

鹿児島工業高等専門学校  
研究報告

第 41 号

RESEARCH REPORTS  
OF  
KAGOSHIMA NATIONAL COLLEGE  
OF TECHNOLOGY  
Number 41

2006

# 鹿児島工業高等専門学校研究報告

第41号          2006

## 目 次

電磁気変化の信号処理解析による桜島火山爆発の予測	鎌田清孝	1～5
オープンCNC工作機械によるエンドミル加工の監視と加工制御	吉満真一	7～10
符号化方式「論理演算三角法」を用いたロスレスデータ圧縮方式 —動的演算子選択手法の拡張に関する検討—	入江智和	11～14
ごみ焼却灰を主原料とした固化材・固化体の開発について	前野祐二，三原めぐみ，長山昭夫	15～19
埋込み型ロゼットゲージの試作	堤 隆，小園祥平，平岡靖英	21～24
学級独自の補習取組が学生へ及ぼす効果	北菌裕一	25～30
ワシントン椰子の枝払いロボットの開発（1）	松元悦郎，山下俊一，大隣幸範，油田功二，原田正和， 松尾征一郎，永田亮一，中原和範，山岸伸彦，植村眞一郎	31～36

高速切削加工の効率的利用について	油田功二	37～39
配水管に堆積した火山灰を除去するための 管内走行ロボットのメカニズムに関する研究	上野孝行, 引地力男	41～44
研究業績 (2005年4月1日～2006年3月31日)		45～57

**RESEARCH REPORTS**  
**OF**  
**KAGOSHIMA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY**

No. 4 1      2 0 0 6

**C O N T E N T S**

<b>Prediction of Sakurajima Volcano Explosion Using Signal Processing Analysis of Electromagnetic Phenomena</b>	<b>Kiyotaka KAMATA</b>	<b>1 ~ 5</b>
<b>Monitoring technique and Cutting Control of Milling with Open CNC Machine Tool</b>	<b>Shinichi YOSHIMITSU</b>	<b>7 ~ 10</b>
<b>Lossless Data Compression Method based on Logical Triangle Method —A Study of Extended Dynamic Operator Selection—</b>	<b>Tomokazu IRIE</b>	<b>11 ~ 14</b>
<b>The Development of Solidification Material Made from Bottom Ash from municipal Solid Waste Incinerations as a Main Raw Materials</b>	<b>Yuji MAENO, Megumi MIHARA, Akio NAGAYAMA</b>	<b>15 ~ 19</b>
<b>A Trial Product as Buried Rosette Gate</b>	<b>Takashi TSUTSUMI, Shohei KOZONO, Yasuhide HIRAOKA</b>	<b>21 ~ 24</b>

**The Effect of Class Original Supplementary Lesson Activity Upon Students**

Yuichi KITAZONO 25 ~ 30

**Development of a robot to cut a branch of Washington Palm (1)**

Etsuro MATSUMOTO, Shunichi YAMASHITA,  
Yukinori OHTONARI, Koji ABURADA, Masakazu HARADA,  
Seiichiro MATSUO, Ryoichi NAGATA, Kazunori NAKAHARA,  
Nobuhiko YAMAGISHI, Shinichiro UEMURA 31 ~ 36

**About Efficient Use of High-speed Milling**

Koji ABURADA 37 ~ 39

**A Study on Mechanism of In-pipe Mobile Robot in order to Remove  
the Volcanic Ash Laid inside the Water Pipe**

Takayuki UENO, Rikio HIKIJI 41 ~ 44

**Extramural Activities (Apr.1,2005 ~ Mar.31,2006)**

45 ~ 57



## 論 文 抄 録

### [原著論文]

#### 電磁気変化の信号処理解析による桜島火山爆発の予測

鎌田清孝

最近、三宅島、有珠山の噴火が起こり、人々に多大な影響を与えてきた。

これらの被害を抑えるために、長期的、短期的な前駆的現象の観測が望まれている。これまでに火山活動の前駆的現象として、動物の異常行動、空の発光現象、地電位の変化などが観測されている。前駆的現象を含めた火山爆発の地球内部の活動を把握する方法として、地殻変動、地球化学的変動等があるが、各種周波数帯に渡る電磁気的な現象が有力な手段として認識されつつある。そこで、桜島の麓で、低周波数帯における微弱な電場・磁場を測定し、多数の爆発イベントの測定結果を平均化することによって他の雑音源を除去し、爆発前後における特徴的な電磁気信号の抽出を行った。

### [ノート]

#### オープンCNC工作機械によるエンドミル加工の監視と加工制御

吉満真一

生産現場では、刻々と変化する加工状態に応じて自動的に加工条件を変更する適応制御が望まれている。また、近年のIT技術の発展に伴い、FAシステムにおけるネットワーク化も急速に進歩し、ユーザーレベルでの生産管理システム構築も可能となってきている。本研究ではオープンCNCを搭載したマシニングセンタを用いて、インプロセスにおける加工状態の監視と制御

の可能性について実験的に検討し、制御対象の変動に適応する加工条件の抽出や制御データをオープンCNC装置側へ指令する適応制御システムの構築を目指す。また、オープンCNCを核とした汎用アプリケーションソフトによる加工監視ソフトウェアの開発についても検討した。

### [ノート]

#### 符号化方式「論理演算三角法」を用いたロスレスデータ圧縮方式 一動的演算子選択手法の拡張に関する検討一

入江智和

近年の通信技術の発展により通信回線の飛躍的な広帯域化が推進され、それに伴いネットワーク技術により享受される利便性も向上している。

本研究では、さらなるネットワークの利便性向上を目的とし、目的を達成するためにロスレスデータ圧縮方式を用いた通信回線の論理的広帯域化に着目し、既に符号化方式「論理演算三角法」とその性能向上を図るいくつかの拡張方式を提案している。本報告では、既に提案している拡張方式の一つ「動的演算子選択手法」のさらなる拡張を検討し、既提案の方式の圧縮性能改善を目指した。シミュレーションにより、本報告で検討した拡張方式による既提案の方式の圧縮性能改善を確認した。

### [原著論文]

#### ごみ焼却灰を主原料とした固化材・固化体の開発について

前野祐二, 三原めぐみ, 長山昭夫

本研究は、焼却主灰の有効利用について報告している。本研究では焼却灰の2mm篩い通過試料を用いて、固化材の開発を試みた。その結果、2mm篩い通過焼却灰に生石灰、石膏、石炭灰を混合して粉碎するだけで固化材が作製できることが明らかになった。この固化材はセメントと同様に水と混合して、打設、締め固めと養生することにより高強度固化体が作製できる。作製した固化体は高強度固化体となるだけでなく、重金属などの溶出も防止でき、土壤環境基準値以下の値となる。

#### [ノート]

##### 埋込み型ロゼットゲージの試作

堤 隆，小園祥平，平岡靖英

近年、施工実績の高い高流動コンクリートは通常のコンクリートに比べて材例初期において水和反応に起因する自己収縮が大きいことも指摘されている。

本研究では、コンクリート硬化時に生じるひずみの測定を目的として低弾性材料で被覆した埋込み型ロゼットゲージの試作を行った。試作されたロゼットゲージを用いて、水平面内で発生する変位の測定を行い、コンクリート自己収縮測定用に開発された一方向埋込み型ゲージから得られた測定結果と比較し、試作されたゲージの実用性について検証を行った。

#### [原著論文]

##### 学級独自の補習取組が学生へ及ぼす効果

北蘭裕一

高等専門学校は、中学卒業後の5年間を通して一貫した教育を行うという特徴を生かし、技術系・工業系大学と同レベルの専

門教育を行っている。また、将来、心身共に健全な社会人、優れた技術者になるための基礎的な教育の場でもある。さらに、2003年度からのJ A B E E認定により、学生・教職員の学習・研究に対する意識もさらに向上している。

そこで本学級でも、学年末試験前から学級独自の取り組みとして、補習を試みた。講師を担任である筆者が行い、放課後を利用し実施した。この調査では、この学級独自の補習への取り組みが、本学級の学生にどのような効果をもたらしたかを報告する。

#### [原著論文]

##### ワシントン椰子の枝払いロボットの開発 (1)

松元悦郎，山下俊一，大隣幸範，  
油田功二，原田正和，松尾征一郎，  
永田亮一，中原和範，山岸伸彦，  
植村眞一郎

南九州地域には多くのワシントン椰子が植生されている。ワシントン椰子は景観および枯れ枝落下時の危険防止のため、定期的に枝払いを実施する必要がある。しかし、これらの多くは高さ15~25mに成長しており、且つ自然木のため幹の状況も多様で、その作業は人手に頼らざるを得ず、効率的ではなく費用負担の上でも高コストの状況となっている。本研究は、この作業を機械化することによって作業の安全性確保および低コスト化を実現できるロボットを開発することを目的とした。その結果、ワシントン椰子の枯れ枝払いに必要な基本性能を有する枝払いロボットを完成した。

[ノート]

### 高速切削加工の効率的利用について

油田 功二

近年、工作機械の高速化、高精度化に伴い、金型や複雑形状部品などの加工では、高速切削加工が注目されている。本研究では高速切削加工法を様々な角度から検討し、複雑形状の部品や難削材等の加工が効率的に行うことができるようにすることを目的とする。

そこで、ネットワークによるCAD/CAM運用システムを構築することにより、作図・NCデータの作成から加工までの一連の流れを確立した。また、高速切削加工の最適加工条件の抽出を行い、複雑形状の部品加工において幾つかの好結果をもたらすことができた。

[ノート]

### 配水管に堆積した火山灰を除去するための管内走行ロボットのメカニズムに関する研究

上野 孝行，引地 力男

配水管等の損傷を早期発見し、保守修理を行うことは重要であるが、これらは地中等、人の手の届かない場所にあり、点検修理を行うのは困難である。そこで、管内走行ロボットを用いて点検修理を行う研究が進められている。これらのロボットの問題点の一つとしてアクチュエータとその機構があげられる。特に管内に土砂等がある場合、管壁伝達型では走行に障害を生じるのでメカニズムに工夫を要する。本研究は、配水管に堆積した土砂等を除去するための管内走行ロボットの走行メカニズムについて検討するものであり、アクチュエータと

してSMAを用いて実際にロボットを試作した。その結果、単純なメカニズムを用いて走行が可能であることを示した。



# 電磁気変化の信号処理解析による桜島火山爆発の予測

鎌田 清孝<sup>+</sup>

## Prediction of Sakurajima Volcano Explosion Using Signal Processing Analysis of Electromagnetic Phenomena

Kiyotaka KAMATA

In order to examine the relationship between volcanic explosions and electromagnetic phenomena, we constructed the continuous extremely low frequency (ELF) band measuring system, which is composed of geoelectric potential differences (GPDs) and geomagnetic fields (GFs) at the foot of Mt. Sakurajima, Kyushu Island, Japan.

In the field of solid earth sciences, there is a long history of monitoring GPDs and three-component magnetic fields. However, due to the limitation of the hardware, normal sampling rates are very low (once per minute, once per ten seconds are frequently used). Therefore, we believe that the high sampling electromagnetic measurements in the field of solid earth sciences is a very unique approach

The results of the measurements show that the measuring system is able to measure the natural phenomena properly and the GFs in the horizontal direction  $B_x$  and vertical direction  $B_z$  are observed which are assumed to be associated with the volcanic activity of Mt. Sakurajima when the seismometer was active.

Keywords : Volcanic eruptions, Magnetometer, Electrode, Electromagnetic phenomena.

### 1 はじめに

最近、三宅島、有珠山の噴火が起こり、人々に多大な影響を与えてきた。これらの被害を少しでも抑えるために、長期的、短期的な地下の異常を示す前駆的現象の観測が望まれている。これまでに火山活動の前駆的現象として、動物の異常行動、空の発光現象、地電位の変化などが観測されている。前駆的現象を含めた火山爆発の地球内部（地震）の活動を把握する方法として、地殻変動、地球化学的変動（地下水位、化学組成）等があるが、各種周波数帯に渡る電磁気的な現象が有力な手段として認識されつつある。

火山活動に伴う電磁気的な変化としては、図1に示すような地殻内部から出てくる DC（直流）-ULF 帯から HF 帯までのほぼ全周波数帯での電磁波（自然放射波）や、電離層異常を検出するための VLF/LF 帯の観測<sup>1)</sup>が行われてきた。しかしながら、これらの観測には次のような問題がある。

1. 目的とする火山活動に伴う電磁気信号が、人工的な雑音<sup>2)~3)</sup>や磁気嵐等の自然界に存在する雑音に比べ非常に微弱であるため、十分な S/N 比を確保できない。
2. 同一地域の火山活動のイベント数が少なく、火山

活動に伴う信号の抽出が困難である。

そこで、比較的都市雑音の影響が小さいと推定され、かつ年間数十回以上のイベント数を有する桜島の麓で、ULF 帯（低周波数帯）における微弱な電場・磁場を測定するシステムを構築し、火山爆発に伴う電磁気現象の把握を試みた。本測定システムは、従来のシステムではコンピュータや記録媒体の関係で数 Hz 以下に限定されていたサンプリング周波数を数十 Hz 以上とし、高い周波数帯における電場・磁場の観測が可能である。

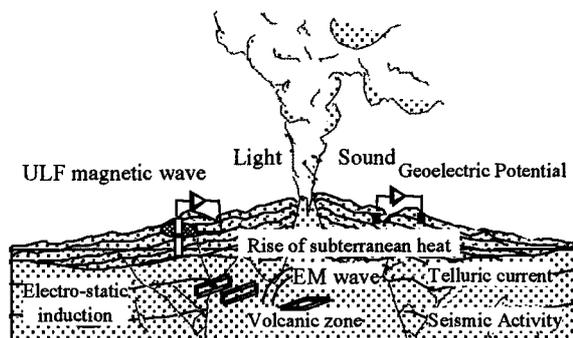


図1 火山爆発前後の電磁気的現象

また、電場の測定では、長さの異なる複数平行測線を用いて雑音と信号の判別を試みている。まず、本測定システムを用いて微弱な信号を測定するために重要な通常時の観測点における環境雑音の特性を把握する。さらに、年間数十回以上の、多数の爆発イベントの測定結果を平均化することによって他の雑音源に起因す

<sup>+</sup>電子制御工学科

ランダム雑音を除去し、爆発前後における特徴的な電磁気信号の抽出を試みている。

## 2 測定方法と測定システム

### 2.1 測定場所と測定方法

図2に、観測所地点および火口の位置を示す。観測所は、都市雑音の主な発生源と考えられる直流電車(市電)の走る鹿児島市から約5 km離れた桜島に位置し、桜島の火口のある南岳より約3 kmと近く、目視によって噴火の状況も把握できる。また、観測所は周囲の人家・県道より500 m離れているため、人工的な雑音は極めて小さいものと推定される。しかしながら、日中は観測所の周りの道路を車が数台通行し、磁場の測定に影響を与えるが、車通過時の特徴的な磁力計の出力波形<sup>6)~8)</sup>を確認することによって、爆発による変動と区別することができる。

図3に、地電位の電極、磁力計および加速度振動計のセンサの配置を示す。一般に岩石に圧力をかけると、破壊前に電流が流れることが実験で確かめられている。地電流観測に含まれる雑音と信号を区別するために、同一地点で直交方向に最低2本ずつ(合計4本)の電極棒を用いる(VAN法<sup>1)</sup>)。そこで、我々も東西方向に10.40 m (b-r), 23.50 m (c-r), 南北方向に、5.2 m (d-r), 23.10 m (e-r), それぞれの方向で距離の異なる電極を配置し、以下の条件を満たせば、電極の埋設初期における大地と電極間における抵抗の不安定に起因する雑音や測定点近傍で発生する雑音、降雨などの影響を受けないと判断できる。

1. 水平方向の地電位差の変化は東西南北全ての観測線で同時に観測される。
2. 距離の異なる東西、南北の電場がそれぞれの方向で一定。

水平方向の測定には、深さ1.0 mに埋設された基準電極(図3のreference electrode)  $r$  と、各電極との電位差 (b-r, c-r, d-r, e-r) をそれぞれ測定した。

また、我々は、従来のVAN法の水平方向の地電位の測定に加え、顕著な出力が得られ人為的な地中電流による影響を受けにくい垂直方向に発生する電位差<sup>12)</sup> (a-r)の測定も行った。

図4 測定システムのブロック図また、室内での岩石破壊実験においても破壊前に電磁放射が観測された例は多く、火山噴火もある種の岩石破壊現象と考えるとその過程においても電磁放射が起きる可能性が十分に考えられる。そこで、フラックスゲート型磁力計(島津社製 MB140)を用いて、地中深くしかも遠くまで



図2 観測所地点および火口の位置

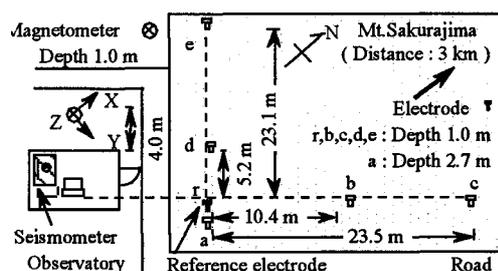


図3 電極、磁力計および振動計の配置

伝わりと考えられる主に数十 Hz 以下の周波数領域の水平2成分 (X, Y) 及び垂直成分 (Z) の変化を測定した。センサ部分は、温度変化によるドリフトの影響

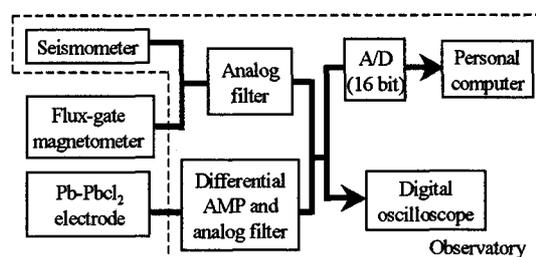


図4 測定システムブロック図

を低減するため、観測所から4m離れた地面の地下1mに埋めた。センサの方向は、Xは東西、Yは南北、Zは垂直方向とした。さらに、爆発に起因する振動との関係を把握するために加速度振動計(RION VM-52)を観測所内のコンクリート基盤の上に設置し、同時に

測定した。

## 2.2 測定システム

図4に、測定システムのブロック図を示す。測定する信号源によって、電磁波帯域の周波数は異なる。桜島<sup>11)</sup>の場合、地下1 km~2 km 付近の浅い所で活動が行われていると考えられる。そこで、2 km よりやや深い3 km として測定周波数帯を Skin depth  $SD$  の次式によって求めると 30 Hz となるので数 Hz~数百 Hz の ULF 帯域~ELF 帯域における変化が考えられる。

$$SD = \sqrt{\frac{1}{\pi \sigma f \mu_r \mu_0}}$$

ただし、 $\sigma$  は地表面の導伝率 (1/1000[S])、 $f$  は周波数、 $\mu_r$  は透磁率、そして  $\mu_0$  は真空での透磁率である。従って、サンプリング周波数を 128 Hz としたが、商用周波数 (60 Hz) の影響を除去するために、磁場のみ 40 Hz の低域通過フィルタに通した。また、文献9)、10) によって対象とする磁場は 1 nT 以下、地電位は数  $\mu$  V~数 mV と予測されたので、出来るだけ分解能を高める必要がある。地電位は、電極間隔が長ければ長い程、大きくあらわれるが、電極間距離は敷地の関係上、限界がある。そこで、地電位出力は低周波領域の雑音が少ない生体用増幅器 (BIOPAC Systems EEC100B) を用いて 500 倍に増幅させた後、0.01 Hz~30 Hz の帯域通過フィルタに通した。さらに、磁場、電場および振動計の出力の A/D 変換 (16 bit) を行い、パソコン (IBM 社製 PL300) による長期的連続測定を行った。

## 3 測定結果

### 3.1 環境雑音の特性

図5に、通常時 (噴火なし) における 2000 年 11 月 8 日における 1 日の電場の経時変化の一例を示す。23

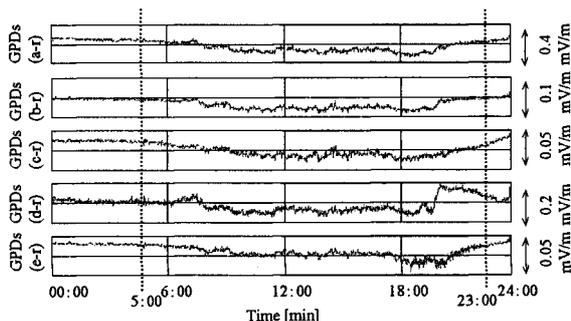


図5 1日の電場の経時変化

時から5時までの時間帯に比べ、5時から23時までの時間帯は大きな変動が認められた。この経時変化は鹿児島市内における市電 (直流電車) に起因する磁界変動<sup>4) 5)</sup> と似通っており、電場には海を隔てて数 km 離れた市電に起因すると考えられる雑音の影響があると推測できる。爆発に起因する微弱な電磁気的信号を測定するにはこれらの雑音特性を考慮する必要がある。

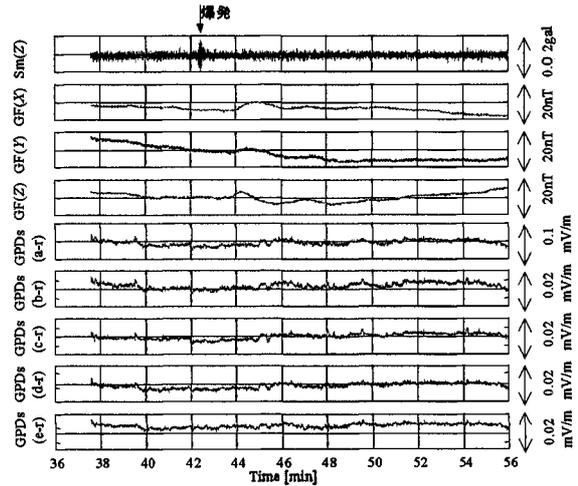


図6 爆発時の振動加速度、電場、磁場の経時変化

### 3.2 爆発時の測定結果

図6に、2000年10月13日10時42分における爆発時の振動加速度、電場および磁場の経時変化の一例を示す。爆発に起因する振動として、0.02 gal 程度の振幅が確認できた。垂直方向の電場 (GPD (a-r)) は、水平方向 (GPD (b-r)~GPD (d-r)) の電場と比べると、5倍以上大きな振幅になっており、0.01 mV/m 以下の変動も確認できた。また、水平方向の東西方向 (GPD (b-r)、GPD (c-r))、南北方向 (GPD (d-r)、GPD (e-r)) での電場の大きさは一定であった。この結果は、VAN 法の条件を満たしており、雑音の影響を受けずに測定できたことを示している。一方、磁場に関しては、顕著な変化が認められなかった。これは、測定器の感度が不足しているためと考えられる。しかし、VAN 法によって雑音の低減を行っても、3.1 で述べた雑音は存在するので爆発時に起因する微弱な電磁気信号を抽出するためには、さらに雑音の低減が必要となる。雑音は、ガウス分布に従ってランダムに起きるので、爆発に伴う電磁気信号に規則性があれば、加算平均すれば除去でき、爆発に伴う電磁気現象が顕著に現れると考えた。そこで数回の爆発による加算平均を行った。

## 4 解析方法と解析結果

### 4.1 解析方法

今回は、2000年から2004年までの39回の爆発データにおいて、爆発に起因すると思われる加速度振動計の大きな変動を検出して、爆発前8.5分間、爆発後8.5分間の電場電場と磁場のデータ、および爆発なしにおける平常時35回の任意17分間の電場電場と磁場のデータをFFT解析した。その後、それぞれ加算平均をし、ノイズの影響を低減することによって、火山に起因する電磁気信号の抽出を試みた。さらに、2標本t検定(爆発あり:n=39, 爆発なし:n=35)にて有意差検定を行ない、爆発時における電磁気信号の抽出を行った。

### 4.2 解析結果

図7に磁場のスペクトル解析を示す。図8に磁場の2標本t検定を示す。図7の周波数スペクトル解析において、低周波領域で、爆発前後のレベルは平常時でのレベルを若干上回っている。さらに、図8の磁場の2標本t検定でも、若干、有意差が認められた。また、地電位においても同様の結果(スペクトル解析, 2標本t検定)が得られた。

## 5 まとめ

桜島火山活動に伴う電磁気現象の測定によって以下のことが明らかになった。

1. 従来のシステムでは、数 Hz 以下に限定されていたサンプリング周波数を、数十 Hz 以上とする ULF 帯(低周波数帯)における微弱な電場・磁場と振動加速度を測定するシステムを構築し、観測できた。
2. 観測地の雑音特性として、鹿児島市の市電の影響と思われる人工的な雑音が、電場の測定による経時変化で、5時から23時の時間帯に認められた。
3. 電場測定では VAN 法の条件を満たしており、雑音の影響を受けずに測定できた。

年間数十回以上の、多数の爆発イベントの測定結果を平均化することによって他の雑音源に起因するランダム雑音を除去し、爆発前後における特徴的な電磁気信号の抽出を試みるために、FFT解析の加算平均や2標本t検定を行った。今回、これが火山活動に伴う電磁気現象である可能性が大きいですが、桜島のように「火道」が完成してしまっている火山であると、爆発に伴う変動は、新たにマグマが出る道を探す火山

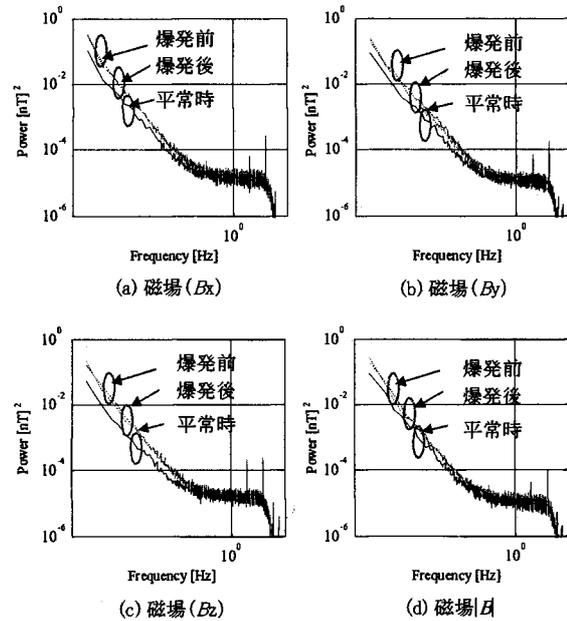
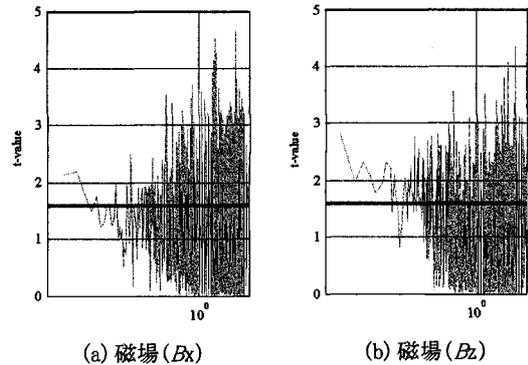
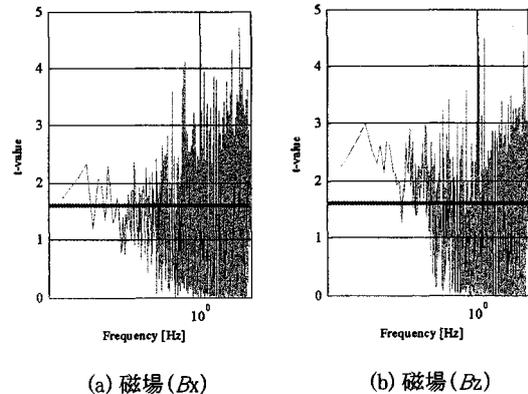


