建築学会大会(東北), 2009年8月26日, 東北学院大学
- 6) 赤松明・橋本俊・白井裕泰・中川武「ヴィエトナムのグエン朝王宮における家具配置」日本デザイン学会第56回春季研究発表大会, 2009年6月27日, 名古屋市立大学
- 7) 小野泰・白井裕泰・中川武「隆徳殿の劣化状況調査—登梁(ケオ)の劣化状況—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その17)」2008年度日本建築学会大会(中国), 2008年9月18日, 広島大学
- 8) 栗子岳大・白井裕泰・中川武「昭敬殿の現状基壇について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その16)」2008年度日本建築学会大会(中国), 2008年9月20日, 広島大学
- 9) シン・ヨンセン・白井裕泰・中川武「隆徳殿の基壇修復について—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その15)」2008年度日本建築学会大会(中国), 2008年9月20日, 広島大学
- 10) 六反田千恵・白井裕泰・中川武「両渦紋型ドゥイ・ケオ彫刻の先端渦紋の分類について 2—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その14)」2008年度日本建築学会大会(中国), 2008年9月20日, 広島大学
- 11) 佐々木昌孝・白井裕泰・中川武「隆徳殿の部材番付について(頭貫・飛貫)—阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画(その13)」2008年度日本建築学会大会(中国), 2008年9月20日, 広島大学
- 12) 白井裕泰・中川武「隆徳殿の原寸図について—

- 阮朝・太廟・隆徳殿の修理計画（その12）」2008年度日本建築学会大会(中国), 2008年09月20日, 広島大学
- 13)赤松明・外山紗江・白井裕泰・中川武「ヴェトナムのグエン朝王宮における家具」日本デザイン学会第55回春季研究発表大会, 2008年6月28日, 広島国際大学
- 14)シン・ヨンセン・白井裕泰・中川武「肇祖廟の柱内転びについて－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その11）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年8月30日, 福岡大学
- 15)山口亜由美・藤田香織・腰原幹雄・坂本功・白井裕泰・中川武「隆徳殿の載荷実験, 模型実験関連－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その10）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年8月30日, 福岡大学
- 16)小野泰・白井裕泰・中川武「ヴェトナム・フエ阮朝宮殿建築の劣化状況調査 隆徳殿の柱の劣化状況について－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その9）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年8月31日, 福岡大学
- 17)六反田千恵・白井裕泰・中川武「両渦紋型ドゥイ・ケオ彫刻の先端絵様分類－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その8）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年8月30日, 福岡大学
- 18)横山晋一・白井裕泰・中川武「隆徳殿修復に関する瓦の考察－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その7）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年8月30日, 福岡大学
- 19)佐々木昌孝・白井裕泰・中川武「隆徳殿の番付について－阮朝・太廟・隆徳殿の修理計画（その6）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年08月30日, 福岡大学
- 20)白井裕泰・中川武「隆徳殿の断面計画について－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その5）」2007年度日本建築学会大会(九州), 2007年08月30日, 福岡大学
- 21)山口亜由美・腰原幹雄・藤田香織・坂元功「ヴェトナム・フエ阮朝宮殿建築の構造性能 接合部の静的加力実験－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その4）」2006年度日本建築学会大会(関東), 2006年9月30日, 神奈川大学
- 22)小野泰「ヴェトナム・フエ阮朝宮殿建築の構造特性 隆徳殿の水平加力実験－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その3）」2006年度日本建築学会大会(関東), 2006年9月31日, 神奈川大学
- 23)六反田千恵「隆徳殿ドゥイ・ケオ彫刻絵様構成について－グエン朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その2）」2006年度日本建築学会大会(関東), 2006年9月30日, 神奈川大学
- 24)白井裕泰「隆徳殿の柱間計画について－阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画（その1）」2006年度日本建築学会大会(関東), 2006年9月30日, 神奈川大学

6.3【図書】（計4件）

- 1)白井裕泰・六反田千恵・佐々木昌孝・赤松明・慎鏞宣・栗子岳大・青木啓太・橋本俊『阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画－2008年度活動報告－』ものづくり大学白井裕泰研究室, 2009年6月, 332pp.
- 2)白井裕泰・小野泰・佐々木昌孝・赤松明・慎鏞宣・栗子岳大・外山沙江『阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画－2007年度活動報告－』ものづくり大学白井裕泰研究室, 2009年3月, 116pp.
- 3)白井裕泰・小野泰・横山晋一・六反田千恵・佐々木昌孝・慎鏞宣『阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画－2006年度活動報告－』ものづくり大学白井裕泰研究室 2008年3月, 118pp.
- 4)白井裕泰・小野泰・横山晋一・六反田千恵・山口亜由美・土賀清円・蟹井千織『阮朝・太廟・隆徳殿の修復計画－2005年度活動報告－』ものづくり大学白井裕泰研究室, 2007年3月, 148pp.

6.4【その他】

ホームページ：ものづくり大学 白井裕泰研究室
<http://www.iot.ac.jp/building/shirai/index.html>

論文 Article

硬化コンクリートの塩化物イオン浸透深さの簡易測定方法に関する研究 —変色境界における塩化物イオン量の検討—

原稿受付 2011年4月5日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 36~41

澤本武博^{*1}, 飛内圭之^{*1}, 後藤正明^{*2}, 地頭菌博^{*3}, 田中久順^{*4}, 佐藤嘉一^{*4}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*2}ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生^{*3}ダイヤリフォーム株式会社^{*4}三菱マテリアル株式会社

A Study on Simple Testing for Measurement of Chloride Ion Penetration Depth of Hardened Concrete — Amount of Chloride Ion at Discolored Boundary —

Takehiro SAWAMOTO^{*1}, Keishi TOBINAI^{*1}, Masaaki GOTO^{*2},
Hiroshi JITOZONO^{*3}, Hisanobu TANAKA^{*4} and Yoshikazu SATO^{*4}^{*1} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*2} Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists^{*3} Diareform Corporation^{*4} Mitsubishi Materials Corporation**Abstract**

We have been developed the simple testing to measure chloride ion penetration depth of concrete by using drilling powder and AgNO₃ solution. When the drilling powder is combined with the AgNO₃ solution, it is necessary that these two things are equal mass to combine. The strong point of this simple method is combination of the AgNO₃ solution spray method for measurement chloride ion penetration depth and the test for neutralization depth with drilling powder (NDIS standard). In this study, we drilled a hole every 10mm depth in the concrete specimen with blade whose diameter is 20mm. As a result when the drilling powder from the concrete surface to core was combined with AgNO₃ solution, two discolored boundary appeared. One was discoloration from light gray to light brown (discolored boundary1). The other was discoloration from light brown to dark brown (discolored boundary2). The discolored boundary1 was clearer than the discolored boundary2. The soluble chloride ion at discolored boundary1 showed about 4kg/m³, and the soluble chloride ion at discolored boundary2 showed about 2kg/m³. The total chloride ion at discolored boundary1 showed about 6kg/m³, and the total chloride ion at discolored boundary2 showed about 3kg/m³.

Key Words : Concrete, Testing, Drilling powder, AgNO₃ solution, Chloride ion, Penetration depth

1. はじめに

硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオン量の測定には、JIS A 1154 および(社)日本コンクリート工学協会の JCI-SC4, JCI-SC5 がある。これらの試験方法は、試料採取が可能な範囲であらゆる箇

所の塩化物イオン濃度の測定ができるという長所がある一方、分析試料の調整や試験方法が煩雑で、試験結果を求めるのにもかなりの時間を必要とするといった短所もある。そのため、飛来塩分によるコンクリート構造物の塩害を調査する場合、容易かつ工学的な意味の明確な塩化物イオン量の測

Table 1 Mix proportions and test results

W/C (%)	Slump (cm)	s/a (%)	Air content (%)	Unit content (kg/m ³)				Test results		
				W	C	S	G	Slump (cm)	Air content (%)	Compressive strength (N/mm ²)
45	8±2.5	42	4.5±1.5	183	407	701	1013	9.5	3.0	39.7
55		44			333	761	1014	10.5	3.1	29.6
65		46			282	815	816	7.5	3.8	23.9

定として、コンクリートの割裂面に 0.1mol/l の硝酸銀溶液を噴霧し、塩化物イオンの濃淡に応じた変色境界によって塩化物イオン浸透深さを判定する方法が提案されている^{1,2)} (以下、硝酸銀噴霧法と称す)。大即らは、塩化物イオン浸透部で硝酸銀により塩化銀を生成し白沈し、未浸透部では水酸化物イオンと反応して酸化銀を生成し褐沈することにより、変色境界の色が相反するとしており、変色境界の示す塩化物イオン量は、可溶性塩化物イオン量でセメント質量当たり 0.15wt%程度であるとしている。

一方、コンクリートの中性化の調査に関しては、コンクリートの割裂面に JIS K 8001 に規定されたフェノールフタレイン溶液を噴霧し、変色境界から中性化深さを判定する方法として JIS A 1152 がある。しかし、この試験方法では、構造物からコアを採取したり、はつったりする必要があるため、さらに簡易な試験方法としてドリル削孔粉を試料として用いる方法が(社)日本非破壊検査協会の NDIS 3419 に制定されている。

そこで、著者らはこれまでに、硝酸銀噴霧法を応用して、ドリル削孔粉と硝酸銀溶液を混合しその変色境界から塩化物イオン浸透深さを測定する簡易な方法(以下、ドリル法と称す)を検討してきた^{3,4,5)}。その結果、ドリル法では変色領域が 3 つ存在し、塩化物イオン量が多い順に、薄い灰色、薄い褐色、褐色となることが明らかとなった。そして、薄い灰色と薄い褐色の変色境界(コンクリート表面からの距離)は、硝酸銀噴霧法の 6 割程度と小さくなり、薄い褐色と褐色の変色境界(コンクリート表面からの距離)は硝酸銀噴霧法と同程度であることを明らかにした。しかし、ドリル法の変色境界における塩化物イオン量を求めるには至っていない。

本研究では、ドリル法における変色境界の塩化

物イオン量をあらかじめ求めておくことで、塩化物イオン浸透深さの簡易測定方法としてのドリル法の有用性を明らかにした。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)を、骨材には鬼怒川産川砂(表乾密度 2.59g/cm³, 粗粒率 2.68, 吸水率 2.33%)および山梨産碎石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.72g/cm³, 粗粒率 6.50, 吸水率 0.66%)を用いた。また、空気量の調整には AE 剤を用いた。コンクリートの配合は表 1 に示した通りであり、水セメント比を 45%, 55%および 65%の 3 種類とした。なお、表 1 に示した圧縮強度は、標準水中養生を行った材齢 28 日における強度である。

2.2 供試体の作製方法および塩水浸漬試験

実験に用いた供試体は、150×150×530mm の角柱であり、材齢 2 日まで封かん養生を行った後、材齢 3 年まで気中養生を行った。なお、φ100×200mm の円柱供試体の圧縮強度は、水セメント比が 45%, 55%および 65%の場合で、それぞれ 39.7N/mm², 29.6N/mm²および 23.9N/mm²であった。また、塩水浸漬試験では、気中養生を終えた供試体を NaCl 濃度 10%の塩水中に 1 ヶ月間浸漬することとした。

2.3 ドリル法の概要^{3,4,5)}

ドリル法では、ドリル径を 20mm としたハンマドリルを用いて、コンクリート表面から 10mm ずつ削孔することとした。まず、表層から 10mm の深さまで削孔して試料を採取し、次に 20mm まで削孔しコンクリート表面から 10mm~20mm の試料を採取するといった手順である。なお、供試体



Fig.1 Drill concrete specimen

の削孔箇所は3箇所とした。図1にドリル削孔の様子を示す。

塩化物イオン浸透深さの判定の際には、ドリル削孔粉および0.1mol/lの硝酸銀溶液をそれぞれ5gずつ量り容器内で混合し、変色の程度を直ちに目視で判定した。水セメント比45%の場合の変色境界を、図2に示す。コンクリート表層付近すなわち表層から10mm、10mm~20mmのドリル削孔粉のように、塩化物イオン量が多い箇所は塩化物イオンと硝酸銀とが反応し塩化銀(AgCl)を生成し白色(粉碎されたコンクリートの色も混じる影響で薄い灰色に見える)に、また供試体の中心部すなわち表層から30mm~40mm、40mm~50mmのように塩分の未浸透部を削孔した場合は、水酸化イオンと硝酸銀が反応し酸化銀(Ag₂O)を生成し褐色に変化する。そして、ドリル削孔粉を試料として用いると、塩化物イオン浸透部と未浸透部の2つの領域が混合して採取される可能性があるため、表層から20mm~30mmのように薄い褐色となる領域もある。

2.4 ドリル法の変色境界における塩化物イオン量の測定

塩化物イオン量の測定のために、2.3と同様の手順で試料を採取した。そして、それぞれの採取箇所における可溶性塩化物イオン量および全塩化物イオン量をJCI-SC4によって求めた。なお、

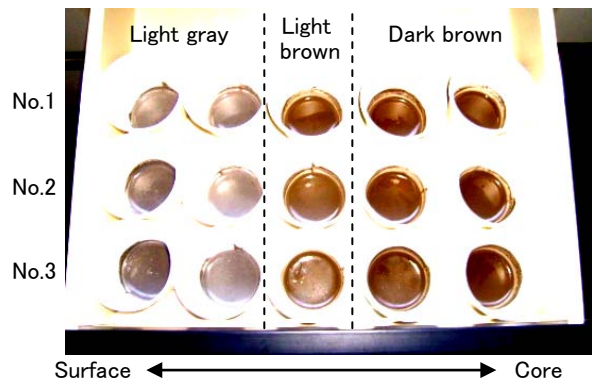


Fig.2 Discolored boundary by using drilling powder

JCI-SC4では試料が40gと規定されているが、今回の実験では1回の削孔による試料(約5g)に含まれている塩化物イオン量を求めることを目的としているため、可溶性塩化物イオンを求める場合には3~4g、全塩化物イオン量を求める場合には1gの試料とした。また、試料の量が少ないため、ろ過においては、ろ紙5種Bではなく0.45μmのメンブランフィルターを使用し、分取できる限りの量を分取した。試料が少ないことによる試験結果への影響については、ほとんどないことを事前に確認している。

3. 実験結果および考察

3.1 ドリル法の変色境界における可溶性塩化物イオン量

コンクリート表面からの距離と可溶性塩化物イオン量の関係は、図3に示す通りである。今回の実験では、水セメント比が45%および55%の場合に、薄い灰色となる領域がコンクリート表面から20mmまで、薄い褐色となる領域が20mm~30mm、褐色となる領域が30mm~50mmとほぼ同じ領域に判定された。一方、水セメント比が65%になると、その領域がコンクリート内部に10mmシフトした。

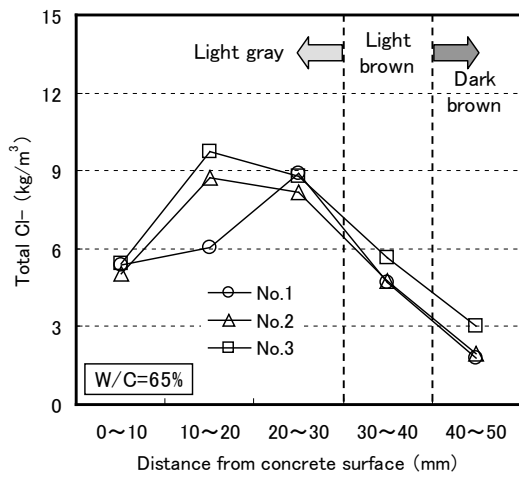
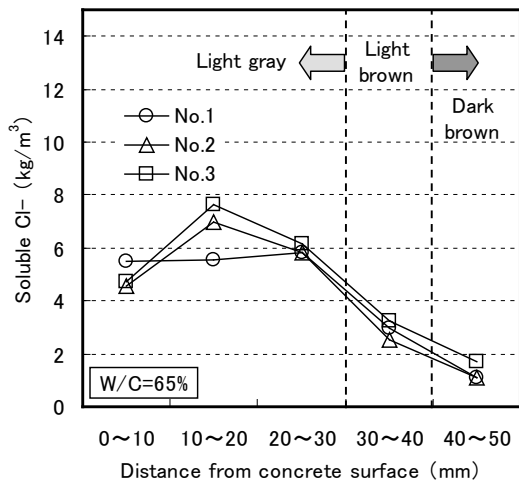
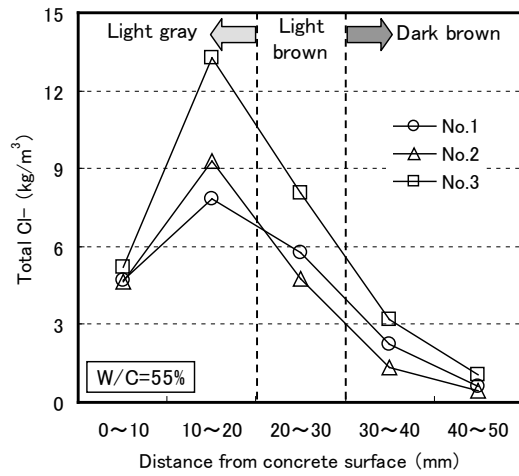
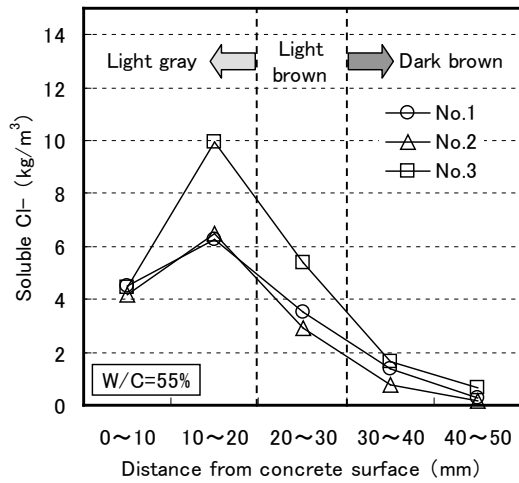
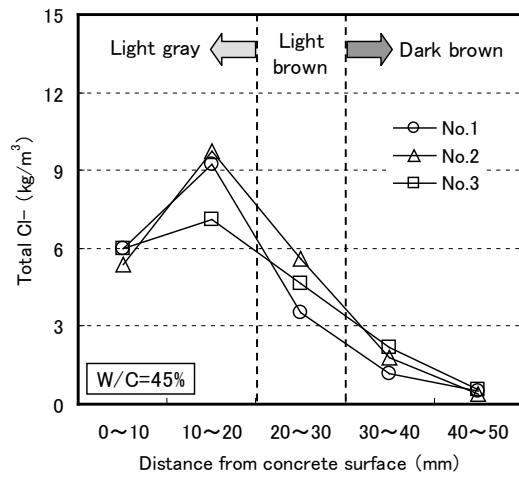
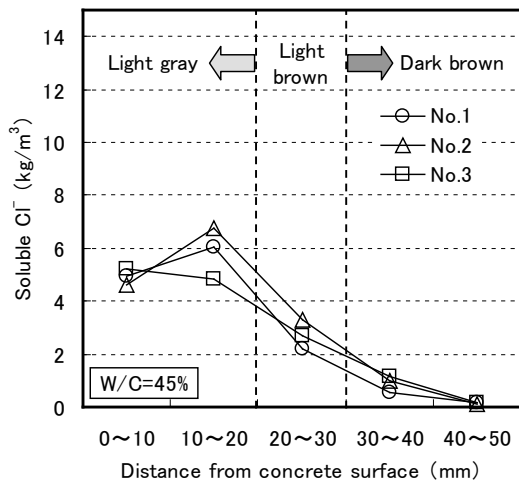


Fig.3 Relation between distance from concrete surface and soluble Cl⁻

Fig.4 Relation between distance from concrete surface and total Cl⁻

表層部のように塩化物イオン量が多く含まれる薄い灰色となる領域の可溶性塩化物イオン量は、概ね 4 kg/m³以上となった。また、薄い褐色となる領域は、水セメント比 55%の3箇所目の削孔の1つを除き概ね 2~4 kg/m³となった。これらのこ

とより、ドリル法において、10mm ずつ削孔しながら試料と硝酸銀溶液を混合することによる色の変化を確認していく際に、薄い灰色から薄い褐色に変わるところが最も変色境界として判定しやすく、その境界は可溶性塩化物イオン量が 4 kg/m³

を下回ったときに現れると考えられる。

硝酸銀噴霧法による境界と同程度に判定されるドリル法の褐色となる領域における可溶性塩化物イオン量は、概ね 2 kg/m^3 未満となった。大即ら

究⁶⁾に照らし合わせるとかなりの確率で鉄筋が腐食する塩化物イオン量を含んでいると考えられる。また、褐色となる領域では、全塩化物イオン量が概ね 3 kg/m^3 未満となった。

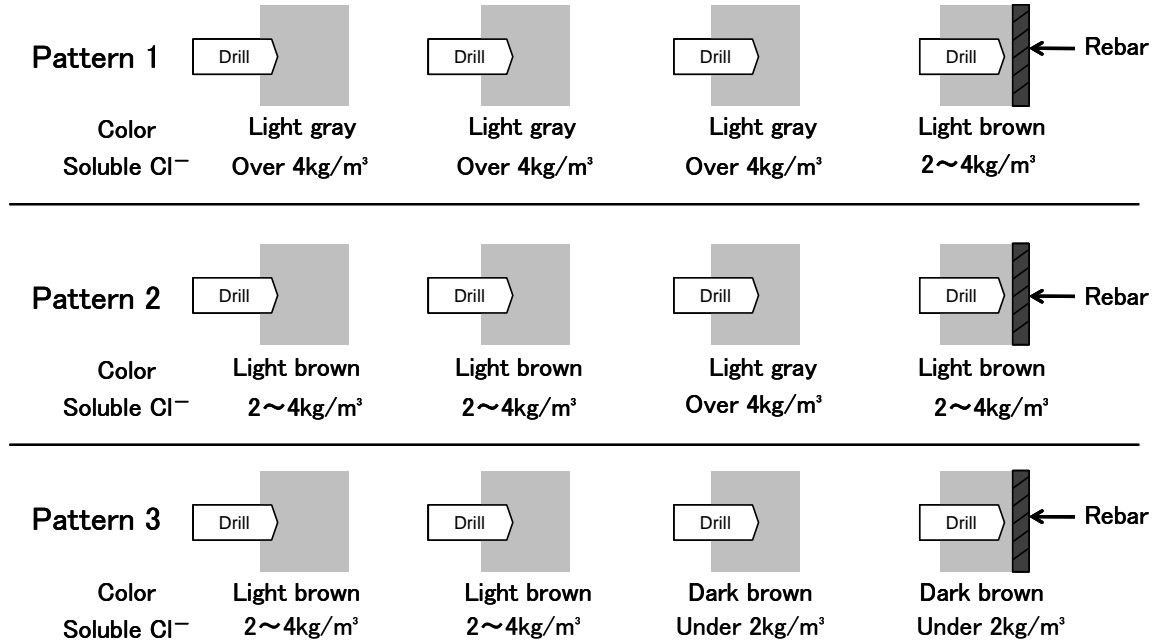


Fig.5 Pattern of simple testing to measure chloride ion penetration depth of concrete by using drilling powder and AgNO_3 solution

は硝酸銀噴霧法の変色境界の可溶性塩化物イオン量は $0.4 \sim 0.75 \text{ kg/m}^3$ と示しており^{1,2)}、今回の実験の方がやや多めになった。

また、それぞれの供試体の3箇所を削孔した結果から、可溶性塩化物イオン量のばらつきは小さく、削孔箇所は3箇所です十分であると考えられる。

3.2 ドリル法の変色境界における全塩化物イオン量

コンクリート表面からの距離と全塩化物イオン量の関係は、図4に示す通りである。塩化物イオン量が多く含まれる薄い灰色となる領域の可溶性塩化物イオン量は、概ね 6 kg/m^3 以上となった。薄い褐色となる領域の全塩化物イオン量は概ね $3 \sim 6 \text{ kg/m}^3$ であるが、これはコンクリート表面から 10 mm の間での全塩化物イオン量とも近い値を示した。このことは、ドリル法は全塩化物イオン量よりも、可溶性塩化物イオン量との相関性が良いことを示していると考えられる。しかし、今回のドリル法の実験では、薄い灰色から薄い褐色になるところは、全塩化物イオン量が概ね $3 \sim 6 \text{ kg/m}^3$ が境目になると考えられ、森本らの発錆限界の研

3.3 ドリル法の現場での適用

ドリル法を現場で適用する場合には、図5に示した例で、鉄筋の腐食の可能性を判断するとよいと考えられる。パターン1は、コンクリート表面から順次薄い灰色を示し、コンクリート内部に埋め込まれている鉄筋付近で薄い褐色に変化した場合で、鉄筋が腐食する可能性がある。また、パターン2は、コンクリート表面で薄い褐色を示したが、その後の削孔で薄い灰色に変化する場合である。これは、コンクリート表層部の中性化による塩化物イオンの内部への濃縮現象によるもので、コンクリート構造物の中性化が進行している場合に見受けられると考えられる。すなわち、1回目の削孔で薄い灰色に変色しなくても、中性化による塩化物イオンの内部への濃縮を考慮して、削孔を続け、鉄筋の腐食の可能性を判断する必要がある。一方、パターン3のように、薄い灰色を示す箇所がなく、鉄筋付近でも褐色を示す場合には、鉄筋が腐食する可能性は低いと考えられる。

4. まとめ

- (1) ドリル法による変色境界における可溶性塩化物イオン量を調べた結果、薄い灰色となる領域は概ね 4kg/m^3 以上、薄い褐色となる領域は概ね $2\text{kg/m}^3 \sim 4\text{kg/m}^3$ 、褐色となる領域は概ね 2kg/m^3 未満であった。
- (2) ドリル法による変色境界における全塩化物イオン量を調べた結果、薄い灰色となる領域は概ね 6kg/m^3 以上、薄い褐色となる領域は概ね $3\text{kg/m}^3 \sim 6\text{kg/m}^3$ 、褐色となる領域は概ね 3kg/m^3 未満であった。
- (3) ドリル法による変色境界の塩化物イオン量は、全塩化物イオン量より可溶性塩化物イオン量との相関性が良いと考えられる。
- (4) ドリル法において、10mm ずつ削孔しながら試料と硝酸銀溶液を混合することによる色の変化を確認していく際には、薄い灰色から薄い褐色に変わるところが最も変色境界として判定しやすく、かなりの確率で鉄筋が腐食する境界と考えられる。
- (5) ドリル法は、コンクリート構造物の塩化物イオンの浸透状態を把握する試験の中でかなり簡易な方法であるため、構造物のモニタリングにも適用できると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、三菱マテリアル株式会社の鳴瀬

浩康氏、井上敏克氏、ならびに澤本研究室の大学院生、卒業生に多大なご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

文 献

- 1) 大即信明：硝酸銀噴霧法によるセメント硬化体の塩化物イオンの意味，東京工業大学土木工学科研究報告，No.42，pp.11-18，1990.12
- 2) Nobuaki Otsuki, Shigeyoshi Nagataki, Kenji Nakashita: Evaluation of AgNO_3 Solution Spray Method for Measurement of Chloride Penetration into Hardened Cementitious Matrix Materials, ACI Material Journal / November-December, Title no.89-M64, pp.587-592, 1992
- 3) 藤原翼，澤本武博，舌間孝一郎，湯浅昇，笠井芳夫：ドリル削孔粉を用いたコンクリートの塩分浸透深さの簡易測定方法に関する研究，(社)日本非破壊検査協会，シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集(Vol.3)，pp.313-318，2009.8
- 4) 藤原翼，澤本武博，舌間孝一郎，地頭菌博，湯浅昇，笠井芳夫：ドリル削孔粉を用いた塩分浸透深さの簡易測定に及ぼすドリルの影響，(社)日本非破壊検査協会，平成 22 年度春季講演大会講演概要集，pp.129-132，2010.5
- 5) 澤本武博，藤原翼，湯浅昇，笠井芳夫：ドリル削孔粉と硝酸銀溶液を混合することによるコンクリートの塩分浸透深さの簡易測定方法に関する研究，(社)セメント協会，セメント・コンクリート論文集，No.64，pp.196-202，2011.2
- 6) 森本登志也，小堀光憲，高木兼士：塩分を含んだコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究，(社)日本コンクリート工学協会，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.9，No.1，pp.351-355，1987

論文 Article

ひび割れにエポキシ樹脂を注入したコンクリートの
圧縮強度および引張強度特性に関する研究

原稿受付 2011年4月5日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 42~47

後藤正明^{*1}, 土田祥彬^{*1}, 澤本武博^{*2}, 地頭菌博^{*3}^{*1}ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3}ダイヤリフォーム株式会社A Study on Compressive and Tensile Strength of Concrete
Repaired Crack by Injecting Epoxy ResinsMasaaki GOTO^{*1}, Yoshiaki TSUCHIDA^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*2} and Hiroshi JITOZONO^{*3}^{*1} Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*3} DIAREFORM Co. Ltd.

Abstract

In general, concrete is repaired with injecting repair materials when the concrete crack is 0.2mm or more. The flexural strength of concrete which includes the concrete crack repaired with injection has been tested to confirm the effect until now. However the axial strength has been hardly tested. In this study, the compressive and the tensile strength of concrete which repaired crack by injecting epoxy resins were investigated. As a result, the compressive strength of concrete repaired crack whose width was from 0.2mm to 1.0mm was higher than non-defective concrete up to nominal strength 40. Furthermore, the tensile strength was more effective than compressive strength by injecting epoxy resins into the crack when concrete strength was not very high. In case of nominal strength 24, the tensile strength of specimen which repaired crack increased about 20% compared with the non-defective concrete specimen. In case of nominal strength 60, the compressive and tensile strength of concrete which repaired crack was the same as that of the non-defective concrete. The method using the cylindrical specimens ($\phi 100\text{mm}$ by 200mm) with controlled crack width can be more effective to examine the axial strength.

