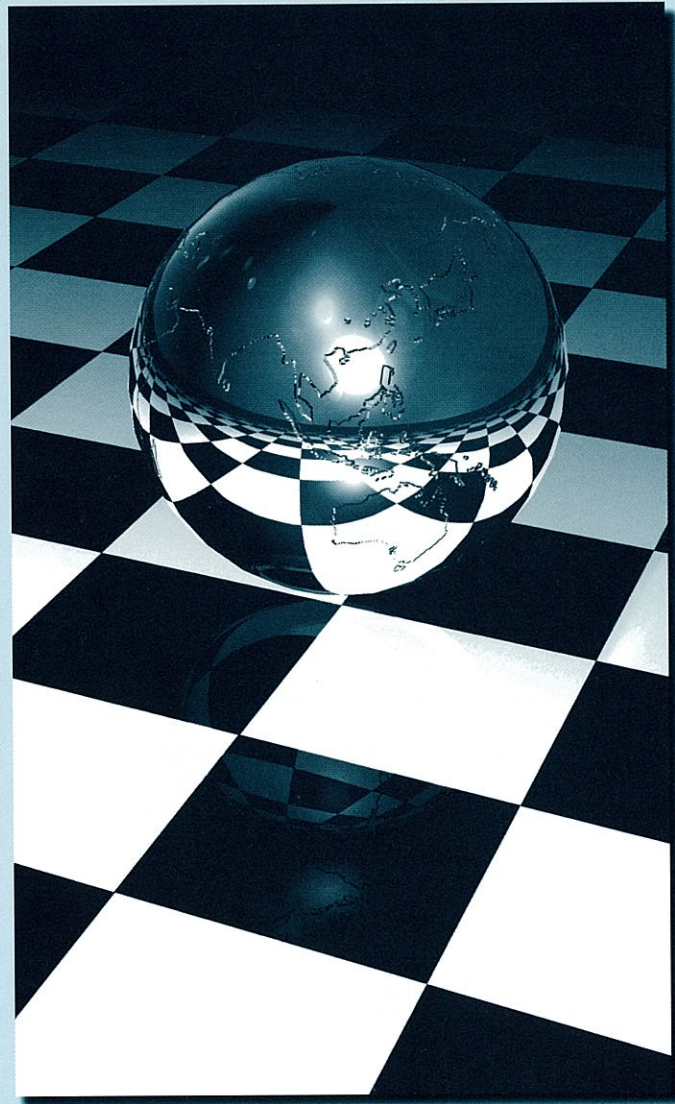


# 久留米工業高等専門学校紀要

第22卷 第1号

平成18年9月



**Memoirs of  
Kurume National College of Technology**

**Vol.22 No.1 September 2006**

久留米工業高等専門学校

# 久留米工業高等専門学校

## 紀 要

第22巻 第1号  
(平成 18 年 9 月)

### 目 次

反射鏡および方位角切替による傾斜ウイック型太陽熱蒸留器 の性能向上 .....	{ 田 中 大 ... 1 中 武 靖 仁
細胞イメージングのためのレーザースパックル顕微鏡の開発 .....	平 川 靖 之 ... 9
多軸駆動電動射出成形機の圧力制御での位置同期制御用SFC プログラム .....	赤 坂 則 之 ... 17
雑草及び剪定枝を用いた堆肥中のセルロース分解菌の研究 .....	{ 中 嘉 裕 之 石 橋 直 樹 ... 27 橋 本 佳 奈 尋 野 崎 千 尋
低速型媒体攪拌ミルの開発 (第1報) — 二次元装置によるメディアの挙動と粉碎特性 — .....	{ 権 藤 豊 彦 ... 33 藤 道 治
一向一揆の心性と本願寺蓮如 (二) .....	松 尾 一 ... 41
3D-CAD/CAM によるマイクロプロペラ形風車ブレードの 設計・製作 (第1報; ラボスケールブレードの設計製図) .....	{ 中 武 靖 仁 福 田 幸 一 ... 47 田 中 大 内 尾 晃 太 長 浜 翔
位相空間のなす圏上の連続関手の拡張に関する研究報告 .....	酒 井 道 宏 ... 53
学位論文 .....	櫻 木 功 ... 57
平成17年度中に発表した論文・著書等及び講演題目 .....	59
平成17年度卒業研究題目及び専攻科研究論文題目 .....	78
久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規 .....	83

## 一般論文

## 反射鏡および方位角切替による傾斜ウィック型太陽熱蒸留器の性能向上

田中 大, 中武 靖仁

## Improvement of a tilted-wick solar still by using a flat plate reflector and changing its azimuth angle

Hiroshi TANAKA and Yasuhito NAKATAKE

This paper presents a numerical analysis to investigate the effect of a flat plate reflector and azimuth angle changing on the distillate productivity of a tilted-wick solar still. The numerical analysis includes the mathematical model to calculate the solar radiation absorbed on the wick and also heat and mass transfer in the still. We found that the daily productivity of the still can be increased about 40% by using the flat plate reflector and azimuth angle changing once a day compared with a conventional fixed tilted-wick still.

## 1. 緒言

発展途上国においては、非衛生的な水の摂取が原因となる健康被害が深刻な問題であり、その解決は緊急の課題である。太陽熱によって海水（あるいは汚水等）を蒸発させ、発生した水蒸気を凝縮させることによって淡水を得る太陽熱蒸留器は、構造が比較的単純であり、かつ、地域的な偏在の少ない太陽エネルギーのみを用いる造水手段であり、古くから研究が行われてきた。

太陽熱蒸留器は、蒸留器内部で蒸発・凝縮の過程を1回だけ行う単効用型と、複数回繰り返す多重効用型に大別できる。単効用型は、多重効用型と比較して造水性能が数分の1と低いが、その構造は単純であり、技術水準の低い小規模な集落などに適した蒸留器である。代表的な単効用型蒸留器は、図1に示す(a) Basin型蒸留器と(b) 傾斜ウィック型蒸留器である。Basin型蒸留器は、海水の入った水盤およびカバーガラスから成り、傾斜ウィック型蒸留器は、水盤の代わりに保水性の高い布（ウィック）を用いる。両者ともに、海水を太陽熱により加熱・蒸発させ、発生した水蒸気をカバーガラス下面で凝縮させることにより蒸留水を得る構造をしている。傾斜ウィック型蒸留器には、蒸発用ウィックに一定量の海水を連続的に供給するための、付加的な装置が必要にな

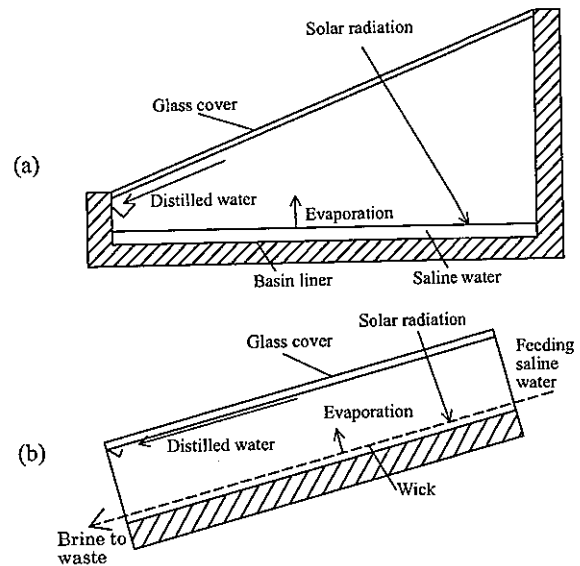


Fig. 1 Schematic diagram of (a) a basin type and (b) a tilted-wick type solar stills

るといふ欠点がある。しかし、Basin型蒸留器の場合、太陽光吸収面（水盤）が水平に限定されるのに対し、傾斜ウィック型蒸留器の場合は、蒸留器が設置される場所および季節に合わせて太陽光吸収面（蒸発用ウィック）の角度を変化させ、日射吸収量を増加させることができるという長所がある。

傾斜ウィック型蒸留器の性能向上のために、これまでに多くの研究がなされてきた。Tanakaら<sup>1)</sup> およびYehら<sup>2)</sup> は、蒸留器の蒸留性能に影響をおよぼす要因、すなわち、日射量、周囲空気温度、風速、断熱材の厚さ、蒸留器の傾斜角および海水供給量などについて詳細な検討を行っている。Shuklaら<sup>3)</sup> は、

片屋根式および両屋根式の傾斜ウィック型蒸留器を用いて屋外実験を行い、片屋根式は冬季において、両屋根式は夏季において日射光の反射損失が減少するため、蒸留性能が高くなると報告している。Sodhaら<sup>4)</sup>は、異なる長さのウィックを複数枚重ねたものを蒸発面とする傾斜ウィック型蒸留器を考案している。彼らは、複数枚のウィックの使用により、日射量の大きい時間帯においてウィックに乾き面が生じにくくなると指摘しているが、ウィック素材として浸透性および保水性の高い材料を選定すれば、1枚のウィックでも十分乾き面を防止することが可能であると考えられる。Tiwariら<sup>5)</sup>は、二つの凝縮面を有する二重凝縮面蒸留器を考案している。彼らの蒸留器は、蒸発用ウィックの下方に狭い空気層を介してトタン板を設けた構造をしている。水蒸気はカバーガラス下面に加えて下方のトタン板上面でも凝縮することができるため、従来の傾斜ウィック型蒸留器よりも約20%蒸留性能が向上したと報告している。

一方、傾斜平面上の日射量を増加させるための太陽追尾方式の研究が古くからなされているが、Baltasら<sup>6)</sup>および田中ら<sup>7)</sup>は、システムが複雑となる完全追尾システムの代わりに、1日1回だけ傾斜面の向き（方位角）を切替える簡易追尾システムの研究を行っており、1日1回の方位角切替によって傾斜面上の1日の総日射量は大きく増加し、完全追尾システムの場合の傾斜面上日射量と比較しても95%程度となり、1日1回の方位角切替の効果が非常に大きいことを指摘している。

著者らは近年、平板反射鏡を用いた鉛直平行平板構造の多重効用型蒸留器を考案し、その蒸留性能を理論解析<sup>8)9)</sup>および屋外実験<sup>10)</sup>によって詳細に検証してきた。その結果、鉛直蒸留器の場合も、平板反射鏡を用い、かつ、蒸留器の方位角を1日1回切替えることにより、蒸留量が著しく増加することを明らかにした。

さらに著者らは、単効用型蒸留器であるBasin型蒸留器を南向きに固定した場合について、平板反射鏡を用いることにより、蒸留量が年間平均26%増加することを数値シミュレーション計算により明らかにした<sup>11)</sup>。

傾斜ウィック型蒸留器においても、平板反射鏡を用い、かつ、その方位角を1日1回切替えることにより、蒸留性能が大幅に増加することが予測されるが、

南向きに固定した蒸留器に平板反射鏡を用いた場合の屋外実験結果が数例報告されているだけであり<sup>12)</sup>、詳細な検討はなされていない。平板反射鏡は比較的安価であり、さらに1日1回だけの蒸留器の方位角切替は、自動追尾システムを用いることなく手動で容易に実現できるため、傾斜ウィック型蒸留器を小規模集落などにおいて使用する場合には有効な改良手段になりうると考えられる。そこで本研究では、傾斜ウィック型蒸留器の方位角を1日1回だけ切替える場合について、数値シミュレーション計算によって、北緯30°における季節毎の蒸留器の最適傾斜角および最適方位角を算出するとともに、最適運転条件下における蒸留量と蒸留器を1年中固定した場合の蒸留量を比較・検討することを目的とする。

## 2. 平板反射鏡を用いた傾斜ウィック型蒸留器の日射吸収量

本蒸留器の概略を図2に示す。本蒸留器は、カバーガラス、蒸発用ウィックおよび鉛直に設置された平板反射鏡から構成される。直達光、散乱光および反射鏡からの反射光がカバーガラスを透過してウィックで吸収され、この太陽熱により海水が加熱・蒸発し、カバーガラスで凝縮することにより淡水として回収される。

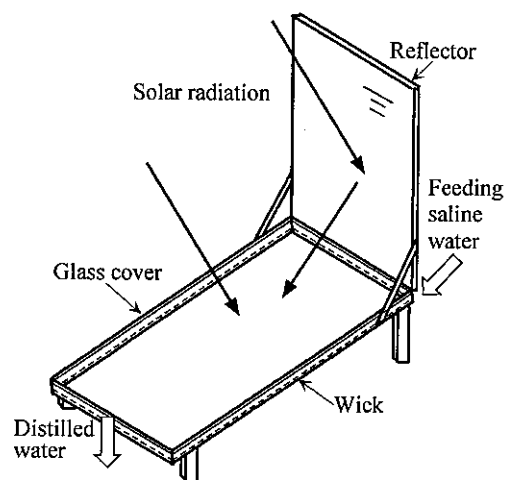


Fig. 2 Schematic diagram of tilted wick still with vertical flat plate external reflector

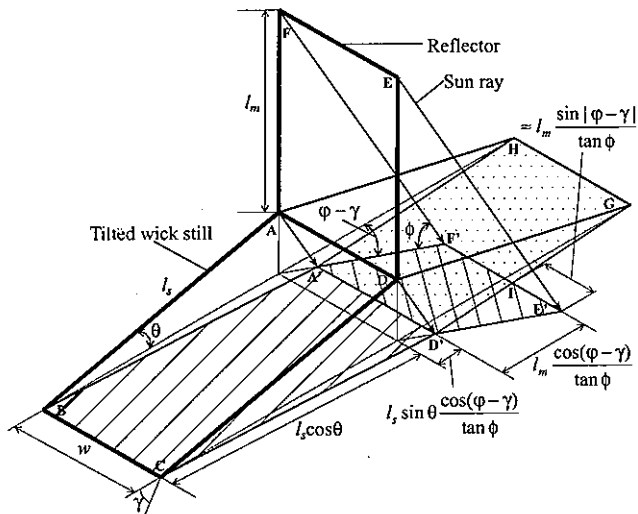


Fig. 3 Shadows of the still and reflector on a horizontal surface

直達日射によって生じる蒸留器および反射鏡の水平面上への影の様子を図3に示す。なお、蒸留器の厚さ(10mm)は、蒸留器の長さおよび幅(1m)に比べて十分に小さく、側壁の影響は無視でき、カバーガラスと蒸発用ウィックの水平面上への投影は一致すると仮定した。 $l_s$ および $l_m$ はそれぞれ、蒸留器および反射鏡の長さであり、 $w$ は蒸留器および反射鏡の幅である。 $\theta$ および $\gamma$ は蒸留器の傾斜角および方位角であり、 $\phi$ および $\varphi$ は太陽高度および太陽の方位角である。ウィックにおける直達日射吸収量 $Q_{sun,dr}$ は、水平面直達日射量 $G_{dr}$ 、水平面への蒸留器の投影面積( $A'BCD'$ )、カバーガラスの透過率 $\tau_g(\beta)$ およびウィックの日射吸収率 $\alpha_w$ の積で求めることができ、次式で表される。

$$Q_{sun,dr} = G_{dr} \tau_g(\beta) \alpha_w \times w l_s (\cos \theta + \sin \theta \cos(\varphi - \gamma) / \tan \phi) \quad (1)$$

ここで、 $\beta$ は直達日射光のカバーガラスに対する入射角である。

反射鏡(ADEF)の水平面への投影は $A'D'E'F'$ であり、面ADGHは蒸留器の反射鏡に対する鏡像面である。ウィックにおける反射鏡からの反射日射吸収量 $Q_{sun,re}$ は、この鏡像面および反射鏡の水平面への投影の重なった部分すなわち $A'D'IF'$ の面積、水平面直達日射量、反射鏡の反射率 $\rho_m$ 、カバーガラスの透過率およびウィックの吸収率の積で与えられ、次式で表される。

$$Q_{sun,re} = G_{dr} \tau_g(\beta) \rho_m \alpha_w \times l_m \frac{\cos(\varphi - \gamma)}{\tan \phi} \left( w - \frac{1}{2} l_m \frac{\sin|\varphi - \gamma|}{\tan \phi} \right) \quad (2)$$

式(1)および(2)中の直達日射光のカバーガラスに対する入射角 $\beta$ は、それぞれ以下の式で表すことができる。

$$\text{式(1): } \cos \beta = \sin \phi \cos \theta + \cos \phi \sin \theta \cos(\varphi - \gamma) \quad (3)$$

$$\text{式(2): } \cos \beta = \sin \phi \cos \theta - \cos \phi \sin \theta \cos(\varphi - \gamma) \quad (4)$$

散乱日射光が天空の全ての角度において一様な強度を持つと仮定すると、ウィックにおける散乱日射吸収量 $Q_{sun,df}$ は以下の式で表される。

$$Q_{sun,df} = G_{df} (\tau_g)_{df} \alpha_w \times w l_s \quad (5)$$

$$(\tau_g)_{df} = -2.03 \times 10^{-5} \theta^2 - 2.05 \times 10^{-3} \theta + 0.667, \theta[^\circ] \quad (6)$$

ここで、 $G_{df}$ は水平面散乱日射量であり、 $(\tau_g)_{df}$ は天空の全ての角度からの散乱日射に対するカバーガラスの透過率を計算することにより求めた。

### 3. 蒸留器内の熱・物質移動

蒸留器内の熱・物質移動の様子を図4に示す。本数値シミュレーション計算における主な仮定は以下の通りである。

- (1) 蒸発用ウィックとカバーガラスの間隔は十分狭く(10mm)、対流は生じず、かつ、側壁の影響は無視できる。
- (2) ウィックへの供給水温度は周囲空気温度に等しい。

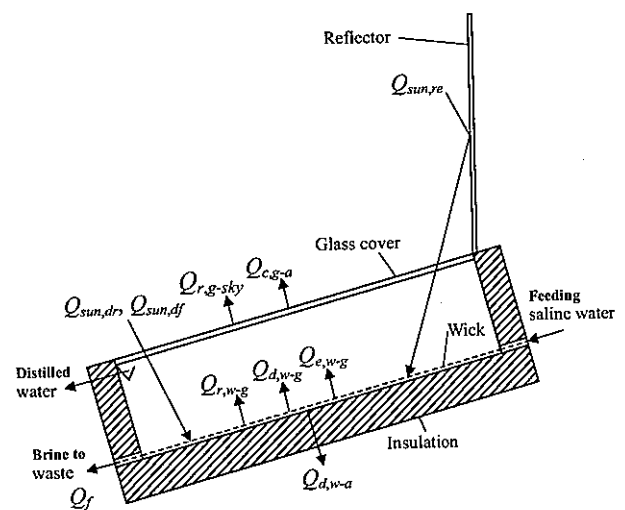


Fig. 4 Heat and mass transfer in the still

ウィック( $w$ )で吸収された太陽熱( $Q_{sun,w}$ )の一部は、底部の断熱材を通過して周囲空気( $a$ )へ放出される( $Q_{d,w-a}$ )とともに、ウィックに供給された海水を加熱するための顕熱( $Q_f$ )として利用され、残りの熱が放

射 ( $Q_r$ )、伝導 ( $Q_d$ ) および蒸発・凝縮 ( $Q_e$ ) によってカバーガラス ( $g$ ) へ移動する。カバーガラスは太陽光の一部を吸収し ( $Q_{sun,g}$ )、カバーガラスと周囲空気との間に放射および対流 ( $Q_c$ ) による熱移動が生じる。したがって、ウィックおよびカバーガラスに関する熱収支は以下の式で表すことができる。

$$Q_{sun,w} = Q_{d,w-a} + Q_f + (Q_r + Q_d + Q_e)_{w-g} + (mc_p)_w dT_w/dt \quad (7)$$

$$Q_{sun,g} + (Q_r + Q_d + Q_e)_{w-g} = (Q_r + Q_c)_{g-a} + (mc_p)_g dT_g/dt \quad (8)$$

なお、本計算においては熱容量の影響も考慮しており、 $mc_p$  は熱容量、 $T$  は温度、 $t$  は時間である。式(7)および(8)中の  $Q_{sun,w}$  および  $Q_{sun,g}$  は、以下の式で与えられる。

$$Q_{sun,w} = Q_{sun,dr} + Q_{sun,re} + Q_{sun,df} \quad (9)$$

$$Q_{sun,g} = \frac{\alpha_g}{\alpha_w} \{ (Q_{sun,dr} + Q_{sun,re}) / (\tau_g(\beta)) + Q_{sun,df} / (\tau_g(\beta)) \} \quad (10)$$

ただし、反射鏡を用いない場合は、式(9)および(10)中の  $Q_{sun,re}$  は 0 となる。なお、式(7)および(8)中の熱移動量の詳細は既報<sup>13)</sup> に記述されている。

初期条件として、日の出前のカバーガラスおよび蒸発用ウィックの温度に周囲空気温度を与え、式(1)から式(10)および関連する式を解くことにより、ウィックにおける日射吸収量、ウィックおよびカバーガラスの温度および蒸留量を計算した。本数値シミュレーション計算における蒸留器の寸法、操作および気象条件を表1に示す。

表1 計算条件

$w = l_s = 1\text{m}$ , $l_m = 0.5\text{m}$ , $\alpha_w = 0.9$ , $\rho_m = 0.85$ $\tau_g(\beta) = 0.719\cos^4\beta - 0.32\cos^3\beta - 2.163\cos^2\beta + 2.642\cos\beta^{13}$ ・ウィックとカバーガラスの間隔: 10mm ・ $T_a = 25, 33, 30, 20^\circ\text{C}$ (春分、夏至、秋分、冬至) ・ $G_{dr}$ , $G_{df}$ : 北緯 $30^\circ$ および太陽定数 $1370\text{W/m}^2$ を用いて、それぞれBouguerおよびBerlageの式より算出 <sup>14)</sup> ・ウィックへの海水供給量: ウィックの日射吸収量が南中時の水平面全天日射量に等しいと仮定した場合の定常状態におけるウィックからの蒸発量の2倍
--

#### 4. 計算結果および考察

反射鏡を用いない蒸留器 (以後、反射鏡無蒸留器と呼ぶ) および反射鏡を用いた蒸留器 (以後、反射鏡付蒸留器と呼ぶ) について、太陽の南中時に蒸留器の方位角を切替えた場合の、春分の日における水平面全天日射量 (Global) および蒸留器からの蒸留量の経時変化をそれぞれ図5(a)および(b)に示す。なお、

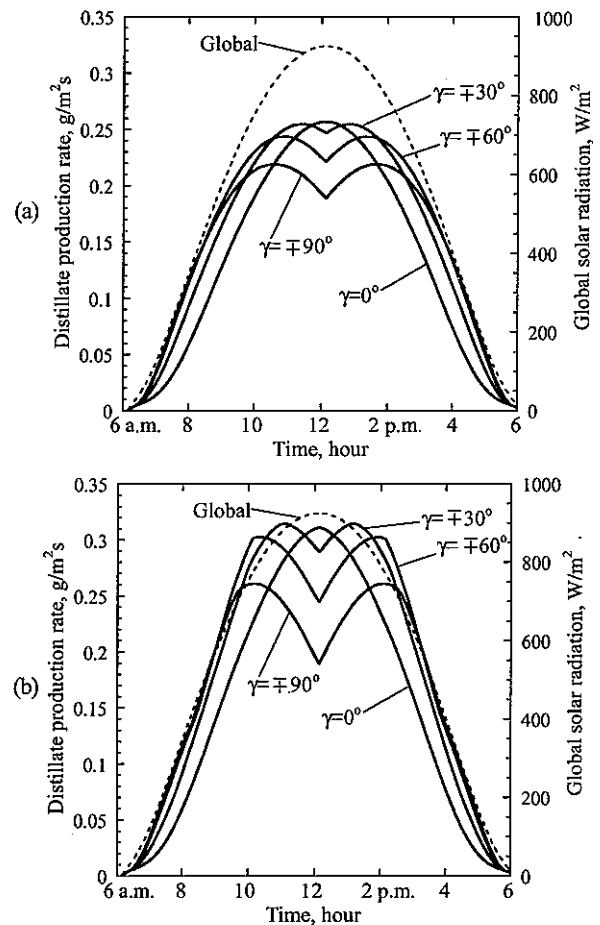


Fig. 5 Hourly variation of the distillate production rate of the still (a) without and (b) with the reflector at  $\theta = 30^\circ$  with various azimuth angle of the still on a spring equinox day

蒸留器の方位角  $\gamma$  は、真南を0として時計回りを正とした値であり、例えば  $\gamma = \mp 90^\circ$  は午前が $-90^\circ$  (真東)、午後が $90^\circ$  (真西) であり、 $\gamma = 0^\circ$  は南向き固定である。反射鏡の有無にかかわらず、蒸留器の方位角を切替えると蒸留量は午前および午後それぞれピーク値を取り、かつ、方位角  $\gamma$  の絶対値  $|\gamma|$  が大きい、すなわち方位角の真南からのずれが大きいほど午前および午後のピークの時間差も増加し、それにもなって正午頃 (太陽の南中時付近) の蒸留量は減少する。この結果、反射鏡無および反射鏡付蒸留器の1日の蒸留量は、南向き固定 ( $\gamma = 0^\circ$ ) ではそれぞれ5.7および6.5 $\text{kg/m}^2\text{day}$ であるのに対し、例えば  $\gamma = \mp 60^\circ$  に方位角を切替えることによりそれぞれ6.8および7.9 $\text{kg/m}^2\text{day}$ へと増加する。

春分、夏至および冬至の日において、蒸留器の傾斜角  $\theta$  および蒸留器の方位角  $\gamma$  を変化させた場合の、反射鏡無および反射鏡付蒸留器から得られる1日の

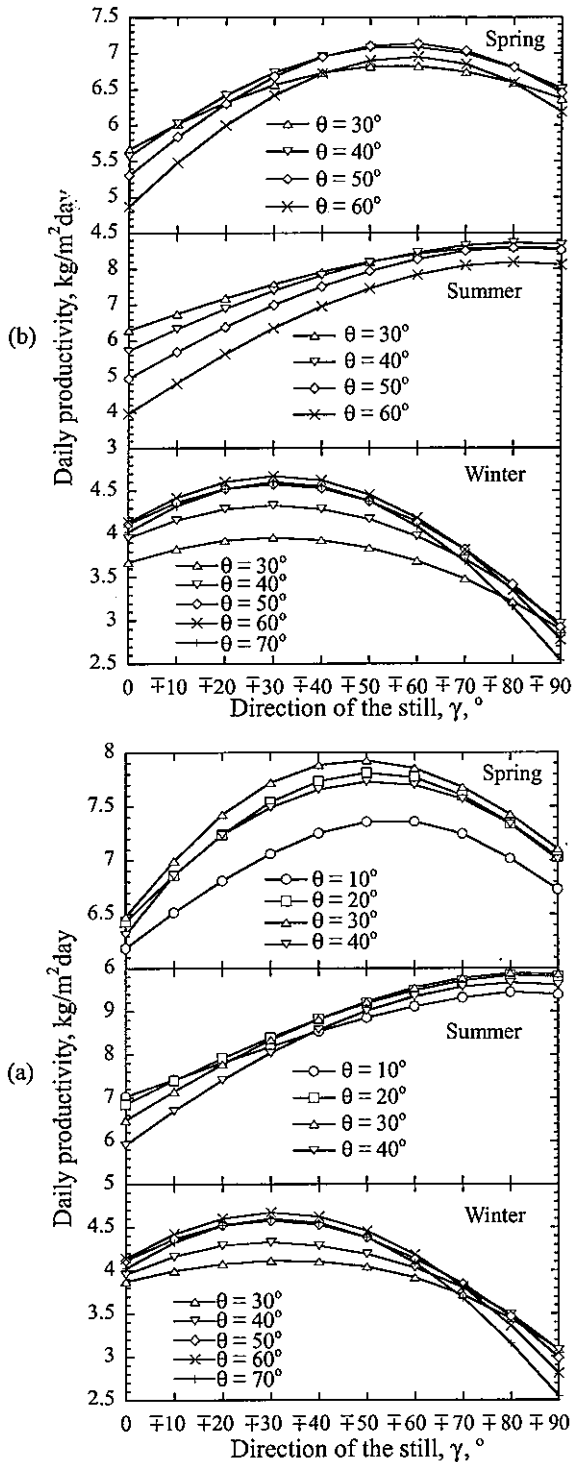


Fig. 6 The daily productivity of the still (a) without and (b) with the reflector on spring equinox and summer and winter solstice days at 30° N latitude varying with the angle of the still  $\theta$  and the orientation of the still  $\gamma$

蒸留量の変化を図6(a)および(b)に示す。なお、秋分の日においては、太陽の軌道が春分の日とほぼ同じ

であるため、春分の日と同様の結果となる。表2に示すように、1日の蒸留量を最大にする傾斜角  $\theta$  および方位角  $\gamma$  は、季節によって大きく異なり、また、反射鏡の有無によっても若干異なる。蒸留量を最大にする蒸留器の方位角  $\gamma$  は、夏至の  $\gamma=80^\circ$  から冬至の  $\gamma=30^\circ$  まで変化するが、これは、夏から冬にかけて太陽の軌道が北側から南向きに移動するためである。春分および夏至においては、蒸留量を最大にする蒸留器の傾斜角は、反射鏡付蒸留器の方が反射鏡無蒸留器よりも若干小さいが、これは、傾斜角  $\theta$  が小さいほど反射鏡からの反射光をより多く蒸発用ウィックで吸収できるからである。この結果、反射鏡付蒸留器の方位角を1日1回切替えて運転する場合には、冬至を除けば傾斜角  $\theta=30^\circ$  に固定すれば蒸留量が最大となることが分かる。

春分、夏至、秋分および冬至の日において、反射鏡無および反射鏡付蒸留器を、傾斜角  $\theta=30^\circ$  および南向き固定( $\gamma=0^\circ$ )とした場合、および表2に示す最適条件で運転した場合の、1日に得られる蒸留量を表3に示す。表3中には、反射鏡無蒸留器(傾斜角  $\theta=30^\circ$ 、南向き固定  $\gamma=0^\circ$ )と比較した増加割合をあわせて示す。蒸留器の傾斜角  $\theta$  の季節毎の切替、1日1回の方位角切替および反射鏡の利用により蒸留量は増加し、反射鏡付蒸留器を最適条件で運転する場合には、反射鏡無蒸留器( $\theta=30^\circ$ 、 $\gamma=0^\circ$ )と比較して、年間平均で41%蒸留量が増加する。しかし、傾斜角および方位角切替と反射鏡の効果をそれぞれ単独で見た場合、傾斜角および方位角切替は年間を通して有効であり、反射鏡無蒸留器を最適条件で運転する場合の増加割合が年間平均29%であるのに対し、反射鏡付蒸留器を1年中固定( $\theta=30^\circ$ 、 $\gamma=0^\circ$ )して運転する場合、反射鏡の効果は夏至および冬至においては3%と低く、年間平均の増加割合も9%にとどまる。これは、夏至においては太陽高度が高く、日射量が大きくなる正午頃には太陽光線が鉛直に近くなり、反射鏡からの反射光が著しく減少するためであり、一方、冬至においては太陽高度が低いために、鉛直に設置した反射鏡からの反射光の大部分が、蒸発用ウィックに入射することなく地面へと逃げてしまうためである。しかし、反射鏡の利用、傾斜角の季節毎の切替および1日1回の方位角切替は、比較的簡便な改良にもかかわらず蒸留量が年間平均約40%増加することが見込まれるため、技術水準の低い小規模な集落等で傾斜ウィック型太陽熱蒸留器を利

用する場合には、非常に有効な改良手段になりうる  
と考えられる。

今後は、本研究で明らかにした最適運転条件下に  
おける蒸留器の蒸留性能を、屋外実験によって実際  
に検証していく予定である。

表2 1日の蒸留量を最大にする傾斜角および方位角

	春分 $\theta, \gamma, \circ$	夏至 $\theta, \gamma, \circ$	秋分 $\theta, \gamma, \circ$	冬至 $\theta, \gamma, \circ$
反射鏡無蒸留器	50 干 60	40 干 80	50 干 60	60 干 30
反射鏡付蒸留器	30 干 50	30 干 80	30 干 50	60 干 30

表3 各季節における1日の蒸留量

		春分	夏至	秋分	冬至	平均
水平面全天日射量, MJ/m <sup>2</sup> day		23.3	30.3	23.5	12.6	22.4
反射鏡無 蒸留器の 蒸留量*	$\theta=30^\circ, \gamma=0^\circ$	5.7	6.3	5.8	3.7	5.4
	最適条件 (増加割合%)	7.1 (25)	8.7 (38)	7.3 (26)	4.7 (27)	7.0 (29)
反射鏡付 蒸留器の 蒸留量*	$\theta=30^\circ, \gamma=0^\circ$ (増加割合%)	6.5 (14)	6.5 (3)	6.6 (14)	3.8 (3)	5.9 (9)
	最適条件 (増加割合%)	7.9 (39)	9.9 (57)	8.2 (41)	4.7 (27)	7.7 (41)

\* : 蒸留量の単位はkg/m<sup>2</sup>day

## 5. 結 言

平板反射鏡および1日1回の蒸留器の方位角切替に  
よる、傾斜ウィック型太陽熱蒸留器の蒸留性能向上  
を数値シミュレーション計算により予測した。本研  
究の結果は以下の様に要約できる。

1. 北緯30°において、傾斜ウィック型蒸留器に平  
板反射鏡を用いる場合および用いない場合につ  
いて、1日1回の方位角切替を行う場合の、季節  
毎の蒸留器の最適な傾斜角および方位角を明ら  
かにした。
2. 季節毎の傾斜角の切替、1日1回の方位角の切替  
および反射鏡の利用によって蒸留量は増加する  
が、反射鏡の効果よりも傾斜角および方位角切  
替の効果の方が大きい。
3. 反射鏡を用いず、傾斜角30°かつ方位角を南向  
き固定とした蒸留器と比較した場合、反射鏡を  
用い、傾斜角および方位角を適切に設定して1

日1回蒸留器の方位角を切替えることにより、蒸留  
量は年間平均約40%増加する。

## 記号表

$G$ : 水平面日射量, W/m <sup>2</sup>	$l_m$ : 蒸留器の長さ, m
$l_s$ : 反射鏡の長さ, m	$mc_p$ : 熱容量, kJ/kg
$Q_c$ : 対流熱移動量, W	$Q_d$ : 伝導熱移動量, W
$Q_e$ : 物質移動熱移動量, W	$Q_f$ : 顕熱エンタルピー, W
$Q_r$ : 放射熱移動量, W	$Q_{sun}$ : 日射吸収量, W
$T$ : 温度, K	$t$ : 時間, s
$w$ : 幅, m	$\alpha$ : 吸収率
$\beta$ : 入射角	$\phi$ : 太陽高度
$\gamma$ : 蒸留器の方位角	$\varphi$ : 太陽の方位角
$\theta$ : カバーガラスの角度	$\rho_m$ : 反射鏡の反射率
$\tau_g$ : カバーガラスの透過率	
<b>添字</b>	
$a$ : 周囲空気	$df$ : 散乱日射
$dr$ : 直達日射	$g$ : カバーガラス
$re$ : 反射日射	$w$ : ウィック

## 参考文献

- 1) K. Tanaka, A. Yamashita and K. Watanabe, Experi-  
mental and analytical study of the tilted wick type solar  
still, Proc. the International Solar Energy Society  
Congress, Brighton, England, 1981, 1087.
- 2) H. M. Yeh and L. C. Chen, The effect of climatic,  
design and operational parameters on the performance of  
wick-type solar distillers, Energy Convers. Mgmt, 26-2  
(1986), 175.
- 3) S. K. Shukla and V. P. S. Sorayan, Thermal modeling  
of solar stills: an experimental validation, Renewable  
Energy, 30 (2005), 683.
- 4) M. S. Sodha, A. Kumar, G. N. Tiwari and R. C. Tyagi,  
Simple multiple wick solar still: analysis and  
performance, Solar Energy, 26 (1981), 127.
- 5) G. N. Tiwari, S. B. Sharma and M. S. Sodha,  
Performance of a double condensing multiple wick solar  
still, Energy Convers. Mgmt, 24-2 (1984), 155.
- 6) P. Baltas, M. Tortoreli and P. E. Russell, Evaluation of  
power output for fixed and step tracking photovoltaic  
arrays, Solar Energy, 37-2 (1986), 147.
- 7) 田中芳夫・藤本憲市, 正午に1回の方位角切替に  
よる太陽光発電電力の増加, 太陽エネルギー, 29-6



- (2003), 63.
- 8) H. Tanaka and Y. Nakatake, A simple and high productive solar still: a vertical multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a flat-plate mirror, *Desalination*, 173 (2005), 287.
- 9) H. Tanaka and Y. Nakatake, Factors influencing the productivity of a multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a flat plate reflector, *Desalination*, 186 (2005), 299.
- 10) 田中大・中武靖仁, 平板反射鏡を用いた鉛直太陽熱蒸留器の屋外実験, *太陽エネルギー*, 32-2 (2006), 45.
- 11) H. Tanaka and Y. Nakatake, Theoretical analysis of a basin type solar still with internal and external reflectors, *Desalination*, 197 (2006), 205.
- 12) 津村健児・山下正幸・渡辺裕人・稲葉秀達, 太陽直射多重効用蒸留装置における集熱面温度と蒸留水収量の関係, *日本海水学会誌*, 39-3(1985), 129.
- 13) 田中大・中武靖仁, 平板反射鏡と組み合わせた多重効用型太陽熱蒸留器の提案, *太陽エネルギー*, 30-4(2004), 72.
- 14) 太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会, 太陽エネルギー利用ハンドブック(1985), 20, 温故堂印刷株式会社, 東京.



## 一般論文

## 細胞イメージングのためのレーザースペckル顕微鏡の開発

平川 靖之

## Development of Laser Speckle Microscopy for Cellular Imaging

Yasuyuki HIRAKAWA

Laser speckle microscopy was developed for imaging living cells. This microscopy system consists of an optical microscope, a laser source, and a video camera. The technique has an advantage that cellular conditions can be instantaneously determined by only observing speckle fluctuations. It does not need any troublesome labeling preparation. In the experiments, living and fixed HeLa cells were compared on the basis of speckle fluctuation and frequency spectra. Effect of number of cellular layer on laser speckle fluctuation was also studied. By applying this technique to cell observations, it is expected to estimate not only cellular activity but also real-time movements of intercellular materials including the cytoplasm without fluorescence observation.