図7 磁場のスペクトル解析



爆発前と平常時の比較



爆発後と平常時の比較

図8 磁場の2標本t検定

と違い、変動は極めて小さいと考えられる。今後もさらに、加算平均の数を増やして行き、火山活動に伴う電磁気現象の抽出を試みたい。

### 謝辞

本研究を実施するにあたり、多くの方にご協力をいただきました。ここに、心より感謝の意を表します。

鹿児島大学の湯ノ口万友先生、白樂善則先生、和歌山大学の吉野孝先生、竹中工務店の山崎慶太氏、加藤和夫氏、東海大学の長尾年恭先生を始め、多くの先生方にご指導、ご助言を頂きました。ここにお礼を申し上げます。また、本研究は、平成15年、16年および17年度鹿児島高専校長助成金を受けて行われたことを記し、感謝申し上げます。

### 文 献

- 1) 長尾 年恭：“地震予知研究の展開”，近未来出版，(2001)。
- 2) 松葉 博則，藤巻 則夫，宮内 哲，“磁性体及び電流線から発生する環境磁気雑音”日本応用磁気学会誌，**10**，1(1996)。
- 3) 山崎 慶太，小谷 誠，内川 義則：“電車からの低周波磁気ノイズについての考察”日本応用磁気学会誌，**15**，597(1992)。
- 4) 山崎 慶太，湯ノ口 万友，鎌田 清孝，内川 義則：“鹿児島市における市電に起因する低周波環境磁気ノイズに関する検討”日本生体磁気学会誌，**10**，29(1997)。
- 5) 鎌田 清孝，湯ノ口 万友，山崎 慶太，藤原 耕二，中瀬 知哉，内川 義則，小林 宏一郎：“鹿児島大学における低周波磁気ノイズの考察”日本応用磁気学会誌，**22**，749(1998)。
- 6) 鎌田 清孝，湯ノ口 万友，山崎 慶太，中瀬 知哉，藤原 耕二，高橋 則雄：“磁性体の移動に起因する磁気ノイズの考察”日本応用磁気学会誌，**23**，1509(1999)。
- 7) 山崎 慶太，鎌田 清孝，湯ノ口 万友，藤原 耕二：“エレベータの移動に起因する磁気ノイズの解析”電気学会全国大会講演論文集，420(1999)。
- 8) 鎌田 清孝，湯ノ口 万友，山崎 慶太，藤原 耕二，高橋 則雄：“磁性体の移動に起因する磁気ノイズ解析”電気学会マグネティクス研究会，MAG-98-145(1998)。
- 9) 白樂 善則，廣濱 泰人，仁田 幸治：“SQUID センサを用いた地磁気計測システムの開発と都市ノイズの測定”低温工学，**27**，166(1992)。
- 10) 鎌田 清孝，土井 俊哉，尾形 久直，賀戸 久，湯ノ口 万友，白樂 善則：“SQUID 磁束計を用いた桜島火山での地磁気計測”日本応用磁気学会誌，**24**，867(2000)。
- 11) Yumoto, K., Y. Tanaka, T. Oguti, K. Shiokawa, Y. Yoshimura,

- A. Isono, B.J. Fraser, F.W. Menk, and 210o MM Magnetic Observation Group (1992); Globally coordinated magnetic observations along 210o magnetic meridian during STEP period: 1. Preliminary Results of low-latitude Pc 3's, *J. Geomag. Geoelectr.*, **44**, 261 (1992).
- 12) 竹内 伸直，中鉢 憲賢，堀田 卓，成田 憲一：“地震波信号による地電位差信号の解析”電気学会論文誌，**117**，1219(1997)。



# オープンCNC工作機械による エンドミル加工の監視と加工制御

吉満 真一<sup>+</sup>

Monitoring technique and Cutting Control of Milling with Open CNC Machine Tool

Shinichi YOSHIMITSU

This report proposes the monitoring technique for the cutting force control in-process. Monitoring and controlling of a machine tool with open CNC interface are carried out by use of MMC (Man Machine Controller). The cutting vibration of the main spindle of the machining center during cutting was detected by the acceleration sensor. The acceleration data was analyzed by the FFT analyzer. For the cutting force control, override control was investigated on the basis of the measured acceleration data. And the software monitoring the cutting state was developed by use of Visual Basic. This software can display the coordinate data and the route of a tool on the PC screen. As a result, this system is able to monitor the cutting state and to control the feed rate override and is useful for controlling the constant cutting force.

Keywords: Monitoring, CNC, in-process control, End mill, Excel

## 1. 緒言

パソコンの高性能化, 普及率の増加に伴いNC装置をパソコンでコントロールできるオープンCNCが商品化され, 生産現場のネットワーク導入も急速に進んでいる. また, 従来, 加工状態の認識には様々な手法が研究されてきているが<sup>1)</sup>, 状態認識に加えて刻々と変化する加工状態に応じて, 最適な加工条件を提供する適応制御が望まれている.

本研究の目的は, オープンCNCを搭載したマシニングセンタの監視技術と適応制御法に関して, 各種センサを用いたインプロセスにおける加工状態の認識と監視の可能性について実験的に検討し, 制御対象の変動に適応する加工条件の抽出や制御データをオープンCNC装置側へ指令する適応制御システムを構築することである. また, CNC装置を遠隔地よりコントロールすることのできる汎用性の高いFAネットワーク監視システムを, パソコンをベースとして構築することである.

本稿ではこれまでの研究により構築された適応制御の基本システム<sup>2)</sup>を用いて, オープンCNCを搭載した2種類のマシニングセンタを用い, エンドミル加工における加工中の主軸ヘッドの振動を計測し, その特性について検討し, 状態に応じて加工条件を自動的

に変更する適応制御に関して実験を行った.

また, Visual Basicを開発言語とし, CNC装置に接続されたPCによりCNC装置の状態監視を行う画面の開発や工具軌跡の描画手法などについて検討した.

## 2. 加工監視システムの構築

オープンCNCの開発により, パソコンがCNCのコントローラいわゆるMMC (Man-machine controller)として活用されている.

このMMCの導入により, CNCの個性化, 機能拡張の手段が提供される. 本実験ではMMCを用いて加工監視・制御システムの構築を行った.

図1に加工監視システムの構成を示す. MMC (CNC監視・制御用PC)は光ケーブル(HSSB)を介してオープンCNCを搭載したマシニングセンタに接続されており, 外部からのプログラム変更や加工状態の監視を行うことができる.

また, 各種センサ信号はA/D変換ユニットやPLCユニットなどを介しMMCに取り込まれ, 加工中の状態認識を行う. 加工状態の認識結果およびそのデータ分析により, インプロセスにおける適応制御を行う.

加工監視ソフトの開発にはVisual Basic, Excel VBAを開発ソフトとして用いた. 汎用性の高いソフトウェアを用いることで, ユーザー側のカスタマイズにフレ

<sup>+</sup>電子制御工学科

キンプルに対応するCNC監視・操作用アプリケーションの開発を目指した。

### 3. 実験装置および方法

加工実験には2種類のマシニングセンタを使用した。両機とも主軸端形式はBT-30で共通であるが、各部仕様異なるマシニングセンタである。

切削実験の試験材料には黄銅(45×45×15mm)を用い、切削工具として超硬エンドミル(直径6mm, 4枚刃)を使用した。表1に切削条件を示す。また図2に実験構成図を示す。

実験では被削材を14°の角度を付けてバイスへ取り付け、軸方向切込み深さを徐々に増加させながら、側面切削を行った。

加工状態の認識には加速度センサを使用した。実験では本センサをマシニングセンタ主軸ヘッドに加工進行方向(Y軸方向)に取り付け、加工中に主軸ヘッドに生じる振動加速度を検出し、データ収集を行った。収集した加工中の振動データはFFTアナライザによる解析を行い、加工中のデータおよび工作機械の違いによる特性の違い等について検討した。

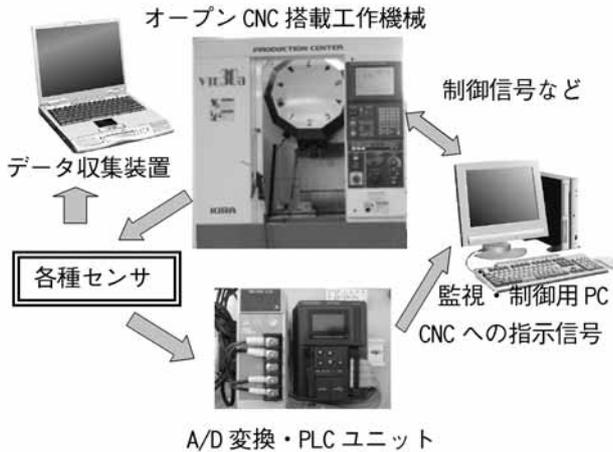


図1 システム構成

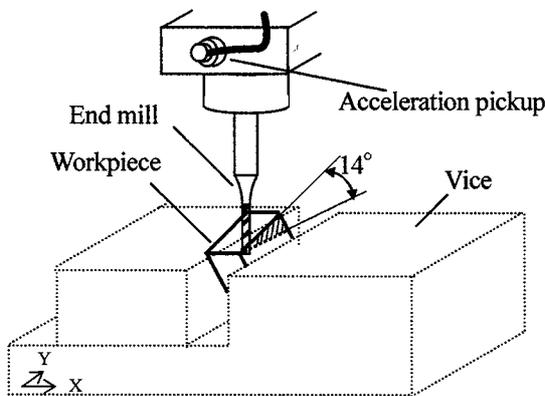


図2 実験構成図

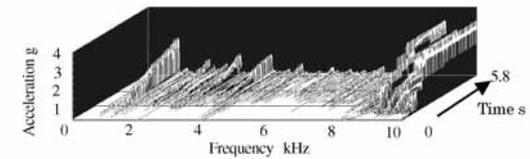
表1 実験条件

Machine	Machining centre(A機,B機)
Workpiece	Brass 45×45×15mm
Tool	End mill φ6mm, 4teeth
type of Milling	side milling
spindle speed $N_s$ rpm	2000~8000
Feed speed $V_f$ mm/min	80~640
Feed rate $f$ mm/rev	0.04,0.05,0.06,0.07,0.08
Radial depth of cut $a_r$ mm	2
Axial depth of cut $a_a$ mm	0~11

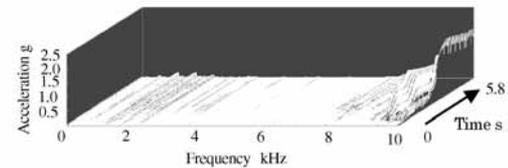
### 4. 実験結果と考察

#### 4.1 加工状態の認識と工作機械の検討

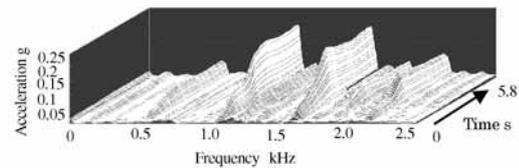
図3に測定データをFFTアナライザにより周波数解析した結果を示す。加工が進行するにつれ軸方向切込み深さ $a_a$ の増加に伴い、各周波数成分において、振動加速度が増加する傾向にあることがわかる。図3(a)はA機による結果であるが、今回の実験条件においては主軸の固有振動数0.97KHz付近の振動加速度の増加が顕著に見受けられた。また、図3(b)はB機による結果であるが、A機の結果と比較すると、同じ切削条件にも関わらず主軸の受ける振動加速度の値がかなり異なることがわかる。図3(c)は(b)の結果を拡大したものであるが、1.2KHzおよび1.6KHz付近の振動加速度データが、傾斜切削の進行に合わせて顕著に増大していることがわかるが、その値はA機と比べ小さいものとなっている。



(a) A機  $N_s=8000\text{rpm}$   $f=0.06\text{mm/rev}$   $a_r=2\text{mm}$



(b) B機  $N_s=8000\text{rpm}$   $f=0.06\text{mm/rev}$   $a_r=2\text{mm}$



(c) B機  $N_s=8000\text{rpm}$   $f=0.06\text{mm/rev}$   $a_r=2\text{mm}$

図3 FFTアナライザによる解析

他の条件での結果においても同様の傾向が得られたことから、A機と比較してB機の方が主軸剛性が高く、加工中に工具が受ける振動の影響を受けにくいことが推察される。

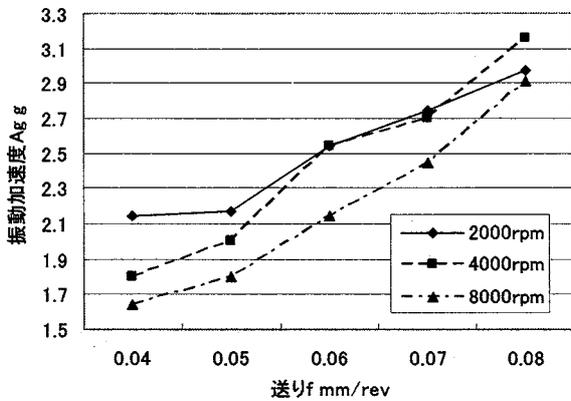


図4 送りと振動加速度の関係 (A機  $a_a=9\text{mm}$ )

図4はA機の結果より0.97KHz付近における振動加速度に着目し、軸方向切込深さ9mmにおける各回転速度における送りと振動加速度の関係を示したものである。それぞれの回転速度において、送りの増加に伴い、振動加速度が増加することがわかる。また、これまでの研究により振動加速度は接線力に比例する傾向を持つことがわかっており、切削により生じる力を振動加速度により推定できるといえる。

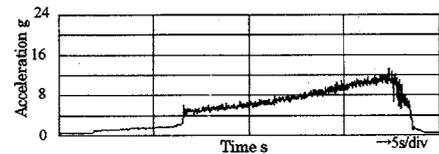
以上の結果より、加工に使用する工作機械それぞれの特性を把握し、特徴量を抽出することで、それらのデータに基づいた、加工条件の最適化が可能であると考えられる。また、送り速度および回転速度のオーバーライド制御により、加工中の振動加速度を一定に保つことで、切削抵抗一定での加工が可能であると考えられる。

#### 4.2 PLCを用いた適応制御システムの構築

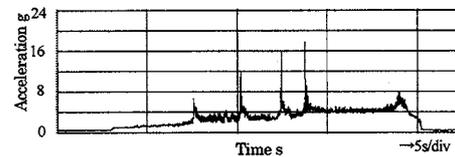
加工中の振動センサ信号に基づくマシニングセンタの基本適応制御システムを構築した。従来はデータ収集システムによる条件判断を行っていたが、条件判断の基準等が装置の機能に依存しており、データ収集や判断の手法に応じて柔軟な対応ができるようPLCの導入を検討した。

PLCはセンサ信号をA/D変換ユニットを介し、データ信号を受け取り、作成したプログラムにより、自動運転時に、加工負荷による振動加速度が、ある上限と下限のしきい値の範囲外になった場合、しきい値の範囲外であることを示す信号を出力する。

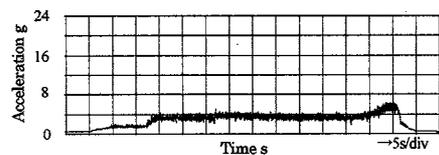
MMCはこの信号に基づき、加工状態に応じてマシ



(a) 測定データ (制御なし)



(b) 主軸回転速度オーバーライド制御あり



(c) 送り速度オーバーライド制御あり

図5 制御の有無による主軸ヘッドにおける振動加速度の様子 (A機  $N_s=2000\text{rpm}$   $V_f=120\text{mm/min}$ )

ニングセンタのオーバーライドを自動的に変更する。これまでの研究では、送り速度オーバーライド制御での切削抵抗一定の制御を行う手法について検討を行っており、その可能性について確認している。そこで今回の実験では主軸回転速度オーバーライドの制御について検討した。

A機での実験の結果を踏まえ、0.97KHz付近の振動加速度に着目し、制御を行う前の加工中に得られた振動加速度の測定結果を図5(a)に示す。また図5(b)にA機による主軸ヘッドの振動加速度が2~4gの範囲内におさまるよう主軸回転速度オーバーライドの制御を行った場合の結果を示す。

実験では上限のしきい値を越える信号が入った場合にオーバーライド値を1%刻みで下げ、また下限のしきい値を下回る信号が入った場合に1%刻みでオーバーライド値を上げる制御を行った。

図5(a)で、切り込み深さの増加に伴い、顕著に表れていた振動が、図5(b)にみられるように主軸回転速度オーバーライド制御を行うことにより、主軸ヘッドに生じる振動加速度を一定レベルに抑えることが確認された。しかしながら、数カ所、急激な振動データの上昇箇所が見受けられる。これは、オーバーライドの制御に伴う、急激な主軸回転数の変化が原因ではなかいかと推測される。なお、図5(c)は送り速度オーバーライド制御を行った際に得られた測定結果であるが、主軸回転

速度のオーバーライド制御の場合と比較して、主軸の受ける振動の変動幅が小さいことがわかる。

主軸に生じる振動を抑えるという観点では、送り速度オーバーライドの方がより有効であるといえるが、主軸速度および送り速度ともに、より滑らかな加減速制御を行うことで、安定した切削を行うことが可能であると考えられる。また、今後、工作物の加工面品位等についても検討する必要がある。

## 5. 加工状態監視画面の開発

### 5.1 Visual Basicによる汎用監視・制御画面の開発

オープンCNC装置の開発により、外部接続されたPC等をMMCとし、様々な情報の通信、制御が可能となってきている。

加工状態の監視・制御を行う為に、提供される各種関数を用い、外部接続されたPCより、CNC装置の状況をリアルタイムに監視し、また加工プログラムの編集等も可能とするアプリケーションの開発を行った。開発にはVisual Basicを用いた。

図6に作成した監視画面を示す。開発した監視画面では、稼働中のNC装置の工具現在値（絶対座標値、相対座標値、機械座標値、残移動量）、及び実速度をリアルタイムに表示させることが可能である。またメインメニュー画面に配置されたボタンにおいて、必要とする情報を容易に呼び出すことができる。

また、Windows標準のアプリケーションである「メモ帳」との関連付けにより、PCで作成したテキスト形式のNCプログラムをCNC装置に操作画面よりダウンロードすることも可能である。



図6 CNC監視画面

### 5.2 Excel VBAによる加工状況取得

CNC装置より時々刻々と送り出される各種データを履歴として管理するため、Excel VBAによりワークシートに取り込み、表示・管理するアプリケーションの開発を行った。

図7に作成したExcelワークシート上でのCNCデータ取得の表示画面および工具軌跡描画を行った画面の一例を示す。プログラムではCNC装置の動作に伴い各座標値を取得し、Excelワークシートのセル上でデ

ータ更新を繰り返し、表示する。またプログラム上で指定した時間間隔で取得した各データを順次、セルを移動しながら取得することで経時的な形でデータを記録することが可能である。

さらに、この取得した座標データに基づき、グラフ機能との関連付けにより工具軌跡を描画させることも可能となり、作成したNCプログラムの形状確認をPC画面上にて行うことができる。

ここで作成したExcel VBAプログラムは5.1において作成した監視画面プログラムとの関連付けにより、メインメニューから呼び出し、実行、利用することができる。

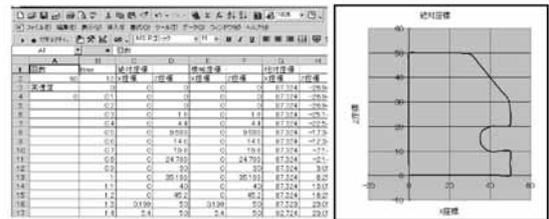


図7 Excel VBAによる監視画面

## 6. 結 言

本研究により次の結果を得た。

- (1) 工作機械毎の加工特性をデータベース化することにより、加工監視信号に基づき、適応制御が可能になると思われる。
- (2) 加工中のオーバーライド書き換えによる主軸回転速度や送り速度の最適化によって、切削抵抗一定での加工やびびりの発生防止等が可能になると思われる。
- (3) 加工状況の監視・制御手段として、Visual BasicおよびExcel VBAを用いて、CNC装置の稼働状況の監視・プログラム編集および工具軌跡描画を行うソフトを開発した。

## 謝辞

本研究は平成15, 16年度校内研究助成金を受けて行われたことを記して、謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 近藤英二:スペクトルマップのパターン認識による切削異常の検知(第1報, 自励びびり振動の検知), 日本機械学会論文集, C, (1997), pp. 272-277
- 2) 吉満, 河野, 引地 他: マシニングセンタにおける加工状態の認識とインプロセス制御, 精密工学会秋季大会講演論文集, (2002), p. 468

# 符号化方式「論理演算三角法」を用いた ロスレスデータ圧縮方式 —動的演算子選択手法の拡張に関する検討—

入江 智和 †

Lossless Data Compression Method based on Logical Triangle Method

—A Study of Extended Dynamic Operator Selection—

Tomokazu IRIE †

The demand for high-speed communication has been increasing in recent years. A data compression method that requires limited resources and has high speed is necessary for high-speed data communication. We proposed Logical Triangle Method and some extended methods to fulfil this requirement before this paper, which enables a codeword to be derived on demand by operators. Dynamic Operator Selection which is the one of them achieved improvement in performance. In this paper, we propose an extended method of dynamically selecting the operator to improve its performance. Moreover, I evaluated its performance through simulation, which verified that. It could achieve an improvement in performance.

Keywords : lossless data compression method, one-pass encode, logical triangle method, dynamic operator selection.

## 1. はじめに

近年の通信技術の発展により、通信回線の飛躍的な広帯域化が推進されている。通信回線の広帯域化に牽引され、高速・大容量通信の需要も活発化されている。これにより、一昔前までは現実的ではなかったアプリケーションやサービスの実現が可能となり、ネットワーク技術により享受される利便性も大きく向上している。

本研究の目的はネットワークの利便性向上である。このために、通信回線の有効利用実現を目指す。通信回線の有効利用を実現する方法は様々な存在するが、本研究ではロスレスデータ圧縮方式を用いた論理的（仮想的）広帯域化に着目している。通信におけるデータ圧縮方式の利用は、通常、OSI 参照モデル第6層（プレゼンテーション層）で検討されるべきである。しかし、本研究では第2層（データリンク層）での利用を

目指したデータ圧縮方式について検討している点に特徴がある。上位層でデータ圧縮が成されていない情報に対して、下位層で適切にデータ圧縮を適用することで、通信回線の効率的な利用の促進を図る。一方、下位層向けのデータ圧縮方式には、上位層で既になんらかのデータ圧縮が適用された情報を二重圧縮することなく伝送を可能とする機能や、電子計算機の有する豊富なリソースを用いずに高速処理が実現可能であることなど、独特の要件が存在する。本研究ではこの下位層向けデータ圧縮方式への応用を目指した符号化方式「論理演算三角法」を既に提案しており、加えていくつかの拡張方式も提案し、実用化に向けた検討を続けている<sup>1)</sup>。本報告ではこれらの検討のうち、「動的演算子選択手法」に着目し、特に上位層で既になんらかのデータ圧縮が適用された情報を二重圧縮することなく、一意な符号化を実現する拡張方式に関する検討の結果について述べる。

† 情報工学科

## 2. 符号化方式「論理演算三角法」

論理演算三角法は既に本研究が提案している符号化方式である。論理演算三角法自体は単なる符号化方式であり、データ圧縮方式ではない。論理演算三角法の詳細は文献 1) にゆずり、本報告では割愛する。

## 3. 「動的演算子選択手法」とその拡張

動的演算子選択手法は論理演算三角法をデータ圧縮方式に応用する際に有効な拡張方式の一つであり、本研究が既に提案している方式である<sup>1)</sup>。動的演算子選択手法は、論理演算三角法による符号化において、符号化条件の検査に用いる論理演算子の動的な切り替えを可能にする方式である。当該方式により、例えば論理積 (AND) と論理和 (OR) を、符号器に入力されるデータ列の性質に応じて切り替えることが可能となり、圧縮性能の向上が実現する。

動的演算子選択手法による符号化処理の差を図 1 に示す。図 1 に例示している入力ビット列を符号化する場合、動的演算子選択手法を伴わずに、論理積のみを用いて符号化条件の検査を行った場合、図 1 中△で囲んだ 3 ビットが符号化条件を満たさず、結果として 2 段の論理演算三角しか組み上げることができない。2 段の論理演算三角を符号化すると、符号化前に 3 ビットであったものを、4 ビットに増長させてしまう。一方、図 1 に例示した入力ビット列を、動的演算子選択手法を伴って、既に符号化を終えた入力に基づいて論理演算子を動的に選択すれば、符号化条件の検査に論理和を用いることが可能となり、最少でも 4 段の論理演算三角を組み上げることができ、10 ビットを 8 ビットに圧縮できる。

入力ビット列: ... 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 1 ...  
 既に符号化を終えた入力      これから符号化する入力

これから符号化する入力に対する動的演算子選択手法の適用不適用による処理の差:

動的演算子選択手法	不適用: 演算子は論理積で固定	
論理演算子	論理積	
符号化条件を満たす論理演算三角の段数	△が不満⇒2	
符号化結果	増長(3ビットを4ビットに)	
動的演算子選択手法	適用: 論理和と論理積を選択	
論理演算子	論理和	
符号化条件を満たす論理演算三角の段数	最少4	
符号化結果	圧縮(10ビットを8ビットに)	

図 1 動的演算子選択手法による処理の差

動的演算子選択手法による圧縮性能改善の様子を図 2 に示す。図 2 は符号器に入力されるビット列における 0 の発生確率 (Probability 0)  $p$  を横軸に、対する圧縮性能を縦軸に示したグラフである。圧縮性能の