Key Words : Concrete, Repair, Epoxy resins, Injection, Crack, Strength, Elastic modulus of elasticity

5. はじめに

コンクリートに発生したひび割れの補修方法には、微細なひび割れを補修するひび割れ被覆工法、主として幅 0.2mm を超えるひび割れに、有機系または無機系の補修材料を注入する注入工法、0.5mm 以上の比較的大きなひび割れや、動きのあるひび割れに対する充填工法が代表的であり、そ

の中で最も多く採用されている補修工法は注入工法である^{1,2)}。

一般的に使用されている補修材料として、無機系では、セメント系およびポリマーセメント系の材料を使用し、有機系では、エポキシ樹脂やアクリル樹脂などの材料が使用されているが、最も多く採用されている材料はエポキシ樹脂である。既往の研究より、無機系補修材料と比較して、エポ

Table 1 Row materials of concrete

Cement	Ordinary portland cement (Density : 3.16g/cm ³)
Fine aggregate	Sand (Density under saturated surface-dry condition : 2.61g/cm ³ , Fineness modules : 2.75)
Coarse aggregate	Crushed stone (Maximum size of coarse aggregate : 20mm, Density under saturated surface-dry condition : 2.64g/cm ³ , Percentage of solid volume : 59.0%) Crushed lime stone (Maximum size of coarse aggregate : 20mm, Density under saturated surface-dry condition : 2.70g/cm ³ , Percentage of solid volume : 60.0%)
Chemical admixture	Water-reducing and air-entraining admixture High-range water-reducing and air-entraining admixture

Table 3 Number of test pieces

Nominal strength	Crack width (mm)	Number of test pieces	
		Compressive strength	Tensile strength
24	Base	12	12
	0.2	12	12
	0.4	12	-
	1.0	12	
40	Base	12	12
	0.2	12	12
	0.4	12	12
	1.0	12	12
60	Base	12	12
	0.2	12	12
	0.4	12	-
	1.0	12	
Total		144	96

Table 2 Mix proportions and test results

Nominal strength	W/C (%)	s/a (%)	Slump or slump flow (cm)	Air content (%)	Unit content (kg/m ³)					Test result		
					W	C	S	G	Ad	Slump or slump flow (cm)	Air content (%)	Compressive strength at 28 days (N/mm ²)
24	58.5	48.5	18±2.5	4.5±1.5	181	310	856	919 ^{*1}	3.720 ^{*3}	18.5	3.0	29.7
40	42.0	46.1			170	405	791	935 ^{*1}	3.645 ^{*4}	17.5	4.5	61.3
60	31.0	48.4	60±10		170	549	773	851 ^{*2}	7.686 ^{*4}	52.5	4.8	78.3

*1 : Crushed stone

*2 : Chushed lime stone

*3 : Water-reducing and air-entraining admixture

*4 : High-range water-reducing and air-entraining admixture

キシ樹脂の方が、補修効果が高いと言われているが、その効果の研究は曲げ強度試験によって行われるのが一般的であり、圧縮強度のような軸力についての検討や、引張強度について実験を行った例はほとんどない。

本研究では、コンクリートの強度およびひび割れ幅を変化させた試験体に対して、自動式低圧エポキシ樹脂注入工法（以下、低圧工法と略記）で補修した場合の圧縮強度、割裂引張強度および静弾性係数について検討を行った。

6. 実験概要

6.1 コンクリートの配合および試験水準

使用した材料を表 1 に示す。セメントは普通ポ

ルトランドセメントを使用し、細骨材には栃木県栃木市尻内町産陸砂を、粗骨材には栃木県栃木市尻内町産砕石、呼び強度 60 の場合には栃木県佐野市会沢町産石灰岩砕石を用いた。また化学混和剤には、AE 減水剤および高性能 AE 減水剤を用いた。

コンクリートの配合、フレッシュ性状および材齢 28 日における標準養生供試体の圧縮強度を表 2 に示す。

今回の実験では、呼び強度が 24, 40 および 60（以下、SL24, SL40, SL60 と略記）のレディーミクストコンクリートを用いて作製した供試体に、ひび割れ幅が 0.2, 0.4, 1.0mm となるような模擬ひび割れを作製し、その後ひび割れ箇所にエポキシ樹脂を低圧注入して補修した。試験水準および

作製した試験体の本数は表 3 に示すように、各水準それぞれ 12 本ずつ試験体を作製した。なお、割裂引張強度試験では、SL40 の場合のみ、0.2、0.4、1.0mm のひび割れ幅の試験体を作製した。また、比較用にひび割れ補修した試験体と同一養生のひび割れのない試験体（以下、ベースと略記）も作製した。

6.2 試験体の作製方法

6.2.1 供試体の作製および養生方法 供試体は、各配合とも $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱とし、材齢 7 日で脱型後、材齢 28 日まで、温度 20°C 、相対湿度 60% の環境下で気中養生を行った。供試体の作製方法は JIS A 1132 に準じて行った。なお、本研究では、模擬ひび割れを作製する前のもを供試体、補修したものを試験体（ベースも含む）と呼ぶこととした。

6.2.2 供試体の割裂 模擬ひび割れを作製するため、図 1 に示すように、圧縮試験機の加圧板に三角エッジを取り付けて加圧し、加圧箇所以外の部分に荷重が分散しないように配慮して供試体を割裂した。

6.2.3 模擬ひび割れ試験体の作製方法 割裂した供試体を、結束バンドを用いて所定のひび割れ幅となるように締め付けた。締め付け位置は、上端、下端より 30mm ほど離れた位置とした。結束バンドの締め付け位置のみ、予めシーリングを施しておき、クラックスケールで確認しながら所定のひび割れ幅になるように締め付けた。次に、注入器具を上端面に取り付け、残りのひび割れ箇所はすべてシール材でシーリングを施した。作製時の状況を図 2 に示す。

6.2.4 エポキシ樹脂の注入方法 エポキシ樹脂の注入には、グリスポンプを使用した。使用したエポキシ樹脂は、JIS A 6024 (2008) 「建築補修用注入エポキシ樹脂」に適合した硬質形で低粘度形の一般用を用いた。注入は予め計算しておいた注入量を目安に、注入器具が白く変色するまで注入を行った。作業時の状況を図 3 に示す。

6.2.5 エポキシ樹脂注入後の作業方法 エポキシ樹脂注入後 7 日経過した後、注入器具、シール材、結束バンドを取り外し、試験体上面および下面の研磨を行った。そして、圧縮強度および



Fig. 1 Method of splitting specimens



Fig. 2 Control of crack width and preparation of injecting epoxy resins



Fig. 3 Injection of epoxy resins into concrete cracks



Fig. 4 Compressive strength test

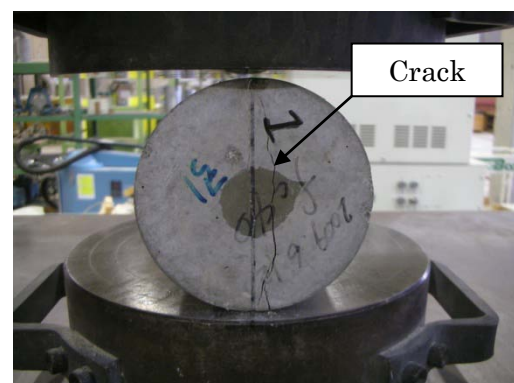


Fig. 5 Splitting tensile strength test

割裂引張強度試験を行う材齢 3 ヶ月まで、試験室内に保管した。

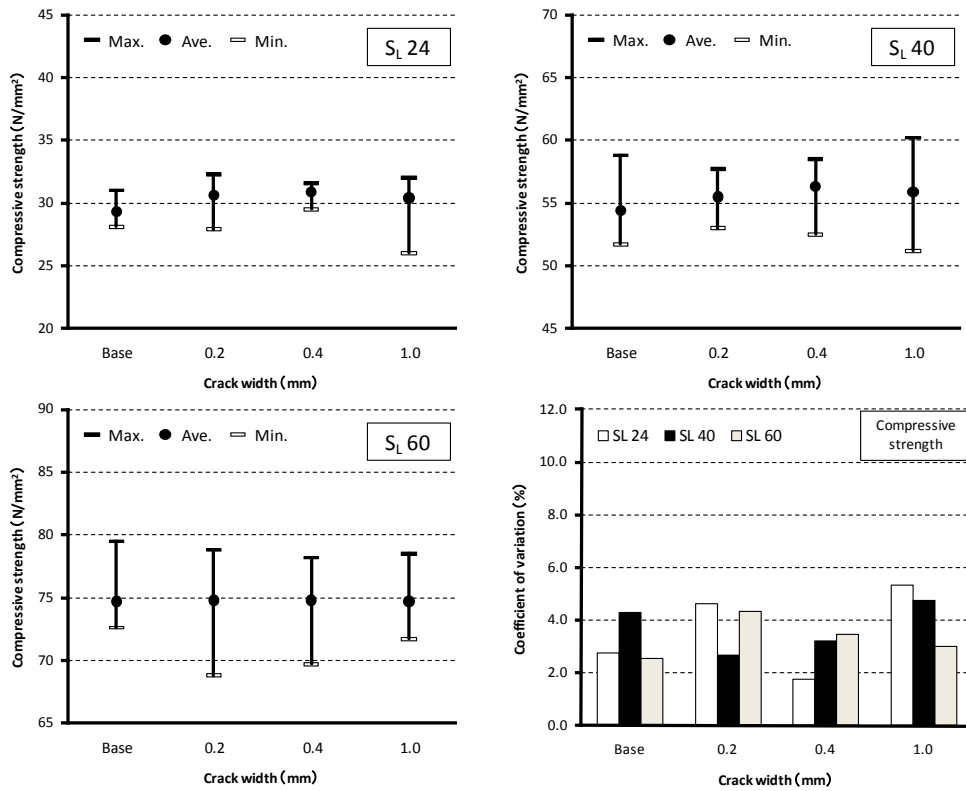


Fig. 6 Effect of crack width on compressive strength of concrete repaired crack

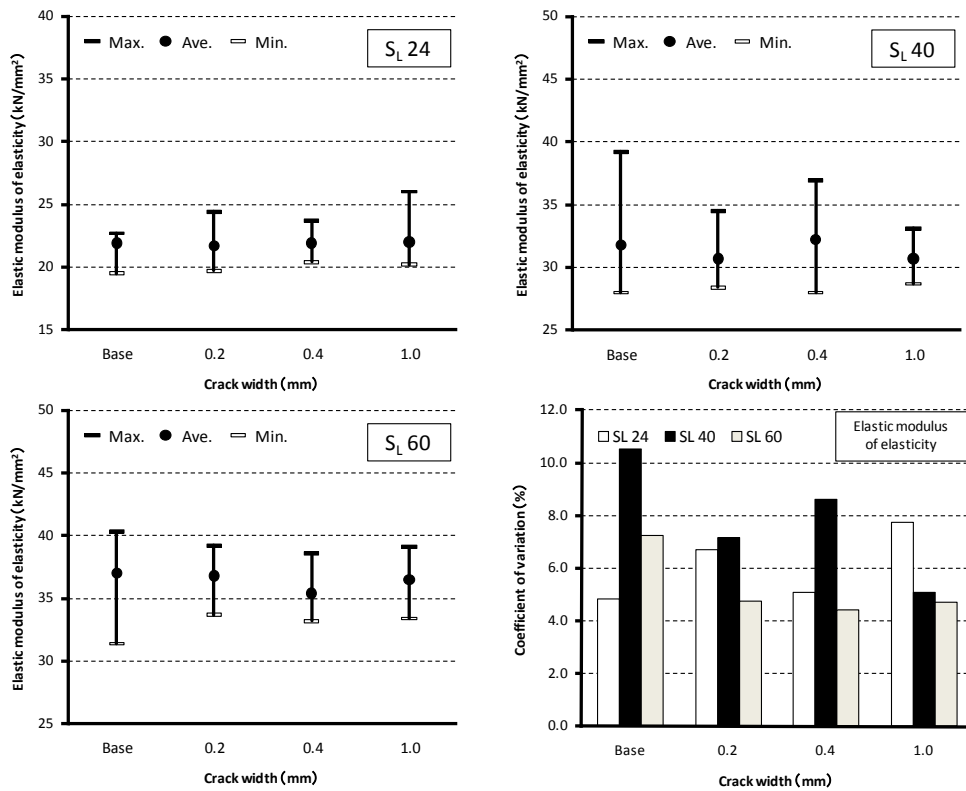


Fig. 7 Effect of crack width on elastic modulus of elasticity of concrete repaired crack

6.2.6 圧縮強度および静弾性係数試験 試験体の圧縮強度および静弾性係数試験は、それぞれ

れ JIS A 1108 および JIS A 1149 に準じて行った。試験時の状況を図 4 に示す。

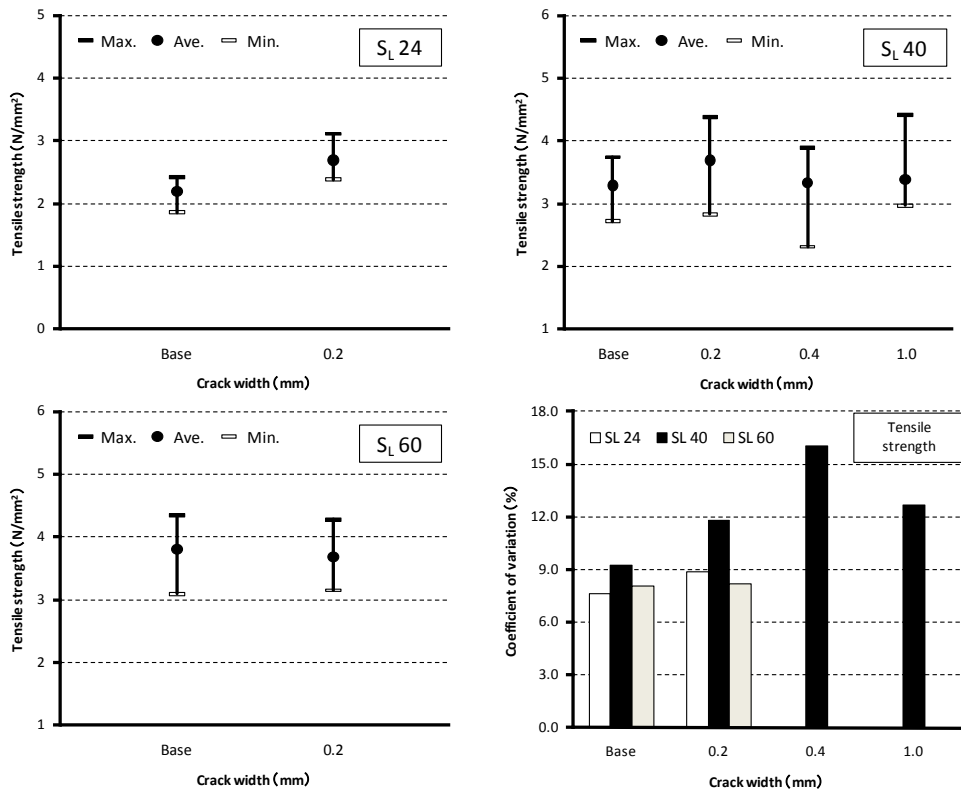


Fig. 8 Effect of crack width on splitting tensile strength of concrete repaired crack

6.2.7 割裂引張強度試験 割裂引張強度試験は、図5に示すように、ひび割れ補修を行った箇所に荷重を載荷し、試験方法はJIS A 1113に準じた。

7. 実験結果および考察

7.1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図6に示す。補修後の試験体の圧縮強度の平均値は、SL24およびSL40の場合、ベースよりも高い強度を示し、エポキシ樹脂による若干の強度増加が見受けられた。SL60のように、75N/mm²程度の強度レベルでもベースと同程度の強度を示した。これは、エポキシ樹脂がセメントペーストよりも強度が大きいこと、低圧工法によってひび割れ界面の微細なひび割れまでエポキシ樹脂が充填され、ひび割れ部が強固となったことが原因と考えられる。最大値・最小値の差は、呼び強度が高くなるほど、また、ひび割れ幅が広くなるほど増大する傾向にあった。変動係数も、ひび割れ幅が広くなるほど大きくなる傾向が認められるものの、概ね5%未満であった。

7.2 静弾性係数試験結果

静弾性係数試験結果を図7に示す。静弾性係数の平均値は、呼び強度、またひび割れ幅に関係なくベースとほぼ同程度であった。SL24およびSL40において、ひび割れ部を低圧工法で補修することによって圧縮強度は大きくなったが、静弾性係数はベースと同程度となった。これは、静弾性係数がコンクリートの弾性範囲内で測定するため、エポキシ樹脂の補修効果が弾性範囲を超えてから現れ始めるためと考えられる。最大値・最小値の差も、平均値と同様にベースと同程度であった。変動係数に関しては、ひび割れ幅の変化による増加は見受けられなかった。

7.3 割裂引張強度試験結果

割裂引張強度試験結果を図8に示す。SL24の場合、0.2mmのひび割れを低圧工法で補修することによって、20%程度割裂引張強度が増加した。SL40の場合、補修した試験体の割裂引張強度の平均値は、ベースよりも高い強度を示したが、最大値・最小値の範囲は、ひび割れ幅が大きくなるほど若干広く、また変動係数も大きくなる傾向にあった。SL60の場合は、ひび割れ幅が0.2mmのみではあ

るが、割裂引張強度の平均値はベースと同程度であった。これらのことは、エポキシ樹脂を用いてひび割れを低圧工法で補修することによって、ひび割れ周辺部の脆弱部にもエポキシ樹脂が充填されることによって、ベースと同程度以上の強度が得られたものと思われる。また、その傾向は強度レベルが低い方が顕著であった。

8. まとめ

模擬ひび割れを作製し、低圧工法で補修した試験体の圧縮強度、割裂引張強度および静弾性係数を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 圧縮強度の平均値は、ひび割れ幅 0.2~1.0mm の範囲において、SL24 および SL40 ではベースよりも高い強度を示し、SL60 では同程度の強度となった。
- (2) 圧縮強度の最大値・最小値の差は、強度レベルが高くなるほど、またひび割れ幅が大きくなるほど大きくなったが、変動係数は概ね 5% 未満であった。
- (3) 静弾性係数の平均値は、強度レベル、ひび割れ幅に関係なく、ほぼそれぞれのベースと同程度の値となった。

- (4) 割裂引張強度の平均値は、SL24 では補修後の方がベースよりも高い強度を示したが、SL40 および SL60 では同程度の強度となった。
- (5) 今回実験を行ったように、 $\phi 100 \times 200 \text{mm}$ の円柱供試体を一度割裂し、模擬ひび割れを作製した試験体を用いることで、補修材料や補修工法の簡易な評価方法として適用できる可能性が示された。

謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の織茂剛氏、萱沼了氏、荒井優志氏、上村佑介氏、西謙一氏より多大な御協力を頂きました。ここに記して深謝いたします。

文 献

- 1) 瀬野康弘, 魚本健人: ひび割れ注入補修における注入性状に及ぼす要因に関する実験的検討, コンクリート工学論文集, Vol.19, No.1, (2008) pp.11-19
- 2) 日本コンクリート工学協会: コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針-2009-, (2009) pp.126-129
- 3) 森泰彦: コンクリート補修材料への液状アクリルオリゴマーの応用, 東亜合成研究年報, (2), (1999) pp.56-59

論文 Article

シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用による コンクリートの表面改質に関する研究

原稿受付 2011年4月5日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 48~53

大塚秀三^{*1}, 八木修^{*2}, 鈴木和参^{*2}, 上船慎也^{*3}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*2}株式会社 エム&エムトレーディング^{*3}綜警ビルサービス株式会社(ものづくり大学技能工芸学部建設学科 卒業生)

Improvement in Concrete Surface Durability Using Both Silane and Silane-siloxane Layers.

Shuzo OTSUKA^{*1}, Osamu YAGI^{*2}, Kazumi SUZUKI^{*2} and Shinya UEFUNE^{*3}^{*1} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*2} M&M Trading Inc.^{*3} Sokei Building Service Co., Ltd.(Graduate, Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists)

Abstract

In order to improve in concrete surface durability with retaining its low gloss, two types of silane penetrant (silane 1 and silane 2), one type of silane-siloxane surface coating material and the standard commercial penetrant were examined. The silane penetrants having different reaction speeds were individually coated on the concrete surface. The silane 1 deeply penetrated than the silane 2. However, the silane 2 which reacts faster than the silane 1 showed the excellent properties of preventing water permeability, carbonation and chloride-ion penetration. This is supposed that it generated steadier and thicker siloxane-bond network in the inner side of the pores of the treated concrete than the other. Treatment with both silane and silane-siloxane layers showed much better properties than a single treatment of them. The combination of the silane 2 and silane-siloxane layers gave the best durability to the concrete surface among the surface treatment materials. The gloss measurement showed that the specimens coated with the silanes had low glosses as same as the untreated one. On the other hand, the specimens with the silane-siloxane resulted having high glosses because of its own large gloss.

Key Words : Surface Durability, Silane, Silane-siloxane, Penetrant

1. 研究の背景および目的

表面処理材は、吸水防止材としてコンクリート表層部分に吸水防止層を形成する機能を有している。このような表面処理材は、含浸を主眼とする(以下、含浸材とする)シラン系と表面塗布を主眼とする(以下、表面塗布材とする)シラン・シロキサン系に分けられる¹⁾。これらは、土木構造物を

中心として塗工されることが一般化しつつある。しかしながら、含浸材および表面塗布材には、Table 1 に示すようにそれぞれ一長一短があるため、それぞれを単体で使用した場合には長期に渡る表面保護性能の持続性については不明な点が残される。また、種々の含浸材の併用は検討²⁾されているが、含浸材と表面塗布材の併用についての検討は見当たらない。

そこで、本研究では、両者の欠点を相互に補完

Table 1 Characteristics of typical surface treatment materials

Type	Compound	Characteristic
Penetrant	Silane	Low molecule weight without a catalyst. Good penetrating ability. Possibility to be extracted from the treated concrete by water before its hydrolysis and poly-condensation.
Surface coating material	Siloxane	High molecule weight with a catalyst in order to generate a polymer on the concrete surface. The polymer has an ability to prevent from penetrating of gaseous materials and water. The polymer possibly suffers from its shrinkage and mechanical damage to result generating some cracks.

Table 2 Characteristics of treatment materials.

Material	Compound	Concentration %	Catalyst	Characteristic
Penetrant 1	Silane	100	No	Repellency: strong Reaction speed: not so fast
Penetrant 2	Silane	100	No	Repellency: not so strong Reaction speed: fast
Surface coating material	Silane-Siloxane	18	Yes	Generating a polymer on the surface by a catalyst
Typical commercial Penetrant*	Silane	15	No	—

* Data were presumed from the catalogue and the MSDS sheet.

Table 3 Specimens and combination of treatment materials

Specimen	Penetrant*		Surface coating material	
	Compound	Concentration %	Compound	Concentration %
A	Silane 1	15	—	—
B	Silane 1	100	—	—
C	Silane 2	30	—	—
D	Silane 2	100	—	—
E	Silane 1	15	Silane-siloxane	18
F	Silane 1	100	Silane-siloxane	18
G	Silane 2	30	Silane-siloxane	18
H	Silane 2	100	Silane-siloxane	18
I	—	—	Silane-siloxane	18
J	Typical commercial Penetrant	15	—	—
Untreated	—	—	—	—

* Silane 1 and silane 2 mean penetrant 1 and penetrant 2, individually, in Table 2.

する目的で、シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用によるコンクリート表面特性の改質を行い、その表面保護性能について検討した。

ここでは、JSCE-K571-2004³⁾に基づく表面保護性能の評価に加え、光沢度へ及ぼす影響について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

実験に使用した原料液材の種類と性質を Table 2, 使用した表面処理材および供試体名を Table 3, コンクリートの使用材料を Table 4, コンクリートの調合を Table 5, 試験項目を Table 6 にそれぞれ示す。

供試体は、Table 4 および Table 5 に基づき作成

Table 4 Materials used in concrete

Material	Symbol	Substance	Specification
Cement	C	Ordinary portland cement	Density: 3.16 g/cm ³ Specific surface area : 3.280 cm ² /g
Water	W	City Water	—
Coarse aggregate	G	Crushed stone	Air-dry density: 2.70 g/cm ³ F. M.: 6.64 Water-absorption rate: 0.63%
Fine aggregate	S	Pit sand	Air-dry density: 2.61 g/cm ³ F. M.: 2.75 Water-absorption rate: 2.30%
Chemical admixture	Ad	High-range air-entraining and water-reducing admixture	Polycarbonate
		air-entraining and water-reducing admixture	Lignin sulfonate and oxycarbonate

Table 5 Mix proportion of concrete

W/C %	s/a %	Bulk volume of coarse aggregate per unit volume of concrete m ³ /m ³	Unit content kg/m ³				Ad/C %	Air %	Slump, Slump flow cm
			W	C	S	G			
30	46	0.55	170	567	728	863	1.1	3.6	21.5
50	51			340	914		0.9	3.7	22.0
60	53			283	960		1.4	3.6	55.0

Table 6 Testing items and standards

Testing item	Testing standard
Appearance evaluation	JSCE-K571-2004
Penetrating depth	
Water permeability	
Water absorption	
Carbonation depth	
Chloride-ion penetration	
Gloss	Glossmeter (Type CM-508)

したコンクリートを用いて、JSCE-K571-2004³⁾に従って作成し、それぞれ所定の前養生が終了した後に Table 3 に示す表面処理材を塗工した。含浸材または表面塗布材のみを塗工した場合(供試体 A~D, I, J)は、一度塗りとした。含浸材と表面塗布材を併用した場合(供試体 E~H)には、先行して含浸材を塗布し、表面が乾燥した後に表面塗布材を塗布した。なお、各液材の塗工量は、250g/m²とした。また、コンクリートの水セメント比は、W/C=30%、50%および60%の3水準とした。

3. 結果および考察

表面処理材ごとの光沢度を Fig. 1, 含浸深さを Fig. 2, 吸水率を Fig. 3, 吸水比を Fig. 4, 透水量を Fig. 5, 透水比を Fig. 6, 中性化深さを Fig. 7, 中性化深さ比を Fig. 8, 塩化物イオン浸透深さを Fig. 9, 塩化物イオンの浸透深さ比を Fig. 10 にそれぞれ示す。

3.1 光沢度

光沢度は、含浸材のみ（供試体 A～D）では無塗布とほぼ同等であった（Fig. 1）。一方、表面塗布材のみ（供試体 I）では光沢度が高くなり、それを反映して、含浸材と表面塗布材を併用した場合（供試体 E～H）でも同様に高くなった。すなわち、表面塗布材は表面に塗膜を作るため、光沢度が高くなることが分かった。

3.2 含浸深さ

含浸深さは、シラン1の方がシラン2より大きくなった（Fig. 2）。これは、シラン1の方がシラン2よりもやや反応性が低いため、細孔内部のセメント水和物との反応性が低く、その分大きく含浸したと思われる。シラン1は濃度差により浸透深さに差が出たが、シラン2は濃度差による浸透深さの差はほとんどなかった。これは、シラン自身の反応性の差によるものと思われる。すなわち、反応性の低いシラン1は長時間に渡り少しずつ内部に浸透するため、濃度差が影響したのに対し、反応性の高いシラン2は早い段階でセメント水和物と反応したため、濃度差による違いが少なかったものと思われる。

コンクリート細孔内部表面は、多量の水（反応水）が存在し強いアルカリ状態であるため、内部に含浸したシランはただちに加水分解し、内部表面に固定化される。更にその上にシランが積層し、シロキサン結合（ $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$ ）の網目構造を生成・成長させる。その際、内部表面より遠ざかるにつれ、反応水とアルカリ触媒の影響が小さくなる。したがって、そのような状態でシランが加水分解及び縮・重合反応を行い、しっかりした網目構造を生成・成長させるには、シラン自身の反応速度が大きく影響する。

反応速度の速いシラン2の場合、無希釈（供試体 D）とそれの30%液含浸供試体（供試体 C）を比較すると、3倍以上の濃度差があるにも関わらず、含浸深さはどの水セメント比においてもほぼ同じとなった。これは、反応速度の速いシラン2どうしが、細孔内部表面より比較的遠い場所でも、十分に加水分解及び縮・重合反応を行い網目構造が積み重ねられたため、3倍以上の濃度差にも関わらず、含浸深さがほぼ同じになったものと思わ

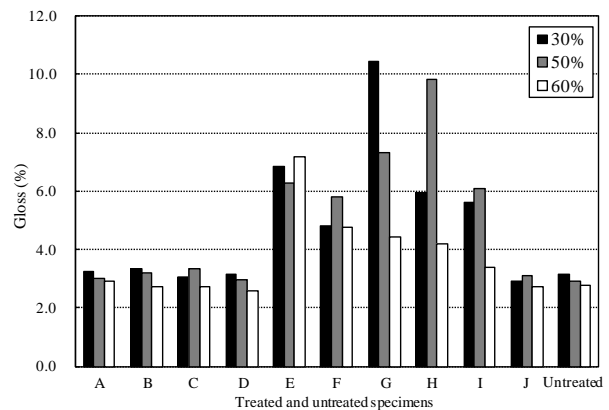


Fig. 1 Gloss measurement of each specimen

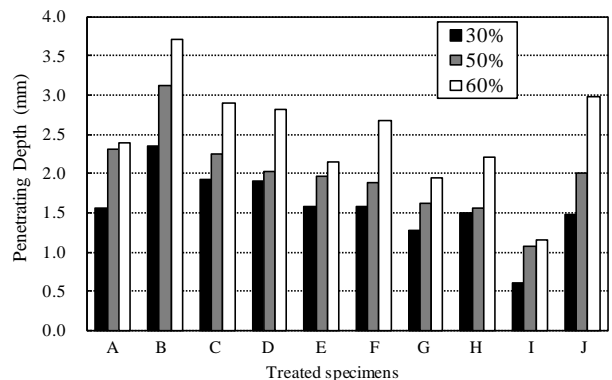


Fig. 2 Penetrating depth of each specimen

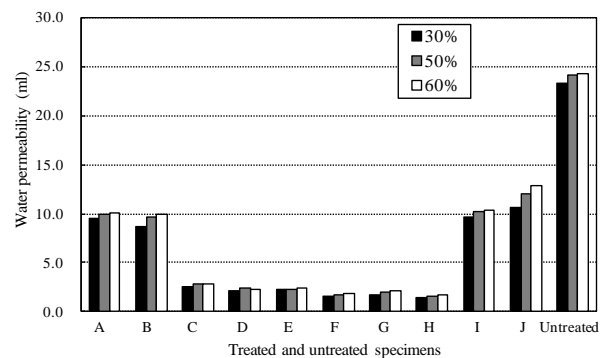


Fig. 3 Water permeability of each specimen

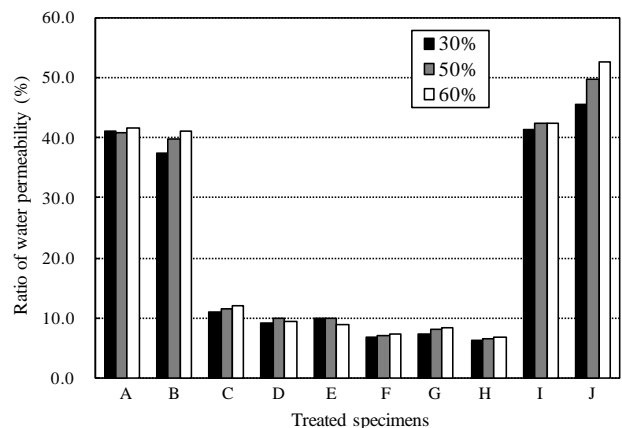


Fig. 4 Ratio of water permeability of treated specimens to untreated one

れる。

一方、無希釈どうしで比較すると、反応速度の遅いシラン 1 (供試体 B)の方が反応速度の速いシラン 2 (供試体 D)よりも含浸深さが大きくなっている。これは、反応速度の遅いシラン 1の方が網目構造の積層する速度が遅いため、十分に積層されないまま更に先へと含浸したものと思われる。

このように、網目構造の積層速度の違いが、以降の各種測定に大きな影響を与えることになる。

シラン系含浸材と表面塗布材を併用処理した場合 (供試体 E~H)，含浸深さは処理前の含浸材のみの場合と比較して、全体的に小さかった。これは、使用した表面塗布材に含まれている触媒の影響と思われる。すなわち、後で塗布された触媒が、先に塗布された含浸材層へ浸透し、含浸材の硬化を早めたものと推測できる。

また、水セメント比での比較では、その比が高い方が大きく含浸している。これは、その比が高い方がコンクリートの空隙がより大きいため、より大きく含浸したと思われる。

3.3 透水量および透水比

透水量および透水比は、含浸材のみの場合、シラン 1 (供試体 A~B) とシラン 2 (供試体 C~D) では大きな差が確認された (Fig. 3, 4)。なお、透水比とは、無塗布の供試体に対する比を表す。これは、コンクリートの細孔内部において反応し難い、すなわち十分にシロキサン結合の網目構造が発達していないシラン 1が、水圧による影響で変形・移動しやすくなるため透水量が大きくなったものと思われる。一方、シラン 2では細孔表面と反応している部分が多く、かつ、十分に網目構造が発達しているため、水圧による変形・移動が阻害され、その結果、透水量が小さくなったものと思われる。

反応性の低いシラン 1は、供試体 A と供試体 B では約 7 倍の濃度差があるにも関わらず、透水量はほぼ同じになった。すなわち、供試体 B では含浸したシラン 1の内その 6/7 は、透水といういわば動的耐水性に対しては、ほとんど効果が無かったと言える。

併用型供試体 E~H では、透水量が著しく小さ

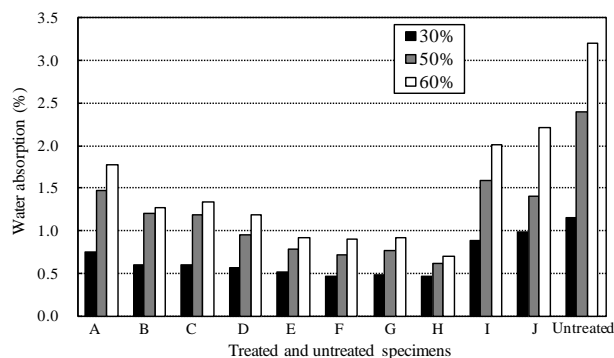


Fig. 5 Water absorption of each specimen

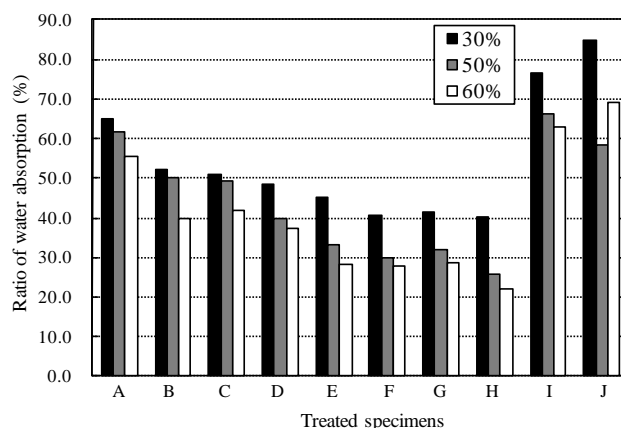


Fig. 6 Ratio of water absorption of treated specimens to untreated one

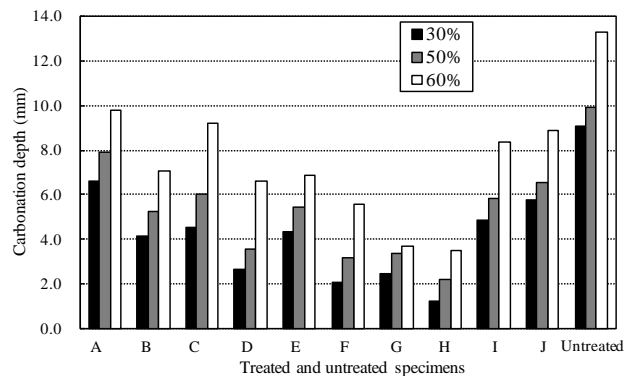


Fig. 7 Carbonation depth of each specimen

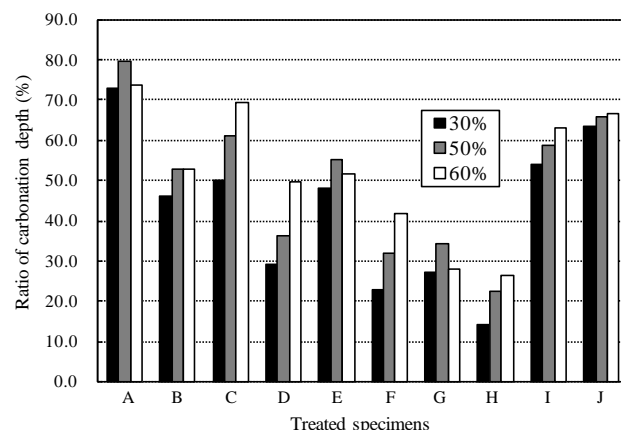


Fig. 8 Ratio of carbonation depth of treated specimens to untreated one

くなった。水圧の影響が表面塗布材の部分で低減されたため、含浸材の種類にかかわらず、透水量が抑制されたものと思われる。また、水セメント比での違いはほとんど無かった。