## 1. 緒言

レーザースペckルは、光の干渉現象の一種で、ランダムな縞模様として観察され、物理的変異・表面のスムーズさ、歪みの検出<sup>1, 2)</sup>、血流モニタリングなどに利用されている<sup>3-6)</sup>。これらのレーザースペckルを利用した計測法の利点は、非接触、非侵襲、非破壊というレーザー応用計測の特徴に加えて、電荷結合素子 (Charge-Coupled Device, CCD) 等の撮像素子により画像を取得すれば、2次元的な画像が容易に得られるという点にある。

医療分野及びバイオ研究の分野では、細胞観察は非常に基本的かつ重要なものであり、そのための細胞培養は欠くことのできない作業である。しかしながら、細胞培養は手間暇がかかる上に、専門的な知識が要求されることから、オペレーターには十分な経験が必要とされる。特に、培養している細胞が、ある程度増えた時に新たな培養フラスコに移し替える継代 (けいだい) 操作では、位相差顕微鏡等による細胞状態の確認が不可欠であるものの、その評価基準は細胞形状のみ、と客観的な基準とは言い難く、継代操作の自動化の妨げの大きな一因となっている。著者は、一細胞上においてレーザースペckルが観察され、そのスペckルの縞模様が細胞状態に応じ

て時間的に変化することを見いだした<sup>7, 8)</sup>。これまで、ヒトの組織や植物細胞のレーザースペckルによる観察は報告されているが<sup>6, 9-11)</sup>、レーザースペckルによるヒトの単一細胞観察は、著者の知る限り、著者らによるものだけである。

本研究では、まずレーザースペckルの基礎的な特性を確認した後に、画像処理法について検討を行った。その処理法を用いて、生細胞と固定化細胞 (死細胞) において観察されるスペckル揺らぎについて比較を行った。その結果、レーザースペckルの揺らぎが両者で全く異なり、その周波数解析を行うと、生細胞特有の周波数ピークが存在することが明らかとなった。この周波数ピークを処理することにより、定量的な細胞活動評価実現の可能性がある。また、細胞が層をなして存在している場合に、単一層と多重層の場合で、細胞上で観察されるレーザースペckルにどのような影響を及ぼすかについても検討した。

## 2. レーザースペckル顕微鏡の特徴

本レーザースペckル顕微鏡の主な特徴として、以下の点を挙げることができる。

- ① 装置が単純,
- ② 微弱なレーザー光で照明可能,
- ③ 高感度な検出器が不要,
- ④ 蛍光同時観察も可能,
- ⑤ 細胞には前処理が不要。

①については、照明光源がレーザーであれば良いので、全ての市販の生物顕微鏡をスペックル顕微鏡として構成することが可能である。また、レーザーも連続動作 (CW)、パルス動作、波長、出力等のパラメータに殆ど制限がない。観察光に科せられる制限としては、空間的コヒーレンスがある程度あり、その強度が試料 (細胞) に光損傷を与えないという条件だけある。このため、②に示すように、平均出力  $\mu\text{W}$  オーダーの微弱なレーザー (例えば半導体レーザーなど) でも問題なく光源として利用できる。観察する光は散乱されたレーザー光同士の干渉光であるため、蛍光等に比べると数桁強度は高い。そのため、③に示したように高感度な検出器は不要で、一般に市販されている通常感度の CCD カメラで十分である。また、観察する光は照明光であるため、照明光 (励起光) とは通常異なる波長で発生する蛍光も、検出器さえ高感度なものを別途用意すれば、同時観察が可能となる (④)。そして、最も重要な特徴が、⑤の細胞に一切の前処理が不要である点である。これは、殆どの場合、蛍光分子の結合や遺伝子的な導入が必要になる蛍光観察に対する大きな利点である。同じく前処理の不要なレーザー顕微鏡として、多光子顕微鏡が挙げられるが、フェムト秒レーザーが必要なため、どうしても装置が高額となる上、フェムト秒レーザーの高尖頭出力による光損傷が必ずしも無視できるわけではない<sup>12)</sup>。そのため、慎重な光強度調整が必要であるとされている。蛍光観察や多光子顕微鏡のような高感度観察では到底敵わないが、前処理が一切不要で微弱な光源で観察でき、容易かつ安全に細胞・組織観察が行える点は、従来のレーザー顕微鏡に対するレーザースペックル顕微鏡の優位点になりうると考えられる。

### 3. 実験

#### 3.1 実験装置

実験装置の概略図を図1に示す。顕微鏡 (Zeiss, Axioplan, あるいは自作顕微鏡) のステージ上に、試料の入った 35 mm ディッシュを置き、入射角 80 度程度のほぼ水平横方向からレーザー光を照射する。この入射角は、試料と対物レンズ間の空間などの物理的な条件によって決まり、市販のレーザー顕微鏡のように、対物レンズを通して照射しても支障はない。レーザーには、半導体レーザー (シグマ光機、

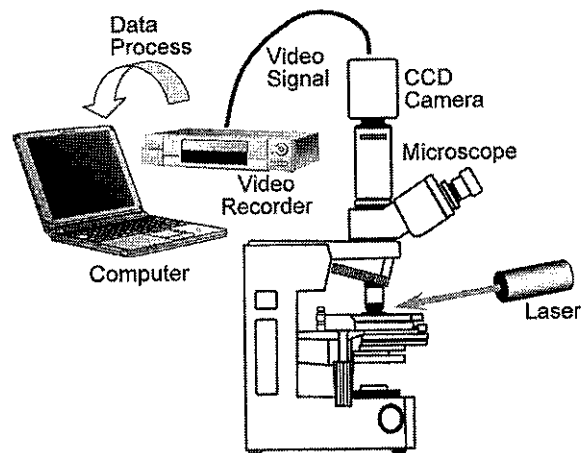


図 1 実験装置

LDH2-635-3, 635 nm, 3 mW), 及び半導体レーザー励起 YAG レーザー (Crystalaser, Model BCL-005-M, 473 nm, 5 mW) の 2 種類を使用した。また、偏光状態による影響を避ける場合には、光ファイバー (Thorlabs, SM500) を通してランダム偏光とし、試料近傍までファイバーで導いて照射した。観察したレーザースペックル像は CCD カメラ (SONY, SSC-DC430, あるいは JAI, CV-11A) を使って、デジタルビデオレコーダー (SONY, DSR-30) に動画として記録、あるいはコンピューターに直接取り込んだ。最終的にスペックル像は、コンピューター上で静止画に変換し、ソフトウェアにより画像解析を行った。観察試料には、細胞を模した薄い樹脂膜 (シアノアクリレート) をカバーガラス上に作成したものと、35 mm ディッシュ内のカバーガラス上でフェノールレッド入り培地 (Sigma-Aldrich, D6046) を使って培養した HeLa 細胞とを用いた。細胞を観察する際には、明瞭な像を得るために、フェノールレッド抜き培地 (Sigma-Aldrich, D5921) に交換した。細胞培地の温度を変化させながら観察を行う場合には、細胞を乗せたカバーガラスを、直接電気ヒーター上のシリコンゴムに置いて実験を行った。温度はセンサー部が独立した温度計 (Custom, CT-110) を使って培地に直接挿入して測定した。固定化細胞 (死細胞) は、ホルムアルデヒド (Nacalai tesque, 371-52) に 10 分間浸すことで用意し、生細胞と同じ培地を用いて観察を行った。

### 3.2 実験方法

レーザースペックルは、散乱光同士の干渉現象をイメージとして観察しているため、散乱に大きく影響する照明光の偏光状態が重要になってくると考えられる。そこで、まず最初に、多くのレーザー光にみられる直線偏光の試料面に対する偏光方向の影響について調べた。レーザー光を偏光子 (Kenko, P.L. 40.5s) を通し偏光方向が既知の直線偏光とし、その方向を1/2波長板 (駿河精機, S333A-633-2) を回転させることで制御した。試料には細胞を模した薄いシアノアクリレート樹脂膜を水に浸したものを使い、観察されるレーザースペックルの縞模様の占める面積と輝度をソフトウェア (National Instruments, Lab VIEW IMAQ) により解析・評価した。

次に、レーザースペックル像の数値処理法について検討を行った。レーザースペックル顕微鏡で得られるデータはビデオイメージであり、speckle contrast法<sup>4, 14, 15)</sup>、average difference法<sup>16)</sup>がその解析によく使われる。この二つの手法と、単純なフーリエ変換を用いた解析法で、生細胞上で得られたスペックル動画データの解析を行い、評価を行った。

以上の実験で得られたレーザー光照射条件と画像解析法により、単一の生細胞・固定化細胞、並びに層状に広がった生細胞について、レーザースペックルを観察・評価した。

### 3.3 実験結果

レーザースペックルの照射レーザー光の偏光方向依存性について調べた結果を図2に示す。偏光方向が試料面に水平な場合に、縞模様の合計面積及び輝度も最大値を取り、試料面に垂直な場合は最小となることが分かる。本実験で用いた試料はシアノアクリレートで、十分に乾燥した後に実験に使用したため、膜の状態は時間的に安定で、観察されるレーザースペックルは動きのないスペックルとなる。シアノアクリレートの屈折率はおよそ1.44で、細胞の細胞膜 (脂質2重層) の屈折率は1.37である。いずれの場合も水または水が主成分である培地で囲まれた状態で観察されることになるが、レーザー光の入射方向から見ると、屈折率は、空気 (屈折率1.00) →水 (屈折率1.33) →膜 (屈折率1.37 or 1.44) の順で変化す

るため、どの界面においても全反射は生じない。そのため、全反射による強い散乱を観察しているとは考えられない。膜表面に偏光方向が水平な直線偏光 (以後、水平偏光と呼ぶ) と垂直な直線偏光 (以後、垂直偏光) の状態の反射率を、入射角80度、屈折率1.33の水に屈折率1.44の物質が囲まれている状態で算出したところ、水平偏光では0.20、垂直偏光では0.14で、その比は $0.14/0.20=0.70$ であった。この比率は、図2の輝度変化の最大値と最小値との比0.69とよく一致しているため、シアノアクリレートで観察された動きのないスペックルに関しては、膜表面による寄与が殆どであることが分かった。膜での反射が増加した結果、観察されたスペックルの縞の面積も比例して増大したと考えられる。しかしながら、細胞での散乱を考えると、膜表面で反射されるのは、入射光のわずか1割程度であり、残りの大部分は内部に入り込み散乱されていると考えられる。細胞膜の場合には、屈折率が更に小さい1.37であるため、シアノアクリレートの場合よりも、膜表面における反射率は更に低い半分程度となり、細胞内部に進入する光が増大し、内部の散乱によるスペックルが増大すると考えられる。

以上の実験結果により、照射レーザー光の偏光状態が、細胞膜においては特に大きくレーザースペックル像に影響することが分かった。レーザー光の偏光状態を常に把握するのは困難であるため、これ以降の実験は、光ファイバーに照射光を導入しランダム偏光状態にするとともに、試料近傍までレーザー光を導いてレーザースペックル像観察を行った。なお、光ファイバーからの出射光は、偏光子を使うことで偏光していないことを予め確認した。

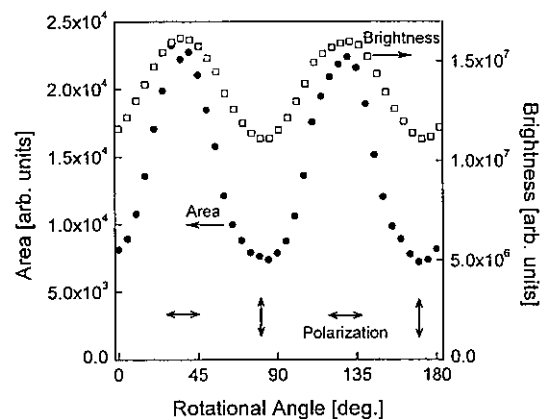


図2 樹脂膜上におけるレーザースペックルの偏光方向依存性

レーザースペckル像解析法に関しては、フーリエ変換を利用する解析法が、肉眼での印象に最も近い結果が得られた。更に、計算時間も高速フーリエ変換を利用することで、他の手法に比較して格段に処理を高速化できることから、フーリエ変換処理を本研究では採用することとした。図3に、本研究で採用した動画像処理法の流れ図を示す。コンピュータ上で動画をフレーム毎に静止画として保存する。この静止画の解像度を、コンピュータのメモリや処理時間の制限から、以下の要領で下げた。すなわち、保存した静止画を適切な大きさの画素単位で区切り、その画素内で画像輝度の平均値をとることで解像度の低減を行った。低解像度化した後、注目する画素の輝度の時間変化を取り出し、高速フーリエ変換することで周波数スペクトルを得た。更に、周波数軸に渡って積分することで、その注目した画素の輝度変化のパワーに相当するものを算出した。なお、以上の処理は、輝度情報や解像度の保存を図るため、全て自作のプログラムを用いて行った。

図4には、光ファイバーでランダム偏光としレーザー照射して観察した、単一の生細胞と固定化細胞のスペckル像を示す。図4(1)aと(2)aには、生細胞と固定化細胞それぞれのハロゲンランプ照明による明視野像を比較のために載せている。図4(1)bと(2)bは、スペckルの静止画像を、(1)cと(2)cは、上述したフーリエ変換法により導出したスペckル揺らぎのパワーを示している。なお、使用したCCDカメラのフレームレートは30 frames/sなので、Nyquist周波数より、この解析により評価できる周波数域は15 Hzが上限となる。図4(1)c、(2)cでは、白い点ほどスペckル揺らぎが大きく、黒い点ほど動かないことを示している。この結果から、平均的なレーザースペckル揺らぎのパワーは、生細胞の方が固定化細胞よりも明らかに高いことが分かる。この差異は動画を見れば一目瞭然であるが、このように静止画としても定量化できることが示された。この生細胞と固定化細胞におけるスペckル揺らぎの差がどのような周波数成分に主に依るものなのかを調べてみたところ、図5の結果が得られた。すなわち、生細胞ではスペckル領域全体に渡って強度が大きく、固定化細胞との差異がはっきりしているばかりではなく、\*で図中に示した数Hzの低周波域に生細胞特有のピークが存在することが明らかとなった。図では、この低周波域の差異が分かりやすいように、周波数10 Hz

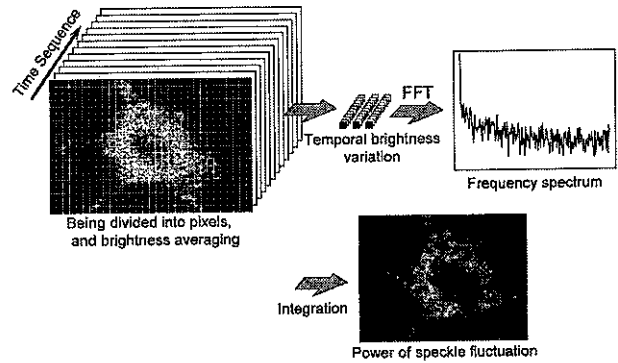


図 3 レーザースペckル像の数値処理法

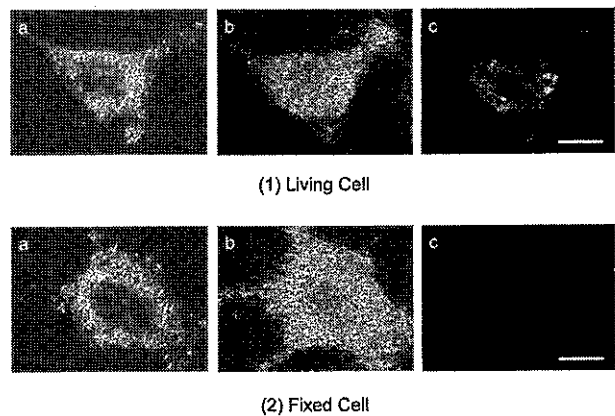


図 4 生細胞と固定化細胞におけるレーザースペckルの差異。a: 明視野像, b: スペckル静止画像, c: スペckル揺らぎパワー像。スケールバーは10  $\mu\text{m}$ 。

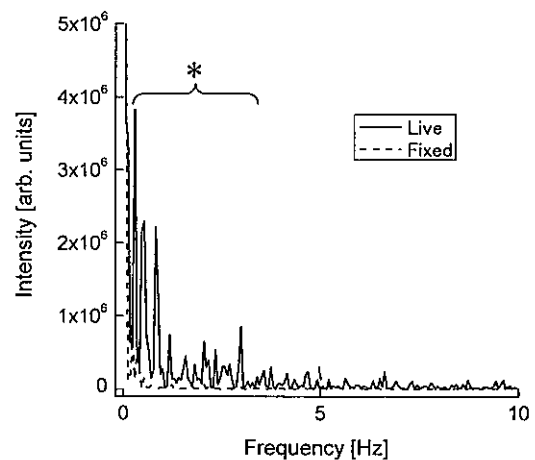


図 5 生細胞と固定化細胞におけるスペckル揺らぎの周波数スペckトル

までのスペckトルを示している。

細胞活動とレーザースペckル揺らぎの相関をより明確にするために、レーザースペckル揺らぎのパワーについて更に詳しく実験を行った。図6は生細胞と固定化細胞のレーザースペckル揺らぎの培

地温度依存性を調べた結果である。グラフにプロットしたデータは生細胞は10個の、固定化細胞は2個の細胞の平均値である。固定化細胞のサンプル数が少ない理由は、固定化細胞におけるレーザースペックルは生細胞に比較して非常に安定しており、データの揺らぎが少なかったためである。この結果から分かるように、固定化細胞に関しては、レーザースペックル揺らぎの温度との相関性は殆ど見られないのに対し、生細胞では、温度とともに単調に増加する傾向が見られる。使用した電気ヒーターが冷却機能を有しない上に、45°C以上では、カバーガラスから細胞が剥がれてしまったため、25~45°Cの範囲外におけるレーザースペックル像を得ることはできなかったが、45°C以上における生細胞のレーザースペックルは、明らかに45°C以下のそれよりも活動度は低いことが目視では確認できた。このことは、細胞培養のための最適温度が37°Cであることに符合しており、生細胞におけるレーザースペックル揺らぎの度合いは細胞活動と密接に関係していることを強く示唆している<sup>10, 11)</sup>。

細胞は、通常周囲の細胞と何らかの情報や物質のやり取りを行っていると言われており、単一の細胞と細胞の集団（コロニー）とでは、細胞の活動の様子が全く異なることが知られている。図7は、ある一つの細胞が周囲の細胞から受ける何らかの影響をレーザースペックルで可視化できる可能性を検討した結果である。ここでは、単一の細胞層中に存在する細胞一つと、複数の細胞層が重なった状態の、最

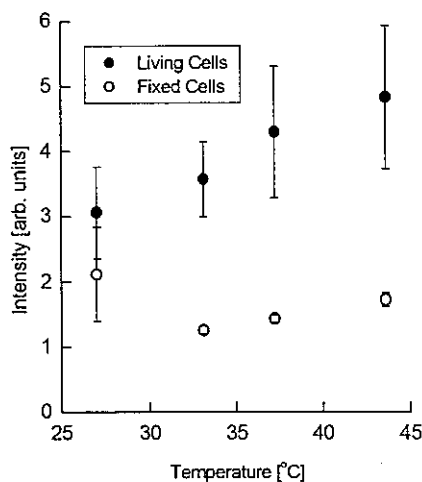


図6 生細胞と固定化細胞におけるレーザースペックル揺らぎの培地温度依存性

上層の中の細胞一つを選び出して、比較を行ったものである。スペックルが明るく見える細胞核の周辺部と細胞核の部分において、スペックル揺らぎの周波数スペクトルの比較を行ったところ、明るく見える部分では、両者の間に大きな違いが見られなかったのに対し、細胞核では、多層状態にある細胞の方が周波数スペクトルの起伏が少なく、単一層中の細胞とは明確に差があることが分かった。

#### 4. 考 察

図4の結果からも分かるように、生細胞のレーザースペックル揺らぎは強く、固定化細胞のそれは殆どない。しかしながら、細胞構造は明視野像でもレーザースペックル静止画でも像の明暗として観察できる。例えば、細胞核でのスペックルは、図4(1)bと図4(2)bのように常にその周辺部よりも暗く観察される。一方、図6から分かるように、培地温度上昇による細胞活動の活発化に伴って、レーザースペックル揺らぎが激しくなっている。これらのことを総合的に勘案すると、細胞上で観察されるスペックルは、2つの異なる型から構成されている可能性が考えられる。一つのスペックルは活動型で、もう一つは静止型のスペックルである<sup>4)</sup>。静止型のスペックルは、中間径フィラメントなどの細胞構造を反映して決定されると考えられ、そのため固定化細胞でもスペックルが観察されていると考えられる。一方、活動型スペックルは、細胞膜の動き、並びに細胞内の小器官やATP (adenosine triphosphate, アデノシン三リン酸) 産生活動に関係する生体分子の動きを反映している<sup>11)</sup>と考えられる。これまで、植物の葉緑素の動きに応じてスペックル揺らぎが観察されたことが報告されている<sup>9)</sup>ことから、細胞内小器官や生体分子がレーザースペックル揺らぎに影響を及ぼしていると考えるのは自然である。今回の実験では、装置の空間的な制限からレーザー光入射角度が80度程度となったが、レーザースペックルについて、入射角度依存性について調べたところ、0~80度程度の入射角に対しては、その影響は殆ど観察されないことが分かった。更に、細胞膜の屈折率(1.37程度)と培地の屈折率(殆ど水で構成されると考えると1.33程度)を考慮すると、細胞膜での全反射は起こらないため、観察されているスペックルは、大きなレーザー入射角による細胞膜上での反射により、細胞膜の情報を

含んでいることは当然考えられるが、そればかりではなく、細胞内部に光が入り込み、内部構造や内部物質により散乱され生じたspeckleが観察されていると推測される。細胞核部分のspeckle揺らぎが少なく評価される原因については、細胞核が存在する部分は、細胞の他の部分に比べて空隙が少なく、細胞質等の物質移動が少なくなっていることを示している可能性も考えられる。また、図5の周波数スペクトルからは、低周波域に特徴的な周波数ピークのあることが分かるが、これは細胞質などの流体の比較的ゆったりした動きに依る可能性を示唆しているとも考えられる。

一方、図7の結果については、幾重にも細胞が層をなすことで、細胞膜が安定した状態となり、その結果、細胞質分布が少ないと考えられる細胞核付近のレーザースpeckleの揺らぎが少なくなっていることが推測することができる。

これらの現象を説明するには、より多くの実験データの積み重ねに加え、ある特定分子に蛍光タグを結合させて観察する蛍光顕微鏡観察を同時に行って検討する必要がある、これからの課題である。

現在の装置的な課題として、使用しているCCDカメラのフレームレートが30 frames/sであるため、解析可能な周波数が15 Hzが上限であることが挙げられる。そのため、高速度カメラを用いた、より高い周波数領域の解析を検討している。細胞内生体分子の多くは、細胞内で激しいブラウン運動をしていると考えられるため、高速度カメラによる高周波領域

の解析により、前処理の何ら施されていない生（なま）の細胞の情報を、蛍光観察に依ることなしに明らかにできる可能性がある。また、ある特定の分子の吸収線に適した波長のレーザー光を照射光として用いることで、細胞内生体分子を追跡する可能性も期待できる。

### 5. 結 言

細胞観察のためのレーザースpeckle顕微鏡を開発した。本顕微鏡により生細胞と固定化細胞を比較観察すると、生細胞でのspeckle揺らぎは明らかに固定化細胞よりも活発であり、揺らぎの周波数スペクトル解析を行うと、低周波域に生細胞特有のピークが存在することが分かった。また、レーザースpeckle揺らぎの温度依存性を計測したところ、生細胞のレーザースpeckle揺らぎは、温度に比例して活発になり、細胞活動を反映していることを確認することができた。更に、単一細胞層と多重細胞層中の細胞のspeckle揺らぎを比較したところ、細胞核におけるspeckle揺らぎに大きな差異が見られ、多重層においては細胞膜の動きが抑えられている可能性が示唆された。

本レーザースpeckle顕微鏡を利用することで、煩雑な蛍光分子によるラベリング処理や特別な技量を要求されることなく、細胞・組織の詳細な状態を評価でき、蛍光分子を利用することの難しい用途、例えば再生医療に利用する細胞の評価等への応用が期待される。

### 謝 辞

この研究は2004-2005年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C) 16590028による一部補助を受けて行われた。

### 参考文献

- 1) R. Jones and C. Wykes : *Holographic and Speckle Interferometry* (Cambridge University Press, Cambridge, 1989), Chap. 7.
- 2) 岡本 卓, 朝倉利光 : 計測と制御, 32 (1993) 667.
- 3) Y. Aizu and T. Asakura: *Optics and Laser Technology*, 23 (1991) 205.

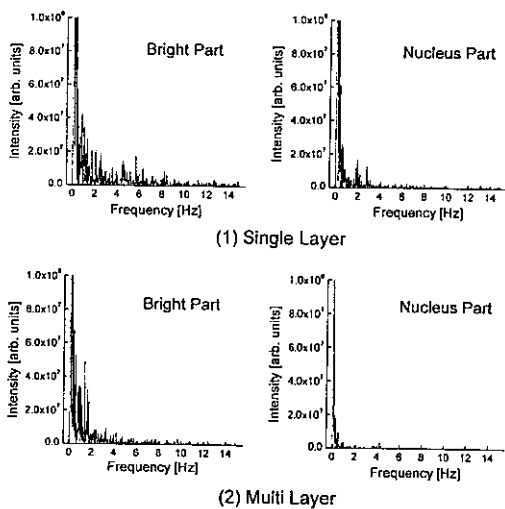


図 7 単一細胞層と多重細胞層におけるレーザースpeckle揺らぎスペクトル



- 4) J. Briers: *Opt. Eng.*, **32** (1993) 277.
- 5) B. Choi, N. Kang, J. Nelson: *Microvasc. Res.*, **68** (2004) 143.
- 6) J.S. Paul, A.R. Luft, E. Yew, and F-S. Sheu: *NeuroImage*, **29** (2006) 38.
- 7) Y. Hirakawa, T. Hasegawa, and T. Masujima: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **44** (2005) L85.
- 8) 平川靖之 : レーザー研究, 投稿中
- 9) J. Briers: *Optic. Commun.*, **13** (1975) 324.
- 10) A. Oulamara, G. Tribillon, and J. Duvernoy: *J. Mod. Optic.*, **36** (1989) 165.
- 11) P. Yu, L. Peng, M. Mustata, J. Turek, M. Melloch, and D. Nolte: *Opt. Lett.*, **29** (2004) 68.
- 12) Y. Hirakawa : in *Recent Developments in Lasers and their Applications* ed. N.J. Vasa (Research Signpost, Kerala, 2006) Chap. 7.
- 13) J. Briers, and S. Webster: *Optic. Commun.*, **116** (1995) 36.
- 14) A. Fercher, and J. Briers: *Optic. Commun.*, **37** (1981) 326.
- 15) H. Fujii, K. Nohira, Y. Yamamoto, H. Ikawa, and T. Ohura: *Appl. Opt.*, **26**, (1987) 5321.



## 一般論文

## 多軸駆動電動射出成形機の圧力制御での位置同期制御用SFCプログラム

赤坂 則之

## SFC Programs for Synchronous Positioning Control at Pressure Control among Multi-AC Servomotors Driven in Injection Molding Machine

Noriyuki Akasaka

With the trend toward higher-power electric-motor-driven injection molding machine, multi-AC servomotor control is needed to control the molding machine, making synchronous positioning control inevitable to prevent excessive mechanical stress in equipment. Synchronous positioning control in injection velocity control is implemented by using position feedback signals from motor pulse generators. In injection pressure control synchronous positioning control is difficult to realize because pressure-detector signal is used in place of position feedback signals. We clarified synchronous positioning control during injection pressure control by using both pressure-detector and position feedback signals as well as bumpless transfer from velocity control to pressure control by using SFC (Sequential Function Chart) programs. The experimental results by using a simulator apparatus showed that the synchronous positioning control error was less than  $\pm 4 \mu\text{m}$  in pressure control.

**key words** : synchronous positioning control, multi-AC servomotors, hybrid control, pressure control, velocity control, injection molding machine

## 1. まえがき

高精度な制御と優れた応答性を特長とするACサーボモータは、大容量化が図られた結果、従来油圧駆動されていた中型射出成形機（型締力350t以上850t以下）、さらには大型機（型締力850t以上）にもACサーボ駆動が急速に適用されるようになった<sup>1)~3)</sup>。ACサーボ駆動のメリットは、成形安定性の向上、油圧駆動でのリリーフ損失を無くすことによる50%にも及ぶ省エネ効果および作業のクリーン性の3つがある。射出成形機には、スクリュ回転により樹脂ペレットを熔融しスクリュ先端部に熔融樹脂を貯める可塑化機構、スクリュの前進移動により貯めた熔融樹脂を金型に高速射出し、高圧で保持する射出・保圧機構および金型を開閉する型開閉機構があり、いずれの機構にもACサーボ駆動が適用できる。サーボモータの回転運動は減速機を介して倍力機構としてのボールねじに伝えられ、ボールねじ軸上の

ナットの直線運動に変換されスクリュの前後進移動が実現される。成形品を作る工程は充填工程と保圧工程からなる。充填工程ではスクリュ先端部に貯められた熔融樹脂は、スクリュの前進移動により金型に高速充填される。この工程に続いて金型内に充填された樹脂に圧力を掛ける保圧工程があり、この2つの工程を射出・保圧機構が担う<sup>4)~6)</sup>。

射出成形機の大型化に対応できる高速充填、高圧保持を実現するには、スクリュの前進方向に大きな動力を伝える必要がある。そのため、この動力伝達をそれぞれサーボモータで駆動される複数組のボールねじ機構を使ってスクリュへの動力を伝達する方式が考えられる。サーボモータが大容量化したとは言え、機械コストの観点からは複数の中容量サーボモータの利用の方が有利である。現状は2組のボールねじ機構の採用が一般的で、このような動力伝達方式を、ここでは2軸駆動法さらには一般化して多軸駆動法と言う。ところで、多軸駆動法では射出成形機本体に過度の応力を与えないためには、駆動時にすべてのボールねじ軸上のナット位置が同じであること、言い換えると多軸サーボモータの位置同期制御が不可欠である。しかし、上述の保圧工程での圧力制御<sup>4)~6)</sup>では、サーボモータは圧力検出信号

をフィードバック信号としてトルク（電流）制御を行うため位置制御ループが解除されることから、多軸サーボモータの位置同期制御は保証されなくなる。

本報は、圧力制御での多軸位置同期制御を実現できる制御方式を明らかにし、充填工程から保圧工程へのスムーズな移行を行うロジック制御を含むハイブリッド制御を可能とするSFC (Sequential Function Chart) 形式で記述した制御プログラムを明らかにする。さらに射出成形機の射出・保圧機構のシミュレータ装置を使って、制御性能の実験結果を示す。

## 2. 位置同期制御

### 2.1 ボールねじ機構の位置同期制御

Fig.1は2軸駆動での射出・保圧機構の模式図を示す。スクリュと一体となった可動部が2組のボールねじ機構の各ナット部によって押されることによりスクリュが前進駆動され、高速充填、高压保持に必要なとされる動力がスクリュに伝達される。可動部は2本のスライドレールに保持され、その上を前後進する構造になっている。そのため、2本のボールねじ機構の各ナット部の移動量に大きな相異が発生すると、可動部に大きな回転モーメントが加わることになり、その結果、スライドレール固定ボルトには大きなせん断力が加わり、機械寿命を短くすると共に、許容せん断力を超えたときはスライドレールの破損という機構損壊に到る。したがって、射出成形機の射出・保圧機構での動力伝達に多軸駆動法を使用したときは、複数ボールねじ機構の位置同期制御が重要な技術課題となる。

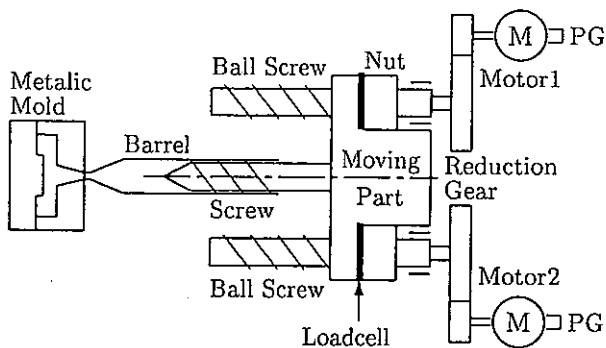


Fig.1 schematic diagram of two-motors injection molding mechanism

### 2.2 射出・保圧機構の制御機能

成形品を作る工程は充填工程と保圧工程からなる。Fig.2は、充填工程での射出速度指令と保圧工程での保持圧力指令のそれぞれの階段状パターンを一重線で示す。充填工程では熔融樹脂をスクリュ位置に対応した所定の速度指令パターンで短時間に金型内に充填し、充填後の保圧工程では金型内の熔融樹脂が冷却するまでの一定時間所定の圧力指令パターンで圧力を掛ける。充填工程から保圧工程への切換は、V/P切換点と呼ばれるスクリュ位置で行われるため、V/P切換点は金型への樹脂充填が完了するスクリュ位置（充填完了位置）と一致することが好ましい。しかし、一般に射出成形機の運転者が設定するV/P切換点と実際の充填完了位置が正確に一致することは難しいが、上述の成形品製造工程では射出速度、射出圧力に対して次の2つのことが要求される。

- (1) 充填工程中は所定の射出速度パターン（一重線で示す）を実現すると同時に、成形不良回避のため、射出圧力が所定の圧力上限値（二重線で示す）以下であること。すなわち、射出圧力が圧力上限値を超えそうなときは、射出速度制御を止めて射出圧力制御を優先すること。
- (2) 保圧工程中は所定の保持圧力パターン（一重線で示す）を実現すると同時に、安全確保のため、射出速度が所定の速度上限値（二重線で示す）以下であること。すなわち、射出速度が速度上限値を超えそうなときは、保持圧力制御を止めて射出速度制御を優先すること。

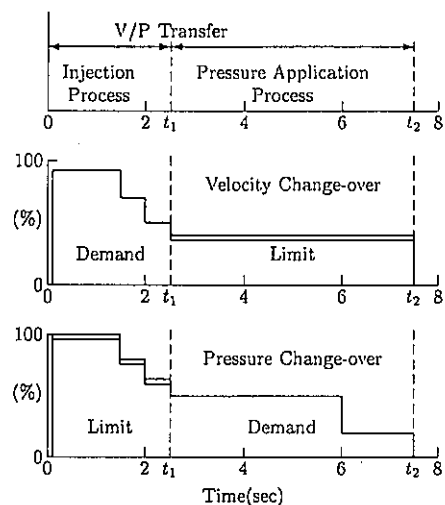


Fig.2 Control Function of Injection Mechanism

### 2.3 従来制御方式

Fig.3は、2.2で述べた2つの要求を実現するための従来制御系のブロック線図である。ここでは単軸駆動を想定する。スクリュ位置に応じた階段状の射出速度指令 $V^*$ がパルス列としてサーボアンプに出力され、サーボアンプ内のカウンタで積算されたスクリュ位置指令 $x^*$ が位置制御ループに与えられる。サーボアンプ内の速度、位置信号はすべてパルス単位の信号である。位置制御器は、マイナーループの速度制御ループに対する速度指令 $v^*$ を与え、速度制御器はモータ電流指令 $i_p^*$ を出力する。一方、圧力制御器は、スクリュ位置に応じた射出圧力/保持圧力指令 $P^*$ と実圧力 $P$ からモータ電流指令 $i_p^*$ を算出し、サーボアンプに出力する。2つのモータ電流指令 $i_p^*$ は低値選択器に入力され、値の小さい方のモータ電流指令が選択される。この低値選択器の採用により、2.2で述べた充填工程での圧力制限制御と保圧工程での速度制限制御が可能となる。

(1)V/P切換点が充填完了位置より手前或は一致して設定されたとき

スクリュがV/P切換点に到達するまでの充填工程では速度制御が行われる。スクリュがV/P切換点に達し保圧工程に移行したとき、金型は未充填のため一般に実圧力 $P$ は設定圧力 $P^*$ より低くモ-

ータ電流指令 $i_p^*$ は増加する。もし $i_p^*$ が低値選択器で選択されると、金型は未充填のため射出速度は急速に上昇し、実速度が速度制限値を超えるようなときは、2.2の要求(2)が満たされなくなる。これを避けるために、保圧工程で $i_p^*$ がモータ電流指令 $i_p^*$ を超えても低値選択器が小さい方の $i_p^*$ を選択することにより、保圧工程での速度制限制御を実現し、2.2の要求(2)を満足させることができる。

(2)V/P切換点が充填完了位置より後方に設定されたとき

スクリュがV/P切換点に到達する前に金型充填が完了するため、充填工程の速度制御中に圧力が圧力制限値に達して圧力制限制御に移行する場合である。これは、パレルノズルでの樹脂詰りのようなトラブルケースにも該当する。スクリュがV/P切換点に到達していないため、充填完了しても充填工程は持続するが実射出速度は低下するためモータ電流指令 $i_p^*$ は増加する。もし $i_p^*$ が低値選択器で選択されると、充填が完了しているため射出圧力は急速に上昇し、実圧力が圧力制限値を超えるようなときは2.2の要求(1)が満たされなくなる。これを避けるために、充填工程で $i_p^*$ が $i_p^*$ を超えても低値選択器が小さい方の $i_p^*$ を選択することにより充填工程での圧力制限制御を実現し、2.2の要求(1)を満足させることができる。

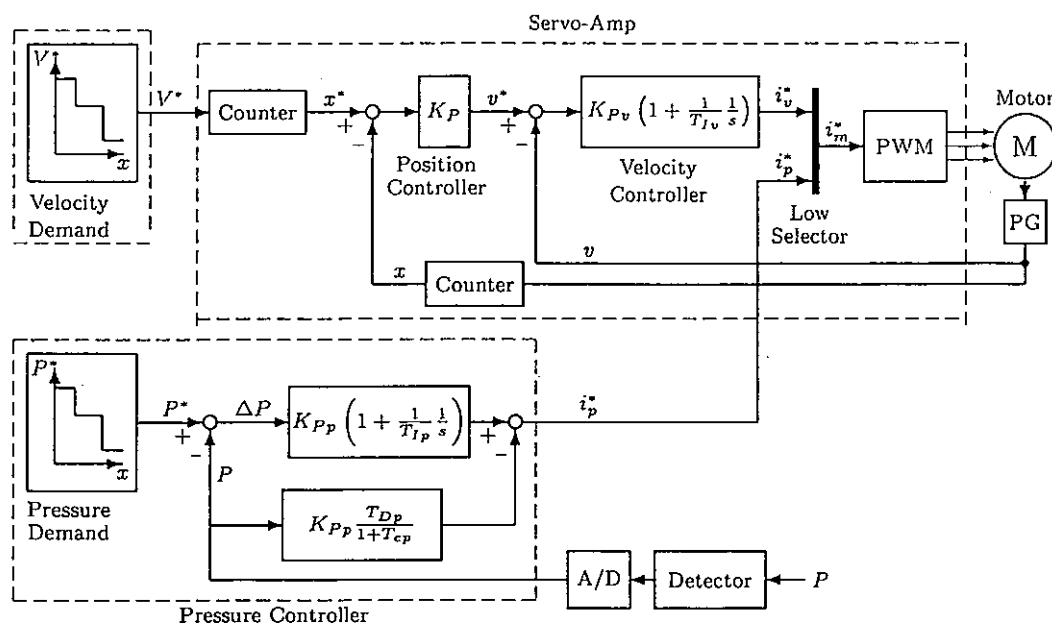


Fig.3 Block Diagram of Conventional Control System

### 2. 4 従来制御方式の技術課題

Fig.3の低値選択器でモータ電流指令 $i_p^*$ が採用されたときは、サーボアンプはトルク制限モードとなり、位置制御ループは解除される。そのため、Fig.3に示す従来制御方式を多軸駆動系に適用した場合、上述したように充填工程中での射出圧力制限或いは保圧工程中での圧力制御が実行されるときは、モータ電流指令 $i_p^*$ が選択されるため各軸の位置制御ループは解除され、多軸位置同期制御は保証されなくなる。実機に従来制御方式を適用したときは、位置同期誤差は常時、数百 $\mu\text{m}$ 以上に達しており、機械寿命を短くする大きな要因となる。機械寿命を確保できるためには、位置同期制御誤差は十数 $\mu\text{m}$ 以下にする必要がある<sup>7)</sup>。なお、充填工程での射出速度制御では、射出速度指令 $V^*$ を多軸共通の速度指令とすることにより多軸位置同期制御は可能である。

### 2. 5 多軸位置同期制御方式

Fig.4は、圧力制御での多軸位置同期制御を実現すると共に2.2で述べた射出速度、射出圧力に対する要求(1)(2)を満足させる制御方式のブロック線図を示す<sup>7), 8)</sup>。Fig.4のブロック線図の考え方は次の通りである。

- (1)射出制御器からの制御指令 $\Delta x^*$ は、射出速度制御、圧力制御に関係なく常にスクリュ位置変化量指令で、共通位置指令として各軸サーボアンプに出力している。
- (2)各軸サーボアンプでは、制御指令 $\Delta x^*$ に対して

常に位置制御ループが確保されているため、多軸位置同期制御を可能としている。

(3)射出制御器内では、射出圧力指令 $P^*$ と実圧力 $P$ との偏差圧力 $\Delta P$ から圧力制御器がスクリュの速度指令 $V_p^*$ を出力するPD制御の構成とした。低値選択器は射出速度指 $V_v^*$ と速度指令 $V_p^*$ の値の小さい方を速度指令 $V^*$ として選択する。 $V_v^*$ と $V_p^*$ の低値選択ロジックにより、2.1で述べた2つの要求(1)(2)を実現している。

(4)射出制御器の制御演算周期 $T_s$ を速度指令 $V^*$ に乘じ、制御演算周期ごとのスクリュ位置変化量指令 $\Delta x^*$ を算出している。

### 3. 実験装置

2.5で述べた多軸位置同期制御方式を技術検証するための射出・保圧機構のシミュレータ装置 (Photo.1) は、実機射出・保圧機構と次のような対応付けをした。ただし、サーボモータと動力伝達系 (減速機+ボールねじ) は両者で同じ構成とする。

シミュレータ装置	実機射出・保圧機構
	ピストン $\Leftrightarrow$ スクリュ
	油圧シリンダ $\Leftrightarrow$ パレル
	作動油 $\Leftrightarrow$ 溶融樹脂
	油圧シリンダ高圧側圧力 $\Leftrightarrow$ 射出圧力

模擬負荷となる油圧シリンダ高圧側圧力は、比例電磁圧力調整弁により可変とする。シミュレータ装置での充填完了動作は、油圧シリンダ高圧側に設置

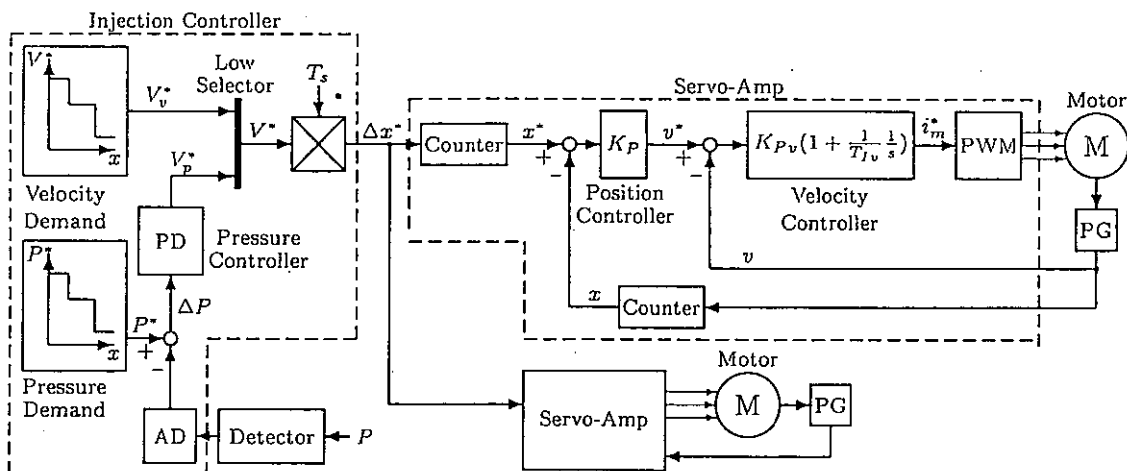


Fig.4 Block Diagram of Position Synchronous Control System

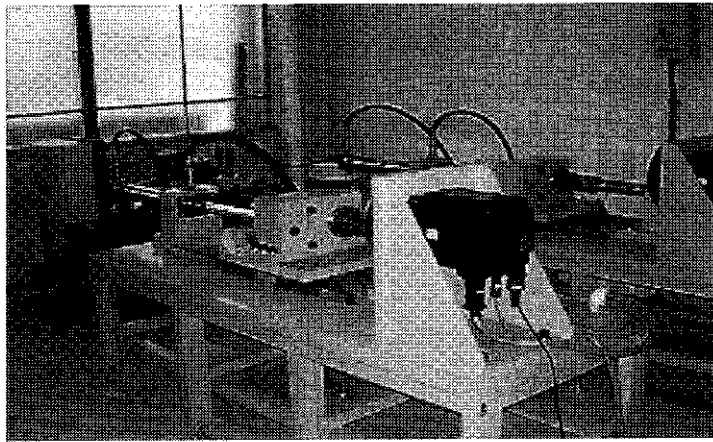


Photo.1 A Photograph of a General Arrangement of Experimental Apparatus

された電磁ストップ弁作動による。なお、シミュレータ装置は、破損防止のため2つの油圧シリンダシステムからなる2軸独立の構成とする。

シミュレータ装置の設計結果をTable.1に示す<sup>9), 10)</sup>。比較のため、モデルとした実機射出・保圧装置例での仕様も示す。

シミュレータ装置の制御装置は市販汎用品を用い、実機仕様と同性能のものを採用した。Table.2に制御装置の主要構成を示す。

Table 1 Simulator Specifications resulted from the Similarity Law

Law	Simulator		Machine
	Nomenclature(Unit)	Amounts	Amounts
	Max. Injection Rate(l/min)	15.7	24.0
	Max. Injection Power(KW)	3.22	39.2
	Motor Torque Rate(Ncm)	1670	10140
	Motor Speed Rate(rpm)	2000	2000
	Motor Current Rate(A)	17	122
	Hydraulic Cylinder Maximum Stroke(cm)	375	372
	Hydraulic Piston Maximum Velocity(cm/sec)	13.23	13.33
	Hydraulic Cylinder Maximum Pressure(MPa)	12.3	98