指標として圧縮率 (Compression Ratio) を用い、その定義を以下に示す。

$$\text{圧縮率} = \frac{\text{符号化後総ビット列長}}{\text{符号化前総ビット列長}}$$

図 2 では、論理演算子を論理積 (AND) と論理和 (OR) それぞれに固定した場合と、動的演算子選択手法でこれから符号化する入力直前  $n$  ビットの、既に符号化を終えた入力中に、値 0 が占める割合  $p_n$  に基づいて論理積と論理和を切り替えた場合 (OR/AND) の符号化結果を示す。なお、図 2 に示した符号化結果は  $n=5$  で、 $p_n < 0.5$  で論理和を、 $0.5 \leq p_n$  で論理積を選択した際のものである。加えて、理論限界を示すため、エントロピー (Entropy) についても示す。図 2 より、動的演算子選択手法を用いることで、論理演算子の切り替えが適切に行われ、論理演算子を固定した場合と比較して、圧縮性能を改善できることがわかる。動的演算子選択手法は  $p$  と  $p_n$  が入力ビット列において局所的にはおよそ等しいとの仮定に基づいて提案したものであり、図 2 より、この仮定が適切であったことも確認できる。

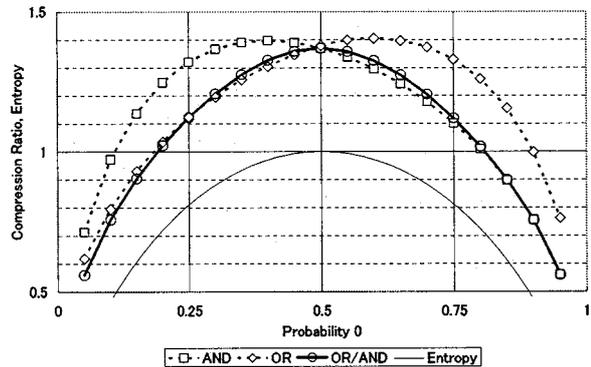


図 2 動的演算子選択手法による圧縮性能改善

ここで、動的演算子選択手法による切り替え対象は、論理演算子に限る必要がない点に着目する。本研究のこれまでの検討において、動的演算子選択手法を伴う論理演算三角法では、 $p=0.5$  付近で圧縮性能の劣化が著しく、全体的な圧縮性能の向上を妨げている。そもそも、 $p=0.5$  のデータ列は、理論的に圧縮不可能である。既に実用化されている他の多くの従来方式も、 $p=0.5$  の状態、つまり、圧縮が不可能あるいは難しいデータが入力された場合、入力データをそのまま符号化データとすることで、圧縮性能の劣化を抑制している。そこで、本研究も従来方式に倣い、動的演算子選択手法を拡張し、論理演算三角法において  $p=0.5$  付近なら、これから符号化する入力のうち、先頭から  $m$  ビットを符号化せずにそのまま出力する方式を検討す

る。

この動的演算子選択手法の拡張により、 $p = 0.5$ 付近における圧縮性能の劣化抑制のみならず、入力ビット列中に局所的に存在する圧縮に不向きなビット列を適切に通過することで、最高圧縮性能の向上も期待される。

#### 4. シミュレーション

拡張した動的演算子選択手法を伴う論理演算三角法による十分な長さのビット列の符号化結果 (OR/through/AND) を図 3 に示す。図 2 同様、図 3 の横軸は  $p$  を、縦軸は圧縮性能の指標として圧縮率を示す。動的演算子選択手法に対する拡張の有無による符号化結果の差を検討するため、拡張を伴わない動的演算子選択手法を伴う論理演算三角法の符号化結果 (OR/AND) も示す。加えて、理論限界を示すため、エントロピー (Entropy) についても示す。図 3 では、動的演算子選択手法の拡張の有無によらず  $n = 5$  とした。また、拡張を伴わない場合の論理演算子の切り替えは、図 2 同様、 $p_n < 0.5$  で論理和を、 $0.5 \leq p_n$  で論理積を選択した。拡張を伴う場合は、 $p_n < 0.33$  で論理和を、 $0.33 \leq p_n < 0.67$  で入力から  $m$  ビットを符号化せずにそのまま出力を、 $0.67 \leq p_n$  で論理積を選択し、 $m = 3$  とした。 $m = 3$  の根拠は、論理演算三角法において圧縮が実現できない論理演算三角の段数が 2 段以下であり、2 段の論理演算三角では入力を 3 ビット要することである。図 3 より、動的演算子選択手法を拡張することで、 $p = 0.5$  付近における圧縮性能改善が実現したことを確認できる。

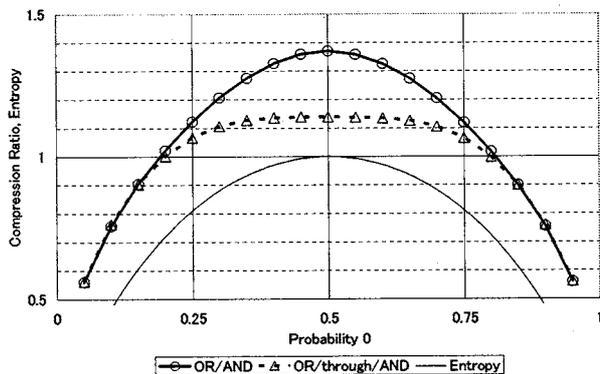


図 3 動的演算子選択手法の拡張による圧縮性能改善<sup>2)</sup>

一方で、動的演算子選択手法を拡張したのみでは、得られる圧縮性能の改善効果は不十分であり、 $p$  によっては、いまだ圧縮率 1 を超え、増長している場合も確認できる。また、期待された最高圧縮性能の向上効

果は得られなかったことも確認できる。

#### 5. 考察

本報告で検討した動的演算子選択手法の拡張は、 $p = 0.5$  付近の圧縮性能改善を実現する一方で、その改善が不十分であることも否めない。ここで、本報告で検討した動的演算子選択手法の拡張を伴う論理演算三角法の符号化結果 (OR/through/AND) と、本報告で検討した拡張を伴わない動的演算子選択手法に加えて、本研究が既に提案している別の拡張方式「論理的予測」<sup>1)</sup>を伴う論理演算三角法の符号化結果 (OR/AND w/ LP) の比較を図 4 に示す。図 2 同様、図 4 の横軸は  $p$  を、縦軸は圧縮性能の指標として圧縮率を示している。図 4 より、本報告で検討した動的演算子選択手法の拡張より論理的予測の方が  $p = 0.5$  付近においてより高い圧縮性能改善効果を得ていることが確認できる。この比較から、論理演算三角法をデータ圧縮方式に応用する際の論理的予測の有効性が改めて立証された。加えて、論理的予測を伴う論理演算三角法に、本報告で検討した動的演算子選択手法の拡張を併用することで、より高い圧縮性能改善が期待される。今後は、より高い圧縮性能改善を実現するために、これら二つの方式を適切に併用可能とする方式について検討を加えたい。

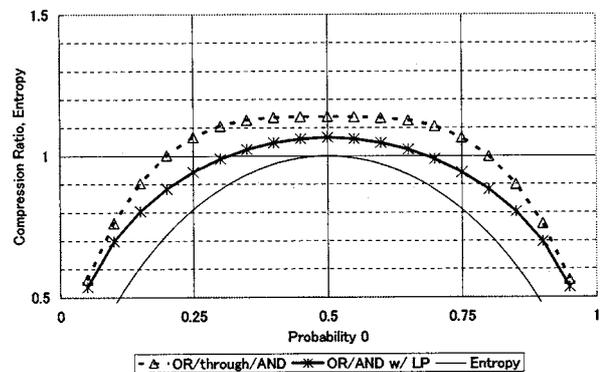


図 4 動的演算子選択手法の拡張と論理的予測の圧縮性能の比較

#### 6. まとめ

本研究はネットワークの利便性向上を目的とし、その実現のための目標に、ロスレスデータ圧縮方式を用いた通信路の論理的広帯域化に取り組んでいる。本報告では、既に本研究がこの目標のために提案している符号化方式論理演算三角法について、下位層で利用されるデータ圧縮方式の要件に応えるための拡張方式に関する検討の結果を述べた。検討した拡張方式は、

既に本研究が提案している動的演算子選択手法を拡張したものであり、本検討結果により既になんらかのデータ圧縮が成されている情報など、データ圧縮が不可能あるいは難しい情報に対して符号化を行った場合の圧縮性能劣化を改善することができ、目標に近づくことができた。一方、同検討結果による圧縮性能劣化の改善は十分とは言い難く、既に本研究が提案している別の拡張方式である論理的予測による改善程には至らなかった。このことから、論理演算三角法をデータ圧縮方式に応用する際の論理的予測の有効性が再確認できた。今後は、さらなる圧縮性能の改善に向けて、本報告での検討結果と論理的予測を適切に併用する方式について検討を加えたい。

## 謝辞

本報告の内容には、平成 16 年度鹿児島工業高等専門学校情報工学科卒業研究として、筆者の指導のもと、後藤佳一郎君が取り組んだ結果<sup>2)</sup>を含んでいる。同君の真摯な取り組みに敬意を表する。

本報告の内容は平成 15 年度と平成 16 年度の校内研究助成金を受けて成したものである。同助成とその運用機関である鹿児島工業高等専門学校に謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 入江 智和, 辻岡 哲夫, 杉山 久佳, 村田 正: “論理演算子により逐次符号辞書を参照する符号化方式,” 映像情報メディア学会誌, Vol. 58, No. 5, pp. 705-712, 2004 年 5 月.
- 2) 後藤 佳一郎: “動的演算子選択手法を伴う論理演算三角法によるデータ圧縮方式の性能向上に関する検討,” 鹿児島工業高等専門学校平成 16 年度卒業論文, 2005 年 2 月.

# ごみ焼却灰を主原料とした固化材・固化体の開発について

前野 祐二<sup>+</sup>      三原 めぐみ<sup>++</sup>      長山 昭夫<sup>+++</sup>

## The Development of Solidification Material Made from Bottom Ash from municipal Solid Waste Incinerations as a Main Raw Materials

Yuji MAENO, Megumi MIHARA and Akio NAGAYAMA

This research reports the cheap effective use of bottom ash. The majority of the portion of incineration ash that go through in a 2mm sieve is the ash. Therefore, authors research for the bottom ash of 2mm or less. The solidification material which mixed the solidification assistance materials such as the coal ash and quicklime with the sample which crushed this bottom ash of 2mm or less was able to be developed. This solidification material can manufacture the high strength solidification which has arbitrary shape by mixing with water and placing in the mold and compacting by vibration. In addition, the lead concentration in the leachate of this solidity is below the quantitative limit value of environmental quality Standards for Soil Contamination.

Keywords : bottom ash , the solidification material, coal ash, quicklime

### 1 緒言

ごみ焼却灰の処理は、埋立処分が主であったが、近年、エコセメント、熔融スラグなどの有効利用が開発されている。しかし、これらの有効利用はコストが高いため、廉価な有効利用が待たれている。このような状況を踏まえ、本研究は、都市ごみ焼却灰と固化補助材を混合して、粉碎するだけの固化材の開発を試みた。この方法なら、初期設備のコストを低くして、維持コストも廉価なものとなる。まだ、実用化までには様々な問題があるが、一部の成果が挙げられた。本論では、この固化材で作製された固化体の強度特性を明らかにする。

### 2 試料

都市ごみ焼却灰（ストーカ炉、炉能力 150t/日、集塵機で集められた飛灰は固化処理され、飛灰は混入されていない）は、ごみ焼却場の灰ピットで水と混合されている状態で採取された。この焼却灰の約 5 割程度になる 2mm ふるい通過試料を原料とした。以下では 2mm ふるい通過焼却灰を焼却灰と称する。この焼却

灰は強熱減量が 5%以下で比較的高温で燃焼されていると考えられる。ダイオキシン測定濃度も 60 pg-TEQ/g 以下とダイオキシンの環境基準も満足する。固化補助材として使用される石炭灰は火力発電所で排出された灰でフライアッシュである。

表-1 に焼却灰(2mm ふるい通過)と石炭灰の蛍光 X線分析 (株島津製作所 LAB CENTER XRF-1700) による化学組成を示す。焼却灰の CaO と SiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

表-1 試料の化学組成 (%)

組成	焼却灰	2mm 以下の焼却灰	石炭灰(フライアッシュ)	ポルトランドセメント
CaO	20.4	43.1	3	64.2
SiO <sub>2</sub>	35.9	21.3	48	21.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17	18.2	39	5.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.5	4.8	3	2.8
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.6	5.2	-	0.2
TiO <sub>2</sub>	0.5	1.9	-	0.3
K <sub>2</sub> O		1.7	-	0.4
SO <sub>3</sub>		1.5	-	2.0
ZnO		0.3	-	-
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6	0.2	-	-
Cl		1.1		

+ 土木工学科

++ 一般教育科理系

+++ 技術室

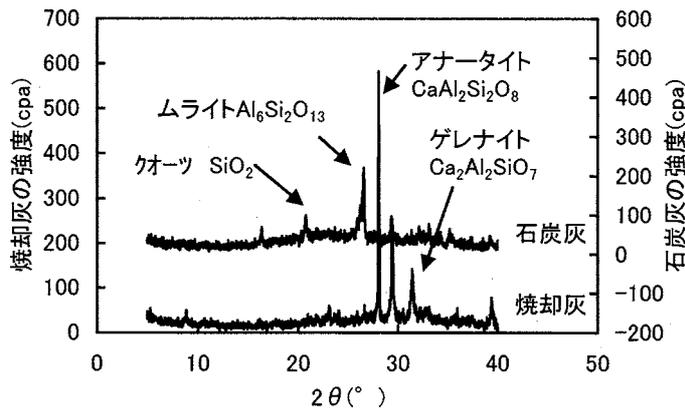


図-1 焼却灰と石炭灰の粉末X線回折

が多く含まれ、この3つで約8割になる。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>も含まれている。また、Clが1.1%含まれている。参考文献1)で実験試料として使用されている2mm以下の焼却灰は、CaOが38%と37%、SiO<sub>2</sub>が29%と26%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が19%と16%である。ほぼ同様組成と考えられ、本試料は特殊な焼却灰ではないと推測できる。焼却灰の組成は、セメントの主原料であるCaO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が多いことから、固化材として活用できる可能性が大きい。そのため、エコセメントは、焼却灰を主原料として開発されている。一方、石炭灰は九州内の火力発電所で排出されたフライアッシュである。表-1にその化学組成を示す。石炭灰の組成はSiO<sub>2</sub>が48%と最も多く、次にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(39%)でこの2つで87%になる。

図-1にX線回折装置(理学電気株式会社MultiFlex)による2試料のX線回折パターンを示す。焼却灰の鉱物組成は、アナタータイト(CaAl<sub>2</sub>SiO<sub>8</sub>)とゲレナイト(Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>)が推定される。参考文献2)でもストーカ炉から排出された灰には、アナタータイト(CaAl<sub>2</sub>SiO<sub>8</sub>)とゲレナイト(Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>)が同定されている。石炭灰はムライト(Al<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>13</sub>)とクオーツ(SiO<sub>2</sub>)が推定される。参考文献3)でもクオーツとムライト、マグネタイトが同定されている。参考文献5)にあるCaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>組成の焼成物図には、CaOが1割以下で他がSiO<sub>2</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のときムライトが生成される<sup>4)</sup>。アナタータイトはムライトよりはCaO(全体の2割~3割)が多いとき生成する。ゲレナイトはムライトよりCaO(全体の3割~5割程度)が多いとき生成される<sup>4)</sup>。このようにCaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の組成量の多少によりアナタータイト、ムライト、ゲレナイトが生成される。

### 3 焼却灰に石炭灰を混入した場合

ごみ焼却場排出時の含水比36%の焼却灰(以下、B)

に石炭灰(フライアッシュ)(以下、F)を混合し、突固め(3層25回)(ランマー重量4.5kg)により供試体(直径10cm、高さ12.5cm)を作製した。乾燥を防ぐためにその供試体に流動パラフィンを塗り、気温20度で気中養生した。なお、養生期間は7日、30日、180日、360日とした。

図-2に一軸圧縮強度の経時変化を示す。図に示すように、石炭灰混合割合=F/(B+F)が10%、15%、20%のとき、経時日数が増加するにしたがって、一軸圧縮強度は増加する。この一軸圧縮強度と経時日数の関係は直線的であり、石炭灰混合量毎の相関係数は0.99以上を示す。このように石炭灰と焼却灰は混合すると固化し、

養生半年後でも強度増加が進むことが特徴的である。この実験結果より焼却灰の粉碎、他の添加材を加えることが、石炭灰と焼却灰の化学反応を促進して、大きな強度を持つ可能性がある。

次に石炭灰が添加された焼却灰の鉛溶出量(環告13号法)を調べた。一軸圧縮試験の養生1ヶ月後の供試体を試料として用いた。

図-3に鉛溶出量と溶出液のpHと石炭灰混入率の関係を示す。石炭灰を混合していない焼却灰は、pH=9.4であるが、石炭灰の混合量が増加するにしたがっ

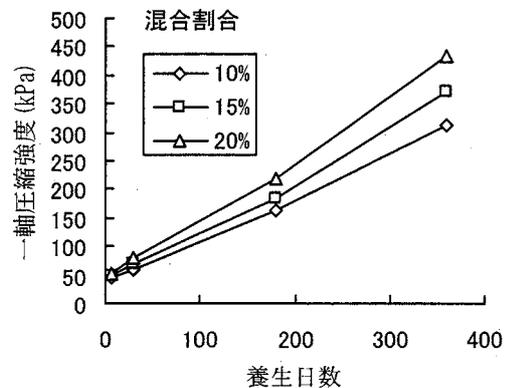


図-2 圧縮強度の経時変化 (石炭灰混合割合毎)

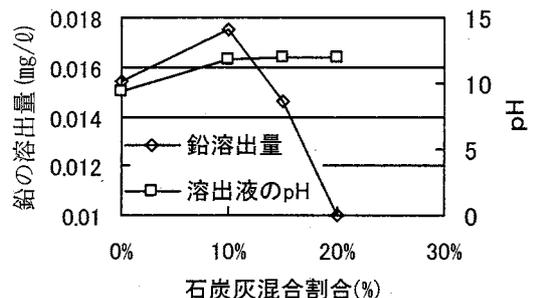


図-3 鉛溶出量と石炭灰混合量の関係

て、pHは増加した。鉛溶出量は、石炭灰混合割合10%程度まで、混合量が大きくなるにしたがって、値が大きくなっているが、それ以上に混合量が増加しても鉛溶出量は増加しない。しかも、混合量20%で鉛溶出量は0.01mg/lである。図に示すようにpHが9~12と大きいにもかかわらず、石炭灰の混合量が増えるに従って鉛溶出量は少なくなっている。参考文献5)中の焼却灰にセメント、消石灰を添加した場合の一軸圧縮強度は、図-1に示す石炭灰を添加した強度より大きくなるが、重金属溶出を止めることはできないと報告している。石炭灰を混合して固化すると、溶出を防止する生成物が存在すると推察できる。

#### 4 焼却灰に石炭灰と生石灰と石膏を混合粉砕した固化材について

焼却灰と石炭灰を混合した場合の実験結果より、焼却灰と石炭灰の混合物にさらに固化を補助する材料を混合することを試みた。また、固化を促進するために焼却灰を乾燥後、平均粒径が10 $\mu$ m~20 $\mu$ mで最大粒径が100 $\mu$ m程度まで粉砕した。焼却灰(B)と石炭灰(F)、生石灰(以下、Q)と石膏(以下、G)を混合粉砕して試料(固化材)を作った。この固化材はセメントと同様に水と混合すると流動性が発現し、型枠に流し込むことが可能である。一方、混合水(水道水:以下、W)を少なくして、上記と同様に土の締固め方法で供試体を作製した場合、供試体にクラックが発生し、低強度となった。そこで、セメントと同様に型枠に固化材を流し込み、振動を加えて締固めた。この供試体はコンクリート養生室で、室内温度20 $\pm$ 3 $^{\circ}$ C、湿度95%以上の中で養生した。供試体の寸法は直径5cm、高さ10cmである。供試体表面は、コンクリートと同様に凹凸がなく、きれいな面となる。色は灰色に近くコンクリートと外見はほとんど変わらない。各試料の混合割合をB:F:Q:G=55~79:10:10%~20%:1%~15%とした添加材と粉砕した焼却灰と混合して、これを固化材とした。この固化材に水固化材比40%(=W/(B+F+Q+G))で混ぜ、固化させて供試体を作成後、圧縮試験を行った。表-2にそれらの試験結果を示す。表に示すように養生日数2日では、生石灰と石膏の増減させたすべての配合で、3~4MPaある。しかし、養生日数7日の場合、生石灰10%、石炭灰10%、石膏5%が5.39MPaと他の配合の強度と比較すると最も大きい。養生日数14日ではさらにその傾向は大きくなり、生石灰10%、石炭灰10%、石膏5%が10.29MPa、生石灰10%、石炭灰10%、石膏10%が8.91MPaと他の配合の強度と比較すると大きな値を

表-2 粉砕した焼却灰に石炭灰と生石灰と石膏を混合した場合の強度

混合割合				養生日数	圧縮強度(MPa)
焼却灰(%)	生石灰(%)	石炭灰(%)	石膏(%)		
55	20	10	15	2	3.77
55	20	10	15	7	4.37
55	20	10	15	14	4.98
65	20	10	5	2	3.40
65	20	10	5	7	3.70
65	20	10	5	14	4.99
65	10	10	15	2	3.59
65	10	10	15	7	3.76
65	10	10	15	14	4.74
70	10	10	10	14	8.91
75	10	10	5	2	3.96
75	10	10	5	7	5.39
75	10	10	5	14	10.29
79	20	10	1	2	3.50
79	20	10	1	7	4.01
79	20	10	1	14	5.34

示す。このように圧縮強度は、養生期間は短いにもかかわらず、特定の配合でかなり大きな値になる。

表-2で示すように粉砕した焼却灰と生石灰と石炭灰と石膏(B:Q:F:G=75%:10%:10%:5%)を混合した試料は、高強度の固化体ができることが明らかとなったので、この配合の試料を固化材とした固化体の長期圧縮強度の変化について調べた。なお、水固化材比を35%、40%、50%=W/(B+F+Q+G)として混合水量の影響も考察した。水固化材比35%はこの試料がペースト状になる最低の混合水量に近い値である。

水固化材比が35%のとき、湿潤密度は1.77~1.78g/cm<sup>3</sup>、絶乾密度は1.31~1.34g/cm<sup>3</sup>である。混合水割合が40%のとき、湿潤密度が1.80~1.82g/cm<sup>3</sup>、絶乾密度が1.19~1.23g/cm<sup>3</sup>である。混合水量が45%のとき、湿潤密度は1.76~1.83g/cm<sup>3</sup>、絶乾密度は1.21~1.26g/cm<sup>3</sup>である。混合水量が、多くても湿潤密度は変わらないが、絶乾密度は小さくなる。

図-4に焼却灰に生石灰10%、石炭灰10%、石膏5%を加え水固化材比のときの長期強度を示す。図に示すように35%のときの28日養生強度が、養生日数が少ない場合より小さくなっているが、約2ヶ月養生の強度は、18~24MPaの値を示し、91日養生時の強度は、混合水量35%のとき19MPa、混合水量40%のとき31MPa、混合水量40%のとき24MPaとなり、さ

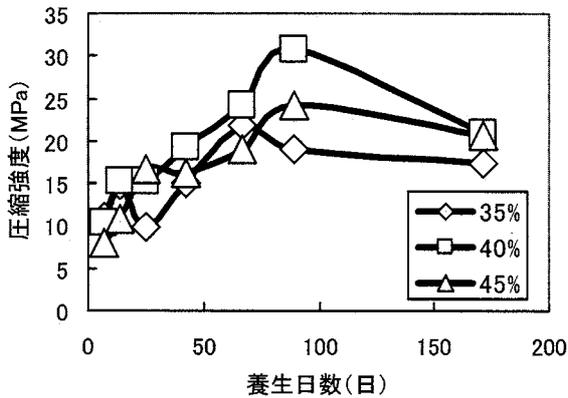


図-4 圧縮強度と養生日数の関係

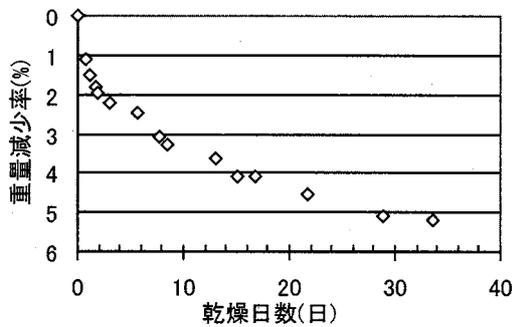


図-5 固化体の乾燥実験

らに強度増加する。ところが、水固化材比 35%のとき、91 日養生強度が減少しているが、水固化材比が 35%、40%、45%のいずれの場合も全体的にほぼ 3 ヶ月間、強度が増加している。しかし、180 日養生後の強度はいずれの混合水量のときも 91 日より減少している。この強度減少は、水分が散逸して重量が減少していることが、原因と考えられる。そこで、水固化材比 45%で供試体を作製後、1 年間コンクリート養生室で養生後、室温 20℃の中で湿度 50%の条件で乾燥試験を行った。

図-5 に重量減少率と乾燥日数の関係を示す。この供試体は図に示すように乾燥直後から重量が減少し、ほぼ 1 ヶ月で 5%程度重量が減少した。この供試体の強度が 15.2MPa である。この強度は、図-4 に示す強度より小さく、乾燥により強度が減少する。

### 5 焼却灰と石炭灰と生石灰と石膏を混合した固化材にセメントを添加した固化材

焼却灰：石炭灰：生石灰：石膏＝0.6：0.25：0.1：0.05 の配合で混合粉碎後、0～10%の割合でポルトランドセメント（以下、C）を添加して 3 のセメントを混合しない場合と同様に混合水 35%で円柱供試体を

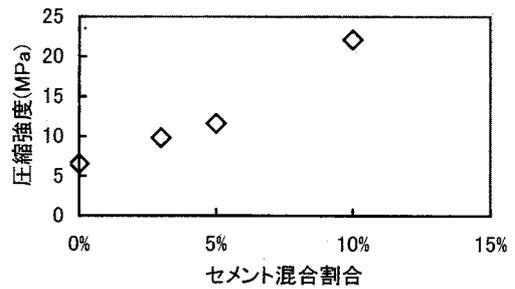


図-6 圧縮強度とセメント混合割合

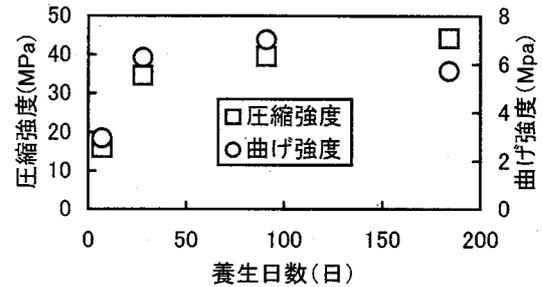


図-7 強度と養生日数の関係(モルタル試験)