以上より、含浸材と表面塗布材の併用は、特に透水量の低減に大きな効果があるといえる。

3.4 吸水率および吸水比

シラン1の方が撥水性が高く、かつ含浸深さが大きいのが、吸水率はシラン2の方がやや小さい傾向となった (Fig. 5)。この理由もシランの反応性に基づくものと思われる。吸水率測定は、透水量測定ほど水圧がかからないため、含浸されたシランのセメント水和物との反応性及び、網目構造の影響は少ないためと考えられる。そのため、透水量測定ほど大きな差が現れなかったものと思われる。

含浸材と表面塗布材を併用した場合には (供試体 E~H) 吸水率が著しく小さくなった。これは、含浸材と表面塗布材という異質の性質のものを積層しているため、その界面での水の浸透に対する抵抗性が生じたものと思われる。

水セメント比が大きい程、供試体の吸水率は大きくなるが、一方、吸水比は小さくなる (Fig. 6)。なお、吸水比とは、無塗布の供試体に対する比を表す。このことより、水セメント比の大きいコンクリート程、その使用効果が高いことが分かった。

3.5 中性化深さおよび中性化深さ比

中性化試験は、吸水量や透水量と異なり、ガス状の炭酸ガスの浸透に関するため、含浸材のコンクリート細孔内部での反応性の影響は受けないものと推測していた。しかし、含浸材のみの比較 (供試体 A~D) でも、シラン2の方がシラン1よりも中性化深さが小さかった (Fig. 7, 8)。なお、中性化深さ比とは、無塗布の供試体に対する比を表す。

この理由に関しても、シラン2の反応性を挙げることができる。すなわち、シラン2は細孔内部での反応性が高く、そのため十分な網目構造が生成・成長し、炭酸ガスの透過を阻害したものと思われる。一方、シラン1はそのような十分な網目構造を作り難いため、不完全な網目構造の隙間を通り、より多くの炭酸ガスが透過したものと思わ

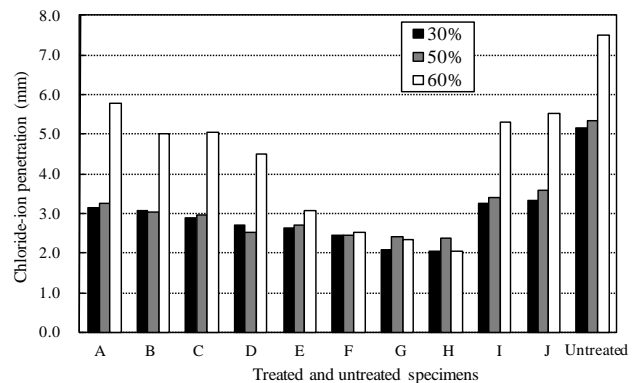


Fig. 9 Chloride-ion penetration of each specimen

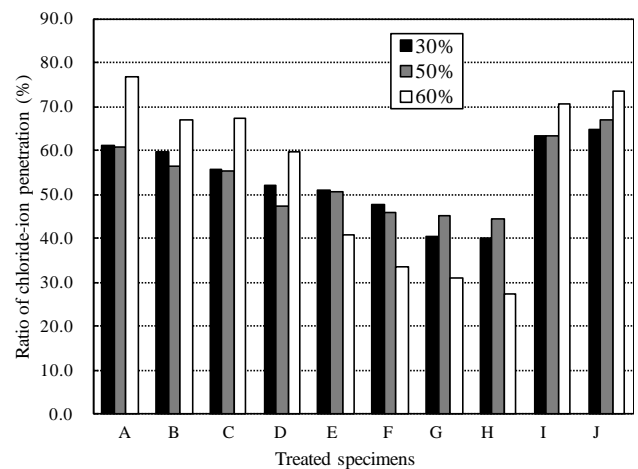


Fig. 10 Ratio of chloride-ion penetration of treated specimens to untreated one

れる。

一方、含浸材と表面塗布材を併用すると (供試体 E~H)、吸水率と同様に、中性化深さが大幅に小さくなった。これは、含浸材と表面塗布材という異質の性質のものを積層しているため、界面での炭酸ガスの浸透に対する抵抗性が生じたものと思われる。

以上より、含浸材と表面塗布材の併用により、コンクリート表面の耐水性および中性化抵抗性を大幅に改善させることができ、コンクリート表面特性の改善に有効であることが確認できた。

3.6 塩化物イオン浸透深さおよび塩化物イオン浸透深さ比

含浸材のみの比較 (供試体 A~D) では、シラン2の方がシラン1よりも塩化物イオン浸透深さが小さかった (Fig. 9, 10)。なお、塩化物イオン浸透深さ比とは、無塗布の供試体に対する比を表す。

この理由に関しても、シラン2の反応性を挙げ

ることができる。すなわち、シラン2は細孔内部のセメント水和物とより反応し、かつ、その部分で網目構造が十分に発達しているため、塩化物イオンの透過を阻害したものと思われる。一方、シラン1は網目構造の発達が不十分なため、より多くの塩化物イオンが透過したものと思われる。

含浸材と表面塗布材を併用すると（供試体 E～H）、吸水率と同様に、塩化物イオン浸透深さが大幅に小さくなった。特に水セメント比が60%の場合、大きな低減効果が認められた。これは、含浸材と表面塗布材という異質の性質のものを積層しているため、界面での塩化物イオンの浸透に対する抵抗性が生じたものと思われる。

以上より、含浸材と表面塗布材の併用により、コンクリート表面の耐水性および塩化物イオンの浸透抵抗性を大幅に改善させることができ、コンクリート表面特性の改善に有効であることが確認できた。

4. 結論

本研究では、シラン系含浸材およびシラン・シロキサン系表面塗布材を併用した場合のコンクリート表面特性の改質について検討した。以下に、その表面保護性能についてまとめる。

- (1) 含浸材を使用する場合、単に含浸深さよりも、その反応性の方がより大きく影響する。

- (2) シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用により、市販されているシラン系製品（供試体 J）と比較しても、コンクリート表面の耐水性、中性化抵抗性および塩化物イオンの浸透抵抗性を著しく改善させることができ、コンクリート表面特性の改善に有効であることが確認できた。

今後、屋外暴露による長期耐久性の確認に加え、シラン系含浸材の溶脱現象や、コンクリート内部での網目構造の積層状態について検討していく所存である。

謝辞

実験に際して、ものづくり大学および日本大学の学生諸君より助力を得た。ここに、謝意を表す。

文 献

- 1) 土木学会：コンクリートの表面被覆および表面改質技術研究小委員会報告，pp.4-8，2006
- 2) 例えば，小池正俊ほか：種々の発水系材料を含浸したコンクリートの発水性評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No1，pp.1615-1620，2005
- 3) 土木学会：表面保護工法設計施工指針(案)，表面含浸材の試験方法(案)，pp.55-67，2005.4

Article

Repair in English and Japanese Disagreement Discourse: Communication Pattern and Second Language Acquisition

Manuscript received April 4, 2011

The Bulletin of Institute of Technologists, No. 2 (2011) 54~59

Kaori DOI

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract

This study attempts to investigate communication patterns in disagreement discourse in English and Japanese daily conversation, focusing on “repair” in conversational interaction. The study analyses both English and Japanese daily conversation data in which disagreement occurs and considers the conversational style that speakers use when they find some disagreeable elements or mistakes in co-participant’s utterances. This study reveals that the differences in communication patterns are affected by how people frame the world and use language from the perspective of cultural values and politeness. The study will also explore which conversation style and communication patterns speakers employ when they are speaking their second language. The study will consider how speakers’ use of the different patterns correlates to their level of ability in their non-native language.

Key Words : Repair, communication pattern, second language acquisition, conversation analysis

1. Introduction

“Human language” is closely related to its user. My previous studies have investigated conversation structure in its cultural and social context. My approach assumes that speech cannot be understood fully without careful attention to the situation its users exist in, the groups they belong to and the world view that frames their thoughts. My previous investigations of conversation structure have shown that differences exist between English and Japanese communication patterns and at the level of human cognition that is embodied in the way language is used.

Furthermore, by observing how people use communication patterns when they speak their first and second language, these analyses have demonstrated that speakers acquire additional communication patterns

gradually according to their level of second language acquisition.

When people learn a second language, they have to acquire not only grammar but also pragmatic competence and the different cultural values that accompany that language. How do people acquire their additional language? Which elements do people acquire first and which elements do people have difficulty in learning?

Building on the results of my previous studies, this study will attempt to investigate communication patterns in disagreement discourse in English and Japanese daily conversation, focusing on “repair” in conversation. The study analyses both English and Japanese daily conversation data in which disagreement occurs and considers the conversational style that speakers use when

they find some disagreeable elements or mistakes in co-participant's utterances. Who corrects mistakes? ¹⁾ Where do speakers correct them? How do speakers express disagreement towards what co-participants said in previous utterance in conversational interaction? And what kind of conversational sequence continues after these corrections happen?

<Research Question 1>

Do speakers use the same strategies in both English and Japanese conversations in which disagreement occurs?

<Research Question 2>

Do speakers use their own communication patterns or use second language patterns when they speak their second language?

This study will reveal that the difference of communication patterns is affected by how people frame the world and use language from the perspective of cultural values and politeness. The study will also explore which conversation style and communication patterns speakers employ when they are speaking their second language. This will be done by analysing the conversations of speakers at different stages of acquisition of their second language and comparing their speaking style with native speakers. The study will also consider how speakers' use of the different patterns correlates to their level of ability in their non-native language.

2. Methodology

2.1 Conversation Data

The data in this study consists of naturally-occurring interactions, videotaped and transcribed, in which pairs talk about given topics freely. Speakers talk about some topics in both English and Japanese. These conversation data were collected in the United States and in Japan. Speakers are:

- (1) Japanese native speakers

These are divided into three levels, according to the level of their second language (English) acquisition, using TOEIC scores. These levels are: (i) elementary (under 500), (ii) intermediate (500-750) and (iii) advanced (750+).

- (2) English native speakers who live in Japan and the United States and have experience of studying Japanese: and English native speakers from America, Britain, Canada and New Zealand who live in Japan. They are divided into three groups, according to the level of their second language acquisition (around 3-5 speakers at each level). The levels are: (i) elementary level, (ii) intermediate level, and (iii) advanced level.

Conversations in pairs are video-recorded and transcribed in detail. Video is utilized in this study as it captures important elements of conversation such as facial expressions, attitude, behaviour and gestures made by the participants, all of which are effective and supportive when analysing verbal interaction.

2.2 Repair in conversation

Speakers correct themselves when they find mistakes in what they just said²⁾. Correction is commonly understood to refer to the replacement of an "error" or "mistake" by what is correct. Shegloff, Jefferson and Sacks (1977)³⁾ use the term "repair" to refer to these corrections, including other various kinds of strategies.

A "repair" is a kind of correction and Shegloff, Jefferson and Sacks (1977) divided this concept into "self repair" and "other repair", which is judged by who corrects who. They further divided repairs into Self-initiated repair and Other-initiated repair according to who initiates them.

<Repair Type>

- (i) X-Y-Y type

Utterance (speaker A)

↓

Correction (speaker B)

↓

Acceptance of correction (speaker A)

A: They are going to drive back Wednesday

B: Tomorrow.

A: Tomorrow. Right.

(ii) X-Y- X type

Utterance

↓

Correction

↓

Rejection of correction

A: That was a gas leak.

B: It was an oil leak.

A: It was a gas leak.

3. Analyses

In observing the conversational interaction, differences of communication patterns in English and Japanese conversation in which disagreement occurs are observed.

3.1 English Data

Example 1

(What do you like to do in your holiday?)

< A= Alissa D= Dan >

1A: Which is easy?

2D: Right.

3A: Who's Dong? Oh, Dong the organizer.

→ 4D: Dong's the tennis guy. (Other-repair)

As shown in this example, D corrects what the prior speaker A said in line 4. This is Other-initiated other repair. As Shegloff, Jefferson and Sacks (1977) note, other initiated repairs are positioned successively (they occupy adjacent turns). This kind of repair is basic type and is also observed in the Japanese data.

Example 2

< A= Alissa D= Dan >

1A: Are you going to do both the Saturday and also the ...

2D: I think my plan is to try and do ... play on the Tuesday night and then if

3D: I can't make Tuesday do the practice on the Monday night.

4A: Practice on Monday nights?

5D: yep.

6A: How come you never did that?

7D: I did do that all summer.

→ 8A: No, I mean last summer, though. (other-initiated Other repair)

→ 9D: I wasn't on the team.

→ (silence occurs)

→ 10 A: No, I'm talking about the citizens' schools team.(Other-initiated Other repair)

→ 11 D: The citizens' school team's not a team.

12 A: Right, but that's Tuesday nights,

→ 13 D: That's Tuesday nights.

14 A: so Monday night is the Saturday practice.

→ 15 D: Yes.

→ 16 A: Okay. I wasn't clear that.

17 D: Yeah. And so, so sometimes I'll go to the Monday practice which will work much better.

18 A: Singles.

In this example, A and D are talking about what D likes to do on holidays (he likes playing tennis). A thinks that D does not understand what A is talking about and A does not agree with D says, so, A is trying to solve the situation by using "repair" as is clear in line 8. D rejects A's repair in line 9. Then, silence occurs after line 9, which can mean that A disagrees with D's reply to her and nothing was solved by her repair. A expresses "repair" again in line 10, but the sequence is repeated in line 11 in which D once more rejects A's repair.

Next, in line 13 and 15, D now accepts A's repair.

These sequences continue until A and D accept the content of what they are talking about completely and

troubles and all problems in utterances are resolved between them. A completely agrees with D in line 16.

3.2 Japanese Data

Next, we will consider the Japanese data.

Example 3 (What do you like to do?)

(K = Kohei T = Tsukasa)

1T: あ、そうだ、特技だ。趣味は何にしたの、あ、そっちね、ポスターカード集めです。

(Oh, by the way, what did you put down for your hobby? Oh, I put it down as a poster cards collection.)

→ **2K**: ポストカード集め。 (Collection of postcards)

3T: ポスターカード集めで、これは中学2年生くらいのときに、

(I began to collect them around a second year of junior high school.)

4K: うん。 (I see.)

5T: 塾の友達が、あの1枚すごく、つかさの、この、目線と似てるような目線の、

(A friend of mine at prep school found and gave me a poster card which is very close to my taste.)

6K: うん。 (Oh, I see.)

7T: あのポスターカードを見つけて、わたしポスターカード好きだったの、くれたところから、

(I used to like them.)

8T: こうポスターカード見るようになって、それから、あの、旅行に行ったときも、

9T: 必ずポスターカードって置いてあるの。

(But since then, every time I travel I look for poster cards at souvenir stores.)

10S: あるね。 (Yes, they do have them.)

11T: 地域の、置いてあって、

(It differs from place to place)

→ **12K**: ポスターカード? ポストカード? どっち?

(You mean poster card or post card?)

→ **13T**: ポストカードかな。

(I think it's a post card.)

14K: ポストカード。 (Post card.)

15T: 150円くらいで売ってる、

(They are sold at around 150 yen respectively.)

In this example, speaker T uses an incorrect word. She mistakenly uses “poster card” instead of “post card”. The word “post card” is the correct one. Speaker K is trying to make her realize it by using “repair” in line 2. However, speaker T does not change her mistake (or she does not seem to realize her mistake) in line 3. Maybe she does not realize her choice of mistaken word. Speaker K does not dare to deny her mistake again in line 4, though he knows she is still not correct. Then, she continues to use the mistaken word “poster card” in lines 7 to 9, after which speaker K tries to make her understand which word is correct “poster card” or “post card” by using repair again in line 12. This is delayed repair

Speaker T now understands and expresses her understanding of which is correct in line 13, but she uses the Japanese word “kana” (which translates as modal verb “may” in English). She uses the expression “I think it's a ‘post card.’” not the expression “it is ‘post card’”. As shown in this sequence in the Japanese data, acceptance or rejection do not occur successively, that is to say, they do not occur immediately after repair occurs.

Unlike the English disagreement discourse in example 2 in which speakers immediately try to solve the problem in their conversation and make the meaning clear and avoid uncertainty of content so that the conversation can progress, in the Japanese counterpart, speakers can delay their trouble-shooting sequence. That is to say, conversation can progress in Japanese without a complete solution as to the trouble in their conversation.

K is trying to talk cooperatively by not expressing direct denial. That is to say, considering the phase of politeness, speakers can express politeness by not using a direct denial expression in Japanese conversation. In English, it may be polite when speakers positively correct mistakes and make them clear.

3.3 Communication Pattern of Second Language

Next, this study considers which conversation style and communication patterns speakers employ when they are speaking their second language. Do they (1) use their own language communication patterns or (2) use second language patterns? Are differences observed in conversation in accordance with second language acquisition level?

At an elementary level, speakers tend to use mostly self-repairs when they speak their second language.

< Example 4 > Tim and Harry

H: うん…うん…私は、全然、スキーしたことがない。でも、したくない。ちょっと、怖そうな(笑) こと…

(Un, unn...nn..., I have not skied before.

But I do not want to do it because it seems a little bit scared...(laugh)...))

T: 私は、あ～あ～、日本語で、あ～

日本語が勉強します。あ～勉強して、したいです。(を)

(I want to ... want to ... in Japanese, uhm... Japanese study ...Urm...I study.. would like to study Japanese.)

In example 4, the speaker is using the postpositional particle “ga” (the nominative case), where he should have used “wo” (the objective case). He self-repairs it. These repairs are also observed in Japanese speakers. At an elementary level, other-initiated repairs seldom occur in disagreement discourse.

<Example 5>

(Graham and Robert)

G: で、投票があったんですね。それはあの～自由で、あの～、投票、投票したんです。

(You know, there was an election.

Uhm, it was urm... a free election.)

R: ah.

G: で、で、それでたぶん... (and..and it maybe...)

R: 全部、全部のレストランと？

(All... At all restaurants?)

G: そう。そう全部のレストランとバーが、禁煙になっていない。

(Yep. Not every restaurant is for no-smoking.)

R: 別の部屋があれば？

(If we have designated smoking rooms...)

G: それはあのなかったことにしたいですね。で、例えばプライベートクラブ、

(I think they will be ignored.

And, for example, private clubs.)

R: aha

G: で、あの～、たばこを吸うことができるというアイデアもあったんですね。

(There was an idea that people can smoke at designated areas.)

1R: パブリック。

(public.)

→2G: パブリックじゃなくてプライベート

(Not public but private club.)

→3R: プライベート。

(private)

4 G: クラブ。 でも、そ、それは、それでも、

5 G: あのそういうクラブでももう禁煙になった。

(Club, but, th..they...even at those clubs smoking was banned.)

→6R: もう禁煙になる。

(Smoking will be banned (at all clubs).)

→7G: なります...そう。(Will be... Yeah.)

8R: aha

9G: そうですね。(Right.)

10R: 吸いたい人はどこで吸う？

(Where do smokers go to smoke?)

Speakers are advanced level speakers but who have little difficulty in communicating in Japanese. In example 5, speaker G corrects (in line 2 (2G)) what speaker R said and R accepts in line 3.

As seen in examples in which they use English, speakers correct mistakes and immediately solve the problem caused by their mistakes. We can say that they also employ their English speaking pattern in using

Japanese.

Next, when Japanese speakers use English, elementary level speakers use mostly self corrections and use other-initiated repair only when they correct simple word-level mistakes. They do not correct the contents of conversation. In the same way, Japanese speakers employ their Japanese communication patterns in which an uncertain sequence can continue when they use English as seen in Example 6 (line 9).

<Example 6>

(Japanese speakers are talking about overseas trip in English)

1S: In Chile? Australia and Chile?

2T: Or Chile.

→3S: Or Chile, OK.

4T: Machu Picchu, I want to see.

5S: Why Machu Picchu?

6T: String...string thing.

7S: String thing?

8T: To be continued.

→9S: OK, OK, next time.

4. Conclusion

This study demonstrated that

(1) As seen in examples in which disagreements occur, we can understand that there exist differences between English and Japanese conversation in how to solve misunderstandings or disagreements. In other words, they use different communication styles.

In English conversation, speakers try to solve problems by explaining what is correct and what they really wanted to say. On the other hand, in Japanese conversation, speakers talk cooperatively, show empathy and consider harmony in conversation to be important. Japanese speakers show that they care primarily for the relation with the other participant in a conversation. How to use repair

and how to express politeness is different between English and Japanese.

Disagreement and indication of others' mistakes or uncertainty are usually considered as dispreferred turn sequences.⁴⁾ This study indicated that how speakers use strategies to express politeness is very different between English and Japanese conversation: and what is preferred in interaction is also different between these two languages.

(2) As proficiency level rises, other initiated repairs are observed. Acquisition of pragmatic competence such as communication patterns is difficult to acquire, as shown in examples in which speakers still employ their own styles when they use their second language.

Transcription

... or ... indicates pause (the number of dots shows pause length)

~ indicates prolongation or stretching of the sound

References

- 1) Drew P.: 'Open' Class Repair Initiators in Response to Sequential Sources of Troubles in Conversation, *Journal of Pragmatics*, 28 (1997) 69 - 101.
- 2) Jefferson G.: On Exposed and Embedded Correction in Conversation, In Button G. and J.R.E. Lee (eds.) *Talk and Social Organization*, Cleavedon/ Philadelphia: Multilingual Matters (1983) 86 - 100
- 3) Shegloff E. A, Jefferson G. and Sacks H.: The Preference for Self-Correction in the Organization of Repair in Conversation, *Language*, 53, 2 (1977) 361 - 382
- 4) Pomerantz A.: Agreeing and Disagreeing with Assessment: Some Features of Preferred / Dispreferred Turn Shapes, J. M. Atkinson & J. Heritage (eds.) *Structure of Social Action: Studies in Conversation Analysis*, Cambridge University Press (1985) 57-101

論文 Article

大学生における居場所感と大学生活不安に関する研究

—学生相談室の利用の有無に注目して—

原稿受付 2011年4月1日

ものづくり大学紀要 第2号(2011) 60~65

条原民子, 社浦竜太

ものづくり大学 学生相談室 カウンセラー

A study of “sense of *Ibashi*” and college life anxiety in college students

Tamiko KUMEHARA, Ryuta SHAURA

Counselor of Counseling room, Institute of Technologists

Abstract In this study, we examined the effect of “sense of *Ibashi*” on college life. We separated college students into three groups by score of “sense of *Ibashi*” and found significant difference between these groups in level of anxiety on campus. The result suggests that students who have “sense of *Ibashi*” feel less anxiety than these who don’t have.

Key Words : sense of *Ibashi*, college life anxiety, counseling room.

1. 問題

1.1 居場所に関する研究

近年、「居場所」研究が様々な形で見受けられるようになってきている。石本(2009)は、心理学および関連分野における居場所研究を概観した結果、5つのカテゴリーに大別している¹⁾。1つ目は、「居場所の内容についての考察」、2つ目は「居場所の分類についての考察」、3つ目は「居場所から捉える臨床事例」、4つ目は「自由記述を用いた居場所研究」、5つ目は「尺度を用いた居場所研究」である。このように、様々な形で居場所研究がなされるようになってきたが、居場所感と精神的健康について言及している研究は散見される程度である(杉本・庄司, 2006)²⁾。

1.2 居場所感と精神的健康に関する研究

杉本・庄司(2006)が指摘するように、居場所感と精神的健康に関する研究は散見される程度で

ある²⁾。たとえば、杉本(2010)は、中学生を対象に、「居場所環境」と精神的健康との関連を検討している。居場所環境については、「自分ひとりの居場所」・「家族のいる居場所」・「友だちのいる居場所」の3種を「居場所」の「有り・無し」の組み合わせにより8つに分類している。精神的健康については、GHQ28の「身体症状」・「不安と不眠」・「社会的活動障害」・「うつ傾向」の4因子を考慮しながら、対象である中学生に即した尺度を作成している。その結果、中学生の居場所環境においては、「家族のいる場所」・「友達のいる居場所」と精神的健康との関連を示していた³⁾。

また杉本・庄司(2006)は、中学生からはじまる青年期に焦点を当てて精神的健康と「居場所」との関連および影響を、「現在と過去の居場所環境の比較」という観点から検討している²⁾。

以上のように、散見される居場所感と精神的健康に関する研究であるが、前者の研究の調査対象

は中学生であり、大学生を対象とした研究ではない。また後者の研究にしても、現在および過去（大学生である現在の居場所と中学生時における過去の居場所）という時間軸を考慮した検討である。無論、時間軸といった次元は臨床的な観点において有用な知見を与えるものと思われるが、大学生を対象とした居場所論を展開する場合、「大学」というコミュニティに注目することは、大学における学生相談臨床に重要な示唆をもたらすものと思われる。

1.3 大学における学生相談室の居場所機能に関する研究

大学というコミュニティの中で、学生相談室の居場所機能に注目した研究がいくつか見受けられる。屋宮（2008）は、長期不適応状態で、大学に居場所がない学生達を対象に、学生相談室におけるサポート・グループを展開させ、そのプロセスについての事例検討を行っている⁴⁾。その結果、サポート・グループが参加したメンバーに及ぼした効果として、以下のいくつかの機能について屋宮（2008）は言及している⁴⁾。

- ・ 自由で安全な時間と空間、信頼できる仲間との交流を保証する機能。
- ・ 大学生活や社会生活への復帰を促進する機能。
- ・ 未解決だった自立の課題を達成するための、移行対象的機能。

大仲（2004）は、学生相談センターや学生相談センターの「ロビー」が持つ、多様なコミュニティ機能に注目し言及している。学生相談センターの自然発生的に生成されたロビーの使用事例から、必要な機能を「4R」としてまとめている。以下にその「4R」について列挙する⁵⁾。

- ・ Rest: 休息, 静養。
- ・ Recreation: 休養, 元気の回復, 気晴らし, 娯楽, レクリエーション。
- ・ Relax: ゆるめる, 力を抜く, ゆるむ, 和らぐ, 骨を休める (Relaxation: ゆるみ, 弛緩, 休養, 骨休め, 気晴らし)。
- ・ Refresh: 気分をさわやかにする。活気 (元気づける), 元気を回復する, 気が清々する (Refreshment: 元気回復, 気分をさわやかに

すること。Refresher: 元気を回復させる人)。

以上のように、様々な形で居場所的機能およびその有用性が示唆されるようになってきている。しかしながらそれらの研究は事例を旨とする研究であり、量的な観点から検討を行った研究は見受けられない。

1.4 問題の概括

大学生を対象とした居場所感と精神的健康に関する検討は散見される程度であり、また、学生相談室の利用の有無と大学における居場所感が、大学生生活における精神的健康に及ぼす影響についての検討は見受けられない。

2. 目的

本研究は、大学生の大学における居場所感と学生相談室の利用の有無が大学生生活不安感にどのような影響を及ぼすかについて検討を試みる。また X 大学における学生相談室が、居場所感を高める可能性を有した取り組みを行っていることを鑑み、学生相談室の利用の有無が居場所感に及ぼす影響についても検討を試みる。

3. 方法

3.1 調査対象

調査対象である X 大学は、製造学科と建設学科の二つの学科からなる大学で、1 年生から 4 年生までの総学生数は 1058 名である（男子 1005 名、女子 53 名）。

今回の調査協力者は、X 大学の学生 530 名（男子 501 名、女子 29 名）で、平均年齢 20.16 歳 ($SD=2.27$) であった。調査用紙の回収率は、1 年生 145 名（男子 140 名、女子 5 名）、2 年生 179 名（男子 169 名、女子 10 名）、3 年生 89 名（男子 86 名、女子 3 名）、4 年生 117 名（男子 106 名、女子 11 名）であった。

3.2 X 大学における学生相談室

3.2.1 学生相談室の利用形態 (1)

X 大学学生相談室の利用の仕方について、1 対 1 の個別カウンセリングや、心理アセスメント、教

員や職員へのコンサルテーション、保護者へのガイダンス及びコンサルテーション等については、事前に電話かメールによって、面接を実施する日時を決定し、その日時に面接等を実施した。また学生などが直接来室し、面接等を希望した場合においては、来室した時間の状況に応じて対応した。

3.2.2 学生相談室の利用形態 (2)

「学生（保護者・教職員等）と面接を行っている」、「学生（保護者・教職員等）と面接の約束をしている（面接の予約）」、「相談室にかかわる業務全般を行っている」といった時間以外、学生相談室のドアに入室可能であることを知らせるボードをかけ、その時間内において、学生は自由に入室可能とした。

一度に入室できる学生の人数は、4～8名程度とした（カウンセラーの任意で人数を制限した）。

話す時間については、カウンセラーの任意によって、時間の延長・短縮を行った。

話す内容については、学生の自発性を優先した。入室しているメンバーによって、話す内容についてはカウンセラーが進行役を担った。学生各々で日常会話を行うことも許容した。

学生に伝えたルールとして、(1)「相手を傷つける内容の話をしていない」、(2)「緊急の面接の要請があった場合は、面接を優先するため、相談室をすぐに退室する」、(3)「カウンセラーの任意で居場所的な使用を急に中止することがある」、

(4)「同席しているメンバーの良いところを見つけ、批判することよりも称賛することを心がける」、

(5)「(カウンセリングを行っている学生を対象に) カウンセリングで話している内容をむやみに話さない」、(6)「この場で話したことをむやみに他言しない(インターネット等に掲示しない)」であった。

3.2.3 学生相談室の利用の目的 (学生相談室の利用形態 (2) の場合)

複数人の学生による学生相談室の利用の仕方については前項で触れた。本項では、その利用の目的について以下に列挙してみたい。(1) 同学年の交流だけでなく、他学年との交流の促進、(2) 他学科の学生との交流の促進、(3) 身近な学生をモデリングし、ソーシャル・スキル、コミュニケー

ション・スキルの修正および学習、(4) ソーシャル・サポートの増加による不安やストレス反応の軽減、(5) 身近な学生からの称賛による自己肯定感の増加、(6) 他学生やカウンセラーとおしゃべりなどによるリラクゼーション、(7) 学生同士による情報交換の促進、(8) 大学への帰属感を高め大学不適應の回避、(9) 個別のカウンセリングの場から大学の日常生活の場への「つなぎ」などである。

3.2.4 本研究における X 大学 学生相談室の取り組みについて

X 大学の学生相談室は、上記したような学生相談室の利用形態や目的を総じて、大学における学生の居場所感を高める可能性を有する取り組みも数年に渡り実施してきた。本研究もまた、X 大学学生相談室における取り組みについて、居場所感を高める可能性を有する取り組みと位置づけた。

なお今回の調査では、利用形態(1対1のカウンセリングか、集団での利用か等)や利用頻度、また列挙した様々な取り組みについての個々の効果検証を行うものではなく、これらの取り組みを行っている学生相談室の利用の有無に着目し検討を試みた。

3.3 調査時期

2010年の11月中旬の2週間程度の期間を使用して、調査を行った。

3.4 調査手続き

X大学の許可を得て、全校調査という形式で調査を行った。主として講義時間中、集団形式で実施した。調査用紙の回収方式はX大学の現状に即し、(1)「講義後に講師が回収」、(2)「学科事務室に回収BOXを設置し、学生の任意で回答を投函」、(3)「研究室で配布および回収」、(4)「研究室で配布し学生の任意で回答を回収BOXに投函」といった方式がとられた。

3.5 使用測度

今回の調査に際し、以下のフェイスシートと2つの測度を調査に使用した。

3.5.1 フェイスシート

フェイスシートには、学生の氏名、性別、年齢、学科、学籍番号(学年)、相談室の利用の有無についての記述欄を設けた。

3.5.2 使用測度 (1)

「大学生における学校の居場所感尺度」

斎藤 (2007) によって作成された尺度を今回の調査に使用した⁶⁾。大学生が認識する学校 (大学) における居場所感を測定する尺度である。この尺度は2因子15項目の尺度で、第1因子である「肯定的心理状態」は、「自分がいきいきできる」や「自分が必要とされている感じがする」といった12項目で構成されている。第2因子である「価値観の共有」は、「自分のことをわかってくれる人がいる」といった3項目で構成されている。

斎藤 (2007) によれば、「大学生における学校の居場所感尺度」の第1因子「肯定的心理状態」の α 係数は.95、第2因子「価値観の共有」の α 係数は.84であり、高い信頼性を保証した尺度であることが確認されている。

また妥当性の検証に関しては、自己受容尺度の評価次元と感覚次元との相関係数を求め、それぞれ中程度の相関が確認されている (評価次元 $r=.50$, 感覚次元 $r=.46$, $p<.01$)。