#### 4. 制御プログラム

Table 2 に示すように制御装置はプログラマブルコントローラ（以降、PLCと略記）とモーションコントローラの2つのCPUを持ち、それぞれの制御プログラムの内容と相互関係を述べる<sup>11)</sup>。

Table 2 General Specifications of the Control Apparatus

Name of Product	Type	No. of pcs
PLC CPU	Q02HCPU	1
Motion CPU	Q172CPU	1
Input Unit	Q172LX	1
Input Unit	Q173PX	1
Input Unit	QX41	1
Output Unit	QY41P	1
A/D Converter	Q64AD	1
D/A Converter	Q64DA	1
Servoamplifier	MR-J2S-350B	2

Table 3 List of Control Programs in PLC

Program Name	Diagram	Step No.
Initial_Setting_Program	Ladder	924
Main_Sequence_Program	Ladder	225
Main_SFC_Program	SFC	1678
Subroutine_Program	Ladder	193

#### 4. 1 PLC制御プログラム

PLC制御プログラムの構成をTable 3 に示す。Table 3 の各プログラムの機能は次の通りである。

##### (1)初期設定プログラム

射出速度パターン、圧力制限パターン、V/P切換位置、圧力制御器ゲイン等の初期データ、定数データを設定する。

##### (2)メインシーケンスプログラム

圧力制御演算周期計算、保圧工程での圧力設定値のタイマによる変更、次回運転のための終了処理を行う。

##### (3)メインSFCプログラム

Fig.5にSFC記述形式の流れ図を示す（記述内

容は簡略化している)。4.2で述べるPLCとモーションコントローラとのデータ授受により、基本的機能である速度制御から圧力制御への移行を行うロジック制御および次に述べるブロックの制御機能を実行してハイブリッド制御を実現している。Fig.5に示すブロック起動ステップで起動されるブロック1～3の機能は次の通りである。

#### (a)ブロック1

圧力制御演算の実行とピストン位置決め指令のモーションコントローラへの書込み

#### (b)ブロック2

ピストンのV/P切換点到達或いは充填工程での射出圧力制限値到達により、圧力制御に移行のための充填工程速度制御中止をモーションコントローラへ指令

#### (c)ブロック3

- 充填工程での射出圧力上昇を模擬するための比例電磁式リリーフ弁への圧力設定値出力

- ピストン現在値に対応した充填工程での速度設定値、圧力制限値および保圧工程での1段目圧力設定値の設定

#### (4)サブルーチンプログラム

上記ブロック3でリリーフ弁圧力設定値算出に使われるピストン現在値を入力とする関数発生器

## 4.2 モーションコントローラ制御プログラム

モーションコントローラ制御プログラムはモーションコントローラ固有のモーションSFCの記号を使って記述するが、SFC図の考え方はPLCと同じである。制御プログラムを構成する12個のプログラム名称と機能は次の通りである。

#### (1)メイン射出制御プログラム

サーボアンプ等電源確立でモーション制御プログラムを起動、エラー検出でモーション制御プログラム停止と出力関係終了処理

#### (2)モーション制御プログラム

全軸サーボレディー検出後、押釦操作に応じてAB軸射出速度制御（「運転」押釦）、JOG運転（「JOG運転」押釦）、手動パルス運転（「手動パルス」セレクタ）の各プログラムを起動

#### (3)AB軸射出速度制御プログラム

AB軸待機位置決めプログラムを実行し、ピス

トンを初期位置に移動後、AB軸速度切換制御プログラムを実行、「停止」押釦ONで運転解除

#### (4)AB軸速度切換制御プログラム

充填工程の速度制御を模擬するために、設定したピストン位置で速度を変更しながらA,B軸の直線補間位置決め制御を行う。

#### (5)AB軸待機位置決めプログラム

AB軸速度切換制御プログラム実行前に、A,B軸を設定した初期位置に設定速度で位置決めする。

#### (6)速度切換制御停止プログラム

4.1で述べたメインSFCプログラム（ブロック2）からの指令を受けて速度切換制御を中止する。モーションSFCプログラム例として、Fig.6に示す。

#### (7)圧力制御位置決めプログラム

4.1で述べたメインSFCプログラム（ブロック1）からの圧力制御のための位置決め指令を実行する。インクリメント方式の位置決め制御を行う。

#### (8)JOG運転プログラム

移動軸と移動方向を指示する押釦を押下する間、設定速度で移動する。

#### (9)手動パルス運転プログラム

軸選択セレクタにより1台の手動パルスで運転する。

#### (10)入力プログラム

各種運転押釦の入力処理を行う。

#### (11)出力プログラム

運転状態のランプ表示、充填完了を模擬する電磁ストップ弁の開閉を行う。なお、油圧シリンダの電磁切換弁の操作は、必要とする各プログラムで行う。

#### (12)異常検出リセットプログラム

エラー発生時のランプ表示、異常リセット時の処理を行う。

Fig.7にPLCとモーションコントローラ間のデータ授受を示す。入出力ユニットの管理CPUをモーションコントローラ、AD、DA変換ユニットの管理CPUをPLCとすることによりデータ授受を少なくした。

## 5 実験結果

4で述べた制御プログラムを検証するための実験結果を次に示す。

(1)V/P切換点が充填完了位置より手前に設定され



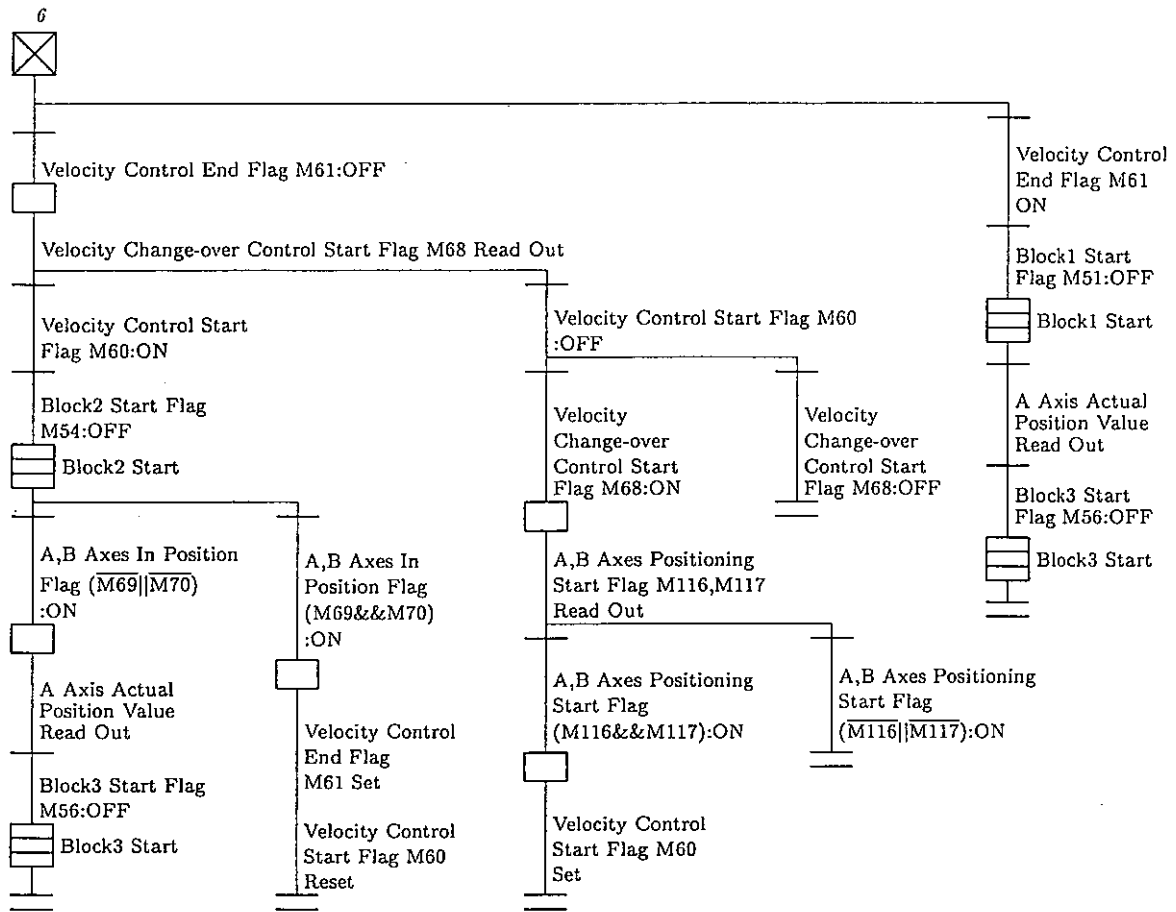


Fig. 5 SFC Diagram of Main\_SFC\_Program

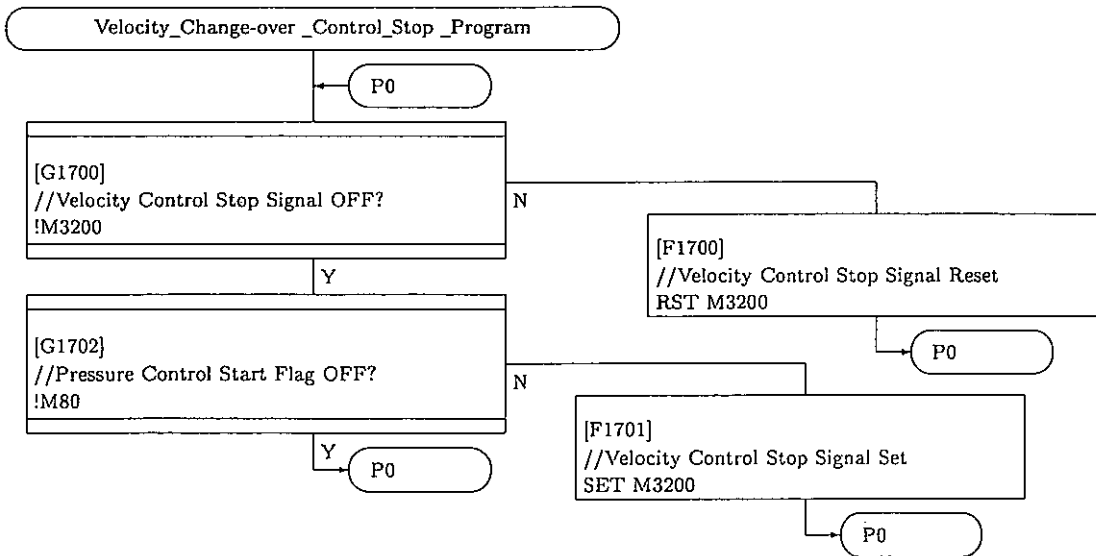


Fig.6 Sample Diagram of Motion SFC Program

された場合

Fig.8(a)~(d)には、ピストン速度、油圧シリンダ圧力、2軸位置同期誤差の時間応答およびストップ弁の閉タイミング信号を示す。Fig.8(a)(b)中の階段状の線は設定値を示す。Fig.8には速度制御から圧力制御に切り換わったときの時間タイミン

グ (V/P Transfer) も示す。

Fig.8(a)に示すように、V/P切換点までは階段状の速度制御が良好に行われている。

Fig.8(b)では、V/P切換点までは圧力は速度制御での圧力制限値以下であるが、ピストンがV/P切換点に到達して圧力制御に移行してからストップ

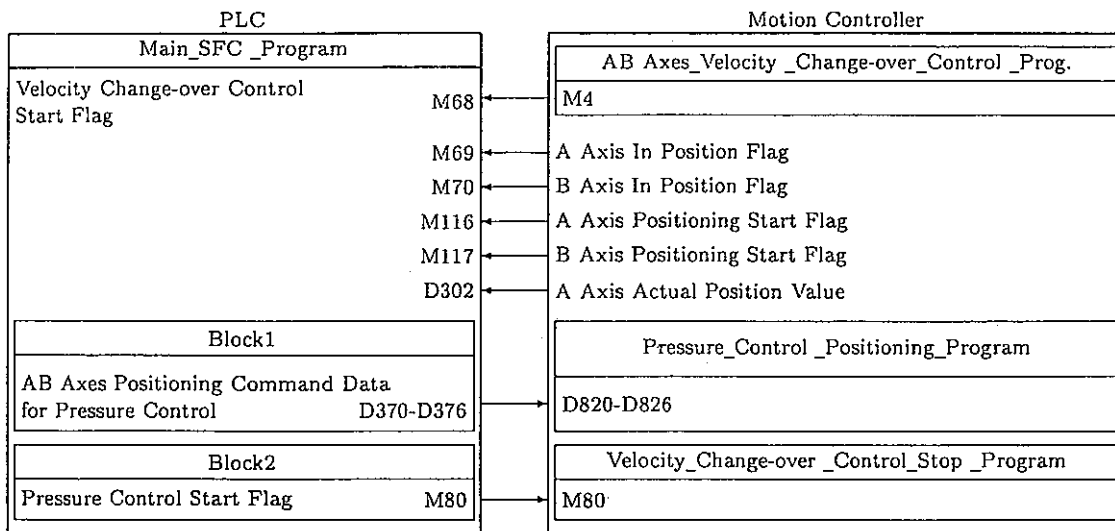


Fig.7 Data Transfer between PLC and Motion Controller

プ弁作動（充填完了を模擬）までの時間帯には圧力制御のPD制御に起因するオフセットエラーが生じている。ストップ弁作動まではリリーフ弁からの油漏れがあり、これを補うためピストン速度を発生するための圧力制御オフセットエラーである。ストップ弁作動後は、オフセットエラーのない良好な圧力制御が行われている。圧力制御をPID制御にすると、ストップ弁作動後の圧力制御は不安定になる。圧力制御移行後の1段階目圧力設定値の持続時間はタイマ設定で設定時間は5秒である。圧力制御での制御周期は25msecである。

Fig.8(c)は、速度制御から圧力制御に亘る2軸位置同期誤差を示す。位置同期誤差が最大になるのは、圧力設定値が変化するときで最大±4 μmである。

(2)V/P切換点が充填完了位置に一致して設定された場合Fig.9(a)では、V/P切換点までの階段状の速度制御が良好に行われている。

Fig.9(b)でのV/P切換点通過直後の小さな圧力降下は、速度制御から圧力制御切換時のピストンの一時停止動作とリリーフ弁からの油漏れによるもので、Fig.8(b)と同様にストップ弁作動後は、圧力制御のオフセットエラーは無くなる。

Fig.9(c)は、速度制御から圧力制御に亘る2軸位置同期誤差を示す。位置同期誤差の最大値は、Fig.8(c)と同様に±4 μmである。

(3)V/P切換点が充填完了位置より後方に設定された場合

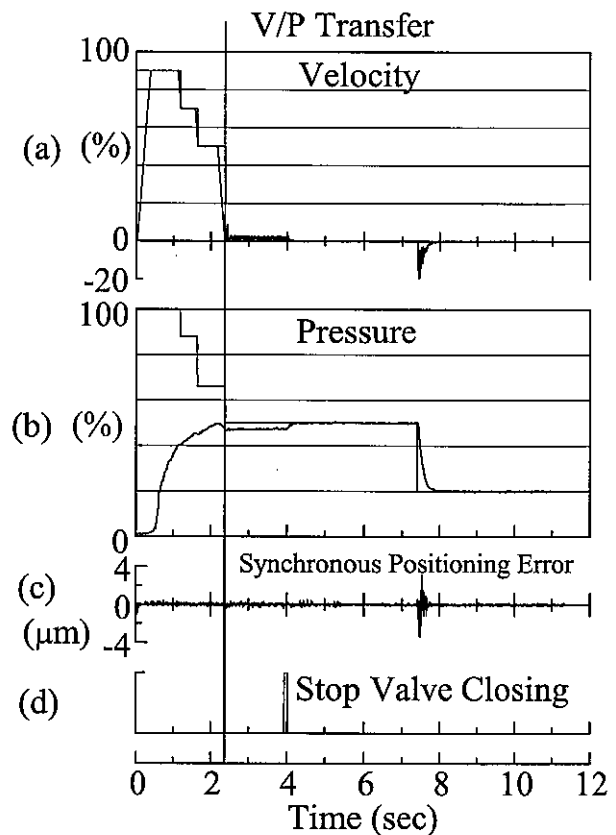


Fig.8 Time Responses of Velocity and Pressure in case of V/P Transfer Point in front of Filling up position

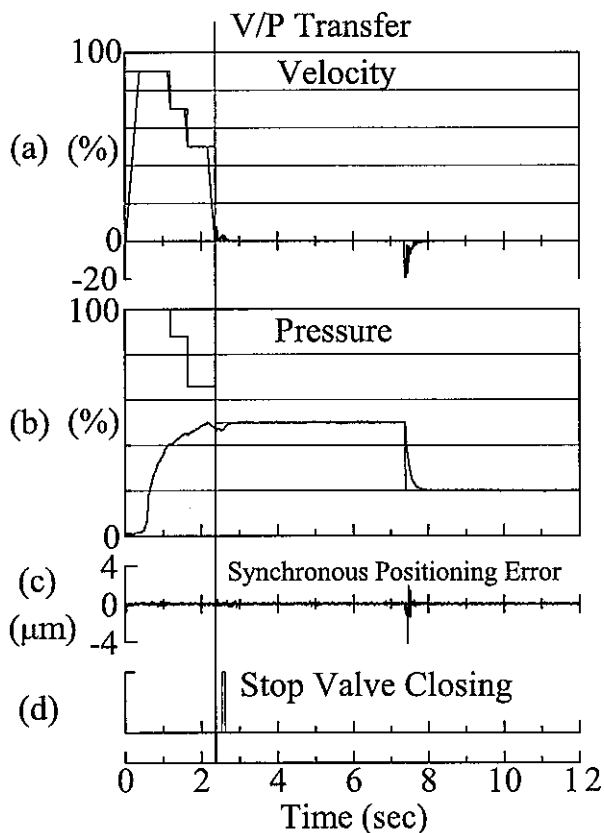


Fig.9 Time Responses of Velocity and Pressure in case of V/P Transfer Point in Agreement with Filling up position

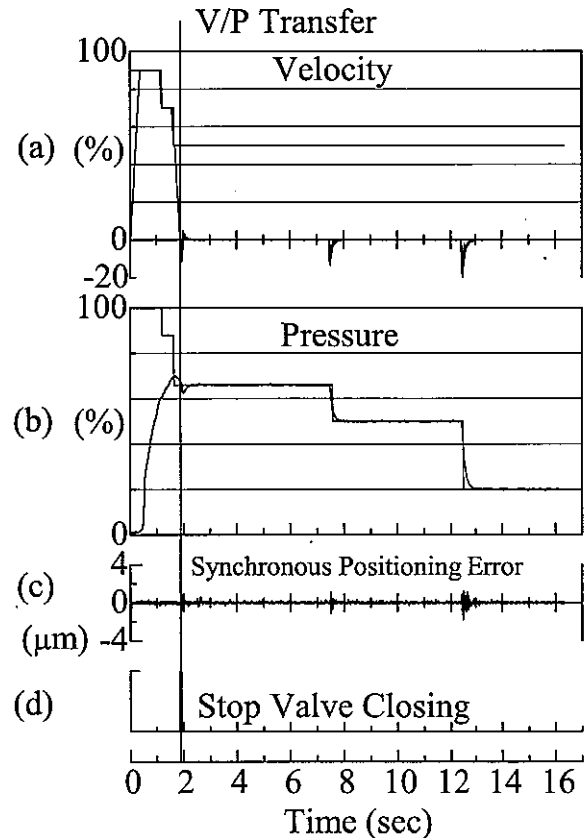


Fig.10 Time Responses of Velocity and Pressure in case of V/P Transfer Point behind Filling up position

これは、バレルノズルでの樹脂詰りのためにスクリュがV/P切換点に到達できないトラブルケースに相当する。

Fig.10(b)では充填工程中に射出圧力が圧力制限値に達し、速度制御から圧力制限制御に移行し充填工程の圧力制限値に制御されている。樹脂詰りを模擬するために、圧力制限制御移行時にストップ弁を閉じている。このようなトラブルケースを想定して、充填工程の圧力制限制御の持続時間は、タイマで充填工程開始から7.5秒に設定されている。タイムアウト時間7.5秒後には、保圧工程での圧力制御が実行される。保圧工程の一段目圧力設定値の持続時間は保圧工程開始から5秒である。

Fig.10(a)では、階段状の速度制御が、射出圧力が圧力制限値に到達するまで良好に行われており、圧力制限制御移行後は速度は0近くに減少している。

Fig.10(c)は、2軸位置同期誤差を示し、最大誤

差は圧力設定値が変更されたときで $\pm 2 \mu\text{m}$ 。

以上より、4で述べた制御プログラムは、射出成形機の実際の運転パターンに対して、圧力制御での位置同期制御が実現できることおよび速度制御から圧力制御へのバンプレスな移行を可能とするハイブリッド制御が実現できることをシミュレータ装置を使って明らかにした。

## 6 まとめ

2軸駆動の射出・保圧機構のシミュレータ装置で、市販汎用制御装置であるPLCとモーションコントローラからなる制御装置でSFC図およびラダー図からなる制御プログラムを実行することにより、圧力制御での多軸位置同期制御が実現できることおよび速度制御から圧力制御へのバンプレスな移行を可能とするハイブリッド制御が実現できることを明らかにした。

## 参考文献

- 1) 稲葉善治, 伊藤 進: 電動サーボ式射出成形機用ねじの寿命に関する研究, 精密工学会誌, 65-6,805/509 (1991)
- 2) 中村晋哉: 射出成形機の電動化と高負荷用ボールねじ, 日本機械学会103-978,340 (2000)
- 3) 宮口和男, 二宮瑞穂, 中村晋哉, 他 2 名: 高荷重用ボールねじの負荷分布の均一化とそれによる寿命延長, 67-2,217/221 (2001)
- 4) 稲葉善治, 上口賢男, 根子哲明: 電動式射出成形機における圧力波形追従制御 (第 1 報), 65-2,293/299 (1999)
- 5) 稲葉善治, 松原俊介, 上口賢男: 電動サーボ射出成形機における圧力制御, 65-4,542/548 (1999)
- 6) 稲葉善治, 上口賢男, 根子哲明: 電動式射出成形機における圧力波形追従制御 (第 2 報), 65-5,746/752 (1999)
- 7) N. Akasaka : Synchronous Control in Pressure Control Among Multi-AC Servomotors in Injection Machine, Journal of Robotics and Mechatronics, JSME, 16-4, Aug., 348/354 (2004)
- 8) N. Akasaka : A Synchronous Position Control Method at Pressure Control between Multi-AC servomotors Driven in Injection Molding Machine, SICE Annual Conference 2003 in Fukui, Aug. 4-6 (2003)
- 9) 赤坂則之: 電動式射出成形機用負荷シミュレータの射出速度制御における相似則, 日本機械学会論文集 C 編, 69-682, 1662/1669 (2003)
- 10) 赤坂則之: 電動射出成形機負荷シミュレータの相似則に基づく設計法, 日本機械学会2002年次大会講演論文集, VII275/276 (2002)
- 11) 赤坂則之: 多軸駆動電動射出成形機の圧力制御での位置同期制御用SFCプログラム, システム・情報部門学術講演会2003講演論文集, 269/274 (2003)

## 一般論文

## 雑草及び剪定枝を用いた堆肥中のセルロース分解菌の研究

中 篤 裕之\*1, 石橋 直樹\*2, 橋本 佳奈\*3, 野崎 千尋\*4

## Study of cellulose degradation bacteria in compost made from the weed and pruning branch

Hiroyuki Nakashima, Naoki Ishibashi, Kana Hashimoto, Chihiro Nozaki

Cellulose degradation bacteria were isolated in compost made from the weed and pruning branch. The cellulose degradation enzyme activities extracted from the bacteria were considered to be extracellular and were optimum at pH 4.0. The bacteria were consist of two isolates. The authors extracted the cellulose degradation enzymes from these isolates. The enzyme of one isolate had optimal activity at pH 4.0, however that of the other had at pH5.0.

## 1. 緒 言

平成15年から本研究室と共同研究を行っている(有)共栄資源管理センター小郡は、近隣地域の剪定枝及び雑草の回収・粉碎が業務の1つである。同企業では、回収したものをを用いて堆肥化を行い、製造した堆肥を近隣市民へ配布している。しかし、回収物の量が膨大であり且つ堆肥製造期間が6ヶ月と長いため、消費が追いつかないのが現状である。そこで、堆肥の優良化とともに迅速化を目的としてこれらの分解微生物の探索を行うことにした。本研究では、主にセルロース分解菌に着目し、その分離・培養および得られた分解菌のセルラーゼ活性最適条件を検討することを目標とした。

現在までに知られているセルラーゼ生産菌はほとんどが糸状菌か嫌気性細菌であり、好気性細菌は数種に限られている<sup>1)</sup>。また、ヤマトシロアリやマツノザイセンチュウ等動物起源のセルラーゼについては遺伝子構造が報告されている<sup>2), 3)</sup>。本研究では、堆肥製造中の好気的な条件下で働いていると思われる好気性菌に着目してその中に存在する可能性の高いセルラーゼ生産菌の探索を行うことにした。

## 2. 材料及び実験方法

## 2.1 堆肥試料の採取場所

本研究では、(有)共栄資源管理センター小郡において剪定枝を用いた堆肥作製中のコンテナ(幅190cm, 奥行350cm, 高さ115cm)から試料を採取した。採取は、堆肥化2ヶ月目(コンテナ1)及び1ヶ月目(コンテナ2)の各コンテナの中央付近で、深さにより表面(上)、深さ50cm(中)、深さ100cm(下)の3ヶ所で行った。

## 2.2 培地

細菌分離用培地としては、セルロース・無機塩類培地を用いた。すなわち、蒸留水1ℓにカルボキシセルロースナトリウム塩(CMC-Na, ナカライテスク社)1g, 硝酸ナトリウム1g, リン酸二水素カリウム1g, 硫酸マグネシウム・七水和物0.5g及び酵母エキス0.5gをそれぞれ添加した。一部では酵母エキスを添加しなかった。これを5mℓずつ試験管に分注し、121℃で15分間オートクレーブ滅菌した。

## 2.3 細菌の分離方法

2.2の液体培地5mℓに2.1で採取した堆肥試料0.1gを添加した。軽く攪拌後、30℃あるいは37℃で1週間振盪培養(120回/分)した。1週間後に菌生育による濁りの確認されたものについて新たな液体

平成18年8月21日 受理

\*1久留米工業高等専門学校 生物応用化学科

\*2久留米工業高等専門学校専攻科

\*3中外製薬工業

\*4(有)共栄資源管理センター小郡

Copyright 2007 久留米工業高等専門学校

培地 5 ml に上記菌液 250  $\mu$ l を移植してさらに 1 週間振盪培養した。1 週間後に再度濁りの確認されたものをセルロース分解菌群とした。分解菌群と認められた菌液は、20%グリセロール溶液として-80°C で保存した。

## 2.4 セルロース分解菌の分解活性試験

セルロース分解菌の活性試験は、富樫ら<sup>4)</sup>及び柏木<sup>5)</sup>の方法に準じて行った。

### 2.4.1 粗酵素液の調製

粗酵素液の調製方法は以下の手順で行った。

(1) 液体培地 3 ml を入れた試験管に分解菌群を白金耳植菌し、37°C、110回/分の条件で2日間振盪培養して前培養液とした。前培養液を全体量の2%になるようにさらに300mlの液体培地に植菌し、本培養液とした。

(2) 15,000回/分で20分間遠心分離することにより得られた上清を菌体外試料とした。

(3) (2) で得られた沈殿物を、10mMリン酸緩衝液 (pH7.0) 20ml に懸濁した。懸濁液を超音波破砕機 (IKALABORTECHNIK社, U200S型) で最大出力にて7分間処理することにより細胞破砕を行った。連続処理時間は最高30秒間とし、氷水で冷却しながら行った。破砕液は15,000回転/分で10分間遠心分離を行い、得られた上清を菌体内試料とした。

(4) (2) および (3) で得た各試料に硫酸アンモニウムを飽和状態になるまで加えて24時間静置することによりタンパク質を沈殿させた。沈殿により得られたタンパク質の溶液は、透析用セルロースチューブ (日本メディカルサイエンス) を用いて10mMリン酸緩衝液で透析した。

(5) 透析後の各試料を菌体内あるいは菌体外粗酵素抽出液とした。

### 2.4.2 セルラーゼ活性の測定<sup>6)</sup>

#### 2.4.2.1 DNS試薬の調製

グルコース還元反応に用いるDNS試薬を以下の要領で調製した。

(1) 30mlの4.5%水酸化ナトリウム水溶液と88mlの1%ジニトロサリチル酸とを混合した。これにロ

セル塩 (酒石酸ナトリウムカリウム・四水和物) 22.5 g を添加し、A液とした。

(2) 10%水酸化ナトリウム水溶液2.2mlに結晶フェノール1.0 g を溶かし、さらに蒸留水10mlを添加した。本溶液6.9mlに炭酸水素ナトリウム0.69 g を溶解し、これをB液とした。

(3) (1) 及び (2) の両液を混合し、室温で2日間安定化させた後ろ紙 (アドバンテック社, No.1) にてろ過し、褐色ビンに保存した。

#### 2.4.2.2 セルラーゼ活性測定

セルラーゼの活性は、2.4.2.1で調製したDNS試薬による還元糖の呈色反応により測定した。

反応液は、2.4.1で調製した粗酵素液1.6mlに基質0.4mlを加えて作製した。本基質溶液はCMC-Naを0.5M緩衝液に溶かしたものである。緩衝液は、調査するpHにより、酢酸緩衝液 (pH4.0及び5.0)、リン酸緩衝液 (pH6.0及び7.0)、炭酸緩衝液 (pH9.5及び10.7) のそれぞれを使い分けた。反応は、上記の反応液を40°Cに静置することにより行った。反応を終了した液から100  $\mu$ l の液を取り出し、これを煮沸することにより酵素を失活させた。これに、DNS溶液240  $\mu$ l を加えて5分間煮沸後、水道水で冷却し2mlの蒸留水を加えた。この液の500nmにおける吸光度を測定した。酵素活性値は、グルコース量と上記吸光度との検量線を作成し、吸光値からグルコース量として算出した。

#### 2.4.3 タンパク質量の測定

粗酵素液中のタンパク質量はバイオラッド社製タンパク質アッセイキットを使用して測定した。すなわち、試料100  $\mu$ l に5mlのクマシーブリアントブルーG250 5倍希釈液を加えて攪拌し10分間室温に置いた後595nmにおける吸光度を測定した。微量測定をする場合には試料1,600  $\mu$ l に対して色素液400  $\mu$ l を添加して同様に行った。標準タンパク質としては、ウシグロブリンを用いてその濃度と吸光度との検量線を作成し、測定値からタンパク質量を算出した。

## 2.5 菌群からの菌の分離

2.3で得られた菌群中でセルラーゼ活性の認められたものについてその中に含まれる菌を以下の要領で分離した。

(1) 液体培地 3mlを入れた試験管に分解菌群を植菌し、37℃、110回/分の振盪条件で2日間振盪培養を行った。

(2) (1)の培養液を $10^{-1}$ ~ $10^{-6}$ 倍に希釈し、各液を(1)と同成分の寒天培地に100 $\mu$ lずつ塗布し、37℃で2日間培養した。

(3) 培養により得られたコロニーを目視にて区別し、種類ごとに(2)と同じ寒天培地を用いて2回画線培養による単離を行った。

(4) 得られた分離菌は径16.5mmの試験管に作製した斜面寒天培地に植え替えて保存した。

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 セルロース分解菌群の分離

表 1. 堆肥から分離したセルロース分解菌群の採取源及び培養条件

菌群	採取場所	培地中の酵母エキス	培養温度 (°C)
A	コンテナ 2 上	あり	37
B	コンテナ 2 中	あり	37
C	コンテナ 1 下	あり	37
D	コンテナ 1 下	なし	37
E	コンテナ 1 上	あり	30
F	コンテナ 1 中	あり	30
G	コンテナ 2 中	あり	30
H	コンテナ 1 下	あり	30

実験方法2.3により得られた8菌群をアルファベットで表した。堆肥の採取場所は、コンテナNo.とその深さ(上:堆肥表面, 中:深さ50cm, 下:深さ100cm)で表した。

各堆肥試料を温度及び培地組成を変えて培養したところ、最初の培養において菌の増殖による濁りの見られた試験管が8本得られた(表1)。これらの各菌液のうち250 $\mu$ lを新たな培地5mlに植えて同条件で再度培養したところ、全ての菌液において増殖が見られたため、これら8菌群をセルロース分解菌群とした。同菌群は、何れのコンテナからも得られたことから堆肥製造開始1~2ヶ月間に存在することが分かる。一般的にセルロース分解は堆肥製造初期3ヶ月目までに行われることが知られており、本実験においてもこの時期に一致していた。また、コンテナ内における菌群の分布に特に傾向はなく、何れの深さのところからも得ることができた。因みに、採取時点におけるコンテナ内の温度は、両コンテナで上が65℃、中が56℃、下が50℃であり、これらの温度差は分解菌の存在にそれほど影響を及ぼさなかったものと思われた。但し、ほとんどの分解菌は培地中に酵母エキスを添加したのから得られており、多少の炭素源を添加することにより生育が良好になると考えられた。

### 3.2 セルラーゼ活性試験

3.1で増殖の見られた菌群のうち、特に生育の良好であった3菌群を選び、富樫らの方法<sup>2)</sup>に準じてそれぞれのセルラーゼ活性を簡易的に測定した。選んだ菌群は、表1中のA、B及びCであるが、何れの菌群も37℃で培養を行ったものであり、かつ培地中に酵母エキスを添加したものであった。本菌群は中温菌であり、また3.1に記述したように酵母エキスの添加により生育が良好であると思われた。

上記3菌群については、セルラーゼ活性試験用として以下の要領で再度菌液を調製した。すなわち、表1に示したものと組成の同じ3mlの液体培地に保存菌を植菌し、同じ条件で2日間培養することにより前培養液を作製した。前培養菌液150 $\mu$ lを再び新たな3mlの液体培地に添加したものを1週間培養し、これを本培養液とした。これを6本用意した。培養時の増殖曲線を求めたところ、何れの菌群でも培養開始3時間後から増殖を開始し、7時間後に定常期に達した。菌数は、25時間後まで維持されていた(データなし)。本培養液の菌体外液について、2.4.2.2に示す各pH条件下及び反応時間を0.5時間ごとに2時間まで、及び20時間としてそれぞれの活性

を測定した。その結果、pH4.0の下でコンテナの深さ50cmの位置から採取した表1内の菌群Bについてのみ明らかなセルラーゼ活性が認められた(表2)。そこで、本菌群について、その酵素活性の最適条件を検討した。

### 3.3 セルラーゼ活性の最適条件

3.2の実験結果から、菌群Bにおいて明らかなセルラーゼの活性が認められたので、本菌群を用いてその活性の最適条件を検討した。すなわち酵素活性に関して、酵素反応時間、pH、菌体内外の条件を

詳細に検討した。

#### 3.3.1 セルラーゼ活性と反応時間との関係

酵素活性の最適条件を求める上で、まず酵素反応時間の検討を行った。3.2で予備試験を行ったところ、何れの菌群においても本酵素の活性は上昇するのに20時間程度の反応時間を要するため、本実験においても酵素反応開始から5時間ごとに25時間までのセルラーゼ活性を調査した。その結果、予備試験と同様に反応時間が20時間の時点での活性が良好であった(図1)。

表2. 分離した菌群のセルラーゼ活性

A					
反応時間	吸光度	グルコース濃度 ( $\mu\text{g/ml}$ )	グルコース量 ( $\mu\text{g/h}$ )*1	タンパク質量 ( $\mu\text{g}$ )*2	比活性 ( $\text{g/gProt}\cdot\text{h}$ )*3
0	0.460	97.75	0.00	56.14	0.00
0.5	0.459	95.25	-10.00	56.14	-0.18
1.0	0.456	87.75	-20.00	56.14	-0.36
1.5	0.456	87.75	-13.33	56.14	-0.24
2.0	0.453	80.25	-17.50	56.14	-0.31
20.0	0.460	97.75	0.00	56.14	0.00

B					
反応時間	吸光度	グルコース濃度 ( $\mu\text{g/ml}$ )	グルコース量 ( $\mu\text{g/h}$ )	タンパク質量 ( $\mu\text{g}$ )	比活性 ( $\text{g/gProt}\cdot\text{h}$ )
0	0.393	-69.75	0.00	39.30	0.00
0.5	0.400	-52.25	70.00	39.30	1.78
1.0	0.410	-27.25	85.00	39.30	2.16
1.5	0.413	-19.75	66.67	39.30	1.70
2.0	0.423	2.25	75.00	39.30	1.91
20.0	0.531	275.25	34.50	39.30	0.88

C					
反応時間	吸光度	グルコース濃度 ( $\mu\text{g/ml}$ )	グルコース量 ( $\mu\text{g/h}$ )	タンパク質量 ( $\mu\text{g}$ )	比活性 ( $\text{g/gProt}\cdot\text{h}$ )
0	0.435	35.25	0.00	37.61	0.00
0.5	0.433	30.25	-20.00	37.61	-0.53
1.0	0.435	35.25	0.00	37.61	0.00
1.5	0.434	32.75	-3.33	37.61	-0.09
2.0	0.435	35.25	0.00	37.61	0.00
20.0	0.435	35.25	0.00	37.61	0.00

\*1: 換算したグルコース濃度 ( $\mu\text{g/ml}$ ) を基に、反応液2 ml中のグルコース量 ( $\mu\text{g}$ ) を反応時間当たりに換算した

\*2: 反応液中 (1600  $\mu\text{l}$ ) に含まれるタンパク質量

\*3: タンパク質1  $\mu\text{g}$ , 1時間当たりの酵素活性量



従って、本菌群のセルラーゼ活性の上昇には20時間程度の時間を要することが明らかになった。

### 3.3.2 セルラーゼ活性とpHとの関係

本酵素の最適pHを調査する目的でpH4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 9.5及び10.7それぞれにおけるセルラーゼ活性を測定した。その結果、pH4.0が最も大きい活性値を示し、次いで7.0において高い活性値を示した(図2)。糸状菌のセルラーゼはpH5.0で最大活性を示すという報告がある<sup>2)</sup>。本菌群でも同様に酸性環境下での活性が良好であった。酵素の最適pHを調査する目的でpH4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 9.5及び10.7それぞれにおけるセルラーゼ活性を測定した。その結果、pH4.0が最も大きい活性値を示し、次いで7.0において高い活性値を示した(図2)。糸状菌のセルラーゼはpH5.0で最大活性を示すという報告がある<sup>2)</sup>。本菌群でも同様に酸性環境下での活性が良好であった。しかし、その最適pHは4.0付近でありさらに低かった。

### 3.3.3 セルラーゼの蓄積

セルラーゼは、一般的に菌体外に排出されると報告されている<sup>1), 4)</sup>。そこで、本菌群のセルラーゼが菌体内外の何れに蓄積するのかを調査する目的で、2.4.1の粗酵素液調整方法にて菌体内及び外のそれぞれについての酵素活性を測定した。その結果、何れのpHにおいても菌体外において菌体内よりも高い活性を示した(図1, 2)。従って、本酵素も他の生物由来のセルラーゼと同様に菌体外に直ちに排出されることが明らかになった。

### 3.4 セルラーゼ活性を有する菌群からの菌の分離

セルラーゼ活性を有した菌群から菌を分離した。分離方法は、実験方法2.5に示すとおりである。寒天培地上から目視にて得られた2個のコロニー(以降、a及びb菌と示す)について、各菌体外抽出液におけるセルラーゼ活性試験を行った。5時間の反応時間におけるpHごとの活性を示したのが図3である。本試験については、反応時間5時間で比活性が最大になり、それ以降は低下していった(データなし)。その結果、a菌は、pH5.0において活性値

が最高を示した。また、塩基性(pH9.5及び10.7)においても高い活性値を示した。一方b菌は、pH4.0において最高の活性値を示した。さらに、pH6.0及び10.7においても高い活性値を示した。従って、菌群としてはセルラーゼの最適pHが低いものの、それから分離した各菌のそれは、酸性及び塩基性何れにおいても活性を有した。その理由としては、各菌の相乗効果や菌群内の他の菌の存在等が考えられる。

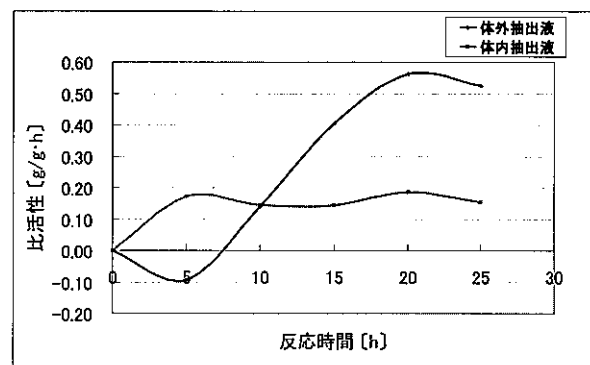


図1. セルラーゼ活性と反応時間との関係

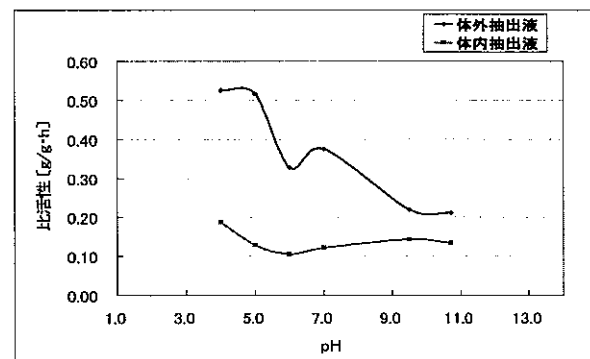


図2. セルラーゼ活性に対するpHの影響 (反応20時間後)

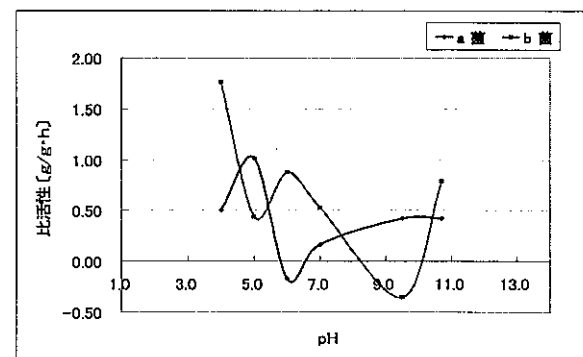


図3. 2分離菌のセルラーゼ活性に対するpHの影響 (反応5時間後)

#### 4. 結言

本研究は、1. 分離源からのセルロース分解菌の分離及び培養方法ならびに活性試験法の確立、2. 分離菌のセルロース分解能力の評価、3. 抽出酵素の反応条件の検討の3つを目的として行った。堆肥を添加したセルロース分解菌用液体培地からセルラーゼ活性を有する8菌群を得た。この中で特にセルラーゼ活性の高かった1菌群について詳細に活性試験を行ったところ、本菌群のセルラーゼは、20時間の反応時間においてpH5.0における活性が高かった。しかし、pH7.0の中性付近においても高い活性を示した。本菌群には目視において2種類の菌が存在した。各分離菌はいずれも5時間の反応時間において高いセルラーゼ活性を示した。分離菌aは、pH5.0が最適pHであったがpH10.7の塩基性においても高い活性を示した。一方、分離菌bは、pH4.0が最適pHであったがpH6.0及びpH10.7においても高い活性を示した。この結果は菌群としての最適pHとは異なっており、2菌の相乗効果を調査するとともにこれ以外の菌の存在をさらに追究する必要がある。

今回セルロース分解菌群は、一般中温細菌の培養温度である37℃の培養において得られたものであるが、実際の堆肥化過程では、温度が60～70℃まで上昇する。本試料を採取したコンテナ内も50～65℃の温度を示していた。従って、強力なセルロース分解菌を得るためには、高温菌の探索も必要であろう。

#### 5. 謝辞

本研究を行うにあたり、堆肥試料のご提供ならびに研究のご支援をくださった(有)共栄資源管理センター小郡の野崎千尋氏、伊賀上政之氏、石橋弘隆氏、道久嘉朗氏に厚くお礼申し上げます。また、研究を進めるにあたり適切なご助言をくださった(株)新日本環境コンサルタント松原英隆氏に厚くお礼申し上げます。なお本研究は、(財)福岡県リサイクル総合研究センター共同研究プロジェクト「剪定枝を利用した優良堆肥の製造と地産地消の循環システムの構築」における報告です。

#### 参考文献

1. 山里一英, 宇田川俊一, 児玉 徹, 森地敏樹, 微生物の分離法 R&Dプランニングp626-634 (2001)
2. Watanabe, H., Noda, H., Tokuda, G. and N. Lo, A cellulase of termite origin., Nature394: 330-331 (1998)
3. Kikuchi, T., Jones, J. T., Aikawa, T., Kosaka, H. and N. Ogura, A family of glycosyl hydrolase family 45 cellulases from the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*., FEBS Letters 572: 201-205 (2004)
4. 富樫 巖, 米山彰造, 瀧澤南海雄, ヒトヨタケ属 (HFP-Co90-6) のセルラーゼ活性, 北海道林産試験場報告第7巻p9-14 (1993)
5. 柏木 豊, 発酵糸状菌の酵素, 微生物遺伝資源利用マニュアル16号p1-16 (2004)
6. Miller, G. L., Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar., Analytical Chemistry 31, p426-428 (1959)

## 一般論文

低速型媒体攪拌ミルの開発 (第 1 報)  
— 二次元装置によるメディアの挙動と粉碎特性 —

権藤 豊彦\*1, 藤 道治\*2

Development of the low - speed type medium agitation mill ( I )  
— Behavior and milling characteristic of media by the two-dimensional equipment —

Toyohiko GONDOH\*1, Michiharu TOH\*2

The conventional high-speed uniaxial sand mill has a small clearance between the mill wall and the disk tip of rotors to obtain a large shear force. However, this increases an abrasion of the disks, media and mill wall. In addition, an increase in power consumption of the mill and the mill temperature results in a poor mixing effect. In this study, a new biaxial sand mill with agitation wings, which produces an effective movement of media, was prepared. Our mill achieved an effective grinding, dispersion and mixing even under the low rotating speed of the rotors.