製作した。図-6 に固化体の強度を示す。なお、養生日数は 1 ヶ月である。図に示すようにセメントの混合割合が増加するに従って強度が著しく増加している。セメント添加がさらに強度を増加させていると考察できる。

次に、セメント混合割合を 20%として固化材を作製し、この固化材をセメントに代えてモルタルの強さ試験を行った。細骨材は標準砂を用い、固化材と標準砂を 1：3 の割合とし、水固化材比は 50%とした。図-7 に圧縮強度と曲げ強度と養生日数の関係を示す。図に示すように 1 ヶ月で圧縮強度 34MPa、曲げ強度 6.28 MPa と比較的大きな強度となった。圧縮強度は 1 ヶ月後も 6 ヶ月まで強度が増加している。しかし、曲げ強度は 6 ヶ月後に強度が少し減少している。しかし、その割合は小さい。いずれにしても、図-6 と比較して固化体の強度は、大きくなっている。

## 6 まとめ

これらの実験結果をまとめると以下の考察になる。

- 1) ごみ焼却灰に石炭灰を混合することは鉛溶出防止に有効である。
- 2) ごみ焼却灰と、石炭灰、生石灰、石膏を特定の配合割合で混合粉碎した固化材は、高強度固化体をつくることができる。
- 3) ごみ焼却灰と、石炭灰、生石灰、石膏を特定の配合割合で混合粉碎した固化材は、高強度固化体ができるが、乾燥により重量が減少する傾向がある。
- 4) ごみ焼却灰と、石炭灰、生石灰、石膏とセメ

ントを混合した固化材を用いて、固化体を作製した場合、圧縮強度 30MPa 以上の高強度固化体ができ、実用性に一歩近づいた。

開発した固化材を使用して、インターロッキングを作製し、平成 15 年 12 月、鹿児島高専車道部に敷設した。現在 2.5 年経過したが、表面に損傷がなく、耐久性もあることが確認できた。

謝辞：九電産業株式会社から石炭灰を快く提供していただきありがとうございました。謝辞を表します。また、本研究は、平成 16 年、17 年校内研究助成金を受けて行われたことを記し、感謝申し上げる。

#### 引用・参考文献

- 1) 高岡 昌輝, 藤田 淳, 藤原 健史, 武田 信生: 灰分組成と示差熱分析による焼却灰・飛灰の融点の推定, 土木学会論文集 No. 727/VII-26, 91-101, 2003
- 2) 原 雄, 半野 勝正, 依田 彦太郎, 根本 久志: 焼却施設内たい積物の鉱物同定, 廃棄物学会論文誌, Vol. 15, NO. 2, pp. 131-138, 2004
- 3) 石炭灰ハンドブック: 環境技術協会日本フライアッシュ協会, p. 1-25
- 4) Muan A. Osborne EF. Phase wquilibria among oxides in steelmaking. New York; Addison-Wesley, 1965
- 5) 前野 祐二, 平田 登基男, 永瀬 英夫: 焼却灰の土質力学特性とその有効利用, 土木学会論文集, No. 568/Ⅲ-39, 199-207, 1997



## 埋込み型ロゼットゲージの試作

堤 隆<sup>+</sup> 小園 祥平<sup>++</sup> 平岡 靖英<sup>++</sup>

### A Trial Product as Buried Rosette Gage

Takashi TSUTSUMI, Shohei KOZONO and Yasuhide HIRAOKA

It is important to know that change in volume to control a concrete crack. The autogeneous shrinkage due to the hydration reaction of cement was never taken into consideration by the analysis of the usual crack and design with usual concrete. Recently, it is reported that the extremely large autogeneous shrinkage occurs by the cement paste of small water-cement ratio. However, it is impossible to know the maximum or minimum value and their directions of strain because this work was carried out using buried one-dimensional strain gage. In this study, a trial products as Buried Rosette Gage to measure values of the autogeneous shrinkage are made of Rosette gages to be used for solid body.

Keywords : measurement of strain, buried rosette gage, cement paste, autogeneous shrinkage

## 1 緒 言

高流動コンクリートは、一般のコンクリートに比べ流動性、充填性が高く、骨材などの材料分離性にも優れているので、コンクリート打設時に締固めを必要とせず、高所からの充填も可能である。そのため、工期短縮および施工の省力化を目的として高流動コンクリートの施工実績が伸びてきているものの、高流動コンクリートは通常のコンクリートに比べて材齢初期において水和反応に起因する自己収縮が大きいことも指摘されている。これらの収縮が鉄筋などの拘束を受けた場合、収縮ひび割れの発生などによる耐久性の低下が懸念されるため、高流動コンクリートを用いた構造物

においては自己収縮を考慮した設計・施工が必要であると考えられている。

表-1 に示すように、1990 年代以降の研究<sup>(1)~(10)</sup>では、ひずみの計測にはダイヤルゲージ、埋込み型ゲージ、高精度レーザ変位計などが用いられているが、いずれの場合も一方向の測定に止まっており、最大ひずみの量および方向を求めるには至っていない。

本研究では、コンクリート硬化時に生じるひずみの測定を目的として埋込型ロゼットゲージの試作を行った。試作されたロゼットゲージを用いて、水平面内で発生する変位の測定を行い、コンクリート自己収縮測

表-1 コンクリートの自己収縮に関する既往の研究<sup>(1)~(10)</sup>

研究者(西暦)	考察の対象	計測器具(設置方向)
田澤(1994)	結合材, 配合	一方向ダイヤルゲージ(水平)
平尾(1996)	水セメント比	一方向埋込み型ゲージ(水平)
田澤(1997)	セメントの種類, 水結合材比, 材齢	一方向ダイヤルゲージ(水平)
石田(1997)	配合, 使用材料, 材齢, 環境条件	一方向コンタクトゲージ(水平)
宮澤(1998)	骨材混入量	一方向ダイヤルゲージ(水平)
萩原(1998)	型枠拘束	一方向ダイヤルゲージ(水平)
楊(1998)	水結合材比	一方向レーザ変位計(水平)
丁(1999)	水和熱, 温度履歴	一方向ダイヤルゲージ(水平)
堀田(2001)	水セメント比	一方向埋込み型ゲージ(鉛直)
林(2002)	かぶり厚さ	一方向ダイヤルゲージ(水平)

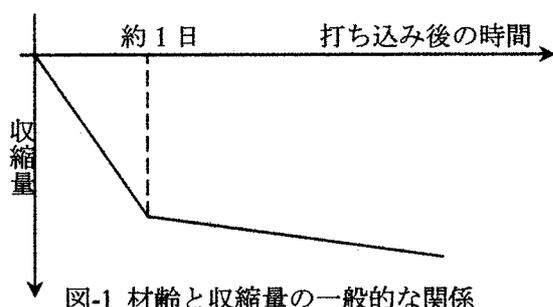
<sup>+</sup>土木工学科

<sup>++</sup>専攻科土木工学専攻在学

定用に開発された一方向埋込み型ゲージから得られた測定結果と比較し、試作されたゲージの実用性について検証を行った。

## 2 自己収縮の概要

コンクリートの打ち込み後の経過時間と収縮量の一般的な関係を図-1に示す。材齢一日でほとんどの収縮が生じ、それ以降に生じる収縮は非常に小さい。



コンクリートの体積変化としては、水和熱による温度ひずみおよび乾燥収縮ひずみについて検討されてきた。水セメント比が小さい高強度コンクリートや高炉スラグ微粉末やシリカフェームを混和材料に用いたコンクリートでは、これらのひずみに加えて自己収縮によるひび割れの発生が明らかになった。近年施工実績が伸びている高流動コンクリートも高性能減水剤を用いているため、水セメント比が小さく自己収縮によるひび割れが顕著である。それゆえ、近年自己収縮に関する研究が盛んに行われている。

## 3 ロゼットゲージの概要

ロゼットゲージ<sup>(1)</sup>とは、図-2に示すように、同一水平面内の3方向に一方向ゲージを配置したものを一組としたものである。ロゼットゲージから得られた測定値からモールのひずみ円を描いて、主ひずみ、最大せん断ひずみの量と発生する方向を求めることができる。図-1のような45°/90°のロゼットゲージの場合、最大主ひずみ $\varepsilon_1$ 、最小主ひずみ $\varepsilon_2$ は次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{1}{2} \left[ \varepsilon_0 + \varepsilon_{90} + \sqrt{2 \{ (\varepsilon_0 - \varepsilon_{45})^2 + (\varepsilon_{45} - \varepsilon_{90})^2 \}} \right] \\ \varepsilon_2 &= \frac{1}{2} \left[ \varepsilon_0 + \varepsilon_{90} - \sqrt{2 \{ (\varepsilon_0 - \varepsilon_{45})^2 + (\varepsilon_{45} - \varepsilon_{90})^2 \}} \right] \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに、 $\varepsilon_0, \varepsilon_{45}, \varepsilon_{90}$ はそれぞれロゼットゲージ中の0°、45°、90°方向に置かれた一方向ゲージの測定値であ

る。また、最大主ひずみと $\varepsilon_0$ のなす角 $\theta$ は次式によって求められる。

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{2\varepsilon_{45} - \varepsilon_0 - \varepsilon_{90}}{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}} \right) \quad (2)$$

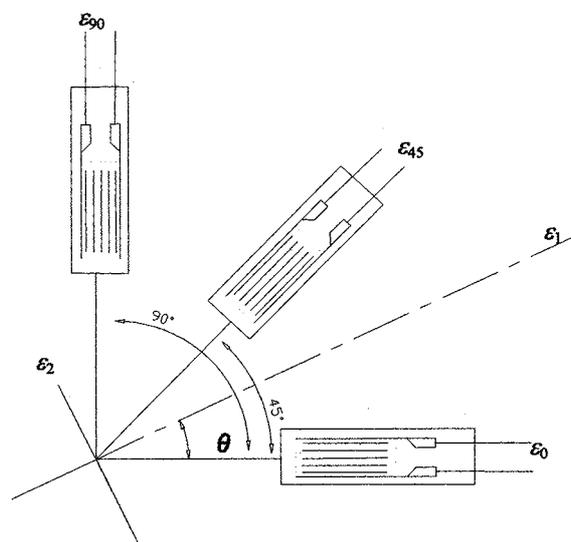


図-2 45°/90° ロゼットゲージ

さらに、最大せん断ひずみ $\gamma_{max}$ は次式によって求めることができる。

$$\gamma_{max} = \sqrt{2 \{ (\varepsilon_0 - \varepsilon_{45})^2 + (\varepsilon_{45} - \varepsilon_{90})^2 \}} \quad (3)$$

これらの量はモールのひずみ円上では図-3のように表される。

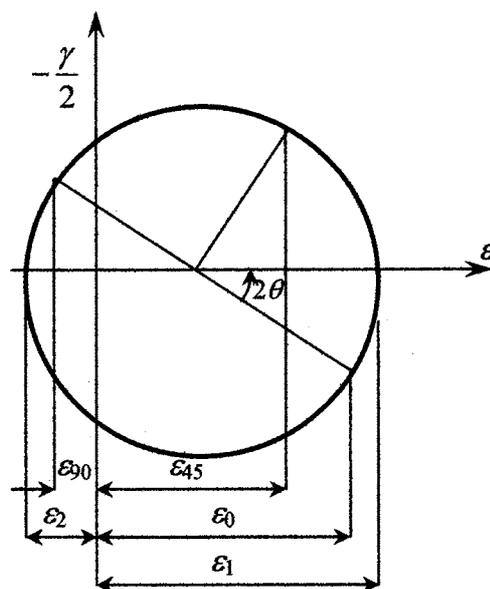


図-3 モールのひずみ円

## 4 実験の概要

本研究では市販の金属表面等に貼り付けて使用する  $45^\circ/90^\circ$  ロゼットゲージに低弾性係数の材料であるシリコンテープを用いて防水加工を施し、埋込み型ゲージとして用いた。図-4 に示すような底面の直径が  $24\text{cm}$ 、頂部の直径が  $28\text{cm}$ 、高さ  $9.5\text{cm}$  の円形断面の型枠の底面から  $5.5\text{cm}$  の高さに水平に糸を張り、その上の型枠中心部分にゲージを置いた。型枠にはひずみ量が大きく出て測定しやすいように、水セメント比  $35\%$  のセメントペーストを流し込んだ。用いたセメントは普通ポルトランドセメントである。

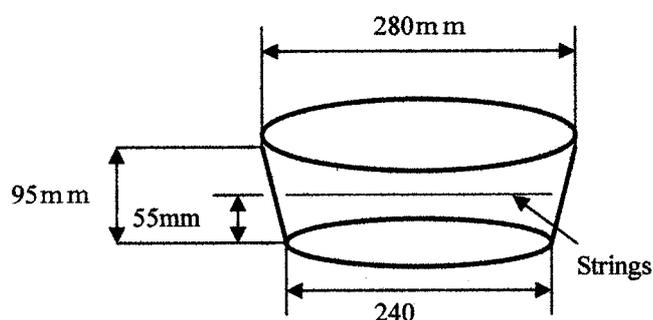


図-4 型枠の形状

## 5 結果および考察

図-5 は本研究で試作したロゼットゲージで測定したモルタルの打ち込み後の変位を、堀田らがコンクリート硬化時のひずみ測定のために開発した一方向ゲージ<sup>9)</sup>を用いて測定された結果と比較したものである。本研究では、ゲージの定性的な性質を知ることが目的に実験を行っているため、どちらも温度による補正は行っていない。試作されたロゼットゲージは三方向ともほぼ同じ変位を測定していることから被覆の方法は適切であったと考えられる。また、試験終了後、供試体を割裂したところゲージは移動しておらず、ゲージの設置方法も適切であったと考えられる。

試作されたロゼットゲージでは、すべての方向で打ち込み後  $200$  分くらいまでは収縮するが、その後は打ち込み後  $1100$  分くらいまで膨張し、再び収縮している様子を表している。これに対し、名和らの一方向ゲージは、打ち込み後  $300$  分付近までは膨張した後、 $600$  分付近まで急速に収縮し、その後はほぼ一定の傾きで収縮している様子を表している。本研究で試作されたロゼットゲージで測定した膨張の最大値は  $150\mu\text{m}$  に対し名和らのゲージで測定された膨張の最大値は約  $3$  倍の  $450\mu\text{m}$  である。また、打ち込み後最大値発生まで

に要する時間は本研究で試作されたゲージが約  $1200$  分に対し、堀田らの一方向ゲージは  $1/4$  の約  $300$  分となっている。収縮量も名和らの一方向ゲージに対し本研究で試作されたロゼットゲージが過小評価していることも分かる。

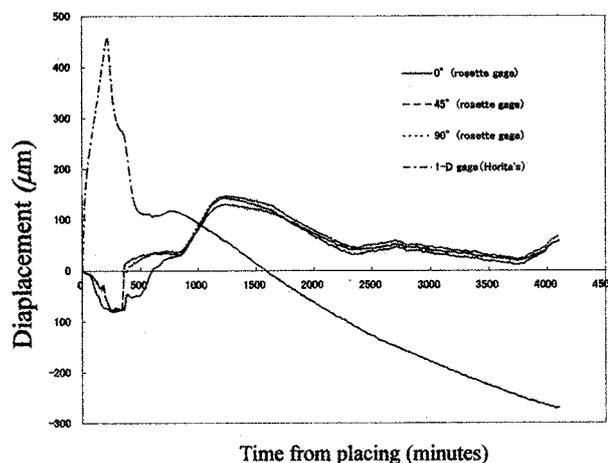


図-5 試作ゲージから得られた変位量の測定結果

別の時期に、市販の硬質樹脂で防水加工されたロゼットゲージを使って同様の実験を行い、堀田らの一方向ゲージで得られた結果と比較したものを図-6 に示す。どちらも温度による補正は行われていない。最大膨張量はロゼットゲージが  $200\mu\text{m}$  程度に対し堀田らの一方向ゲージでは約  $3$  倍の  $600\mu\text{m}$  となっている。また、打ち込み後から最大膨張量が発生するまでの時間は名和らの一方向ゲージでは約  $250$  分であるのに対し、市販の硬質樹脂で被覆されたロゼットゲージは  $1/4$  約  $1000$  分となっている。このことから、本研究で試作した低弾性材料であるシリコンテープで被覆したロゼットゲージは硬質樹脂で被覆されたロゼットゲージと同様の性能を示していることがわかる。

試作された埋込み型ゲージに用いられたロゼットゲージは、通常は金属の表面に貼付して使用されている。すなわち、大きなひずみを用いるためのものであり、ロゼットゲージ自身の弾性係数が堀田らのゲージに比べて大きいこと、被覆材の弾性係数が測定値に与える影響は少ないものと考えられる。

本研究におけるすべてのデータで打ち込み直後において膨張を示した。しかしながら、コンクリートは打ち込み直後に水和熱によって高熱となるため、ゲージがこの影響によって膨張したものととも考えられる。本研究の次段階である定量的評価のためには温度による補正が必要であると考えられる。

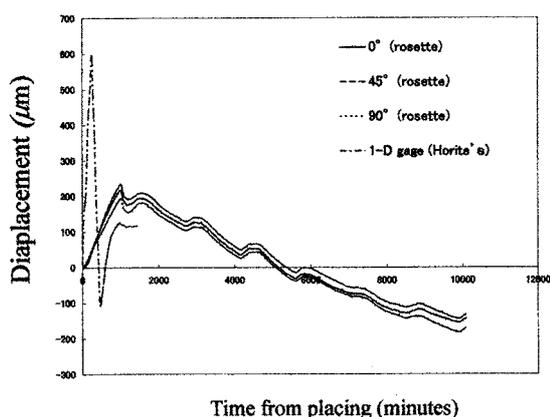


図-6 硬質樹脂被覆ゲージから得られた変位量の測定結果

## 5 結 言

本研究では、市販されている貼付型ロゼットゲージに低弾性材料で被覆を行い、埋込み型ゲージとしてセメントペースト硬化時に発生する自己収縮量の測定を試みた。得られた結果は、定性的にはセメントペーストの硬化時の挙動を表しているが、自己収縮測定用に開発された一方向ゲージに比べて変位の量が小さく、生じる時間も遅くなっていることがわかった。

さらに、市販の硬質樹脂で被覆されたロゼットゲージで測定した結果との比較より、被覆材の弾性係数が及ぼす測定値への影響が小さいこともわかった。

## 謝 辞

本研究は平成 15, 16 年度鹿児島工業高等専門学校学内研究助成金より補助を受け、行われました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- (1) 田澤栄一, 宮澤伸吾, セメント系材料の自己収縮に及ぼす結合材および配合の影響, 土木学会論文集, **502/V-25**, 43-52, 1994.
- (2) 平尾宙, 内川浩, 羽原俊祐, 硬化セメントペーストの湿度及び硬化体構造の変化と自己収縮, コンクリート工学年次論文報告集, **18(1)**, 705-710, 1996.
- (3) 田澤栄一, 宮澤伸吾, コンクリートの自己収縮ひずみの予測法に関する研究, 土木学会論文集, **571/V-36**, 211-219, 1997.
- (4) 石田哲也, 他 3 名, 微視的機構に基づくコンクリートの自己収縮, 乾燥収縮及びその複合に関する解析的検討, 土木学会論文集, **578/V-37**, 111-121, 1994.
- (5) 宮澤伸吾, 北田悦子, 井田教師, コンクリートの自己収縮に及ぼす骨材混入量の影響, コンクリート工学年次論文報告集, **20(2)**, 667-672, 1998.
- (6) 萩原伸治, 他 3 名, 高強度コンクリートの自己収縮特性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, **20(2)**, 661-666, 1998.
- (7) 楊揚, 佐藤良一, 許明, 高強度コンクリートの収縮および拘束応力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, **20(2)**, 631-636, 1998.
- (8) 丁海文, 他 3 名, 水和熱による高温履歴が高強度コンクリートの自己収縮に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, **21(2)**, 1117-1122, 1999.
- (9) 堀田智明, 名和豊春, セメント系材料の自己収縮に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, **542**, 9-15, 9-15, 2001.
- (10) 林瑩奎, 前田孝一, 初期材齢コンクリートの水平鉄筋の上面に沿う沈下ひび割れに関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, **552**, 7-11, 9-15, 2002.
- (11) ひずみゲージによるひずみ測定, 共和電業.

## 学級独自の補習取組が学生へ及ぼす効果

北 菌 裕 一<sup>+</sup>

### The Effect of Class Original Supplementary Lesson Activity Upon Students

Yuichi KITAZONO

This paper presents the class original supplementary lesson activity. The author, who is in charge of the second year class of the electronic control engineering department of Kagoshima National College of Technology (hereafter called 2S class), asked the 2S class students what subject they wanted to be taught. Among the subjects the author chose some, which were supposed to be instructed by him after school. Many students participated in the supplementary lesson and motivated themselves to study harder. The author investigated what their learning will was like.

The investigation reports what kind of effect the class activity had upon the 2S students.

Keywords: class original supplementary lesson activity, homeroom teacher, learning will, learning method

#### 1 はじめに

高等専門学校は、中学卒業後の5年間を通して一貫した教育を行うという特徴を生かし、技術系・工業系大学と同レベルの専門教育を行っている。また、将来、心身共に健全な社会人、優れた技術者になるための基礎的な教育の場でもある。技術者は、研究に没頭するあまり、ともすれば視野の狭い職業人に陥る危険性がある。それを防ぐためにも、見識高い技術者としてふさわしい豊かな教養を身に付け、健全な心身を養うよう心がけさせなければならない。

本学には4つの学習・教育目標があり、学生、教職員共々、その目標に向かって日々努力している。その学習・教育目標とは、1. 人類の未来と自然との共存をデザインする技術者、2. グローバルに活躍する技術者、3. 創造力豊かな開発型技術者、4. 相手の立場に立ってものを考える技術者、の4つである。日頃よりこの大きな目標達成を目指し、学習、特別活動、課外活動などに励んでいる。

また、本学はJ A B E E (日本技術者教育認定機構)の認定を2003年度より受けている。これにより、学生の学習・研究に対する意識もさらに向上しており、教職員も一体となり、高等教育機関としてのプライドを持ちながら、レベルの高い教育・研究を行っている。

しかしながら、本学すべての学生がこのような高い目標を持って学習に励んでいるかというところはいえない現状がある。学級によっては、毎年数名の学生が留年の危機に直面しているのが実態である。各クラス担任や教科担当者は、留年者対策に全身全霊を費やし学生指導に取り組んでいるところである。

そこで本学級でも、学年末試験前から学級独自の取り組みとして、補習を試みた。講師を担任である筆者が行うために、指導できる科目に限りがあり、かつ、学生の実態に少しでも合わせた科目に絞り、放課後を利用し実施した。開催科目の後期中間試験の段階での赤点者には強く参加を促し、その他の学生に関しては自由参加とした。

この調査では、この学級独自での補習への取り組みが、本学級の学生にどのような効果をもたらしたかを報告する。

#### 2 調査・分析方法

本学電子制御工学科1年生41名(男子39名、女子2名)を対象に、学級独自の補習に対するアンケート調査(資料I)を実施した。そしてそのアンケート調査結果を、「統計解析用プログラムパッケージSPSS」を用い、統計処理を行った。その際、各項目間のクロス集計については、カイ2乗検定を用いて行い、危険率5%以下を有意の関連があるものとした。

<sup>+</sup> 一般教育科理系

### 3 補習について

#### 3-1 開催科目及び開催時期

本学級の中で、後期中間試験段階において、単位未修得になる赤点（59点以下）該当学生が多い科目を調べてみると、次の通りになった。

- 1・数学基礎Ⅲ — 16名
- 1・化 学 — 16名
- 3・英 語 I — 14名
- 4・地 理 — 11名
- 5・国 語 I — 10名

担任として、限られた補習期間の中では10名以上赤点者がいる科目に力を入れるべきと判断し、この中から自分でも指導可能な科目に的を絞った。学生からも希望科目や意見などを聞いてみたところ、上記科目以外にも、生物と地理、数学基礎Ⅱがあがった。

そこで今回補習において開催する科目は、数学基礎Ⅲと国語Ⅰ、これらに併せて、赤点者は1名と大変少なかった科目ではあるが、数学的思考に関連のある数学基礎Ⅲの向上にもつながるのではないかと考え、数学基礎Ⅱも開催することとした。以上のようなことより、今回開催する補習科目は、国語Ⅰ・数学基礎Ⅲ・数学基礎Ⅱの3科目に決定した。

次に開催時期についてであるが、学生には事前に計画表を配布した。学年末試験の始まる約3週間前でもある、平成18年1月30日（月）から週3回（月・火・木）のペースで、スタートした。時間は、17時から18時30分までの90分間で、計9回行った（資料Ⅱ）。

#### 3-2 対象学生及び補習内容

対象学生は、開催科目である国語Ⅰと数学基礎Ⅲ、数学基礎Ⅱにおいて、単位未修得になる赤点の学生とし、その科目の補習に関して強く参加を促した。その他の学生はすべての科目自由参加とし、学生の自主性や学習意欲も探ってみた。

次に補習内容であるが、これが最も苦悩したところである。まず、数学と国語の情報収集ということで、数学、国語の教員（本学級担当者は非常勤講師であるため本学級担当者以外）より教科書と問題集を借りた。そして筆者の最大限の記憶を呼び起こし、筆者が学生時使用していた教科書・参考書等とを照らし合わせながら、重要箇所をリストアップした。それをもとに、教科書の重要箇所をまとめた問題プリントを作成し、

プリント中心の学習を行った。その中で、学生の解答具合や質問などにより、説明に重点を置くなど臨機応変に取り組んだ。また、参加人数が少ないときなどには、学習不振学生に対して、学習への取組方法などアドバイスすることもできた。ここではやはりいかにして学生の学習意欲を引き出すかということに常に念頭に置き助言した。

### 4 結果と考察

まず、今回の補習への参加状況を下記に示す（表1）。

日	1/30	1/31	2/2	2/6	2/7
科目	国語Ⅰ	数基Ⅲ	数基Ⅱ	国語Ⅰ	数基Ⅲ
人数	23名	24名	6名	17名	19名
日	2/9	2/13	2/14	2/16	
科目	数基Ⅱ	国語Ⅰ	数基Ⅲ	数基Ⅱ	
人数	1名	16名	18名	5名	

表1 学生の補習参加状況

今回の補習への参加状況は、最も多い日で24名、最も少ない日で1名の参加であり、これを平均すると、毎回14.3名の参加となった。また、アンケート調査より、一度でも参加した学生は、41名中32名と78%の割合を示し、一度も参加しなかった学生は9名で、22%を示した。これより本学級の補習への参加意欲の高さが伺える。