回答は「とても強く感じる」から「まったく感じない」までの6件法により求めた。

3.5.3 使用測度 (2)

「大学生生活不安尺度」

藤井 (1998) によって作成された尺度を使用測度として今回の調査に使用した⁷⁾。この尺度は、大学生において特徴的に認められる不安感の程度を測定する尺度である。この尺度は3因子30項目の尺度で、第1因子である「日常生活不安」は、「大学で自分のことをどう思っているのか、気になります」や「大学の先生と話をするとき、とても緊張します」、「一か月の生活費が足りるかどうか、心配です」といった14項目で構成されている。第2因子である「評価不安」は、「成績のことが気になって仕方ありません」や「申請した授業の単位がきちんともらえるかどうか心配です」、「卒業論文が書けるかどうか、不安です」といった11項目で構成されている。第3因子である「大学不適應」は、「こんな大学にいたら自分がだめになるのではないかと憂鬱な気分になることがあります」や「入学した学部が自分にあっ

ていないような気がして不安です」、 「大学を退学したいと思うことがあります」といった5項目で構成されている。

藤井 (1998) によれば、「大学生生活不安尺度」の第1因子「日常生活不安」の α 係数は.85、第2因子「評価不安」の α 係数は.78、第3因子「大学不適應」の α 係数は.81であり、高い信頼性を保証した尺度であることが確認されている (尺度全体では $\alpha=.84$)。

また妥当性の検証に関しては、CMI健康調査票によって分類された被験者の大学生不安尺度を様々な観点から分析を行った結果、高い臨床的妥当性を保証する結果が確認された。また大学生生活不安尺度の下位尺度と日本版 MAS、青年版 TAI との相関係数を求め、基準関連妥当性が保証することが確認されている。

回答に際しては「はい」か「いいえ」のどちらかに○をつけるように求めた。

4. 結果

4.1 学生相談室の利用の有無と居場所感高群・中群・低群による大学生生活不安感の比較

まず、居場所感合計得点の平均値と標準偏差を算出したところ、平均値は 60.64、標準偏差 (SD) は 13.75 であった。全調査対象者 (有効回答) を平均値 $\pm 1/2SD$ を基準として、高群 (160名)、中群 (162名)、低群 (162名) に分類した。そして学生相談室の利用の「有る・無し」と居場所感合計得点 (高群・中群・低群) を独立変数、大学生生活不安感を従属変数とした2要因の分散分析を行った。なお、相談室利用有り・居場所感低群は14名、相談室利用有り・居場所感中群は15名、相談室利用有り・居場所感低群は13名、相談室利用無し・居場所感低群は148名、相談室利用無し・居場所感中群は147名、相談室利用無し・居場所感高群は147名であった。

分散分析の結果、学生相談室の利用の「有る・無し」と居場所感合計得点 (高群・中群・低群) について有意な交互作用は認められなかった ($F(2, 478) = 0.29, n.s.$)。次に、相談室利用の「有る・無し」と大学生生活不安感、居場所感合計得点

Table 1 result of the mean, *SD* and ANOVA for the total scores of college life anxiety

grouping of "sense of <i>Ibasyo</i> "	low group		middle group		high group		ANOVA <i>F</i> (2, 491)
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
total scores of college life anxiety	13.93	6.62	11.80	6.17	10.25	6.86	5.14 * *

* * $p < .01$

と大学生生活不安感について主効果を確認した。その結果、相談室利用の「有る・無し」の群間の大学生生活不安感に有意な差は認められなかった ($F(1, 478) = 2.07, n.s.$)。居場所感合計得点(高群・中群・低群)の群間の大学生生活不安感について、表 1 にあるように有意な差が認められた ($F(2, 478) = 5.14, p < .01$)。さらに多重比較(TukeyのHSD法)を行ったところ、居場所感低群 > 居場所感中群 > 居場所感高群という結果を示していた(1%水準)。

4.2 相談室の利用の有無による居場所感の比較

相談室の利用の有無による検討を行うために、「大学生における学校の居場所感尺度」の合計得点について t 検定を行った。表 2 は、相談室の利用の「ある」・「なし」の「大学生における学校の居場所感尺度」合計得点の平均値と SD を示したものである(等分散性について、Leveneの検定を行った結果、等分散性が仮定された)。その結果、「大学生における学校の居場所感尺度」合計得点について、相談室の利用の有無の差は見られなかった ($t(501) = 1.51, n.s.$)。

Table 2 the mean and *SD* for the total scores of "sense of *Ibasyo*" classified by using or no using counseling room

	using	no using
N	49	454
<i>M</i>	57.73	60.86
<i>SD</i>	15.42	13.58

4.3 相談室の利用の有無による「肯定的心理状態」の比較

相談室の利用の有無による検討を行うために、「大学生における学校の居場所感尺度」の下位尺度である「肯定的心理状態」について t 検定を行った。表 3 は、相談室の利用の「ある」・「なし」

の「肯定的心理状態」の平均値と SD を示したものである(等分散性について、Leveneの検定を行った結果、等分散性が仮定された)。

その結果、「肯定的心理状態」について、相談室の利用の有無による差は見られなかった ($t(505) = 1.61, n.s.$)。

Table 3 the mean and *SD* for the total scores of "positive mentality condition" classified by using or no using counseling room

	using	no using
N	49	458
<i>M</i>	47.35	48.08
<i>SD</i>	12.97	11.12

4.4 相談室の利用の有無による「価値観の共有」の比較

相談室の利用の有無による検討を行うために、「大学生における学校の居場所感尺度」の下位尺度である「価値観の共有」について t 検定を行った。表 4 は、相談室の利用の「ある」・「なし」の「価値観の共有」の平均値と SD を示したものである(等分散性について、Leveneの検定を行った結果、等分散性が仮定された)。その結果、「価値観の共有」について、相談室の利用の有無による差は見られなかった ($t(518) = 0.80, n.s.$)。

Table 4 the mean and *SD* for the total scores of "sharing of sense of values" classified by using or no using counseling room

	using	no using
N	50	470
<i>M</i>	12.4	12.78
<i>SD</i>	3.33	3.18

5. 考察

5.1 居場所感と大学生生活不安に関する考察

居場所感高群・中群・低群による大学生生活不安感の分散分析の結果、居場所感低群>居場所感中群>居場所感高群という結果が示された。以上の結果から、大学において居場所感を有していない学生は、大学に居場所感を有している学生よりも、大学生生活における不安を高く感じていると考えられる。

5.2 学生相談室利用の居場所感に関する考察

今回の調査の結果では、相談室を利用している学生と相談室を利用していない学生に居場所感の有意な差は見られなかった。今回の調査では単純に相談室利用の有無による分析を行ったが、相談室の利用頻度によって、居場所感に差が見られる可能性を今後は検討する必要があるだろう。

そもそも学生相談室は、カウンセリングや1対1の個人面接などの機能を主としているが、X大学の学生相談室は、先述したようにそれらの機能に加え、居場所感を高める可能性を有した様々な取り組みを行っている。カウンセリングを含めた1対1の個人面接は、必ずしも居場所感を高めることを前提とするものではないが、大学において居場所感が低いからこそ学生相談室に居場所的機能を求める可能性等を有していることを考慮すれば、相談室の利用形態や利用目的に着目しながら、今後、学生相談室の居場所感について検討を行う必要があると思われる。

5.3 総合考察

今回の調査において、大学において居場所感を

有していない学生は、大学に居場所感を有している学生よりも、大学生生活における不安を高く感じていることが示唆された。学校不適応に学生が抱える不安が影響を及ぼしているとの田中ら(2007)の指摘⁸⁾を考えれば、予防的観点から、居場所感が高まる環境の整備や、大学内において居場所的機能を高めるような取り組みが望まれる。

謝辞

本調査に際し、千里金蘭大学 斎藤富由起先生より多大なるご協力を賜りました。心よりお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 石本雄真：居場所概念の普及およびその研究と課題、神戸大学大学院人間発達環境学研究科 研究紀要, 3, 1 (2009) 93-100.
- 2) 杉本希映・庄司一子：大学生の「居場所環境」と精神的健康との関連—過去の「居場所環境」の認知と精神の比較を中心に—, 共生学教育研究, 1 (2006) 37-47.
- 3) 杉本希映：中学生の「居場所環境」と精神的健康との関連の検討, 湘北短期大学紀要, 31 (2010) 49-62.
- 4) 屋宮公子：学生相談室におけるサポート・グループ—大学に居場所のない学生によってつくられた「三間の器」—, 学生相談研究, 29 (2008) 25-36.
- 5) 大仲重美：学生相談機能におけるコミュニティについて—学生相談室に必要な「心の居場所」—, 学生相談センター紀要(武庫川女子大学), 14 (2004) 51-60.
- 6) 斎藤富由起：大学生および高校生における心理的居場所感尺度作成の試み, 千里金蘭大学紀要, 4 (2007) 73-84.
- 7) 藤井義久：大学生生活不安尺度の作成および信頼性・妥当性の検討, 心理学研究, 68, 6 (1998) 441-448.
- 8) 田中存・管千索：大学生生活不安に関する心理学からのアプローチ, 和歌山大学教育学部紀要, 57 (2006) 15-22.

解説 *Explanation*

私の研究とものづくり

原稿受付 2011 年 3 月 23 日

ものづくり大学紀要 第 2 号 (2011) 66~71

神本武征

ものづくり大学 学長

**An overview of experimental equipments designed and built for
fundamental study on engine combustion**

Takeyuki KAMIMOTO

President of Institute of Technologists

Abstract

The author has been involved in research on combustion and emissions from internal combustion engines in the last four decades. This article starts with an introduction of his experiences on hands-on-learning at high-school and college, focusing on aero planes and automobiles. Attracted by the mechanism of these machines, he started his academic career at TITech, and has been working on studies on combustion and emissions from diesel engines. He constructed a number of experimental equipments and machines that he and his students designed and built. The major part of this article concerns the description of the objectives and performances of the machines and instruments that he developed. These include a combustion bomb for studying fuel evaporation, an optical equipment for measuring flame temperature in the engine cylinder, and a rapid compression machine designed for easy access to optical diagnostics.

Key Words : internal combustion engine, combustion, emission, optical measurement

1. はじめに

私が模型製作を始めたのは中学生の時代である。少年クラブの付録である幻灯機、写真機、コメット号の製作から始め、夏休みの宿題にはゴム動力を使った潜水艦、プロペラ船、ライトプレーンの製作に夢中になった。高校時代にはエンジン付きのUコントロール機とソリッドモデルに発展、ソリッドモデルは浦和の模型屋から注文を受けてゼロ戦、紫電改、中島4式戦闘機、チャンスボートカットラスジェット戦闘機、超音速試験機 X-5などを製作した。趣味と実益を兼ねた実入りの良いアルバイトであった。写真1は当時製作したノースアメリカン F86F 戦闘機で、現在 学長室に展示してある。大学に入ると当時もっとも人気のあ

った自動車部に入り、エンジンを中心に車の整備を学んだ。ようやく模型から本物に触れるように



Fig.1 Solid model: F86F jet fighter

なった。3年生の春に晴海ふ頭でアメリカ製ホバークラフトのデモフライトを見て興奮。これを作ろうということになり、ダイハツからミゼットの2サイクルエンジンを2台供与してもらい写真2のホバークラフトを製作した。搭乗しているのが神本である。残念ながら基礎学力のなさから設計ミスで失敗した。2年生から戦後禁止されていた航空機学科の残党の研究室に所属してエンジンと流体力学を学んだ。実験機材が乏しいので昼は輪講で名著を読み、夜は飲みに出掛けるのんびりした時代であった。流体力学に関しては *Boundary Layer Theory*, *Gas dynamics*, 岡本哲史著「流体力学」, 谷一郎著「飛行の理論」などを勉強した。

修士課程を修了してすぐ内燃機関講座の助手になった。旧航空機学科の教授は助手に何も要求せず、また指導もしなかった。「何をしたら良いでしょう」と聞いたところ「これからは燃焼が重要になる」とヒントをいただいた。あとは自由放任である。しかし、燃焼と言われてもどこからどのように攻めるのか、さっぱり分からず途方に暮れた。それから苦闘の10年を経て自分の研究スタイルがようやく確立してきた。すなわち、独創性のある研究を行うには目的に合った独自の装置を作り、それを駆使して他の追従を許さぬデータを取ることである。1970年から2010年までの40年、独自の実験装置を作り続けた。この「ものづくり」の概要とそこで得た経験について述べてい。

2. 実験装置の製作

2.1 ディーゼル噴霧の蒸発過程に関する研究



Fig.2 A failed model of hover craft-

燃焼の第一段階は液体燃料の蒸発にある。そこで高温不活性の雰囲気中に軽油を数ミリ秒高压で噴射して蒸発現象を調べる事にした。問題はいかにして温度 500°C 以上、圧力 20 気圧以上の雰囲気をつくるかである。定常的にこのような状態を作るには大掛かりな装置が必要であり、しかも設計を誤ると危険である。予算もない。考え抜いた末に到達したのは、定容容器にプロパンガスと空気の過濃混合気を火花点火して燃焼させる方法である。燃焼ガスの圧力と温度は燃焼室壁への熱損失によって低下してゆくので所定の温度状態になったところで燃料を噴射すればよい。デジタル制御のない時代なので、噴射タイミングの設定と圧力データの収録はアナログの遅延回路によって行った。圧力経過はメモリースコープに蓄積し、フィルムカメラで撮影した画面像を物差しで定量化するという極めて原始的なデータ採取方法であった。苦心して製作した手づくり低予算の装置であった。米国カミンズ社の Lyn 博士（副社長）を招いて東大で行われた研究紹介では博士に実験手法のアイデアを高く評価された。

図3に製作した燃焼容器を示す。図4は燃焼終了後に燃焼ガスの圧力が熱損失によって低下してゆき、途中で噴射した軽油の蒸発によって急速に低下する様子を示している。この蒸発による圧力低下を定量的に計測した結果を数値シミュレーションによって解析した。解析に用いた液滴の蒸発理論は当時 NACA (NASA の前身) が宇宙ロケット開発のために研究した結果を NACA Report に発表していたので、これを参考にした。蒸発の理論解析結果は MIT の Heywood 教授の著書にも引用

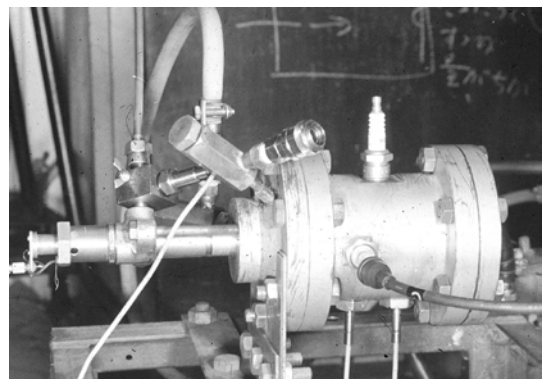


Fig.3 A combustion bomb for studying fuel evaporation

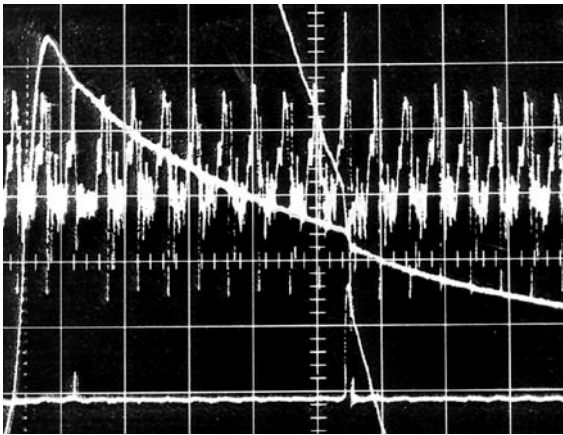


Fig.4 Time record of burned gas pressure in the bomb, showing a sharp drop at an instant of fuel injection into the hot gas.

されている。燃料の蒸発過程の研究は私が独自で考えた最初の研究であり、博士論文の前半を占めている。投稿した論文は期せずして日本機械学会論文賞を受賞した¹⁾。

2.2 2色法によるディーゼル火炎温度の計測

蒸発の次は燃焼である。自動車技術会の燃焼と排気委員会が三菱自動車に依頼して製作した5台の単筒ディーゼルエンジンの1台が東工大の研究室に納入された。勇気百倍して燃焼の高速度撮影を計画した。エンジンに撮影用の石英ガラスをはめ込む部分の設計は未知の分野であったが、ガasketの材質、ガラス窓の固定法などを工夫して信頼性のある方法に辿りついた。また毎秒5000コマの高速度撮影なのでクランク角度とエンジンの照明には高輝度の光源が必要であり、500ワットの超高压水銀灯2個を用いた。照明の調整をやりすぎて左目をやられて病院へ行ったところ、溶接工と間違えられる始末であった。米国のRedLake社のHycamカメラの操作習熟にも時間がかかったが、1年後には何とか納得できる画像がとれるようになった。

当時、日本では珍しかったのでNHKテレビでも放映されたが、無声映画なのに爆発音が擬音で入っていたのには驚いた。各社のエンジニアも見学を訪れ、高速度撮影の手ほどきをした。

1970年代当時、ロスアンゼルス光化学スモッグが問題になり、マスク法による排気規制が始まった。ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン

とも排気中の窒素酸化物NO_xの濃度を大幅に下げることが要求された。世界中の研究により、低温では不活性な大気中の窒素が燃焼室で高温になると酸素と反応して窒素酸化物を生じること、したがって燃焼温度が窒素酸化物の生成を支配する重要な要因であることなどが分かってきた。

排気ガスを吸気に還流するEGR方式によってNO_xを低下させる対策が進められたが、誰も燃焼温度を測定していないので、現象が定量的に把握されていない。エンジン内の火炎温度を測定できれば大きな貢献ができると考えたが、どうやってディーゼルエンジンの火炎温度を測定するか？高速度カラー写真を見ると火炎の色と輝度は燃焼の進行につれて変化する。その理由を説明せよと恩師の山田教授にゼミで指摘されていたのをヒントに、火炎の色と輝度に着目した温度測定法を開発することにした。

しかし、文献調査の結果、1940年に英国でLyn博士が、戦後の1947年にWisconsin大学のOtto A Uyehara教授が既に研究論文を発表していることが分かった。またその方法は1932年にMITのHottelとBroughton教授によって発明された2色法に遡ることが判明した。これにはがっかりしたが、よく読むと電子機材が旧式でありデータの信頼性が低いこと、またコンピューターによる多数サイクルの統計的処理が為されていないこと、輝度の検定が不十分なことなどが判明した。気を取り直し

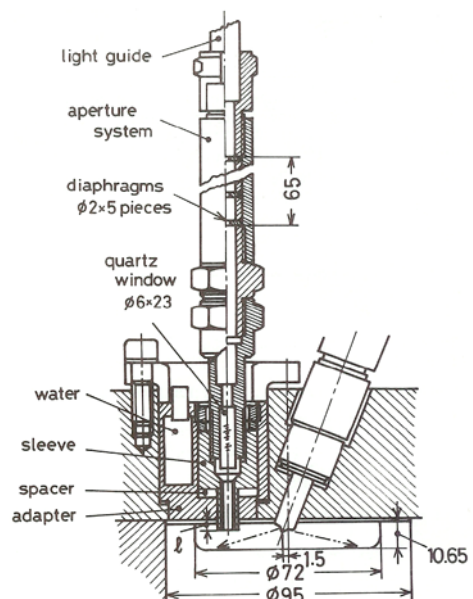


Fig.5 An optical probe for detecting light from the flame

で最新の装置の設計と製作に取り掛かった。

まず苦労したのは図5に示すエンジンヘッドに取り付ける光プローブの設計である。先端には火炎からの光を取り出すために石英ロッドが付いているが、エンジンを回すと短時間で表面にススが付着して光が検出できなくなる。冷却熱量を加減するために石英ロッドの突き出し量と冷却水温度を変化させた実験を繰り返し、最適条件を得る事ができた。水温度が最も重要な要素であり、石英ロッドの表面温度を高温に保てばススが付着しなくなり、数10分の連続運転が可能となった。

次の問題は輝度温度の検定である。ディーゼルエンジンの燃焼温度を測定するには 2200°C 以上の検定が必要であるが、市販の黒体炉は最高温度 1800°C 以上のものは存在しない。止む無くこれも自作することにした。溶鉍炉の温度などを測定する光高温計のメーカーである東京精工との共同研究を開始してほぼ2年、ついに完成した2号器が図6である。

外径12mm,肉厚3mmのカーボンチューブを水平に通し、数ボルト、10から100アンペアの大電流を流して直径10mmのターゲットの温度を高める。炉内に空気が残存するとカーボンは燃焼して損傷するので、通電まえに窒素ガスで炉内を充分パージする。しかし、何回やってもカーボンは損傷する。安い窒素を諦めて高価なアルゴンを購入してパージしたところ無事に 2200°C の目標を達成することができた。機械屋の悲しさ、窒素が高温で炭素と反応することを知らなかったのである。現在

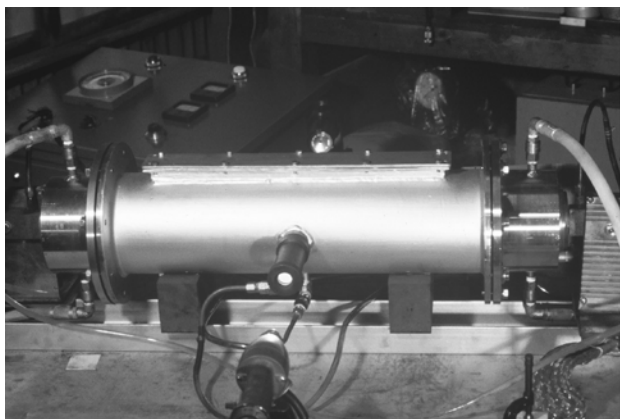


Fig.6 Prototype blackbody furnace for calibration of radiation

この試作品から発展したコンパクトな製品が東京精工から販売されている。

最後に苦労したのはコンピューターを用いた大量データの処理である。購入したTOSBACK-10というミニコンは幅1m,高さ1.5mほどの巨大なマシンであるにもかかわらずマシン語しか解さない。4年生が必死になってマニュアルと首っ引きで解析ソフトを作製してくれた。なにしろルートもログもゼロからマシン語からつくるので大変であった。

私と博士課程の青柳,松井君の3人で4年がかりで取り組んだ労作である。指導教官と連名で温度測定と平行して実施したガスサンプリングの結果をまとめて投稿したところ, 他にもや日本機械学会論文賞受賞の栄に浴した²⁾。図7はディーゼルエンジン燃焼室内でスと NO_x がいかに生成されるかを世界で始めて示したものであり, MITの教科書ほか多くの論文に引用された。

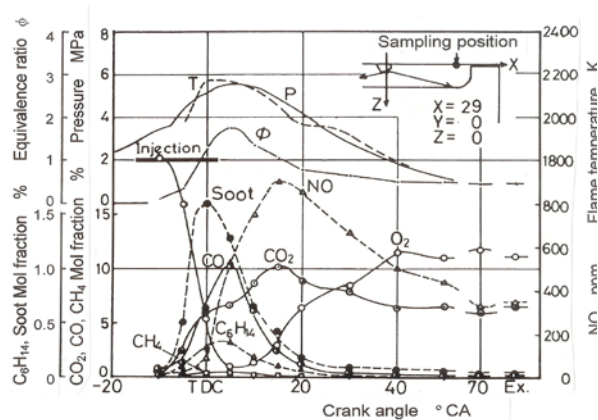


Fig.7 Time records of flame temperature and NO concentration in the cylinder of a diesel engine

2.3 急速圧縮機によるディーゼル燃焼の観察

1975年の夏, 松岡助教授に連れられて, 欧米の研究機関を視察した。羽田から家族と卒業生のバンザイの声に送られて欧州へと向かった。ドイツ, フランス, イギリス, アメリカの各地の代表的な大学と研究機関を訪問したが, 重厚な実験設備とユニークかつ精緻に設計された実験装置に圧倒された。「これじゃ勝てない」というショックが私の闘争心に火を着けた。実験装置の中で最も興味を引いたのは急速圧縮機である。シリンダー内の

ピストンを1回だけ作動させて中の空気を急速圧縮してエンジン内と同様の条件を作り出し、燃焼室に設けた大きな観測窓を通して燃焼の様子を仔細に観察することができる。見学したアーヘン工科大学の縦型小型急速圧縮機、英国シェル研究所の小型対向型急速圧縮機、MITの水平型急速圧縮機はそれぞれ目的に応じて異なる仕様を持っていた。

帰国した私はディーゼル燃焼の基本である壁面衝突のない自由噴霧が実現できる大型急速圧縮機の製作を決心した。まずスケール1/5の装置を試作して勉強したのち、直径200 mm、ストローク560 mm、70気圧の空気圧による駆動力20トンの巨大な急速圧縮機を小林助手と設計した。ピストン駆動時に装置が回転モーメントで転倒ないように軸心は可能な限り低く設計した。ピストン上面とシリンダヘッドは石英窓で構成し、いかなる光学測定も可能なようにした。この世界最大の急速圧縮機を実現するための企画書をディーゼル各社に送って製作寄付金を集め、さらに文部省科学研究費などを合算して製作費を工面した。製作は日産ディーゼル上尾工場が引き受けてくれ、設計図面の最終チェックは林研究部長が1日ばかりで行ってくれた。水平で3.2メートルの長さなので、軸心の精度を確実にするため各部品の直角度を明記するよう指導された。駆動軸とピストン軸との連結には水平度の誤差を逃すため球面継ぎ手を採用した。この巨大かつ駆動力の大きな機械を支える基礎の設計も行った。大岡山地区の土圧が推力20トンに耐えるためのコンクリート基礎の寸法、大型急速圧縮機を設置する定盤の寸法を決定し、大学の第1会議室に業者を集めて入札工事の説明を実施した。

図8に急速圧縮機の最終図面を示す。右側が空気圧駆動と油圧制動部、左側が被駆動部のピストンとシリンダーである。ピストンは中空になっており、シリンダー側面の窓からの平行光を45度ミラーによって燃焼室に導く構造である。さて装置が完成してから苦労したのは油圧制動部の寸法調整である。駆動ピストンが最終端で油圧室端面に激突しないようにソフトランディングさせる必要がある。油圧室の内側の僅かなテーパ部と駆動ピストン外面とのクリアランスが制動性能を決定す

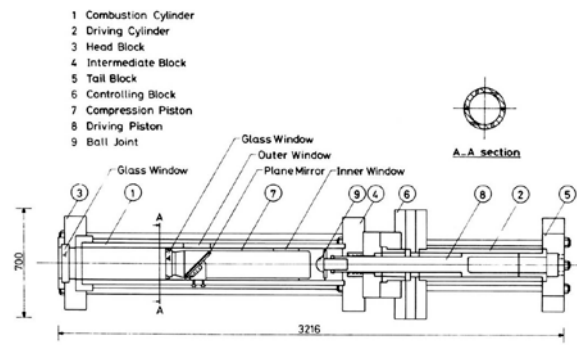


Fig. 8 Cross sectional view of rapid compression machine

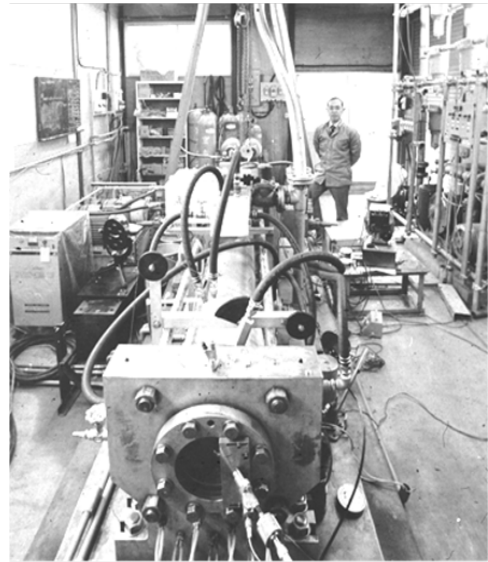


Fig. 9 World largest rapid compression machine just completed

る。このクリアランスを最適化するのにおよそ1年かかった。最終的に圧縮時間約150 msの装置が完成した。図9が装置全体像である。後方に立つのが40歳の著者、その横の見えるのは高圧空気ポンプである。右側がスワール発生用の空気ブロワー、左側の4角の箱は照明用クセノンランプの電源である。

この装置を駆使して多くのディーゼル燃焼の基礎研究を行った。火炎内のススとOH分子の可視化、火炎への空気導入率の測定、壁面に衝突する火炎と壁面の熱伝達の測定などである。図10は火炎内のススを可視化した1例である。論文の発表によって装置は世界の注目するところとなり、SwRIのShahed博士、Daimler社のMaly教授、Imperial collegeのArcoumanis教授、Istitute MotoriのLorenzo



Fig.10 Visualized soot in a diesel flame
(combustion chamber diameter: 196 mm)

所長と Corcione 部長など多くの研究者が見学に訪れた。本装置を用いて実施した燃料噴射圧力が燃焼に及ぼす影響に関する研究で日本機械学会論文賞と SAE, Corwell Merit Award を受賞した³⁾。

3. あとがき

本論では著者の研究生活の前半で製作した3つの実験装置について解説した。それぞれ特定の目的を持つ自作の装置であるが、それは研究の目的が世界で類の無い研究を志向したからである。目標とした性能と実験結果が得られたときの喜びは何ものにも代えがたく、その知的興奮を求めて研究生活を続けているようなものである。紹介した装置による研究がいずれも学会賞を得たことは、研究が工学的に価値あるものと認められたのであり、装置を製作した甲斐があったと言うべきである。

どうやって次々と新しい研究テーマと新しい実験装置をつくりだすのでしょうか？とある講演会で聞かれた事がある。年に4-5回は定期的に外国へ出張して世界の最新動向を掴むこと、企業の研究者と情報交換して将来動向を見極めるなどがテーマ選定に不可欠である。また新しい装置のアイデアは少年の頃から培ったセンスと自動車部で学んだほんものの機械をいじった経験によると思う。設計と製作に当たっては研究室の学生の力によるところが大きく、彼らをその気にさせるのも教師の腕である。

次回は研究生活後半に製作した装置について紹介する。

参考文献

- 1) 神本武征, 松岡 信, 杉山 博満, 青柳 宏: ディーゼル機関の燃料噴霧の蒸発過程 (第1報, 噴霧の熱吸収に関する実験), 機論 40-339, (1974) pp. 3206-3215.
- 2) 神本武征, 青柳 友三, 松井 幸雄, 松岡 信: 直接ガスサンプリング法による直噴式ディーゼル機関における NO とすす生成に関する研究, 機論 (B) 46-403, (1980) pp. 540-549.
- 3) 横田 治之, 神本武征, 小林 治樹: 画像計測によるディーゼル噴霧・火炎の研究 (第1報, 噴射圧力が噴霧特性とすす生成および燃焼特性に及ぼす影響) 機論 (B) 54-499, (1988) pp. 741-748.

解説 *Explanation*

ものつくり大学における CAE 教育

原稿受付 2011 年 3 月 31 日

ものつくり大学紀要 第 2 号 (2011) 72~75

野村 大次

ものつくり大学 技能工学学部 製造学科

A Trial of the CAE Education in Institute of Technologists

Daiji Nomura

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract A summary of CAE education in Dept. of Manufacturing is described. One of the main CAE subject “CAE and basic exercises” is based on lecture and theoretical calculation by MS-EXCEL. Another “CAE and applied exercises” is based on lecture and practical calculation by using some CAE software.