## 1. 緒 言

粉碎機の一つで、媒体攪拌ミルである湿式メディアミルは、湿式媒体ミルとして、塗料や各種コーティング材、IC、化粧品の製造プロセス、生化学における細胞膜破壊等に多く用いられている。この装置は、縦型あるいは横型の円筒容器中に直径0.5~3.0mmのメディア(ガラスビーズ、セラミックスボール、スチールボール等)を容積比で60~80%程度に充填し、種々の形状からなるディスクを取り付けた回転体を高速回転することにより、投入した原料を強制的に粉碎・分散・混合するものである。

最近では、100nm以下のナノ粒子が粉碎法でも要求されているため、ミル内に更なる圧縮・衝撃・せん断・摩擦等の増大が必要とされている。しかし、これにより、現在使用されている高速一軸型メディアミルではミル内の発熱や原料へのコンタミネーション、消費動力等の増大が起こり、しかも、ミル内に一様な粉碎分散域は期待できないのが現状である。

これは、メディアが粗密充填され、多成分・固液系で、しかも、高速回転場におかれてその現象は非常に複雑であることによる。そのため、メディアの

挙動に関して、透明ベッセルを用いて、壁面近傍のメディアの挙動を検討した釣谷<sup>1)</sup>、土師<sup>2)</sup>の報告、また、シリコンオイルを用いてミル内部のメディアの速度分布を求めた窪園<sup>3)</sup>の報告があるにすぎない。

このようにミル内で効率的に粉碎・分散が行われる領域や分散速度等に関する研究は少ないが、加来<sup>4)</sup>、天田<sup>5)</sup>、土師<sup>6)</sup>、手柴<sup>7)</sup>、<sup>8)</sup>がこの複雑な現象を呈するメディアミルの粉碎や分散特性に対して報告している。

著者<sup>9)</sup>、<sup>10)</sup>は、現在までに縦型ミルの二次元モデルにおいて様々なディスクを用いた場合のメディアのフローパターン、速度分布を求め、更に一個のメディアの自己回転に注目し、回転方向や自己回転数等を求め粉碎への影響を検討した。

本研究では、従来から多用されている高速一軸型メディアミルではなく、低速でも均一な粉碎・分散・混合が行えるようなメディアミルの開発を目的とした。このため低速域でも有効なメディアの運動、特に自己回転がミル全体でも活発に起こるような二軸型メディアミルを試作し、そのメディアの挙動や粉碎特性を検討した。

## 2. 実験措置および方法

実験装置全体図を図1に、ミル本体とミル内の挙動解析位置を図2示す。実験に使用したディスク形状を図3に示す。

平成18年8月21日 受理

\*1久留米工業高等専門学校生物応用化学科

\*2久留米工業高等専門学校名誉教授

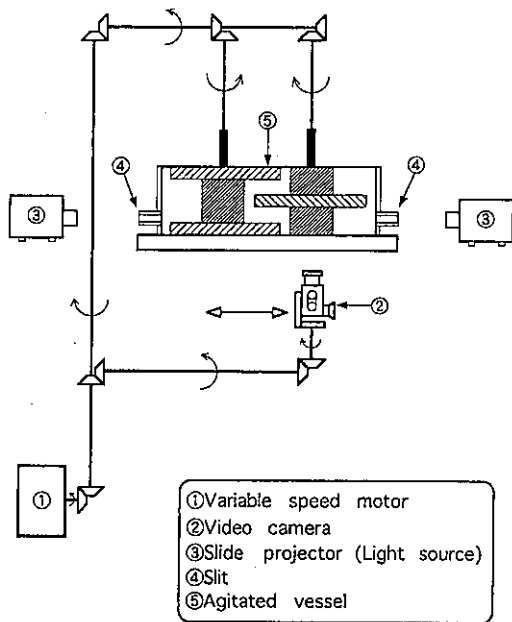


図 1 実験装置全体図

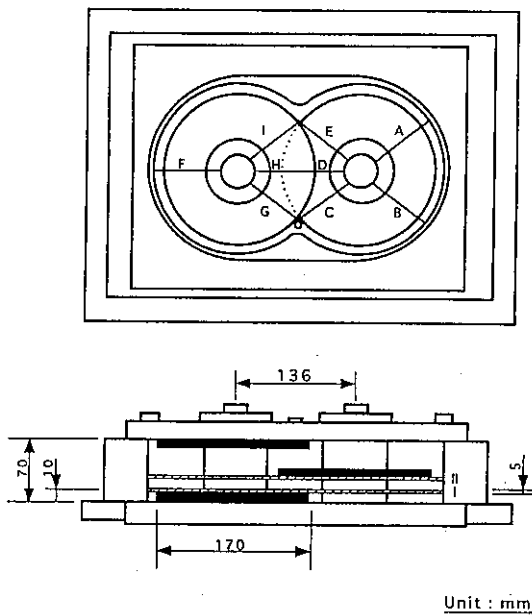


図 2 ミル本体と挙動解析位置

実験装置は、二つの混合室からなり二本の回転軸を有する。ミル本体の各混合室は内径200mm、深さ70mm、二軸間の距離は136mmである。駆動装置として、リングコーン無段変速機 (0.75kw) を使用した。ディスクは、直径170mm、厚さ10mmの同心状円盤ディスクと同直径の8本ピンディスクの二種類を用い、いずれも一方の軸に上下二枚、他方の軸の中央に一枚のディスクを取り付けた。この際、双方のディス

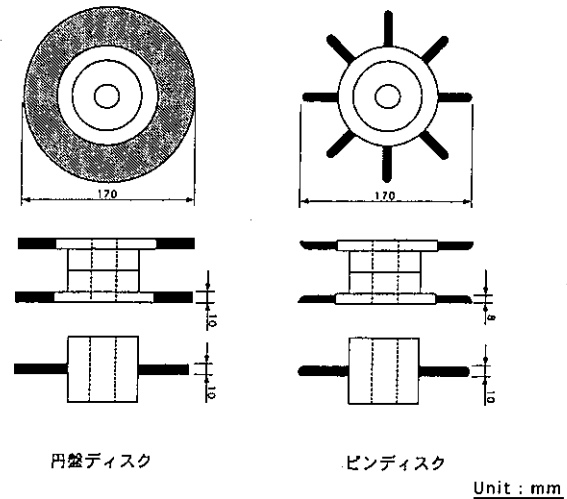


図 3 回転ディスク形状

クは、装置中央部で半径方向に最大34mm程度重なり合うようにした。ミル本体および各ディスク共に透明アクリル樹脂を用いた。メディアは直径3.0mm、5.0mmのソーダガラスビーズを使用した。

### 2. 1 挙動解析

メディアの挙動解析に用いたミルベースはメディアであるガラスビーズと同屈折率 (1.51~1.53) となるように二種類のシリコンオイル (東レダウコーニングシリコンSH510, SH710) を容積比で55:45に混合した。メディアの充填率は、回転体を取り付けた状態でのミル容積に対して嵩体積で80%とし、その中に色の異なる蓄光性顔料で十字を書き込んだトレーサービーズ<sup>9)</sup>をメディア全体の3%程度混入した。このトレーサーを可視化することで周方向速度や半径方向速度を求めた。また、任意の軸方向位置における断面でのメディアの挙動を解析するために、ミルの外部に幅5mmのスリット光を導くための導入板を設けた。撮影面である底面以外は全て光を遮断した。側面からの撮影の際は、ミルの底面に同様のスリットを設けて投光した。光源として、三台のスライドプロジェクターを用いた。底面からのミル内部のメディアの挙動は、左右それぞれの回転軸と同一方向、同一角速度でビデオカメラを回転させて撮影した。側面からのメディアの撮影は固定して行った。

実験は各ディスクの回転数を0.89, 1.76, 3.00r.p.s.と変化させ、異方向に1:1の速度で回転した。図2に示すようにミルの一枚ディスク側にA~Eの5ヶ所、二枚ディスク側にF~Iの4ヶ所合計9ヶ所の各位置におけるトレーサービーズの挙動をビデオカメラの映像から図4で示す方法にて解析した。また、軸方向の変化を調べるため、スリットの位置を左軸下部ディスクの上面(I)と右軸一枚ディスクの下面(II)にかえて同様に実験し、画像解析を行った。

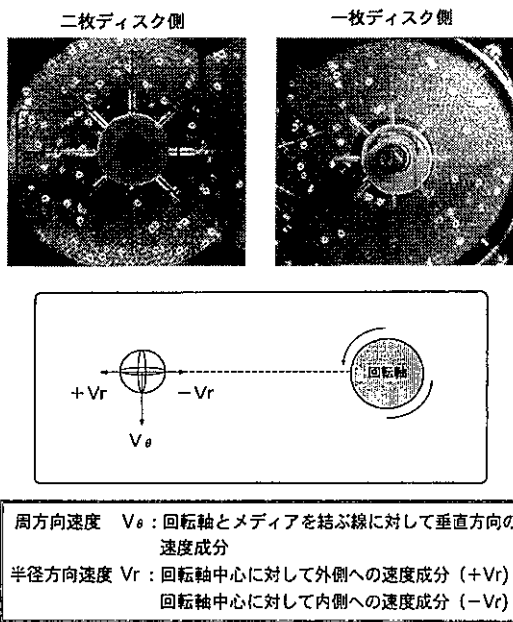


図4 画像解析法

## 2.2 粉碎実験

粉碎実験は、メディアを60, 80%充填し、ミル内の空隙に入るべき水の質量に対して3wt%の炭酸カルシウム(和光純薬工業株)を混入した蒸留水で満たした。粉碎前の粒子径は50%値で25.61μmである。ディスクは円盤ディスク及び8本ピン型ディスクを用いた。ディスク回転数を2.0r.p.s.として、0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180分経過毎にミル上面のサンプリング孔より、ミル内上下20mmの位置から5mlサンプルを取った。サンプルをレーザー回折式粒度分布測定装置(島津 SALD-2000)で分析して粒度分布を求めた。

## 3. 結果 および 考察

### 3.1 挙動解析

メディアの挙動より周方向速度 $V_\theta$  [cm/s], 半径方向速度 $V_r$  [cm/s]を、図5で示す速度の解析法と次式を用いて求めた。

$$V_\theta = \{(r/R) V_{tip} - L_\theta / t\} / m \quad (1)$$

$$V_r = (r' - r) / m t \quad (2)$$

ただし、

$t$ : 画像のコマ送り時間 [s]

$r$ :  $t=0$ での回転軸中心からメディアまでの距離 [m]

$r'$ :  $t=t$ での回転軸中心からメディアまでの距離 [m]

$n$ : ディスク回転数 [r.p.s.]

$R$ : ディスク最大半径 [m]

$V_{tip}$ : ディスクの先端速度 [m/s]

$L_\theta$ : トレーサー軌道の周方向距離 [m]

$L_r$ : トレーサー軌道の半径方向距離 [m]

$m$ : 画像倍率 [-]

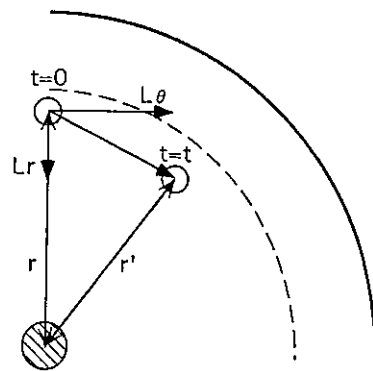


図5 メディアの速度解析法

である。

この場合周方向速度は、回転軸とトレーサービーズを結ぶ線に対して垂直方向の速度成分、半径方向速度は、回転軸中心に対して外側への速度を $+V_r$ 、内側への速度を $-V_r$ として求めた。

各ディスクの回転数を変化した場合縦軸にそれぞれの速度を、横軸に回転軸中心からミル内壁面までの半径位置を示す。周方向速度の図中、速度0を起点とする斜めの破線は個体的回転部の速度を示す。半径方向速度を示す図中、一点破線間が最も相対するディスクが重なり合う位置間を示す。また、全ての図中のアルファベットで示す記号は装置内の挙動

なり始める位置がG, C, 最も重なり合う中央の位置がH, D, 重なり終わる位置がI, Eである。他のA, B, Fの位置は相対する軸側のディスクの影響が極力少ない位置である。

### 3. 1. 1 ディスク形状の影響 (円盤ディスク：ピンディスク)

軸方向断面位置 I におけるディスク回転数1.76 r.p.s.時の円盤ディスクを用いた場合のメディアの週方向速度 $V_{\theta}$  [cm/s]を図6に、同様にピンディスクを用いた場合のメディアの週方向速度 $V_{\theta}$  [cm/s]を図7に示す。いずれのディスクにおいても、二枚ディスク側のディスク面上のメディアは個体的回転部に近い大きな速度を示し、一枚ディスク側が小さな速度となった。円盤ディスクに対しピンディスクは各測定ポジションともやや小さな速度と成った。ピンディスクの場合特に、各測定ポジションにおける速度のばらつきが多くみられた。

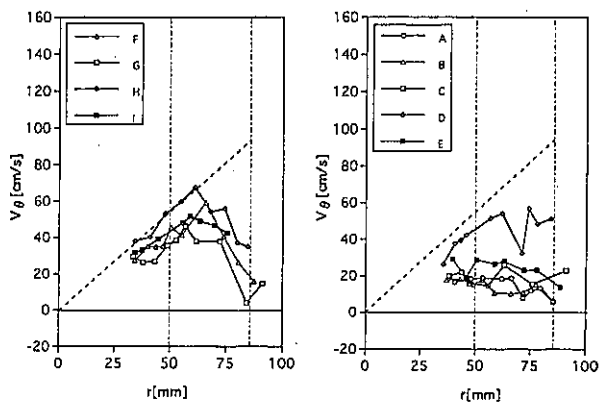


図 6 円盤ディスクの場合の周方向速度

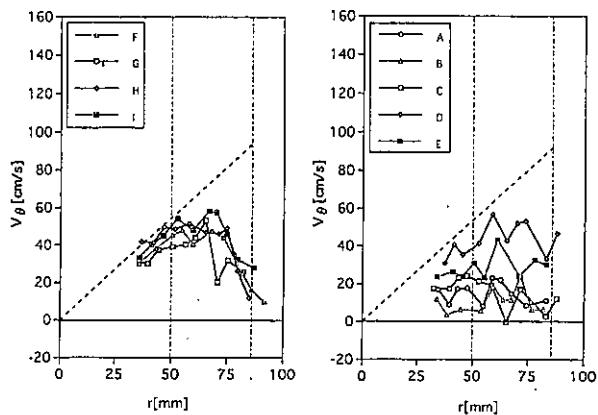


図 7 ピンディスクを用いた場合の周方向速度

図8に円盤ディスクを用いた場合のメディアの半径方向速度 $V_r$  [cm/s]を示す。図9にピンディスクを用いた場合のメディアの半径方向速度 $V_r$  [cm/s]を示す。二枚ディスク側では円盤ディスクの場合、どの位置も半径方向速度が余り見られないほぼ均一な値となった。ピンディスクではばらつきが見られ、特に軸中心部へ向かうマイナスの速度が見られた。一枚ディスク側では、いずれのディスクにおいてもばらつきがみられ、ピンディスクの場合、軸中心部へ向かうマイナスの速度が多くみられた。いずれのディスクも、双方のディスクが重なり始めるC, Gと最も重なり合うD, Hの位置ではプラスの速度が、ディスクの重なりが終わるE, Iの位置ではマイナスの速度がみられる。特に、一枚ディスクの側ではその値が大きくなった。

### 3. 1. 2 回転数の影響

0.89および3.00r.p.s.のスリット I における円盤ディ

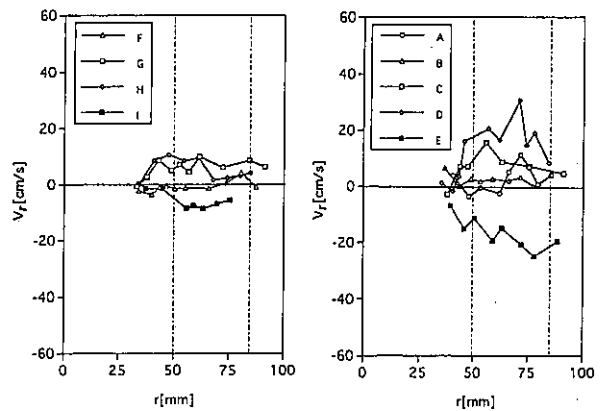


図 8 円盤ディスクを用いた場合の半径方向速度

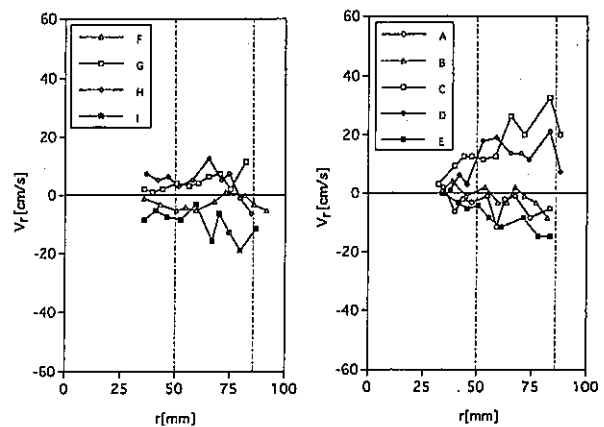


図 9 ピンディスクを用いた場合の半径方向速度

スクを用いて比較した場合、周方向速度  $V_{\theta}$  [cm/s] は 0.89r.p.s. の速度において、どの位置もほぼ同じ小さな値を示した。3.00r.p.s. では、各位置における速度分布に大きなばらつきがみられた。特にディスクが重なり合う D, H の位置では、剪断が大きいいため、他の位置に比べ大きな値を示した。

0.89および3.00r.p.s.のスリット I における半径方向速度  $V_r$  [cm/s] の場合、0.89r.p.s. の速度においてはどの位置もほぼ均一な小さな値となった。3.00r.p.s. と回転数が大きくなるに従いディスクが重なり合い大きな剪断場となる D, H や入り口付近 C, G では、プラス成分（中心から外側への速度）が多くみられ、逆に出口付近 E, I の位置においては、マイナス成分が多くみられる。また、相対するディスクの影響が少ない A, B, F では回転数による大きな変化はなく、半径方向の動きは少ないと考えられる。これらの結果より、回転体が重なり合う領域でメディアの大きな移動が起こっていると考えられる。

### 3. 1. 3 メディアの速度分布

スリット位置 I における回転数 3.00r.p.s. の  $V_{\theta}$  と  $V_r$  の合成速度をベクトルとして表すと図 10 のようになる。この結果、ディスクが軸方向的に重なり合う領域で速度が増大することがわかり、ここで大きな剪断が起こると考えられる。これより、この領域で最も粉碎や分散が行われると考える。また、この領域での半径方向への速度が大きく、特に入り口、中心付近でベクトルは相対するディスク側へ向いているが、出口付近では大きく内側へ向いている。したがって、二軸サンドミルの特徴の一つとして、取り込まれたメディアはその軌道の違いによって左右

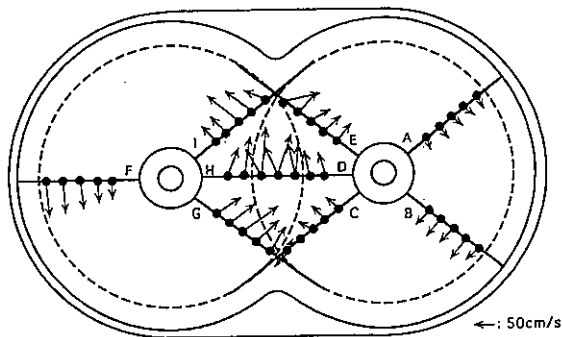


図 10 円盤ディスクを用いた場合のメディアの速度分布

の混合室に分配されると考えられる。

## 3. 2 粉碎実験

### 3. 2. 1 ディスク形状の影響

(円盤ディスク：ピンディスク)

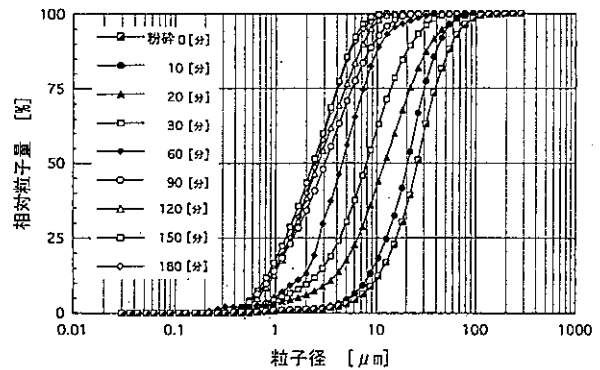


図 11 円盤ディスクを用いた場合の粒度分布 (充填率80%)

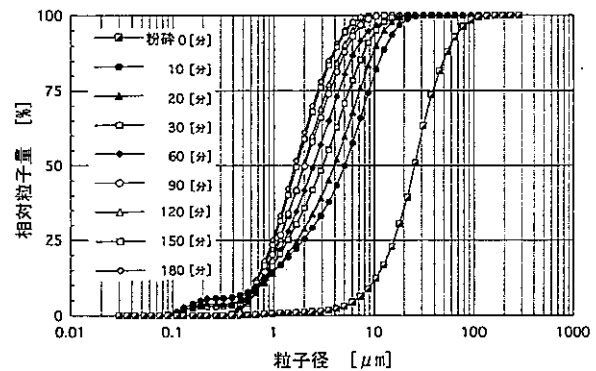


図 12 ピンディスクを用いた場合の粒度分布 (充填率80%)

円盤ディスクの篩下の粒径分布を図 11、ピンディスクの篩下粒径分布を図 12 に示す。いずれも  $\phi 5\text{mm}$  のガラスビーズで充填率 80%、ディスク回転数 2r.p.s. サンプル採取箇所下部である。円盤ディスクでは、粉碎時間とともに徐々に小さな粒径を示すが 120 分より粒径分布の変化が少なくなる。ピンディスクの場合は、挙動解析の結果からもわかるようにメディアの挙動が周方向のみならず半径方向等複雑化し、ミル内全体へのメディアの運動が可能となり自己回転も多く見られるため粉碎開始直後から粉碎速度が大きくなると考えられる。充填率を 80% として 8 本ピンディスクを用いることで、180 分粉碎後の平均

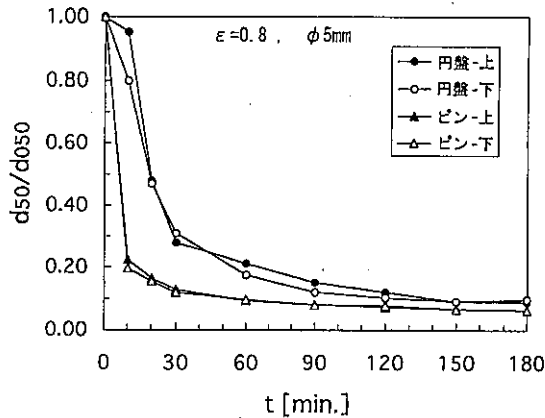


図13 ディスク形状の違いによる平均粒径の経時変化

粒径が $2\mu\text{m}$ 以下となった。d50/d050の経時変化を図13 (充填率80%) に示す。ピンディスクでは粉碎開始10分で0.2と小さく60分で0.1となった。円盤ディスクを使用した場合、0.1に成るのに150分を必要とした。ピンディスクは、円盤ディスクの半分以下の時間で限界値に達すると考えられる。

### 3. 2. 2 充填率の影響 ( $\varepsilon = 0.6:0.8$ )

ピンディスクを使用した場合の充填率の違いを篩下の粒径分布と比較すると、充填率80%同様図14で示す様に充填率60%でも相対粒子量の低粒径側への経時変化がみられた。しかし、充填率80%程の小さな粒径分布は示さなかった。これは、充填率60%では空隙が多いため、ディスクの動力が個々のメディアに伝わりにくいことや、ディスクの回転による遠心力で、回転軸周辺のメディアは疎密化され、均一な粉碎が行われにくいからであると考えられる。

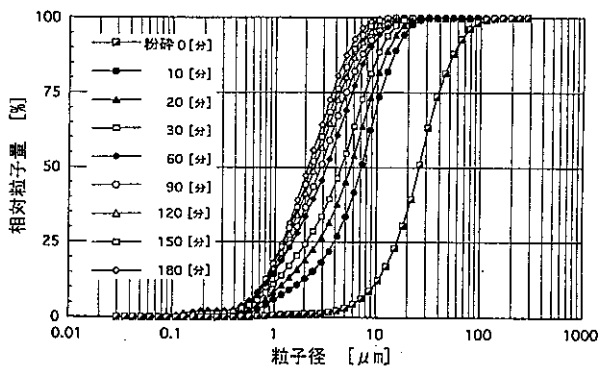


図14 充填率60%におけるピンディスクを用いた場合の粒度分布

d50/d050と比較すると、図15で示すようにほぼ同様の曲線を示したが粉碎速度は充填率80%の方が速く、180分時の平均粒径が小さくなった。したがって、衝突やせん断による粉碎を効率的に行うためには、ある程度の空隙が必要であるが、ミル内全てのメディアを運動させるためには、70~80%程度の充填量が必要であると考えられる。

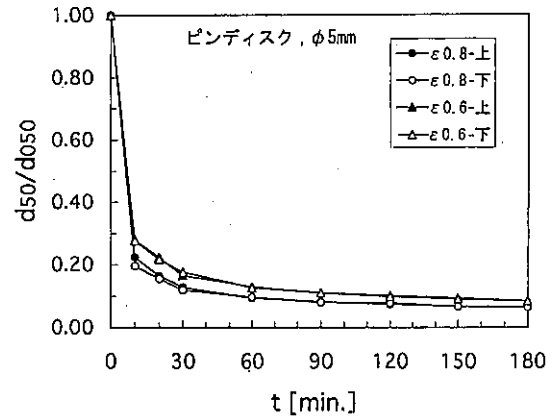


図15 充填率の違いによる平均粒径の経時変化

### 3. 2. 3 メディア径の影響 (直径3.0mm:5.0mm)

$\phi 3\text{mm}$ のビーズを用いた場合の篩下粒径分布を図16に示す。 $\phi 5\text{mm}$ のビーズを用いた場合の篩下粒径分布と比較すると、粉碎過程には大きな違いはみられないが粉碎速度は $\phi 3.0\text{mm}$ ビーズの方が若干速く、180分粉碎後の平均粒径が小さくなった。また、 $\phi 3.0\text{mm}$ ビーズでは180分でも変化が見られ、180分以後も更に粉碎が進むと考えられる。

メディアを充填率80%とした場合の単位体積当たりのビーズ個数を比較すると、 $\phi 3.0\text{mm}$ ビーズは、

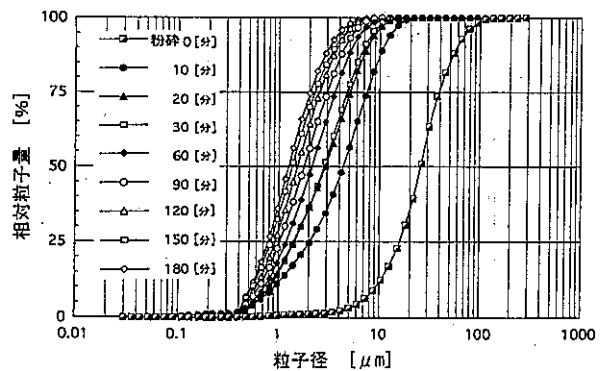


図16 ピンディスクに $\phi 3\text{mm}$ のメディアを用いた場合の粒度分布



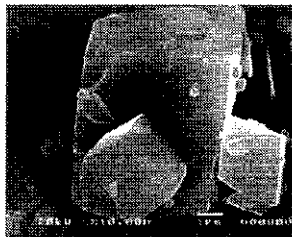
φ5.0mmビーズの約4.6倍になるため、これらメディア間やメディアと回転体等との衝突・接触頻度、およびメディア総重量の差が影響していると考えられる。

### 3.2.4 炭酸カルシウム電子顕微鏡写真

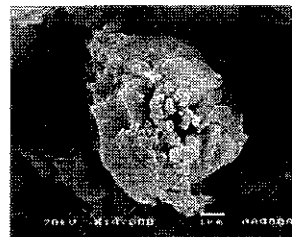
写真 1 に充填率80%でピンディスクを使用した場合の粉碎前および粉碎後試料の電子顕微鏡写真を示す。粉碎前の炭酸カルシウムは、大きいもので6 $\mu$ m程度のほぼ立方体の粒子であり、表面も滑らかである。しかし、10分間の粉碎で角が削られたような粒子がみられ、60分粉碎後は角がほとんど無くなり、丸みを帯びた粒子となった。また、表面に小さな粒子が多く見られ始めた。180分間粉碎後は直径5 $\mu$ m程度の大きな粒子が多少見られるが、1 $\mu$ m以下の小さな粒子や、粉碎前試料にはみられなかった0.1 $\mu$ m程度の粒子も多く見られる。

炭酸カルシウムのSEM写真  
倍率 10000倍

— 1 $\mu$ m



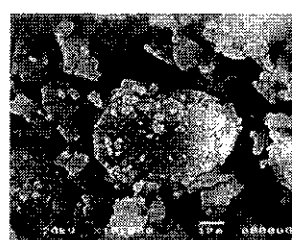
粉碎前



60分 粉碎後



10分 粉碎後



180分 粉碎後

写真 1 粒砕後試料の電子顕微鏡写真

このように、ピンディスクのようなメディアに活発な運動を与える回転体を用い、最適な充填率とすることによりメディア同士の衝突や接触による粉碎だけではなく、ピンとメディアの作用による粉碎も期待できる。

しかも、回転体を二軸とすることにより従来の高速型一軸型より約10分の1のディスク先端速度で同程度の結果を得た。

このことより、従来粉碎や分散に対し衝撃やせん断が支配的だと考えられていたが、メディアの自己回転がより効果的だあると考えられる。ある粒子径までは衝撃やせん断による粉碎が、さらに小さな粒子への粉碎や分散にはメディア一個一個の自己回転が大きな影響を与えると考えられる。

## 4. 結 言

二軸型メディアミルは、メディア充填率を70~80%とすることで低速域でも左右各軸に取り付けた攪拌翼の相互作用により、回転軸及びミル内壁面近傍のメディアも全て運動するため、ミル全体での粉碎・分散・混合が可能となる。特に、軸間の剪断の大きな領域では、メディアや試料の左右の混合室への分散、メディア同士の衝突や剪断による試料の粉碎等が効率的に起こると考えられる。さらに、各方向の速度成分が大きくメディアの自己回転が活発となる形状のディスクを用いることで、三次元的にも有効なミルになると考えられる。

したがって、二軸型メディアミルは三次元化により、粉碎・分散・混合のみならず消費動力並びに発熱をも抑える低速型の媒体攪拌ミルになると考えられる。

## 5. 謝 辞

本研究に対しまして、適切な御助言を頂きました久留米工業高等専門学校生物応用化学科森 哲夫教授に、また研究協力を頂きました第一精工株式会社土持克仁氏に深く感謝いたします。

奨学寄附金やアクリル製ミル本体、メディア等を提供して頂きましたアシザワ・ファインテック株式会社および様々な御助言を頂きました同社飯岡正勝氏に深くお礼申し上げます。同じく奨学寄附金をいただき、また電子顕微鏡写真の撮影をして頂きました昭栄化学工業株式会社および様々な御助言を頂きました同社手柴敏幸氏に深くお礼申し上げます。シリコンオイルを提供していただきました東レダウコーニングシリコン株式会社にお礼申し上げます。

## 【引用文献】

- 1) 釣谷泰一：色材協会誌, 55, 225 (1982)
- 2) 土師陽子：色材アドバンス講座, 5 (1984)
- 3) 窪園幸徳, 天田次雄, 小森悟, 村上泰弘：  
化学工学会第55年会研究発表講演要旨集D111
- 4) 加来正年, 村上泰弘, 天田次雄, 権藤豊彦, 藤  
道治, 楠 真澄：色材協会誌, 63, 3 (1990)
- 5) 天田次雄, 窪園幸徳, 西村啓伸, 手柴敏幸, 小  
森 悟, 村上泰弘:色材協会誌, 64, 148 (1991)
- 6) 土師陽子, 仙名 保：化学工学論文集, 21,502  
(1995)
- 7) 手柴敏幸, 高尾征治, 小森 悟, 村上泰弘：  
化学工学論文集, 22, 597 (1996)
- 8) 手柴敏幸, 高尾征治, 小森 悟, 村上泰弘：  
化学工学論文集, 22, 830 (1996)
- 9) 権藤豊彦, 藤 道治, 村上泰弘：色材協会誌,  
62, 202 (1989)
- 10) 権藤豊彦, 藤 道治, 村上泰弘, 土師陽子, 楠  
真澄：色材協会誌, 64, 297 (1991)

## 一般論文

## 一向一揆の心性と本願寺蓮如(二)

松尾 一

## The Idea of ikko-ikki and Religious Activities of Hongwanji rennyo

Hajime MATSUO

## 3. 門徒と道場の一体化(承前)

## — 村の念仏を「本願寺流」へ —

## ① ともに唱える「ごもん」の登場

## — 門徒が参加する儀礼への途 —

宗教がいかに高尚な教理を唱えても、これを信仰する人びとにとっては、日々の生活のなかでの宗教的営為として現象するわけであるから、年中行事や生産に結びついた仏事勤行の中で教義も確かめられ信心されていくことになる。その際に興味深いのは、中世戦国期本願寺教団においては、小論において検討を加えてきたように、地域の一揆的秩序を形成する人びとの行動原理となりうる強い規範性・宗教性を持った真宗信仰として定着したと目されたことである。特に、惣荘村落で生活する門徒にとって、礼拝対象や仏事勤行が生産・天変地異・人生儀礼に結びついて信仰されている場合も多く、呪術否定を宗旨とする浄土真宗においても、このことは決して例外ではなかった。(注59)

例えば、蓮如が進出する以前の近江において、真宗仏光寺教団は、湖東の村落社会を中心に「絵系図」を利用した門徒団の組織的編成に成功していたが、湖東の仏光寺門徒団の中心寺院である愛知郡能登川伊庭妙楽寺は、戦国期には寺と門徒が、ともに「絵系図」を製作し、その「絵系図」製作は今日に及んでいる。寺・門徒がともに「絵系図」を製作することに加えて妙楽寺で興味深いのは、同寺に伝来する「豊作の名号・虫払いの名号」と呼ばれ親しまれている「光明本尊」にまつわる法要・仏事である。「光明本尊」は「南無不可思議光如来」(九字名号)を中尊に配し、釈迦・弥陀二尊の絵像と「南無阿弥陀仏」(六字)・「帰命尽十方無碍光如来」(十字名号)

を脇侍(仏)とし、向かって左側にインド・中国の「高僧」を描き、右側には、聖徳太子像と本朝(日本)の「高僧・先達・先師」を描いている。特に、法然・親鸞以下には、高祖・宗祖の門下の係累(血脈)として、この「光明本尊」を製作した門流・門徒団が「法名・僧形」で描かれていて、「光明本尊」を製作した人びとの「血脈相承譜」になっている。そして、この「光明本尊」が「豊作の名号・虫払いの名号」と呼ばれる由縁を、康暦元(1379)年に日本を襲った大虫害による大飢饉から伊庭荘を守り、惣荘発展の基礎をもたらしたというのである。以後、妙楽寺の豊作・虫払いの「光明本尊」は、毎年、土用の三日間に伊庭の氏神に奉安した後に、伊庭・能登川・安楽寺・須田の各村落を巡回し、そして、この仏事は「百万遍(念仏)」と呼ばれ、その年の豊作を約束するという。(注60)

また、近江八幡の真宗仏光寺は八幡別院と日牟礼山八幡の氏子区域の村々の「惣仏」が、別院と八幡宮にそれぞれ参詣する「十三仏参り」も、この仏事を構成している村落結合が、水利・農事慣行を基にした氏子共同体と同一であり、まさに「念仏」と地域祭祀が結合して形成された姿であり、生産と真宗念仏が結合した「村の念仏」の姿であるといえよう。

(注61)

呪術否定を建前・宗旨とする真宗という宗教集団においても、人びとの日常生活・生産に関わる念仏(本尊・宗祖上人・各派開山上人)が主人公になったり関与した「奇瑞・奇跡」を伝える寓話(伝承)にはことを欠かないのであるが、このことは、本願寺の「中興上人」と位置づけられる蓮如の宗教活動の周縁においても共通している。(注62)