#### 4-1 参加学生の動機

一回でも参加した学生に「今回の補習に参加したのはなぜですか」（複数回答）と質問したところ、下記のような結果となった（図1）。

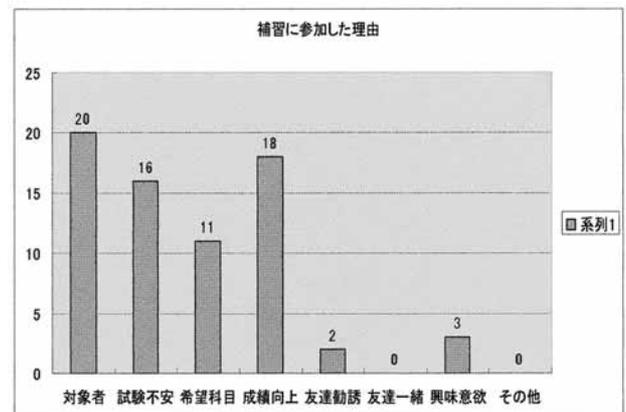


図1 学生の参加動機

今回開催した教科の対象学生は20名、非対象学生21名となっている。参加学生の動機を見てみると、当然ではあるが、「対象者だったから」と答えた学生が最も多かった。続いて「成績向上のため」、「試験が不安だから」、「力を入れたい科目だから」となった。

また、非対象学生が参加した動機をクロス集計してみると、「成績向上のための参加」が11名と非常に多く、「力を入れたい科目だから」が7名、「試験が不安だから」が5名という結果になった。

これらのことより、本学級学生の学年末試験への意識は大変高く、成績不振学生でもある対象学生にいたっては、危機感をもって取り組もうとする姿が伺える。さらには非対象学生に関しても、さらなる向上を目指し、自分なりの目的をもって補習に参加したことが分かる。なお、対象学生で一度も参加しなかった学生はいなかった。ここからも対象学生へは参加を強く促したわけだが、学習しようとする意識の向上が見られたと言える。

#### 4-2 不参加学生の動機

今回の補習は、対象者として後期中間試験の段階での赤点者を挙げてはいたが、非対象者の参加も自由にしていたため、非対象学生の意識も今後の補習実施や、クラス運営に役立てたいと考え、一度も参加しなかった学生に対しても「今回の補習に参加しなかったのはなぜですか」（複数回答）と質問した。すると、下記のような結果となった（図2）。

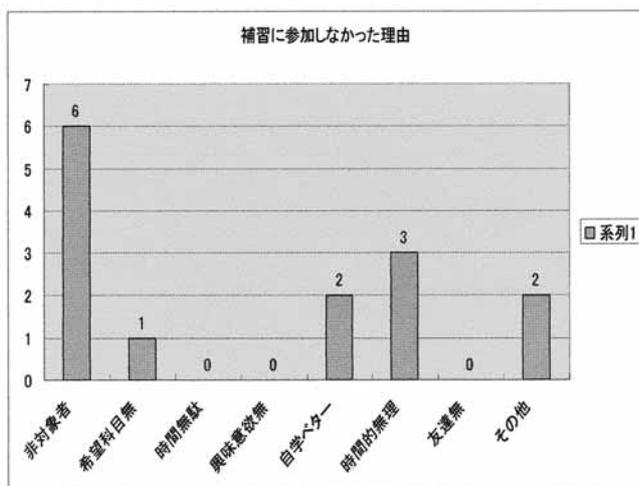


図2 学生の不参加理由

今回の補習に一度も参加しなかった学生は、41名中9名と少なかったわけだが、その不参加学生の動機を

見てみると、こちらも当然ではあるが、「対象者ではなかったから」が6名と最も多かった。その他、「開催した時刻に都合がつかなかった」と答えた学生も3名いた。また、「その他」と解答した学生の意見は、「うるさそうだから」、「開始時に遅れると行きづらかった」であった。

#### 4-3 補習方法への意見

補習方法に関する意見では、①開催時刻、②開催時間、③参加人数、④開催教科数、⑤指導者の5項目について全学生から意見を徴収した。

①開催時刻に関しては、約4割弱の学生が早めてもらいたいと解答しており、②開催時間に関しても、約3割の学生が短くしてもらいたいと答えている。ここからは、夕方の時間を有効に活用したいという意向が推察できる。また、③参加人数に関しては9割の学生が現状で良いと解答した。

さらに、④開催教科数に関しては、6割以上の学生が補習開催教科数を増やして欲しいと解答しており、学生一人ひとりの学力ニーズにより応えた方法を検討する必要性を強く感じた。⑤指導者に関しては8割近くの学生が担任でも構わないと答えてはいるが、④の解答にある学生の意見を考慮すると、担任1人では不可能なため、他の教員ともさらに連携を図るなど、様々な対策も検討しなければならない。

#### 4-4 参加学生の効果

参加学生32名全員に「補習を受けてみてどうでしたか」と質問したところ、下記のような結果となった（図3）。

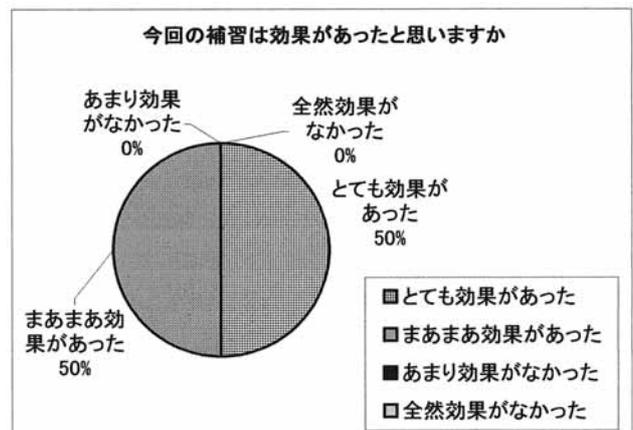


図3 補習を受けて効果があったか

補習を一度でも受けた学生 32 名中、半数の 16 名が「とても効果があった」と答えており、さらに残りの 16 名も「まあまあ効果があった」と解答している。逆に、「あまり効果がなかった」、「全然効果がなかった」と答えた学生はいなかった。このことより、何らかの形ではあるが、参加学生は効果があったと感じていることが分かる。

また、アンケートの最後に「今回の補習に関して何かありましたら自由にお書きください」と記述式の質問をしたところ、「補習を受けて点数が上がった」、「補習のおかげで単位がもらえた」、「数学基礎Ⅱの教え方がいまいちだったけど、他は分かりやすかった」など、補習に効果があったことを示す解答もあった。

さらに、「日頃の授業の大切さを改めて実感した」、「来年は、最後に苦しまなくていいよう勉強したい」というような毎日の学習に対する意欲向上も見られた。当然のことながら成績アップの原因が今回の補習だけとは一概に言えないが、学生はこの補習をきっかけとして毎日の学校での講義や自宅、学寮などでの学習に臨んだことが伺える。

#### 4-5 次回への参加意欲

クラス全員に対して、「また次の機会があれば補習を受けたいですか」と質問したところ、下記のような結果となった（図 4）。

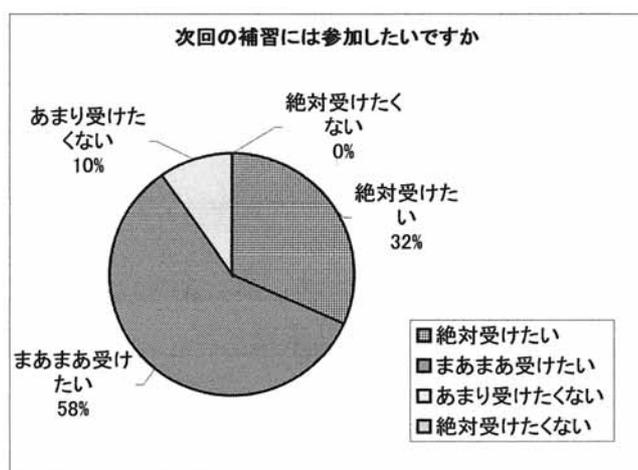


図 4 次回も補習を受けたいか

全学生での解答では、「絶対受けたい」と答えた学生 32%、「まあまあ受けたい」と答えた学生は 58%、「あまり受けたくない」と答えた学生については 10%となり、「絶対受けたくない」と答えた学生はいなかった。

また、今回補習参加学生の次回参加意欲に関してク

ロス集計してみると、「絶対受けたい」と答えた学生 38%、「まあまあ受けたい」と答えた学生は 56%、「あまり受けたくない」と答えた学生は 6%となった。このことより、今回参加した学生の方が、次回への参加意欲も高いことが分かった。この結果より、参加学生は今回の補習に関して次回への参加意欲が向上するような効果があったと受け止めていることが伺える。

## 5 まとめと今後の課題

今回、筆者が担任でもある、本学電子制御工学科 1 年のクラスで学年末試験に向けた学級独自の補習を実施した。その取組における効果としては下記のような事項が挙げられよう。

- ・ 学生の学習への意欲向上
- ・ 学年末試験（留年）への危機感の向上
- ・ 学習時間の確保
- ・ 学習方法をアドバイスする時間の確保
- ・ 全員進級

上記のように、今回の補習ではいくつかの効果が見られたが、今後の課題もある。今回の調査より、次回からは、開催時刻の工夫と開催科目の拡大を考えていきたい。そのためには、放課後の時間を有効に活用するためにも、部活動をはじめとする課外活動担当教員の理解を得る必要があろう。

また、開催科目の拡大は担任 1 人では不可能であるため、各教科担当教員と連携をとりながらより良い手段を取り入れていきたい。

さらに、本学全体として学生の学力アップ、学習意欲向上などに対しての具体的な取組や方針も必要不可欠であろう。各学級の実態を踏まえながら全学的に慎重に吟味していきたい。

## 6 参考文献

- ・ 近藤 一之（鈴鹿工業高等専門学校）：学生の英語力向上を目指した試み，平成 17 年度高専教育講演論文集（2005）143-146
- ・ 鳴海 哲雄（八戸工業高等専門学校）：留年者を減らす試みと数学寺子屋，高専教育 29 号（2006）421-426

〈資料 I〉

クラスでの補習に関するアンケート調査

○ 当てはまる箇所にチェックをしてください。

I 全員にお聞きします。

一回でもクラスでの補習に参加しましたか？

- はい  いいえ

II 一回でも参加した学生にお聞きします。

参加した科目を教えてください。(複数回答)

- 国語  数学基礎Ⅱ  
 数学基礎Ⅲ

III 一回でも参加した学生にお聞きします。

参加したのはなぜですか？(複数回答)

- 対象者だったから  
 試験が心配だから  
 力を入れたい科目だから  
 成績向上のため  
 友達に誘われて  
 みんなと学習したいから  
 興味・意欲があったから  
 その他 ( )

IV 一回も参加しなかった学生にお聞きします。

参加しなかったのはなぜですか？

(複数回答)

- 対象者ではないから  
 希望する科目が無かったから  
 時間がもったいないから  
 興味・意欲が無かったから  
 自分で勉強した方がよいから  
 時間的に行けない時間だったから  
 仲の良い友達が受けなかったから  
 その他 ( )

V 全員にお聞きします。

補習の方法について考えをお聞かせください。

- ① 時刻  早めた方がよい  
 現状  
 遅らせた方がよい

- ② 時間  短くした方がよい  
 現状

- ③ 人数  長くした方がよい  
 減らした方がよい  
 現状  
 増やした方がよい

- ④ 教科  減らした方がよい  
 現状  
 増やした方がよい

- ⑤ 指導者  担任でもかまわない  
 教科担当  
 その他 ( )

VI 一回でも参加した学生にお聞きします。

補習を受けてみてどうでしたか？

- とても効果があった  
 まあまあ効果があった  
 あまり効果が無かった  
 全然効果が無かった。

VII 全員にお聞きします。

もし、また次の機会があれば、補習を受けたいですか？

- 絶対受けたい  
 まあまあ受けたい  
 あまり受けたくない  
 絶対受けたくない

VIII そのほかに、今回の補習に関して何かありましたらお書きください。

## 〈資料Ⅱ〉

1年電子制御工学科 補 習 計 画						
日	月	火	水	木	金	土
1/29	1/30	1/31	1	2	3	4
	国 語	数 Ⅲ		数 Ⅱ		
5	6	7	8	9	10	11
	国 語	数 Ⅲ		数 Ⅱ		
12	13	14	15	16	17	18
	国 語	数 Ⅲ		明日の 試験科目	後期末試験	
19	20	21	22	23	24	25
	後期末試験 →	後期末試験 →	後期末試験 →	後期末試験 →	後期末試験 最終日	
26	27	28	3/1	3/2	3/3	3/4

場 所 : 1S教室  
 時 刻 : 17:00 から 18:30  
 対象者 : 実施科目の赤点者は全員 (その他は自由参加)  
 ※ 赤点者以外の自由参加者は当日の朝までに連絡すること  
 (プリント類準備の関係上)  
 ※ 都合により参加できない者は必ず事前に連絡すること!

## ワシントン椰子の枝払いロボットの開発 (1)

松元 悦郎<sup>+</sup> 山下 俊一<sup>+</sup> 大隣 幸範<sup>+++</sup> 油田 功二<sup>+</sup>  
原田 正和<sup>+</sup> 松尾 征一郎<sup>+</sup> 永田 亮一<sup>+</sup> 中原 和範<sup>+</sup>  
山岸 伸彦<sup>+++</sup> 植村 眞一郎<sup>++</sup>

### Development of a robot to cut a branch of Washington palm (1)

Etsuro MATSUMOTO, Shunichi YAMASHITA, Yukinori OHTONARI, Koji ABURADA  
Masakazu HARADA, Seiichiro MATSUO, Ryoichi NAGATA, Kazunori NAKAHARA  
Nobuhiko YAMAGISHI and Shinichiro UEMURA

A lot of Washington palm trees are planted in the South Kyushu area and give a nice view with southern country atmosphere. However, in a very windy day they are in dangerous situation because most of the dead branches are often torn by a strong wind and may damage people and cars. So they must be cut regularly to keep a beautiful view and to prevent danger. As Washington palm trees grow up to the height of 15-25m, it is dangerous to cut their branches by hand at such a high place and the work also costs much. The final purpose of this study is to develop the robot with which low cost and safe work are realized by mechanization. In conclusion the robot which works safely was developed.

Keywords : Washington palm , dead branch, tree climbing robot, mechanization

### 1 緒言

鹿児島県や宮崎県など南国地方には、多くのワシントン椰子が植生され、幹の最上部で大きな緑の枝葉が風に揺らぐ様子は、南国特有の風光明媚な景観を醸し出している。一方、ワシントン椰子の枝葉は、毎年、下方より茶色く枯れ垂れ下がり、この枯れ枝は、景観を損ねるだけでなく、そのまま放置すると、自然落下により、被害を及ぼすおそれがある。このことを防止するためには定期的に枯れ枝を除去する必要がある。

ワシントン椰子の枯れ枝除去は、枝部が高所にあるため専門業者に委託し行われている。その作業は、高所作業車を用いた人手によるもので、危険が伴い、通行の妨げにもなっている。また、枝払い料は高所作業となるため他の樹木と比較して高額である。

本研究では、このことを改善するために、枯れ枝の除去作業を行う枝払いロボットを開発し、作業の効率化による低コスト化の実現と、作業や通行人の安全性の向上を図ることを目的とした。本研究は「南国の景観を守る」というテーマの下、本校と(株)トヨタ車体研究所で行う産学共同研究である。図1に開発機の全体写真、表1に基本性能を示す。

+ 技術室

++ 電子制御工学科

+++ 株式会社トヨタ車体研究所



図1 ワシントン椰子枝払いロボット

表1 開発機の基本性能

昇降	直登式 昇降速度：12.4m/min (0.21m/sec)
旋回	枝払い部旋回方式 旋回速度 0.9m/min

## 2 開発機の基本仕様

開発機は幹を昇降する昇降機と枝を払う枝払い装置で構成される。図2に全体の概略図を示す。昇降機のアクチュエータには、ワシントン椰子が公園や学校、観光地など人が多く集まる地域に植生されていることを考慮し、商用AC電源か騒音の少ない発電機を動力源とするACモータを採用した。幹直径の変化には、パンタグラフ機構の伸縮動作で対応し、締め付け圧を検知するセンサーにはロードセルを用いた。コントローラにPLCを用い、操縦はリモートコントロールで行う。枝払い作業は、椰子の最上部に生える枝まで直登し、チェンソーを取り付けたアーム部の旋回とマシンの昇降で枝を払う。表2に1号機の基本仕様を示す。

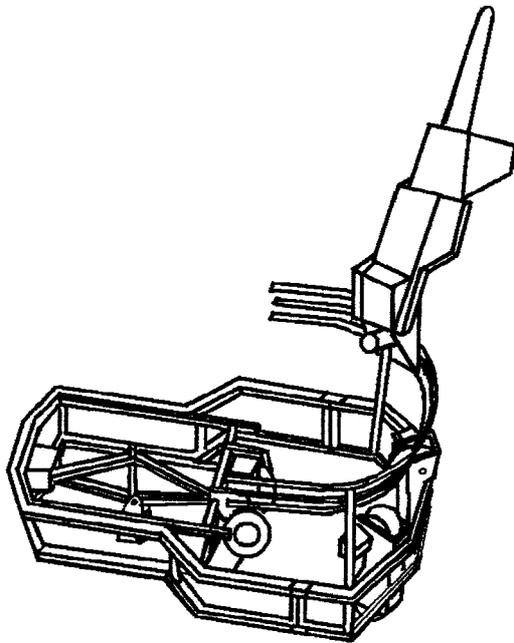


図2 開発機の概略図

表2 基本仕様

機体重量	110 kg
駆動モータ	単相 AC モータ
使用エネルギー	交流 100V
操作方法	有線リモコン方式
制御方法	PLC を用いたシーケンス制御
幹締め付け機構	パンタグラフジャッキ方式
締め付け圧検知	ロードセル
チェンソー	切断部長さ：400mm
タイヤ	空気入りタイヤ 直径：220mm

## 3 昇降機

樹木用昇降機として、昇降するための機構および手法について幾つかの提案がなされている<sup>1)2)</sup>。本開発機の特徴は、機体に取り付けた駆動輪を幹にモータで締め付けることにより機体を保持する。その締め付け圧力をセンサーで検知し、コンピュータ制御することで一定圧の昇降を行う。

昇降機の概略図を図3に示す。幹へは、片側4輪と対向する2輪の空気入りタイヤで保持され、二等辺三角形の配置にした。1の車輪はモータ両軸に車輪を取り付けた駆動輪である。2と3の車輪は、水平方向に二輪一对で、それぞれ幹中心方向に角度をつけて取り付け、幹径が小さくなくても対応できるようにした。2の車輪は駆動輪で、3の車輪は駆動していない補助輪である。車輪1側に、締め付け機構を取り付け、車輪を幹に押付けて、マシンを保持している。

昇降用に使用したモータの性能を表3に示す。

表3 昇降用モータ基本仕様

昇降用モータ	単相 AC モータ(90W)	3個
回転速度	18 min <sup>-1</sup>	

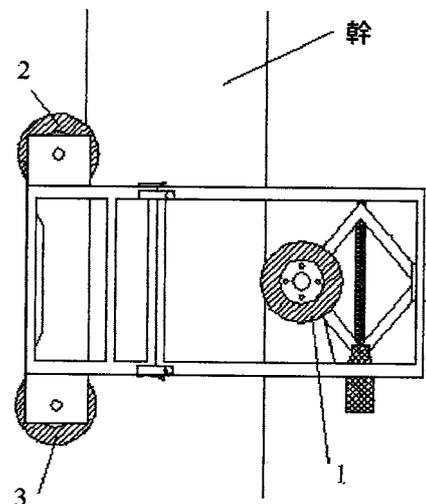
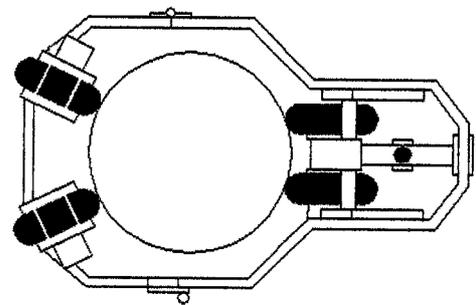


図3 昇降機の概略図

### 3. 1 締め付け機構

締め付け機構の概略図を図4に示す。パンタグラフジャッキを幹中心に向かって伸縮するように取り付けた。このパンタグラフジャッキのネジ回転軸に伸縮用のモータと、幹側に駆動輪を取り付け、フレーム固定側には、締め付け圧力を検知するためのロードセルを取り付けた。動作中は、常に締め付け圧力を検知し昇降中に幹直径が変化しても締め付け圧が一定範囲内になるようにパンタグラフジャッキを伸縮させ締め付け圧一定制御を行う。

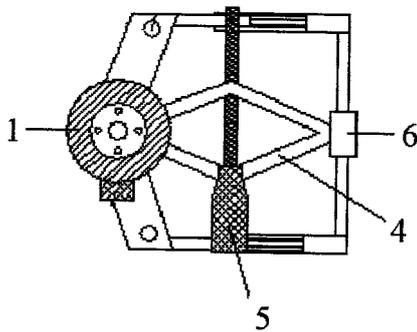


図4 締め付け機構

表4 締め付け用モータ基本仕様

締め付け用モータ	単相 AC モータ(60W)
回転速度	100 min <sup>-1</sup>

パンタグラフジャッキには、伸縮用ネジのピッチが2.5 mmのものを使用した。そのネジの一端に取り付けた締め付け用モータ5の回転方向を切り替えることで駆動輪が伸縮する。締め付け用モータの仕様を表4に示す。

図5にタイヤ位置を最大に開いたときからのパンタグラフジャッキの伸縮用ネジ回転時間と締め付け距離の関係を示す。ワシントン椰子は、根元付近からその上部2 m付近までは、幹径が大きく変化する円錐状の形状となるが、頂上部では、ほぼ円柱状の形状となる特徴がある。そのため、圧力の変動は、最下部では大きく、頂上部では小さくなる必要がある。図4より、マシンが最下部にある締め付け始めのパンタグラフジャッキの伸縮は、大きく変化し、その後、締め付け距離は、時間経過と共にだらかに変動する事がわかる。よってパンタグラフジャッキは、前述の圧力制御の要求を満たす上で適当な特性をもっているといえる。

### 3. 2 締め付け圧制御

ワシントン椰子は、最上部と最下部との幹径差が大きく、幹途中にも凹凸があるため、昇降時は常に締め付け圧力値を監視し、マシンを保持する必要がある。締め付け圧の監視には、圧力が一定値以上になるとON状態となる圧力スイッチを3つ(P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>)設け、図6に示すようにそれぞれのスイッチの圧力値設定は、下限圧力値(P<sub>1</sub>) < 中間圧力値(P<sub>2</sub>) < 上限圧力値(P<sub>3</sub>)となるように設定した。圧力値が、常に上限と下限の間で、中間付近にあるように制御させる。このように圧力に範囲を持たせ、その範囲の中で制御を行うことで、幹途中にある凹凸による締め付け圧力変化にも柔軟に対応できるようにした。

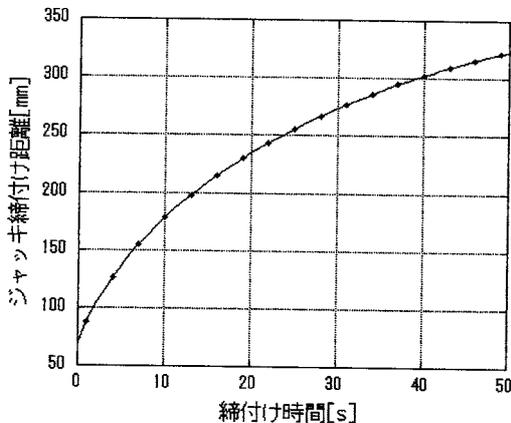


図5 締め付け時間と締め付け距離

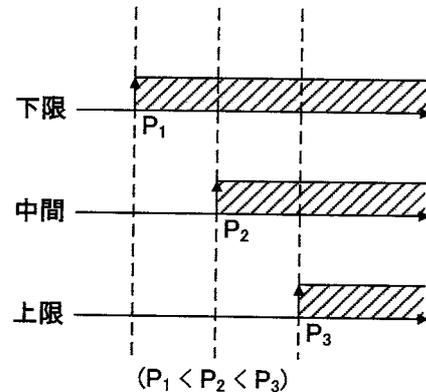


図6 圧力スイッチの状態

図7は、昇降停止時の圧力制御の流れである。

$P_3$ がONになれば $P_2$ がOFFになるまで緩み、 $P_1$ がOFFのとき $P_2$ がONになるまで締め込む制御を行っている。

図8は、上昇運転時の圧力制御の流れ図である。

上昇時は、幹径が細くなっていくため、締め付けながら上昇させている。但し、上昇運転開始時は、初動トルク補助の目的から、一定のタイムラグ後に作動させている。また、上昇中、 $P_3$ がONになると、 $P_2$ がOFFになるまで、締め付けを停止させている。

上昇運転時に、 $P_3$ のONの状態が一定時間経過した場合は、締め付け圧が過剰になっているため、上昇運転を停止して、締め付け圧が適正値になるまで緩める動作を行う。また、 $P_1$ がOFFになった場合は、締め付け圧不足のため、上昇運転を停止した状態で締め付け圧が適正値になるまで締め付け動作を行う。

図9は、下降運転時の圧力制御の流れ図である。

下降時は、幹径が太くなっていくため、締め付け圧を緩める方向に作動させ下降する。下降運転時も、 $P_3$ のONの状態が一定時間経過した場合と、 $P_1$ がOFFになった場合は、下降運転を停止して適正圧になるまで圧力制御を行う。