Key Words : CAE education, Finite Element Method, Numerical Calculation, CAE Software

1. はじめに

本学はものづくりをその名に標榜し、開学して満 10 年が経過した。その間、製造学科では独自のものづくり教育を進めて来ており、ものづくりの実技教育に重点をおきながら、その基礎である設計解析教育にも力を置いている。本報ではそのうちの CAE 教育に関して「CAE 基礎/応用および演習」科目を例として、その特徴と成果について報告する。

2. 製造学科における CAE 教育

2 年次前半までの力学教育を踏まえ、第 4 クォータ～3 年次第 1 クォータにかけて「CAE 基礎/応用」科目が用意されている。これらの科目では、CAE の中心手法である有限要素法について、その基礎理論と市販ソフトウェアを利用した応用方法を、演習を多用して学ばせるものである。即ち、「CAE 基礎」では EXCEL と Fortran を活用した理論演習

を行い、「同応用」では、市販ソフトウェアを利用した解析演習（静解析・熱・振動・動解析を含む）を行った。何れの科目も授業定員 70 名で、2 名の TA が授業補助に当たる。

2.1 EXCEL を活用した理論演習と Fortran プログラム実習

2 年次 4Q での「CAE 基礎」科目では、有限要素法の概要、同定式化、同解法を解説しながら、それらに対応する演習を EXCEL と Fortran90 プログラミングを活用する方法で行っている。

有限要素の要素剛性マトリックス $[k^e]$ は一般に次式で与えられる。

$$[k^e] = \int_V [B]^T [D] [B] dV \quad (1)$$

ここで $[B]$ 、 $[D]$ はそれぞれひずみ-変位マトリックス、応力-ひずみマトリックスである。定歪 3 角形要素では上記積分は体積を乗ずればよいことになり、積分計算が簡単になる。

$$[k^e] = [B]^T [D] [B] \Delta t \quad (2)$$

ここで Δ , t は3角形の面積と板厚である。

EXCEL の活用では以下の項目に関して矩形板の引張り問題を例として演習を行い、各種マトリックスの内容を理解させた。

- ① 平面応力問題での応力-ひずみ行列[D]の計算
- ② 定歪3角形要素での歪-変位行列 [B]の計算
- ③ 同要素剛性マトリックス [k^e]の計算
- ④ 全体剛性マトリックス[K]の計算と拘束/荷重条件の設定
- ⑤ Gauss の消去法による連立方程式の求解
- ⑥ 要素応力の計算

問題の定義を Fig.1 に示し、要素剛性マトリックスの計算例を Fig.2 に示す。

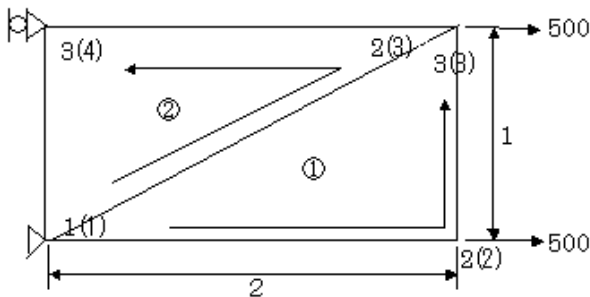


Fig.1 Problem definition

要素ID	[b]	[B]	[D]	[k ^e]	[K]
21978.02	6593.407	0	-1.098E-05	0	1.0988E-05
6593.407	21978.02	0	-3296.7	0	3296.703
0	0	7692.308	0	-3846.15	-7692.31
-0.5	0	0	5494.505	0	-5494.51
0	0	-0.5	0	1923.071	3846.154
0.5	0	-1	-5494.51	3846.154	13186.81
0	-1	0.5	3296.703	-1923.08	-7142.86
0	0	1	0	-3846.15	-7692.31
0	1	0	-3296.7	0	3296.703

Fig.2 Element stiffness matrix calculation

マトリックス計算では EXCEL 内蔵の関数は用いず、定義に従った計算を行わせることで、より理解を深めさせる。更に、変位計算・応力計算にまで至れば、それらが材力の知識による解と一致することを確認させる。

有限要素法を理解するにはプログラムを作成することが最も近道であると言われる。授業では時間的な制約から、代りに著者が作成したプログラムのプログラム構造・処理概要・ソースプログラムを解説した上で、上記①～③に対応するプログラムの要所にチェックライトを挿入させ、計算結果を比較検討させた。⑤, ⑥には計算結果リストが対応している。プログラミング言語には Fortran90 を用い、コンパイラにはフリーソフトの gfortran¹⁾ を利用した。プログラミング例の一

部を Fig.3 に示す。□の部分が入力させたコーディングである。

Fig.4.に Fortran プログラムによる計算結果例を示す。EXCEL による結果(Fig.2)とこの結果とが一致していることから、有限要素計算の中を自信を持って見通す力がつくようになると思われる。

! 2.1.3 ひずみ-変位マトリックス[B]を計算する。

```
IF (IPRNT .GE. 3) THEN
  WRITE(4,*) ' B MATRIX'
  WRITE(4,921) ((B(I, J), J=1, 6), I=1, 3)
  FORMAT(1P6G11.4)
END IF
```

! 要素の体積を計算する。

```
VOL = 0.5*DABS(DELT2)*THK(IP(IE))
```

```
IF (IPRNT .GE. 3) WRITE(4,*) ' VOLUME = ', VOL
```

! 2.1.4 応力マトリックス[S]を計算する。

```
CALL MXM (D, B, ES(1, 1, IE), 3, 3, 6)
```

```
IF (IPRNT .GE. 4) THEN
  WRITE(4,*) ' S MATRIX'
  WRITE(4,921) ((ES(I, J, IE), J=1, 6), I=1, 3)
END IF
```

! 2.1.5 要素剛性マトリックス[K]を計算する。

```
CALL MTM (B, ES(1, 1, IE), EK(1, 1, IE), 6, 3, 6)
CALL MXC (VOL, EK(1, 1, IE), 6)
```

```
IF (IPRNT .GE. 4) THEN
  WRITE(4,*) ' ELEMENT STIFFNESS MATRIX'
  WRITE(4,921) ((EK(I, J, IE), J=1, 6), I=1, 6)
END IF
```

Fig.3 Coding example

ELEMENT NO. = 1
D MATRIX
2198E+05 6593. 0.0000
6593. 2198E+05 0.0000
0.0000 0.0000 7692.

B MATRIX
-5000 0.0000 5000 0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000 -1.000 0.000 1.000
0.0000 -5000 -1.000 5000 1.000 0.000
VOLUME = 10.000000000000000

S MATRIX
-1.099E+05 0.0000 1.099E+05 -6593. 0.0000 6593.
-3297. 0.0000 3297. -2198E+05 0.0000 2198E+05
0.0000 -3846. -7692. 3846. 7692. 0.0000

ELEMENT STIFFNESS MATRIX
.5495E+05 0.0000 -.5495E+05 .3297E+05 0.0000 -.3297E+05
0.0000 .1923E+05 .3846E+05 -.1923E+05 -.3846E+05 0.0000
-.5495E+05 .3846E+05 .1319E+06 -.7143E+05 -.7692E+05 .3297E+05
.3297E+05 -.1923E+05 -.7143E+05 .2390E+06 .3846E+05 -.2198E+06
0.0000 -.3846E+05 -.7692E+05 .3846E+05 .7692E+05 0.0000
-.3297E+05 0.0000 .3297E+05 -.2198E+06 0.0000 .2198E+06

Fig.4 Calculated example

2.2 市販CAEソフトウェアを活用した解析演習
前節での学習を踏まえて、3年次第1Qでは「CAE応用」科目として、市販CAEソフトウェアを活

用した解析演習を行っている。本学では2年次で材力系科目以外に伝熱工学・流体工学等の基礎工学系科目の学習が修了しているため、ここではそれらに関連する解析手法についても学習する。ここで学習する項目を Table 1 に示す。CAE ソフトウェアとしては、No.1~5 と 7 には NX_Nastran を用い、No.6 には ANSYS/FLOTRAN を、No.7 には ANSYS/LS-DYNA を用いた。

Table 1 Analysis examples by using CAE software

No.	category	Contents	Point
1	Statics	Cantilevered Beam	Theoretical Solution
2		Thick Cylinder	
3	Eigen Vibration	Eigen Frequency and Mode of Cantilevered Beam	Section Modulus
4	Heat	Basic Example	Theoretical Solution
5	Thermal Stress	Thick Cylinder under Heat Convection	
6	Fluid	Diffuser Flow	Boundary
7	Statics	Crank Throw 3D Analysis	TETRA
8	Explicit	Box Drop	Stress Wave

以下に代表的な授業内容・方法について説明する。No.1 と 2 ではまだ学生たちが CAE ソフトウェアの操作にまだ不慣れなため、操作方法・結果リストの読み方等の説明に1コマ程度を要した。No.3 以降では毎回異なった解析種別であるため、解析理論の説明に各々1コマ程度の時間が必要であった。

(1) 自由端に横荷重を受ける片持ち梁

材力の基本問題であるが、平面要素ではよい精度が得にくい問題である。長さ $L=100\text{mm}$ 、高さ $h=10\text{mm}$ 、幅 $b=10\text{mm}$ である片持ち梁の自由端に力 $F=100\text{kgf}$ をさせると、その最大撓みと最大曲げ応力は夫々自由端と固定端で次の値となる。

$$\delta_{\max} = \frac{Pl^3}{3EI} = 2 \quad (\text{mm})$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{Z} = \frac{6Pl}{bh^2} = 60 \quad (\text{kgf/mm}^2) \quad (3)$$

解析モデルの分割数を 16×16 として解析実行させた結果の変形と σ_x の応力コンタ図を Fig.5. に示す。一般に計算によって得られる応力成分には多くのものがあり、座標系や板上下面とも関連させて、適切な表示方法を選ぶ必要性を教える。

解析結果リストから $\delta_{\max}=2.003\text{mm}$, $\sigma_{x\max}=55.3562$

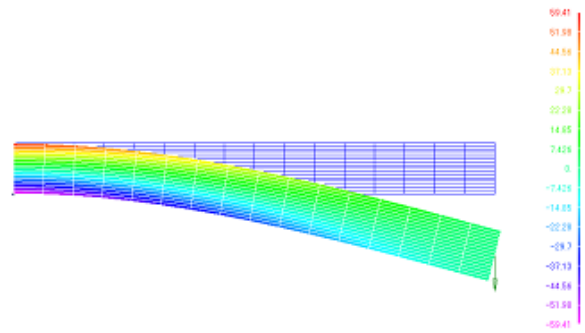


Fig.5 Cantilevered beam (16x16 division)

kgf/mm^2 が得られるので、この分割ではほぼ材力理論解に近い値が得られていることを確認させる。更に、分割数を $1 \times 1, 2 \times 2, 4 \times 4, 8 \times 8$ と変更して計算した荷重端撓みの値を縦軸にとり、節点数を横軸にとって EXCEL でグラフ化させると Fig.6. の様になる。分割数を $1 \sim 16$ と増加させて計算させることにより、要素分割数に対する解の収束性を理解させることができる。

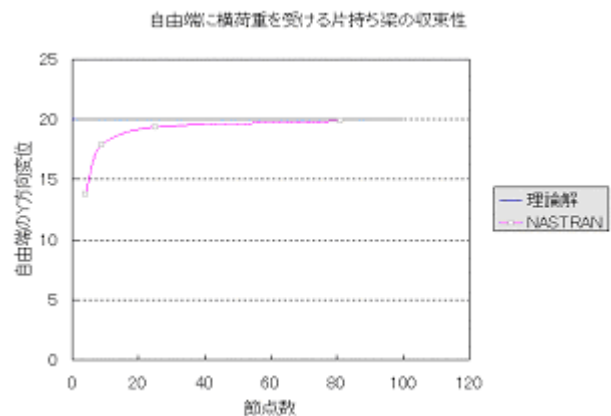


Fig.6 Convergence of cantilevered beam

(2) 片持ち梁の固有振動解析

一般に梁構造では梁断面に関して6成分の断面性能を設定する必要があるが、学生達にとって煩雑であり理解し難いところである。ここでは Femap の梁断面性能自動計算機能を利用した片持ち梁の固有振動解析について説明する。

前節(1)と同じ寸法の梁を考え、梁要素でモデル化する。断面性能を定義する画面が Fig.7 であり、[断面形状] ボタンを押すことで断面定義画面 (Fig.8) に移り、各種の定型断面について断面性能を自動計算する事ができる。



Fig.7. Beam section property dialog

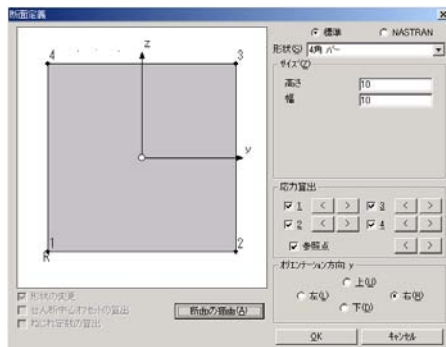


Fig.8. Section definition dialog

断面積 A ，断面 2 次モーメント I_z, I_y は容易に手計算できる．振り定数 J の値は教科書の表²⁾から係数 $f_1=0.141$ を引用して

$$J = f_1 h^4 = 0.141 \times 10^4 \quad (mm^4) \quad (4)$$

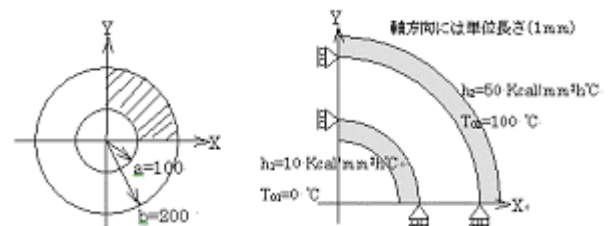
であり、Fig.7 と一致していることを理解させる．

剪断断面積係数の式には種々の説があり、剪断歪エネルギー説では $k=5/6=0.8333$ で、最大せん断応力説では $k=2/3=0.6667$ であり、Cowpe の説では 0.8497 である．Femap では $k=0.8501$ の値を示しており、これら 3 者の何れとも異なる式で計算していることが分る．

固有振動解析には 3 次までの固有振動数と振動モードを、要素分割数 1,2,5,10 について計算させ、理論解と比較・考察させた．

(3) 内外面に対流熱伝達を受ける厚肉円筒

熱伝導基本問題の後に上記例題を設定して、定常熱伝導・熱応力問題へのより深い理解を狙った．解析領域と境界条件を Fig.9 に示す．また解析結果から、温度コンタ図を Fig.10 に示す．



(a) Analysis region (b) Boundary conditions
Fig.9 Thick cylinder under heat convection

その温度に基づく熱応力 σ_r, σ_θ の半径方向分布は（この場合は半径方向 6 分割・周方向 12 分割であるが）良好な理論解との一致が得られている事に学生達は気づく．

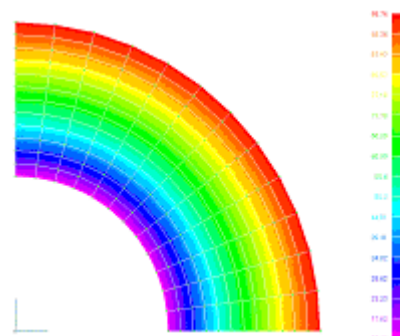


Fig.10. Temperature distribution

3. おわりに

上記に説明した「CAE 基礎/応用」科目は 2003 年度開講以来、本学の理念に従い、次の考えに基づいて構築されている．

①ものつくりの基本は設計であり、CAE はその強力なツールである．②ものつくり高度技能者は CAE を使いこなすべきである．③使いこなすためには操作法の技能修得だけでなく、背景の力学的知識を涵養し、ソフトウェアの中の処理を見通す力を育てることが重要である．

2008 年度からは同科目を履修し、単位修得して申請した者に対して日本機械学会・計算力学技術者（初級）が認定されており、これまでに 30 名以上が認定されている．今後、同科目の更なる充実を目指して努力して行きたい．

参考文献

- 1) <http://gcc.gnu.org/wiki/GFortran>
- 2) 有光隆，図解でわかるはじめての材料力学，技術評論社，1999,p.59

報告 Report

行田市の橋梁点検に対する大学の取り組み

原稿受付 2011年4月5日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 76~81

土田祥彬^{*1}, 澤本武博^{*2}, 地頭菌博^{*3}, 飛坂基夫^{*4}^{*1}ものづくり大学大学院生^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3}ダイヤリフォーム株式会社^{*4}飛坂技術士事務所

1. はじめに

近年、橋梁の老朽化が問題となっており、国では平成19年から25年にかけて「長寿命化修繕計画」の策定を地方自治体に求めている。そして、県や比較的大きい市では、その取り組みが進んでいるものの、市町村レベルでは予算や技術面の問題から思うように進まない現状にある¹⁾。

そこで、(社)日本コンクリート工学協会では、平成23年3月10日に「市町村インフラのメンテナンスを考える意見交換会」を行い、市町村の現状および課題について、国、県、市町村、大学、民間技術者間で意見交換を行った。埼玉県内の63市町村のうち、橋長14.5m以上の橋梁点検を実施(平成22年度末見込み)している市町村は39市町村で、橋梁数では644橋と全体の35.6%である。長寿命化修繕計画策定の実績(平成22年度末見込み)になると5市町村と激減し、14.5m以上の橋梁についても苦戦している²⁾。一方、市町村が管理する橋梁のほとんどは14.5m未満の橋梁で、例えば加須市は9割以上を占める。市町村で大きな問題となっている1つとして、これら14.5m未満の橋梁管理をほとんど行うことができないことが挙げられる。現在、14.5m未満の橋梁点検に取り組んでいるのは、加須市のみであるが、これも1級・2級幹線市道に架かる橋のみである²⁾。

本報告では、大学の所在地である行田市でも、14.5m未満の橋梁については全く点検作業が行われていないという現状を鑑み、橋梁基本情報(行田市より提供)を基に大学で独自に14.5m未満の点検作業(上部工・下部工)を行い、橋梁カルテの作成、建設年度と劣化状態との関係について検討した。

2. 台帳に基づく橋梁数等の基本情報

行田市から提供して頂いた橋梁基本情報の一覧を整理し、行田市の現状を把握した。行田市が管理する橋梁は720橋であり、図-1のように大分類で「鋼橋」「コンクリート橋」「石橋」「木橋」の4種類に分類される。そこからさらに表-1に示すように詳細分類される。各橋梁数は、コンクリート橋が660橋(91.7%)と最も多く、次いで鋼橋が44橋(6.1%)となっている。橋長別に見ると14.5m未満の橋梁が605橋(88.1%)である。建設年代別に見ると図-2に示すように、建設年度不明の橋梁が556橋(77.2%)である。14.5m以上の橋梁はある程度建設年度が分かっているのに対し、14.5m未満の橋梁は殆どが建設年度不明である。

行田市では、図-3のように市を10地区のブロックに分け、地区ごとに橋梁台帳が作成されている。そして、各地区の橋梁数は図-4に示す通りである。行田市では、14.5m以上の橋から点検を始めているものの、未だ9割以上の橋梁について点検が行われていない現状にある。

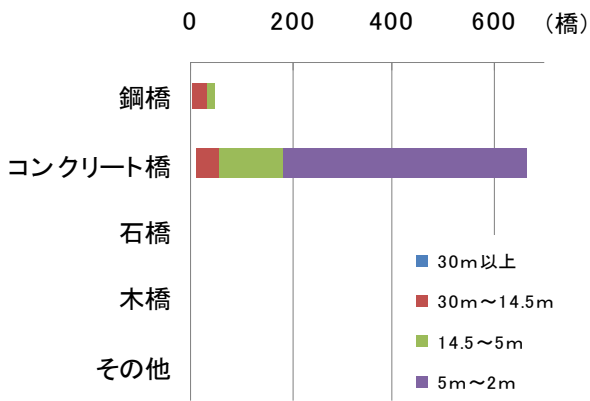


図-1 橋種別橋梁数

表-1 橋梁の詳細分類

鋼 橋			
I形鋼橋	SB	鋼 拱 橋	SA
鋼 桁 橋	SG	鋼剛構橋	SR
鋼 構 橋	ST	吊橋(補剛桁が鋼材)	SUS
コンクリート橋			
コンクリート床版橋(桁橋)	KB	PSコンクリート床版橋	PB
コンクリート拱橋	KA	PSコンクリート剛構橋	PR
コンクリート剛構橋	KR	ボックス橋	BX
石 橋		木 橋	
石版橋(桁橋)	MB	木 桁 橋	WB
石 拱 橋	MA	木 構 橋	WT
		吊橋(補剛桁が木材)	SUW

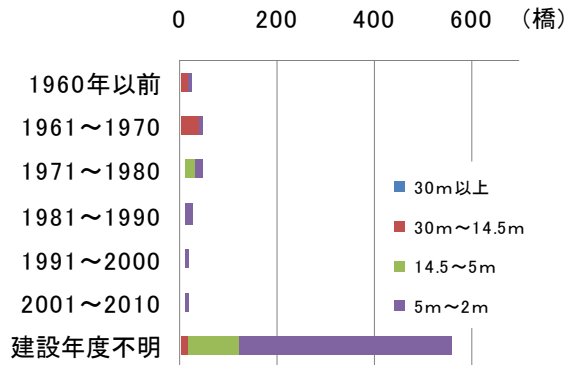


図-2 年代別橋梁数

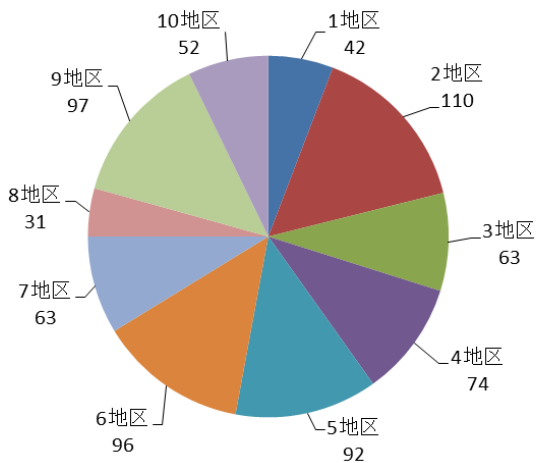


図-4 地区別橋梁数

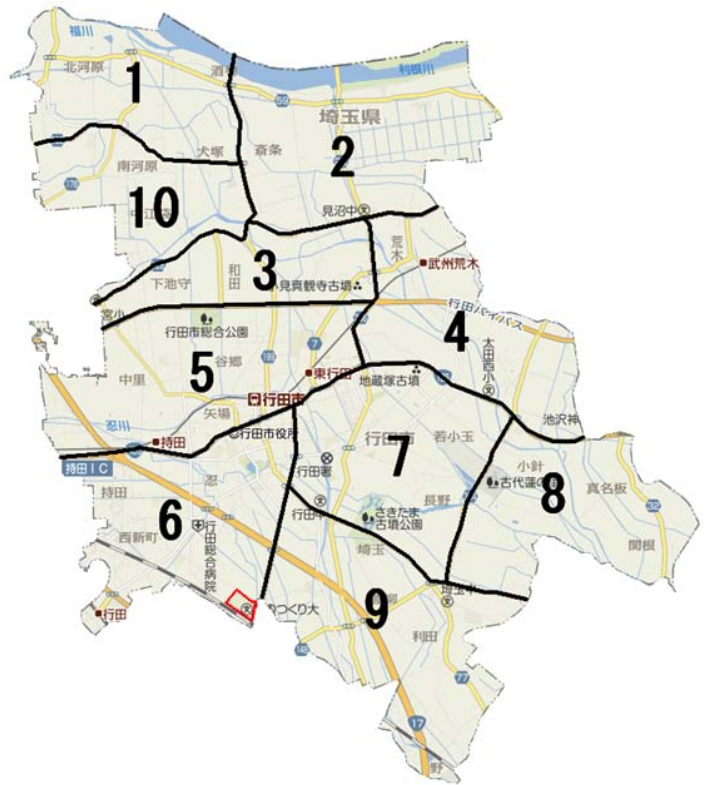


図-3 行田市の地区分け

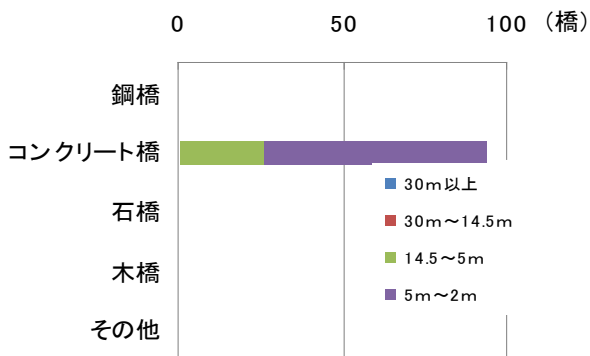


図-5 橋種別橋梁数 (6 地区)

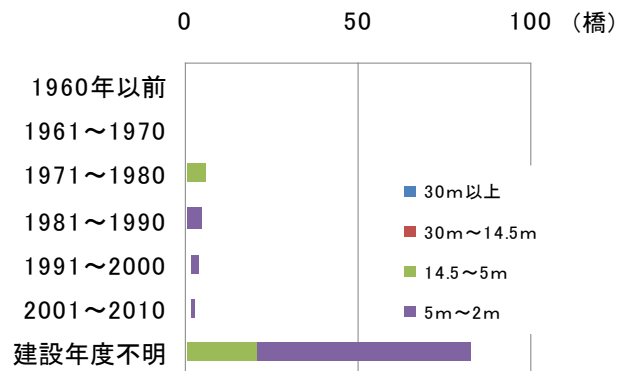


図-6 年代別橋梁数 (6 地区)

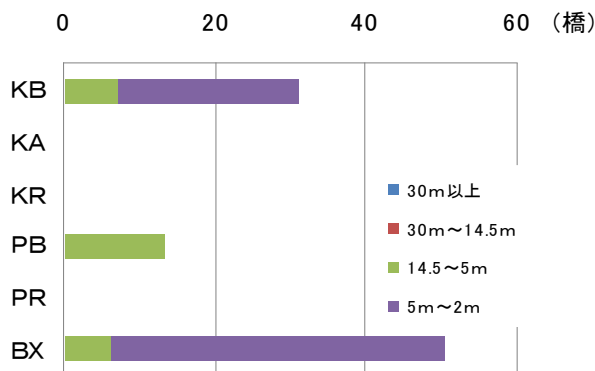


図-7 コンクリート橋詳細分類 (6 地区)

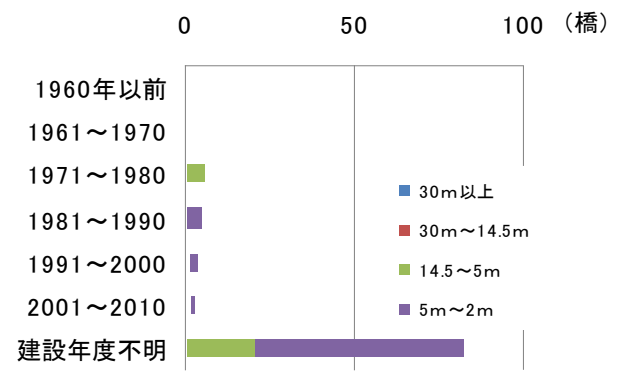


図-8 年代別橋梁数 (6 地区・コンクリート橋)

3. 第6地区内の橋梁数等の基本情報

6地区内には96橋の橋梁がある。これは市が管理する橋梁の13.3%にあたる。また、すべての橋梁が14.5m未満である。大分類別の橋梁数は図-5に示す通りで、コンクリート橋が94橋(97%)と殆どを占めている。これは行田市全体の橋梁に対するコンクリート橋の割合よりも多い。図-6は建設年代別に示したものであり、建設年度不明が82橋(85.4%)と非常に多い。

コンクリート橋を詳細分類で表すと図-7のようになる。ボックス橋(以下BX)が50橋(53.2%)と最も多く、次いでコンクリート床版橋(以下KB)が31橋(33.0%)、PSコンクリート床版橋(以下PB)が13橋(13.8%)となっている。中でも5m未満のBXが約半数を占めている。建設年代別に見ると図-8に示す通り、ここでも建設年度不明が80橋(85.1%)と大多数を占めている。

4. 橋長14.5m未満の橋梁点検

今回は初めての試みということもあり、大学が属する6地区内の計21橋(図-9)の点検作業を実施した。点検には埼玉県が14.5m未満の橋梁に活用している簡易点検マニュアル(遠望目視)を参考にした。

4.1 点検を行う橋梁の選定

建設年度と劣化状態の関係を調べるため選定基準は、大学周辺または6地区内の建設年度が判明して

いる各種類の橋梁とした。結果、PBが10橋、KBが4橋、BXが6橋、鋼橋が1橋、その内建設年度が判明しているものが10橋である。

4.2 点検作業の実施

今回の点検では、上部工のひび割れ・エフロレッセンスの有無，下部工のひび割れ・支承の劣化，高欄の劣化・舗装の段差を中心に目視で確認した。なお，床版裏を直接点検するには危険を伴うため，図-10の撮影器具を用いて高欄から下におろし，図-11のように床版裏の撮影を行った。図-12は実際に撮影した床版裏の写真である。

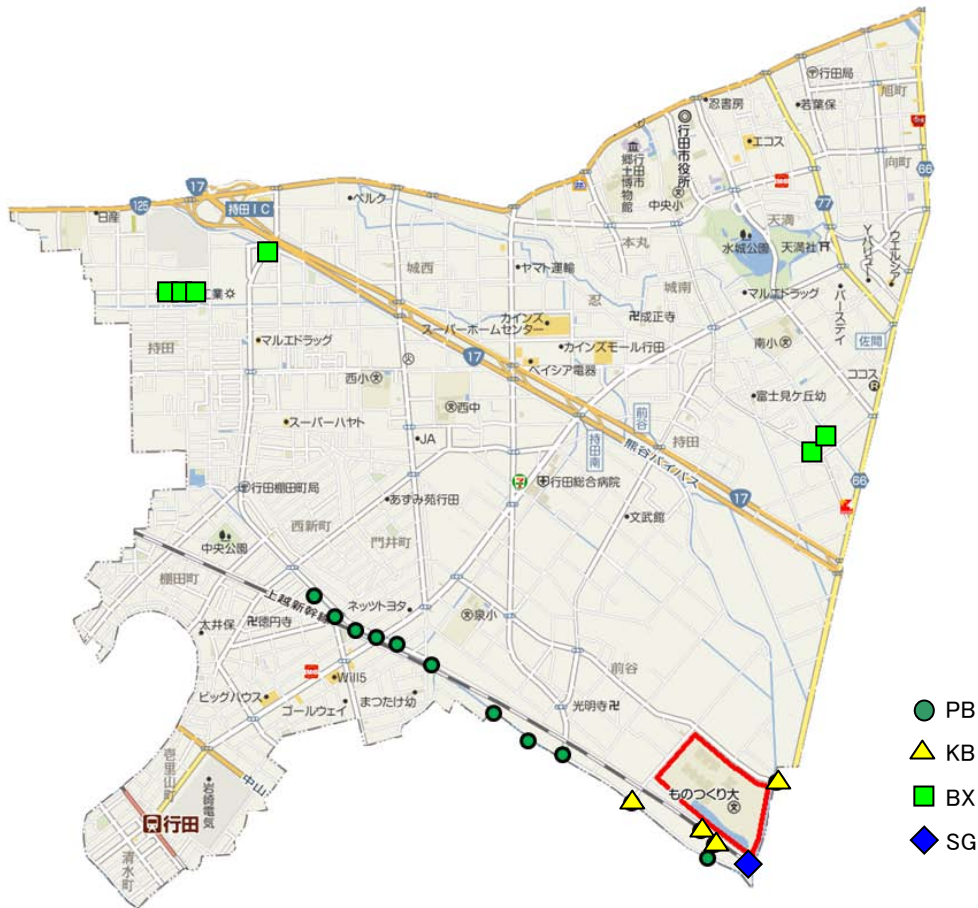


図-9 6地区の橋梁点検実施箇所



図-10 床版裏撮影器具



図-11 床版裏撮影風景



図-12 床版裏の様子

表-2 損傷判定一覧

名称	6-52	6-72	6-73	6-74	6-75	6-76	6-77	6-78	6-79	6-80	6-82
上部工	50%	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%
下部工	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
その他	43%	43%	43%	29%	43%	43%	57%	17%	50%	29%	14%
名称	6-83	6-85	6-96	6-97	6-98	6-99	6-101	6-102	6-103	6-104	
上部工	20%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	
下部工	0%	0%	0%						0%		
その他	43%	20%	40%	33%	0%	17%	0%	0%	14%	0%	

SG: 鋼桁橋			KB: コンクリート床版橋			PB: PSコンクリート床版橋			BX: ボックス橋		
平均	上部工	50%	平均	上部工	17%	平均	上部工	4%	平均	上部工	0%
	下部工	20%		下部工	0%		下部工	0%		下部工	
	その他	43%		その他	22%		その他	40%		その他	8%



下部工 (橋台)



上部工 (床板裏)



上部工 (床板裏)



排水口の詰まり



地覆の損傷



高欄ガードレールの破損



図-13 上部工・下部工・その他の写真

図-14 排水柵の清掃

4.3 点検結果

埼玉県の簡易マニュアルを参考に、各部位ごとに損傷率(損傷項目数/点検項目数×100)を求め、損傷判定を行った。表-2に今回点検を行った21橋の損傷率を示す。いずれの橋梁も図-13のように上部工・下部工ともに損傷はあまり見られなかったが、目視不可の項目も数多くあった。一方、損傷が認められた項目は、「高欄」「地覆」「防護柵」「排水柵」であり、特に地覆にひび割れ、鉄筋の露出、欠損などが認められた。また、交通量の多いところでは舗装面などに損傷が見られた。

研究室では、橋梁の劣化が少しでも進行しないように、橋梁点検終了後、図-14のように排水柵を清掃した。

5. 橋梁カルテの作成

今回点検を行った21橋に対して、橋梁カルテを作成した。橋梁カルテでは、表-3に示した橋梁点検結果に加えて、橋梁の基本情報、全景写真、劣化箇所の写真などを記載した。