では、蓮如の教説において、人びとの生活や生産に結びつく「示唆」の存在を求めた場合は、惣荘村落の勧農儀礼を司ってきた仏・神との関係を、阿弥

陀一仏への絶対的帰依を説きつつ、諸仏・諸菩薩・天神地祇への「不拜」を本旨として人びとに念仏を勧める真宗教義と、どのような形での折り合いをつけるのかが課題となった。

蓮如は、1475(文明6)年の正月11日の「御文」で、「一、諸宗・諸法ともに、これを誹謗すべからず、一、諸神・諸菩薩をかるしむべからず」と念仏者の、本願寺流念仏以外の宗教と対するところの態度のあり方を示している。つまり、村の念仏=宗教的秩序が本願寺中心になった場合においても、それまでの村落の生産や生活を守護してきた村堂・鎮守などとは共存していくのが望ましい姿であるという指示である。

蓮如は、本願寺流念仏が説く本尊「阿弥陀一仏」と、村堂に安置される仏・菩薩・鎮守の関係を、阿弥陀以外の仏神を「余仏はいらない、だから廃棄する」というような対立関係には捉えず、弥陀一仏の中に他の仏神も含まれているのだから「直接に拝まないだけで、大切に扱う」という姿勢を示した。蓮如は、阿弥陀仏以外の「仏神」に対する姿勢を、「和光同塵」という、中世神道の基本観念に従いながら、「和光同塵は結縁のはじめ、八相成道は利物のをはり」という「天台摩訶止観」(巻6下)を引用しながら「直接に拝まないだけで、大切に扱う」という姿勢で説明しようとした。(注63)

ここでいう「和光」という語は、列島日本中世社会では、インドの仏・菩薩が日本の巷間・村落に降りて、日本の神仏として住民により村堂・鎮守に祭祀されることを神仏習合説を基調に説明したものである。蓮如は、列島の巷間・村落に充満している「神仏」は、インドの神仏が和式の格好を成し・日本人の顔で自分たちの前に現れたものであるということ、文明7(1476)年7月15日の「御文」で、「仮に神と現れて、衆生に縁を結びて、その力をもてたよりとして、ついに仏法に勧めいれん」がための「方便」が「和光同塵」であり、日本の神仏であるとしている。(注64)つまり、列島日本の巷間・村落にあつては、インドにおける阿弥陀仏は、インドの姿では現れることができないから、日本の「神仏」の姿を借りて私たちに縁を結んでくるのであるから、阿弥陀仏=真宗に帰依すること自体が、「和光同塵」であるから、村堂・鎮守に体する「敬神」となり、神祇を尊敬することはそのまま念仏に通ずると説諭したのである。

特に、蓮如は「敬神」と「念仏」の関係が深く結びついているということ、「和光同塵」という、神祇から見た神仏関係の位置づけのみではなく、称名念仏という真宗教義の根幹から説き起こした。先に引用した、文明6年正月11日の「御文」には、「とりわき神をあがねめども、たゞ弥陀一物をたのむうちにみなこまれるゆへに、別してたのまざれども信ずるいはれのあるがゆへなり」と述べている。この主張によれば、「南無阿弥陀仏」と唱えること自体が「敬神」そのものであるということの意味している。「南無阿弥陀仏」と称名し、「掟」に述べられているような真宗門徒としての「嗜み」を持った社会生活を行うべきだとすすめたわけである。

蓮如は、本願寺門徒としての「嗜み」による社会生活を、「敬神・諸宗尊重」・「社会秩序の遵守」・「我宗振舞への慎み」といった規範が、「南無阿弥陀仏」という称名に籠もっているのであるから、ゆえに、「掟」を心得た日常における門徒としてのあり方が、「昼夜朝暮は如来大悲の御恩を雨山にかうふりたるわれらなれば、たゞ口につねに称名をとなへて、かの仏恩を報謝のために念仏を申す」という生活をすすめたのである。(注65)そして、「仏恩報謝」の日常におけるあり方が「称名」であるとすれば、みんなて唱える仏徳讃嘆が文明5(1474)年3月に「吉崎坊舎」で開版された「正信偈・念仏・和讃」、すなわち、ともに唱えうる「ごもん」の登場であるといえる。(注66)

- 59) 例えば、山梨県甲州市勝沼町菱山の浄土真宗本願寺派三光寺の「聖徳太子会」(三光寺太子堂の本尊は、太子2歳であり合掌し「南無仏」と称名する姿である「南無仏太子像」)は、毎年3月下旬に行われる。この聖徳太子会に参詣し、「おさがり」である茹でた「塩豆」を頂くと妊産婦は授乳が順調になるという。また、戦前の三光寺の「太子講」の講員の主要構成員は、旧東山梨郡一体の大工であったという。(1984年3月25日調査、筆者)
- 60) 藤葉性信『妙楽寺史』(1977年 妙楽寺) P66、明治20(1887)年7月の「百万遍」の記録には「稲作も山中より海まで百年に一度の万作と見込み」とあり、豊穡祈願の農耕儀礼の色彩が現れている。神田千里「原始一向宗を探る」(『一向一揆と戦国社会』) P84。また、「光明本尊」については、平松令三「光明本尊の研究」(『真宗史論考』1988年 同朋舎出版)。
- 61) 西口順子『中世後期仏光寺教団と村落』(『中世の女性と仏教』2006年 法蔵館)。
- 62) 岡村喜史『蓮如 畿内・東海を行く』(1995年 国書刊行会)。
- 63) 「和光同塵」については、柴田 實「和光同塵 - 中

世神道の基本観念一」(柴田實著作集『日本庶民信仰史の研究 神道編』1984年 法蔵館 初出は1959年)。

- 64) 「諸文集」(91) (『真宗史料集成』第2巻) P213。  
 65) 「諸文集」(59) (『真宗史料集成』第2巻) P187。  
 66) 「正信偈・念仏・和讃」の開版については、宮崎圓遵「蓮如上人の化風とその背景」(『真宗史の研究(下)』著作集 第5巻 1989年 永田文昌堂。初出は1959年)。

## ②「正信偈・和讃」開版の意味

### — みんなで修する仏徳讃嘆 —

「正信偈・念仏・和讃」は、その刊記によれば「右、この三帖和讃ならびに正信偈四帖一部は、末代のためにこれを開き興隆するものなり、而已」というものである。(注66)

蓮如が、吉崎坊舎において「正信偈・念仏・和讃」を開版したことの意義については、宮崎圓遵「蓮如上人の化風とその背景」により、蓮如の真宗伝道の特色を分析する立場の考察がなされている。宮崎によれば、蓮如による「和讃」の諷誦は、蓮如以前の真宗史の展開では越前三門徒をはじめとする真宗諸教団のみで行われたことではなく、ひろく中世仏教界で行われた「講会」において、「和讃」を諷誦する仏事勤行の形態と軌を一にするもので、その事例の一つとして、『看聞御記』にみる涅槃講における「釈迦和讃」の諷誦を挙げている。(注67)

では、蓮如による「正信偈・念仏・和讃」の開版から、「和讃」の仏事勤行としての諷誦が、どのような意味を持つのかについて、蓮如教団を自分たちの寺院・教団の素形として意識していた戦国期本願寺教団では、蓮如の代から「正信偈・和讃」の勤行が開始されたとしている。これは、蓮如の「一代記」として、その業績を讃える記事の一つとして、例えば「山科御坊並其時代事」には「念仏に和讃は近代の事」と記しているから、蓮如の代に始まった勤行であると意識されていたことがわかる。(注68)

そして、「正信偈・念仏・和讃」という勤行形式の普及の前提には、親鸞集団において「和讃」の諷誦が行われていて、「高僧和讃」などは、当初から諷誦を目的により親鸞により製作されたと考えられる。また、諸本が想定される「聖徳太子和讃」に至っては、天台口伝法門として流布していたものを、親鸞が加除し門弟に下付し唱導されたという想定が成り立つから、真宗儀礼史の伝統の中に「みんなでご

もん(ご文)を唱える」という勤行の形・姿が存在していて、蓮如による「正信偈・念仏・和讃」を開版する背景が存在し、「念仏」に節回しをつけて諷誦していく形式(声明譜)も「往生礼讃偈」から転用であることを考えれば、その集大成であったともいえる。

そして、何よりも重要なことは、みんなで唱える「ごもん(ご文)」が、蓮如・本願寺という本寺・本山により開版され、門末に下付されていることの意味である。つまり、諷誦される経典・聖教を本願寺が印刻し印刷し、単に開版の意味が印刷による大量普及ということに止まらず、門徒集団に本寺から指定された、免許された「聖典」として下付を受けさせることの意味である。

文明版と呼ばれる「正信偈・三帖和讃」には、『教行信証』教巻末の「念仏正信偈」と、「南無阿彌陀仏」(念仏)、「三帖(浄土・高僧・正像末)和讃」から構成されていて、それぞれには、読み仮名と節譜(声明譜)が付されている。そして、「刊記」には、「文明五年三月」と「右斯三帖和讃併正信偈四帖者、末代為興隆版木開之者也而已」という刊記と、「大谷本願寺蓮如」という署名に花押が据えられていて、聖教の下付と同一の範疇で行われていたものと考えられる。(注69) この吉崎における「正信偈・念仏・和讃」の開版は、「山科御坊其時代事」が「近代」の例としている本願寺教団の標準的勤行形態を形成するだけではなく、通仏教的に理解しようとした場合においても、「本願寺流」の勤行様式として世間から見られたと考えられる。

「正信偈」の諷誦を中心とする勤行形態は、現代の真宗の法要儀礼においても継承され、もっとも格式化がすすんでいる「葬送儀礼」においても、蓮如期の儀礼が中心に置かれていると解説されている。

(注70) 戦国期本願寺教団では、数多くの「葬中陰録」・「闇維中陰録」といった葬送の記録が作成された。これらの儀礼に関する記録は多種・多様に及んでいて、何も葬送儀礼に限定されるわけではないが、諸記録類の存在により、戦国期真宗において「儀礼」に対する関心が高揚していたことがわかる。(注71) そこで、印象に深いのは、今日に至るまで真宗の「葬送儀礼」のクライマックスとなるのは、導師が「サハウ」(作僧・作相)という、「大鐘」を打ち上げ、打ち下ろしている間に「焼香」を行い、亡者の遺骸が入っている「棺」には、僧尼の礼装である「七條袈

姿」を懸け「法名」を名のらせる儀礼である。(「没後作僧」)そして、導師による故人の没後の出家儀礼である「作僧」後に、「正信偈」の諷誦の間に参列者の焼香が行われる。ここでも、「正信偈」の諷誦は儀礼の中心に据えられ、みんなでお勤めする「ごもん」が、禅宗でいう「引導・作僧」の中心においているのは重要である。

つまり、蓮如による「正信偈・和讃」の開版は、一回の印刷量が数百単位を限界とする木版刷であっても、確かに、活版印刷のように大量にというわけにはいかないものの、みんなで唱える「ごもん」としての聖教としての普及への契機となったことは間違いない。また、みんなで唱える「ごもん」に、後に本願寺教団で「証判」と呼ばれる、本願寺宗主の法名による「署名・花押」が据えられ、諷誦する聖典(経典・聖教)が、あたかも教団の許可制、つまり、宗派の指定する「聖典」になったことも留意する必要がある。(注72)

- 67) 宮崎圓遵『真宗史の研究(下)』P68以下。  
 68) 「大谷大学所蔵本」(『真宗史料集成』2巻)  
 69) 『真宗史料集成』第2巻, P544。  
 70) 『浄土真宗本願寺派葬儀規範集』(浄土真宗本願寺派1986年)  
 71) 遠藤(松尾)『戦国期真宗の歴史像』。  
 72) 「正信偈・念仏・和讃」の開版は、本願寺教団における聖教の「指定版」・「普及版」あるいは「選集版」の制定として、考える必要がある。蓮如期以降の真宗寺院の所蔵聖教がごく貧弱であるという印象は、「正信偈・三帖和讃」が、「宗典」、つまり、本願寺教団所属の寺院としての最低限所蔵すべき「真宗聖教の選集」としての役割を示したものと受け取ることが出来る。儒教でいえば、朱子学の「易経」を模倣したか、そのような役割を持たそうとしたものと考えられはしないか。今後の検討課題である。

#### 4. 本願寺「宗祖像」前での「報恩講」

##### — 蓮如による「報恩講」確立の意味 —

本願寺の宗祖親鸞祥月命日法要である「報恩講」は、親鸞の曾孫である覚如が親鸞三三回忌を機縁として、一七日(7日間)の法要として開始したことを淵源とする。草創期本願寺における「報恩講」は、「親鸞聖人伝絵」の「絵解」が中心であったと考えられる。この「絵解」は、「親鸞(本願寺聖人)伝絵」と、その絵相への「詞書」である「御伝抄」を唱導テキストとしたもので、列島日本の中世社会で一般

に行われていた「高僧伝」や「寺社縁起」に対する「絵解」(口頭伝承文芸)と共通している。「御伝抄」と「親鸞聖人伝絵」は、覚如26歳の作品で、「報恩講」は東山大谷本願寺の「御影堂」に安置される親鸞(宗祖)像前で行われ、宗祖像は親鸞の骨灰が埋め込まれたという「生身」・「根本」と称される「御影」であり、もともとは、親鸞の「墓前」で行われる「謝肉祭」的な法要・仏事勤行であった。(注73)

草創期本願寺における「報恩講」が「謝肉祭」的な仏事であったことは、覚如による「報恩講」仏事の創出に付加して、覚如が「報恩講」の内容を具体的に記した「報恩講式(私記)」にも現れる。覚如「報恩講式(私記)」は、講式であるから、報恩講という仏事勤行のマニュアル書のような性格を想っている。その「報恩講式」によれば、草創期=南北朝期の「報恩講」は、「親鸞聖人伝絵」の絵解きと、祖像(影前)における親鸞の遺骨礼拝が中心であった。親鸞の遺骨礼拝を「報恩講式」は、「かの遺恩を重んずる門業、その身命を軽んずる後昆、毎年を論ぜず遠絶を遠しとせず、境間千里の雲をしのぎて奥州より歩みを運び、隴道万程の日を送り諸国より群詣す、廟堂に跪きて涙を拭ひ、遺骨を拝して腸を断つ」と記している。(注74)

中世戦国期以前の本願寺「報恩講」は、宗祖親鸞の「影像」の前で行われる「謝肉祭」的な仏事勤行・法要であり、基本的に寛正の法難(1465年)、前年の11月に行われた「報恩講」までは、「親鸞聖人伝絵」の絵解や親鸞の「遺骨礼拝」を中心とする仏事勤行により構成されているのが草創期より継続していたものと思われる。この「謝肉祭」的な「報恩講」の性格が大きく変化するのは、文明5(1474)年11月吉崎坊舎での「報恩講」の勤修からである。

文明5年の「報恩講」においては、「謝肉祭」的な仏事勤行を変化させる点で重要な点が3点にわたり存在する。一つは、それまで呼び方も「一七日の御報恩」といったりして不統一であった親鸞の祥月命日法要を、この年の10月から積極的に親鸞の「報恩講」を主題とした「御文」を多数述作する中で、「報恩講」へと「法語」を通じて統一していった。二つには、「御文」のなかで、「報恩講」における意義である宗祖親鸞への「報恩」の内容を「信・不信の分別」という「自信を問う場」へと位置づけ、これも大きな「報恩講」の意義であると「御文」で述べている。(注75)そして、三つ目には、「正信偈・念

仏・和讃」という親鸞が製作した聖教により「仏徳讃嘆」を行う仏事勤行の仕様とし、「報恩講」への参加が本願寺教団の構成員となったという自覚・自意識の形成に大きく役立ったものと考えることができる。

- 73) 遠藤(松尾)「本願寺報恩講の確立と蓮如の宗教活動」(徳永大信『蓮如上人の総合的研究』1996年 永田文昌堂)。P155以下。  
 74) 『真宗聖教全書』2巻(1941年 大八木興文堂) P639以下。  
 75) 「諸文集」No.41(『真宗史料集成』第2巻) P169以下。

## 5. 口頭(音声)による仏法聴聞

### ①「御文」により言って聞かせる

#### —「法語」による仏法聴聞の内実—

拙い私見によれば、蓮如「御文」は、拝読用の「法語」を、一紙ごとに製作していった「一紙法語」を基本的性格とする。(注76)そして、拝読用の「法語」としての機能・役割を持ち出すのは、文明5(1473)年の夏頃よりであり、本格的に拝読用の聖教(「一紙法語」として述作・下付されるようになったものと推定される。この推定の根拠は、蓮如が在世中の「御文」の書写本で、書写時期も1473年の秋彼岸(9月中旬)と確定できる下間安芸蓮崇書写「御文集」の本文右に付された「訓(右訓)」の存在である。この右訓は、蓮如の手による「御文」拝読の指南ではないかと推定され、諸所の蓮如自身の手による「書き込み」により、下間安芸蓮崇本「御文集」が蓮如の監修・編集を受けたことを暗示している。(写真1, 2を参照)

つまり、本文の右に書き添えられた「内方教化」という為書や、「タヤ」・「ハウスタチ」・「ナイホウ」といった読み仮名の存在は、単に漢字の読みに疎い蓮崇に仮名を振ったということだけにとどまらない問題を示していて、何のための仮名かという問題を考えれば、「御文」の蓮如自身による「拝読指南」であったのではないかという、ことにならないかという推定である。

蓮如「御文」を、中世列島日本社会の仏法伝播の中心であった「口語り」という文化のなかに落として理解しようとするならば、蓮如が製作したテキスト「一紙法語」による仏法の「口語り」という評価を与えるのが順当ではないかという提案である。そして、

「御文」の述作目的も、不特定多数の人のびとへ真宗の宗旨を宣伝的に説いていくというのではなくて、蓮如の想定外に本願寺門徒が拡大した事態に対応し、新たに本願寺教団に参加してきた人々に対し、つまり、新門徒に宗旨の肝要を説くためのものであったと推定している。「御文」は、「言って聞かす」ための「法語」であるという理解である。

実際に「御文」の本格的述作は、1471(文明3)年以降であり、特に文明5年秋より7年がさかんに製作された。蓮如が、文明5年秋から7年にかけて執筆した「御文」で扱われた主題は、「掟」・「女人往生」・「機法一体」・「聖人一流」…といった、後の本願寺教団において「御文」の中心的な作品群と理解されていて、蓮如教学の核心と評価されてきた「御文」である。教義上において重要な「御文」であるということは、一般的にいうような「御文」の製作目的である真宗の法義をわかりやすく人のびとの耳に入りやすいように、しかも解りやすいように人々に伝えるというよりは、真宗の肝要を的確にまとめて説いたものとするのが妥当ではないか。つまり、「御文」は真宗門徒としての「嗜み」や、真宗の教義を徹底させることが中心課題で、「御文」の目的が「組織の引き締め」、宗旨の肝要を言って聞かすところ、門徒からすれば、「法語」を聴き抜いて身に浸み込ませるところにあったことがわかる。

- 76) 福岡光超(研究主任)・星野元貞・金龍 静・遠藤(松尾)一・大喜直彦・岡村喜史による1990年度の『御文章』書写本の調査・研究による調査の成果である。(『龍谷大学仏教文化研究所『研究紀要』31集 1992年』に遠藤(松尾)の文責で調査目的と概要を論じておいた。

### ②「平曲」の口語り

#### — 報恩講の夜、口頭伝承文芸による

#### 「こころ」の開発 —

戦国期本願寺教団において、どのような形で仏法は説かれていたのだろうか。今日の仏法讃嘆は講談形式による「お説教(法語)」が行われる以前は、真宗という宗派に限定されない仏法の唱導がおこなわれていた。民間宗教者による口頭伝承・口語りによる仏法聴聞の世界であり、「平曲」・「説経節」・「幸若舞」などをあげることができる。「御文」の拝読も、

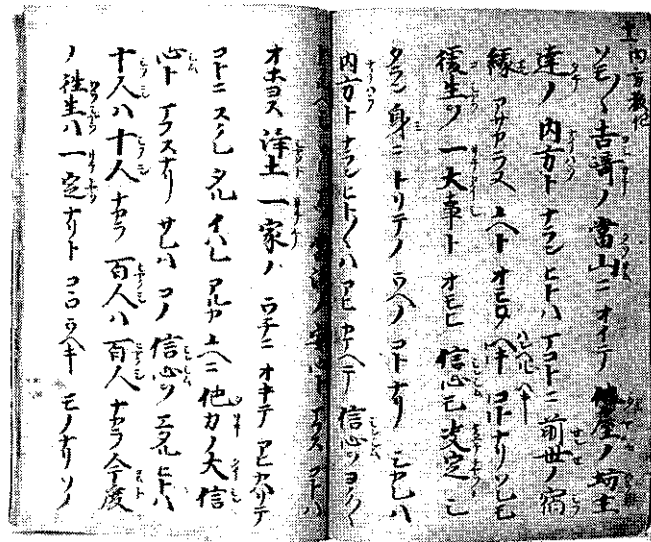
広い見地に立てば、言って「聞かす・聴かす」という点からいえば、テキストを持っている「口語り」あるいは「口頭伝承文芸」という表現が可能になる。事実、「御文」による「法語」の聴聞だけではなく、戦国期の本願寺寺内においては、多様な「口語り」が行われていた。

例えば、「山科御坊其時代事」には、蓮如在世中からの「検校」（琵琶法師）の来訪が記されている。(注77) 山科坊舎では、宗祖親鸞の祥月命日法要である「報恩講」夜に琵琶法師の「口語り」が行われたというのである。注目すべき点は、蓮如は検校に、真宗僧侶としての正式な衣体を与え、山科坊舎では、宗祖像の前で「平曲」の口語りを演じさせたとある。

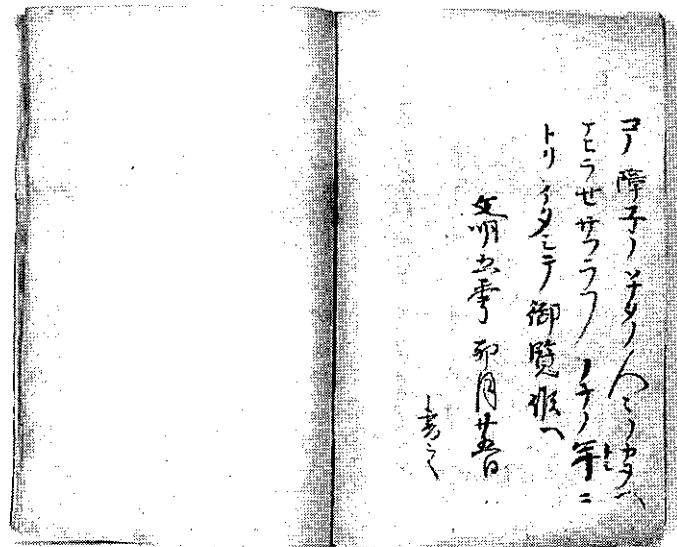
(注77) また、証如の日記である「天文御日記」には、「幸若舞」、「幸若大夫」一座の大阪寺内来訪と上演が記されている。(注78) 戦国期列島社会に流行した「敦盛」・「曾我兄弟」…、といった幸若舞が大坂寺内で演じられ、人びとに混じり宗主までが聴聞していたこともわかり興味深い。このように考えると、中世戦国期本願寺教団では、「口語り」による仏法も説かれ、豊かな心の開発が行われたものと推定できる。(未完、以下次号)

77) 『真宗史料集成』第2巻。

78) 『真宗史料集成』第3巻。



(写真1) 「西光寺御文集」(蓮宗書写部分)



(写真2) 「西光寺御文集」(蓮如自筆部分)



## 技術論文

3D-CAD/CAMによるマイクロプロペラ形風車ブレードの設計・製作  
(第1報；ラボスケールブレードの設計製図)

中武 靖仁\*1, 福田 幸一\*2, 田中 大\*1, 内尾 晃太\*3, 長浜 翔\*3

Design and Manufacturing of Rotor Blades for Micro Propeller Type Wind Turbine with  
Three-Dimensional CAD/CAM  
(1st Report ; Design and Drawing for Laboratory Scale Blade)

Yasuhito NAKATAKE\*1, Koichi FUKUDA\*2, Hiroshi TANAKA\*1, Kohta UCHIO\*3 and Sho NAGAHAMA\*3

## 1. はじめに

近年の自然エネルギーへの関心の高まり、原油価格の高騰、あるいはモニメント効果などの事由により、風力発電機としては最も小さいクラスである出力1kW（回転ロータ直径3m程度）以下のマイクロ風力発電機が、ビルの屋上、公園あるいは民間住宅においてもしばしば目にするようになってきた。

マイクロ風力発電機は、様々なタイプのものが実用化されているが、ロータ軸が地面と水平で、羽根の形状がプロペラの形を有するプロペラ形が発電効率の面から最も優れている。しかし、風力発電機全般に共通することではあるが、風車サイズが小さいほど発電量に対する設備費が割高になることから、特に、マイクロプロペラ風車専用のロータブレード（回転羽根）に関する研究はあまり例がない。

本研究では、マイクロプロペラ風車に適したブレード、すなわち、サイズが小型になればなるほど問題となる風速や風向の変動が激しい場所に設置された場合においても高出力を維持し、しかもできるだけ風切り騒音を低く抑えた高性能な新型ブレードの開発を目的に、本校の流体実験室でのラボ実験ならびに本校メインストリート北側にある4階建て機械材料棟屋上でのフィールド実験を遂行している。

著者らはこれまでに、既存のプロペラ形風車より

も高速で回転させることにより、より効率が高くなるブレードを開発することを目的に研究を行ってきた。この新型マイクロ風車ブレードの開発を、可能な限り自前で、しかも本校内の現有設備を利用して行うことは、コスト面および製作日数の点からも有意義であり、さらに、現有設備の有効利用の観点からも重要である。そこで、マイクロプロペラ風車用のブレード設計・製作を例として、3D-CAD/CAMによる3次元形状をもつ物体の設計・製作について技術論文として報告する。

本報では、設計製図から製作まで、すべて本校内の現有設備で行った、ラボスケールブレード（全長300mm、ブレード長さ237mm、ロータ直径658mm）の設計製図方法について報告する。

## 2. プロペラ形風車ブレード形状の概要

発電機により発生する電力は軸トルクと回転軸の角速度の積となる。一般に、発電機は高回転の方がすべりロスが少なくなるが、低速のものから高速回転へ増速した場合、伝達ロスが生じる。そのため、プロペラ形風力発電ではできるだけ高速に回転する方が効率が低い。従って、プロペラ形風力発電機で使用されるロータブレードは、高トルク・低回転より、低トルク・高回転の方が有利であるため、風を切り裂いて高速に回転することで揚力を得ることのできる、風との摩擦抵抗が小さくなる弦長（幅）の短いブレード（翼、羽根）が最も使用されている。これが、プロペラ形風車で使用されている細長いブレードが、扇風機の羽根や船舶のスクリューなどと

平成18年8月21日 受理

\*1久留米工業高等専門学校機械工学科

\*2久留米工業高等専門学校制御情報工学科

\*3元久留米工業高等専門学校専攻科生

Copyright 2006 久留米工業高等専門学校

形状が違う理由である。

### 3. ラボスケールブレード (ブレード長さ237mm)

#### 3.1 設計

プロペラ形風車の翼の性能を求める要素には、(1)翼の断面の形すなわち翼型、(2)半径方向へのねじりの度合いすなわち局所取付角(ピッチ角)、(3)等弦長翼・テーパ翼・前進翼など回転面から見た平面の形の3つがある。

設計ではまず、翼の断面形状すなわち翼型を決定した。翼型ならびに翼型特性は、参考書<sup>(1)</sup>やインターネット<sup>(2)</sup>上でデータベース化されており、そのデータとしては、幾つかのレイノルズ数毎に、迎え角に対する揚力、抗力の大きさ等がまとめられている。今回使用した翼型は、プロペラ風車用として一般的に使われているNACA4415とした。NASAの前身であるNACAが航空機用の翼型としてデータベース化したものであり、数字の下2桁の15が最大厚みが弦長の15%であることを意味している。

次に、風車ロータブレードの簡易設計法<sup>(3)</sup>に基づき、半径位置における局所流入角(風車回転面に流入する風の回転接線に対する角度)を決定した。まず、ロータ上の各点における局所周速比を式(1)から求めた。

$$\lambda_r = \lambda \times \frac{r}{R} \quad \dots(1)$$

ここに $\lambda$ はブレード先端における設計周速比である。周速比とは風車の性能を表した値であり、ブレードの周速度を風速で無次元化した無次元数(= $\omega R/V$ )である。今回は強度面などを考慮し $\lambda=8$ とした。

また、局所流入角 $\phi_r$ および局所取付角 $\beta_r$ を式(2)および式(3)から求めた。

$$\phi_r = \frac{2}{3} \tan^{-1} \frac{1}{\lambda_r} \quad \dots(2)$$

そして求めた $\phi_r$ から式(3)から求める。

$$\beta_r = \phi_r - \alpha \quad \dots(3)$$

ここに、 $\alpha$ は $C_L/C_D$ が最大となる迎え角でありNACA4415の場合、翼型特性から $\alpha=6.2^\circ$ であった。

最後に、ブレードの平面形状を求めるために、式(4)からロータ上の各点における翼弦長 $C_r$ を求めた。

$$C_r = \frac{8\pi r}{BC_L} (1 - \cos \phi_r) \quad \dots(4)$$

ここに $\beta$ はブレードの枚数である。

図1に、以上の結果をまとめて2D-CADであるAutoCAD LT 2002にて描いた図を示す。本図は、各半径位置でのブレード断面がそれぞれ平行な、通常のプロペラ風車に使用されるテーパ翼である。なお、図中、ブレード形状がわかりやすいように、断面形状はブレードの長さに対して、比率を2倍で示している。

図2に、著者らが提案している、平面形状が回転方向に傾いている前進翼の図を示す。前進翼は、通常の半径方向に直線であるブレード(図1)と比較して、より高速に回転することができ、しかも低騒音を兼ね備えたブレードの開発を目的に研究している<sup>(4)</sup>、なお、前進翼の前進角度の設計には、渦巻ポンプの羽根曲線の設計で用いられている3円弧法<sup>(5)</sup>を適用した。

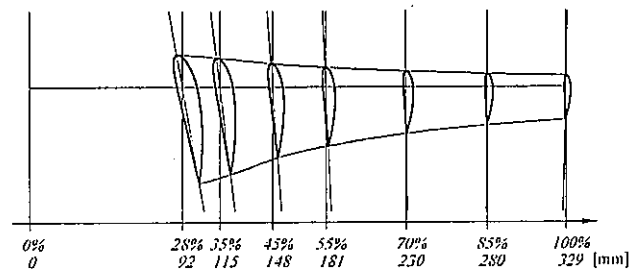


図1 ロータ各点でのブレード断面図(テーパ翼)  
 (断面形状は倍率が2倍)

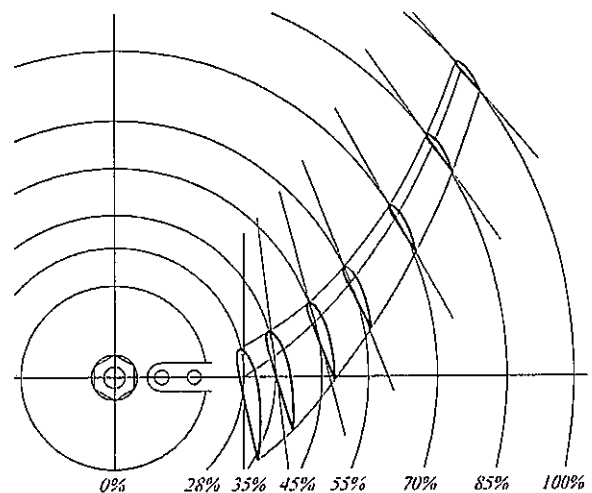


図2 ロータ各点でのブレード断面図(前進翼)  
 (断面形状は倍率が2倍)







### 3.2 3D-CADへの変換

2D-CAD (AutoCAD LT 2002) から3D-CAD (Solid Works) へ変換方法は以下の通りである。

- 1) 2D-CADで描いたロータ各点でのブレード断面 (図1, 図2) を Solid Works 上の2D-CAD に貼り付ける。
- 2) 3D-CADで面を作成し, それぞれを貼り付け, それを滑らかにつなぐ。
- 3) 翼断面を貼り付ける時の基準となる点は, 翼面上の圧力モーメントの中心である, 弦長の1/4の点とする。
- 4) テーパー翼の場合, ロータ各点での断面は全て平行であるため断面間の各距離を求め, その距離で面を作成し, それぞれの面に翼断面図を張り付ける。
- 5) 前進翼の場合, 設計した断面が平行ではないため, 隣合うの面同士を延長した面の交線から翼中心までの距離とその間の角度が, 全ての翼断面間において必要となる。これは, 2D-CADで求めておく。

### 3.3 3D-CADの作図方法 (テーパー翼)

まず, テーパー翼の3D-CADでの作図方法について箇条書きにて示す。

- 1) 起動: SolidWorks Education Edition を起動し, 新規  をクリックし, テンプレートから部品  を選択する。
- 2) 1つ目の面の作成: 最初の面を作成するために, 正面を選択している状態でツールバーの平面  をクリックする。オフセット距離  を 0 mm に設定し, OK  をクリック。なお, 平面を作成するときは表示方向を等角投影  に変更しておくとうわかりやすい。
- 3) 2つ目以降の面の作成: 平面 1 を選択した状態で平面をドラッグし, オフセット距離を設計し

た値に設定し, OKをクリック。このようにして設計した翼断面位置すべてに面を作成する (図3)。

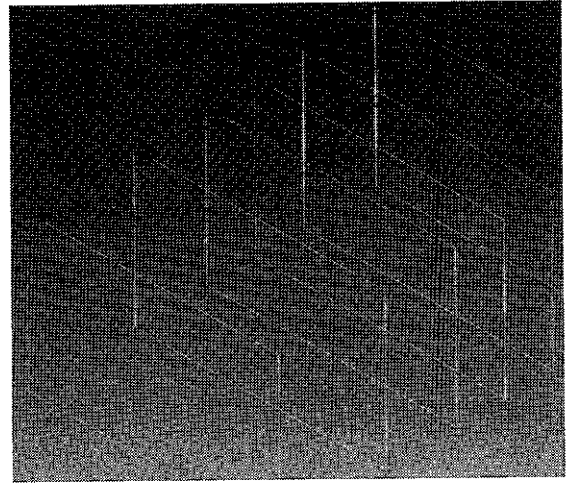


図3 面作成画面

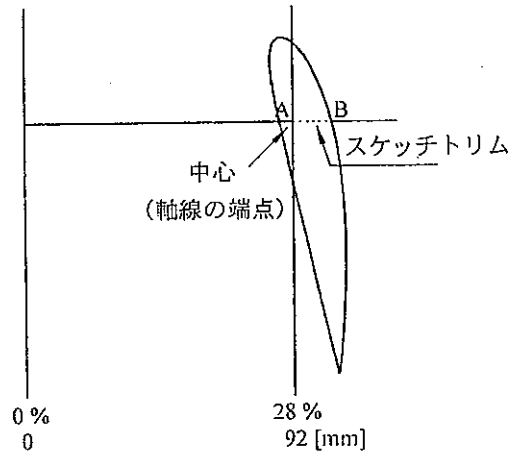


図4 翼断面修正

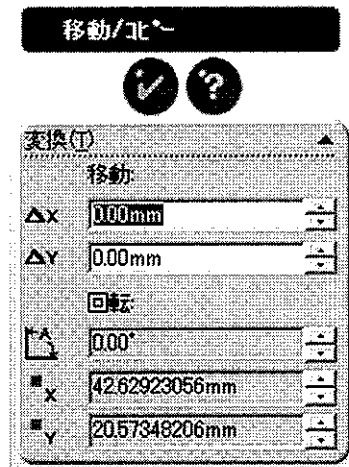




図5 移動/コピー画面


4) 2D-CADの取込：図1の2D-CADデータを


SolidWorksに取り込むため、開くをクリックし、2D-CADデータを選択し、開くをクリックしたあと、確認画面で完了をクリックする。

5) 前準備：取り込んだCADデータを図4のようにブレードの軸線の端点が翼断面の中心に来るようにすべての翼断面図において書き直しておく。そうすることで平面に翼断面を正確に貼り

付けることができる。スケッチトリムでA-B間をクリックすることで簡単に書き直すことができる。



6) 翼断面の貼り付け：まずブレード根元部となる

平面6を選択し、スケッチをクリック。ス


ケッチしやすくするため表示方向を正面に変更する。次に、取り込んだCADデータの根元部の翼断面図をすべて選択し、Ctrl + Cでコピーする。そして部品画面に戻り、貼り付ける。

7) 貼り付けた翼断面の中心を原点(0, 0)へ移動：貼り付けたデータをすべて選択したあと、Ctrlを押したまま翼断面の中心をクリックする。そうすることで、移動するときの基準点が翼断面の中心となる。その後、左にある移動/コピーボタンをクリックすると図5が表示される。こ

こで、図4の, の値にマイナスをかけた

た値を、, にそれぞれ入力し、OKをクリックすると翼断面の中心が原点(0, 0)に移動される。翼断面図以外の線を削除し、スケッチをクリックしスケッチを終了する。6), 7)をすべての面において実行すると、図6となる。

8) 翼断面の内挿(面貼り, ロフト)処理：ロフト

をクリックし、グラフィックス領域で各輪郭の同じ位置をブレード根元または先端部分から順にクリックし、OKをクリックする。すると図7のブレード部分は完成となる。

9) 支持(根元の取付)部：まずロフトコマンドを実行するために平面6に同じ翼断面を貼り付ける。次に平面6からオフセット距離が25mmの場

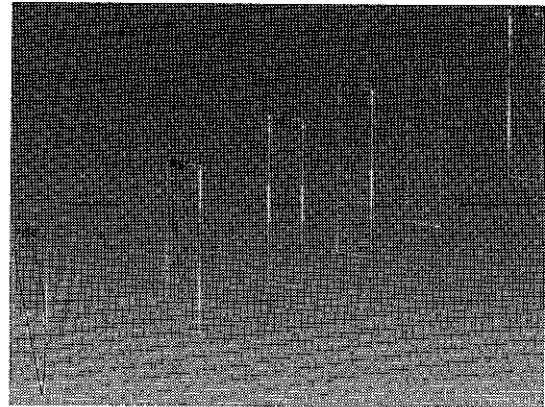


図6 ロフト(面貼り)コマンド前

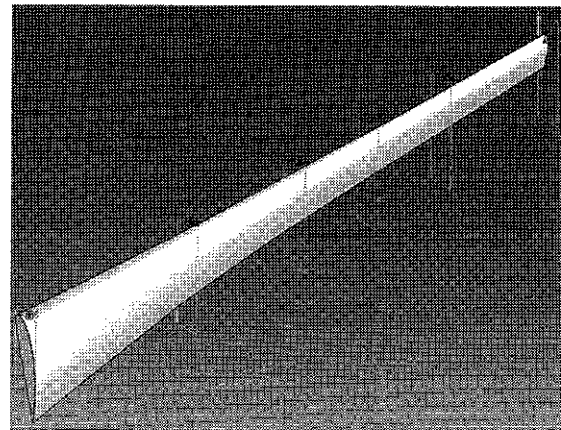


図7 ロフト(面貼り)コマンド後

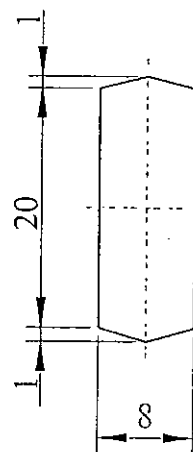




図8 支持部図面

所に平面7を作成し、図8を作図する。ここでロフトを実行して六角形と翼断面を滑らかにつなぐ。平面7に縦20mm×横8mmの四角形を書いておく。平面7からオフセット距離45mmに面を作成し、ここにも同じ四角形を書く。それらをロフトでつなぐ(図9)。

- 10) キリ孔と面取り：図9の右側の面を選択し、スケッチをクリックする。そして図10のように円


を書く。その後、押し出しカットをクリックし、押し出し状態を全貫通に設定し、OKを


クリック。さらにフィレットをクリックし、平面8の上辺を選択し半径を10mmにしてOKをクリックする。これを下辺でも繰り返す。すると図11のようなテーパ翼の完成となる。

### 3.4 3D-CADの作図方法 (前進翼)

次に、前進翼の3D化について説明する。前進翼の場合、先に全ての面を作成し、断面図を貼り付けるという手順では3D化するのが困難であるため、1つずつ面を作成し、翼断面を貼り付けていく方法をとる。

- 1) まずテーパ翼作成手順の1), 4), 5)を順に実行する。
- 2) 面の作成：1つ目の面を作成し、翼断面の中心が原点になるように貼り付ける。その後、横線だけを選択し、移動/コピーをクリック。図12に示すように予め2D-CAD上で調べておいた、2面の交点からの距離分上に移動させる。この線が2つ目の面を作るときに回転させる基準線となる。
- 3) 2つ目の面の作成：まず平面1を選択した状態