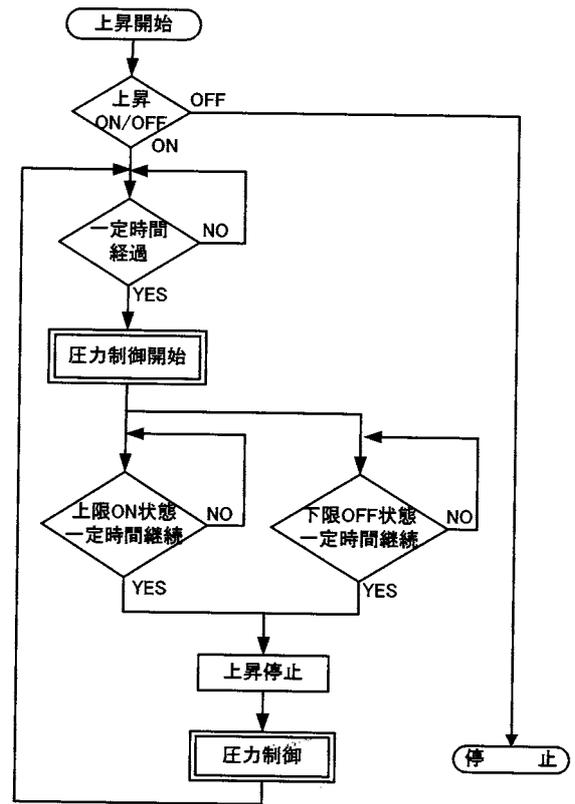


図8 上昇運転時の圧力制御の流れ

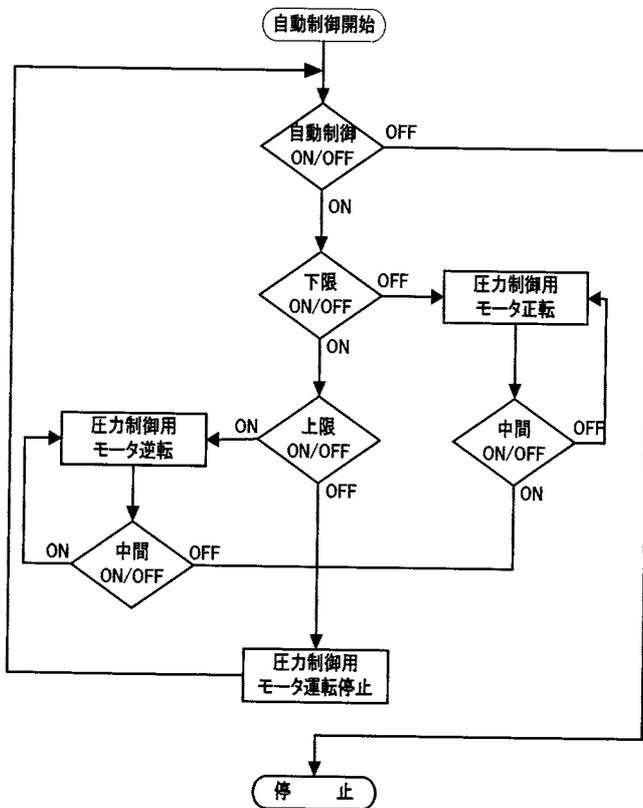


図7 昇降停止時の圧力制御の流れ

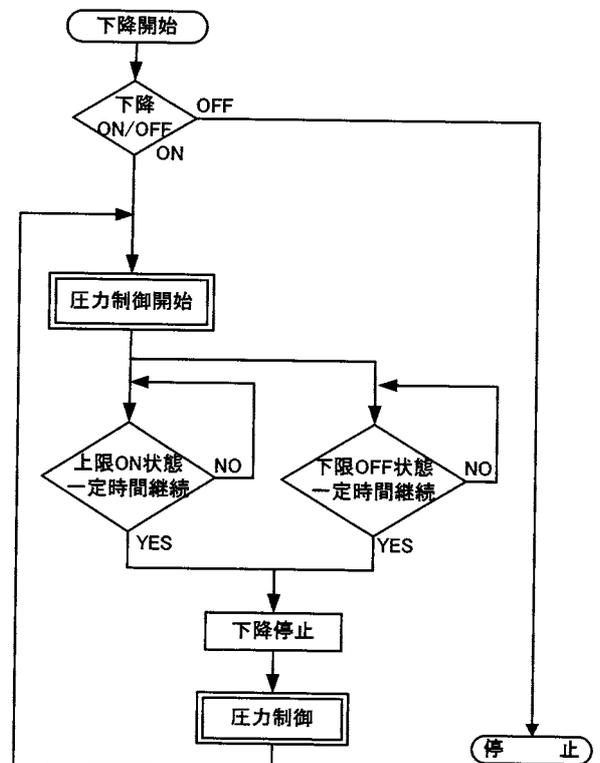


図9 下降運転時の圧力制御の流れ

## 4 枝払装置

枝払装置は、チェーンソーを回転させる回転機構部と幹方向にチェーンソーの角度を変化させるチルト機構部で構成される。この装置を取り付け用パイプで、昇降機の上側に固定する。枝の切断は、チェーンソーの回転や角度を変化させることで行う。表5に枝払装置の基本仕様を示し、図10に枝払い装置の概略図を示す。

表5 枝払装置基本仕様

枝払装置重量	20kg
回転用モータ	単相 AC モータ (6W)
回転速度	15mm/sec
回転距離直径	550mm
チルト用モータ	単相 AC モータ (6W)
チルト速度	10mm/sec
チルト用モータストローク	100mm

### 4.1 回転機構

回転機構は、昇降機本体に取り付け具で固定するレール部とチェーンソーを取り付けてある回転部で構成する。レール部は、上下2本の回転レールと、その中央に回転駆動用案内板があり、これらを平行に支持するためにブラケットで固定した。回転部は、木の幹の周りを回転できるようにレールの内側になるようにした。レールとの保持は、回転部のプレートの外側にV溝形のローラーを上側に2個、下側に1個を逆三角形の頂点の配置になるように取り付け、このローラーで上下の回転レールを挟む。回転駆動は、回転レールの中央に位置する案内板の上側の回転用ゴムローラーと下側のカムフロアで挟みつけ、ゴムローラーを回転させることにより、挟み圧による摩擦力で駆動する。

### 4.2 チルト機構

コントロールボックスのスイッチ操作で、チルト用モータを回転させるとチェーンソー取り付け部に取り付けたリニアガイドが直動し、チェーンソーの刃部と枝との角度が任意の角度になるようにした。

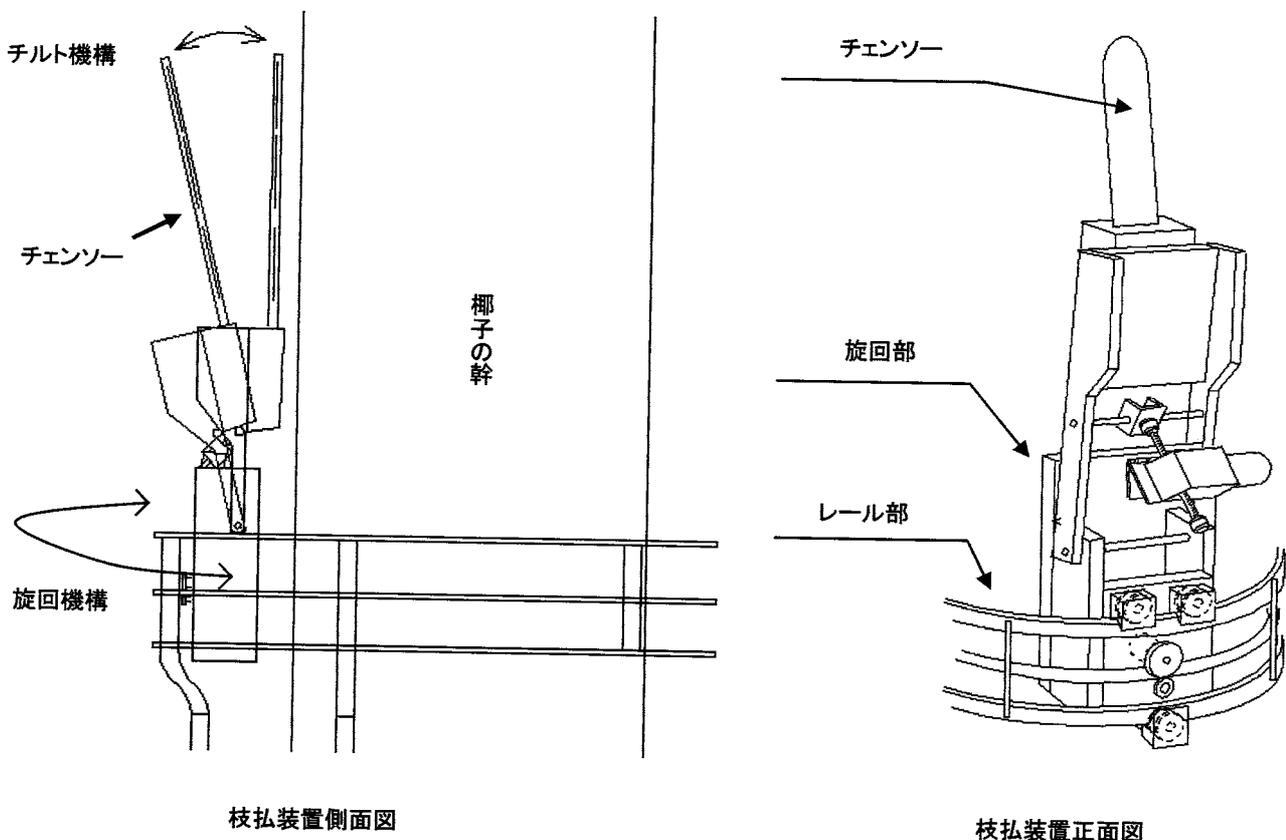


図10 枝払い装置の概略図

表6 開発機の問題点と対策

問題点	原因	対策
機体重量が重い	モータが重い	軽量モータへの変更, モータ出力の検討
	フレームが重い	フレーム材の軽量化, 寸法見直し
	電気回路部が重い	配線の見直し, 使用部品の検討
機体が大きい	パンタグラフ部の突出	締め付け機構の変更
	駆動輪と補助輪の間隔	タイヤ配置の検討
	電気回路ボックスが大きい	電気回路の簡素化, 分散方式
重量バランスが悪い	パンタグラフ側に重心位置がある	締め付け機構の変更
幹径 180mm 以下に対応しない	180mm 以下の幹は考慮していない	椰子の植生状況調査 (数多くのデータ収集)
	タイヤを平行に配置している	タイヤ位置の検討, タイヤ向きの検討
下降時, 幹直径が急激に細くなる時にすべる	締め付け速度が遅い	締め付け機構の検討
花芽の伐採ができない	チェンソー取り付けアームの自由度が少ない	フレキシブルなアームの検討
操作性が悪い	リモコン制御	無線コントロール化 (ラジコン制御)
	操縦者が常時, 上を向いた姿勢	監視カメラの設置
切った枝が散乱する	対策を講じていない	収集できる構造を検討する

## 5 開発機の特許出願

本研究で開発したワシントン椰子の枝払い機を「枝払昇降機」という発明名称で平成 16 年 9 月 22 日に高専機構と株式会社トヨタ車体研究所より特許申請した。その後, 同年 12 月に出願審査請求を行った。

## 6 開発機の評価

本開発機を評価するために, 枝払い発注者や造園業者などに対して実技デモを行った。昇降に関しての評価は, 「昇降速度は適正である。」「幹途中の凹凸の変化に対応した昇降が得られている。」等であった。枝の伐採作業に関しては, 「枝を伐採する性能を有している。」「若干時間を要するがオペレータの熟練でカバーできる範囲である。」等の意見があった。

このように, 基本的性能に関しては, 満足できる評価を得たが, 表 6 に示すように, 今後改良しなければならない, いくつかの問題点も挙げられる。その中でも, 当初目標としていた 2~3 人で行う作業としては, 機体重量が重いことと, 機体の形状が大きいことが最重要課題として挙げられる。

## 7 次号機の開発

現在, 前項の評価より, 改善しなければならない問題点を検討し, 対策を講じた次号機の開発を製作している段階である。

## 8 結言

本研究で開発した枝払いロボットで“ワシントン椰子を登って枯れ枝を切る”という当初目標を達成することができた。この成果を「枝払昇降機」という発明名称で特許申請した。しかし, 幾つかの問題点も残され, 現在は, このことを改良・改善する新型機の開発中である。

## 謝辞

本研究は, 平成 15, 16 年度校内研究助成金を受けて行われたことを記し, 感謝申し上げる。

## 参考文献

- 1) SUS FA MAGAZINE SING(シング)  
2006 March No.10 P3~6
- 2) ヤンマーグループセイレイ工業(株)  
<http://www.seirei.com/> (Viewed:2006/06/10)

# 高速切削加工の効率的利用について

油田 功二<sup>+</sup>

## About Efficient Use of High-speed Milling

Koji ABURADA

In late years, high-speed milling is focused, for manufacturing the dies or the complicated-form-parts, and so on, with feed speedup and improvement of processing accuracy of machine tool. In this study, it is aimed that efficient manufacturing of complicated-form-parts and hard-to-shape materials, and so on, depending on the examination of high-speed milling method with various angles.

Therefore, the consecutive flow, which from drawing to manufacturing via compilation of the NC data, was established by constructing the CAD/CAM operating system use a network. In addition, it extracted the optimum process condition of high-speed milling, and it obtained several successes in manufacturing of complicated-form-parts.

Keywords : High-speed Milling, CAD/CAM, Manufacture of a Die, Network, High-grade Processing

### 1. はじめに

近年、金型や複雑形状部品などの加工では、より速く、より精度良く、低コストで製作する手段として高速切削加工が注目されている。そこで、本研究では高速切削加工により、複雑形状の部品や難削材等の加工を効率的に行うために、学内 CNC 工作機械群のネットワーク化を試み、理論的に解明するのが困難な高速切削加工の最適条件抽出を目的としている。

### 2. ネットワークの確立と有効活用

本校の FA システム実験室の CNC 工作機械群はプログラミング室のセルコントローラをホストとしてネットワーク化されている。それを校内 LAN と接続することによって複雑形状プログラムの迅速な作成、NC プログラムの共有及びプログラムやデータの管理等高度な運用を図る。

本研究は CNC 工作機械群のネットワーク管理の整備と CAD/CAM システムの運用確立により、学内・学外者が本校設備を有効に活用できるシステムを構築する。図 1 に今回確立した CAD/CAM 運用システムのネットワーク図を示す。

### 3. 高速切削加工

工作機械の高精度・高速度化に伴い、従来の低回転・高切り込み・低送りという高負荷を必要とする加工から高回転・低切り込み・高送りという軽負荷高速加工

<sup>+</sup>技術室

という切削スタイルに変わってきている。特に今回加工した小物で複雑形状のモデルの場合には小径ボールエンドミルによる高速切削加工は欠かせない。

FA システム実験室  
CNC 工作機械群

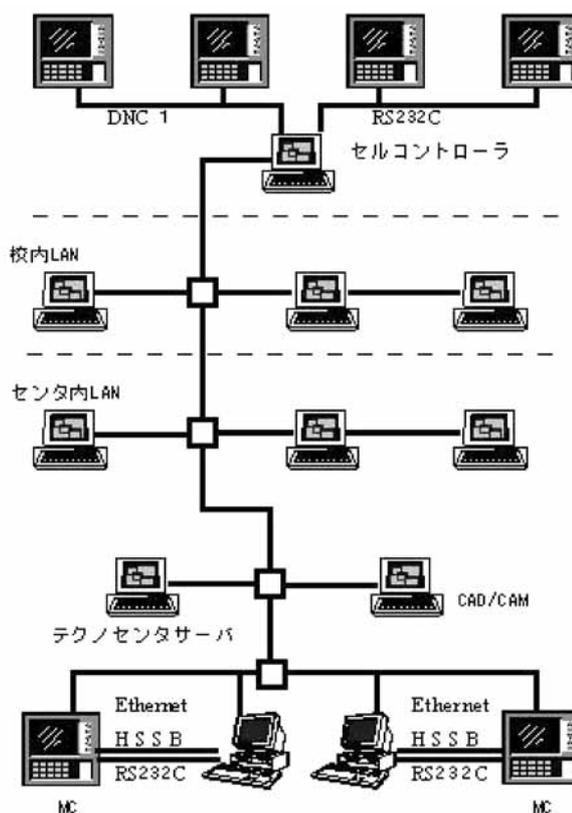


図 1 ネットワーク図

本研究により加工した一例を図2に，加工条件を表1に示す。



図2 本校ロゴマーク

表1 加工条件

被削材 SKD61 (70×60×25mm)	
荒加工	
使用工具	R2 ボールエンドミル
主軸回転数	18000min <sup>-1</sup>
切削送り速度	2000mm/min
切り込み (半径方向)	1.2mm
切り込み (軸方向)	0.3mm
切削油	なし (エアブロー)
中仕上げ	
使用工具	R1.5 ボールエンドミル
主軸回転数	20000min <sup>-1</sup>
切削送り速度	3000mm/min
切り込み (半径方向)	0.1mm
切り込み (軸方向)	0.3mm
切削油	なし (エアブロー)
仕上げ	
使用工具	R1.5 ボールエンドミル
主軸回転数	20000min <sup>-1</sup>
切削送り速度	3000mm/min
切り込み (半径方向)	0.1mm
切り込み (軸方向)	0.8mm
切削油	なし (エアブロー)

今回の加工は，3種類のオペレーションを使用し，それぞれ荒加工・中仕上げ・仕上げ加工をした。

- ・荒加工 (ボリュームクリアオペレーション)  
このオペレーションによってポケットからほとんどの材料がとりのぞかれる。(図3)

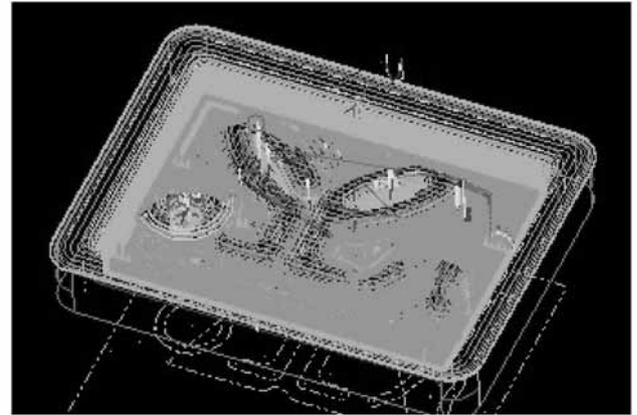


図3 荒加工ツールパス

- ・中仕上げ (コピーミルオペレーション)  
走査線加工により仕上げ加工をする。このとき垂直壁部分のみ仕上げ代を残し，他の部分はこのオペレーションで終了する。(図4)

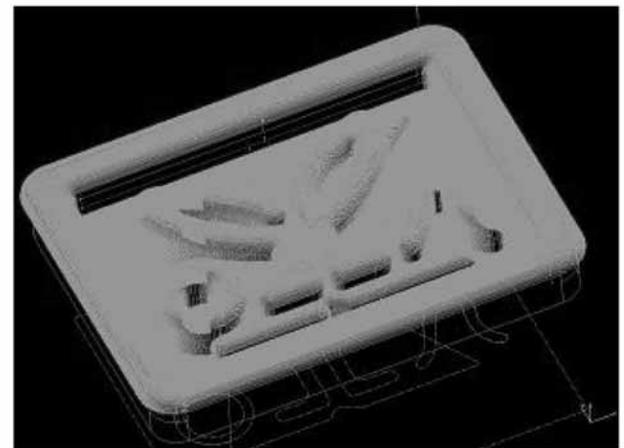


図4 中仕上げツールパス

- ・仕上げ加工 (プロファイルオペレーション)  
垂直壁部分はコピーミルオペレーションだけでは仕上がりが悪いのでプロファイルオペレーションを使い等高線加工にて仕上げる。(図5)

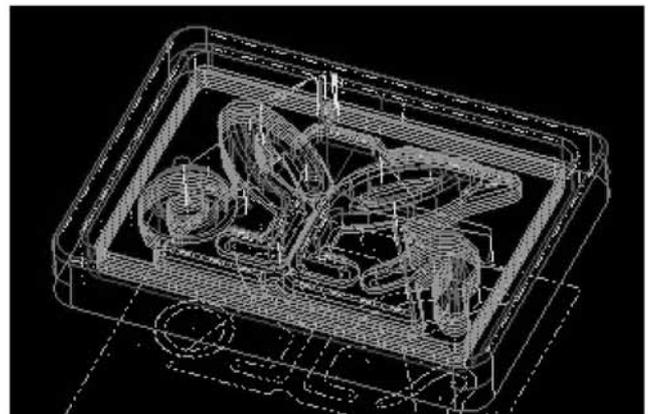


図5 仕上げツールパス

## 4. 高速切削加工の効率的利用の実践

### 4. 1 共同研究における事例

この研究成果を活かし水道部品関連の企業と共同研究を行った。内容は、水道関連部品の旋盤加工用治具の試作であった。水道設備に関する部品の機械加工では、その形状の特異さから加工治具の精度が製品の善し悪しに多大な影響を与える。これまでその加工を特定の技術者による倣い加工後の現物摺り合わせによる方法と外注に依存してきた。それを自社で短期間に内製できないかというものである。本研究では、製作時の問題点として実際の鋳物寸法と図面寸法との違いがあったので敢えて現物の寸法を基に三次元 CAD/CAM システムで作図し、マシニングセンタにより高速切削加工を行った。図 6 に今回作成した加工事例を示す。

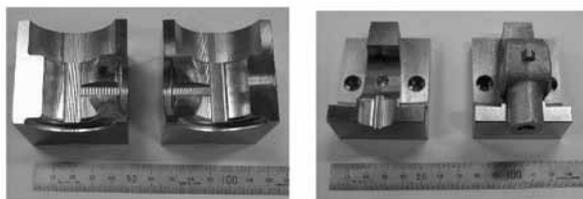


図 6 加工治具 (NC 旋盤用生爪)

これにより

- (1) 外注による費用が軽減できる。
- (2) CAD データを管理することによって新規加工品・加工移行品・既存治具の更新等に即座に対応できる。
- (3) 手作業による磨き加工がいなくなり加工精度が向上した。
- (4) 特定技術者の負担が軽減した。

以上のような好結果をもたらすことができた。

### 4. 2 技術相談における事例

今回の研究で確立されたネットワークを有効活用した CAD/CAM 運用システムを用い、高速切削加工により、照明器具部品の試作を企業の方と共に行った。図 7 にその試作品を示す。

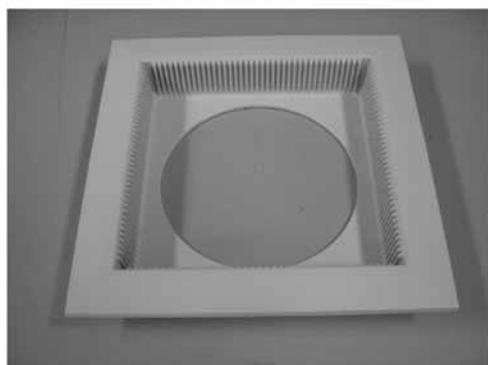


図 7 照明器具部品の試作

### 4. 3 その他の加工事例

本研究では、高速切削加工の最適加工条件を抽出するために、数多くの切削実験を行いデータの収集に努めた。また、それにより得られたデータを基に製作依頼業務や卒業研究等でいろいろな形状やワーク材質の加工を行った。図 8、図 9 に加工事例の一部を示す。

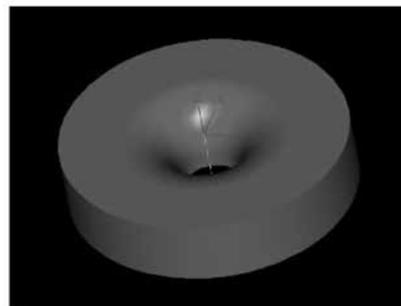


図 8 流体実験装置の部品



図 9 携帯電話 (コア)

## 5. まとめ

これまでの研究により、製作が極めて困難だった複雑形状の部品加工が、CAD/CAM による作図・NC データの作成からネットワークを有効に活用したデータ管理・共有、DNC 運転による高速切削加工までのシステムが明確に、且つ効率的に確立された。今後は、この研究の成果を日常の教育支援業務や製作依頼業務、そして高専のもの作り教育に大いに活かしていきたい。

## 謝辞

本研究は、平成 15、16 年度校内研究助成金を受けて行われたことを記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 日刊工業新聞社：“機械技術” ボールエンドミルによる高速ミーリング加工 vol. 52 No. 8 (2004) 18-21
- 2) 日刊工業新聞社：“機械技術” ネットワーク構築のポイントと構築事例 vol. 49 No. 11 (2001) 17-59



# 配水管に堆積した火山灰を除去するための管内走行ロボットのメカニズムに関する研究

上野 孝行<sup>+</sup> 引地 力男<sup>++</sup>

## A Study on Mechanism of In-pipe Mobile Robot in order to Remove the Volcanic Ash Laid inside the Water Pipe

Takayuki UENO and Rikio HIKIJI

It is very important to find the damages of the water and gas pipes quickly and repair them for maintenance. However, it is difficult to inspect and repair them from outside because they are buried underground or out of reach. So inspection and repair by use of the micro-robot which can move freely through the pipe is under study. As one of problems with these pipes travelling robots, there are an actuator its the mechanism. Especially when the mud and volcanic ash are contained inside the pipes, it is necessary to improve the mechanism, because there are obstacle. In this research, in order to remove the mud and volcanic ash laid

Inside the pipes, the mobile mechanism was investigated experimentally.

And the robot which uses SMA for the actuator was made on an experimental basis. As a result, it was clarified that our simple structure and mechanism made it possible for the micro-robot to travel inside the pipe.