表-3 橋梁カルテの作成の一例（橋梁点検結果）

点検箇所	点検内容	評価点						観察結果	損傷判定				
		1	2	3	4	5	6		観察項目数	損傷ありの項目数	損傷率	判定	
上部工	桁	腐食・錆	目視不可	なし	腐食著しい	広範囲	局部的	退色					
		主桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい							
		横桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい							
		ボルトの脱落	目視不可	なし	あり								
		主桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		横桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい							
	コンクリート桁	遊離石灰(白い筋)	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		鋼板接着の劣化	目視不可	なし	あり	著しい							
		ひび割れ	目視不可	なし	抜け落ち	格子状	一方向		2				
		漏水	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		遊離石灰(白い筋)	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		鋼板接着の劣化	目視不可	なし	あり	著しい							
下部工	コンクリート床版	漏水・土砂詰まり	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		鋼製支承の腐食・さび	目視不可	なし	あり	著しい							
		畜座コンクリートの破壊	目視不可	なし	あり	著しい			2				
	支承	ひび割れ(遊離石灰)	目視不可	なし	貫通	格子状	一方向		2				
		沈下・変位	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		骨材や鉄筋の露出	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		先堀による基礎の露出	目視不可	なし	あり	著しい			2				
		ひび割れ(遊離石灰)	目視不可	なし	貫通	格子状	一方向						
		沈下・変位	目視不可	なし	あり	著しい							
	橋脚	骨材や鉄筋の露出	目視不可	なし	あり	著しい							
		先堀による基礎の露出	目視不可	なし	あり	著しい							
		損傷・劣化・欠落	目視不可	なし	あり	著しい			3				
高欄		目視不可	なし	あり	著しい			2					
防護欄		目視不可	なし	あり	著しい								
橋面舗装		目視不可	なし	あり	著しい			4					
その他	排水柵	目視不可	なし	あり	著しい			3					
	異常な段差	目視不可	なし	あり	著しい			3					
	遊間(適切な隙間)	目視不可	正常	異常				2					
	異常音	目視不可	なし	あり	著しい			2					

損傷率の判定 A:25%以下, B:25~66%, C:66%超,
Z:損傷はないが目視不可の部位がある

6. 供用年数と健全度の関係

点検結果をもとに、建設年度が判明している10橋について、健全度（100－損傷率）と供用年数（2010－建設年度）との関係を調べ図-15のようにまとめた。供用年数に関係なく、「上部工・下部工」は健全であるのに対し、「高欄・その他」の健全度は供用年数の増加に伴い低下する傾向にあった。供用年数が20年以上の橋梁では健全度が75%を下回る（損傷率が25%を上回る）場合もあり、高欄・地覆などで注視が必要である。

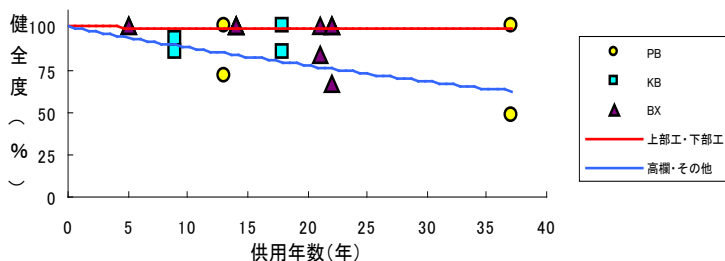


図-15 健全度と供用年数との関係

7. まとめ

行田市が管理する橋梁を整理し、橋長14.5m未満の橋梁21橋の点検を行い、橋梁カルテを作成した。点検結果では、上部工・下部工に損傷はあまり見られなかったが、付随する高欄、地覆などには損傷が認められた。今後は、さらに調査範囲を広げて調査橋梁数を増やしていきたい。

今回、橋梁の基本情報を提供して頂いた行田市道路治水課の金子利昭氏に感謝いたします。

文献

- 1) 土田祥彬, 澤本武博, 飛坂基夫, 中村俊彦, 地頭菌博: 埼玉県内の市町村における橋梁の維持管理の現状と大学の取り組み, ものづくり大学紀要 No.1, pp.50-53, 2010.6
- 2) 市町村インフラのメンテナンスを考える意見交換会資料: (社)日本コンクリート工学協会, 2011.3

報告 Report

第5回 彩の国 人にやさしいまちづくり賞を受賞して

—NPOと大学生による福祉施設と家具作りなどのコラボレーション活動—

原稿受付 2011年4月5日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 82~87

大島博明

ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科

1. はじめに

2011年2月16日、大島研究室が、「第5回彩の国人にやさしいまちづくり賞」を受賞することになった。

テーマ : NPOと大学生による福祉施設と家具作りなどのコラボレーション活動

活動内容 : 技術者教育の場で地域のNPOと連携し、福祉施設の基本設計やインテリア設計提案をおこなっている。

受賞理由 : 「人にやさしいまちづくり」を研究室のメインテーマとし、「人にやさしいまちづくり」を継続的に実践している。

以上が概要である。

2007年から研究室が進めている活動が評価され、埼玉県上田知事から表彰を受けたものである。私がものづくり大学に着任してから、ゼミの学生達と進めてきた、福祉施設の建築デザイン、インテリアデザイン及び家具デザイン・制作活動が対象である。

受賞対象となった行田市にあるNPO法人「CILひこうせん」（木村浩章理事長）との4年間の活動記録を報告したい。（以後 ひこうせんと記す。）

「ひこうせん」は「障害者の自立、そしてボーダレスな社会作りの実現」を目指し、2004年にNPO法人として設立された。現在、居宅介護、生活介護就労支援、障害児童学童保育、グループ生活ホーム等を運営活動している。その中で、絵画やアートグッズ等を展示販売するスペースの設計協力を研究室として、継続的におこなってきた。

2. 活動事例

2.1 カフェギャラリー「それいゆ」

現地調査・建物診断及び設計与件の協議

2008年1月11日に「ひこうせん」より、以前耐震診断をした建物（民家）の増築及び改築について相談を受けた。この増築設計は、障害者支援活動として意味があることに加え、学生達の実務教育の場として有意義と考え協力することとした。

前年2007年6月22日に行った大島研究室の建物診断では、特に納屋と蔵の老朽化を指摘した。その後両施設は解体され、母屋を心身障害者がクラフト制作や販売等をおこなっているデイケア施設「こころ」として使っていた。この建物に、絵画やアートグッズを展示しながら、カフェとしての機能を持つ

スペース「カフェギャラリー」を増築したい意向であった。

母屋部もかなり老朽化が進んでいた。既存母屋に建物を増築する場合、既存部分も新たに建築基準法の適用を受け、予算上もデザイン上も制約が大きいことを指摘した。「ひこうせん」側のイメージする建物を創るために、別棟で計画する案を提案した。

2008年1月30日から設計与件及び進め方の協議を「ひこうせん」側と行い、2月29日には設計与件を整理した。

多目的スペースの設計与件メモ（080229案）

□ 必要諸室 27.5坪

1、多目的室 約12.5坪

・カフェ、ギャラリー等

就労継続支援 B型（非雇用型）

最低定員10人、10坪以上

2、厨房 約8坪程度

・就労移行支援 最低定員6人、6坪以上

・厨房そのものを自立のための活動スペースとする

・車いす対応可能

・業務用厨房でなく、大きめの住宅用厨房の機能を備えたもの

3、相談室 約4坪程度

・定員 4人から5人用+車椅子（6畳程度）

・収納

※打合せにより、後日多目的室に組込むこととなった。

4、トイレ 約3坪程度（1.5坪2室）

・3畳程度で車椅子使用が可能なこと

・1室は厨房用を兼ねる

5、工事予算 2000万程度（補助金申請による。）

以上の与件をベースに設計案を検討することとなった。



写真1: デイケア施設「こころ」



写真2: 設計提案（中村案）



写真3: 上棟時



写真4: 外部

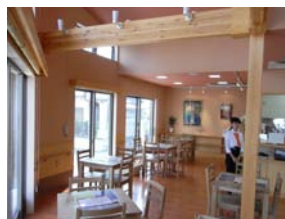


写真5: 内部



写真6: オープンセレモニー

学生達による敷地見学及び施設見学調査

3月11日には、大島研究室の学生により、敷地及び現況施設の詳細調査を行った。「ひこうせん」側から設計与件の説明が行われた。3月28日には、行田市内の障害者施設等の見学を学生達がおこなった。その後「ひこうせん」側と設計条件について、学生を交え再度議論したうえで、設計案制作に入った。ゼミ活動として、繰り返し設計指導をおこない、各自が設計図及び模型を制作した。

4月28日には、「ひこうせん」側の他、他の障害者団体等もたくさん参加して、審査会が「ひこうせん」本部でひらかれた。提出された中村新之助案、松澤健案、川本真也案について慎重な審査をおこない、最終的に中村案が選ばれた。中村案は、広場及び道路側に吹き抜けのある多目的室（カフェ、ギャラリー）を取り、諸機能をよく整理した案であること及び屋根形状を翼の型にしたデザインが評価された。相談室の扱いなど審査会で出た意見を大島が調整し、まとめることとなった。

2008年5月20日県側の融資審査に必要な基本設計図面、工事積算書及び設計監理見積書等の資料を「ひこうせん」側に納品した。6月から7月にかけて行われた県の事前審査を経て、8月4日に「ひこうせん」側に推敲を重ねた最終図面をお渡しした。県の融資審査は幸運に通ったが、実施設計及び確認申請はスケジュール上たいへん厳しい制約があることが解り、協議の上地元のコソノ設計にお願いすることになった。

コンノ設計や施工を担当された久保田興業等のご努力により、10月13日無事着工することができた。11月11日の上棟から年明けの2009年2月末の建物完成まで、数回現場見学をさせて頂き、建物の設計監理のポイントを学生達に体験させることもできた。

4月1日には、神谷学長と共にオープンセレモニーにお招き頂き、関係者の皆様と喜びを分かち合う事が出来た。

2.2 ギャラリー「スペース径」

第1期（2008年6月から10月）

「それいゆ」の基本設計を終了後、「ひこうせん」側から、熊谷の星川で本格的なギャラリーをビルの1階で始めたいので、インテリアデザインを考えて欲しいと依頼された。

2008年6月19日には、研究室の村上君と共に、ビル見学に行き、現地で「ひこうせん」側と打合せを始めた。6月23日には、大島研究室の学生で、建物及び敷地調査を行った。2区画対応を想定した賃貸ビルであり、排煙計画及び水廻りの配置計画が設計のポイントとなること、判明した。

「ひこうせん」側と打合せをして、設計条件を下記のように整理した。

□ 設計与件

- 1、就労移行支援スペースとしてのギャラリー
50㎡程度
- 2、ヘルパー派遣事務所（面積規定なし）
- 3、相談室（12㎡以上）
- 4、静養室（12㎡以上）
- 5、多目的トイレ（6㎡以上）
- 6、トイレ・給湯室
- 7、第1期工事予算 200万

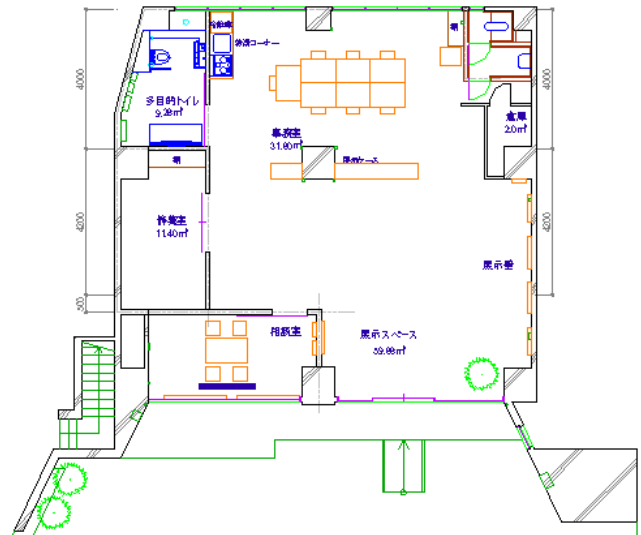


図1 第1期 「スペース径」 工事図面

□ 設計与件

アートギャラリーとしての機能を優先にし、展示スペースは入口側中心に設け、事務室は奥に設ける。事務室・展示スペース間は展示ケースで仕切り、排煙計画上ワンルームとする。壁面は極力増やし、展示壁面として確保する。正面の広いウインドウは、ギャラリーの常設展示を行う。既存の設備配管及び設備を利用して、予算を抑えた計画とする。機能上区切る必要のある部屋は、引き戸として排煙対応をした。県の建築指導課と協議して進めた。

大島研究室の最終案では、ファサードを確保し、正面に常設展示コーナーを設ける計画としたが、福祉事務所からの要望で、正面に相談室を置く案で施工された。施工は、地元の久保田興業にお願いした。第1期工事は、予算上の制約から必要諸室の確保が中心であった。

10月10日、第1期工事が完成し、オープンセレモニーが行われた。



写真7 スペース径 正面



写真8 スペース径 内部

第2期 (2008年10月から2009年2月)

2008年10月21日、「スペース径」で打合せ後、28日研究室の学生と1期工事の見学確認を行った。

限られた予算と時間で第1期のギャラリーを作らざるをえなかったが、第2期で本格的なギャラリーを検討することになった。

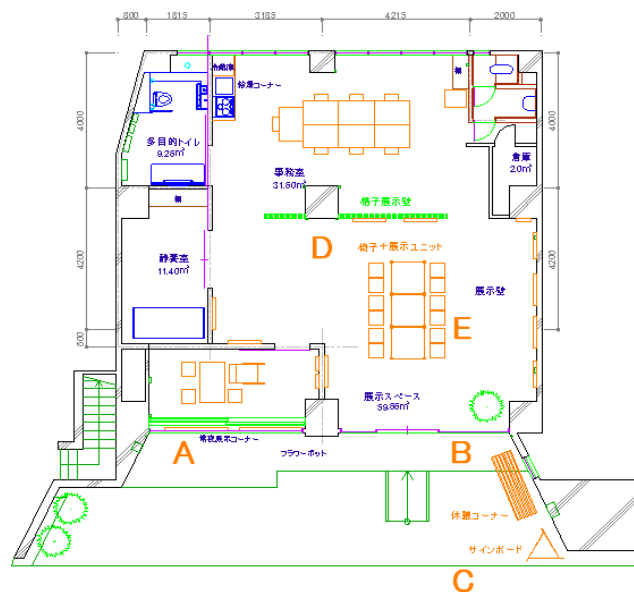
□ 第2期設計提案主旨

1、エクステリア計画

- ・常設展示コーナーの設置
- ・入口休憩コーナー及びサインボードの設置
- ・外部照明計画

2、インテリア計画

- ・木製縦格子展示壁の提案
- ・多様な展示空間計画



A : 常設展示コーナー B : 外部休憩コーナー
C : 外部サインボード D : 木製格子展示壁
E : 展示テーブル・展示椅子

以上を提案骨子とした。

藤澤君、佐々木君でインテリア設計を行い、渡辺、江森君で家具の設計制作を行う分担となった。家具に関しては、大島研究室の卒業制作等を通して今後も順次協力してゆくことになった。

ギャラリーの一般開放やアクセサリ、グッズの展示及びお茶のサービスができる空間が求められた。多様な展示空間計画の中心として、展示機能とテーブル機能を備えた展示テーブルを渡辺君が担当した。また、展示機能と椅子の機能を備えた展示椅子を江森君が担当した。「ひこうせん」側と現地で打合せ協議を行いながら、インテリア設計及び家具の設計・制作をおこなった。

12月26日、「ひこうせん」側と最終打合せを行い、それぞれの卒業設計、製作を完成させ、2009年1月の卒業発表をおこなった。2月24日には、「ひこうせん」側に、卒業設計及び制作の成果を披露した。



写真9：インテリア模型



写真10：展示テーブル、椅子

第3期 (2009年10月から2010年2月)

1期2期と「スペース径」のインテリアデザイン及び家具制作を提案してきた。ひこうせん側と継続協議をしていく中で、ギャラリーを行田に移設する検討の話が出た。

今回の展示計画のポイントである木製格子展示壁を可動にしたいという要望があった。第3期は、村上君、岩瀬君、脇君が担当した。村上君が、展示壁の設計を担当し、岩瀬君が制作を担当した。脇君は、展示椅子の発展形を検討することになった。

展示壁は安定性を考え下部に収納を設け、壁面は格子状にして排煙処理と展示機能の両機能を盛り込む設計とした。w900のユニットタイプにし、移動が可能な計画とした。また、コーナーはR状にして車椅子対応を考えた。卒業制作とし、コーナー部の試作品を制作したが、格子部のコーナー部の処理が難しかった。以後継続して、検討を進めている。



写真 11: スペースKの内部状況



写真 12: 模型による協議

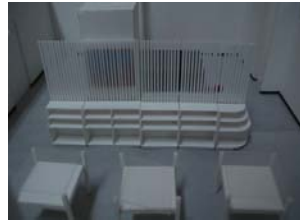


写真 13: 可動展示壁模型



写真 14: 可動展示壁の試作

2.3 広報活動

大学祭での共同展示

2008年11月2日 碧蓮祭において、「それいゆ」及び「スペース径」に関する設計制作活動及び建設の記録を展示発表した。「ひこうせん」側は、アートグッズ及び絵画等の展示会及び販売を行った。



写真 15: 碧蓮祭での展示

「埼玉住まい・まちづくり交流展」での発表

2009年10月25日、日本建築学会埼玉支所主催「埼玉住まい・まちづくり交流展 2009in 深谷」が深谷旧七つ梅酒造を会場に開催された。大島研究室片山君が「それいゆ」及び「スペース径」に関する活動発表を行った。



写真 16: 片山君の発表

2010年10月23日、日本建築学会埼玉支所主催「埼玉住まい・まちづくり交流展 2010in 深谷」が昨年に続き、深谷旧七つ梅酒造レンガホールで開催された。大島研究室松尾君が熊谷市星川通りに卒業設計で計画した「子供と老人が出会う街」について発表をおこなった。熊谷市への新しい街づくりに対する提案である。23日、24日と大島研究室の活動を展示発表した。

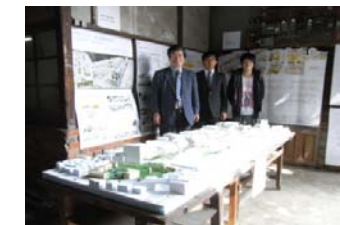


写真 17: 松尾君の展示

八木橋 2010年 amp 展

2010年8月26日から29日まで熊谷市八木橋デパートで「amp かわいいサミット 2010」が行われた。

埼玉県、熊谷市、行田市 等とともに大島研究室も後援した。この会は福祉団体がアートやグッズ等を通して、「地域に発信する福祉」を目指すイベントである。大島研究室の「人にやさしいまちづくり活動」を展示発表した。

「ひこうせん」とのコラボレーション活動も注目されたが、熊谷市の星川通りに計画した松尾君の卒業設計「子供と老人が出会う街」も、地元の計画ということもあり、たいへん注目された。



写真 18: amp 展展示

3. 設計実務教育と「人にやさしいまちづくり」活動について

「人にやさしい建築及び環境をつくる」ことを願って設計活動を行ってきた。研究室の活動も同じ目標を持って運営したいと考えている。ものつくり大学の設立趣旨に「実学を重視し、理論から入るので

はなく、まず現実にもものに接し、ものの命を体感、体得し、そこから問題を発見し、自らその解決方法を見出し、自ら企画して制作するプロセスを大切にする。」とある。その理念に共感するものとして、是非設計者実務教育を実践したいと考えてきた。

「ひこうせん」との活動は、ものづくりの基本を学生達と考えるたいへんよい機会だったと考える。同時に、障害者の自立支援に関わるたいへんよい機会にもなった。特に障害を抱えながらも、強い個性で努力する「ひこうせん」の木村浩章理事長の活動エネルギーには、大いに勇気付けられた。

設計活動において非常に大切な、与件分析からプランニングをするプロセスを、この活動では実際に学生達が体験することができた点が貴重であった。施主側と同種の施設見学や多くの議論打合せを行うことが出来た。使い手であり、そこで活動する障害者への理解を深めることもできた。また、建築指導課及び福祉保健センター等を訪れ、設計活動上必要な法的な手続きに関する体験もできた。

「ひこうせん」側に設計協力した2つの施設は、アートを中心にして、地域と障害者の接点の場をつくる試みを行っている。私達の研究室は、「人にやさしいまちづくり」活動を通して、地域の活性化に貢献することを目指している。現在、埼玉県道路公社及び地域とのコラボレーション活動や市庁舎を中心とした公共スペースの有効活用に関する調査研究等も進めており、これらの活動も「人にやさしいまちづくり」活動の実践と考えている。

4. 謝辞

NPO法人「CILひこうせん」の木村理事長、斎藤副理事長、ひこうせんの全スタッフの皆様及びコンノ設計・久保田興業の皆様にはたいへんなご協力、ご指導を頂きました。改めてここに厚く感謝申し上げる次第です。



写真19 「それいゆ」オープン
神本学長と木村理事長



写真20 表彰式

文 献

- | | | |
|------------------------|------------------------------------|-------|
| 1) 「それいゆ」「スペース径」基本設計担当 | | 中村新之助 |
| 2) 2008年卒業研究・制作・設計梗概集 | ひこうせん熊谷事務所のインテリア設計 | 藤澤恒志朗 |
| 3) 2008年卒業研究・制作・設計梗概集 | ひこうせん熊谷ギャラリーのインテリア設計 | 佐々木謙 |
| 4) 2008年卒業研究・制作・設計梗概集 | アートギャラリー空間における展示テーブルの設計及び制作 | 渡辺拓朗 |
| 5) 2008年卒業研究・制作・設計梗概集 | ひこうせん熊谷ギャラリーに関する研究 | 江森 仁 |
| 6) 2009年卒業研究・制作・設計梗概集 | アートギャラリー「スペースK」の間仕切り家具設計 | 村上祐介 |
| 7) 2009年卒業研究・制作・設計梗概集 | アートギャラリー「スペースK」の間仕切り家具製作 | 岩瀬大和 |
| 8) 2009年卒業研究・制作・設計梗概集 | 「スペースK」照明機能付き展示椅子の設計及び制作 | 榎 祐司 |
| 9) 2009年卒業研究・制作・設計梗概集 | WATER CITY IN KUMAGAYA「子供と老人が会おう街」 | 松尾春樹 |

報告 Report

次世代の浮体橋建設

原稿受付 2011年4月5日

ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 88~91

増淵文男^{*1}, 澤本武博^{*1}, 大窪力司^{*2}, 村上幸一^{*2}
片山豊廣^{*2}, 石井隆^{*2}, 吉澤清三^{*2}, 加藤博^{*2}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*2}ものづくり大学 非常勤講師

1. はじめに

古くから仮設橋として木材を用いた舟橋や浮橋がつくられてきたが、近年プレストレストコンクリートや鋼を用いた強くて耐久性のある浮体の製造が可能になった。そして、大がかりな橋脚の基礎を建設する必要がないため、海底地盤が軟弱な海域や湖、フィヨルドのように水深が深い湾口では、次世代の浮体橋として建設されている。国内では、港の浮棧橋などに用いられているが、例えばアメリカ西部のワシントン州ワシントン湖にかかるホーマーヘッドレー橋は、長さ1770m、5車線の車道の傍らに歩道を持ち、1日10万台の車を渡している。また、フィヨルド海岸の続くノールウェーでも、長さ845mのベルグソイスンド橋などの浮体橋が架けられている¹⁾。

本学では、実技・実務教育の一環として、2008年4月～8月にかけて、建設学科3年生のストラクチャーコースの実習授業で、この次世代の浮橋人道橋を建設した。そして、浮体橋を建設した学生の2010年3月19日の卒業式に合わせて開通式を行った。

2. 学内に建設した浮体橋の概要

学内に建設した浮体橋は、調整池中央部の幅30mを横断するもので、図1に示したように、水面に浮体を9ユニット並べたものである。浮体の内部には浮力を得るために建設用スチロール（発泡合成樹脂）を用い、外面を炭素繊維補強筋コンクリートで覆っている。浮体のほとんどは水中に位置するため、従来の鉄筋をコンクリートの補強筋として用いると腐食する可能性があるため、炭素繊維を補強筋として用い、新素材の新たな事例適用を提案している。浮体は2ユニット毎にクレモナロープで連結してチェーンのような構造になっている。なお、浮体橋中央部はクレモナロープではなくシャックルを用い、連結を自由に解除できるようになっており、オープンな水面を確保できる。また、池が増水するとそれに伴い浮体橋も上昇するようになっている。浮体橋の名前は、幸田露伴の作品「雲いろいろ」より、江戸時代に使われていた、この地で発生する雲の名から、「坂東太郎橋」とした。

3. 浮体橋の施工プロセス

3.1 浮体の作製

浮体の平面図および断面図を、図2に示す。浮体は、軽量盛土材料などに用いられる建設用スチロール（密度 0.02g/cm^3 、許容圧縮応力 50kN/m^2 ）の上部を、高強度炭素繊維（密度 1.42g/cm^3 、引張強度

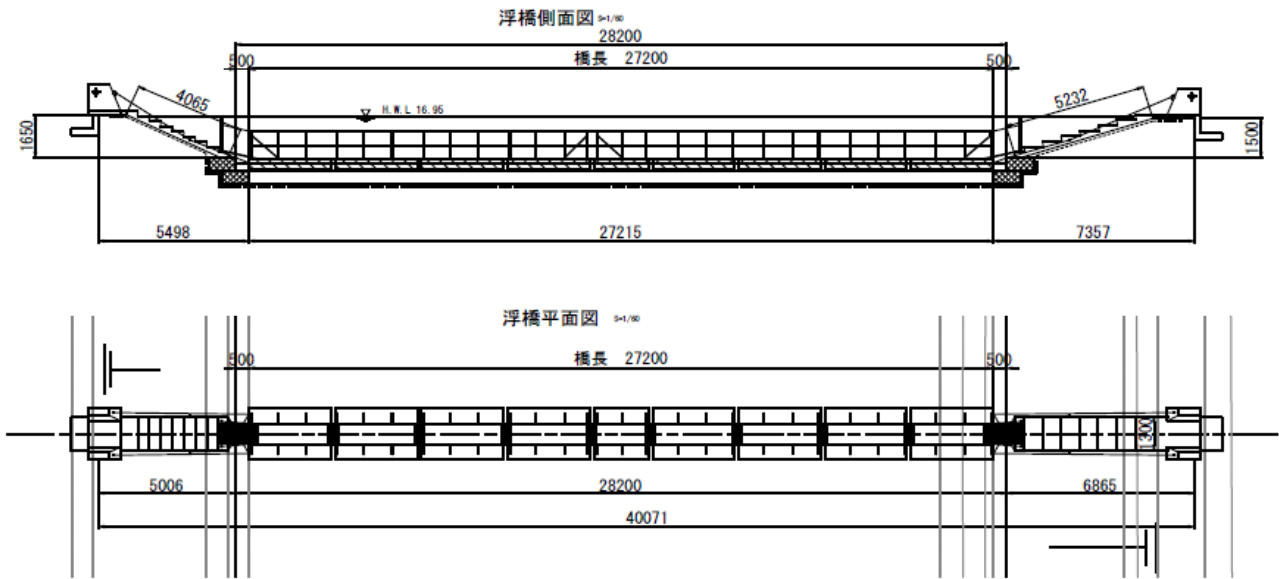


図1 浮体橋の側面図および平面図

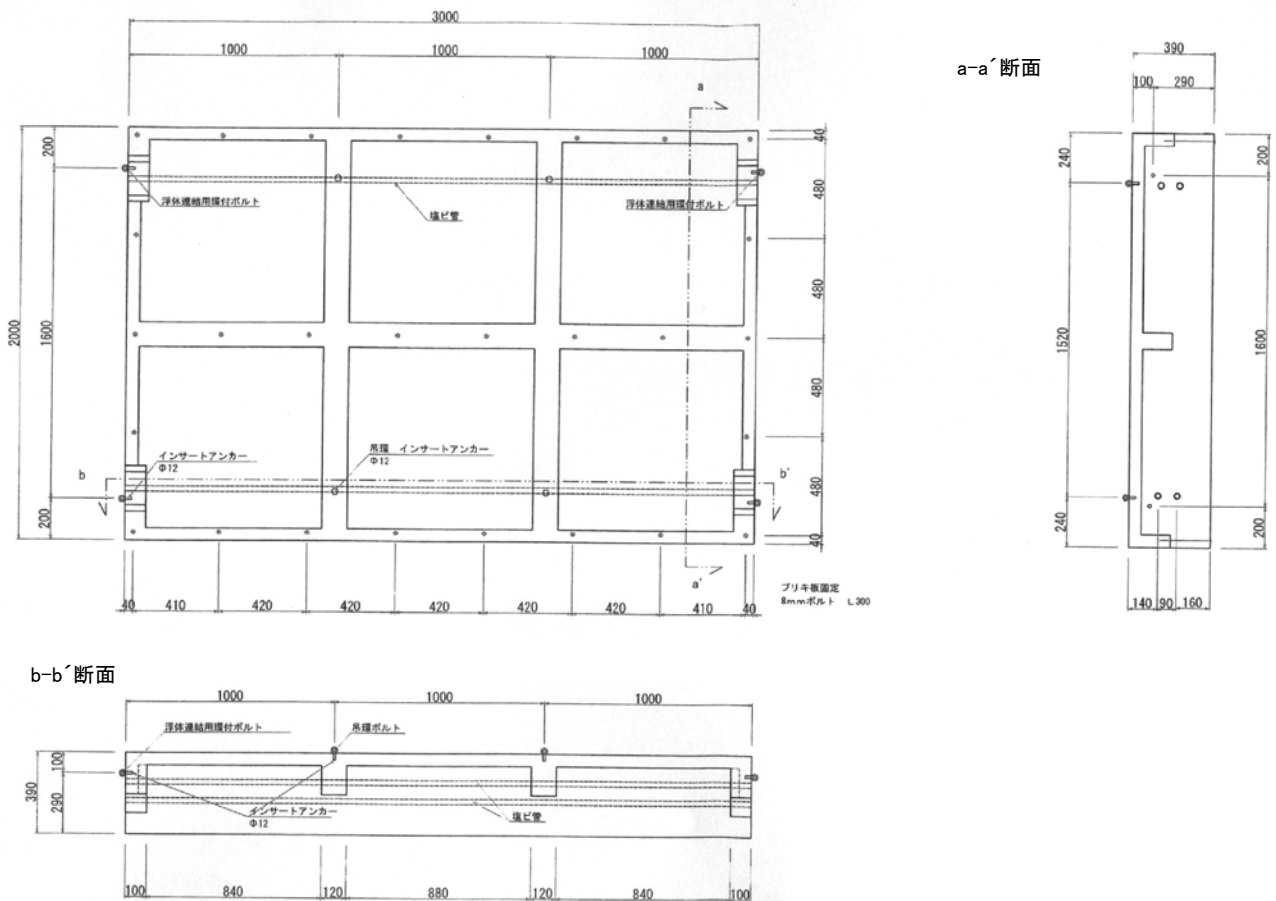


図2 浮体の平面図および断面図

1400N/mm², 引張弾性率 100kN/mm²) を補強筋とした高強度コンクリートで覆う構造となっている^{2,3)}.
 施工手順としては、図3のように浮力となる建設用スチロールを電熱線で所定の寸法に加工し、図4のように高強度炭素繊維を建設用スチロール上部にセットした。浮体コンクリートの打設の様子を図5



図3 建設用スチールの加工



図4 高強度炭素繊維のセット



図5 浮体コンクリートの打設



図6 高強度コンクリートの使用



図7 浮体の完成



図8 アバットの鉄筋組立



図9 アバットのコンクリート打設



図10 葦の除去



図11 浮体の設置状況



図12 浮体の連結



図13 浮体橋の完成

に示す。浮体コンクリートの最小断面が60mmのため、図6に示したような自己充填性の高い高強度コンクリート（圧縮強度 $60\text{N}/\text{mm}^2$ ，スランプロー60cm）を使用した。手摺には、Vの字に加工した鉄筋を用い、図7のように浮体コンクリートに埋め込んだ。



図 14 開通式テープカット



図 15 開通式記念写真



図 16 浮橋の名盤

3.2 アバットおよびアプローチ部の施工

図 8 のようにアバットの配筋、型枠建込みを行い、並行してアプローチ部の階段型枠の設置、配筋も行った。コンクリートの打設では、型枠付近まで生コン車が入れない状況にあったため、図 9 のように一輪車およびバケツを用いてコンクリートを運搬し、タコや突き棒で締め固めた。

3.3 浮体の設置

まず、図 10 のように浮体橋設置箇所の葦を取り除き、図 11 のように浮体をクレーンで吊り上げ、順次調整池に降ろし、所定の位置まで運搬した。図 12 のように浮体および手摺を連結し、浮体と浮体の間は FRP グレーチングで繋ぐことで完成に至った。図 13 に浮体橋の全景を示す。そして、2010 年 3 月 19 日に開通式（図 14、図 15）を迎えた。名盤（図 16）には、建設に携わった学生の名前が刻まれており、何年、何十年後かに本学を訪れた時に、当時のことを思い出してもらいたいものである。

4. おわりに

浮体橋も橋梁の一種であるが、基礎工事が不要で、破損が生じてもユニット交換で済み、経済性にも優れた新たな橋梁として提案できる。本学では、古き良きものを再発見して、次世代のプロトタイプものづくりにチャレンジしている。

謝 辞

浮体橋建設は、本学 6 期生の学生が 3 年生の実習授業で行ったもので、困難な作業にも進んで対処してくれたことを誇りにも思っている。また、設計は建設コンサルタントとの共同で行い、新素材の炭素繊維補強筋はメーカーからの提供によるもので、ここに謝意を表す。

文 献

- 1) 鹿島建設株式会社, 橋の歴史物語, 第 4 章コンクリートの橋,
http://www.kajima.co.jp/gallery/const_museum/hashi/history/04/main4.html
- 2) 株式会社 JSP, スチロダイアブロック資料
- 3) AGC マテックス株式会社, ネフマック, コンクリート補強用複合材料資料

報告 Report


ものづくり大学平成22年度青少年教育活動報告


原稿受付 2011年3月30日


ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 92~96

菅谷 諭 (ものづくり大学紀要編集委員会)

本報告は、平成22年度にものづくり大学が行った主な青少年対外教育活動をまとめた。


名称	ものりか教室	
対象	小学生低学年	
参加人数	50名, 学生 TA;9名	
開催日時	2011/1/8	
会場	行田市立行田西小学校工作室	
責任者	ものづくり大学, 神本武征, 菅谷諭, 大塚秀三	
備考	NPO 法人ふるさと創生クラブ「冬休みふるさと教室」	
内容	NPO 法人ふるさと創生クラブ冬休みふるさと子ども教室が平成22年12月25日から平成23年1月8日まで西小学校で開催された。ものりか教室は依頼を受けて1月8日(土)午後1時から午後3時まで、小学生1-3年生を対象に「ぶんぶんゴマ」の製作を指導した。小島泰成君をリーダーとして学生9名がボランティアで参加した。	
意義, 成果	西小学校とNPO 法人ふるさと創生クラブは「ものづくり大学」の協力を歓迎してくれた。完成した時の子どもたちの喜ぶ顔を見て大満足。将来のものづくり候補生となれば幸いである。	
トピックス	ものりか教室の様子は地元テレビで放映された。	


名称	出張講義	
対象	高校生	
参加人数	約40名(埼玉県立本庄高校2年生)	
開催日時	2010/7/12	
会場	埼玉県立本庄高校	
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 教授, 大島博明	
備考	入試課からの依頼	
内容	建築のできるまでを、教会建築の事例を通して解説した。模型の作り方や設計図の作り方から始まり、建築工事の全プロセスを、スライドを使って解り易く説明した。トータルデザインの視点で、家具設計や庭園設計のお話もした。建築デザインで大切なことや設計者に必要な資質についても話した。	
意義, 成果	「建築を設計し、創る喜び」を理解してもらいたいと考え講義した。建築設計について、興味を持ってもらえたと思う。	


名称	コンクリートによるものづくり講座	
対象	小学生	
参加人数	のべ約350名, 学生 TA;10名	
開催日時	2010/7/24,10/30,10/31	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学, 建設技能工芸学科, 准教授, 澤本武博	
備考	行田市後援	
内容	まず、ビニール袋の中にセメント、水、砂、砂利を入れ、袋を揉むようにしてコンクリートを練り混ぜる。そして、動物や乗り物の形をした枠の中にコンクリートを流し込む。特殊なセメントを使用するため、約15分で枠からコンクリートを取り外すことができる。最後に、絵の具などで着色し、コンクリート製の置物の出来上がり。	
意義, 成果	身近な建設材料であるコンクリートについて、色々な形に出来ること、また固まる時に発熱するので乾いて固まるのではなく化学反応で固まることを理解してもらおう。	


名称	行田市立南小学校木工教室
対象	小学校 5-6 年生
参加人数	約 30 名
開催日時	2010/6/6
会場	行田市立南小学校
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 講師, 佐々木昌孝
内容	5 枚の板を組み合わせた簡単な木製本立ての製作を小学生に体験してもらう企画. パーツの組み合わせには釘を使い, 側板の加工に鋸を使う. 板材の角を落とす面取り仕上げにはサンドペーパーを使用する. 作業時間は約 20~30 分.
意義, 成果	ものづくりに対する興味と好奇心の向上に貢献し, 本学への理解を深めさせるとともに, 本学の持つ知的財産の活用寄予する.