で平面をクリックし、その後2)で移動させた線をクリックして選択、そして角度指定

をクリックし、予め調べておいた2面間の

角度を入力。最後にOKをクリックする(図13)。

- 4) 翼断面の貼付および移動：まず、2つ目の面に翼断面を貼り付ける。ここで貼り付けた翼断面

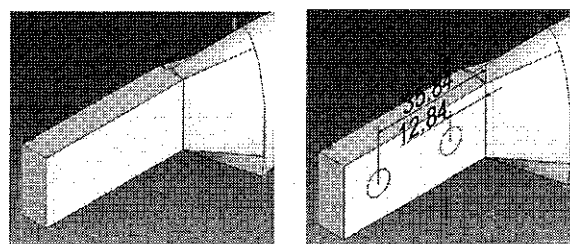


図9 支持部ロフト

図10 円書き込み

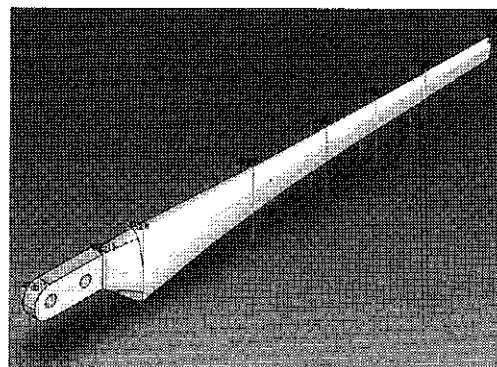


図11 完成したテーパ翼の鳥瞰図

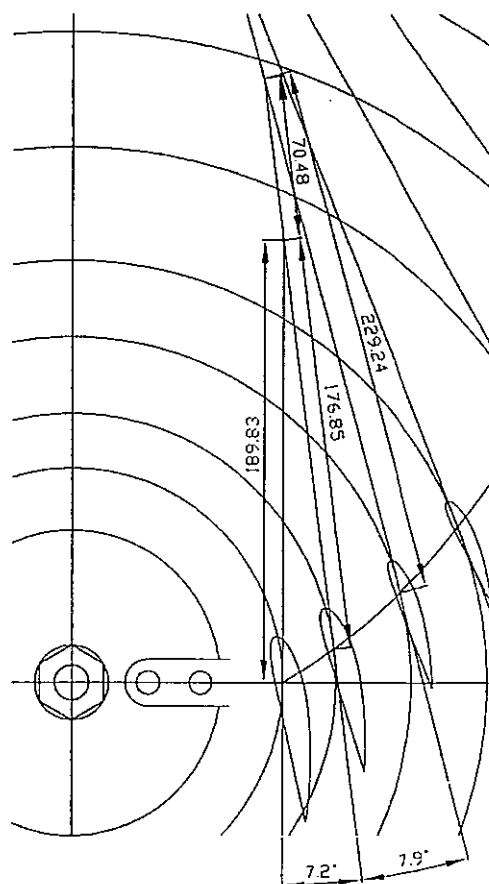


図12 2面間の角度および交点からの距離

を、予め調べておいた2面の交点からの距離分移動させるために、まず交わった線のところに平面2にも同じように線を書く。このとき片方の端は $X=0$ にしておく。その後翼断面をその $X=0$ の端点に中心がくるように移動させる。最後に翼断面図を予め調べておいた距離分下に移動させる。図14のように移動させた後、上にある線を調べておいた距離分移動させ、スケッチを終了する。これが3つ目の平面を作るときに回転させる基準線となる。

6) 3つ目以降の断面の作成：3), 4)を繰り返すことで可能となる。すべて貼り付け終わると図15となる。さらにロフトをすることで図16となる。最後に支持部を完成させると、図17となる。

#### 4. おわりに

3次元形状をもつ物体の設計・製作を行うために、第1報として、マイクロプロペラ形風力発電用ブレードの設計製図を例として述べた。1つは長手方向断面が平行である、すなわちテーパ翼、もう1つは草

刈鎌のような形状をもつ、それぞれの断面が角度を有する前進翼の2例を挙げた。作図ができれば、次は製作であるが、製作方法は次報で報告する予定である。

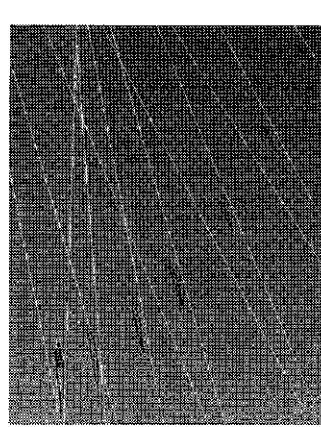


図15 ロフト前

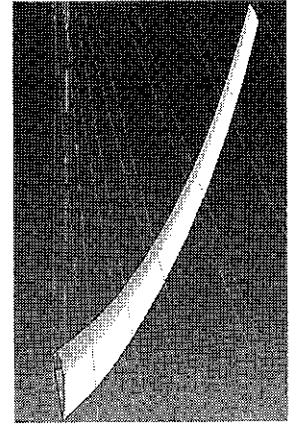


図16 ロフト後

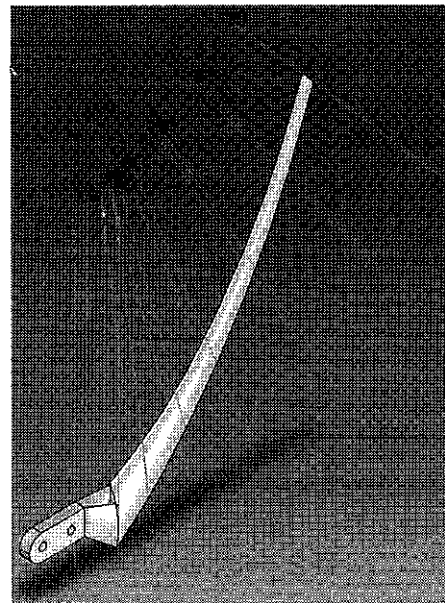


図17 完成した前進翼の鳥瞰図

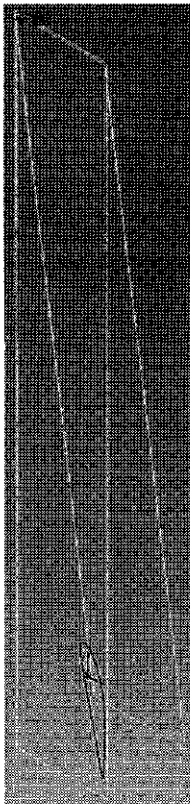


図13 平面2作成

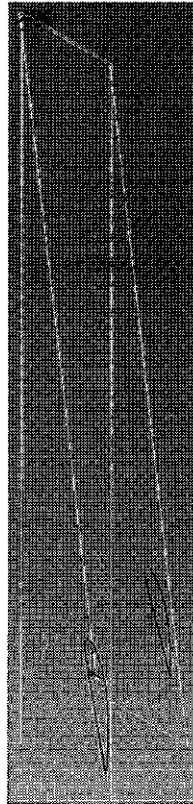


図14 翼断面書き込み後

#### 参考文献

- (1) Ira H. Abbott and Albert E. Von Doenhoff, Theory of Wing Sections, Dover Pub. (1958)
- (2) 日本大学理工学部航空研究会翼型データベース, <http://www.nasg.com/afdb/>
- (3) 牛山 泉, 風車工学入門, 森北出版 (1999)
- (4) 中武・田中・内尾, マイクロ水平軸風車用前進角付きブレードの性能に関する実験的研究, 風力エネルギー, vol. 28, no. 3, pp. 54-57, 2004. (30 Sep. 2004)
- (5) 柏原ほか3名, 渦巻ポンプの設計, パワー社 (2000)

## 教育研究報告

## 位相空間のなす圏上の連続関手の拡張に関する研究報告

酒井 道宏

A REPORT ON THE EXTENSION OF CONTINUOUS  
FUNCTOR ON THE CATEGORY OF TOPOLOGICAL SPACES

Michihiro SAKAI

ABSTRACT. We consider the following questions: when can we extend a continuous endofunctor on  $Top$  the category of topological spaces to a continuous endofunctor on the category of continuous maps,  $Top(2)$ ? If we can, does such continuous endofunctor preserve  $q$ -Fib? In this paper, we define  $q$ -Fib the topological category of locally trivial quasi-fibrations over polyhedra and show that any continuous endofunctor on  $Top$  induces a continuous endofunctor on it.

## 1. INTRODUCTION

[5, 6] の中で James は通常ホモトピー論を拡張する形で連続写像のなす圏である  $Top(2)$  を紹介した. この拡張は, 位相空間と連続写像のなす通常の圏である  $Top$  に様々な情報を与えるものである.  $Top$  の連続関手の自然な拡張は, それを達成するために強力な道具を与えてくれる. ここではまず  $Top(2)$  や  $Top_B$ ,  $Top_B^A$  などを定義する.

**Definition 1.1.**  $Top(2)$  の対象は  $Top$  の写像  $p : E \rightarrow B$  であり  $(p : E \rightarrow B)$  と表す.  $Top(2)$  の対象  $(p_1 : E_1 \rightarrow B_1)$  と  $(p_2 : E_2 \rightarrow B_2)$  の間の射は, 次の図式を可換にする写像の対  $(f : E_1 \rightarrow E_2, g : B_1 \rightarrow B_2)$  である.

$$\begin{array}{ccc} E_1 & \xrightarrow{f} & E_2 \\ p_1 \downarrow & & \downarrow p_2 \\ B_1 & \xrightarrow{g} & B_2 \end{array}$$

**Definition 1.2.**  $Top(2)$  の対象  $(B, A)$  に対して, 圏  $Top_B^A$  の対象は  $Top$  の写像の対  $(p : E \rightarrow B$  と  $s : A \rightarrow E$  で, その合成  $pos$  が包含写像  $i_B^A : A \hookrightarrow B$  となるものである.  $Top_B^A$  の対象  $(p_1 : E_1 \rightarrow B, s_1 : A \rightarrow E_1)$  と  $(p_2 : E_2 \rightarrow B, s_2 : A \rightarrow E_2)$  の間の射は, 次の図式を可換にする写像  $f : E_1 \rightarrow E_2$  である.

$$\begin{array}{ccc} E_1 & \xrightarrow{f} & E_2 \\ p_1 \searrow & & \swarrow p_2 \\ & B & \\ s_1 \swarrow & & \searrow s_2 \\ E_1 & \xrightarrow{f} & E_2 \\ & A & \end{array}$$

$A = \emptyset$  のとき,  $Top_B^A$  を単に  $Top_B$  と表し, また  $A = B$  のとき  $Top_B^B$  となる.  $f$  と  $g$  を  $Top_B^A$  の射とする. このとき,  $Top_B^A$  に写像  $h_t, t \in [0, 1]$  があって  $h_0 = f$ , and  $h_1 = g$  となるとき,  $f$  と  $g$  は  $Top_B^A$  の中でホモトープと呼ぶ.

**Definition 1.3.**  $\Phi : map(X, Y) \rightarrow map(\Phi(X), \Phi(Y))$  が連続であるとき, 関手  $\Phi : Top \rightarrow Top$  は連続であるという.

このとき, 次の疑問が生ずる.

**Question 1.4.** (1) 位相空間のなす圏  $Top$  上の連続関手はいつ連続写像のなす圏  $Top(2)$  上に拡張できるか?

(2) もし拡張できたならば, それはファイブレーションを保つか?

これらの疑問は, James によってある条件の下で部分的に解決されている.

**Theorem 1.5** (James [5]).  $Top$  上の連続関手  $\Phi$  が  $X \subset \Phi(X)$  という条件を満たせば,  $Top(2)$  上に拡張できる.

**Corollary 1.6** (James [5]).  $Top$  上の連続関手である *Cone* 関手  $C$ , *suspension* 関手  $\Sigma$ , *James' reduced product* 関手  $J$ , *localisation* 関手  $R$  (Iwase [4] 参照) は, *Theorem 1.5* の条件を満たすので  $Top(2)$  上に拡張できる.

**Remark 1.7.** *Theorem 1.5* は, *loop* 関手  $\Omega$  について *Question 1.4(1)* に答えていないだけでなく *Question 1.4(2)* には何も答えていない.

本研究では, 連続関手に何の条件をつけずに上記の疑問を明確に解決するために  $Top(2)$  より若干小さい圏である  $q-Fib$  に議論を制限する.

## 2. MAIN THEOREM

まず,  $q-Fib$  や  $q-Fib_B$ ,  $q-Fib_B^B$  を次のように定義する.

**Definition 2.1.**  $Top(2)$  の部分圏  $q-Fib$  の対象  $(p:E \rightarrow B)$  は, 多面体上の準ファイバー空間であり次の 2 つの条件を満たすものである.

(i) (局所自明性)  $B$  の各単体  $\Delta_\alpha$  に対して同相写像  $\phi_\alpha$  が存在して, 次の図式を可換にする.

$$\begin{array}{ccccc}
 \Delta_\alpha \times F & \xrightarrow{\phi_\alpha} & \iota_\alpha^* E & \longrightarrow & E \\
 \searrow pr_1 & & \swarrow & \text{PB} & \downarrow p \\
 & & \Delta_\alpha & \xrightarrow{\iota_\alpha: \text{埋め込み}} & B
 \end{array}$$

(ii) (弱位相)  $E$  は部分空間  $\{\iota_\alpha^* E; \alpha \in \Lambda\}$  に関する弱位相を持つ, すなわち,  $A$  が  $E$  の中で閉集合であることの必要十分条件は, 各  $\alpha \in \Lambda$  に対して  $A \cap \iota_\alpha^* E$  が  $\iota_\alpha^* E$  の中で閉集合であることである.

$\alpha, \beta: q-Fib \rightarrow Top$  を

$$\begin{aligned}
 \alpha(E \rightarrow B) &= E, \quad \alpha(f, g) = f \\
 \beta(E \rightarrow B) &= B, \quad \beta(f, g) = g.
 \end{aligned}$$

となる関手とする. このとき, 次のような結果が得られた.

**Theorem 2.2.** 任意の連続関手  $\Phi: Top \rightarrow Top$  に対して, 連続関手  $\Phi(2): q-Fib \rightarrow q-Fib$  が存在して次の性質を満たす.

- (1)  $\alpha \circ \Phi(2)(p: E \rightarrow B) = \coprod_{b \in B} \Phi(E_b)$ ,  $\alpha \circ \Phi(2)(f, g) = \coprod_{b \in B} \Phi(f_b)$ ,
- (2)  $\beta \circ \Phi(2)(p: E \rightarrow B) = B$ ,  $\beta \circ \Phi(2)(f, g) = g$ ,
- (3)  $\Phi(2)(pr_1: B \times F \rightarrow B) = (pr_1: B \times \Phi(F) \rightarrow B)$ ,  
 $h: F_1 \rightarrow F_2$  に対して,  $\Phi(2)(g \times h, g) = (g \times \Phi(h), g)$ .

**Theorem 2.3.** 連続関手  $\Phi_i: Top \rightarrow Top$  の任意の自然変換  $\theta: \Phi_1 \rightarrow \Phi_2$  に対して, 次の性質を満たす自然変換  $\theta(2): \Phi_1(2) \rightarrow \Phi_2(2)$  が存在する.

- (1)  $\alpha \circ \theta(2)(p: E \rightarrow B) = \coprod_{b \in B} \theta(E_b)$ ,
- (2)  $\beta \circ \theta(2)(p: E \rightarrow B) = id_B$ ,
- (3)  $\theta(2)(pr_1: B \times F \rightarrow B) = id_B \times \theta(F)$ .



Theorem 2.2 によって, fibrewise cone, fibrewise suspension, fibrewise reduced product, fibrewise localisation, … のような多くの連続関手を得る.

Corollary 2.4.  $C_B, \Sigma_B, J_B, R_B$  は  $q\text{-Fib}_B$  における連続関手である.

Corollary 2.5.  $(p: E \rightarrow B)$  を  $q\text{-Fib}_B$  の対象とする. このとき,  $J_B E$  と  $\Omega_B \Sigma_B E$  は弱同値である.

### 3. TOPOLOGY OF $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)$

$\Phi: \text{Top} \rightarrow \text{Top}$  を連続関手とし,  $(p: E \rightarrow B)$  を  $q\text{-Fib}$  の対象とする.  $\phi_\alpha: \Delta_\alpha \times F \rightarrow \iota_\alpha^* E$  は各単体  $\Delta_\alpha$  について同相写像であり  $\Phi$  は連続関手だから, 各単体  $\Delta_\alpha$  について同相写像  $\Phi(\phi_\alpha): \Delta_\alpha \times \Phi(F) \rightarrow \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b)$  を得る. そこで,  $(\coprod_{b \in B} \Phi(E_b), \mathcal{O})$  に次のように自然な位相を入れる.

Definition 3.1.  $A$  を  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)$  の部分集合とする.  $A \cap \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b)$  が各  $\alpha \in \Lambda$  に対して  $(\coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b), \mathcal{O}_\alpha)$  で閉であるとき,  $A$  は  $(\coprod_{b \in B} \Phi(E_b), \mathcal{O})$  で閉であるという.

このとき, 次の命題を得る.

Proposition 3.2. 各  $\alpha \in \Lambda$  に対して,  $\mathcal{O} \upharpoonright \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b) = \mathcal{O}_\alpha$ .

Proof:  $A_0$  が  $\mathcal{O} \upharpoonright \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b)$  で閉であるとする. このとき,  $A \cap \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b) = A_0$  となるような閉集合  $A \subseteq (\coprod_{b \in B} \Phi(E_b), \mathcal{O})$  が存在する.  $(\coprod_{b \in B} \Phi(E_b), \mathcal{O})$  の位相の定義から,  $A \cap \coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b)$  は各  $\alpha' \in \Lambda$  について  $(\coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b), \mathcal{O}_{\alpha'})$  で閉である. よって,  $A_0 = A \cap \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b)$  は  $(\coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b), \mathcal{O}_\alpha)$  で閉である. 逆に,  $A_0$  は  $(\coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b), \mathcal{O}_\alpha)$  で閉であるとする. このとき,  $A_0 \cap \coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b)$  が任意の  $\alpha' \neq \alpha$  について  $(\coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b), \mathcal{O}_{\alpha'})$  で閉であることを次の 2 つの場合に分けて示す.

$(\Delta_\alpha \cap \Delta_{\alpha'} = \emptyset$  のとき) 明らかに  $A_0 \cap \coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b) = \emptyset$  であり,  $(\coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b), \mathcal{O}_{\alpha'})$  で閉である.

$(\Delta_\alpha \cap \Delta_{\alpha'} \neq \emptyset$  のとき)  $\Delta_{\alpha_0} = \Delta_\alpha \cap \Delta_{\alpha'}$  とおく. このとき, 次の可換な図式が得られる.

$$\begin{array}{ccccc} \Delta_{\alpha'} \times F & \supset & \Delta_{\alpha_0} \times F & \subset & \Delta_\alpha \times F \\ \approx \downarrow \phi_{\alpha'} & & \approx \downarrow \phi_{\alpha_0} & & \approx \downarrow \phi_\alpha \\ \coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} E_b & \supset & \coprod_{b \in \Delta_{\alpha_0}} E_b & \subset & \coprod_{b \in \Delta_\alpha} E_b \end{array}$$

$\Phi$  は連続関手だから, 次の可換な図式を得る.

$$\begin{array}{ccccc} \Delta_{\alpha'} \times \Phi(F) & \supset & \Delta_{\alpha_0} \times \Phi(F) & \subset & \Delta_\alpha \times \Phi(F) \\ \approx \downarrow \Phi(\phi_{\alpha'}) & & \approx \downarrow \Phi(\phi_{\alpha_0}) & & \approx \downarrow \Phi(\phi_\alpha) \\ \coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b) & \supset & \coprod_{b \in \Delta_{\alpha_0}} \Phi(E_b) & \subset & \coprod_{b \in \Delta_\alpha} \Phi(E_b) \end{array}$$

$\Delta_{\alpha_0}$  は  $\Delta_{\alpha'}$  の面だから,  $\Delta_{\alpha_0} \times \Phi(F)$  は  $\Delta_{\alpha'} \times \Phi(F)$  で閉である. よって,  $A_0 \cap \coprod_{b \in \Delta_{\alpha_0}} \Phi(E_b) =$

$A_0 \cap \coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b)$  は  $(\coprod_{b \in \Delta_{\alpha'}} \Phi(E_b), \mathcal{O}_{\alpha'})$  で閉である. □

4. PROOF OF THEOREM 2.2

$\Phi(2)(E \rightarrow B)$  と  $\Phi(2)(f, g)$  を Theorem 2.2 の条件 (1) と (2) で定義する.  $\alpha \circ \Phi(2)(f, g)$  は各単体について連続だから, Proposition 3.2 より  $B$  上で連続である. そこで,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b) \rightarrow B$  が準ファイバー空間をなすことを示せば十分である.  $B^n$  を  $B$  の  $n$  次元以下の部分空間とする. このとき,  $B$  は部分空間列  $B^0 \subset B^1 \subset \dots \subset B^n \subset \dots$  の帰納的極限であり, 第 1 可算公理を満たすので, [3] の Theorem 2.2 から  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n \rightarrow B^n}$  が各  $n \geq 0$  について準ファイバー空間をなすことを示すだけでよいことがわかる. これを次元  $n$  についての数学的帰納法で示す.  $n = 0$  のとき,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b) \rightarrow B^0$  は自明なファイバー空間となるので, 準ファイバー空間をなす. 次に,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n \rightarrow B^n}$  が準ファイバー空間をなすと仮定する.  $\check{\Delta}_\alpha^{n+1} = \Delta_\alpha^{n+1} - \{*\}_\alpha$  とおく. ただし,  $*_\alpha$  は  $\Delta_\alpha^{n+1}$  の重心とする.  $\check{\Delta}_\alpha^{n+1}$  は  $\Delta_\alpha^{n+1}$  の強変位レトラクトだから,  $B^n \cup \check{\Delta}_\alpha^{n+1} \simeq B^n$  かつ  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n \cup \check{\Delta}_\alpha^{n+1}} \simeq \coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n}$  が成り立つ. これと帰納法の仮定から,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n \cup \check{\Delta}_\alpha^{n+1} \rightarrow B^n \cup \check{\Delta}_\alpha^{n+1}}$  は準ファイバー空間をなす. 同様にして,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n \cup \bigcup_{\alpha \in \Lambda} \check{\Delta}_\alpha^{n+1} \rightarrow B^n \cup \bigcup_{\alpha \in \Lambda} \check{\Delta}_\alpha^{n+1}}$  は準ファイバー空間をなす. また, 局所自明性から  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{\text{Int} \Delta_\alpha^{n+1} \rightarrow \text{Int} \Delta_\alpha^{n+1}}$  は各  $\alpha \in \Lambda$  について準ファイバー空間をなすので,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{\bigcup_{\alpha \in \Lambda} \text{Int} \Delta_\alpha^{n+1} \rightarrow \bigcup_{\alpha \in \Lambda} \text{Int} \Delta_\alpha^{n+1}}$  は準ファイバー空間をなす. [3] の Theorem 2.15 を用いて,  $\coprod_{b \in B} \Phi(E_b)|_{B^n \cup \bigcup_{\alpha \in \Lambda} \Delta_\alpha^{n+1} \rightarrow B^n \cup \bigcup_{\alpha \in \Lambda} \Delta_\alpha^{n+1}} = B^{n+1}$  は準ファイバー空間をなすことがわかる.

5. PROOF OF THEOREM 2.3

$\theta(2)(p: E \rightarrow B)$  を Theorem 2.3 の条件 (1) と (2) で定義する.  $\alpha \circ \theta(2)(f, g)$  は各単体について連続だから, Proposition 3.2 により  $B$  上で連続である.

**Future research.** Corollary 2.5 で  $J_B E$  と  $\Omega_B \Sigma_B E$  が弱同値になると述べたが, これだと  $q\text{-Fib}_B$  の圏で同値であることにはならずホモトピー論の展開が困難となる. そこで, これらが (同値関係である) ファイバーホモトピー同値となることを証明することが今後の課題となる.

**Acknowledgment.** 本論文を執筆するにあたり, 適切なお助言及び情報を頂きました九州大学大学院数理学研究院 岩瀬則夫助教授に厚く御礼申し上げます. また, 研究を支えて頂いております久留米工業高等専門学校 一般理科 (数学) の川越茂敏教授, 中坊滋一助教授, 高橋正郎助教授, 山本稔講師にも深く感謝致します.

REFERENCES

[1] Crabb, M. C. and James, I. M., *Fibrewise Homotopy Theory*, Springer (1998).  
 [2] Dold, A., *Partitions of Unity in the Theory of Fibrations*, Ann. of Math (2) 78 (1963), pp. 223-255.  
 [3] Dold, A. and Thom, R., *Quasifaserungen und unendliche symmetrische Produkte*, Ann. of Math (2) 67 (1958), pp. 285-305.  
 [4] Iwase, N., *A continuous localization and completion*, Trans. Amer. Math. Soc. 320, pp. 77-90 (1990).  
 [5] James, I. M., *General topology and Homotopy theory*, Springer (1984).  
 [6] James, I. M., *Handbook of Algebraic Topology*, North-Holland (1995).  
 [7] James, I. M. and Morris, J. R., *Fibrewise category*, Proc. Roy. Soc. Edinburgh. 119A, pp. 177-190 (1991).  
 [8] Quillen, D. G., *Homotopical Algebra*, Lect. Notes in Math. 43, Springer Verlag, Berlin (1967).

## 学 位 論 文

氏 名 (本 籍) 櫻 木 功 (福 岡)  
 学 位 記 番 号 九州大学(工) 工博乙 第1507号  
 学位授与の日付 平成17年 3 月25日  
 学位論文題名 超硬ホブによる高能率歯切り法  
 の開発

### 論文調査委員

(主 査) 九州大学 教 授 有 浦 泰 常  
 (副 査) " " 山 本 雄 二  
 " " " 鬼 鞍 宏 猷

### 論文内容の要旨

機械製作の分野では、工作機械の主軸回転などの高速化、切削工具の高信頼性化および切削加工技術の向上に関する研究や開発が、絶え間なく進められている。ホブ切りの分野も同様に、ホブ盤のNC化・主軸回転の高速化・省エネルギー化などが推進されて、一層の生産性の向上および精度向上を目指すとともに、生産コストの低減がさらに進められている。また、ホブに関しては材質の改良、ホブ設計の最適化およびコーティング処理技術の改良が推進され、工具寿命は格段に長くなってきている。一般に高速度工具鋼は600℃以上になると、その高温硬さが急に低下することから、高速度鋼ホブ切りの生産性の向上は限界に達しつつある。したがって、今後歯車量産企業において、より生産性を上げるためには現在主流である高速度鋼ホブ切りは、超硬ホブ切りの方向に進むものと考えられる。

一方、環境問題に関する意識が切削加工分野においても高まり、ホブ切りなどの断続切削においても切削油を使用しないドライ切削が注目され、最近、ドライホブ切りが各企業で採用されつつある。しかしその際、高速度鋼ホブに代って、じん性の低い超硬ホブを用いれば、チッピングが切れ刃に早期に発生して、超硬ホブの寿命を極端に短くする恐れがある。超硬ホブの適用にあたってはその特性を十分に認識し、かつその工具寿命を長くする切削条件を把握することが重要である。特にNCホブ盤の普及、ホブ盤の自動化および省力化が進むにつれて、ますます超硬ホブの損傷に関する技術情報が必要となる。

本論文は、鋼材に対する超硬ホブ切り実用化のた

め、超硬ホブに関連する損傷について研究したもので、今後の超硬ドライホブ切りに関する基礎的な技術資料を提供しようとするものである。ここでは超硬工具の損傷の因子を系統的に明らかにし、その対策を確立して、超硬ホブ切りの利点（高速歯切り、高精度歯切り、高硬度歯車材の歯切り）を十分に発揮できる高能率な超硬ドライホブ切りを実用化し、その普及を進展させようとするものである。

本論文は7章から構成されている。

第1章は緒論であり、研究の目的、超硬ホブ切りに関する従来の研究および本研究の内容について述べた。

第2章では、まず、実際の超硬ホブ切りで発生した各ホブ（モジュール $m=1.25\sim 8$ ）の損傷を系統的に整理して、主な損傷形態としてまとめた。

次に、超硬ホブの主な損傷の原因を解明するために、旋盤や横型マシニングセンタを改造して、超硬舞いツール切削試験装置を製作し、それらを用いて断続切削時に発生する超硬工具の主な損傷に関する基礎試験を行った。ここでは、特に一刃を持った超硬舞いツールで、広範囲の切削条件でみぞ切削を行い、そのとき発生した工具損傷を初期チッピング、疲労損傷および異常損傷などに大分類し、各損傷の形態、発生因子およびその対策などを検討した。

第3章では、まず、超硬ホブの寿命を長くする方策をホブの設計の観点から検討した。ここでは超硬ホブの適切な設計を行うために、一刃を持った超硬舞いツールで、超硬ホブの設計に関する各因子（特に、超硬材種、工具径、切れ刃外周逃げ角、切れ刃外周すくい角、切れ刃ホーニング）を変えて広範囲の切削条件でみぞ切削を行い、そのときの切削速度と工具寿命の関係を示す損傷発生領域を比較することで、各因子の影響を検討した。

次に、実際の歯車材は、成分、熱処理および形状がさまざま、それぞれ被削性が異なっていることから、現在使用中の歯車材を各切削条件でみぞ切削し、そのとき発生した切れ刃の損傷の発生領域を比較することで、その歯車材に対する適切な切削条件を明らかにした。さらに、その中で被削性の悪い歯車材に対し、各チッピング対策（切れ刃外周すくい角、切れ刃ホーニング、送り、超硬材種）の効果を確認した。

第4章では、試作の超硬ホブを用いた歯切り実験で発生した各ホブの損傷を吟味し、その対策を施し

て超硬ホブの耐久性の向上を検討した。ここでは、第一に超硬ホブの設計・製作技術に起因する損傷例を挙げ、それぞれの特徴を述べた。第二に超硬ホブの管理技術に起因する損傷として、超硬ホブの腐食に基づく損傷例を挙げ、その特徴を述べた。第三に歯切り技術に起因する損傷例を挙げ、それぞれの特徴を述べた。第四に切れ刃ホーニングの効果および切りくずかみ込みによる損傷例とその対策などを述べた。第五に被削性の悪い歯車材に対するチップング対策例を述べた。

第 5 章では、まず、現行の高速度鋼ホブ切りの生産性および歯切り精度について述べた。次に、超硬ホブ切りを自動車用歯車製造ラインに導入するために、 $m=1.75$  のコーティング超硬ホブを用いて、実際の自動車用歯車の超硬ドライホブ切り実験を行った。ここでは、後加工としてシェーピング加工を行うことを前提とし、試作超硬ホブを用いたドライカットにおける損傷原因を詳細に究明した結果、超硬ドライホブ切りの生産性および歯切り精度は、現行の高速度鋼ホブ切りの場合に比べ、格段に向上することを明らかにした。

第 6 章では、高硬度歯車の超硬ホブ切りの実用化について検討した。最近、超硬ホブ切りは、小モジュール高硬度歯車の加工分野にも試みられている。高硬度歯車材の種類としては、歯全体を硬くした高周波焼入れ材やずぶ焼入れ材および歯の表面のみを硬くした浸炭焼入れ材などがある。ここでは、これらの高硬度歯車に対して「超硬むくホブ切り」、「超硬さらえドライホブ切り」および「超硬むくおよびさらえドライホブ切り」に大分類して実験を行い、そのとき発生した損傷を吟味して、その対策を明らかにし、超硬ホブの耐久性を増す方策を検討した。その結果、超硬ホブ切りは、小モジュール高硬度歯車の加工にも十分に適用できることを明らかにした。

第 7 章は結論であり、本研究で得られた主な成果および今後の課題を要約して述べた。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、ドライ超硬ホブ切りの実用化を目的とし、超硬ホブの損傷対策を明らかにして、高速・高精度歯切り、高硬度材の歯切りなど、超硬ホブの利点を生かした高能率なドライホブ切り法を開発したもので、歯車製作に関して有用な知見を得ており、

機械工学上価値ある業績と認める。

なお、本論文について試験を行った結果、満足な回答が得られたので、試験に合格したものと認める。

## 平成17年度中に発表した論文・著者等及び講演題目

## 校 長

論文・著書等題目	氏 名	発表した誌名, 巻, 号 (年・月)
レーザーハンドブック (改訂第2版) IV編 12章 12.5液体レーザー pp. 214-222	前 田 三 男 (分 担 執 筆)	レーザー学会編, オーム社 (2005年4月)
システム情報科学での社会基盤システム形成 (21世紀COE特集)	{ 安 浦 寛 人*1 前 田 三 男	情報処理学会誌 第46巻, 第4号, pp. 398-404 (2005年4月)
Development of quasi-end-fired waveguide plastic dye laser	{ Yuji Oki*1 Masamitsu Tanaka*1 Yukinori Ogawa*1 Hirofumi Watanabe*1 Mitsuo Maeda	IEEE J. Quantum Electronics, Vol.42, No.4 pp. 389-396 (2005年4月)
Development of distributed-feedback tunable blue-violet waveguide plastics laser based on fluorene compound	{ Yuji Oki*1 Hitoshi Sato*1 Aki Abe*1 Hirofumi Watanabe*1 Masanao Era*1 Mitsuo Maeda	Japan. J. Appl. Phys, Vol. 44, No. 4A pp. 1759-1763 (2005年4月)
Waveguide dye laser including a SiO <sub>2</sub> nanoparticle-dispersed random scattering active layer	{ Hirofumi Watanabe*1 Yuji Oki*1 Mitsuo Maeda Takashi Omatsu*2	Appl. Phys. Lett., Vol. 86, pp. 151123 (1)-151123(3) (2005年4月)
Attogram and nanometer trace element detection from solid surface by soft laser ablation atomic fluorescence spectroscopy	{ Daisuke Nakamura*1 Yuji Oki*1 Takayuki Takao*1 Mitsuo Maeda	Technical Digest of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO/QELS) 2005, JWB8 (2005年5月)
40% slope efficiency in a waveguide dye laser using a random active layer	{ Hirofumi Watanabe*1 Takashi Omatsu*2 Yuji Oki*1 Mitsuo Maeda	Technical Digest of Conference on Lasers and Electro-Optics in Europe 2005, CJ-10-WED (2005年7月)
Designing and development of waveguided QPM-SHG PPLN chip with integrated EO modulator	{ Hiromitsu Onda*1 Kenta Ohnishi*1 Yuji Oki*1 Tatsuo Okada*1 Mitsuo Maeda	Technical Digest of Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics 2005, CTuK2-3 (2005年7月)
Development violet-green region of distributed-feedback tunable plastic dye lasers,	{ Dairyo Nagano*1 Hitoshi Sato*1 Hirofumi Watanabe*1 Yuji Oki*1 Masanao Era*1 Mitsuo Maeda	Technical Digest of Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics 2005, CTuK4-3 (2005年7月)
Direct fabrication of surface relief grating for integrated waveguide tunable dye lasers	{ Tsuyoshi Obuchi*1 Hirofumi Watanabe*1 Yuji Oki*1 Mitsuo Maeda	Technical Digest of Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics 2005, CTuK4-4 (2005年7月)
Pumping profile control on quasi-end-fired waveguide DFB Laser Technical Digest of Pacific Rim Conference on Lasers	{ Yukinori Ogawa*1 Masatsugu Ide*1 Hirofumi Watanabe*1 Yuji Oki*1 Mitsuo Maeda	Electro-Optics 2005, CTuK4-5 (2005年7月)
Attogram detection on solid surface analysis using laser ablation atomic spectroscopy	{ Daisuke Nakamura*1 Yuji Oki*1 Takayuki Takao*1 Mitsuo Maeda	Technical Digest of Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics 2005, CFK1-1 (2005年7月)

\*1九州大学

\*2千葉大学

Spectroscopic applications of integrated tunable solid-state dye laser	{ Yuji Oki*1 Masaya Miyawaki*1 Mitsuo Maeda Masamitsu Tanaka*1	Optical Review, Vol. 12, No.8, pp 301-305 (2005年8月)
Integration of optical pumped dye laser on organic microflow cytometry chip	{ Yuji Oki*1 Yukinori Ogawa*1 Ken'ichi Yamashita*1 Masaya Miyazaki*1 Mitsuo Maeda	Proceedings of Korea-Japan Joint Forum 2005 Organic Materials for Electronics and Photonics, IP-78 (2005年10月)
Distributed feedback waveguide laser of organic nano-compound material,	{ Yuji Oki*1 Dairyo Nagano*1 Byeong-Kwan An*3 Soo Young Park*3 Mitsuo Maeda	Proceedings of Korea-Japan Joint Forum 2005 Organic Materials for Electronics and Photonics, IP-79 (2005年10月)
Active control of the ablation plume for laser ablation atomic fluorescence spectroscopy	{ Daisuke Nakamura*1 Takayuki Takao*1 Yuji Oki*1 Mitsuo Maeda	Proceedings of SPIE Photonics West 2006, p. 136 (2006年1月)
Integration of plastics waveguide lasers on film and its application	{ Yuji Oki*1 Yukinori Ogawa*1 Ken'ichi Yamashita*1 Hirofumi Watanabe*1 Masaya Miyasaki*1 Mitsuo Maeda	Proceedings of SPIE Photonics West 2006, p. 182 (2006年1月)
Nanometer-scale depth resolution and sensitive surface analysis using laser ablation atomic fluorescence spectroscopy	{ Daisuke Nakamura*1 Yuji Oki*1 Takashi Higotani*1 Takayuki Takao*1 Mitsuo Maeda	Japan. J. Appl. Phys., Vol. 45, No. 6A, pp. 5322-5325 (2006年3月)
レーザーアブレーション原子蛍光分光法における放出原子の挙動解析	{ 中村大輔*1 肥後隆之*1 高尾隆雄*1 興田三男*1 前田三男*1	九州大学システム情報科学紀要, 第11巻, 第1号, pp. 63-67 (2006年3月)

講 演 題 目 氏 名 発表した学会・講演会名 (年・月)

分布帰還プラスチック色素レーザーを搭載したマイクロロボチップの開発	{ 小川幸徳*1 渡辺博文*1 興山雄司*1 山下健一*1 宮崎真佐也*1 前田三男	第58回電気関係学会九州支部連合大会 (2005年9月)
導波型 PPLN を用いた SHG 出力変調デバイスの開発	{ 恩田浩光*1 岡口貴大*1 興雄大司*1 岡田龍雄*1 前田三男	第58回電気関係学会九州支部連合大会 (2005年9月)
集積型プラスチック色素レーザーの励起光学系 TO 制御	{ 真田晃一*1 宮脇正太郎*1 渡邊博文*1 興雄司*1 前田三男	第58回電気関係学会九州支部連合大会 (2005年9月)
レーザーブレイクダウン分光法を用いた黄砂中重金属元素の測定	{ 高尾隆之*1 伊集院紀*1 中村大輔*1 興田三男*1 前田三男*1 柳澤文孝*1	第58回電気関係学会九州支部連合大会 (2005年9月)

\*1九州大学  
\*2千葉大学  
\*3ソウル大学

有機ナノ微粒子材料を利用した分布帰還プラスチックブルーレーザ	{ 長野太亮*1 小渡潤剛*1 興前博文*1 前田雄三*1 Soo Young Park*3	第58回電気関係学会九州支部連合大会 (2005年9月)
マスク効果によるレーザーアブレーション 放出原子挙動の LIF 画像解析	{ 中高村大輔*1 興前尾隆之*1 前田雄三*1	平成17年応用物理学会九州支部学術講演会 (2005年11月)
導波型 PPLN における SH 出力変調機構の実現	{ 恩田浩光*1 岡口貴大*1 興前田雄龍三*1 前田雄三*1	平成17年応用物理学会九州支部学術講演会 (2005年11月)
変換効率変調機能を有する導波型周期分極 反転 SHG デバイスの基本特性	{ 興恩雄司*1 岡前田浩光*1 前田田雄龍三*1 前田雄三*1	レーザー学会学術講演会第26回年次大会 (2006年2月)
分布帰還色素マイクロレーザーのチップ実装	{ 興小川雄司*1 小山川下幸徳*1 前田宮崎健一*1 前田崎真佐也*1	レーザー学会学術講演会第26回年次大会 (2006年2月)
集積型分布帰還固体色素レーザーにおける 擬似モード結合の TO 効果制御	{ 真田晃一*1 小渡川幸徳*1 興前田博文*1 前田雄三*1	春季第53回応用物理学関係連合講演 (2006年3月)
ソフトレーザーアブレーションによる放出 原子の挙動解析	{ 中尾村大輔*1 興前田隆之*1 前田雄三*1	春季第53回応用物理学関係連合講演 (2006年3月)
散乱媒質を用いた導波路色素レーザーの高 ピークパワー発振	{ 渡尾邊博文*1 興前尾松孝茂*2 前田田雄三*1	春季第53回応用物理学関係連合講演 (2006年3月)

## 機 械 工 学 科

論文・著書等題目	氏 名	発表した誌名, 巻, 号 (年・月)
ひずみゲージと弾性論を用いた面内荷重を受ける実構造物薄板切欠き部における疲労き裂検知法	{ 原田豊満 (九州大学) 野口博司	非破壊検査, 第54巻4号 (2005年4月)
A new maritime lifesaving distiller driven by wind	{ Yasuhito Nakatake Hiroshi Tanaka	Desalination, vol. 177, pp. 31-42 (2005年6月)
Indoor experiments of the vertical multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a heat-pipe solar collector	{ Hiroshi Tanaka Yasuhito Nakatake Masahito Tanaka*4	Desalination, vol. 177, pp. 291-302 (2005年6月)
風力を利用した海難救命用小型蒸留器の屋内実験	{ 田中 大 中 武 靖 仁	太陽エネルギー, vol. 31, no. 5, pp. 73-78 (2005年9月)
Factors influencing the productivity of a multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a flat plate reflector	{ Hiroshi Tanaka Yasuhito Nakatake	Desalination, vol. 186, pp. 299-310 (2005年12月)