Keywords : Mechanism, In-pipe Mobile Robot, Volcanic Ash, Water Pipe, SMA

## 1 緒言

最近、極めて狭い空間で高度な作業を行うマイクロマシンの研究が目覚ましく発展してきた<sup>(1)</sup>。さらに、それらのマシンに使用されているアクチュエータに関する研究も同様である<sup>(2)</sup>。一方、上下水道管やガス管、各種プラントの配管等の損傷を早期に発見し、さらに保守修理を行うことは大変重要なことである。たとえば、配水管に火山灰が堆積すると通常の場合よりも管の腐食速度が増加する。しかし、これらは地中に埋めてあったり人の手の届かない場所にあるため、外部から検査や修理を行うことは困難である。そこで、管内を自由に移動できるマイクロロボットを用いて、管内部から検査や修理を行う研究が進められている<sup>(3)~(5)</sup>。これらの管内走行ロボットの問題点の一つとしてアクチュエータとその機構があげられる。特に、管内に土砂や火山灰が混入している場合は、単純な管壁伝達タイプでは走行に障害を生じるので、そのメカニズ

<sup>+</sup>技術室

<sup>++</sup>機械工学科

ムに工夫を要する。

本研究は、雨水等で土砂や火山灰が配水管内に堆積したものを除去するための管内走行ロボットの走行メカニズムについて検討するものであり、アクチュエータとして形状記憶合金(SMA)を用いて実際にロボットを試作した。

## 2 アクチュエータ

従来のアクチュエータは、精密な動作が可能であるが操作量が小さく操作量の増幅をはかる必要があり、さらに超磁歪素子や圧電素子など、高価な物がほとんどである。それに対し形状記憶合金(SMA)は、それ自体の動作量は通常の金属材料の弾性限界(バネ性の限界)の数十倍の大きさを持ち、圧電材料に比べて非常に大きな動作ひずみをもつ。

今回、形状記憶合金(SMA)はトキ・コーポレーション社 BMX15015 を用いた<sup>(6)</sup>。これは、線径φ0.15 mm、直径φ0.65 mmのコイルバネ形状になっている。室温で伸ばし電流を流す、または加熱することにより元の長さに縮む。操作量は元の長さの100~200%ほどであり、200~300mAの消費電流で0.29N(30gf)の

操作力が発生する。

### 3 形状記憶効果

金属を変形しても元の形状にもどる現象，すなわち形状記憶効果は，金属の相変態のマルテンサイト変態に深い関係がある。形状記憶合金は，温度を冷却していくとマルテンサイト変態がおき，高温のオーステナイト相（母相）から冷却して，ある温度（マルテンサイト変態開始温度； $M_s$  点）を通過するとマルテンサイト変態してオーステナイト相からマルテンサイト相に変化する。この変化は，肉眼では大きな形状変化は見られない。次に，このマルテンサイト相を加熱すると，ある温度（オーステナイト変態開始温度； $A_s$  点）から逆変態が始まり，マルテンサイト相からオーステナイト相に変化する。このマルテンサイト相は，オーステナイト相に比べて非常に柔らかいため変形がしやすく手で折り曲げることができる。

通常金属材料は，外から大きな力を加えて変形させると，金属原子が隣の原子との結合の手を切り離して次の原子と結合の手を結びながら変形していく。そのため，元の形状に戻そうと思っても結合の手がいったん切れてしまっているため，元の形状に戻ることはできない。一方，形状記憶合金は変形しやすいマルテンサイト相で変形すると，金属原子の結合の手を切り離さず他の原子と一緒に位置を少しずつずらしながら変形方向に変形するため，結合の手が切れていない。そのため，加熱してオーステナイト相に逆変態させると，結合の手が元の位置に戻ろうとして変形前の形状に戻ることができる。

### 4 試作 1 号機

#### 4.1 メカニズム

マイクロメカニズムとしては，作りやすさと信頼性の点から，できるかぎり単純な構造にするのが有利である<sup>(7)</sup>。図 1 は本研究で試作した管内走行ロボットの外観である。今回は小さく作り込むことよりも走行のメカニズムに重点を置いて実験を進めるため，試作したロボットは内径 50 mm のパイプ用の大きさを直線走行することを想定している。

図 2 にその構成を示す。ロボットの寸法は回転板を含まないで縦に 44 mm，横に 68.5 mm，厚みが最高 25 mm になっている。このロボットは回転板に取り付けられたレッグが管壁に接しており，回転板が回転することによって前方へ進む。回転板は一つの軸に 45° ずらして二つ取り付けており，図 2 ではボディの裏側にも同じものが取り付けてある。これにより，常に管壁に接している状態になる。また，回転板と同軸にラチェ

ットを設け，ストッパーにより回転方向が決められている。図 2 では上が時計回り，下が反時計回りになっている。アームはラチェットを回転させるものであり，板バネによって外側に広げられている。アシストバーはガイドに沿って往復運動を行う。リンクは回り待遇により連結され，動きはマジックハンドと同じ機構になっている。節と節をつないでいるのは直径 0.5 mm のピンで，材質はホッチキスの芯と同じ物である。形状記憶合金の伸縮によってリンクが可動する。ストッパーの取り付け角度やストッパー自身の材質および板厚の変化で回転力を調整する事が可能である。更に引きバネの強さや電流制御回路の採用でストロークや走行スピードの調整が可能となる。

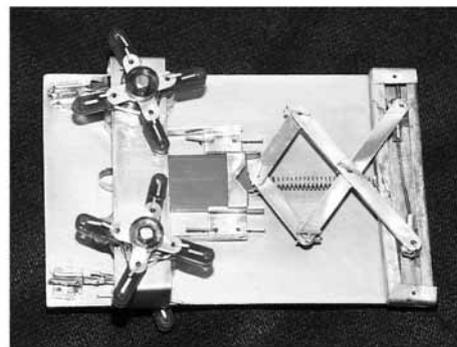


Fig. 1 ロボットの外観

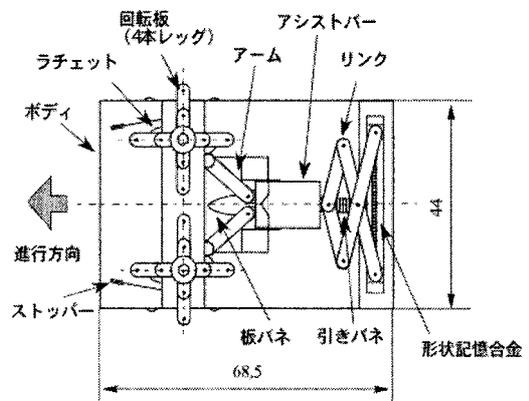


Fig. 2 ロボットの構成

#### 4.2 問題点

管内走行マイクロロボットの 1 号機を試作したが，アシストバーをストロークさせるリンクの伸縮率が低く，十分なストロークを得られないためにラチェット機構の動作がうまくいかず，安定した走行が得られなかった。また，現状では，管の内径の変化に対応できず，曲管，分岐点等を走行できないといった問題点がある。

### 5 試作 2 号機

#### 5.1 改良点

図3, 4, 5は1号機の問題点を解決すべく改良を加えた管内走行ロボット(試作2号機)の外観およびその構成である。ロボットの寸法はアームを含まないで縦に39mm, 横に100mm, 厚みが最高10mmになっている。このロボットは前部と後部に取り付けられたアームが管壁と接触, 非接触をタイミングよく行うメカニズムになっている。またボディをつなぐリンクも伸縮を繰り返して尺取り虫の様に移動する。形状記憶合金の伸縮のタイミングを制御することによって前進後退が可能である。アシストバーは往復直線運動を行うが, アームはボディに付けられた溝によって, 広がる様に動いて管壁と接触してロボットを固定させる。前部と後部のボディはスライド機構によって連結されている。またそれぞれにリンクの端と端があり, 形状記憶合金の伸縮によってリンクが可動すると前部と後部のボディの間隔が広がる仕組みになっている。リンクは回り待遇で連結されていて, 節と節をつないでいるのは直径0.5mmのピンで, 材質はホッチキスの芯と同じ物である。更に引きバネの強さやPWM回路の採用でストロークや走行スピードの調整が可能となる。

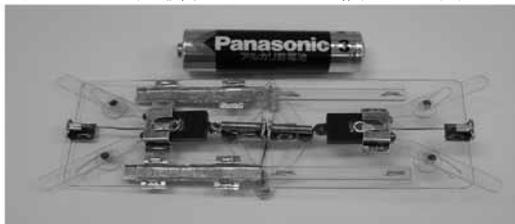


Fig. 3 ロボットの外観

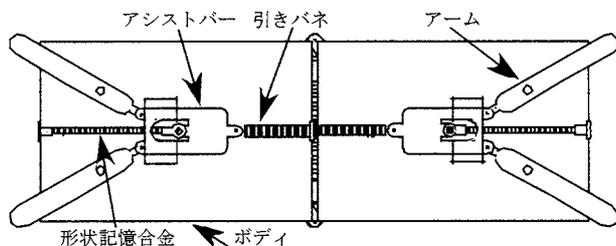


Fig. 4 ロボットの構成(表)

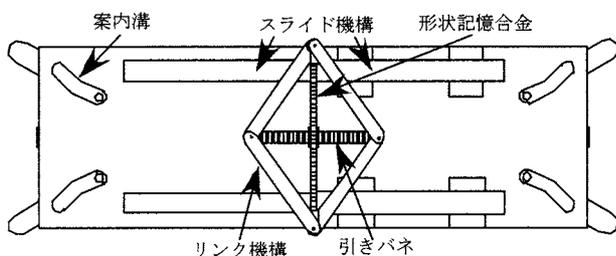


Fig. 5 ロボットの構成(裏)

## 5.2 動作テスト

ボディに取り付けた形状記憶合金は最長17mmである。引きバネなしの状態では10mmまで縮み, 操作量

は70%であった。引きバネを取り付けた状態では13mmまで縮み操作量は31%になった。つまりこれに伴うアームの広がりには39mmから52.5mmまでの13.5mmであり, この範囲の管の内径なら対応できると考えられる。リンク部に使用されている形状記憶合金は最長21mmで電流を流すと16mmまで縮み, 操作量はボディに取り付けられた形状記憶合金と同じで31%であった。この結果ロボットが一度に伸縮する量は7mmである。形状記憶合金に電流を流すと約0.7秒で縮み, 電流の供給を止めると約0.5秒で伸びる。図6に時間と走行距離との関係を示す。

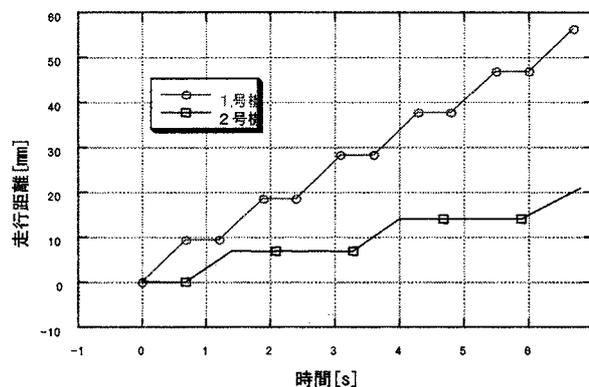


Fig. 6 時間と走行距離の関係

## 6 これまでの成果

形状記憶合金をアクチュエータに用いた管内走行ロボットを試作した。その結果, 単純な構造とメカニズムを用いることで走行が可能であることを示した。試作2号機では, 管の内径の変化に対応できるようになった。しかし, 速度制御に関して課題が残るため, メカニズムの再検討が必要である。

さらに, 今後の課題として, 曲管での走行, 無線による制御, ロボットのスケールの縮小化, 知能化を行う必要がある。

## 参考文献

1. 常味孝幸: マイクロマシン技術の研究開発-マイクロマシンセンターの取り組み-, 機械の研究, 46, 1(1994)65.
2. 高森年: ミリマシンのためのアクチュエータ技術, 精密工学会誌, 60, 3(1994)333.
3. 山口敏明他5名: 段差通過可能な「ねじ原理」移動作業マイクロロボットの研究, 精密工学会誌, 66, 4(2000)606.
4. 福田敏男 他1名: 超磁歪マイクロ移動ロボット, 精密工学会誌, 60, 12(1994)1703.
5. メカアイデア事典・PartIV, 日経BP社, (1993)188.

金岡優：機械加工現場診断シリーズ⑦，レーザ加工，日刊工業新聞社，5(1999).

6. 本間大：自己伸縮性を持った形状記憶合金とマイクロメカニズムへの応用，2002年度精密工学会秋季大会シンポジウム資料，(2002)62.
7. 林輝：微少走行機構，精密工学会誌 54,9(1988)1646

## 謝辞

本研究は，平成 15，16 年度校内研究助成金を受けて行われたことを記し，感謝申し上げます。

## 研 究 業 績

2005年4月1日～2006年3月31日  
 ゴシック 本校の発表者 \*印 講演発表者

### 校 長

氏 名	課 題	雑誌, 講演会, または発行所等
T. Nakajima Y. H. Xu Y. Mori M. Kishita H. Takanashi S. Maeda A. Ohki	Combined use of photocatalyst and adsorbent for the removal of inorganic arsenic(III) and organoarsenic compounds from aqueous media	Journal Hazard Materials B120 巻 pp.75~80 2005-04

### 機 械 工 学 科

氏 名	課 題	雑誌, 講演会, または発行所等
江崎秀司 馬場園直史*	急収縮流れ場における流動特性	化学工学会 第 37 回秋季大会 研究発表講演要旨集 岡山 2005-09
引地力男 あべ松伸二 大竹孝明 北菌裕一 檜根健史 鎌田清孝 玉利陽三 内田一平 大城清隆 藪田誠二 満富昭二 中間勝利 原田正和	リスクアセスメントとKYTを導入した学生の安全衛生の配慮—第 1 報, 工作実習への適用—	論文集「高専教育」 29号 pp.595~600 2006-03
引地力男* 新井実	共削り加工における加工面品位に関する研究	2006 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 千葉県野田市 pp.289~290 2006-03
Hideyuki Ikeda* Hirohisa Masumoto Kazumasa Nishio Toshitada Shimozaki	Formation of Voids in Diffusion Bonding of Copper Alloys to Nickel Metals	Materials Research Society 2005 MRS FALL MEETING PROGRAM AND EXHIBIT GUIDE Boston M.A. USA pp.320~320 2005-11
池田英幸* 益本広久 西尾一政 松田日出彦	炭素鋼の結晶粒度におよぼす熱サイクルの影響に関するモンテカルロシミュレーション	平成 17 年度合同学術講演大会講演概要集 福岡市 (九州大学工学部) pp.A1~A1 2005-06
益本広久* 西尾一政 松田日出彦 池田英幸 本田嗣男	タンゲステンとチタンとの拡散接合 (第 2 報)	溶接学会 溶接学会全国大会講演概要 福井 pp.344~345 2005-09
三角 利之	垂直スロット内を流れる自然対流の流動と伝熱	鹿児島工業高等専門学校研究報告 40 巻 pp.5~8 2005-08
三角 利之 重丸翔吾* 北村 健三 神谷 和憲	傾斜加熱平板に沿う対向流共存対流の流動と伝熱	日本機械学会 熱工学コンファレンス講演論文集 岐阜大学 pp.195~196 2005-11
持原稔 長野博和*	はばたき機の基礎研究 (つばさの試作)	日本機械学会 大分地方講演会講演論文集 大分市 pp.101~102 2005-10
南金山裕弘 迫田耕二* 持原稔	衝撃水圧を用いた深絞り加工の基礎研究	日本機械学会大分地方講演会講演論文集 大分市 pp.41~42 2005-10
中島正弘 田畑隆英	科学研究費成果報告書 (基盤研究 (C)) 「傾斜切断面をもつ回転円管から流出する噴流のウェーブレット多重	pp.1~142 2005-05

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
Masahiro NAKASHIMA Akira RINOSHIKA Takahide TABATA Masashi NISHIDA Tsutomu NOZAKI	Jet Flow Issuing from Circular Pipe with Fluttering Fins	Jets, Wakes and Separated Flows pp.215～220 2005-10
Takahide Tabata Satoshi Someya Masahiro Nakashima	JET FLOW ISSUING UPWARD WITH SUBSTANCE DIFFUSION	Jets, Wakes and Separated Flows pp.399～404 2005-10
中島正弘 李鹿輝 田畑隆英 西田雅 野崎勉	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流	可視化情報学会論文集 26巻 1号 pp.6～12 2006-01
Masahiro NAKASHIMA* Akira RINOSHIKA Takahide TABATA Tsutomu NOZAKI	JET FLOW ISSUING FROM CIRCULAR PIPE WITH FLUTTERING FINS	Proceedings of 16th International Symposium on Transport Phenomena プラハ(チェコ共和国) pp.1～6 2005-08
Masahiro NAKASHIMA* Akira RINOSHIKA Takahide TABATA Tsutomu NOZAKI	Jet Flow Issuing from Circular Pipe with Fluttering Fins	Proceedings of 6th International Symposium on Particle Image Velocimetry カリフォルニア工科大学(バサデナ市 アメリカ合衆国) pp.1～8 2005-09
Masahiro NAKASHIMA* Akira RINOSHIKA Takahide TABATA Tsutomu NOZAKI	Jet Flow Issuing from Circular Pipe with Fluttering Fins	Proceedings of International Conference on Jet, Wake and Separated Flow 三重県鳥羽市 pp.1～6 2005-10
Takahide TABATA* Satoshi SOMEYA Masahiro NAKASHIMA	JET FLOW ISSUING UPWARD WITH SUBSTANCE DIFFUSION	Proceedings of International Conference on Jet, Wake and Separated Flow 三重県鳥羽市 pp.1～6 2005-10
田畑隆英* 染矢聡 窪元勇太 吉田智 中島正弘 李鹿輝	物質拡散を伴う鉛直上向き噴流 ウェーブレット多重解像度解析による検討	可視化情報学会 第33回可視化情報シンポジウム講演論文集 東京都 工学院大学新宿校舎 pp.53～54 2005-07
中島正弘* 倉健太郎 李鹿輝 田畑隆英	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流	日本機械学会東北支部第41期秋季講演会講演論文集 山形大学工学部 pp.123～124 2005-09
中島正弘* 李鹿輝 田畑隆英	柔らかなフィンをもつ円管から流出する噴流の知的可視化	可視化情報学会全国大会講演会講演論文集 朱鷺メッセ(新潟市) pp.165～166 2005-11
中島正弘* 田畑隆英	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流(フィン長さが噴流拡散に及ぼす影響)	日本機械学会北陸・信越支部第43期総会・講演会講演論文集 No.067-1 信州大学工学部(長野市) pp.353～354 2006-03
椎保幸 野崎勉 福原稔 徳満智和	円筒型サイクロン分離器内の流動特性	粉体工学会 43巻 1号 pp.13～19 2006-01
椎保幸 黒瀬創一郎*	円筒型サイクロン内の粒子挙動に関する研究	日本機械学会九州支部・中国四国支部合同企画 大分地方講演会講演論文集 大分市 pp.187～188 2005-10
窪元勇太 吉田智 染矢聡* 田畑隆英 中島正弘	反応性流体の混合噴流における乱流発達不安定現象(第1報:現象の報告と流れ場の詳細測定結果)	日本機械学会東北支部第41期秋季講演会講演論文集 山形大学工学部(山形県米沢市) pp.127～128 2005-09
田畑隆英* 染矢聡 窪元勇太 吉田智 中島正弘 李鹿輝	ウェーブレット多重解像度解析による物質拡散を伴う鉛直上向き噴流の研究	日本機械学会東北支部第41期秋季講演会講演論文集 山形大学工学部(山形県米沢市) pp.129～130 2005-09

研究業績

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
窪元勇太* 吉田智 染矢聡 田畑隆英 中島正弘 李鹿輝	物質拡散を伴う鉛直上向噴流 (流れの可視化による検討)	日本機械学会中国四国支部合同企画大分地方講演会講演論文集 大分大学工学部 (大分市) pp.173~174 2005-10
吉田智* 窪元勇太 染矢聡 田畑隆英 中島正弘 李鹿輝	物質拡散を伴う鉛直上向噴流 (PIV解析による検討)	日本機械学会中国四国支部合同企画大分地方講演会講演論文集 大分大学工学部 (大分市) pp.175~176 2005-10
森山瞬* 中島正弘 田畑隆英	平行におかれた2円管から流出する脈動噴流	日本機械学会中国四国支部合同企画大分地方講演会講演論文集 大分大学工学部 (大分市) pp.169~170 2005-10
倉健太郎* 中島正弘 田畑隆英	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流	日本機械学会中国四国支部合同企画大分地方講演会講演論文集 大分大学工学部 (大分市) pp.171~172 2005-10
山本桂一郎 早川幸弘	アルカリ乾電池の機能性評価	品質工学会 13巻 2号 pp.83~90 2005-04
水谷淳之介 山本桂一郎 早川幸弘	教育・研究機関における品質工学の展開 2004	品質工学会 13巻 3号 pp.25~30 2005-06
山本 桂一郎	高速流動研磨法による微細形状面加工	富山商船高等専門学校研究集録 38巻 pp.23~30 2005-07
山本桂一郎* 水谷淳之介 早川幸弘 浜田真	品質工学導入教育教材の検討	第13回品質工学研究発表大会論文集 東京 pp.286~289 2005-06
山本 桂一郎*	高速流動研磨法による加工について	精密工学会 機能性流体による精密加工シンポジウム 富山 pp.15~20 2005-08

電気電子工学科

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
田中祀捷 小迫雅裕 布施則一 大木義路	Proposal of a Multi-core Model for Polymer Nanocomposite Dielectrics	IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 12巻 4号 pp.669~681 2005-08
Takahiro Imai Fumio Sawa Tamon Ozaki Toshio Shimizu Shin-ichi Kuge Masahiro Kozako Toshikatsu Tanaka	Effects of Epoxy/Filler Interface on Properties of Nano- or Micro-composites	電気学会論文誌 A 126巻 2号 pp.84~91 2006-02
小迫雅裕* 山野俊一 城戸亮一 大木義路 向當政典 岡部成光 田中祀捷	Preparation and Preliminary Characteristic Evaluation of Epoxy/Alumina Nanocomposites	Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials 北九州市 pp.231~234 2005-06
小迫雅裕* 城戸亮一 今井隆浩 尾崎多文 清水敏夫 田中祀捷	Surface Roughness Change of Epoxy/TiO <sub>2</sub> Nanocomposites due to Partial Discharges	Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials 北九州市 pp.661~664 2005-06
田中祀捷* 小迫雅裕 大木義路 向當政典 岡部成光	Various characteristics of epoxy/alumina nanocomposite processed in laboratory scale	Proceedings of 2005 International Conference on Electrical Engineering 中国 pp.447~480 2005-07

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
小迫雅裕* 大木義路 向富政典 岡部成光 田中祀捷	エポキシ/アルミナナノコンポジットにおける短時間発生電気トリーの観察	2005年電気学会A部門大会 講演論文集 日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館 pp.304～ 2005-08
田中祀捷* 小迫雅裕 布施則一 大木義路	ポリマー系ナノコンポジット誘電体における界面モデル	2005年電気学会A部門大会 講演論文集 日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館 pp.120～ 2005-08
今井隆浩* 澤史雄 尾崎多文 清水敏夫 久家真一 小迫雅裕 田中祀捷	エポキシ樹脂/粒子界面がナノコンポジットの絶縁特性に与える影響	2005年電気学会A部門大会 講演論文集 日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館 pp.119～ 2005-08
竹之内厚志* 中山勇貴 大塚信也 小迫雅裕 匹田政幸 田中祀捷	ナノシリカ添加シリコーンゴムの創製と撥水性評価	2005年電気学会A部門大会 講演論文集 日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館 pp.119～ 2005-08
河本敬子* 桑島史欣	黒色色素に対する高吸収率レーザーの検討	平成17年度 電気関係学会 四国支部連合大会 講演論文集 2005年9月28日(水) pp.222～222 2005-09
河本敬子* 桑島史欣 鎌田洋一 徳永昇太	黒色色素に対する高吸収率赤外レーザーの検討	平成18年電気学会全国大会 講演論文集 横浜国立大学 工学部講義棟 pp.12～12 2006-03
須田 隆夫* 上迫 誠一	AMFによる赤血球細胞膜の局所粘弾性測定	生体医工学 つくば市 pp.592～592 2005-04
須田 隆夫* 油田 心平	A FM位相像による赤血球細胞膜の膜蛋白質分布の観察	第53回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 No.3 東京都世田谷区 pp.1376～1376 2006-03

## 電子制御工学科

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
原田 治行	全電界成分分離非線形フィルタによる回折トモグラフィの再構成アルゴリズム	鹿児島工業高等専門学校研究報告 40巻 pp.9～12 2005-09
K. Yamazaki K. Kato K. Muramatsu A. Haga K. Kobayashi K. Kamata K. Fujiwara T. Yamaguchi	Incremental Permeability of Mu-Metal in Low Magnetic Fields for Design of Multi-Layer-Type Magnetically-Shielded Rooms	IEEE Transaction on Magnetics 41巻 10号 pp.4087～4089 2005-10
鎌田 清孝* 山崎 慶太 及川 昌平 鳥田 文彦 芳賀 昭 小林 宏一郎 村松 和弘 藤原 耕二	Incremental Permeability of Mu-Metal in Low Magnetic Fields for Design of Multi-Layer-Type Magnetically-Shielded Rooms	INTERMAG 2005 (International magnetics conference) 名古屋 2005-04
鎌田 清孝* 山崎 慶太 村松 和弘 芳賀 昭 小林 宏一郎	変動磁界に対する多層磁気シールドルームの最適設計手法	応用磁気学会 長野 pp.23～ 2005-09
軸屋 和幸* 鎌田 清孝 岸田 一也	自動車の移動に起因する磁気雑音の予測手法に関する研究	第13回 電子情報通信学会九州支部 学生会講演会 福岡 pp.16～ 2005-09

研究業績

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
鎌田 清孝* 原口 功誠 加藤 和夫 山崎 慶太 湯ノ口 万友	桜島火山活動に伴う電磁気現象の抽出	平成 17 年電気関係学会九州支部連合大会 福岡 2005-09
鳥田 文彦* 芳賀 昭 山崎 慶太 広里 成隆 鎌田 清孝 久慈 敦司 小林 宏一郎 小山 大介 小野木 和了 百束 泰俊	高精度な自動車の磁場変動の予測手法の検討 (その 1 零磁場空間での擾乱磁場分布測定)	平成 18 年度電気学会全国大会 横浜 pp.174~174 2006-03
鎌田 清孝* 山崎 慶太 広里 成隆 鳥田 文彦 芳賀 昭 百束 泰俊	高精度な自動車の磁場変動の予測手法の検討 (その 2 零磁場空間での測定結果による磁気双極子の推定)	平成 18 年度電気学会全国大会 横浜 pp.175~175 2006-03
河野 良弘	画像計測技術による小径エンドミルの挙動監視とインプロセス制御システムに関する研究 (学位論文)	自費出版 (国分新生社) pp.1~96 2006-03
河野良弘 左敦穂 里中忍 吉満真一 山下俊一	CCD 画像による小径エンドミルの挙動監視システム (第 2 方報)	精密工学会誌 72 巻 3 号 2006-03
河野良弘 吉満真一* 山下俊一 南晃	CCD 画像による小径エンドミルの挙動監視 (第 2 報)	2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 京都市 pp.1043~1044 2005-09
伊地知 淳* 宮田 千加良	M変換を用いたノイズ除去に関する研究	電子情報通信学会・九州支部・学生会 福岡工業大学 pp.109~109 2005-09
室屋光宏 西仁人*	表計算ソフトによる電動機駆動シミュレーションの応用	平成 17 年電気学会産業応用部門大会講演論文集 福井大学 pp.89~89 2005-08
K. Shimana* E. Kondo A. Matsuo K. Hagihara N. Kawagoishi Y. Kawano	Monitoring of Machining Error Caused by Deflection of Small Diameter End-Mill using Measured Cutting Forces	Proceedings of The 3rd International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century Nagoya, JAPAN pp.927~932 2005-10
Eiji KONDO* Yoshiaki YOSHIMOTO Kenji SHIMANA Kouichi HAGIHARA Norio KAWAGOISHI	Monitoring of Stability of Dynamic Cutting Process in End-Milling by Spectrum Analysis of Spindle Head Vibrations	Proceedings of the 11th Asia-Pacific Vibration Conference Langkawi, MALAYSIA pp.379~385 2005-11
近藤英二* 吉元義明 萩原孝一 島名賢児	主軸頭の振動測定による切削過程の動的安定性の監視・ウェーブレット解析による動的安定性の判別方法の検討	2005 年度精密工学会秋季大会 京都 pp.1055~1056 2005-09
島名賢児* 近藤英二 萩原孝一 河野良弘	小径エンドミルのたわみに起因する加工誤差の切削抵抗による監視・ボールエンドミル加工における加工誤差の発生機構に関する実験的検討	2006 年度精密工学会春季大会 千葉 pp.383~384 2006-03
新屋敷達郎* 坪井克剛	アクティブフィルタの各種補償電流指令値検出方式の特性比較	平成 17 年電気学会産業応用部門大会講演論文集 福井大学 pp.93~93 2005-08
植村眞一郎 中西賢二 上谷俊平 山下康平	型鍛造における形状転写機能向上をはかる段差空間による塑性流れ制御	塑性と加工 46 巻 532 号 pp.402~406 2005-05