名称	行田市立泉小学校木工教室
対象	小学校 4 年生
参加人数	95 名
開催日時	2010/6/25
会場	行田市立泉小学校
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 講師, 佐々木昌孝
内容	泉小学校では 4 年生の図工のカリキュラムに木工を取り入れている. 本教室は, 大学が地域貢献の一環として行っているもので, 木工にはじめてチャレンジする児童に向けて, 釘打ち, 鋸, 鉋を使った簡単な作業を体験してもらう内容となっている.
意義, 成果	開学依頼継続して行っている地域貢献活動の一環. 毎年の恒例行事として, 泉小学校の児童も楽しみにしてくれているようです.

名称	自分のリズムでタンタン鍛金	
対象	小学生以上	
参加人数	20 名	
開催日時	2010/8/7, 8(2 日間) 10:00-16:00	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 市川茂樹	
備考	行田市後援 おもしろものづくり教室	
内容	小学生以上を対象に銀の丸棒をかなづちで叩きながら少しずつ形にしていく. ことしもオリジナルなスプーンがテーマである. 道具はかなづちと当て金だけで最初に自分のイメージした形をひたすら叩いて形にする. 2 日間を通じて工具使い方の技術や金属のかたさ・柔らかさを実践で学ぶ. 鍛金の技術を通して造るたのしさと達成感を味わって貰う.	
意義, 成果	行事が地域に浸透してきて, 毎年楽しみにしてもらっている. アンケート結果から父兄の評判も非常に良い. いずれ参加者の中から入学生が出てくるのが期待できる.	
トピックス	大学 HP 掲載.	

名称	岩槻商業人形製作プロジェクト	
対象	高校生	
参加人数	生徒4名(岩槻商業生徒)教諭:天野孝志 学生5名	
開催日時	2010/8/6,7 10:00-15:00	
会場	ものづくり大学および岩槻商業高校	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 松本宏行	
備考	高校および大学との共同製作	
内容	岩槻商業の3年生生徒が作成した人形イラスト案をもとにして, 本学の学生(松本研究室)が3次元 CAD でのデータやモックアップ作成を行った. さらに型を作成して複数人形を造形した. 完成品までの工程を生徒へ指導し, ものづくりの楽しさを学んでもらった.	
意義, 成果	岩槻における人形の伝統文化そしてものづくり大学におけるコンピュータを活用した新しいものづくりとの融合が実を結び, ユニークな人形を形にすることができた. 大学の学生が高校の生徒へものづくりの指導をするという観点からも教育的効果は高い, 意義あるものといえる.	
トピックス	大学 HP 掲載	


名称	高校生ものづくり体験学習(人工筋肉を用いた簡易ロボット製作実習)	
対象	高校生	
参加人数	5名	
開催日時	2010/8/21 9:30-16:30	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 松本宏行	
内容	ロボットについての簡単な歴史・概説を行い, さらに広く使われているモータと最近注目されている「人工筋肉」との比較および特徴について講義を行った. 後半の実習では, 大学院生(森田靖之)と共に人工筋肉を用いた簡易ロボット玩具の製作指導を行い, 一人1台ずつ製作実演を行った.	
意義, 成果	ロボットの基礎知識から最先端の人工筋肉までの基礎知識を理解してもらい, ほぼ全員, ロボットの完成・実演へたどりつけることができた. ロボットおよび人工筋肉に関心をもってもらい, 意義ある体験実習であったといえる.	
トピックス	大学 HP 掲載	


名称	マンガカーレース	
対象	小学生	
参加人数	のべ約 150 名, 学生 TA20 名	
開催日時	2009/10/23, 24, 30, 31(4日間) 9:00-17:00	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 菅谷諭	
備考	行田市後援, 日本機械学会関東支部協力.	
内容	小学生にマンガン電池で動く車を作らせる. レースをさせ, 上位入賞者を表彰することによって達成感を味あわせ, ものづくりへの興味を持たせる. 学生達には, レースのコースを作成することにより創造力, 技術力を向上させる. さらに, 小学生に作る指導をさせることにより, コミュニケーション能力や指導力の向上を図る.	
意義, 成果	行事が地域に浸透してきて, 毎年楽しみにしてもらっている. アンケート結果から父兄の評判も非常に良い. いずれ参加者の中から入学生が出てくることが期待できる.	
トピックス	吹上駅コンコースポスター, 大学 HP 掲載.	


名称	折り紙建築教室	
対象	小学生以上	
参加人数	延べ約 200 名	
開催日時	2010/10/30-31	
会場	ものづくり大学建築棟2F 大製図室	
責任者	ものづくり大学, 建設技能工芸学科, 教授, 八代克彦	
備考	学園祭の一環として	
内容	一枚のケント紙に折り目と切り目を入れて, さきたま古墳など地元行田の建築をつくることを最終目標に, 折り紙建築の仕組みや作り方の基本を指導した. あわせてものづくり大学の学生の優秀作品なども展示.	
意義, 成果	子供から大人まで, 自分で設計図を描き, 2次元の紙を3次元へと展開する醍醐味を体験する.	
トピックス	家族3代で一緒に挑戦する参加者が多く見られた.	

名称	「生き方調べ」日本の建設業の特質と職業
対象	埼玉県立妻沼高校1年生
参加人数	高校生 30 名 教員数名
開催日時	2010/11/10
会場	埼玉県立妻沼高校
責任者	ものづくり大学, 建設技能工芸学科, 教授, 深井和宏
備考	入試課からの依頼
内容	「生き方調べ」の講演として依頼があり, 建築家とゼネコンを例に日本の建設業の特性, 現状を高校生向けにわかりやすく講義した. ものづくり産業としての建設業の職業の幅の広さ, 深さについて理解を深めてもらった.
意義, 成果	進路選択, 職業選択の参考になったとのアンケート回答があり, さらにものづくり大学への関心を喚起することが出来た.

名称	出張講義
対象	高校生
参加人数	10名
開催日時	2010/11/10
会場	日本大学鶴が丘高等学校
責任者	ものづくり大学, 製造技能工芸学科, 講師, 三井 実
内容	オーディオシステムや, 電子楽器など, 音と電気のかかわりについて, 講義した. 具体的には, デジタルとは何か? スピーカやマイクの仕組み, A/D・D/A 変換の基礎, 増幅の仕組み, 電子楽器の仕組みなどを説明した. また, 実際に簡易型電子楽器(テルミンやシンセサイザ)や, スピーカのコーンに触れてもらった.
意義, 成果	電子楽器や, スピーカのコーンなど, 実際に触れたため, 興味を持って聴く学生が多かった. 参加者全員が楽器やスピーカコーンを実際に手に取って観察していた. 少しでも多くの参加者が, 本学への興味を持ってもらえることを期待している.

名称	出張講義「デザインする眼-住まいづくりまで」	
対象	高校生	
参加人数	約40名(埼玉県立熊谷工業高校1年生)	
開催日時	2010/12/3	
会場	埼玉県立熊谷工業高校	
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 教授, 藤原成暁	
備考	高校からの要請.	
内容	キャリア教育の一環として県立高校教育活動総合支援事業の「スペシャリストに学ぶ」をテーマとした授業である. 国の「地域産業の担い手育成プロジェクト」を活用した2時間程度の授業で, 建築を志す1年生を対象に「デザインする眼」と題して建築設計の実例のスライドを見ながら分かり易く説明する.	
意義, 成果	半年あまり建築の基礎を学んできた高校生に対して, 一口に「建築」と言ってもその仕事内容は多岐にわたる. 建物が出来上がっていく仕組みを知り, また完成する喜びの一端を感じて「近い将来自分の進むべき道はどの辺りなのか」を考えるきっかけになればと思う. 身の回りにある建築を改めて見てみると, 割と見ているようで見ていないことに気づかされる. そのための方法の一つとしてスケッチノートの実物を紹介, 多くの生徒が興味を持ってくれたようである.	

名称	高校生体験学習	
対象	高校生	
参加人数	2名(埼玉県立進修館高校2年生)	
開催日時	2011/1/6	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 菅谷 諭	
備考	高校からの依頼.	
内容	高校のインターンシップの一環として, 大学の研究室での体験学習を行った. 卒業研究の進め方に関して説明を行い, 卒業研究の一例として, 光ディスクのレンズアクチュエータに関して, レーザーなどを使用して, 実験に取り組んでもらった. 高校生は, 実験を通じて光情報機器のしくみを熱心に学習し, 報告書にまとめた.	
意義, 成果	高校生に, 大学の工学部へ進学することは, どのようなものなのかを具体的に理解してもらえた.	
トピックス	大学 HP 掲載.	

名称	出張講義	
対象	高校生	
参加人数	41 名(神奈川県立藤沢清流高校 2 年生)	
開催日時	2011/2/3	
会場	神奈川県立藤沢清流高校	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 菅谷諭	
備考	高校からの要請.	
内容	高校 2 年次「物理 I」授業の一環として、「光の原理と応用」をテーマに出張講義を行った。授業の前半は、光の原理について「物理 I」の学習指導要領に沿った内容で、光について理解を深め、問題演習に取り組ませた。後半は、光の応用について研究内容を盛り込みながら、光ディスク、ディスプレイ、デジタルカメラ、光ファイバなどについて実物の例示や実験を行った。	
意義, 成果	高校生たちは、少し難しい話にも真剣に聞き入り、演習にも熱心に取り組んでいた。実物を興味深く触ったり動画を見入ったりしながら、最先端技術への理解を深め、ものづくりに対する興味を持ってもらった。理系に進学する生徒が少しでも増えることを期待したい。	
トピックス	大学 HP 掲載.	

報告 Report

埼玉県企業－学生交流会 実施報告

原稿受付 2011年 4月7日
ものづくり大学紀要 第2号 (2011) 97～103

平岡 尚文

ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

1. はじめに

2010年11月12日、日本機械学会関東支部埼玉ブロック主催で埼玉県企業－学生交流会を開催した。報告者は埼玉ブロック幹事として交流会の企画、運営を行い、本学学生が運営補助にあたった。地域企業と学生の交流の一形態として今後の参考になると考え、埼玉ブロックの許可を得てここにその内容を報告する。

2. 交流会の目的

近年、大学卒業者の就職状況は若干上向き傾向にあるとはいえ、企業側の選抜態度はむしろ厳しさを増しているといつてよい。特に有名大企業への学生側の応募集中は変わらず、狭き門に学生があふれている状態である。一方、中小企業には、優れた技術、製品を持ちながら、知名度の不足や学生の先入観によって人材獲得に困難を抱えているところが多い。

そこで日本機械学会埼玉ブロックでは、学生の県内企業に対する意識向上と就職活動を促進し、県内企業の県内大学からの人材獲得を支援することを目的として、県内企業の技術や商品、活動状況、就職に関する情報を学生に直接伝え、同時に学生側の動向が企業に伝わる県内企業－学生の交流の場を設けることにした。

3. 実施形態

さいたま市主催の商工見本市「コラボさいたま」（会場：さいたまスーパーアリーナ、期間：11月12日～14日のうち交流会は12日。参加団体数225）に参加し、機械学会ブースを設けるとともに、見本市参加企業のうち、交流会に賛同いただいた企業に人事／採用関係者（あるいは就職関係の質問に答えられる方）を企業展示ブース内に配置いただいた。学生は学会ブースを基地として自由に交流会参加企業ブースをまわり、就職情報を収集する。

具体的には、会場に到着した学生はまず機械学会ブースに向かい、そこで登録し、交流会参加学生であることがわかるネームプレートと交流会参加企業のブース位置がわかる会場マップを支給される(図1)。マップをもとに興味ある企業のブースに向かう。企業ブースではその企業の製品展示や技術紹介がなされているので、企業活動内容に実際に触れながら担当者から話を聞くことができ、企業に対する理解が深まることが期待された。当日の機械学会ブースの様子を図2に示す。

埼玉ブロックに委員を有する下記7大学に、委員を通じて学生に参加を促した。

2010 埼玉県 企業-学生交流会 参加企業マップ

44 株式会社PPE	住宅	112 株式会社同家	エネルギー
45 有限会社ニッポン設計事務所	設計	116 株式会社山田工務店	機械
47 株式会社アステムテクノロジ	システム	121 株式会社イーサーイノベーション	機械
57 株式会社新野建設設計事務所	建設	127 株式会社遠田エアドック	企業、機械
76 株式会社新野エンジニアリング	建設	128 株式会社山田工務店	機械
78 株式会社イーシーエス	建設	141 株式会社	機械
85 株式会社イザナ	エネルギー	143 株式会社山田工務店	機械
87 株式会社エクス	建設	148 株式会社山田工務店	機械
90 ハウブエーザ株式会社	建設	149 株式会社山田工務店	機械
94 株式会社シックス	エンジニア	152 株式会社山田工務店	機械
95 愛知労働者会	労働	153 株式会社山田工務店	機械

上記参加企業のブースでは就労に関する相談を受け付けています。それ以外のブースでも製品・商品に興味があればどなたの声を聞いてみてください。
不明な点があれば機械学会ブースまで。

社団法人 日本機械学会 入会受付中。詳しくは下記へ。
The Japan Society of Mechanical Engineers <http://www.jsme.or.jp/>

図1 会場マップ(左)とネームプレート

埼玉大学，埼玉工業大学，芝浦工業大学，東京電機大学，東洋大学，日本工業大学，ものづくり大学
大学別，学年別参加者数をそれぞれ図3，4に示す。参加学生総数は191名（12日186名，13日3名，14日2名）であった。専攻は問わずに参加学生を募集したが，結果的には機械工学系の学生がほとんどであった。当日は会場に近い埼玉大学，芝浦工業大学を除く各大学に会場行きバスを配車した。参加学生の2/3はこのバスを利用したと推定される。

交流会参加企業は製造業を中心に23社であり，企業規模はすべて中小である。酒造業や建設業からの参加もあった。なお，「コラボさいたま」実施担当者（さいたま市職員）と相談の結果，企業側が人を派遣しやすい平日の12日金曜日を交流会指定日としたが，事前に土日の開催状況について2，3の学生から問合せがあったので，13，14日の土，日曜日でも学会ブースは開けておき，学生に対応した。

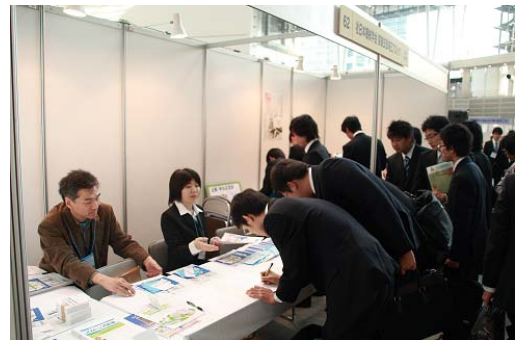


図2 当日の機械学会ブースの様子

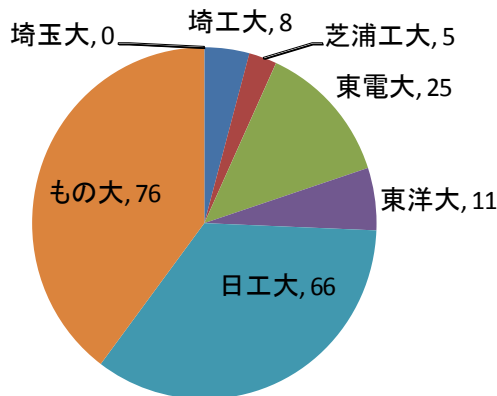


図3 大学別参加者数

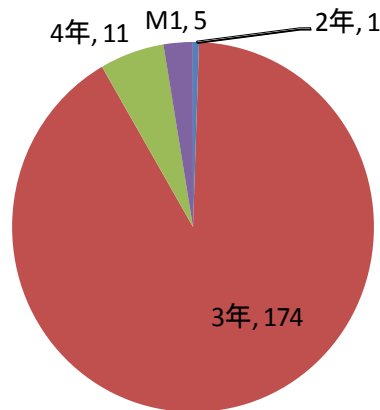
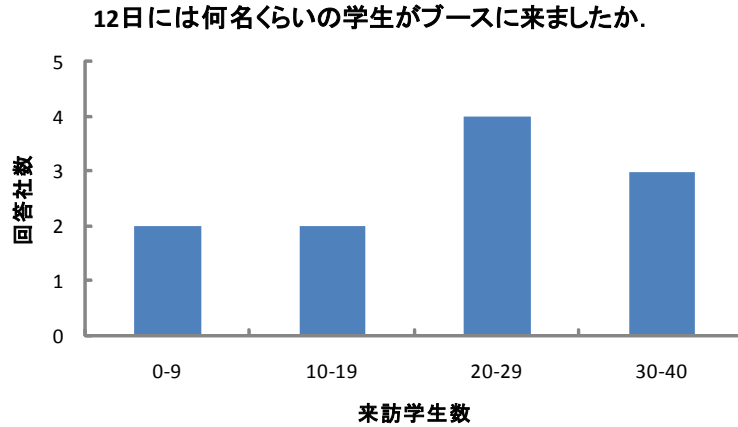


図4 学年別参加者数

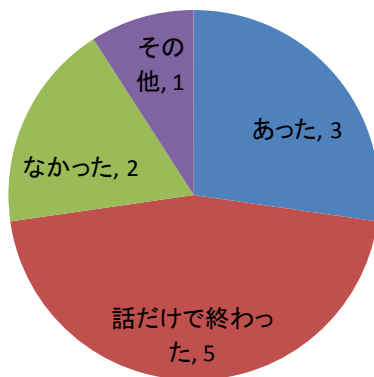
4. アンケート結果

参加企業、学生にアンケート用紙を配布し、会場の情報や感想、意見等を収集した。

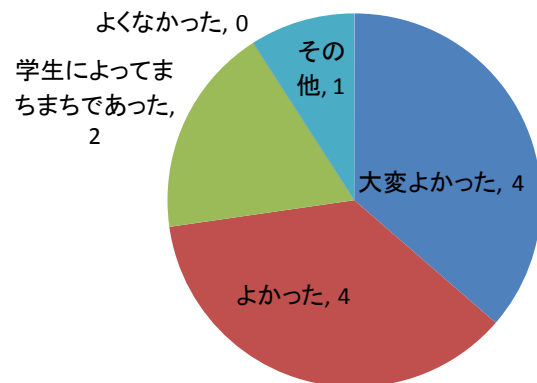
4.1 企業からの回答（回答数 11）



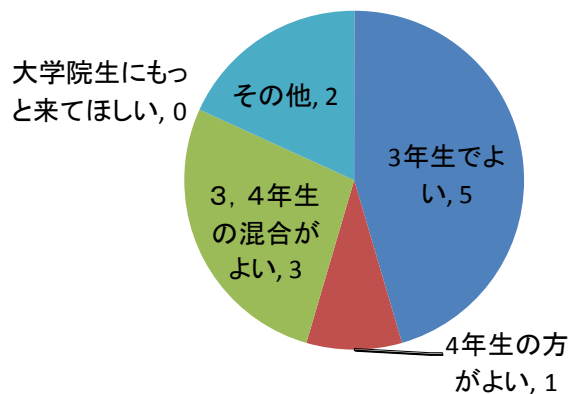
就職に結びつく実質的なやりとりがありましたか。



訪問学生の態度はいかがでしたか。



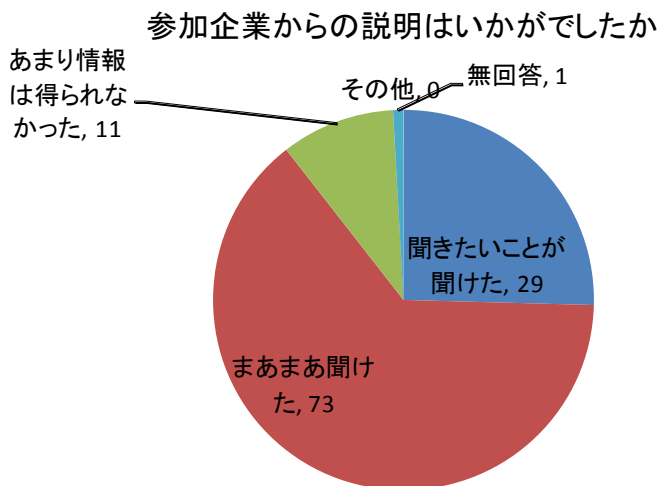
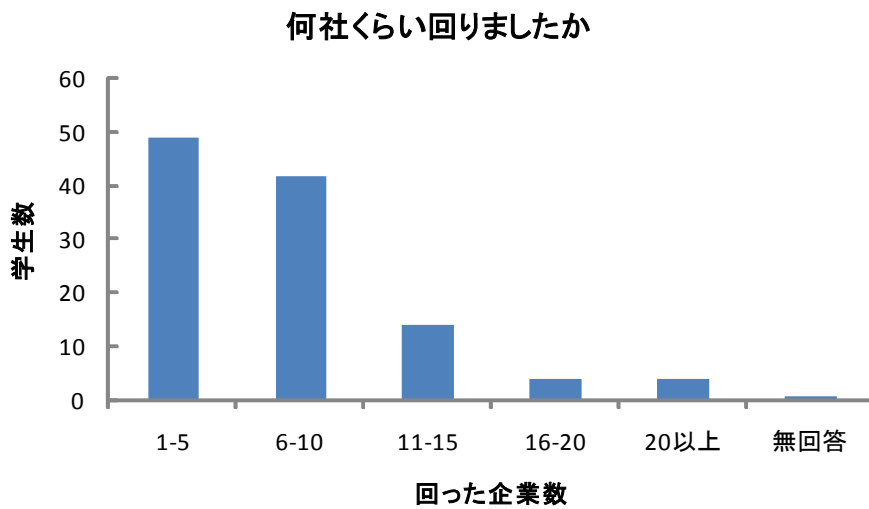
今回は3年生が主体(すなわち再来年4月入社対象)ですが、この時期、就職に関するコンタクトを行う学生として、3年生はふさわしかったですか。



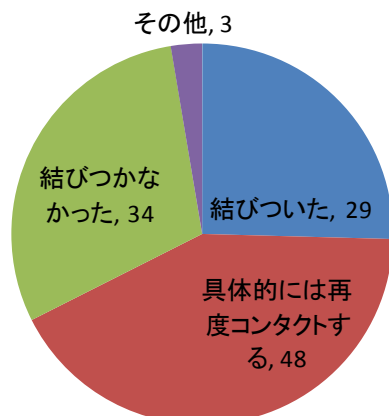
意見等

- ・礼儀正しい学生でした。
- ・4年生の学生は、質問が具体的だった。
- ・大変良いと思います。
- ・就活慣れしていない学生が多い。（時期が早いせいもあるが…）受身な学生が多かった。
- ・学生の人と話が出来て良かったです。（若い人の考えなど今後何をやりたいなど）
- ・当ブースに来ていただいて、ありがとうございました。
- ・2年生でも希望者がいたら連れてきてみてはいかがでしょうか。

4.2 学生からの回答（回答数 114）



会社見学等、就職の具体的な動きに結びつきましたか



意見等

- ・地元の企業と友達ができ、今後の就職に役立ちます。
- ・様々な企業の方の意見を聞くことができ、とても有意義な時間を過ごすことができました。
- ・金曜日にしかパンフレットを置いていない企業もあったので、土曜日にも置いて頂けるようにしてほしい。
- ・もっと聞きやすい環境が欲しい。
- ・説明が親切な企業もあれば、テキトーな説明で済まされてしまう企業もあった。
- ・もう少し分野わけてわかりやすく展示してほしい。求人についても情報が欲しかった。企業の方から直接話をきけてよかった。
- ・企業ごとの製品をいろいろと見ることができて良かった。
- ・会社が何を製作しているかだけでなく、どのように製作しているかや、どんな苦勞があったかなど聞くことができるとてもよかった。
- ・中小企業がたくさん来ていて、その企業内容を聞いてみると、大手の企業さんに発注している部品があついたりして、中小企業の方がいないと製品が成り立つ事ができないと実感した交流会だったと思います。
- ・小セミナーをやってほしい。
- ・自分の専攻する分野の企業があまりなかった。
- ・面白い話が聞けたので良かったです。
- ・企業数を増やしてほしい。
- ・全員参加じゃなくていいと思う。
- ・もう少し学生向けに話してくれる企業が欲しいと思った。
- ・分野の区別がよくわからなかった。企業からの情報はとても良かった。
- ・どのような会社があるのか、あるていど理解できた。
- ・様々な会社があつておもしろかった。
- ・雰囲気少し違う気がした。
- ・色々な会社の話を聞くことができ、とてもためになった。いくつか、会社の説明会に顔を出してみたいと思える会社が見つかった。
- ・多くの企業の製品を見ることができたので就職活動に対しての考え方が広がった。面白い製品も多

くあったので勉強になった。

- ・製品の見本をいくつも見る事ができたのがよかった。
- ・同栄さんの太陽光発電システムについての説明がとてもくわしくてわかりやすく、その商品が欲しくなった。
- ・同栄さんの CIS の太陽光システムが従来のシステムと違い性能がよく、説明がわかりやすく、こういう所の就職も良いかなと思った。
- ・参加企業の会社の内容など詳しい事が聞けました。
- ・現場の人と直接話を聞くことができ、参考になりました。
- ・学生の就職に関するブースが少なかったが、話が聞きやすい企業が多く就活以外にもやくにたった。
- ・学生でも気軽に見れる感じがよかった。
- ・堅苦しくなく気軽に話が聞けて良かった。
- ・私は、機械系の仕事をさがしているのもう少し多くの企業があればと思った。また、幅広い企業が参加していれば良いと思う。
- ・色々な業種のブースがあり、幅広く話を聞けたのでよかった。また、ある程度就職したい企業も選ばれた。
- ・交流会を通して、様々な企業がこういう物を作っていると知ることができ、貴重な経験になった。
- ・もう少し企業の方に来てほしい。
- ・合同説明会の様な緊張感を持たず、自然に聞きたいことを聞く事が出来た。
- ・様々な会社の説明が聞けてよかった。電動バイク、セグウェイの体験ができてよかった。もう少し技術者と話ができたらよかった。
- ・企業の人と話すことでいままでよくわからなかったことや企業のイメージがとらえやすかったのだからになりました。
- ・たくさん企業の情報を知ることができてとても参考になりました。
- ・企業に対しての考え方が、話を聞いているうちに変わりました。自分の知らない世界でもあったので、もっと視野を広げてみようと思いました。
- ・企業の製品説明から始まり、会社のこと、業界について聞くことが出来ました。今まで知ることのなかった業界についても見識が広まったと思います。
- ・多くの企業があったが、機械などが少なく感じた。
- ・もっと様々なジャンルの企業が参入してほしい。
- ・たのしかったです。
- ・①ある自動車会社の方から自動車の開発に携わる方たちの中にも自動車免許をもたずに開発を行い、理屈に物言わせ、自動車を作る人もいるということを知り、びっくりしました。(自動車産業の現状)
②後のものづくりにおいて、自分の学ぶべきことを明確に知ることができました。

5. まとめ

早期の就職活動が修学に支障を来すとの批判から、今年度から採用活動の時期が遅くなるようである。特に大企業にこの傾向があるが、今回の交流会が対象とした中小企業がどのように動くのか、不明なところがある。また、今回の交流会が実際の就職にどの程度結びついたのかについて、追跡調査を行っておらず、効果のほどが確認できていない。交流会への興味の持ち方も大学間で温度差があった。

今年度も開催するとすれば、このような問題を踏まえて開催時期、場所、内容について再検討する必要がある。しかしながら、このような形態の交流会は、おそらく全国でも他には行われておらず、従来の企業説明会に比較すると学生と企業間の相互理解の度合いは大きいであろうことは、アンケート結果からもうかがうことができる。今後の方向性は機械学会の意向にもよるが、より効果的で魅力的な交流の場として発展させてゆければと考えている。

報告 Report

ものづくり大学同窓会 平成 22 年度 地域貢献活動報告

原稿受付 2011 年 3 月 31 日

ものづくり大学紀要 第 2 号 (2011) 104~107

加藤大樹*1, 上原苑子*2, 大塚秀三*3, 倉川尚志*4, 宮本伸子*5

*1 ものづくり大学 学務部 教務・情報課 情報係 (ものづくり大学同窓会 理事)

*2 ものづくり大学 学務部 教務・情報課 教務係 (ものづくり大学同窓会 会長)

*3 ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科 (ものづくり大学同窓会 監査)

*4 株式会社倉川製作所 (ものづくり大学同窓会 理事)

*5 ものづくり大学 学務部 学生課 課長

1. はじめに

昨今、幼児・児童への教育方法の多様化に伴って、特に体験型学習の普及が著しい。こうした背景を受け、2008 年に発足したものづくり大学同窓会(会長：上原苑子・建設 2 期)においても、既に社会で活躍している本学の卒業生の有する技能・技術を活かした地域貢献活動の一環として、体験型のものづくり教室(以下、「ものづくり体験教室」とする)を実施するに至った。本活動は、近隣の幼児・児童を主対象にもものづくりの楽しさを啓発することを目的とするものである。

ここでは、2010 年度にもものづくり大学同窓会が実施した「ものづくり体験教室」ならびに地域自治会への協力活動について報告する。

2. 活動概要

「ものづくり体験教室」の開催は、行田市よりものづくり大学が依頼を受けて実施している「おもしろものづくり教室」、行田市さきたま古墳で開催されている「さきたま火祭り」、ものづくり大学学園祭(碧蓮祭)における親子ものづくり教室など、大学周辺地域において年間を通じて複数回実施している。メニューは、現状では建築分野に関連する事項が大勢を占めており、道具型筆箱および灯籠の製作、左官による装飾などである。使用する材料の一部については、建設技能工芸学科のご好意により実習の廃材をご提供頂いている。