\*1九州大学

\*2千葉大学

\*3ソウル大学

\*4元専攻科生, 現 室蘭工業大学大学院生

平板反射鏡を用いた鉛直太陽熱蒸留器の屋外実験	{ 田 中 大 中 武 靖 仁	太陽エネルギー, vol. 32, no. 2, pp. 45-51 (2005年3月)
風力を利用した小型海水淡水化蒸留器の定常実験	{ 中 武 靖 仁 田 中 大	風力エネルギー, vol. 30, no. 1, pp. 99 - 105 (2006年3月)
親水性架橋部位を有する反応性高分子ゲルの設計	{ 渡 邊 勝 宏 田 中 哲 大 森 哲 夫	久留米高専紀要, vol. 21, pp. 9-14 (2006年5月)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
インドネシアのNGOとの太陽熱蒸留器の技術協力	{ 田 中 大 中 武 靖 仁	第42回日本伝熱シンポジウム講演論文集 (2005年6月)
風力を利用した小型蒸留器の屋内実験	{ 中 武 靖 仁 田 中 大	第42回日本伝熱シンポジウム講演論文集 (2005年6月)
バイラテラル制御の構築と制御	{ 中 尾 哲 也 田 中 秀 治	2005年度日本機械学会年次大会講演論文集 (2005年8月)
三重管式熱交換器の伝熱促進と圧力損失	{ 松 永 崇 多 田 儀 木 村 平 孝 *1 平 川 孝 則 *2	日本冷凍空調学会年次大会 (2005年10月)
異方性有限板の応力集中係数の簡便推定に関する研究	{ 原 田 豊 満 野 口 博 司 (九州大学)	日本機械学会 M&M 2005 材料力学カンファレンス (2005年11月)

電 気 電 子 工 学 科

論 文 ・ 著 書 等 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻, 号 (年・月)
Electromagnetic non-destructive testing of rust region in steel	{ 後 藤 雄 治 平 野 浩 史 中 野 正 典 藤 原 耕 二 高 橋 則 雄	IEEE Transactions on Magnetics, Vol 41, No.10, pp.3616-3618, 平成17年10月
Detection of plural cracks in steel using horizontal coils - 3D FEM analysis considering hysteresis and non-uniformity of steel -	{ 後 藤 雄 治 高 橋 則 雄	電気学会論文誌A, Vol. 125, No.10, pp. 835-840, 平成17年10月
Finite element analysis for the verification of post-weld heat treatment of 9Cr-1Mo Welds	{ W. Cheng M. Shiwa I. Komura Y. Gotoh N. Takahashi	Review of Quantitative Nondestructive Evaluation, American Institute of Physics, Vol.24, pp1204-1211, 平成17年9月
電磁気センサを使用した高クロム鉄内のオーステナイト含有量の非破壊測定手法 - 三次元交流非線形渦電流解析と実験による検討 -	{ 古 賀 香 菜 子 後 藤 雄 治 笹 栗 信 也 高 橋 則 雄	実践教育, 電気・電子・情報ジャーナル, Vol. 21, No.1, pp.28-31, 平成18年3月
内挿コイルによる交流磁場を利用した鋼管外面き裂検出手法の検討	{ 木 屋 敦 詞 後 藤 雄 治	実践教育, 電気・電子・情報ジャーナル, Vol.21, No.1, pp.56-59, 平成18年3月
Frequency analysis of single living cell activity by laser speckle microscope	{ Y. Hirakawa T. Hasegawa T. Masujima	Proceedings of Conference on Lasers and Electro-Optics 2005 (2005・5)

\*1イズミフードマシナリ  
\*2久留米高専専攻科学生



Molecular-optic modulator { K. Ihara  
C. Eshima  
S. Zaitu  
S. Kamitomo  
K. Shinzen  
Y. Hirakawa  
T. Imasakaa } Applies Physics Letters, Vol. 88, No. 7 (2006・2)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
不完全接続による機器端子部の発熱・発火現象の加速試験法について	{ 沼 山 妃 紗 青 山 洋 一 }	平成17年度 電気設備学会全国大会 (平成17年9月)
交流漏洩磁束法を使用した鋼板裏面き裂探傷—三次元非線形磁界解析と実験による検討—	{ 後 藤 雄 治 堤 健 一 井 口 祥 菜 古 賀 香 子 加 藤 光 昭 }	日本非破壊検査協会, 春季全国大会, pp.163-164, 平成17年5月
铸铁内のオーステナイト含有量電磁非破壊検査	{ 古 賀 香 菜 後 藤 雄 治 笹 栗 信 也 高 橋 則 雄 }	日本非破壊検査協会, 春季全国大会, pp.165-166, 平成17年5月
電磁現象を利用した強磁性体鋼管の外表面き裂検出手法に関する研究	{ 木 屋 敦 詞 後 藤 雄 治 }	(社)実践教育訓練研究協会, 実践教育研究発表会, pp.95-96, 平成17年9月
微小コイルを使用した高クロム铸铁内のオーステナイト含有率の測定	{ 古 賀 香 菜 後 藤 雄 治 笹 栗 信 也 高 橋 則 雄 }	(社)実践教育訓練研究協会, 実践教育研究発表会, pp.97-98, 平成17年9月
内挿コイルによる交流漏洩磁束探傷試験法を使用した鋼管外面欠陥検査の検討	{ 後 藤 雄 治 高 橋 則 雄 }	日本非破壊検査協会, 表面探傷分科会, pp. 39-43, 平成17年10月
内挿コイルを使用した鋼管の外表面欠陥検査手法の検討	{ 後 藤 雄 治 高 橋 則 雄 }	電気・情報関連学会中国支部第56回連合大会講演論文集, pp. 487, 平成17年10月
交流漏洩磁束探傷試験法を利用した磁性管の肉厚検査	{ 木 屋 敦 詞 後 藤 雄 治 }	日本非破壊検査協会, 秋季全国大会, pp.23-24, 平成17年11月
三次元交流非線形渦電流解析による鋼管外面欠陥検査手法に関する検討	{ 後 藤 雄 治 高 橋 則 雄 }	電気学会, 静止器回転機合同研究会, pp.89-94, 平成18年1月
電磁現象を利用した鋼管外表面き裂検出方法の検討	{ 木 屋 敦 詞 後 藤 雄 治 }	日本非破壊検査協会, 第9回表面探傷シンポジウム, pp.85-88, 平成18年2月
三次元非線形磁界解析による铸铁内のオーステナイト含有量の検討	{ 古 賀 香 菜 後 藤 雄 治 高 橋 則 雄 }	日本非破壊検査協会, 第9回表面探傷シンポジウム, pp.105-108, 平成18年2月
レーザーを使って細胞を観察する—レーザー顕微鏡の色々—	平 川 靖 之	第18回日本分析化学会九州支部若手の会春の講演会 (平成17年・5月)
Frequency analysis of single living cell activity by laser speckle microscope	{ Y. Hirakawa T. Hasegawa T. Masujima }	Conference on Lasers and Electro-Optics 2005 (2005・5)
母音知覚におけるホルマントピーク制御の効果と振幅圧縮処理への応用	{ 板 橋 貴 史 坂 田 裕 聡 上 田 邊 市 渡 池 亮 隆 池 田 隆 (久留米高専攻科) (熊本大) (熊本大) (熊本県立技術短大) (久留米高専)	2005年度 日本音響学会九州支部第6回 学生のための研究発表会 (2005年10月)

An FDD and TDD Coexistence Scheme for Imbalanced Traffic Compensation.	{ Kuninori Oosaki Diasuke Minamihira Hiroshi Furukawa Yoshihiko Akaiwa	IEEE Vehicular Technology Conference 2005 Spring, 30 May - June 1, 2005.
--	---	--

制 御 情 報 工 学 科

論 文 ・ 著 書 等 題 目	氏 名	発 表 し た 誌 名 , 巻 , 号 ( 年 ・ 月 )
Qubit Neural Network by Quantum Circuit for XOR Problem	{ M. Maeda M. Suenaga (Tokyo Inst. of Tech.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.)	Proc. Int. Conf. Intelligent Computing (Aug., 2005)
"A Learning Model in Qubit Neuron According to Quantum Circuit," in Advances in Natural Computation	{ M. Maeda M. Suenaga (Tokyo Inst. of Tech.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.)	Lecture Note in Computer Science, vol. 3610, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Aug., 2005)
"A Multiple Vector Quantization Approach to Image Compression," in Advances in Natural Computation	{ N. Shigei (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.) M. Maeda	Lecture Note in Computer Science, vol. 3611, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Aug., 2005)
"Characteristics of Equinumber Principle for Adaptive Vector Quantization," in Advances in Natural Computation	{ M. Maeda N. Shigei (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.)	Lecture Note in Computer Science, vol. 3611, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Aug., 2005)
Competitive Learning with Fast Neuron-Insertion	{ N. Shigei (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.) M. Maeda	Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.9, no.6 (Nov., 2005)
Adaptive Vector Quantization with Creation and Reduction Grounded in the Equinumber Principle	{ M. Maeda N. Shigei (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.)	Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.9, no.6 (Nov., 2005)
A Model of Parallel Learning in Self-Organizing Maps and Topological Measurement	{ M. Maeda H. Miyajima (Kagoshima Univ.) N. Shigei (Kagoshima Univ.)	Proc. Int. Conf. Intelligent Technologies (Dec., 2005)
Compression Rate Improvement of Multiple Vector Quantization Based Image Compression	{ N. Shigei (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.) M. Maeda	Proc. Int. Conf. Intelligent Technologies (Dec., 2005)
An automatic image-map registration algorithm using modified partial Hausdorff distance.	{ Li TIAN (Waseda Univ.) Sei-ichiro KAMATA (Waseda Univ.) Yoshifumi UESHIGE (ISIT/ Kyushu) Yoshimitsu KUROKI	Proc. of 25th Anniversary of International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGRASS2005), Seoul, Korea pp.3534- 3537(Sep. 2005)
A new image matching algorithm for change detection using Hilbert curve.	{ Li TIAN (Waseda Univ.) Sei-ichiro KAMATA (Waseda Univ.) Yoshifumi UESHIGE (ISIT/ Kyushu) Yoshimitsu KUROKI	Proc. of 56th Anniversary of International Astronautical Congress (IAC2005), Fukuoka, Japan, B1.P.04 (Oct. 2005)

講 演 題 目 氏 名 発 表 し た 学 会 ・ 講 演 会 名 ( 年 ・ 月 )

時空間ヒルベルト走査を用いた動画像の可逆圧縮	{ 塚 野 真 司 (早 稲 田 大 学) 鎌 田 清 一 郎 (早 稲 田 大 学) 黒 上 繁 木 (九州システム情報技術研究所) 黒 木 祥 光	平成17年度電気関係学科九州支部連合大会 (2005年9月)
DCT係数に対するベッセル分布の適合性	{ 黒 上 繁 木 祥 光 (九州システム情報技術研究所) 鎌 田 清 一 郎 (早 稲 田 大 学)	平成17年度電気関係学科九州支部連合大会 (2005年9月)

- H.264/AVC の直交変換におけるパディング法  
 { 黒木 祥 光 (九州システム情報技術研究所)  
 廣重 義 史 (早稲田大学)  
 上 繁 田 清一郎  
 鎌 田 清一郎
- H.264/AVCの整数精度 DCT に対するパディング行列成分の分数表現  
 { 黒木 祥 光 (九州システム情報技術研究所)  
 廣重 義 史 (早稲田大学)  
 上 繁 田 清一郎  
 鎌 田 清一郎
- 量子回路対応ニューラルネットワークの学習モデル  
 { 前田 道 治 (東 工 大)  
 末永 昌 也 (鹿 児 島 大)  
 宮 島 廣 美
- 量子計算による神経回路網の学習モデル  
 前 田 道 治
- Developing and evaluation of a computer-based problem posing - in the case of arithmetical word problems -  
 { Akira Nakano  
 Takeshi Yanagihara  
 Tsukasa Hirashima  
 Akira Takeuchi
- 情報処理学会研究報告 vol. 2005, no. 98 (2005年10月)
- 画像符号化シンポジウム (2005年11月)
- 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会 (2005年・9月)
- 電子情報通信学会九州支部講演会 第10回 (招待講演) (2005年・12月)
- Proc. of ICCA2003, pp. 9-16, 平成18年 2 月

## 生物応用化学科

- 論文・著書等題目
- GM作物の夢  
 大 岡 久 子  
 生物工学会誌, 第83巻, 第6号, 306 (2005)
- 高等専門学校生物応用化学科における導入教育科目「創造化学実験」の開講と改善  
 { 津 田 祐 輔  
 中 篤 裕 之  
 辻 渡 勝 豊  
 大 岡 久 宏 子
- Synthesis of Soluble Polyimides Based on Alicyclic Dianhydride in Ionic Liquids  
 { Y. Tsuda  
 T. Yoshida  
 T. Kakoi  
 Polymer Journal, Vol. 38, No. 1, pp. 88-90 (2006年1月).
- Light-harvesting and Energy-transfer System Based on Self-assembling Perylene Dioxide-appended Hexaazatriphenylene  
 { sutomu Ishi-i  
 Koh-ichi Murakami (Kyushu Univ.)  
 Yusuke Imai (AIST)  
 Shuntaro Mataka (Kyushu Univ.)  
 Organic Letters, Vol. 7, No.15, pp 3175-3178 (2005年7月)
- Dye-based Organogels: Stimuli-responsive Soft Materials Based on One-dimensional Self-Assembling Aromatic Dyes  
 { Tsutomu Ishi-i  
 Seiji Shinkai (Kyushu Univ.)  
 Topics in Current Chemistry, Vol. 258, pp 119-160 (2005年8月)
- Photoinduced Charge Separation and Charge Recombination in [60]Fullerene-Diphenylbenzothiadiazole-Triphenylamine Triad: Effect of Twisted Intramolecular Charge-Transfer of Diphenylbenzothiadiazole  
 { Atula S. D.  
 Sandanayaka (Tohoku Univ.)  
 Yoshiki Taguri (Kyushu Univ.)  
 Yasuyuki Araki (Tohoku Univ.)  
 Tsutomu Ishi-i (Kyushu Univ.)  
 Shuntaro Mataka (Tohoku Univ.)  
 Osamu Ito (Tohoku Univ.)  
 Journal of Physical Chemistry B, Vol. 109, No. 47, pp 22502-22512 (2005年12月)
- An Efficient Energy Transfer Found in Triphenylene/Hexaazatriphenylene System with Electronic Complementarity and Structural Similarity  
 { Tsutomu Ishi-i  
 Hiroshi Tashiro (Kyushu Univ.)  
 Rempei Kuwahara (Kyushu Univ.)  
 Shuntaro Mataka  
 Chemistry Letters, Vol.35, No. 2, pp 158-159 (2006年2月)
- An Enantiomeric Nanoscale Architecture Obtained from a Pseudo-enantiomeric Aggregate: Covalent Fixation of a Helical Chirality Formed in Self-assembled Discotic Triazine-triamides with Chiral Amplification Manner  
 { Tsutomu Ishi-i  
 Rempei Kuwahara (Kyushu Univ.)  
 Akihiko Takata (Kyushu Univ.)  
 Yeonhwan Jeong (Kitakyushu Univ.)  
 Kazuo Sakurai (Kitakyushu Univ.)  
 Shuntaro Mataka (Kyushu Univ.)  
 Chemistry A European Journal, Vol. 12, No. 3, pp 763-776 (2006年1月)

Highly Dichroic Benzo-2,1,3-thiadiazole Dyes Containing Five Linearly p-Conjugated Aromatic Residues, with Fluorescent Emission Ranging from Green to Red, in a Liquid Crystal Guest-Host System	{ Xuelong Zhang (Kyushu Univ.) Rumiko Yamaguchi (Akita Univ.) Keiichi Moriyama (Akita Univ.) Masami Kadowaki (Mitsubishi Chemical) Takako Kobayashi (Mitsubishi Chemical) Tsutomu Ishi-i (Kyushu Univ.) Thies Thiemann (Kyushu Univ.) Shuntaro Mataka (Kyushu Univ.)	Journal of Materials Chemistry, Vol. 16, No. 8, pp 736-740 (2006年2月)
Self-assembling of n-Type Semiconductor Tri(phenanthrolino)- hexaazatriphenylenes with a Large Aromatic Core	{ Tsutomu Ishi-i (Kyushu Univ.) Kentaro Yaguma (Kyushu Univ.) Rempei Kuwahara (Kyushu Univ.) Yoshiki Taguri (Kyushu Univ.) Shuntaro Mataka (Kyushu Univ.)	Organic Letters, Vol. 8, No. 4 pp 585-588 (2006年2月)
Novel 2,1,3-Benzothiadiazole Based Red-Fluorescent Dyes with Enhanced Two-Photon Absorption Cross-Sections;	{ Shin-ichiro Kato (Kyushu Univ.) Taisuke Matsumoto (Kyushu Univ.) Motoyuki Shigeiwa (Mitsubishi Chemical) Hideki Gorohmaru (Mitsubishi Chemical) Shuichi Maeda (Mitsubishi Chemical) Tsutomu Ishi-i (Kyushu Univ.) Shuntaro Mataka (Kyushu Univ.)	Chemistry A European Journal, Vol. 12, No. 8, pp 2303-2317 (2006年3月)
Efficient production of recombinant protein in immobilized insect cellculture using serum-free basal media after baculovirus infection	{ Hideki Yamaji (Kobe Univ.) Toshitke Manabe (Kobe Univ.) Akinori Kitaura (Kobe Univ.) Eiji Izumoto (Kobe Univ.) Hideki Fukuda (Kobe Univ.)	Biochem. Eng. J., Vol.28, 67-72 (2006年1月)
Reaction of Ion-Pair Intermediates of Solvolysis	{ Yutaka Tsuji (Univ. of Buffalo SUNY) John P. Richard (Univ. of Buffalo SUNY)	The Chemical Record, Vol. 5, pp94-106 (2005年5月)
真空蒸着で作成したSiO <sub>x</sub> 薄膜のガス透過性に及ぼす成膜条件およびUV照射条件の影響	伊 藤 義 文	日本金属学会誌, 第70巻, 第2号 (2006年2月)
リボゾームを用いる抗原の競争的免疫測定法	{ 富 岡 寛 治 (森 永 乳 業) 中 山 大 地 (神 永 戸 大 学) 熊 田 陽 一 (神 戸 大 学) 加 藤 滋 一 (神 戸 大 学)	化学工学論文集, 31巻・5号 (2005年9月)
天然ゴム廃棄物の微生物処理	笈 木 宏 和	生物工学会誌, 83巻・11号, 528 (2005年11月)
Geometrical correspondence identified and a new interaction unit suggested in striated muscle	Michiko Nosaka	Journal of Theoretical Biology, vol. 238, 464-473, (2006年1月)

講 演 題 目 氏 名 発表した学会・講演会名 (年・月)

イネNACファミリー遺伝子に関するシスエレメントの解析	大 岡 久 子 (生 物 研)	イネ・シロイヌナズナ合同ワークショップ 奈良 (2005・7)
	田 藤 浩 二 (栃木県農業試験場)	
	秋山(山田)仁美 (生 物 研)	
	Lee, Jung-Sook (韓国農村振興庁)	
	高 原 美 規 (長岡技科大・工学)	
	山 元 皓 二 (長岡技科大・工学)	
	鈴 木 宏 史 (日 立 ソ フ ト)	
イネ関連データベースからのデータマイニングによる遺伝子機能解明の試み	山 本 誠 史 (日 立 ソ フ ト)	イネ・シロイヌナズナ合同ワークショップ 奈良 (2005・7)
	菊 池 尚 志 (生 物 研)	
	土 井 考 爾 (生 物 研)	
	佐 藤 浩 二 (生 物 研)	
	永 田 俊 文 (日 立 ソ フ ト)	
	飯 田 茂 美 (生 物 研)	
	大 岡 久 子 (生 物 研)	
田 崎 公 久 (栃木県農業試験場)		
秋山(山田)仁美 (生 物 研)		
Lee, Jung-Sook (韓国農村振興庁)		
菊 池 尚 志 (生 物 研)		

<p>22Kライソオリゴマイクロアレイを用いたカルス再分化に関与するNACファミリーの発現解析</p>	<p>{ 大 岡 久 子 (生 物 研) 佐 藤 浩 二 (栃 木 県 農 業 試 験 場) 田 崎 公 仁 (生 物 研) 秋 山 (山 田) 仁 美 (韓 国 農 村 振 興 庁) Lee, Jung-Sook (長 岡 技 科 大 ・ 工 学) 高 原 美 規 (長 岡 技 科 大 ・ 工 学) 山 元 皓 宏 (日 立 ソ フ ト) 鈴 木 本 史 (日 立 ソ フ ト) 山 池 尚 志 (生 物 研)</p>	<p>日本育種学会 筑波大学 (2005・8)</p>
<p>イネ関連データベースからのデータマイニングによる遺伝子機能解明の試み</p>	<p>{ 土 井 考 爾 (生 物 研) 佐 藤 浩 二 (生 物 研) 鈴 木 宏 史 (日 立 ソ フ ト) 永 田 泉 文 (生 物 研) 飯 村 俊 茂 (生 物 研) 木 村 節 子 (生 物 研) 大 岡 久 子 (栃 木 県 農 業 試 験 場) 田 崎 公 仁 (生 物 研) 秋 山 (山 田) 仁 美 (生 物 研) Lee, Jung-Sook (韓 国 農 村 振 興 庁) 菊 池 尚 志 (生 物 研)</p>	<p>日本分子生物学会 福岡ドーム他 (2005・12)</p>
<p>22Kライソオリゴマイクロアレイを用いたNACファミリーの発現解析</p>	<p>{ 大 岡 久 子 (生 物 研) 工 藤 尊 裕*1 (生 物 研) 大 藤 敦 子*2 (生 物 研) 佐 藤 浩 二 (生 物 研) 田 崎 考 爾 (生 物 研) 秋 山 (山 田) 仁 美 (栃 木 県 農 業 試 験 場) Lee, Jung-Sook (韓 国 農 村 振 興 庁) 高 原 美 規 (長 岡 技 科 大 ・ 工 学) 山 元 皓 宏 (長 岡 技 科 大 ・ 工 学) 鈴 木 本 史 (日 立 ソ フ ト) 山 池 尚 志 (日 立 ソ フ ト) 菊 池 尚 志 (生 物 研)</p>	<p>日本分子生物学会 福岡ドーム他 (2005・12)</p>
<p>高濃度糖処理により誘導されるニンジン不定胚形成における糖の種類による影響</p>	<p>{ 工 藤 尊 裕*1 (生 物 研) 秋 之 尾 加 奈 子*3 (長 岡 技 術 科 学 大 学 生 物 系) 大 原 美 規 子 (長 岡 技 術 科 学 大 学 生 物 系)</p>	<p>第11回高専シンポジウム 長岡ホテルニューオオタニ (2006・1)</p>
<p>ホンモンジゴケの培養条件の確立</p>	<p>{ 澤 田 仁 美*4 大 岡 久 子</p>	<p>第11回高専シンポジウム 長岡ホテルニューオオタニ (2006・1)</p>
<p>紙の特性を調べる簡易的な試験方法の確立</p>	<p>{ 秋 吉 茂 年*4 深 山 琴 世*5 大 岡 久 子</p>	<p>第11回高専シンポジウム 長岡ホテルニューオオタニ (2006・1)</p>
<p>Expressed gene profiles of rice endospermless mutant in initial stage of seed development.</p>	<p>{ Hiroaki Kondou (BioEngineering, Nagaoka Univ. Tech.) Hisako Ooka Hitmomi Yamada (Osaka University) Kouji Satoh (NIAS) Kouji Yamamoto (BioEngineering, Nagaoka Univ. Tech.) Shoshi Kikuchi (NIAS) Yoshinori Takahara (BioEngineering, Nagaoka Univ. Tech.)</p>	<p>The 6th International Symposium on "Global Renaissance by Green Energy Revolution" in Nagaoka Univ. of Tech. (2006・1)</p>
<p>Effect of several kinds of sugars on somatic embryogenesis induced by high dose sugar treatment in <i>Daucus carota</i> L.</p>	<p>{ Kudo Takahiro*1 Suginoo Kanako*3 Takahara Yoshinori (BioEngineering, Nagaoka Univ. Tech.) Ooka Hisako</p>	<p>The 6th International Symposium on "Global Renaissance by Green Energy Revolution" in Nagaoka Univ. of Tech. (2006・1)</p>

\*1本学科学生, 現 広島大学  
\*2本学科学生, 現 東洋新薬  
\*3本学科学生, 現 神戸大学  
\*4本学科学生, 現 専攻科  
\*5本学科学生, 現 ナリス化粧品

Expression analysis of transcription factors during callus culture in rice using 22K Rice Oligo Microarray.	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>Hisako Ooka</li> <li>Takahiro Kudo*1</li> <li>Michiko Ohyabu*2</li> <li>Kouji Satoh (NIAS)</li> <li>Doi Koji (NIAS)</li> <li>Kimihisa Tasaki (Tochigi AES)</li> <li>Hitomi Akiyama-Yamada (NIAS)</li> <li>Jung-Sook Lee (RDA)</li> <li>Koji Suzuki (Hitachi Soft.)</li> <li>Makoto Yamamoto (Hitachi Soft.)</li> <li>Koji Yamamoto (Nagaoka Univ. Tech.)</li> <li>Yoshinori Takahara (Nagaoka Univ. Tech.)</li> <li>Shoshi Kikuchi (NIAS)</li> </ul>	The 6th International Symposium on "Global Renaissance by Green Energy Revolution" in Nagaoka Univ. of Tech. (2006・1)
蛍光性ヘキサアザトリフェニレンの自己集合によるカラム型集積体の構築	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>石井 努 (九州大学)</li> <li>村上 晃一 (九州大学)</li> <li>又賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	第54回高分子学会年次大会 (2005年5月)
不斉増幅自己集合に基づくアキラル成分から成るキラルポリマーの構築	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>桑原 廉 枋 (九州大学)</li> <li>石又 賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	第54回高分子学会年次大会 (2005年5月)
ヘキサアザトリフェニレン集積体を基盤とする自己集合型光捕集・エネルギー伝達系の構築	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>石井 努 (九州大学)</li> <li>村上 晃一 (九州大学)</li> <li>又賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	第35回構造有機化学討論会 (2005年9月)
二光子励起一重項酸素発生能を有するジフェニルアミノ置換ベンゾチアジアゾール-ポルフィリン誘導体	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>田栗 芳 貴 (九州大学)</li> <li>石井 賀 駿太郎 (九州大学)</li> <li>又賀 岩丸 統之貴 (三菱化学)</li> <li>茂五郎 英修 (三菱化学)</li> <li>前田 (三菱化学)</li> </ul>	第35回構造有機化学討論会 (2005年9月)
パイ拡張ヘキサアザトリフェニレン誘導体の会合特性	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>桑原 廉 枋 (九州大学)</li> <li>矢石 熊井 建太郎 (九州大学)</li> <li>又賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	第35回構造有機化学討論会 (2005年9月)
ベンゾチアジアゾール 2光子吸収色素部位を有するポルフィリン誘導体の2光子励起による1重項酸素発生	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>石田 井 努 (九州大学)</li> <li>又賀 賀 駿太郎 (九州大学)</li> <li>茂五郎 岩丸 統之貴 (三菱化学)</li> <li>前田 英修 (三菱化学)</li> </ul>	2005年光化学討論会 (2005年9月)
蛍光性ヘキサアザトリフェニレンの自己集合による光捕集システムの開発	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>石井 努 (九州大学)</li> <li>村上 晃一 (九州大学)</li> <li>又賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	2005年光化学討論会 (2005年9月)
機能性2光子吸収色素の創製	石井 努	第5回近未来新素材研究会 (2005年11月)
Light-harvesting and energy-transfer system based on self-assembling fluorescent hexaazatriphenylenes	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>石井 努 (九州大学)</li> <li>村上 晃一 (九州大学)</li> <li>又賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	2005環太平洋国際化学会議 (2005年12月)
Preservation of chiral structure created in pseudo-enantiomeric helical aggregate	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>桑原 廉 枋 (九州大学)</li> <li>石又 賀 駿太郎 (九州大学)</li> </ul>	2005環太平洋国際化学会議 (2005年12月)
Two-photon absorption characteristics of star-burst type porphyrin-benzothiadiazole derivatives	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>田栗 芳 貴 (九州大学)</li> <li>石井 賀 駿太郎 (九州大学)</li> <li>又賀 岩丸 統之貴 (三菱化学)</li> <li>茂五郎 英修 (三菱化学)</li> <li>前田 (三菱化学)</li> </ul>	2005環太平洋国際化学会議 (2005年12月)

\*1本学科学生, 現 広島大学

\*2本学科学生, 現 東洋新薬

液晶相の自己組織化特性を用いた高ホール移動性ベンゾ-2,1,3-チアジアゾール類微結晶体の作製	{ 張江学龍 (九州大学) 良井正直 (佐賀大学) テイマンティース (九州大学) 久保勘二 (九州大学) 又賀駿太郎 (九州大学)	日本化学会第86春季年会 (2006年3月)
一次元集積能を有する $\pi$ 拡張n型有機半導体	{ 桑矢原康枋 (九州大学) 石熊建太郎 (九州大学) 又賀駿太郎 (九州大学)	日本化学会第86春季年会 (2006年3月)
ポルフィリン-ベンゾチアジアゾール連結体からなる二光子吸収性色素	{ 田栗芳貴 (九州大学) 石又賀駿太郎 (九州大学) 茂岩丸田統英 (三菱化学) 五前田修一 (三菱化学)	日本化学会第86春季年会 (2006年3月)
バリアフィルムにおけるバリア性向上のための構造、物性の改質と加工技術	伊藤 義文	技術情報協会セミナー (2005年8月)
蒸着フィルムの基礎と密着性、バリア性の制御技術	伊藤 義文	技術情報協会セミナー (2005年12月)
ゴムの基本特性	森 哲夫	平成17年度中小企業ゴム技術者研修講座 (2005年11月)
架橋高分子担持型クラウン化合物の合成	{ 渡村邊勝宏 (九州大学) 田中幸司 (九州大学) 津森 祐輔 (九州大学)	第54回高分子討論会 (2005年9月)
堆肥集積場におけるセルロース分解菌の研究	{ 石中橋直樹 (専攻科生) 野野崎千尋 (専攻科生) (南共栄資源管理センター小郡)	第11回高専シンポジウム (平成18年1月)
堆肥集積場から分離した菌群の解析	{ 橋本佳奈 (専攻科生, 現 中外製薬工業) 中野 裕之 (専攻科生, 現 中外製薬工業) 野野崎千尋 (南共栄資源管理センター小郡)	第11回高専シンポジウム (平成18年1月)
パラオ及び九州近海における海洋微生物の研究	{ 牛島夕輝 (本学科学生, 現 広島大学) 中池 裕之 (佐賀大学) 鳥上井康昭 (久留米高専名誉教授)	第11回高専シンポジウム (平成18年1月)
オクチルイミダゾリウム塩を用いた金の乳化解液膜抽出	{ 駒井雅子*1 祐隆彦	第11回高専シンポジウム (2006年1月)
Racemization During the "Borderline" Solvolysis of 1-(3-Nitrophenyl)ethyl Tosylate	{ Yutaka Tsuji John P. Richard! (!University at Buffalo SUNY)	Kyushu International Symposium on Physical Organic Chemistry (2005年・9月)
1-Phenylethyl Thionobenzoates のソルボリシスにおけるイオン対の挙動	{ 辻 豊 John P. Richard! (!University at Buffalo SUNY)	第55回有機反応化学討論会 (2005年・9月)
Racemization During the "Borderline" Solvolysis of 1-(3-Nitrophenyl)ethyl Tosylate	{ Yutaka Tsuji Tetsuo Mori John P. Richard! (!University at Buffalo SUNY)	2005環太平洋化学国際会議 (2005年・12月)
液晶配向膜用可溶性ポリイミドの合成と特性の制御	津田 祐輔	サイエンス&テクノロジー(株)セミナー, 「液晶ディスプレイにおける光学配向と液晶配向技術」 (2005年4月, 東京)

\*1元専攻科生

側鎖に長鎖アルキル基を有する可溶性ポリイミド	{ 小 嶋 愛 美*2 津 田 祐 輔	第42回 化学関連支部合同九州大会 (2005年7月, 北九州)
イオン液体を反応溶媒として用いるポリイミドの重合	{ 吉 山 雄 一*2 津 橋 田 隆 彦 津 田 祐 輔	第42回 化学関連支部合同九州大会 (2005年7月, 北九州)
可溶性ポリイミドにおける新構造の導入および高性能化～液晶配向膜・機能性薄膜への応用～	津 田 祐 輔	技術情報協会セミナー (2005年7月, 東京)
側鎖にデンドロンを有するポリイミドの合成と液晶配向膜への応用	津 田 祐 輔	第54回高分子討論会 (2005年9月, 山形)
天然ゴム廃棄物の微生物処理	{ 笈 木 宏 和 富 岡 江 和 鐘 ヶ 知 々 美*2	日本生物工学会年次大会 (2005年11月)
Enterobacter 種バクテリア由来合成ゴム分解酵素の精製	{ 古 賀 真 也*1 笈 木 宏 和	日本生物工学会年次大会 (2005年11月)

材 料 工 学 科

論文・著書等題目

氏 名

発表した誌名, 巻, 号 (年・月)

多合金系白鑄鉄の連続冷却変態挙動に及ぼすバナジウムの影響	{ 横 溝 雄 三 (株)香春製鋼所 笹 栗 信 也 (株)香春製鋼所 南 田 達 三 (株)香春製鋼所 松 橋 光 生 (株)フジコー 原 安 宏 (株)フジコー	鑄造工学 vol.77, No.53, pp.01-307 (2005)
Solidification of hypereutectic multi-component white cast iron with extremely high carbon content	{ Nobuya Sasaguri Yasuhiro Matsubara	Proc. ABRASION WEAR RESISTANT ALLOYED WHITE CAST IRON FOR ROLLING AND PULVERIZING MILLS (ABRASION 2005, Brazil, pp.47-61 (2005)
高炭素過共晶多合金白鑄鉄における炭化物の晶出挙動	{ 笹 栗 信 也 (株)香春製鋼所 横 溝 達 三 (株)香春製鋼所 南 田 光 生 (株)フジコー 松 橋 安 宏 (株)フジコー	鑄造工学 Vol. 78 第5号, pp. 238-244 (2006)
線爆溶射法によるNi-P/SUS304複合溶射皮膜の皮膜特性	{ 中 山 勝 也 奥 山 哲	溶射, vol. 42, No. 3, p112-116 (2005年・7月)
線爆溶射法によるアモルファス合金皮膜作製用合金線材の作製とその皮膜のアモルファス化	{ 中 山 勝 也 奥 山 哲	溶射, vol. 42, No. 4, p151-155 (2005年・10月)
応力一ひずみ線図および応力分布に及ぼす焼結体気孔の影響	{ 廣 瀬 徳 豊 (東京都立航空工業高等専門学校) 田 中 慎 幸 (東京都立産業技術研究所) 棚 木 敏 淳 (東京都立産業技術研究所) 浅 見 淳 一 (東京都立産業技術研究所)	材料試験技術, 第50巻, 第2号, p. 56 (2005年4月)
鉄-銅系焼結材料の硬さとヤング率・ポアソン比との関係	{ 廣 瀬 徳 豊 (東京都立航空工業高等専門学校) 田 中 慎 幸 (東京都立産業技術研究所) 棚 木 敏 淳 (東京都立産業技術研究所) 浅 見 淳 一 (東京都立産業技術研究所)	日本機械学会論文集 (A編), 第71巻, 第709号, p. 1250 (2005年9月)
Effect of the Temperature and Concentration of NaOH on the Formation of Porous TiO <sub>2</sub>	{ Shin-ichi Tanaka Norimitsu Hirose (東京都立航空工業高等専門学校) Toshiyuki Tanaki (東京都立産業技術研究所)	Journal of the Electrochemical Society, Vol. 152, No. 12, p. C789 (2005年12月)

\*1元専攻科生  
\*2専攻科生



- |  |  |  |
|--|--|--|
| 焼結鋼の応力-弾性・塑性ひずみ線図の作製<br>および評価  | { 廣瀬 徳 豊<br>(東京都立航空工業高等専門学校)<br>田中 慎 一<br>棚木 敏 幸 (東京都立産業技術研究所)<br>浅見 淳 一 (東京都立産業技術研究所)   | 粉体および粉末冶金, 第53巻, 第1号,<br>p. 31 (2006年1月)   |
| 硫酸塩浴からの変則型Fe-Ni合金電析の機構   | { 中野 博 昭<br>野 昌 幸<br>大矢 上 野 悟<br>小福 野 林 明<br>島 正 繁<br>福 久 夫 哲  | 日本金属学会誌, Vol. 69, No. 7 (2005<br>年・7月)   |
| Control of Carbides and Graphite in Alloy<br>Cast Irons for Hot Strip Mills  | { Kaoru Yamamoto<br>Sergio Villanueva Bravo (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)   | Proc. of the 9th Asian Foundry Cong-<br>ress, pp. 189-197, 2005.   |
| Factors Influencing Abrasion Resistance of<br>Hyper Cr-V-Nb Cast Iron  | { Masanori Hirose<br>(Fukuoka Industrial Technology Center)<br>Kaoru Yamamoto<br>Hirofumi Miyahara (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)                    | Proc. of the 9th Asian Foundry Cong-<br>ress, pp. 225-231, 2005.   |
| Solidification Structure and properties of<br>Hyper-eutectic High Cr-V-Nb Cast Iron  | { Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)<br>Masanori Hirose (Fukuoka Industrial Technology Center)<br>Kaoru Yamamoto   | Abrasion 2005 - Abrasion Wear Resis-<br>tant Alloyed White Cast Iron for Rolli-<br>ng and Pulverizing Mills, pp.157-166,<br>2005 |
| りん-ほう素鉄の凝固組織と機械的性質<br>に及ぼす鋳造条件の影響  | { 金子 裕二郎 (九州大学)<br>吉田 年明 (東亜工機(株))<br>東 慎一 (東亜工機(株))<br>山本 郁<br>大城 桂作 (九州大学)   | 鋳造工学, Vol. 77, No. 6, pp. 395-401,<br>2005   |
| Influence of Rhenium and Cooling rate on<br>the Solidification of Ni Base Superalloys,<br>Inconel 718  | { N. El-Bagoury (Kyushu Univ.)<br>K. Yamamoto<br>Hirohumi Miyahara (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)  | Materials Transactions, Vol. 46, No. 5,<br>pp. 909-915, 2005   |
| Structure and High Temperature Propert-<br>ies of Nickel Base Wear Resistant Alloy   | { Masato Sakai (Kyushu Univ.)<br>Kaoru Yamamoto<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)  | Proc. of the 2nd Japan-Korea Worksh-<br>op for Young Foundry Engineers, pp.<br>47-50   |
| Influence of Rhenium and Cooling Rate on<br>the Solidification of Ni Base Superalloys,<br>Inconel 718  | { Nader El-Bagoury (Kyushu Univ.)<br>Kaoru Yamamoto<br>Hirofumi Miyahara (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)  | Proc. of the 2nd Japan-Korea Worksh-<br>op for Young Foundry Engineers, pp.<br>187-192   |
| Influence of Heat Treatment on the Distri-<br>bution of Ni <sub>2</sub> Nb and Microsegregation in<br>Cast Inconel 718                           | { Nader El-Bagoury (Kyushu Univ.)<br>Toru Matsuba (Kyushu Univ.)<br>Kaoru Yamamoto<br>Hirofumi Miyahara (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)               | Materials Transactions, Vol. 46, No. 11,<br>pp. 2478-2483, 2005  |
| 3D Particle Assembly in Micro-Scale by<br>Using Electrophoretic Micro-Fabrication<br>Technique   | { Jun-ichi Hamagami<br>Kazuhiro Hasegawa<br>(Tokyo Metropolitan Univ.)<br>Kiyoshi Kanamura<br>(Tokyo Metropolitan Univ.)   | Key Engineering Materials, Vol. 314,<br>pp. 7-12 (2006).   |
| Micropatterning of Monodisperse Spherical<br>Particles by Electrophoretic Deposition Pro-<br>cess Using Interdigitated Microarray Ele-<br>ctrode | { Jun-ichi Hamagami<br>Kazuhiro Hasegawa<br>(Tokyo Metropolitan Univ.)<br>Kiyoshi Kanamura<br>(Tokyo Metropolitan Univ.)   | Key Engineering Materials, Vol. 301,<br>pp. 243-246 (2006).  |
| Preparation of Lithium Ion Conductive<br>Li <sub>4</sub> 2Al <sub>0</sub> 2Si <sub>0</sub> 8O <sub>4</sub> Thin Films Using Sol-Gel<br>Process   | { Y. Isshiki (Tokyo Metropolitan Univ.)<br>K. Dokko (JST-CREST)<br>J. Hamagami<br>T. Takei (Tokyo Metropolitan Univ.)<br>K. Kanamura<br>(Tokyo Metropolitan Univ.) | Key Engineering Materials, Vol. 301,<br>pp. 91-94 (2006).  |

Enhancement on Proton Conductivity of Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica Membrane by Surface Sulfonation  
 { H. Munakata (JST-CREST)  
 H. Chiba (Tokyo Metropolitan Univ.)  
 K. Dokko (JST-CREST)  
 J. Hamagami  
 T. Takei (Tokyo Metropolitan Univ.)  
 K. Kanamura (Tokyo Metropolitan Univ.)  
 Key Engineering Materials, Vol. 301, pp.143-146 (2006).