2005年4月1日～2006年3月31日

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
河野 良弘 左 敦穂 里中 忍 吉満 真一 山下 俊一	CCD画像による小径エンドミルの挙動監視システム(第2報)	精密工学会誌 72巻 3号 pp.397~402 2006-03
河野 良弘 吉満 真一* 山下 俊一 南 晃	CCD画像による小径エンドミルの挙動監視一切削加工特性	精密工学会 2005年度秋季学術講演会 京都大学(京都府) pp.1043~1044 2005-09
吉満 真一* 河野 良弘 山下 俊一 南 晃	CCD画像による小径エンドミルのたわみ挙動監視とインプロセス制御	2005年度精密工学会九州支部鹿児島地方講演会 鹿児島工業高等専門学校(鹿児島県) pp.69~70 2005-11

情報工学科

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
堂込一秀* 芝浩二郎	鹿児島高専情報工学科のコンピュータシステム実験	高等専門学校教員研究集会 徳山 2005-08
元吉大介* 榎園 茂	ストローク特徴を用いた手書き文字認識	電子情報系高専フォーラム講演論文集 熊本電波工業高等専門学校 pp.87~90 2005-11
滝川 守国* 濱川 恭央 大重 源治	ヒト脳機能を情報処理的に眺める(X-2報)	九州神経精神学会 「九州神経精神医学」 鹿児島 2005-07
滝川 守国* 大重 源治 濱川 恭央	ヒト脳機能を情報処理的に眺める(X-3報)	九州神経精神学会 「九州神経精神医学」 鹿児島 2005-12
加治佐 清光	2のべき乗の量子化予測誤差によるニアリーロスレス画像符号化の試行	電子情報通信学会論文誌A Vol.J88-A 巻 No.6号 pp.793~799 2005-06
加治佐 清光	誤差拡散ディザ画像のブロック符号化	電子情報通信学会論文誌A Vol.J89-A 巻 No.1号 pp.67~73 2006-01
加治佐 清光	JPEG-LS ニアロスレス画像へのバイナリデータの埋め込み法	電子情報通信学会論文誌A Vol.J89-A 巻 No.1号 pp.74~79 2006-01
石田貴之* 加治佐清光	予測符号化における予測係数の最適化に関する報告	情報処理学会九州支部主催火の国情報シンポジウム 2006 論文集 熊本大学 pp.1~7 2006-03
後藤佳一郎* 加治佐清光	JPEG-LS ロスレス・ニアロスレス符号化(拡張版)の考察	情報処理学会九州支部主催火の国情報シンポジウム 2006 論文集 熊本大学 pp.1~7 2006-03
幸田 晃	パソコンで学ぶ言語聴覚士・高専学生のための音響・音声工学入門	斯文堂株式会社 pp.1~73 2005-10
大迫慶一* 幸田晃 宇佐川毅 江端正直	スペクトルサブトラクション係数の理論的導出	日本音響学会講演論文集 仙台 東北大学川内キャンパス pp.109~109 2005-09
芝浩二郎 西省吾 森邦彦	遺伝的アルゴリズムによる画像中の碁盤座標の精密な抽出と棋譜自動生成	情報知識学会誌 15巻 3号 pp.87~97 2005-09
Kojiro SHIBA* Shingo NISHI Kunihiko MORI	Accurate Extraction of Go-coordinates using Genetic Algorithm for Automatic Generation of Go-record	IEICE Proceedings of 2005 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications Bruges, Belgium pp.218~221 2005-10
芝浩二郎* 古屋保 西省吾 森邦彦	棋譜自動生成のための遺伝的アルゴリズムを用いた画像中の碁盤座標抽出	電気学会 電子・情報・システム部門大会講演論文集 北九州市 pp.879~883 2005-09
瀬島吉裕* 山本倫也 渡辺富夫 新徳健	身体的バーチャルコミュニケーションシステムにおける面の皮インタフェースの評価	ヒューマンインタフェース学会 慶應義塾大学 SFC(湘南藤沢キャンパス) pp.929~934 2005-09
新徳健* 渡辺富夫 山本倫也 瀬島吉裕	身体的バーチャルコミュニケーションシステムにおける面の皮インタフェースの自己参照効果	測自動制御学会 システムインテグレーション部門 熊本電波工業高等専門学校 pp.635~636 2005-12

研究業績

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
大東祐一* 玉利陽三 湯ノ口万友	新コイルを用いた磁気刺激における刺激部位の制御	電気関係学会九州支部連合大会講演論文集 福岡工業大学 pp.210~210 2005-09

土木工学科

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
M. Hikida M. Hirano H. Hashimoto T. Moriyama K. Aida K. Ishituka	International Conference on Hydrology of Mountain Environments	PAPIERFLIEGER, GERMANY pp.1~294 2005-08
橋口孝行 疋田誠	土石流の検知警報システムに関する研究	鹿児島工業高等専門学校研究報告 40巻 pp.31~40 2005-09
疋田誠 橋本晴行 小川滋 森山聡之	2005年9月垂水市で発生した台風14号による土石流災害について	自然災害研究協議会西部地区部会報・研究論文集 30巻 pp.53~56 2006-02
HIROKI TAKAOKA* HARUYUKI HASHIMOTO KICHAN PARK SHOICHIRO KIDO MAKOTO HIKIDA	SIMULATION OF THE MINAMATA DEBRIS FLOW IN 2003	XXXI IAHR CONGRESS Seoul, Korea pp.3144 ~ 3155 2005-09
MAKOTO HIKIDA* KICHAN PARK HARUYUKI HASHIMOTO	HISTORICAL FLOOD-CONTROL TECHNOLOGY AND FLOOD FLOW ANALYSIS IN THE KOTSUKI RIVER, JAPAN	XXXI IAHR CONGRESS Seoul, Korea pp.5111 ~ 5121 2005-09
城戸正一郎* 高岡広樹 橋本晴行 Park KICHAN 疋田誠	2003年7月水俣市集川で発生した土石流の氾濫シミュレーション	砂防学会研究発表会概要集 名古屋市 pp.128~129 2005-05
高岡広樹* 橋本晴行 城戸正一郎 疋田誠	2003年7月水俣市集川で発生した土石流の流動・氾濫シミュレーション	日本流体力学会年会 2005, 講演論文集 東京都 pp.243 ~ 2005-09
森山聡之* 疋田誠	水保における防災無線ネットの構築	土木学会年第60回次学術講演会講演概要集 早稲田大学 pp.431~432 2005-09
高岡広樹* 橋本晴行 疋田誠	2005年7月10日発生した大分県九重町の土石流災害について	日本自然災害学会学術講演会講演概要集 東北大学 pp.139~140 2005-11
田之頭昇* 新森寛司 疋田誠 橋本晴行 森山聡之	2005年9月垂水市で発生した台風14号による土石流災害について	土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.275~276 2006-03
森田圭亮* 山口朋洋 疋田誠 杉尾哲 内川龍男	2005年台風14号による耳川の異常豪雨と災害調査	土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.273~274 2006-03
平田登基男、宮廻甫充、山田誠、河原晶子、原口泉、他22名	鹿児島県史 第六巻 上 下	鹿児島県 pp.1~1965 2006-03
池田正利 中澤隆雄 鎌田政人 内谷保	桜島における土石流土砂をコンクリート用細骨材として用いるための基礎的研究	コンクリート工学年次論文集 27巻 pp.55~60 2005-06
池田正利 堀之内陽子*	流下土砂を用いたコンクリート・モルタルのアルカリシリカ反応抑制に関する検討	土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎県宮崎市 2006-03
前野祐二* 長山昭夫	石炭灰と都市ごみ焼却灰を主原料とした固化材の開発について	人工地盤材料の利用技術に関するシンポジウム発表論文集 pp.141~144 2005-10

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
前野祐二 川畑信一郎* 長山昭夫	遅延剤が焼却灰を主原料とした固化材に与える影響	土木学会西部支部発表会講演概要集 pp.941～942 2006-03
前野祐二 出口真進* 長山昭夫	廃プラスチックペレットの有効利用	平成 17 年度土木学会西部支部講演会発表概要集 宮崎市 pp.971～972 2006-03
佐藤研一 安福規之 前野祐二 内田直人 金丸淳司 古賀大三郎	「九州における廃棄物の人工地盤材料への利用技術」～リサイクル WG からの報告と提言～	人工地盤材料の利用技術に関するシンポジウム pp.9-22 2005-10
出口真進* 前野祐二 三原めぐみ 長山昭夫	シラスプラスチックコンクリートによるインターロッキングの開発	シラスプラスチックコンクリートによるインターロッキングの開発 宮崎市 pp.967・968 2006-03
前野祐二* 三原めぐみ 平田登基男 長山昭夫	焼却灰を主原料とした焼成をしない固化材の開発	廃棄物学会研究発表会概要集 仙台市 pp.789・792 2005-11
若松伸吾* 西留清 宮原清 寺床雄二 森大樹 佐藤ひとみ	セラミック水の利用	土木学会西部支部 宮崎大学 pp.91～91 2006-03
野本健太* 西留清 内田隆一 佐藤ひとみ 長谷川光行	多機能性立体格子状回転円板法による排水処理	日本水環境学会九州支部研究発表会講演要旨集 九州産業大学 pp.39～40 2006-03
寺床雄二* 西留清 森大樹 佐藤ひとみ 若松伸吾 徳峰行夫	セラミックの効用とその利用法	日本水環境学会九州支部研究発表会講演要旨集 九州産業大学 pp.41～42 2006-03
宮原清* 西留清 佐藤ひとみ 寺床雄二 鈴木正司 黒田芳明	安価なセラミックの製造とその効用	日本水環境学会九州支部研究発表会講演要旨集 九州産業大学 pp.43～44 2006-03
島添幸喜* 桐明高 荒牧憲隆 岡林巧	密詰めしらすの繰返しせん断特性に及ぼす粒度・拘束圧の影響	平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.399～400 2006-03
中馬貴弘* 岡林悦子 田中光徳 ミヨーキン 岡林巧	鹿児島湾奥河川の理化学的水質と水棲生物に関する基礎的研究	平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.1053～1054 2006-03
下園広喜* 岡林巧 大竹孝明 岡林悦子 蔵園有佑 福地茂穂	微生物を固定した軽石による排水処理技術の開発	平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.1105～1106 2006-03
現王園真二* 岡林巧 宮田俊哉 荒牧憲隆 兵動正幸	桜島火山灰の三軸せん断特性	平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.397～398 2006-03
桐明高* 島添幸喜 荒牧憲隆 岡林巧	粒度の異なるしらすの繰返しせん断強度に及ぼす相対密度の影響	平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎市 pp.401～402 2006-03

研究業績

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
堤 隆	環境・都市システム系教科書シリーズ 11 測量学 I	コロナ社 pp.1~182 2005-09
Shohei Kozono* Takashi Tsutsumi Yasuhide Hiraoka Ken-ichi Hirashima	Improvement of buried rosette gage for measurement strain due to autogeneous shrinkage of cement paste	Proceedings of the 3rd International Structural Engineering and Construction Conference Shunan, Japan pp.1103 ~ 1106 2005-09
Yasuhide Hiraoka* Takashi Tsutsumi Shohei Kozono Ken-ichi Hirashima	Measurement strain due to autogeneous shrinkage of cement paste	Proceedings of the 3rd International Structural Engineering and Construction Conference Shunan, Japan pp.1107 ~ 1110 2005-09
八重尾 直大* 内田 一平	基盤整備状況からみた市街化実態に関する研究－鹿児島県隼人町を対象として－	土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎大学 pp.737~738 2006-03
山内正仁 増田純雄 木原正人 山田真義 原田秀樹	焼酎蒸留粕を用いたエコポット量産化装置の開発とそのポットの特性に関する研究	土木学会論文集 No.804 巻 VII-37号 pp.83~92 2005-11
山内正仁 増田純雄 木原正人 米田真美 稲永醇二	The growth of mini tomatoes using eco-friendly pots in Eco-friendly pots produced from Shochu Lee, an Industrial Waste Product	Science Press USA pp.371~375 2005-12
山内正仁 今屋竜一 増田純雄 山田真義 木原正人 米山兼二郎 原田秀樹	甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用したきのこ栽培技術の開発に関する研究	土木学会環境工学研究論文集 Vol.42 巻 pp.545 ~ 553 2005-12
M. Yamada M. Yamauchi T. Suzuki A. Ohashi H. Harada	On-site treatment of high-strength alcohol distillery wastewater by a pilot-scale thermophilic multi-staged UASB (MS-UASB) reactor	Water Science and Technology Vol.53 巻 No.3号 pp.27~35 2006-02
Masayoshi YAMADA* Masahito YAMAUCHI Akiyoshi OHASHI Hideki HARADA	Super-High rate Anaerobic Treatment of Alcohol(Shochu) Distillery Wastewater by a Demonstration-scale of Thermophilic Multi-staged UASB Reactor	3rd.IWA Leading-Edge Conference and Exhibition on Water and Wastewater Treatment Technologies 札幌 2005-06
Masahito YAMAUCHI* Sumio MASUDA Masato KIHARA Shunji INANAGA Naoya CHYSYAKI	Analysis of nitrogen in eco pots made from shochu distillation lees	Plant nutrition for food security, human health and environmental protection Beijing, China 2005-09
M. Yamauchi* M.Yamada M.Kihara S.Masuda H.Harada	Study on the Development of Mushroom Cultivation Technology Using Dried Shochu Lees from Sweet Potato	Proceedings of the 6th International Symposium Green Energy Revolution Nagaoka,Japan pp.252~258 2006-01
M. Yoneda* M. Yamauchi M. Yamada M. Kihara S. Masuda H. Harada	Development of Recycled Pots Using Sweet Potato Shochu distillation Lees	Proceedings of the 6th International Symposium Green Energy Revolution Nagaoka,Japan pp.316 ~ 2006-01
M. Yamada* T. Katahira M. Yamauchi A. Ohashi H. Harada T. Suzuki	On-site Treatment of High-Strength Alcohol(Shochu) Distillery Wastewater by a Pilot-Scale Thermophilic Multi-Staged UASB(MS-UASB) Reactor	Proceedings of the 6th International Symposium Green Energy Revolution Nagaoka,Japan pp.299~ 2006-01

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
Akira Toyama* Masayoshi Yamada Daisuke Asahiro Kiich Kubota Masahito Yamauchi Hiroyuki Imachi Akiyoshi Ohashi Hideki Harada	Anaerobic treatment of alcohol(shochu) distillery wastewater by reversible flow anaerobic baffled reactor (RABA)	Proceedings of the 6th International Symposium Green Energy Revolution Nagaoka, Japan pp.291～2006-01
M. Yamauchi* S. Masuda M. Yamada M. Kihara M. Mihara M. Sakamoto H. Harada	Development of a Mushroom Cultivation Technology Using Food Industrial Waste	The Twenty-First International Conference on Solid Waste Technology and Management Philadelphia, PA U.S.A 2006-03
増田純雄* 山内正仁*	養豚排水の長期間曝気処理に関する一考察	第60回土木学会年次学術講演会講演概要集 東京 pp.189～190 2005-09
山内正仁* 今屋竜一 増田純雄 木原正人 山田真義 原田秀樹	甘藷焼酎粕乾燥固形物を用いたきのこ菌床の開発	第60回土木学会年次学術講演会講演概要集 東京 pp.339～340 2005-09
富岡春衣* 山内正仁 今屋竜一 木原正人 山田真義 増田純雄 原田秀樹	食品産業廃棄物(焼酎蒸留粕)を用いた食用キノコ栽培技術の開発	平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎大学(宮崎市) pp.977～978 2006-03
甲斐崇記* 柴田矩良 増田純雄 山内正仁	網目構造回転翼による都市下水の脱窒に関する研究	平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎大学(宮崎市) pp.1093～1094 2006-03
坪井望* 小牧義知 増田純雄 山内正仁	焼酎蒸留粕の模擬凝縮液を用いた生物学的脱窒に関する基礎的研究	平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎大学(宮崎市) pp.1095～1096 2006-03
朝弘大輔* 遠山明 山田真義 山内正仁 原田秀樹	可逆流嫌気性バフフルドリアクター(RABA)による焼酎蒸留粕水の連続処理特性	平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎大学(宮崎市) pp.1103～1104 2006-03
金子賢太* 高階卓哉 増田純雄 佐伯雄一 山内正仁	養豚排水の長期曝気処理に関する研究	平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 宮崎大学(宮崎市) pp.1117～1118 2006-03
片平智仁* 山田真義 山内正仁 大橋晶良 原田秀樹	焼酎蒸留粕実廃水を用いたパイロットスケール多段型高温(55℃)UASBリアクターによるアルカリ剤削減連続処理実験	第40回日本水環境学会年会 東北学院大学(仙台市) pp.340～2006-03

## 一般理系

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
伊藤 益生	On some EP operators	Nihonkai Math. J. 16巻 1号 pp.49～56 2005-09
Hiromasa Nozawa Hiroaki Misawa Shin Takahashi Akira Morioka Shoichi Okano Ravi Sood	Relationship between the Jovian magnetospheric plasma density and Io torus emission	Geophysical Research Letters 32巻 11号 pp.1～4 2005-06

研究業績

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
野澤宏大 山本博聖 巻田和男 Nelson Jorge Schuch Alberto Foppiano Ricardo Monreal Mac-Mahon	ブラジル・チリにおける太陽紫外線観測	拓殖大学理工学研究報告 9巻 3号 pp.25~28 2005-06
Shin Takahashi Hiroaki Misawa Hiromasa Nozawa Akira Morioka Shoichi Okano Ravi Sood	Dynamic features of Io's extended sodium distributions	Icarus 178巻 2号 pp.346~359 2005-11
Hiromasa Nozawa Ichiro Yoshikawa Shingo Kameda Hiroaki Misawa Shoichi Okano Makoto Taguchi Atsushi Yamazaki Yasumasa Kasaba Oleg Korablev	Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager (MSASI)	宇宙航空研究開発機構研究開発報告 RR-05巻 007E号 pp.1~52 2005-11
Shingo Kameda* Masato Kagitani Hiromasa Nozawa Ichiro Yoshikawa Hiroaki Misawa Shoichi Okano Masato Nakamura	Ground-based observation of sodium in Mercury's exosphere	AOGS 2nd Annual Meeting Singapore 2005-06
Hiromasa Nozawa* Hiroaki Misawa Fumimaru Nakagawa Shin Takahashi Akira Morioka Shoichi Okano Ravi Sood	Implication for the solar wind effect on the Io plasma torus	Magnetospheres of the Outer Planets 2005 Leicester, UK pp.69~69 2005-08
Hiromasa Nozawa* Hiroaki Misawa Shin Takahashi Akira Morioka Shoichi Okano Ravi Sood	Relationship between Jovian magnetospheric plasma density and Io torus emissions	Magnetospheres of the Outer Planets 2005 Leicester, UK pp.36~36 2005-08
Hiromasa Nozawa* Hiromasa Yamamoto Kazuo Makita Nelson Jorge Schuch Damaris Kirsch Pinheiro Samara Carbone Alberto Foppiano Ricardo Monreal Mac-Mahon	Ground-based observations of solar UV radiation at Tokyo, Brazil and Chile	9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society Salvador, Brazil pp.1~4 2005-09
Caroline Bertagnolli* Rafael Peres Samara Carbone Robinson L. Manfro Damaris K. Pinheiro Augusta A. M. P. Schuch Hiromasa Nozawa Hiromasa Yamamoto Nelson J. Schuch	Ozone Total Column calculation model using data from the UV Spectroradiometer and the UV Radiometers at Southern Space Observatory	9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society Salvador, Brazil 2005-09
Kentaro Hikosaka* Ichiro Yoshikawa Atsushi Yamazaki Hiromasa Nozawa Shingo Kameda Kazuo Yoshioka	Mercury's Exosphere explored by BepiColombo mission	American Geophysical Union, Fall Meeting 2005 San Francisco, USA 2005-12

2005年4月1日～2006年3月31日

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
Kazuo Yoshioka* Ichiro Yoshikawa Atsushi Yamazaki Hiromasa Nozawa Tetsunori Murachi Kentaro Hikosaka	Development of VUV detectors for BepiColombo mission	American Geophysical Union, Fall Meeting 2005 San Francisco, USA 2005-12
野澤宏大* 亀田真吾 吉川一朗 笠羽康正 岡野章一 三澤浩昭 田口真	Development of Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager (MSASI)	地球惑星科学関連学会合同学会 2005 幕張メッセ国際会議場(千葉市) 2005-05
亀田真吾* 鍵谷将人 野澤宏大 吉川一朗 三澤浩昭 岡野章一 中村正人	水星外圏ナトリウムの観測	地球惑星科学関連学会合同学会 2005 幕張メッセ国際会議場(千葉市) 2005-05
彦坂健太郎* 吉岡和夫 吉川一朗 亀田真吾 野澤宏大 山崎敦	水星大気生成メカニズムに関する研究	第118回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 京都大学(京都市) 2005-09
吉岡和夫* 彦坂健太郎 吉川一朗 山崎敦 野澤宏大 村地哲徳	惑星大気光観測に用いる検出器(MCP)に関する研究 ---真空紫外光に感度を持つ光電物質に関する研究---	第118回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 京都大学(京都市) 2005-09
野澤宏大* 亀田真吾 吉川一朗 笠羽康正 岡野章一 三澤浩昭 田口真 中村正人	Current status of Mercury Sodium Atmosphere Spectral imager (MSASI) onboard BepColombo/MMO	第118回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 京都大学(京都市) 2005-09
吉川一朗* 岡野章一 野澤宏大 彦坂健太郎 吉岡和夫 山崎敦	BepiColombo 計画による水星外圏の光学観測,	第118回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 京都大学(京都市) 2005-09
亀田真吾* 鍵谷将人 野澤宏大 吉川一朗 三澤浩昭 岡野章一	水星外圏ナトリウムの緯度分布と太陽水星距離	第118回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 京都大学(京都市) 2005-10
長松翔太郎* 猿渡康允 森重勇雄 通坂栄一 平田誠 羽野忠 大竹孝明	乳化液膜法を用いたケイ酸塩壁中空粒子の形成機構の解明	第42回化学関連支部合同九州大会講演予稿集 福岡県北九州市 pp.17~17 2005-07
中島佑子* 猿渡康允 森重勇雄 通坂栄一 平田誠 羽野忠 大竹孝明	エマルションを用いたケイ酸塩壁中空粒子調製条件の検討	第42回化学関連支部合同九州大会講演予稿集 福岡県北九州市 pp.16~16 2005-07

研究業績

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
猿渡康允* 秋山奈月 森重勇雄 通 平田誠 羽野忠 大竹孝明	乳化液化を利用した酸化チタン包括 包括球状粒子の調製	第42回化学関連支部合同九州大会講演予稿集 福岡県北九州市 pp.18~18 2005-07
白坂 繁*	台形の中の不等式	日本 長野市 2005-08

一般文系

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
保坂 直之	トラークルの連作詩『夢のなかのセ バステイアン』(2)	高専ドイツ語教育 8号 pp.15~26 2006-03
松田 忠大	公海上における船舶衝突責任の準拠 法と民事裁判管轄権の制限(1)	海事法研究会誌 190号 pp.33~42 2006-02
坂元 真理子	高専生の与格交替の文法性判断と処 理速度に関する研究	高専教育 29号 pp.201~206 2006-03
あべ松伸二 塚崎香織 坂元真理子	高専生の英語学習動機に関する実証 的研究	九州英語教育学会紀要 33号 pp.1~9 2005-07
塚崎 香織	実践的コミュニケーション能力を伸 ばす指導と英文法指導	九州英語教育学会紀要 33号 pp.85~87 2005-07
塚崎 香織	英語教育と多読指導雑感	ことばの楽しみ—東西の文化を越えて pp.380~384 2006-03
塚崎 香織	英語教育における多読指導の実験的 研究	九州大学 pp.1~163 2006-03
塚崎 香織*	学習者に応じた多読指導	全国英語教育学会札幌研究大会 北海道教育大学札幌校 2005-08

技術室

氏名	課題	雑誌, 講演会, または発行所等
原田正和 引地力男	非鉄金属の切削加工におけるバリの 生成に関する研究	鹿児島工業高等専門学校研究報告 40号 pp.49~52 2005-08
引地力男 あべ松伸二 大竹孝明 北菌裕一 樫根健史 鎌田清孝 玉利陽三 内田一平 大城清隆 藪田誠二 満富昭二 中間勝利 原田正和	リスクアセスメントとKYTを導入 した学生の安全衛生の配慮(第1報, 工作実習への適用)	高専教育 29号 pp.595~600 2006-03
原田正和* 引地力男	共削り穴加工における切削挙動と加 工面品位に関する研究	2005年度精密工学会九州支部鹿児島地方講演会 鹿児島工業高 等専門学校 pp.77~78 2005-11
山田孝行 池田英幸	デジタル顕微鏡導入による工学実験 の教育改善	鹿児島工業高等専門学校研究報告 40号 pp.57~59 2005-08

研究・知財委員会委員

委員長

大竹孝明 一般教育科

委員

山下登	一般教育科
持原稔	機械工学科
中村格	電気電子工学科
宮田千加良	電子制御工学科
山田一二	情報工学科
堤隆	土木工学科
磯田信一	総務課長
二石章	総務課長補佐（総務担当）
川崎勇二	総務課長補佐（財務担当）

鹿児島工業高等専門学校研究報告 第41号

平成18年(2006)8月31日印刷

平成18年(2006)8月31日発行

発行人

前田 滋

発行所

鹿児島工業高等専門学校

Kagoshima National College of Technology

〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝 1460 番 1

1460-1 Shinko, Hayato-cho, Kirishima-shi

Kagoshima-ken 899-5193 Japan