講師は、ものづくり大学同窓会役員ならびに卒業生有志を主としており、ボランティアによるものである。今後、同教室を更に活性化するため、Teaching Staff として卒業生を広く募っているところである。

3. 活動内容

3.1 道具箱型筆箱

3.1.1 概要

ここで言う道具箱とは、日本の職人(大工等)が、道具を収納する為に使用していた木製の箱のことを言い、蓋をスライドさせることで、上に持ち上げて開くことのできる仕組みになっている。

日本文化の一つである職人の道具箱の原理を現代の子供たちに伝えるため、本来の道具箱の縮尺を変

更し、サイズを小さくすることで、筆箱として使用できるようにした。(図 1) また、使用する道具を玄翁のみとし、説明書(図 2)を付けることで、ものづくり体験教室以外でも説明書を見れば道具箱型筆箱を作れるよう「道具箱型筆箱キット」とした。説明書には、単なる工作キットとならないよう、製作の際に用いられる技能・技術の解説を加えることに留意している。このキットは、紙面の都合で紹介し切れていないが、ほかにも 2, 3 のキットを開発済みであり、将来的にはホームセンター等で「ものづくり同窓会」ブランドとして商品展開を図りたいと考えている。(図 3)

道具箱型筆箱キットの材料は表 1 の通りで、シナベニヤの板材の他はタモ・サクラ・クリ・キリといった木材のキットを用意し、子どもたちが材質や見た目で選択可能な方法とした。

表 1 道具箱型筆箱キット材料

使用道具	材料
玄翁	木材：シナベニヤ（板材） タモ・キリ・クリ・サクラ 釘（9mm, 13mm）



図 1：完成品

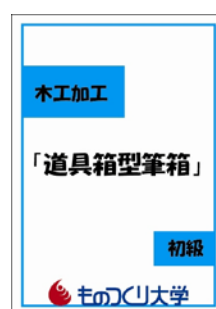


図 2：筆箱作成説明書

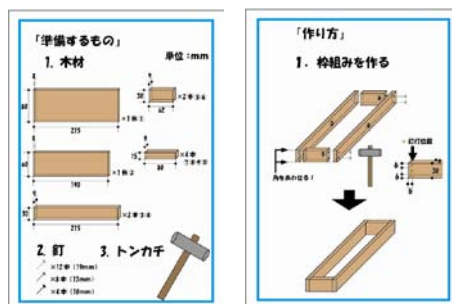


図 3：説明書内容



図 4：教室風景

3.1.2 実施報告

5月にさきたま古墳で開催された「さきたま火祭り」では、30組程度の参加者を集めた。(図 4) また、ものづくり大学在校生がキットを購入する姿も見られた。また、組み立て後の道具箱型筆箱を購入し 3.3 で報告する「色々なものをデコレーション」で装飾する子どもや、道具箱型筆箱組み立て体験後に装飾する子どもも多く見られた。

7月、8月に、ものづくり大学が行田市からの依頼で年間7回開催している補助金事業「おもしろものづくり教室」では道具箱型筆箱および 3.4 で報告する「画伯になろう」を開催し、道具箱型筆箱では、定員 30 組に対し 20 組の応募があった。

また、道具箱型筆箱の組立では、釘を打ち込む際の作業性の向上と木割れ防止のため、補助者がφ 1.2mm のインパクトドライバ用ビットを使用して下穴を開ける補助を行ったが、小学校高学年児童には

一人で説明書を読みながら製作する児童の姿も見られた。

3.2 灯籠

3.2.1 概要

行田市各地区自治会で開催している神社祭のイベントのひとつで、神社を彩る灯籠が不足したため灯籠を補充したいという依頼があった。灯籠のサイズは縦180×横200×高さ180程度で、地域の小学生が書道用半紙にイラストを描いたものを活用して灯籠を作成したいということであったため、灯籠の構造提案および構造部分の材料の提供を行った。構造部分に使用した材料である杉は、主にものづくり大学建設技能工芸学科実習で使用した材料の廃材を製材し再利用することとした。また、灯籠に必要な蠟燭を立てる部分のみ小学生には組み立てが難しいことや安全の観点から、組み立てた状態で行田市自治会に提供した。

3.2.2 実施報告

8月に開催された行田市各地区自治会、神社祭ではものづくり同窓会理事が参加し、事前に準備した材料を使った灯籠の構造部分の指導にあたった。また、事前に用意した灯籠用材料35組では不足する程の盛況であった。

なお、この行田市各地区自治会のイベントは、さいたまテレビにて放映されている。

3.3 色々なものをデコレーション

3.3.1 概要

日本家屋の壁や床・土塀等、仕上作業で欠かせない職種である「左官」に馴染みのある子どもが少ないのではないか、という観点から地域の子どもに対し左官材を使用したものづくり体験教室を開催した。

左官材は、仕上作業に用いる材料が多いことから、子どもにも馴染みのあるタイルやビーズを使用し、100円ショップ等で手に入る既製品（写真立てや木枠付きの鏡）等にタイル用ボンドを用いて装飾する（図5）こととした。

3.3.2 実施報告

5月にさきたま古墳で開催された「さきたま火祭り」では、40組程度の参加者を集めた。また、3.1で報告した「道具箱型筆箱」での完成品に装飾を施す（図6）子どもの姿も多く見られた。また、デコレーションということもあり女の子の参加者が目立った。



図5：作成例



図6：作成風景

3.4 画伯になろう

3.4.1 概要

3.3と同様に子どもにも馴染みのあるタイルやビーズを使用し、事前に30cm角のベニヤ板に1cm角の角材を取り付けた土台（図7）を作成し、左官材を使用した絵（図8）を描く体験をすることとした。

材料は、左官材の珪藻土を用い、事前にビニール袋に適量を取り分けたものを配布した。適量に取り分けビニール袋に入れることで、ビニール袋の上から適量の水を入れ袋の上から手を汚すことなく混ぜ合わせることが出来るようにした。



図7：土台

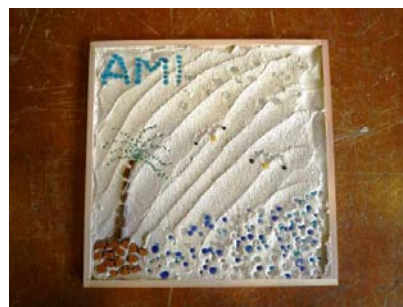


図8：完成品

3.4.2 実施報告

8月開催の「おもしろものづくり教室」では、5組程度の参加者を集めた。参加者には事前に準備した材料のみを配布し、珪藻土の使用法や左官用の鏝の使い方等を指導した。指導後は参加者が自由に装飾し思い思いの作品を製作した。

また、後日参加者から連絡があり作品を見た友人等から、次回は是非参加したい旨の連絡もあった。

4. まとめ

本活動は、まだ端緒に付いたに過ぎないが、表2の通り多くの参加者を集めており、地域からも一定の評価を頂いているとの感触を得た。今後は、主な参加者である小学生が体験してみたい教室の調査を実施し、体験内容の充実を図ると共に、様々なものづくり体験教室を通してものづくり大学ならではの「ものづくり」の楽しさを広めていく所存である。

表2 参加者一覧

体験教室項目	参加者数	実施時期
道具箱型筆箱	30組	5月
	20組	7月
	30組	10月
灯籠	35組	8月
色々なものをデコレーション	40組	5月, 10月
画伯になろう	5組	8月

謝辞

ものづくり大学同窓会の活動に際して、学校法人ものづくり大学ならびに学生課をはじめ、実習の廃材の提供では建設技能工芸学科より多大なるご支援を頂いております。また、本活動には同窓会役員をはじめ、多くの卒業生ならびに在校生有志のご助力を得ております。ここに、紙面を借りて関係各位に深謝いたします。

記 録 *Record*

第 10 回ものつくり大学教育研究推進連絡協議会議事概要

- 1, 日時：平成 23 年 2 月 17 日
- 2, 場所：経団連会館（402 号室）
- 3, 出席者：33 社 38 名
- 4, 次第

- (1) 会長挨拶
- (2) 学長挨拶
- (3) グローバル人材育成について議論

①大学からの現状報告

神本学長から本学の現状報告を行った。

②会員企業からの発表

②-1 トヨタ自動車株式会社渉外部 担当部長永田俊彦氏

- ・本人にとってよりチャレンジングな配置を通じて、経営人材としての能力・経験を高め育成していくことをねらいとした「G21 プログラム（グローバルトヨタ人材育成の共通人事制度）」を導入しており、中長期視点での課題創造力、課題遂行力の強化、並びにリーダーシップや経営への当事者意識の育成を図るプログラムを実施している。

②-2 賛光精機株式会社 専務取締役清水洋氏

- ・グローバル人材に望む資質は、「コミュニケーション能力」、「自己認識」、「主体性」、「自国文化の理解」、「道徳観（倫理観）」であり、エゴグラムの活用や 6S（QC）、社内研修、改善提案等を実施している。

②-3 清水建設株式会社 人事部長石原誠氏

- ・「国内と海外の人材交流の活性化」、「語学力の強化（まずは英語力）」、「海外留学・企業派遣の強化」、「海外ローカルスタッフの拠点幹部育成」などのグローバル人材育成を実施している。
- ・大学には、異文化コミュニケーション能力の養成やたくましい人材の育成を期待している。

③意見交換

飛内学部長を司会として下記意見、要望等があった。

- ・日本は人の資源しかないので、教育は大事な国の柱である。産業立国の日本において、ものつくり大学の重要性は増していると認識している。国内、国外といった壁はないという考え方で大学の教育を行って欲しい。英語も大事であるが、コミュニケーション能力として、まず日本語教育が必要である。基本はあいさつからしっかり行うことである。
- ・まだ、大学間の提携が進んでいない。学長もしくは教員の交流・連携を活かして、大学間の提携や留学生交換を行ってはどうか。また、英語教育は英語で行ったほうがよい。その中でコミュニケーション能力を育てて欲しい。
- ・教員の国際交流はもちろんであるが、もっと学生の国際交流を具体的に進めてはどうか。
- ・技術部門、海外支店での採用はある。総合職としての採用は昨年からであり、これから増やしていこうというところである。日本の文化や企業について十分な理解がある留学生からまず採用していきたいと考えている。

- ・外国人の方がハングリー精神がありやる気がある。人数が増えてくると受け入れ側にも受け入れの土壌ができ、非常に活躍してくれる。今は飽和状態であるため採用は行っていないが、欠員がでたら国籍問わず採用を考えていきたい。

(4) 諸報告

北尾事務局長から平成 22 年度の入学者の状況、就職状況、インターンシップの実施状況及び受託研究等について、資料に基づき報告がされた。また、法人名称の変更及び学科名称の変更についての報告があった。

下記意見、質疑応答があった。

- ・基本は、地域の人材を地域で育てるという考えの上で全国へ発信することで、認知度が上がるのではないかと。少子化の中、ものづくりを楽しいと思う子どもを増やしていかないと、将来、産業界に人材がいなくなるという危惧を持っている。義務教育時（小・中学校）から埼玉県や行田市の教育委員会と協力し、小・中・高・大をものづくりで連携していくことにより、結果的にもものづくり大学の入学者の確保、卒業、就職という仕組みができるのではないかと。この仕組みを考えることを課題にしてはどうか。例えば小・中の初任者教員に対して出前授業を行う、または大学で実習を体験させるなどの 10 年計画を立て実施することで、ものづくりの浸透が図れるのではないかと。ものづくり大学として中長期的に小・中・高・大の連携ができないかという提案をしたい。
 - ・埼玉県に、小・中の教員が大学で実習できるよう派遣してくださいとの要請は行っているが、教員の研修プログラムが過密のため難しい状況であるとのことで、継続課題となっている。現状では、学長や教員の小学校への出前授業や、埼玉県、行田市、NPO 法人及びものづくり大学の共催で「子ども大学ぎょうだ」を開催して小学生対象にもものづくり教育を実施したりしている。
 - ・小学生には、行田市と協力して、夏休みや冬休みを利用したものづくり教育を行っており、高校生には出前授業を行っているが、中学生対象のものが無いので、検討事項である。
-

記 録 *Record*

平成 22 年度教員研究業績一覧

査読付き論文および国際会議予稿集

著者	題目	雑誌名	発行年ある いは開催日	巻あるい は開催地	号	ページ
<u>Kaori Doi</u>	An analysis of communication patterns in disagreement discourse in English and Japanese.	35 th Annual Congress of Applied Linguistics Association of Australia (ALAA) Congress 2010 Individual Papers: Abstracts	2010			104
<u>N. Hiraoka</u>	Grease Leakage from Shielded Rolling Bearings under Some Particular Conditions	Extended Abst. of Asiatrib 2010	2010/12/5-9	Perth		1219
<u>N. Hiraoka</u> , E. Yamane	A Study on the Mechanism of Generating Wear Track Grooves	Tribology Letters	2010	41	3	479-484
<u>Satoshi Sugaya</u> , Robin M. Kina, Yasushi Matoba, <u>Makoto Koumura</u> , <u>Saechaout Vichai</u> , <u>Seiji Hirai</u>	Electronic musical instrument shoe in consideration of universal design	IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	2011	6	S1	96-97
<u>T. Kondo</u> , S.Okuno, H. Matsuno, M. Ohishiba	Application of a new metal spraying system for steel bridges Part5. Analysis of the corrosion prevention mechanism of the system	Prc. of Int. Association for Bridge Maintenance & Safety 2010	2010/7/12-15	Philadelph ia		3345-3350
<u>大塚秀三</u> , 中田善久, 大木崇輔	各種セメントを用いた高強度コンクリートの模擬柱部材における打込み面からの採取深さがコア強度と変動に及ぼす影響	日本建築学会構造系論文集	2011/1	76	659	23-30

後藤正明, 澤本武博 , 因幡芳樹, 守屋健一	微破壊試験に及ぼすコンクリートの高さ方向による測定箇所の影響	ものづくり大学紀要	2010	1	1	45-49
坂本亮, 中田善久, 大塚秀三 , 飛坂基夫	脱型直後から乾燥させたコンクリートの収縮率と含水率に関する一考察	コンクリート工学年次論文集	2010/7	0.32	1	419-424
櫻井大八郎 , 佐藤宏樹, 鈴木克己 , 木島秀弥, 松浦誠	鑄造用 CAE 技術に関する研究	ものづくり大学紀要	2010	1	1	22-27
櫻井大八郎 , 能見千春	未利用資源の有効活用に関する研究(第一報)	ものづくり大学紀要	2010	1	1	28-33
澤本武博 , 西謙一	環境を考慮したコンクリート廃材の現場内リサイクルにおける配合および施工方法に関する研究	ものづくり大学紀要	2010	1	1	39-44
澤本武博 , 藤原翼, 湯浅昇, 笠井芳夫	ドリル削孔粉と硝酸銀溶液を混合することによるコンクリートの塩分浸透深さの簡易測定方法に関する研究	セメント・コンクリート論文集	2010	64	1	196-202
澤本武博 , 飛内圭之 , 辻正哲	初期の水中養生期間がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響	ものづくり大学紀要	2010	1	1	34-38
土田祥彬, 澤本武博 , 飛坂基夫, 中村俊彦, 地頭蘭博	埼玉県内の市町村における橋梁の維持管理の現状と大学の取り組み	ものづくり大学紀要	2010	1	1	50-53
藤澤政泰	非球面創成研磨技術の研究	ものづくり大学紀要	2010	1	1	2-7
的場やすし, 菅谷諭	車椅子用後方および高視点映像情報表示システムの開発	ものづくり大学紀要	2010	1	1	8-13
三井実 , 石川 智治, 宮原誠	高忠実音再生に必要なスピーカ特性の検討ー磁石の方式によるトランジェント特性の違いー	ものづくり大学紀要	2010/6/1		1	14-21

横山 裕, 高橋宏樹, 佐藤晋哉	感触の影響で評価が低下する床の判別方法の提示 動作時の適性からみた床の変形状の評価方法(その1)	日本建築学会構造系論文集	2010	75	656	2087-2094
------------------	--	--------------	------	----	-----	-----------

講演論文

著者	題目	雑誌名	開催日	開催地 あるいは 巻	号	ページ
赤松 明, 今井康太郎	成形合板制作にエアホースを用いた圧着システムの開発(1)	日本デザイン学会誌 第 57 回研究発表大会 概要集	7/4	長野大学		164-165
大島博明	市町村合併における庁舎建築に関する研究 本庁舎業務機能の変化及び合理化に関する研究(熊谷市の場合)	日本建築学会学術講演梗概集		北陸大会	E-1 建築計画 I	547-548
大塚秀三, 川本泉	技能者に対するヒアリング調査	日本建築学会シンポジウムコンクリートの施工性の現状に関する調査報告	3/11	東京		56-63
川本泉, 大塚秀三, 木村博	コンクリート工事および施工人員の変遷に関する調査	日本建築学会シンポジウムコンクリートの施工性の現状に関する調査報告	3/11	東京		42-55
八木修, 大塚秀三, 中田善久	含浸材と表面塗布材の併用によるコンクリート表面特性の改質	2010 年度日本建築学会関東支部研究報告集	3/11	東京		65-68
湯浅昇, 大塚秀三, 齋藤俊克	建築解体工事の実状に関する調査	平成 22 年度解体工事に係る研究報告書梗概集	7/10	東京		33-38

栗田 雅彦, 真野 孝次, 中田 善久, 毛見 虎雄, 大塚 秀三 , 清水 五郎, 斉藤 丈士, 坂本 亮, 飛坂 基夫	実機ミキサと小型ミキサの違いによるコンクリートの乾燥収縮に関する一考察	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		967-968
佐々木 真宏, 辻田 耕一, 大塚 秀三 , 中田 善久	振動・締固めが超高強度コンクリートの強度性状に及ぼす影響	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		651-652
坂本 亮, 毛見 虎雄, 中田 善久, 清水 五郎, 大塚 秀三 , 真野 孝次, 飛坂 基夫, 栗田 雅彦	屋外暴露したコンクリートの乾燥収縮率に関する一考察	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		965-966
坂本英之, 大塚秀三 , 中田善久, 毛見 虎雄	モデル部材の構造計算による付着強度と締固めの影響を受けた付着強度に関する一考察	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		1311-1312
坂本英之, 大塚秀三 , 中田善久, 毛見 虎雄	鉄筋の拘束状況がコンクリートと鉄筋の付着に及ぼす影響	平成 22 年度第 54 回日本大学理工学部学術講演会予稿集	11/12	日本大学		139-140
坂本亮, 中田善久, 大塚秀三 , 毛見虎雄	水平換算距離が異なる高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの管内圧力損失に関する文献的検討	平成 22 年度第 54 回日本大学理工学部学術講演会予稿集	11/11	日本大学		135-136
杉山正和, 中田 善久, 大塚秀三 , 清水良平, 植草亮介, 久保田英樹	鉄筋の配筋位置が金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響	2010 年度日本建築学会関東支部研究報告集	3/11	東京		9-12
大塚秀三 , 中田善久, 清水良平, 植草亮介, 久保田英樹	へりあき寸法の違いが金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響 その 2 引抜き耐力および推定式の検討	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		1321-1322
中田善久, 大塚秀三	解体工事における構造体コンクリート強度の調査方法に関する研究	平成 22 年度解体工事に係る研究報告書梗概集	7/10	東京		15-19

中田善久, 大塚秀三 , 清水良平, 植草亮介, 久保田英樹	へりあき寸法の違いが金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響 その1 実験概要および破壊性状	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		1319-1320
田村 裕介, 中田 善久, 斉藤 丈士, 女屋 英明, 關 裕司, 春山 信人, 大塚 秀三 , 毛見 虎雄	施工性を考慮した高強度コンクリートの調合に関する検討: その4 左官工によるこて仕上げ性に関する検討	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	10/10	富山大学		595-596
藏田佳祐, 中田善久, 大塚秀三 , 坂本英之, 高梨洸平	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリート表面の品質に及ぼす影響 その1. コンクリート型枠用合板の品質とコンクリートの表面性状について	2010 年度日本建築学会関東支部研究報告集	3/11	東京		13-16
高梨洸平, 中田善久, 大塚秀三 , 坂本 英之, 藏田佳祐	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリート表面の品質に及ぼす影響 その2. タイル張り下地モルタルの接着強度に及ぼす影響	2010 年度日本建築学会関東支部研究報告集	3/11	東京		17-20
近藤照夫	建築外装への適用を目的とした粉体塗装の性能評価	表面技術協会第 123 回講演大会講演要旨集	3/17-18	横浜		310-313
近藤照夫 , 鈴木 晃, 後藤善光	環境保全に配慮した焼付塗装仕様の検討 その10	日本建築仕上学会 2010 年大会研究発表論文集	10/21-22	東京		227-230
近藤照夫 , 増田 翔, 弓座勇雄, 後藤善光	環境保全に配慮した焼付塗装仕様の検討 その13	日本建築仕上学会 2010 年大会研究発表論文集	10/21-22	東京		239-242
近藤照夫 , 矢島勝司, 鈴木 晃	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料の耐久性評価 その1	2010 年日本建築学会大会学術講演梗概集	9/9-11	富山	A-1	319-320

<u>近藤照夫</u> , 矢島勝司, 鈴木晃, 鈴木 誠	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料に対する粉体塗装の性能評価 その1	日本建築仕上学会 2010年大会研究発表 論文集	10/ 21-22	東京		247- 250
松本光太郎, <u>香村誠</u>	NB ロウ付け炉における酸素濃度低減に関する研究	機構論(九州支部第64期講演会)	3/17	九州大学	未刊	
米澤貴紀, 永井規男, 中川武, 溝口明則, 河津優司, 坂本忠規, <u>佐々木昌孝</u> , 小岩正樹, 伏見唯	『木砕之注文』における奥について	日本建築学会 2010年度大会(北陸)学術講演梗概集	9/	富山	F-2 建築歴史・意匠	39-40
<u>佐々木昌孝</u> , 永井規男, 中川武, 溝口明則, 河津優司, 坂本忠規, 小岩正樹, 米澤貴紀, 伏見唯	『木砕之注文』における枅の寸法について	日本建築学会 2010年度大会(北陸)学術講演梗概集 F-3 建築歴史・意匠	9/	富山	F-2 建築歴史・意匠	41-42
小岩正樹, 永井規男, 中川武, 溝口明則, 河津優司, 坂本忠規, <u>佐々木昌孝</u> , 米澤貴紀, 伏見唯	『木砕之注文』における多宝塔上重の枝割	日本建築学会 2010年度大会(北陸)学術講演梗概集 F-4 建築歴史・意匠	9/	富山	F-2 建築歴史・意匠	43-44
土田祥彬, <u>澤本武博</u> , 後藤正明, 西謙一, 守屋健一, 因幡芳樹	コンクリートの高さ方向による測定箇所が反発度および引っかけ傷幅に及ぼす影響	(社)日本非破壊検査協会 平成22年度春季講演大会 講演概要集	5/10	東京		113- 116
湯浅昇, 笠井芳夫, 高橋英孝, <u>澤本武博</u> , 舌間孝一郎	硝酸銀溶液噴霧法によるコンクリートの塩化物イオン量試験方法	(社)日本非破壊検査協会 平成22年度春季講演大会 講演概要集	5/10	東京		133- 136
藤原翼, <u>澤本武博</u> , 舌間孝一郎, 地頭蘭博, 湯浅昇, 笠井芳夫	ドリル削孔粉を用いた塩分浸透深さの簡易測定に及ぼすドリル径の影響	(社)日本非破壊検査協会 平成22年度春季講演大会 講演概要集	5/10	東京		129- 132
<u>澤本武博</u> , 守屋 健一, 因幡芳樹, 舌間 孝一郎	コンクリートの打撃面および材齢がリバウンドハンマによる反発度に及ぼす影響	(社)日本非破壊検査協会 平成22年度春季講演大会 講演概要集	5/10	東京		117- 120
<u>白井裕泰</u> , 中川武	隆徳殿の当初材について	日本建築学会大会学術梗概集	9/11	富山大学		601- 602

富田宏貴, <u>高橋正明</u> , 山下弘洋, 田村恵万, 小泉孝一	静圧空気軸受の回転誤差に関する研究 一軸受性能の高度化を目指して	第29回数理学・講演論文集	8/28	東京		
<u>平岡尚文</u> , 村山豪	特定条件でのZZ型転がり軸受からのグリース漏えい現象	トライボロジー会議予稿集	9/14-17	福井		285-286
<u>松本宏行</u> , 芝崎達朗, 大石久己, 山川新二	高次スペクトルを用いた非線形減衰振動系のマッピング	制振工学研究会 2010 技術交流会	12/10	工学院大学		
増永英俊, <u>松本宏行</u> , <u>龍前三郎</u>	感性を考慮したデザインにおける評価法の提案	2010 年度日本人間工学会 関東支部第 40 回大会	12/4	東海大学 (高輪キャンパス)		17-24
大石久己, <u>松本宏行</u> , 山川新二	振動モデルの挙動表示ソフトを用いた機械振動学の教育	日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会	9/25	同志社大学		26-27
大石久己, <u>松本宏行</u> , 山川新二	高次スペクトルによる非線形減衰振動系のマッピング	日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会	9/16	同志社大学		31-34
大石久己, <u>松本宏行</u> , 山川新二	高次スペクトル解析を用いた非線形振動系のマッピング	日本 IFToMM 会議シンポジウム	11/6	東京工業大学		

記 録 Record

平成 22 年度教員著作一覧

著書

著者	書名	出版社	出版社所在地	発行年月日
ポール・フォレスター(著者), <u>赤松明</u> (監修者), 乙須敏紀(翻訳者)	木工技法バイブル	産調出版(株)	東京	2010/9
<u>香村誠</u> , 他(機械製図教育研究会)	機械系のための 基礎製図	オーム社	東京	2011/3/25

解説等

著者	題目	書名	巻	号	発行年月日	ページ
<u>赤松 明</u>	木工の基礎Ⅳ 接ぎ手①接ぎ手の種類	木の文化FORUM		7	2010.9	38-39
<u>大塚秀三</u> , 中田善久, 毛見虎雄	鉄筋とパイプレータ	建築技術	724	5	2010.5	161-164
中田善久, <u>大塚秀三</u> 監修	RC の品質管理記録作成マニュアル	建築技術	730	11	2010.11	90-183
<u>大塚秀三</u>	壁式鉄筋コンクリート造のひび割れ誘発目地について	建築技術	731	12	2010.12	186-187
土田祥彬, <u>澤本武博</u> , 飛坂基夫, 中村俊彦, 地頭蘭博	埼玉県内の市町村における橋梁の維持管理の現状と大学の取り組み	ものづくり大学紀要	2010	1	1	50-53
<u>白井裕泰</u> , <u>小野泰</u> , 林英昭, 藤田香織	「阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画ーヴェトナムの文化遺産の復原に関する国際協力ー」2010 年度活動報告	白井裕泰研究室	2011	年 3 月		50 ページ
<u>白井裕泰</u>	「伝統的住宅の長寿命化に関する研究ー200 年住宅再生技術の確立」	トステム財団	2011	年 1 月		30 ページ
<u>土居 浩</u>	初年次教育の動向	ものづくり大学紀要	2010	1	1	51-54
<u>日向輝彦</u>	チタン・マグネシウム溶接技能暗黙知パラメータの構築	平成 21 年度地域イノベーション創出研究開発事業成果報告書			2010.3	13-28
<u>平岡尚文</u>	異種グリース混成使用による ZZ 型転がり軸受からの大量グリース漏れ現象	プラントエンジニア	2010	年 5 月号	2010	7-12
<u>松本宏行</u> , 天野孝志	岩槻商業高校とものづくり大学による協同製作プロジェクトの活動報告	ものづくり大学紀要	2010	1	1	58-61

記 録 Record

平成 22 年度教職員学外役職/審査員等一覧

国・地方自治体関係

委員会等名称	所管団体	役職名	教職員名	教職員所属
行田市産業廃棄物処理施設等設置調査審査会	行田市	委員	香村准教授	製造学科
埼玉県中小企業振興公社 評議員会	埼玉県中小企業 振興公社	評議員	細田教授	製造学科
東京都優秀技能者知事賞審査委員会(現代の名工・東京マイスター)	東京都産業労働局	主査	細田教授	製造学科
東京都「名工塾」	東京都産業労働局	塾長	細田教授	製造学科
中小企業ものづくり人材育成事業「工業高校等実践教育導入事業」審査委員会	経済産業省 中小企業庁	審査員	細田教授	製造学科
技能継承に係る委託事業の評価	厚生労働省	委員	松本准教授	製造学科
技能検定職種の統廃合等に関する検討会	厚生労働省	委員	松本准教授	製造学科
各種技能競技大会等の推進事業に係る企画書評価	厚生労働省	委員	松本准教授	製造学科
学校評議員会	埼玉県立 進修館高校	評議員	森山教授	製造学科
平成 22 年度全国刑務所作業製品審査会	法務省	審査委員	赤松教授	建設学科
北本市都市計画審議会	北本市	委員	大島教授	建設学科
北本市庁舎建設基本設計検討会議	北本市	委員	大島教授	建設学科
技能者(現代の名工)表彰審査委員会	厚生労働省	委員	白井教授	建設学科
上尾市建築審査会	上尾市	副会長	白井教授	建設学科
あきる野市文化財保護審議会	あきる野市	委員	白井教授	建設学科
羽村市文化財保護審議会	羽村市	会長	白井教授	建設学科
国立市文化財保護審議会	国立市	委員	白井教授	建設学科
行田市環境審議会	行田市	委員	白井教授	建設学科
熊谷市建築紛争調停委員会	熊谷市	委員	白井教授	建設学科
熊谷市開発審査会	熊谷市	委員	白井教授	建設学科

その他団体

委員会等名称	所管団体	役職名	教職員名	教職員所属
高校生ものづくりコンテスト全国大会・関東大会・埼玉大会	全国工業高等学校長協会	審査委員長	細田教授	製造学科
中央職業能力開発協会参与会議	中央職業能力開発協会	参与	細田教授	製造学科
全技連マイスター審査委員会	全国技能士会連合会	審査員	細田教授	製造学科
技能検定(機械プラント製図)	中央職業能力開発協会	検定委員	松本准教授	製造学科
技能検定(ウェブデザイン技能)	インターネットスキル認定普及協会	検定委員	松本准教授	製造学科
検定(CADトレース技能審査)	中央職業能力開発協会	検定委員	松本准教授	製造学科
精密工学会	(社)精密工学会	評議委員	森山教授	製造学科
軽金属溶接検定委員会	軽金属溶接構造協会	委員	日向教授	製造学科
全国軽金属溶接技術競技会	軽金属溶接構造協会	委員	日向教授	製造学科
日本トライボロジー学会理事会	(社)日本トライボロジー学会	監事	平岡教授	製造学科
技術賞審査委員会	(社)日本機械学会	委員	平岡教授	製造学科
日本建築仕上学会理事会	日本建築仕上学会	理事	近藤教授	建設学科
日本塗料検査協会理事会	日本塗料検査協会	理事	近藤教授	建設学科
日本材料学会	日本材料学会	第59期評議員	高橋(宏)教授	建設学科
日本材料学会関東支部	日本材料学会	第59期常議員	高橋(宏)教授	建設学科
第48回技能五輪全国大会	中央職業能力開発協会	家具職種競技委員(主査)	赤松教授	建設学科
第4回若年者ものづくり競技大会	中央職業能力開発協会	木材加工職種競技委員	赤松教授	建設学科
青年海外協力隊	国際協力機構	木工職種技術専門委員	赤松教授	建設学科
第46回木材接着士資格検定委員会	日本木材加工技術協会	検定委員会委員	赤松教授	建設学科
技能検定委員	中央職業能力開発協会	委員	大塚講師	建設学科
日本コンクリート工学協会関東支部	(社)日本コンクリート工学協会	常任委員	澤本准教授	建設学科

記 録 Record

平成 22 年度海外出張実績

出張者	出張者所属	出張先	用件	期間
土井講師	製造学科	オーストラリア	35 th Annual Congress of Applied Linguistics Association of Australia (ALAA) Congress 2010 にて論文発表	7/4 - 7/7
平岡教授	製造学科	オーストラリア	Asiatrib2010 にて論文講演	12/5-12/9
大島教授	建設学科	米国	調査	3/25-3/31
大塚講師	建設学科	中華人民共和国	受託研究に関する現地生産工場 の品質管理状況の調査	5/7-5/9
近藤教授	建設学科	タイ・マレーシア・ シンガポール	粉体塗装建材実態調査	2/21-2/27
近藤教授	建設学科	大韓民国	粉体塗装建材実態調査	6/10-6/13
近藤教授	建設学科	米国	Int. Association for Bridge Maintenance & Safety 2010 にて 論文講演	7/11-7/17
近藤教授	建設学科	ドイツ・オーストリア	粉体塗装建材実態調査	9/12-9/19
佐々木講師	建設学科	ベトナム	科研研究調査のため(延福長公 主祠実測調査)	2011/3/3-3/12
白井教授	建設学科	ベトナム	科研費補助基盤研究 A(海外) 「阮朝・太廟・昭敬殿の復原計 画」調査	7/20-23, 8/15-27, 2011/1/5-8, 2/26-3/8
高橋(宏)教授	建設学科	グルジア	調査	9/12-9/24
高橋(宏)教授	建設学科	韓国	セミナー「Performance based design method of building material 」にて講演	2/16-2/18