超微細パターニング技術一次世代のナノ・マイクロパターニングプロセス  
 第27章 電気泳動法を用いたマイクロパターニング技術  
 { 濱 上 寿 一  
 金 村 聖 志 (首都大学東京)  
 サイエンス&テクノロジー, pp. 189-203 (2006. 2. 28 出版)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
酸化鉄を含む混合粉体のメカニカルミリングと焼結性の評価	{ 伊 藤 隼 隆 (久留米高専専攻科) 馬 越 幹 男 吉 富 俊 浩 重 松 浩 気	第11回高専シンポジウム (平成18年・1月)
カルシウム・フェライト系酸化物によるヒ素の吸着	{ 重 松 浩 気 久 保 甚 一郎 馬 越 幹 男 坂 本 俊 波 範 雅 暁 (熊本平環境科学センター) (熊本平環境科学センター)	第11回高専シンポジウム (平成18年・1月)
陽極酸化法によるチタン表面の多孔質化	{ 飛 松 晴 記 (久留米高専専攻科) 田 中 慎 一	電気化学会九州支部 トークショー イン九州 2005 (2005年8月)
アルカリ水溶液中におけるチタンへの水素吸収のその場測定	{ 丸 山 裕 貴 (久留米高専専攻科) 田 中 慎 一	電気化学会九州支部 トークショー イン九州 2005 (2005年8月)
アルカリ水溶液中におけるチタンの多孔質化に及ぼす水素の影響	{ 田 中 慎 一 廣 瀬 徳 豊 (東京都立航空工業高等専門学校) 棚 木 敏 幸 (東京都立産業技術研究所)	表面技術協会 第112回講演大会 (2005年10月)
銅を含むリサイクル鉄粉の焼結機械部品への適用	{ 廣 瀬 徳 豊 (東京都立航空工業高等専門学校) 田 中 慎 一 浅 見 淳 一 (東京都立産業技術研究所)	粉体粉末冶金協会 平成17年度秋季大会 (2005年11月)
陽極酸化法によるチタンの多孔質皮膜の生成	{ 飛 松 晴 記 (久留米高専専攻科) 田 中 慎 一	第11回 高専シンポジウム (2006年1月)
アルカリ水溶液中におけるチタンへの水素吸蔵のその場測定	{ 丸 山 裕 貴 (久留米高専専攻科) 田 中 慎 一	第11回 高専シンポジウム (2006年1月)
Control of Carbides and Graphite in Alloy Cast Irons for Hot Strip Mills	{ Kaoru Yamamoto (Kyushu Univ.) Sergio Villanueva Bravo (Kyushu Univ.) Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)	The 9th Asian Foundry Congress, Oct. 2005.
Factors Influencing Abrasion Resistance of Hyper Cr-V-Nb Cast Iron	{ Masanori Hirose (Fukuoka Industrial Technology Center) Kaoru Yamamoto (Kyushu Univ.) Hirofumi Miyahara (Kyushu Univ.) Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)	The 9th Asian Foundry Congress, Oct. 2005.
Ni基地用合金の鋼管内面コーティングプロセス	{ 中 野 宏 祐 (九州大学) 山 本 昭 宏 (第一高周波工業㈱) 竹 屋 昭 憲 (福岡県工業技術センター) 廣 瀬 政 作 (九州大学) 大 城 桂 作 (九州大学)	溶接学会平成17年度秋期全国大会 (2005年9月)
Solidification Structure and properties of Hyper-eutectic High Cr-V-Nb Cast Iron	{ Keisaku Ogi (Kyushu Univ.) Masanori Hirose (Fukuoka Industrial Technology Center) Kaoru Yamamoto	Abrasion 2005 - Abrasion Wear Resistant Alloyed White Cast Iron for Rolling and Pulverizing Mills, Aug. 2005

- |   |  |  |
|---|--|--|
| Structure and High Temperature Properties of Nickel Base Wear Resistant Alloy                   | { Masato Sakai (Kyushu Univ.)<br>Kaoru Yamamoto (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)   | The 2nd Japan-Korea Workshop for Young Foundry Engineers, Jul. 2005.   |
| Influence of Rhenium and Cooling Rate on the Solidification of Ni Base Superalloys, Inconel 718 | { Nader El-Bagoury (Kyushu Univ.)<br>Kaoru Yamamoto (Kyushu Univ.)<br>Hirofumi Miyahara (Kyushu Univ.)<br>Keisaku Ogi (Kyushu Univ.)   | The 2nd Japan-Korea Workshop for Young Foundry Engineers, Jul. 2005.   |
| 歪誘起型 Fe-Mn-Si 系形状記憶合金中の VN 析出物周りの応力場解析  | { 奥山哲也 (現:九大学生)<br>高村真琴 (東北大)<br>Susan Farjami (東北大)<br>久保紘 (関東能開大)  | 第52回応用物理学関係連合講演会 (2005年・3月)  |
| Si <sub>1-x-y</sub> Ge <sub>x</sub> Cy 混晶半導体バルク材の作製及び Si 基板上への薄膜化の検討                            | { 江崎哲也 (専攻科)<br>奥山山勝   | 平成17年度合同学術講演会大会 (日本金属学会九州支部) (2005年・6月)                                |
| MAによって作製したTi-Sc粉末及びその焼結特性   | { 中山勝也<br>奥田中哲章<br>泉敬尚   | 粉末冶金協会春季大会 (第95回講演大会) (2005年・6月)                                       |
| ナノプローブ利用によるSi基板中の格子歪の空間分布解析   | 奥山哲也   | 「動き出したSAGAシンクロトロン - X線利用の実際」シンポジウム (2005年・8月)                          |
| CBED-FEM併用手法を利用したSi基板中の極微小領域歪解析   | { 奥山哲也<br>中友清芳 (九大)  | 第66回応用物理学学会学術講演会 (2005年・9月)  |
| RFスパッタリング法により作製されたSiGe(C)/Siヘテロ接合半導体薄膜の歪緩和に関する研究  | { 江崎哲也 (専攻科)<br>奥山山勝   | 日本金属学会2005年秋期 (第137回) 大会学術講演会 (2005年・9月)                               |
| Fe-Mn-Si系形状記憶合金中の VN 析出物周囲の格子歪定量評価  | { 奥山哲也 (現:九大学生)<br>高村清芳 (九大)<br>Farjami Susan (東北大)<br>久保紘 (関東能開大)   | 日本金属学会2005年秋期 (第137回) 大会学術講演会 (2005年・9月)                               |
| 希土類ハロゲン化物を用いる有機-無機ナノハイブリッド電界発光素子  | { 納戸光治 (大電機)<br>林田康之 (大電機)<br>後藤山哲也 (九州電力)<br>奥山良正 (佐大)  | 日本顕微鏡学会第50回シンポジウム (2005年・11月)  |
| EPD 法によるマテリアルプロセッシング (招待講演)   | 濱上寿一   | 第96回電子セラミック・プロセス研究会 (2005年5月14日, 東京)                                   |
| Three-Dimensionally Ordered Polyimide Matrix for Polymer Electrolyte Membrane Fuel cells        | { Dai Yamamoto (Tokyo Metropolitan Univ.)<br>Hirokazu Munakata (JST-CREST)<br>Kaoru Dokko (JST-CREST)<br>Jun-ichi Hamagami (Tokyo Metropolitan Univ.)<br>Takashi Takei (Tokyo Metropolitan Univ.)<br>Kiyoshi Kanamura (Tokyo Metropolitan Univ.) | 207th Meeting of The Electrochemical Society (Quebec City), 2005年5月17日 |
| 電気泳動法によるセラミックス・有機系コンポジット電解質膜上への触媒層の形成   | { 榎渡夕有子 (首都大学東京)<br>棟方裕一 (JST-CREST)<br>獨古一薫 (JST-CREST)<br>濱上寿一 (首都大学東京)<br>武井孝志 (首都大学東京)<br>金村聖志 (首都大学東京)  | 第7回化学電池材料研究会ミーティング, pp. 1-2 (2005年6月13-14日, 東京)                        |

(235) くし型マイクロアレイ電池の作製とその電気化学測定	菅 谷 純 一 (首都大学東京) 獨 古 裕 一 (JST-CREST) 棟 方 裕 一 (JST-CREST) 濱 上 井 孝 (首都大学東京) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	第 7 回化学電池材料研究会ミーティング, pp. 37-38 (2005年6月13-14日, 東京)
LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 薄膜/セラミックス固体電解質界面の解析	保 科 圭 吾 (首都大学東京) 獨 古 裕 一 (JST-CREST) 棟 方 裕 一 (JST-CREST) 濱 上 井 孝 (首都大学東京) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	第 7 回化学電池材料研究会ミーティング, pp. 39-40 (2005年6月13-14日, 東京)
リチウム二次電池用 LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 球状粒子の作製と電極化	千 葉 毅 (首都大学東京) 獨 古 裕 一 (JST-CREST) 棟 方 裕 一 (JST-CREST) 濱 上 井 孝 (首都大学東京) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	第 7 回化学電池材料研究会ミーティング, pp. 41-42 (2005年6月13-14日, 東京)
3D Particle Assembly in Micro-Scale by Using Electrophoretic Micro-Fabrication Technique	Jun-ichi Hamagami Kazuhiro Hasegawa (Tokyo Metropolitan Univ.) Kiyoshi Kanamura (Tokyo Metropolitan Univ.)	2nd International Conference on Electrophoretic Deposition : Fundamentals and Applications (May 29-June 2, 2005, Italy)
電気泳動法を用いたマテリアルプロセッシング (招待講演)	濱 上 寿 一	日本セラミックス協会東海支部第31回東海若手セラミスト懇話会 pp.11-18 (2005年6月16日, 犬山)
コロイド結晶テンプレート法を用いたポリイミド多孔質膜の作製と燃料電池への応用	山 本 大 (首都大学東京) 棟 方 裕 一 (JST-CREST) 獨 古 裕 一 (JST-CREST) 濱 上 井 孝 (首都大学東京) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	電気化学秋季大会 (千葉大学工学部), 平成17年9月9日
有機電解液中におけるSi負極の表面皮膜の解析と安定性	千 葉 裕 (首都大学東京) 獨 古 裕 一 (JST-CREST) 棟 方 裕 一 (JST-CREST) 濱 上 井 孝 (首都大学東京) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	電気化学秋季大会 (千葉大学工学部), 平成17年9月8日
3DOM セラミックスを利用した全固体型リチウム電池用複合電極の作製	濱 上 寿 一 (首都大学東京) 一 博 篤 (首都大学東京) 獨 古 裕 一 (JST-CREST) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	日本セラミックス協会第18回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成17年9月27日
球状 LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 粒子を用いたリチウム二次電池用電極の作製と評価	濱 上 寿 一 (首都大学東京) 千 葉 毅 (首都大学東京) 獨 古 裕 一 (首都大学東京) 棟 武 村 聖 志 (首都大学東京)	日本セラミックス協会第18回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成17年9月27日
電気泳動法による無機有機コンポジット電解質膜への触媒層の形成と評価	濱 上 寿 一 (首都大学東京) 壱 夕 裕 一 (JST-CREST) 棟 方 井 孝 (首都大学東京) 武 村 聖 志 (首都大学東京)	日本セラミックス協会第18回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成17年9月27日
マイクロ電気泳動法を用いたフォトニック材料の創製	濱 上 寿 一 (首都大学東京) 金 村 聖 志 (首都大学東京)	日本セラミックス協会第18回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成17年9月28日

シリカ多孔体を用いた燃料電池用自立型電解質膜の作製	{ 濱 上 寿 一 笹 島 慶 二 棟 方 裕 二 武 井 村 聖 一 金 村 聖 志	(首都大学東京) (JST-CREST) (首都大学東京) (首都大学東京)	日本セラミックス協会第18回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成17年9月28日
3電極式電気泳動法を用いたコロイド結晶マイクロパターン	{ 濱 上 寿 一 長 谷 川 和 弘 金 村 聖 志	(首都大学東京) (首都大学東京)	第25回エレクトロセラミックス研究討論会 (東京工業大学 大岡山キャンパス), 平成17年10月27-28日
固体電解質 $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ を用いた薄膜型全固体リチウム二次電池の作製	{ 保 科 圭 吾 (首都大学東京) 棟 古 方 裕 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (JST-CREST)	(首都大学東京) (首都大学東京)	第46回電池討論会 (名古屋国際会議場), 平成17年11月17日
球状 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 粒子を用いた多孔電極の作製と評価	{ 千 葉 毅 (首都大学東京) 棟 古 方 裕 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (JST-CREST)	(首都大学東京) (首都大学東京)	第46回電池討論会 (名古屋国際会議場), 平成17年11月18日
多孔性固体電解質 $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ の合成	{ 一 色 康 博 (首都大学東京) 棟 古 方 裕 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (JST-CREST)	(首都大学東京) (首都大学東京)	第46回電池討論会 (名古屋国際会議場), 平成17年11月17日
シリカ多孔体基材を用いた燃料電池用自立型電解質膜の作製	{ 笹 島 慶 二 (首都大学東京) 棟 方 古 上 寿 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (JST-CREST)	(首都大学東京) (首都大学東京)	第31回固体イオニクス討論会 (新潟), 平成17年11月29日
電気泳動法によるマイクロリチウム電池用電極の作製	{ 濱 上 寿 一 (首都大学東京) 菅 谷 純 一 (JST-CREST) 棟 古 方 裕 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (首都大学東京)	(首都大学東京) (首都大学東京)	第44回セラミックス基礎科学討論会 (高知市文化プラザかるぼーと), 平成18年1月20日
3電極式電気泳動法を用いたマイクロリチウム電池用電極の作製	{ 濱 上 寿 一 (首都大学東京) 菅 古 純 一 (JST-CREST) 棟 村 聖 志 (首都大学東京)	(首都大学東京) (首都大学東京)	日本セラミックス協会2006年年会 (東京大学駒場キャンパス) 平成18年3月15日
シリカ多孔体孔内に充填された電解質の特性評価	{ 笹 島 慶 二 (首都大学東京) 棟 古 方 裕 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (JST-CREST)	(首都大学東京) (首都大学東京)	日本セラミックス協会2006年年会 (東京大学駒場キャンパス) 平成18年3月15日
規則配列多孔体を用いた全固体型リチウム電池作製法の検討	{ 一 色 康 博 (首都大学東京) 棟 古 方 裕 一 (JST-CREST) 武 井 村 聖 志 (JST-CREST)	(首都大学東京) (首都大学東京)	日本セラミックス協会2006年年会 (東京大学駒場キャンパス) 平成18年3月15日

一 般 理 科

論文・著書等題目	氏 名	発表した誌名, 巻, 号 (年・月)
Twisted boundary states and representation of generalized fusion algebra	{ Hiroshi Ishikawa Taro Tani	Nucl.Phys.B 739 (2006) 328-388

---

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
Construction of generalized fusion algebra and its NIM-reps	谷 太 郎*1	第九回全国粒子物理学術会議 (於 重慶大学) 平成17年5月
サイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP) を通しての地元高校生及び地元教員に対する実習を核とする体験型公開講座の実施 —自らの体験を通して学ぶサイエンス&テクノロジーの世界—	越 地 尚 宏	第 3 回高専テクノフォーラム (平成17年 8 月)
久留米高専におけるサイエンスパートナーシッププログラムへの取り組み	{ 越 地 尚 宏 秋 山 久 男	平成17年度 独立行政法人 国立高等専門学校機構主催教育教員研究集会 (平成17年 8 月)
体験を通して「もの」への興味を喚起し、理解を深める教育 —SPPを用いての学生及び地元教員に対する実習講座の実施—	越 地 尚 宏	応用物理学会応用物理教育分科会, 物理教育に関するシンポジウム第17回および研究発表会 (平成18年 2 月)
2 橋絡み目のQ-多項式の単峰性について	中 坊 滋 一	山口結び目セミナー (平成17年 9 月)
On a representation of maps between polyhedrons	山 本 稔	北海道大学特異点論セミナー (2005・4)
On a representation of maps between surfaces	山 本 稔	特異点における不変量 (2005・6)
The minimal number of singular set for fold maps	山 本 稔	大阪市立大学 Friday Seminar on Knot Theory (2005・7)
The minimal number of singular set for fold maps between oriented surfaces	Minoru Yamamoto	The Second East Asian School of Knots and Related Topics in Geometric Topology (2005・8)
平面への安定写像の不変量について	山 本 稔	第52回トポロジーシンポジウム (2005・8)
閉曲面間の折り目写像における特異点集合の個数	山 本 稔	日本数学会2005年度秋季総合分科会トポロジー分科会 (2005・9)
On right equivalence of spiral immersions of planar surfaces	Minoru Yamamoto	Seminario em Singularidades em ICMC-USP (2005・10)
Number of singular set components of fold maps between oriented surfaces	Minoru Yamamoto	Conferencia em IME-USP (2005・10)
Number of singular set components of fold maps between surfaces	山 本 稔	九州大学金曜トポロジーセミナー (2005・10)

\*1中国科学院, 現 久留米高専

## 一 般 文 科

論文・著書等題目	氏 名	発表した誌名, 巻, 号 (年・月)
教如と関が原	松尾 (遠藤) 一	歴史読本2004年11月号 (新人物往来社)
蓮如とその妻たち	松尾 (遠藤) 一	国文学解釈と鑑賞2005年3月号 (至文堂)
(書評) 出雲路修 親鸞〈ことば〉の思想 (岩波書店)	松尾 (遠藤) 一	国文学解釈と鑑賞2005年8月号 (至文堂)

## 専 攻 科 研 究 論 文 題 目

## 機械・電気システム工学専攻

題 目	氏 名
LANを用いた遠隔計測制御システムの構築	青 柳 貴 之
磁気マルチパイププレートを用いた電流センサ	秋 好 雄 樹
ボルト・ナット締結体の締付け力検出法に関する研究	池 田 太 一
母音知覚におけるホルマントピーク制御の効果と振幅圧縮処理への応用に関する研究	板 橋 貴 史
ブロックソーティング法の高速度化	今 村 安 伸
ホブ切り歯車の歯形誤差に関する研究	國 武 義 昌
ジュール加熱装置の制御回路開発	厨 謙 三
車輪走行型倒立ロボット用モーター駆動回路の開発	志 牟 田 智 之
潤滑油添加剤による境界摩擦低減法	高 橋 透
軸直角方向振動下におけるボルト締結体のゆるみ・疲労限度への強度区分の影響	徳 永 晴 紀
超電導ロータリアクチュエータの試作と制御	中 島 広 茂
低速型二輪サンドミルの粉碎性能に関する研究	永 嶋 潤
マイクロ水平軸風車用ブレードに関する研究	長 浜 翔
予測符号化における予測係数の条件に関する検討	中 山 敬 裕
端子不完全接続による電気火災の加速試験法の開発	沼 紀 紗
気体による散乱現象を利用したレーザービーム品質の測定に関する研究	日 野 太 輔
風力を利用した海水淡水化装置の開発	百 濟 彰
三重管式熱交換器の伝熱促進と性能評価	平 川 孝 則
任意形状の輪郭線検出に関する研究	椋 尾 和 彦

## 物 質 工 学 専 攻

題 目	氏 名
Enterobacter種バクテリア由来合成ゴム分解酵素の精製	古 賀 真 也
貴金属類の膜抽出に関する研究	駒 井 雅 子
地衣類の耐性に関する研究	橋 本 佳 奈
熱間加工を施した多合金白鑄鉄の基礎的性質	熊 丸 雅 己

平成17年度卒業研究題目及び専攻科研究論文題目

機 械 工 学 科

題 目	氏 名
超電導ロータリアクチュエータの試作と制御	上 石 尚 志
バイラテラル制御システムの構築と評価 VisualBasicを使って	佐々木 達 磨
バイラテラル制御システムの構築と評価 RTLinuxを使って	石 橋 昌 樹
太陽熱を利用した海水淡水化蒸留器の研究	未 次 勳
風力を利用した海水淡水化蒸留器の研究	古 賀 康士郎
鳥人間への挑戦	{ 杉 野 貴 昭 山 田 敦 志
特異応力場の代表寸法に関する研究	{ 柿 原 裕 司 吉 富 裕 一
繊維強化複合材料の応力集中係数の推定に関する研究	{ 中 野 禄 勝 野 口 浩 平
ボルト用潤滑材F-CONのトルク伝達特性	馬場園 拓 哉
ボルト用潤滑材F-CONを用いたボルト締結実験	大 隈 雄 治
新しいボルト・ナット締結体の締付け法の開発	{ 西 村 翔 衛 藤 暢 峰
MCによる超硬ホブ切りに関する基礎研究	平 塚 祐 亮
量産高硬度歯車の高能率ドライ超硬ホブ切りに関する研究	{ 上 野 高 喜 松 田 悠 太 郎
ホブ切れ刃の切削機構に関する研究	{ 濱 野 彩 人 野 田 和 彦
自動車の経年燃費低下の回復に関する研究	{ 坂 井 史 彦 谷 本 修 一
ディーゼルエンジンの燃焼改善に関する研究	{ 石 川 陽 史 寺 崎 善 典
マイクロプロペラ風車のフィールド実験	{ 田 中 弦 右 田 中 直 樹
エンジン刈込み機の支持装置の試作	{ 赤 山 大 地 足 立 崇 晃
石鹼成形枠のCAD/CAM	大 川 耕 二
パブリック・インスタレーションに関する研究	{ 宮 崎 悠 寺 田 勝 美
都心の駐輪問題に関する研究	笠 隆 行
氷蓄熱空調システムの運転性能	{ 徳 淵 孝 哉 林 弘 人
生体の凍結・解凍過程に関する研究	渡 邊 康 正
植物の香味活性成分抽出装置の開発およびトイレの尿漏れ吸収回収装置の開発	{ 林 大 二 松 雪 泰 郎 士
三重管式熱交換器の伝熱促進と圧力損失	{ 秋 山 聡 宏 西 田 篤 広



## 電 気 電 子 工 学 科

題 目	氏 名
Windowsパソコンを核とするX線回折測定システムの試作	{金 子 大 輔 古 賀 聡
内挿電磁気センサによる鋼管外面欠陥検査手法の開発	木 屋 敦 詞
ガス遠隔監視システムにおけるデータ伝送装置の作成	{松 尾 翔 原 昂 史
CMOS OPアンプの集積回路化に関する研究	{田 中 俊 史 熊 谷 喜 芳
イベント用ロボットの製作	{庄 山 大 介 時 大 匠 平
回路シミュレータによるパワーエレクトロニクスシステムの設計	{橋 本 和 明 橋 本 和 義
FPGAによる論理回路実験教材作成	{平 山 真 澄 村 上 敏 幸
PSoCによる電子回路の作成に関する教材作成	木 山 修 爾
ホルマントピークレベルを制御した音声信号の聴き取り改善に関する研究	クルニアタン・ダニエル
母音の知覚とホルマントピークレベルの制御に関する研究	{中 川 原 光 洋 本 多 広 二
計測情報の蓄積とその分析システムに関する研究	深 山 明 宏
MCシミュレーションによる半導体の電子輸送の解析	{塩 塚 博 潔 山 田 悦 史
シミュレーションによるn-MOSトランジスタ構造の最適化	{広 重 康 夫 森 山 大 輔
PIC12F675の全機能解析および応用	{中 園 雄 亮 三 好 祐 樹
電動アシスト自転車の快適駆動と回生制動	{坂 本 賢 一 白 木 彰 悟
瞬時応答直流電流センサー	{永 松 謙 祐 水 城 健 志
可飽和磁心を用いたマグネットメータの感度	{馬 場 翔 平 板 木 繁 樹
T-T, T-N接地システムの性能比較	{芹 田 和 則 猿 渡 拓 拓
ブレーカ消弧性能の定量化	{牛 島 和 哉 草 葉 一 平

## 制 御 情 報 工 学 科

題 目	氏 名
3D-CADによる地形モデルの作成	池 田 篤
自由曲面のCAD/CAM	浦 山 裕 子
CAD/CAMによる固定5軸加工	藤 瀬 憲 則
工程設計データベースの構築	菖 蒲 浩 太
自動果実袋掛け機の3次試作(1)袋口封止機構の再試作、(2)機構の総合組立	{永 田 賢 範 吉 嗣 晃 治 アブドゥル・ラヒムビン
3D表示による折り紙の折り方提示プログラムの改良(その2)	伊 藤 慎 二
PICマイコンを用いた赤外線リモートコントローラの製作	宇 土 紘 生
インターネットによる遠隔監視とTV電話システムの考察	中津留 勇

高品位オーディオシステムへの制御手法の応用	中山 恒 明
ロボットアームの逆運動学解析に関する研究	{塚 本 誠 本 田 晃 平
剛体の 3 次元運動シミュレーション	{梅 野 圭 吾 本 田 祐 也
4 相式軸方向双歯対面形スイッチドリラクタンスモータの試作	{佐 藤 昭 太 縄 野 優 介
風車負荷が可変で定電力供給が可能な風力発電システムの検討	{田 中 雅 宏 堺 靖 貴
自動ラインカー駆動部の再設計と加工実習用モータドライバ製作と動作確認	{塚 崎 隆 一 行 武 剛 志
制御情報工学科 2 年生の加工実習に用いるガバナ製作キットの開発	{國 分 佐 友 山 口 慎 平
L1 ノルムを評価関数としたベクトル量子化に関する研究	高 橋 幸 太 郎
ヒルベルト走査を用いた逐次最小自乗予測誤差推定法	中 村 謙 也
エピポーラ拘束を用いたステレオ画像のブロックマッチング	萩 尾 和 也
動き補償予測方式の評価に関する研究	松 尾 美 里
ウェアブルカメラ映像伝送による空間共有に関する研究	{福 田 絵 里 中 山 奈 紀
在庫管理データベースにおける日報システムの作成	真 島 智 宏
在庫管理データベースにおける発注支援機能の作成	松 本 知
作問学習支援システムの利用状況の整理	松 尾 諒 太
作問学習支援システムの低学年適応のための改良	古 賀 公 次 郎
ヒューマノイドの音源定位に関する研究	{井 上 拓 耶 篠 原 実 沙 樹
ロボットコンテストを用いた授業における調整段階での情報支援についての研究	{林 佑 一 堀 哲 也
人工生命による探索アルゴリズム	佐 藤 亮
順序つき根をもつ木の演算アルゴリズム	高 田 純 司
DNA 計算による有向ハミルトン経路の解法	早 崎 義 憲
量子回路による量子ビットニューラルネットワークの学習	堀 田 祐 一
FPGA による入出力インタフェース回路の設計	田 中 裕 之
ソフトプロセッサを用いた計算機の設計	古 賀 祐 希
クライアントサーバ型自走ロボットの試作	小 長 井 順
複素ニューラルネットワークによる連想記憶	中 嶋 徹

生 物 応 用 化 学 科

題 目	氏 名
O-保護ピロガロールと3, 5-ジニトロ安息香酸誘導体とのFriedel-Craftsアシル化反応(1)	大 里 敦 志
O-保護ピロガロールと3, 5-ジニトロ安息香酸誘導体とのFriedel-Craftsアシル化反応(2)	松 尾 円 香
環状ポリエーテル骨格を有する反応性モノマーの合成	熊 川 由 希 子
L-アミノ酸誘導型反応性モノマーの合成	渡 邊 薫
逆相ミセルによるヘモグロビンの抽出-逆抽出に関する研究	酒 井 和 樹
イオン性液体の液液抽出への利用に関する研究(3) - 安息香酸誘導体の抽出 -	坂 田 浩 太 郎

エチレンオキサイドの吸着に関する研究	松 本 友 規
イオン性液体による金と銅の抽出分離に関する基礎研究	吉 山 真由実
フルオロ及びトリフルオロメチル置換-9- アミノアクリジンのラネー合金を用いた還元反応	大 賀 晃
2,3-ビス ( <i>p</i> -メトキシフェニル) マレイミドを応用した生体分子検出用試薬の開発	小 野 華 実
1,2,5-オキサジアゾロピリジン類を応用した生体分子検出用試薬の開発	宮 崎 有 功 子
低速型二軸ビーズミルの粉碎特性に関する研究	横 山 直 幸
低速型二軸ビーズミルの消費動力と伝熱に関する研究	渡 邊 義 政
密閉型二軸混合機の混合特性に関する研究	石 住 修 一
NBRラテックスの乾燥特性に関する研究	幸 山 千 夏
可溶性ポリイミドの合成と生分解性ポリマーへの応用	勝 田 盛 三 朗
デンドロンを有する可溶性ポリイミド(1)	篠 原 佑 介
デンドロンを有する可溶性ポリイミド(2)	衷 友 博
ヘプタン-メタノール-メチルイソブチルケトン系の液液平衡に関する研究	手 嶋 将 喜
デカン-メタノール-メチルイソブチルケトン系の液液平衡に関する研究	上 田 圭
エチレンオキサイドの脱着に関する研究	平 島 亮 一
切り花の加圧密封容器による鮮度保持の研究	小 河 匡
超臨界水によるポリスチレンのモノマー化技術	前 田 知 香
加圧熱水による廃ゴムのリサイクル技術	廣 田 美 奈
加圧熱水中における(Z)-1,3-diphenylbut-2-eneの反応生成物	飯 盛 幸 二
加圧熱水中における(Z)-1,3-diphenylbut-2-eneの反応機構の検討	泉 哲 哉
細胞壁内保存液とプリザーブドフラワーの品質	徳 永 郁 恵
圧力センサーによるEPDMの加硫反応の追跡	村 上 翔 太 郎
圧力センサーによるNRの加硫反応の追跡	坂 口 優
ゴム分解微生物が有する分解酵素の培養条件における活性に与える影響	稲 員 圭 助
焼酎粕の有効利用 -乳酸菌, 大腸菌に対する培地成分としての利用-	黒 田 か お り
焼酎粕の有効利用 -乳酸菌, ピフィズス菌に対する培地成分としての利用-	桑 野 亜 希 菜
生ゴミのコンポストにおける最適条件の確認	宮 原 麻 里 子
酵素増幅免疫測定法 -エピトープ結合酵素の失活に関する予備検討-	原 千 香 子
PCR-LISAにおける増幅機構の最適化に関する検討 -プラスミドDNA配列の増幅領域の選択-	細 江 佳 代 子
石鹸への保湿機能・抗菌機能付加に関する検討	石 田 幸 恵
ホンモンジゴケの培養条件の確立	澤 田 仁 美
付加価値の高い果実袋の開発	秋 吉 茂 年
高濃度糖処理により誘導されるニンジン不定胚形成における糖の種類による影響	工 藤 尊 裕
堆肥中のセルロース分解菌に関する研究	石 橋 直 樹
パラオ及び九州近海に生息する海洋微生物に関する研究	牛 島 夕 輝
地衣類の分類に関する遺伝学的解析	蔵 本 多 恵
屋上緑化用土壌の改良及び本土壌による植物栽培条件の検討	田 中 彰 一
地衣類の分離培養と生育条件の検討	山 浦 智 子

材 料 工 学 科

題 目	氏 名
硫酸塩浴からのZn電析形態に及ぼすポリエチレングリコールの影響	佐 田 智 彦
焼酎廃液による鉄の防食	{ 信 国 智 充 宮 崎 亮 太
TiNiSn基ハーフホイスラー合金の熱電特性に関する研究	藤 田 光 延
メカニカルミリング処理したNiO-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 及びFe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 粉末の焼結挙動	{ 鳥 飼 勇 介 野 上 秀 樹
16Cr铸铁の変態特性に及ぼすVの影響	桜 井 大 地
線爆溶射法による低融点金属皮膜の形成	池 上 賢 太 郎
酸化鉄系化合物のひ素吸着剤の開発	江 口 聡 美
MAにより作製したTi-Sc粉末の軟化処理に関する研究	{ 明 石 寛 史 中 馬 直 樹
高速原子線照射スパッタ及び抵抗加熱蒸着による有機・無機複合薄膜成膜装置の作製	小 嶋 隆 幸
硫酸塩浴からのFe-Ni合金電析挙動に及ぼす酢酸ナトリウムの影響	徳 永 隆
有機溶媒からのDLC皮膜電析の検討	藤 野 健 介
Al-Cu合金の時効硬化に及ぼすSc添加量の影響	井 野 克 哉
吸着剤中の吸着ひ素の焼成による安定化処理	蛭 原 悠 介
ひ素を吸着した吸着剤からのひ素の溶出試験	本 村 賢 次 郎
Cu <sub>0.05</sub> Ti <sub>1.25</sub> Mo <sub>6</sub> Se <sub>8</sub> シェベレル構造フォノンガラス熱電変換材料の基礎研究	堤 史 明
多合金系白铸铁の熱処理特性に及ぼすCr量の影響	島 祐 太
硫酸塩浴からのCo-Ni合金電析挙動に及ぼすCl <sup>-</sup> イオンの影響	西 山 晃 洋
線爆溶射したNi-Sn積層皮膜の合金化	石 井 優 次
RFスパッタリング法を用いたSi <sub>1-x-y</sub> Ge <sub>x</sub> Cy/Si薄膜成長に関する研究	池 田 朋 弘
As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> 融液上の気体の平衡蒸気圧測定	清 水 慎 吾
2024合金の時効硬化に及ぼすSc添加の影響	ゴ ・ ル ア ン
2014合金の時効硬化に及ぼすSc添加の影響	日 比 生 渥 志
高クロム铸铁の高温酸化特性に及ぼすMoの影響	高 田 一
線爆溶射した各種合金皮膜の特性	{ 野 口 泰 裕 福 島 克 典
環境半導体β-FeSi <sub>2</sub> のGe置換による熱電特性向上に関する研究	馬 場 大 聖
陽極酸化処理チタン上へのアパタイト皮膜の形成	松 村 邦 彦
β型結晶構造を有するZn <sub>4-x</sub> Al <sub>x</sub> Sb <sub>3</sub> 熱電変換材料に関する研究	金 子 誠 志
MMC用Al合金の時効特性に及ぼす溶体化処理条件及び時効温度の影響	千 原 裕 基



## 久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規

[平成12年11月8日制定]

久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規（平成4年4月1日制定）の全部を改正する。

### 1 掲載する事項の種類と内容

「論文」、「研究報告」及び「その他」の3種類とし、論文及び研究報告については著者の原著で、未発表のものに限る。

(1) 「論文」とは一般論文、総合論文、寄書等である。

[一般論文]：独創的な結果、考察、結論を記述したもの

[総合論文]：一つの主題についての総合的な解説で、主として著者自身の研究又は考え方を反映したもの

[寄書]：(a) 研究内容が独創的かつ重要な結論を含み、これを実証するに必要な実験あるいは根拠を備えているもの

(b) 他の論文に対する討論又は考察

(2) 「研究報告」とは、教育研究報告及び学術研究報告である。

「教育研究報告」：教育の実践的方法論的研究、教育内容的研究、教材、実験設備等の開発研究、教育活動等に関するもの

「学術研究報告」：学会誌等へ投稿を目指している途中の研究、研究活動等で、その着想や手法に特徴があり、研究の紹介に意義があると考えられるもの

(3) 「その他」とは資料、特許紹介、年間発表の論文・著書等及び講演題目、卒業研究題目、専攻科研究論文、学位論文紹介等である。

[資料]：(a) 研究資料

一つの主題について断片的な解説、データの集積及び解析、分析法及び実験法等の内容をもつもので、設計参考データ、計算図表、試験報告、統計等を含む。

(b) 教育資料

高専教育の主題について教育方法の問題点、施行結果、改善策、統計等を主としたもので、高専教育に有用な内容をもつもの

### 2 著作権

(1) 第18巻第1号以降の紀要に掲載された論文等の著作権は、久留米工業高等専門学校（以下「本校」と略す。）に帰属する。

(2) 著者は、本校に著作権が帰属した論文等の全部又は一部を学術情報として著者自身で利用する場合には、原則として伺い出ることとする。

### 3 投稿手続及び原稿の採否決定

(1) 投稿手続：投稿責任者は、紀要投稿申込書、紀要投稿原稿目録・原稿を著者所属学科の紀要編集委員会（以下「委員会」と略す。）委員に提出し、委員会がこれらを受理する。

(2) 原稿の採否決定：投稿責任者は、委員会において原稿内容を説明する。この説明及び原稿に基づき、委員会は原稿採否の決定を行う。

### 4 印刷校正

(1) 校正は、3校までとする。

(2) 校正は、必ず赤字書きで行う。

(3) 校正は、活字の誤植、誤字及び欠字の修正のみで、表現内容及び行数の変更はできない。

## 5 原稿受理年月日と著者の所属機関

- (1) 原稿受理年月日：紀要投稿原稿目録記載の受理年月日を脚注に掲載する。
- (2) 著者の所属機関：本校教職員以外の共著者についてのみ、その所属機関を脚注に掲載する。

## 6 原稿作成要領

下記要領や委員会の指示に従って原稿を作成する。

- (1) 原稿の作成は、既存の紀要を参考に、なるべくワードプロセッサで作成する。図、表等でワープロ表現が困難な場合は、なるべく希望する刷り上がりと同じようなレイアウトを示しておく。
- (2) 原稿の本文は、原則として横書きとする。  
和文の場合、手書きによる作成は所定の原稿用紙に黒、青インキ書きとする、  
ワードプロセッサによる作成は、白紙を用い書式は所定の原稿用紙のものと同じとする。  
欧文の場合は、ワードプロセッサにより作成する。この場合刷り上がりの1頁は100字×44行を基準とする。
- (3) 論文は、原則として題名、概要、緒言、本論（実験）、結果、考察等の順に書く。このうち不必要な項目は、省いても差しつかえない。  
概要を記載する場合は、英文とし、目的、特徴、結果等を200語以内に要約する。なお、英文題名、ローマ字の著者名（Full name）を添える。ただし、ドイツ語及びドイツ文学に関する論文に限り、題名及び概要は独文で書くことができる。
- (4) 文章は、原則として当用漢字、現代かなづかいにより簡潔、明確に書き、ローマ字、ギリシャ文字、特殊文字はすべて活字体で正確に記入する。

数式等で、独立したものは、 $\frac{a}{b}$ ,  $\frac{a+b}{c+d}$  のように、文中に出てくるものは  $a/b$ ,  $(a+b)/(c+d)$  のように書く。

量記号等については、大文字、小文字の区別をして、正確に書くこと。

例) O (オー) と 0 (ゼロ), r (アール) と  $\gamma$  (ガンマー), k (ケイ) と  $\kappa$  (カッパー) 等

- (5) 原稿における本文の区分は、原則としてポイントシステムによる記号を用いて大見出し、中見出し、小見出し等を明確にする。

例1) 1 1.1 1.1.1 例2) 1 1.1 (1) (a)

大見出しは二行分に、小見出しは一行に書く。

- (6) 機器、材料、薬品等の名称は、現在慣用されているものを原則として日本文字（仮名も含む）で書く。  
なお、これらに用いる用語は、各専門分野の使用基準（便覧、学術用語集等での例）を参考にする。  
諸記号や符号等は、国際的・専門的に慣用されているものを用いる。
- (7) 注及び参考文献は、原則として、それぞれ通し番号を付し本文の末尾に一括して記載する。  
表示は、投稿者の所属する学会の規定を準用する。
- (8) 句読点、カッコ、ハイフン等は、原稿用紙の一コマに書き、新しい行の始めは一コマあける。
- (9) 図、表、写真の番号は、図1、図2…… 表1、表2…… 写真1、写真2……のように記入し、説明を要する場合は、表は表の上に、図・写真は図・写真の下に書く。
- (10) 図、表、写真の原稿右欄外に、投稿責任者名、刷り上がりの大きさ及び挿入希望箇所を記入する。
- (11) 5で規定する原稿受理年月日と著者の所属機関の脚注は、1頁目に書く。
- (12) 原則として刷り上がりが6頁以内になるよう、原稿（図、表、写真を含む）の総調整をする。ただし、論文の特殊性により委員会の議を経て、5頁まで超過を認めることができる。
- (13) 年間発表の論文・著書等及び講演題目の作成に関しては、別に定める。

附 則

この内規は、平成13年4月1日から施行する。

附 則

この内規は、平成14年7月25日から施行し、平成14年4月1日から適用する。

平成18年度 編 集 委 員

委員長	前 田 三 男 校 長
副委員長	馬 越 幹 男 教 授 (材 料 工 学)
	平 瀨 国 男 教 授 (機 械 工 学)
委 員	宮 崎 浩 一 助 教 授 (電 気 電 子 工 学)
	前 田 道 治 助 教 授 (制 御 情 報 工 学)
	長 田 芳 裕 教 授 (電 気 電 子 工 学)
	丸 山 延 康 教 授 (制 御 情 報 工 学)
	森 哲 夫 教 授 (生 物 応 用 化 学)
	濱 上 寿 一 助 教 授 (材 料 工 学)
	川 越 茂 敏 教 授 (数 学)
	谷 太 郎 講 師 (物 理 ・ 化 学)
	中 畑 義 明 教 授 (外 国 語)
	東 島 光 雄 教 授 (国 語 ・ 人 文)
	木 寺 英 史 助 教 授 (体 育)
	陶 山 政 美 庶 務 課 長

平成18年9月29日 発行

紀 要 第22卷 第1号

〒830-8555 久留米市小森野一丁目1番1号

編 集 兼  
発 行 者

久留米工業高等専門学校

TEL 0942-35-9300

〒830-0037 久留米市諏訪野町2432

印 刷 所

多田印刷株式会社

# Memoirs of Kurume National College of Technology

Vol.22 No.1 September 2006

Improvement of a tilted-wick solar still by using a flar plate reflector and changing its azimuth angle	Hiroshi TANAKA Yasuhito NAKATAKE	1
Development of Laser Speckle Microscopy for Cellular Imaging	Yasuyuki HIRAKAWA	9
SFC Programs for Synchronous Positioning Control at Pressure Control among Multi-AC Servomotors Driven in Injection Molding Machine	Noriyuki AKASAKA	17
Study of Cellulose Degradation Bacteria in Compost Made from the Weed and Pruning Branch	Hiroyuki NAKASHIMA Naoki ISHIBASHI Kana HASHIMOTO Chihiro NOZAKI	27
Development of the low - speed type medium agitation mill ( I ) - Behavior and milling characteristic of media by the two-dimensional equipment -	Toyohiko GONDOH Michiharu TOH	33
The Idea of ikko-ikki and Religious Activities of Hongwanji Rennyō	Hajime MATSUO	41
Design and Manufacturing of Rotor Blades for Micro Propeller Type Wind Turbine with Three-Dimensional CAD/CAM (1st Report; Design and Drawing for Laboratory Scale Blade)	Yasuhito NAKATAKE Koichi FUKUDA Hiroshi TANAKA Kohta UCHIO Sho NAGAHAMA	47
A Report on the Extension of Continuous Functor on the Category of Topological Spaces	Michihiro SAKAI	53